

*Э.К. Кондрашов, В.И. Постнов, В.И. Петухов,
Н.С. Кавун, П.А. Абрамов, А.А. Юдин, С.Л. Барботько*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ СВЯЗУЮЩЕМ ФПР-520Г

Проведен анализ свойств трехслойных сотовых панелей на модифицированном связующем ФПР-520Г. Показано влияние модифицированного связующего на увеличение прочностных свойств панелей и на снижение их пожароопасности при использовании в интерьерах пассажирских самолетов.

Ключевые слова: *сотовые панели, модифицированное связующее.*

В настоящее время для изготовления трехслойных панелей интерьера применяется высококонцентрированное фенолформальдегидное связующее ФПР-520, которое дает возможность получать панели с хорошими прочностными характеристиками по бесклеевой технологии. Отсутствие клея в составе трехслойных сотовых панелей приводит к уменьшению их пожароопасности, так как большинство клеев являются горючими материалами. Кроме того, связующее ФПР-520 изготовлено на водной основе без применения токсичных растворителей, что делает его экологически безопасным. Но в связи с изменением Авиационных правил многих стран и введением в них ряда новых требований по оценке пожаробезопасности конструкций самолета выяснилось, что не все из существующих материалов, применяемых в конструкции интерьеров пассажирских самолетов, отвечают в полной мере возросшим требованиям. Причем наиболее важным параметром оценки пожаробезопасности оказалось тепловыделение при горении, так как некоторые материалы (стеклопластики, трехслойные панели, в том числе и на связующем ФПР-520) по этому показателю попали на границу допустимого диапазона. В связи с тем что основным источником выделения тепла при горении ПКМ является используемое связующее, встал вопрос о модификации связующего ФПР-520, применяющегося в настоящее время для изготовления панелей интерьера пассажирских самолетов. В результате этого в ВИАМ было разработано модифицированное фенолформальдегидное связующее ФПР-520Г, включающее дисперсный антипирен, предназначенное для изготовления деталей интерьера пассажирских самолетов и позволяющее повысить их пожаробезопасность.

Экспериментальная часть

Объект исследования: трехслойные сотовые панели, изготовленные из препрега стеклоткани Т-15(П)-76 на модифицированном фенолформальдегидном связующем ФПР-520Г и сотового наполнителя ССП и ПСП.

Для проведения исследований были изготовлены препреги из стеклоткани Т-15(П)-76 с содержанием модифицированного связующего ФПР-520Г в количестве 56 и 65%. Изготовление препрегов проводилось на пропиточной установке УПР-3 с помощью специальной пропитывающей фильеры. Пропитка тканого наполнителя в фильере происходит путем подачи под давлением связующего в регулируемый щелевой зазор, через который производится протяжка ткани. В результате односторонней подачи связующего в пропитывающей фильере, полученные препреги имеют асимметричный нанос связующего*, т. е. препрег имеет лицевую сторону, где сосредоточено основное количество связующего, и изнаночную, где связующего меньше. Эта особенность препрегов была использована для повышения прочности сцепления обшивок с сотовым наполнителем при изготовлении трехслойных панелей. Для исследования изменения прочностных характеристик трехслойных сотовых панелей в зависимости от расположения препрега, панели изготовлялись с различными способами укладки препрега на сотовый наполнитель: или лицевой стороной препрега в сторону сот или изнаночной.

* В.И. Постнов, В.И. Петухов, Н.С. Кавун, П.А. Абрамов, А.А. Юдин. Разработка технологии изготовления препрегов с асимметричным наносом связующего. Настоящий сборник. с. 23.

Изготовление трехслойных сотовых панелей производилось методом вакуумного формования в термопечи и прессовым формованием. Из полученных трехслойных сотовых панелей вырезались образцы, которые подвергались испытаниям для определения их механических характеристик: предела прочности при равномерном отрыве обшивки от сотового заполнителя (определялся на круглых образцах диаметром 60 мм по ОСТ1 90069–72); усилия отдира обшивки от сотового заполнителя на барабане (прямоугольные образцы 72×250 мм по ОСТ1 90196–75); нормального напряжения в обшивках при разрушении образца во время испытания на четырехточечный изгиб (прямоугольные образцы 70×270 мм).

