

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Полтавца Валерия Васильевича на тему «**Теоретическое обоснование режимных параметров шлифования труднообрабатываемых сталей и сплавов на основе их оптимизации с учётом нестационарности процесса**», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

### 1. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Мехатронные системы машиностроительного оборудования» ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики и посвящена решению проблемы теоретического обоснования назначения режимных параметров шлифования кругами из сверхтвёрдых материалов труднообрабатываемых сталей и сплавов на основе их оптимизации с учётом нестационарности процесса. Диссертация включает введение, семь разделов, заключение, список использованных источников и приложения, содержащие расчётные программы, описания патентов и справки о внедрении результатов исследований.

Увеличение производительности обработки деталей машин при одновременном обеспечении точности и качества их изготовления является одной из наиболее сложных задач промышленного производства, для решения которой в каждом частном случае требуется применение различных подходов и методов.

При алмазном шлифовании производительность обработки определяется эффективностью работы шлифовального круга, которая характеризуется коэффициентом шлифования либо коэффициентом режущей способности. Коэффициент шлифования представляет собой отношение тангенциальной составляющей силы резания  $P_z$  к радиальной составляющей  $P_y$  и характеризует долю энергетических затрат на полезную работу в процессе резания. Коэффициент режущей способности характеризует количество материала, сошлифованного в единицу времени при величине радиальной составляющей силы резания, равной единице.

С увеличением времени обработки оба показателя – коэффициент шлифования и коэффициент режущей способности – уменьшаются, что вызвано ухудшением режущей способности рабочей поверхности круга в результате образования контактных площадок на алмазных зернах, засаливания межзеренного пространства и микрорельефа контактных площадок на зернах. Эти явления, с одной стороны, способствуют уменьшению параметров шероховатости обработанной поверхности, с другой – увеличивают силы резания, что может привести к фазово-структурным изменениям или иным дефектам в поверхностном слое обрабатываемой заготовки.

Изменение указанных показателей является отражением нестационарности процесса шлифования, что существенно усложняет решение задачи опреде-



ления оптимальных условий проведения обработки. В связи с имеющимися ограничениями для непосредственного использования коэффициента шлифования и коэффициента режущей способности в постановке задачи оптимизации, актуальным является выделение такого показателя процесса, который бы при учёте нестационарности процесса комплексно характеризовал режущие свойства шлифовального круга с учетом конкретных условий обработки. Автор работы обосновал возможность и целесообразность использования в качестве такого комплексного показателя текущей лимитированной режущей способности шлифовального круга и применил его при разработке научных основ оптимизации режимных параметров шлифования труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых и титановых сплавов.

Поставленная автором цель обеспечения минимальной удельной себестоимости шлифования рассматриваемых групп труднообрабатываемых материалов является актуальной в связи с растущей потребностью промышленности в таких материалах и расширением областей их применения.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Общая методология диссертационной работы соответствует поставленным задачам исследований. Для всех поставленных задач приведены пути их решения, исходные условия, ограничения, допущения, последовательность решения и выполнен анализ их результатов.

Автором достаточно подробно исследованы и критически проанализированы основополагающие научные работы, посвященные моделированию процесса шлифования и оптимизации его режимных параметров. По результатам выполненного анализа выделены принципиальные подходы к построению математических моделей шлифования абразивными кругами и кругами из сверхтвёрдых материалов, на основе которых автор решал проблему теоретического обоснования назначения режимных параметров шлифования труднообрабатываемых сталей и сплавов.

Автором выдвинуты имеющие важное значение для технологии машиностроения и теории абразивно-алмазной обработки научные положения:

1. Для моделирования и оптимизации процесса шлифования кругами из СТМ по схеме с фиксированной силой поджима заготовки к кругу с учётом его нестационарности достаточно использовать два обобщенных показателя процесса: 1) текущую лимитированную режущую способность шлифовального круга, которая описывает изменение режущих свойств шлифовального круга во времени и является характеристикой нестационарности процесса; 2) отношение скорости шлифовального круга к скорости обрабатываемой детали, которое учитывается при обеспечении заданных высотных параметров шероховатости шлифованной поверхности.

