

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по
направлению подготовки: 8D071 «Инженерия и инженерное дело»,
ГОП D103 «Механика и металлообработка», образовательной программе
8D07105 «Механическая инженерия»

Тусупбекова Гулим Магауияновна

**Тема диссертации: «Разработка способа повышения
износостойкости металлорежущих инструментов»**

Актуальность исследования. Машиностроение остается одной из ключевых отраслей обрабатывающей промышленности индустриально развитых стран. В Казахстане развитие сектора рассматривается как приоритет государственной промышленной политики и инструмент укрепления экономической устойчивости.

В стране в настоящее время как на республиканском, так и на местном исполнительном уровне продолжают меры государственной поддержки в рамках утвержденного в 2023 году «Комплексного плана по развитию машиностроительной отрасли Республики Казахстан (РК) на 2024-2028 годы».

Эффективность машиностроительного производства определяется многими факторами, среди которых важное место занимает металлорежущий инструмент. Большая часть отказов инструмента (до 75 %) происходит вследствие износа режущих кромок.

Особенно это наблюдается при обработке труднообрабатываемых материалов, которая широко используется во всех отраслях промышленности, поскольку для этих материалов трудоемкость обработки заготовки соизмеримы с ресурсом инструмента.

Глобальная интеграция отечественных и зарубежных производителей привели к увеличению использования в отечественной промышленности зарубежной техники. В связи с этим в производствах все большее применение находят новые материалы, отличающиеся по химическому составу и механическим свойствам. Механическая обработка таких материалов также отрицательно влияет на расход металлорежущих инструментов. Так как ошибки, допускаемые при назначении режимов резания и выборе материала режущей части инструмента, из-за отсутствия соответствующих рекомендаций в имеющихся справочно-технических источниках, приводят к преждевременному износу или поломке режущей кромки.

Положение еще больше усугубляется тем, что для стран (в число которых относится Казахстан), которые не имеют собственных инструментальных производств приходится металлорежущие инструменты закупать с высокой (завышенной) стоимостью от зарубежных

производителей. Все это приводит к увеличению себестоимости механической операции, а в конечном итоге увеличению себестоимости выпускаемой продукции.

В связи с этим проблема повышения стойкости (ресурса работы) режущего инструмента при обработке труднообрабатываемых материалов является одной из крупных практических проблем современного машиностроения.

Решением данной проблемы может быть разработка такого способа повышения износостойкости режущих инструментов, который обладает универсальностью, легкодоступностью и при этом обеспечивает высокую стойкость и износостойкость. Таким способом является метод предварительной приработки режущих инструментов. Известно, что предварительная приработка как метод повышения стойкости и надежности инструмента экономически оправдана применительно к дорогостоящему инструменту, работа которых сопряжена с большими материально-техническими затратами. Однако применение метода предварительной приработки не было исследовано для повышения износостойкости режущих инструментов, работающих методом копирования, в частности дисковых модульных фрез. Результаты выполненных исследований в условиях отечественных машиностроительных производств показали, что при обработке впадин зубьев зубчатых колес в основном используются дисковые модульные фрезы. Было выявлено, что дисковые модульные фрезы не выдерживают период стойкости и преждевременно выходят из строя из-за износа режущей кромки, выкрашивания и скола.

В связи с этим научные исследования, направленные для разработки способа повышения износостойкости зуборезных инструментов, работающих методом копирования, в частности дисковых модульных фрез **является актуальной задачей.**

Целью работы является продление периода стойкости зуборезных инструментов за счет повышения их износостойкости.

Объект исследования: методы и технологии повышения износостойкости металлорежущих инструментов.

Предмет исследования: закономерности влияния режимов способа предварительной приработки зуборезного инструмента на формирование износостойкой рабочей поверхности

Методы исследования: для проведения исследования использованы методы: анализа существующих способов и методов повышения износостойкости металлорежущих инструментов, экспериментального исследования, планирования и обработки результатов, металлографического исследования, компьютерного моделирования процесса предварительной приработки зуборезного инструмента.

Задачи исследования:

1. Исследование состояния проблемы повышения износостойкости металлорежущих инструментов. Анализ существующих методов повышения

износостойкости металлорежущих инструментов и исследование причин износа.

2. Теоретическое исследование процесса предварительной приработки металлорежущих инструментов.

3. Разработка ресурсосберегающего метода повышения износостойкости металлорежущих, в частности, инструментов для обработки зубьев. Организация и проведение экспериментальных исследований по предварительной приработке дисковой модульной фрезы.

4. Металлографическое исследование структуры режущей части дисковой модульной фрезы после предварительной приработки.

5. Компьютерное моделирование процесса предварительной приработки дисковой модульной фрезы и исследование деформированного состояния напряжений, а также структурных изменений в ней.

