

В диссертационный совет 24.2.286.06
в Федеральном государственном
бюджетном образовательном
учреждении высшего образования
«Воронежский государственный
технический университет»

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента, профессора кафедры машиностроительных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет им Г.Ф. Морозова» Кадырметова Анвара Минировича на диссертационную работу Уразова Олега Владимировича «Разработка комбинированной обработки с упрочнением трансмиссий и магистралей при ограниченном доступе инструмента в зону выполнения операции», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Актуальность работы. Диссертационная работа рассматривает вопрос технологического обеспечения изготовления, ремонта и регламентных работ концевых участков магистралей высоконагруженных систем длинномерных транспортных силовых передач в авиакосмической отрасли и в магистральных атомных станциях, прежде всего мест сопряжений их участков. Обеспечение высокой надежности данных систем совместно с требованием ускоренного выполнения операций в случае пребывания персонала в потенциально опасной зоне при плановой или аварийной замене неподвижных участков длинномерных конструкций представляет важный научно-практический проблемный вопрос.

Решение данного вопроса автором рассматривается в аспекте совершенствования упрочняющих комбинированных методов обработки деталей сопряжений, включающих сочетание электрических методов

обработки и управляемого упрочнения инструментом с изменяемой в процессе обработки геометрией, определяемой фактическим положением зоны обработки.

Проведённый автором анализ показал, что в используемых подходах упрочняющих комбинированных методов обработки не учитывались и не изучены взаимодействия составляющих воздействий и совместного протекания процессов. Это не дает возможность в полной мере использовать потенциал комбинированной обработки при совмещении операций выравнивания напряжений в поверхностном слое и получения заданного наклепа на наиболее нагруженных поверхностных участках деталей.

Необходимость разрешения этой проблемы предопределяет актуальность темы диссертационного исследования, целью которого явилось совершенствование упрочняющих комбинированных методов обработки путем создания методологии выбора и назначения управляемых механических и физико-технических воздействий для проектирования технологических процессов и средств технологического обеспечения комбинированных методов размерного съема припуска и упрочнения поверхностного слоя. Это позволит обеспечить получение заданного ресурса и установленного межремонтного периода предельно нагруженных участков длинномерных силовых трансмиссий изделий авиакосмической техники и потенциально опасных высоконапорных магистралей атомных электростанций с учетом технологических ограничений условий выполнения операций.

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

Представленные в диссертации научные положения обоснованы и вытекают из анализа научно-технической литературы и публикаций ученых по теме диссертации. Достоверность результатов диссертационного исследования обусловлена применением существующих и разработанных автором методик теоретических и экспериментальных исследований с

применением современной измерительной аппаратуры, использованием современного оборудования и средств испытаний, повторяемостью экспериментальных результатов. Теоретические положения и результаты моделирования не противоречат литературным и известным экспериментальным данным.

Обоснованность *первого вывода* о целесообразности использования нового подхода с базированием объектов от внутренней поверхности приводов при проектировании технологических процессов их комбинированной обработки подтверждается;

- опытом применения механизма производственной технологичности по литературным и известным экспериментальным данным для обоснованного выбора наиболее эффективных и перспективных технологических воздействий, обеспечивающих заданный ресурс изделия;

- созданием электродов с управлением их размеров для комбинированной обработки с упрочнением внутренних поверхностей деталей, имеющих ограничения для продольного перемещения инструмента;

- разработкой алгоритма проектирования комбинированных процессов с учетом специфики работы высокоресурсных узлов отраслевого машиностроения и проведением моделирования процедуры назначения воздействий, режимов обработки с упрочнением материалов.

