

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.332.01,
созданного на базе Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
государственный технологический университет «СТАНКИН» Министерства
науки и высшего образования Российской Федерации, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 06 ноября 2025 г. № 27

О присуждении Тет Наинг Со, гражданину Республики Союз Мьянма, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Создание режущего инструмента из керамики SiC-TiB₂-TiC для повышения эффективности механической обработки деталей из закаленных сталей» по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» принята к защите 28 августа 2025 г., протокол № 17, диссертационным советом 24.2.332.01, созданным на базе ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 127055, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а, приказом от 01.04.2013 г. № 156/нк.

Соискатель Тет Наинг Со, 1991 года рождения, гражданин Республики Союз Мьянма, в 2018 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» Минобрнауки России, г. Москва по направлению подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», присуждена степень МАГИСТРА.

В 2023 году окончил очное отделение аспирантуры на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет

«СТАНКИН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Москва. Справка об обучении в аспирантуре с указанием сведений о сдаче кандидатских экзаменов выдана в апреле 2025 года ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

Работа выполнена на кафедре высокоэффективных технологий обработки федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Научный руководитель – Солис Пинарготе Нестор Вашингтон, кандидат технических наук, доцент кафедры высокоэффективных технологий обработки федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Официальные оппоненты:

Мокрицкий Борис Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Машиностроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре,

Назаров Алмаз Юнирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Куликовым Михаилом Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», и утвержденном Тимониным Владимиром Сергеевичем, кандидатом философских наук, первым проректором РУТ (МИИТ) указано, что диссертация

Тет Наинг Со на тему «Создание режущего инструмента из керамики SiC-TiB₂-TiC для повышения эффективности механической обработки деталей из закаленных сталей» является научно-квалифицированной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки по созданию керамического режущего инструмента, обеспечивающего повышение стойкости при механической обработке деталей из закаленных сталей и улучшение свойства обработанной поверхности, имеющие существенное значение для развития страны.

Ведущая организация считает, что диссертация Тет Наинг Со соответствует требованиям (пп. 9-11, 13,14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства РФ от 16.10.2024 г. № 15), ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

По теме диссертационной работы опубликованы 12 работ (общий объем – 173 с., авторских – 31 с.), в том числе 2 статьи в журналах из списка изданий, рекомендованных ВАК РФ (общий объем – 24 с., авторских – 9 с.), 5 статей в журналах, индексируемых в наукометрических базах Scopus и Web of Science (общий объем – 124 с., авторских – 12 с.), 5 печатных работ в сборниках международных научно-технических конференций (общий объем – 25 с., авторских – 10 с.).

Наиболее значимые научные работы и результаты интеллектуальной деятельности по теме диссертации:

1. Тет Наинг Со, Мелешкин Я.Р., Смирнов А., Солис Пинарготе Н.В. Физикомеханические свойства спеченных композитов SiC-TiB₂-TiC методом искрового плазменного спекания // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2024. – № 1(68). – С. 56–67.

2. Тет Наинг Со, Солис Пинарготе Н.В. Исследование шероховатости обработанной поверхности и стойкости режущего инструмента на основе

композитов 23 системы SiC-TiB₂-TiC методом планирования экспериментов // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2025. – № 3(74). – В печати.

3. Grigoriev S.N., Pristinский Y., **Thet Naing Soe**, Malakhinsky A., Mosyanov M., Podrabinnik P., Smirnov A., Solís Pinargote N.W. Processing and Characterization of Spark Plasma Sintered SiC-TiB₂-TiC Powder // Materials. – 2022. – V. 15(5). – Art. No 1946.

4. Grigoriev S.N., **Thet Naing Soe**, Malakhinsky A., Makhadilov I., Romanov V., Kuznetsova E., Smirnov A., Podrabinnik P., Khmyrov R., Solís Pinargote N.W., Kurmysheva A. Granulation of Silicon Nitride Powders by Spray Drying: A Review // Materials. – 2022. – V. 15(5). – Art. No 4999.

5. Grigoriev S.N., **Thet Naing Soe**, Khaled Hamdy, Pristinский Y., Malakhinsky A., Makhadilov I., Romanov V., Kuznetsova E., Podrabinnik P., Kurmysheva A., Smirnov A., Solís Pinargote N.W. The Influence of Surface Texturing of Ceramic and Superhard Cutting Tools on the Machining Process – A Review // Materials. – 2022. – V. 15(19). – Art. No 6945.

6. Grigoriev S.N., **Thet Naing Soe**, Trusova E.A., Afzal A.M., Kurmysheva A., Kuznetsova E., Smirnov A., Solís Pinargote N.W. Peculiarities of γ - Al₂O₃ crystallization on the surface of h-BN particles // Materials. – 2022. – V. 15(22). – Art. No 8054.

