



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов



ДОКЛАД

Безавтоклавные полимерные композиционные материалы, высокопрочные титановые сплавы и антикоррозионные покрытия разработки НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ для эксплуатации в различных климатических зонах.

Докладчик
Донецкий
Кирилл Игоревич



НИЦ «Курчатовский институт»-ВИАМ
основной разработчик и поставщик материалов для авиационной отрасли страны с 1932 года, более 3200 марок материалов применяют более 100 промышленных предприятий России.



**Полимерные композиционные
материалы разработки
НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ
для безавтоклавного формования**



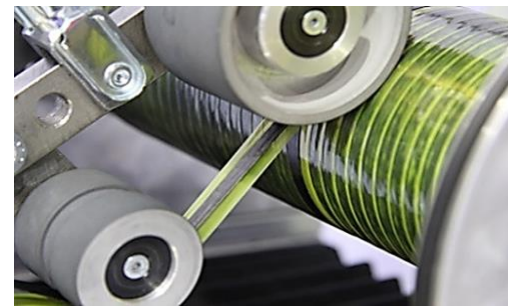
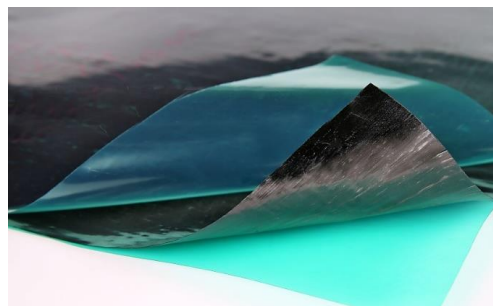
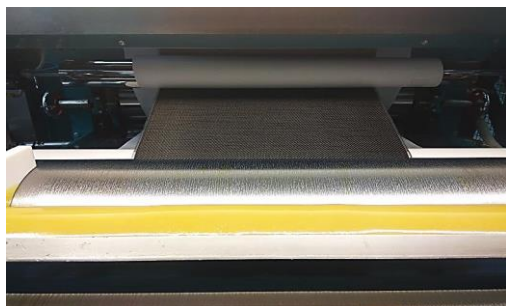
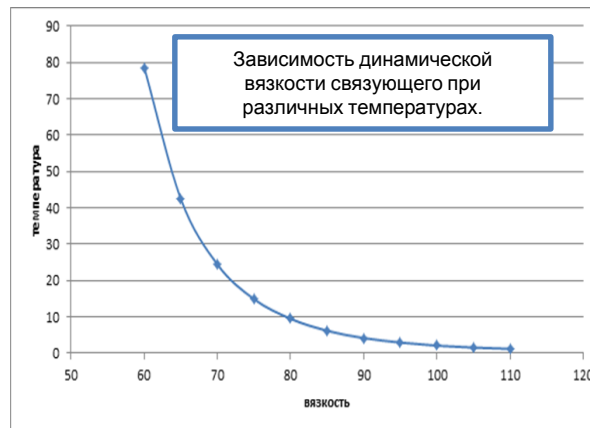
Некоторые свойства углепластика	Значение (армир. $\pm 45^\circ$)	
	- 50 °С	20 °С
Растяжение, МПа	555	540
Сжатие, МПа	380	400
Изгиб, МПа	645	875
Межслойный сдвиг, МПа	64	55
Остаточная прочность после удара (при 20 °С), МПа	-	270

Оценка эффективности материала:

- Образцы из углепластика герметичны при кратковременного воздействия интенсивностью до 295 кгс/см² и длительно действующего интенсивностью до 145 кгс/см² наружного гидростатического давления;
- Технология обеспечивает возможность получения герметичного материала сразу после изготовления пластика без дополнительных работ;
- По запасу плавучести, несущей способности и удельным весовым показателям, характеристики углепластика в целом достаточны для изготовления из них элементов конструкций, работающих при наружном гидростатическом давлении.

