



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов



Перспективные способы сварки алюминиевых сплавов в авиастроении Weldex 2024.

**«Новое в сварке, наплавке при
производстве изделий из алюминия и
алюминиевых сплавов»**

Докладчик:

Пантелеев

Михаил Дмитриевич

К.Т.Н.,

начальник сектора



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

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

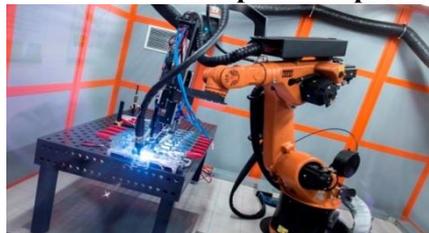
Технологии сварки плавлением

Комплекс электронно-лучевой сварки

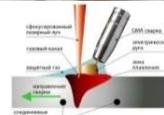
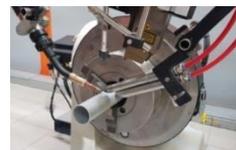


Производственная мощность
- до 5000 образцов/год
- до 1000 валов /год

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:

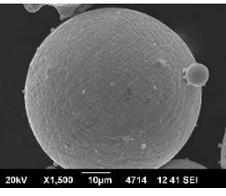
- - возможность соединения трудносвариваемых и несвариваемых материалов методами сварки плавлением;
- - малые сварочные напряжения и деформации;
- - высокую прочность сварного соединения.

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



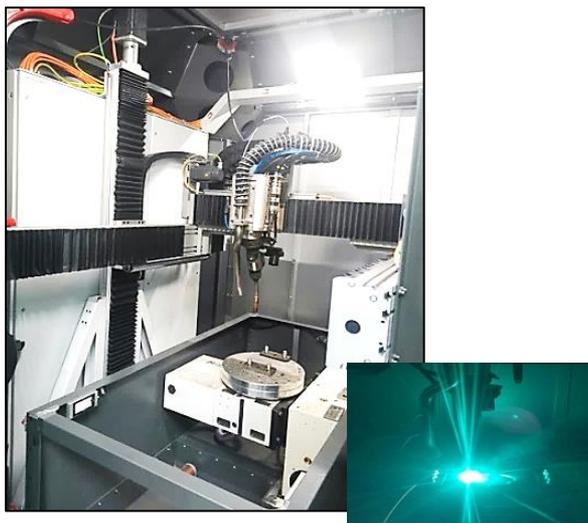
Проволока низко-температурных припоев
Производственная мощность –
до 1000 кг/год



Полосы деформируемых припоев
Производственная мощность –
до 500 кг/год

Технология WAAM — аддитивное производство методом электродуговой наплавки проволоки

Установка электродуговой наплавки проволоки



Технологический цикл



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



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

Отработанные на оборудовании НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ режимы наплавки материалов на проволоке Ø 1,2мм:

- Титановые сплавы с базовым режимом от сплава **Ti6AL-4V**;
- Жаропрочные никелевые сплавы с базовым режимом от сплава **Inconel718**;
- Алюминиевые сплавы с базовым режимом от сплава **Al 5183**.

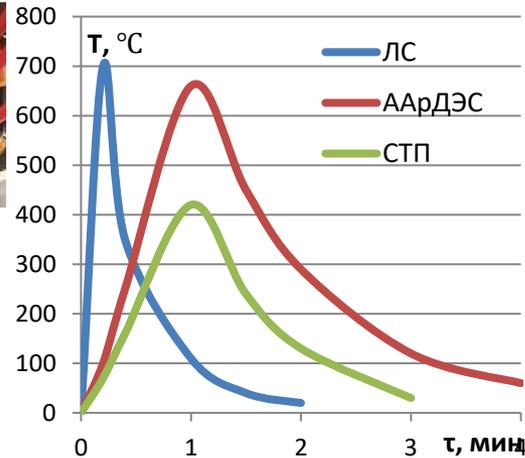
В кооперации с поставщиками проволоки осваивается изготовление ответственных ресурсных деталей **из титановых, никелевых, алюминиевых, кобальтовых сплавов и сталей** для авиационной, ракетно-космической, энергетической, атомной и других промышленности

