

## **АННОТАЦИЯ**

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

**Айнабекова С.С.**

### **Оптимизация режимов резания при термофрикционной обработке труднообрабатываемых материалов на основе исследования физико-механических свойств поверхностного слоя**

**Постановка вопроса и актуальность исследования.** Для повышения качества машиностроительной продукции является проблема получения качественной поверхности изделий машин, составной частью, которых являются неровности обрабатываемой части заготовок при резании. Качество плоскостей изделий определяется: их геометрией, напряжениями, которые остаются после удаления нагрузки, структурой и служебными характеристиками. Глубина и качество поверхности зависят от основного материала, вида обработки, геометрии инструмента, режимов обработки и свойств смазочно-охлаждающей жидкости. Особенно сложно поддается отрезке материалы с большими твердостями и вязкостью, которые приведут к быстрому преждевременному износу и засаливанию зубьев инструмента. К таким материалам относятся материалы на основе вольфрама, никеля, молибдена, сложнелегированные стали, титановые сплавы, а также низкоуглеродистые стали.

Для решения проблемы обработки таких материалов на кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского технического университета был разработан перспективный способ термофрикционной отрезки (ТФО) с импульсным охлаждением, который реализуется на малых скоростях и является ресурсосберегающим. Реализация этого способа позволяет сократить расходы: на электроэнергию (не более 7-10 кВт), на инструмент (режущий диск изготавливается из Ст.45, Ст.50 и др.) и, который в свою очередь, может являться единственно возможным решением для обработки таких материалов. Однако, выполненные исследования показали, что физико-механические свойства обрабатываемого материала неоднозначно влияют на выбор и назначение режимов резания и геометрии инструмента.

Формирование поверхностного слоя детали при термофрикционной обработке напряженно-деформированным состоянием зоны резания, оптимизация режимов резания при термофрикционной обработке путем исследования физико-механических свойств обрабатываемого материала, включающая исследования влияния режимов резания, геометрии инструмента, количество частоты циклов «нагрев-охлаждение», распределения температуры вглубь заготовки от контакта «диск-заготовка» обработанной поверхности является актуальным.

**Целью работы** является повышение эффективности термофрикционной обработки за счет оптимизации режимов резания на основе исследования физико-механических свойств поверхностного слоя.

**Объект исследования:** Способ термофрикционной отрезки труднообрабатываемых материалов с импульсным охлаждением.

**Предмет исследования:** Состояния поверхностного слоя и тепловые процессы при термофрикционной отрезке с импульсным охлаждением на различных режимах резания и геометрии инструмента.

**Задачи исследования:**

1. Изучение состояние проблемы и анализ факторов, определяющих качество поверхностного слоя.

2 Исследование физико-механических свойств поверхностного слоя и тепловых явлений в зоне контакта «инструмент-заготовка».

3. Исследование и уточнения механизма резания и времени установления процесса ТФО с ИО. Определения оптимальных режимов резания и геометрии инструмента для отрезки труднообрабатываемых материалов и материалов, сложно поддающихся отрезку за счет компьютерного моделирования.

4. Исследование состояния поверхностного слоя (расстояния рассеивания напряжения, упрочнения) при ТФО с ИО.

5. Экспериментальные исследования влияния режимов резания и геометрии дисковой пилы на показатели качества при ТФО с ИО различных материалов. Оптимизация режимов резания и геометрии инструмента.

6. Расчет экономической эффективности предлагаемой технологии и разработка рекомендации для производства.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

- установлены оптимальные режимы обработки и геометрические параметры дисковой пилы для отрезки различных материалов;

- установлены закономерности распределения температуры и её влияния на физико-механические свойства обрабатываемого материала;

- выявлены эмпирические зависимости для определения шероховатости и твердости поверхности при отрезке различных материалов;

- впервые при ТФО с импульсным охлаждением в зависимости от режимов резания и геометрии дисковой пилы с помощью ПК DEFORM-3D было получено:

- подтверждение гипотезы о механизме резания ТФО с импульсным охлаждением и времени установления процесса обработки  $0,0024 \div 0,0250$  сек;

- значение расстояния распределения температуры вглубь заготовки от контакта «инструмент-заготовка»  $0,74 \div 1,02$  мм и толщины контактного слоя  $0,0112 \div 0,076$  мм.

**Положения выносимые на защиту:**

- результаты экспериментальных исследований и компьютерного моделирования по оптимизации режимов резания и геометрии инструмента при термофрикционной отрезке труднообрабатываемых материалов с импульсным охлаждением;

- закономерности распределения температуры и её влияния на физико-механические свойства обрабатываемого материала;
- эмпирические зависимости для определения шероховатости и твердости поверхности при отрезке различных материалов;
- методика определения влияния режимов резания и геометрии дисковой пилы на распределение температуры вглубь заготовки в процессе термофрикционной отрезки с импульсным охлаждением.

