

В диссертационный совет  
Д 212.092.01 Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
Учёному секретарю Проценко А.Е.  
681013 г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27

### **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Ситамова Эраджа Сикандаровича «Повышение эффективности токарной обработки специализированных нержавеющей сталей за счёт разработки покрытий для сменных типовых твёрдосплавных пластин», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

#### **Структура диссертации**

Диссертационная работа Ситамовым Э.С. представляется к защите впервые. Она изложена на русском языке в четырёх главах на 146 страницах машинописного текста, которые содержат 63 рисунка, 9 таблиц и 141 источник информации. Работа имеет приложения, в которых изложены дополнительные материалы исследования, акты принятия рекомендаций в промышленное производство и акт внедрения в учебный процесс.

#### **Актуальность темы исследования**

Обработка нержавеющей сталей всегда была сложной при резании лезвийным инструментом. Работоспособность токарного инструмента не устраивает машиностроительные предприятия. Ещё более сложным является точение специализированных коррозионностойких нержавеющей сталей. Повышение работоспособности инструмента в таких условиях является важной задачей теории и практики резания таких сталей. За рубежом и в отечественных исследованиях решению этой задачи уделяют много внимания. Полученные результаты недостаточны для современных условий производства. Нужно совершенствование металлорежущего инструмента для повышения эффективности обработки разными путями, в том числе путём разработки новых покрытий для типового инструмента, что повысит период стойкости инструмента, повысит качество поверхностей заготовок деталей, обработанных таким инструментом и снизит трудоёмкость изготовления деталей.

В этой связи диссертационная работа Ситамова Э.С. актуальна

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертации, научно обоснованы и аргументированы. Теоретические и методические положения, а также практические рекомендации автора основываются на изучении фундаментальных и прикладных трудов отечественных и зарубежных учёных в области технологии и оборудования механической и

физико-технической обработки, что подтверждается ссылками на их труды в тексте диссертационной работы. Автор опирается также на соответствующие документы, материалы научно-практических конференций, публикации в периодической рецензируемой печати соблюдая принципы научной преемственности с предшествующими работами по данной тематике, согласованности с основными теоретическими положениями, а также с принципами системности и комплексности.

Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертационном исследовании Ситамова Э.С., подтверждается также тем, что исследования были выполнены с использованием основных положений теории формообразования, теории резания, технологии машиностроения, методов моделирования, статистического и системного анализа. Они были использованы адекватно функциональным возможностям указанных методов с целью обеспечения репрезентативности результатов исследования, аргументированности оценок, обоснованности выводов и положений диссертационной работы.

**Во введении** автор кратко показывает уровень рассматриваемой проблемы, поясняет её актуальность.

**В первой главе** выполнен анализ основных отечественных и зарубежных публикаций по обработке нержавеющей стали. На этом основании доказана актуальность разработки рекомендаций по выбору эффективных инструментальных материалов для обработки нержавеющей стали применительно к сегодняшним условиям и современным возможностям повышения работоспособности металлорежущего инструмента.

Выполненный анализ источников информации показал, что есть необходимость развить решение вопросов по повышению работоспособности металлорежущего инструмента, в том числе по повышению периода стойкости токарных резцов при точении нержавеющей специализированных коррозионностойких сталей. Анализ источников информации позволил сформулировать цель и задачи диссертации.

**Во второй главе** изложена методология проведения исследования, обосновано методическое и приборное обеспечение методологии исследования. При этом разработана сущность предложенного подхода к решению задач исследования, заключающаяся на использовании эффектов покрытий, наносимых на инструментальные материалы. В результате сформирована блок-схема разработки инструмента для эффективного точения нержавеющей сталей марок 09X17H7Ю, 12X18H10T, 13XH5 АМ-3. Установлено, что методологическое, приборное и аппаратное обеспечение исследования являются современными и обеспечивают решение поставленных задач. В основу методологии исследования положено сравнение результатов, полученных при экспериментальных испытаниях и результатов, полученных при имитационном моделировании.

