

**СВЯЗУЮЩИЕ/
УГЛЕРОДНЫЙ ТЕКСТИЛЬ/
ПРЕПРЕГИ/ОСНАСТКА**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ**

WWW.ITECMA.RU



ИТЕКМА

- 4 Термостойкие материалы
- 5 Композиционная оснастка
- 6 Связующие/Препреги
- 7 Клеи
- 8 Углеродные ткани и ленты
- 10 Высокотемпературное связующее ФНИ350
- 14 Высокотемпературный препрег РНТ50
- 16 Конструкционное связующее СБ332
- 18 Оснасточное связующее СБ322
- 20 Оснасточное связующее ТО-29-2
- 22 Оснасточное связующее ТО200
- 24 Конструкционное связующее Т26
- 26 Эпоксидное связующее ТК123
- 28 Эпоксидное связующее Т20-60
- 30 Эпоксидный препрег Т107
- 32 Безавтоклавный препрег В180
- 34 Бисмалемидный препрег М250

Важное замечание: все результаты, приведенные в данном документе, получены при тщательном соблюдении всех условий переработки и их результаты являются представительными. При изменении условий переработки или изменений условий испытаний значения могут быть отличными от значений, указанных в настоящем документе, так как свойства конечного материала могут сильно изменяться при изменении условий переработки.

О нас

ИТЕКМА предлагает материалы для производства композитов, используемых в самых требовательных отраслях, в том числе авиации и космосе.

Цель ИТЕКМА — обеспечить клиентов материалами и технической поддержкой мирового уровня.

Наша специализация — высококачественные полимерные связующие для широкого спектра температур от -60 до +350°C. Также мы производим углеродные ткани, ленты и препреги.

Отдельное направление — создание композитной оснастки от проектирования до изготовления конечного изделия. Мы накопили большой опыт в проектировании и изготовлении изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ) оказывая конструкторскую и технологическую помощь на предприятиях заказчиков. Используя этот опыт в сочетании с научной базой, мы смогли

наладить собственное производство композитной оснастки с точностью до 0,03 мм.

Научным центром и разработчиком материалов является частная исследовательская компания АО «Институт новых углеродных материалов и технологий» (ИНУМиТ), созданная совместно с МГУ им. М.В.Ломоносова и базирующаяся на кафедре химической технологии и новых материалов химического факультета. ИНУМиТ располагает собственными научными лабораториями, опытно-промышленным производством и испытательным центром, общей площадью более 1000 кв.м.

Более 30% сотрудников компании имеют ученые степени кандидатов и докторов наук. Среди достижений рабочей команды — 150 публикаций и 50 патентов.

ИТЕКМА входит в группу компаний УНИХИМТЕК.

Наши преимущества

1

Высококачественные связующие с рабочей температурой от -60 до +350 °С.

2

Мы проектируем и изготавливаем оснастку, которая компенсирует коробление в изделиях из ПКМ.

3

Более 30% наших сотрудников имеют ученые степени. Среди наших достижений — более 150 публикаций и 50 патентов.

4

Собственная производственная площадка для связующих, тканей, лент и препрегов.

5

Материалы для производства композитов для требовательных отраслей, таких как аэрокосмическая промышленность.

6

Конструкторское бюро и группа технической поддержки для помощи клиентам на их объектах.

ТЕРМОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ

4

Мы разработали линейку прочных и термостойких композитов с бисмалеимидной и фталонитрильной матрицами.

Сегодня композиты ИТЕКМА успешно применяются в производстве деталей в области авиастроения.

Бисмалеимидная матрица

БМИ-материалы применяются для изготовления деталей с рабочей температурой до +250 °С. Для таких рабочих температур данные материалы обладают превосходным сочетанием механической прочности и жесткости, высокой химической и коррозионной стойкостью, а также низким коэффициентом термического расширения.

Фталонитрильная матрица

Фталонитрильные связующие и препреги используются для создания композитных материалов с рабочей температурой до +350 °С. Уникальное сочетание характеристик связующего позволяет превосходить все существующие высокотемпературные альтернативы. Более того, для их переработки не требуются высокотемпературные вспомогательные материалы и оснастка.



БМИ



ФНИ

Термостойкие материалы

Связующее СБ332

Связующее ФНИ350

Препрег М250

Препрег РНТ450

Клеи АМ250, АМВ250

СВЯЗУЮЩИЕ

ЯНВАРЬ 1, 2020

5

Наше производство было создано в сотрудничестве с производителями самолетов и космических аппаратов.

Полимерная матрица (связующее) перераспределяет нагрузку между волокнами армирующего наполнителя и отвечает за такие характеристики ПКМ, как механическая прочность (в особенности на сжатие и сдвиг), температура эксплуатации и влагонасыщение.

Важной характеристикой связующего является его технологичность или удобство применения в производстве. Технологичность связующего характеризуют температура пропитки, вязкость при температуре пропитки, время жизни, температура предварительного отверждения и постотверждения.

Линейка связующих ИТЕКМА сбалансирована для различных случаев применения, температуры эксплуатации ПКМ и методов изготовления (вакуумная инфузия, RTM, намотка и ручное ламинирование).

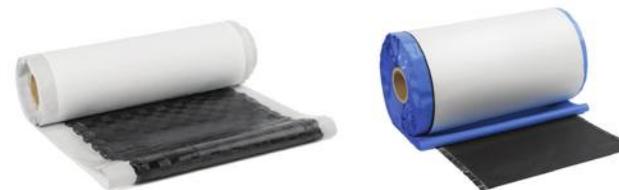


ПРЕПРЕГИ

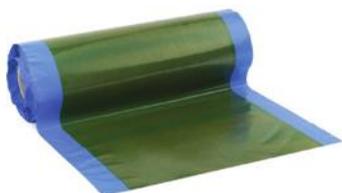
Препреги изготавливают путём пропитки армирующей волокнистой основы равномерно распределенными полимерными связующими.

Препреги представляют собой компромисс между механическими качествами изделия и его трудоемкостью. Тем не менее, совершенствование композитных технологий позволяет все чаще использовать препреги даже в ответственных изделиях, например, деталях самолетов. Как правило, для формования препрегов необходим автоклав.

ИТЕКМА производит высококачественные препреги с высокими температурами эксплуатации. Последней разработкой являются препреги, которые не требуют формования в автоклаве.



Помимо препрегов ИТЕКМА выпускает компоненты для изготовления трёхслойных структур:

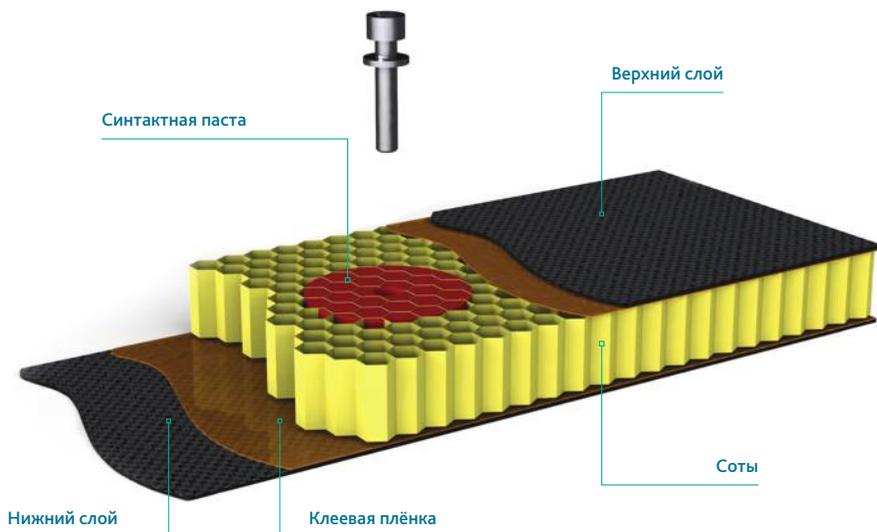


Некоторые из этих клеев можно эксплуатировать при температуре до +250°C. Наш клей оптимально подходит для заполнения сот трёхслойных панелей.

Мы производим:

- Тиксотропные клеи;
- Низкотемпературные клеевые плёнки;
- Высокотемпературные клеевые плёнки;
- Высокотемпературные синтактные пасты.

*Все клеевые плёнки имеют вспенивающиеся варианты исполнения.



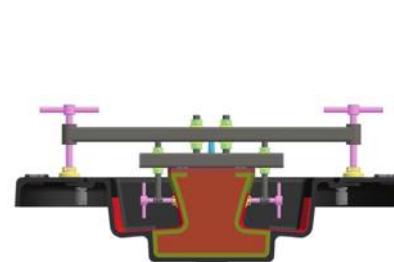
КОМПОЗИЦИОННАЯ ОСНАСТКА С КОМПЕНСАЦИЕЙ КОРОБЛЕНИЯ

Отдельное направление деятельности ИТЕКМА – проектирование и изготовление композитной оснастки с компенсацией коробления. В процессе проектирования мы учитываем множество факторов, влияющих на поведение оснастки при изготовлении деталей.

Специальное программное обеспечение – собственная разработка ИТЕКМА, для моделирования композитной оснастки с компенсацией коробления позволяет нам проектировать изделия с точностью более 0,1 мм на 500 мм².

Композиты позволяют создавать структуры с анизотропными свойствами, поэтому подход к проектированию деталей из углепластика сильно отличается от проектирования изделий, например, из металла.

При моделировании мы учитываем не только требуемые эксплуатационные свойства деталей, но и удобство процесса изготовления. Помимо этого, мы моделируем коробление и возможные повреждения в процессе удаления из оснастки.



Материалы для оснастки

ТО-29-2

СБ332

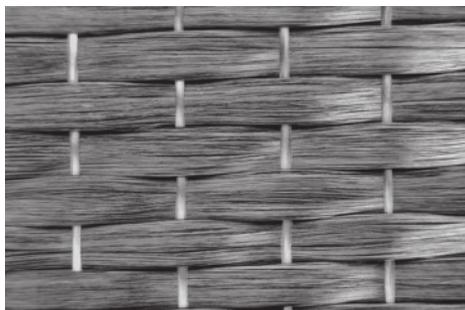
ТО200

Мы производим углеродные ткани из волокна ведущих мировых производителей. Наиболее популярные марки имеются на складе, под заказ мы можем произвести партию из любого доступного на рынке волокна.

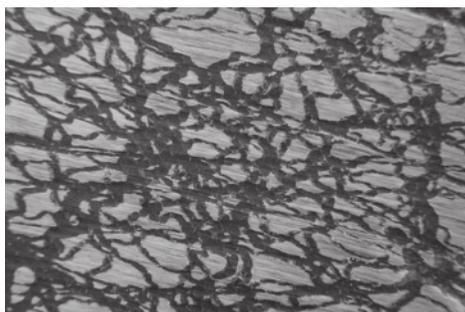
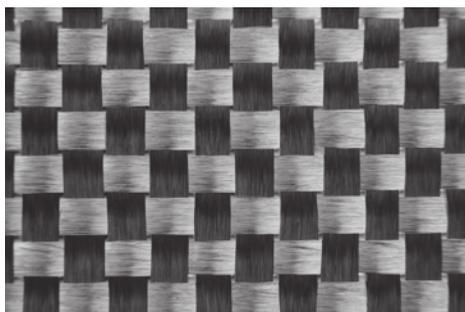
Углеродные ткани производятся из углеродного волокна и используются в качестве армирующего наполнителя при производстве композиционных материалов.

