

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и
международному сотрудничеству
БОУ ВО «Кузбасский государст-
венный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»
/Костиков К.С.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» на диссертационную работу **Соколова Вячеслава Дмитриевича** на тему «Создание технологии упрочнения свободнотелесными инденторами на базе энергетической оценки качества поверхностного слоя», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 - Технология машиностроения.

На отзыв представлены:

- диссертационная работа объемом 131 страница, состоящая из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 152 наименований и одного приложения;
- автореферат диссертации на 18 страницах, включая список из 10 основных публикаций по теме диссертационной работы, из которых 9 статей в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 1 работа, проиндексированная в базе SCOPUS.

Актуальность темы диссертационной работы

Обработку динамическими методами ППВ включают в технологию изготовления деталей машин для изменения структуры, физико-механических свойств, макро- и микрогеометрии поверхностного слоя и как следствие повышения их эксплуатационных свойств. При проектировании технологии упрочнения ППВ очень важно иметь научно-обоснованную обобщенную методику выбора режимов и условий ППВ, обеспечивающую управление качеством и эксплуатационными свойствами поверхности деталей и приемлемой для различных методов ППВ.

Для эффективного решения этой задачи в работе предлагается применить энергетический подход, позволяющий для критериальной оценки процессов пластической деформации, микро и субмикроскопических изменений в поверхностном слое и разрушения твердых тел использовать основные фундаментальные термодинамические характеристики подвергаемого упрочнению материала. Однако для его практического применения требуется решить целый комплекс вопросов, связанный с разработкой на его основе методик выбора режимов ДППВ, определения характеристик качества поверхностного слоя, прогнозирования ресурса изделий на этапе их эксплуатации.

Необходимость проведения системных и комплексных исследований по обозначенным выше вопросам предопределяет **актуальность диссертационного исследования** автора, основной целью которого явилось разработка методов энергетической оценки качества поверхности и эксплуатационных свойств деталей, упрочненных динамическими методами ДППВ, и выработка на этой основе методики проектирования технологий обработки этими методами.

Структура и объём диссертационного исследования

Диссертация включает в себя введение, пять глав, заключение, библиографический список, включающий 152 источника. Работа изложена на 131 странице, содержит 50 рисунков, 22 таблицы, 1 приложение.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, связанной с разработкой на основе энергетического подхода, методики выбора режимов ППВ динамическими методами, методов определения характеристик качества поверхностного слоя, прогнозирования ресурса изделий на этапе их эксплуатации; сформулирована цель и задачи работы, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ работ, посвящённых исследованию закономерностей и модельных критериев оценки эффекта упрочняющей обработки динамическим поверхностным пластическим деформированием (ДППВ) позволяет констатировать следующее. Показано, что по своей физической сущности и характеру силового воздействия на материал методы ДППВ являются идентичными; разница между ними обусловлена конструктивными особенностями технологических систем, реализующих конкретный метод ППВ, а также присущими им энергетическими и технологическими возможностями. До настоящего времени вопрос выбора наиболее объективного критерия упрочнения ДППВ до настоящего времени остаётся нерешённым. В то же время энергетический подход является перспективным для оценки эффекта упрочнения материала поверхностного слоя. Использование этого подхода затрудняется тем, что не раскрыты механизмы изменения физического состояния пластически деформируемого поверхностного слоя как в процессе ДППВ, так и в процессе эксплуатации. В этой связи исследования, направленные на раскрытие механизма изменения энергетического состояния поверхностного слоя, модифицируемого ДППВ, экспериментальное обоснование количественной величины плотности их внутренней энергии, при которой обеспечивается эффективное повышение прочностных свойств деталей, и разработка расчетных моделей качества поверхности являются актуальными.

Вторая глава посвящена разработке энергетической модели, раскрывающей механизм изменения энергетического состояния локального объема в процессе ДППВ, учитывающей влияние на процесс микро и субструктурных преобразований теплового эффекта и работу неупругих сил. Показано, что энергетическая модель ДППВ позволяет определить предельное энергетическое состояние граничных с окружающей средой локальных объёмов поверхностного слоя, расположенных у поверхности детали, при котором они сохраняют (без разрушения) после ДППВ свои прочностные свойства. На основе калориметрического метода установлено, что величина предельной энергии в пластически деформированном локальном объёме поверхности соизмерима с величиной, равной разности теплосодержания (энтальпии) материала в твердом состоянии при температуре плавления и энтальпии при 293 ОК. Это подтверждает обоснованность выбора этой термодинамической величины в качестве критерия упрочнения поверхности динамическими методами ППВ. Выявлено, что эффект разрушения поверхности наступает при энергетическом состоянии локальных объёмов превышающего критерий H на величину, соизмеримую с теплотой плавления для исследуемых материалов.

