

В диссертационный совет
Д 212.210.01 при ФГБОУ ВО
«Рыбинский государственный
авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева»
Ученому секретарю докт. техн. наук,
доценту Надеждину И.В.

152934, г. Рыбинск, Ярославская область,
ул. Пушкина, д. 53

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

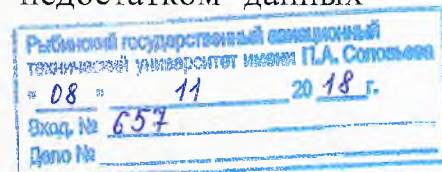
доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Технология производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Силуяновой Марины Владимировны на диссертационную работу Соколова Николая Николаевича *«Повышение эффективности технологической подготовки производства лопаток компрессоров ГТД на основе разработки и реализации роботизированного комплекса штамповки»*, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов

1. Актуальность диссертации.

Конструкция лопаток компрессора ГТД постоянно усложняется и повышается их нагружаемость. При этом для их изготовления применяются более труднообрабатываемые материалы. Сложность геометрической формы, применение труднодеформируемых и труднообрабатываемых материалов обуславливают низкий коэффициент использования металла (КИМ) и высокую трудоемкость изготовления (до 35 % от общей трудоемкости изготовления ГТД).

Традиционные технологические процессы изготовления точных заготовок лопаток ГТД на большинстве предприятий отрасли как в России, так и за рубежом, включают в себя несколько операций пластического деформирования (предварительное фасонирование, штамповка, калибровка, обрезка облоя) с многократным нагревом заготовок, что приводит к образованию дефектного слоя на заготовках и большим потерям металла в облой и окалину.

Применение более прогрессивных технологических процессов, таких как изотермическая штамповка, штамповка в режиме сверхпластического деформирования, высокоскоростная штамповка позволяют повысить точность штамповок и увеличить КИМ. Основным недостатком данных



методов остается высокая трудоемкость и себестоимость изготовления заготовок лопаток компрессора.

Условия труда в технологических цехах штамповочного производства относятся к вредным для человека. Процессы горячей штамповки сопровождаются постоянными вибрациями, высоким уровнем шума, выбросами в атмосферу горячих газов, содержащих вредные вещества. В цехах высок уровень травматизма, связанный с транспортировкой тяжелых горячих полуфабрикатов, обсечкой облоя, разрушением заготовок и штампов под ударами пресса в случае дефектов материала заготовки или износа штампа.

Решением данных производственных проблем является полная автоматизация всего технологического процесса горячей штамповки лопаток, позволяющая сократить вспомогательное время технологических переходов.

Таким образом, актуальным является создание комплексной системы автоматизации процесса штамповки лопаток компрессора ГТД, позволяющей повысить эффективность заготовительного производства.

2. Научная новизна и новые результаты.

К числу основных научных результатов, определяющих научную новизну диссертационного исследования Соколова Н.Н. на тему: «Повышение эффективности технологической подготовки производства лопаток компрессоров ГТД на основе разработки и реализации роботизированного комплекса штамповки» относятся следующие положения:

1. Разработаны алгоритм и математическая модель проектирования роботизированного комплекса (РТК), основанные на принципе декомпозиции процесса проектирования и позволяющие учесть использование высокопроизводительного прессового оборудования и специфические особенности технологии изотермической штамповки в автоматизированном цикле;

2. Предложен метод выбора температурных режимов нагрева заготовок лопаток компрессора непосредственно перед процессом штамповки, основанный на анализе кривых сопротивления пластической деформации при осадке образцов;

3. На основе создания отдельных компонентов РТК реализовано технологическое обеспечение оптимальных условий процесса пластического деформирования труднообрабатываемых материалов на основе титана.

3. Достоверность полученных результатов.

Соискатель в диссертационной работе в качестве основной цели выбрал повышение эффективности технологической подготовки производства лопаток компрессора ГТД на примере разработки и реализации роботизированного комплекса автоматизированной штамповки.

Выдвинутые автором диссертации научные положения базируются на фундаментальных положениях технологии машиностроения, теории

надежности, теории пластического деформирования металлов, методики моделирования, аналитической и дифференциальной геометрии, теории оптимизации, унификации и подобия. Сформулированные выводы и рекомендации достаточно убедительно аргументированы, а адекватность модели подтверждена практическим внедрением РТК в производство.

