

Ученому секретарю диссертационного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук 24.2.277.01  
доктору технических наук, доценту.  
Нагоркину Максиму Николаевичу  
241035, г. Брянск, ул. Харьковская, д. 10-Б, БГТУ, учебный корпус № 4, ауд. Б101.

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Симонова Дмитрия Сергеевича **«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ КОМБИНИРОВАННЫМИ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ»** представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки и 2.5.6 – Технология машиностроения

### 1. Общая характеристика диссертации

Работа выполнена на кафедре «Технология конструкционных материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)» и состоит из введения, 5 глав, заключения и библиографического списка. Текст диссертации изложен на 135 страницах, содержит 52 рисунка, 14 таблиц, 3 приложения и список литературы из 130 наименований. Из них, принадлежащих автору – 14 печатных работ, в том числе 5 в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 3 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, получены 1 патент РФ на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура диссертации логична и соответствует цели и задачам исследования. Основное содержание работы изложено на 153 страницах машинописного текста, содержащих 51 иллюстрацию и 21 таблицу.

**Во введении** представлена актуальность выполненных исследований по выбранной теме, поставлена цель диссертационных исследований и указаны задачи для их достижения, дана информация об объекте исследования, научной новизне и практической значимости работы

**В первой главе «ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА И ХТО»** (29с.) представлена информация в виде обзора научно-технической литературы о особенностях изготовления длинномерных нежестких валов поверхностно-пластическим деформированием с введением в зону формообразования новых поверхностей энергии ультразвуковых колебаний, в том числе – с одновременной химико-термической обработкой на примере азотирования. Приведены особенности расчета элементов ультразвуковых колебательных систем (УЗКС), главным образом – магнитострикционных. В качестве замечания, следует отметить, что автор не всегда приводит ссылки на используемые зависимости (зависимости 1.1-1.7, 1.12-1.15) и на общеизвестные сравнительные характеристики элементов УЗКС (табл.2-5). Из первой главы не понятен дальнейший выбор диссертанта приведенной схемы поверхностно-пластического деформирования (ППД). Отсутствует информация о её преимуществах и недостатках по сравнению с достаточно большим многообразием других схем ППД. Нет информации и о возможностях для достижения поставленной цели модулированных (по амплитуде, частоте, фазе, форме сигнала) ультразвуковых колебаний.

Анализ конструкций УЗКС, применяемых для ППД длинномерных нежестких валов, выполненный диссертантом в первой главе, затрудняет получения вывода о целесообразности, дальнейшего применения, как для исследований, так и для промышленных целей, магнитострикционных возбуждателей ультразвуковых сигналов.

На взгляд оппонента, 1-я глава, посвященная анализу научно-технической литературы, имеет недостаточную информацию для постановки цели диссертационного исследования. Именно на основании выводов из полноценного обзора следует обосновать цель диссертационного исследования и установить перечень задач, которые необходимо решить для достижения поставленной цели. Перечень задач, сформулированных автором, не содержит необходимости расчета экономического эффекта от результатов исследования и практического внедрения на действующих предприятиях.

**Вторая глава «МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ»**, (15 с.) содержит весьма интересную информацию по методологии исследования ППД с использованием ультразвука в таких изделиях, как нежесткие валы, основывается на выборе объекта исследования, определении технологических характеристик, связанных с процессом и оценке энергетических параметров ультразвукового оборудования.

В качестве основных технологических факторов, определяющих эффективность процессов с использованием ультразвуковой обработки, диссертант выбрал: излучаемую акустическую мощность,  $N_{уд}$ ; амплитуду колебательных смещений излучателя  $\xi$ , мкм; продольную подачу  $S$  (мм/об), обороты заготовки  $n$  (об/мин), частоту УЗК  $f$  (кГц), силу прижима  $FN$  (Н),

скорость резания  $VR$  (м/мин). Из этого перечня, вероятно, следует исключить число оборотов заготовки  $n$  (об/мин), ввиду того, что существенно большую информацию в качестве основного технологического фактора дает скорость резания  $VR$  (м/мин).