Назначение: для создания изделий, эксплуатируемых при воздействии всестороннего гидростатического давления

Основные свойства (при 20 °С)	Значение
Поверхностная плотность препрега, г/м ²	340-350
Толщина монослоя, мм	0,20 ± 0,02
Прочность при растяжении, МПа	1910
Модуль упругости при растяжении, ГПа	127
Прочность при изгибе, МПа	1390
Прочность при сжатии, МПа	1215
Модуль упругости при сжатии, ГПа	125
Пористость, %	Не более 0,3
Температура стеклования, °С	146



Технология переработки: вакуумное формование. Максимальная температура формования: 130 °С

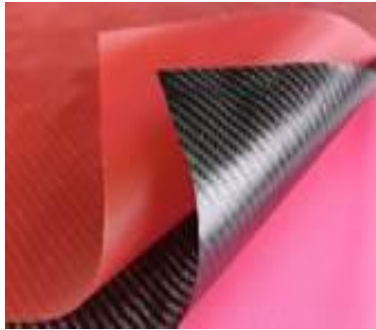


Оценка эффективности материала и технологии изготовления цилиндрического элемента конструкции из углепластика:

- ❑ Технология обеспечивает возможность получения герметичного материала сразу после изготовления пластика без дополнительных работ;
- ❑ Качество рабочих поверхностей углепластика на стадии его переработки достаточно для обеспечения герметичности узла стыковки конструктивно-подобных элементов;
- ❑ Цилиндрические элементы обладают высокой несущей способностью и удельными весовыми показателями при эксплуатации под наружным гидростатическим давлением.



Углепластик на основе препрега из углеродной ткани



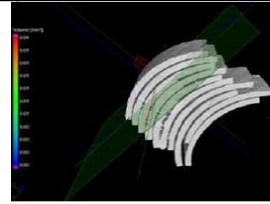
- Технологии изготовления углепластика :
- автоклавное формование препрегов, 5–7 атмосфер
 - вакуумное формование препрегов, около 1 атмосферы

Используется равнопрочная ткань
и расплавное связующее производства ВИАМ.
Выпущена нормативная документация на материал (ТИ
и ТУ на препрег, паспорт на углепластик, ТР на формование
углепластика).



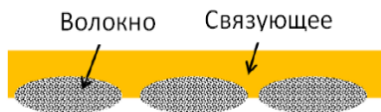
Свойства углепластиков, изготовленных вакуумным и автоклавным формованием

Свойства	Процесс формования	
	вакуумное формование	автоклавное формование
Прочность при растяжении (-60°C/20°C), МПа	890/910	900/920
Модуль упругости при растяжении (-60°C/20°C), ГПа	60/62	64/67
Прочность при сжатии (-60°C/20°C), МПа	850/790	860/800
Модуль упругости при сжатии (-60°C/20°C), ГПа	61/60	60/59
Прочность при изгибе (-60°C/20°C), МПа	990/970	1020/950
Модуль упругости при изгибе (-60°C/20°C), ГПа	58/57	60/59
Температура стеклования, °С	174	174

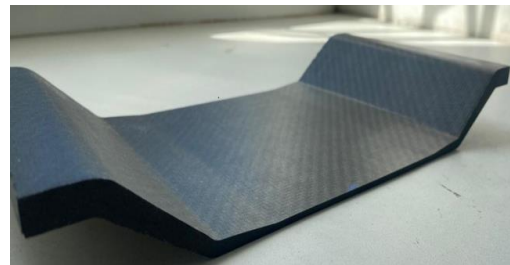
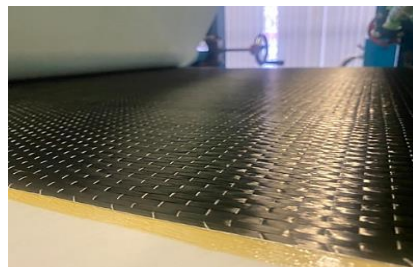
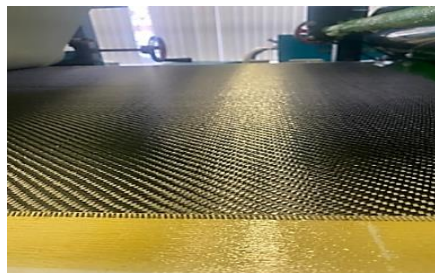


Углепластики марок на основе семипрегов из углеродных наполнителей российского производства и эпоксидного связующего для создания корпусных конструкций

Схематическое изображение семипрега



Собранный пакет слоёв семипрега



Технология переработки: вакуумное формование.
Максимальная температура формования ПКМ: 180 °С (режим – ступенчатый)

Выпущена нормативная документация на материал (ТИ и ТУ на препреги, ТР на углепластики).

