УДК 665.939.5

А.П. Петрова[1], Н.Ф. Лукина[1], Е.В. Рубцова[1], А.Ю. Исаев[1]

ВЛИЯНИЕ АРМИРОВАНИЯ ЭПОКСИДНОГО ПЛЕНОЧНОГО КЛЕЯ ВК-51 НЕТКАНЫМ ВОЛОКНИСТЫМ МАТЕРИАЛОМ НА ЕГО СВОЙСТВА

DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-9-47-56

Приводятся свойства высокопрочного пленочного клея ВК-51. Показано влияние армирования нетканым материалом на основе лавсановых и вискозных волокон на свойства клея ВК-51 и приведены свойства армированного клея (ВК-51А). Приведено сравнение свойств клея ВК-51А с импортным аналогом – клеем АФ-126. Показано влияние адгезионного грунта ЭП-0234 на ресурсные характеристики клеевых соединений, выполненных клеем ВК-51А в сочетании с грунтом.

Ключевые слова: *клей, адгезионный грунт, армированный клей, ресурсные характеристики, клеевые соединения, прочность клеевых соединений.*

A.P. Petrova[1], N.Ph. Lukina[1], E.V. Rubtsova[1], A.Yu. Isaev[1]

THE EFFECT OF REINFORCING EPOXY FILM ADHESIVE VK-51 WITH NON-WOVEN FIBROUS MATERIAL ON ITS PROPERTIES

The properties of VK-51 high-strength film adhesive are given. The effect of reinforcement with nonwoven fabric based on mylar and viscose fibers on the properties of VK-51 adhesive is shown and the properties of reinforced adhesive (VK-51A) are given. A comparison of the properties of VK-51A adhesive with an imported analogue of AF-126 adhesive is given. The effect of the adhesive primer EP-0234 on the resource characteristics of adhesive joints made with VK-51A adhesive in combination with soil is shown.

Keywords: *adhesive, adhesive primer, reinforced adhesive, resource characteristics, adhesive joints, strength of adhesive joints.*

[1]Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials» State Research Center of the Russian Federation]; e-mail: admin@viam.ru

Введение

Высокопрочный клей ВК-51 представляет собой клеевую пленку, получаемую на основе модифицированных эпоксидных олигомеров. Благодаря тому, что клей ВК-51 является наиболее прочным из всех эпоксидных пленочных клеев, он нашел широкое применение в изделиях авиационной техники.

Квотами преимущества клея ВК-51 по сравнению с эпоксидными пленочными клеями ВК-31 и ВК-41 являются:

– повышенная прочность клеевых соединений при сдвиге и равномерном сдвиге;
– повышенная прочность клеевых соединений при расслаивании;
– повышенный срок хранения (в ~2 раза);
– пониженная текучесть (не более 5 мм вместо 45 и 25 мм соответственно);

– более низкая температура отверждения, чем у клея ВК-31 (120°С вместо 175°С).

Клей ВК-51 нашел широкое применение для склеивания сотовых конструкций с неперфорированным сотовым заполнителем благодаря тому, что при температуре склеивания реализуется отличительная способность клея к термоусадке на торцах сотового заполнителя с образованием галтели, тем самым повышается площадь склеивания и, как следствие, прочность клеевого соединения. Разрушение клеевых соединений сотовой конструкции с наиболее широко применяемым сотовым заполнителем из алюминиевой фольги из сплава АМг2н (толщина фольги 0,05 мм, ячейка размером 2,5 мм) всегда происходит по сотовому заполнителю. Клеевые соединения эксплуатируются в интервале температур от -60 до +80°С.

Однако кроме сотовых агрегатов в изделиях авиационной техники используются слоистые конструкции (например, соединения обшивки с лонжероном, стрингером и т. д.).

В слоистых конструкциях клей ВК-51 в силу своей текучести не позволяет получить клеевую прослойку равномерной толщины, поскольку наблюдается перетекание клея по площади склеивания в процессе формования клееных конструкций и вытекание его из клеевого шва. Для устранения этого недостатка разработан армированный клей ВК-51А, рекомендованный для склеивания закрытых соединений (в том числе слоистых конструкций).

