

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе НГТУ
кандидат технических наук
Огто Артур Исаакович



2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Диссертация «Повышение качества поверхностного слоя деталей тангенциальным ультразвуковым воздействием при поверхностном деформировании» выполнена на кафедре Технологии машиностроения.

В период подготовки диссертации соискатель Самуль Артём Геннадьевич обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», нормативный период обучения с 31.08.2018 г. по 31.08.2022 г.

С 2019 года по настоящее время Самуль А.Г. работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», на кафедре Технологии машиностроения в должности ассистента (2019 – 2022 г.), старшего преподавателя с ноября 2022 г.

В 2018 году Самуль А.Г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», присуждена степень магистра по специальности «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 670 выдана в 2022 году Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Научный руководитель – Гилета Виктор Павлович, кандидат технических наук, доцент, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра Технологии машиностроения, доцент кафедры.

По итогам обсуждения принято следующее заключение (выписка из протокола заседания):

Актуальность темы диссертационного исследования

Главными эксплуатационными свойствами деталей машин являются надёжность и работоспособность, в значительной степени зависящие от качества поверхностного слоя. Итоговое состояние поверхности чаще всего формируется лезвийными методами обработки. Одним из недостатков данных методов является ограниченность влияния на физико-механическое состояние обрабатываемых поверхностей. Альтернативой лезвийной обработки является поверхностное пластическое деформирование (ППД), при котором осуществляется перераспределение обрабатываемого материала, а не удаление стружки. Данная особенность методов ППД позволяет значительно влиять как на микрогеометрические, так и на физико-механические характеристики обрабатываемых поверхностей. Среди методов поверхностного-пластического деформирования выделяется метод ультразвукового поверхностно-пластического деформирования (УЗПД). Его особенностью является наличие колебательного движения деформирующего инструмента, по нормали к обрабатываемой поверхности с частотой выше 18 кГц, приводящего к интенсификации упрочняюще-чистового эффекта. Благодаря физико-механическим особенностям и большому набору технологических параметров данный метод позволяет варьировать состоянием обработанной поверхности в широком диапазоне, обуславливая изменение эксплуатационных свойств упрочняемых деталей. Несмотря на большое количество данных, практически отсутствуют работы по обеспечению микрогеометрического и физико-механического состояния поверхностного слоя деталей, выполненных из пластичных металлов и сплавов ультразвуковым поверхностно-пластическим деформированием.

Решение данной проблемы только за счёт варьирования технологических параметров УЗПД по нормальной схеме затруднительно, ввиду сложности обеспечения стабильности процесса. Это обусловлено значительным

деформационным усилием, приводящим к образованию волнистости на обрабатываемой поверхности. С целью обеспечения максимального упрочняюще-чистового эффекта данных материалов предложено изменение кинематики процесса обработки, путём смены направления ввода колебаний с нормального на касательное к обрабатываемой поверхности, поскольку смена направления колебательного движения инструмента оказывает влияние на деформационное усилие и направление движения материала в зоне обработки. Технологические возможности УЗПД по тангенциальной схеме при обработке пластичных металлов недостаточно исследованы. В связи с этим определение возможности формирования стабильного микрогеометрического и физико-механического состояния деталей из пластичных металлов и сплавов методом УЗПД с вводом колебаний по касательной к обрабатываемой поверхности, является актуальной задачей, имеющей практический и научный интерес.

Целью работы является разработка технологии формирования поверхностных слоёв с повышенными требованиями к уровню микрогеометрических и физико-механических характеристик на деталях из пластичных металлов и сплавов методом ультразвукового поверхностного пластического деформирования.

Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации

Личный вклад автора состоит в непосредственном выполнении теоретических и экспериментальных исследований, участии в постановке задач, интерпретации полученных результатов совместно с соавторами публикаций, формулировке научных положений и выводов.

Достоверность результатов обеспечена обоснованным изучением достаточного объема научной литературы, использованием современных средств и методик проведения исследований. Представленные в диссертации результаты и сформулированные выводы следует оценить, как достоверные.

Научная новизна диссертации характеризуется следующими положениями:

1. Установлено, что изменение схемы УЗПД с нормальной на тангенциальную, обеспечивает формирование стабильного качества поверхностного слоя с

низкими параметрами шероховатости и повышенными физико-механическими свойствами на деталях, выполненных из пластичных металлов и сплавов.

2. Разработана математическая модель формирования топографии поверхности при УЗПД по тангенциальной схеме, учитывающая влияние исходной твёрдости обрабатываемого материала и шероховатости поверхности, кинематические и динамические параметры обработки.

3. На основании экспериментальных исследований и расчётных данных установлены закономерности формирования поверхностного слоя с заданным уровнем микрогеометрических и физико-механических свойств деталей, выполненных из пластичных металлов и сплавов, УЗПД по тангенциальной схеме.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработан алгоритм управления процессом УЗПД по тангенциальной схеме и технологические рекомендации по выбору режимов обработки для формирования характеристик качества поверхностного слоя деталей.

