

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ
ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА»

д-р техн. наук, профессор

Чепцов М.Н.

2020 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Полтавца В.В. на тему «Теоретическое обоснование режимных параметров шлифования труднообрабатываемых сталей и сплавов на основе их оптимизации с учётом нестационарности процесса», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

1. Актуальность для науки и практики

Шлифовальные круги из сверхтвёрдых материалов (СТМ) широко применяются в машиностроительном и инструментальном производстве при обработке различных групп труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных материалов. Использование для обработки шлифовального инструмента на металлических связках, которые способны прочно удерживать зерна СТМ, обуславливает необходимость использования отдельных средств для управления режущей способностью шлифовальных кругов путём осуществления дополнительных управляющих воздействий на рабочую поверхность круга (РПК), например, в форме электроискровых или электроэрозионных воздействий (ЭЭВ).

При шлифовании кругами из СТМ производительность обработки является в наибольшей мере следствием эффективного использования режущих свойств инструмента. Основными направлениями повышения эффективности работы шлифовального инструмента является увеличение доли зёрен СТМ, выполняющих полезную работу по разрушению, диспергированию и удалению обрабатываемого материала, уменьшение доли зёрен, удаляемых с РПК без совершения полезной работы, и повышение нагрузки на единичное зерно вплоть до возможной по техническим ограничениям. Положительные результаты, достигнутые в указанных направлениях, обеспечат технико-экономический эффект при осуществлении процессов алмазно-абразивной обработки за счёт снижения трудоёмкости процесса, уменьшения затрат на технологическую электроэнергию и уменьшения расхода дорогостоящих инструментальных материалов. Сложность достижения положительного результата обусловлена выраженной нестационарностью процессов обработки.

Вх. № 16/119
« 23 » 04 2020 г.

В связи с тем, что годовой объём обработки кругами из СТМ изделий из труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных материалов непрерывно растёт, то определение оптимальных или рациональных режимов обработки, обеспечивающих повышение эффективности шлифования труднообрабатываемых материалов кругами из СТМ, выражающееся в снижении трудоёмкости процесса обработки, уменьшении затрат на технологическую электроэнергию и уменьшении расхода дорогостоящих инструментальных материалов, представляет собой важную хозяйственную проблему.

2. Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Основные научные и практические результаты работы, полученные автором:

1. Для снижения трудоёмкости поиска оптимальных режимов шлифования предложено использовать обобщенные показатели 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. 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 такого технического ограничения области возможных режимов использована поверхность, образованная семейством кривых, которые описывают изменение текущей лимитированной фактической глубины шлифования во времени.

3. В качестве параметра режима шлифования, с помощью которого обеспечивается соответствие производительности обработки и режущей способности шлифовального круга, предложено использовать мгновенную текущую фактическую глубину шлифования. Экспериментально получаемая зависимость текущей фактической глубины шлифования от времени обработки $t_{\phi} = f(\tau)$ является основой для математического описания изменения текущей лимитированной режущей способности шлифовального круга в заданных условиях обработки.

4. Лимитированное усилие поджима заготовки к РПК при алмазном шлифовании с фиксированной силой поджима заготовки к кругу необходимо определять как минимальное из найденных по трём условиям, выполнение которых обеспечивает заданное качество обработанной поверхности и поддержание высоких режущих свойств алмазного шлифовального инструмента:

– из условия предотвращения фазово-структурных изменений в поверхностном слое обрабатываемого материала;

- из условия отсутствия окисления алмаза;
- из условия обеспечения механической прочности алмазных зёрен.

5. В случае, когда режущая способность круга изменяется от совместного воздействия процессов изнашивания зёрен и засаливания круга с преобладанием ухудшения режущей способности в результате засаливания межзёренного пространства, режимы электроэрозионных управляющих воздействий определяются соотношением интенсивностей удаления засаленного слоя и интенсивности засаливания межзёренного пространства, а оптимальное значение средней силы тока воздействий соответствует условию равенства этих интенсивностей.

6. При шлифовании с периодическими электроэрозионными управляющими воздействиями, когда режущая способность круга снижается вследствие изменения количества работающих зёрен и их изнашивания, изменение текущей лимитированной режущей способности шлифовального круга представляет собой циклический процесс, в котором оптимизация режимов воздействий может быть выполнена по длительности периодов цикла «шлифование без электроэрозионных воздействий – шлифование с электроэрозионными воздействиями».

7. При шлифовании труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, характер разрушения которых при резании преимущественно пластический, относительный вклад процессов изнашивания зёрен инструментального материала и засаливания межзёренного пространства в снижение режущей способности РПК характеризуется соотношением 1:2.

8. При определении напряжений сдвига в температурно-скоростных условиях шлифования конструкционных и инструментальных сталей для уточнения значений напряжений, полученных стандартными методами механических испытаний, доказана возможность применения термомеханических коэффициентов, учитывающих отличие в скорости и степени деформации при механической обработке.

9. Установлено, что минимальную удельную себестоимость шлифования быстрорежущей стали Р6М5Ф3 и твердого сплава ВК8 обеспечивает способ шлифования с периодическими электроэрозионными воздействиями на РПК. Удельная себестоимость шлифования с периодическими электроэрозионными воздействиями на оптимальных режимах ниже, чем удельная себестоимость шлифования без управляющих воздействий, для быстрорежущей стали Р6М5Ф3 – на 160-240 %, для твердого сплава ВК8 – на 10-20 %.

10. Установлено, что осуществление периодических электроэрозионных воздействий для поддержания высокой режущей способности алмазных кругов при обработке титанового сплава ВТ14 экономически обоснованно. Предпочтительными являются непрерывные управляющие воздействия во время шлифования, а периодическая правка круга должна производиться исходя из необходимости восстановления геометрической формы РПК.