Методика проведения работ по сварке термически упрочняемых алюминиевых сплавов

Отработка технологии ЛС

Термические циклы при ЛС, ААрДЭС и СТП алюминиевых сплавов

Отработка технологии СТП



Изготовление сварных КПО элементов фюзеляжа

Разработка технологии сварки

Разработка чертежей КПО

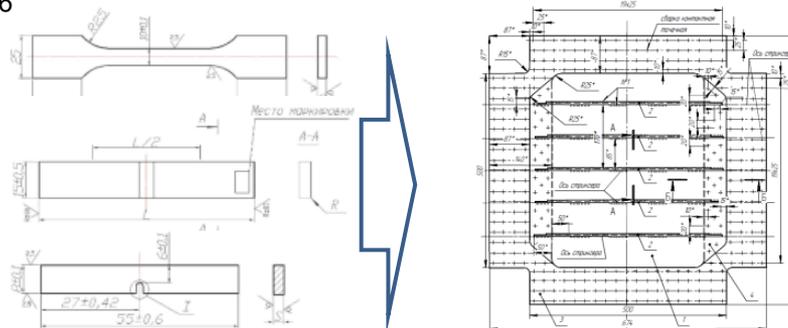
Изготовление и испытание КПО

по ГОСТ 6996

Тип XIII

Тип XXVIII

Тип VII



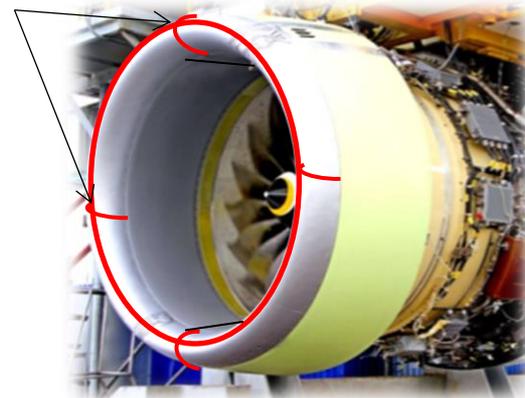
Задача:

Разработка технологии соединения жаропрочного алюминиевого сплава, обеспечивающей возможность последующего формообразования элементов воздухозаборника мотогондолы перспективного двигателя.

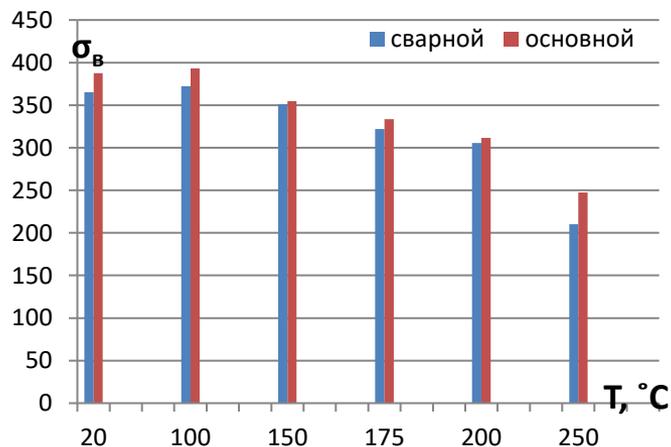
Требования к сварной конструкции:

- Уровень прочности сварных соединений не ниже 0,9 от прочности основного материала;
- Пластичность сварных соединений не ниже основного материала;

Сварные элементы
мотогондолы



Прочность сварных соединений при
повышенных температурах



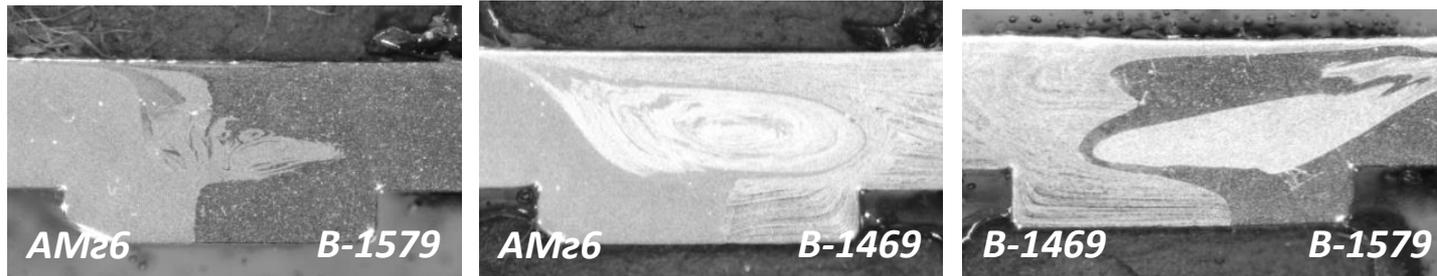
Результаты испытаний на статический изгиб
по ГОСТ 6996-66 (средние значения)

Вариант проведения испытаний	Сварной шов	Основной материал
в поперечном направлении	80	55
в продольном направлении	70	70

Дополнительные сведения паспорт на сплав АК4-1ч содержат характеристики сварных соединений: σ_{B}^{20} , σ_{B}^{100} , σ_{B}^{150} , σ_{B}^{200} , σ_{B}^{250} , α , КСУ, МЦУ, МКК, РСК, σ_{100}^{150} , σ_{100}^{200} , σ_{100}^{250} , σ_{1000}^{150} , σ_{1000}^{200} , σ_{1000}^{250} .

ТР «Сварка трением с перемешиванием листов из алюминиевого сплава марки АК4-1ч»

Макроструктура сварных соединений



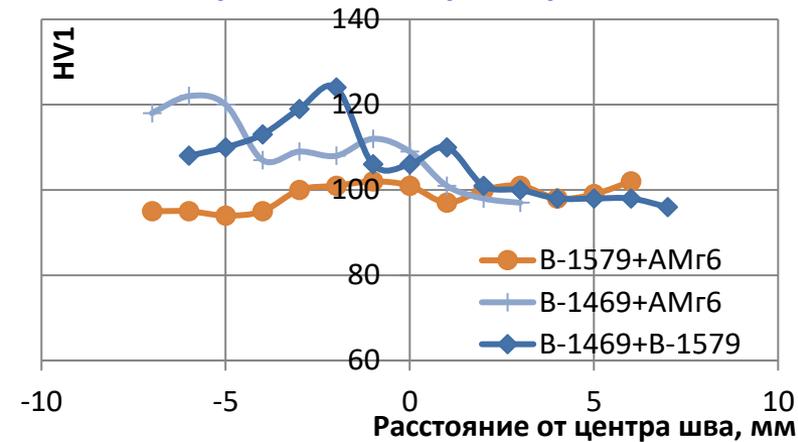
Потенциальное применение в РКТ



Механические свойства сварных соединений одноименных и разноименных сочетаний алюминиевых и алюминий-литиевых сплавов

