

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.155.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.04.2021 г. № 74

О присуждении Федониной Светлане Олеговне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Повышение качества синтезированных из проволоки деталей волновым термомодеформационным упрочнением» по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения» принята к защите 18.02.2021 г. (протокол заседания № 73) диссертационным советом Д 999.155.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 241035, г. Брянск, ул. 50 лет Октября, д. 7, приказ о создании диссертационного совета №366/нк от 19.06.2014 года.

Соискатель Федонина Светлана Олеговна, 1994 года рождения, в 2017 году окончила ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет». В настоящее время заканчивает обучение в аспирантуре БГТУ, работает инженером кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» в БГТУ, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология машиностроения» БГТУ, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Киричек Андрей Викторович**, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», проректор по перспективному развитию.

Официальные оппоненты: **Афонин Андрей Николаевич**, доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», профессор кафедры «Информационные и робототехнические системы»,

Лебедев Валерий Александрович, кандидат технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», профессор кафедры «Технология машиностроения»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», (г. Пермь), в своем положительном отзыве, подписанном Макаровым Владимиром Фёдоровичем, доктором технических наук, профессором, зам. заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», и утвержденном доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям Коротаевым В.Н., указала, что диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.02.08 – Технология машиностроения (п. 2, 3, 4, 5, 6, 7) и отвечает требованиям Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Федонина Светлана Олеговна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ; 3 публикации в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Scopus и Web of Science; 1 – в наукометрической базе данных Russian Science Citation Index (RSCI), в которых изложены все

основные положения диссертационного исследования. В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично соискателю принадлежат: [9] – конечно-элементная динамическая модель формирования температурных полей при синтезе детали, [1,4,6,7,8,10,11] – исследование возможностей волнового термомеханического упрочнения в процессе синтеза, параметров качества поверхностного слоя и эксплуатационных свойств детали, [2,12] – исследование механической обработки упрочненного наплавленного металла. В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по диссертации:

1. Киричек А.В. Возможности аддитивно-субтрактивно-упрочняющей технологии [Текст] / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, А.А. Жирков, О.Н. Федонин, С.О. Федонина, А.В. Хандожко // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. – № 4 (52). – С. 151-160.

2. Киричек А.В. Технологическое обеспечение качества и эксплуатационных свойств упрочнением волной деформации [Текст]/А.В.Киричек, Д.Л.Соловьев, С.А. Силантьев, С.О. Федонина // Вестник ИрГТУ. – 2018. –Том 22, №12 (143).– С. 46-55.

3. Kirichek A.V. Finite Element Modeling and Visualization of additive ring growing by 3DMP method [Text] / Kirichek A.V., Barinov S.V., Fedonina S.O. // CEUR Workshop Proceedings of the 29th International Conference on Computer Graphics and Vision (GraphiCon 2019), Vol. 2744, pp.

На диссертацию и автореферат поступили 15 отзывов. Все отзывы положительные. Замечания, поступившие на автореферат диссертации:

1. Д.т.н., проф. Олейник А.В.: 1. Из автореферата, к сожалению, не ясно, какие именно детали аэрокосмической отрасли относятся к рассматриваемым деталям типа «оболочка». Также не ясно, в каких условиях работают эти детали. 2. В работе не предложены способы снижения энергетической интенсивности термических процессов при синтезе изделий из проволоки.

2. Д.т.н. Шептунов С.А.: 1. Из представленного материала не ясно – имеются ли результаты моделирования напряженно-деформационного состояния тела детали без упрочнения и с упрочнением, что представляет интерес для

практических целей применения разработанных рекомендаций. 2. В автореферате не приведено сравнение результатов упрочнения наплавленных из проволоки деталей и выращенных деталей из порошка (по механическим, эксплуатационным свойствам, структуре, пористости и т.д.), что снижает обоснованность разработанных рекомендаций.

3. Д.т.н., проф. Табаков В.П., к.т.н. Крупенников О.Г.: 1. Из автореферата не ясно, какова конструкция и основные технические характеристики установки, которую соискатель использовал для экспериментальных исследований. 2. Кроме того, декларируя в названии работы и по тексту автореферата «волновое» упрочнение, соискатель ни разу не упомянул, а как влияют параметры этих «волн» или колебаний (например, амплитуда и частота) на параметры качества синтезированных деталей. Нет их ни в формуле для расчета отпечатков d , ни в зависимости для определения глубины поверхностного слоя h . 3. Вызывает сомнение и прогностическая ценность эмпирических моделей, полученных соискателем. Такие модели устанавливают взаимосвязь между входными и выходными параметрами изучаемого процесса только для конкретных производственных или лабораторных условий, в которых проводился данный эксперимент. При любом изменении этих условий (новый объект внедрения, установка, марка материала, размеры заготовки и т.д.) модели теряют адекватность и соискателю придется выполнять новые эксперименты.

