



УДК 667.621:678.8

doi: 10.18577/2307-6046-2015-0-9-11-11

**КЛЕЕВЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА УГЛЕ- И
СТЕКЛОПОЛННЕТЕЛЯХ**

А.П. Петрова
доктор технических наук

Л.А. Дементьева

Н.Ф. Лукина
кандидат технических наук

Л.В. Чурсова
кандидат технических наук

Сентябрь 2015

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более чем тридцати научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в четырех филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках и международных салонах в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат государственных премий СССР и РФ, академик РАН, профессор Е.Н. Каблов.

УДК 667.621:678.8

doi: 10.18577/2307-6046-2015-0-9-11-11

А.П. Петрова¹, Л.А. Дементьева¹, Н.Ф. Лукина¹, Л.В. Чурсова¹

КЛЕЕВЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА УГЛЕ- И СТЕКЛОПОЛННИТЕЛЯХ

Изложены основные физико-механические и реологические свойства разработанных эпоксидных клеевых связующих расплавленного типа. Указаны отличительные особенности клеевых препрегов на основе клеевых связующих и стекло- или угленаполнителей и приведены результаты их применения. Показано назначение, преимущество и эффективность применения композиционных материалов на основе клеевых препрегов. Приведена область применения этих материалов в конструкции изделий авиакосмической техники.

Ключевые слова: *клеевое связующее, клеевой препрег, композиционные материалы, реологические и механические свойства.*

N.F. Lukina, L.A. Dementyeva, A.P. Petrova, L.V. Chursova

ADHESIVE BINDERS FOR POLYMER COMPOSITE MATERIALS BASED ON CARBON- AND GLASS FILLERS

Some basic physical, mechanical and rheological properties of the developed adhesive epoxy melt-based binders are presented. Distinctive features of adhesive prepregs based on adhesive binders and fiberglass or carbon fillers are listed and results of their application are given. The fields of application, advantage and efficiency of composite materials based on adhesive prepregs are shown. Possible applications of these materials in structures of aerospace equipment are described as well.

Keywords: *adhesive binder, adhesive prepreg, composite materials, rheological and mechanic properties.*

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский

Введение

В 60-х годах прошлого века в ВИАМ под руководством В.П. Батизата были выполнены теоретические и экспериментальные исследования прочностных и вязкоупругих свойств многокомпонентных полимерных композиций, разработаны основы нового научного направления по созданию высокопрочных и высокоэластичных пленочных клеев конструкционного назначения и впервые в отечественной практике разработаны клеи с прочностью при сдвиге до 40 МПа, работоспособные при температурах от -196 до +160°C.

В дальнейшем были проведены работы по модификации полимерной основы высокопрочных эпоксидных клеев и созданию на их основе клеевых связующих расплавного типа с регулируемыми характеристиками (вязкоупругими, прочностными, деформационными и температурными), которые были использованы в качестве полимерных матриц при создании полимерных композиционных материалов (ПКМ) на стекло- и угленополнителях, предназначенных для изготовления трехслойных сотовых конструкций [1–4].

Материалы и методы

В настоящее время разработан широкий ассортимент эпоксидных клеевых связующих под общей маркой ВСК-14, различающихся по составу и свойствам [5–7]. Свойства связующих приведены в табл. 1.

Таблица 1

Прочностные характеристики клеевых соединений на основе связующих типа ВСК-14 (склеиваемый материал – алюминиевый сплав Д16-АТ Ан.Окс.хром)

Связующее	τ_b , МПа (не менее), при температуре испытания, °С			Температура отверждения, °С
	20	80	150	
ВСК-14-1	19,6	19,6	–	125
ВСК-14-1с	19,6	19,6	–	140
ВСК-14-2	34,4	–	17,6	175
ВСК-14-2м	19,6	–	19,6	175
ВСК-14-2мР	20,0	20,0*	–	175
ВСК-14-3	14,7	–	14,7	175
ВСК-14-4	17,6	–	17,6**	175
ВСК-14-4м	17,6	–	17,6**	175
ВСК-14-5м	17,6	–	17,6	155

* При 120°C.

** При 175°C.

Клеевые связующие представляют собой однородную пластичную массу, их характерной особенностью является низкое содержание летучих продуктов, которое не превышает 2% (по массе). Температура стеклования этих материалов варьируется от 140 до 205°C в зависимости от состава.