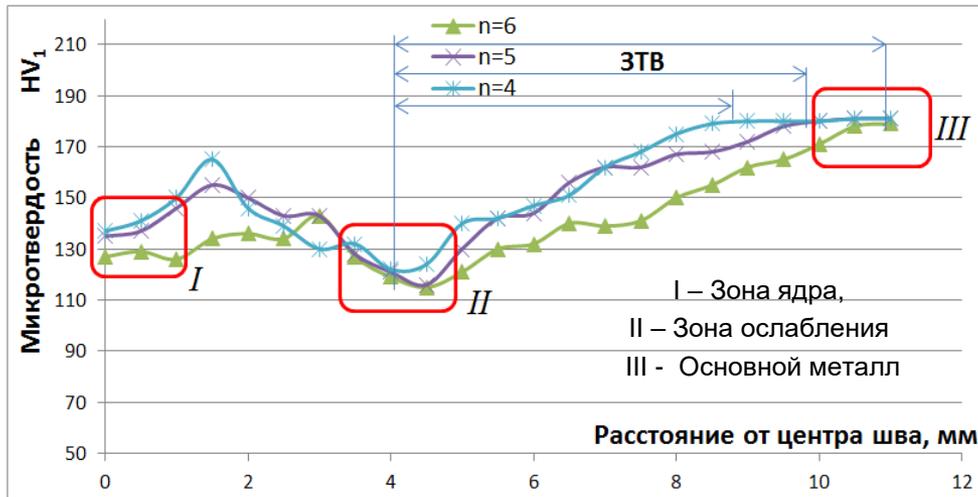
Марка сплава	Механические свойства сварных соединений			
	σ_B , МПа	$\sigma_{B\text{св.с.}}/\sigma_{B\text{о.м.}}$	α , град	$KCU_{\text{сред}}$, кДж/м ²
B-1469	440	0,8	90	280
B-1579	380	0,95	120	250
AMg6	340	0,95	125	180
B-1469+B-1579	360	0,9	140	260
AMg6+B-1579	325	0,94	180	200
AMg6+B-1469	345	0,98	130	220

Распределение микротвердости



Формирование структуры сварных соединений прессованной панели высокопрочного алюминий-литиевого сплава В-1469

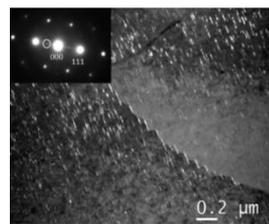
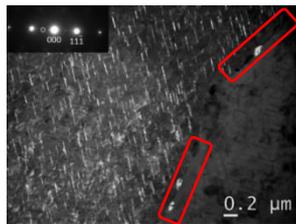
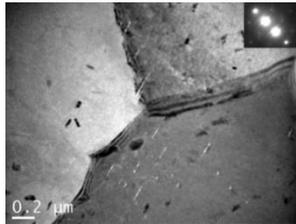
Распределение микротвердости



Сварка трением с перемешиванием КПО верхней панели крыла



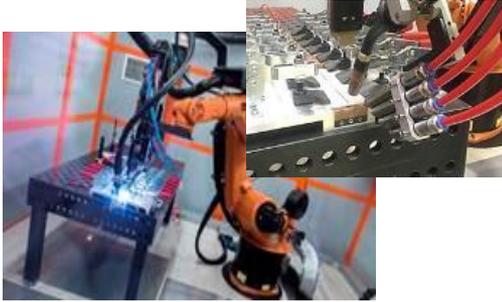
Испытания на сжатие



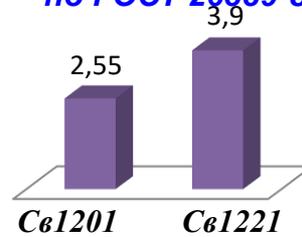
Наименование панели	Нагрузка потери устойчивости P_{max} , тс	
	Расчет КБ	Результат
Двухстрингерная панель из сплава В950ч	70	-
Панель крыла из сплава В-1469	83	109

Технология изготовления панели крыла из сплава В-1469, по сравнению с прототипом из сплава В950ч, обеспечивает: снижение веса элементов конструкции на 15 %; увеличение несущей способности конструкции на 50 %.

