

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
цифровому развитию ВлГУ, д.ф.-м.н.

А. О. Кучерик

2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых" (ВлГУ) о диссертации соискателя Леквеишвили Марии Анатольевны на тему «Повышение износостойкости концевых фрез путем расчетно-экспериментального обоснования геометрических параметров режущей части инструмента», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

Соискатель Леквеишвили Мария Анатольевна окончила в 2010 году аспирантуру Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет «МАМИ» (МГТУ «МАМИ») по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)» и по окончании очного обучения работала в должности старшего преподавателя кафедры «Автоматизированные станочные системы и инструменты» МГТУ «МАМИ». В настоящее время является младшим научным сотрудником Научно-образовательного центра внедрения лазерных технологий (НОЦ ВЛТ) ВлГУ и выполняет научные исследования в рамках исполнения Государственного задания университета. основополагающие теоретические и прикладные результаты выполненной и завершенной диссертационной работы соискателя Леквеишвили М. А. достигнуты, обоснованы и подготовлены к опубликованию и оформлению в НОЦ ВЛТ ВлГУ.

Соискатель Леквеишвили М. А. успешно сдала в ВлГУ экзамены кандидатского минимума: «История и философия науки» - отлично; иностранный язык (английский) - отлично; специальная дисциплина 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» - отлично.

Научный руководитель соискателя – Давыдов Николай Николаевич, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник НОЦ ВЛТ ВлГУ.

По итогам обсуждения результатов диссертационной работы Леквеишвили М. А. на межкафедральном семинаре принято следующее заключение:

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, изложены проблемы современного состояния объекта и предмета исследований. Сформулированы цель и задачи исследования, новизна, теоретическая и практическая значимость работы, применяемые методы решения. Представлены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан анализ влияния геометрических параметров режущей части концевых фрез на процесс обработки, изучены и исследованы известные методы аналитического моделирования процессов резания. Установлено, что большинство аналитических моделей процессов резания разработаны для инструмента, когда угол наклона главной режущей кромки равен нулю, поэтому для изучения механики резания концевыми фрезами требуются модели, учитывающие влияние угла наклона режущей кромки.

Во второй главе разработана и исследована методика расчета силовых параметров резания концевыми фрезами, основанная на модели косоугольного резания, и разработаны средства алгоритмического и программного обеспечения расчета геометрических параметров режущей части концевой фрезы. Для определения силовых параметров на режущих кромках выделяются бесконечно малые режущие элементы, и считается, что каждый подобный режущий элемент осуществляет обработку поверхности материала в условиях косоугольного резания. При расчете сил, действующих со стороны винтового зуба на заготовку при фрезеровании уступа, учитываются изменения сечения срезаемого слоя и силовых параметров в процессе резания от угла контакта и угла наклона главной режущей кромки. При расчете силовых параметров, действующих на заготовку со стороны инструмента при засверливании с осевой подачей, учитываются изменения деформации при стружкообразовании и осевой силы в любой точке режущей кромки, а также изменения кинематических углов. При сравнении экспериментальных данных с расчетными установлено, что разработанная методика обеспечивает определение силовых параметров резания пластичного металлического материала с погрешностью не более 25% относительно экспериментальных значений при фрезеровании уступа и не более 15% при засверливании материала с осевой подачей.

В третьей главе определены зависимости силовых параметров при фрезеровании стали 45 от режимов обработки и геометрических параметров режущей части инструмента, а также установлены зависимости напряжения

течения от логарифмической деформации и удельная работа разрушения для образцов из стали 45 и титанового сплава ВТ6.

Экспериментальные исследования силовых параметров процесса фрезерования заготовок выполнены на трехосевом обрабатывающем центре фирмы «Hermle», модель «UWF 1202 H», без применения смазочно-охлаждающих жидкостей. Измерение технологических сил резания в процессе встречного фрезерования уступа и осевой силы в процессе засверливания выполнено с относительной погрешностью 0,037 контрольно-измерительной системой, состоящей из динамометра, усилителя, адаптера, аналого-цифрового преобразователя и персонального компьютера. При определении зависимости напряжения течения от величины логарифмической деформации, которая реализуется при резании, применен метод осадки цилиндрического образца с выточками по ГОСТ 25.503-97. Для определения удельной работы разрушения использовался метод, предложенный А. П. Гуляевым. Ударная вязкость определялась по результатам испытания на ударный изгиб по методике, изложенной в ГОСТ 9454-78.