**Обоснованность и достоверность** научных положений, выводов и результатов подтверждается корректностью постановки задачи, адекватностью теоретических и экспериментальных исследований. Получены патенты Республики Казахстан (РК) на конструкцию дисковой пилы и устройства для ТФО с импульсным охлаждением. На методику определения влияния режимов резания и геометрии дисковой пилы на распределение температуры вглубь заготовки в процессе ТФО с импульсным охлаждением получено свидетельство РК о государственной регистрации прав на объект авторского права на интеллектуальную собственность.

**Практическая значимость** заключается в разработке специальной конструкции дисковой пилы и методики определения влияния режимов резания и геометрии дисковой пилы на распределение температуры вглубь заготовки в процессе ТФО с импульсным охлаждением, а также создание устройства, позволяющее подачу импульсного охлаждения в процессе отрезки и рекомендации для производства.

**Личный вклад автора** заключается в постановке задач и разработке методики исследования; разработке и изготовлении специальных конструкций дисковых пил и создании устройства, позволяющего подачу импульсного охлаждения в процессе отрезки; получение моделей регрессии по определению оптимальных режимов резания; организации и проведении экспериментальных исследований ТФО труднообрабатываемых материалов.

**Диссертационная работа направлена** на выполнение основных задач Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы и выполнена в рамках инициативной темы кафедры ТОМиС «Разработка технологии термофрикционной обработки труднообрабатываемых материалов с импульсным охлаждением, позволяющая замену твердосплавного инструментального материала на конструкционные стали». А также основные результаты диссертации внедрены в производство ТОО «Инкар-І» и в учебный процесс НАО «Карагандинский индустриальный университет» при подготовке бакалавров и магистрантов по специальности Машиностроение и ТОМД.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации обсуждались на заседаниях и научно-технических советах кафедр: «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского технического университета, «Обработка металлов давлением» Карагандинского индустриального университета, «Оборудование и технологии обработки материалов» Энгельсского технологического института ФГБОУ ВО

«Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина» на расширенном научно-техническом семинаре Энерго-механического факультета Навоийского государственного горного института а также на конференциях международного уровня и рабочих совещаниях машиностроительных предприятий ООО «Интехком», ТОО «Инкар-1».

**Публикации.** По результатам докторской диссертации опубликовано 16 работ на русском, казахском и английском языках, в том числе: 1 статья в международном научном издании, по данным базы Web of Science или входящем в базу Scopus, 1 статьи в журналах, входящих в базу данных РИНЦ, 6 статей в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки РК. Доклады представленной работы были рассмотрены на 5 международных конференциях, в том числе 3 зарубежных. Получено 2 патента РК на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права.

**Заключение.** При выполнении диссертационной работы, в результате исследования состояния отечественных машиностроительных предприятий было выявлено, что существует проблема обеспечения качества и повышения производительности на отрезных операциях, от выполнения которых зависит качество и эффективность дальнейших механических операций технологического процесса. Установлено, что операции отрезка больше всего подвергаются прутковые заготовки. А также, если отрезная операция является заключительной, то к ней могут быть предъявлены высокие требования относительно структурных изменений вглубь от торцевой поверхности, которые в свою очередь, могут привести к изменению распространения твердости в деформированном слое поверхности.

На качество отрезной операции также оказывают влияние физико-механические свойства материала заготовки, сложно поддаются отрезке материалы с большими твердостями и вязкостью, которые приведут к быстрому преждевременному износу и засаливанию зубьев инструмента.

Для решения этой проблемы была выполнена научно-исследовательская работа и достигнуты следующие результаты:

1. Исследованы факторы, определяющие качество поверхностного слоя (твердость, НДС, шероховатость, наклеп), которые имеют различный характер в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки. В результате была предложена классификация обрабатываемых сталей в зависимости от количества углерода и сложности обработки.

2. Установлены закономерности распределения температуры и её влияния на физико-механические свойства обрабатываемого материала.

3. В результате исследования процесса термофрикционной отрезки различных материалов с импульсным охлаждением при помощи компьютерной программы Deform3D получено следующее:

- подтверждение гипотезы механизма термофрикционного резания с импульсным охлаждением;

- определение размеров расплавленного, нагретого и закаленного слоя, которые составляют соответственно для: стали 08 – 0,046 мм; 0,087 мм; 0,15 мм; стали 20 – 0,042мм; 0,095мм; 0,17 мм; для стали 50 – 0,031мм; 0,117 мм; 0,195 мм; для Hardox450 – 0,046мм; 0,066мм; 0,089мм; Ti5553 – 0,01мм; 0,037мм; 0,0637 мм.

- время установления процесса обработки в диапазоне 0,0024÷0,0250 сек.

4. Установлены оптимальные режимы обработки и геометрические параметры дисковой пилы для отрезки различных материалов (Ст.08, Ст.20, Ст.50, HARDOX450, Ti5553).

5. Выявлены эмпирические зависимости для определения шероховатости и твердости поверхности при отрезке различных материалов.

**Объем и структура работы.** Докторская диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, изложенных на 166 страницах машинописного текста, которые поясняются 69 рисунками, 24 таблицами, списком литературы из 152 наименований, 12 приложениями.