

В диссертационный  
совет Д 999.003.02 при  
ФГБОУ ВПО «Ульяновский  
государственный технический  
университет»  
432027, г. Ульяновск,  
ул. Северный Венец, д. 32

### ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию и автореферат Благовского О.В. «Управление формированием остаточных напряжений в ответственных деталях при их изготовлении с использованием ультразвуковых колебаний», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

#### 1. Структура и объем работы

Диссертация выполнена в Ульяновском государственном техническом университете и состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка (108 наименований) и приложений.

Основное содержание работы изложено на 155 страницах и включает 65 рисунков и 17 таблиц.

Во **введении** обоснована актуальность работы, её практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** проведен анализ патентной и научно-технической информации, посвященной технологическому обеспечению параметров качества поверхностного слоя (ПС) деталей из труднообрабатываемых материалов в контексте современных тенденций технического прогресса. Показано существенное влияние состояния ПС деталей машин на их основные эксплуатационные свойства, а также зависимость последних от технологии механической обработки заготовок. Доказана возможность воздействия на характеристики состояния ПС и на эксплуатационные свойства деталей путем рационального исполь-

зования процесса технологического наследования (ТН), а также применения энергии ультразвукового (УЗ) поля. Сформулированы цели и задачи работы.

Следует отметить, что в представленной главе отсутствует информация о релаксации остаточных напряжений под воздействием ультразвуковой кавитации в ваннах. Данный вид УЗ обработки является одним из современных способов снижения величины технологических остаточных напряжений (ТОН) в ПС заготовок, хотя и сопряжен с некоторым ухудшением шероховатости поверхности заготовки.

Во **второй главе** рассмотрен процесс формирования ТОН на операциях точения и шлифования и при комбинированной обработке с учетом ТН. Предложены математические модели для определения величины ТОН с учетом технологического наследования, а также расчета коэффициента наследования.

Расхождение результатов численного расчета и экспериментального определения в лабораторных условиях не превышает 24 %, что находится в пределах точности эксперимента и свидетельствует об адекватности разработанных автором математических зависимостей реальным условиям обработки.

В **третьей главе** изложены методика и результаты экспериментальных исследований влияния элементов режима комбинированной обработки точением и УЗ твердосплавным выглаживанием, а также УЗ релаксации на изменение уровня ТОН и фазового состава (ФС) материала ПС образцов из различных сталей и титановых сплавов. Определение контролируемых параметров проводилось на современном оборудовании неразрушающими методами. Выявлены закономерности изменения элементов режима комбинированной обработки на ТОН и ФС поверхностного слоя. Определены коэффициенты наследования, характер изменения которых по глубине ПС подтверждает выдвинутые Благовским О.В. во второй главе диссертации гипотезы.

Приведенные материалы демонстрируют огромный объем экспериментальных исследований, выполненных автором. Вместе с тем, подобные массивы информации, на взгляд оппонента, следовало бы представлять в более компактном и обобщенном виде.

Показана существенная эффективность УЗ релаксации, позволяющей снижать величину ТОН с достаточно высокой скоростью (до 160 МПа/мин) при сравнительно малом времени обработки (около 1,5 мин). Подобные результаты демонстрируют явное превосходство УЗ релаксации по производительности над традиционно используемыми методами термической стабилизации ТОН

(отжиг и старение), обычно выполняемой в производственных условиях в течение несколько часов или даже суток.

В **четвертой главе** представлены технологические рекомендации по направленному формированию параметров качества ПС деталей из труднообрабатываемых материалов. Указана типовая последовательность выполнения технологических операций. Приведены результаты опытно-промышленной апробации результатов теоретико-экспериментальных исследований. В качестве объекта для внедрения автором работы выбран стакан из титанового сплава BT22, изготавливаемый по номенклатуре ЗАО «Авиастар-СП». Данная деталь входит в систему управления закрылками перспективного транспортного самолета Ил-76МД-90Е и является ответственной. Ожидаемый экономический эффект, как следует из расчётов диссертанта, от внедрения в технологический процесс изготовления стакана по сравнительно небольшой существующей годовой программе выпуска (84 штуки) составил в ценах на август 2014 г. около 100 тыс. руб.

