

В диссертационный совет Д 999.003.02
Федерального государственного
образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Ульяновский государственный
технический университет», ученому
секретарю диссертационного совета
Веткасову Николаю Ивановичу
423063, г. Ульяновск, ул. Энгельса, 3

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Курылева Дмитрия Валерьевича**
**«Основы многокоординатного формообразования межлопаточных
каналов осевых моноколес при предварительном прорезании
кольцевым инструментом»**, представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.02.07 «Технология и
оборудование механической и физико-технической обработки»

Актуальность темы

Конструкция интегрированных диска и лопатки (осевые моноколеса) все шире используется при проектировании авиационных газотурбинных двигателей, так как использование моноколес в роторе осевых компрессоров и турбин позволяет добиться снижения массы двигателя до 25 % от исходного и повысить частоту его вращения до 50...80 тысяч об/мин.

Специфичной особенностью осевых моноколес, определяющая построение технологического процесса и обуславливающая значительную трудоемкость их обработки, является наличие большого количества межлопаточных каналов, представляющих собой довольно сложное сочетание поверхностей аэродинамического профиля. Это спинка и корыто пера лопаток, примыкающий к ним диск и сопряжения этих поверхностей между собой. Изготовление осевых моноколес из непрофилированных заготовок, включающее фрезерную обработку лопаточных венцов концевой фрезой, является одним из самых распространённых способов производства этих деталей. Недостатком этого технологического приема является низкая производительность фрезерной обработки из-за необходимости удаления большого количества металла инструментом малой жесткости при небольшом размере его режущей части.

Поэтому все более актуальным становится вопрос повышения производительности производства осевых моноколес на машиностроительных предприятиях.

В 2003-2010 годах в ряде работ рассматривалась возможность повышения производительности формообразования межлопаточных каналов за счет применения кольцевого инструмента. Однако в этих работах

рассматривали лишь отдельные, часто не связанные между собой вопросы, не ставились задачи определения геометрических параметров кольцевого инструмента и методики расчета процесса формообразования при различном количестве управляемых координат.

Диссертационная работа Курылева Д.В. посвящена определению закономерностей и взаимосвязей процесса формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес с размерами кольцевого инструмента и траекторией его движения с управлением от одной до шести координат. При использовании полученных закономерностей можно разработать конкретную технологию, обеспечивающую повышение производительности изготовления осевых моноколес. Учитывая вышеизложенное считаю, что диссертационная работа Д.В. Курылева является актуальной для машиностроения.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, библиографии (108 литературных источников) и приложений. Объем диссертации – 134 страницы, включая 80 рисунков и 15 таблиц в тексте.

По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, дана ее общая характеристика, определены научное и практическое значение решаемой задачи, приведены научные положения и результаты, выносимые на защиту.

В первой главе показаны конструктивно-технологические особенности конструкции и рассмотрены проблемы производства моноколес осевых компрессоров и турбин. Основное внимание уделено методам изготовления осевых моноколес из непрофилированных заготовок. По данному вопросу приведен подробный анализ научно-технической литературы, который показывает эффективность применения метода прорезания межлопаточных каналов осевых моноколес кольцевым инструментом для повышения производительности обработки лопаточных венцов изготавливаемых деталей.

При этом автором отмечено, что недостаточно изучены вопросы по определению размеров кольцевого инструмента с учетом геометрических параметров обрабатываемого моноколеса. Также отсутствуют методики расчета траектории движения инструмента, учитывающие число управляемых координат в процессе прорезания межлопаточного канала. Вследствие чего, предложенный ранее метод прорезания межлопаточного канала кольцевым инструментом не нашел применения на машиностроительных предприятиях.

С учетом изложенного автору удалось выявить и обосновать задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели диссертационной работы.

Вторая глава посвящена получению аналитическим путем зависимостей формы и основных размеров кольцевого инструмента от геометрических параметров межлопаточных каналов моноколес осевых

компрессоров и турбин. С использованием полученных зависимостей, автором установлена область применения кольцевого режущего инструмента для прорезания межлопаточных каналов моноколес различной конфигурации.