Углеродное волокно обладает удельной прочностью в 8-17 раз, а модулем упругости в 5-13 раз выше стали, алюминия и титана. Коэффициент теплового расширения углеродного волокна в 15-20 раз ниже, чем у стали и алюминия.

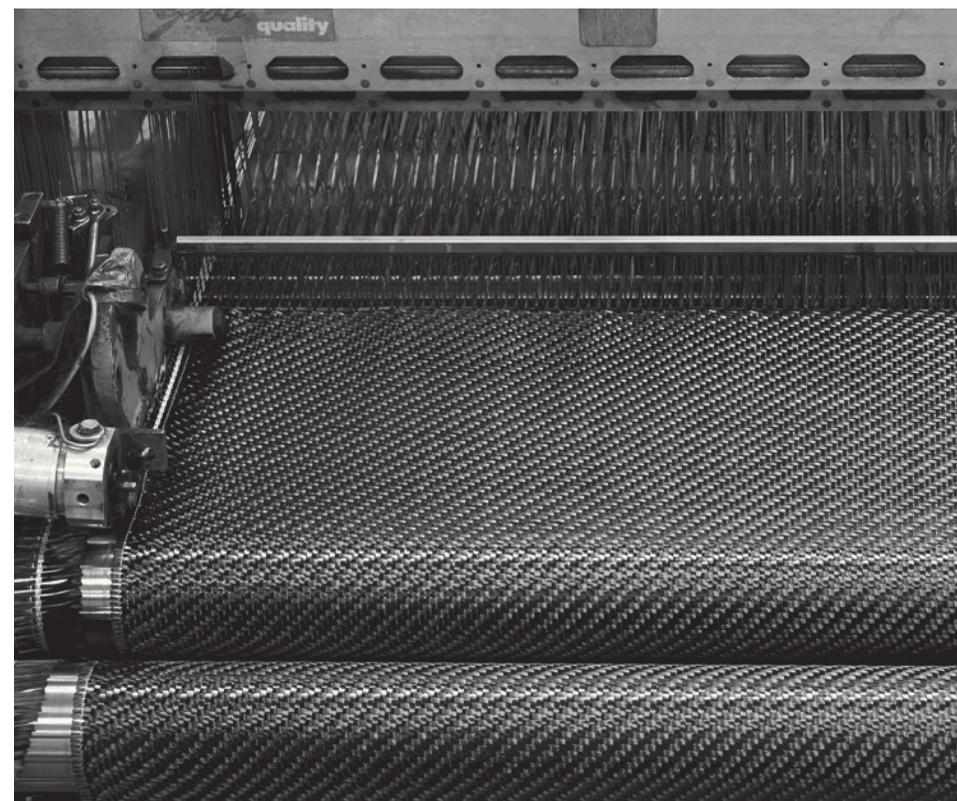
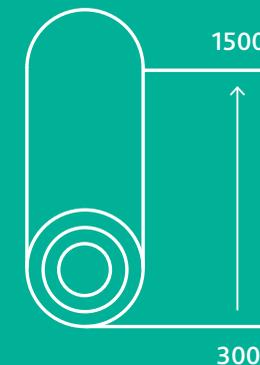
Высокая термостойкость углеродных волокон позволяет использовать их в качестве теплоизоляции и тепловых экранов: до 2000 °С в инертной атмосфере, до 450°С в воздушной среде. Углеродное волокно имеет хорошую коррозионную стойкость к газовым и жидким средам по сравнению со сталью.



Углеродные ленты представляют собой ткань, в которой волокна расположены в одном направлении, изготавливаются из углеродного волокна и обладают лучшими, чем ткани, механическими характеристиками в направлении вдоль волокон, за счет отсутствия перегибов при плетении. Поэтому углеродные ленты подходят для силовых конструкций, испытывающих высокие нагрузки в одном направлении, например, для лонжерона крыла самолета.



ИТЕКМА ПРОИЗВОДИТ ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ И ОДНОНАПРАВЛЕННЫХ ЛЕНТ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА ШИРИНОЙ ОТ 300 ДО 1500 ММ.



Техническая информация

ФНИЗ50 – однокомпонентное фталонитрильное связующее с уникально высокой температурой стеклования и термической стабильностью, специально разработанное для технологий вакуумной инфузии и RTM. Предварительное отверждение при 180°C позволяет снять деталь с оснастки после охлаждения. Постотверждение позволяет достичь температуры стеклования выше 440°C. Более того, фталонитрильное связующее ФНИЗ50 не поддерживает горение.

Особенности и преимущества

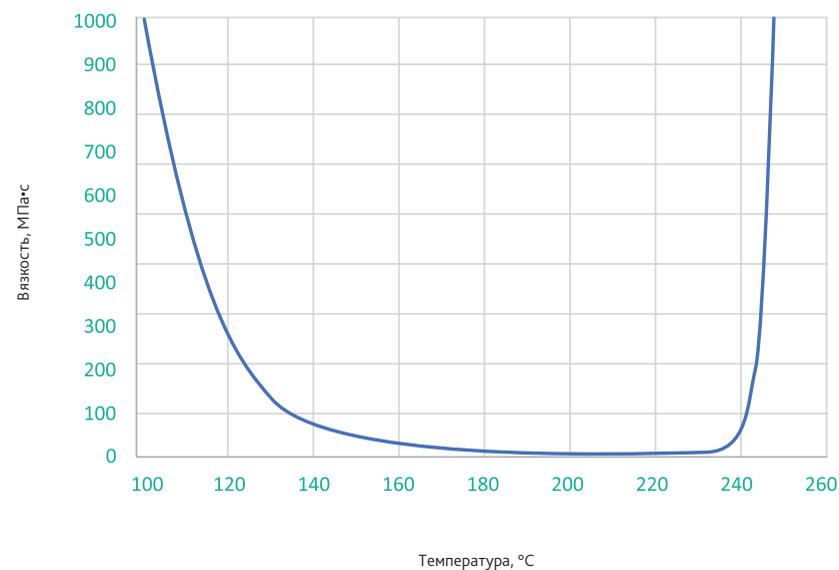
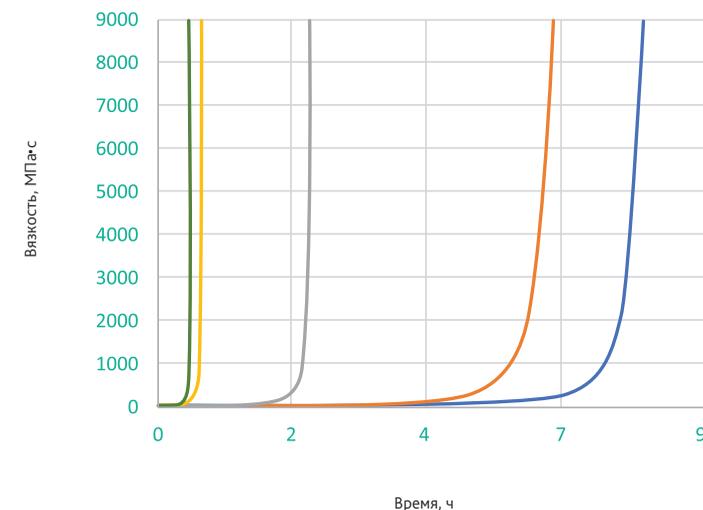
- Однокомпонентное связующее;
- Технологичность эпоксидной смолы;
- Температурный режим эксплуатации до 450°C;
- Температура начала разложения 513°C;
- Низкая адсорбция влаги;
- Низкая температура размягчения 30°C.

Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ТЕМПЕРАТУРА ПОЛНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ		
		375°C	330°C	180°C
Предел прочности при растяжении, МПа	ASTM D638	34.2	43.3	58.4
Модуль упругости при растяжении, ГПа	ASTM D638	5.1	4.8	4.2
Удлинение образца при разрушении во время испытания на прочность при растяжении, %	ASTM D638	0.66	0.94	1.45
Предел прочности при изгибе, МПа	ASTM D790	54.9	95.0	104.0
Модуль упругости при изгибе, ГПа	ASTM D790	4.9	5.1	4.6
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м²	ГОСТ 4647-2015		0.94	
Температура стеклования, Tg, °C	ASTM E1640	>450	343	195
КЛТР, К ⁻¹ ·10 ⁻⁶	ASTM E831	44	50	63
Плотность, г/см³	ASTM D792	1.3270	1.3244	1.3161
Влагонасыщение, % (54ч кипящая вода)			4.57	
Коксовый остаток			92%	
Кислородный индекс			>80%	

