

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D071200 – «Машиностроение»

Тусуповой Саягуль Ораловны

Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов

Актуальность научных исследований. В настоящее время осуществляется значительная работа по дальнейшему развитию машиностроительной отрасли в Республике Казахстан, одним из которых является утверждение дорожной карты (комплексного плана) по развитию машиностроения на 2019-2024 годы.

Основной целью дорожной карты является повышение конкурентоспособности отечественных машиностроительных предприятий, внедрение новых технологий и повышение экспортного потенциала отрасли.

Эффективность машиностроительного производства зависит от многих факторов, среди которых важное место занимают металлорежущие инструменты. Выход инструмента из строя чаще всего происходит из-за износа режущих кромок (до 75%). Особенно это заметно при обработке труднообрабатываемых материалов, широко применяемых на всех производствах, так как трудоемкость обработки заготовки для этих материалов соответствует сроку службы инструмента.

В условиях глобального развития решением этих проблем является разработка способа механической обработки и конструкции металлорежущего инструмента, удовлетворяющего таким требованиям, как высокое качество, производительность, ресурсосбережение, доступность и др.

Одним из таких методов механической обработки являются термофрикционные методы обработки с импульсным охлаждением, разработанный на кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» (ТОМиС) Карагандинского технического университета (КарТУ).

Сущность механизма резания, заключается в локализации теплового и деформационного полей в заготовке, что позволяет перевести внешнее трение между инструментом и отрезаемым материалом во внутреннее. В этом случае трение происходит между слоями отрезаемого материала. Данная технология позволяет выполнять процесс резания металлических заготовок на станках обычного исполнения, имеющих шпиндельный узел с частотой вращения $n=2000-3500$ об/мин. При этом обеспечивается качество обработанной поверхности и значительно снижается себестоимость обработки. Основным различием между традиционной и предлагаемой ТФО является существенное снижение необходимого количества оборотов, что в

свою очередь приводит к значительному снижению потребляемой электроэнергии.

Однако, несмотря на снижение скоростей резания, существует износ режущих дисков трения, который оказывает отрицательное влияние на качественные показатели термофрикционной обработки.

В связи с чем, диссертационная работа направленная на повышение износостойкости, прочности и жесткости термофрикционных режущих инструментов **является актуальной.**

Цель работы: повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов.

Задачи исследования

- исследование и анализ состояния проблемы износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных инструментов;

- исследование существующих способов и методов повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных инструментов;

- исследование существующих износостойких наплавочных материалов и способов наплавки;

- экспериментальное исследование процесса наплавки термофрикционных инструментов, изготовленных из различных материалов, а также структурное и металлографическое исследование качества наплавленных слоев;

- раскрытие закономерностей взаимосвязи режимов наплавки, наплавочного материала, количества и толщины наплавленных слоев при обеспечении качества в зависимости от материала термофрикционных инструментов;

- экспериментальное исследование по испытанию наплавленных термофрикционных инструментов;

- моделирование теплового состояния, жесткости и прочности термофрикционных инструментов с использованием специальных компьютерных программ;

- разработка рекомендаций для внедрения в производство.

Объект исследования: способы повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов.

Предмет исследования: закономерности процесса наплавки рабочих поверхностей термофрикционных инструментов.

Методика исследования. Поставленные в работе задачи решались практическими и теоретическими методами. В теоретических исследованиях рассматривалось: проектирование металлорежущих инструментов, технологии наплавки изношенных поверхностей, теория резания материалов, технологии машиностроения, технологии металлов, основы материаловедения. Экспериментальные исследования выполнялись в условиях научной лабораторной базы кафедры ТОМиС КарТУ. Процесс наплавки проводился на базе лаборатории Казахстанского института сварки при КарТУ.

Металлографические исследования твердости и конструктивного качества расплавленных слоев проводились с использованием оборудования испытательной лаборатории инженерного профиля "Комплексное освоение ресурсов минерального сырья" на базе КарТУ. Неразрушающий контроль термофрикционных режущих инструментов с наплавкой выполнялся в условиях ЧУ "Аттестационный центр по неразрушающему контролю" испытательная лаборатория «Независимый неразрушающий контроль и диагностика» (г. Караганда).

Планирование экспериментов и обработка результатов проводились с помощью известных методик. Исследование тепловых процессов и теплоотдачи при обработке термофрикционными инструментами с наплавкой выполнено с помощью программы Explicit-Dynamic ANSYS и моделирования с помощью конечных элементов в программе DEFORM-3D.

Научная новизна работы заключается:

- в научном обосновании и разработке способа повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных инструментов, который включает:

- выбора метода марки наплавочных материалов, способа наплавки и оптимальных режимов наплавки;
- установление оптимальной толщины и количества наплавляемых слоев для каждой конструкции термофрикционного инструмента;
- установление закономерности взаимосвязи режимов наплавки, наплавочного материала, толщины и количества наплавленных слоев, обеспечивающих качества наплавки в зависимости от материала термофрикционного инструмента.

- впервые предложена математическая модель для определения толщины наплавляемого слоя в зависимости от материала термофрикционного инструмента;

- впервые выполнено:

- моделирование теплового состояния, жесткости и прочности термофрикционных инструментов с наплавкой с помощью ПК Explicit-Dynamic (ANSYS);
- аналитический расчет прочности термофрикционного инструмента.

Основные положения, выносимые на защиту:

- способ повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных средств – наплавкой;

- результаты экспериментального исследования процесса наплавки термофрикционных инструментов из различных материалов, а также структурного и металлографического исследования качества наплавляемых слоев;

- режимы наплавки, материал наплавки, количество наплавленных слоев и закономерности взаимосвязи между их толщинами в обеспечении качества наплавки в зависимости от материала термофрикционных средств;

- математическая модель для определения толщины наплавляемого слоя в зависимости от режима наплавки;

- методика моделирования теплового состояния, жесткости и прочности наплавленных термофрикционных инструментов с помощью программы Explicit-Dynamic (ANSYS).