В третьей главе представлена технологическая задача, связанная с обоснованием продолжительности обработки методами ДППВ, обеспечивающей достижение наибольшего эффекта упрочнения. Получена формула для определения твёрдости пластически деформированных в процессе ППВ динамическими методами

расположенных у поверхности локальных микрообъёмов. Выявлено, что согласно энергетической модели процесса ДППВ наибольший эффект упрочнения, будет достигнут тогда, когда энергетическое состояние локальных объёмов достигнет величины, соответствующее энергетическому критерию упрочнения равного H . При обеспечении наибольшего эффекта упрочнения, при котором локальные микрообъёмы, расположенные у поверхности детали, и соответственно упрочнённый ПС, сохраняют (без разрушения) прочностные свойства, получено выражение для оценки глубины упрочнённого слоя. Обобщенная зависимость интенсивности напряжённого состояния пластически деформированных локальных микрообъёмов в функции твёрдости позволяет применить её для прогнозирования величины остаточных сжимающих напряжений. Отличительной особенностью предложенных зависимостей является то, что они позволяют исходя из механических и термодинамических свойств, обосновать физико-механические параметры качества, которые могут быть получены в процессе упрочнения динамическими методами ППВ с наибольшим технологическим эффектом упрочнения. Выполнено экспериментальное обоснование энергетических методов расчета характеристик качества поверхностного слоя (на примере виброударной обработки).

В четвертой главе при использовании энергетического подхода выполнена оценка усталостной долговечности деталей после упрочнения ДППВ. Предложено энергетическое условие разрушения поверхностного слоя в процессе циклического нагружения, раскрывающее влияние упрочнения на усталостную долговечность деталей. В качестве критерия, определяющего разрушение металла в условиях силовых факторов эксплуатации, принята величина предельной энергии поглощаемой кристаллической решёткой при нагреве до температуры плавления. Получена зависимость для прогнозирования долговечности детали, упрочненной динамическими ППВ, в процессе эксплуатации. Предложено количественно оценивать влияние ДППВ на усталостную прочность деталей коэффициентом K_v , представляющего собой отношение пределов выносливости упрочнённых ППВ и исходных деталей. Полученные расчетные зависимости подтвердили высокий уровень адекватности реальным процессам.

В пятой главе представлена методика расчёта технологических режимов ДППВ и параметров качества поверхности. Приведен алгоритм проектирования операций упрочняющей обработки методом ППВ. Результаты исследования апробированы ООО РТЦ «Технология» (г. Азов) для обоснования режимов эффективного виброударного упрочнения деталей. Разработанная методика расчёта параметров качества поверхности доведена до уровня алгоритма и расчетной программы.

Основные научные результаты

Научная новизна исследования заключается:

- в обосновании энергетического критерия упрочнения поверхностного слоя ДППВ и его разрушения в процессе эксплуатации;
- разработке на его основе расчетных зависимостей по определению физико-механических характеристик качества поверхности, продолжительности процесса обработки, прогнозирования усталостной долговечности упрочнённых деталей в процессе циклического нагружения.

Автором получены принципиально **новые результаты:**

1. Разработана модель изменения энергетического состояния поверхностного слоя в

процессе ДППВ.

2. Обоснован энергетический критерий упрочнения динамическими методами ППВ.
3. На основе энергетического критерия разработаны расчетные зависимости, методы определения физико-механических параметров качества поверхностного слоя и продолжительности обработки деталей динамическими методами ППВ.
4. Установлено энергетическое условие разрушения поверхностного слоя в процессе циклического нагружения и предложен метод оценки влияния ДППВ на повышение усталостной долговечности деталей.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов настоящего диссертационного исследования подтверждается достаточным объемом анализа литературных источников, использованием современных методик экспериментальных и теоретических исследований и обработки полученных данных.

Выводы по главам и по работе в целом в достаточной степени обоснованы, опираются на существующие научные положения и не противоречат существующим теориям и исследованиям. Принятые граничные условия являются допустимыми и не оказывают существенного влияния на результаты работы. В процессе диссертационного исследования автор корректно ссылается на заимствованные методики и научные результаты, полученные другими авторами.

Изложенные в диссертации результаты прошли апробацию на международных и российских конференциях различного уровня. В их числе: всероссийская с международным участием научно-техническая конференция, «Жизненный цикл конструкционных материалов», г. Иркутск, 2012г, 2014г, 2016г.; международная научно-техническая конференция, «Наукоёмкие технологии в машиностроении и авиадвигателестроении», г. Рыбинск, 2012 г.; международная научно-техническая конференция, «Наукоёмкие комбинированные и виброволновые технологии обработки материалов», г. Ростов-на-Дону, 2013 г.; международная научно-техническая конференция, «Машиностроение-основа технологического развития России (ТМ2013)», г. Курск, 2013 г.; международный научный симпозиум технологов-машиностроителей и механиков, «Волновые и виброволновые технологии в машиностроении, металлообработке и других отраслях», г.Ростов-на-Дону, 2014 г.; международный научный симпозиум технологов-машиностроителей, «Интегрированные, виброволновые технологии в машиностроении, металлообработке и других отраслях», г. Ростов-на-Дону, 2015 г.; международный симпозиум технологов-машиностроителей, международная наудотехническая конференция, «Перспективные направления развития финишных методов обработки деталей; виброволновые технологии», г. Ростов-на- Дону, 2017 г.; международная научно-техническая конференция, «Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоёмких технологических систем формообразования и сборки изделий», п. Дивноморское (район г. Геленджик), 2019-2021 г.