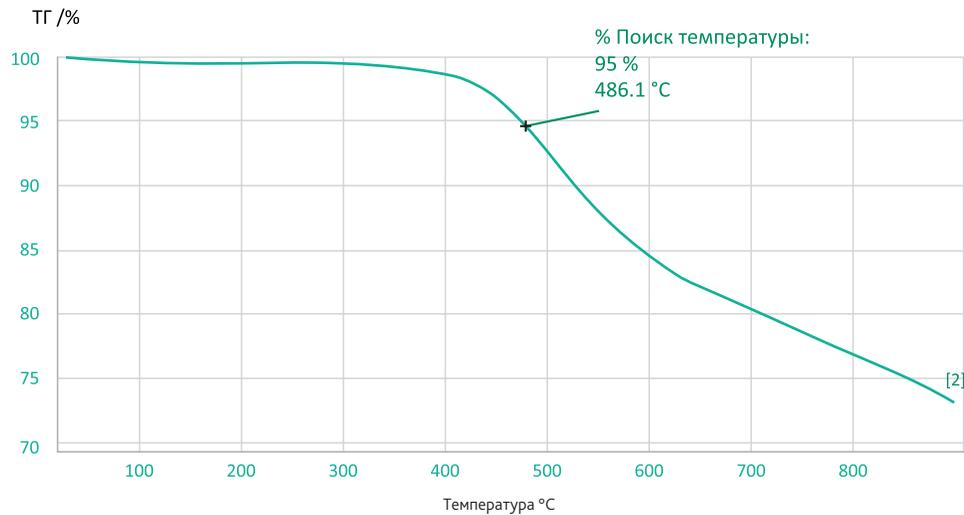
Вязкость

- 160 °C
- 170 °C
- 180 °C
- 190 °C
- 200 °C

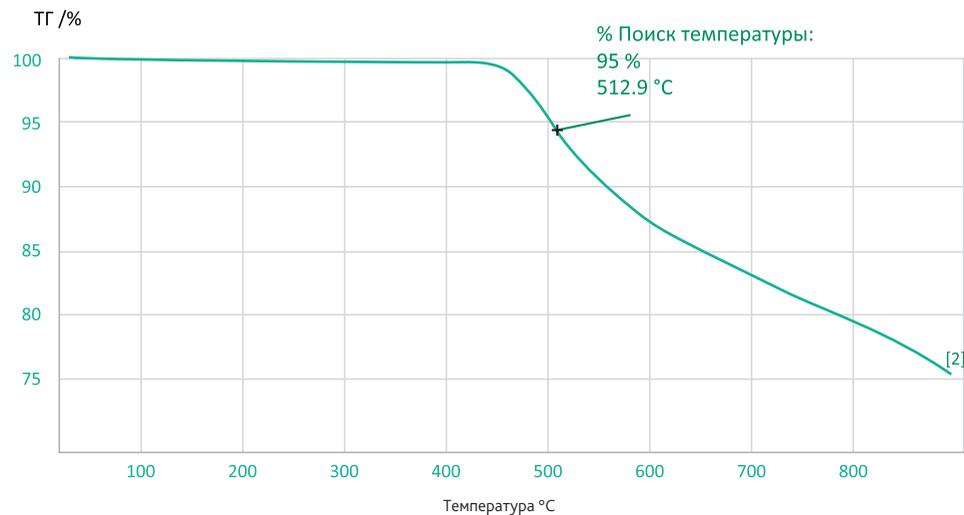


ТГА

Отвержденный при 330 °С



Отвержденный при 375 °С



Свойства ПКМ

Образцы были изготовлены методом вакуумной инфузии на связующем ФНИ350 и углеродной ткани 22502 (саржа 2x2, 200 г/м², 3К, 3.95 ГПа)

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ	
		375°С	330°С
Предел прочности при растяжении 25°С σ_{11} , МПа	ASTM D3039	621	853
Предел прочности при сжатии 25°С σ_{11} , МПа	ASTM D6641	534	823
Модуль упругости при растяжении 25°С E_{11} , ГПа	ASTM D3039	68	71
Модуль упругости при сжатии 25°С E_{11} , ГПа	ASTM D3039	68	67
Предел прочности при межслоевом сдвиге τ_{13} , МПа 25°С	ASTM D2344	36	53
Предел прочности при межслоевом сдвиге τ_{13} , МПа 300°С	ASTM D2344	39	46
Предел прочности при межслоевом сдвиге τ_{13} , после 100 термоциклов 300°С ↔ -55°С, МПа 25°С	ASTM D2344		52
Предел прочности при сдвиге в плоскости листа τ_{12} , МПа, 25 °С	ASTM D3518	80	105
Модуль упругости при сдвиге в плоскости листа C_{12} , ГПа	ASTM D3518	5.2	6.2
Предел прочности при сдвиге в плоскости листа τ_{12} , МПа, 300 °С	ASTM D3518	72	63

Условия переработки

- Собрать вакуумный пакет (РТМ оснастку) с армирующим наполнителем. Провести тест на герметичность, скорость падения вакуума должна быть не более 1 мбар в минуту. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар. Собрать второй вакуумный пакет (для процесса инфузии), между слоями вакуумной пленки прокладывается жертвенная ткань или дренажный материал. Провести тест на герметичность второго вакуумного пакета. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар;
- Разогрейте оснастку до температуры 120-130 °С, обеспечить высыхание армирующего наполнителя до установления остаточного давления не более 10 мбар;
- Свяжующее кусками загрузить в контейнер для дегазации в количестве необходимом для процесса инъекции, с учетом расхода на вспомогательные материалы, подающие и распределительные трубки;
- Создать вакуум в контейнере для дегазации. Предпочтительный уровень остаточного давления не более 10 мбар;
- Нагреть контейнер с связующим до 120 °С, при температуре 90°С рекомендуется начать перемешивание в контейнере;
- Дегазируйте связующее 30-40 минут при температуре 115-125 °С при давлении не более 10 мбар. Во время дегазации следует интенсивно перемешивать связующее, для этого могут быть использованы специальные устройства с автоматическим перемешиванием. Поддерживайте температуру емкости для связующего 115-125°С и температуру оснастки 120-130 °С, начинайте инъекцию;
- После полной пропитки пакета (оснастки) и заполнения трубок вакуумных выходов перекрыть подачу и связующего затем перекрыть вакуумные выводы из внутреннего пакета (оснастки РТМ);
- Поддерживать вакуум в внешнем вакуумном пакете, остаточное давление не более 60 мбар;
- Увеличивать температуру оснастки со скоростью не более 2°С/мин до 180 °С. Выдерживайте при 180 °С в течение не менее 8 часов;
- Охлаждать до температуры не менее 60°С не быстрее 5°С в мин;
- Для измерения вакуума рекомендуется использование датчиков абсолютного давления, датчики относительного давления в рекомендуемых диапазонах переработки связующего работают некорректно;
- Постотверждение: постотверждение изделия можно проводить без оснастки; нагревать не быстрее 2°С/мин до 180°С; нагрев не быстрее 5-10°С/час до 375°С; выдержка при 375°С в течение 480 мин; охлаждение не быстрее 5°С/мин до 60°С.
- Для постотверждения образцов с большой толщиной рекомендуется дополнительная выдержка при 220 °С

Техническая информация

РНТ450 – фталнитрильный препрег с уникально высокой температурой стеклования и термической стабильностью для автоклавного формования. Предварительное отверждение при 180°C позволяет снять деталь с оснастки после охлаждения. Постотверждение позволяет достичь температуры стеклования выше 440°C. Фталонитрильный препрег РНТ450 не поддерживает горение.

Особенности и преимущества

- Температурный режим эксплуатации до 450°C;
- Температура начала разложения 513°C;
- Низкая адсорбция влаги.

Свойства ПКМ

Образец изготовлен из препрега (наполнитель: углеродная ткань 22602, саржа 2x2, 240 г/м², 3К) путем формования в прессе.

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении 25°C σ_{11}^+ , МПа	ASTM D3039	721
Предел прочности при сжатии 25°C σ_{11}^- , МПа	ASTM D6641	408
Модуль упругости при растяжении 25°C E_{11}^+ , ГПа	ASTM D3039	71
Модуль упругости при сжатии 25°C E_{11}^- , ГПа	ASTM D3039	68
Предел прочности при межслоевом сдвиге τ_{13} , МПа 25°C	ASTM D2344	36
Предел прочности при межслоевом сдвиге τ_{13} , МПа 300°C	ASTM D2344	37
Предел прочности при межслоевом сдвиге τ_{13} , МПа 400°C	ASTM D2344	34
Предел прочности при сдвиге в плоскости листа τ_{12} , МПа, 25 °C	ASTM D3518	91
Модуль упругости при сдвиге в плоскости листа G_{12} , ГПа	ASTM D3518	5.7

Условия переработки

- Собрать вакуумный пакет (РТМ оснастку) с армирующим наполнителем. Провести тест на герметичность, скорость падения вакуума должна быть не более 1 мбар в минуту. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар. Собрать второй вакуумный пакет (для процесса инфузии), между слоями вакуумной пленки прокладывается жертвенная ткань или дренажный материал. Провести тест на герметичность второго вакуумного пакета. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар;
- Разогрейте оснастку до температуры 120-130 °C, обеспечить высыхание армирующего наполнителя до установления остаточного давления не более 10 мбар;
- Связующее кусками загрузить в контейнер для дегазации в количестве необходимом для процесса инъекции, с учетом расхода на вспомогательные материалы, подающие и распределительные трубки;
- Создать вакуум в контейнере для дегазации. Предпочтительный уровень остаточного давления не более 10 мбар;
- Нагреть контейнер с связующим до 120 °C, при температуре 90°C рекомендуется начать перемешивание в контейнере;
- Дегазируйте связующее 30-40 минут при температуре 115-125 °C при давлении не более 10 мбар. Во время дегазации следует интенсивно перемешивать связующее, для этого могут быть использованы специальные устройства с автоматическим перемешиванием. Поддерживайте температуру емкости для связующего 115-125°C и температуру оснастки 120-130 °C, начинайте инъекцию;
- После полной пропитки пакета (оснастки) и заполнения трубок вакуумных выходов перекрыть подачу и связующего затем перекрыть вакуумные выводы из внутреннего пакета (оснастки РТМ);
- Поддерживать вакуум в внешнем вакуумном пакете, остаточное давление не более 60 мбар;
- Увеличивать температуру оснастки со скоростью не более 2°C/мин до 180 °C. Выдерживайте при 180 °C в течение не менее 8 часов;
- Охлаждать до температуры не менее 60°C не быстрее 5°C в мин;
- Для измерения вакуума рекомендуется использование датчиков абсолютного давления, датчики относительного давления в рекомендуемых диапазонах переработки связующего работают некорректно;
- Постотверждение: постотверждение изделия можно проводить без оснастки; нагревать не быстрее 2°C/мин до 180°C; нагрев не быстрее 5-10°C/час до 375°C; выдержка при 375°C в течение 480 мин; охлаждение не быстрее 5°C/мин до 60°C.
- Для постотверждения образцов с большой толщиной рекомендуется дополнительная выдержка при 220 °C

Техническая информация

Бисмалеимидное однокомпонентное связующее СБ332 разработано для изготовления деталей с рабочей температурой до 250°C. Связующее отличается низкой вязкостью при температурах пропитки и формования (100 сП при 120°C), что обеспечивает возможность получения ПКМ с низкой пористостью и высокими физико-механическими характеристиками.

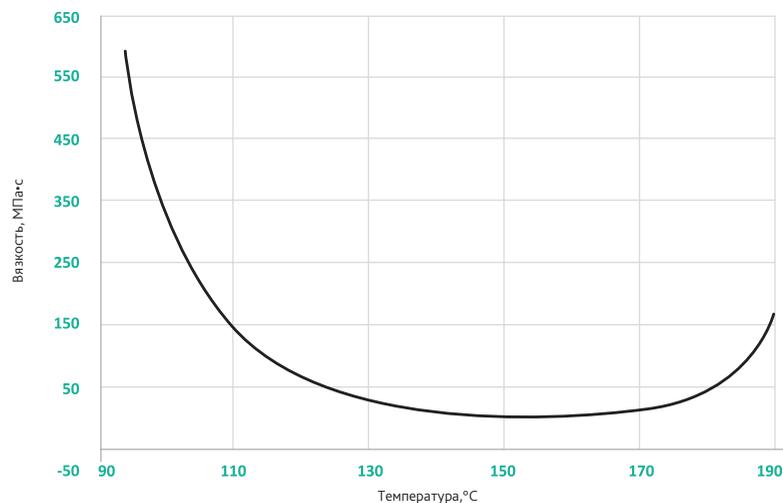
Особенности и преимущества

- Технологическое окно > 3 часов при 120°C;
- Отверждение при 190°C;
- Постотверждение при 230°C;
- Температура стеклования 280°C;
- Низкий коэффициент термического расширения.