Свойства семипрега углепластика и ПКМ на основе однонаправленной ткани

Свойства	Значения
Поверхностная плотность семипрега, г/м ²	313 ± 33
Толщина монослоя, мм	0,20 ± 0,02
Прочность при растяжении (-60°С/20°С), МПа	2040/2130
Модуль упругости при растяжении (-60°С/20°С), ГПа	130/131
Прочность при сжатии (-60°С/20°С), МПа	1095/1040
Модуль упругости при сжатии (-60°С/20°С), ГПа	117/111
Прочность при межслойном сдвиге (-60°С/20°С), МПа	94/83
Температура стеклования, °С	174

Свойства семипрега углепластика и ПКМ на основе равнопрочной ткани

Свойства	Значения
Поверхностная плотность семипрега, г/м ²	313 ± 33
Толщина монослоя, мм	0,20 ± 0,02
Прочность при растяжении (-60°С/20°С), МПа	780/770
Модуль упругости при растяжении (-60°С/20°С), ГПа	60/56
Прочность при сжатии (-60°С/20°С), МПа	706/625
Модуль упругости при сжатии (-60°С/20°С), ГПа	59/54
Прочность при межслойном сдвиге (-60°С/20°С), МПа	61/55
Температура стеклования, °С	174

**Покрyтия для защиты от коррозии
низколегированных сталей
разработки
НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ**

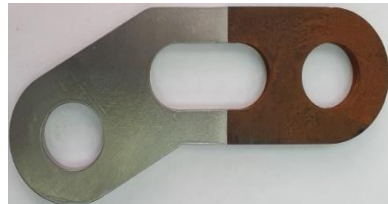
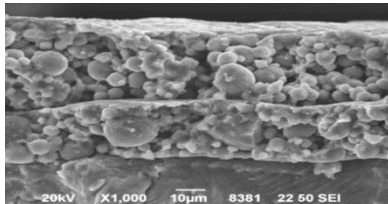
Композиционные покрытия на основе связующего ВАФ-66

Основные технические характеристики

- Не содержит в составе веществ первого класса опасности
- Условная вязкость по ВЗ-2 : 40-120 с
- Покрытие наносится методом пневматического распыления или окраской кистью
- Толщина слоя покрытия 20 - 30 мкм;
- Расход при двухслойном нанесении – 200 - 250 г/м²;
- Термоотверждение при 200 °С;

Свойства покрытий

- Формирование покрытий с различными функциональными свойствами за счет применения порошковых наполнителей (защитные, изоляционные, твердосмазочные);
- Адгезионные свойства к широкому набору металлических материалов, **не ниже 1-го балла по ГОСТ 15140**;
- Возможность **эксплуатации** при температурах **до 600°С**;
- **Высокая защитная способность** не менее 2500 ч при испытаниях в КСТ



ХГН-покрытие на основе порошка ВПХ-1

Основные технические характеристики:

- Содержание металлического алюминия не менее 60 % масс;
- гранулометрический состав – размер частицы порошка не более 50 мкм
- Покрытие наносится на оборудовании типа Димет
- Толщина покрытия 20 - 2000 мкм²;
- Расход при нанесении – 1000 г/м²;

Свойства покрытий

- Формирование защитного покрытия на стальных деталях с **высокой коррозионной стойкостью и защитной способностью**: не менее 3000 ч при испытаниях в КСТ;
- Адгезионные свойства к сталям не ниже 30 МПа;
- Температура **эксплуатации до 300°С**;
- Возможность применения для защиты деталей из высокопрочных сталей;
- **Адгезия ЛКМ не ниже 1-го балла** по ГОСТ 15140;
- Возможность **устранения дефектов** на деталях из алюминиевых сплавов (литье, метод СПС);



Технологии химической и электрохимической обработки деталей из сплава ВАС1

- Предназначены для деталей, изготовленных методом СЛС из МПК алюминиевого сплава ВАС1
- Позволяют сформировать на поверхности деталей неорганические неметаллические покрытия, обладающие хорошей адгезией к ЛКП и высокими защитными свойствами.