Основные научные результаты достаточно полно отражены в публикациях: опубликовано 22 научные работы, в том числе, 10 работ в журналах из списка, рекомендованного ВАК, 1 работа в изданиях, индексируемых в базе Scopus.

Значимость результатов, полученных автором диссертационной работы, для науки и практики

Значимость результатов работы заключается в раскрытии и аналитическом описании механизма изменения состояния поверхностного слоя деталей в процессе упрочнения динамическими методами ППВ и их эксплуатации с позиций энергетического подхода; в разработке методики расчёта режимов обработки и параметров качества поверхности, а также технологических рекомендаций по проектированию технологии ППВ динамическими методами.

Результаты работы подтверждены практической реализацией на ООО РТЦ «Технология» (г. Азов) для обоснования режимов эффективного виброударного упрочнения деталей.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Разработанная методика расчёта параметров качества поверхности позволяет с использованием ЭВМ выбирать рациональные технологические режимы операций упрочнения динамическими методами ДППВ.

Результаты диссертационного исследования являются основой для изучения приемлемости применения энергетического подхода для: оценки влияния ДППВ на износостойкость и коррозионную стойкость поверхности деталей; обоснования прочности покрытий; оценки эффективности отделочно-упрочняющей обработки поверхностей статическими методами ППВ.

Замечания по диссертационной работе

При ознакомлении с текстом диссертации и ее авторефератом возникли некоторые замечания:

1. Отмечается, что «Целью настоящего диссертационного исследования является разработка методов энергетической оценки качества поверхности ... (далее по тексту)». Возможно, речь идет о разработке методик? Далее в тексте автореферата и диссертации часто используется термин «метод», когда речь, видимо, идет о методиках, технологиях и др.
2. Имеется разное толкование разделов. Так, в автореферате раздел называется «Заключение», в тексте диссертации раздел называется «Общие выводы и рекомендации».
3. На большинстве графиков отсутствуют графические обозначения вариации (разбросов) признаков, что несколько затрудняет оценку качества экспериментальных данных.
4. Требуют пояснения существенные различия расчетных и экспериментальных времен обработки (табл. 3.2), стр. 86 диссертации.
5. Известно, что остаточные напряжения - это тензор. К сожалению, автор не указывает, какие компоненты тензора остаточных напряжений исследует.
6. В главе 4 автор говорит о повышении усталостной долговечности, оценивая это повышение коэффициентом K_v . В то же время в таблицах 4.3-4.4 коэффициент K_v называют усталостной долговечностью.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную для науки и практического применения тему, содержит новые научные результаты, которые имеют существенное значение для науки и практики в области повышения эффективности упрочняющей обработки деталей динамическими методами ППВ. Основные результаты и выводы по работе обоснованы теоретически и экспериментально и опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Автореферат достоверно и полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Соколова Вячеслава Дмитриевича соответствует паспорту научной специальности 2.5.6 «Технология машиностроения» (пункты 2,3,7), требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п.9), 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 ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.5.6. Технология машиностроения.

Отзыв ведущей организации на диссертацию и автореферат обсужден и принят на заседании кафедры «Технологии машиностроения», протокол № 9 от 19.04.2023 г. В обсуждении приняли участие 12 преподавателей, в том числе, 2 доктора и 6 кандидатов технических наук по специальностям «Технология машиностроения» и «Сварка, родственные процессы и технологии». Голосовали единогласно.

Зав. кафедрой технологии
машиностроения, кандидат
технических наук, доцент

Профессор кафедры
технологии машиностроения,
доктор технических наук

Н.В. Абабков

В.Ю. Блюменштейн

Абабков Николай Викторович, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Технология машиностроения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). Научная специальность: 05.02.10 - Сварка, родственные процессы и технологии 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел.: 8(3842)-39-63-75, e-mail: n.ababkov@rambler.ru

Блюменштейн Валерий Юрьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ) Научная специальность: 05.02.08 - Технология машиностроения. 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел.: 8(3842)-39-63-75, e-mail: blumenstein@rambler.ru

Подписи Абабкова Н.В.

и В.Ю. заверяю

Абабков Н.В. Блюменштейн В.Ю.
ЗАВЕРЯЮ
и секретарь совета

Ученый секретарь Ученого совета

«19» 04 2023г.