

В диссертационный совет Д 212.092.01
ФГБОУ ВО «Комсомольский – на Амуре
государственный технический университет»
681013, г. Комсомольск – на – Амуре,
пр. Ленина, 27

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Медведевой Ольги Ивановны** «Повышение работоспособности алмазных кругов на металлической связке за счет блокирования засаленного слоя и работы их в режиме самозатачивания», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико – технической обработки.

1. Актуальность темы исследования

Современный уровень развития техники характеризуется созданием и внедрением высокопрочных материалов как конструкционного, так и инструментального назначения. В первую очередь, к ним следует отнести металлокерамические твердые сплавы. Высокие прочностные показатели твердых сплавов, определяющие сопротивление материала к изнашиванию при эксплуатации, делают их перспективными в качестве конструкционного материала для изготовления деталей машин. В тоже время высокая красностойкость твердых сплавов, ответственная за стабильность свойств при повышенных температурах, позволяет их использовать как инструментальные материалы. Однако применение твердых сплавов для изготовления деталей машин и инструментов привнесло определенные проблемы в их обработке. Из незначительного арсенала возможных методов обработки твердосплавных материалов наибольшее распространение получили методы абразивной обработки, в первую очередь, шлифование. Из существующего многообразия абразивных инструментов наиболее эффективными для финишной обработки твердых сплавов являются алмазные круги. Принимая во внимание стоимость алмазного инструмента, представляются актуальными оптимизационные исследования с оценкой удельного износа алмаза при обработке твердых сплавов. Однако, в отличие от шлифования алмазными кругами на органической связке, где возможна реализация обработки с самозатачиванием инструмента, шлифование кругами на металлической связке сопровождается засаливанием рабочей поверхности и, как следствие, снижением вплоть до полной потери режущей способности инструмента.

В связи с вышеизложенным организация работ, ориентированных на повышение работоспособности алмазных кругов на металлической связке при обработке твердосплавных материалов, является необходимой и своевременной, а тема диссертационной работы – актуальной. Актуальность исследований

подтверждается их выполнением в рамках государственного задания при финансовой поддержке гранта Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы из 174 наименований и 5 приложений. Общий объем диссертации – 181 страница машинописного текста, включая 56 рисунков и 9 таблиц. Объем автореферата – 20 страниц. Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к оформлению результатов научно – исследовательских работ.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Анализ диссертационной работы показал на логичное изложение материала, правомерность постановки задач, обоснованность используемых методов их решения, выводов и рекомендаций.

Во введении автором определена степень разработанности темы использования кругов из сверхтвердых материалов для обработки высокопрочных сплавов, повышения эффективности алмазного шлифования, исследования процессов засаливания шлифовальных кругов и восстановления их режущей способности. Это позволило автору обосновать актуальность существующих проблем в абразивной обработке твердосплавных материалов, решение которых предлагается осуществить за счет применения кругов на металлической связке, а также реализации комбинированного метода обработки. В связи с этим в формулировке соискателя цель работы заключается в расширении технологических возможностей шлифовальных кругов на металлической связке путем реализации комбинированного электроалмазного шлифования с одновременной непрерывной правкой шлифовального круга при обработке твердых сплавов. Для реализации поставленной цели соискателем определены задачи, основанные на теоретических и экспериментальных исследованиях.

Поставленная цель и задачи исследования, на мой взгляд, вполне обоснованы, технически реализуемы и направлены на решение обозначенной выше проблемы.

В первой главе диссертационной работы представлен аналитический обзор научных работ, посвященных вопросам работоспособности шлифовальных кругов, анализу современных технологий интенсификации процесса шлифования и методов правки инструмента. Сделан подробный анализ механизмов потери режущей способности алмазного инструмента. Итоги аналитического обзора представлены в форме выводов, которые подтверждают актуальность проблемы и обозначают возможные пути ее решения.

Вторая глава представлена материалами по оборудованию и методикам теоретических и экспериментальных исследований. Для проведения цикла необходимых исследований определены диапазоны металлических связок алмазных кругов и марок твердого сплава для опытных образцов. В качестве технологического оборудования для решения поставленных задач использовался модернизированный под электроалмазную обработку плоскошлифовальный станок модели 3Е711. Восстановление режущей способности алмазного круга обеспечивалось с помощью специального устройства для правки. Решение задач

по изучению засаленного слоя на рабочей поверхности алмазного круга предполагает использование растрового электронного микроскопа модели Carl Zeiss EVO50 и комплекс ZYGO New View 7300, реализующий современные технологии трехмерной сканирующей интерферометрии. К сожалению, в данном разделе диссертации не представлены методики и тип аналитического оборудования для рентгено – спектрального анализа засаленного слоя. Не смотря на это, результаты данного исследования представлены в соответствующей главе диссертационной работы. Описание данной методики, как наиболее сложной в аналитическом исследовании, необходимо было представить для понимания ее приемлимости в достижении результата и оценки правильности полученных данных.

