

В диссертационный совет  
24.2.277.01, созданный на базе  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет»,  
ученому секретарю, д.т.н. Нагоркину М.Н.  
24035 г. Брянск, бул. 50 лет Октября, 7

## **ОТЗЫВ**

Официального оппонента на диссертационную работу  
Шевчука Евгения Олеговича на тему «Совершенствование обработки полимерных деталей инструментом с керамическим ворсом и охлаждением воздушно-эмульсионной смесью», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

### **1. Актуальность диссертационной работы.**

В диссертации и автореферате убедительно доказано, что благодаря развитию аддитивных технологий изготовление деталей беспилотных летательных аппаратов является наиболее перспективным способом. Послойным выращиванием можно получить изделия со сложным профилем, однако возникают дефекты на поверхностном слое, а шероховатость поверхности находится в пределах 1,2-1,8 мкм, что может повлиять на заданные геометрические размеры и аэродинамические характеристики.

Ввиду особенностей полимерных композиционных материалов не допускается использование абразивных кругов на жёсткой основе, из-за возникновения на обработанной поверхности трещин и царапин. Чаще всего при обработке применяют эластичные ленты или шкурки, однако при этом необходимо ещё учитывать малую теплостойкость и низкую теплопроводность.

В тоже время установлено, что использовать специальные-охлаждающие технологические среды (СОТС) не допускается из-за способностей материалов из ПКМ к влагопоглощению, что приводит к неизбежному набуханию и расслоению. Полный отказ от охлаждения приводит к повышению температуры в зоне обработки, как в следствие, к перегреву поверхности.

В работе обосновано, что наиболее перспективным способом обработки является использование инструмента с гибким керамическим ворсом с абразивными включениями, который обладает явными преимуществами по сравнению с металлическим и полимерным ворсом по характеру (механизму) съема материала.

Таким образом, работа Шевчука Евгения Олеговича, направленная на совершенствование абразивной обработки деталей из полимерных композиционных материалов с использованием гибкого абразивного инструмента с керамическим ворсом является актуальной.

### **2. Новизна научных положений, защищаемых соискателем:**

1. Выявлены рациональные значения факторов (площадь поперечного сечения единичного керамического волокна, скорость обработки, подача инструмента), направленные на совершенствование процесса абразивной обработки деталей из полимерных композиционных материалов гибким инструментом – щёткой с радиально-диаметральным расположением блоков ворса из керамических волокон и организацией внутренней подачи аэрозоля воздушно-эмульсионной смеси, что позволяет обеспечить заданную производительность, шероховатость и точность обработки.

2. Установлены закономерности теплообмена между инструментом с керамическим ворсом и деталью в процессе ее обработки, учитывающие фактический радиус рабочей части инструмента; плотность воздушно-эмульсионной смеси на обрабатываемой поверхности, а также необходимое время его замещения из условия теплового режима обработки.

3. Разработана имитационная модель распределения потоков воздушно-эмульсионной смеси по каналам корпуса инструмента в процессе обработки, посредством которой определены рациональные параметры инструмента и целесообразное соотношение ВОДУХ:ЭМУЛЬСИЯ, обеспечивающие эффективное охлаждение детали и минимальное влагопоглощение, оказывающее определяющее влияние на точность и шероховатость обрабатываемой поверхности.

### **3. Практическая значимость работы:**

1. Технологические рекомендации по составу воздушно-эмульсионной смеси, которые обеспечивают требуемую шероховатость и предотвращают влагопоглощение в зависимости от требований к обрабатываемой детали;

2. Конструкция инструмента с радиально-диаметральным расположением блоков ворса из керамических волокон, и организацией подачи аэрозоля воздушно-эмульсионной смеси в зону резания с помощью внутреннего канала с отверстиями;

3. Технологические рекомендации по режимам абразивной обработки деталей из ПКМ инструментом с гибким керамическим ворсом в среде обработки воздушно-эмульсионной смеси

4. Результаты апробации инструмента и технологии его применения на промышленных предприятиях.

### **4. Оценка содержания и оформления диссертации**

Материалы диссертации изложены на 139 страницах машинописного текста и в достаточной степени проиллюстрированы. Основной текст состоит из введения, пяти глав, заключения и содержит 76 рисунков, 10 таблиц. В приложениях представлены:

*Во введении* автором обоснована актуальность темы работы, выявлены проблемы при обработке деталей из ПКМ, поставлена цель и определены задачи исследований, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту, представлена апробация полученных результатов.

*Первая глава* посвящена аналитическому обзору научно-технической литературы по современному состоянию вопроса обеспечения качества поверхности деталей из ПКМ. Раскрыты основные свойства полимеров и проблемы, выявляемые при механической обработке. Автором выделены основные особенности обработки деталей из ПКМ:

- малая теплостойкость и низкая теплопроводность, которые приводят к формированию определённых условий при назначении режимов резания.
- образование высокотемпературных очагов в процессе шлифования приводит к возникновению дефектов в виде трещин и наплывов;
- склонность к расслоению структуры, связанна с неправильным выбором конструкции режущей части инструмента.
- охлаждающей смеси в процессе обработки приводит к влагопоглощению, а, следовательно, во многих случаях влечёт за собой введение дополнительной операции - сушки изделия.