Пленочный клей ВК-51А в качестве армирующего материала содержит полотно нетканое термически скрепленное на основе лавсановых волокон. По сравнению с фенолокаучуковым клеем ВК-25, также рекомендованным для склеивания слоистых конструкций, клей ВК-51А имеет ряд преимуществ:

– повышенную прочность клеевых соединений при равномерном сдвиге (40–45 МПа вместо 16–28 МПа);

– повышенную на 30% прочность при сдвиге (ГОСТ 14759–69) – при температуре испытания 20°С и более чем в 2 раза – при 80°С;

– более низкое удельное давление при склеивании (0,1–0,2 МПа вместо >0,8 МПа) и меньшую продолжительность отверждения при температуре 120°С (3 ч вместо 4 ч);

– практически отсутствуют летучие продукты (не более 2% вместо 11–15% для клея ВК-25).

Клей ВК-51А уступает клею ВК-25 по прочности при расслаивании.

По сравнению с клеем AF-126 (фирма 3M Scotch-Weld), рекомендованным для применения при склеивании слоистых конструкций, клеевая система ВК-51А в сочетании с адгезионным грунтом ЭП-0234 обеспечивает клеевым соединениям из алюминиевого сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром прочностные характеристики на уровне клея AF-126, но уступает по прочности при расслаивании.

Данные по сравнению свойств клеев ВК-51А, ВК-25 и AF-126 приведены в табл. 1.

Очень важным преимуществом клея ВК-51А перед другими клеями, рекомендованными для слоистых конструкций, является технология склеивания, аналогичная технологии склеивания для клея ВК-51, что позволяет проводить склеивание сотовых и закрытых соединений в агрегате за один технологический прием.

Работа выполнена в рамках реализации комплексной научной проблемы 15.1. «Многофункциональные клеящие системы» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1–3].

Таблица 1

Сравнение показателей свойств клеев

Свойства	Значения свойств для клея			
	ВК-51А		ВК-25	AF-126
	без грунта	с грунтом		
Прочность при равномерном сдвиге, МПа, при температуре испытания 20°С	39,2–44,1		15,7–27,5	–
Прочность при сдвиге, МПа, при температуре испытания, °С:				
-60	28,4	26,5	30,4	–
20	29,4	31,9	22,5	29,4
80	21,6	25,9	9,8	19,6
Технологический режим склеивания:				
температура, °С	120		120	120
продолжительность, ч	3		4	1
удельное давление, МПа	0,1–0,2		0,8–2,0	0,25–0,35
Длительная прочность при сдвиге, МПа, на базе 500 ч при температуре испытания, °С:				
20	22,0	22,5	9,3	–
80	7,8	9,8	4,9	–
Сопротивление усталости, МПа, на базе $1 \cdot 10^7$ циклов при температуре испытания, °С:				
20	8,8*	–	5,9**	–
80	5,9*	–	3,9**	–
Прочность при расслаивании, кН/м, при температуре испытания, °С:				
20	2,7–5,1	2,4–4,6	4,9–5,9	5,4
80	4,0	3,9–4,6	–	–
Прочность при отслаивании, кН/м, при температуре испытания, °С:				
20	–	6,9	–	6,9–7,9
80	–	6,8	–	–

* Разрушение по металлу.
** Разрушение по клею.

Материалы и методы

Проведены сравнительные испытания клеев ВК-51 и ВК-51А (ТУ1-596-212–85). В качестве армирующих в составе клея ВК-51А исследованы следующие материалы:

– нетканый материал №11 – смесь лавсановых и вискозных волокон (соотношение 90:10% (по массе)) на основе латекса БНК-40 (ТУ17-14-146–81);

– полотно нетканое термически скрепленное – 100%-ное лавсановое волокно (ТУ17-14-13-33–85).

Испытания проводили по следующим методикам:

– прочность клеевых соединений при сдвиге (ГОСТ 14759–91);

– прочность клеевых соединений при расслаивании (РТМ1.2А.015–99);

– тропикостойкость клеевых соединений (СТП 1-595-20-100–2002);

– длительная прочность и выносливость клеевых соединений (РТМ1.2А.015–99).

Результаты и обсуждение

Клею ВК-51, содержащему в своем составе армирующий наполнитель, присвоена марка ВК-51А. Пленочный клей ВК-51А изготавливают путем полива расплава клеевой массы клея ВК-51 на армирующий материал поливочной машиной или прикаткой его к клеевой пленке ВК-51 в процессе изготовления на заводе-изготовителе.

