

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.16

**Соискатель:** Головкин Сергей Алексеевич

**Тема диссертации:** Повышение размерной точности штамповок лопаток компрессора ГТД из титанового сплава BT6 и стойкости штампового инструмента за счет совершенствования технологического процесса штамповки

**Специальность:** 05.16.05 – Обработка металлов давлением

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 14 октября 2020 года, протокол № 08/20, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Головкину Сергею Алексеевичу ученую степень кандидата технических наук

### Присутствовали:

Моисеев В.С. – председатель диссертационного совета;

Палтиевич А.Р. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета: Батышев К.А., Васильев В.А., Галкин В.И., Ершов М.Ю., Коллеров М.Ю., Конкевич В.Ю., Крит Б.Л., Латыпов Р.Л., Мамонов А.М., Никитина Е.В., Петров А.П., Серов М.М., Смыков А. Ф., Соколов Я.А., Фролов В.А., Чумадин А.С., Шаталов Р.Л., Шелест А. Е.

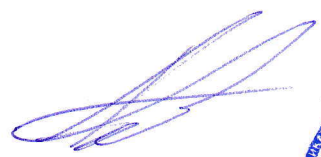
Председатель диссертационного совета



В.С. Моисеев

Ученый секретарь

диссертационного совета



А.Р. Палтиевич

Нач  
Т.А.



МАИ



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.16,**  
**СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО**  
**БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**  
**(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**  
**МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,**  
**ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 14 октября 2020 № 08/20

О присуждении Головкину Сергею Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение размерной точности штамповок лопаток компрессора ГТД из титанового сплава ВТ6 и стойкости штампового инструмента за счет совершенствования технологического процесса штамповки», по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением» принята к защите 25 марта 2020 г., протокол № 03/20 диссертационным советом Д212.125.16, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказ о создании совета № 426/нк от 17.04.2018г.

Соискатель Головкин Сергей Алексеевич, 1982 года рождения, в 2004 г. окончил ФГОУ ВПО «Рыбинскую государственную авиационную технологическую академию им. П.А. Соловьева» (РГАТА), в 2015 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» (РГАТУ), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, работает в должности заместителя начальника направления по освоению и производству лопаток в ПАО "ОДК-Сатурн".

Диссертация выполнена на кафедре «Мехатронные системы и процессы формообразования» в РГАТУ имени П.А. Соловьева, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Первов Михаил Леонидович, профессор кафедры «Мехатронные системы и процессы формообразования» в РГАТУ имени П.А. Соловьева.

Официальные оппоненты:

Корнилова Анна Владимировна - гражданин РФ, доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, профессор Департамента строительства Инженерной академии;

Гладков Юрий Анатольевич - гражданин РФ, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва, доцент кафедры МТ-6 "Технологии обработки давлением";

- дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой Обработки металлов давлением, академиком РАН, д.т.н., проф. Гречниковым Ф.В. и утвержденном первым проректором-проректором по научно-исследовательской работе д.т.н., доц. Прокофьевым А.Б. указала, что по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней в редакции Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы. По теме диссертации опубликовано 3 патента РФ.

Опубликованные работы, выполнены диссертантом как единолично, так и в соавторстве, отражают результаты исследований и внедрений основных положений диссертации, полученных лично автором. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Изотермическая штамповка точных заготовок лопаток ГТД под безразмерную обработку профиля пера. / С.А. Головкин, М.Л. Первов, М.В. Воздвиженская, А.С. Скобелева // Заготовительные производства в машиностроении. 2016. №9. С. 24-27.

2. О совершенствовании технологии изотермического деформирования для получения точных заготовок лопаток из титановых сплавов для ГТД. / С.А. Головкин, М.Л. Первов, А.С. Скобелева // Технология легких сплавов: научно-технический журнал / Всероссийский институт легких сплавов. - Москва: ВИЛС. 2019. №1. С. 62-66.

3. Технологическая схема процесса получения бездефектной структуры на лопатках из титановых сплавов. / Н.В. Рассудов, С.А. Головкин // Заготовительные производства в машиностроении. 2019. №9. С. 396-403.

4. Патент 142904 Российская Федерация, МПК51 В21К3/04 В21J13/02 Изотермический штамп для получения дисков с лопатками / Скобелева А.С., Первов М.Л., Головкин С.А., Непомнящий В.В. заявитель патентообладатель ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева». - № 2014104603/02; заявл. 10.02.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. №19

5. Патент 2637451 Российская Федерация, МПК51 В21J3/00 В21J13/02 В21C23/32 В21C25/00 Способ выдавливания малопластичных материалов и устройство для его осуществления/ Первов М.Л., Скобелева А.С., Головкин С.А. заявитель патентообладатель ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева». - № 2016129120; заявл. 15.07.2016; опубл. 14.12.2017, Бюл. №34

6. Патент 2614294 Российская Федерация, МПК51 С22F1/18 В21J1/00 В21J5/06 F01D5/28 Способ изготовления штамповок лопаток из титановых сплавов/ Первов М.Л., Скобелева А.С., Головкин С.А. заявитель патентообладатель ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева». - № 2016112814; заявл. 04.04.2016; опубл. 24.03.2017, Бюл. №9

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Головкиным С.А. работах.