Изучение процессов электроалмазного шлифования необходимо для решения задачи исследования механизма формирования засаленного слоя на поверхности алмазного круга с металлической связкой. Для этого соискатель предлагает модель движения элементарного объема электролитической ячейки, которая позволяет количественно оценить как геометрические параметры зоны шлифования, так и скоростные и временные характеристики процесса.

Используя зависимости классической электрохимии, соискатель предложил соотношение, связывающее объем удаленного из зоны обработки материала с режимными параметрами и электрохимическими свойствами обрабатываемого материала. Принимая за основной механизм формирования засаленного слоя – адгезионный и используя известную для электроалмазного шлифования зависимость энергии адгезии от величины плотности тока при известных значениях радиальной силы, соискатель предлагает преобразование этого соотношения для установления взаимосвязи энергии адгезионной связи с эффективной мощностью процесса шлифования.

Вторая глава диссертации завершается оценкой вклада диффузионных процессов в образование засаленного слоя. Анализ диффузионных процессов в рамках рассчитанных ранее временных параметров шлифования позволил соискателю считать эти процессы не определяющими.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований как расчетного, так физического характера. Вычислительный эксперимент по расчету глубины электрохимически удаленного слоя материала основан на экспериментально установленных значениях выхода по току при различных режимных параметрах обработки. На базе полученных соотношений между режимными параметрами и производительностью процесса установлена область рациональных режимов электроалмазного шлифования, которая представляет собой такое сочетание тока травления обрабатываемого материала и тока правки алмазного круга, которое обеспечивает режим его самозатачивания. Данный режим соответствует моменту стабилизации эффективной мощности шлифования при минимальном ее значении.

Сравнение различных способов шлифования, таких как электроалмазное шлифование с электрохимическим травлением обрабатываемого материала, алмазное шлифование с непрерывной правкой круга и предлагаемое в работе

комбинированное электроалмазное шлифование с одновременной непрерывной правкой круга показало, что последний способ шлифования реализуется при минимальном значении эффективной мощности. Экспериментальные исследования позволили соискателю установить режимные параметры, в первую очередь, ток травления и ток правки для различных типов металлической связки круга.

Вычислительные эксперименты по оценке энергии адгезии позволили автору утверждать, что при комбинированном электроалмазном шлифовании с одновременной и непрерывной правкой круга реализуются благоприятные условия для минимизации засаливания круга. На основании теоретических рассуждений соискатель предполагает, что наличие в процессе обработки помимо тока травления тока правки обеспечивает создание защитной окисной пленки на участке правки круга, предохраняющей его от засаливания на последующем участке электрохимического растворения обрабатываемого материала.

Четвертая глава диссертационной работы по существу является экспериментальной проверкой гипотезы, представленной в третьей главе, о возможных механизмах диффузионно-адгезионного взаимодействия обрабатываемого материала и материала связки круга для различных способов алмазного шлифования. Понимание возможных механизмов формирования засаленного слоя и окисных пленок, выполняющих блокирующую функцию, основано на анализе результатов растровой электронной микроскопии и рентгено – спектрального исследования. Для полного представления о процессах формирования засаленного слоя и его блокировки соискателем исследованы 4 способа шлифования – от традиционного алмазного до предлагаемого в работе комбинированного электроалмазного. Анализ морфологии поверхности алмазного круга и результатов спектрального анализа подтверждает гипотезу соискателя о том, что в условиях предлагаемой технологии за счет наличия тока правки круга на его поверхности образуются мелкокристаллические зародыши, впоследствии образующие сплошную окисную пленку, препятствующую образованию адгезионных связей материала связки круга и обрабатываемого материала на участке электрохимического травления в зоне обработки.