К необходимым параметрам оценки качества поверхностного слоя при обработке ППД диссертантом были отнесены: *шероховатость  $Ra$  и  $Rz$ , длина профиля  $tr$* , твердость  $H$  (кгс/мм<sup>2</sup>), микротвердость  $H\mu$  (МПа) и остаточные напряжения  $\sigma_{ост}$  (МПа). Следует отменить небрежность диссертанта в используемой терминологии выбранных параметров. Так в соответствии с терминологией на шероховатость по ГОСТ 25142 (СТ СЭВ 1156-78), последняя оценивается не только высотными параметрами  **$Ra$  и  $Rz$** , но и *относительной опорной длиной профиля  $tr$* , а также достаточно большим числом других параметров. Твердость  $H$  оценивается для закаленных деталей в металлообрабатывающей промышленности во внесистемных единицах HRC, HV, и HRB.

Выбранные диссертантом методики и приборы для оценки основных технологических факторов, определяющих эффективность процессов с использованием ультразвуковой обработки и параметров оценки качества поверхностного слоя при обработке ППД, в основном, соответствуют всем требованиям, необходимым для достижения поставленной диссертантом цели и решения необходимых задач.

**В третьей главе «УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ППД С УЛЬТРАЗВУКОМ» (19с.)** содержится информация, что, одной из задач, сформулированных диссертантом, для достижения поставленной цели является «Исследование ультразвуковых технологий и ХТО при формировании модифицированного поверхностного слоя изделий при обработке заготовок ППД для определения рациональных режимов». Для этого автор вначале выполнил теоретический анализ высокоамплитудных УЗКС, а затем, на основе выполненного анализа, разработал примеры практической реализации высокоамплитудных колебательных систем при изготовлении нежестких валов. Выполненные исследования эффективности высокоамплитудных УЗК при ультразвуковом поверхностном пластическом деформировании позволили диссертанту разработать новый метод ППД, позволяющий значительно увеличить амплитуду колебаний в УЗКС стержневого типа. Важно отметить, что этот метод не заменяет традиционные средства увеличения амплитуд колебаний с использованием концентраторов, а скорее дополняет их. На практике комбинация обоих подходов была интегрирована в экспериментальную установку для ППД нежестких заготовок длинномерных валов с ультразвуком.

Однако, по мнению диссертанта, предлагаемый метод имеет и ограничения. Основным недостатком разработанной ультразвуковой схемы является ее высокая

чувствительность к импедансу, что создает проблемы при точной настройке для достижения максимальной амплитуды. Эта чувствительность к импедансу напрямую связана с минимальными потерями схемы, что приводит к полосе пропускания всего 16 Гц. Несмотря на недостатки, потенциальное применение описанных УЗКС в ППД с ультразвуком очевидно, особенно при использовании современных систем автоматической настройки. Однако, необходимо отметить, что эти системы требуют специальной адаптации конструкции к технологическому оборудованию УЗО ППД.

Выводы по третьей главе логически вытекают из полученных результатов.

**Четвертая глава «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»** (20 с.) содержит описание достаточно большого объема экспериментов по оценке эффективности УЗО ППД.

В основной части исследований использовались образцы цилиндров из конструкционной стали 45 и Ст3, которые были обработаны в соответствии с технологией заводского изготовления штоков гидроцилиндров, цилиндрических направляющих, оси коромысел, оси и штанг толкателей двигателей внутреннего сгорания. Обработка включала закалку ТВЧ с последующим шлифованием рабочей поверхности, что повторяет заводскую технологию, используемую на производстве для изготовления подобных деталей.