В четвертой главе изложены результаты проектирования опытной фрезы для обработки титанового сплава ВТ6 и методика сравнительных ускоренных испытаний на стойкость изготовленной фрезы и стандартных фрез. Расчет геометрических параметров режущей части фрезы по титановому сплаву ВТ6 выполнен с использованием авторского программного комплекса «EndMills». Фрезерование заготовок выполнено на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ фирмы «Dugard EAGLE 1500» с применением смазочно-охлаждающих жидкостей. Критерием предельного износа для полустойкой обработки титанового сплава ВТ6 правомерно принята величина фаски износа по задней поверхности зубьев. В ходе сравнительных ускоренных испытаний при обработке уступа достоверно установлено, что период стойкости спроектированной и изготовленной фрезы с передними углами $\gamma_B = 15^\circ$ и $\gamma_T = 13$ на 9,4% превышает период стойкости стандартной фрезы с передними углами $\gamma_B = 10^\circ$ и $\gamma_T = 12^\circ$ и на 15% превышает период стойкости стандартной фрезы с передними углами $\gamma_B = 5^\circ$ и $\gamma_T = 0^\circ$. При засверливании заготовки с осевой подачей инструмента установлено, что период стойкости спроектированной и изготовленной фрезы с передними углами $\gamma_B = 15^\circ$ и $\gamma_T = 13$ на 29% превышает период стойкости стандартной фрезы с передними углами $\gamma_B = 10^\circ$ и $\gamma_T = 12^\circ$ и на 36% превышает период стойкости стандартной фрезы с передними углами $\gamma_B = 5^\circ$ и $\gamma_T = 0^\circ$.

В заключении правомерно указано, что в диссертации решена актуальная и существенная по своему значению для предприятий отечественного машиностроения задача повышения износостойкости цельных концевых фрез и

достоверности определения параметров и периода стойкости рабочего инструмента, предназначенного для механической фрезерной обработки пластичных металлических материалов и подведены итоги выполненных научно-теоретических и научно-прикладных исследований. Даны рекомендации по дальнейшему развитию тематики выбранного научного направления в части использования достигнутых результатов исследования в адаптивных системах управления автоматизированным и роботизированным оборудованием, а также в процессе переподготовки профессиональных кадров и обучения студентов машиностроительных специальностей.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертационной работе

Достигнутые научные результаты, изложенные в диссертации, получены соискателем Леквешвили М. А. лично и при непосредственном участии соискателя в проведении экспериментальных исследований. Формулирование цели и постановка решаемых научных и прикладных задач, а также разработка планов и программы экспериментов, а также анализ достигнутых результатов выполнены соискателем самостоятельно. Разработанные и сформулированные Леквешвили М. А. теоретические положения, выносимые на защиту, а также результаты научно-практического исследования вносят существенный вклад в решение актуальных производственных задач для предприятий отечественного машиностроения в части эффективного повышения достоверности определения геометрических параметров и периода стойкости рабочего инструмента, предназначенного для механической фрезерной обработки широко востребованных пластичных металлических конструкционных материалов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Правомерность и адекватность основных научных результатов, достигнутых в диссертационной работе, подтверждена данными выполненных соискателем Леквешвили М. А. научно-теоретических, прикладных и экспериментальных исследований. Основные достижения диссертационной работы не противоречат данным фундаментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области теории обработки материалов резанием. Достоверность научных результатов подтверждена независимой экспертизой опубликованных статей в ведущих рецензируемых российских и международных научных изданиях, рецензентами сборников трудов научных конференций международного и российского уровня и заключениями экспертов ФИПС РФ об информационно-патентной новизне разработанных технических решений и программ для ЭВМ.

Новизна и практическая значимость результатов исследования

В рамках данной диссертационной работы получены следующие новые

научные достижения и отличия:

1. Результаты информационно-технологического моделирования и научно-прикладного исследования физико-механических свойств пластичных материалов отличаются тем, что установлена взаимозависимость процессов упрочнения и деформации материала при резании конструкционной стали и титановых сплавов.

2. Разработанная методика проектирования и расчета силовых параметров процесса резания пластичного металлического материала концевыми фрезами отличается тем, что обоснован дополнительный исходный параметр аналитического расчета и определена удельная работа разрушения в пластичном металле для широко распространенной стали 45 и титанового сплава ВТ6.

3. Впервые разработаны средства алгоритмического и программного обеспечения методики расчета геометрических параметров винтовых и торцовых зубьев концевой фрезы (см. Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024614116 от 20.02.2024 г.).

4. Разработанная методика расчета силовых параметров резания пластичного металлического материала характеризуется низким уровнем вычислительной погрешности по сравнению с погрешностью экспериментальных исследований.

5. Определены эффективные геометрические параметры режущей части износостойкой цельной концевой фрезы (см. Патент РФ № 226849 от 26.06.2024 г.).

6. Данные сравнительных испытаний стойкости предлагаемых и известных концевых фрез в опытно-экспериментальном производстве подтверждают повышение износостойкости режущего инструмента.