Практическая значимость и применение результатов исследования:

- созданы конструкции термофрикционных инструментов, покрытых износостойкой наплавкой, таких как ротационно-фрикционные чашечные резцы, фрезы трения, дисковые пилы и конусные фрезы трения;

- наплавка термофрикционных инструментов наплавочными материалами (STOODY M7-G, STOODY 102-G и ОК TUBRODUR 58 O/G M) повысила их износостойкость, жесткость и прочность по сравнению с традиционными термофрикционными инструментами в 1,5÷2 раза;

- разработаны методики определения тепловых процессов, а также напряженно-деформированное состояние конструкции инструментов при обработке термофрикционными инструментами с наплавкой;

- разработаны рекомендации для производства.

Диссертационная работа выполнена в рамках реализации дорожной карты (комплексного плана) по развитию машиностроения РК на 2019-2024 годы. Результаты диссертационной работы внедрены в производство ТОО «MEGA GROUPKZ», а также в учебный процесс Торайгыровского университета при подготовке бакалавров, магистров по специальности машиностроение.

Апробация работы. Изложены и обсуждены основные положения диссертационной работы:

- международная научно-практическая конференция Сагиновские чтения (г. Караганда, 2018-2020гг.);

- международная научно-техническая конференция молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» (г. Могилев, Беларусь, 2018г.);

- международная научно-практическая конференция «Современные технологии в машиностроении и литейном производстве» (г. Чебоксары, Россия, 2018г.);

- на научных семинарах кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» (2017-2020гг.);

- на научных семинарах диссертационного совета по защите докторских диссертаций по специальностям 6D071200 «Машиностроение», 6D071300 «Транспорт, транспортная техника и технология» (2018-2020гг.);

- на научных семинарах кафедры "Технология машиностроения" Саратовского государственного технического университета им. Ю. А. Гагарина и ее филиала кафедры «Технологии и технологии обработки материалов» Энгельсского технологического института (г. Энгельс, Россия, 2018 г.);

- на расширенном научно-техническом семинаре Энерго-механического факультета Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан, 2019 г.);

- на научном семинаре кафедры «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» Самаркандского государственного архитектурно-строительного института (г. Самарканд, Узбекистан, 2019г.);

- на техническом совещании ТОО «ИНТЕХКОМ» (г. Саратов, Россия, 2018г.).

Личный вклад автора заключается в анализе научно-технической и патентной литературы по данной проблеме, постановке и разработке задач исследования методов повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов; проектирование и изготовление конструкций термофрикционных инструментов с наплавкой, имеющих специальный состав, организации и выполнении экспериментальных исследований, обобщение полученных результатов научно-исследовательских работ на научных семинарах кафедр родственных отечественных и зарубежных высших учебных заведений, также апробация на отечественных и международных научно-практических конференциях.

Сведения о публикациях. Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в 17 изданиях, в том числе 3 - в журнале списка издательств SCOPUS, 5 – в изданиях, рекомендованных ККСОН МОН РК, 1 – в зарубежных научных изданиях, 5 – в материалах международных конференций, в том числе 2 – в зарубежных международных конференциях, 2 - патенты РК на изобретения и полезные модели, 1 – свидетельства о государственной регистрации авторских прав на объект интеллектуальной собственности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования и анализа состояния проблемы износостойкости, прочности и жесткости термофрикционных инструментов, было выявлено, что несмотря на снижение скоростей резания, существует износ термофрикционных режущих инструментов, который оказывает отрицательное влияние на качественные показатели обработки. С целью решения данной проблемы была выполнена научно-исследовательская работа и достигнуты следующие результаты:

1. Разработан способ повышения износостойкости, прочности и жесткости термофрикционных инструментов, который включают:

- выявлены наплавочные материалы STOODY M7-G, STOODY 102-G и ОК TUBRODUR 58 O/G M, которые обладают высокой твердостью, износостойкостью и температурной стойкостью;

- установлено, что для наплавки режущей части термофрикционных инструментов достаточно выполнение двухслойной наплавки. При этом толщина первого и второго слоев должна составлять соответственно 4 и 2 мм;

- созданы конструкции термофрикционных инструментов, покрытых износостойкой наплавкой, такие как ротационно-фрикционные чашечные

резцы, фреза трения для термофрикционного фрезоточения, дисковая пила и конусная фреза трения;

- термофрикционные инструменты наплавленные материалами STOODY M7-G, STOODY 102-G и ОК TUBRODUR 58 O/G M показали, что износостойкость, жесткость и прочность повышаются в 1,5÷2 раза по сравнению с традиционными термофрикционными инструментами.

2. Разработана математическая модель для определения толщины наплаваемого слоя в зависимости от режимов наплавки:

$$y = 13,867 - 0,0385 \cdot z_1 - 0,01612 \cdot z_2 - 0,1934 \cdot z_3 + 0,00144 \cdot z_1 \cdot z_3$$

3. Разработана методика моделирование теплового состояния, жесткости и прочности термофрикционных инструментов с наплавкой с помощью ПК Explicit -Dynamic (ANSYS), а также выполнен аналитический расчет прочности термофрикционного инструмента.

4. Результаты диссертационной работы внедрены в производство ТОО «MEGA GROU PKZ», который позволяет снизить себестоимость обработки наружных цилиндрических поверхностей в 2-3 раза, за счет сокращения переходов токарной операции и снижения стоимости материала режущего инструмента. Ожидаемый экономический эффект составляет ~ 1,6 млн. тенге в год.