**В третьей главе** рассмотрены результаты имитационного моделирования покрытий под заданные условия эксплуатации инструмента, обоснована принятая позиция имитационного метода исследования. В частности, обоснована

необходимость совершенствования методики проектирования инструмента, разработанной ранее Криворучко В.А. (Украина). Для оценки сложно-напряжённого состояния материала инструмента в диссертации выполнена адаптация и развитие программной среды DEFORM. Она состояла в том, что проектанту инструмента заранее не известны закономерности протекания процессов на контактных поверхностях инструмента. Соискатель при этом полагает, что в любом из возможных вариантов протекания процессов это скажется на величине силы резания. Чем меньше она, тем более вероятно ожидать от такого покрытия более высокой работоспособности инструмента. Соискатель в качестве концепции имитационного проектирования покрытий принял, что величина силы резания – критерий, с помощью которого можно проектировать покрытие под заданные условия эксплуатации инструмента. Соответственно, для проверки этой концепции осуществлялось измерение всех трёх составляющих силы резания в процессе резания. Установлено, что связь между силой резания и периодом стойкости существует. Примерное соотношение между ними установили и приняли его постоянным для задания данных при имитационном проектировании. Поскольку программная среда DEFORM не предполагает введение силы резания как входного параметра, то автор осуществил переход от силы резания к напряжениям в инструменте через известную зависимость профессора Петрушина С.И., в которой он констатирует эту связь в виде формул.

Этот этап работы позволил выявить критерии, которые необходимо задать как входные при имитационном исследовании. Число выходных критериев минимизировано. В итоге удалось прогнозировать ожидаемый период стойкости проектируемого инструмента.

**В четвёртой главе** приведены результаты экспериментальных исследований эффективности разработанных инструментов по периоду их стойкости с учётом качества поверхности деталей, обработанной этим инструментом. Доказан и обоснован факт хорошего (в пределах погрешности измерения) согласования результатов экспериментального исследования применения покрытий с результатами имитационного моделирования покрытий. Установлено, что максимальное повышение периода стойкости инструмента достигается при использовании многослойных композиционных покрытий. По результатам измерений износа построены графики зависимости величины износа от времени работы режущей пластины. По этим графикам выполнено описание зависимостей уравнениями. Такие уравнения позволили прогнозировать величину износа инструмента в искомый момент (заданный интервал) времени. Это использовано как рекомендации по обработке стали марки 09X17H7Ю. Установлено, что базовый инструментальный материал ВК8 не в состоянии удовлетворить современные требования, его период стойкости недостаточен. Оценена возможность применения инструментальных твёрдых сплавов других марок, предпочтение отдано сплаву марки ВК8. Предложенные покрытия на субстрат ВК8 увеличивают период стойкости инструмента значительно, наиболее рациональные покрытия увеличивают период стойкости в 3 раза. Разработанные инструменты превосходят по периоду стойкости инструментальные материалы ведущих иностранных фирм без ущерба производительности и качеству обработки. В заключительной части диссертации показано, что решена актуальная научно-техническая задача, направленная на повышение периода стойкости

металлорежущих инструментов при обработке специализированных нержавеющей сталей. В результате исследования получены следующие научные и практические результаты:

1. Разработаны критерии имитационного моделирования, обеспечивающие получение необходимых выходных параметров проектирования инструмента. Критерии позволяют проектировать несколько вариантов архитектуры покрытий, конкурирующих между собой по периоду стойкости инструмента и по качеству обработанной поверхности заготовки детали. Установлено, что для условий точения указанных специализированных нержавеющей сталей управление периодом стойкости инструмента можно осуществить за счёт архитектурирования покрытия, т.е. путем виртуального проектирования состава и структуры слоёв покрытий, количества слоёв и порядка их чередования, толщин слоёв.

