

Проведенное исследование характера повреждений обшивок из МПКМ и Д16 после длительной эксплуатации показало, что микротрещины металлического слоя МПКМ проходят от внешней поверхности агрегата и останавливаются слоем КМ. Трещины обшивок из Д16ч.-АТВ также зарождаются на поверхности. Такой характер повреждений говорит о том, что, наряду с действием виброакустических нагрузок в резонансных режимах, у мест соединения обшивки с каркасом действуют локальные напряжения изгиба, в результате чего и развиваются разрушения.

Таким образом на основании полученных результатов можно сделать выводы:

- в результате летной эксплуатации панелей из АЛОП Д16/4 наработка панели самолета-лидера в 5 раз превышает средний ресурс такой же панели из Д16ч.-АТВ;
- свойства АЛОП Д16/41 вне зоны разрушений имеют такие же показатели, что и в исходном состоянии, а в зонах с повреждениями наблюдается снижение предела прочности на 5–12%, предела текучести на 3–5%, а также предела прочности при сдвиге по клеевому соединению на 10–20%;
- для обшивок из Д16ч.-АТВ и АЛОП Д16/41 при эксплуатации характерно разрушение в виде трещины, возникающей на внешней поверхности с последующим ее ростом и разветвлением, что характерно для условий акустического воздействия совместно с деформациями вследствие изгиба, однако в обшивках из АЛОП Д16/41 усталостные трещины останавливаются на слое органита.

*В.И. Постнов, В.И. Петухов,
Н.С. Кавун, П.А. Абрамов, А.А. Юдин*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕПРЕГОВ С АСИММЕТРИЧНЫМ НАНОСОМ СВЯЗУЮЩЕГО

Описана технология получения препрегов из тканого наполнителя с асимметричным наносом модифицированного связующего ФПР-520. Приведены технологические характеристики получаемых препрегов и описание пропитывающей фильеры. Показано, что асимметричный нанос связующего дает возможность увеличить прочность сцепления обшивок трехслойных панелей с сотовым наполнителем без увеличения количества связующего.

Ключевые слова: препреги, асимметричный нанос связующего.

В связи с повышением международных требований к условиям безопасности при эксплуатации летательных аппаратов, все более актуальными становятся разработки в области создания панелей интерьера с высокой степенью пожаробезопасности и теплоизоляции. Используемые в настоящее время для серийного изготовления деталей интерьера самолетов стеклопластики на фенолформальдегидных связующих ФПР-520 и ФП-520 не соответствуют требованиям АП-25 по параметру тепловыделения при горении (не выше 65 кВт/м^2). Одним из направлений по снижению параметра тепловыделения применяемых стеклопластиков является введение в их состав антипиренов (минеральных наполнителей), способных снижать горючесть полимеров за счет уменьшения теплоты сгорания [1, 2].

Инертным наполнителем, обладающим эндотермическим эффектом при повышенных температурах, является мелкодисперсная гидроокись различных металлов ($R(\text{OH})_n$). Так как эндотермический эффект разложения модифицированного связующего пропорционален количеству введенной в него $R(\text{OH})_n$, то было принято соотношение 1:1 – фенолформальдегидного связующего и $R(\text{OH})_3$, при этом образуется высоковязкая суспензия. Поэтому для приготовления суспензии использовалось исходное связующее ФПР-520 с начальной вязкостью (условной) не более 300 с. Необходимо отметить, что

при горении таких наполненных композиций уменьшается выделение токсичных газов и дыма [3, 4].

В производстве стеклопластиковых деталей одним из основных факторов, определяющих качество и эксплуатационные характеристики готового изделия, является стабильность технологических свойств препрегов. Согласно технической документации, контрольными показателями качества препрега являются: соотношение содержания связующего и наполнителя, содержание летучих веществ и растворимой части связующего, величина липкости.

В то же время изготовление препрегов на основе высоковязких суспензий на основе фенолформальдегидных связующих, модифицированных дисперсными частицами, осложнено из-за налипания дисперсных частиц наполнителя на валы пропиточной установки. Поэтому технологические работы по изготовлению препрега на основе стеклоткани Т-15(П)-76 и модифицированного $R(OH)_n$ связующего ФПР-520Г проведены на установке УПР-3, по схеме, показанной на рис. 1.

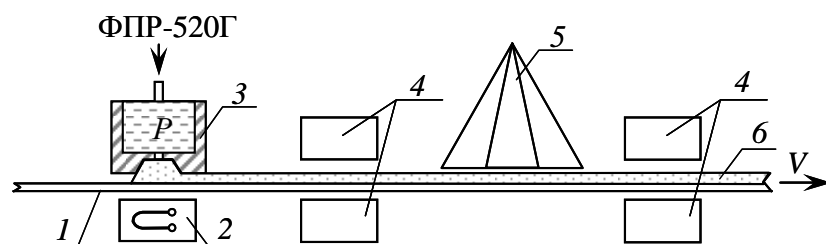


Рис. 1. Схема изготовления препрегов на УПР-3:

1 – тканый наполнитель; 2 – опора с нагревателем фильеры; 3 – фильера; 4 – обогреваемые плиты; 5 – источник инфракрасного излучения; 6 – слой связующего ФПР-520Г

P – давление 0,2 МПа

Для отработки технологии пропитки препрегов на установку УПР-3 была установлена пропитывающая фильера (рис. 2), представляющая собой герметичную накопительную емкость, обеспечивающую подачу модифицированного связующего через питающие (подающие) отверстия диаметром не менее 2 мм на движущийся тканый наполнитель. Стеклоткань с равномерным натягом, создаваемым тянущим валом установки УПР-3, проходит через зазор между нижней опорной плитой фильеры и корпусом фильеры. В нижней опорной плите фильеры установлен ТЭН для нагрева зоны пропитки с целью обеспечения минимальной вязкости модифицированного связующего и равномерного его нанесения на лицевую сторону стеклоткани по ширине, с пропиткой по толщине чистым связующим вследствие фильтрации дисперсных частиц $R(OH)_3$.