Важными характеристиками клеевых связующих являются реологические свойства. Исследования характера изменения реологических свойств (динамической вязкости) клеевых связующих позволяют установить температурные диапазоны их переработки в калиброванные клеевые препреги, которые характеризуются минимальным разбросом по содержанию связующего (1,5–3%).

Реологические характеристики клеевых связующих определяли согласно ISO 6721-10 с помощью реометра марки Physica фирмы Anton Paar модели MCR 302 в режиме контролируемого напряжения, равного 2 Па, при постоянной частоте 1,6 Гц в рабочем узле «плита–плита» диаметром 50 мм и с величиной зазора 0,6 мм [8].

Образец клеевого связующего подвергали предварительному нагреву до заданной температуры и выдерживали 10 мин для достижения температурного равновесия. Данные обрабатывали с использованием программного обеспечения RheoPlus.*

Результаты и обсуждение

Результаты исследований динамической вязкости некоторых клеевых связующих представлены на рис. 1.

На рис. 2 и 3 представлены зависимости динамического модуля упругости G' , модуля потерь G'' и тангенса угла потерь $\text{tg}\delta$ связующих от температуры. Динамическим модулем упругости описывается упругое, а модулем потерь – вязкостное поведение материала. Тангенс угла потерь $\text{tg}\delta$ можно рассчитать из отношения модулей G' и G'' .

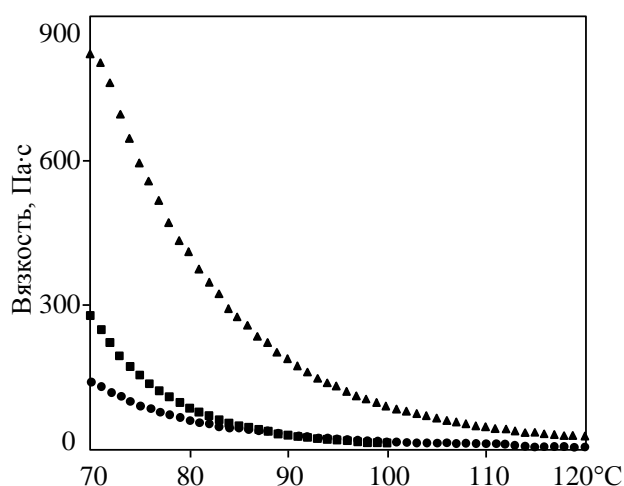


Рисунок 1. Температурная зависимость динамической вязкости клеевых связующих ВСК-14-2мР (●), ВСК-14-3 (▲) и ВСК-14-5м (■)

* Реологические исследования проводились Т.А. Кириенко.

Из представленных на рис. 1 кривых, характеризующих зависимость динамической вязкости клеевых связующих от температуры, видно, что при увеличении температуры их динамическая вязкость уменьшается:

- со 140 Па·с при 70°C до 6 Па·с при 120°C – для ВСК-14-2мР;
- с 800 Па·с при 70°C до 25 Па·с при 120°C – для ВСК-14-3;
- с 280 Па·с при 70°C до 13 Па·с при 100°C – для ВСК-14-5м.

