

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента

**Журавлёва Михаила Петровича**

на диссертацию **Горшкова Ильи Валерьевича** на тему: «Повышение качества изготовления высокоточных плоских контактных поверхностей на основе селективного комплектования многолезвийного инструмента режущей керамикой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.02.08 – Технология машиностроения

### 1. Актуальность темы диссертационной работы

Повышение эффективности и надёжности технологического оборудования является ключевой задачей современного машиностроения. Эти параметры являются основополагающими в формировании качества выпускаемой продукции и производительности технологического процесса. При модернизации оборудования или технологии его изготовления внимание, главным образом, уделяют рабочим органам, однако элементы конструкции и поверхности, обеспечивающие базирование узлов станка относительно друг друга, требуют не меньшего внимания, так как жёсткость конструкции и точность перемещений обеспечивается именно этими элементами, наиболее ответственными из которых являются направляющие и привалочные поверхности высоконагруженных соединений. Такие элементы конструкции широко распространены в различных агрегатах и узлах машин, при этом требования к качеству обработки и геометрической точности плоских контактных поверхностей очень высоки. В настоящее время такие поверхности обрабатываются с помощью шлифования. Это достаточно трудоёмкий вид механической обработки, требующий особой подготовки помещения и оборудования. При такой обработке на поверхности возникают прижоги, шаржирование и коробление заготовки.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-460 от 02.09.22  
АУ УС

Решить данные проблемы позволяет отказ от операции шлифования в пользу перехода к высокоскоростной фрезерной обработке с использованием многолезвийного инструмента, оснащённого керамическими режущими пластинами. Этот метод позволяет добиться наилучшего качества и геометрической точности обработки поверхности при максимально высокой производительности.

Однако, режущая керамика имеет такие недостатки, как низкая трещиностойкость и разнородность структурных параметров режущих пластин одной марки, из-за чего инструмент не обеспечивает стабильную работу при возникновении ударных нагрузок, что не позволяет широко использовать данный метод.

Отсюда следует, что проводимые соискателем исследования по изучению свойств керамического инструмента для создания эффективной технологии обеспечения качества и точности плоских контактных поверхностей с использованием керамических режущих пластин являются актуальными и представляют научный и практический интерес.

## **2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их новизна**

Представленные соискателем в диссертации выводы и рекомендации являются обоснованными и достоверными. Подтверждением этому является построение исследования на основе известных работ, ведущих отечественных и зарубежных учёных в области технологии машиностроения, а также подробно описанные теоретические и экспериментальные исследования, проведённые автором.

Научная новизна выводов и рекомендаций представленной соискателем работы заключается в решении актуальной задачи, направленной на выявление связи между структурными параметрами режущей керамики и показателями работоспособности режущего

инструмента, позволяющей разработать метод обработки высокоточных плоских контактных поверхностей многолезвийным инструментом, обеспечивающий стабильность и качество чистовой обработки на высокоскоростных станках с ЧПУ.

В работе выявлены закономерности, влияющие на качество обработки высокоточных плоских контактных поверхностей при высокоскоростной фрезерной обработке с использованием режущей керамики, установлена зависимость влияния компоновок режущих пластин во фрезе на качество обработки поверхности, а также определены подсистемы, оказывающие доминирующее влияние на процесс возбуждения автоколебаний в технологической системе механической обработки высокоточных плоских контактных поверхностей.

Соискателем разработана и предложена математическая модель технологической системы операции торцевого фрезерования с учётом использования селективного метода оснащения многолезвийного режущего инструмента, позволяющая исследовать динамические характеристики и определить динамическую устойчивость системы при различных технологических параметрах.

### **3. Научные результаты, их ценность**

Соискатель сформулировал научные результаты проведённого исследования в 2-х положениях, выносимых на защиту:

1. Метод селективного оснащения многолезвийного инструмента на основе физико-механических свойств оксидно-карбидных режущих пластин для комплектования торцевой фрезы с различным удельным электрическим сопротивлением ( $\cdot 10^{-4}$  Ом·м), с формированием смешанной (18...100), однородной (SLM) низкоомной (18...60) и однородной (SLM) высокоомной (61...100) компоновки, что обеспечивает рациональное использование инструментальных комплектаций многолезвийного инструмента для

реализации различных технологических задач по повышению качества и эффективности обработки плоских контактных поверхностей;

2. Математическая модель технологической системы механической обработки, учитывающая применение селективного метода оснащения многолезвийного инструмента режущей керамикой, позволяющая оценивать динамическую устойчивость системы при различных технологических параметрах и прогнозировать динамическую стабильность при использовании однородных компоновок, и подтверждающая повышение динамической стабильности изготовления высокоточных поверхностей для многолезвийного инструмента с однородно-высокоомными пластинами в 2,6 раза, а с однородно-низкоомными пластинами в 2 раза по сравнению со смешанной схемой расположения режущих пластин в корпусе фрезы.