Полученные результаты, в основном, подтверждают исследования, сделанные ранее другими авторами. Анализируя данные результатов экспериментальных исследований, необходимо отметить, что шероховатость, в первую очередь (как это было известно до выполнения данных исследований из работ других исследователей), зависит от силы прижима  $FN$  и амплитуды колебаний  $\xi m$ , влияющих на эффективность ультразвуковой упрочняющей обработки. В табл. 4.4 представлены оптимальные режимы ППД с ультразвуком для сталей Ст.3, 45, 40Х, 38ХМЮА, полученные с использованием методов математического планирования экспериментов. Однако, если для первых двух марок сталей в диссертации достаточно много результатов экспериментальных исследований, то какой-либо информации для азотируемых сталей 40Х, 38ХМЮА в диссертации обнаружено не было. В табл. 4.5 представлена математическая модель **H100** от глубины обработанного ППД поверхностного слоя заготовки импульсной УЗО. Но из текста диссертационной работы неясно, для какой марки стали и как были проведены соответствующие исследования.

Целью данной работы, по утверждению автора, является повышение эффективности обработки длинномерных цилиндрических деталей из конструкционных сталей путем разработки и применения комбинированных способов обработки ППД с наложением ультразвуковых колебаний и ХТО. И если эффективность применения комбинированных способов обработки ППД заготовок из конструкционных углеродистых сталей с наложением

ультразвуковых колебаний достаточно убедительно доказана экспериментальными исследованиями (главным образом в 3-й и 5-й главах), то исследований совместного применения комбинированных способов обработки ППД с наложением ультразвуковых колебаний и ХТО, выполненным в диссертации, явно недостаточно, а к их содержанию имеются существенные замечания.

Эффективность применения комбинированных способов обработки ППД с наложением ультразвуковых колебаний и ХТО рассмотрена в параграфе 4.4 (3,5 с.) на примере обработки подвергнутых азотированию заготовок из стали Ст.3. Общеизвестно, что азотированию в той или иной степени, могут подвергаться все марки стали. Но эффективность азотирования тем выше, чем больше в её составе легирующих элементов: Cr, Mo, V, Ti, Ni, Zr, Si.

В соответствии с ГОСТ 380-2015 сталь углеродистая обыкновенного качества Ст.3 из легирующих элементов содержит только марганец (0,8% и более) и кремний (до 0,85%). В связи с этим для изготовления деталей, подвергаемых азотированию, эта сталь в машиностроении, практически не используется.

Из углеродистых сталей в машиностроении для изготовления азотируемых деталей используются стали 20, 30, 40, 50, 60, а также низколегированные стали 09Г2С, 20Х, 30ХЗВА, 38ХС, 40Х, 40ХН, 40ХФА, легированные стали 18ХГТ, 20Х2Н2М, 20ХН, 20ХН2М, 25ХН3МФА, 25Х3МФ, 30ХГМ, 35ХН1М2ФА, 12Х18Н10Т, 14Х17Н2, 18Х2Н1ВА, 18Х2Н4МА и др. В связи с этим, не понятен и не обоснован выбор диссертантом для этой группы экспериментов стали Ст.3.

**Пятая глава** «РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ППД», (24 с.), посвящена исследованиям эффективности 4-х предлагаемых диссертантом комбинаций обработки ППД нежестких длинномерных заготовок только одной стали 45 с ультразвуком. За базу для сравнения автор взял результаты экспериментов при шлифовании подвергнутой закалке ТВЧ тех же заготовок.

Экспериментальные исследования данной главы и их результаты являются наиболее интересными, имеющими как практическую, так и научную ценность.

Однако, следует отметить, что диссертант не счел необходимым привести в данной главе условий и элементов режима шлифования, что не позволяет в полной мере оценить как практическую ценность, так и научную новизну полученных в главе результатов. В связи с этим, при отсутствии соответствующих экономических расчетов, несколько легковесными выглядят технологические рекомендации (параграф 5.2., 1,5 с.), разработанные диссертантом, в которых утверждается, что при использовании разработанной УЗ техники ППД заготовок длинномерных нежестких валов «происходит экономия производственных площадей, электроэнергии, отпадают потребности в

трудоемкой операции шлифования». Рекомендуемые табл.5.4 режимы обработки даны только для одной стали 45, подвергнутой закалке ТВЧ.