Склеивание клеем ВК-51А проводится при температуре 125±5°С в течение 3 ч в автоклаве или прессе под давлением 0,1–0,2 МПа или под вакуумом не менее 0,08 МПа.

Исследовано влияние типа армирующего наполнителя в составе пленочного клея ВК-51 на свойства клеевых соединений на его основе. Результаты испытаний представлены в табл. 2. Для сравнения представлены также свойства клеевых соединений, выполненных с применением клея ВК-51, который не содержит в своем составе волокнистый наполнитель.

Таблица 2

Свойства* клеевых соединений сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром на клеях ВК-51 и ВК-51А с различным армированием

Клей	Армирующий материал	Состояние образцов	Предел прочности при сдвиге, МПа, при температуре испытания, °С			Предел прочности при отслаивании, кН/м	Длительная прочность при сдвиге, МПа, на базе 500 ч
			-60	20	80		
ВК-51	–	Исходное	26,5 (23,5–30,5)	38,7 (35,3–42,5)	30,4 (25,5–33,3)	6,3 (4,8–7,5)	31,8
ВК-51А	Полотно нетканое термоскрепленное – 100%-ное лавсановое волокно (ТУ17-14-13-33–85)	Исходное	29,2 (28,7–30,7)	28,5 (27,8–29,8)	27,0 (26,0–28,1)	6,8 (6,0–7,4)	26,4
		После выдержки в течение 30 сут:					
		– в воде	31,0 (29,0–33,0)	30,5 (30,2–31,1)	24,8 (23,6–26,6)	–	–
		– в КТК**	29,8 (29,1–30,2)	29,1 (27,5–30,9)	24,1 (22,6–25,2)	–	–
	Полотно нетканое прокладочное – смесь волокон лавсана и вискозы (90:10) на основе латекса БНК	Исходное	29,3 (26,8–30,7)	29,4 (27,6–30,6)	22,1 (21,6–22,5)	6,4 (6,0–6,7)	22,0
		После выдержки в течение 30 сут:					
		– в воде	28,3 (28,1–28,4)	27,5 (27,0–28,2)	18,8 (18,0–19,3)	–	–
		– в КТК**	24,2 (22,8–25,1)	25,5 (25,0–26,4)	14,3 (13,2–15,8)	–	–

* В скобках – минимальные и максимальные значения.
** Камера тропического климата.

Анализ представленных в табл. 2 данных показывает, что использование в составе клея ВК-51 армирующего наполнителя приводит к некоторому снижению прочности клеевых соединений при сдвиге, при этом повышается прочность при отслаивании, что важно для обеспечения работоспособности клееных слоистых конструкций при воздействии нагрузок отдира. Сравнивая между собой свойства клеевых соединений, полученных с применением клея ВК-51А, содержащего два типа армирующих наполнителей, следует отметить, что при использовании в составе клея нетканого термоскрепленного полотна на основе только лавсанового волокна удается получить повышенные значения прочности при сдвиге клеевых соединений при температуре испытания 80°С (табл. 3), а также водостойкость и тропикостойкость (табл. 4) по сравнению с клеем, полученным с использованием нетканого прокладочного полотна (смесь волокон лавсана и вискозы) [4–8].

Таблица 3

Свойства клеевых соединений сплава Д16-АТ при различных температурах

Свойства	Подготовка поверхности	Значения свойств* при температуре испытания, °С			
		-60	20	80	100
Предел прочности при сдвиге, МПа	Пиклинг	–	29,3 (27,5–30,3)	25,5 (24,3–26,3)	20,6 (19,2–21,3)
	Ан.Окс.хром	29,8 (28,1–31,4)	29,4 (27,5–31,1)	26,4 (21,7–30,1)	–
Предел прочности при отслаивании, кН/м	Ан.Окс.хром	–	6,8 (6,0–7,4)	6,2 (5,8–6,6)	–

* В скобках – минимальные и максимальные значения.