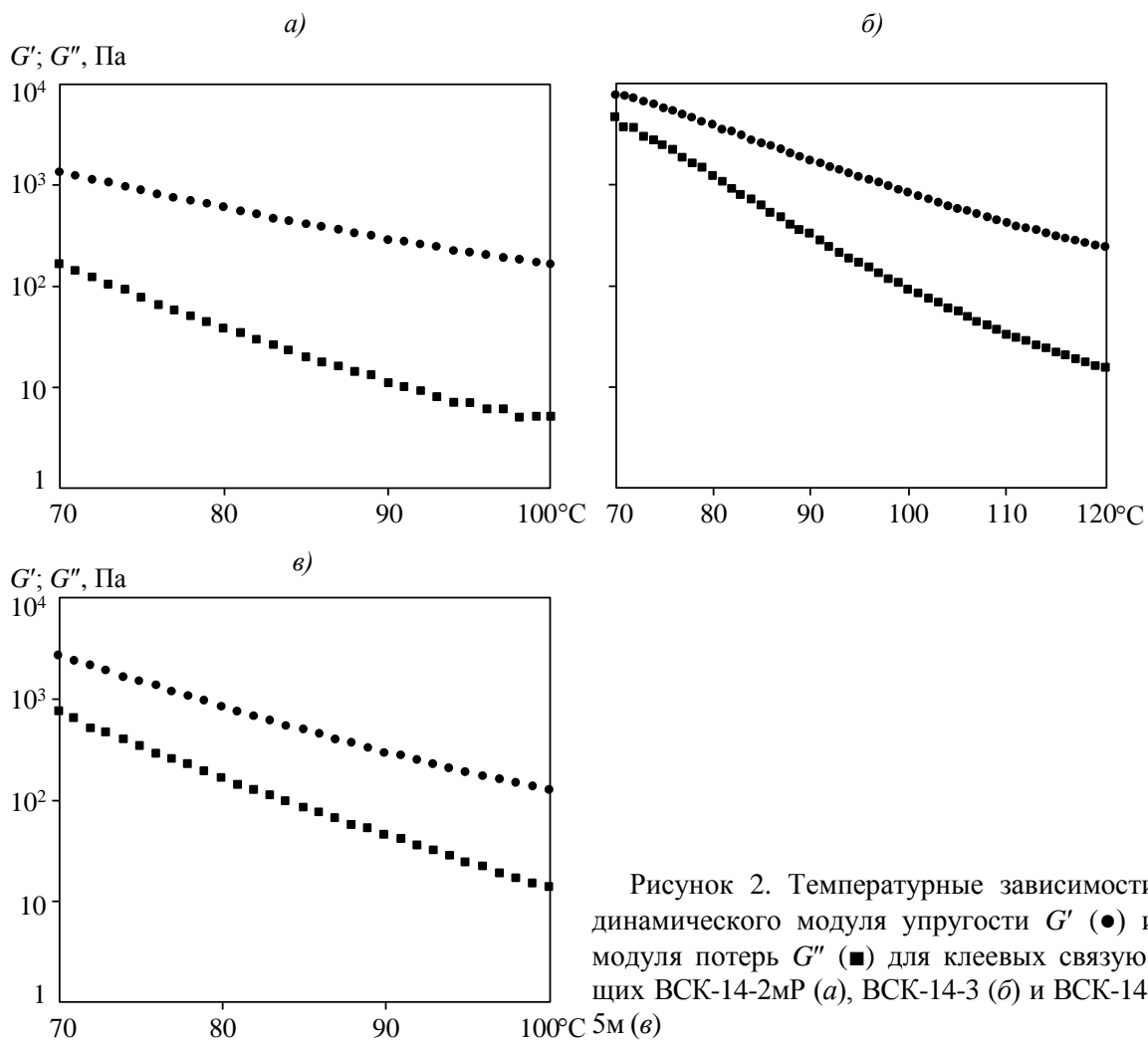


Рисунок 2. Температурные зависимости динамического модуля упругости G' (●) и модуля потерь G'' (■) для клеевых связующих ВСК-14-2мР (а), ВСК-14-3 (б) и ВСК-14-5м (в)

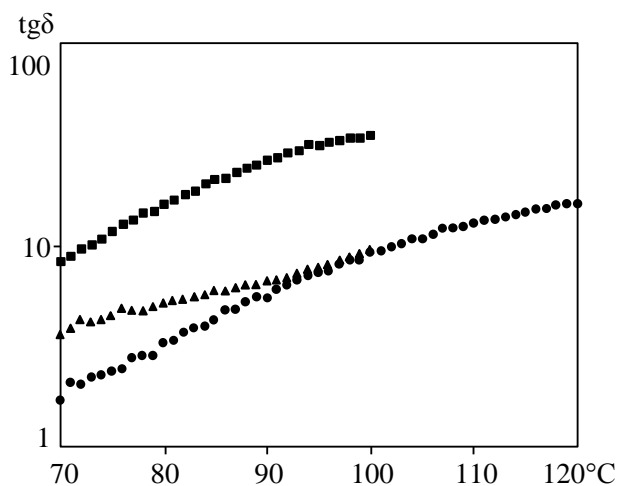


Рисунок 3. Температурные зависимости тангенса угла потерь $\text{tg}\delta=G''/G'$ для связующих

ВСК-14-2мР (■), ВСК-14-3 (●) и ВСК-14-5м (▲)

Однако выбор оптимального диапазона температур переработки связующего в препрег определяется не только минимальным значением динамической вязкости при нанесении на наполнитель. Важен также характер изменения этого значения во времени, которое определяется продолжительностью переработки связующего, т. е. временем технологического процесса, при котором связующее длительно нагревается при постоянной температуре.