В **заключении** изложены основные результаты исследований и показаны пути дальнейшего их использования для совершенствования и разработки новых технологий механической обработки заготовок.

**Список использованной литературы** содержит наименования 108 публикаций, достаточно полно отражающих состояние отечественных и, в меньшей степени, зарубежных (16 наименований) исследований по рассматриваемой проблеме.

**Приложения** включают в себя, в основном, материалы по практическому использованию научных результатов соискателя, а также состав опытов.

**В целом**, по объёму и структуре диссертационная работа имеет внутреннее единство и написана в соответствии с установившимися традициями. Структура диссертации логична, соответствует цели и задачам исследования.

## **2. Актуальность темы диссертации**

На сегодняшний день в России и мире все более широкое распространение получают высокоскоростные наземные и летательные транспортные средства, детали которых работают при повышенных температурах в условиях накопе-

ременных нагрузок и изготавливаются, чаще всего, из труднообрабатываемых сталей и сплавов. Механическая обработка заготовок из них сопряжена с повышенной теплосиловой напряженностью процесса, что становится причиной формирования нежелательных растягивающих остаточные напряжения и активизации структурно-фазовых превращений и, в конечном счете, может стать причиной снижения эксплуатационных свойств таких деталей, изменения их формы и пространственной ориентации. На практике это выливается в необходимость существенно снижения элементов режима обработки и увеличения продолжительности релаксации возникающих остаточных напряжений, а в некоторых случаях даже в необходимости подбора опытным путем последовательности выполнения операций технологического процесса изготовления ответственных деталей. Все это сопряжено с уменьшением производительности и увеличением себестоимости выпускаемой продукции.

Традиционно используемые методы уменьшения ТОН связаны либо с большими временными (естественная релаксация), энергетическими (термическая релаксация) и материальными затратами (экспериментальный подбор элементов режима и последовательности обработки), либо с существенными трудностями при обработке маложестких заготовок (поверхностно-пластическое деформирование).

Весьма перспективным для этого является использование энергии ультразвукового поля. Однако до настоящего времени достаточно сложным является определение рационального места расположения операции релаксации ТОН в технологическом процессе изготовления ответственных деталей. Отсутствие теории, практических рекомендаций и методик учета технологического наследования затрудняет разработку оптимальных технологических процессов изготовления деталей из труднообрабатываемых материалов с заданными эксплуатационными свойствами. Предложенные Благовским О.В. подходы к решению данной проблемы позволят повысить точность обработки, уменьшить длительность технологического цикла и снизить себестоимость изготовления деталей.

### **3. Научно-технический уровень и научная ценность диссертации**

Диссертационная работа выполнена на достаточном научно-техническом уровне, соответствующем мировым достижениям в этой предметной области. Реализация цели и решение поставленных в работ задач обеспечено применением современных методов исследований, базирующихся на основных положениях технологии машиностроения, механики поверхностного пластического

деформирования, физики твердого тела, математического моделирования и др. В экспериментальных исследованиях диссертантом использованы современные средства автоматизации измерения технологических остаточных напряжений, оценки структурно-фазовых превращений в поверхностном слое и температурно-силовой напряженности процесса механической обработки.

Научная ценность определяется разработанными методами, математическими моделями и зависимостями, а также результатами теоретико-экспериментальных исследований наследования ТОН и фазового состава материала ПС.

Результаты теоретико-экспериментальных исследований эффективности предложенных Благовским О.В. новых способов комбинированной обработки представлены в восьми патентах РФ на изобретения.

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

Выполненных Благовским О.В. исследования позволили выявить закономерности формирования ТОН и фазового состава материала ПС деталей из труднообрабатываемых сталей и сплавов при их изготовлении с учетом ТН. Автором предложены новые эффективные способы формирования заданного уровня ТОН и фазового состава ПС с использованием энергии УЗ поля и индентора, имеющего полосовой контакт с обрабатываемой заготовкой, а также разработаны технологические рекомендации по направленному формированию заданных параметров качества ПС на примере ТОН и фазового состава.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс подготовки магистрантов ФБГОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» и переданы для использования в действующем производстве АО «Ульяновский механический завод» и ЗАО «Авиастар-СП». Внедрение на последнем, по мнению диссертанта и работников предприятия, позволит уменьшить норму штучного времени при изготовлении партии тонкостенных деталей из титанового сплава BT22 до 70 раз за счет замены операции естественного старения на УЗ релаксацию. Все это свидетельствует о высоком интересе к работе Благовского О.В. со стороны ведущих промышленных предприятий региона.