Полученные результаты включают в себя разработку методики и алгоритмов расчета силовых параметров режима фрезерования при обработке уступа и засверливания заготовки с осевой подачей режущего инструмента. Достигнутые в диссертационной работе результаты имеют как теоретическую, так и практическую значимость. Они могут быть использованы на начальном этапе проектирования рабочего инструмента, предназначенного для механической фрезерной обработки пластичных металлических материалов, при этом обеспечивается повышение достоверности определения геометрических параметров режущей части концевой фрезы и сокращение временных и материальных затрат на проектирование инструмента.

Результаты исследований приняты к практическому использованию в образовательной и в научно-производственной деятельности предприятий и учебных учреждений.

Ценность научных работ автора

Ценность научных работ Леквеишвили М. А. состоит в том, что в них обоснованы и отражены особенности проектирования геометрических параметров режущей части рабочего инструмента, предназначенного для механической фрезерной обработки пластичных металлических материалов. Сформулированы и выполнен анализ поставленных задач, обоснована их актуальность. Проведен обзор ранее известных методов проектирования, уточнено непосредственное влияние переднего угла заточки на процесс стружкообразования. Показаны основные подходы к решению задачи расчета силовых параметров резания. Создана расчетная методика процесса фрезерной обработки пластичных металлических материалов. Экспериментально исследованы схемы и режимы резания пластичных металлических материалов вращающимся инструментом. Разработаны средства алгоритмического и программного обеспечения методики расчета геометрических параметров режущей части концевой фрезы. Изучены физико-механические свойства пластичных материалов. Разработана опытная фреза с повышенным периодом стойкости при обработке титанового сплава ВТ6. Выполнены сравнительные испытания износостойкости модернизированных концевых фрез в опытно-экспериментальном производстве.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором

Основные положения и результаты диссертационного исследования соискателя Леквеишвили М. А. отражены в 13-ти публикациях научных работ, в том числе пять опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК, две опубликованы в изданиях, включенных в индексируемые базы данных Web of Science и Scopus, получены Патент РФ на полезную модель и Свидетельство РФ о государственной регистрации разработанной соискателем программы для ЭВМ. По результатам выполненного диссертационного исследования изданы 5 докладов в сборниках трудов научных конференций различного уровня, включая международные.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Диссертация Леквеишвили Марии Анатольевны «Повышение износостойкости концевых фрез путем расчетно-экспериментального обоснования геометрических параметров режущей части инструмента» по своему содержанию соответствует профилю специальности 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», а именно: по пункту 1 «Теория и практика проектирования, включая использование современных методов информационных технологий»; по пункту 2 «Теоретические основы, моделирование и методы экспериментального исследования процессов

механической и физико-технической обработки»; по пункту 4 «Создание параметров рабочего инструмента и других компонентов оборудования, обеспечивающих технически и экономически эффективные процессы обработки»; а также по пункту 6 «Исследование влияния режимов обработки на силы резания, температуру, стойкость инструмента и динамическую жесткость оборудования».

Диссертация Леквеишвили Марии Анатольевны «Повышение износостойкости концевых фрез путем расчетно-экспериментального обоснования геометрических параметров режущей части инструмента» является завершенной научной работой, обладающей внутренним единством, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Заключение по диссертационной работе Леквеишвили М. А. рассмотрено и принято к утверждению единогласно на межкафедральном семинаре ученых, преподавателей и специалистов выпускающих кафедр «Технология машиностроения», «Автоматизация, мехатроника и робототехника», «Тепловые двигатели и энергетические установки» и НОЦ ВЛГ ВлГУ. Дата заседания 12.04.2024г.; Протокол заседания №1.

Присутствовали на заседании и участвовали в обсуждении диссертационной работы 13 человек, в том числе: соискатель Леквеишвили М. А., д.т.н. профессор Морозов В. В., д.т.н. профессор Беляев И. В., д.т.н. профессор Сысоев С. Н., д.т.н. профессор Давыдов Н.Н., д.т.н. профессор Веселов О. В., к.т.н., доцент Люхтер А. Б., к.т.н., доцент Елкин А. И., к.т.н., доцент Жданов А. В., к.т.н., доцент Гуськов В. Ф., аспирант Разносчиков А. С., аспирант Довбыш Н. С., аспирант Едунов Н. А.

Директор Научно-образовательного центра
внедрения лазерных технологий,
советник при ректорате ВлГУ, к.т.н., доцент

А. Б. Люхтер

Директор Института машиностроения и
автомобильного транспорта, и. о. заведующего
кафедрой Технологии машиностроения,
к.т.н., доцент

А. И. Елкин

Подписи Люхтера А. Б. и Елкина А. И. заверяю
Ученый секретарь Ученого совета ВлГУ

Т. Г. Коннова



12 » июль 2024 г.