2. Установлено, что изменение разработанных покрытий на инструменте приводит к перестройке (самоорганизации) традиционного вязко-хрупкого механизма отделения стружки в плоскости сдвига на механизм, в котором превалирует доля хрупкого разрушения. Это связано с изменением угла наклона плоскости сдвига. При использовании разработанных покрытий установлено изменение от 4 до 7 градусов в сравнении с инструментом без покрытия. Полученные результаты исследования непостоянства положения плоскости сдвига в зоне резания являются основанием для нового толкования взаимосвязи изменения параметров волнистости и шероховатости обработанной поверхности с изменением положения плоскости сдвига, что, в свою очередь, даёт новое толкование механизму изменения условий стружкообразования, которые влекут за собой возможность перевода системы резания в условия, при которых снижается доля сливной стружки и существенно (до 80%) растёт доля суставчатой или дроблённой стружки, что целесообразно с позиций снижения травматизма сливной стружкой и с улучшением условий её сбора и транспортировки.

3. Установлено, что для выбора необходимого режущего инструмента достаточно использовать прогнозируемые величины критериев «температура в зоне резания», «напряжения в инструментальном материале», «деформация инструментального материала», «сила резания» и «износ инструмента». Это позволяет обеспечить многовариантное проектирование архитектур покрытий для последующего отбора из них наиболее рационального под конкретные условия эксплуатации.

4. Установлено, что для рассматриваемых специализированных труднообрабатываемых нержавеющей сталей марок 09X17H7Ю, 12X18H10T, 13X15H5 АМ-3 наиболее рациональными и конкурирующими между собой являются инструменты  $\text{BK8} + \text{TiCN}(5\text{мкм}) + (\text{TiAl})\text{N}(3\text{мкм}) + \text{Al}_2\text{O}_3(5\text{мкм}) + \text{TiC}(5\text{мкм})$ ,  $\text{BK8} + \text{Al}_2\text{O}_3(2\text{мкм}) + (\text{Ti})\text{CN}(5\text{мкм}) + (\text{TiAl})\text{N}(3\text{мкм}) + \text{TiN}(3\text{мкм})$  и  $\text{BK8} + (\text{TiAl})\text{N}(3\text{мкм}) + \text{Al}_2\text{O}_3(3\text{мкм}) + (\text{TiAl})\text{N}(3\text{мкм}) + \text{Al}_2\text{O}_3(3\text{мкм})$ . Они обеспечивают повышение периода стойкости инструментов в 2 и более раз в сравнении с инструментом без покрытия.

Эти выводы новы и подтверждают достижение поставленной цели работы.

#### **Достоверность сформулированных выводов и рекомендаций**

Достоверность подтверждена результатами моделирования и экспериментальных исследований на основе данных, полученных при использовании современных приборов и оборудования, а также

удовлетворительной сходимостью результатов моделирования с результатами экспериментального исследования. Объём проведённых экспериментальных и виртуальных исследований достаточен.

Соискателем изучен достаточный массив нормативных документов и публикаций по данной тематике. Достоверность полученных результатов подтверждена использованием известных положений технологии и оборудования механической обработки. При решении задач соискателем применён комплексный подход определения инструментария и методологии научного исследования.

Подтверждением объективности и достоверности полученных в диссертации выводов и рекомендаций является то, что они прошли апробацию, приняты к внедрению на промышленных предприятиях и внедрены в учебный процесс. Результаты исследования доложены на международных, межвузовских научно-практических конференциях и получили поддержку и одобрение ведущих специалистов. Это, а также хорошая опубликованность, дают основания считать достаточной степень достоверности и репрезентативности результатов исследования.

### **Научная новизна и практическая значимость основных выводов и результатов работы**

Диссертационная работа Ситамова Э.С. представляет собой комплекс теоретико-экспериментальных исследований, в которых решена задача повышения периода стойкости токарного инструмента при обработке указанных специализированных нержавеющей сталей.

