

О Т З Ы В

официального оппонента, к.т.н., доцента *Дмитриева Сергея Ивановича* на диссертацию *Нгуен Ван Дао* на тему: «Технологическое обеспечение качества эксплуатационных поверхностей деталей типа «тел вращения» из сталей аустенитного класса на основе локального криогенного воздействия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения

1. Актуальность темы диссертации

Нефтегазовая отрасль играет ключевую роль в обеспечении жизненно важной национальной энергетической безопасности и оборонного потенциала, генерирует большие валютные поступления от экспорта и вносит важный вклад в государственный бюджет. Для обеспечения надежного и эффективного процесса добычи, транспортировки и переработки нефти и газа, в нефтегазовой промышленности требуется применять множество различных типов специализированного оборудования, включающего буровую установку, нефтепроводы (трубопроводы), резервуары, насосы и компрессоры и т.д. Материалы выбирают для оборудования нефтегазовой промышленности не только из-за их способности выдерживать давление и температуру, но также из-за их высокой коррозионной стойкости в суровых нефтегазовых средах, особенно в глубоководных районах или на нефтяных месторождениях, содержащих много нефти и газ.

Нержавеющая аустенитная сталь представляет собой легированную сталь в основном железе, которая содержит в химическом составе хром (16-22%), никель (6-22%) и другие легирующие добавки, например, марганец, молибден, медь и др. Она содержит аустенит (γ -фаза) в качестве своей первичной кристаллической структуры аустенита, которая представляет собой металлическую структуру, стабильную при высоких температурах, немагнитную и обладающую высокой коррозионной стойкостью. Широкое применение аустенитной нержавеющей сталей различных областях промышленности было обусловлено своими выдающимися эксплуатационными характеристиками, такими как: высокая коррозионная стойкость, хорошая обрабатываемость и свариваемость, немагнитность, высокая пластичность и долговечность, химическая стабильность и т.п. Однако нержавеющие аустенитные стали относятся к группам труднообрабатываемых материалов вследствие высокой пластичности, склонности к интенсивному наклёпу, образованию сливной стружки и наростообразования на режущем инструменте, а также значительного тепловыделения в зоне резания.

В диссертационной работе предложен и обоснован подход к технологическому обеспечению качества поверхностей деталей типа «тел вращения» из сталей аустенитного класса на основе локального криогенного воздействия. Показано, что применение локального криогенного воздействия позволяет целенаправленно формировать благоприятные характеристики поверхностного слоя и обеспечивать эксплуатационные свойства деталей.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-158 от 11.06.26
ЛУ УС

Таким образом, диссертация посвящена решению актуальной задачи, для чего автором проведены теоретические и экспериментальные исследования, позволившие научно обосновать разработанный способ.

2. Научная новизна диссертации

1. Установлены закономерности влияния технологических параметров процесса механической обработке при применении локального криогенного воздействия на шероховатость обработанной поверхности из коррозионноустойчивых и жаропрочных материалов аустенитного класса.

2. Разработана математическая модель технологической системы механической обработки, учитывающая применение локального криогенного воздействия, позволяющая оценить динамическую устойчивость системы при различных технологических параметрах и подтверждающая повышение динамической стабильности изготовления изделий из коррозионноустойчивых и жаропрочных материалов аустенитного класса.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность сформулированных Нгуен В.Д. научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным применением методик планирования промышленного эксперимента, анализа и интерпретации полученных результатов, а также повторяемостью экспериментальных исследований, количеством проводимых измерений и используемым оборудованием. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработан способ механической обработки стальной заготовки аустенитного класса с дроблением стружки и устройство для его осуществления, включающий в себя схему нанесения предварительного локального криогенного воздействия на поверхность цилиндрической заготовки и последующего процесса механической обработки заготовки с метастабильной структурой. Предлагаемый способ обеспечивает устойчивое сегментирование и дробление сливной стружки, а также позволяет удалить наростообразования и, в результате, обеспечить качество поверхностей получаемого изделия.

Научная новизна выводов и рекомендаций заключается в выявленных закономерностях влияния технологических факторов разработанного способа на основе локального криогенного воздействия на шероховатость поверхностей и точность формы при механической обработке деталей типа «тел вращения» из сталей аустенитного класса. На основании анализа полученных результатов экспериментальных исследований были получены математические зависимости, позволяющие получить значения контролируемых параметров обработки в зависимости от значений технологических факторов.

