

М.И. Мелёхина¹, Н.С. Кавун¹, В.П. Ракитина¹

ЭПОКСИДНЫЕ СТЕКЛОПЛАСТИКИ С УЛУЧШЕННОЙ ВЛАГО- И ВОДОСТОЙКОСТЬЮ

Приведены исследования свойств стеклотекстолитов на основе эпоксидных связующих и различных структур стеклянных наполнителей с использованием новых замасливателей. Изучено влияние состава стекла на прочностные характеристики стеклотекстолитов, а также водо- и влагопоглощение.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, стеклотекстолиты, эпоксидные связующие, водостойкость, прочностные характеристики.

М.И. Melekhina¹, N.S. Kavun¹, V.P. Rakitina¹

EPOXY FIBERGLASS PLASTICS WITH AN IMPROVED MOISTURE AND WATER RESISTANCE

Research of properties of fiberglass plastics based on epoxy resins and different structures of glass fillers with new finishing mixtures is described in this article. An effect of glass fiber composition on strength characteristics of fiberglass plastics and also water- and moisture absorption was studied.

Keywords: polymer matrix composites, fiberglass plastics, epoxy resins, water resistance, 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

Композиционные материалы на основе стеклянных наполнителей широко применяются для изготовления изделий авиационной и ракетной техники. В последние годы к стеклотекстолитам предъявляются все более высокие требования по прочности и эксплуатационной надежности в различных климатических условиях.

Разработкой и исследованием ПКМ на основе стеклянных наполнителей для авиационной промышленности занимаются как в России, так и в ряде зарубежных стран. В отечественном авиастроении значительное место в области их создания традиционно занимает ВИАМ. Широко используются стеклотекстолиты на основе стеклотканей из алюмоборосиликатного стекла марки Е и силанового замасливателя №80. Разработанный в институте стеклотекстолит на основе стеклоткани сатинового переплетения Т-10-80 (из алюмоборосиликатного стекла марки Е) и эпоксидного связующего имеет недостаточные модуль упругости и прочность при растяжении: $E=35$ ГПа, $\sigma_b=650$ МПа, что ограничивает их применение в авиационных конструкциях. К тому же в настоящее время замасливатель №80 не рекомендуется к применению из-за его токсичности, вместо него предлагаются стеклянные наполнители с прямым силановым замасливателем №14 (стеклоткань Т-10-14). Однако стеклотекстолиты на этих наполнителях имеют меньшую прочность и климатическую стойкость. В то же время, зарубежный стеклотекстолит на основе стеклоткани из стекла S2 и эпоксидного связующего фирмы Cytec 934 имеет $E=38$ ГПа, $\sigma_b=850$ МПа. В связи с этим было целесообразно проведение исследований по созданию стеклотекстолитов на основе новых стеклянных наполнителей с повышенными прочностными характеристиками и улучшенной климатической стойкостью (пониженным влаго- и влагопоглощением) [1, 2].

Исследованы стеклотекстолиты на основе стеклянных наполнителей алюмомагнийсиликатного состава (типа ВМП) и новых замазливателей, обеспечивающих создание ПКМ с повышенной прочностью, улучшенной водостойкостью и сохраняющих стабильные механические свойства при использовании в изделиях авиационной техники на весь ресурс эксплуатации во всех климатических условиях.

Волокна типа ВМП обладают прочностью при растяжении 4500–5000 МПа, что в 1,4–1,5 раза выше прочности волокна марки Е ($\sigma_b=3500$ МПа), модуль упругости волокна ВМП составляет 95000 МПа, что также больше, чем у волокна Е ($E=70000$ МПа). Стеклянное волокно ВМП имеет и меньшее значение диэлектрической проницаемости $\epsilon=5,8$ вместо $\epsilon=6,2$ у стекла Е, что позволяет улучшить тактико-технические характеристики изделий радиотехнического назначения. С целью повышения водостойкости стеклотекстолитов в их составе исследовались наполнители на новом активном силановом замазливателе №4с [3, 4].

В ходе проведения исследований: модуль упругости при растяжении определялся по ГОСТ 9550–81, прочность при растяжении по ГОСТ 11262–80, прочность при изгибе по ГОСТ 4648–71, водо- и влагопоглощение по ГОСТ 4650–90.

Для получения стеклотекстолитов с повышенной прочностью исследованы образцы ПКМ на основе: эпоксидного связующего и стеклянных наполнителей – стеклоткани сатиновой структуры марок Т-10(ВМП)-14 и Т-10(ВМП)-4с на основе высокомодульного алюмомагнийсиликатного стекла типа ВМП (аналог применяемого за рубежом стекла S2) и замазливателей №14 и №4с; а также для сравнения – из стеклоткани марки Т-10-14 на основе алюмоборосиликатного стекла марки Е.