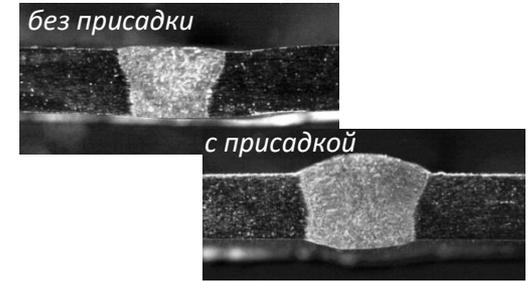
Отработка технологии ЛС



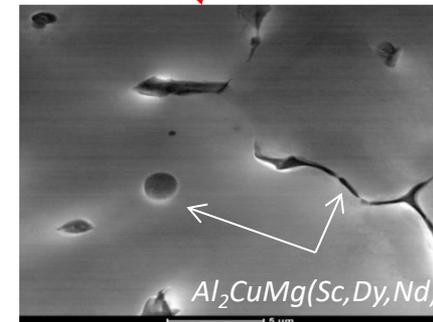
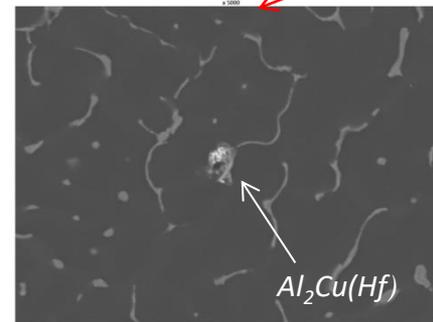
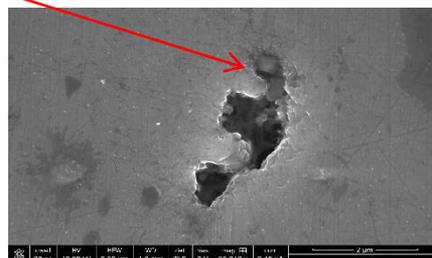
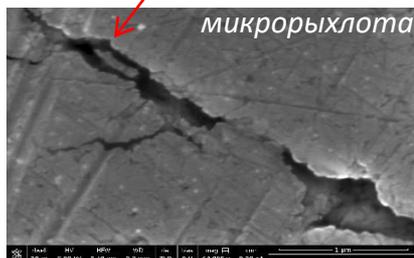
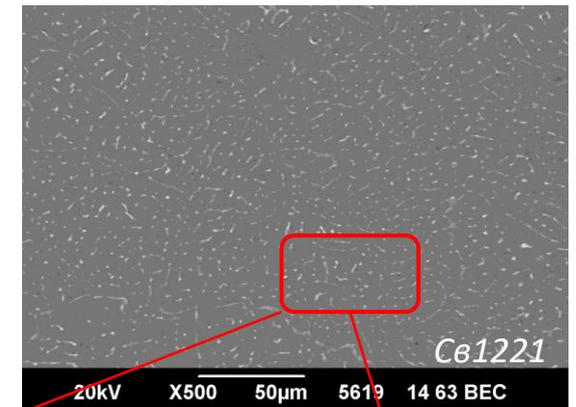
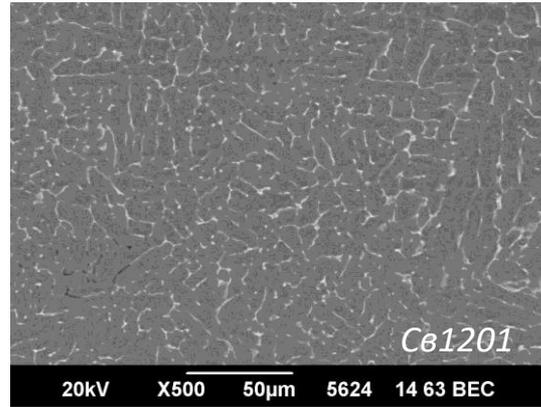
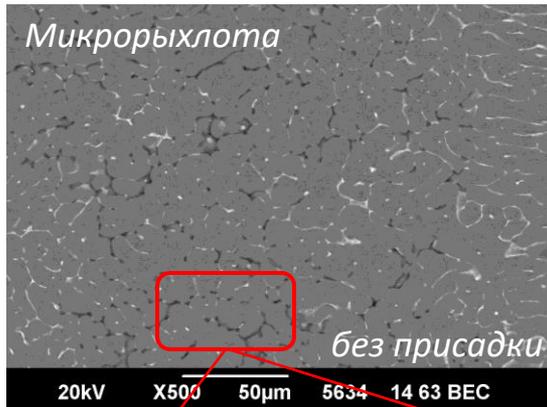
Исследование свариваемости по ГОСТ 26389-84



Макроструктура сварных соединений



Микроструктура сварных соединений



Разработка технологии сварки

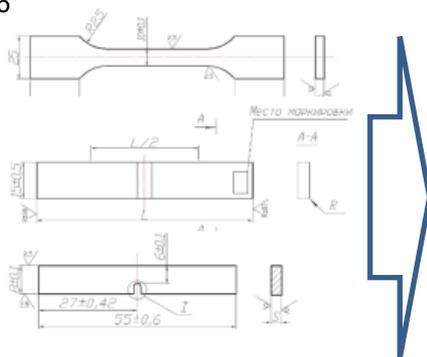
Механические характеристики сварных соединений алюминиевых сплавов

по ГОСТ 6996

Тип XIII

Тип XXVIII

Тип VII



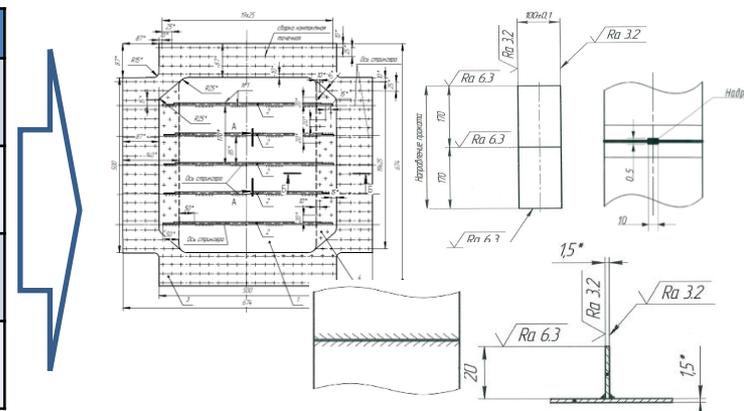
Марка сплава	Марка присадочного материала	Механические свойства		
		σ_B , МПа	$\sigma_{B\text{ св.с.}}/\sigma_{B\text{ о.м.}}$	α , град
B-1469 (Al-Cu-Li)	без присадки	335	0,6	54
	СВ1221 (Al-10Cu-P3M)	430	0,8	55
B-1481 (Al-Cu-Li)	СВ1201	370	0,7	73
	СВ1221 (Al-10Cu-P3M)	420	0,8	64
B-1213 (Al-Cu-Mg)	СВ1201	385	0,8	54
B-1579 (Al-Mg-Sc)	СВАМГ5	405	0,9	102