Во второй главе представлена методика исследования, технологические факторы, влияние их на результат; дано описание оборудования и инструмента

*Третья глава* посвящена изучению теоретических закономерностей процесса обработки деталей из ПКМ инструментом с гибким керамическим ворсом. Автор сформировал модель процесса обработки деталей и ПКМ типа «Черный ящик», что позволило ему составить схематическое изображение расчётной области в задаче о прогреве инструмента.

Разработанная математическая модель теплообмена между инструментом с керамическим ворсом и обрабатываемой поверхностью позволила определить:

- зависимость теплового потока и равновесной температуры от скорости обработки;
- необходимую скорость подачи воздушно-эмульсионной смеси;
- необходимый объём поступающей смеси для соблюдения теплового режима детали.

Кроме того, автором была разработана имитационная модель распределения потоков воздушно-эмульсионной смеси внутри инструмента. Построенная симуляция показала определила рациональное радиально-диаметральное расположение блоков ворса, благодаря которой, организованная внутренняя подача аэрозоля воздушно-эмульсионной смеси эффективно распределяется между волокнами, обеспечивая необходимое охлаждение волокон и быстрое замещение уже нагретой смеси на поверхности, минимизируя влагопоглощение.

В результате теоретических исследований и расчётов соискатель разработал полезную модель абразивной щётки с гибкими волокнами и внутренней подачей смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС).

*Четвертая глава* посвящена исследованию влияния состава воздушно-эмульсионной смеси на изменение геометрических размеров обрабатываемой детали. Автором было проведены эксперименты по изменению соотношения

ВОЗДУХ:ЭМУЛЬСИЯ и получена зависимость влияния на изменение характерного геометрического размера детали.

Кроме того, соискатель изучал влияние подачи инструмента и скорости обработки на шероховатость получаемой поверхности, выявив при этом рациональные значения факторов, позволяющие обеспечивать заданную производительность, шероховатость и точность обработки.

Автором описано влияние площади поперечного сечения керамического ворса на шероховатость обработанной поверхности, путём варьирования этими параметрами можно увеличить производительность обработки.

В пятой главе были сформированы технологические рекомендации для обеспечения:

- требуемой шероховатости, учитывающее скорость обработки и подачу инструмента, а также рекомендуемое сечение единичного керамического волокна;

- стабильной работы инструмента без потери производительности, благодаря коррекции вылета инструмента через определённое время обработки;

- снижения влагопоглощения, благодаря выбору оптимального соотношения ВОЗДУХ:ЭМУЛЬСИЯ в зависимости от обрабатываемого материала.

Полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам работы.

Содержание диссертации соответствует содержанию научных работ, опубликованных соискателем. Основное содержание диссертации опубликовано в 10 научных работах, в том числе 6 статей в рецензируемых журналах и 1 патенте на полезную модель, входящих в перечень ВАК РФ.

Автореферат соответствует тексту диссертации, отражает её основное содержание.

#### **4. Замечания по работе**

1. Целесообразно привести сведения об изменении механических свойств обрабатываемых ПКМ в результате влагопоглощения.

2. Не ясно, как определяли толщину слоя воздушно-эмульсионной смеси и смеси с фрагментами ПКМ?

3. Почему в расчёте математической модели не учитывали площадь поперечного сечения единичного керамического волокна?

4. Не ясно, учтены ли в расчёте математической модели завихрение и кавитация?

5. В пояснениях к формуле 3.9 указано, что  $P_T$  – сила трения, размерность которой Па. Судя по формуле, это – приведенная сила трения.

6. Выводы по разделу 5 (с. 112) представлены, как задачи с заменой будущего времени значимого глагола на прошедшее. Например, задача (сформулирована оппонентом): Разработать (сформировать) технологические рекомендации при выборе соотношения ВОЗДУХ:ЭМУЛЬСИЯ в зависимости от обрабатываемого материала из ПКМ». Вывод из раздела 5.5

диссертации: «Сформированы технологические рекомендации при выборе соотношения ВОЗДУХ:ЭМУЛЬСИЯ в зависимости от обрабатываемого материала из ПКМ».

Считаю необходимым отметить, что в разделе «Заключение», где приведены выводы по научной новизне и практической полезности диссертации, выводы по разделу 5 соответствуют требованиям.

7. В диссертации есть ошибки и неточности: «рассчитаны обработку» (с. 33), «Рисунок 2.1 – фрезерный» (с. 38), «Рисунок 2.2 – схема обработки» (с. 39), пояснения условных обозначений формулы, представленные после запятой, даны с красной строки; неудачные выражения, например, с. 50 и др.: «подробно видна связка», «подробно рассмотреть керамический ворс», с. 69; на рис. 4.4. (с. 72) средние значения  $Ra$  приведены с запредельной точностью до 0,001 мкм.

### 5. Заключение

Диссертация Шевчука Евгения Олеговича на тему: «Совершенствование обработки полимерных деталей инструментом с керамическим ворсом и охлаждением воздушно-эмульсионной смесью» является законченной научно-квалифицированной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, позволившие решить актуальную работу

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям («Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), а ее автор Шевчук Евгений Олегович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

### Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (05.03.01 – «Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент»), Доктор технических наук

профессор

Носенко Владимир Андреевич

Дата: 26.03.24

Адрес 404121, Волгоградская область, г. Волжский, ул. Энгельса, д. 42а

Тел.: 8 (443) 55-69-35

E-mail: nosenko@volpi.ru

