Конкурсная работа

Номинация **«**Создание новой технологии»

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ БЛИСКОВ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТУРБИН ПЕРСПЕКТИВНЫХ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Руководитель работ д.т.н. Л.А. Магеррамова (ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,

Соисполнители: БП ООО «ЛНТ», АО НПЦ газотурбостроения «Салют»

Актуальность

Тенденции развития газотурбинных двигателей:

- **повышении окружных скоростей,**
- **увеличение температуры газа перед турбиной,**
- **повышение густоты лопаточной решетки, …**

ведет к

повышению нагрузки на ободную часть диска и замки – концентраторы напряжений и **невозможности** размещения необходимого количества лопаток

Условия работы элементов рабочих колес турбин ВД - **неравномерность** нагружения и нагрева

различные требования к материалам для разных частей рабочего колеса

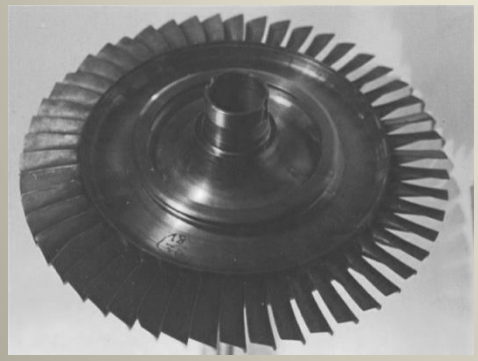
Решение

конструкция рабочих колес турбин в виде биметаллических блисков - рабочие лопатки (неохлаждаемые или охлаждаемые) соединены с дисковой частью в неразъемное колесо

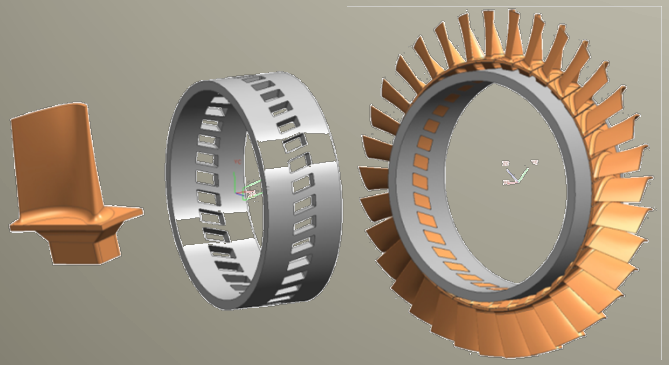
Преимущества

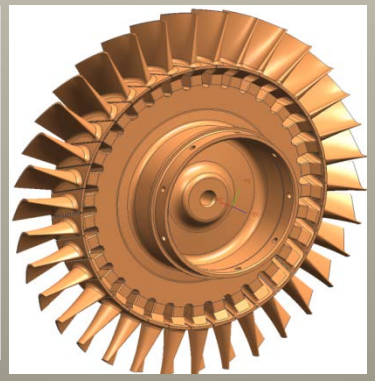
- **УМЕНЬШЕНИЕ МАССЫ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ДО 30% ПО СРАВНЕНИЮ С ЗАМКОВОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ → ЭКОНОМИЯ МЕТАЛЛА**
- **ПОВЫШЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЕСА (к.п.д. на 1-1.2%),**
- **ИСКЛЮЧЕНИЕ УТЕЧЕК И ФРЕТИНГА, ИМЕЮЩИХ МЕСТО В ЗАМКОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ,**
- **УВЕЛИЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ НА 40-50% → ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И/ИЛИ УВЕЛИЧЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА на 5-7%,**
- **УВЕЛИЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ В 2-3 РАЗА,**
- **ИСКЛЮЧЕНИЕ ДОРОГОСТОЯЩЕЙ ОПЕРАЦИИ ПРОТЯЖКИ ЗАМКОВЫХ ПАЗОВ и т.д.**

Соединение литых лопаток с гранулируемым диском методом горячего изостатического прессования (ГИП)



Концепция технологического процесса изготовления блиска с выведением лопаток из зоны ГИП





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2467177

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО БЛИСКА С НЕОХЛАЖДАЕМЫМИ РАБОЧИМИ ЛОПАТКАМИ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ И ИНТЕГРАЛЬНЫЙ БЛИСК

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011124064

Приоритет изобретения 15 июня 2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации *20 ноября 2012 г.*

