



УДК 678.8

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-8-6-6

СВОЙСТВА И НАЗНАЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КЛЕЕВЫХ ПРЕПРЕГОВ

Л.А. Дементьева

А.А. Сереженков

Н.Ф. Лукина

кандидат технических наук

К.Е. Куцевич

Август 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.

Л.А. Дементьева¹, А.А. Серезженков¹, Н.Ф. Лукина¹, К.Е. Куцевич¹

СВОЙСТВА И НАЗНАЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КЛЕЕВЫХ ПРЕПРЕГОВ

Приведены свойства композиционных материалов клеевых (КМК) на основе широкого ассортимента клеевых препрегов на стекло- и угленаполнителях. Приведены сведения о преимуществах и особенности технологического процесса изготовления элементов ПКМ из клеевых препрегов. Указано назначение КМК – для изготовления деталей из ПКМ, в том числе сотовых конструкций одинарной и двойной кривизны, предназначенных для эксплуатации при температурах 80–175°C.

Ключевые слова: *композиционные материалы, клеевые препреги, клеевое связующее, угле- и стеклонаполнители, прочностные характеристики, сотовая конструкция.*

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

PROPERTIES AND APPOINTMENT OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON ADHESIVE PREPREGS

The properties of composite adhesive materials (CAM) adhesive composite materials based on the wide range of adhesive prepregs based on glass- and coal fillers are resulted. The information about the benefits and features of the technological process of manufacturing PCM elements out of adhesive prepregs are resulted. The appointment of CAM – for the manufacturing parts out of PCM, including the honeycomb structure, single or double curvature, designed for working at temperatures 80–175°C are shown.

Keywords: *composite materials, adhesive prepregs, adhesive matrix, coal- and glass fillers, strength characteristics, the honeycomb structure.*

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

На основе выполненных в ВИАМ фундаментальных и прикладных исследований в области физики и химии многокомпонентных полимерных систем за годы деятельности лаборатории клеев под руководством к.т.н. В.П. Батизата создан класс высокопрочных пленочных клеев конструкционного назначения, в том числе клеев марок ВК-36, ВК-51 и других. Эти клеи по своим прочностным, деформационным и технологическим свойствам не имеют аналогов в России, соответствуют уровню лучших мировых аналогов и отвечают жестким требованиям, предъявляемым к материалам для изделий авиационной техники. С их применением разработаны перспективные технологии склеивания, на базе которых в КБ отрасли совместно с ВИАМ созданы принципиально новые типы клееных сотовых и слоистых конструкций, обладающих высокой удельной прочностью, весовой эффективностью, стойкостью к действию вибрационных и акустических нагрузок [1].

В трехслойных сотовых конструкциях пленочные клеи используются для склеивания обшивок из алюминиевых сплавов или стекло-, углепластиков с сотовым наполнителем. Эти материалы широко внедрены в конструкцию изделий авиакосмической техники ведущих КБ, обеспечили высокий уровень прочности клеевых соединений и благодаря этому – повышенный ресурс и надежность клееных конструкций в процессе эксплуатации [2]. Имеющийся опыт длительной (более 30 лет) эксплуатации клееных конструкций в составе изделий авиационной техники подтверждает высокий уровень свойств высокопрочных клеев. Однако при эксплуатации клееных конструкций в странах с чрезвычайно агрессивным климатом (повышенной температурой в сочетании с высокой влажностью) в некоторых случаях отмечалось снижение прочностных характеристик сотовых конструкций по границе раздела между обшивкой из ПКМ и пленочным клеем [3]. В результате исследований, проведенных в ВИАМ, было установлено, что снижение прочности клеевых соединений во многом является результатом некачественной подгонки склеиваемых поверхностей и наличия зазоров в случае формирования трехслойных сотовых конструкций с использованием заранее отформованных обшивок из ПКМ [4].

