



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов



XI Международный технологический форум «Инновации. Технологии. Производство»

г. Рыбинск 17 - 18 апреля 2025 г.

**«Современное состояние и перспективы
развития сварочных и родственных
технологий»**

Докладчик:

Свиридов

Александр Владимирович

**К.Т.Н.,
заместитель начальника
НИО**



Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17
Телефон: +7 (499) 261-86-77

E-mail: admin@viam.ru
www.viam.ru

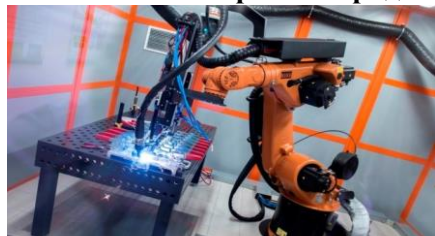
Технологии сварки плавлением

Комплекс электронно-лучевой сварки

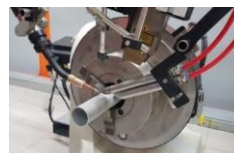


Производственная мощность
- до 5000 образцов/год
- до 1000 валов /год

Роботизированный технологический комплекс лазерной гибридной сварки



Производственная мощность
- до 5000 типовых образцов/год
- до 250 КПО/год



Комплексы дуговой сварки



Производственная мощность
- до 2000 образцов/год

Технологии сварки в твердой фазе

Комплекс сварки трением с перемешиванием



Производственная мощность
- до 2500 образцов/год

Обеспечивают:

- - возможность соединения трудносвариваемых и несвариваемых материалов методами сварки плавлением;
- - малые сварочные напряжения и деформации;
- - высокую прочность сварного соединения.

Установка ротационной сварки трением



Производственная мощность
- до 1500 образцов/год

Низко- и высокотемпературные припои

Порошки недеформируемых припоев
Производственная мощность –
до 2000 кг/год



Ленты высоко-температурных припоев
Производственная мощность –
до 400 кг/год



Проволока низко-температурных припоев
Производственная мощность –
до 1000 кг/год



Полосы деформируемых припоев
Производственная мощность –
до 500 кг/год

Разработаны технологии:

- **Аргондуговой, электроннолучевой и контактной точечной сварки** с применением деформированных, синтезированных заготовок из жаропрочных сплавов деталей камеры сгорания ГТД и ГТУ.
- Технологии **лазерной сварки** жаропрочных сплавов в одноименном и разноименном сочетаниях в деформируемом, синтезированном и литом состоянии применительно ДСЕ ГТД и ГТУ.

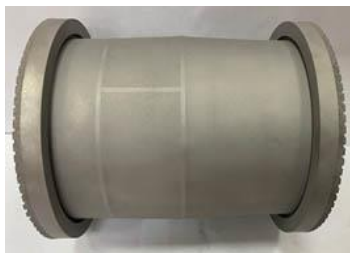
Внутренняя стенка
камеры сгорания ВЖ171



Обтекатель ВЖ171



Жаровая труба камеры
сгорания ВЖ159



НПО ЭНЕРГОМАШ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА В.П. ГЛУШКО

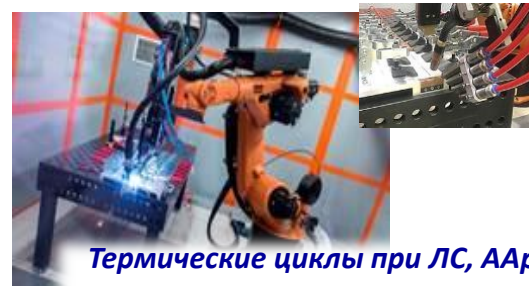


В рамках совместных работ ВИАМ и **НПО «Энергомаш»** была отработана технология аргондуговой сварки **Агрегата наддува для двигателя РД191** из сплава **ЭП648**. В 2019г. агрегат наддува РД191 прошел типовые испытания.