В третьей главе рассмотрены кинематические схемы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов кольцевым инструментом с числом управляемых координат от одной до шести.

Аналитическим путем получены математические зависимости по определению траектории движения кольцевого инструмента, учитывающие число управляемых координат в процессе прорезания межлопаточного канала от одной до трех. Автором разработана методика расчета траектории движения кольцевого инструмента при четырех- и пятикоординатном формообразовании межлопаточных каналов с использованием инструментов современных CAD/CAM-систем, типа Siemens NX. Кроме этого разработан алгоритм автоматизированного построения 3D-модели полуфабриката, полученного в результате прорезания межлопаточных каналов кольцевым инструментом.

В четвертой главе автор, используя полученные в предыдущих главах математические зависимости и методики, проводит анализ разработанных кинематических схем и определяет погрешность формообразования аэродинамических поверхностей межлопаточного канала на примере осевого моноколеса вертолетного двигателя. Здесь также автор приводит результаты проведенного натурального эксперимента и сравнение машинного времени обработки в зависимости от числа управляемых координат.

В заключении диссертационной работы сформулированы выводы, которые обобщают результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований.

Новизна и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

1. В диссертации предложена, теоретически обоснована, экспериментально опробована и внедрена методики расчета размеров кольцевого инструмента и траектории движения кольцевого инструмента при прорезании межлопаточных каналов в зависимости от выбранной кинематической схемы. Обоснование разработанных аналитических зависимостей и алгоритмов автор осуществляет путем применения в исследованиях апробированных методов аналитической и дифференциальной геометрии, теории поверхностей, имитационного моделирования, теории формообразования. Для обоснования реализуемости предложенных зависимостей автор реализовал предварительную обработку межлопаточных каналов кольцевым инструментом (дисс., стр. 104-109).

2. В диссертации также предложена методика моделирования многокоординатного формообразования межлопаточных каналов. На основе анализа результатов моделирования эта методика позволяет сравнить технико-экономические показатели изготовления детали в зависимости от

числа управляемых координат (дисс., стр. 111). Теоретические положения методики подтверждаются приведенными в диссертации результатами численного и натурного экспериментов по формообразованию межлопаточных каналов осевых моноколес кольцевым инструментом на станках с ЧПУ, результатами внедрения.

Полученные автором результаты представляют собой научно-методическое обоснование применения кольцевого инструмента для предварительной обработки межлопаточных каналов кольцевым инструментом при производстве моноколес осевых компрессоров и турбин и являются новыми в этой области исследований.

3. Следует отметить полученные с использованием разработанных методик наглядные 3D-модели полуфабрикатов, полученных в результате прорезания межлопаточных каналов кольцевым инструментом в зависимости от количества управляемых осей. При этом автор использовал как результаты имитационного моделирования в системе Siemens NX (дисс., стр. 99-103), так и результаты измерения реальных поверхностей, полученных на автоматизированном томографе X-ray X5000 СТ (дисс., стр. 107).

4. Практически значимым для технологии производства осевых моноколес является реализация разработанных моделей многокоординатного формообразования для определения:

- основных размеров кольцевого инструмента, которые рекомендованы для обработки межлопаточных каналов конкретного изделия (дисс., стр.98);

- пространственных параметров при расчете траектории движения кольцевого инструмента с учетом количество управляемых координат в процессе обработки (дисс., стр. 98,100, 102).

- технико-экономических показателей при анализе вариантов многокоординатной обработки межлопаточных каналов кольцевым инструментом с использованием имитационного моделирования и экспериментально (дисс., стр. 111).

