

УДК 629.7.023.24:678-032.3

Р.Р. Яхиханов, Е.В. Матыгуллина

R.R. Yakhikhanov, E.V. Matygullina

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА СКЛЕИВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ ОБШИВОК В СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

IMPACT ASSESSMENT GLUING MODE TO PARAMETERS OF CARBON PLASTIC SHEETS IN HONEYCOMB STRUCTURE

Представлены отечественные материалы для изготовления сотовых конструкций (СК) в мотогондоле ПД-14. Дана оценка воздействию режима склеивания на полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе связующего ВСЭ-1212. Предложен план исследования влияния технологии изготовления СК на свойства ПКМ.

Ключевые слова: углепластики, звукопоглощающие конструкции, склейка, сотовые конструкции, ПД-14.

Presented domestic materials for the manufacture of honeycomb (HC) structures in the engine nacelle PD-14. Assesses gluing mode to polymer composite materials (PCM) based on the binder VSE-1212. Suggested way of research the effect of technology of the HC structure on the properties of the PCM.

Keywords: carbon composites, sound-absorbing structures, bonding, carbon fiber, honeycombs, PD-14.

Технологическое отставание России, связанное с последствиями 1990-х годов, очень сильно отразилось на авиационной промышленности. После принятия стратегии развития и федеральной целевой программы по развитию авиации возникла необходимость в новых материалах для обеспечения конкурентоспособности с мировыми авиастроительными корпорациями [1].

Специалистами ФГУП «ВИАМ» были созданы углепластики ВКУ-39, ВКУ-29 (табл. 1) на основе высокодеформативного эпоксидного связующего ВСЭ-1212. Данные полимерные композиционные материалы планируется использовать в элементах конструкции мотогондолы двигателя ПД-14 для самолета МС-21 [2].

В связи с тем что по планам до 2040 года планируется ввести более жесткие требования к уровню шума самолета (ближайшее вступает в силу с 1 января

2018 года), одним из главных требований к конструкции мотогондолы будет сокращение уровня шума от его главного источника – двигателя [3]. Для решения этой задачи используются звукопоглощающие конструкции (ЗПК) (рис. 1, 2) [4].

Таблица 1

Основные характеристики углепластиков ВКУ-29 и ВКУ-3

Материал	Рабочие температуры, °С	Направление приложения нагрузки	Характеристики, условное обозначение, единица измерения	Значение характеристики при температуре 20 °С
ВКУ-29 (однонаправленный)	–60...80	0°	Предел прочности σ_{B_1} , МПа	1940
		90°	Предел прочности σ_{B_2} , МПа	58
		0°	Модуль упругости E_{B_1} , ГПа	123
		90°	Модуль упругости E_{B_2} , ГПа	8,4
ВКУ-39 (равнопрочный)	–60...120	–	Предел прочности σ_B , МПа	945
			Модуль упругости E_{B_2} , ГПа	69

ЗПК в простейшем случае представляет собой две обшивки и сотовый наполнитель между ними (см. рис. 2). Типичная схема технологического процесса изготовления однослойной сотовой конструкции, предлагаемая ФГУП «ВИАМ», представлена на рис. 3 [5].

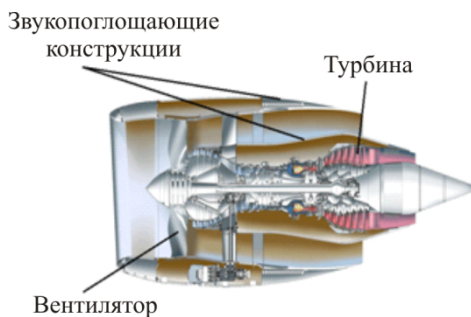


Рис. 1. Использование звукопоглощающих конструкций в корпусе двигателя

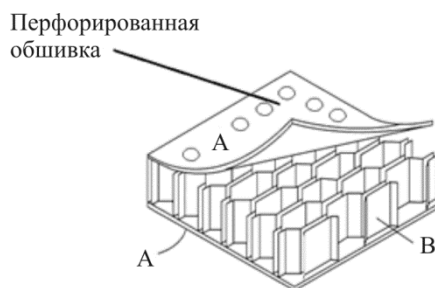


Рис. 2. Звукопоглощающая конструкция: 1 – верхняя и нижняя обшивки; 2 – сотовый наполнитель

Целью данной работы является оценка влияния режима склеивания на характеристики углепластиковых обшивок при создании СК с использованием отечественных материалов.