Одновременно из трехслойных сотовых панелей изготавливались образцы для определения характеристик пожаробезопасности в соответствии с АП-25: горючесть определялась на прямоугольных образцах 70×290 мм (ОСТ1 90094–79); дымообразование – на прямоугольных образцах 75×75 мм (ГОСТ 24632–81); тепловыделение – на прямоугольных образцах 150×150 мм (СТП 1-595-20-341–2000).

Обсуждение результатов

Проведенные исследования прочностных свойств трехслойных сотовых панелей с использованием разных способов выкладки на сотовый заполнитель препрегов стеклоткани Т-15(П)-76 на связующем ФПР-520Г показали, что при укладке препрега изнаночной стороной (с меньшим содержанием связующего) на соты получено непрочное склеивание обшивок с сотами с местными дефектами в виде непроклеев. При этом на стенках сот практически не образуются галтели из связующего (рис. 1, а). Выкладка препрега лицевой стороной на соты приводит к образованию на стенках сот хорошо различимых галтелей связующего (рис. 1, б). Наличие галтелей связующего значительно улучшает сцепление обшивок с сотовым заполнителем.

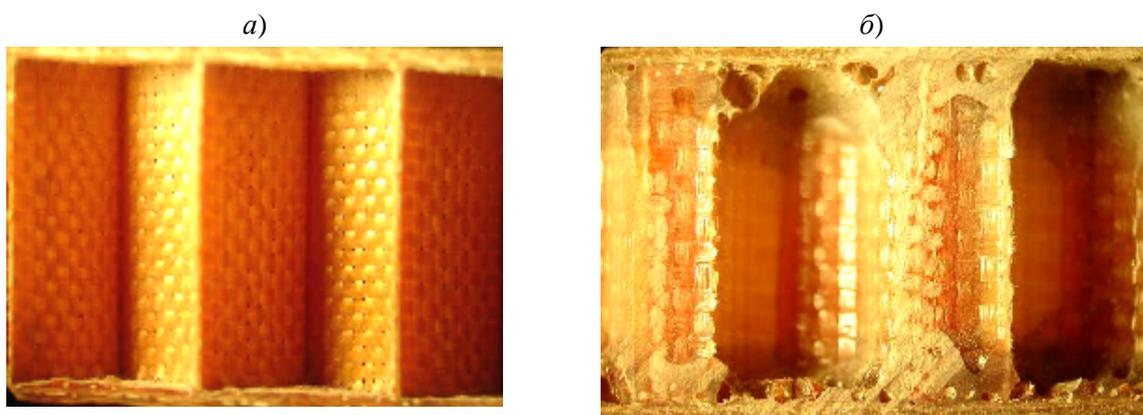


Рис. 1. Трехслойная сотовая панель с выкладкой препрега изнаночной стороной (а) и лицевой стороной (б)

В табл. 1 приведены результаты испытания образцов трехслойных сотовых панелей, изготовленных при выкладке препрега стеклоткани Т-15(П)-76 с разным содержанием связующего ФПР-520Г на соты лицевой стороной. Полученные результаты показывают, что повышение содержания связующего в препреге и снижение содержания в нем летучих веществ приводит к повышению прочностных характеристик панелей.

Механические характеристики трехслойных сотовых панелей

Тип сотового наполнителя	Содержание связующего в обшивках, %		Предел прочности при равномерном отрыве, МПа	Усилие отдира обшивки от сот, (Н·м)/м	Предел прочности при изгибе, МПа
	нанос	летучие вещества			
ПСП-1-2,5	56	5	2,1	4,2	209
	56	2	2,8	6,7	190
	65	2	3,0	10,3	220
ССП-1-2,5	56	5	3,3	5,0	250
	65	2	3,2	11,3	280

Также установлено, что прочность клеевого соединения обшивок на связующем ФПР-520Г со стеклосотопластом ССП выше в 1,5 раза, чем с полимерсотопластом ПСП. Это можно объяснить лучшим смачиванием фенолформальдегидным связующим стенок ячеек ССП.

Исследование трехслойных сотовых панелей на связующем ФПР-520Г, изготовленных методом вакуумного формования в термопечи и прессовым формованием, показали, что панели, изготовленные вакуумным формованием, имеют более высокие прочностные характеристики, чем панели, изготовленные прессованием (табл. 2).