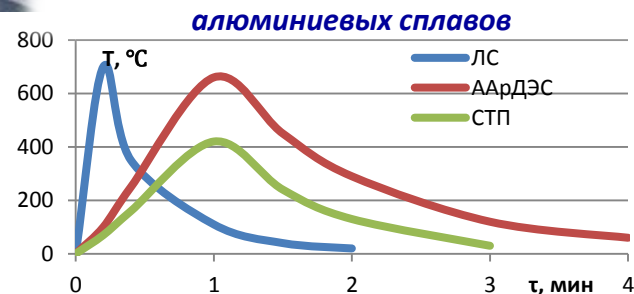
Разработанные технологии обеспечивают:

- **Равнопрочность сварного соединения на уровне основного материала.**
- **Повышение весовой эффективности на 10%.**

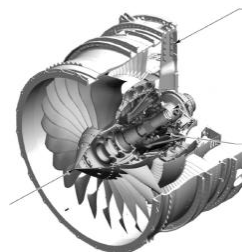
Технологии лазерной сварки



Термические циклы при ЛС, ААрДЭС и СТП

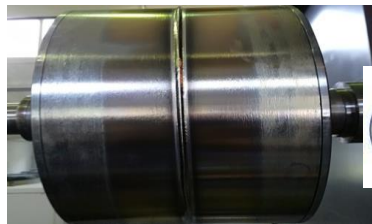


Лазерная наплавка
присадочной
проволокой деталей
«Улитка» из сплава
АД33 (НПО им.
И.Румянцева)

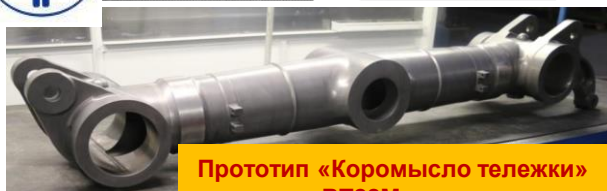
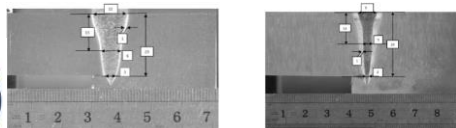


Совместно с **ООО «С 7 Инжиниринг»** запланированы работы по изготовлению и ремонту **47 наименований деталей** компонентов двигателя **CFM56-3/5B/7B / CFMI ESM, SPM / CFMI ESM, SPM.**

Технологии ЭЛС в авиационной отрасли



Имитатор штамповки
элементов шасси
(толщина 25 мм) BT22M



Прототип «Коромысло тележки»
из сплава BT22M

ЭЛС жаропрочных титановых и никелевых сплавов



Применение ЭЛС обеспечивает:
- снижение массы конструкций
по сравнению с болтовыми и
трудоемкости их изготовления
на 10-15%
Область применения:
изготовление сварных роторов
компрессоров ГТД



Электронно-лучевая сварка
зубчатых колес двигателей **ПС-90А,**
ПС-90А-76 на установке из сплава
ЭП415-Ш» для
АО «ОДК-ПМ»

Технологии ЭЛС в атомной энергетике

Технологическая оснастка
для сварки



Турбина К-1200



Сварной пакет
1-ой ступени

В ВИАМ разработана технология электронно-лучевой сварки и осуществлена поставка пакетов лопаток 1-ой и 2-ой ступеней быстроходной паровой турбины К-1200 из сплава 15Х11МФ-Ш.

Решаемые
задачи

- Разработка технологии ЭЛС;
- Верификация режимов ЭЛС;
- Научно-техническое сопровождение разработанных технологий в условиях Заказчика

Серийная поставка сварных заготовок вала ротора турбокомпрессора ТК32



Объем поставок сварных роторов:

2023 г. – 227 шт.
2024 г. (план) – 347 шт.
2025 г. (план) – 500 шт.

