



УДК 667,621.262.2

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-6-10-10

**КЛЕЕВЫЕ ПРЕПРЕГИ НА ОСНОВЕ ТКАНЕЙ
PORCHER – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ И АГРЕГАТОВ ИЗ ПКМ**

Н.Ф. Лукина

кандидат технических наук

Л.А. Дементьева

К.Е. Куцевич

Июнь 2014

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 667,621.262.2

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-6-10-10

Н.Ф. Лукина¹, Л.А. Дементьева¹, К.Е. Куцевич¹

КЛЕЕВЫЕ ПРЕПРЕГИ НА ОСНОВЕ ТКАНЕЙ PORCHER – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ И АГРЕГАТОВ ИЗ ПКМ

Приведены свойства композиционных материалов клеевых (КМК) на основе углеродных наполнителей фирмы Porcher Ind. Изложены основные свойства разработанных материалов. Показаны их преимущества по сравнению с существующими.

Ключевые слова: *клеевые препреги, композиционный материал клеевой, углеродный наполнитель, клеевое связующее, технологические свойства, прочностные характеристики.*

N.F. Lukina, L.A. Dement'eva, K.E. Kutsevich

ADHESIVE PREPREGS BASED ON TISSUE PORCHER – PERSPECTIVE MATERIALS FOR PARTS AND UNITS OUT OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS

The properties of composite adhesive materials (CAM) based on coal fillers of firm Porcher are resulted. The basic properties of the developed material are presented. Advantages of the new development in comparison with existing are shown.

Keywords: *adhesive prepregs, adhesives composite materials, coal filler, adhesive matrix, technological properties, strength characteristics.*

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

За годы деятельности лаборатории клеев под руководством к.т.н. В.П. Батизата на основе выполненных в ВИАМ фундаментальных и прикладных исследований в области физики и химии многокомпонентных полимерных систем создан класс высокопрочных пленочных клеев конструкционного назначения. В дальнейшем использование полимерной основы высокопрочного пленочного клея в качестве клеевого связующего для пропитки стекло- или угленаполнителей было положено в основу создания

принципиально новых материалов – долгоживущих клеевых препрегов и композиционных материалов (стекло- и углепластиков) на их основе [1].

На основе клеевых связующих расплавленного типа с регулируемыми характеристиками (вязкоупругими, прочностными, деформационными и температурными) и различных наполнителей отечественного производства (углеродных тканей, лент, стеклотканей, в том числе на основе высокомодульных и кварцевых волокон) создан ассортимент клеевых препрегов марок КМКУ (на угленаполнителях) и КМКС (на основе стеклон наполнителей) [2].

Клеевые препреги позволили реализовать разработанную в ВИАМ высокоэффективную технологию сборки клеевых высоконагруженных сотовых и слоистых конструкций из неметаллических материалов. На рисунке представлены этапы технологического процесса изготовления трехслойной сотовой конструкции с использованием клеевых препрегов, отличительной особенностью которого является то, что формование обшивки и ее приклеивание к сотовому наполнителю происходит одновременно – за одну технологическую операцию, при этом в процессе изготовления сотовой конструкции взамен пленочного клея используют клеевой препрег с увеличенным содержанием связующего [3].

С использованием этой технологии возможно изготовление деталей сложной формы двойной кривизны, в том числе сочетающих в конструкции сотовые и слоистые элементы. В результате применения клеевых препрегов достигается снижение цикла изготовления конструкций в 2–3 раза, трудоемкости изготовления сотовых конструкций – на 40–50%, количества оснастки – в 1,5–2 раза, массы конструкции – на 30–50%. Реализация данной технологии обеспечивает герметичность конструкций из ПКМ, повышение трещиностойкости на 40–50% [4].

При создании гражданских самолетов «Сухой-Суперджет-100» и МС-21 была выдвинута задача по разработке полимерных композиционных материалов (ПКМ) с новым комплексом свойств, отвечающих ужесточенным требованиям, учитывающим эксплуатацию изделий во всеклиматических условиях. Для выполнения этой задачи проведена модификация состава клеевого связующего, что позволило повысить температуру стеклования клеевой матрицы в составе ПКМ до 155°C [5].

Так, при сочетании модифицированного связующего с углеродными наполнителями отечественного и импортного производства (фирма Porcher Ind., Франция) отработана технология получения клеевых препрегов марки КМКС-2м.120 и на их основе разработаны композиционные материалы (стеклопластики), длительно работоспособные

при температуре 120°C. За счет использования импортных наполнителей достигнуто повышение некоторых характеристик углепластиков, в том числе прочность углепластика при растяжении (табл. 1) [6].