Использование присадочных материалов подавляет образование горячих трещин, улучшает формирование сварного шва и повышает механические свойства сварных соединений

Оформление технологии лазерной сварки

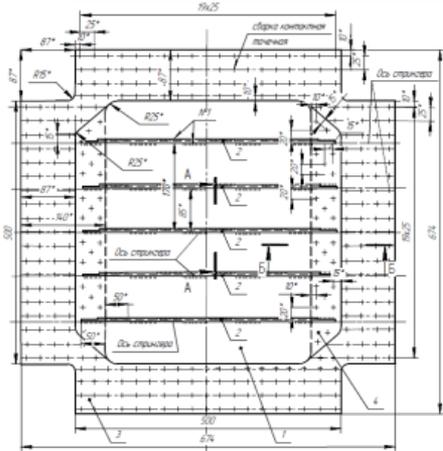
Изготовление и испытание КПО

№ ТР	Название
ТР 1.2.3030-2022	Лазерная сварка жаропрочных алюминиевых сплавов марок B-1213
ТР 1.2.2902-2021	Лазерная сварка элементов фюзеляжа из алюминий-литиевого сплава марки B-1469
ТР 1.2.2571-2017	Лазерная сварка алюминий-литиевого сплава B-1481
ТР 1.2.2572-2017	Лазерная сварка алюминиевого сплава B-1579

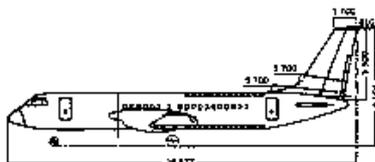


Разработка чертежей КПО элементов фюзеляжа

КПО стрингерной панели

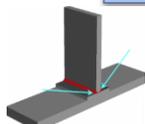


из сплавов В-1579 и В-1481



Изготовлен конструктивно-подобный образец сварной панели фюзеляжа Ил-114

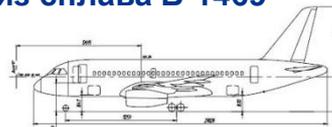
Разработка технологии лазерной сварки



Разработанные технологии обеспечивают:

- Весовую эффективность не менее 10%;
- Повышение несущей способности;
- Снижение трудоемкости изготовления.

из сплава В-1469



Изготовлены сварные КПО элементов фюзеляжа применительно к самолету SSJ-NEW.

Проведение испытаний КПО



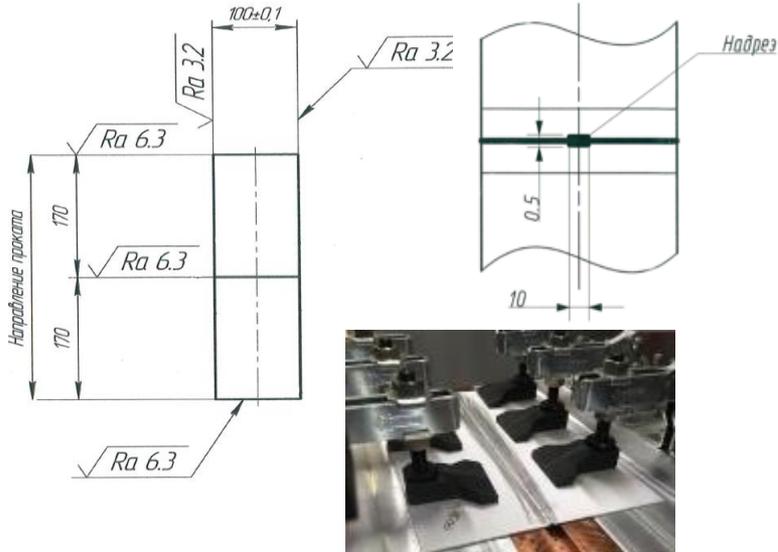
из сплава В-1213



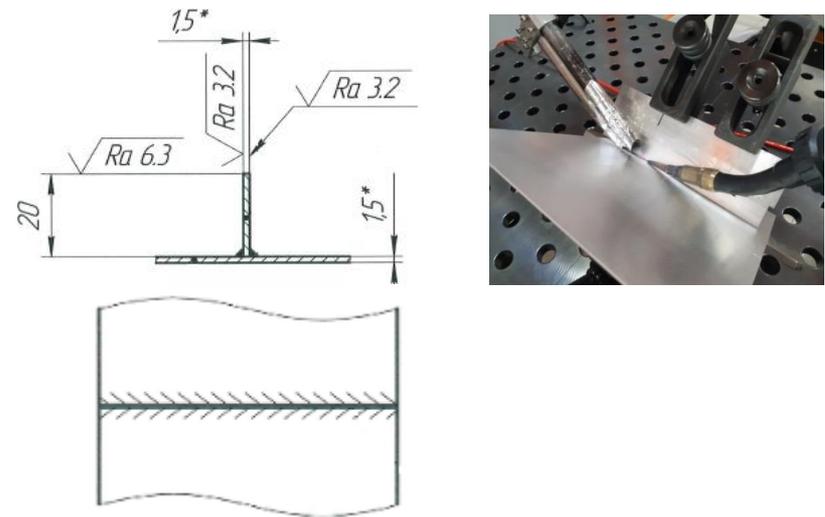
Изготовлены сварные КПО панелей фюзеляжа применительно к сверхзвуковому пассажирскому самолету