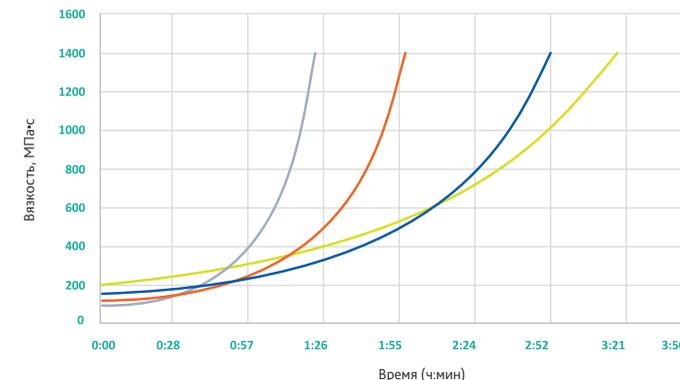
Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении, МПа	ASTM D638	85
Модуль упругости, ГПа	ASTM D638	4.4
Предел прочности при изгибе, МПа	ASTM D790	165
Температура стеклования, T _g , °C	ASTM E1640	280
КЛТР, К ⁻¹	ASTM E831	51·10 ⁻⁶
Трещиностойкость, K _{IC} , МПа·м ^{1/2}	ASTM D5045	0.841
Энергия деформации, G _{IC} , Дж/м ²	ASTM D5045	194
Водопоглощение, % (60 ч в кипящей воде)		4.6

Вязкость



- 110 °C
- 120 °C
- 130 °C
- 140 °C



Рекомендуемые параметры переработки

- Собрать вакуумный пакет. Провести тест на герметичность, скорость падения вакуума должна быть не более 1 мбар в минуту. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар. Собрать второй вакуумный пакет, между слоями вакуумной пленки прокладывается жертвенная ткань или дренажный материал. Провести тест на герметичность второго вакуумного пакета. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар;
- Дегазировать в течение 20-30 мин, при температуре 100-120°C и давлении не более 10 мбар. Во время дегазации следует интенсивно перемешивать связующее;
- Поддерживая температуру в ёмкости для подачи связующего 120°C и температуру оснастки 120-130°C начать процесс инфузии;
- После полной пропитки пакета перекройте вводы связующего, но не останавливать вывод связующего в течение, как минимум, 30 минут. Перекройте выходы из внутреннего пакета;
- Вакуум во внешнем пакете сохранять до конца отверждения;
- Увеличить температуру со скоростью 2°C/мин до 160°C. Выдержать при 160°C 3 часа; нагреть до 190°C со скоростью 2°C/мин; выдержать при 190°C 3 часа;
- Возможно нагревание до 190°C без выдержки при 160°C, если вспомогательные материалы и материалы оснастки выдерживают такие условия;
- Перед извлечением изделия охладить оснастку не менее чем до 90°C со скоростью не более 5°C/мин;
- Постотверждение можно проводить без оснастки. Нагреть до 180°C со скоростью 2°C/мин; от 180°C до 230°C, нагреть до 190°C со скоростью 0.5°C/мин; выдержать 5 часов при 230°C. Охлаждать не быстрее 5°C/мин;
- Для измерения вакуума рекомендуется использование датчиков абсолютного давления.

Свойства ПКМ

Образцы были получены методом вакуумной инфузии на связующем СБ332 и углеродной ткани 22508 (сатин 8Н, 200 г/м², 3К, 3.95 ГПа).

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении 0°σ ₁₁ ⁺ , МПа	ASTM D3039	853
Предел прочности при сжатии 0°σ ₁₁ ⁻ , МПа	ASTM D6641	797
Модуль упругости при растяжении 0°E ₁₁ ⁺ , ГПа	ASTM D3039	62
Модуль упругости при сжатии 0°E ₁₁ ⁻ , ГПа	ASTM D6641	57
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа	ASTM D2344	84
Предел прочности при сдвиге τ ₁₂ , МПа	ASTM D3518	102

Техническая информация

Бисмалеимидное однокомпонентное связующее СБ322 разработано для изготовления оснастки с рабочей температурой до 250°C. Связующее отличается низкой вязкостью при температурах пропитки и формования (200 сП при 100°C), что обеспечивает возможность получения ПКМ с низкой пористостью и высокими физико-механическими характеристиками.

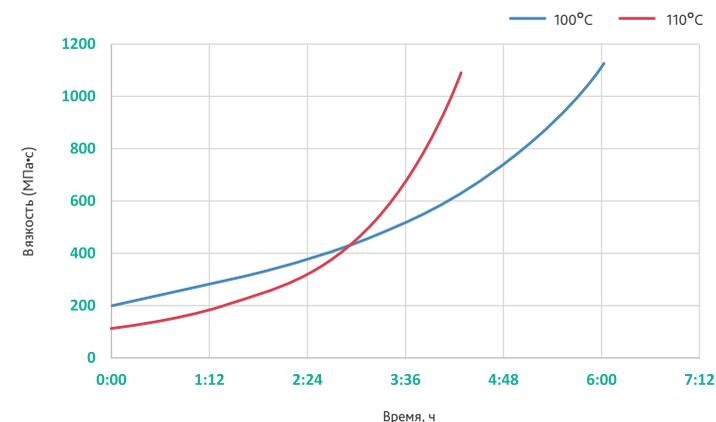
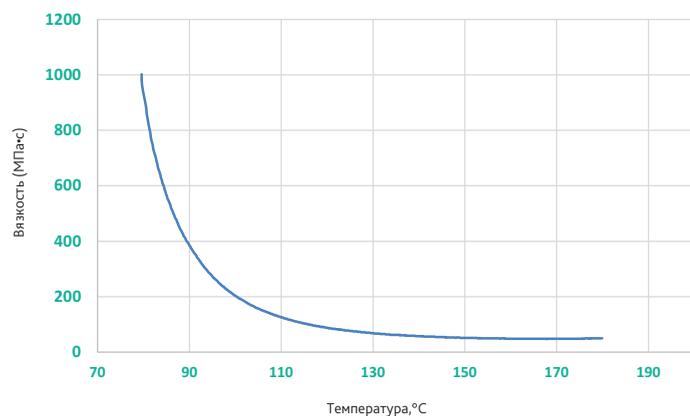
Особенности и преимущества

- Широкое технологическое окно > 3 часов при 110°C;
- Отверждение при 190°C;
- Постотверждение при 230°C;
- Температура стеклования 270°C;
- Низкий коэффициент термического расширения.

Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении, МПа	ASTM D638	82
Модуль упругости, ГПа	ASTM D638	3.9
Температура стеклования, T _g , °C	ASTM E1640	270
КЛТР, К ⁻¹	ASTM E831	1.5·10 ⁻⁶
Трещиностойкость, K _{IC} , МПа · м ^{1/2}	ASTM D5045	0.780
Энергия деформации, G _{IC} , Дж/м ²	ASTM D5045	165
Водопоглощение, % (60 ч в кипящей воде)		4.78

Вязкость



Рекомендуемые условия переработки

- Собрать вакуумный пакет. Провести тест на герметичность, скорость падения вакуума должна быть не более 1 мбар в минуту. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар. Собрать второй вакуумный пакет, между слоями вакуумной пленки прокладывается жертвенная ткань или дренажный материал. Провести тест на герметичность второго вакуумного пакета. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар;
- Дегазировать в течение 20-30 мин, при температуре 100-120°C и давлении не более 10 мбар. Во время дегазации следует интенсивно перемешивать связующее;
- Предварительно рекомендуется высушить армирующий наполнитель в вакуумном пакете не менее 6 часов;
- Нагреть оснастку до 100-110°C (в случае сложной геометрии или однонаправленных образцов возможно увеличение температуры оснастки до 120°C);
- Поддерживая температуру в емкости для подачи связующего 100°C и температуру оснастки 100 -110°C начать процесс инфузии;
- После полной пропитки пакета перекрыть вводы связующего, но не останавливать вывод связующего в течение, как минимум, 30 минут. Перекрыть выходы из внутреннего пакета;
- Вакуум во внешнем пакете сохранять до конца отверждения;
- Увеличить температуру со скоростью 2°C/мин до 160°C. Выдержать при 160°C 3 часа; нагреть до 190°C со скоростью 2°C/мин; выдержать при 190°C 3 часа;
- Возможно нагревание до 190°C без выдержки при 160°C, если вспомогательные материалы и материалы оснастки выдерживают такие условия;
- Перед извлечением изделия охладить оснастку не менее чем до 90°C со скоростью не более 5°C/ мин;
- Постотверждение можно проводить без оснастки. Нагреть до 180°C со скоростью 2°C/мин; от 180°C до 230°C, нагреть до 190°C со скоростью 0.5°C/мин; выдержать 5 часов при 230°C. Охлаждать не быстрее 5°C/мин;
- Для изготовления оснастки рекомендуется использовать квазиизотропную выкладку;
- Рекомендуемая толщина оснастки не менее 5мм. Особое внимание следует уделять ребрам жесткости;
- Для измерения вакуума рекомендуется использование датчиков абсолютного давления.

Техническая информация

Двухкомпонентное эпоксидное связующее ТО-29-2 разработано для изготовления термостойкой композитной оснастки методами вакуумной инфузии. Связующее отличается низкой вязкостью при температурах пропитки и формования (25°C), что обеспечивает возможность получения ПКМ с низкой пористостью. Предотверждение при комнатной температуре позволяет использовать недорогие мастер-модели. Постотверждение при температуре 200°C позволяет получить температуру стеклования 220°C. Время саморазогрева 500 г. связующего от 20°C до 60°C более 8 ч.

Особенности и преимущества

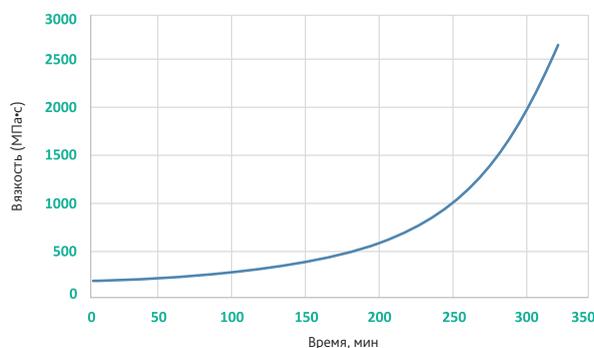
- Широкое технологическое окно > 4 часов при 25°C;
- Предотверждение при комнатной температуре;
- Температура стеклования 220°C;
- Низкая пористость и влагонасыщение;
- Для крупногабаритной оснастки.



Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Прочность при растяжении, МПа	ASTM D638	56
Модуль упругости при растяжении, ГПа	ASTM D638	3.6
Температура стеклования, сух., T _g , °C	ASTM E1640	220
КЛТР, К ⁻¹	ASTM E831	79·10 ⁻⁶
Плотность неотвержденной смолы, г/см ³	ASTM D792	1.096
Плотность отвержденной смолы, г/см ³	ASTM D792	1.158
Влагонасыщение, % (54 ч в кипящей воде)		3.22

Вязкость



Свойства ПКМ

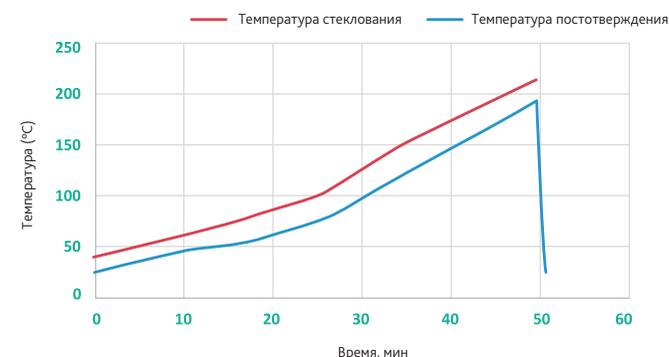
Образцы были получены методом вакуумной инфузии на связующем ТО-29-2 и углеродной ткани 22502 (саржа 2x2, 200 г/м², 3К, 3,95 ГПа)

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Прочность при межслоевом сдвиге τ ₁₃ , МПа	ASTM D2344	47
КЛТР в XY направлении, К ⁻¹ , 12К	ASTM E831	1.8-2.9·10 ⁻⁶
КЛТР в XY направлении, К ⁻¹ , 24К	ASTM E831	1.4-2.4·10 ⁻⁶

Рекомендованные условия переработки

- Собрать вакуумный пакет. Провести тест на герметичность, скорость падения вакуума должна быть не более 1 мбар в минуту. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар. Собрать второй вакуумный пакет, между слоями вакуумной пленки прокладывается жертвенная ткань или дренажный материал. Провести тест на герметичность второго вакуумного пакета. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар;
- Тщательно смешать компоненты А и В при температуре 25°C в весовой пропорции 100:58,3. Погрешность при дозировке компонентов не должна превышать 2%. Особое внимание следует уделять перемешиванию у стенок и дна емкости для смешения. Рекомендуется использовать устройства с автоматическим перемешиванием и проводить смешение под вакуумом;
- Поддерживать температуру 20-25°C. Рекомендуемая температура пропитки 25°C;
- Предварительно рекомендуется высушить армирующий наполнитель в вакуумном пакете не менее 3 часов при температуре 60-80°C;
- Поддерживая температуру оснастки 20-25°C, начать процесс инфузии;
- После полной пропитки пакета перекрыть входы связующего, но не останавливать вывод связующего в течение, как минимум, 30 минут. Перекрыть выходы из внутреннего пакета;
- Выдержать вакуумный пакет до гелирования (~24 ч при 25°C). После 48-72 часов можно снимать оснастку с мастер-модели и проводить постотверждение без оснастки;
- Для изготовления оснастки рекомендуется использовать квазиизотропную выкладку. Рекомендуемая толщина оснастки не менее 5мм. Особое внимание следует уделять ребрам жесткости;
- В одной емкости не рекомендуется смешивать за один раз более 25кг;
- Для измерения вакуума рекомендуется использование датчиков абсолютного давления. Для отслеживания движения фронта связующего может быть использована УФ-лампа;
- При необходимости прогреть оснастку до 60°C перед снятием с мастер-модели.

Постотверждение



- Нагреть до температуры 70°C со скоростью < 2°C/ч;
- Нагреть с 70 до 200°C со скоростью 5°C/ч;
- Выдержать при температуре 200°C в течение 1ч;
- Охладить до комнатной температуры не быстрее 5°C/мин.

Техническая информация

Связующее TO200 обладает уникальными характеристиками, сочетая высокую теплостойкость, прочность и технологичность. Температура пропитки 20-25°C. Гибкий режим отверждения в сочетании с постотверждением позволяет достичь требуемой теплостойкости при минимальной температуре отверждения. Связующее может использоваться для изготовления деталей из ПКМ на основе углеродных или стеклянных волокон устойчивых к повышенным температурам эксплуатации. Связующее может использоваться для изготовления композитной оснастки с эксплуатацией до 180°C.

Особенности и преимущества

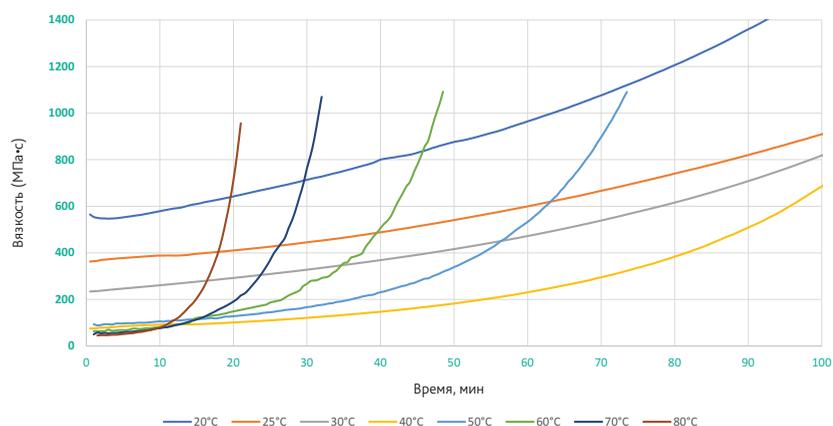
- Широкое технологическое окно > 2 часов при 25°C;
- Отверждение при комнатной температуре;
- Отслеживание процесса инфузии под УФ-излучением;
- Низкая экзотерма;
- Оптимальная цена;
- Высокие физико-механические характеристики;
- Для композитной оснастки до 180°C.



Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении, МПа	ASTM D638	60
Модуль упругости при растяжении, ГПа	ASTM D638	3.26
Удлинение при разрыве, %	ASTM D790	94
Трещиностойкость, K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	ASTM D5045	0.639
Энергия деформации, C_{IC} , Дж/м ²	ASTM D5045	223
Температура стеклования, T _g , °C	ASTM E2092	221
КЛТР, мм/м·°C;	ASTM E831	87·10 ⁻⁶
Плотность отвержденного связующего, г/см ³	ASTM D792	1.147

Вязкость

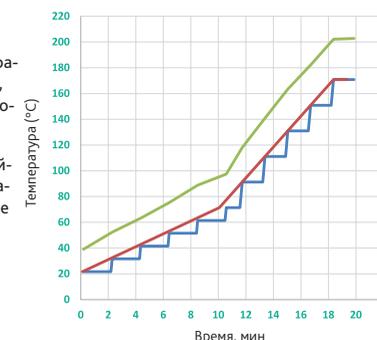


Рекомендуемые условия переработки

- Тщательно смешать компоненты А и В при температуре 25°C в весовой пропорции 1:0,488. Рекомендуется использовать устройства с автоматическим перемешиванием и проводить смешение под вакуумом;
- Дегазировать в течение 15-30 мин, при давлении не более 10 мбар;
- Собрать вакуумный пакет. Провести тест на герметичность, скорость падения вакуума должна быть не более 1 мбар в минуту. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар. Собрать второй вакуумный пакет. Провести тест на герметичность второго вакуумного пакета;
- Рекомендуемая температура пропитки 25°C. Предварительно рекомендуется высушить армирующий наполнитель в вакуумном пакете при 60-80°C в течение 1 часа. Поддерживая температуру оснастки 20-30°C, начать процесс инфузии;
- После полной пропитки пакета перекрыть входы связующего, проводить откачку из внутреннего пакета в течение не менее 30 минут при 25-40 °C;
- Перекрыть выходы из внутреннего пакета. Выдержать вакуумный пакет до гелирования (~24 ч при 25°C). После 48-72 часов можно извлекать изделие из оснастки и проводить постотверждение без оснастки.

Постотверждение:

- Увеличить температуру со скоростью 5°C/ч до 80°C, затем увеличить температуру со скоростью 10 -15°C/ч до 180°C, выдержать 1 час при 180°C (или пошагово, как на графике);
- Наивысшие физико-механические свойства изделия достигаются при температуре 80-120°C. Отверждение при более высоких температурах увеличивает термостойкость при незначительном падении механических характеристик.



Свойства ПКМ

Углепластик получен методом вакуумной инфузии на базе связующего TO200 и углеродной ткани 22502 (саржа 2x2, 200 г/м², 3К, 3.95 ГПа)

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении 0°σ ₁₁ ⁺ , МПа при 25°C	ASTM D3039	814
Модуль упругости при растяжении 0°E ₁₁ ⁺ , ГПа при 25°C	ASTM D3039	61
Предел прочности при сжатии 0°σ ₁₁ ⁻ , МПа при 25°C	ASTM D6641	602
Модуль упругости при сжатии 0°E ₁₁ ⁻ , ГПа при 25°C	ASTM D695	59
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 25°C	ASTM D2344	65
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 80°C	ASTM D2344	48
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 120°C	ASTM D2344	34
Предел прочности при сдвиге τ ₁₂ max (5%), МПа при 25°C	ASTM D5379	113(82)
Модуль упругости при сдвиге G ₁₂ , ГПа при 25°C	ASTM D5379	3.34

Техническая информация

Конструкционная однокомпонентная эпоксидная смола, разработанная для изготовления высоконагруженных конструкций. Низкая вязкость при относительно низких температурах (110°C) упрощает процесс пропитки. Смола специально разработана для производства ламинатов с низкой пористостью и высокими физико-механическими характеристиками, особенно - трещиностойкостью, методом вакуумной инфузии и RTM. Применяется ведущими авиационными компаниями для производства силовых конструкций

Особенности и преимущества

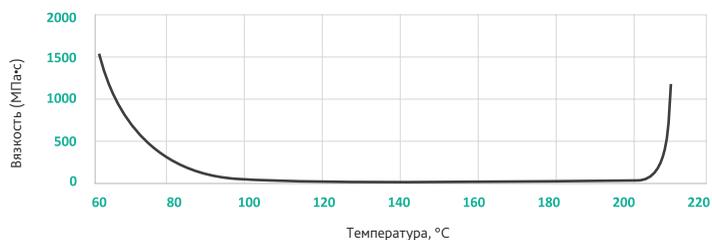
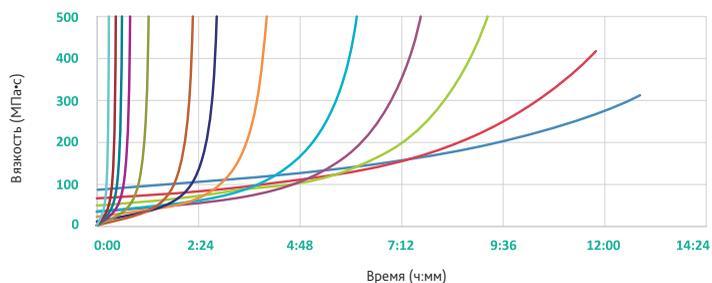
- Однокомпонентное связующее, разработанное для высокотемпературной инфузии и RTM;
- Широкое технологическое окно > 7 часов при 110°C;
- Отверждение при 180°C даёт температуру стеклования 205°C;
- Температура стеклования во влагонасыщенном состоянии —172°C;
- Высокая устойчивость к ударным воздействиям;
- Рабочая температура от -60°C до 150°C;
- Квалифицирован для применения в гражданской авиации.

Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении, МПа	ASTM D638	95
Модуль упругости, ГПа	ASTM D638	3.1
Удлинение при разрыве, %		4-7,2
Предел прочности при изгибе, МПа	ASTM D790	152
Температура стеклования сух., T _g , °C	ASTM E1640	202
Трещиностойкость, K _{IC} , МПа · м ^{1/2}	ASTM D5045	0.624
Энергия деформации, G _{IC} , Дж/м ²	ASTM D5045	188
КЛТР, К ⁻¹	ASTM E831	72·10 ⁻⁶
Плотность, г/см ³	ASTM D792	1.17
Равновесное влагонасыщение, % (54 ч в кипящей воде)		1.6

Вязкость

- 100 С
- 110 С
- 120 С
- 140 С
- 160 С
- 180 С
- 200 С
- 105 С
- 115 С
- 130 С
- 150 С
- 170 С
- 190 С



Рекомендуемые условия переработки

- Нагреть связующее до 60-90°C в контейнере и перенести в емкость для подачи связующего;
- Дегазировать связующее в течение 30-40 минут при температуре не менее 90°C;
- Нагреть оснастку до 100-110°C (в случае сложной геометрии или однонаправленных образцов возможно увеличение температуры оснастки до 115 - 120°C);
- Поддерживая температуру в емкости для подачи связующего 95°C и температуру оснастки 100-115°C,
- Начать процесс инфузии. После полной пропитки пакета увеличить температуру со скоростью 2°C/мин до 180 °C. Выдержать при 180 °C 3 часа;
- Перед извлечением изделия охладить оснастку не менее чем до 90°C со скоростью < 5°C/мин.

Свойства ПКМ

Ткань: Углепластик, полученный методом вакуумной инфузии на основе связующего T26 и стандартной углеродной ткани (CF) и ткани с вейлом 22508 (PCF) (сатин 8Н, 200 г/м², 3К, 3.95 ГПа)

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	CF	PCF
Предел прочности при растяжении 0°σ ₁₁ ⁺ , МПа при 25°C	ASTM D3039	910	904
Предел прочности при растяжении 90°σ ₂₂ ⁺ , МПа при 25°C	ASTM D3039	881	904
Модуль упругости при растяжении 0°E ₁₁ ⁺ , ГПа при 25°C	ASTM D3039	65	66
Модуль упругости при растяжении 90°E ₂₂ ⁺ , ГПа при 25°C	ASTM D3039	66	66
Предел прочности при сжатии 0°σ ₁₁ ⁻ , МПа при 25°C	ASTM D6641	643	638
Предел прочности при сжатии 90°σ ₂₂ ⁻ , ГПа при 25°C	ASTM D6641	679	608
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 25°C	ASTM D2344	74	66
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 120°C	ASTM D2344	51	40
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 150°C	ASTM D2344	45	34
Предел прочности при сдвиге τ ₁₂ , МПа при 25°C	ASTM D3518	84	79
Модуль упругости при сдвиге G ₁₂ , ГПа при 25°C	ASTM D3518	4.5	4.3
Сжатие после удара 6.67 Дж/мм, МПа	ASTM D7137	225	301
Площадь расслоения, мм ²	ASTM D7137	679	483
Энергия деформации G _{IC} , кДж/м ²	ASTM D5528	0.4-0.5	0.8-2.8

Лента: Углепластик, полученный методом вакуумной инфузии на основе связующего T26 однонаправленной углеродной ленты с вейлом T1424 (200 г/м², 12К, 4.5 ГПа/240 ГПа).

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при сжатии 0°σ ₁₁ ⁻ , МПа	ASTM D3039	1886
Прочность при сжатии 0°σ ₁₁ ⁻ , МПа при 25°C	ASTM D6641	1210
Прочность при сжатии 0°σ ₁₁ ⁻ , МПа при 80°C	ASTM D6641	920
Прочность при сжатии 0°σ ₁₁ ⁻ , МПа при 120°C	ASTM D6641	772
Прочность при сжатии 0°σ ₁₁ ⁻ , МПа при 150°C	ASTM D6641	691
Предел прочности при растяжении 90°σ ₂₂ ⁺ , МПа	ASTM D3039	59
Предел прочности при сжатии 90°σ ₂₂ ⁻ , МПа	ASTM D6641	166
Модуль упругости при растяжении 0°E ₁₁ ⁺ , ГПа	ASTM D3039	108
Модуль упругости при растяжении 90°E ₂₂ ⁺ , ГПа	ASTM D3039	7,0
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 25°C	ASTM D2344	69
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 80°C	ASTM D2344	46
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 120°C	ASTM D2344	34
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 150°C	ASTM D2344	28
Предел прочности при сдвиге τ ₁₂ , МПа	ASTM D3518	80
Модуль упругости при сдвиге G ₁₂ , ГПа	ASTM D3518	4,0
Сжатие после удара 6,67 Дж/мм, МПа	ASTM D7137	340

Техническая информация

Эпоксидное связующее ТК123 разработано для получения изделий из ПКМ методами вакуумной инфузии и RTM. Связующее отличается низкой вязкостью при комнатной температуре (менее 500 МПа·с при 25°C), что обеспечивает возможность получения ПКМ с низкой пористостью и высокими физико-механическими характеристиками.

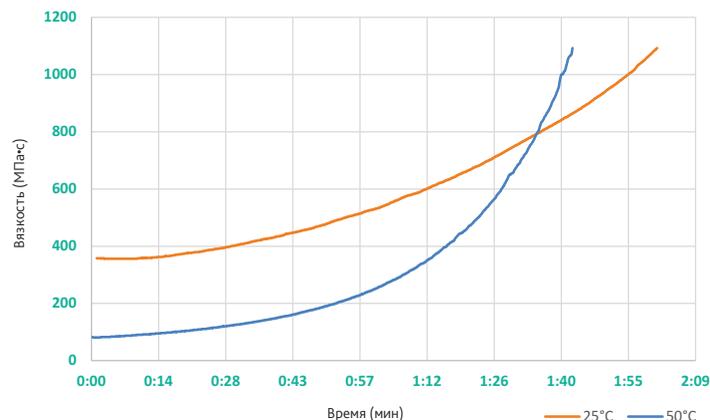
Особенности и преимущества

- Двухкомпонентное связующее, разработанное специально для вакуумной инфузии и RTM процессов;
- Технологическое окно для проведения пропитки не менее 60 мин. При температуре 50°C;
- Отверждение при 80°C дает температуру стеклования 101°C;
- Высокие физико-механические характеристики.

Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении, МПа	ASTM D638	80
Модуль упругости при растяжении, ГПа	ASTM D638	3.56
Удлинение при разрыве, %	ASTM D790	3,4
Температура стеклования, T _g , °C	ASTM D5045	101
Плотность отверждённого связующего, г/см ³	ASTM D5045	1,137

Вязкость



Рекомендуемые условия переработки

- Тщательно смешать компоненты А и В при температуре 25°C в весовой пропорции 1:0,434. Погрешность при дозировке компонентов не должна превышать 2%. Особое внимание следует уделять перемешиванию у стенок и дна емкости для смешения. Рекомендуется использовать устройства с автоматическим перемешиванием и проводить смешение под вакуумом;
- Дегазировать в течение 15-30 мин, при давлении не более 10 мбар. Во время дегазации следует интенсивно перемешивать связующее, для этого могут быть использованы специальные устройства с автоматическим перемешиванием;
- Собрать вакуумный пакет. Провести тест на герметичность, скорость падения вакуума должна быть не более 1 мбар в минуту. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар. Собрать второй вакуумный пакет, между слоями вакуумной пленки прокладывается жертвенная ткань или дренажный материал. Провести тест на герметичность второго вакуумного пакета. Остаточное давление в пакете должно быть не более 10 мбар;
- Поддерживать температуру 25-40°C; Рекомендуемая температура пропитки 25-35°C. Предварительно рекомендуется высушить армирующий наполнитель в вакуумном пакете при 60-80°C в течение не менее 1 часа;
- Поддерживая температуру оснастки 25-35°C, начать процесс инфузии;
- После полной пропитки пакета перекрыть входы связующего, проводить откачку из внутреннего пакета в течение не менее 30 минут при 25-40°C;
- Перекрыть выходы из внутреннего пакета. Выдержать верхний вакуумный пакет до гелирования (~24 ч при 25°C). После 48-72 часов можно извлекать изделие из оснастки и проводить постотверждение без оснастки.

Постотверждение:

- Увеличить температуру со скоростью 2°C/ч до 80 °C; выдержать при 80°C 6 часов;
- Допускается отверждение сразу после процесса пропитки без извлечения из оснастки. Увеличить температуру со скоростью 2°C/мин до 80 °C; выдержать при 80°C 6 часов;
- Перед извлечением изделия охладить оснастку не менее чем до 50°C со скоростью не более 5 °C/мин;
- Допускается отверждение (скорость нагрева 2°C/мин) или постотверждение (скорость нагрева 2°C/ч) до 120°C для получения температуры стеклования 140°C.

Свойства ПКМ

Углепластик получен методом вакуумной инфузии на основе связующего ТК123 и стандартной углеродной ткани Z2502 (2x2 - саржа, 200 г/м², углеродное волокно 3К, 3.95 ГПа)

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении 0° σ_{11}^+ , МПа при 25°C	ASTM D3039	787
Модуль упругости при сжатии 0° E_{11}^+ , ГПа при 25°C	ASTM D3039	62
Предел прочности при сжатии 0° σ_{11}^- , МПа при 25°C	ASTM D6641	564
Предел прочности при растяжении 0° E_{11}^- , ГПа при 25°C	ASTM D695	56
Предел прочности при сдвиге τ_{13} , МПа при 25°C	ASTM D2344	66
Предел прочности при сдвиге τ_{12} , МПа при 25°C	ASTM D5379	79
Модуль упругости при сдвиге G_{12} , ГПа при 25°C	ASTM D5379	4.3

Эпоксидное связующее

Двухкомпонентное эпоксидное связующее T20-60 разработано для массового производства ПКМ методами намотки, ручного ламинирования и вакуумной инфузии. Связующее отличается низкой вязкостью при температурах пропитки (25°C) и отверждается при комнатной температуре. T20-60 позволяет получать ПКМ с низкой пористостью и оптимальными механическими характеристиками.