На автореферат поступило 8 отзывов от:

1) ФГБОУ ВО Орловский ГУ имени И.С. Тургенева, за подписью проректора по научно-технологической деятельности и аттестации научных кадров д.т.н., проф. Радченко С.Ю.

Замечание:

▪ первый пункт научной новизны «разработан метод получения регламентированной ультра мелкозернистой структуры...» относится, скорее, не к научной новизне, а к практической ценности работы, т.к. носит прикладной характер и направлен на развитие не теории, а практики применения новой технологии.

2) ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», за подписью зав. кафедрой «Машины и технологии обработки давлением и машиностроения», д.т.н., проф. Платова С.И.

Без замечаний

3) ФГУП «НПО «Техномаш», за подписью инженера-технолога отд. технологий заготовительного производства к.т.н. Прусакова М.А.

Замечания:

▪ Титановые сплавы с ростом температуры активно насыщаются кислородом, водородом и азотом, образуя на поверхности прочный альфированный слой, что негативно сказывается на процессе деформирования и может привести к появлению брака. Для предотвращения появления альфированного слоя применяют специальные

смазки, либо процесс формообразования ведется в нейтральной среде. Из текста автореферата не ясно, каким образом учитывается данное явление.

- В названии работы сказано о повышении размерной точности штамповок лопаток компрессора ГТД, однако из текста автореферата не ясно, каким образом проведено данное исследование.

- В тексте автореферата допущены грамматические и орфографические ошибки.

4) ЗАО «Прочность», за подписью гл. инженера, к.т.н. Сильверстова И.И.

Замечания:

- Не вполне ясно (стр. 14) что означает фраза о соответствии на 98% адекватности модели экспериментальным данным. О каком параметре адекватности идет речь?

5) ПАО "Корпорация "ВСМПО-АВИСМА", за подписью вед. специалиста научно-технического центра, к.т.н. Шибанова А.С.

Замечания:

- На странице 12 автореферата показано место отбора для контроля структуры только в одном месте, которое характеризует зону с максимальной деформацией. В тоже время есть зоны где степень деформации должна быть меньше. В частности вначале прессования заготовки в зоне соответствующей началу пера заготовка на некотором участке не деформируется и должна сохраняться исходная микроструктура заготовки. Также существует зона затруднённой деформации по окончании прессования в зоне замка штамповки лопатки, на сколько структура отлична от приведённой в автореферате и как эти зоны выглядят в готовой штамповки лопатки?

- В диссертационной работе для штамповок лопаток из сплава ВТЗ-1 приведена макроструктура в продольном и поперечном направлении на которой имеются светлые линии. Эти линии характеризуют участки с максимальной деформацией и показывают не равномерность деформации с имеют различную микроструктуру. Одной из задач данной работы было получить равномерную деформацию по всему сечению штамповки лопатки и соответственно структуры. В работе этого не приведено. Получен ли положительный эффект для штамповки лопатки из сплава ВТ6?

- Приведите режим термической обработки лопатки и как позволяют ли они избежать коробление штамповки лопатки с таким тонким сечением пера лопатки.

- На рис.4.6 диссертационной работы приведена схема построения пера штамповки лопатки. Укажите назначение гарантированного припуска для удаления альфированного слоя с поверхности штамповки.

6) ФГБОУ ВО МГТУ имени Н.Э. Баумана (НИУ), за подписью зав. кафедрой «Технологии обработки материалов», д.т.н., доц. Лавриненко В.Ю.

#### Замечания:

- Из автореферата не ясно, для определения каких параметров может быть использована разработанная регрессионная модель процесса изотермического выдавливания (формула 2, стр. 14).
- Из автореферата не ясно, для каких инструментальных материалов было проведено сравнение стойкости штампового инструмента, а также не понятно, как рассчитывать параметры, используемые в формуле 3 для расчета стойкости инструмента (стр. 16).
- В автореферате не приведена схема переходов для разработанного технологического процесса штамповки заготовок компрессора ГТД из титанового сплава ВТ6 с припуском под безразмерную обработку профиля пера.

7) АО Государственный ракетный центр им. В.П. Макеева, за подписями гл. ученого секретаря Калашникова С.Т., и.о. зам. генерального конструктора по технологическому обеспечению Дорофеева М.В. и нач. исследовательско-технологического отдела Звонкова А.А.

#### Без замечаний

8) ФГАОУ ВО Набережночелнинский институт (филиал) Казанского федерального унив., за подписью д.т.н., проф., зав. кафедрой «Машиностроение» Шibaкова В.Г.