Таблица 4

Тропикостойкость и водостойкость клеевых соединений сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром на клее ВК-51А

Состояние образцов	Прочность при сдвиге*, МПа, при температуре испытания, °С		
	-60	20	80
Исходное	29,2 (28,1–30,1)	28,5 (27,8–29,8)	27,0 (26,5–28,7)
После воздействия КТК** в течение, сут:			
30	29,8 (29,1–30,2)	29,1 (27,5–30,9)	24,1 (22,6–25,2)
60	–	29,1 (27,5–30,5)	20,3 (18,9–21,3)
После воздействия воды в течение 30 сут	31,4 (29,3–33,4)	30,5 (30,2–31,1)	24,8 (23,6–26,6)

* В скобках – минимальные и максимальные значения.

** Камера тропического климата.

Анализируя ресурсные характеристики клеевых соединений по показателю длительной прочности (табл. 5), следует отметить, что введение в состав клея ВК-51 армирующего наполнителя приводит к снижению их длительной прочности, при этом при использовании в качестве армирующего наполнителя нетканого термоскрепленного полотна, содержащего 100%-ное лавсановое волокно (ТУ17-14-13-33–85), обеспечивается получение более высоких характеристик клеевых соединений по сравнению с использованием в составе клея нетканого материала №11 (смесь волокон лавсана и вискозы) [9–13].

Таблица 5

Длительная прочность клеевых соединений сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром при рабочей температуре 20°С

Клей	Армирующий материал	Предел прочности при сдвиге, МПа					
		в исходном состоянии	на базе времени, ч				
			0,1	1	10	100	500
ВК-51	–	37,7	37,3	35,7	34,3	32,9	31,8
ВК-51А	Полотно нетканое термоскрепленное (100%-ное лавсановое волокно)	28,5	28,4	27,9	27,5	27,0	26,5
	Нетканый материал №11 (смесь лавсана и вискозы)	28,0	24,7	24,3	23,5	22,5	7,8

Таким образом, можно сделать вывод, что при использовании в составе клея ВК-51А в качестве армирующего наполнителя нетканого термоскрепленного полотна на основе 100%-ного лавсанового волокна обеспечивается повышение прочности клеевых соединений при сдвиге при температуре испытания 80°С, а также повышение их водостойкости и тропикостойкости.

В табл. 6 приведены данные по влиянию длительного воздействия температуры 80°С на прочностные характеристики клеевых соединений на клее ВК-51А.

Клеевые соединения алюминиевого сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром выдерживают длительное воздействие температуры 80°С, при этом показатель прочности при сдвиге при температурах испытания 20 и 80°С практически не снижается при экспозиции в течение 5000 ч, а в некоторых случаях повышается. При температуре испытания -60°С прочность снижается приблизительно на 30%. Прочность при отслаивании после воздействия температуры 80°С в течение 2000 ч при температурах испытания 20 и 80°С снижается незначительно, при температуре -60°С снижение прочности составляет приблизительно 40%.

Таблица 6

Изменение свойств клеевых соединений на клее ВК-51А после выдержки при повышенной температуре

Свойства	Значения свойств*				
	в исходном состоянии	после выдержки при температуре 80°С в течение, ч			
		500	1000	2000	5000
Предел прочности при сдвиге, МПа, при температуре испытания, °С:					
-60	27,9 (26,2–29,1)	29,1 (28,2–30,7)	30,0 (28,9–31,0)	27,8 (25,6–29,1)	22,0 (21,1–23,5)
20	29,5 (29,1–29,9)	28,4 (28,2–28,9)	29,3 (29,1–29,6)	29,6 (28,9–30,5)	29,6 (29,5–30,1)
80	20,3 (20,1–20,4)	22,7 (22,2–23,6)	22,0 (21,0–23,1)	25,4 (24,3–26,3)	21,7 (21,6–21,9)
Предел прочности при отслаивании, кН/м, при температуре испытания, °С:					
-60	3,1 (2,6–3,9)	2,4 (2,0–3,0)	2,4 (1,9–2,7)	1,8 (1,5–2,1)	–
20	6,6 (6,6–6,7)	6,5 (6,4–6,7)	6,9 (6,7–7,1)	6,1 (5,9–6,3)	–
80	7,2 (7,3–7,3)	7,4 (7,4–7,5)	7,1 (6,8–7,4)	6,1 (5,9–6,3)	–

* В скобках – минимальные и максимальные значения.

В табл. 7 показано влияние циклического воздействия температур -60÷+80°С на прочностные характеристики клеевых соединений. После циклического воздействия температур в течение 30 сут прочностные характеристики клеевых соединений при сдвиге изменяются незначительно.