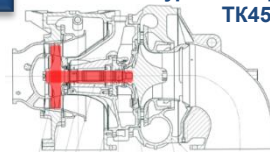
Внедрение разработанной технологии в серийное производство позволило:

- Повысить в 1,5 раза межремонтный период обслуживания турбокомпрессора ТК32;
- Обеспечить высокое качество балансировки ротора и снизить вибрацию турбокомпрессора в 2,1 раза;
- Снизить до 50 % трудоемкость механической обработки и сборки роторов.

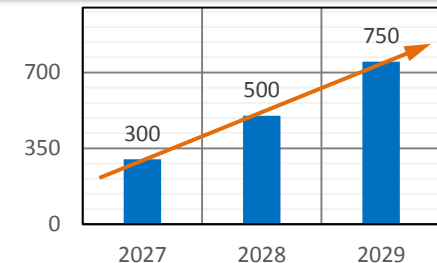
Планируемая поставка сварных заготовок вала ротора турбокомпрессора ТК45 и ТКР34



Турбокомпрессор
ТК45



Планируемый объем поставок сварных роторов:



Изотермическая штамповка дисков



Электронно-лучевая сварка вал ротора турбокомпрессора



Сварной вал ротора турбокомпрессора ТК32



Кооперация серийной поставки



ТЕХНОПАРК
АВИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Турбокомпрессор ТК32



Сварной вал ротора турбокомпрессора ТК32



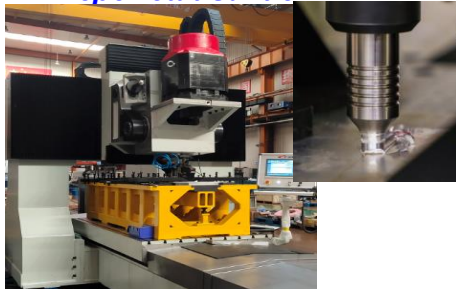
В эксплуатации находится более 1500 локомотивов, дизель-генераторы которых оборудованы системой турбонаддува со сварными роторами производства НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ, наработка превышает 300 тыс. км.

Решаемые задачи

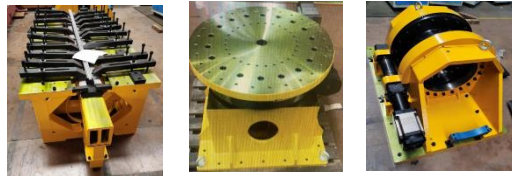
- Разработка технологии ЭЛС;
- Оформление НД на технологию;
- Реализация серийной поставки ДСЕ

Работы по сварке трением с перемешиванием

Участок сварки трением с перемешиванием



Комплекс оснащен специализированной оснасткой :



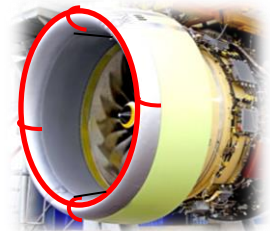
- Обеспечение соединения высокопрочных **алюминиевых сплавов** толщиной до **30 мм**, а также **сплавов на основе титана и никеля** толщиной до **5 мм** за один проход;
- Повышение прочности сварных соединений металлических материалов до уровня не ниже **0,9** от прочности основного металла;
- Выполнение сварных соединений с низким уровнем остаточных напряжений и деформаций.



Разработана технология СТП сплава АК4-14

1. Обеспечение возможности формообразования крупногабаритных элементов мотогондолы;
2. Уровень прочности сварных соединений не ниже 0,9 от прочности основного материала.