Обоснованность *второго вывода* о разработке технологических приемов снижения негативных воздействий и значимых ограничений комбинированной обработки концевых и стыковочных участков трансмиссий и магистралей подтверждается:

- теоретическим и экспериментальным свидетельством возможности применения двухступенчатого метода воздействия на обрабатываемую поверхность детали непрофилированным электродом-щеткой из нитинола, позволяющим осуществлять обработку в условиях ограниченного доступа инструмента в зоне обработки;

– созданием электродов-инструментов с управляемыми размерами для внутренних поверхностей;

– новым способом и устройством для автоматизации процессов контроля и упрочнения магистралей атомных станций (патент RU 231708U1), позволяющим производить поверхностный ремонт трубопроводов ядерного блока без остановки производственных процессов АЭС.

Обоснованность *третьего вывода* об усовершенствовании комбинированной обработки поверхностей деталей подтверждается:

– использованием новых средств технологического оснащения, теоретических и апробированных методик исследований на основе принципа полезности для отработки технологичности деталей и их соединений и принципа управления размерами разработанных инструментов-электродов;

– учетом взаимовлияния механических и физико-технических воздействий при обработке, в том числе, при упрочнении инструментом с переменной геометрией внутренних поверхностей и автоматизированном управлении в зависимости от положения сформированной чистовой поверхности детали.

Обоснованность *четвертого вывода* об усовершенствовании конструкций концевых и контактных при неподвижной сборке участков трансмиссий и магистралей подтверждается использованием разработанного (патент RU 231708) автоматизированного устройства для поверхностного упрочнения зоны повреждения сварных соединений и результатами моделирования при его использовании численным методом конечных элементов процессов упрочнения концевых и стыковочных участков длинномерных трансмиссий и магистралей с возможностью снижения или исключения ограничений при комбинированной обработке.

Обоснованность *пятого вывода* об адаптации новых конструкций электродов-инструментов к оборудованию для комбинированной обработки с целью использования их в изучаемых отраслях машиностроения подтверждается:

– разработкой электродов для комбинированной обработки с упрочнением внутренних поверхностей деталей, позволяющих расширить область использования комбинированных методов обработки на детали с осаженными концевыми участками длинномерных деталей;

– получением патента RU 231708 на автоматизацию процесса упрочнения металлических сочленений магистралей, внедренным в производство на авиакосмическом предприятии (АО «КБ химавтоматики») и энергетических станциях (АО «Концерн Росэнергоатом»).

Обоснованность *шестого вывода* о принципах выбора средств технологического оснащения подтверждается выбором методов и средств для пластического упрочнения при комбинированной обработке поверхностей рассматриваемых деталей, включающих обработку электродом-щеткой, обкатку роликом и повышающих предел выносливости образцов в 1,3-1,5 раза и циклическую долговечность более, чем в 10 раз соответственно.

Обоснованность *седьмого вывода* подтверждается повышением циклической долговечности образцов из высоколегированных углеродистых сталей типа 10ГН2МФА более чем в 10 раз – от $3,05 \cdot 10^4$ циклов для исходных образцов до $3 \cdot 10^5$ циклов для упрочненных образцов (рис. 5.6).

Обоснованность *восьмого вывода* эффективности алгоритма выполнения исследований (рис. 2.11) подтверждается возможностью выбора основных технологических воздействий на детали на основе формирования базы исследований, разработки обобщенного принципа оценки эффективности и системы критериального анализа уровня эффективности технологических воздействий, выбора их состава и совместимости в комбинированном сочетании воздействий на основе моделирования. Результаты работы позволили пополнить технологическую базу исследований по методам комбинированной обработки деталей, в том числе и за счет запатентованного технологического устройства (RU 231708).

Основные положения, выносимые на защиту, и выводы диссертационной работы являются обоснованными как результатами проведенного собственного исследования комбинированной обработки с упрочнением трансмиссий и магистралей при ограниченном доступе инструмента в зону выполнения операции, так и их согласованностью с общепринятыми положениями технологии физико-технической обработки с упрочнением поверхностно-пластической деформацией.

