

Ученому секретарю
диссертационного совета 24.2.332.01, к.т.н.
Сотовой Е. С.
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
127994 Москва, Вадковский переулок, д. 1

ОТЗЫВ

официального оппонента Галиновского А.Л.
на диссертацию Мустафаева Э.С., представленную на соискание
учёной степени кандидата технических наук по специальности
2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической
обработки» и выполненную на тему:
«ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КОНЦЕВЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ МИКРОФРЕЗ ЗА СЧЕТ ПЛАЗМЕННО-
ПУЧКОВОЙ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ»

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Микрофрезерование предполагает миниатюризацию процесса фрезерования. Причем этот процесс существенно отличается от традиционного фрезерования и тем самым накладывает особые требования к технологии, оборудованию и инструменту. Часто применяемые установки для микрофрезерования выполняются в более сложном техническом исполнении в связи с необходимостью обеспечивать высокие скорости работы шпинделя, требуют применения специализированных приводов, обеспечивающих перемещение и регулировку размером в микронном диапазоне. Такое оборудование призвано решать сложные задачи обработки, связанные, как правило, с обеспечением высоких требований по точности и шероховатости поверхности. Объектами микрофрезерования сегодня являются детали космического двигателестроения, медицины, электроники и др. В качестве примера в электронике – это печатные платы и миниатюрные разъемы,

датчики; в медицине – это хирургический инструмент и миниатюрные имплантаты.

Материалы, с которыми сталкивается микрофрезерование также обширны – это керамика, металлы, пластмассы. Причем объем обработки деталей микрофрезерованием достаточно высок.

Зачастую залогом успеха в получении необходимой структуры материала, размеров и качества поверхности является правильно подобранный и изготовленный режущий инструмент. На сегодняшний день для микрофрезерования используется инструмент, изготовленный из твердого сплава с высокой твердостью и износостойкостью. С целью повышения производительности обработки широко применяются различные функциональные тонкопленочные покрытия, например, алмазоподобные или нитрид титана. Геометрия микрофрез имеет особенности, так как необходимо добиться условий того, чтобы не было поломок инструмента в процессе обработки, учитывая его малые диаметры, а также следует предусмотреть эффективное удаление стружки из зоны резания.

На сегодняшний день существует научное противоречие, связанное с расширением применения технологии микрофрезерования в различных отраслях машиностроения и отсутствием соответствующего специального инструмента для выполнения ряда технологических операций.

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна исследований и результатов, представленных в диссертационной работе заключается:

- в выявлении закономерностей между составляющими сил резания в процессе микрофрезерования деталей и величиной радиуса скругления режущих кромок используемых концевых микрофрез;

- в экспериментальном доказательстве повышения стойкости микрофрез за счет применения плазменно-пучковой модификации поверхностного слоя инструмента;

- в разработке и реализации метода плазменно-пучковой модификации концевых твердосплавных фрез для заострения режущих кромок инструмента;
- в доказательстве целесообразности использования износостойких покрытий на основе диборида титана TiB_2 для повышения стойкости инструмента и качества обработанной поверхности деталей из латуни.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Оценка достоверности результатов исследования обеспечивается обоснованностью использованных теоретических зависимостей, допущений и ограничений, корректностью постановки задач, применением известных математических методов и подтверждается согласованием результатов теоретических исследований с экспериментальными данными.

Новизна полученных результатов подтверждается публикациями, сделанными в открытой печати в известных изданиях, доступных широкому кругу читателей, значительным количеством выступлений на специализированных научных конференциях. Автор имеет 6 патентов по теме исследования.

Таким образом, данные теоретического анализа и экспериментальных исследований отвечают требованиям новизны и достоверности. Результаты позволяют положительно оценить перспективы промышленного использования технологии комплексной модификации микроинструмента для обработки деталей из латуни и других материалов, что дает основание говорить о ценности для науки и практики выполненной работы.

В выводах полностью отражены результаты диссертационной работы. Содержание автореферата соответствует структуре и тексту диссертации.

Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка использованной литературы, содержит 134 страницы машинописного текста, в том числе 111 страниц основного текста, 63 рисунка, 20 таблиц и список литературы из 190 наименований. Структура и содержание автореферата соответствуют тексту диссертации.

По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ, 4 из них в научно-

технических изданиях из перечня ВАК, 6 - патентов, 12- в зарубежных изданиях.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, представлены научная новизна и практическая ценность работы, а также приведена ее общая характеристика.

В первой главе работы приведены области применения микрофрез для решения различных технологических задач в микроэлектронике и космическом двигателестроении. Рассмотрены особенности применения данного инструмента и технологии его изготовления и модификации, обеспечивающие заданные эксплуатационные свойства и качество обработанной поверхности. Представлен подробный обзор научно-технической литературы, посвященной вопросам современного состояния теории и практики решения задач микрофрезерования.

Во второй главе представлено методическое обеспечение исследований, в том числе описание и характеристики оборудования применяемого для реализации метода плазменно-пучковой модификации твердосплавных концевых микрофрез. Разработана оригинальная методика измерения радиуса режущей кромки микрофрезы. Результаты всех измерений представлены в графическом виде. Во второй главе в виде табличных данных рассмотрено влияние времени обработки концевых микрофрез пучком быстрых атомов аргона на радиус скругления режущих кромок. Автором рассмотрена последовательность действий для осуществления плазменно-пучковой модификации твердосплавных микрофрез. Выполнен сравнительный анализ различных вариантов модификации микроинструмента: после обработки пучком быстрых атомов, после заточки и нанесения покрытия.