Изготовление плоских КПО элементов фюзеляжа из алюминий-литиевого сплава В-1469, выполненных ЛС и СТП

Плоские сварные КПО с надрезом



Плоские сварные КПО со стрингером



Сварные заготовки КПО

выполненные СТП



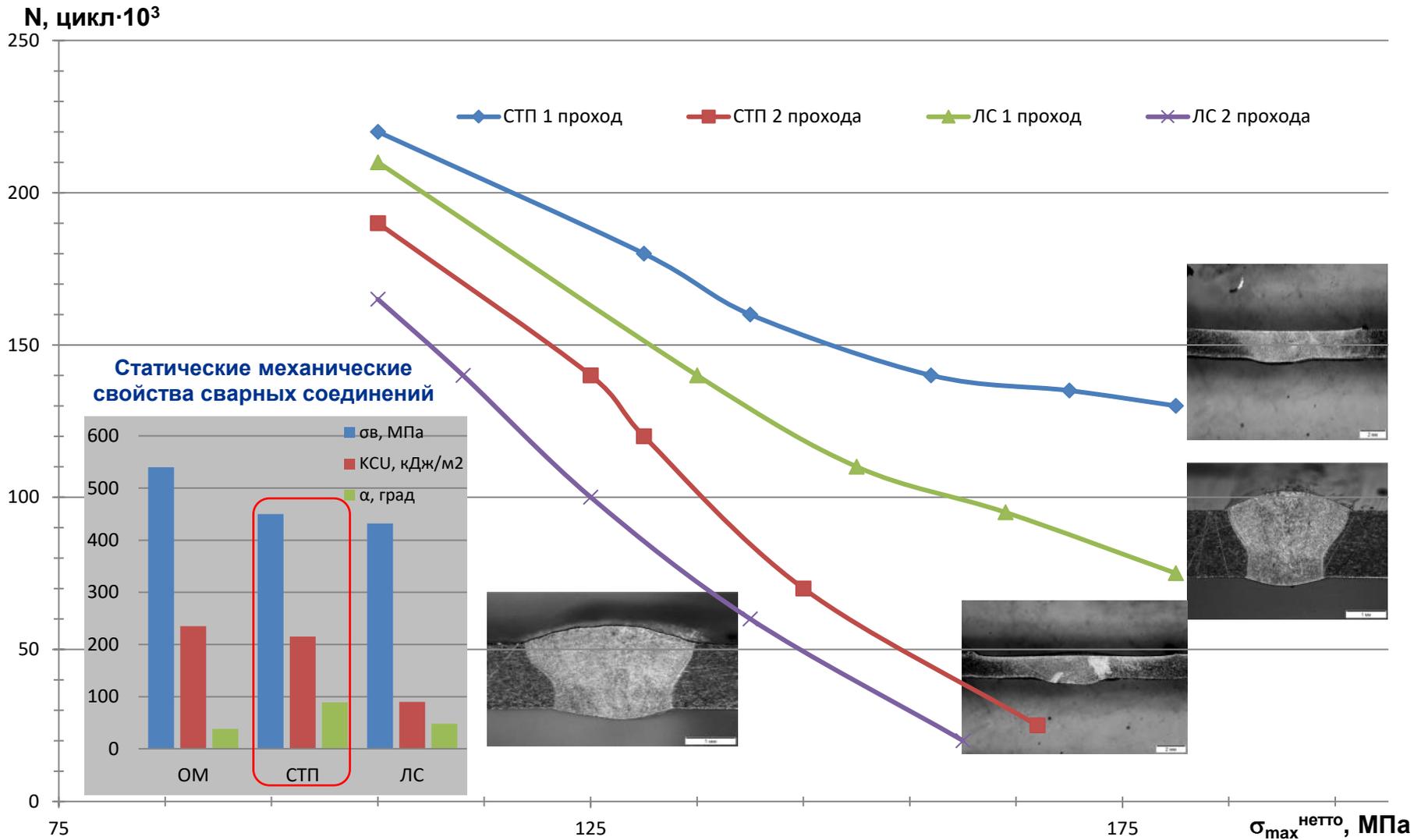
выполненные ЛС



Сварные КПО

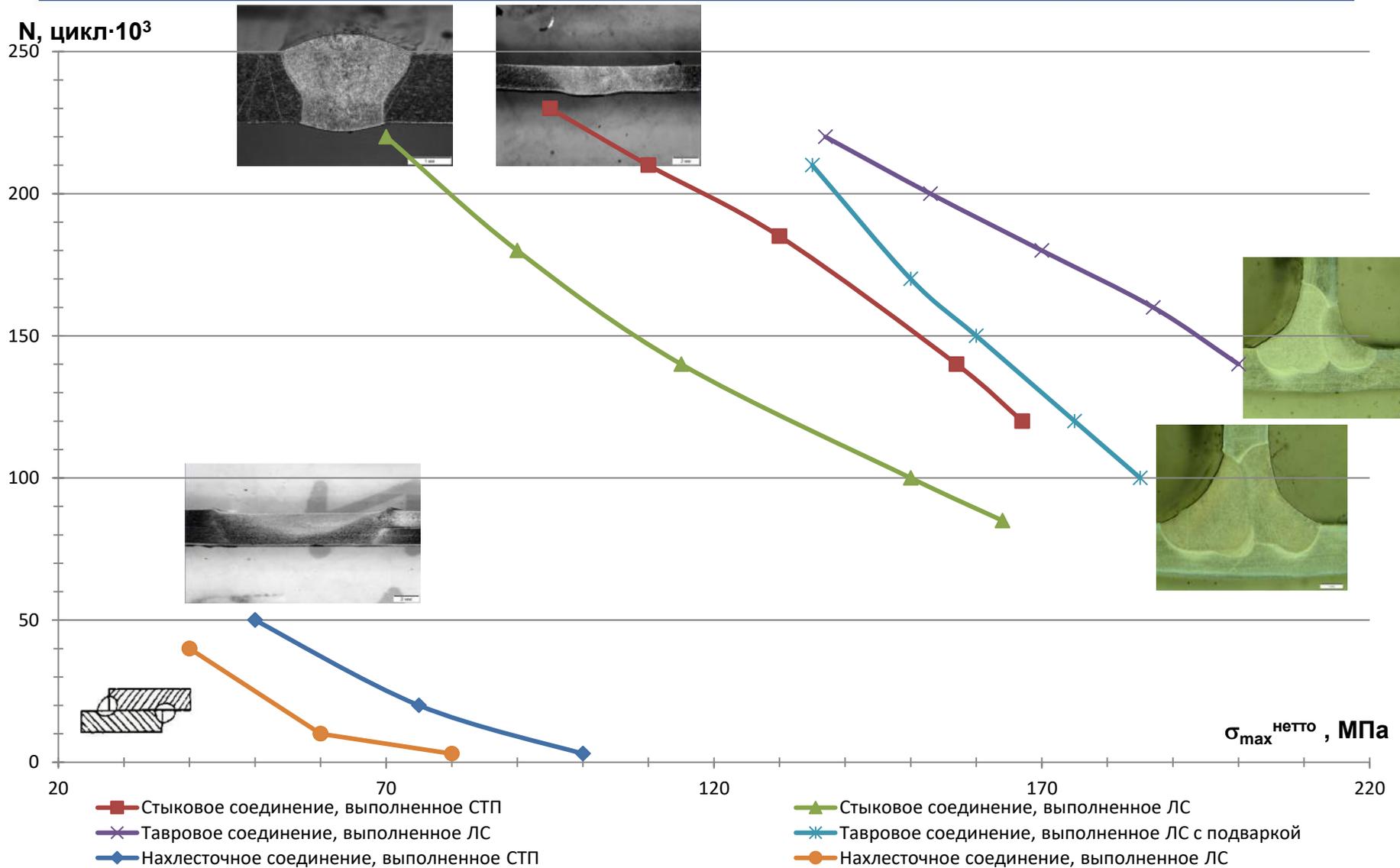


Влияние ремонтных подварок на МЦУ стыковых соединений сплава В-1469, выполненных ЛС и СТП