Исследование вязкоупругой реакции клеевого связующего в условиях, приближающихся к условиям переработки связующего в ходе технологического процесса изготовления препрега, представляет практический интерес. На рис. 2 и 3 представлен характер изменения вязкоупругих характеристик клеевых связующих при различных температурах, а также изменение динамического модуля упругости и модуля потерь и их отношение при различных температурах. Видно, что в интервале исследуемых температур, в котором происходит переработка связующих при изготовлении клеевых препрегов, все композиции имеют вязкоупругую консистенцию с преобладанием вязкостной составляющей. На графиках зависимостей динамического модуля упругости и модуля потерь также отсутствуют точки пересечения кривых G' и G'' , что характеризует отсутствие момента гелеобразования при повышении температур до 100–120°C.

По мере увеличения температуры модули упругости и потерь связующих уменьшаются, значения тангенса угла потерь ($\text{tg}\delta$) увеличиваются, что также подтверждает отсутствие наступления момента гелеобразования при данных температурах.

Полученные результаты, дополненные данными проведенных ранее исследований реологических характеристик клеевых связующих в изотермическом режиме, позволили определить температурный режим переработки клеевых связующих в процессе изготовления клеевых препрегов марок КМКС и КМКУ:

Клеевое связующее	Диапазон температур, °С
ВСК-14-3	110–115
ВКС-14-2мР	95–100
ВСК-14-5м	85–90.

Основное назначение клеевых связующих типа ВСК-14 – для изготовления клеевых препрегов марок КМКС и КМКУ (табл. 2). В составе клеевых препрегов марок КМКС применяются различные стеклонеполнители (ткани, ровинг), в том числе на основе высокомодульных волокон; в клеевых препрегах КМКУ – углеродные наполнители различных типов (ленты или ткани).

Назначение клеевых связующих

Связующее	Назначение
ВСК-14-1	Для изготовления клеевых препрегов марок КМКС-1.80 и КМКУ-1.80, предназначенных для изготовления деталей конструкционного назначения, в том числе сотовых конструкций, работающих в интервале температур от -60 до +80°C
ВСК-14-1с	Связующее с пониженной температурой отверждения 140±5°C для изготовления клеевых препрегов марок КМКС-1с.80.Т60 и КМКС-1с.80.ТС8/3-к, предназначенных для изготовления агрегатов из ПКМ сотовой конструкции, в том числе радиотехнического назначения (обтекатель), работоспособных при температурах от -60 до +80°C
ВСК-14-2	Для изготовления клеевых препрегов марок КМКС-2.120, предназначенных для изготовления деталей конструкционного назначения, в том числе сотовых конструкций, работающих в интервале температур от -130 до +120°C
ВСК-14-2м	Для изготовления клеевых препрегов марок КМКС-2м.120 и КМКУ-2м.120, предназначенных для изготовления деталей конструкционного назначения, в том числе сотовых конструкций, работающих в интервале температур от -60 до +120°C
ВСК-14-2мР	Для изготовления клеевых препрегов на стеклонаполнителях марок РВМПН (ровинг), предназначенных для изготовления гибридных полимерных и слоистых металлополимерных композиционных материалов, работающих в интервале температур от -60 до +120°C
ВСК-14-3	Для изготовления клеевых препрегов марок КМКУ-3.150.Э0,1 и КМКУ-3м.150.УОЛ(У), предназначенных для изготовления деталей конструкционного назначения, в том числе сотовых конструкций, работающих в интервале температур от -60 до +150°C
ВСК-14-4	Для изготовления клеевых препрегов марок КМКС-4.175.Т10(Т15), предназначенных для изготовления деталей конструкционного назначения, в том числе сотовых конструкций, работающих в интервале температур от -60 до +175°C
ВСК-14-4м	Для изготовления клеевых препрегов марок КМКС-4м.175.Т64.55 и КМКС-4к.175.ТС8/3, предназначенных для изготовления деталей конструкционного назначения, в том числе сотовых конструкций, работающих в интервале температур от -60 до +150°C
ВСК-14-5м	Связующее с пониженной температурой отверждения 155±5°C для изготовления клеевых препрегов марок КМКУ-5м-150.УОЛ(У) с использованием отечественной углеродной ткани марки УОЛ-300Р улучшенной текстильной формы, предназначенных для изготовления деталей конструкционного назначения, в том числе сотовых конструкций, работающих в интервале температур от -60 до +150°C

Использование клеевых связующих, различающихся составом, реологическими, прочностными и деформационными характеристиками, в сочетании с разнообразной номенклатурой стекло- и угленаполнителей позволило разработать широкий ассортимент клеевых препрегов, которые различаются не только использованными в их составе типами связующих и наполнителей, но и содержанием связующего.

