

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
Д999.003.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
И ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 19.12.2019 г. № 54

О присуждении Сизову Сергею Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение работоспособности твердосплавного режущего инструмента путем импульсной лазерной обработки многослойного покрытия», по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, принята к защите 17.10.2019 г., протокол № 52, объединенным диссертационным советом Д999.003.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего образования (ВО) «Ульяновский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Министерства науки и высшего образования РФ, по адресу 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, действующим на основе приказа №123/нк от 17.02.2015 г.

Соискатель Сизов Сергей Валерьевич, 1990 года рождения. В 2012 году соискатель окончил ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». В 2016 году соискатель окончил аспирантуру на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Работает ведущим инженером-конструктором на АО «Ульяновский механический завод».

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты», Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор Табаков Владимир Петрович, и.о. заведующего кафедрой «Инновационные технологии в машиностроении» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

Мигранов Марс Шарифуллович – д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Основы конструирования механизмов и машин» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»;

Зинина Елена Петровна – д-р техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории «Теория механизмов и структуры машин» ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» РАН (г. Москва) дали свои положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва, в своем положительном заключении, рассмотренном на заседании кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», подписанном д-р техн. наук, профессором В.Д. Гуриным и утвержденном проректором по научной работе и научно-технической политике, канд. техн. наук А.А. Зеленским, указала, что диссертация С.В. Сизова является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи повышения работоспособности твердосплавного режущего инструмента путем импульсной лазерной обработки многослойного покрытия на основе анализа контактных процессов, теплового и напряженного состояния режущего инструмента. Работа выполнена на достаточном научно-теоретическом уровне, методики и

средства выполненных исследований соответствуют решаемым задачам. Тема, цель, задачи и содержание диссертации соответствуют заявленной специальности 05.02.07 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Диссертационная работа Сизова С.В. на тему «Повышение работоспособности твердосплавного режущего инструмента путем импульсной лазерной обработки многослойного покрытия» по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, уровню и объему выполненных исследований удовлетворяет требованиям п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Сизов Сергей Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 7 статей в изданиях из перечня ВАК, 4 статьи в изданиях из базы цитирования Scopus, 5 патентов на изобретения. Работы посвящены теоретическим и экспериментальным исследованиям процесса воздействия импульсной лазерной обработки на многослойное покрытие твердосплавного инструмента, оценке влияния импульсной лазерной обработки на параметры структуры, механические свойства многослойных покрытий и работоспособность инструмента. Авторский вклад составляет 4,73 п.л., в общем объеме научных изданий 10,28 п.л.

Научные работы соискателя отражают результаты проведенного исследования и раскрывают основные положения, выносимые на защиту. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Научные труды представлены статьями в рецензируемых изданиях из перечня ВАК, из базы цитирования Scopus, материалах научных конференций и патентами на изобретения. Наиболее

значимые научные работы соискателя из числа опубликованных в рецензируемых научных изданиях:

1. Власов С.Н., Сизов С.В., Табаков В.П. Моделирование воздействия импульсного лазерного излучения на многослойное покрытие // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2013. – № 12. – С. 15-19. – 0,6 п.л. / авт. 0,2 п.л.

2. Табаков В.П., Власов С.Н., Сизов С.В., Чихранов А.В. Работоспособность режущего инструмента с покрытиями при обработке заготовок из труднообрабатываемых материалов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2015, – № 7, –С. 5-9. – 0,6 п.л. / авт. 0,2 п.л.

3. Табаков В.П., Сизов С.В. Исследование параметров структуры и механических свойств покрытий на основе нитрида титана, циркония и ниобия// Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 2. – С. 70-73. – 0,56 п.л. / авт. 0,28 п.л.

4. Табаков В.П., Сизов С.В., Чихранов А.В. Новые износостойкие покрытия на основе нитрида ниобия // Вестник рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. – 2017. – №2. – 235-240. – 0,44 п.л. / авт. 0,15 п.л.