Основные материалы по диссертации были представлены на всероссийских и международных конференциях и форумах. По материалам исследования опубликовано 5 научных статей в журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ.

Результаты теоретических и экспериментальных работ внедрены в производство ПАО «ОДК-Сатурн» и учебный процесс ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева».

4. Содержание.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений содержит 67 рисунков и 26 таблиц. Общий объем диссертации составляет 146 страниц, включая приложение на 3-х страницах в которых приведены документы подтверждающие использование результатов работы в производстве и в учебном процессе.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, изложены цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава содержит анализ состояния вопроса в области штамповки лопаток компрессора ГТД; промышленной робототехники и перспектив ее развития; автоматизации и роботизация производства лопаток компрессора ГТД методом горячей штамповки.

Во второй главе освещены вопросы комплексной унификации заготовок лопаток с целью обеспечения технологичности конструкций штамповок и принципов разработки групповых технологий штамповки лопаток компрессора ГТД.

В связи с многообразием лопаток наиболее эффективным методом обеспечения технологичности заготовок (штамповок) лопаток ГТД, является применение методов унификации. Автором предложено отбирать заготовки, являющиеся наиболее целесообразными объектами унификации, на основе бальной оценки по девяти критериям, что позволяет определить целесообразность работ по унификации, как с позиций производства, так и эксплуатации.

Бальная оценка показала, что наиболее целесообразным является унификация заготовок лопаток на 5 групп. Для заготовок лопаток организовано групповое производство в соответствии с предложенной схемой, особенностью которой является учет специфики роботизированного производства. В условиях группового производства - задачи обеспечения технологичности конструкции заготовок лопаток следует решать применительно к группам изделий с учетом их суммарной ресурсоемкости, определяющей целесообразность их совместного изготовления. Автором предложено автоматизировать решение задач обеспечения технологичности

на основе математического моделирования заготовки, процессов и систем технической подготовки производства штамповок.

Предложенный подход, позволяет ликвидировать общий недостаток многих традиционных методов обеспечения и оценки ТКИ, заключающийся в отсутствии системной связности между ними и неадекватности расчетных методик с реальными факторами и процессами, определяющими ТКИ.

В третьей главе рассмотрена разработка групповой технологии горячей штамповки заготовок лопаток компрессора в условиях автоматизированного производства.

В основе разработки данной технологии лежат результаты унификации, полученные во второй главе работы. Технологические процессы должны быть групповыми и предназначаться для горячего пластического деформирования групп заготовок лопаток компрессора в автоматическом цикле по управляющим программам, учитывающих материалы и типоразмеры штампуемых заготовок лопаток.

Разработка технологического процесса штамповки лопаток включает в себя подбор температурных режимов предварительного нагрева заготовок и процесса формообразования лопаток в штампах.

Выбор диапазонов температуры предварительного нагрева заготовок предложено осуществлять на базе кривых сопротивления пластической деформации при осадке образцов. Анализ кривых позволил сформировать рекомендации по выбору температуры предварительного нагрева заготовок и определению температурного интервала. Эти рекомендации дают возможность обеспечить необходимый уровень производительности и качества процесса горячей штамповки.

В четвертой главе рассмотрены аспекты создания роботизированного комплекса автоматизированной штамповки лопаток компрессора ГТД.

Вследствие сложности задачи проектирования РТК предлагается решать ее на основе принципа декомпозиции, согласно которому всю проектируемую систему следует разбить на отдельные части, задачи по проектированию которых можно затем решать последовательно или параллельно. При проектировании РТК было выделено четыре основных этапа: подготовка исходных данных для проектирования на основе анализа технологического процесса; определение состава участков РТК; проектирование участков; проектирование РТК в целом путем объединения разработанных ранее участков.

Пятая глава посвящена практической реализации результатов исследований, а именно разработке компоновки и элементов РТК для реализации спроектированной групповой технологии.

Посредством анализа результатов факторного анализа требований к процессу автоматизированной штамповки заготовок лопаток компрессоров ГТД автором была разработана общая структурная схема РТК, на основе которой создана 3D-компоновка комплекса и циклограмма работы комплекса.