4. Научные результаты, их ценность

Научные результаты диссертации Нгуен В.Д. выражены в следующих положениях, выносимых на защиту:

1. Разработанный способ механической обработки деталей типа «тел вращения» из сталей аустенитного класса на основе локального криогенного воздействия, включающий в себя схему осуществления предварительного локального криогенного воздействия на обрабатываемой поверхности и схему обработки, обеспечивает устойчивое сегментирование и дробление сливной стружки на равные отрезки длиной 150...200 мм, а также позволяет удалять наростообразование во время резания, что приводит к уменьшению шероховатости поверхности в диапазоне $R_a = 1,3...1,4$ мкм.

Доказательством первого защищаемого положения являются теоретические и экспериментальные исследования по техническому обеспечению качества эксплуатационных поверхностей деталей из сталей аустенитного класса на основе локального криогенного воздействия. По результатам исследований установлено, что под воздействием низкой криогенной температуры жидкого азота в поверхностном слое происходит мартенситные превращения на глубину от 0,3 до 0,5 величины глубины резания t , которые приводят к значительным изменениям структуры и свойств материала из аустенитной стали, следовательно, к изменениям условий резания.

Разработан способ механической обработки деталей типа «тел вращения» из сталей аустенитного класса с дроблением стружки при применении предварительного локального криогенного воздействия на поверхность заготовки и последующего процесса механической обработки заготовки с метастабильной структурой. При применении разработанного способа в результате обработки происходит устойчивое сегментирование и равномерное дробление сливной стружки, а также периодическое удаление наростообразования во время резания, что ведет к уменьшению шероховатости поверхности до $R_a = 1,3...1,4$ мкм, снижению вредных факторов, следовательно, к увеличению общей производительности.

2. Математическая модель технологической системы механической обработки, учитывающая комбинированное влияние совокупности технологических параметров механической обработки деталей типа «тел вращения» из сталей аустенитного класса на основе локального криогенного воздействия, позволяет адекватно оценить динамическую устойчивость системы при различных технологических параметрах и подтверждает повышение динамической стабильности изготовления изделий из сталей аустенитного класса с заданными параметрами шероховатости $R_a = 1,3...1,4$ мкм.

Доказательством второго защищаемого положения является математическая модель технологической системы механической обработки на основе локального криогенного воздействия, учитывающая особенности подсистемы «инструмент-заготовка» и подтверждающая существенное изменение динамической устойчивости технологической системы и граничных условий перехода к автоколебательному процессу.

Ряд проведенных экспериментальных и теоретических исследований по влиянию локального криогенного воздействия на динамическую устойчивость динамической системы доказал, что процесс механической обработки резанием на основе локального криогенного

воздействия позволяет изменить условия виброактивности процесса и вводит систему в устойчивое состояние.

3. Установленные регрессионные математические зависимости, учитывающие комбинированное влияние совокупности технологических параметров с локальным криогенным воздействием, позволяют адекватно оценить эффективность варьируемых параметров технологической системы и получить прогнозируемые значения шероховатости поверхности на всех операциях снимаемого припуска

Доказательством третьего защищаемого положения являются результаты статистической обработки полученных в ходе экспериментальных исследований математических зависимостей, учитывающие влияние технологических параметров способа механической обработки резанием деталей типа «тел вращения» с применением локального криогенного воздействия на шероховатость поверхностей изделий из аустенитных сталей. Результаты экспериментальных исследований показали, что применение разработанного способа обработки обеспечивает равномерную шероховатость поверхностей обрабатываемой заготовки $Ra = 1,3 \dots 1,4$ мкм. на основании полученных моделей, а также анализа экспериментальных результатов установить, что минимальные значения шероховатости поверхностей достигаются при рекомендуемых значениях технологических параметров: время локального криогенного воздействия, $T = 30-60$ с; частота вращения шпинделя $n = 115-750$ мин⁻¹; глубина резания $t = 0,15-0,5$ мм и подача $S = 0,15 - 0,5$ мм/об. Достоверность этих зависимостей подтверждена проверкой по критерию Фишера и контрольными экспериментами. Таким образом, использование установленных математических зависимостей обеспечивает целенаправленное обеспечение качества обработанной поверхности без проведения дополнительных длительных экспериментов.