5. Сизов С.В., Табаков В.П. Повышение работоспособности твердосплавного инструмента путем импульсной лазерной обработки многослойного покрытия // Вестник рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. – 2017. – №2. – 240-245. – 0,44 п.л. / авт. 0,22 п.л.

6. Табаков В.П., Сизов С.В. Повышение работоспособности твердосплавного режущего инструмента путем направленного выбора механических свойств функциональных слоев многослойного покрытия // Вестник СТАНКИНА. 2017, № 4 (43), С. 16-21. – 0,62 п.л. / авт. 0,31 п.л.

7. Сизов С.В., Табаков В.П. Моделирование воздействия импульсной лазерной обработки на композицию «твердосплавная основа – износостойкое

покрытие» // Вестник машиностроения. – 2019. – №6. – 80-84. – 0,7 п.л. / авт. 0,5 п.л.

8. Tabakov V.P., Shirmanov N.A., Sizov S.V., Chikhranov A.V. Influence of cathode structure and configuration on complex nitride coatings // Russian engineering research. – 2017. - Т.37. - №12. – 1048-105. – 0,3 п.л. / авт. 0,18 п.л.

9. V. Tabakov, A. Chikhranov, S.Sizov. Increasing of the carbide cutting tool life by developing multilayer coatings // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017) - MATEC Web Conf. Volume 129, 2017. doi: 10.1051/matecconf/201712901038. – 0,3 п.л. / авт. 0,1 п.л.

10. S.Sizov, V. Tabakov, A. Chikhranov. Functional parameters of the cutting process of the cutting tool with multilayer coatings after pulsed laser treatment // International Conference on Current trends in technology and equipment (ICMTMTE 2018) - MATEC Web Conf. Volume 224, 2018. doi:10.1051/matecconf/201822401087. – 0,4 п.л. / авт. 0,2 п.л.

11. S.V. Sizov, V.P. Tabakov, A.V. Chikhranov, I.N. Bobrovskij and V.A. Adakin. Study of the additional strengthening treatment impact on structural parameters and mechanical properties of coatings based on nitrides of niobium, titanium, zirconium and aluminium // 14th International Conference on Films and Coatings/ Volume 1281, 2019. doi.org/10.1088/1742-6596/1281/1/012074. – 0,25 п.л. / авт. 0,1 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв ведущей организации – **ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»**, подписанный доктором технических наук, профессором кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» Гуриным В.Д. и утвержденный проректором по научной работе и научно-технической политике, кандидатом технических наук Зеленским А.А. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. При обосновании актуальности тематики диссертационной работы и выполнения

литературного обзора, представленного в главе 1 текста диссертации, автором проанализирован достаточно большой объем публикаций российских ученых и очень незначительное количество работ авторитетных зарубежных ученых (при этом все проанализированные работы зарубежных коллег датированы лишь 1995 – 2009 гг.). Это хоть и не критичное, но определенное упущение, так как все, что касается защитных покрытий для твердосплавного инструмента, очень динамично развивается во всем мире и нельзя не учитывать последний опыт передовых научных коллективов.

2. В главе 2 текста диссертации на стр. 46 автором указано, что «для определения остаточных напряжений в покрытиях использовали образцы из инструментальной быстрорежущей стали Р6М5 (ГОСТ 19265-73)». Совершенно непонятно при чем здесь быстрорежущая сталь, если объектом исследований является инструмент из твердого сплава? Это либо досадная опечатка автора, либо автор считает, что уровень напряжений в покрытии не зависит от материала подложки, что в корне не соответствует действительности.

3. Прочность адгезии покрытий с инструментальной основой соискатель оценивает по коэффициенту отслоения, который определялся путем индентирования поверхности покрытия, а микротвердость покрытий – по восстановленному отпечатку с использованием пирамиды Кнуппа. Более корректно было бы оценить прочность адгезии методом скрайбирования, а микротвердость – методом непрерывного наноиндентирования на нанотвердомерах.