Исследован комплекс физико-механических свойств стеклотекстолитов в исходном состоянии и после кипячения в воде в течение 2 ч. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов стеклотекстолитов

Свойства	Условия испытания	Температура испытания, °С	Значения свойств стеклотекстолитов на основе стеклоткани		
			Т-10-14	Т-10(ВМП)-14	Т-10(ВМП)-4с
Прочность при статическом изгибе, МПа	В исходном состоянии	20	740	940	1100
		80	655	815	825
		150	505	590	605
	После 2 ч кипячения	20	680	965	1010
		80	575	755	810
		150	505	590	605
Прочность при растяжении, МПа	В исходном состоянии	20	530	745	825
Модуль упругости при растяжении, ГПа	То же	20	27,3	37,1	40,8

Использование в качестве армирующего наполнителя стеклоткани на основе алюмомагнийсиликатного стекла (типа ВМП) в составе стеклотекстолита позволило повысить прочностные характеристики на 15–40%. Применение нового активного силанового замазливателя №4с вместо прямого замазливателя №14 привело к увеличению механической прочности дополнительно на 10%, а также позволило уменьшить водопоглощение образцов стеклотекстолита на 10–20%.

Исследованы физико-механические свойства стеклотекстолита на эпоксидном связующем и стеклоткани Т-10(ВМП)-4с после тепловлажностного воздействия. Выдержка образцов проводилась при температуре 70°С и $\phi=98\%$ в течение 0,5 и 1 мес. Процент сохранения прочности при статическом изгибе составил при температуре 20°С: 88 и 81%; при температуре 80°С: 81 и 77% соответственно [5].

С целью исследования влияния выбранных стеклянных наполнителей на свойства более теплостойких ПКМ с рабочей температурой до 150°C исследован комплекс физико-механических свойств стеклотекстолитов на основе более термостойкого эпоксидного связующего. Свойства полученных стеклотекстолитов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов стеклотекстолитов

Свойства	Температура испытания, °С	Значения свойств стеклотекстолитов на основе стеклоткани		
		Т-10-14	Т-10(ВМП)-14	Т-10(ВМП)-4с
Прочность при статическом изгибе, МПа	20	1010	1040	1100
	120	754	798	818
	170	442	491	553
Прочность при растяжении, МПа	20	652	747	925
Модуль упругости при растяжении, ГПа	20	31,7	35,3	40,7

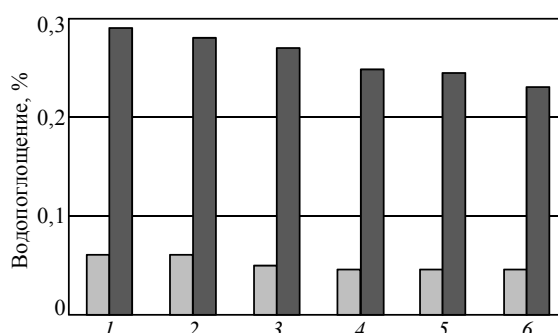
Исследованы физико-механические свойства стеклотекстолитов в исходном состоянии и после тепловлажностного воздействия. Выдержка образцов проводилась при температуре 60°C и φ=85% в течение 0,5 и 1 мес. Данные по сохранению прочности при статическом изгибе приведены в табл. 3 [6, 7].

Таблица 3

Сохранение прочности при статическом изгибе стеклотекстолитов на основе различных стеклотканей после термовлажностного старения (при температуре 60°C и φ=85%)

Стеклоткань	Продолжительность выдержки, мес	Сохранение прочности при статическом изгибе, %, при температуре, °С	
		20	120
Т-10-14	0,5	82	65
	1	79	63
Т-10(ВМП)-14	0,5	89	71
	1	84	67
Т-10(ВМП)-4с	0,5	95	77
	1	93	74

Проведены сравнительные исследования водопоглощения образцов стеклотекстолитов на основе выбранных связующих и наполнителей. Результаты испытаний представлены на рисунке.



Водопоглощение за 1 (■) и 30 сут (■) стеклотекстолитов на основе эпоксидного связующего (1–3) и эпоксидного модифицированного связующего (4–6) и различных наполнителей на основе тканей Т-10-14 (1 и 4), Т-10(ВМП)-14 (2 и 5) и Т-10(ВМП)-4с (3 и 6)

Из анализа полученных данных следует, что применение стеклоткани Т-10(ВМП)-4с из стекловолокна алюмомагнийсиликатного состава (типа ВМП) и активного силанового замасливателя №4с – по сравнению с армирующим стеклянным наполнителем Т-10-14 из

стекловолокна алюмоборосиликатного состава – позволило уменьшить водопоглощение стеклотекстолита на 10% [8].