Содержание связующего в препреге в зависимости от его назначения следующее:

– в препрегах КМКС и КМКУ, предназначенных для приклеивания обшивки к сотовому заполнителю в процессе формования сотовой конструкции, содержание клеевого связующего повышено и составляет 55–65% (по массе);

– в препрегах, предназначенных для изготовления композиционного материала, содержание связующих составляет 38–45% (по массе) – для КМКУ, 35–37% (по массе) – для КМКС.

Условное обозначение связующего, максимальная рабочая температура пластика, условная марка наполнителя, использованного в составе препрега, и содержание связующего – эта информация отражена в маркировке клеевого препрега.

Отличительной особенностью клеевых препрегов является то, что они позволяют реализовать высокоэффективную технологию сборки клееных высоконагруженных сотовых (слоистых) конструкций из неметаллических материалов одинарной и двойной кривизны, в процессе которой формование обшивки и приклеивание ее к сотовому заполнителю происходит за одну технологическую операцию. Эпоксидные клеевые связующие в составе клеевых препрегов при склеивании соединений сотовой конструкции обладают свойством, аналогичным свойству эпоксидных высокопрочных пленочных клеев – они термоусаживаются в процессе отверждения на торцах сотового заполнителя, образуя галтели, благодаря чему увеличивается площадь склеивания и прочность клеевых соединений. Как правило, при склеивании образцов сотовой конструкции их разрушение происходит в основном по сотовому заполнителю с обеспечением предела прочности при отрыве сотового заполнителя не менее 4,4 МПа при температуре испытания 20°C.

Эта же технология позволяет создавать сложные сотовые и интегральные конструкции, сочетающие сотовые и монолитные элементы, которые в зависимости от назначения, конструктивно-технологических особенностей и требуемых свойств изготавливаются способом автоклавного или прямого прессования [9, 10].

Результат применения клеевых препрегов – снижение: продолжительности цикла изготовления конструкций – в 2–3 раза, трудоемкости изготовления сотовых конструкций – на 40–50% по сравнению с обычными клееными панелями (за счет сокращения количества технологических операций в 3 раза), количества оснастки – в 1,5–2 раза, массы конструкции (особенно с сотовым заполнителем) – на 30–50%, количества выбросов вредных веществ в атмосферу – в 10–15 раз за счет использования безрастворной технологии изготовления клеевых препрегов и изделий из них. Композиционные материалы клеевые в отличие от материалов, изготовленных с применением связующих, содержащих растворитель, позволяют повысить герметичность конструкций из ПКМ в 10 раз, трещиностойкость – на 40–50%, прочность при межслойном сдвиге – на 20–35%. Кроме того, они обладают более высокими характеристиками сопротивления усталости, длительной прочностью, сохраняют высокий уровень прочностных характеристик после воздействия различных факторов (вода, влага, топливо, масла, повышенные температуры). Получена высокая воспроизводимость процессов, связанных с применением клеевых препрегов в условиях серийного производства, при минимальном числе операций [11–13].

Следует особо отметить, что клеевые препреги являются «долгоживущими» полимерными материалами: гарантийный срок их хранения составляет: 12 мес – при температуре не выше -5 до +5°C, 3 мес – при температуре свыше 5 до 25°C, что положительно отличает их от зарубежных и отечественных аналогов, многие из которых обла-

дают ограниченным сроком хранения (не более 15 сут). Следует также отметить хорошие технологические свойства клеевых препрегов в процессе выкладки, что особенно важно при изготовлении агрегатов и деталей из ПКМ сложной формы.

Перечень разработанных в настоящее время клеевых препрегов с использованными в их составе марками связующего и наполнителя отечественного производства представлены в табл. 3.