**Общие выводы (заключение)** по диссертации логически вытекают из представленных в работе материалов.

**Библиографический список** на 12 с. содержит список литературы из 130 наименований в том числе – только 6 иностранных. Из них, принадлежащих автору – 14 печатных работ, в том числе 5 в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 3 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, получены 1 патент РФ на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Приложения** на 3 с. включают, в основном, материалы по практическому использованию результатов исследований диссертанта и копии документов (патент и свидетельство о полезной модели) о наличии объектов интеллектуальной собственности соискателя.

По объёму и структуре диссертация имеет внутреннее единство и соответствует установившимся традициям

## **2. Актуальность темы диссертационного исследования**

Диссертационная работа Д.С. Симонова, направленная на разработку новой технологии механической обработки поверхностно-пластическим деформированием нежестких круглых стальных заготовок с введением в зону формообразования энергии УЗ поля, весьма интересна как для науки, так и для практики действующего производства.

**Учитывая, что в настоящий период происходит всесторонняя переоценка конкурентоспособности машиностроительной продукции российских предприятий по сравнению с зарубежной, и прежде всего,- по показателям «цена и качество», тема данной диссертации, посвященной экономичному достижению высокого качества и эксплуатационных свойств изготавливаемых нежестких деталей машин, несомненно, является актуальной.**

## **3. Научный уровень и научная ценность диссертации**

Прежде всего, необходимо отметить, что соискатель поставил и попытался решить весьма сложную задачу аналитически обосновать возможность создания новых технологий ППД нежестких длинномерных валов, обеспечивающих одновременно высокую производительность окончательной обработки и эксплуатационных характеристик поверхностного слоя деталей из закаленных сталей.

Постановка такой задачи уже предопределяет научную новизну данных исследований. В отличие от выполненных работ по близкой тематике в других научных школах, насколько нам известно, ранее не предпринимались столь серьезные комплексные исследования, включающие в себя:

- разработку принципиально нового способа (на уровне изобретения) ультразвуковой обработки поверхностно-пластическим деформированием нежестких длинномерных валов;

- разработку новой программы для ЭВМ по расчету поверхностно-пластического деформированию с ультразвуком по заданным параметрам (на уровне государственной регистрации);

- решение проблемы повышения качества обработки ППД нежестких деталей типа «тело вращения» из закаленных сталей путем применения нового подхода формирования обработанной поверхности и зоны деформирования;

- подтверждение результатами экспериментальных исследований взаимосвязи между условиями введения в зону формирования ППД обрабатываемой нежесткой круглой заготовки энергии ультразвукового поля и эксплуатационными характеристиками поверхностного слоя обработанной детали.

В результате выполненных исследований сделана попытка раскрытия физической сущности процессов, происходящих в зоне ППД на микроуровне.

Корректно использованы основные положения теории ППД и технологии механической обработки.

#### **4. Практическая ценность работы**

Основным результатом выполненных соискателем исследований, определяющим практическую ценность диссертации, являются:

1. Методика повышения амплитуды колебаний рабочего торца инструмента - индентора, основанная на подборе элементов связи между низкодобротным преобразователем и высокодобротным инструментом, и обеспечивающая снижение акустических потерь в сочленениях полуволновой УЗКС.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

№2794512 от 29 августа 2022 Расчет поверхностно-пластического деформирования с ультразвуком по заданным параметрам, при котором упрочнение поверхности вращающейся детали осуществляется наложением на инструмент - индентор ультразвуковых колебаний.

3. Рациональные режимы комбинированного технологического процесса ППД с использованием ультразвуковых колебаний с целью формирования функциональных свойств поверхностного слоя на стали 45 с учетом эксплуатационных требований к изделиям.

