

Министерство науки и высшего образования РФ ФГБОУ ВО Ковровская государственная технологическая академия им. В.А.Дегтярева, 601910, Россия, г. Ковров Владимирской области ул. Маяковского, 19. Телефоны: 8-49232-5-66-67 Телефакс: 3 – 21 – 60 e-mail: Kgta \_ tmc @ mail, ru

152934, г. Рыбинск Ярославской области, ул. Пушкина, 53 «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева Диссертационный Совет Д 212.210.01 Ученому секретарю Диссертационного совета д-ру техн. наук, доцент И.В.Надеждину

#### Отзыв

На автореферат диссертационной работы Кожиной Светланы Михайловны на тему: «Повышение эффективности обработки маложестких поверхностей проточной части лопаток и моноколес ГТД концевыми фрезами» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

#### Общая характеристика работы.

В производстве нашло широкое применение фрезерование концевыми фрезами наружных поверхностей узлов и деталей в общем машиностроении и в частности лопаток газотурбинных двигателей в авиационном машиностроении.

К точности изготовления и шероховатости поверхностей лопаток предъявляются высокие требования. Следует обратить внимание, что профиль лопаток усложняется, а также снижается толщина аэродинамического профиля.

Отклонение точности изготовления и шероховатости поверхности лопаток от заданных значений зависит от деформации поверхностей при фрезеровании и износе режущей части инструмента. При чем износ инструмента в значительной степени зависит от высоких переменных температур и вибраций при изготовлении.

Учитывая сложный профиль проточной части лопатки при фрезеровании концевыми фрезами, составляющие силы резания воздействуют на поверхности с различной жесткостью и требуют обоснованных режимов резания.

Поэтому задача обоснования аналитической модели и режимов обработки поверхностей лопаток концевыми фрезами, имеющих различную жесткость, является актуальной.

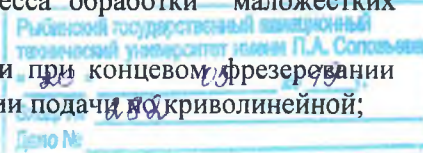
Цель работы: заключается в повышении эффективности обработки маложестких поверхностей проточной части лопаток и моноколес ГТД концевыми фрезами с учётом оптимизации технологических параметров. Сформулированы цель и задачи исследований.

#### На защиту вынесено:

- математическая модель расчета составляющих силы резания и температуры применительно к условиям концевое фрезерование;
- модели деформации детали в зависимости от схемы закрепления;
- динамическая модель процесса концевое фрезерование деталей с переменной жесткостью, позволяющая определить зону устойчивости процесса обработки;
- результаты экспериментальных исследований силовых и температурных зависимостей от режимов резания при концевом фрезеровании для группы титановых сплавов;
- методика и алгоритм оптимизации технологических операций концевое фрезерование моноколес и лопаток компрессора ГТД по заданным критериям;
- практических рекомендации по концевому фрезерованию моноколес и лопаток компрессора ГТД в машиностроительном производстве.

Научная новизна: Разработана математическая модель концевое фрезерование моноколес и лопаток компрессора ГТД, учитывающая динамику процесса обработки маложестких поверхностей. В том числе:

- разработана математическая модель формирования стружки при концевом фрезеровании инструментом с радиусной рабочей поверхностью при движении подачи по криволинейной;



- разработана математическая модель расчета составляющих силы резания и температуры применительно к условиям концевой фрезерования;
- разработаны модели деформации детали в зависимости от схемы закрепления;
- разработана динамическая модель процесса концевой фрезерования деталей с переменной жесткостью, позволяющая определить зону устойчивости процесса обработки;
- получены результаты экспериментальные исследования силовых и температурных зависимостей от режимов резания при концевом фрезеровании для группы титановых сплавов.

Практическая значимость: В результате теоретических и экспериментальных исследований разработаны методика и алгоритм оптимизации технологических операций концевой фрезерования моноколес и лопаток компрессора ГТД, обеспечивающие получение минимальной себестоимости обработки при заданных ограничениях. Система ограничений учитывает конструкцию и динамические характеристики детали, инструмента и технологического оборудования. Определены зоны устойчивости процесса обработки, которые позволили разработать рекомендации, к режимам реализации процесса, конструктивным параметрам инструмента и оборудования.