Таблица 7

Влияние циклического воздействия переменных температур на прочность клеевых соединений сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром на клее ВК-51А

Состояние образцов	Прочность при сдвиге*, МПа, при температуре испытания, °С		
	-60	20	80
Исходное	29,3 (26,8–30,7)	29,4 (27,6–30,6)	22,1 (21,6–22,5)
После воздействия температур -60÷+80°С в течение 30 сут	29,9 (28,7–30,9)	28,6 (28,3–28,9)	20,5 (20,3–20,8)

* В скобках – минимальные и максимальные значения.

При склеивании алюминиевых сплавов в авиационных конструкциях высокопрочными эпоксидными пленочными клеями в качестве способа подготовки поверхности применяется анодирование в хромовой кислоте (Ан.Окс.хром). Однако, обеспечивая защиту от коррозии алюминиевых сплавов, анодная пленка при хранении алюминиевого сплава в воздушной среде быстро теряет свои адгезионные свойства. В связи с этим жестко регламентирована продолжительность разрыва между операциями анодирования и склеивания, которая, как правило, не превышает 24 ч. Для увеличения продолжительности разрыва между операциями анодирования и склеивания непосредственно после анодирования на подготовленную поверхность наносят адгезионные грунты, благодаря которым увеличивается разрыв между технологическими процессами, по крайней мере, – до 30 сут.

Проведены исследования по влиянию предварительно нанесенного на склеиваемую поверхность адгезионного грунта ЭП-0234 на свойства клеевых соединений, выполненных клеем ВК-51А [14, 15].

Приведенные в табл. 8 и 9 результаты исследований показывают, что применение грунта ЭП-0234 в качестве подслоя под высокопрочные пленочные клеи ВК-51 и ВК-51А не приводит к снижению прочностных характеристик клеевых соединений при испытании на сдвиг как в исходном состоянии, так и после термовлажностного старения и воздействия искусственных тропических условий.

Таблица 8

Устойчивость клеевых соединений сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром, выполненных клеем ВК-51А с предварительным нанесением грунта ЭП-0234, после воздействия условий камеры тропического климата

Состояние образцов	Предел прочности при сдвиге*, МПа, при температуре испытания, °С		
	-60	20	80
Исходное	26,5 (26,0–27,6)	33,4 (31,5–36,4)	27,4 (23,1–33,0)
После воздействия КТК** в течение, сут:			
30	21,7 (20,6–22,4)	25,5 (16,8–34,4)	14,8 (14,0–16,2)
90	19,9 (14,7–22,4)	22,4 (21,0–23,6)	15,4 (11,8–206)
После воздействия воды в течение 30 сут	21,8 (20,2–23,4)	29,6 (25,5–35,8)	21,5 (17,3–35,6)

* В скобках – минимальные и максимальные значения.

** Испытания в камере тропического климата (КТК) проводили по режиму: нагрев при 50±4°С и влажности φ=98% в течение 8 ч + выдержка при 18±7°С и φ=98% в течение 12 ч + при 18±7°С и φ=65% в течение 4 ч.

Таблица 9

Влияние термовлажностного старения на прочность клеевых соединений на клеях ВК-51 и ВК-51А*

Клей	Подготовка поверхности	Предел прочности при сдвиге**, МПа, при температуре, °С					
		в исходном состоянии		после выдержки, сут			
				30		90	
		20	80	20	80	20	80
ВК-51	Без грунта	39,3 (36,0–41,5)	37,5 (35,0–39,9)	33,1 (31,7–34,6)	35,1 (34,1–36,0)	31,8 (29,3–33,9)	31,5 (29,8–33,1)
	С грунтом ЭП-0234	40,9 (38,0–45,4)	39,0 (36,9–40,9)	33,6 (29,4–34,2)	36,1 (33,0–38,6)	34,8 (32,5–36,8)	34,7 (31,5–38,5)
ВК-51А	Без грунта	31,4 (30,7–33,0)	30,4 (29,2–31,1)	29,6 (26,0–32,5)	31,4 (28,7–32,8)	29,5 (26,6–31,5)	31,7 (30,3–33,7)
	С грунтом ЭП-0234	31,8 (30,9–33,1)	27,6 (27,0–29,2)	29,2 (27,7–30,0)	30,3 (29,4–31,7)	29,4 (27,9–33,2)	31,9 (27,6–35,5)

* Режим термовлажностного старения: при 50°С и влажности φ=98–100% в течение 8 ч + при 18–25°С и φ=98% в течение 12 ч + сушка в термостате при работающем вентиляторе при температуре 60°С и φ=70% в течение 4 ч.