Химическая обработка



Электрохимическая обработка

Основные технические характеристики:

Для химической обработки:

- Адгезия ЛКП – 1 балл по ГОСТ 15140
- Коррозионная стойкость: **не менее 168 ч в КСТ**

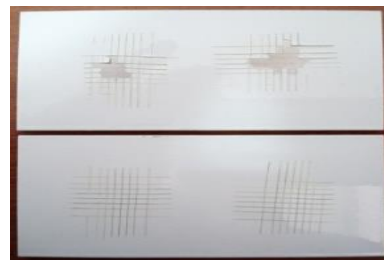
Для электрохимической обработки:

- Адгезия ЛКП – 1 балл по ГОСТ 15140
- Коррозионная стойкость: **не менее 366 ч в КСТ**

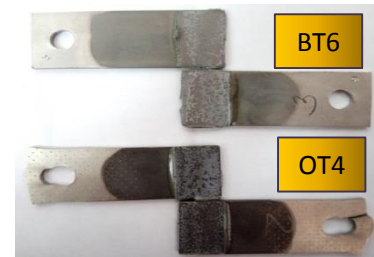
Состав марки ВФС-3



- Предназначен для локальной химической обработки поверхности деталей из титановых сплавов.
- Позволяет сформировать на поверхности деталей из титановых сплавов конверсионное покрытие, обладающее высокой адгезией к полимерным материалам.



Образцы нанесённых ЛКП после испытаний (сверху – механическая подготовка, снизу – подготовка составом ВФС-3)



Образцы клеевых соединений, подготовленных к склеиванию составом ВФС-3, после испытаний

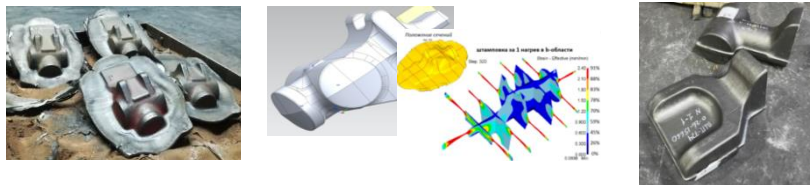
Основные технические характеристики:

- Адгезия ЛКП – 1 балл по ГОСТ 15140.
- Адгезия герметика У-30МЭС-5НТ – 4 кН/м
- Подходит для подготовки деталей под склеивание клеями уровня прочности ВК-36

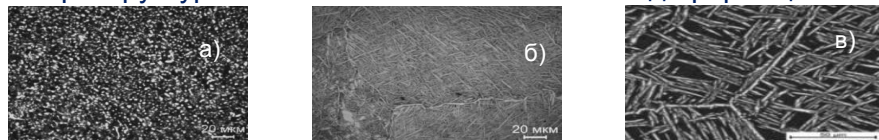
Высокопрочные титановые сплавы
разработки
НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ

Технологии изготовления полуфабрикатов из сплава VT22(M) с β -структурой

Отработана технология изготовления штамповок с заключительной деформацией в β -области и разработаны режимы термической обработки с нагревом в β -области из высокопрочного титанового сплава VT22M, обеспечивающие высокие значения вязкости разрушения.



Микроструктура штамповок с заключительной деформацией:



а) в $(\alpha + \beta)$ -области; б) в β -области; в) ТО с нагревом в β -области

Сплав VT22M	σ_B , МПа	δ , %	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}
Деформация в β -области	1173	10,2	85
Термическая обработка с нагревом в β -области	1160	9,3	80
Деформация и отжиг в $(\alpha + \beta)$ -области	1110	19,5	69

Сплав $\alpha + \beta$ -класса VT23(M)

- Рекомендуется для изготовления силовых (в том числе сварных) деталей и узлов конструкции.
- Возможно изготовление всех видов полуфабриката: от фольг до крупногабаритных поковок.

