

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 Полтавца В.В. посвящена решению важной научно-технической проблемы, состоящей в разработке научных основ определения оптимальных режимных параметров шлифования труднообрабатываемых сталей и сплавов с учётом нестационарности процесса обработки таких материалов.

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. Диссертация включает в себя: введение, семь разделов, заключение, список использованной литературы и приложения, охватывающие расчётные программы, описания патентов на новые способы шлифования и справки о внедрении результатов исследований в производство и учебный процесс. Общий объём диссертационной работы 467 страниц, в том числе основной текст без приложений – 326 страниц.

Сведение к минимуму затрат на осуществление процесса обработки при обеспечении заданных требований к качеству обработанной поверхности является одной из основных задач, решаемых при назначении оптимальных режимов обработки. В большинстве случаев для определения оптимальных режимов обработки используется экспериментально-теоретический метод. Использование этого метода подразумевает проведение сложного и громоздкого комплекса экспериментальных исследований с целью получения зависимостей, описывающих технические ограничения, а, следовательно, приводит к большой трудоёмкости поиска режимов. Кроме того, полученные результаты невозможно использовать в случае, когда значения режимных параметров или время обработки выходят за пределы интервала, в котором были определены уравнения технических ограничений. Наиболее существенным недостатком экспериментально-теоретического метода является то, что он не учитывает изменение во времени режущей способности шлифовального круга, то есть нестационарность процесса обработки. Как следствие, уравнения технических ограничений находятся для условий, когда пара-

метры рабочей поверхности круга (РПК) стабилизируются через некоторое время после начала обработки, что приводит к занижению режимов по сравнению со шлифованием рабочей поверхностью, параметры которой сформированы непосредственно во время правки, и, соответственно, к неполному использованию имеющихся режущих свойств круга.

Объектом исследований в работе является обработка шлифованием трёх групп труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных материалов: труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых сплавов и титановых сплавов кругами из сверхтвёрдых материалов на металлической связке без управляющих воздействий и с электроэрозионными управляющими воздействиями на рабочую поверхность круга. На основании того, что, по мнению специалистов, потребление всех указанных групп материалов в условиях экономического роста машиностроительной, горнодобывающей, авиационной и других отраслей будет увеличиваться, определение оптимальных или рациональных режимов обработки, обеспечивающих существенное снижение трудоёмкости процесса обработки, уменьшение затрат на технологическую электроэнергию и уменьшение расхода инструментальных материалов представляет собой важную хозяйственную проблему. Решение указанной проблемы обеспечивает, в том числе, необходимые условия для реализации Государственной программы Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013 - 2025 годы», согласно которой планируется увеличить долю российских производителей авиационной продукции на мировом рынке до 6,3 %.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

В проведенных в работе исследованиях реализован системный подход к изучению процесса шлифования. Широко используются вербальные, физические и математические модели. Вербальные модели применены при описании сущности различных способов шлифования, их оптимизации, модернизации оборудования, устройств, методик измерений и расчётных методик. Физическое моделирование использовано при определении зависимостей текущей режущей способности шлифовального круга и текущей фактической глубины резания от времени, закономерностей расхода сверхтвёрдых материалов как при наличии электроэрозионных управляющих воздействий на РПК, так и при их отсутствии. Математическое моделирование является основой определения оптимального времени между электроэрозионными воздействиями по критерию минимальной удельной себестоимости обработки, определения составляющих силы резания и параметров шероховатости, сформированных на поверхности резания и обработанной поверхности заготовки.

Выдвинутые автором в качестве фундамента работы методологические положения соответствуют современным направлениям совершенствования математического описания процессов шлифования и развития теоретических основ определения оптимальных условий осуществления процесса в машиностроительном производстве. В работе поставлены пять основных задач исследований, для которых определены и обоснованы пути их решения, описаны исходные положения, объективные ограничения и принятые допущения. Для всех основных задач разработана методика их решения, с использованием которой получено общее решение, приведены примеры его практической реализации, проанализированы результаты решения и сформулированы рекомендации.

Проведенный в работе комплекс исследований позволил автору сформулировать важные для теории шлифования научные положения:

1. Для моделирования и оптимизации процесса шлифования кругами из сверхтвердых материалов по схеме с фиксированной силой поджима заготовки к кругу с учётом его нестационарности достаточно использовать два обобщенных показателя процесса: текущую лимитированную режущую способность шлифовального круга и отношение скорости шлифовального круга к скорости обрабатываемой детали.