Поставленные в работе задачи решены с использованием анализа достаточного объема литературных источников, современных методик экспериментальных и теоретических исследований, современных средств измерений и обработки полученных данных, что несомненно подтверждает достоверность результатов исследования.

Научная новизна заключается:

- в установлении взаимосвязи между режимными параметрами обработки и параметрами упруго-пластического деформирования, позволяющей управлять распределением напряжений в поверхностном слое;
- в разработке эффективного способа упрочнения поверхностей трубопроводов различных диаметров поверхностным пластическим деформированием, приводящим к целесообразному изменению распределения напряжений по толщине поверхности, и запатентованного устройства для его осуществления (RU 231708), позволяющих повысить циклическую долговечность деталей до соответствия эксплуатационным требованиям;
- в разработке способа комбинированной обработки с упрочнением внутренних поверхностей с переменным диаметром с помощью вращения трубчатой заготовки и подачи вдоль нее электрода-инструмента с расположенными на его поверхности нетокопроводящими керамическими упрочняющими элементами. При этом электрод-инструмент содержит продольные разрезы в осевом направлении, позволяющие с помощью

внутреннего конуса регулировать диаметр электрода-инструмента в соответствии с изменением внутреннего диаметра заготовки.

Теоретическая значимость

Результаты математического моделирования новых способов комбинированных процессов и их экспериментальных исследований дают возможность разработки расширенных систем управления параметрами и режимами комбинированных воздействий с упрочнением поверхностей деталей, обеспечивающих требуемое качество обрабатываемых наружных и внутренних поверхностей при сокращении времени обработки.

Ценность данной работы для практики

Практическое значение работы подтверждается:

- созданием средств автоматизированного проведения операций упрочнения магистралей атомных электрических станций на основе патента RU 231708, сокращающих при проведении ремонтных работ время пребывания обслуживающего персонала в потенциально опасной зоне установки и исключающих необходимость отключения блоков для выработки энергии. Результаты работы прошли проверку в производственных условиях и внедрены с реальным экономическим эффектом;
- расширением информационной базы по методам и средствам комбинированной обработки с упрочнением внутренних и наружных поверхностей деталей.

Анализ содержания работы. Диссертационная работа Уразова О.В. изложена на 155 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы и двух приложений. Список литературы включает 160 наименований. Диссертационная работа проиллюстрирована 42 рисунками, 9 таблицами.

Во введении автор описывает актуальность темы диссертации, формулирует цель, задачи исследования, достоверность результатов и

формулирует предмет и объект исследования, научную новизну результатов исследования, их ценность для практики и апробацию на конференциях различного уровня и внедрениях на предприятиях.

Первая глава диссертационной работы содержит анализ обзора литературы по теме диссертации. На основе анализа раскрыт проблемный вопрос технологического обеспечения ускоренного (в потенциально опасных зонах) выполнения операций плановых или аварийных ремонтных и регламентных работ при замене концевых участков высоконагруженных длинномерных транспортных силовых передач в авиакосмической отрасли и в магистралях атомных станций, обеспечивающих их высокую надежность. Анализ показал, что решение проблемного вопроса возможно за счет совершенствования упрочняющих комбинированных методов обработки деталей сопряжений, включающих сочетание электрических методов обработки и управляемого упрочнения инструментом с изменяемой в процессе обработки геометрией, определяемой фактическим положением зоны обработки. Для этого проанализированы упрочняющие технологии в аспекте их совмещения с другими процессами комбинированного воздействия и рассмотрены средства технологического оснащения. Поставлена цель и задачи исследования.

Во второй главе представлены выдвинутые гипотезы для решения цели и задач исследования, приведены методы, оборудование и приборное оснащение для проведения исследований, разработан алгоритм выполнения исследований.