4. В тексте диссертации, автором сравниваются, а иногда и противопоставляются (в частности, раздел 3.2) теплопроводности покрытия и твердосплавной основы. На наш взгляд, это достаточно спорно и даже некорректно, так как речь идет о пленке толщиной не более 8 мкм и массивном образце пластины из твердого сплава.

5. Соискателем представлены технологические параметры осаждения однослойных покрытий, но в тоже время отсутствуют параметры осаждения своих разработанных многослойных покрытий.

6. При проведении стойкостных исследований соискателем недостаточно обоснован выбор

материала заготовок и твердосплавных пластин. 7. В тексте диссертации имеются стилистические и орфографические погрешности. Нет однообразия в оформлении графиков. Некоторые рисунки имеют плохое качество, затрудняющее их понимание (например, рис. 5.1, 5.2).

2. Отзыв официального оппонента – **Мигранова Марса Шарифулловича**, д-ра техн. наук, доцента, заведующего кафедрой «Основы конструирования механизмов и машин» ФГБОУ ВО Уфимского государственного авиационного технического университета. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Математическое и численное моделирование соискателем проведено для двухслойных покрытий, на основе которых и выбраны технологические параметры ИЛО. В тоже время при проведении экспериментальных исследований использовались также и трехслойные покрытия. В этой связи следовало бы дать обоснование возможности использования предложенных технологических параметров ИЛО и для трехслойных покрытий. 2. Соискателем дано обоснование выбора состава функциональных слоев многослойных покрытий, в тоже время недостаточно аргументирован выбор толщин данных слоев. 3. При оценке теплового состояния режущего инструмента важным является вопрос теплового баланса при резании. Однако, соискателем данный вопрос не рассмотрен. 4. При исследовании работоспособности твердосплавных пластин с разработанными многослойными покрытиями после ИЛО желательно было расширить диапазон режимов резания, что позволило бы в большей степени оценить области применения результатов работы.

3. Отзыв официального оппонента – **Зининой Елены Петровны**, д-ра техн. наук, старшего научного сотрудника лаборатории «Теория механизмов и структуры машин» ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» РАН, г. Москва. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. На стр. 44 приведены этапы технологических переходов формирования многослойного покрытия, включая процесс осаждения износостойкого

покрытия. Приведены значения технологических параметров давления и температуры осаждения. Однако отсутствуют показатели, характеризующие скорость осаждения, такие как время осаждения и скорость вращения образцов, которые, как известно, оказывают влияние на характеристики многослойных покрытий.

2. При исследовании влияния элементов режима резания на период стойкости режущего инструмента с покрытием соискатель использовал метод планирования полного факторного эксперимента (планирование  $2^2$ ) (см. стр. 51). Однако на стр. 49 сказано, что «элементы режима резания назначали из справочной литературы [149]». Не ясно, как могут быть связаны между собой эти подходы для назначения режимов резания?

3. В выражение для плотности мощности импульсного лазерного излучения, определяемого из выражения (2.1), введены  $E$  – энергия импульса,  $S_p$  – площадь пятна фокусирования,  $t_i$  – длительность импульса,  $d_p$  – диаметра пятна фокусирования. Однако в технических характеристиках лазерной технологической установки КВАНТ-15 имеется параметр «частота повторения импульсов излучения». Из текста диссертации не ясно, учитывал ли соискатель данный параметр и как он может повлиять на качество ИЛО?

4. Предлагая конструкции многослойных покрытий, соискатель обосновывает выбор состава отдельных функциональных слоев многослойных покрытий. В тоже время не объясняется из каких соображений выбрано количество слоев в данных покрытиях.