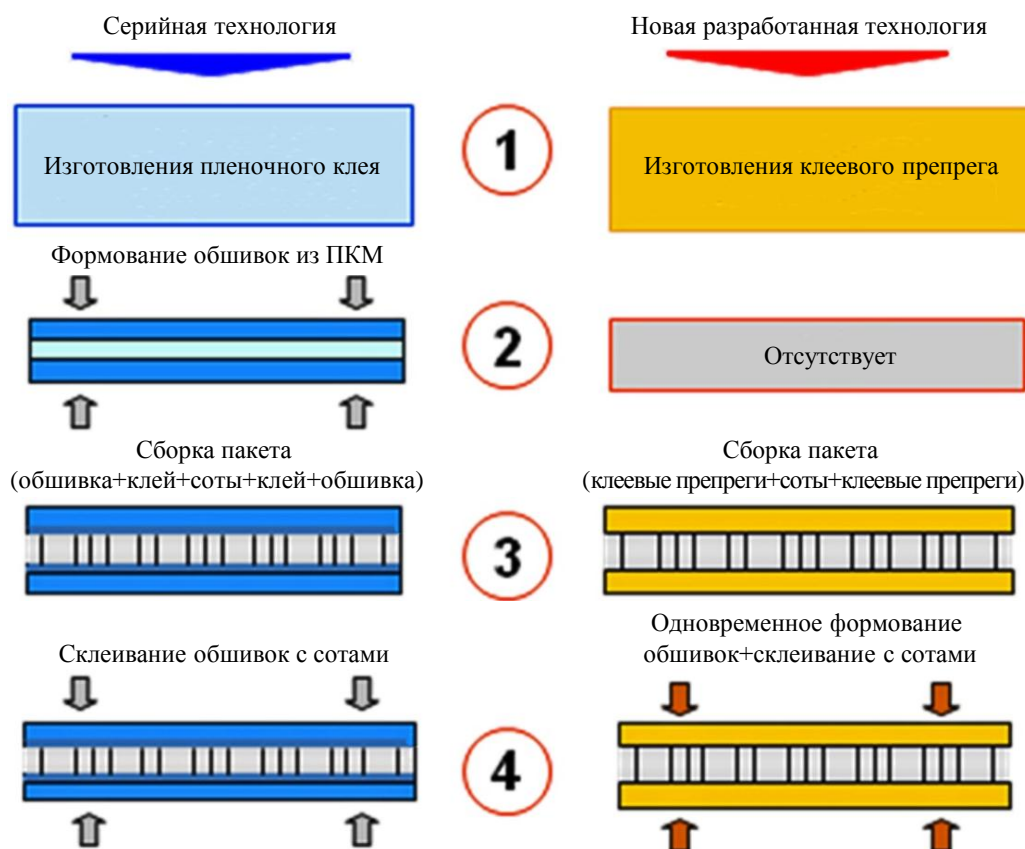


Схема технологического процесса изготовления трехслойной сотовой конструкции

Из представленных в табл. 1 данных видно, что углепластик на основе клеевого препрега марки КМКУ-2м.120.P4510 превосходит по основным свойствам углепластик на основе отечественной углеродной ленты ЭЛУР-П марки КП. Углепластик на основе равнопрочной ткани фирмы Rogcher арт. 2009 также характеризуется высокими прочностными свойствами.

Для новой техники ОАО «ОКБ Сухого» с превосходящими тактико-техническими характеристиками потребовалось создать ПКМ с более высоким уровнем теплостойкости [7]. Для этих целей разработано клеевое связующее с температурой стеклования 180°C. В качестве углеродных наполнителей клеевых препрегов использовались углеродные ленты марок ЭЛУР-П-КП, УОЛ-300Р и УОЛ-300Р(У) улучшенной текстильной формы с повышенными прочностными характеристиками. Свойства композиционных материалов представлены в табл. 2 [8]. Углепластики на основе клеевых препрегов марок КМКУ-3.150 и КМКУ-3м.150 характеризуются сохранением прочностных характеристик на уровне исходных в диапазоне температур от 20 до 150°C после воздействия

различных агрессивных факторов (влаги, воды), что соответствует техническим требованиям к ПКМ [9].