Научная новизна диссертационной работы включает следующее:

1. Методологию разработки металлорежущего твёрдосплавного инструмента с покрытиями, обеспечивающими повышение периода стойкости в два и более раз в сравнении с инструментом без покрытия при точении специализированных труднообрабатываемых нержавеющей сталей 09X17H7Ю, 12X18H10Т, 13X15H5 АМ-3 без снижения производительности обработки и с повышением качества обработанной поверхности. Методология построена на применении метода имитационного исследования, позволяющего создать многовариантные архитектуры покрытий, виртуально смоделировать эксплуатационные свойства инструмента с такими покрытиями, отобрать из них лучшие (по периоду стойкости) конкурентные покрытия, смоделировать ожидаемые величины искомых выходных параметров при тех или иных условиях эксплуатации инструмента;

2. Критерии (и их параметры) имитационного моделирования инструмента под заданные условия эксплуатации разработанных инструментов. Установлено, что такими критериями являются «температура в зоне резания», «напряжения в инструментальном материале», «деформация инструментального материала», «сила резания», «износ инструмента».

3. Уточнённый механизм стружкообразования при точении разработанным инструментом. Уточнение связано с изменением положения плоскости сдвига при использовании разных разработанных покрытий. Это позволяет минимизировать образование сливной стружки и обеспечивает повышение качества обработанной поверхности.

Теоретическую значимость работы подтверждают следующие основные положения:

– Разработана методология проектирования покрытий твёрдосплавного инструмента применительно к точению специализированных труднообрабатываемых нержавеющей сталей 09X17H7Ю, 12X18H10Т, 13X15H5 АМ-3.

– Предложены входные и выходные критерии имитационного проектирования покрытий и их параметры.

Практическую значимость работы подтверждают следующие результаты:

– Разработана последовательность действий (методика) при проектировании покрытий для токарного инструмента под заданные условия его эксплуатации.

– Предложен ряд покрытий, из которых выбраны десять предпочтительных и выделены те, которые обеспечивают прирост периода стойкости в два раза и более до износа 0,5 мм по задней поверхности инструмента.

– Разработаны регрессионные (полиномные) уравнения, характеризующие зависимость величины износа инструмента от времени его работы при точении указанных нержавеющей сталей.

### **Недостатки и замечания по диссертационной работе**

1. Цель работы можно было бы упростить.
2. В главе 3 слабо аргументировано почему можно ограничиться только перечисленными выходными критериями имитационного моделирования.
3. Зачем потребовалось разрабатывать более 30 покрытий, если из них затем отобрано только десять?
4. Не понятно, почему не выполнено экспериментальное исследование температуры в зоне резания.
5. Не показано какие из покрытий оказались бы эффективными при экстремальных глубинах резания, например, при глубине резания 0,1 мм, 3 мм, 5 мм.

### **Заключение**

Диссертационная работа Ситамова Э.С. является законченным научным исследованием, содержащим новое решение актуальной проблемы, а именно повышение периода стойкости сменных твёрдосплавных пластин при точении специализированных коррозионностойких нержавеющей сталей за счёт нанесения новых покрытий.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и предложения обоснованы и аргументированы. Работа базируется на достаточном числе данных, примеров и расчётов, по каждой главе сделаны чёткие обобщающие выводы, заключение определяет уровень решения задачи и основные полученные результаты.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

В целом, по актуальности, объёму, научно-техническому уровню и практическому значению диссертационная работа соответствует требованиям пункта 9 ВАК РФ «Положения о порядке присуждения учёных степеней» по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, её автор Ситамов Эрадж Сикандарович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по научной

специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент,  
доктор технических наук, профессор



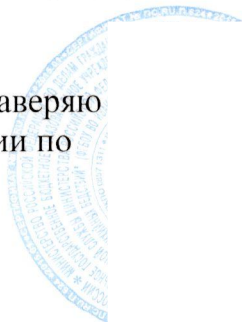
Наумов Александр Геннадьевич

**Сведения об официальном оппоненте**

Почётный работник науки и техники РФ, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Пожарная безопасность объектов защиты» Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

Электронный адрес [agn8@yandex.ru](mailto:agn8@yandex.ru). Телефоны 89605065604 и 89203626220.  
Юридический адрес: Россия, 153048 г. Иваново, пр. Строителей, 33

Подпись Наумова А.Г. заверяю  
Зам. начальника Академии по  
научной работе



И.Ю.Шарабанова