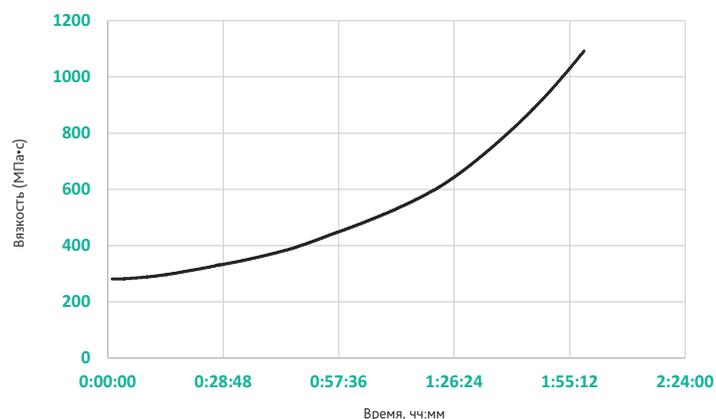
Особенности и преимущества

- Широкое технологическое окно > 2 часов при 25 °С;
- Отверждение при комнатной температуре;
- Низкая экзотерма;
- Высокая трещиностойкость;
- Оптимальное соотношение цена/качество.

Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Прочность при растяжении, МПа	ASTM D638	80
Модуль упругости при растяжении, ГПа	ASTM D638	3.2
Прочность при изгибе, МПа	ASTM D790	155
Трещиностойкость, K_{Ic} , МПа · м ^{1/2}	ASTM D5045	0.763
Энергия деформации, G_{Ic} , Дж/м ²	ASTM D5045	386
Температура стеклования, T_g , °С	ASTM E2092	87
Плотность, г/см ³	ASTM D792	1.273

Вязкость



Рекомендуемые условия переработки

- Смешать компоненты А и В в весовой пропорции 100:32;
- Дегазировать связующее при интенсивном перемешивании в течение 15 - 20 минут при температуре 20 - 25 °С;
- Поддерживая температуру 20 – 25°С в ёмкости и температуру оснастки 20 - 25°С, начать процесс инфузии;
- Отверждается при комнатной температуре в течение 24 часов;
- Убедитесь в том, что связующее зажелировалось;
- Удалите вспомогательные материалы;
- Увеличивайте температуру со скоростью 0,5-2°С/мин до 80°С;
- Выдержите в течение 3-6 часов при температуре 80°С.

Свойства ПКМ

Образцы для испытаний были получены методом вакуумной инфузии на связующем T20-60 и углеродной ткани 22502 (саржа 2x2, 200 г/м², 3К, 3.95 ГПа)

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Прочность при растяжении $0^\circ \sigma_{11}^+$, МПа при 25°С	ASTM D3039	777
Модуль упругости при растяжении $0^\circ E_{11}^+$, ГПа при 25°С	ASTM D3039	61
Прочность при сжатии $0^\circ \sigma_{11}^-$, МПа при 25°С	ASTM D6641	583
Прочность при сжатии $0^\circ \sigma_{11}^-$, МПа при 80°С	ASTM D6641	460
Модуль упругости при сжатии $0^\circ E_{11}^-$, ГПа при 25°С	ASTM D695	61
Модуль упругости при сжатии $0^\circ E_{11}^-$, ГПа при 80°С	ASTM D695	56
Прочность при межслоевом сдвиге τ_{13} , МПа при 25°С	ASTM D2344	58
Прочность при межслоевом сдвиге τ_{13} , МПа при 80°С	ASTM D2344	36
Прочность при сдвиге в плоскости листа τ_{12} , МПа при 25°С	ASTM D5379	110
Прочность при сдвиге в плоскости листа τ_{12} , МПа при 80°С	ASTM D5379	56
Модуль упругости при сдвиге G_{12} , ГПа при 25°С	ASTM D5379	4.1
Модуль упругости при сдвиге G_{12} , ГПа при 80°С	ASTM D5379	2.5

Предполагаемое применение

- Лопасти ветрогенераторов;
- Строительство;
- Баллоны высокого давления;
- Спортивный инвентарь;
- Дизайн;
- Оснастка для комнатной температуры.

Технические характеристики препрега на основе российского волокна UMT40 и UMT49

Технические характеристики

Препрег T107 (ТУ 1916-066-59846689-2017) предназначен для автоклавного формования. Препрег обеспечивает максимальную реализацию механических свойств армирующего наполнителя. ПКМ на основе препрега T107 обладают уникально высокой устойчивостью к ударным повреждениям и может применяться в самых нагруженных деталях при температурах до 120°C.

Квалифицирован для применения в гражданской авиации.

Свойства полимерной матрицы

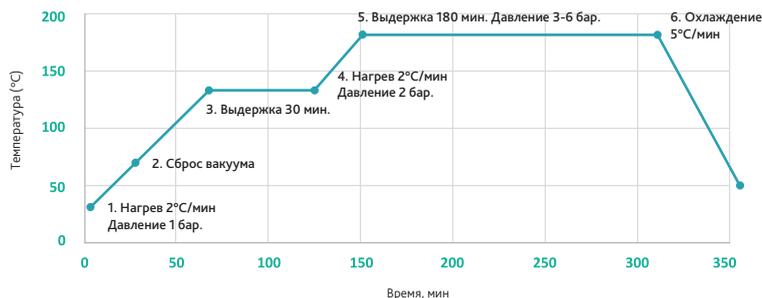
ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении, МПа	96
Предел прочности при изгибе, МПа	193
Температура стеклования T _g , °C	175
Трещиностойкость G _{IC} , Дж/м ²	1452
Трещиностойкость K _{IC} , МПа*м ^{1/2}	2,119
Влагонасыщение 52 ч. кип. вода, %	3,5
Температура стеклования влажн. T _g , °C	153

Свойства ПКМ

Марка препрега: 02/СТ833; толщина монослоя: 0,20±0,02 мм; армирующий наполнитель: углеродная ткань 200г/м², изготовленная из углеродного волокна Umatex UMT40 ЗК, СТО 30371716-004-2017 (АО «Алабуга-Волокно»).

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при сжатии 0° σ ₁₁ , МПа при 25°C	807
Предел прочности при сжатии 0° σ ₁₁ , МПа при 70°C влажн.	617
Модуль упругости при сжатии 0° E ₁₁ , ГПа при 25°C	58
Предел прочности при растяжении 0° σ ₁₁ , МПа при 25°C	911
Модуль упругости при растяжении 0° E ₁₁ , ГПа при 25°C	71
Предел прочности при сдвиге τ ₁₂ 5%/макс., МПа при 25°C	106/ 140
Модуль упругости при сдвиге G ₁₂ , ГПа при 25°C	5,5
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 25°C	80
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 70°C влажн.	62
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 120°C	56
Предел прочности при сжатии после удара 6,67Дж/мм, МПа	300

Рекомендуемые параметры переработки



Свойства ПКМ

Марка препрега: 01/ОН190; толщина монослоя: 0,12±0,01 мм; армирующий наполнитель: углеродная нить Umatex UMT49 12К, СТО 30371716-006-2017 (ОАО «Алабуга-Волокно»).

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при сжатии 0° σ ₁₁ , МПа при 25°C ¹	ГОСТ 56812-2015	1556
Модуль упругости при сжатии 0° E ₁₁ , ГПа при 25°C	ГОСТ 56812-2015	135
Предельное деформация при сжатии 0° ε, % при 25°C	ГОСТ 56812-2015	0,71
Предел прочности при растяжении 0° σ ₁₁ , МПа при 25°C	ГОСТ 32656-2014	2557
Модуль упругости при растяжении 0° E ₁₁ , ГПа при 25°C	ГОСТ 32656-2014	153
Предельное удлинение при растяжении 0° ε, % при 25°C	ГОСТ 32656-2014	1,45
Предел прочности при растяжении 90° σ ₂₂ , МПа при 25°C	ГОСТ 32656-2014	68
Модуль упругости при растяжении 90° E ₂₂ , ГПа при 25°C	ГОСТ 32656-2014	8,4
Предел прочности при растяжении 90° σ ₁₁ , МПа при 25°C	ГОСТ 32656-2014	0,84
Предел прочности при растяжении [0,+45, -45,90] ₄₅ , МПа при 25°C	ГОСТ 32656-2014	732
Модуль упругости при растяжении [0,+45, -45,90] ₄₅ , ГПа при 25°C	ГОСТ 32656-2014	51
Предел прочности при сжатии [0,+45, -45,90] ₄₅ , МПа при 25°C	ГОСТ 56812-2015	542
Модуль упругости при сжатии [0,+45, -45,90] ₄₅ , ГПа при 25°C	ГОСТ 56812-2015	41
Предел прочности при сдвиге τ ₁₂ 5%/макс., МПа при 25°C	ГОСТ Р 56799-2015	102/147
Модуль упругости при сдвиге G ₁₂ , ГПа при 25°C	ГОСТ Р 56799-2015	4,98
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 25°C	ГОСТ 32659-2014	106
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 120°C	ГОСТ 32659-2014	76
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ [0,+45, -45,90] ₄₅ , МПа При 25°C	ГОСТ 32659-2014	67
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ [0,+45, -45,90] ₄₅ , МПа При 120°C	ГОСТ 32659-2014	57
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ [0,+45, -45,90] ₄₅ , МПа При 150°C	ГОСТ 32659-2014	42
Предел прочности при сжатии после удара 6,67Дж/мм, МПа	ГОСТ 33495-2015	260

Режим формования

Нагрев 2°C/мин до 60°C, вакуум -1 бар, давление 3-6 бар, вакуум 0 бар (сбросить вакуум); нагрев 2°C/мин до 130°C, выдержка при 130°C в течение 60 мин; нагрев 2°C/мин до 180°C, выдержка при 180°C в течение 180 мин, давление 3-6 бар, вакуум 0; охлаждение не быстрее 5°C/мин до 50°C, давление 3-6 бар*. *режим формования может быть адаптирован для конкретных деталей и без изменения конечной температуры и времени отверждения обеспечивать получение эквивалентных механических характеристики.

Технические характеристики

Эпоксидный препрег В180 предназначен для безавтоклавного формования. Препрег обеспечивает максимальные механические характеристики ПКМ не уступающие автоклавным препрегам. ПКМ на основе препрега В180 обладают уникально высокой устойчивостью к ударным повреждениям и может применяться в нагруженных деталях при температурах до 120°C.