Таблица 1

Основные физико-механические характеристики углепластиков на основе клевого препрега марки КМКУ-2м.120 на различных наполнителях

Показатель	Значения показателей для марок клевого препрега		
	КМКУ-2м.120.Э0,1	КМКУ-2м.120.Р4510	КМКУ-2м.120.Р2009
Диапазон рабочих температур, °С	-130÷+120	-60÷+120	-60÷+120
Плотность углепластика, г/см ³	1,43	1,4–1,47	1,51
Предел прочности при растяжении, МПа:			
по основе	880	1950	920
по утку	44	60	800
Модуль упругости при растяжении, ГПа:			
по основе	113	125	67
по утку	8,1	9,0	–
Предел прочности при сжатии, МПа:			
по основе	880	990	900
по утку	115	170	700
Модуль упругости при сжатии, ГПа	108	125	66
Ударная вязкость, кДж/м ²	70	–	–
Трещиностойкость при растяжении, МПа√м	75	–	–
Предел прочности при межслоевом сдвиге, МПа	78	77	75
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	1200	2050	1230
Модуль упругости при статическом изгибе, ГПа	125	–	59

Для применения материалов в конструкции перспективного многоцелевого истребителя (ПМИ) выдвинута задача по разработке углепластика на основе однонаправленного углеродного волокнистого наполнителя фирмы Porcher Ind. арт. 14535, который обеспечит толщину монослоя углепластика на уровне толщины монослоя углепластика ВКУ-17КУОЛ(У), и клевого связующего ВСК-14-3. Композиционный материал со схемой армирования $[0^\circ]_n$ [10, 11] должен обладать уровнем физико-механических свойств не ниже свойств углепластика ВКУ-17КУОЛ(У) из клевого препрега КМКУ-3м.150.УОЛ(У).45:

Предел прочности при растяжении, МПа	1400–1600
Модуль упругости при растяжении, ГПа	120–140
Предел прочности при сжатии, МПа	1000–1200
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	1600–1800.

Результаты испытаний основных физико-механических свойств однонаправленного углепластика на основе однонаправленного углеродного наполнителя фирмы Porcher Ind. арт. 14535 в сравнении со свойствами углепластика ВКУ-17КУОЛ(У) из клеевого препрега марки КМКУ-3м.150.УОЛ(У).45 представлены в табл. 3.

Таблица 2

**Основные физико-механические характеристики углепластиков
с теплостойкостью до 150°С**

Показатель	Значения показателей для марок клеевого препрега		
	КМКУ-3.150.Э0,1	КМКУ-3м.150.УОЛ	КМКУ-3м.150.УОЛ(У)
Диапазон рабочих температур, °С	-60÷+150	-60÷+150	-60÷+150
Плотность углепластика, г/см ³	1,4–1,5	1,5	1,5
Предел прочности при растяжении, МПа: по основе по утку	900 46	1330 41	1600 36
Модуль упругости при растяжении, ГПа: по основе по утку	120 –	130 8	128 9,8
Предел прочности при сжатии, МПа: по основе по утку	1025 155	995 200	1100 230
Модуль упругости при сжатии, ГПа	110	–	–
Предел прочности при межслоевом сдвиге, МПа	82	90	95
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	1545	1800	2010
Модуль упругости при статическом изгибе, ГПа	–	105	110

По результатам проведенных исследований, представленных в табл. 3, установлено, что разработанный углепластик ВКУ-30К.Р14535 из клеевого препрега марки КМКУ-3м.150.Р14535 на основе однонаправленной углеродной ленты фирмы Porcher арт. 14535 и связующего ВСК-14-3 по своим свойствам находится на уровне свойств углепластика ВКУ-17КУОЛ(У), а по некоторым характеристикам (прочности при растяжении, прочности при изгибе) превосходит свойства углепластика ВКУ-17КУОЛ(У) [12, 13].

**Сравнительные физико-механические характеристики углепластиков
с теплоустойкостью до 150°C**

Показатель	Значения показателей для марок углепластика	
	ВКУ-17КУОЛ(У)	ВКУ-30К.Р14535
Диапазон рабочих температур, °С	-60÷+150	-60÷+150
Плотность углепластика, г/см ³	1,5	1,5
Предел прочности при растяжении, МПа: по основе по утку	1600 36	1800 52
Модуль упругости при растяжении, ГПа: по основе по утку	128 9,8	121 9,2
Предел прочности при сжатии, МПа: по основе по утку	1100 230	1280 301
Предел прочности при межслоевом сдвиге, МПа	95	105
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	2010	2240
Модуль упругости при статическом изгибе, ГПа	110	119