Для получения ПКМ с повышенными прочностными характеристиками, предназначенных для эксплуатации в условиях повышенной влажности, целесообразно использование армирующих наполнителей на основе высокомодульного, высокопрочного алюмомагнийсиликатного стекла (типа ВМП). Применение стеклянных наполнителей из стекловолокна алюмомагнийсиликатного состава и нового активного силанового замасливателя №4с позволило получить стеклотекстолиты с повышенными прочностными характеристиками и улучшенной влаго- и водостойкостью. Эти стеклотекстолиты могут применяться для изготовления радиотехнических, слабо- и средненагруженных конструкций (зализы, створки люков и др.) перспективных гражданских пассажирских самолетов, эксплуатирующихся во всеклиматических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова И.Ф., Кавун Н.С. Стеклопластики – многофункциональные композиционные материалы //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 253–260.
2. Душин М.И., Хрульков А.В., Мухаметов Р.Р., Чурсова Л.В. Особенности изготовления изделий из ПКМ методом пропитки под давлением //Авиационные материалы и технологии. 2012. №1. С. 18–26.
3. История авиационного материаловедения: ВИАМ – 75 лет поиска, творчества, открытий /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Наука. 2007. 343 с.
4. Физико-химические основы технологии композиционных материалов: Учеб. пособ. М.: МИСиС. 2011. 163 с.
5. Фомин А.В., Ракитина В.П., Кавун Н.С. Стеклопластики конструкционного назначения /В сб.: Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932–2002 /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: МИСиС. ВИАМ. 2002. С. 291–300.
6. 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.
7. Кириллов В.В., Кавун Н.С., Деев И.С., Ракитина В.П., Ефимов В.А. Исследование влияния тепловлажностного воздействия на свойства эпоксидных стеклотекстолитов //Пластические массы. 2008. №9. С. 14–17.
8. Ракитина В.П., Кавун Н.С., Кириллов В.В., Деев И.С., Топунова Т.Э., Ефимов В.А. Исследование климатической стойкости эпоксидных стеклотекстолитов, применяемых в сотовых и монолитных конструкциях самолетов /В сб. докладов VI научно-технической конференции «Гидросалон-2006». М.: ЦАГИ. 2006. С. 28–32.

REFERENS LIST

1. Davydova I.F., Kavun N.S. Stekloplastiki – mnogofunkcional'nye kompozicionnye materialy [Fibreglasses – multipurpose composite materials] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 253–260.
2. Dushin M.I., Hrul'kov A.V., Muhametov R.R., Chursova L.V. Osobennosti izgotovlenija izdelij iz PKM metodom propitki pod davleniem [Features of production of products from PCM an impregnation method under pressure] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №1. С. 18–26.
3. Istorija aviacionnogo materialovedenija: VIAM – 75 let poiska, tvorchestva, otkrytij [History of aviation materials science: VIAM – 75 years of search, creativity, opening] /Pod obshh. red. E.N. Kablova. M.: Nauka. 2007. 343 s.
4. Fiziko-himicheskie osnovy tehnologii kompozicionnyh materialov [Physical and chemical bases of technology of composite materials]: Ucheb. posob. M.: MISiS. 2011. 163 s.
5. Fomin A.V., Rakitina V.P., Kavun N.S. Stekloplastiki konstrukcionnogo naznachenija [Fibreglasses of constructional appointment] /V sb.: Aviacionnye materialy. Izbrannye trudy «VIAM» 1932–2002 /Pod obshh. red. E.N. Kablova. M.: MISiS. VIAM. 2002. S. 291–300.
6. Muhametov R.R., Ahmadijeva K.R., Chursova L.V., Kogan D.I. Novye polimernye svjazujushhie dlja perspektivnyh metodov izgotovlenija konstrukcionnyh voloknistyh PKM [New poly-

- meric binding for perspective methods of production of constructional fibrous PKM] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №2. S. 38–42.
7. Kirillov V.V., Kavun N.S., Deev I.S., Rakitina V.P., Efimov V.A. Issledovanie vlijanija teplovlazhnostnogo vozdejstvija na svojstva jepoksidnyh steklotekstolitov [Investigation of the influence of heat and humidity effects on the properties of epoxy fiberglass] //Plasticheskie massy. 2008. №9. S. 14–17.
 8. Rakitina V.P., Kavun N.S., Kirillov V.V., Deev I.S., Topunova T.Je., Efimov V.A. Issledovanie klimaticheskoj stojkosti jepoksidnyh steklotekstolitov, primenjaemyh v sotovyh i monolitnyh konstrukcijah samoletov [Study of climatic resistance of epoxy fiberglass used in cellular and solid aircraft designs] /V sb. dokladov VI nauchno-tehnicheskoy konferencii «Gidrosalon-2006». M.: CAGI. 2006. S. 28–32.