7. Solís Pinargote N.W., Malakhinsky A., **Thet Naing Soe**, Pristinский Y., Smirnov A., Meleshkin Y., Apelfeld A., Peretyagin N., Peretyagin P., Grigoriev S.N. Investigation of the WEDM Parameters' Influence on the Recast Layer Thickness of Spark Plasma Sintered SiC-TiB₂-TiC Ceramic // Coatings. – 2023. – V. 13. – Art. No 1728.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский государственный университет путей сообщения» (г. Самара). Отзыв подписали доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Железнодорожный путь и строительство» Рахчеев Валерий Геннадьевич и кандидат технических наук, доцент кафедры «Железнодорожный путь и строительство» Максимов Илья Сергеевич.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории керамических материалов и технологий Корнюшин Максим Витальевич.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, заведующий лабораторией керамических материалов и технологий Смирнов Андрей Владимирович.

4. Акционерное общество «Рекламно-издательский центр «ТЕХНОСФЕРА» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, главный редактор журнала «СТАНКОИНСТРУМЕНТ» Новиков Сергей Васильевич.

5. Общество с ограниченной ответственностью Научно-техническое внедренческое предприятие «Поверхность» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат физико-математических наук, заместитель директора Вайнштейн Дмитрий Львович.

6. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Москва). Отзыв подписал доктор технических наук, доцент, профессор Института нано- и микросистемной техники Калугин Виктор Владимирович.

7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (г. Москва). Отзыв подписала доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химической технологии композиционных и вяжущих материалов Потапова Екатерина Николаевна.

Все отзывы положительные, однако имеются замечания:

1. При модификации систем 60 SiC в порошковую шихту соискателем дополнительно вводится 0,25 % оксида графена (GO) из автореферата не ясно,

каким образом обеспечивается равномерное распределение модификатора по всей матрицы композиционного материала?

2. Неясна причина нарушения однородности микроструктуры и роста зерен керамики у композита с 40 и 80 об. % SiC.

3. В чем причина отличия температуры спекания композита SiC-TiB₂-TiC и SiC-TiB₂-TiC с добавлением графена? В автореферате в разделе описания третьей главы указано, что наиболее высокие свойства достигаются при температуре спекания 2000 °С, при этом в четвертой главе спекание композиционного материала с оксидом графена проводилось при температуре от 1820 °С до 1970 °С.

4. Из автореферата неясно, в чем заключается механизм самозалечивания композиционного материала при его термической обработке от 600 °С до 900°С.

5. Из текста автореферата не ясно, почему в эксперименте было выбрано давление 80 МПа для искрового плазменного спекания керамических композиций.

6. Из текста автореферата нет объяснения, как шероховатость обработанной поверхности заготовок из закаленной стали связана с размером площадки износа по h₃ по задней поверхности исследуемых образцов пластин.

7. В автореферате не приведены результаты стойкостных испытаний режущих пластин из разработанных керамик 60SiC и 60SiC-0,25G в производственных условиях.

8. В автореферате не представлено технико-экономическое обоснование применения режущих пластин из разработанных керамик 60SiC и 60SiC-0,25G взамен пластин из традиционной керамики Al₂O₃ + TiC.

9. В ходе модификации композиции 60SiC добавляется 0,25 % оксида графена (GO), однако в автореферате отсутствует информация о том, каким образом обеспечивается его равномерное распределение в матрице материала?

10. В автореферате диссертации не представлены допущения, принятые при разработке математической модели процесса электроэрозионной обработки.

11. Не понятно, как часто придется менять или перетачивать электрод при электроэрозионной обработке. Каким образом это может повлиять на стоимость процесса?

12. Не совсем ясно, почему температура спекания композита SiC-TiB₂-TiC отличается от температуры спекания аналогичного материала с добавлением графена? В главе 3 автореферата указано, что оптимальные свойства достигаются при 2000 °С, тогда как в главе 4 составляется, что спекание образцов с оксидом графена осуществлялось при температурах от 1820 °С до 1970 °С.

13. Из автореферата не ясно, проводился ли анализ экономической эффективности разработанных технологий: насколько дешевле станет керамика при достигнутом снижении температуры спекания.

Остальные замечания связаны либо с неточностью формулировок, либо носят редакционный или рекомендательный характер и будут учтены в дальнейшей работе (ПривГУПС, ООО НТВП «Поверхность», РХТУ им. Д.И. Менделеева).