11. Установлено, что из трёх исследованных в работе групп труднообрабатываемых материалов: ванадиевых инструментальных сталей, твердых сплавов группы ВК и двухфазных титановых сплавов со структурой

$(\alpha + \beta)$ наименьшие значения текущей лимитированной режущей способности алмазных шлифовальных кругов из синтетических алмазов АС6 и текущего расхода алмазов формируются при обработке ванадиевых инструментальных сталей, наибольшие – при обработке двухфазных титановых сплавов со структурой $(\alpha + \beta)$.

12. Разработанные в диссертационной работе рекомендации по назначению режимных параметров, методики определения рациональных режимов резания при алмазно-абразивной обработке и конструкции устройств для восстановления режущей способности шлифовальных и заточных кругов электроэрозионным способом переданы для внедрения на Озеряновский машиностроительный завод «Технология», ООО «Торпласт», ООО «Фирма «ВИ-ВА», ООО «Деревообрабатывающий инструмент», Государственное предприятие «Проектно-конструкторский технологический институт», и используются в учебном процессе ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ». Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработок, выполненных в диссертационной работе, на промышленных предприятиях и в проектных организациях Донецкой Народной Республики и Украины составляет 444 000 рублей РФ.

Значимость полученных результатов для науки состоит в разработке автором научной основы определения режимных параметров процесса шлифования труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых и титановых сплавов кругами из СТМ с учётом нестационарности процесса обработки; обосновании применения в качестве количественной характеристики нестационарности процесса шлифования кругами из СТМ текущей лимитированной режущей способности шлифовального круга; обосновании использования для определения максимальной режущей способности РПК схемы врезного шлифования, при котором зерно инструментального материала совершает наибольшую полезную работу; определении функциональной зависимости удельной технологической себестоимости шлифования с периодическим управляющими ЭЭВ, представляющего собой чередование циклов «шлифование без ЭЭВ – шлифование с ЭЭВ», от параметров процесса обработки, причём эта зависимость может быть использована для многопараметрической оптимизации процесса шлифования по критерию минимальной удельной себестоимости обработки.

Практическая значимость работы обусловлена разработкой алгоритма определения рациональных или оптимальных режимных параметров обработки при шлифовании высокопрочных труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей, твердых и титановых сплавов кругами из СТМ; обосновании 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; разработкой методики определения напряжений сдвига в условиях шлифования для конструкционных и инструментальных сталей, основанной на применении положений теории упругости и термомеханических коэффициентов.

Важное значение для производства имеют разработанные автором 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.

3. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

1. С целью продолжения исследований в данном направлении целесообразно дополнить расчет скорости детали, ограниченной параметрами шероховатости, учетом не только высоты микронеровностей профиля, но других показателей, характеризующих шаг и форму микронеровностей на обработанной поверхности.

2. Полученные в данной работе результаты исследований позволяют сформулировать рекомендации по назначению средней силы тока электроэрозионных управляющих воздействий и подачи на врезание инструмента в дискретном виде. Значительный практический интерес представляет адаптация полученных данных к включению в состав программного обеспечения систем управления шлифовальных станков с ЧПУ.

3. Разработанные автором алгоритмы определения рациональных или оптимальных режимных параметров обработки и методики определения напряжений сдвига в условиях шлифования рекомендуется предложить для использования в производственном процессе на предприятиях, выпускающих высокоскоростные транспортные средства и авиационно-космическую технику.

4. Общие замечания

К работе имеются следующие замечания:

1. В разделе 1 автором выделены основные подходы, применяемые в настоящее время к построению математических моделей процесса шлифования абразивными кругами и кругами из СТМ, а также моделей оптимального режима обработки. Наряду с подробным анализом работ исследователей, работающих в этой области, отсутствует информация о моделях, используемых ведущими компаниями в станкостроительном производстве и конструировании шлифовального инструмента.

2. Для определения количества сошлифованного материала и расхода алмазоносного слоя на шлифовальном инструменте в работе использовались только контактные методы измерений, характеризующиеся большой трудоёмкостью и не применялись более производительные бесконтактные методы.

3. При теплофизическом анализе взаимодействия алмазных зёрен с поверхностью обрабатываемой заготовки диссертант ограничился только рассмотрением моделей зёрен в виде цилиндра и не исследовал модели в форме усеченного конуса или усеченной пирамиды.

5. Заключение

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для теории и практики алмазно-абразивной обработки, а также для оптимизации режимных параметров шлифования труднообрабатываемых конструкционных и инструментальных сталей и сплавов; обеспечивают теоретическую основу для снижения себестоимости изготовления изделий, обрабатываемых кругами из СТМ. Сформулированные выводы и разработанные рекомендации достаточно обоснованы.

В целом, диссертационная работа отвечает требованиям п. 2.1 «Положения о присуждении ученых степеней», соответствует специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, а ее автор, Полтавец Валерий Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Подвижной состав железных дорог» ГОСУДАРСТВЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»
« 21 » 02 2020 г., протокол № 2.

Д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой «Подвижной состав
железных дорог» ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»
(ДНР, 283018, г. Донецк,
ул. Горная, дом 6, ДОНИЖТ;
тел.: +38 062 319-21-76;
institut-transporta@mail.ru)



Паламарчук Н.В.

Согласен на автоматизированную
обработку персональных
данных

Паламарчук Николай Владимирович

Подпись прод. Паламарчук Н.В.
удостоверяю:

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ
ДОНЕЦКОГО ИНСТИТУТА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

С. Н. Тонгару