Разберем процесс изготовления ЗПК с применением отечественных материалов: в связи с импортозамещением это является актуальной задачей. Как видно из схемы изготовления (см. рис. 3), кроме указанных выше углепластиков, понадобится пленочный клей (табл. 2) и сотовый наполнитель ССП-1-8Т/ССП-1-10Т (изготавливается ОНПП «Технология») с рабочей температурой до 160 °С [6].

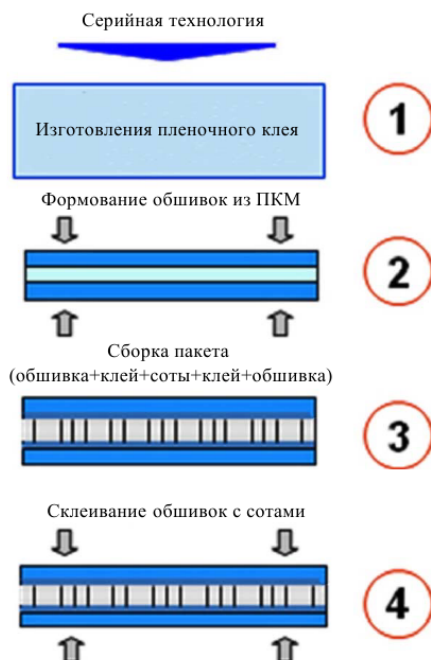


Рис. 3. Схема технологического процесса изготовления однослойной сотовой конструкции [5]

Таблица 2

Характеристики основных пленочных клеев [7, 8]

Марка клея	Рабочие температуры, °С	Прочностные характеристики клея		
		τ_b , МПа	σ_b , МПа	$\sigma_{д.п.}$, МПа (при 500 ч)
ВК-36	-130...160	$37 \pm 2,5$	50	34
ВК-41М	-60...80	$35 \pm 2,5$	–	30
ВК-46Б	-60...80	$36 \pm 2,5$	–	32
ВК-51	-60...80	$40 \pm 2,5$	–	32,4
ВК-51А	-60...80	$37,5 \pm 2,5$	–	22,4

Примечание: τ_b – прочность при сдвиге; σ_b – прочность при отрыве; $\sigma_{д.п.}$ – длительная прочность.

Из табл. 2 видно, что по комплексу свойств лучшим является клей ВК-36, особенно благодаря своей способности воспринимать нагрузку не только на сдвиг, но и на отрыв.

Для обеспечения оптимальных показателей клеевого соединения температура режима затвердения клея ВК-36 должна составлять 175 ± 5 °С при длительности 1,5 ч. Таким образом, для обеспечения наилучших показателей соединения обшивки с сотовым наполнителем углепластики ВКУ-29, ВКУ-39 подвергнутся воздействию температур выше эксплуатационных. В исследовании сотрудников ФГУП «ВИАМ», направленном на изучение влияния теплового воздействия на свойства ПКМ мотогондолы ПД-14 [9], отмечалось, что углепластик ВКУ-39 при температуре >150 °С резко снижает прочность в результате расстеловывания связующего. Поскольку у ВКУ-29 то же самое связующее, то можно предположить аналогичное влияние повышенной температуры на свойства ПКМ.

В связи с тем, что в работе [9] не было проведено исследование влияния температурного воздействия при операции склейки на углепластик на основе связующего ВСЭ-1212, авторы данной работы предлагают исследование этого воздействия со следующей постановкой эксперимента: создаются две группы образцов – эталонные (изготовленные согласно техническим условиям углепластика) и исследуемые, которые, кроме стандартного режима формования, подвергаются воздействию того же режима, что и обшивки при склеивании (влияние температуры и давления).

У исследуемых образцов предполагается оценка прочностных характеристик, изменение состава и микроструктуры ПКМ.