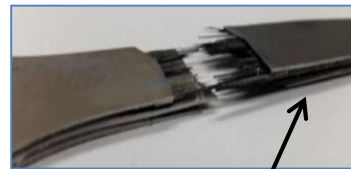


Основные технические характеристики (плиты):

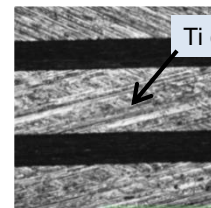
предел прочности $\sigma_B^{20} \geq 1130$ МПа, относительное удлинение $\delta \geq 8,5\%$, ударная вязкость KCU ≥ 370 кДж/м², вязкость разрушения $K_{IC} \geq 90$ МПа·м^{1/2}.

Разработка титанопolyмерного композиционного материала

Разработанные слоистые титанопolyмерные материалы будут иметь пониженную плотность по сравнению с серийным сплавом VT23M и сплавом Ti-6-4 (США), а также превосходить их по пределу прочности при растяжении.



Угле-/органопластик



Ti сплав

- $\sigma_B^{20} \geq 1200$ МПа,
- $E \geq 100$ ГПа,
- $\rho \leq 3,5$ г/см³

Титановые сплавы для крепёжных изделий



ВТ16

$$\sigma_B^{20} = 1030 \text{ МПа}$$

Прочность на разрыв
(болт М6, 20°C) = 18,1 кН
 $\tau_{cp}^{20} = 640 \text{ МПа}$ (винт М6)

Разработаны **ТУ** на прутковые заготовки из сплава ВТ47

ВТ22

$$\sigma_B^{20} \geq 1050 \text{ МПа}$$

Возможно
изготовление
крупного крепежа

Высокопрочный
псевдо-β сплав ВТ35

$$\sigma_B^{20} = 1150..1250 \text{ МПа}$$

Прочность на разрыв
(болт М6, 20°C) = 21 кН

$$\tau_{cp}^{20} = 780 \text{ МПа}$$
 (винт М6)



Получено
Заключение
АО «Нормаль»
о возможности их
применения в
авиационной
технике взамен
титанового сплава
ВТ16, а также
высокопрочных
сталей.

Марка сплава,
прутки

σ_B , МПа

δ_5 , %

τ_{cp} , МПа

КСУ,
кДж/м²

ВТ47

1290

10,5

760

34,0

ВТ16

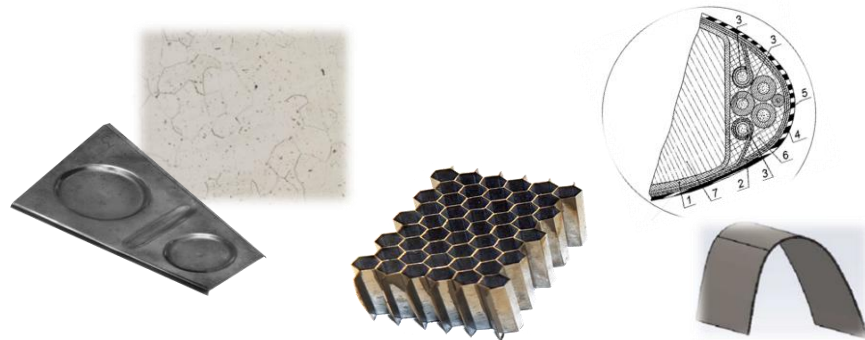
1030

12,0

710

30,0

Тонколистовые полуфабрикаты из сплава ВТ47



Сплав, режим ТО (листы)	Механические свойства			
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5 , %	КСУ, МДж/м ²
ВТ47, (закалка в вакууме)	840-870	830-860	21,0-24,0	0,38-0,51
ВТ47 (закалка и старение)	1210-1270	1120-1180	12,0-15,5	0,39-0,44
ОТ4	690	590	≥ 15,0	-



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