Апробация результатов работы:

Работа прошла хорошую апробацию на трех технологических форумах и технологическом конгрессе.

Содержание работы:

Во введении обоснована актуальность работы, определена цель, сформулированы задачи, положения выносимые на защиту, научная новизна, практическая значимость и апробация результатов исследований.

В первой главе дан анализ современным методам обработки лопаток, определены требования к инструменту, оборудованию, технологическому процессу изготовления.

Дан перечень авторов, которые занимались вопросами исследования в области фрезерования в том числе и обработкой деталей концевыми фрезами. В этих работах доказано, что процесс резания происходит при вибрациях, что снижает стойкость инструмента, точность и качество обрабатываемых поверхностей.

Вторая глава посвящена разработке математической модели процесса концевой фрезерования деталей с малой жесткостью, определению составляющих силы резания и температуры в режущем клине, которые определяют ограничения по теплостойкости и хрупкой прочности инструмента.

Приведены выражения составляющих сил резания. Выполнены расчёты деформации обрабатываемых деталей при фрезеровании. Приведено выражение максимальной деформации крайних точек пера.

При концевом фрезеровании лопаток технологическая система находится под влиянием динамических воздействий. Такое воздействие может привести к автоколебаниям, неустойчивости процесса резания, к снижению стойкости инструмента и качества обработки.

Приведена структурная схема динамической системы, учитывающая жесткость пера лопатки при обработке.

Анализ устойчивости системы определялся на основе критерия устойчивости Гурвица и имеет вид неравенства, ограничивающего зону устойчивости.

Анализ снижения жесткости пера лопатки может снижать запас устойчивости системы.

Выявлена зона, определяющая запас устойчивости в зависимости от режимов обработки при внешнем воздействии.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям процесса концевой фрезерования.

При эксперименте исследовалась работоспособность концевых фрез с нанокompозитными покрытиями на износ.

Выявлены наиболее износостойкие покрытия.

Для выявления зависимостей составляющих сил резания от условий обработки применялся метод многофакторного планирования эксперимента.

Наибольшие погрешности расчетных значений составляющих сил и температуры резания и результатов эксперимента не превышают 24%, что соответствует удовлетворительному согласованию.

В четвёртой главе приведена методика оптимизации операций концевой фрезерования по технологическим показателям и параметрам качества.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Соответствует пункту 2 – «Теоретические основы моделирования и методы экспериментального исследования процессов механической и физико-технической обработки», 4 – «Создание, включая проектирование, расчёты и оптимизацию, параметров инструмента».

Замечания по работе.

1. В автореферате не чётко сформулированы критерии оптимизации.

Заключение по диссертационной работе.

Кожина Светлана Михайловна решали важную народно-хозяйственную задачу – повышение эффективности обработки маложестких поверхностей проточной части лопаток и моноколес ГТД концевыми фрезами.

Диссертационная работа выполнена на хорошем уровне с экспериментальным подтверждением и апробацией на форумах и научно – техническом конгрессе.

Автор опубликовал 4 работы в издательствах рекомендованных ВАК.

Считаю, что Кожина Светлана Михайловна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности: 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико - технической обработки.

Профессор кафедры  
«Технология машиностроения»  
Ковровской государственной  
технологической академии  
им. В.А.Дегтярева,  
д.т.н., профессор  
Т (49232) -5-66-67  
e-mail: Kgt\_a\_tmc@mail.ru.

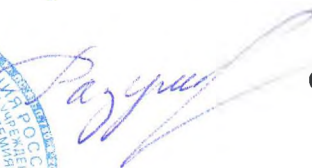
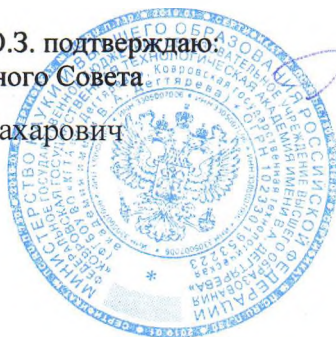


14.05.04

Ю.З.Житников

Подпись Житникова Ю.З. подтверждаю:  
Учёный секретарь Ученого Совета

Житников Юрий Захарович



О.В.Разумовская