5. Исследуя интенсивность изнашивания и период стойкости твердосплавного инструмента с многослойными покрытиями, подвергнутых импульсной лазерной обработке, соискатель ограничился только оценкой величины износа по задней поверхности. При этом не рассмотрен такой важный вопрос как влияние ИЛО на характер разрушения покрытий различной конструкции. Диссертационная работа от этого существенно бы выиграла.

6. Важное значение имеют вопросы влияния покрытий на точность обработанных поверхностей и качество обработанной поверхности. Однако эти вопросы в работе не рассмотрены.

7. Соискателем не обоснован выбор режимов резания

при исследовании работоспособности твердосплавного инструмента с многослойными покрытиями, подвергнутых импульсной лазерной обработке.

4. Отзыв из **ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»**, г. Москва, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Функциональные наносистемы и высокотемпературные материалы» Блинковым Игорем Викторовичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Автор сообщает об уменьшении макронапряжений в сформированных покрытиях под воздействием ИЛО. Из текста автореферата не ясно, каким методом определялись эти характеристики и с какой погрешностью? С учетом этого не ясна значимость разницы полученных значений до и после ИЛО. 2. Из многочисленных исследований известно, что сжимающие макронапряжения существенно влияют на твердость покрытий, как правило, повышая ее значение. В работе показано обратная зависимость твердости от величины макронапряжений. С чем это связано? 3. На рисунке 4 (в) автор приводит значение ОКР с точностью до второго знака после запятой. Используемый метод определения этих величин по уширению линий рентгеновской дифракции не дает такую точность. 4. Из текста автореферата не ясны условия проведения ИЛО, в частности, состав газовой атмосферы, в которой проводили данную обработку, что могло сказаться на изменениях химического состава обработанных ИЛО покрытий, которые, как и структурные изменения, могут оказать существенное влияние на свойства обработанных покрытий.

5. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»**, г. Липецк, подписанный д-ром техн. наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Козловым Александром Михайловичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. П.5 научной новизны – «Новые способы получения МП, включающие в себя нанесение МП и последующую ИЛО» в большей степени соответствует практической значимости работы. 2. На с.8 автореферата

отмечается, что проводилось моделирование нагрева режущих пластин с покрытиями лазерным излучением круговой формы диаметром 1 мм в виде импульса длительностью 4 мс и с шагом счета 0,01 мс. Не ясно, по какой траектории перемещался луч лазера; учитывалось ли перекрытие импульсов на поверхности инструмента и т.д. 3. В автореферате имеются неудачные выражения (с. 10 «... ИЛО приводит ... к повышению полуширины...»). Полуширина не может повышаться или понижаться – она или увеличивается, или уменьшается. Не представлено, что характеризует полуширина рентгеновской линии? 4. На с. 11 отмечается, что «ИЛО способствует снижению полной длины контакта стружки с передней поверхностью (до 12 %), коэффициента укорочения стружки (до 9 %), составляющих силы резания  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$  (3-8 %).» Не представлено объяснение полученных результатов.

6. **Отзыв из ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»**, г. Комсомольск-на-Амуре, подписанный д-ром техн. наук, доцентом Мокрицким Борисом Яковлевичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Общепринято в разделе «На защиту выносятся» (у соискателя это названо иначе, что не принципиально) в каждом пункте указывать к какому пункту формулы научной специальности это относиться. Соискатель от этого уклонился. 2. Мне не нравится раздел «Основные выводы». Во-первых, коль в работе раздел «Введение», то обязан быть и раздел «Заключение», в котором и должно быть какая важная народнохозяйственная задача решена и поэтому нужно присудить ученую степень. Во-вторых, пункты 8 и 9 раздела «Основные выводы» не являются выводами.