2. Производительность восстановления режущих свойств шлифовальных кругов из СТМ с помощью электроэрозионных управляющих воздействий, выполняемых в автономной зоне одновременно со шлифованием или при его прерывании, не зависит от способа осуществления электроэрозионных управляю-



щих воздействий и однозначно определяется количеством подводимой в автономную зону энергии.

3. При шлифовании кругами из СТМ труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, разрушение которых при резании носит преимущественно пластический характер, относительный вклад процессов изнашивания зёрен инструментального материала и засаливания межзёрненного пространства в снижение режущей способности РПК характеризуется соотношением 1:2.

Выдвинутые положения основаны на научно-исследовательских работах автора и других исследователей, представляют собой обобщение полученных в этих работах результатов и достаточно хорошо согласуются с данными, полученными в работах большого количества научных работников в области технологии машиностроения.

### **3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность полученных результатов подтверждается их соответствием основным положениям теоретических основ технологии машиностроения и теории абразивно-алмазной обработки, корректным использованием методов математического моделирования и математической статистики, а также отсутствием противоречий с данными, опубликованными в монографической литературе и научной периодике, а также с данными, полученными в производственных условиях машиностроительных предприятий.

Достоверность экспериментальных исследований обеспечивается использованием многократно проверенных типовых и оригинальных методик измерений, а также средств измерений с достаточной для поставленных задач точностью. Результаты экспериментальных исследований подвергались обработке с применением методов математической статистики.

Сформулированные рекомендации были проверены в лабораторных и производственных условиях с положительным результатом, а также имеют подтверждение в работах других исследователей.

Основные результаты диссертационной работы в полном объёме опубликованы в 26 научных работах, большей частью рецензируемых.

Результаты выполненных в работе исследований докладывались на 16-и международных научно-технических конференциях и семинарах, где получили положительные отзывы ведущих специалистов в области технологии машиностроения и теории шлифования.

### **4. Научная новизна диссертации**

В диссертации представлен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в ходе изучения процесса плоского шлифования труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых и титановых сплавов кругами из сверхтвердых материалов на метал-



лической связке без управляющих воздействий и с электроэрозионными управляющими воздействиями на рабочую поверхность круга.

На основе результатов такого изучения сформулирована научная новизна работы:

1. Получила развитие классическая теоретико-экспериментальная методика оптимизации режимов алмазно-абразивной обработки, состоящее в учете нестационарности процесса путём использования динамически изменяющегося во время обработки технического ограничения, в качестве которого впервые использована поверхность, образованная семейством кривых, описывающих изменение текущей лимитированной фактической глубины шлифования.

2. Получила развитие основанная на геометрическом копировании профилем риски на обработанной поверхности профиля режущей части абразивно-алмазного зерна математическая модель формирования неровностей шлифованной поверхности. Модель дополнена учётом влияния на высотные параметры шероховатости шлифованной поверхности для изделий из твердых сплавов группы ВК хрупкого характера разрушения, а для изделий из двухфазных титановых сплавов со структурой  $(\alpha + \beta)$  – пластических деформаций и интенсивного наростообразования в температурно-скоростных условиях, характерных для шлифования кругами из СТМ.

3. Впервые определен относительный вклад процессов изнашивания зёрен и засаливания межзёренного пространства в общее снижение режущей способности РПК при шлифовании труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей.

4. Впервые при определении оптимальной средней величины тока непрерывных электроэрозионных управляющих воздействий на рабочую поверхность шлифовального круга для поддержания его высоких режущих свойств предложено использовать принцип равенства энергий периодических и непрерывных электроэрозионных воздействий.

5. Впервые при определении напряжений сдвига на основе положений теории упругости в температурно-скоростных условиях шлифования конструкционных и инструментальных сталей, а также титановых сплавов, для уточнения значений напряжений сдвига, полученных стандартными методами механических испытаний, применены термомеханические коэффициенты, учитывающие отличие в скорости и степени деформации.