4. Д.т.н., проф. Блюменштейн В.Ю.: 1. Автор утверждает (стр. 14 автореферата), что «применение ВТДУ, по сравнению с неупрочненными образцами, синтезированными из проволоки из хромоникелевого сплава ЭИ868, позволило повысить механические свойства: твердость в 2,5 раза, предел прочности в 1,5 раза, предел текучести в 2 раза, при уменьшении относительного удлинения в 3 раза и сохранении ударной вязкости на достаточно высоком уровне». В автореферате не приведена методика, оборудование и ключевые результаты исследований этих механических свойств. 2. Из автореферата не ясно, приведет ли повышение твердости, прочности и предела текучести к повышению эксплуатационных свойств конкретных изделий из анализируемых материалов.

5. Д.т.н., доц. Мокрицкий Б.Я.: 1. Из автореферата не ясно, проводились ли исследования влияния упрочнения на обрабатываемость синтезированного

материала и стойкость режущего инструмента. 2. Отсутствуют рекомендации по режимам обработки резанием упрочненных и неупрочненных синтезируемых из проволоки изделий. 3. В автореферате отсутствуют сведения о производительности волнового термомодеформационного упрочнения.

6. Д.т.н., проф. Пономарев Б.Б.: 1. Отсутствуют сведения об используемых материалах инструмента и его стойкости в условиях волнового термомодеформационного упрочнения. 2. В работе не рассмотрены вопросы влияния жесткости системы оборудование-инструмент-станок на результат процессов деформационного упрочнения и механической обработки резанием синтезированных изделий и их точность.

7. Д.т.н., проф. Ямников А.С.: По сути работы замечаний нет. Замечания по формулировке. В задаче 4: «Разработать технологическую стратегию реализации волнового термомодеформационного упрочнения при синтезе детали 3DMP-методом, выявить рациональные значения температуры упрочнения, ...», вместо амбициозной фразы «Разработать технологическую стратегию ...», по мнению рецензента, лучше было бы употребить выражение «Разработать способы ...». Это было бы ближе к инженерным наукам и могло быть защищено патентами.

8. Д.т.н., проф. Зайдес С.А.: 1. По результатам работы автор утверждает, что температурный баланс наступает после наплавки 5...6 слоев синтезируемой детали. Этот вывод, наверное, относится к конкретной детали, так как на температурный баланс оказывает влияние и диаметральный размер детали. 2. Механическая обработка синтезируемого слоя детали, несомненно, оказывает положительное влияние на механические свойства материала. Однако, из содержания автореферата не ясно, как последующее термическое воздействие при формировании нового слоя детали сказывается на механическом состоянии предыдущего слоя.

9. Д.т.н., проф. Соловьев Д.Л.: 1. Из автореферата не ясно, рассматривались ли другие типы синтезированных деталей, кроме деталей типа «оболочка» (например «диск», «лопатка»), технологическая стратегия реализации ВТДУ для которых может отличаться. 2. В работе применяются одинаковые обозначения для различных физических величин: E – энергия удара (деформируемого инструмента по синтезированной поверхности) в Дж и модуль упругости (применяется для

задания физико-механических свойств материала) в МПа. 3. В автореферате отмечено «...что температурный баланс наступает после наплавки 5...6 слоев синтезируемой детали». Не ясно, что в данном случае подразумевается под «температурным балансом»?

10. Д.т.н., проф. Чигиринский Ю.Л.: 1. В автореферате отражено влияние технологических условий изготовления деталей на микротвердость и глубину упрочненного поверхностного слоя (рис. 7, стр. 14...16), но не приведены математические модели для оценки микрогеометрии поверхности и показателей прочности изделия. 2. В технологии машиностроения, как правило, используются степенные мультипликативные модели. Насколько оправдан выбор линейного полинома в качестве спецификации феноменологической модели для оценки микротвердости (стр. 16)? 3. В автореферате в явном виде не приведены исходные данные для регрессионного моделирования. 4. Из содержания автореферата не вполне понятно, каким образом схема процесса в виде «черного ящика» (рис. 2) способствует «выявлению наиболее значимых входных независимых технологических факторов» (стр. 8).

11. Д.т.н., проф. Евсеев Д.Г.: Из автореферата не ясно, почему в диссертации уделяется внимание только толщинам наплавляемых слоев 1...2,5 мм и 2,5...5 мм. Целесообразно ли применение используемого способа упрочнения для других толщин наплавляемых слоев.

12. Д.т.н., проф. Семенов А.Н.: 1. Приведенный «благоприятный» температурный диапазон волнового термомеханического упрочнения имеет очень большое значение, в котором могут протекать разнообразные физические процессы, приводящие к нестабильности показателей качества деталей. 2. Не оценивалось влияние деформационного упрочнения на характеристики точности геометрических форм деталей.

13. Д.т.н., проф. Албагачиев А.Ю.: 1. Является ли температура управляемым параметром или контролируемым? 2. Как получены формулы для расчета параметров упрочнения?

14. Д.т.н., доц. Вайнер Л.Г.: В автореферате приведены данные по распределению микротвердости по глубине, т.е. в зависимости от расстояния от поверхности. Специфика ЗРМР-метода – послойное формирование из проволоки

объема детали типа оболочка предопределяет особый интерес к проблеме равномерности распределения физико-механических свойств (качество поверхностного слоя, прочность, микротвердость) по высоте сформированного цилиндра. В частности, требуется сравнение характеристик в точках основного объема и стыков наплавленных слоев. В работе подобные данные отсутствуют.

