

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор РУТ (МИИТ),
кандидат философских наук

В.С. Тимонин

« 21 » октября 2025г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» на диссертацию Тет Наинг Со «Создание режущего инструмента из керамики SiC-TiB₂-TiC для повышения эффективности механической обработки деталей из закаленных сталей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)

Актуальность темы исследования.

Актуальность исследований и разработок в области создания керамического лезвийного инструмента из режущих керамик, обладающих уникальными способностями и свойствами (эффект самозалечивания, пониженный коэффициент трения контактных поверхностей, повышенная работоспособность, высокая эксплуатационная надежность и др.) при обработке высокотвердых и труднообрабатываемых материалов очень высока в технологически развитых странах.

Механическая обработка подобных материалов является энергоемким и сложным процессом, при котором режущие инструменты работают в чрезвычайно тяжелых условиях действия высоких температур и значительного давления на поверхностях контакта, что значительно сокращает его эксплуатационный ресурс. Режущая керамика, благодаря своим свойствам (высокая твердость, химическая стабильность, превосходная жаростойкость, коррозионная стойкость и износостойкость в широком диапазоне температур), является наиболее перспективным инструментальным материалом для эффективной обработки при таких условиях. Однако, из-за непрогнозируемого

разрушения во время эксплуатации, его широкое применение до сих пор ограничено в промышленности. Для широкого применения режущих керамик в промышленности необходимо устранить вышеперечисленные недостатки. Таким образом, создания новых керамических композитов для применения в качестве режущей керамики и исследования их эксплуатационных свойств при резании труднообрабатываемых материалов является на сегодняшний день актуальной задачей.

В представленной работе оценивается влияние комбинации составов предложенной режущей керамики SiC-TiB₂-TiC, в том числе с добавкой графена, на режущую способность инструмента при точении закаленной стали ШХ15, который может служить критерием обрабатываемости. Рассматривается вопрос определения состава и выбора рациональных режимов искрового плазменного спекания для исследуемой керамической системы и процессы взаимодействия изготовленного керамического режущего инструмента из керамики системы SiC-TiB₂-TiC и закаленной стали ШХ15, проявляющиеся как изменение качества обработанной поверхности металлической детали и периода стойкости токарного инструмента.

Структура и содержание диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Содержит 144 страниц машинописного текста, включая 79 рисунков, 17 таблиц, список цитируемой литературы из 126 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, оценена степень разработанности, сформулирована цель и задачи, а также научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы и положения, выносимые на защиту. Описана методология и методы исследования, перечислены полученные автором результаты, представлена структура диссертации.

В первой главе проведен литературный обзор, посвященный инструментальным материалам, особенностям и проблемам, с которыми сталкиваются при механической обработке закаленных сталей типа ШХ15. Также анализируются тренды в развитии современных режущих керамик, направленные на получение новых составов и применение графена в качестве

добавки для улучшения механических и трибологических свойств керамик. В результате анализа литературных источников были выбраны компоненты для создания нового класса режущей керамики.

Во второй главе представлено описание исходных материалов, оборудования для подготовки порошковых компонентов и суспензии оксида графена, консолидации смесей по технологии искрового плазменного спекания (ИПС). Приведены методики подготовки и исследований физико-механических свойств и микроструктуры спеченных керамических образцов. Описываются методики исследования превращения оксида графена в восстановленный графен с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния, а также электроэрозионной обработки (ЭЭО) для получения режущих пластин из предложенного нового керамического композиционного материала.

В третьей главе на основании анализа литературных источников были выбраны три варианта состава для исследования влияния технологических режимов ИПС на физико-механические свойства спеченных образцов системы SiC-TiB₂-TiC. Композит 60SiC-25TiB₂-15TiC об. % (далее – 60SiC) спеченный при 1870 °С показал наилучшие физико-механические результаты среди исследованных композиций с различным содержанием фаз. Была сформулирована гипотеза о процессе спекания системы SiC-TiB₂-TiC в зависимости от содержания в ней проводящих материалов. Робастное планирование экспериментов по методу Тагути и серый реляционный анализ позволили определить рациональные параметры (напряжения разряда, длительность и частота импульса, скорость перемотки проволоки) ЭЭО при которой достигаются минимальная шероховатость обработанной поверхности и толщина белого слоя.

В четвертой главе представлено обоснование выбора оксида графена (ОГ) для модификации системы 60SiC и описан процесс изготовления графеносодержащих керамических порошковых смесей. Исследовано влияние содержания оксида графена и температуры консолидации на микроструктуру и физико-механические характеристики спеченных графеносодержащих керамических композитов на основе системы 60SiC. Наилучшие сочетания

физико-механических свойств показал композит с добавкой 0.25 ОГ об.% спеченный при 1870 °С. Кроме того, было доказано что при термическом воздействии этот композит обладает способностью к самозалечиванию дефектов и самовосстановлению, что не дает катастрофического снижения прочности и позволяет избежать хрупкого разрушения материала.