Полученные автором результаты представляют собой новые научные знания в области технологии машиностроения.

## **5. Практическая ценность полученных результатов для науки и техники**

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Разработан алгоритм определения рациональных или оптимальных режимных параметров обработки при шлифовании труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых и титановых сплавов кругами из СТМ с учётом нестационарности процесса обработки.



2. Выбраны и обоснованы методики определения усилий поджима заготовки к РПК при обработке по схеме с фиксированной силой поджима по техническим ограничениям, налагаемым на режим резания температурой фазово-структурных превращений в поверхностном слое обработанной поверхности, температурой окисления алмазов и механической прочностью алмазных зерен.

3. Разработана методика определения напряжений сдвига в условиях шлифования для конструкционных и инструментальных сталей, основанная на применении положений теории упругости и термомеханических коэффициентов.

4. Разработаны рекомендации по выбору способов управления режущей способностью шлифовальных кругов, обеспечивающих минимальную удельную себестоимость плоского алмазного шлифования труднообрабатываемых ванадиевых инструментальных сталей, твердых сплавов группы ВК и двухфазных титановых сплавов со структурой  $(\alpha + \beta)$  по схеме с фиксированной силой поджима заготовки к кругу.

5. На основе технико-экономического анализа процесса шлифования труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых и титановых сплавов с управлением режущей способностью шлифовального круга электроэрозионным способом сформулированы технологические рекомендации по назначению механических режимов обработки, а также режимов непрерывных и периодических управляющих воздействий при обработке указанных материалов.

Практическая ценность работы подтверждается получением 3-х патентов на способы шлифования.

Разработанные в диссертационной работе рекомендации, методики и конструкции устройств внедрены на ряде промышленных предприятий и в проектных организациях Донецкой Народной Республики и Украины, что также подтверждает практическое значение диссертационной работы.

## **6. Полнота изложения в опубликованных трудах основных результатов диссертации и апробация. Язык и стиль диссертации**

Основные результаты диссертационной работы полностью опубликованы в 26 научных работах, из них: 1 монография; 20 статей в профессиональных рецензируемых изданиях; 2 статьи в материалах международных конференций; 3 патента Украины.

Содержание опубликованных работ позволяет сделать вывод о том, что основные положения диссертации достаточно полно освещены в научно-технических статьях, монографии и описаниях изобретений.

Выдвинутые в диссертационной работе научные положения и полученные результаты являются содержательными и вносят существенный вклад в развитие технологии машиностроения. В работе классическая теоретико-экспериментальная методика оптимизации режимов алмазно-абразивной обработки дополнена учетом нестационарности процесса путём использования в



оптимизационной модели динамически изменяющегося во время обработки технического ограничения

Материалы диссертации изложены в соответствии с поставленной целью и задачами исследований с достаточной степенью подробности и характеризуются чёткой логической последовательностью. Изложение материалов осуществлено на высоком профессиональном уровне, с применением установленной терминологии и обоснованием введенных терминов и понятий. Язык и стиль рукописи диссертации и автореферата характеризуются соблюдением литературных норм, соответствуют имеющимся требованиям к научным работам.

Автореферат диссертации достаточно полно отображает сущность проведенных в диссертационной работе исследований, её основные научные положения, практические результаты и выводы. Содержание автореферата идентично основным положениям диссертационной работы и охватывает её главные научные результаты и выводы.

Диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 05.02.08 – Технология машиностроения. Области исследований, представленные в диссертационной работе, соответствуют пунктам 3, 4, 5, 7 паспорта специальности.

## **7. Замечания по диссертационной работе**

1. Традиционно технологические процессы шлифования оценивают по критериям быстродействия, экономические критерии применяют в исключительных случаях, так как они действуют кратковременно в связи с быстроизменяющимися ценами на материалы и энергию, что может привести к значительным убыткам.

2. Непонятно, что такое рациональные режимы обработки и что является критерием рациональности режимов?