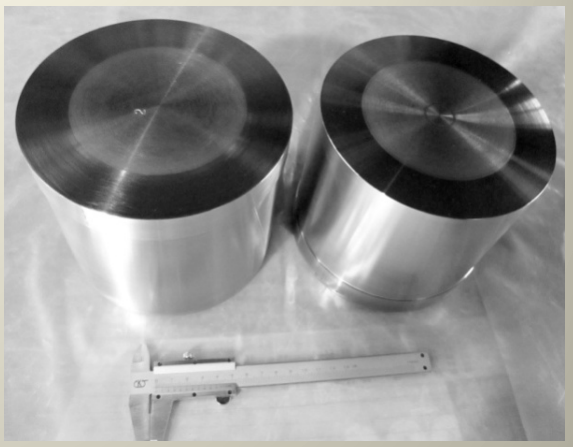
Срок действия патента истекает 15 июня 2031 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

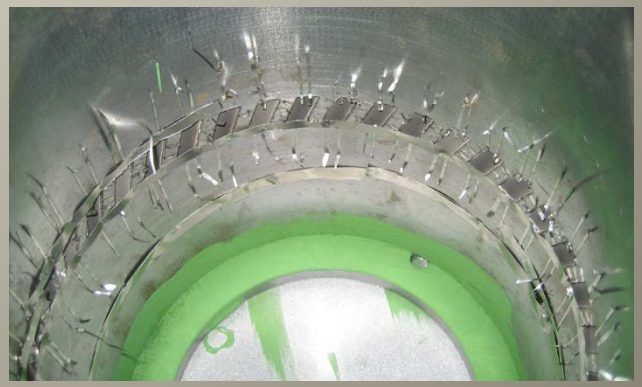
Магеррамова Л.А., Кратт Е.П., Ясинский В.В.

Апробация способа изготовления блиска с выводом лопаток из зоны газостатирования



Отливка монокристаллических лопаток, изготовление технологического кольца, дисковой части (рабочая фракция: +40 – 150 мкм)

Разработка технологии герметической пайки лопаток из ЖС32моно и кольца из Ст20



- Подбор припоя, режимов пайки
- Локальное никелирование поверхностей
- Обеспечение гарантированных сборочных зазоров под пайку (полоски фольги)
- Нанесение припоя

АО «НПЦ газотурбостроения «Салют», филиал НИИД
ООО «Базовое предприятие «ЛНТ»

Апробация способа изготовления блиска с выводом лопаток из зоны газостатирования

Кольцо с лопатками в приспособлении для пайки лопаток (слева) устанавливают в вакуумную печь

Контроль герметичности паяного соединения гелиевым течеискателем

Механическая обработка внутренней поверхности кольца

Сборка, виброуплотнение до плотности 65%, термическая дегазация, герметизация, ГИП
Элементы капсульной оснастки и центральные дисковые части (слева), собранный узел и заготовки блисков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЛИСКА С ОХЛАЖДАЕМЫМИ ЛОПАТКАМИ

1.Отливка лопаток, из ЖС32 МОНО,
2. Пайка лопаток в технологическую оснастку Ст.20,
3. Изготовление дисковой части из ЭП741НП,
4.Сборка капсул
5. Дегазация, герметизация, ГИП,
6. Механическая обработка

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2478796

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО БЛИСКА С ОХЛАЖДАЕМЫМИ РАБОЧИМИ ЛОПАТКАМИ, ИНТЕГРАЛЬНЫЙ БЛИСК И ОХЛАЖДАЕМАЯ ЛОПАТКА ДЛЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011133316
Приоритет изобретения 10 августа 2011 г.
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации *10 апреля 2013 г.*
Срок действия патента истекает 10 августа 2031 г.

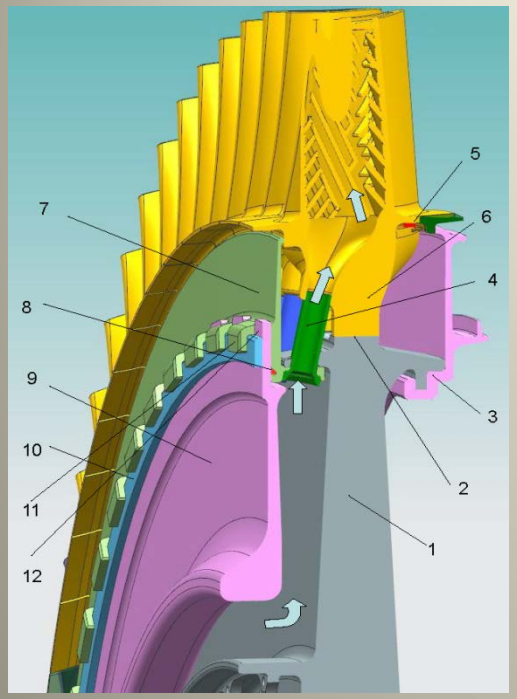
Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности
Б.П. Симонов

Магеррамова Л.А., Кратт Е.П., Ясинский В.В.