Установлено, что для УЗПД по тангенциальной схеме технологическими параметрами обработки, оказывающими влияние на микрогеометрическое и физико-механическое состояние поверхностного слоя деталей, являются скорость главного движения V_v , подача инструмента S , статическая нагрузка $P_{ст}$, частота f и амплитуда A ультразвуковых колебаний, радиус рабочего инструмента r_1 , угол β между скоростями главного движения и колебательной скорости.

Результаты диссертационной работы внедрены для повышения эксплуатационных свойств корпусов теплонагруженных СВЧ усилителей мощности.

Результаты экспериментальных и теоретических исследований внедрены в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистров по направлению 15.03.05 и 15.04.05 - "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"

Диссертационная работа выполнялась при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-31-90059, "Обеспечение качества поверхностного слоя деталей машин, выполненных из цветных металлов и сплавов, ультразвуковым пластическим деформированием".

Ценность научных работ соискателя и полнота изложения материалов диссертации

Полученные диссертантом результаты исследований расширяют представления о технологических возможностях ультразвукового поверхностного пластического деформирования.

Результаты исследований представляют научный и практический интерес как для специалистов в области машиностроения, так и смежных научных специальностей.

Ценность научных результатов, представленных в диссертационной работе, подтверждается публикациями в рецензируемых научных изданиях рекомендованных ВАК, входящих в базы цитирования Scopus и Web of Science, а также участием в конференциях и семинарах различного уровня.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения»

Диссертация соответствует областям исследования паспорта специальности, в частности:

1. пункту 2. «Технологические процессы, операции, установки, позиции, технологические переходы и рабочие ходы, обеспечивающие повышение качества изделий и снижение их себестоимости»;

2. пункту 3. «Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения»;

3. пункту 4. «Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости их выпуска»;

4. пункту 7. «Технологическое обеспечение и повышение качества поверхностного слоя, точности и долговечности деталей машин».

Полнота изложенных результатов диссертации в работах, опубликованных автором.

Соискатель имеет всего 19 опубликованных работ. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 19 научных работах, из них статей, опубликованных согласно перечню российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК РФ) - 3, а также работ в научных изданиях, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science - 3.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены:

В рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Семенова, Ю. С. Применение ультразвукового поверхностного пластического деформирования при модификации поверхностного слоя / Ю. С. Семенова, **А. Г. Самуль**, С. В. Мажуга // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2020. - Т. 16, № 5. - С. 200-204. - DOI: 10.36652/1813-1336-2020-16-5-200-204.
2. Рахимьянов, Х. М. Обеспечение микрогеометрического состояния поверхности деталей, выполненных из пластичных материалов, ультразвуковой обработкой / Х. М. Рахимьянов, В. П. Гилета, **А. Г. Самуль** // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2020. - Т. 16, № 6. - С. 256-259. - DOI: 10.36652/1813-1336-2020-16-6-256-259.
3. **Самуль, А. Г.** Кинематические характеристики процесса ультразвуковой поверхностной обработки / А. Г. Самуль // iPolytech Journal. – 2022. – Т. 26. – № 1. – С. 24-34. – DOI 10.21285/1814-3520-2022-1-24-34

В международных изданиях, в базах SCOPUS, WoS:

1. Rakhimyanov, K. M. Ultrasonic surface hardening of low carbon steels and non-ferrous alloys [Electronic resource] / K. M. Rakhimyanov, V. P. Gileta, **A. G. Samul** // MATEC Web of Conferences. - 2019. - Vol. 297 : Innovations in Mechanical Engineering (ISPCIME-2019) . - Art. 05005 (12 p.). – DOI: 10.1051/mateconf/201929705005.
2. Rakhimyanov, K. Kinematics of ultrasonic processing / K. Rakhimyanov, V. Gileta, **A. Samul** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Sevastopol, 07–11 сентября 2020 года. – Sevastopol, 2020. – P. 022054. – DOI 10.1088/1757-899X/971/2/022054.
3. **Samul, A.** Ultrasonic Surface Machining of Aluminium Alloy Parts / A. Samul, V. Gileta, A. Nasonov [et al.] // Key Engineering Materials. – 2022. – Vol. 910 KEM. – P. 321-330. – DOI 10.4028/p-wj4ahe.

В прочих изданиях:

1. **Самуль, А. Г.** Ультразвуковая обработка металлов низкой твердости / А. Г. Самуль, В. П. Гилета // Интеллектуальный потенциал Сибири. МНСК–2017 : сб. науч. тр. 25 межвуз. (регион.) науч. студ. конф., Новосибирск, 24–25 мая 2017 г. : в 23 ч. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. – Ч. 12. Перспективные инновационные технологии и материалы. – С. 82-86.
2. **Самуль, А. Г.** Ультразвуковая обработка материалов низкой твердости / А. Г. Самуль, В. П. Гилета // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2017. – Т. 4. – № 4. – С. 27-31.
3. **Самуль, А. Г.** Моделирование процесса формирования микрогеометрии при ультразвуковой обработке / А. Г. Самуль // Наука и инновации XXI века: Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых, Сургут, 30 ноября 2017 года. – Сургут: Сургутский государственный университет, 2017. – С. 95-98.