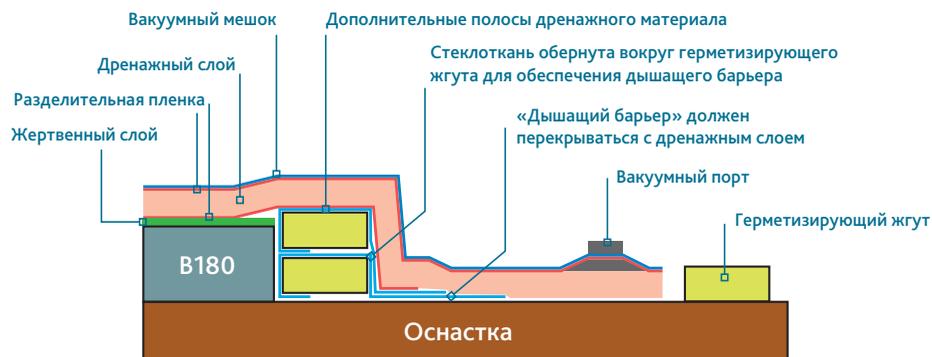
Квалифицирован для применения в гражданской авиации.

Свойства полимерной матрицы

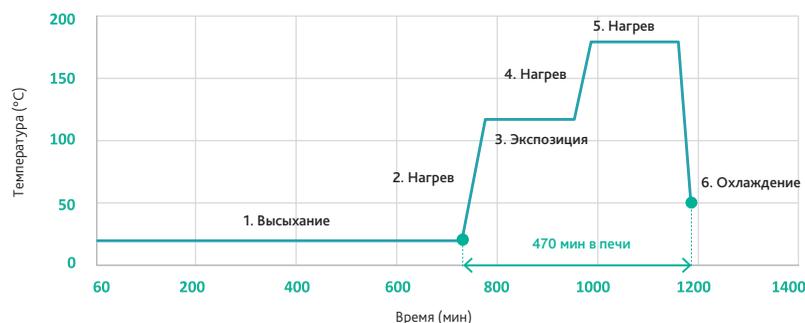
ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении, МПа	D638	94
Предел прочности при изгибе, МПа	D790	162
Температура стеклования T _g , °C	E1640	175
Температура стеклования wet T _g , °C	E1640	154
Трещиностойкость G _{IC} , Дж/м ²	E5045	1340
Трещиностойкость K _{IC} , МПа*м ^{1/2}	E5045	1,88
Влагонасыщение 40ч кип.вода, %		4,17

Сборка мешка

Необходимо точно следовать рекомендациям по сборке вакуумного мешка и режиму отверждения для обеспечения формования ПКМ с максимальными свойствами.



Рекомендуемые параметры переработки



Режим формования

Выдержка при температуре 25- 30°C, в течение 12 часов, вакуум -1 бар. Нагрев 2°C/мин до 120°C, выдержка при 120°C в течение 180 мин. Нагрев 2°C/мин до 180°C, выдержка при 180°C в течение 180 мин, охлаждение не быстрее 5°C/мин до 50°C.

Свойства ПКМ

Армирующий наполнитель: углеродная ткань 22502 саржа 2x2 200г/м²

Углепластик получен методом вакуумного формования.

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при сжатии 0° σ ₁₁ , МПа при 25°C	D6641	737
Модуль упругости при сжатии 0° E ₁₁ , ГПа при 25°C	D6641	55
Предел прочности при растяжении 0° σ ₁₁ , МПа при 25°C	D3039	906
Модуль упругости при растяжении 0° E ₁₁ , ГПа при 25°C	D3039	64
Предел прочности при сдвиге τ ₁₂ 5%/макс., МПа при 25°C	D5379	112
Модуль упругости при сдвиге G ₁₂ , ГПа при 25°C	D5379	4,9
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 25°C	EN2563	73

Армирующий наполнитель: углеродная ткань 22508 сатин 8-ми ремизный 200г/м² волокно

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при сжатии 0° σ ₁₁ , МПа при 25°C	D6641	802
Модуль упругости при сжатии 0° E ₁₁ , ГПа при 25°C	D6641	60
Предел прочности при растяжении 0° σ ₁₁ , МПа при 25°C	D3039	871
Модуль упругости при растяжении 0° E ₁₁ , ГПа при 25°C	D3039	71
Предел прочности при сдвиге τ ₁₂ , МПа при 25°C	D5379	126
Модуль упругости при сдвиге G ₁₂ , ГПа при 25°C	D5379	5,7
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ , МПа при 25°C	EN2563	79
Предел прочности при сжатии [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 25°C	D6641	708
Модуль упругости при сжатии [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 25°C	D6641	48
Предел прочности при сжатии [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 85°C	D6641	639
Модуль упругости при сжатии [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 85°C	D6641	47
Предел прочности при сжатии [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 85°C влагонасыщ.*	D6641	632
Модуль упругости при сжатии [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 85°C влагонасыщ.*	D6641	47
Предел прочности при растяжении [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 25°C	D3039	668
Модуль упругости при растяжении [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 25°C	D3039	50
Предел прочности при растяжении [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 85°C	D3039	670
Модуль упругости при растяжении [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 85°C	D3039	46
Предел прочности при растяжении [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 85°C влагонасыщ.*	D3039	636
Модуль упругости при растяжении [0,+45, -45,90] ₂₅ σ ₁₁ , МПа при 85°C влагонасыщ.*	D3039	45
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ [0,+45, -45,90] ₂₅ МПа при 25°C	EN2563	66
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ [0,+45, -45,90] ₂₅ МПа при 85°C	EN2563	59
Предел прочности при сдвиге τ ₁₃ [0,+45, -45,90] ₂₅ МПа при 85°C влагонасыщ.*	EN2563	53

*85°C 85% влажность

Техническая информация

Препрег M250 разработан для производства полимерных композиционных изделий или оснасток с температурой эксплуатации до 250 °С. В качестве армирующего материала для препрега на основе бисмалемидной смолы могут использоваться однонаправленные ленты и ткани различного плетения.

Особенности и преимущества

- Температура стеклования 266 °С;
- Высокая прочность и жёсткость;
- Температура отверждения 190 °С, постотверждение 230 °С;
- Хорошая липкость.

Свойства полимерной матрицы

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Прочность при растяжении, МПа	ASTM D638	85
Модуль упругости при растяжении, ГПа	ASTM D638	4.4
Прочность при изгибе, МПа	ASTM D790	165
Модуль упругости при изгибе, ГПа	ASTM E1640	280
Трещиностойкость, КИС, МПа · м ^{1/2}	ASTM E831	51·10 ⁻⁶
Энергия деформации, GIC, Дж/м ²	ASTM D5045	0.841
Температура стеклования сух., HDT, °С	ASTM D5045	194
Влагонасыщение, % (54ч в кипящей воде)		4.6

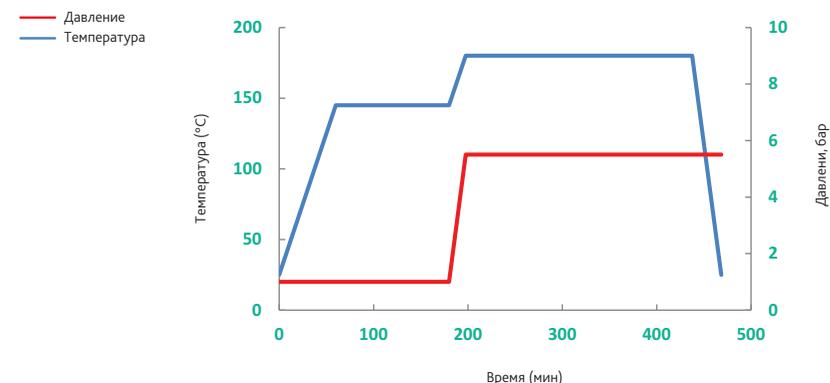
Рекомендуемые параметры переработки

ФОРМОВАНИЕ:

- Нагрев 2°С/минуту до 145°С, вакуум – 1 бар, давление 0 бар;
- Выдержка при 145°С в течение 120 минут, вакуум -1 бар, давление 0 бар;
- Нагрев 2°С/минуту to 180°С, набрать давление до 5.5 бар, снять вакуум;
- Выдержка при 180°С в течение 240 минут, давление 5.5 бар;
- Охладить не быстрее 5°С/минуту до 60°С, давление 5.5 бар.

ПОСТОТВЕРЖДЕНИЕ:

- Постотверждение изделия можно проводить без оснастки;
- Нагрев 2°С/минуту до 180°С;
- Нагрев не быстрее 0.2°С/минуту до 230°С;
- Выдержка при 230°С в течение 300 минут;
- Охлаждать не быстрее 5°С/минуту до 25°С;
- Для достижения теплостойкости 250°С требуется дополнительное постотверждение при 250°С в течение 240 минут.
- Нагрев от 230°С до 250°С со скоростью 2°С/минуту.



Свойства ПКМ

Образцы были получены методом автоклавного формования препрега на углеродной ткани 22502 (саржа 2x2, 200 г/м², 3К, 3.95 ГПа)

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАНДАРТ	ЗНАЧЕНИЕ
Предел прочности при растяжении σ_{11}^+ 0°, МПа при 25°С	ASTM D3039	1711
Предел прочности при растяжении σ_{22}^+ 90°, МПа при 25°С	ASTM D3039	30
Предел прочности при сжатии σ_{11}^- 0°, МПа при 25°С	ASTM D6641	1071
Предел прочности при сжатии σ_{11}^- 0°, МПа при 150°С	ASTM D6641	973
Предел прочности при сжатии σ_{11}^- 0°, МПа при 180°С	ASTM D6641	860
Предел прочности при сжатии σ_{11}^- 0°, МПа при 230°С	ASTM D6641	810
Предел прочности при сжатии σ_{11}^- 0°, МПа при 250°С	ASTM D6641	780
Предел прочности при сжатии σ_{22}^- 90°, МПа при 25°С	ASTM D6641	205
Предел прочности при сжатии σ_{22}^- 90°, МПа при 150°С	ASTM D6641	158
Предел прочности при сжатии σ_{22}^- 90°, МПа при 180°С	ASTM D6641	151
Предел прочности при сжатии σ_{22}^- 90°, МПа при 250°С	ASTM D6641	118
Модуль упругости при растяжении E_{11}^+ 0°, ГПа при 25°С	ASTM D3039	137
Модуль упругости при растяжении E_{22}^+ 90°, ГПа при 25°С	ASTM D3039	9.5
Предел прочности при сжатии после удара 6.7 Дж/мм), МПа	ASTM D7137	149
Предел прочности при сдвиге τ_{13} , МПа при 25°С	ASTM D2344	87
Предел прочности при сдвиге τ_{13} , МПа при 150°С	ASTM D2344	73
Предел прочности при сдвиге τ_{13} , МПа при 180°С	ASTM D2344	70
Предел прочности при сдвиге τ_{13} , МПа при 250°С	ASTM D2344	52
Предел прочности при сдвиге τ_{12} , МПа при 25°С	ASTM D3518	72

**ОСТАЛИСЬ ВОПРОСЫ?
СВЯЖИТЕСЬ С НАМИ**

ОФИС:

119991, РОССИЯ, МОСКВА
ЛЕНИНСКИЕ ГОРЫ, Д. 1, СТР. 11
Т.: +7 (495) 133-2678

SALES@ITECMA.RU
WWW.ITECMA.RU