Результаты диссертационного исследования практически реализованы на ПАО «ОДК-Сатурн» (г. Рыбинск) посредством создания автоматизированного комплекса горячей штамповки лопаток компрессора ГТД.

5. Замечания и пожелания.

1. Утверждение автора о недостаточности проработки вопроса автоматизации производства, в том числе штамповочного, как в машиностроении вообще, так и в авиа-двигателестроении в частности является спорным и основано на анализе имеющихся открытых источников отечественных и зарубежных авторов. Необходимо более углубленно изучить опыт авиадвигателестроительных предприятий, таких как GE, RolsRoys, Safran Aircraft Engines и т.п.

2. Предложенная методика унификации заготовок описывает общий случай по лопаткам компрессора с размером заготовки свыше 500 мм, однако возможности комплекса рассматриваемого в диссертации не превышают 250 мм.

3. В Главе 1, раздел 1.1 «Анализ состояния вопроса в области штамповки лопаток компрессора ГТД» рассматривается четыре способа штамповки заготовок лопаток ГТД, хотя в сравнительной таблице на стр. 13-15 приведены всего три способа штамповки.

4. В Главе 5, раздел 5.1. «Разработка компоновки РТК» на стр. 106 приведено описание промышленных роботов манипуляторов Fanuc применяемых в составе комплекса, однако отсутствует пояснение, почему выбраны роботы именно этой марки.

5. В Главе 5, раздел 5.3. «Разработка конструкции магазина-накопителя» на стр. 125-128 приведено описание магазина накопителя круглой формы в виде стола. Слабым местом такой конструкции является ограничение по количеству устанавливаемых заготовок под штамповку лопаток. Автору необходимо было обосновать применение именно такого типа накопителя.

6. Заключение.

Диссертационная работа Соколова Николая Николаевича на тему: «Повышение эффективности технологической подготовки производства лопаток компрессоров ГТД на основе разработки и реализации роботизированного комплекса штамповки» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение в области повышения эффективности технологической подготовки производства в процессе изготовления газотурбинных двигателей на стадии как конструкторско-технологической проработки, так и изготовления компонентов двигателей.

В работе предложена методика комплексной унификации заготовок лопаток, спроектирована групповая технология горячей штамповки заготовок лопаток компрессора, разработана концепция роботизированного комплекса автоматизированной штамповки лопаток компрессора ГТД, разработан роботизированный технологический комплекса штамповки

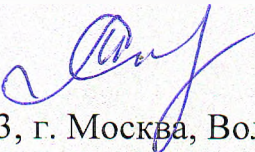
лопаток компрессоров ГТД, позволяющий повысить эффективность технологической подготовки производства.

Тема диссертации актуальна, а результаты выполненной работы обладают научной новизной и практической значимостью. Представленные в диссертационной работе результаты научных исследований перспективны для практического использования в машиностроительной отрасли и внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева».

Материал диссертационной работы изложен достаточно четко, структурированы, обладают внутренним единством и написаны грамотно на понятном языке с использованием терминологии, принятой в теории надежности, теории пластического деформирования металлов, методики моделирования, аналитической и дифференциальной геометрии, теории оптимизации, унификации и подобия. Содержание опубликованных работ и автореферат раскрывают основные положения и выводы диссертационного исследования.

С учетом вышеуказанных замечаний считаю, что диссертационная работа «Повышение эффективности технологической подготовки производства лопаток компрессоров ГТД на основе разработки и реализации роботизированного комплекса штамповки» по своему содержанию, объему, актуальности, научной и практической значимости полностью соответствует формуле и областям исследования п. 9 паспорта научной специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов», а так же полностью отвечает требованиям и критериям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям определенным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» в пункте 9, а ее автор, Соколов Николай Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов».

Профессор кафедры «Технология производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов»
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)», доктор технических наук
по специальности 05.07.05, доцент


Силуянова Марина Владимировна

Почтовый адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4

Контактный телефон: +7(916) 612-83-54, e-mail: dc2mati@yandex.ru

Подпись профессора М.В. Силуяновой заверяю