Выбор официальных оппонентов основан на их высоком профессионализме в области технологии и оборудования для механической и физико-технической обработки, научных публикациях в данном направлении исследований, а ведущей организации – способностью оценить научную новизну и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан способ изготовления сменных многогранных пластин из режущей керамики системы SiC-TiB₂-TiC, включающий выбор и подготовку порошковых компонентов, консолидацию смесей под технологию искрового плазменного спекания, электроэрозионную обработку спеченных дисков и шлифование опорных и рабочих поверхностей режущих пластин, обеспечивающих повышение стойкости при обработке закаленной стали ШХ15;

предложена гипотеза о возможности выбора состава режущих керамических материалов и прогнозирования качества обработанной поверхности закаленной стали ШХ15 и линейного износа по задней поверхности режущего инструмента из режущей керамики системы SiC-TiB₂-TiC при точении в пределах исследуемых скоростей обработки, подачи и глубины резания;

доказано, что применение режущего инструмента из керамики системы SiC-TiB₂-TiC при точении деталей из закаленных сталей способно значительно повысить стойкость инструмента.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых теоретических положений и методов исследования, в том числе основные положения теории резания металлов и физического материаловедения, положения теории планирования эксперимента и статистические методы обработки результатов, а также современных методов искрового плазменного спекания и электроэрозионной обработки керамических материалов, металлографического анализа структуры материалов, электронной микроскопии;

изложены основные результаты исследований, выявивших особенности взаимосвязи шероховатости обработанной поверхности детали из закаленной стали ШХ15 и износа по задней поверхности режущего инструмента с режимами резания при точении инструментом из режущей керамики системы SiC-TiB₂-TiC, модифицированной и немодифицированной графеном;

раскрыт эффект самовосстановления повреждений, возникающих в поверхностном слое, при точении инструментом из режущей керамики системы SiC-TiB₂-TiC, модифицированной графеном, за счет образования новых соединений с низким коэффициентом трения (B₂O₃, TiO₂ и TiC), что приводит к повышению стойкости керамического инструмента;

изучено влияние режимов искрового плазменного спекания режущей керамики системы SiC-TiB₂-TiC на физико-механические свойства композиционного материала с целью его применения для изготовления режущих пластин.

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

разработана и внедрена в учебный процесс МГТУ «СТАНКИН» (в качестве дополнительного материала к курсу лекций «Нанотехнологии самоорганизации и самосборки») технология обработки режущих керамических инструментов для обработки закаленных сталей;

определены рациональные режимы искрового плазменного спекания порошковой системы $\text{SiC-TiB}_2\text{-TiC}$, содержащей 0,25 об.% оксида графена, при этом создание режущего инструмента из данной керамики для точения деталей из закаленных сталей дает повышение его стойкости на 52 % по сравнению с режущими пластинами из режущей керамики системы $\text{SiC-TiB}_2\text{-TiC}$ без модифицирования графеном и на 16 % по сравнению с режущими пластинами из коммерческой оксидно-карбидной керамики ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$);

созданы практические рекомендации по выбору режимов резания инструментом из режущей керамики $\text{SiC-TiB}_2\text{-TiC}$, содержащей 0,25 об.% оксида графена, обеспечивающие требуемую шероховатость обработанной поверхности, а также повышение стойкости при обработке деталей из закаленной стали;

представлены технологические рекомендации изготовления пластин из режущей керамики $\text{SiC-TiB}_2\text{-TiC}$, содержащей 0,25 об.% оксида графена, включающие выбор и подготовку порошковых компонентов, консолидацию смесей под технологию искрового плазменного спекания, электроэрозионную обработку спеченных дисков и шлифование опорных и рабочих поверхностей режущих пластин.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием современной исследовательской аппаратуры и техники, а также методов статистической обработки результатов при соблюдении методологических стандартов и протоколов проведения исследований;

теория основана на общепринятых положениях исследований резания металлов и материаловедения, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении передового опыта повышения износостойкости керамического режущего инструмента путем варьирования ее химического состава и усовершенствования технологии ее спекания, а также на знаниях о влиянии процессов искрового плазменного спекания на качество обработанной поверхности и стойкость инструмента;

использовано сравнение авторских данных и данных из трудов отечественных и зарубежных ученых в таких областях, как теория резания, механизмы изнашивания и разрушения рабочих поверхностей керамического режущего инструмента и деталей машин, материаловедение, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по оценке работоспособности токарных керамических пластин различного химического состава при обработке деталей из закаленной стали;

использованы современные методы искрового плазменного спекания, электронной микроскопии, электроэрозионной обработки, а также обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в выборе и обосновании использованных методов и средств исследования, в проведении аналитического обзора научно-технической информации по теме исследования в российской и зарубежной литературе, в патентно-информационном поиске, в выполнении теоретических и экспериментальных исследований, обработке, обобщении и анализе полученных результатов, формулировании выводов и положений, выносимых на защиту, а также в апробации теоретических и практических исследований и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации не были высказаны принципиальные критические замечания.

Соискатель Тет Наинг Со ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласился с некоторыми замечаниями.

На заседании 06 ноября 2025 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки по созданию керамического режущего инструмента системы SiC-TiB₂-TiC, обеспечивающего повышение стойкости при механической обработке деталей из закаленных сталей и улучшение качества обработанной поверхности, что имеет существенное значение для развития машиностроительной отрасли страны, присудить Тет Наинг Со ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.5.5, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» – 20, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Исполняющий обязанности
председателя (председательствующий)
диссертационного совета

Семен Романович Шехтман

Ученый секретарь
диссертационного совета

Екатерина Сергеевна Сотова

«06» ноября 2025 г.