Техническое решение об использовании полимерной основы высокопрочного пленочного клея в качестве клеевого связующего для пропитки стекло- или угленаполнителя при изготовлении полуфабриката – препрега, обладающего клеящими свойствами, положило начало созданию принципиально новых материалов – долгоживущих клеевых препрегов и композиционных материалов (стекло- и углепластиков) на их основе.

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 стеклонеполнителях) [5].

Клеевые препреги позволили реализовать разработанную в ВИАМ высокоэффективную технологию сборки клееных высоконагруженных сотовых и слоистых конструкций из неметаллических материалов, отличительной особенностью которой 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 [6].

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% (за счет сокращения технологических операций по сравнению с обычными клееными панелями), количества оснастки – в 1,5–2 раза, массы конструкции (особенно с сотовым наполнителем) – 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. Реализация данной технологии обеспечивает герметичность конструкций из ПКМ благодаря использованию в составе препрегов клеевых связующих расплавленного типа и за счет исключения зазоров между склеиваемыми поверхностями, повышение трещиностойкости на 40–50%, прочности при межслоевом сдвиге – на 20–35% [7].

При создании гражданских самолетов «Сухой-Суперджет-100» и МС-21 была поставлена задача по разработке ПКМ с новым комплексом свойств, отвечающих ужесточенным требованиям, учитывающим эксплуатацию изделий во всеклиматических условиях [8]. Для выполнения этой задачи была проведена модификация состава клеевого связующего, что позволило повысить температуру стеклования клеевой матрицы в составе ПКМ до 155°C, что обеспечивает надежность работы клеевых соединений при повышенных температурах как в исходном состоянии, так и при воздействии термовлажностных условий. При сочетании модифицированного связующего с отечествен-

ными стеклонаполнителями – тканями марок Т-10-80 и Т-15, а также тканями на основе высокомодульных волокон марок Т-60(ВМП) и Т-64(ВМП), отработана технология получения клеевых препрегов марок КМКС-2м.120 и на их основе разработаны композиционные материалы (стеклопластики), длительно работоспособные при температуре 120°С [9].

Клеевое связующее модифицированного состава было использовано также для создания КМК на основе углеродных наполнителей отечественного и импортного производства (фирма «Porcher», Франция), благодаря чему было достигнуто повышение некоторых характеристик углепластиков, в том числе предела прочности при растяжении.

Углепластик на основе клеевого препрега марки КМКУ-2м.120.Р4510, изготовленный из однонаправленной ткани фирмы «Porcher» арт. 4510, превосходит по основным свойствам углепластик на основе отечественной углеродной ленты ЭЛУР-П марки КП. Углепластик на основе равнопрочной ткани фирмы «Porcher» арт. 2009 также характеризуется высокими прочностными свойствами [10].

Задача по обеспечению новой техники ОАО «ОКБ Сухого» с превосходящими тактико-техническими характеристиками потребовала создания ПКМ с более высоким уровнем теплостойкости. Для этих целей было разработано клеевое связующее с температурой стеклования $180\pm 5^\circ\text{C}$. В качестве углеродных наполнителей клеевых препрегов были использованы углеродные ленты марок ЭЛУР-П-КП, УОЛ-300Р и УОЛ-300Р(У) улучшенной текстильной формы с повышенными прочностными характеристиками [11].

Разработанные ранее композиционные материалы из клеевых препрегов марки КМКС-4.175 на основе стеклотканей Т-10 и Т-15, обладающие удовлетворительным уровнем радиотехнических характеристик, нашли применение в изделиях авиационной техники для изготовления радиоантенных обтекателей сотовой конструкции [12]. С использованием в составе клеевых препрегов взамен тканей указанных марок стеклоткани марки Т-64(ВМП) на основе высокомодульных волокон и кварцевой ткани марки ТС-8/3-К-ТО разработаны стеклопластики с высоким уровнем диэлектрических свойств, что позволило применить эти материалы в конструкции обтекателей новых изделий авиационной техники [13].