Таблица 3

Ассортимент клеевых препрегов

Препрег	Клеевое связующее	Наполнитель
КМКС-1.80.Т10.37, КМКС-1.80.Т10.55	ВСК-14-1	Стеклоткань Т-10-80(14)
КМКС-1.80.Т25.37, КМКС-1.80.Т25.55		Стеклоткань Т-25(ВМ)
КМКС-1.80.Э01.45, КМКС-1.80.Э01.65		Углеродная лента ЭЛУР-ПА
КМКС-1с.80.ТС8/3к.37, КМКС-1с.80.ТС8/3к.55	ВСК-14-1с	Кварцевая стеклоткань ТС-8/3-к
КМКС-1с.80.Т60.37, КМКС-1с.80.Т60.55		Стеклоткань Т-60/2(ВМП)-14
КМКС-2.120.Т10.37, КМКС-2.120.Т10.55	ВСК-14-2	Стеклоткань Т-10-80(14)
КМКС-2.120.Т15.37, КМКС-2.120.Т15.55		Стеклоткань Т-15(П)-76
КМКС-2.120.Т60.37, КМКС-2.120.Т60.55		Стеклоткань Т-60/2(ВМП)-14
КМКС-2.120.Т25.37, КМКС-2.120.Т25.55		Стеклоткань Т-25(ВМ)
КМКС-2.120.ЛСК.ВМ.37, КМКС-2.120.ЛСК.ВМ.55	ВСК-14-2	Стеклолента ЛСК ВМ 0,1×96-80
КМКС-2.120.ЛЭС.37, КМКС-2.120.ЛЭС.55		Стеклолента ЛЭС 0,2×35
КМКС-2м.120.Т10.37, КМКС-2м.120.Т10.55	ВСК-14-2м	Стеклоткань Т-10-80(14)
КМКС-2м.120.Т15.37, КМКС-2м.120.Т15.55		Стеклоткань Т-15(П)-76
КМКС-2м.120.Т60.37, КМКС-2м.120.Т60.55		Стеклоткань Т-60/2(ВМП)-14
КМКС-2м.120.Т64.37, КМКС-2м.120.Т64.55		Стеклоткань Т-64(ВМП)-14
КМКУ-2м.120.Э01.45, КМКУ-2м.120.Э01.65		Углеродная лента ЭЛУР-ПА
КМКУ-2м.120.Э0,08.45, КМКУ-2м.120.Э0,08.65		Углеродная лента ЭЛУР-0,08 П
КМКС-2мР.120.РВМПН.30		ВСК-14-2мР
КМКУ-3м.150.УОЛ(У).45, КМКУ-3м.150.УОЛ(У).65	ВСК-14-3	Лента углеродная однонаправленная УОЛ-300Р улучшенной текстильной формы
КМКУ-3м.150.Э01.45, КМКУ-3м.150.Э01.65		Лента углеродная ЭЛУР-П марки КП
КМКС-4.175.Т10.37, КМКС-4.175.Т10.55	ВСК-14-4	Стеклоткань Т-10-80(14)
КМКС-4.175.Т15.37, КМКС-4.175.Т15.55		Стеклоткань Т-15(П)-76
КМКС-4м.175.Т64.37, КМКС-4м.175.Т64.55	ВСК-14-4м	Стеклоткань Т-64(ВМП)-14
КМКС-4к.175.ТС8/3к.37		Кварцевая стеклоткань ТС-8/3-к
КМКУ-5м.150.УОЛ(У).45,	ВСК-14-5м	Лента углеродная однонаправленная

Клеевые препреги предназначены для изготовления деталей из ПКМ конструкционного назначения (в том числе сотовых конструкций) за один технологический цикл формования обшивки и склеивания ее с сотовым наполнителем. Широкий ассортимент клеевых препрегов обеспечивает получение элементов конструкций, работающих в интервале температур от -130 до $+175^{\circ}\text{C}$. Клеевые препреги на основе высококомодульных стеклонеполнителей (стеклоткани Т-60(ВМП) и стеклоровинга) применены в составе слоистых алюмокомпозитов класса СИАЛ, которые превосходят по сопротивлению усталости, вязкости разрушения, статическим механическим свойствам, ударо- и огнестойкости монолитные листы из традиционных алюминиевых сплавов, применяемых в изделиях авиационной техники. Слоистые материалы также характеризуются пониженной плотностью [14–16].

Заключение

Композиционные материалы на основе клеевых препрегов, в составе которых использованы клеевые связующие, нашли широкое применение для изготовления деталей и агрегатов из ПКМ, в том числе сотовой и слоистой конструкции в составе гражданских и военных изделий авиакосмической техники [17].