#### Замечание:

- Влияние ультрамелкозернистой структуры на снижение сопротивления деформации - хорошо и давно установленный факт, например, в трудах сотрудников института проблем сверхпластичности АН РФ г. Уфа. В чем новизна вклада автора?

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** математическая модель процесса изотермического выдавливания титановой заготовки, позволяющая исследовать процесс изотермического выдавливания с целью получения ультрамелкозернистой структуры в титановом сплаве в ходе протекания процесса динамической рекристаллизации;

**предложены** опытный технологический процесс изготовления штамповок лопаток компрессора ГТД из титанового сплава ВТ6 с припуском под безразмерную обработку профиля пера;

**доказана** зависимость влияния размера зерна титанового сплава на сопротивление деформации при температурах деформации; при уменьшении размеров зерна в титановом сплаве ВТ6 в 2 раза напряжение течения при температуре  $T = 800$  °С снижается на 42 %.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** возможность использования построенной математической модели процесса изотермического выдавливания для прогнозирования возможности

получения ультрамелкозернистой структуры в титановом сплаве путем варьирования параметрами процесса;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы теория пластичности, математическое моделирование методом конечных элементов с использованием программного обеспечения QFORM-3D, гипотезы, объясняющие процесс формирования ультрамелкозернистой структуры в материалах, комплекс исследований (механические испытания, металлографические исследования);**

**изложены условия, необходимые для формирования УМЗ структуры в заготовке из титанового сплава ВТ6 в процессе изотермического выдавливания;**

**проведена модернизация технологических переходов процесса получения заготовок лопаток компрессора ГТД из титановых сплавов.**

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**Разработаны и внедрены способ получения заготовок с регламентированной структурой под дальнейшую изотермическую штамповку методом изотермического выдавливания (патент RU №2637451); технологические режимы изотермической штамповки, обеспечивающие уменьшение сопротивления деформации штампуемого материала, повышение стойкости штамповой оснастки при изотермической штамповке и повышение размерной точности штамповок лопаток ГТД (патент RU №2614294); штамп для получения заготовок дисков с лопатками из титанового сплава методом изотермической штамповки (патент RU №142904); результаты используются при разработке технологических процессов штамповки заготовок лопаток компрессора ГТД из титанового сплава ВТ6 в ПАО «ОДК - Сатурн»; математические модели используются в учебном процессе на кафедре «Мехатронные системы и процессы формообразования» РГАТУ им. П.А. Соловьева.**

**определены научно-обоснованный процесс получения штамповок лопаток компрессора ГТД из титанового сплава ВТ6 с припуском под безразмерную обработку профиля пера, с помощью которого изготовлена опытная партия;**

**созданы типы конструкций (лопатки компрессора ГТД), для изготовления которых применимы полученные результаты;**

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ результаты получены на современном сертифицированном оборудовании для механических испытаний, металлографических исследований, достоверность результатов подтверждается хорошим совпадением экспериментальных данных и теоретических расчетов, систематическим характером экспериментальных исследований, а также практической реализацией полученных результатов;**

теория получена на проверяемых данных и согласуется с ранее опубликованными результатами экспериментальных исследований по теме диссертации;

идея базируется на анализе и обобщении теоретических и практических данных технологического процесса изотермической штамповки заготовок лопаток компрессора ГТД из титановых сплавов;

использованы данные исследований, проводившихся ранее в области получения УМЗ структур в металлических материалах;

установлено что напряжение течения при штамповке заготовок, полученных изотермическим выдавливанием в условиях, обеспечивающих протекание динамической рекристаллизации, на 42% ниже по сравнению с образцом, полученным по серийной технологии

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, метод планирования эксперимента;

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном и активном участии в формировании цели и задач исследования; участии в проведении научных экспериментов; апробации результатов исследования; разработке математической модели процесса изотермического выдавливания титановой заготовки; анализе и обработке полученных результатов, их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов по диссертации; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой в результате выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические разработки процесса изготовления штамповок лопаток ГТД из титанового сплава ВТ6 с припуском под безразмерную обработку профиля пера, внедрение которых имеет существенное значение для развития отечественного авиационного двигателестроения.

Научная проблематика и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением» в областях: п.1. - Исследование и расчет деформационных, скоростных, силовых, температурных и других параметров разнообразных процессов обработки металлов, сплавов и композитов давлением; п.2 - Исследование процессов пластической деформации металлов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования; п.3. - Исследование структуры, механических, физических, магнитных, электрических и других свойств металлов, сплавов и композитов в процессах пластической деформации; п.4. - Оптимизация процессов и технологий обработки давлением для производства металлопродукции с заданными характеристиками качества. Математическое описание процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с целью создания математических моделей, способов, процессов и технологий.



На заседании 14 октября 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Головкину Сергею Алексеевичу ученую степень кандидата технических наук.


При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 20, против присуждения учёной степени - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель  
диссертационного совета



Моисеев Виктор Сергеевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Палтиевич Андрей Романович

14 октября 2020

Начальник  
Т.А. Ан