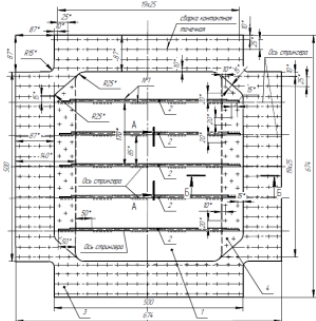
Сварные элементы мотогондолы ПД-35



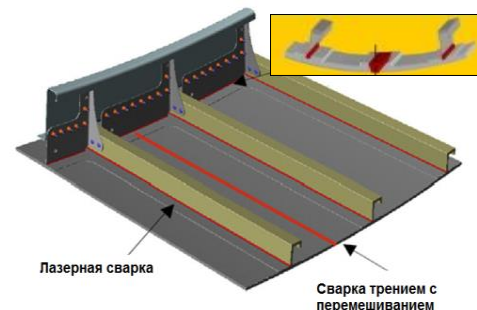
Изготовление сварных КПО элементов фюзеляжа

Разработка чертежей КПО элементов фюзеляжа

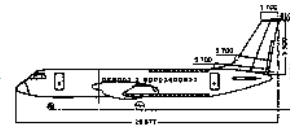
КПО стрингерной панели



Разработка технологии СТП



Проведение испытаний КПО



из сплавов В-1579 и В-1481
применительно к самолету Ил-114



из сплава В-1469
применительно к самолету SSJ-NEW



из сплавов 1151 и В-1213
применительно к СПС

Технологии сварки в твердой фазе для изготовления деталей роторов ГТД и ГТУ

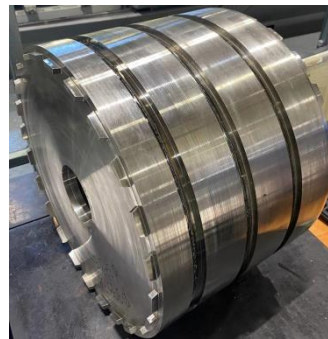
В рамках Реализации Критической технологии №4 проводится разработка технологий создания неразъемных соединений деталей роторов ГТД из жаропрочных никелевых сплавов применительно к изд. ПД-35

Кольца диаметром
200-400мм

Внешний вид модельной секции



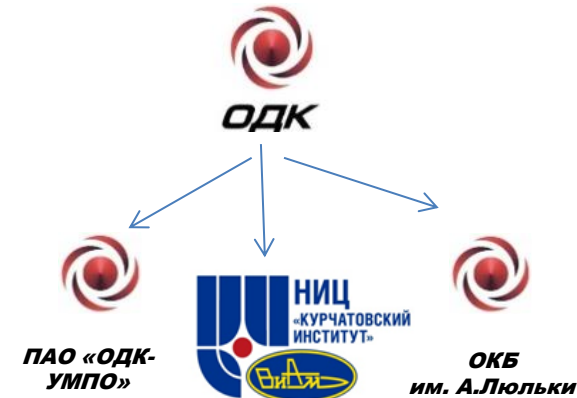
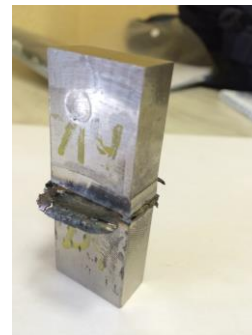
гранулируемые
жаропрочные
никелевые
сплавы
ВВ751П
ВЖ178П



Планируется проведение НИР «Разработка технологии ротационной сварки трением деталей роторов ГТД из жаропрочных никелевых сплавов» применительно к изд.30

Технологии линейной сварки трением для изготовления «блисков»
компрессоров и турбин ГТД

Образец, полученный ЛСТ



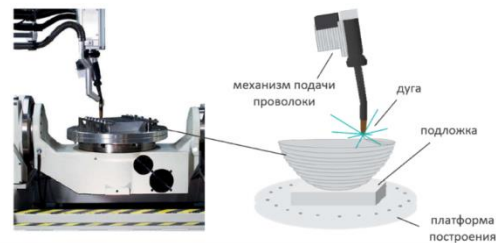
совместно с ПАО «ОДК-УМПО»
отработана технологии ЛСТ жаропрочных
никелевых,
титановых в т.ч. интерметаллидных сплавов.