2. Производительность восстановления режущих свойств шлифовальных кругов из сверхтвердых материалов с помощью электроэрозионных управляющих воздействий, выполняемых в автономной зоне одновременно со шлифованием или при его прерывании, не зависит от способа осуществления электроэрозионных управляющих воздействий и однозначно определяется количеством подводимой в автономную зону энергии.

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

Обоснованность выдвинутых автором положений, сформулированных при их использовании выводов и разработанных рекомендаций подтверждается как использованием принятого в технических науках математического аппарата, так и адекватностью выведенных аналитических и регрессионных зависимостей, входящих в построенные в работе математические модели. Необходимо отметить, что полученные автором данные и сделанные на их основе выводы хорошо согласуются с данными, представленными во многих научно-исследовательских работах в области технологии машиностроения и технологии обработки абразивным инструментом.

3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, сформулированных выводов и рекомендаций основывается на использовании в работе фундаментальных положений теории резания, общей теории систем, материаловедения, сопротивления материалов, теории упругости, теории оптимизации и методологии технико-экономического анализа процессов механической обработки.

Полученные результаты соответствуют положениям теоретических основ технологии машиностроения и теории алмазно-абразивной обработки, не противоречат данным, опубликованным в научно-технической литературе; данным производственного опыта обработки шлифованием труднообрабатываемых сталей и сплавов в условиях машиностроительных предприятий; данным практического опыта проектирования операций финишной и отделочной обработки в условиях проектных организаций. Экспериментальные исследования в работе проводились на реальном металлообрабатывающем оборудовании в лабораторных условиях. При обработке результатов экспериментов применялись типовые корректные методы математической статистики.

Применяемые методики измерений основаны на известных из технической литературы приемах измерений и допущениях, которые были приняты при измерениях.

Рекомендации по выбору режимных параметров были проверены в лабораторных и производственных условиях, где нашли свое подтверждение, часть из них также подтверждены другими исследователями.

Полнота изложения материала в научных публикациях Полтавца В.В. достаточна для полного раскрытия содержания его диссертационного исследования, а основные положения выполненной работы были одобрены ведущими научными работниками и специалистами производства в области технологии машиностроения и обработки изделий из труднообрабатываемых сталей, твердых сплавов и титановых сплавов.

4. Научная новизна диссертации

В диссертации представлены теоретические и экспериментальные исследования процесса плоского шлифования труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых и титановых сплавов кругами из сверхтвердых материалов на металлической связке. Научная новизна диссертации выражается в использовании нового подхода к математическому описанию нестационарности процесса шлифования, основным отличительным признаком которого является включение в оптимизационную модель закономерностей изменения во вре-

мени параметров процесса, в частности, текущей лимитированной режущей способности шлифовального круга и текущего расхода алмазов.

Научная новизна работы включает следующие основные положения:

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.

Представленные положения по своей сути являются новыми научными знаниями в области технологии машиностроения.

5. Практическая ценность полученных результатов для науки и техники
Практическая ценность полученных в работе результатов выражается в следующем:

1. В разработке алгоритма 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. В выборе и обоснований методик 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. В разработке методики определения напряжений сдвига в условиях шлифования для конструкционных и инструментальных сталей, основанной на применении положений теории упругости и термомеханических коэффициентов.

4. В разработке рекомендаций 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. В формулировании технологических рекомендаций по назначению механических режимов обработки, режимов непрерывных и периодических управляющих воздействий при обработке шлифованием труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых и титановых сплавов с управлением режущей способностью шлифовального круга электроэрозионным способом.

О высокой практической ценности работы свидетельствует получение трёх патентов на новые способы шлифования.

Практические рекомендации, методики и конструкции устройств, разработанные и применённые в диссертационной работе, внедрены на промышленных предприятиях и в проектных организациях Донецкой Народной Республики и Украины, что говорит о заинтересованности производства в применении результатов диссертационной работы.

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

Основные результаты диссертационной работы Полтавца В.В. опубликованы в 26 научных работах: 1 – это монография в соавторстве; 20 статей в профессиональных рецензируемых изданиях, из них 7 единых; 2 статьи в материалах международных конференций, 3 патента Украины.

При публикации научных результатов диссертационной работы диссертант выполнил требования, предусмотренные «Положением о присуждении ученых степеней». Содержание опубликованных работ полностью соответствует основным положениям диссертации и хорошо воспринимается научными работниками и специалистами промышленности.

Диссертационная работа по своему содержанию и порядку изложения материала соответствует описанной в работе методологии исследований, имеет чёткую логическую последовательность и взаимосвязь между разделами. Материалы выполненных исследований изложены на хорошем литературном языке, с применением стандартизованной терминологии, подробными пояснениями введенных терминов и понятий, имеет необходимые для его восприятия иллюстрации. Язык и стиль рукописи диссертации и автореферата соответствуют требованиям, предъявляемым к научным работам, отличаются соблюдением стилистических, пунктуационных и морфологических норм.