4. **Самуль, А. Г.** Анализ траектории движения инструмента при ультразвуковом упрочнении с введением колебаний по касательной к поверхности / А. Г. Самуль, Р. М. Кадырбаев, А. С. Юсупов // Упрочняющие технологии и функциональные покрытия в машиностроении: сборник трудов III Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Кемерово, 29–30 ноября 2017 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 104.

5. **Samul, A.** Ultrasonic processing of low hardness materials / A. Samul // Science. Research. Practice: Сборник трудов городской научно-практической конференции аспирантов и магистрантов, Новосибирск, 15 декабря 2017 года / Ответственный редактор А.Ю. Алябьева. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. – Р. 145-147.

6. **Рахимьянов, Х. М.** Ультразвуковая обработка при тангенциальных колебаниях индентора / Х. М. Рахимьянов, В. П. Гилета, **А. Г. Самуль** // Инновации в машиностроении: Сборник трудов X Международной научно-практической конференция, Кемерово, 26–29 ноября 2019 года / Под редакцией В.Ю. Блюменштейна. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2019. – С. 73-78.

7. **Samul, A.** Ultrasonic hardening with tangential vibration input / A. Samul // Progress through Innovations : Proceedings VIII International Academic and Research Conference of Graduate and Postgraduate Students: труды международной научно-практической конференции аспирантов и магистрантов, Novosibirsk, 28 марта 2019 года / Ответственный редактор А.Ю. Алябьева. – Novosibirsk: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – Р. 225-227.

8. **Samul, A.** The analysis of the tool motion trajectory at different angles of ultrasonic vibrations input in the processing zone / A. Samul // Science. Research. Practice : Proceedings 2018 IInd All Russia Academic and Research Conference of Graduate and Postgraduate Students/Труды международной научно-практической конференции аспирантов и магистрантов, Novosibirsk, 20 декабря 2018 года / Ответственный редактор А.Ю. Алябьева. – Novosibirsk: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – Р. 257-259.

9. **Самуль, А.Г.** Выбор рациональной схемы ультразвуковой обработки для конструкционных материалов средней твердости / А. Г. Самуль, Х. М. Рахимьянов, В. П. Гилета, Ю. С. Кудрявцева // Инновации в машиностроении : материалы 11 междунар. науч.-практ. конф., Бийск, 22-23 окт. 2020 г. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2020. – С. 111–116.

10. **Самуль, А.Г.** Микрогеометрия деталей из алюминиевых сплавов после ультразвукового поверхностно-пластического деформирования / А. Г. Самуль, А. И. Насонов, В. П. Гилета // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2021. – № 3(74). – С. 82-90.

11. **Самуль А.Г.** Влияние угла ввода колебаний на морфологию поверхности при ультразвуковом поверхностно-пластическом деформировании /

А. Г. Самуль, А. И. Насонов, В. П. Гилета // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации) : Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Иркутск, 21–23 октября 2021 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2021. – С. 110-116.

12. Самуль, А. Г. Влияние ультразвукового поверхностного пластического деформирования на микроструктуру и дюрометрические свойства армко-железа / А. Г. Самуль, А. А. Потапов // Наука. Технологии. Инновации : XV Всероссийская научная конференция молодых ученых, посвященная Году науки и технологий в России. Сборник научных трудов в 10-ти частях, Новосибирск, 06–10 декабря 2021 года / Под редакцией Д.О. Соколовой. – НОВОСИБИРСК: Новосибирский государственный технический университет, 2021. – С. 338-342.

13. Болтоков, Д. О. Сравнительный анализ методов поверхностного пластического деформирования: алмазное выглаживание и ультразвуковое пластическое деформирование / Д. О. Болтоков, А. Г. Самуль, В. П. Гилета // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации : Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции, Арзамас, 12–13 апреля 2022 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2022. – С. 125-128.

Личный вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 85% и состоит в постановке задач и проведении исследований, обобщении полученных результатов.

Общее заключение

Диссертационная работа Самуль Артёма Геннадьевича обобщает самостоятельные исследования автора и является завершённым научным трудом, выполненным по специальности: 2.5.6 – «Технология машиностроения».

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным в п. 9-14 Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года № 842.

Диссертация Самуль Артёма Геннадьевича на тему «Повышение качества поверхностного слоя деталей тангенциальным ультразвуковым воздействием при поверхностном деформировании» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Технологии машиностроения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Присутствовало на заседании 16 чел. Результаты голосования: «за» - 16 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 4 от 5 июня 2023 г.

Председатель расширенного заседания кафедры
Технологии машиностроения:

кандидат технических наук, доцент _____ Е.Д. Головин

Секретарь расширенного заседания кафедры
Технологии машиностроения:

кандидат технических наук, доцент _____ А.С. Верещагина

Подписи Головина Е.Д. и Верещагиной А.С. заверяю.

Начальник отдела кадров НГТУ _____

О.К. Пустовалова