Исследованы сочетания:

- **ВКНА-1ВР** (лопатка) + **ЭП975ИД** (диск);
- **ВТ41** (лопатка) + **ВТ8-1** (диск)

Технология WAAM — аддитивное производство методом электродуговой наплавки проволоки

Установка
электродуговой наплавки
проволоки



Технологический цикл



Создание CAM программы



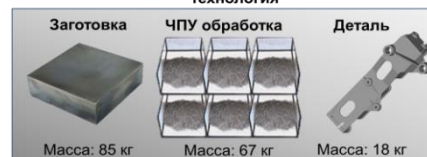
3D печать заготовки



Финишная механическая обработка

Технология и имеющиеся производственные мощности позволяют изготавливать в пятиосевом режиме детали с массой до **150 кг** и максимальными размерами изделий **700x700x720мм** из проволок титановых, никелевых, алюминиевых, кобальтовых сплавов и сталей с производительностью процесса до **900 см³/ч**.

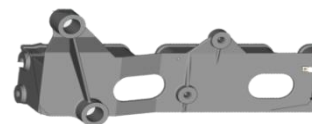
Традиционная технология



Технология электродуговой наплавки проволоки



НИИ «Курчатовский институт» – ВИАМ разрабатывает режимы наплавки проволоки из конструкционных металлических материалов на основе Fe, Ni, Ti, Al



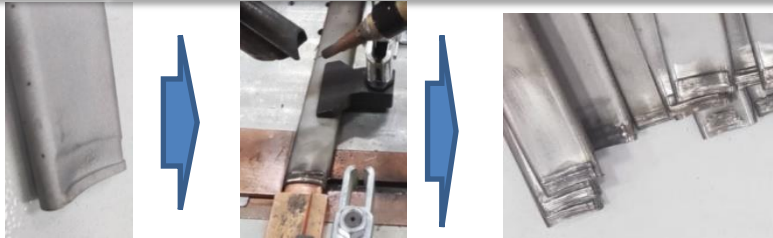
Преимущества технологии WAAM:
сокращение производственных затрат до 80 %;
увеличение КИМ до 70%.

В кооперации с поставщиками проволоки осваивается изготовление ответственных ресурсных деталей **из титановых, никелевых, алюминиевых, кобальтовых сплавов и сталей** для авиационной, ракетно-космической, энергетической, атомной и других промышленности

Разрабатываемые в НИЦ «Курчатовский Институт» - ВИАМ технологии восстановления и ремонта деталей ГТД и ГТУ

Решаемые задачи

Разработка технологии ремонта охлаждающих вставок лопаток турбины ГТУ методом наплавки проволокой для ООО «СТГТ»



Решаемые задачи

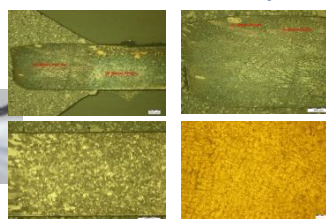
- Разработка технологий ремонта лопаток КВД из стали марки ЭП517 и сплава ЭП718 методами прямого лазерного выращивания и электродуговой наплавки проволоки для ПАО «ОДК-Кузнецов»



РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛОПАТОК КВД Структура наплавленного материала

Прямое лазерное выращивание

Электродуговая наплавка проволоки



Импортозамещение

Решаемые задачи

Разработка технологии восстановительного ремонта турбинных лопаток из сплава In738 методом высокотемпературной пайки для ООО «СТГТ»

Решаемые задачи П.П.

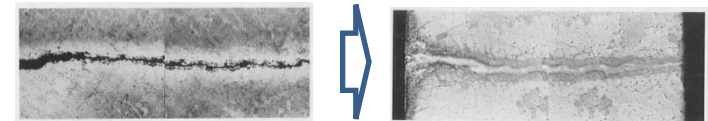
Разработка технологий ремонта контактных поверхностей соединений «шип-паз» дисков ТНД из сплава ЭП741НП методами ПЛВ и лазерной наплавки проволоки для АО «ОДК-Климов»

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ РОТОРНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИНЫ

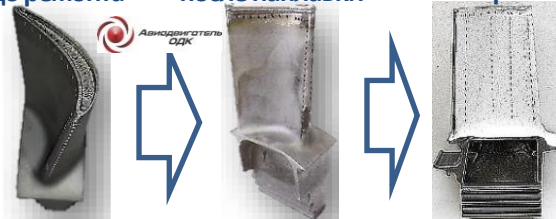


Решаемые задачи П. 1.1 ПЛАНА

Разработка технологии фтор ионной очистки деталей ГТД применительно к ремонту методом высокотемпературной пайки для предприятий АО «ОДК»



РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛОПАТОК ТВД до ремонта после наплавки после ремонта



Решаемые задачи П.П. 2.1.1. ПЛАНА

Разработка технологий ремонта торцов монокристаллических РЛ ТВД из сплава ВЖМ4 методами прямого лазерного выращивания и лазерной наплавки проволоки для АО «ОДК»

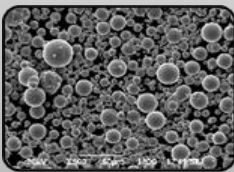
Решаемые задачи П. 2.5.1 ПЛАНА

Разработка технологии восстановления посадочных поверхностей и геометрии деталей (лопатки, диски, валы, тяги и т.д.)

Производство различных видов полуфабрикатов припоев в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ

**Порошки
припоев**

**Атомайзер с
защитной
атмосферой**



- Узкий гранулометрический состав
- Низкое содержание кислорода
- Сферическую форму гранул

- Возможность нанесения клеевого слоя
- Длительный срок хранения
- Широкая номенклатура размеров

**Ленты
порошковых
припоев на
органическом
связующем**



**Высокоточные
вальцы**



**Проволока низко-
температурных
припоев**



**Пресс
гидравлический**



- Высокая стабильность диаметра
- Равномерный химический состав
- Широкая номенклатура размеров

- Малое отклонение по толщине
- Равномерный химический состав
- Малое количество дефектов

**Полосы высоко-
температурных
припоев**



**Прокатный
стан**



Припой и технологии пайки применяемые при изготовлении и ремонте ГТД

Марка	Траб, °С	Применение
Медно-никелевые припой		
ВПр1	600	Детали компрессора, трубопроводы, топливные коллектора
ВПр4	600	
Титановые припой		
ВПр16	600	Трубопроводы, сотовые панели, конструкции типа «блиск» и «блинг»
ВПр28	400	
Никелевые жаропрочные припой		
ВПр24	1100	Рабочие лопатки, блоки сопловых аппаратов, сотовые и волокнистые уплотнительные материалы для горячего тракта, дефлектора сопловых лопаток, теплообменники, топливные коллектора, ремонт деталей ГТД
ВПр36	1150	
ВПр37	1200	
ВПр42	1000	
ВПр44	1150	
ВПр50	1000	
ВПр56	1000	
ВПр63		Аналог Amdry DF4B
ВПр64		Аналог Co333
ВПр65		Аналог Amdry DF3



Рабочие и сопловые лопатки ГТД



Направляющие аппараты КВД

уплотнительные материалы



ремонт деталей ГТД

теплообменники трубопроводы



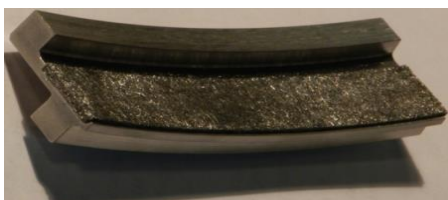
Технологии высокотемпературной пайки

ОБЕСПЕЧИВАЮТ:

- совместимость с защитными покрытиями и термообработкой соединяемых материалов;
- жаропрочность паяных соединений на уровне жаропрочности основных материалов;
- возможность ремонта деталей из жаропрочных никелевых сплавов



заглушек знаковых
отверстий
уплотнительных
материалов



трубопроводов
конструкций типа
«блиск»