Таблица 2

Механические характеристики трехслойных сотовых панелей, изготовленных разными методами

Вид формования	Тип сотового наполнителя	Усилие отдира обшивки от сот (Н·м)/м	Предел прочности, МПа	
			при равномерном отрыве	при изгибе
Вакуумное формование	ССП-1-3,5	23,5	6,2	225,3
	ПСП-1-3,5	14,0	2,6	154,1
Прессовое формование	ССП-1-3,5	17,5	3,6	140,5
	ПСП-1-3,5	15,0	2,6	150,0

Это связано с тем, что при вакуумном формовании обеспечивается более полное удаление летучих веществ из связующего, чем при прессовании, и образование малопористых клеевых галтелей на стенках сотового наполнителя. В результате затрудненного удаления летучих веществ при прессовом методе изготовления панелей связующее в галтелях имеет более высокую пористость, что приводит к уменьшению их прочности и в конечном итоге к уменьшению прочности клеевого соединения обшивок с сотами.

Исследования показали, что трехслойные сотовые панели, изготовленные на связующем ФПР-520Г, так же как и панели на связующем ФПР-520, относятся к самозатухающим и слабодымящим материалам (табл. 3), что соответствует требованиям АП-25 к панелям интерьера пассажирских самолетов. В то же время панели на связующем ФПР-520Г имеют максимальную скорость тепловыделения при горении на 27% меньше, чем панели на связующем ФПР-520, и почти в 6 раз меньше общее тепловыделение за первые 2 мин. На рис. 2 видно, что пик выделения тепла, возникающего при горении лицевой обшивки панели на связующем ФПР-520Г, наступает через 125–130 с

после начала испытаний (рис. 2, а), т. е. значительно позже, чем у панели на связующем ФПР-520 (60–70 с после начала испытаний – рис. 2, б). Кроме того, панели на связующем ФПР-520Г отличаются значительно меньшей интенсивностью пикового выделения тепла при горении. Дальнейшее выделение тепла после прохождения пика происходит в основном за счет горения сотового заполнителя и тыльной обшивки, что мало отражается на основных показателях горючести панелей.

Таблица 3

Характеристики пожаробезопасности трехслойных сотовых панелей

Тип связующего	Тип панели	Горючесть	Дымообразование	Максимальная скорость тепловыделения, кВт/м ²	Общее тепловыделение за 2 мин, кВт·мин/м ²
ФПР-520	Трехслойная панель (ПСП-1-2,5 $h=10$ мм)	Самозатухающий	Слабодымящий	54	51
ФПР-520Г	То же	Самозатухающий	Слабодымящий	39	9
	То же + эмаль ВЭ-46	Трудногорающий	Среднедымящий	40	32
	То же + эмаль ВЭ-67	Самозатухающий	Среднедымящий	42	33

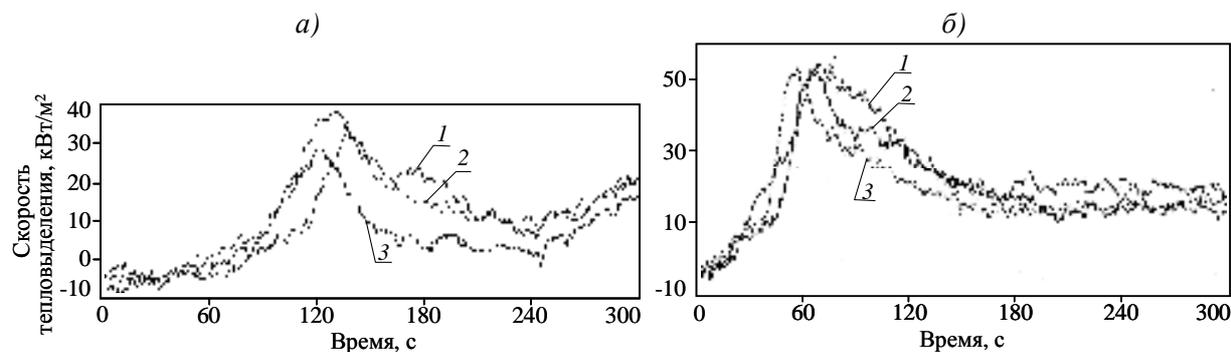


Рис. 2. Зависимость изменения тепловыделения от продолжительности испытания трехслойной сотовой панели ФПР-520Г (а) и ФПР-520 (б): 1–3 – результаты испытаний трех образцов

Полученная графическая зависимость интенсивности тепловыделения от времени испытаний (см. рис. 2) наглядно показывает эффективность введенного в состав связующего ФП-520 антипирена: график характеризуется не только снижением пикового выделения тепла, но и сдвигом его по времени, за счет чего снижается общее тепловыделение материала.