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

По материалам выполненных исследований опубликовано 28 научных работ, в том числе 5 в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях,

внесённых в перечень журналов и изданий, утверждённых Высшей аттестационной комиссией РФ. В диссертационной работе представлена информация о восьми патентах, полученных по результатам исследований автора. Отдельные результаты исследований и диссертация в целом неоднократно докладывались на международных и всероссийских научно-технических конференциях и научных семинарах на предприятиях и вузах в период с 2008 по 2014 гг. Это дает основание считать, что диссертация прошла необходимую апробацию и нашла соответствующее отражение в публикациях.

## **6. Оформление материалов диссертации**

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

Автореферат в полном объёме отражает содержание диссертационной работы и позволяет ознакомиться со всеми основными результатами, полученными лично автором, а также выводами и рекомендациями, вытекающими из выполненных исследований.

## **7. Замечания по диссертационной работе**

1. В первой главе представлена классификация труднообрабатываемых материалов, состоящая из восьми групп, в то время как в диссертационных исследованиях рассматриваются только четыре (1-3 и 7 группы). При этом, несмотря на достаточно широкий выбор материалов (высокопрочные и коррозионно-стойкие стали, титановые сплавы), следовало бы, уделить внимание и перспективным высоколегированным жаропрочным сталям и сплавам на основе никеля.

2. В математических моделях, предлагаемых Благовским О.В., используется большое число параметров, значения которых изменяются в определенных пределах при повышенных температурах. С учетом того, что одной из рассматриваемых технологических операций является шлифование, связанное с повышенными контактными температурами в зоне обработки, необходимо было бы расширить разработанные модели и представить данные параметры (модуль Юнга, предел текучести и др.) как функции от температуры.

3. Неясно, как в математических моделях для определения величины ТОН с учетом технологического наследования и расчета коэффициента наследования, представленных в главе 2, учитываются элементы режима механической обработки. Если автор предполагает использовать для расчета остаточных напряжений зависимости, разработанные другими исследователями, необходимо сделать соответствующие ссылки.

4. Относительно малый объем второй главы (19 с.) по сравнению с первой и третьей (36 и 47 с. соответственно). Автору можно было бы, с одной стороны, рациональнее переработать обзорный и экспериментальный материал, обобщить ее данные, с другой стороны, - расширить аналитическую главу, добавив её дополнительными схемами и графиками. Это сделало бы представленную информацию гораздо более наглядной.

5. Для окончательной обработки образцов всех металлов шлифованием нельзя использовать круг зернистостью F8. Для шлифования титановых сплавов использован наилучший вариант – круг из электрокорунда.

6. Вызывает сомнение очень малая величина коэффициента вариации выборки измерений параметра  $\sigma_z$ , который можно получить из данных табл. 3,7 – около 1,8 %, соответственно, низкая дисперсия.

Очевидно, что значения  $\sigma_z$  должны быть со знаком «минус»?

## 8. Заключение

Диссертационная работа Благовского О. В. является законченной научно-квалификационной работой и может быть квалифицирована как совокупность научно-обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны.

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Степень апробации результатов работы путем опубликования основных положений в печати, выступлений на научно-технических конференциях и передачи материалов диссертации для внедрения в действующее производство - достаточна. Общая подготовленность и научный потенциал соискателя весьма высок.

Сделанные выше замечания не снижают важности полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Таким образом, представленная диссертация Благовского О.В. по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значению для теории и практики соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения уче-

ных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней и званий и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Д.т.н., профессор



Носенко В. А.

Носенко Владимир Андреевич – зам. директора по учебной работе, зав. кафедрой «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор.

Научная специальность диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук – 05.03.01 – Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент.

Служебный адрес: 404121, Волгоградская обл., Волжский, ул. Энгельса, д.42а, Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,

Телефон: (+7 8443) 381049. E-mail: nosenko@volpi.ru

Подпись Носенко В.А. заверяю

удостоверяю 

Зав. канцелярией ВПИ (филиал) ВолПИТУ