Основные научные результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в 3 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент на изобретение.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

1. Соискателем было проведено и выявлено влияние криогенного воздействия с последующим пластическим деформированием на структуру и физико-механические свойства аустенитных сталей, что позволяет обеспечить качества эксплуатационных поверхностей деталей типа «тел вращения» при обработке изделий из коррозионностойких и жаропрочных материалов аустенитного класса.

2. Соискателем был разработан способ механической обработки деталей типа «тел вращения» из сталей аустенитного класса с дроблением стружки, включающий в себя схему нанесения предварительного локального криогенного воздействия на поверхность цилиндрической заготовки и последующего процесса механической обработки заготовки с

метастабильной структурой.

3. Соискателем были проведены эксперименты при обработке стали марки 08X18H10T с применением локального криогенного воздействия. На основе полученных результатов были разработана эквивалентная математическая модель ТСМО, позволяющая адекватно оценить динамическую устойчивость системы при различных технологических параметрах и подтверждающая повышение динамической стабильности изготовления изделий из коррозионноустойчивых и жаропрочных материалов аустенитного класса;

4. На основе полученных результатов проведенных экспериментов представлены практические рекомендации применения разработанного способа в условиях реального производства с определенными рациональными режимами, позволяющими обеспечить минимальные значения шероховатости поверхностей $Ra = 1,3...1,4$ мкм: время локального криогенного воздействия, $T = 30-60$ с; частота вращения шпинделя $n = 115-750$ мин⁻¹; глубина резания $t = 0,15-0,5$ мм и подача $S = 0,15 - 0,5$ мм/об;

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы Нгуен В.Д. могут быть использованы на предприятиях машиностроительного и нефтегазового профиля, изготавливающих детали из аустенитных сталей (валы, оси, гильзы, шпиндели и др.).

Выполненное исследование содержит вопросы, требующие дальнейшего изучения; их разработка в последующих работах позволит развить исследование в области применения криогенных технологий при обработке других труднообрабатываемых материалов.

7. Замечания и вопросы по работе

1. Если меняется диаметральный размер заготовки, то, как осуществляется поднастройка нанесения локального криогенного воздействия?

2. Как обеспечивается управление движением устройства подачи жидкого азота по поверхности заготовки, чтобы получить равномерное метастабильное воздействие?

3. Применение локального криогенного воздействия требует дополнительных затрат на жидкий азот и оснастку. В диссертационной работе не приведено технико-экономическое обоснование, включая сравнение себестоимости обработки с традиционным точением без охлаждения и с применением СОЖ.

4. Для аустенитных сталей характерна склонность к наростообразованию, существенно влияющему на качество поверхности. В работе не приведены конкретные исследования по оценке состояния режущих кромок после механической обработки на основе локального криогенного воздействия и без него, не оценены изменение площади нароста и его периодичность удаления.

5. В диссертационной работе основное внимание уделено значению шероховатости и точности формы. Однако для эксплуатационных поверхностей деталей типа «тел вращения» (валы, оси) также важны другие параметры, как усталостная прочность, износостойкость при

трении скольжения и коррозионная стойкость. Экспериментальных данных по этим характеристикам не представлено.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости результатов диссертации и носят рекомендательный характер.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Технологическое обеспечение качества эксплуатационных поверхностей деталей типа «тел вращения» из сталей аустенитного класса на основе локального криогенного воздействия», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Нгуен Ван Дао заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

Официальный оппонент
Заведующий отделением инженерных технологий
Передовой инженерной школы гибридных технологий
в станкостроении Союзного государства
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Псковский государственный университет»
к.т.н., доцент



(Signature)
Дмитриев Сергей Иванович

Согласовано
Проректор по инновационной
деятельности ПсковГ

(Signature)
Гончарова Екатерина Викторовна

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Псковский государственный университет»

Почтовый адрес: 180000, Псковская обл., г. Псков, пл. Ленина, дом 2.

Официальный сайт в сети Интернет: <https://misis.ru/>.

эл. почта: s.dmitriev@pskgu.ru телефон: +78112201699

<i>Легисла С.И. Дмитриева,</i>	
<i>Е.В. Гончарова</i>	
Специалист по персоналу 1 категории отдела кадров ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»	
<i>(Signature)</i>	<i>К.А. Трошева</i>
« 30 »	мая 20 26 г.