В пятой главе подробно описана технология изготовления сменных многогранных режущих пластин (СМРП) из спеченных керамических композитов 60SiC и 60SiC-0.25G используя технологию ЭЭО для получения квадратных заготовок и их последующей периферийной обработки. Изготовленные СМРП имели форму SNGN120408 T02020 (ГОСТ 25003–81) и были испытаны в процессе резания закалённой стали ШХ15. На основе анализа проведенных однофакторных и многофакторных экспериментов были выявлены оптимальные значения режимов (скорость резания – 250 м/мин, подача

0,10 мм/об и глубина резания – 0,4 мм) резания которые показали снижение шероховатости до 70 % при точении закаленной стали ШХ15 по сравнению с режущими пластинами из 60 SiC и керамики $Al_2O_3 + TiC$. Результаты однофакторных стойкостных испытаний показали, что при точении разработанный материал 60SiC-0.25G обеспечивает увеличение стойкости на 52 % и 16 % по сравнению с режущими пластинами из 60SiC и керамики $Al_2O_3 + TiC$ соответственно. Повышение стойкости инструмента из керамики 60SiC-0.25G объясняется присутствием графена в ее структуре, который значительно снижает трение между инструментом и обрабатываемым материалом, а также способности к самовосстановлению повреждений, возникающих в поверхностном слое керамического режущего инструмента.

В заключении на основании проведенных исследований сформулированы основные выводы по работе.

Значимость результатов диссертационной работы для соответствующей области науки.

Результаты диссертации имеют значимость для науки в области производства керамических режущих пластин с повышенной стойкостью и

прогнозирования качества обработанной поверхности при точении ими закаленной стали.

Основным научным результатом диссертации следует считать доказанный эффект самовосстановления повреждений разработанной режущей керамики системы SiC-TiB₂-TiC, возникающих в поверхностном слое.

К результатам, обладающим также научной новизной, можно отнести следующие:

- установление закономерности влияния параметров электроэрозионной обработки режущей керамики системы SiC-TiB₂-TiC на характеристики качества обработанной поверхности режущих пластин;

- установление взаимосвязи шероховатости обработанной поверхности детали из закаленной стали ШХ15 с режимами резания при точении инструментом из режущей керамики системы SiC-TiB₂-TiC.

Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Результаты работы целесообразно использовать в инструментальных производствах при изготовлении керамических режущих пластин, включая выбор состава режущей керамики и подготовку смесей из нее для последующих операций искрового плазменного спекания и электроэрозионной обработки для изготовления режущих пластин из полученных спеченных керамических образцов.

К обладающим практической ценностью результатам следует отнести:

- разработанную лабораторную технологию изготовления пластин из режущей керамики SiC-TiB₂-TiC, включающая выбор и подготовку порошковых компонентов, консолидацию смесей по технологии искрового плазменного спекания, электроэрозионную обработку спеченных дисков, а также шлифование опорных и рабочих поверхностей сменных многогранных режущих пластин;

- рекомендации по выбору режимов резания инструментом из режущей керамики SiC-TiB₂-TiC, обеспечивающих требуемую шероховатость обработанной поверхности, а также обеспечивающих повышение стойкости

инструмента при обработке закаленной стали ШХ15;

– разработанный метод прогнозирования качества обработанной поверхности закаленной стали ШХ15 и линейного износа по задней поверхности режущего инструмента 60 SiC-0.25G при точении в пределах исследуемых скоростей обработки, подачи и глубины резания.

Замечания по диссертации.

1. Известно, что размер зерен керамики влияет на прочность керамического материала. Проводилась ли сравнительная оценка порошков SiC, TiC и TiB₂ различной дисперсности по их влиянию на микроструктуру и свойства спечённых композитов?

2. В диссертации приводятся результаты оценки механических свойств керамических пластин, однако нет сведений о качестве поверхностного слоя (например, остаточных напряжений, микротрещин) после обработки, хотя в современной науке имеется достаточно работ, указывающих, что именно наличие микротрещин в поверхностном слое керамики является основной причиной потери работоспособности керамического режущего инструмента в результате микросколов.

3. В работе имеются орфографические ошибки.

Отмеченные недостатки не оказывают существенного влияния на общее положительное впечатление о рецензируемой диссертации.

Заключение.

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-квалификационной 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 качества обработанной поверхности, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (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), а ее автор, Тет Наинг Со, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

Отзыв на диссертацию по результатам рассмотрения диссертации Тет Наинг Со обсужден и одобрен на заседании кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» от « 15 » 10 2025 г., протокол № 3/25-109.06

Заведующий кафедрой
«Технология транспортного
машиностроения и ремонта
подвижного состава»,
д.т.н. (05.03.01 – Технология и
оборудование механической и
физико-технической обработки),
профессор



Куликов Михаил Юрьевич

Секретарь заседания кафедры
к.т.н., доцент



Омаров Асиф Юсифович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ))
127994, Россия, г. Москва, ГСП-4, ул. Образцова, д. 9, стр. 9
«Российский университет транспорта»
тел.: +7(495) 274-02-74 *37-44
e-mail: muk.56@mail.ru