Имеющийся начиная с 80-х годов прошлого века опыт длительной эксплуатации клееных конструкций авиационной техники, выполненных с применением клеевых препрегов, является подтверждением высокого уровня свойств композиционных материалов на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» //Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33.
2. Аниховская Л.И., Минаков В.Т. Клеи и клеевые препреги для перспективных изделий авиакосмической техники /В кн.: Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932–2002: Юбилейный науч.-технич. сб. М.: МИСиС–ВИАМ. 2002. С. 315–326.
3. Каблов Е.Н., Минаков В.Т., Аниховская Л.И. Клеи и материалы на их основе для ремонта конструкций авиационной техники /В сб. Авиационные материалы и технологии. Вып. «Ремонтные технологии в авиастроении». М.: ВИАМ. 2002. №1. С. 61–65.
4. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Петрова А.П., Сереженков А.А. Конструкционные и термостойкие клеи //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 328–335.

5. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Бочарова Л.И., Аниховская Л.И., Лукина Н.Ф. Композиционные материалы клеевые на основе стеклянных и углеродных наполнителей //Клеи. Герметики. Технологии. 2009. №1. С. 24–27.
6. Дементьева Л.А., Лукина Н.Ф., Сереженков А.А., Куцевич К.Е. Основные свойства и назначение ПКМ на основе клеевых препрегов /В сб. тезисов докладов XIX Международной науч.-технич. конф. «Конструкции и технология получения изделий из неметаллических материалов». Обнинск. 2010. С. 11–12.
7. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Бочарова Л.И., Лукина Н.Ф., Куцевич К.Е., Петрова А.П. Свойства композиционных материалов на основе клеевых препрегов //Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №6. С. 19–24.
8. Кириенко Т.А., Лукина Н.Ф., Куцевич К.Е., Петрова А.П. Исследование реологических свойств клеевых связующих //Клеи. Герметики. Технологии. 2015. №12 (в печати).
9. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Serezhnikov A.A., Kotova E.V., Senatorova O.G., Sidel'nikov V.V., Kutsevich K.E. Adhesive prepregs and composite materials on their basis //Russian Journal of General Chemistry. 2011. V. 81. №5. P. 1022–1024.
10. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Лукина Н.Ф., Куцевич К.Е. Клеевые препреги – перспективные материалы для деталей и агрегатов из ПКМ //Композиты 21 век. 2014. №2. С. 12–14.
11. Петрова А.П., Донской А.А., Чалых А.Е., Щербина А.А. Клеящие материалы. Герметики. СПб.: Профессионал. 2008. 592 с.
12. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Лукина Н.Ф., Куцевич К.Е. Свойства и назначение композиционных материалов на основе клеевых препрегов //Труды ВИАМ. 2014. №8. Ст. 06 (viam-works.ru).
13. Каблов Е.Н., Антипов В.В., Сенаторова О.Г., Лукина Н.Ф. Новый класс слоистых алюмопластиков на основе алюминий-литиевого сплава 1441 с пониженной плотностью //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2011. №SP2. С. 174–183.
14. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Лукина Н.Ф., Куцевич К.Е. Клеевые препреги и слоистые материалы на их основе //Авиационные материалы и технологии. 2013. №2. С. 19–21.
15. Каблов Е.Н., Антипов В.В., Сенаторова О.Г. Слоистые алюмопластики СИАЛ-1441 и сотрудничество с Airbus и Tu Delft //Цветные металлы. 2013. №9 (849). С. 50–53.

16. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Сerezhenkov А.А., Котова Е.В., Сенаторова О.Г., Сидельников В.В., Куцевич К.Е. Клеевые препреги и композиционные материалы на их основе //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 53–56.
17. Хрычев Ю.И., Шкодина Е.П., Магин Н.А., Дементьева Л.А., Хайретдинов Р.Х., Куцевич К.Е. Разработка технологического процесса изготовления радиопрозрачного обтекателя из клеевых препрегов типа КМКС-2м.120 //Клеи. Герметики. Технологии. 2013. №2. С. 27–30.