В исследовании качественных и количественных характеристик углеродсодержащих материалов хорошо зарекомендовали себя ИК-спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния (СКР) [10, 11]. Методы являются взаимодополняющими, поэтому их рекомендуется использовать в паре. Для дополнительной оценки изменения микроструктуры предлагается измерить твердость по Шору. Для оценки изменения объемной доли волокна (в результате уноса связующего) необходимо определить содержание связующего и плотность ПКМ.

Зная выявленные сотрудниками ФГУП «ВИАМ» наиболее чувствительные к тепловому воздействию прочностные характеристики (межслоевой сдвиг, сжатие и изгиб), для оценки влияния воздействия режима склейки на прочность предлагается использовать те же испытания [9].

В результате на основании анализа комплекса полученных данных можно будет сделать вывод о негативном или положительном влиянии [12] воздействия режима склеивания на углепластики на основе связующего ВСЭ-1212.

Список литературы

1. Ланшин А.И., Федякин В.Н. О реализации ФЦП «Развитие гражданской авиационной техники России в 2002–2010 годы и на период до 2015 года» в области авиационного двигателестроения [Электронный ресурс] // Двигатель. – 2015. – № 3 (99). – URL: <http://engine.aviaport.ru/issues/99/pics/pg02.pdf> (дата обращения: 5.11.2015).
2. Раскутин А.Е. Конструкционные углепластики на основе новых связующих расплавленного типа и тканей PORCHER [Электронный ресурс] // Новости материаловедения. Наука и техника. – 2013. – № 5. – URL: <http://materialsnews.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/39.pdf> (дата обращения: 5.11.2015).
3. Халецкий Ю.Д. ИКАО: новый стандарт на шум самолетов гражданской авиации [Электронный ресурс] // Двигатель. – 2014. – № 2 (92). – URL: <http://engine.aviaport.ru/issues/92/pics/pg08.pdf> (дата обращения: 12.11.2015).
4. Кузнецов В., Мунин А., Самохин В. «Зеленый» самолет // Наука и жизнь. – 2009. – № 3 – С. 22–26.
5. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Куцевич К.Е. Клеевые препреги на основе тканей PORCHER – перспективные материалы для деталей и агрегатов из ПКМ [Электронный ресурс] // Труды ВИАМ. – 2014. – № 6. – URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=677 (дата обращения: 6.11.2015).
6. Сотовые наполнители [Электронный ресурс]. – URL: http://technologiya.ru/SiteAssets/Pro-duct%20range/2_Sotov_zapol.pdf?lang=rus.
7. Клеи для авиационной техники / А.П. Петрова [и др.] // Российский химический журнал. – 2009. – Т. LIV, № 1. – С. 46–52.
8. Свойства клеев и клеящих материалов для изделий авиационной техники / Н.Ф. Лукина [и др.] // Клеи. Герметики. Технологии. – 2009. – № 1 – С. 14–23.
9. Исследование влияния температурных факторов на процесс старения новых полимерных композиционных материалов для мотогондолы авиационного двигателя [Электронный ресурс] / Е.В. Николаев [и др.] // Труды ВИАМ. – 2015. – № 3. – URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=795 (дата обращения: 6.11.2015).
10. Беккер Ю. Спектроскопия. – М.: Техносфера, 2009. – 528 с.
11. Исследование наномодифицированных полимерных композиционных материалов методом спектроскопии комбинационного рассеяния [Электронный ресурс] / Ю.М. Миронов [и др.] // Наука и образование. – 2007. – № 12 – URL: <http://www.technomag.edu.ru/doc/282012.html> (дата обращения: 6.11.2015).

12. Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. III. Значимые факторы старения / Е.Н. Каблов [и др.] // Деформация и разрушение материалов. – 2011. – № 1. – С. 34–40.

Получено 04.12.2015

Яхиханов Рустам Русланович – магистрант кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин», механико-технологический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: goodvin90@qip.ru.

Матыгуллина Елена Вячеславовна – доктор технических наук, профессор кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин», механико-технологический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: matik68@ Rambler.ru.