В третьей главе представлены созданные на основе принципа управления размерами электроды для комбинированной обработки с упрочнением внутренних поверхностей деталей, позволяющие расширить область использования комбинированных методов обработки на длинномерные детали с осаженными концевыми участками. Для отработки производственной технологичности наукоемких изделий машиностроения рассмотрен принцип полезности с использованием векторов положительного

и отрицательного влияния на технологичность. Система уравнений данного принципа представлена как основа для разработки целевых моделей с учетом требований к моделированию процесса комбинированной обработки с управляемым упрочнением концевых и контактирующих участков деталей конструкций. Обоснована возможность упрочнения двухступенчатой пластической деформацией толстостенных магистралей с локальной пластической деформацией и выравниванием напряжений в местах сопряжения обрабатываемых участков непрофилированным электродом-щеткой из нитинолового материала, обладающего эффектом памяти формы. Для методологической поддержки разработки рассматриваемых комбинированных методов обработки вышеуказанных деталей разработан алгоритм их проектирования.

В четвертой главе приведены конструкторско-технологические решения по техническим средствам и технологии комбинированной обработки длинномерных силовых приводов и высоконагруженных магистралей с учетом запросов авиакосмической и атомной энергетической отраслей машиностроения.

С целью эффективной реализации данных решений изложена процедура проектирования технологии комбинированной обработки с использованием критерия полезности при выборе эффективных сочетаний механических и физико-технических воздействий с упрочнением типовых объектов машиностроения, а также алгоритм проектирования инструмента с возможностью преодоления ограничений по доступу инструмента в зону обработки. Разработаны, во-первых, технологические режимы комбинированной обработки внутренних поверхностей труб трансмиссий с возможностью управления комбинированным процессом по параметру силы продольной подачи инструмента. Во-вторых, разработаны технологии комбинированной обработки электродом-щеткой, позволяющей повысить качество обработки по параметрам шероховатости, точности, износостойкости, упрочнения и сопротивления усталости. В-третьих,

разработана технология упрочнения труднодоступных мест сопряжений методом обкатки на основе разработанного автором устройства (патент RU231708).

В пятой главе представлены результаты комплексных испытаний материалов после комбинированной обработки, сочетающей механические и физико-технические воздействия с упрочнением. Полученные результаты по свойствам обработанных поверхностей по твердости и микротвердости, остаточным напряжениям в поверхностном слое, сопротивлению усталости подтвердили технико-экономическую эффективность разработанных подходов решения поставленных задач. Это доказывает их перспективность и целесообразность дальнейшего проведения исследований и опытно конструкторских работ по отработке конструкций технологического обеспечения в наукоемких отраслях машиностроения.

Диссертационная работа содержит 8 выводов, которые четко сформулированы, резюмируют полученные данные и полностью соответствуют поставленным задачам.

Общая оценка работы и ее соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертация представляет собой важное, интересное и профессионально выполненное исследование, соответствующее статусу научно-квалификационного труда. Полученные в диссертационной работе данные отражены в 6 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ, в 5 статьях – в зарубежных научных источниках, рецензируемых в базе «Scopus», в 2 публикациях материалов конференций и сборников, получен 1 патент РФ на полезную модель. В работах, изданных в соавторстве, все авторы в равной степени принимали участие в проведении исследований по теме работы и не имеют взаимных претензий. Материалы диссертации докладывались на научных конференциях всероссийского и международного значения, что говорит о должном уровне их апробации. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Вопросы и замечания по содержанию диссертации.

Несмотря на многочисленные достоинства диссертации, в ней имеются отдельные недочеты, которые вызывают ряд вопросов, но при этом серьёзно не влияют на общее благоприятное впечатление о работе.

1. В 1-ой главе не рассмотрены в качестве составляющих комбинированной обработки (КО) поверхностей прогрессивные методы газотермического нанесения покрытий и финишной плазменной обработки поверхностей, позволяющие повысить эффективность КО. В то же время, на стр. 88, 89 приводятся в качестве примеров аддитивные технологии, не примененные в работе.