бандажных полок



Направляющих
аппаратов КВД



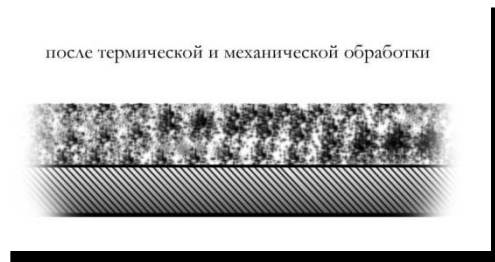
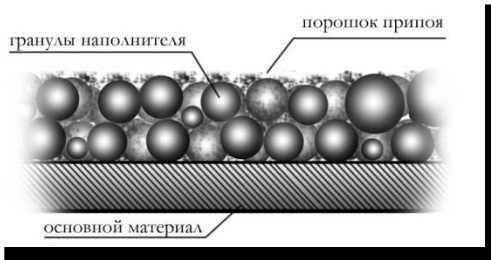
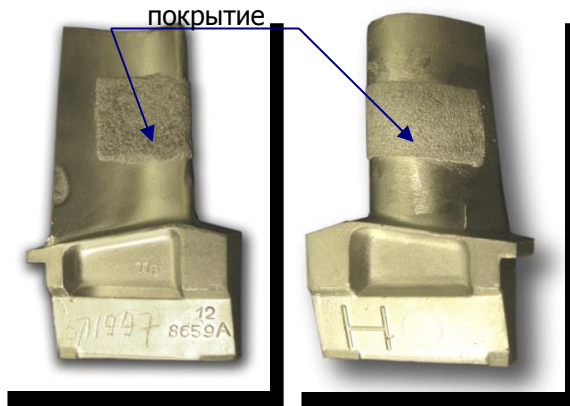
ТОПЛИВНЫХ
коллекторов
теплообменников,
трубопроводов и др

ремонт
деталей ГТД



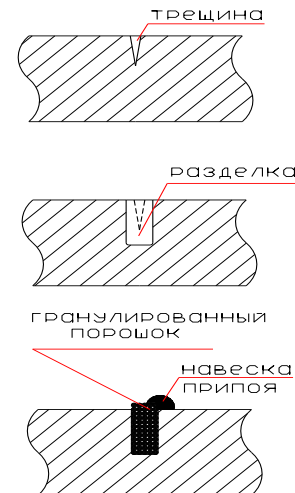
Композиционное наплавочное покрытие

Ремонтируемые дефекты:
- эрозионные повреждения
- забоины



Композиционная напайка

Ремонтируемые дефекты:
- прогары
- трещины



Детали из сплава - ЖС6У
Уровень длительной (100 ч) прочности
при 1000°C – 12-13 кгс/мм²
(70-75% от прочности сплава ЖС6У)



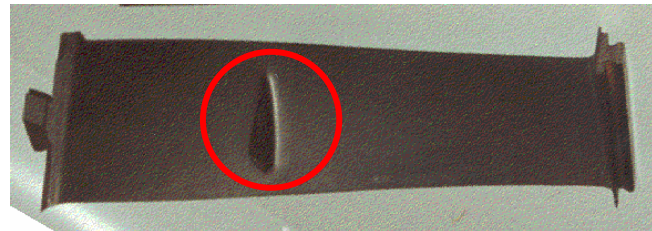
конструкция типа блиск



конструкция типа «блинг»



ротор с покрывным диском



упрочнение бондажных полок

Применение:

- изготовление конструкции типа «блиск»
- изготовление конструкции типа «блинг»
- пайка статорных лопаток
- пайка покрывного диска
- упрочнение изнашиваемых поверхностей
- ремонт поверхностных дефектов

Обеспечивает:

- снижение трудоемкости изготовления
- увеличение КИМ на 20-40%
- прочность паяных соединений (ВПр16) на уровне 0,9-0,95 от прочности соединяемых материалов
- повышение износостойкости в 10-30 раз



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**



Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17
Телефон: +7 (499) 261-86-77

E-mail: admin@viam.ru
www.viam.ru