4.Информация об использовании результатов диссертационного исследования Д.С. Симонова по теме «Повышение эффективности поверхностно-пластического деформирования нежестких валов комбинированными ультразвуковыми технологиями на ООО «ГИРД АВТОФУРГОН» (Челябинская обл., г. Миасс)

## **5. Публикации и апробация работы**

Основные результаты диссертационной работы изложены в 14 печатных работах, в том числе 5 в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 3-х статьях изданий, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, в 1-м патенте РФ на изобретение и 1-м свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертационная работа и её отдельные результаты неоднократно докладывались на Международных и региональных научно-технических конференциях в период с 2018 по 2022 г.г. Это дает основание считать, что диссертация имеет необходимую общественную апробацию, а её основные разделы - нашли соответствующее отражение в публикациях.

## **6. Оформление материалов диссертации**

Диссертация написана в целом на достаточно квалифицированном научно-техническом языке, снабжена необходимым количеством иллюстративного материала, отдельными ссылками на авторов и источники, откуда заимствованы отдельные результаты. Автор диссертации умеет структурно - содержательно оформить выводы, показать результативность выполненных исследований.

Автореферат в полном объёме отражает содержание диссертационной работы и позволяет ознакомиться со всеми основными результатами, полученными лично автором, а также с выводами и рекомендациями, вытекающими из проведённых исследований. Однако оформление диссертации и автореферата не всегда соответствует ГОСТ Р 7.011-2011. **Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления.**

## **7. Основные замечания по работе**

Основные замечания по диссертационной работе изложены при рассмотрении оппонентом содержания соответствующих глав.

Кроме того, следует отметить:

1. В диссертации отсутствуют сведения о внедрении и об экономическом эффекте (фактическом, расчетном и ожидаемом) от предлагаемых к внедрению результатов исследований.



2. Практически отсутствуют исследования с ППД заготовок из азотируемых сталей, хотя в цели диссертационной работы утверждается об их необходимости.
3. Диссертационная работа отличается большим количеством орфографических и грамматических ошибок и полным игнорированием ГОСТ на технические термины и определения. Например: во всей диссертации *«обрабатывается деталь»*. Деталь – это то, что поступает на сборку, «обрабатывается заготовка». Недопустимо использование выражений типа: «Повышается или понижается шероховатость», «скорость вращения  $n$ , об/мин и др.
4. Почти все результаты исследований представлены с неполными данными об условиях проведения экспериментов.
5. Нет проверки адекватности используемых программных продуктов для расчета и предлагаемых соискателем зависимостей (математических моделей) результатам экспериментальных исследований.
6. В некоторых разделах диссертации отсутствует логика изложения материала; переходя от одного параграфа к другому или от изложения одного материала к другому, не указано, с какой целью это делается и др.

## 8. Заключение

С учетом сделанных оппонентом замечаний диссертацию Симонова Дмитрия Сергеевича можно считать законченной научно-исследовательской работой. Она может быть квалифицирована как совокупность научно-обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики и в повышение обороноспособности страны. Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Степень апробации результатов работы путем опубликования основных положений в печати, выступлений на научно-технических конференциях и опытно-промышленных испытаний в действующем производстве - достаточна. Общая подготовленность и научный потенциал соискателя достаточно велик.

Таким образом, представленная диссертация Симонова Д.С. по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значению теории и практики соответствует п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней и званий и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по

специальности 2.5.5 - «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», 2.5.6.- Технология машиностроения

Доктор технических наук, профессор  /Киселев Евгений Степанович/

Шифры научных специальностей диссертации оппонента на соискание ученой степени доктора технических наук:

05.02.08 – Технология машиностроения;

05.03.01 – Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент

Служебный адрес: 432017, г. Ульяновск, ул. Средний Венец, д. 32 , Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ).

Телефон: +7 960 376 05 52

e-mail: kec.ulstu@mail.ru

Подпись Заслуженного работника Высшей школы Российской Федерации, ведущего научного сотрудника Департамента научных исследований и инноваций, профессора кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» ФГБОУ ВО «УлГТУ», доктора технических наук, профессора Киселева Евгения Степановича

«Заверяю»

Начальник управления кадрового обеспечения УлГТУ



Макарова О.А.

20.03.2024г.