REFERENCES LIST

1. Kablov E.N. Innovacionnye razrabotki FGUP «VIAM» GNC RF po realizacii «Strategicheskikh napravlenij razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda» [Innovative development of VIAM Federal State Unitary Enterprise of GNTs Russian Federation on implementation «The strategic directions of development of materials and technologies of their processing for the period till 2030»] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2015. №1 (34). S. 3–33.
2. Anihovskaja L.I., Minakov V.T. Klei i kleevyje prepregi dlja perspektivnyh izdelij aviakosmicheskoj tehniky [Glues and glue prepregs for perspective products of aerospace equipment] /V kn.: Aviacionnye materialy. Izbrannye trudy «VIAM» 1932–2002: Jubilejnyj nauch.-tehnič. sb. M.: MISiS–VIAM. 2002. S. 315–326.
3. Kablov E.N., Minakov V.T., Anihovskaja L.I. Klei i materialy na ih osnove dlja remonta konstrukcij aviacionnoj tehniky [Glues and materials on their basis for repair of designs of aviation engineering] /V sb. Aviacionnye materialy i tehnologii. Vyp. «Remontnye tehnologii v aviaostroenii». M.: VIAM. 2002. №1. S. 61–65.
4. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Petrova A.P., Serezhenkov A.A. Konstrukcionnye i termostojkie klei [Constructional and heat-resistant glues] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 328–335.
5. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Bocharova L.I., Anihovskaja L.I., Lukina N.F. Kompozicionnye materialy kleevyje na osnove stekljannyh i uglerodnyh napolnitelej [Composite materials glue on the basis of glass and carbon fillers] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2009. №1. S. 24–27.
6. Dement'eva L.A., Lukina N.F., Serezhenkov A.A., Kucevich K.E. Osnovnye svojstva i naznachenie PKM na osnove kleevyh prepregov [The main properties and PKM assignment on the basis of glue prepregs] /V sb. tezisov dokladov XIX Mezhduna-rodnoj nauch.-

- tehnič. konf. «Konstrukcii i tehnologija poluchenija izdelij iz neme-tallicheskih materialov». Obninsk. 2010. S. 11–12.
7. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Bocharova L.I., Lukina N.F., Kucevich K.E., Petrova A.P. Svoystva kompozicionnyh materialov na osnove kleevyh prepregov [Properties of composite materials on the basis of glue prepregs] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №6. S. 19–24.
 8. Kirienko T.A., Lukina N.F., Kucevich K.E., Petrova A.P. Issledovanie reologicheskikh svoystv kleevyh svjazujushhih [Research of rheological properties of the glue binding] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2015. №12 (v pechati).
 9. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Kotova E.V., Senatorova O.G., Sidel'nikov V.V., Kutsevich K.E. Adhesive prepregs and composite materials on their basis //Russian Journal of General Chemistry. 2011. V. 81. №5. P. 1022–1024.
 10. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Lukina N.F., Kucevich K.E. Kleevye prepregi – perspektivnye materialy dlja detalej i agregatov iz PKM [Glue prepregs – perspective materials for details and units from PKM] //Kompozity 21 vek. 2014. №2. S. 12–14.
 11. Petrova A.P., Donskoj A.A., Chalyh A.E., Shherbina A.A. Klejashhie materialy. Germetiki [Gluing materials. Hermetics]. SPb.: Professional. 2008. 592 s.
 12. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Lukina N.F., Kucevich K.E. Svoystva i naznachenie kompozicionnyh materialov na osnove kleevyh prepregov [Properties and assignment of composite materials on the basis of glue prepregs] //Trudy VIAM. 2014. №8. St. 06 (viam-works.ru).
 13. Kablov E.N., Antipov V.V., Senatorova O.G., Lukina N.F. Novyj klass sloistyh aljumostekloplastikov na osnove aljuminij-litievogo splava 1441 s ponizhennoj plotnost'ju [New class layered aljumostekloplastikov on basis aluminum-lithium alloy 1441 with lowered density] //Vestnik MGTU im. N.Je. Baumana. Ser. «Mashinostroenie». 2011. №SP2. S. 174–183.
 14. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Lukina N.F., Kucevich K.E. Kleevye prepregi i sloistye materialy na ih osnove [Glue prepregs and layered materials on their basis] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №2. S. 19–21.
 15. Kablov E.N., Antipov V.V., Senatorova O.G. Sloistye aljumostekloplastiki SIAL-1441 i sotrudnichestvo s Airbus i Tu Delft [Layered aljumostekloplastiki SIAL-1441 and cooperation with Airbus and Tu Delft] //Cvetnye metally. 2013. №9 (849). S. 50–53.
 16. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Kotova E.V., Senatorova O.G., Sidel'nikov V.V., Kucevich K.E. Kleevye prepregi i kompozicionnye materialy na ih os-

nove [Glue prepregs and composite materials on their basis] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 53–56.

17. Hrychev Ju.I., Shkodina E.P., Magin N.A., Dement'eva L.A., Hajretdinov R.H., Kucevich K.E. Razrabotka tehnologicheskogo processa izgotovlenija radioprozrachnogo obtekatelja iz klevyih prepregov tipa KMKS-2m.120 [Development of technological process of manufacturing of radio transparent fairing from glue prepregs of the KMKS-2M.120 type] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2013. №2. S. 27–30.