Клеевые препреги являются в настоящее время одними из наиболее востребованных материалов. Они широко применяются для изготовления деталей и агрегатов из ПКМ в конструкциях изделий авиакосмического комплекса: ОАО «ОКБ Сухого» (истребитель пятого поколения Т-50), ОАО «ГСС» (самолет «Сухой-Суперджет-100»), ФГУП «РСК МиГ», ФГУП «ЭМЗ им. В.М. Мясищева», ОАО «АК им. С.В. Ильюшина», АНТК им. А.Н. Туполева, ОАО «Камов», ОАО «РКК «Энергия им. С.П. Королева» и других [14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н., Антипов В.В., Сенаторова О.Г., Лукина Н.Ф. Новый класс слоистых алюмокомпозитов на основе алюминий-литиевого сплава 1441 с пониженной плотностью //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2011. №SP2. С. 174–183.
2. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Петрова А.П., Сереженков А.А. Конструкционные и термостойкие клеи //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 328–335.
3. Мухаметов Р.Р., Ахмадиева К.Р., Чурсова Л.В., Коган Д.И. Новые полимерные связующие для перспективных методов изготовления конструкционных волокнистых ПКМ //Авиационные материалы и технологии. 2011. №2. С. 38–42.
4. 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.
5. Куцевич К.Е., Дементьева Л.А., Лукина Н.Ф., Чурсова Л.В. Свойства и назначение клея ВК-36РМ для авиационной техники //Клеи. Герметики. Технологии. 2013. №8. С. 5–6.
 6. 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.
 7. Сытый Ю.В., Сагомонова В.А., Кислякова В.И., Большаков В.А. Новые вибропоглощающие материалы //Авиационные материалы и технологии. 2012. №2. С. 51–54.
 8. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития полимерных композиционных и функциональных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 231–242.
 9. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Сереженков 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.
 10. Препрег и изделие, выполненное из него: пат. 2427594 Рос. Федерация; опубл. 23.07.13.
 11. 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.
 12. 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.
 13. 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.
 14. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.

REFERENCES LIST

1. Kablov E.N., Antipov V.V., Senatorova O.G., Lukina N.F. Novyj klass sloistyh aljmostekloplastikov na osnove aljuminij-litievogo splava 1441 s ponizhennoj plotnost'ju [New class of layered aljmostekloplastikov based aluminum-lithium alloy 1441 with a reduced density] //Vestnik MGTU im. N.Je. Baumana. Ser. «Mashinostroenie». 2011. №SP2. S. 174–183.
2. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Petrova A.P., Serezhenkov A.A. Konstrukcionnye i termostojkie klei [Structural and heat-resistant adhesives] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 328–335.
3. Muhametov R.R., Ahmadijeva K.R., Chursova L.V., Kogan D.I. Novye polimernye svjazu-jushhie dlja perspektivnyh metodov izgotovlenija konstrukcionnyh voloknistyh PKM [New polymeric binders for advanced manufacturing techniques of structural fibrous PKM] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №2. S. 38–42.
4. Hrychev Ju.I., Shkodina E.P., Magin N.A., Dement'eva L.A., Hajretidinov R.H., Kucevich K.E. Razrabotka tehnologicheskogo processa izgotovlenija radioprozrachnogo obtekatelja iz kleevyh prepregov tipa KMKS-2m.120 [Development process of manufacturing radiotransparent fairing of the adhesive prepreg type KMKS-2m.120] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2013. №2. S. 27–30.
5. Kucevich K.E., Dement'eva L.A., Lukina N.F., Chursova L.V. Svoystva i naznachenie kleja VK-36RM dlja aviacionnoj tehniki [Properties and application of adhesive VC-36RM for aircraft] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2013. №8. S. 5–6.
6. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Lukina N.F., Kucevich K.E. Kleevye prepregi i sloistye materialy na ih osnove [The adhesive prepreg and laminates based on their] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №2. S. 19–21.
7. Sytyj Ju.V., Sagomonova V.A., Kisljakova V.I., Bol'shakov V.A. Novye vibropogloshhajushhie materialy [New vibration-absorbing materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №2. S. 51–54.
8. Grashhenkov D.V., Chursova L.V. Strategija razvitija polimernyh kompozicionnyh i funkcional'nyh materialov [The development strategy of polymer composite and functional materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 231–242.
9. 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 osnove [Adhesive prepregs and composite materials based on them] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 53–56.

10. Prepreg i izdelie, vypolnennoe iz nego [Prepreg and a product made therefrom]: pat. 2427594 Ros. Federacija; opubl. 23.07.13.
11. 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.
12. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Bocharova L.I., Lukina N.F., Kucevich K.E., Petrova A.P. Svojstva kompozicionnyh materialov na osnove kleevyh prepregov [Properties of composite materials based adhesive prepreg] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №6. S. 19–24.
13. Dement'eva L.A., Lukina N.F., Serezhenkov A.A., Kucevich K.E. //Osnovnye svojstva i naznachenie PKM na osnove kleevyh prepregov [Main properties and usages RMB based adhesive prepreg] /V sb. tezisov dokladov XIX Mezhdunarodnoj nauch.-tehnic. konf. «Konstrukcii i tehnologija poluchenija izdelij iz nemetallicheskih materialov». Obninsk. 2010. S. 11–12.
14. Kablov E.N. Strategicheskie napravlenija razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda [Strategic directions of development of materials and technologies to process them for the period up to 2030] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 7–17.