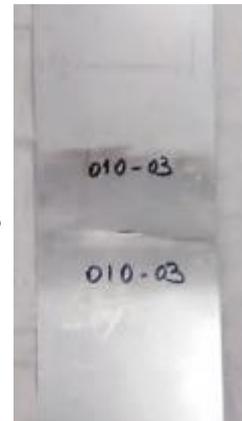
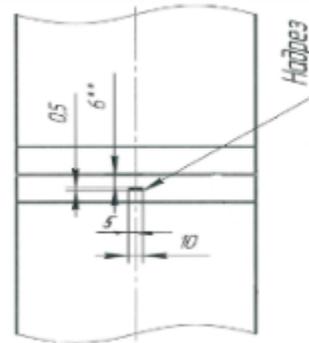
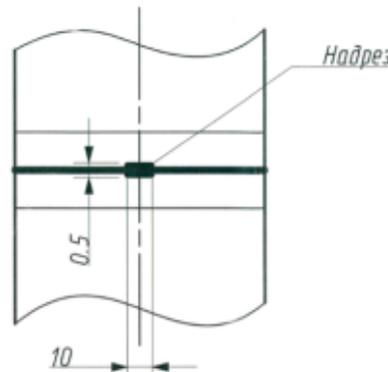
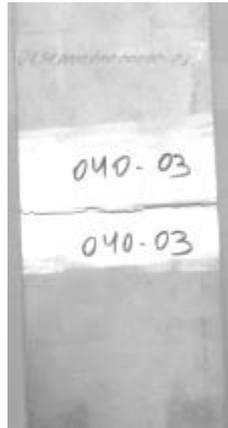
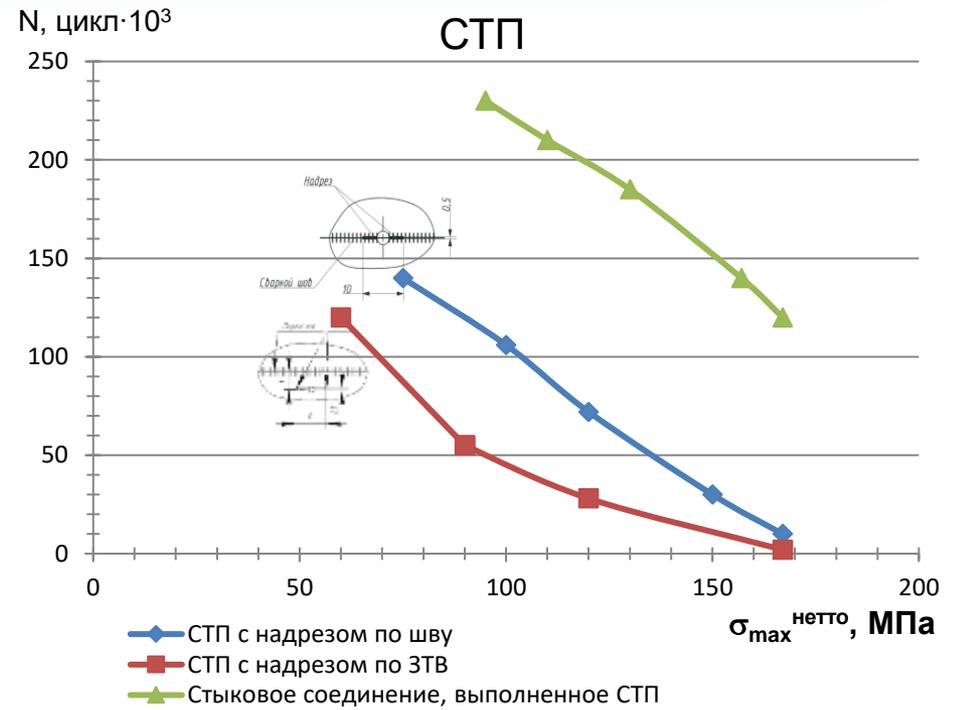
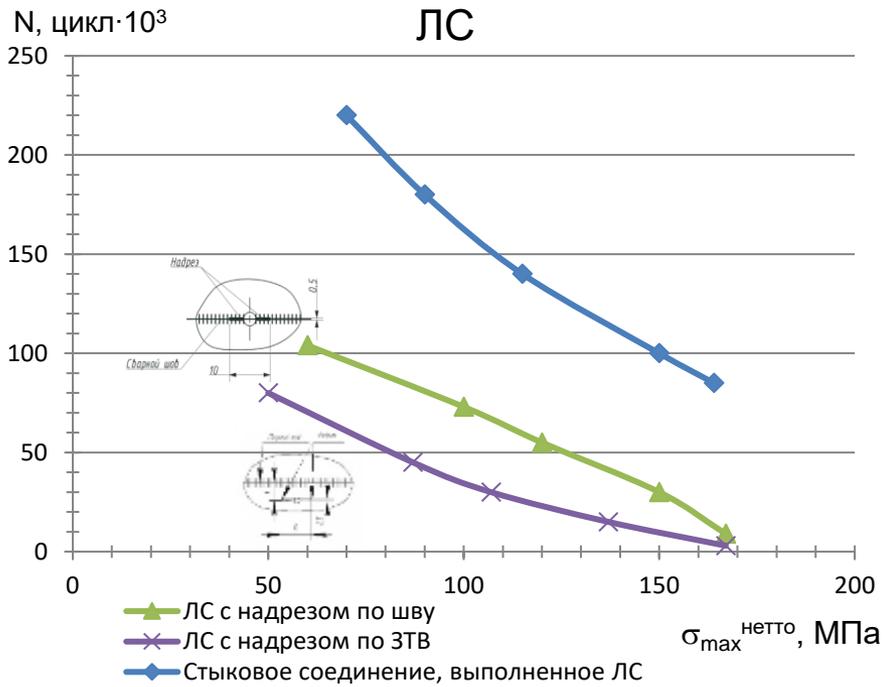


МЦУ различных типов сварных соединений сплава В-1469, выполненных ЛС и СТП

N , цикл· 10^3



Живучесть сварных соединений сплава В-1469 (МЦУ с надрезом по шву и ЗТВ)



1. В НИЦ «Курчатовский институт»-ВИАМ реализуется комплексный подход к внедрению сварочных технологий - от оценки механических характеристик сварных соединений до испытания КПО.
2. Перспективные способы сварки (ЛС и СТП) обеспечивают высокие значения пластичности и ударной вязкости сварных соединений, при уровне прочности не ниже 0,8 от прочности основного материала.
3. Исследованы различные конфигурации сварных соединений.
Установлено, что:
 - нахлесточные сварные соединения (ЛС и СТП), характеризуется наиболее низкими значениями усталостных характеристик и не рекомендуются для ресурсных конструкций.
 - установлена высокая чувствительность сварных соединений к надрезам.
 - тавровые сварные соединения, выполненные ЛС, обладают достаточно высокими значениями прочности, пластичности и усталости.
4. Достигнутые результаты позволяют рассматривать технологии ЛС и СТП в качестве перспективной альтернативы клепаным соединениям при создании стыковых и тавровых неразъемных соединений алюминиевых сплавов применительно к элементам фюзеляжа.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Докладчик:

Пантелеев
Михаил Дмитриевич



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

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