В пятой главе диссертационной работы представлено доказательство достижения поставленной цели по расширению технологических возможностей использования алмазных кругов на металлической связке для обработки металлокерамических твердых сплавов. Для практической реализации комбинированного электроалмазного шлифования с одновременной непрерывной правкой круга проведена оптимизация режимов обработки и установлена взаимосвязь режущей способности круга с механическими и электрическими параметрами шлифования. Исследование морфологии обработанной поверхности твердых сплавов показало, что наименьшая шероховатость достигается при использовании предлагаемой технологии шлифования. Износостойкость твердосплавных пластин марки Т5К10 после комбинированного электроалмазного шлифования увеличилась в 1,45 раза по сравнению с пластинками в состоянии поставки с заточкой завода – изготовителя.

По тексту диссертации следует отметить обоснованность выводов по результатам, полученных в соответствующих главах работы.

Общие выводы, результаты и рекомендации представлены в виде заключения по работе.

3. Научная новизна

В представлении автора диссертационной работы научная новизна заключается в том, что:

1. Разработана методика исследования засаливания алмазных кругов на металлической связке с учетом механо-физико-химической природы взаимодействия элементов связки круга и обрабатываемого материала, показывающая доминирующие адгезионные связи при различных способах реализации комбинированного электроалмазного шлифования с одновременной электрохимической правкой круга.
2. Впервые получены функциональные выражения значений энергии адгезии в зависимости от эффективной мощности резания и режимов шлифования.
3. Научно обоснованы критерии режима самозатачивания в условиях осаждения карбидно-оксидных пленок на поверхности шлифовального круга, обеспечивающих постоянство режущей способности и качество обработанной поверхности.
4. Впервые предложен оценочный параметр достижения условий самозатачивания – минимизация эффективной мощности шлифования, позволяющий обеспечить работоспособность шлифовального круга и рациональный выбор режимов обработки.

Анализ диссертации в части оценки научной новизны полученных результатов позволил оппоненту сформулировать ее положения в следующей трактовке:

1. Выявлен и экспериментально подтвержден адгезионный механизм образования засаленного слоя на поверхности алмазных кругов на металлической связке для разных способов электроалмазного шлифования.
2. Предложен способ блокирования процесса образования засаленного слоя на поверхности алмазных кругов на металлической связке за счет формирования на участке правки круга карбидно-оксидных пленок, ответственных за создание условий для самозатачивания круга и, как следствие, обеспечение стабилизации режущей способности инструмента.
3. С пунктами 2 и 4 научной новизны можно согласиться.

4. Ценность для науки и практики

Результаты диссертационной работы имеют определенную технико-экономическую значимость в области металлообработки. В работе изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки, внедрение которых позволит повысить научно-технический потенциал отрасли.

На основе представленных исследований даны научно обоснованные рекомендации для промышленной реализации комбинированного электроалмазного шлифования, гарантирующие высокое качество обработки.

Представлены практические рекомендации для выбора технологических режимов шлифования при финишной обработке твердых сплавов комбинированным электроалмазным шлифованием.

Ценным представляется использование результатов диссертационной работы в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», а также в производстве сборного твердосплавного инструмента, о чем свидетельствуют акты внедрения.

5. Степень достоверности и апробация работы

Основные научные положения, выводы, сформулированные в диссертационной работе, апробированы, адекватны и подтверждены в результате экспериментальных исследований. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях и конференциях с международным участием: «Современные тенденции в науке: новый взгляд», г. Тамбов, 2011г.; Инновации технологии и экономики в машиностроении», г. Томск, 2011г.; «Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации)», г. Иркутск, 2011 г.; на итоговой НТК ФГБОУ ВПО «БрГУ» «Естественные и инженерные науки – развитию регионов», г. Братск, 2012 г.; «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии», г. Алматы, 2013г.; « Технологическое обеспечение машиностроительных производств», г. Челябинск, 2014 г.; «Инновационные технологии и экономика в машиностроении», г. Юрга, 2014 г.; на научном семинаре института авиамашиностроения и транспорта ФГБОУ ВПО «НИ ИрГТУ», г. Иркутск, 2015 г.; Научоемкие технологии на современном этапе развития машиностроения, г. Москва, 2016г., «Механики XXI века» г. Братск, 2012 – 2016 гг., на научном семинаре кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск, 2016 г.