** В скобках – минимальные и максимальные значения.

Приведенные в табл. 10 результаты по влиянию воды и искусственных тропических условий на прочностные характеристики клеевых соединений на клее ВК-51А с грунтом ЭП-0234 при расслаивании показывают, что наблюдается некоторое снижение прочностных характеристик (максимальное снижение 30% после 3 мес воздействия условий КТК), однако сохраняется достаточно высокий уровень прочности.

Таблица 10

Водостойкость и тропикостойкость закрытых клеевых соединений на клее ВК-51А с грунтом ЭП-0234 при расслаивании

Состояние образцов	Прочность при расслаивании*, кН/м, при температуре испытания, °С		
	-60	20	80
Исходное	1,7 (1,6–2,0)	3,4 (2,5–4,6)	3,9 (4,7–3,9)
После воздействия КТК** в течение, сут:			
30	1,2 (1,2–1,4)	2,8 (2,7–2,9)	2,9 (2,7–3,2)
90	1,1 (1,0–1,4)	2,8 (2,7–2,8)	2,7 (2,7–2,8)
После воздействия воды в течение 30 сут	1,3 (1,1–1,5)	2,9 (2,5–3,9)	3,4 (2,9–3,9)

* В скобках – минимальные и максимальные значения.

** Камера тропического климата.

Этот вывод подтверждают также результаты испытаний упруго-деформационных характеристик клеевых соединений алюминиевого сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром, выполненных с применением клеев ВК-51 и ВК-51А в сочетании с адгезионным грунтом ЭП-0234 (табл. 11) [16–20].

Таблица 11

Изменение упругодеформационных характеристик клеевых соединений на клеях ВК-51 и ВК-51А с грунтом ЭП-0234 после термовлажностного старения в течение 1 мес при температуре 50°С и влажности φ=100% (температура испытания 20°С)

Клей	Свойства	Значения свойств	
		в исходном состоянии	после термовлажностного старения
ВК-51	Предел прочности при равномерном отрыве, МПа	47,3	46,1
	Относительный сдвиг при разрушении, %	77	72
	Модуль сдвига в клеевом соединении, МПа	412	402
ВК-51А	Предел прочности при равномерном отрыве, МПа	39,6	36,4
	Относительный сдвиг при разрушении, %	57,2	50,0
	Модуль сдвига в клеевом соединении, МПа	490	451

Заключения

Приведенные в статье результаты экспериментальных исследований показывают, что использование в составе клея ВК-51 армирующего наполнителя позволяет снизить его текучесть, которая необходима при склеивании сотовых конструкций и не позволяет получить качественные слоистые конструкции.

Клей ВК-51А благодаря имеющемуся в его составе армирующему наполнителю (нетканое термоскрепленное полотно, содержащее 100%-ное лавсановое волокно) позволяет получить клеевую прослойку необходимой формы и строго определенной толщины, которые сохраняются в процессе склеивания, обеспечивая высокие качества слоистых клеевых соединений. Таким образом, армирование клея волокнистым наполнителем существенным образом влияет на его характеристики и на рекомендации по областям его применения.

Нанесение адгезионного грунта ЭП-0234 на поверхность алюминиевого сплава Д16-АТ Ан.Окс.хром и склеивание клеем ВК-51А поверхностей с предварительно нанесенным грунтом не ухудшают свойства клеевых соединений.