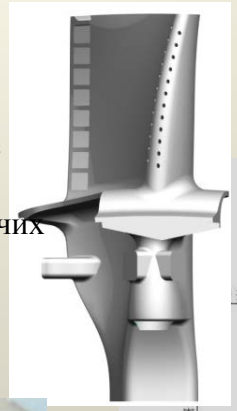
Результаты

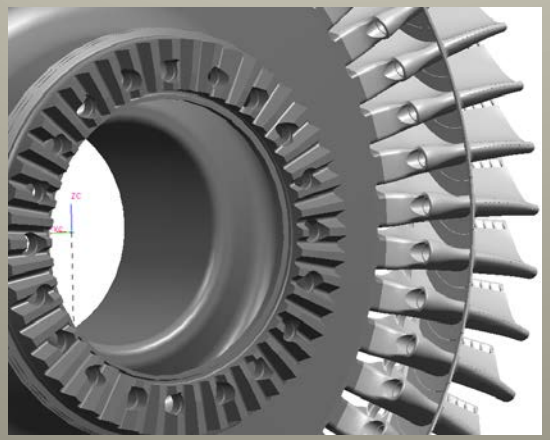
- ЛЮМ контроль не обнаружил поверхностных дефектов .
- Исследования микро и макроструктуры - диффузионное соединение лопаток с ЭП741НП плотное, поры и несплошности отсутствуют

Разработка конструктивно-технологического проекта экспериментального биметаллического блиска с охлаждаемыми лопатками



Конструкция позволяет передавать воздух из статора в рабочие лопатки с минимальными потерями давления и проводить операции соединения рабочих лопаток с дисковой частью без образования полостей в месте стыка





1-дисковая часть, 2-место ГИП соединения лопаток с дисковой частью, 3, 7 – покрывные кольца, 4-трубки, 5- демпфер, 6- ножка рабочей лопатки, 8- уплотнительная проволока, 9 – напорное кольцо, 10-разрезное кольцо, 11-крючки, 12 - выступы

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2576558

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО МОНОКОЛЕСА ТУРБИНЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова" (RU)*

Автор(ы): *Магеррамова Любовь Александровна (RU), Кратт Евгений Павлович (RU)*

Заявка № 2015105503

Приоритет изобретения 18 февраля 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации *08 февраля 2016 г.*

Срок действия патента истекает 18 февраля 2035 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

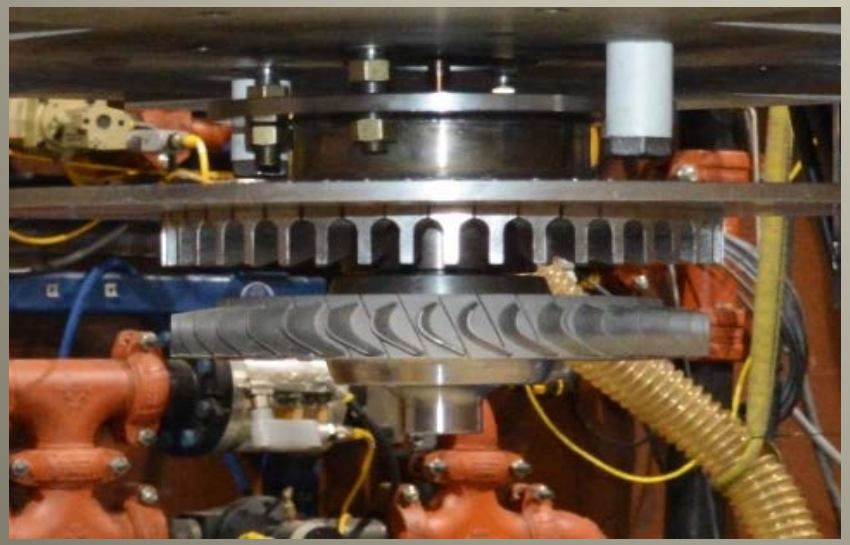
Г.П. Ивлиев

Выигрыш в весе колеса по сравнению с прототипом 15-20%

Изготовление рабочего колеса блиск

Механическая обработка

Испытания



•Механические испытания образцов из сплава ЖС32<001>, прошедших ГИП и термообработку по технологии изготовления биметаллического блиска, при высоких температурах, которые показали соответствие сертификату сплава характеристик длительной прочности при температурах от 800 до 1050°С и биметаллических образцов-свидетелей