7. **Отзыв из ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»**, г. Рыбинск, подписанный д-ром техн. наук, профессором, заведующим кафедрой «Мехатронные системы и процессы формообразования имени С.С. Силина» Волковым Дмитрием Ивановичем. Отзыв положительный со

следующими замечаниями: 1. Из автореферата непонятно, как были выбраны составы и определены технологические параметры осаждения покрытий, которые использовали в качестве функциональных слоев многослойного покрытия. 2. Некоторые графические зависимости, отражающие результаты экспериментов, не сопровождаются условиями их проведения. 3. Отсутствует расшифровка условного обозначения «d» в формуле 3.

8. **Отзыв из ФГБОУ ВО «Кузбасского государственного технического университета им Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово,** подписанный д-ром техн. наук, профессором, заведующим кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» Коротковым Александром Николаевичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Автор весьма активно использует в тексте автореферата сокращения (МП, ИЛО, РИ, МП-ИО) число которых доходит до 30 на одной странице текста. Это затрудняет понимание смысла излагаемого материала и заставляет постоянно возвращаться и искать расшифровку аббревиатуры. 2. В автореферате не указано при обработке каких материалов в производственных условиях достигнуто повышение стойкости инструментов.

9. **Отзыв из ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск,** подписанный д-ром техн. наук, профессором, заведующим кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» Поповым Андреем Юрьевичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В автореферате не отражено влияние импульсной лазерной обработки на состояние лезвия инструмента. 2. Нет описания физических процессов изменения структуры обработанной поверхности в результате импульсной лазерной обработки.

10. **Отзыв из ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург,** подписанный д-ром техн. наук, доцентом кафедры «Термообработка и физика металлов» Кузнецовым Виктором Павловичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В автореферате не

приведены основные параметры импульсной лазерной обработки, в частности частота импульсов, траектория и скорость перемещения пятна лазерного источника по пластине с покрытием. 2. Отсутствует описание конечно-элементной модели воздействия лазерного источника на инструмент с покрытием, не приведено обоснование выбора ее параметров. 3. Нет сравнения полученных результатов с зарубежными исследованиями, например по текстурированию покрытий инструмента импульсным лазером.

11. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»**, г. Ростов-на-Дону, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Рыжкиным Анатолием Андреевичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Несмотря на большой объем и высокий уровень эксперимента, в работе не представлены результаты металлографических исследований, что позволило бы визуально отследить кинетику протекающих в слоях зоны обработки структурных или иных превращений при воздействии лазерного излучения. 2. В автореферате следовало бы обосновать выбор способа упрочняющей лазерной обработки полученных покрытий. Выбранная автором лазерная поверхностная обработка излучением импульсно-периодического режима генерации является низкопроизводительным и малоэффективным процессом для внедрения в массовое инструментальное производство. Успешной и современной альтернативой ей может стать лазерная обработка излучением непрерывного режима генерации, обеспечивающая все преимущества лазерного воздействия при значительной большей скорости сканирования обрабатываемой поверхности источником энергии. 3. Предложенную модель тепловой задачи для точечного источника необходимо записать в принятую в теплофизике запись с реальными граничными условиями и показать, в каких пределах брать интеграл  $\int q(x)dx$ .

12. Отзыв из **ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»**, г. Челябинск, подписанный д-ром техн. наук, профессором

кафедры «Технология автоматизированного машиностроения» Шаламовым Виктором Георгиевичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Представленные материалы отражают процессы, происходящие на передней поверхности режущего лезвия. Почему не рассматривается задняя поверхность режущего лезвия? 2. Можно ли ожидать положительного эффекта рассматриваемого метода импульсно-лазерной обработки в условиях прерывистого резания, например, при фрезеровании?

13. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»**, г. Пенза, подписанный д-ром техн. наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Зверовщиковым Александром Евгеньевичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Проводилась ли интервальная оценка плотности мощности ИЛО и при каких толщинах покрытия производились численное моделирование и экспериментальные исследования. 2. На основе каких моделей производилось численное моделирование в ANSYS. 3. Как оценивались температуропроводности и теплопроводности границ многослойного покрытия при моделировании.

14. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»**, г. Брянск, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Киричком Андреем Викторовичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В автореферате не указана область целесообразного применения твердосплавного инструмента с импульсной лазерной обработкой (ИЛО) многослойного покрытия (МП) – обрабатываемые материалы, условия работы – чистовая или черновая обработка и т.д., предпочтительные глубина и другие режимы резания, ограниченная по силе резания или другим параметрам. 2. Исследование влияния ИЛО МП на микротвердость, коэффициент отслоения и интенсивность изнашивания твердосплавных пластин выполнено в узком диапазоне технологических факторов.

15. **ОТЗЫВ ИЗ ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»**, г. Пермь, подписанный д-ром техн. наук, профессором, зам. заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения» Макаровым Владимиром Фёдоровичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Не обоснован выбор твердого сплава в качестве инструментального материала под нанесение покрытия. 2. Отсутствует информация о принципе построения многослойного покрытия, поэтому не ясно из каких соображений выбирали верхний, промежуточный и нижний слои покрытия. 3. В автореферате не отражено, какие технологические режимы и компоновочные схемы установок рекомендованы для нанесения многослойных покрытий для повышения работоспособности режущих инструментов.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается тем, что они являются ведущими специалистами в области разработки технологий нанесения износостойких покрытий и исследования эффективности применения режущих инструментов с износостойкими покрытиями на операциях механической обработки, имеют научные публикации по данному направлению в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов. В ведущей организации и организациях, в которых осуществляют свою деятельность официальные оппоненты, выполнен значительный объем научных исследований, связанных с изучением процессов, рассматриваемых соискателем в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** математическая модель воздействия импульсной лазерной обработки композиции «многослойное покрытие-инструментальная основа», позволяющая определить параметры импульсной лазерной обработки;

**разработаны** новые способы нанесения многослойных покрытий, включающие в себя нанесение многослойных покрытий и последующую импульсную лазерную обработку;

**предложены** пути повышения работоспособности твердосплавного инструмента на основе применения разработанных конструкций многослойных покрытий, технологий их нанесения и технологических параметров импульсной лазерной обработки;

**доказана** перспективность использования импульсной лазерной обработки для повышения работоспособности твердосплавного инструмента с многослойным покрытием;

новые понятия **не вводились**.

Теоретическая значимость исследований заключается в том, что:

**доказана** возможность использования импульсной лазерной обработки для повышения работоспособности твердосплавного инструмента с многослойными покрытиями, что расширяет область использования твердосплавного инструмента;

применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс существующих базовых методик, в том числе метод конечных элементов для оценки теплового и напряженного состояния композиции «многослойное покрытие-инструментальная основа», многофакторное планирование для получения регрессионных моделей периода стойкости в зависимости от элементов режима резания, натурный эксперимент для оценки влияния импульсной лазерной обработки на параметры структуры, механические свойства многослойных покрытий;

**изложены** доказательства влияния импульсной лазерной обработки на работоспособность твердосплавного инструмента, основанные на результатах исследований влияния импульсной лазерной обработки на механические свойства многослойных покрытий, контактные характеристики процесса резания, тепловое и напряженное состояние режущего инструмента;

**раскрыты** особенности выбора критической плотности мощности импульсной лазерной обработки твердых сплавов с различными покрытиями и влияние импульсной лазерной обработки на тепловое и напряженное состояние композиции «многослойное покрытие-инструментальная основа»;

**изучены** связи и закономерности влияния импульсной лазерной обработки на параметры структуры и механические свойства многослойных покрытий;

**проведена модернизация** известных математических моделей воздействия импульсной лазерной обработки на различные композиции, позволяющая определять величину критической плотности мощности на основе анализа напряжений, возникающих на границе твердосплавной основы с многослойным покрытием.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработаны** новые конструкции и способы нанесения многослойных покрытий, технологические режимы импульсной лазерной обработки, эффективность которых **подтверждена** в производственных условиях АО «УКБП» и ООО «УАЗ»; результаты исследований **внедрены** в учебный процесс подготовки магистров по направлению 15.04.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