*Первое защищаемое положение* автор доказывает путём последовательного изучения свойств отдельных режущих пластин и поиска опробовании различных методов неразрушающего контроля структурных параметров неметаллических материалов, в ходе которого было разработано устройство для проведения проверки микроструктурных параметров керамических режущих пластин через определение удельного электрического сопротивления каждой пластины, благодаря чему был разработан метод селективного комплектования многолезвийного режущего инструмента оксидно-карбидными режущими пластинами в максимально однородной компоновке. Эффективность и целесообразность использования данного метода подтверждена экспериментальными исследованиями. Ценность результатов работы описанных в доказательстве первого положения заключается в том, что использование данной методики на металлообрабатывающих предприятиях позволит более эффективно использовать ресурс каждой режущей пластины, более точно прогнозировать период стойкости фрез до замены пластин, повысить качество изготовления деталей за счёт исключения вероятности преждевременного выхода из строя режущего инструмента и, что немаловажно, расширить область

использования оксидно-карбидной режущей керамики при механической обработке многолезвийным инструментом.

В качестве доказательства *второго защищаемого положения* соискателем представлено подробное описание создания математической модели, в основе которой лежат экспериментальные исследования по выявлению динамических параметров технологической системы фрезерного станка, которые позволили построить априорную динамическую модель, что позволило выявить наиболее слабую подсистему станка - «стол-заготовка» и свести модель к двухконтурной динамической модели малой размерности с диссипативными характеристиками, учитывающими конструктивное демпфирование и реологические процессы рассматриваемой глобальной модели. Адекватность модели была подтверждена имитационным компьютерным моделированием эквивалентной замкнутой технологической системы на основе разработанной динамической модели, с использованием программной среды NI LabVIEW 2013 SP1 и проведением промышленных экспериментальных исследований. Результаты *второго защищаемого положения* ценны тем, что разработанная математическая модель послужит основой для создания программного обеспечения по подбору оптимальных режимов резания для многолезвийного инструмента, оснащённого оксидно-карбидными режущими пластинами с учётом различий микроструктурных параметров пластин.

Все защищаемые положения, сформулированные в диссертационной работе, соответствуют названию диссертации и цели исследования, являются обоснованными и опираются на результаты выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований. Полученные в работе результаты являются новыми и могут быть использованы при совершенствовании технологии фрезерования высокоточных плоских поверхностей.

Основные положения работы были доложены на международных конференциях и симпозиумах. По результатам выполненных исследований

по теме диссертационной работы опубликовано 13 печатных работ, из них 2 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ и 2 статьи в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент.

#### **4. Теоретическая и практическая значимость работы**

Значимость проведённых исследований заключается в следующих основных результатах, полученных соискателем:

- разработан способ селективного оснащения многолезвийного режущего инструмента (SLM – Selective layout method), позволяющий комплектовать инструмент режущими пластинами максимально схожими по работоспособности, в рамках которого были установлены три основополагающие схемы комплектования для реализации различных технологических задач;

- разработано устройство (Патент на изобретение №2729169) для определения электрического сопротивления оксидно-карбидных керамических режущих пластин, позволяющий осуществлять оперативный неразрушающий контроль микроструктуры режущих пластин и комплектацию многолезвийного режущего инструмента под соответствующую технологическую задачу;

- выполнены лабораторные и промышленные исследования исследований на основе технологии селективного оснащения фрез оксидно-карбидными режущими пластинами, позволили установить взаимосвязь между различными компоновками и качеством обработанной поверхности;

- предложены практические рекомендации по оснащению многолезвийного режущего инструмента для повышения эффективности использования ресурса режущих пластин и качества обработки деталей.

Результаты исследования являются новыми и актуальными для использования на ведущих машиностроительных предприятиях.

## **5. Замечания и вопросы по работе**

1. В работе не приведены данные по достигаемой точности обработанных поверхностей методом фрезерования.

2. В работе не рассмотрено влияние изменения температуры при обработке на величину удельного электрического сопротивления и работоспособность сменных керамических пластин.

3. В работе не проводились исследования работоспособности керамических пластин других форм, размеров и видов, например ВОК-63, ВОК-71, что дает ограниченную картину по оценке влияния этих параметров на общую работоспособность многолезвийного инструмента.

4. Из работы не ясно, как применять и прогнозировать работоспособность фрез, оснащённых компоновками оксидно-карбидных керамических пластин, занимающими промежуточное положение между однородной "низкоомной" и однородной "высокоомной" компоновками инструмента.

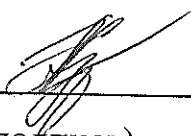
Данные замечания не носят принципиального характера и не снижают ценности проведенных исследований, их следует рассматривать как советы автору по дальнейшей научной работе.

## **6. Заключение по диссертации**

Диссертация «Повышение качества изготовления высокоточных плоских контактных поверхностей на основе селективного комплектования многолезвийного инструмента режущей керамикой», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Горшков Илья Валерьевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Кандидат технических наук, доцент

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

**Журавлёв Михаил Петрович**

*29.08.2022г.*

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Почтовый адрес: 620002, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

e-mail: [contact@urfu.ru](mailto:contact@urfu.ru)

Телефон: +7 (343) 375-44-44

Подпись **Журавлёва Михаила Петровича** заверяю