Исследование пожарных свойств трехслойных панелей на связующем ФПР-520Г с декоративными покрытиями в виде эмалей ВЭ-46 и ВЭ-67 показали, что декоративное покрытие увеличивает дымообразование панелей и материал становится среднедымящим, но пиковое тепловыделение при этом повышается незначительно (см. табл. 3). Произошедшее увеличение общего выделения тепла за первые 2 мин обеспечивает уровень почти в два раза меньше норм, установленных АП-25 (65 кВт·мин/м²). Анализируя полученные результаты по тепловыделению, можно предположить, что увеличение общего тепловыделения произошло из-за более быстрого выгорания декоративного покрытия, которое (выгорание) характеризуется смещением пика выделения тепла на более раннее время.

На основании полученных результатов можно сделать выводы:

- интенсивность тепловыделения трехслойных панелей в основном определяется го- рючестью связующего, применяющегося для изготовления обшивок;
- применение связующего ФПР-520Г для изготовления трехслойных сотовых пане- лей дает возможность получать панели с хорошими прочностными характеристиками и пониженным тепловыделением, а также позволяет изготавливать панели интерьера с раз- личными декоративными покрытиями, удовлетворяющие требованиям АП-25 по пожа- робезопасности.

В.И. Постнов, В.И. Петухов, К.В. Макрушин, А.А. Юдин

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИАДГЕЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ФОРМОВАНИИ ПАНЕЛЕЙ ИНТЕРЬЕРА С ГЕЛЬКОУТНЫМ СЛОЕМ

Приведены антиадгезионные покрытия, применяющиеся для защиты формирующей по- верхности выклеечных оснасток при изготовлении деталей из полимерных композицион- ных материалов. Сделана оценка стойкости антиадгезионных покрытий и возможно- сти переносить их на изготавливаемые детали; выбрано покрытие для изготовления пане- лей с гелькоутным слоем.

Ключевые слова: антиадгезионные покрытия, гелькоутный слой.

При формировании деталей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) необходима защита выклеечной оснастки от прилипания к ее поверхности. Для этих целей применяются специальные антиадгезионные покрытия в виде смазок на основе кремнийорганических и фторопластовых соединений*. При совмещенном склеивании и формировании трехслойных панелей с гелькоутным покрытием на основе фенолформаль- дегидного связующего ФПР-520 поверхность выклеечной оснастки из металлических сплавов или полимерных композиционных материалов должна обеспечивать качество поверхности формируемой детали и бездефектный съем ее с оснастки, а также равномер- ность толщины наносимого слоя гелькоута. Применяемое антиадгезионное покрытие должно обеспечивать смачиваемость поверхности оснастки гелькоутом, так как в про- тивном случае нанесение гелькоута будет неравномерным из-за плохой растекаемости его по поверхности оснастки. Кроме того, антиадгезионное покрытие должно обеспе- чивать легкое снятие готовой панели с выклеечной оснастки без повреждения декора- тивного гелькоутного слоя. В работе проведены исследования по выбору антиадгези- онного покрытия, отвечающего вышеуказанным требованиям.

Для этого исследованы следующие композиции: кремнийорганические антиад- гезионные составы 136-321 (ВСК-5), СК-223, К-21 и фторопластовая водная суспензия Release ALL-30. Для испытаний на подготовленную поверхность выклеечной оснастки – металлическую (Д16) и композиционную (Т-10-80 + ВСО-200) – были нанесены вы- бранные антиадгезионные покрытия (каждый на отдельную оснастку) и проведена их сушка при температуре 18–30°C в течение 1 ч. После этого покрытия К-21, 136-321 (ВСК-5) и фторопластовая суспензия Release ALL-30 были подвергнуты термообработ- ке: ВСК-5 при 100–110°C в течение 2,5 ч, фторопластовая суспензия Release ALL-30 – при 176°C в течение 1 ч; К-21 – при 220°C в течение 2 ч; СК-223 – без термообработки.

* Справочник по композиционным материалам /Под ред. Дж. Любина. Т.2.– М.: Машинострое- ние, 1988, 584 с.