15. Д.т.н., проф. Великанов Н.Л.: На с. 14 рис. 7 автореферата можно было привести доверительные интервалы для исследуемых параметров, что позволило бы уточнить прирост микротвердости.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием научных разработок и публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная концепция периодического (послойного) волнового термомодеформационного упрочнения (ВТДУ) синтезированных металлических изделий;

разработаны технология ВТДУ и технологические рекомендации по стратегии реализации и назначению режимов ВТДУ, исходя из условия обеспечения заданных параметров качества синтезированных из проволоки деталей из сталей и сплавов Cr-Ni и Cr-Ni-Mo группы, а также формы и размеров синтезируемой детали;

предложена научная гипотеза о наследовании особенностей строения и свойств материала поверхностного слоя синтезированных деталей, зависящих от степени и температуры деформации при ВТДУ;

доказано наличие связи между режимами ВТДУ и стратегией упрочнения синтезированных из проволоки деталей из сталей и сплавов Cr-Ni и Cr-Ni-Mo группы с параметрами качества поверхностного слоя;

доказано наличие связи между интегральным параметром процесса волнового деформационного упрочнения - коэффициентом перекрытия единичных отпечатков, и температурой упрочняемой поверхности;

введен новый термин «волновое термомодеформационное упрочнение» (ВТДУ),

основанный на расширении технологических возможностей, в части применения известного ранее волнового деформационного упрочнения (ВДУ) в процессе синтеза деталей 3DMP-методом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана справедливость распространения положений теории технологического наследования на процессы 3DMP-синтеза деталей из проволоки с ВТДУ применительно к особенностям строения и свойствам материала;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих научной новизной результатов) **использованы** теоретические положения: технологии машиностроения, термодинамики, математического моделирования и анализа нелинейных быстропротекающих динамических процессов в неупругих средах методом конечных элементов;

изложены доказательства эффективного применения волнового деформационного упрочнения в процессах 3DMP-синтеза деталей из проволоки;

раскрыты новые проявления закономерностей деформационного упрочнения материала детали при последующем воздействии высоких температур, разрешающие противоречия между его деформационным упрочнением и термическим разупрочнением;

изучены связи динамических температурных полей, формируемых в процессе синтеза, и параметров ВТДУ с параметрами качества поверхностного слоя и механическими свойствами материала синтезируемой детали;

проведена модернизация известной методики теоретического расчета параметров глубины и степени упрочнения при ВДУ материала с учетом температуры обрабатываемой поверхности;

выявлены рациональные технологические режимы ВТДУ синтезированных из проволоки деталей из сталей и сплавов Cr-Ni и Cr-Ni-Mo группы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и принята к внедрению на ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» новая технология ВТДУ синтезированных из проволоки деталей;

созданы и представлены технологические рекомендации по стратегиям реализации и назначению режимов ВТДУ, исходя из условия обеспечения заданных

параметров качества синтезированных из проволоки деталей из сталей и сплавов Cr-Ni и Cr-Ni-Mo группы, а также формы и размеров синтезируемой детали.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость исследований микротвердости, глубины и степени упрочнения поверхностного слоя в различных условиях в зависимости от технологических параметров ВТДУ;

теория построена на известных, устоявшихся данных и зависимостях, а также базируется на фундаментальных положениях технологии машиностроения и теплофизики технологических процессов, механики деформируемого твердого тела, волновых процессов, нелинейных быстропротекающих динамических процессов в упругих и неупругих средах, согласуется с результатами исследований, опубликованными другими авторами по теме диссертации или по смежным отраслям;

идея базируется на известных положениях: технологии деформационного упрочнения металлических деталей, теории распространения волн деформации в ударных системах с промежуточным звеном, положительном влиянии термического и деформационного воздействия на микроструктуру и свойства материала детали;

использованы современное исследовательское оборудование (цифровой автоматизированный микроскоп Leica DVM6A, микротвердомер KB30, тепловизор TiX660 Fluke), методы исследования и обработки экспериментальных данных;

установлены количественные соответствия расчетных и экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии в проведении экспериментальных исследований и обработке экспериментальных данных; получении результатов, имеющих научную и практическую значимость для волнового деформационного упрочнения и расширения его технологических возможностей, а также технологических рекомендаций; подготовке публикаций по работе; апробации результатов исследования.

Диссертация Федониной Светланы Олеговны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится комплекс технологических решений научной и прикладной задачи повышения качества синтезированных из проволоки деталей из сталей и сплавов Cr-Ni и Cr-Ni-Mo группы, путем

разработки новой технологии ВТДУ, имеющей важное значение для развития теории и практики поверхностного пластического деформирования и соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней и Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (ред. от 01.10.2018 г.). Работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

На заседании 21 апреля 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Федониной С.О. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения».

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.02.08, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель совета,
д.т.н., профессор

Владислав Павлович Смоленцев

Ученый секретарь совета,
д.т.н., профессор

Олег Николаевич Кириллов

21 апреля 2021 г.