Автореферат диссертации характеризуется достаточной степенью подробности описания выполненных исследований, отображает методологию исследований, основные научные положения и наиболее весомые результаты. Содержание разделов автореферата идентично содержанию соответствующих разделов рукописи диссертации.

Диссертационная работа Полтавца В.В. по предмету исследований и содержанию соответствует паспорту научной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, а именно пунктам 3, 4, 5, 7.

6. Замечания по диссертационной работе

1. При рассмотрении сущности аналитического способа определения режимов резания при шлифовании недостаточное внимание уделено современным вариантам реализации этого способа, которые включают представление отдельных технических ограничений с использованием математического аппарата теории вероятностей и теории случайных функций.

2. При рассмотрении математических моделей процесса шлифования, использованных в работе, не вполне ясно, каким образом автор моделировал геометрическую форму контактных площадок на задних поверхностях алмазных зёрен.

3. Из работы не ясно, почему в качестве представителя титановых сплавов автор выбрал двухфазный сплав ВТ14 со структурой ($\alpha + \beta$), которая к тому же может изменяться как при термической обработке, так и в процессе резания. Какие существуют основания для отнесения этого сплава к труднообрабатываемым?

4. Существуют ли предпосылки физического характера для введения поправки на температурно-скоростные условия шлифования именно в виде показательной зависимости от температуры при определении сопротивления деформации труднообрабатываемых сталей с помощью термомеханических коэффициентов (с. 124)?

5. В разделе 5 работы автор ограничился качественной оценкой существующих способов управления характеристиками инструмента в технологической системе шлифования. Желательно было бы выполнить количественную оценку и сравнение показателей эффективности, в частности, электрохимических и электрофизических методов удаления шлама и металлической связи.

6. Автор отметил, что среди номенклатуры станков 3-й группы отечественного производства существуют модели, на которых непосредственно реализована схема обработки с фиксированной силой поджима заготовки к шлифовальному инструменту. Для расширения области применения полученных в работе результатов целесообразно было бы проанализировать наличие станков иностранного производства, реализующих ту же схему обработки.

7. На схеме плоского врезного шлифования с фиксированными режимами (рис. 1.8, с. 39) указаны не все необходимые для реализации этой схемы режимные параметры.

8. В разделе 7 влияние обрабатываемых материалов на установившиеся значения текущей лимитированной режущей способности и текущего расхода алмазов у шлифовальных кругов из синтетических алмазов для повышения степени наглядности и удобства восприятия материала желательно было бы представить в графической форме, а не в табличной.

8. Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Полтавца В.В. на тему «Теоретическое обоснование режимных параметров шлифования труднообрабатываемых сталей и сплавов на основе их оптимизации с учётом нестационарности процесса» является завершённой научно-квалификационной работой, посвящённой решению актуальной научно-технической проблемы, имеющей важное хозяйственное значение.

Диссертация содержит полностью обоснованные научные положения, выводы и рекомендации. Теоретические и экспериментальные результаты, полученные в работе, имеют необходимую степень новизны. По своей теоретической значимости они представляют собой существенный вклад в теорию технологии машиностроения.

По своей практической значимости результаты работы имеют существенное значение для повышения эффективности машиностроительного производства, в

частности, для обоснованного выбора способов шлифования труднообрабатываемых сталей и сплавов, назначения оптимальных механических режимов обработки и режимов управляющих электроэрозионных воздействий для поддержания высокой режущей способности алмазных кругов.

Содержание диссертационной работы полностью соответствует паспорту научной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Диссертационная работа по своему содержанию, актуальности, форме представления материала, теоретической и практической значимости, объему и оформлению полностью соответствует требованиям пункта 2.1 «Положения о присуждении ученых степеней» а ее автор – Полтавец Валерий Васильевич – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Официальный оппонент
доктор технических наук
(научная специальность
05.02.08 – Технология машиностроения)
профессор кафедры
«Технология машиностроения»

профессор

Смоленцев Евгений Владиславович

*Согласен на автоматизированную обработку
персональных данных*

Смоленцев Евгений Владиславович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», 394026, Российская Федерация, г. Воронеж, Московский проспект, 14, ФГБОУ ВО «ВГТУ» тел.: +7(910)746-40-75,
e-mail: smolentsev.rabota@gmail.com

Подпись д.т.н., профессора Смоленцева Евгения Владиславовича удостоверяю

Проректор по научной работе



И. Г. Дроздов