6. Расчет экономической эффективности от применения дисковой модульной фрезы с предварительной приработкой. Разработка рекомендации для производства.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработан ресурсосберегающий способ повышения износостойкости металлорежущего инструмента путем предварительной приработки.

2. Установлено, что увеличение режимов предварительной приработки до $S=60$ мм/мин, $n=110$ об/мин, $t=6$ мин положительно влияет на повышение периода стойкости инструмента.

3. Впервые выполнено моделирование процесса приработки зуборезного инструмента, дисковой модульной фрезы и установлено, что после предварительной приработки на рабочей поверхности инструмента формируется вторичный контактный слой толщиной 0,41 мм.

Положения, выносимые на защиту:

1. Ресурсосберегающий способ повышения износостойкости зуборезного инструмента путем предварительной приработки.

2. Результаты экспериментальных исследований по предварительной приработке дисковой модульной фрезы.

3. Результаты моделирования процесса предварительной приработки дисковой модульной фрезы, проведенные с помощью программы ANSYS WB.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов подтверждается правильностью постановки проблемы исследования, адекватностью теоретических и экспериментальных исследований. Получен патент РК (№ 9307) на способ повышения износостойкости металлорежущего инструмента. Получено свидетельство РК о включении сведений в Государственный список прав на объекты интеллектуальной собственности, охраняемые авторским правом, на методику комплексного исследования повышения износостойкости дисковой модульной фрезы способом предварительной приработки (№72771).

Практическая значимость заключается в разработке:

- ресурсосберегающего метода повышения износостойкости зуборезного инструмента путем предварительной приработки;
- методики комплексного исследования повышения износостойкости дисковой модульной фрезы способом предварительной приработки;
- рекомендации для производства.

Личный вклад автора заключается в постановке задач и разработке методики исследования; организации и проведении экспериментальных исследований по предварительной приработке дисковой модульной фрезы; определении оптимальных режимов предварительной приработки; моделировании процесса предварительной приработки дисковой модульной фрезы.

Диссертационная работа направлена на выполнение основных задач «Комплексного плана по развитию машиностроительной отрасли Республики Казахстан (РК) на 2024-2028 годы». А также основные результаты диссертации внедрены в производство ТОО «Механический завод РАПИД» (г. Астана, 2025).

Апробация работы. Основные положения докторской диссертации докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры «Технологические машины и оборудования» КазАТИУ им. С. Сейфуллина (2022-2026 гг.), а также на конференциях международного уровня:

- международная научно-практическая конференция «Сейфуллинские чтения – 18(2): «Наука XXI века – эпоха трансформации» (Астана, 2022);
- LXXX International Multidisciplinary Conference “Recent Scientific Investigation”. Proceedings of the Conference (USA, 2026).

Публикации

По результатам докторской диссертации опубликовано 10 работ на русском, казахском и английском языках, в том числе: 2 статьи в международном научном издании, по данным базы Clarivate или входящем в базу Scopus, 4 статей в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки РК. Доклады представленной работы были рассмотрены на 2 международных конференциях. Получено 1 патент РК на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права.

Объем и структура работы. Докторская диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, изложенных на 102 страницах машинописного текста, которые поясняются 49 рисунками, 17 таблицами, списком литературы из 98 наименований, 3 приложениями.

Заключение

При выполнении диссертационной работы были проведены исследования, направленные на повышение периода стойкости дисковой модульной фрезы и достигнуты следующие результаты:

1. Разработан ресурсосберегающий метод повышения износостойкости предварительной приработкой металлорежущих инструментов, в частности,

инструментов для зубообработки. В результате выявлено увеличение режимов приработки до определенного значения ($s = 60$ мм/мин; $n = 110$ об/мин; $t = 6$ мин) положительно влияют на период стойкости инструмента. В этом случае удалось увеличить период стойкости инструмента до $T=155$ минут. Также установлено, что при оптимальных режимах предварительной приработки инструмента обеспечиваются наилучшие деформационно-тепловые условия для укрепления режущей части инструмента.

2. После предварительной приработки осуществлено металлографическое исследование структуры режущей части дисковой модульной фрезы. Здесь установлено, что в процессе фазового превращения: часть остаточного аустенита переходит в деформационный мартенсит, а карбиды измельчаются и равномерно распределяются, а также на поверхности образуется вторично укрепленная структура.

3. Проведено компьютерное моделирование процесса приработки дисковой модульной фрезы и исследование напряженно-деформированного состояния, а также структурных изменений в ней. В результате после приработки на режущей кромке дисковой модульной фрезы образуется упрочненный слой толщиной 0,41 мм.

4. Экономический эффект от применения дисковой модульной фрезы с предварительной приработкой показал 1 527 777 тенге.

5. Результаты исследования диссертационной работы рекомендованы для включения в производственных условиях ТОО «Механический завод РАПИД».