Достоверность полученных автором результатов обеспечивается:

- использованием статистических и других материалов из ГОСТов, ОСТов, справочников, а также материалов, полученных автором в результате изучения и анализа опыта машиностроительных предприятий и отраслевых научно-исследовательских организаций, технической информации из монографий, статей, основополагающих трудов Богуслаева А.В., Гейкина В.А., Качана А.Я., Полетаева В.А., Лунева А.Н., Моисеевой Л.Т., Старикова А.В., Witty M., Klocke F., Turcotte B.D., Erickson R.E. и других отечественных и зарубежных ученых;

- использованием известных и проверенных практикой методов математического моделирования, математики и информатики.

- положительными практическими результатами промышленного использования разработок.

Замечания по диссертации и автореферату

1. Формулировки названия темы работы и цели проведения исследований по смыслу существенно отличаются друг от друга;
2. В математических зависимостях формы и размеров кольцевого инструмента отражено влияние только геометрических параметров моноколес и не учитываются физико-химические свойства обрабатываемых материалов, например вязких алюминиевых сплавов и твердых и прочных титановых сплавов, а также методы получения непрофилированной заготовки блисков, что может привести к изменению погрешности формообразования при резании кольцевым инструментом;
3. При проектировании кольцевого инструмента нет обоснования выбора материала, геометрии и способа крепления режущих пластин, точности изготовления корпуса и его балансировки;
4. При сравнении стратегий предварительной обработки межлопаточных каналов не рассмотрены вопросы выбора рациональных режимов резания, полученной стойкости кольцевого инструмента, применения СОТС;
5. В математических зависимостях, представленных в третьей главе, не учитывается действие радиальной составляющей силы резания, деформирующей профиль лопатки в процессе обработки.
6. По рис. 2.9 во второй главе не ясно, из-за чего при изменении относительной высоты лопатки с 1,9 до 7 и веерности с 5 до 7 уменьшается количество профилей межлопаточных каналов, которых можно обработать кольцевым инструментом

Общая характеристика работы

В целом диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством и оформленную в виде специально подготовленной рукописи. Предложенные автором решения аргументированы и оценены в сравнении с известными решениями. В материалах диссертации содержатся сведения об использовании полученных диссертантом результатов.

Рассматриваемая диссертационная работа обладает всеми признаками законченного научного исследования, что вытекает из ее структурного построения, внутренней логики и системного подхода к решаемым задачам. Диссертация написана грамотно, с использованием современной, корректной терминологии, хотя по тексту диссертации встречаются описки. Достаточная апробация результатов в научно-технических изданиях, на конференциях различного уровня обеспечила публичный доступ научной общественности к выносимым на защиту положениям и экспериментальным данным.

Основные результаты диссертации получены лично автором и при его непосредственном участии и достаточно полно опубликованы в 11 научных трудах, в том числе 4 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК, получен патент на полезную модель.

Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертационной работы и позволяет ознакомиться со всеми основными результатами, полученными автором лично, а также выводами и рекомендациями, вытекающими из выполненных исследований.

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать на предприятиях, производящих осевые моноколеса из непрофилированных заготовок, например, на АО «ОДК – ПМ» в г.Перми при производстве современного перспективного газотурбинного двигателя ПД14 для нового российского самолета МС21, а также в учебном процессе при подготовке инженерно-технических и научно-педагогических специалистов в области технологии машиностроения.

Заключение

В диссертации Курылева Д.В. изложено научно-обоснованное техническое решение повышения производительности производства моноколес осевых компрессоров и турбин, имеющее существенное значение для развития страны.

По актуальности темы, научной новизне и обоснованности научных положений, выводов, научной и практической значимости, полученных результатов можно сделать вывод о том, что представленная диссертация отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Курылев Д. В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор (05.03.01 – Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент),
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», профессор кафедры «Инновационные технологии машиностроения»,
614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29
Тел.: (342)-219-82-36, адрес электронной почты makarovv@pstu.ru

 Макаров В.Ф.

Подпись доктора технических наук, профессора Макарова В.Ф.
заверяю:
ученый секретарь ПНИПУ
кандидат исторических наук, доцент

 В.И. Макаревич