2. Тезис «Анализ кинематики перераспределения и передачи силового вращения от редуктора к приводам ... однозначно доказал, что ...» приведен без ссылки на литературный источник (стр. 17, нижний абзац).

3. Не совсем понятно, как обеспечивается прочность соединения верхнего слоя трубы в осевом направлении (рис. 1.3, стр. 24) при наличии разделяющей прокладки поз. 1. Для данных табл. 1.3 (стр. 27-28) не приведены литературные источники, откуда они взяты, а в 4-ом способе этой таблицы не дана расшифровка воздействий «МПс».

4. Содержание раздела 1.4 носит общий неконкретный характер, касающийся темы работы. Информация в разд. 1.5.2 и разд. 1.5.3 приводится без ссылок на литературные источники, что можно трактовать как результаты собственных исследований.

5. Вывод 4 заключения 1-й главы (стр. 44) понятен и без проведения исследований, логично его было бы конкретизировать собственными результатами.

6. Во 2-ой главе (стр. 45) первая гипотеза в том виде, как она представлена, не является таковой, так как в тексте написано, что это доказанный факт.

7. В рис. 3.8 (стр. 75) и рис. 3.9 (стр. 77) не указаны значения напряжений по номерам оттенков цветов 1...9.

8. Алгоритм модели для управления отработкой производственной технологичности изделий, представленный на рис. 3.10 (стр. 78-80) носит общий характер. Желательно было бы представить его конкретизацию применительно к разработанным КО.

9. Не указаны образцы, на которых проводили усталостные испытания (разд. 5.3), и параметры испытаний.

10. В работе было бы желательно также приведение практических результатов работы в виде технологических рекомендаций.

11. Приложения 2.1 и 2.2 трудны для понимания или применения без обозначений и пояснений.

12. Имеются опечатки, грамматические несогласования: «Варианты ... позволил» (стр. 13, 1-й абзац); «обеих проходов» (стр. 118, верхняя строка); нарушение правил переноса слов (табл. 1.1 и 1.2). Имеются повторные фрагменты текста (табл. 2.2).

Сформулированные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение. Диссертационная работа Уразова Олега Владимировича «Разработка комбинированной обработки с упрочнением трансмиссий и магистралей при ограниченном доступе инструмента в зону выполнения операции» является самостоятельным завершённым научным трудом, выполненным на высоком научно-методическом уровне и представляющим интерес для решения важной задачи современного машиностроения, связанной с реализацией технологических решений при проектировании технологических процессов и средств технологического обеспечения комбинированных методов обработки с упрочнением поверхностей длинномерных деталей трансмиссий и магистралей, позволяющих повысить ресурс до заданного уровня.

По актуальности, новизне, научно-практической значимости, степени достоверности результатов исследований и объёму диссертационная работа Уразова Олега Владимировича соответствует паспорту научной специальности: 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-

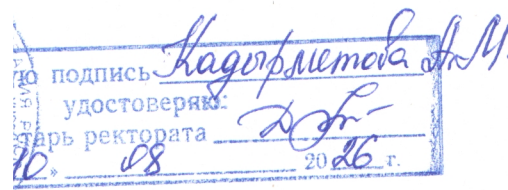
технической обработки, а также требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент:
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры
машиностроительных технологий
ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г. Ф. Морозова»

Анвар Минирович Кадырметов
E-mail: kadyrmetov.a@mail.ru
Тел. +7 (951) 568-50-27



специальности:
05.02.07 «Технология и
оборудование механической и
физико-технической обработки»,
05.02.08 «Технология
машиностроения»



до подпись Кадырметов А.М.
удостоверяю:
старь ректората
10 08 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» (ФГБОУ ВО ВГЛТУ).

Почтовый адрес: 394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д.8.

Служебный телефон: +7 (473) 253-84-11

E-mail: vglta@vglta.vrn.ru

Я, Кадырметов Анвар Минирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



10.08.2026