Клеевые препреги являются в настоящее время одними из наиболее востребованных материалов. Они широко применяются для изготовления деталей и агрегатов из ПКМ в конструкции изделий авиакосмического комплекса: ОАО «ОКБ Сухого» (исследователь 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.

Эти материалы также внесены в конструкторскую документацию на изделие МС-21 ОАО «НПК «Иркут» [14].

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Препрег и изделие, выполненное из него: пат. 2427594 Рос. Федерация; опубл. 21.12.2009.
3. 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.
4. Каблов Е.Н., Антипов В.В., Сенаторова О.Г., Лукина Н.Ф. Новый класс слоистых алюмокомпозитов на основе алюминийлитиевого сплава 1441 с пониженной плотностью //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2011. №SP2. С. 174–183.
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. 5–7.
6. 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.
7. 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.
8. Сытый Ю.В., Сагомонова В.А., Кислякова В.И., Большаков В.А. Новые вибропоглощающие материалы //Авиационные материалы и технологии. 2012. №2. С. 51–54.
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. Клеевая композиция: пат. 2471842 Рос. Федерация; опубл. 11.05.2011.

11. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Аниховская Л.И. Клеевые препреги для слоистых алюмокомпозитов класса СИАЛ //Труды ВИАМ. 2014. №1. Ст. 05 (viam-works.ru).
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. Muhametov R.R., Ahmadiyeva K.R., Chursova L.V., Kogan D.I. Novye polimernye svyazuyushhie dlja perspektivnyh metodov izgotovleniya konstrukcionnyh voloknistyh PKM [New polymeric binders for advanced manufacturing techniques of structural fibrous RMB] //Авиационные материалы и технологии. 2011. №2. С. 38–42.
2. Prepreg i izdelie, vypolnennoe iz nego [Prepreg and a product made therefrom]: pat. 2427594 Ros. Federacija; opubl. 21.12.2009.
3. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Petrova A.P., Serezhenkov A.A. Konstrukcionnye i termostojkie klei [Structural and heat-resistant adhesives] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 328–335.
4. Kablov E.N., Antipov V.V., Senatorova O.G., Lukina N.F. Novyj klass sloistyh aljumoostekloplastikov na osnove aljuminijlitievogo splava 1441 s ponizhennoj plotnost'ju [New class of layered aljumoostekloplastikov aljuminijlitievogo based alloy 1441 with a reduced density] //Vestnik MGTU im. N.И. Bauman. Ser. «Mashinostroenie». 2011. №SP2. С. 174–183.
5. Kucevich K.E., Dement'eva L.A., Lukina N.F., Chursova L.V. Svojstva i naznachenie kleja VK-36RM dlja aviacionnoj tehniky [Properties and application of adhesive VC-36RM for aircraft] //Клеи. Герметики. Технологии. 2013. №8. С. 5–7.
6. Hrychev Ju.I., Shkodina E.P., Magin N.A., Dement'eva L.A., Hajretidinov R.H., Kucevich K.E. Razrabotka tehnologicheskogo processa izgotovlenija radioprozrach-

- nogo 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.
7. 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.
 8. Sytyj Ju.V., Sagomonova V.A., Kisljakova V.I., Bol'shakov V.A. Novye vibropogloshhaju-shhie materialy [New vibration-absorbing materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №2. S. 51–54.
 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. Klevaja kompozicija [The adhesive composition]: pat. 2471842 Ros. Federacija; opubl. 11.05.2011.
 11. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Anihovskaja L.I. Kleevye prepregi dlja sloistyh aljumostrukturnykh plastikov klassa SIAL [Adhesive layered prepregs aluminum composite plastic class SIAL] //Trudy VIAM. 2014. №1. St. 05 (viam-works.ru).
 12. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Bocharova L.I., Lukina N.F., Kucevich K.E., Petrova A.P. Svojstva kompozicionnykh 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. №5. S. 7–17.