**определены** перспективы практического использования полученных результатов диссертационного исследования для повышения работоспособности режущего инструмента, что обеспечит повышение эффективности механической обработки;

**представлены** и переданы, для использования в производственных условиях АО «УКБП», технологические рекомендации по нанесению многослойных покрытий с последующей импульсной лазерной обработкой.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

**для экспериментальных работ** использованы современные измерительные средства, результаты получены на сертифицированном

оборудовании, показана достаточная статистическая воспроизводимость результатов исследований, полученных в лабораторных и производственных условиях;

**теоретические исследования (теория)** построены на известных проверяемых теоретических и экспериментальных данных и согласуются с опубликованными экспериментальными данными других исследователей по тематике диссертации;

**идея** диссертационного исследования базируется на анализе практики резания материалов, использования и обобщения передового опыта российских и зарубежных ученых в области разработки технологий нанесения износостойких покрытий, исследования процессов резания инструментами с износостойкими покрытиями;

**использовано** сравнение данных, полученных автором, с данными полученными ранее другими авторами по тематике диссертации;

**установлено** качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором, с результатами, представленными в научных работах других ученых по проблематике диссертации в независимых источниках периодической печати;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, сравнение данных, полученных автором по разработанным моделям, с данными, полученными в ходе прямых экспериментов, других ученых, а также с производственными данными.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

- включенном участии на всех этапах процесса, определении цели, задач, непосредственном выполнении научных исследований, как теоретического, так и экспериментального характера, необходимых для решения поставленных задач и достижения цели диссертационной работы: разработка **математической модели** воздействия импульсной лазерной обработки композиции «многослойное покрытие-инструментальная основа», **результаты численного моделирования** теплового и напряженного состояния

композиции «многослойное покрытие-инструментальная основа», разработка **новых способов** получения многослойных покрытий и **режимов** импульсной лазерной обработки, **экспериментальные исследования** влияния импульсной лазерной обработки на параметры структуры, механические свойства многослойных покрытий и работоспособность твердосплавного инструмента;

- личном участии в опытно-промышленной апробации результатов исследования;

- обработке и интерпретации экспериментальных данных;

- подготовке основных публикаций по выполненной работе.

**Результаты исследований рекомендуется использовать:**

**на предприятиях машиностроительной отрасли**, занимающихся механической обработкой заготовок из различных обрабатываемых материалов;

**проектно-конструкторских и научно-исследовательских институтах**, занимающихся разработкой технологий нанесения износостойких покрытий для режущего инструмента;

**в высших учебных заведениях** при подготовке специалистов, бакалавров и магистров направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием плана исследований и основной идейной линии, взаимосвязью поставленных задач и полученных результатов, содержит новые научные результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены научные результаты.

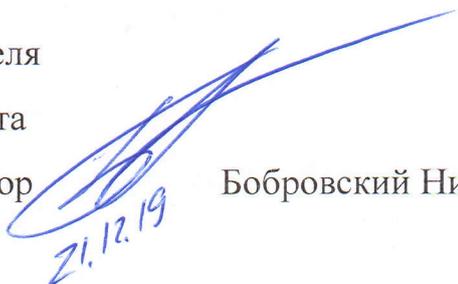
Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая содержит решение актуальной задачи повышения работоспособности твердосплавного режущего инструмента путем импульсной лазерной обработки многослойного покрытия, имеющей существенное значение для повышения конкурентоспособности продукции, выпускаемой машиностроительными предприятиями.

Работа соответствует критериям, установленным в разделе II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 19 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Сизову С.В. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.02.07. – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, участвующих в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовал: за присуждение ученой степени – 16 человек, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, профессор



Бобровский Николай Михайлович

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, доцент



Веткисов Николай Иванович