3. Приведенная на рис. 3.1 (стр. 115) схема контактирования рабочей поверхности круга с материалом заготовки при шлифовании с поперечной подачей не учитывает того факта, что в процессе износа круга на его рабочей поверхности появляется заборный конус вследствие более быстрого износа кромок инструмента.

4. Процесс шлифования имеет стохастическую природу, но в диссертационной работе для его описания автор использует детерминированные модели.

5. В работе не учитывается, что круг имеет отклонения геометрической формы (не является круглым), дисбаланс и неравномерно изнашивается в процессе работы.

6. Для расчета составляющих сил резания использованы зависимости профессора С.Н. Корчака (для единичного зерна), в которые подставлены необходимые параметры и сделана попытка модификации формул для расчета составляющих сил резания (зависимости (3.10) и (3.11)). Не вполне понятно, как автор рассчитывает величину площадок износа, входящую в вышеуказанные формулы.



7. Зависимость  $t_{\phi}(\tau) = \frac{Q(\tau)}{F(\tau)}$  (формула (5.1), стр. 183) не совсем корректна, по своей сути это не фактическая глубина резания, а линейный съём материала  $\Delta r(\tau) = \frac{Q(\tau)}{F(\tau)}$ . Фактическая глубина резания не равна вертикальной подаче, которая рассчитывается по зависимости:

$$S = \Delta t_{\phi}(\tau) + \Delta R(\tau) + \Delta Q(\tau - 1) + \Delta A_{упр}(\tau),$$

она равна сумме приращений фактической глубины резания, износа круга, съёма материала в предшествующий момент времени и сумме упругих и температурных деформаций.

8. При использовании математических моделей, полученных в диссертации, целесообразно было бы выполнить оценку ошибок переменных, входящих в состав разработанных автором моделей.

9. При анализе существующих исследований по теме работы в тексте диссертации и в автореферате автор даёт перечисление известных научных школ, но, в то же время, желательно было бы привести фамилии их основателей и руководителей.

Указанные замечания не снижают значимости основных теоретических и практических результатов работы, которые могут быть рекомендованы для использования предприятиями, проектными организациями и научными коллективами, решающими проблемы повышения эффективности окончательных этапов механической обработки заготовок из труднообрабатываемых сталей, твёрдых сплавов и титановых сплавов.

## 8. Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа на тему «Теоретическое обоснование режимных параметров шлифования труднообрабатываемых сталей и сплавов на основе их оптимизации с учётом нестационарности процесса» является целостной завершённой научно-квалификационной работой, посвящённой решению актуальной научно-технической проблемы; содержит обоснованные научные положения, выводы и рекомендации; характеризуется научной новизной и практической ценностью в области технологии машиностроения.

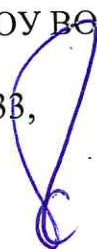
Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, а именно пунктам 3, 4, 5, 7 паспорта специальности.

Актуальность, научная новизна, практическая ценность и законченность работы, обоснованность и достоверность сформулированных выводов заслуживают высокой положительной оценки.

Автореферат диссертационной работы правильно отражает её содержание и даёт возможность в полном объёме судить о целях и задачах исследования, основных теоретических и практических результатах, сформулированных в работе научных выводах и рекомендациях.

Диссертационная работа по своему содержанию, актуальности, научной и практической значимости, глубине и охвату решаемых вопросов, объёму и оформлению полностью соответствует требованиям пункта 2.1 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор – Полтавец Валерий Васильевич – заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Официальный оппонент, доктор технических наук (специальность 05.02.08 – Технология машиностроения), профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» (Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, тел.: + 7 (978) 715-50-19  
E-mail: [serg.bratan@gmail.com](mailto:serg.bratan@gmail.com))



С.М. Братан

Подпись доктора технических наук, профессора С.М. Братана заверяю:  
Ученый секретарь ученого совета  
ФГАОУ ВО «СевГУ»



С.П. Строкина

*Согласен на автоматизированную обработку персональных данных*



Братан Сергей Михайлович