6. Замечания по диссертационной работе

1. Выносимые на защиту вопросы, связанные с механизмом образования и развития засаленного слоя базируются на результатах рентгено-спектрального анализа. Однако в соответствующей главе диссертационной работе не описана методика этих исследований и не указан тип аналитического оборудования.
2. Для понимания и анализа процессов, происходящих в зоне обработки, соискатель для решения задач технологического уровня вполне обоснованно предлагает моделировать движение элементарного объема электролитической ячейки, образованной поверхностями круга и обрабатываемого материала. В качестве основных расчетных параметров при таком подходе применяются длина дуги, по которой происходит перемещение элементарного объема электролитической ячейки, время ее существования и скорость движения. Это позволило соискателю установить взаимосвязь этих параметров с режимами обработки – продольной подачей и глубиной шлифования, о чем свидетельствуют

результаты расчета, представленные в таблице 3.1, а полученные взаимосвязи – на рисунке 3.1.

По этому поводу возникает ряд замечаний и вопросов:

- имеющая место небрежность в заполнении таблицы (строки 12, 13 по столбцу 4) не позволяют оценить достоверность результатов;
- чем обоснована значимость представленных величин третьим знаком после запятой? Если это так, то расчеты скорости движения по формуле (2.13) не соответствуют результатам таблицы. Так по первой строке

$$v_{\Delta v} = \frac{L}{T_{\text{конт}}} = \frac{1,616}{4,605 * 10^{-5}} = 35092,291,$$

а в таблице – 35083,031. И так по всем режимам;

- сложно согласиться с соискателем, что разница в значениях скорости 35083,031 и 35086,131 мм/с может быть значимой в оптимизации режимных параметров. Для этого необходимо доказать, что изменение данного параметра менее чем на 0,01 % в исследуемом технологическом процессе значимо. Колебания напряжения в электрической сети, определяющие работу приводов, вызывает на много порядков большую нестабильность такого режимного параметра как скорость резания.

На мой взгляд, полученные результаты следует рассматривать в иной плоскости и более благоприятной для соискателя. Выявленная нечувствительность такого параметра как скорость движения элементарного объема электролитической ячейки от основных режимных параметров – подачи и глубины расширяет технологические возможности предлагаемой обработки.

3. В связи с предыдущим замечанием возникает вопрос о перспективах дальнейшего развития темы диссертационной работы. Известен способ электроалмазного шлифования твердых сплавов по глубинной схеме, когда глубина обработки достигает нескольких миллиметров. Интересно мнение автора – имеет ли перспективу идея создания условий для блокировки засаленного слоя в этом случае?

4. Сравнительный анализ результатов обработки твердых сплавов в работе проводился на базе четырех, рассмотренных выше, способов шлифования, что и позволило соискателю определить эффективность комбинированной обработки с одновременной правкой круга. Логичным было бы проведение испытаний обработанных деталей на износостойкость в рамках этой же схемы. Однако соискатель проводит сравнение износостойкости режущих пластин, обработанных комбинированным электроалмазным шлифованием, с пластинами, обработанными по технологии завода – изготовителя. При этом выявленная разница в стойкости ни чем не объясняется.

5. Важным элементом исследуемой технологии является введение в процесс обработки одновременной правки круга. Однако в диссертационной работе отсутствуют схема правки и ее описание, есть лишь ссылка на патенты.

6. В тексте диссертационной работы имеет место определенное количество описок, неудачных стилистических выражений, грамматических ошибок, ошибочных ссылок.

В целом представленные замечания не снижают научной и практической ценности результатов диссертационной работы, часть из них можно рассматривать как пожелание в дальнейшей работе.

Заключение

Диссертационная работа **Медведевой Ольги Ивановны** является законченной научной квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на хорошем научном уровне.

Полученные автором теоретические и экспериментальные результаты взаимосвязаны, что свидетельствует о правомерности использованных автором методов и средств исследования.

В работе изложены научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение в области электрофизических технологий, в частности, при обработке твердосплавных деталей и инструментов.

Выводы, заключения и рекомендации убедительны и обоснованы. По каждой главе представлены корректно сформулированные выводы, отражающие суть исследований.

Автореферат в целом отвечает содержанию диссертационной работы.

Диссертационная работа отвечает П.9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор, **Медведева Ольга Ивановна**, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент:

доктор технических наук по специальностям: 05.03.01 (05.02.07) – Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент, 05.02.08 – Технология машиностроения, заведующий кафедрой технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», профессор

Рахимьянов Харис Магсуманович _____ (подпись) 01.12.2016 (дата)
630073, г. Новосибирск,
пр. К. Маркса, 20
E – mail: Kharis51@mail.ru
Тел. (383) 346 – 11 – 88