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. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
2. Каблов Е.Н. Россия на рынке интеллектуальных ресурсов // Эксперт. 2015. №28 (951). С. 48–51.
3. Каблов Е.Н. Из чего сделать будущее? Материалы нового поколения, технологии их создания и переработки – основа инноваций // Крылья Родины. 2016. №5. С. 8–18.
4. Дементьева Л.А., Бочарова Л.И., Лукина Н.Ф., Петрова А.П. Высокопрочные пленочные клеи ВК-51 и ВК-51А // Клеи. Герметики. Технологии. 2015. №4. С. 17–19.
5. Жадова Н.С., Тюменева Т.Ю., Шарова И.А., Лукина Н.Ф. Перспективные технологии для временного оперативного ремонта авиационной техники // Авиационные материалы и технологии. 2013. №2. С. 67–70.
6. Лаптев А.Б., Барботько С.Л., Николаев Е.В. Основные направления исследований сохраняемости свойств материалов под воздействием климатических и эксплуатационных факторов // Авиационные материалы и технологии. 2017. №S. С. 547–561. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-547-561.
7. Лукина Н.Ф., Петрова А.П., Мухаметов Р.Р., Когтёнков А.С. Новые разработки в области клеящих материалов авиационного назначения // Авиационные материалы и технологии. 2017. №S. С. 452–459. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-452-459.
8. Петрова А.П., Лукина Н.Ф., Павлюк Б.Ф., Исаев А.Ю., Беседнов К.Л. Наполнители для токопроводящих клеев (обзор литературы) // Новости материаловедения. Наука и техника: электрон. науч.-технич. журн. 2017. №5–6 (28). Ст. 06. URL: http://www.materialsnews.ru (дата обращения: 09.08.2019).
9. Петрова А.П., Николаев Е.В., Лукина Н.Ф., Исаев А.Ю. Климатическая стойкость клеевых соединений, выполненных эпоксидными клеями, в различных климатических зонах // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. №4. С. 16–22.
10. Сорокин А.Е., Бейдер Э.Я., Перфилова Д.Н. Влияние климатических факторов на свойства углепластика на полифениленсульфидном связующем // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2015. №1. Ст. 10. URL: http://viam-works.ru (дата обращения: 09.08.2019). DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-1-10-10.
11. Сорокин А.Е., Бейдер Э.Я., Изотова Т.Ф., Николаев Е.В., Шведкова А.К. Исследование свойств углепластика на полифениленсульфидном связующем после ускоренных и натурных климатических испытаний // Авиационные материалы и технологии. 2016. №3 (42). С. 66–72. DOI: 10.18577/2071-9140-2016-0-3-66-72.
12. Сытов В.А., Верстаков А.Е., Воронин А.Е., Сытов В.В. Современные синтетические клеи на основе эпоксикаучуковых композиций // Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №9. С. 6–9.
13. Сытов В.А., Сытов В.В., Веттегрень В.И. Температурная зависимость прочности клеевых соединений стали на основе эпоксикаучуковых клеев // Тез. докл. Междунар. науч.-технич. конф. «Современные достижения в области клеев и герметиков. Материалы, сырье, технологии» (Дзержинск, 17–19 сент., 2013 г.), 2013. С. 50–52.
14. Ткачук А.И., Терехов И.В., Кудрявцева А.Н., Григорьева К.Н. Использование реологических методов исследования при отверждении эпоксидных связующих // Клеи. Герметики. Технологии. 2018. №2. С. 15–20.
15. Цверава В.Г., Русин М.Ю., Неповинных В.И., Химицаев А.С. Анализ влияния ускоренного климатического старения на прочность клеевых соединений // Клеи. Герметики. Технологии. 2018. №8. С. 28–31.

16. Кочергин Ю.С., Григоренко Т.И. Динамические механические свойства эпоксидных клеевых композиций, наполненных молотым карбонатом кальция // Клеи. Герметики. Технологии. 2018. №2. С. 35–44.
17. Петрова А.П., Аниховская Л.И. Влияние адгезионного грунта ЭП-0234 на свойства клеевых соединений, выполненных фенольно-каучуковым клеем ВК-50 // Клеи. Герметики. Технологии. 2016. №1. С. 19–24.
18. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Петрова А.П., Аниховская Л.И. Клеящие материалы в конструкции лопастей вертолетов // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2016. №7 (43). Ст. 07. URL: http://viam-works.ru (дата обращения: 12.08.2019). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-7-7-7.
19. Хрычев Ю.И., Шкодинова 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.
20. Старцев В.О., Куцевич К.Е., Хрулев К.А., Молоков М.В. Прогнозирование температуры поверхности образцов композиционных материалов на основе клеевых препрегов при экспонировании в климатических условиях // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. №9. С. 24–31.