•Анализ результатов металлографических исследований показал положительные результаты (поры и несплошности в зонах соединения сплавов отсутствуют)

•Результаты испытаний образцов-имитаторов на многоцикловую усталость образцов – имитаторов при 20 и 700°С показали, что трещины усталости зарождались в лопатке, а зона диффузионного соединения двух сплавов в обоих случаях оказалась прочнее.

•Испытания на разгонном стенде (n~51000 об/мин. > 10% n прототипа) подтвердили прочностную надежность РК блиска (повреждений не обнаружено).

На основе исследований высокооборотной турбины малоразмерного двигателя с неохлаждаемыми лопатками выявлены преимущества перед замковым колесом

1. Основное преимущество блисков – возможность снижения на 20-30% массы рабочего колеса ведет к
   - уменьшению инерционности ротора, а значит улучшение его динамических характеристик, т.е. уменьшению времени приемистости, облегчение запуска двигателя,
   - уменьшению удельного веса двигателя,
   - увеличение дальности .
2. Отсутствие замковых соединений позволяет решить проблему размещения лопаток на диске и устранить утечки в замковом соединении, т.е. оптимизировать густоту решетки по газодинамической эффективности, что может привести к
   - повышению К.П.Д. на 1-1.2% и, соответственно, к
   - выигрышу в топливной экономичности.
3. Исключение концентраторов напряжений в замковых соединениях позволяет увеличить
   - долговечность колеса в 2-3 раза,
   - надежность.
4. Увеличение на 40-50 % минимальных местных запасов длительной статической прочности позволяет разменять из на:
   - увеличение температуры газа перед турбиной на 5-7%, что приводит к увеличению мощности,
   - увеличению частоты вращения ротора на 15-40%.
5. Отсутствие замкового соединения исключает
   - фретинг,
   - Утечки,
   - дорогую операцию протяжки.
6. Уменьшение количества деталей

Проведенные исследования биметаллических соединений, выявленные преимущества биметаллических моноколес по сравнению с традиционными замковыми конструкциями, подтвердили перспективность применения разработанной технологии для высокотемпературных турбин высокоэффективных газотурбинных двигателей.

2015 год

Статьи

Магеррамова Л.А., Васильев В.Е. Биметаллические блиски турбин с бандажированными лопатками для газотурбинных двигателей //Наука и образование МГТУ им. Н.Э. Баумана – Электрон. журн. 2015. № 06. С. 143–156. URL: http://technomag.bmstu.ru/doc/771150.html DOI: 10.7463/0615.0771150.

Л.А. Магеррамова, А.Н. Стадников. Экспериментальное исследование образцов-имитаторов биметаллического моноколеса высокотемпературной турбины с охлаждаемыми лопатками для перспективных газотурбинных двигателей // Вестник СГАУ им. С.П. Королёва. - т. 14, № 3, часть 1 Специальный, 2015 - с.114-120.

Патенты

Патент РФ № 2579558. Дата приоритета 18.02.2015. Способ изготовления интегрального моноколеса турбины из различных металлических сплавов для газотурбинного двигателя / Магеррамова Л.А., Кратт Е.П. - МПК F01D 5/30, **F01D 5/34**, B23P15/0. 2015.

Заявка на патент. Способ позиционирования лопаток при изготовлении интегрального моноколеса турбины газотурбинного двигателя / Магеррамова Л.А., Бакулин С.С. - МПК F01D5/34. 2015.

Конференции

L. A. Magerramova. The project development of HIPed Bimetallic Blisk with Uncooled and Cooled Blades for Engine Gas Turbine of Difference Using // Proc. Int. Conf. «HIP14», **id:** 140605-1035, Стокгольм, Швеция.

Выставки

- Международный авиакосмический салон МАКС 2015
- Выставка «День инноваций Министерства обороны Российской Федерации -2015»
- 16-м международный авиакосмический салон Aviation Expo China-2015, проходящем в Пекине с 15 по 19 сентября 2015 г.
- Международный форум Двигателестроения -19 – 21 апреля 2016 г
- Международная выставка вертолетной индустрии Hellirussia-2016, (19-21 мая 2016 г)