В третьей главе приведены результаты теоретических исследований, в том числе исследования силовых параметров микрофрезерования. Автор рассчитал значения основных составляющих сил резания, возникающих на зубе микрофрезы в каждый момент резания в зависимости от факторов фрезерования. Результаты расчетов представлены в графическом виде, показывая, что при всех сочетаниях факторов микрофрезерования не наблюдается заметных отклонений от формы изменения сил в зависимости от изменения толщины срезаемого слоя и ширины фрезерования. Полученные расчётные и экспериментальные данные о влиянии изменения подачи, ширины срезаемого слоя и скорости резания на составляющие

силы резания при микрофрезеровании, а также вычисленные мгновенные значения составляющих сил резания позволили доказать, что построенные модели адекватно отражают значения силовых параметров при варьировании условий микрофрезерования.

В четвертой главе представлены результаты стойкостных испытаний, рассмотренных в предыдущих главах вариантов модификации концевых фрез. Эффективность результатов плазменно-пучковой модификации микрофрез автор сравнивал путем анализа шероховатости поверхностного слоя, величины заусенца и времени резания до наступления отказа, т.е., другими словами, оценивалась стойкость инструмента. Полученные трехмерные профилограммы поверхности канавок после микрофрезерования наглядно показали отличие каждого из вариантов изготовления (модификации) микрофрез: без обработки, с покрытием и после комплексной модификации. Было установлено, что плазменно-пучковая модификация позволяет повысить стойкость инструмента в сравнении с исходными, т.е. немодифицированными микрофрезами.

В заключении приведены основные выводы и результаты работы.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта

Научное значение работы заключается в том, что на основе обобщения и систематизации большого объема фактических данных, теоретических и экспериментальных исследований в диссертационной работе автором установлены основные закономерности повышения эксплуатационных показателей микроинструмента в результате плазменно-пучковой модификации концевых твердосплавных микрофрез.

Практическое значение работы заключается:

- в усовершенствовании вакуумно-плазменного оборудования для плазменно-пучковой модификации концевых твердосплавных микрофрез;
- в установлении рациональных режимов выполнения плазменно-пучковой модификации концевых твердосплавных микрофрез;
- в разработке блок-схемы технологического процесса плазменно-пучковой модификации концевых твердосплавных микрофрез.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Текст работы написан понятным техническим языком.

Оценка языка и стиля диссертации и автореферата

Диссертация и автореферат написаны технически грамотно литературным языком, стиль изложения лаконичен и свидетельствует о владении автором соответствующей научной терминологией. Текстовый, иллюстративный материал и стиль диссертационной работы соответствует требованиям, предъявляемым к научным публикациям. содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы.

Основные замечания

1. Было бы целесообразно, использовать по тексту диссертации одну и ту же терминологию. В настоящем тексте работы используется смесь терминов, под которыми подразумевается одно и то же: фреза- микрофреза, фрезерование-микрофрезерование, комплексная плазменно-пучковая модификация - плазменно-пучковая модификация, концевых твердосплавных микрофрез - концевых фрез.
2. Не ясно, почему автор говорит о разработке технологии, а не метода?
3. Не ясно почему в работе делается акцент на понятие «комплексная» плазменно-пучковая модификация концевых твердосплавных микрофрез. Что автор вносит в это понятие? В названии диссертации термин «комплексная» отсутствует.
4. Ввиду отсутствия схемы с изменениями в конструкции технологической установки для модификации микрофрез осталось не ясно какие изменения были внесены и в чем они состояли.
5. В работе автор ограничился апробацией модифицированного инструмента при обработке латуни Л80 и выбором определенной траектории движения инструмента. Не ясно как поведет себя инструмент при обработке других марок

материала и других траекториях обработки.

6. В работе автор не рассматривает возможности физико-химических методов обработки поверхности, получения пазов и отверстий. В настоящее время эти методы используются на предприятии АО КБ ХИММАШ им. А.М. Исаева, как основные для получения схожих деталей космического двигателестроения.
7. Автор не рассмотрел температурные факторы обработки и их влияние на эффективность и качество обработки, стойкость модифицированного инструмента.
8. В работе не приведен экономический анализ предложенного метода плазменно-пучковой модификации концевых твердосплавных микрофрез

Заключение по диссертационной работе

Оценивая диссертацию в целом, следует отметить, что она является законченной научно-квалификационной работой, содержащей научно обоснованные технологические решения по созданию концевых твердосплавных микрофрез с использованием метода их плазменно-пучковой модификации обеспечивающих повышенную стойкость инструмента и качество обработанной поверхности.

Диссертационная работа Мустафаева Э. С. по своему содержанию соответствует паспорту специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» в части пп. 2, 3 и 6 раздела «Направления исследований» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мустафаев Энвер Серверович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент:

доктор технических наук по научной специальности 05.02.13 – машины, агрегаты и процессы, профессор кафедры СМ-12 "Технологии ракетно-космического машиностроения" ФГОУ ВПО МГТУ им. Н.Э. Баумана



Калиновский Андрей Леонидович

8.12.2023г.