Рис. 2. Узел пропитки установки УПР-3:

1 – фильера; 2 – нагреватели



Рис. 3. Общий вид установки УПР-3 с фильерой и устройством инфракрасного нагрева

В связи с данной особенностью пропитки тыльная сторона стеклоткани содержит на поверхности меньшее количество связующего, а препрег получается с асимметричным наносом модифицированного связующего. Получение препрега с различной величиной наноса связующего на стеклоткань осуществляется путем регулировки зазора между нижней опорой и корпусом фильеры с помощью регулировочных винтов. Исходя из толщины пропитываемой стеклоткани Т-15(П)-76 и величины наноса на нее модифицированного связующего 60%, расчетный зазор составляет 0,3 мм. Подача связующего в фильеру осуществляется непрерывно из реактора с мешалкой по гибкому шлангу под регулируемым давлением. Пропитка происходит под действием избыточного давления, создаваемого в накопительной емкости фильеры. На установке УПР-3 предусмотрены обогреваемые двухсторонние плиты – для удаления летучих веществ из связующего на препреге – и источник инфракрасного нагрева (рис. 3).

Для обеспечения заданной степени наноса связующего использован следующий режим: давление в фильере 0,12 МПа, скорость протяжки ткани 1,0 м/мин, зазор 0,3 мм, температура сушки препрега $100 \pm 5^\circ\text{C}$. При этом режиме были получены препреги (Т-15(П)-76+ФПР-520Г) и проведены исследования стабильности их технологических характеристик как по длине, так и по ширине. Результаты исследований приведены в табл. 1. Приведенные данные показывают, что разброс показателей содержания модифицированного связующего не превышает $\pm 3,8\%$, что удовлетворяет требованиям к допуску ($\pm 5\%$).

Таблица 1

Технологические характеристики препрегов

Расположение образца, м		Содержание модифицированного связующего, % (по массе)	Содержание компонентов в препреге, % (по массе)		
по длине (от начала рулона)	по ширине ткани (от края рулона)		связующего	R(OH) ₃	летучих веществ
5	0	61,5	24,7	32,3	4,4
	0,46	60,1	25,7	34,3	4,0
	0,92	60,0	25,2	33,1	4,9
25	0	60,0	21,7	35,2	3,3
	0,46	58,9	26,4	35,1	2,9
	0,92	62,6	25,2	33,8	3,7
50	0	58,9	21,7	35,8	3,4
	0,46	63,3	26,4	35,7	4,1
	0,92	63,8	25,0	38,0	4,4

При производстве величина липкости препрега часто изменяется в широком диапазоне, поэтому проверка этого параметра становится актуальной. Величина липкости должна обеспечить прилипание препрега к подготовленной поверхности формования или к прилегающим слоям препрега при послойной укладке, но в то же время она должна позволять свободно отделить его от протекторной пленки-подложки без перехода на нее связующего. На установке ИЛП-1 для исследования липкости препрега было проведено исследование влияния температуры препрегов на величину липкости с целью определения их технологичности при изготовлении натуральных деталей интерьера (табл. 2).

Липкость препрегов (стеклоткань Т-15(П)-76 и связующие ФПР-520 и ФП-520 и модифицированные связующие ФПР-520Г и ФП-520Г. Соотношение связующего и $R(OH)_3$ – 1:1 (нанос 50%))

Температура испытаний, °С	Липкость, кН/м ² , связующих			
	исходного ФПР-520	ФПР-520Г	исходного ФП-520	ФП-520Г
22	114	93	88	83
25	148	79	118	80
30	130	73	107	75
35	140	70	105	73
40	101	76	92	73
45	90	74	84	72

Как видно в табл. 2, введение в фенолформальдегидное связующее дисперсных частиц $R(OH)_3$ незначительно снижает липкость препрегов. Кроме того, у препрегов на основе модифицированных связующих изменение липкости при нагреве значительно меньше, чем у исходных препрегов. Оценка изменения липкости в зависимости от продолжительности хранения проводилась на 2, 30 и 60 сут после изготовления препрега. Выявлено, что при хранении препрега в условиях цехового помещения при температуре $20\pm 5^\circ\text{C}$ и влажности 60% в течение 60 сут параметр липкости не претерпевает значительных изменений ($140-100$ кН/м²) и препрег стабильно пригоден для производства качественных стеклопластиков. Исследования по изменению физико-химических свойств препрега при хранении рулона препрега в течение 60 сут в условиях производственного помещения при температуре $20\pm 5^\circ\text{C}$ и влажности 60% представлены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость физико-химических свойств препрега от времени хранения

Свойства препрега	Значения свойств при продолжительности хранения, сут			
	0	15	30	60
Массовая доля связующего, %	35,3	35,1	35,2	35,1
Массовая доля $R(OH)_3$, %	29,2	29,6	29,6	29,3
Массовая доля летучих веществ, %	6,8	6,1	5,8	5,4
Содержание растворимого связующего, %	96,2	95,7	96,0	95,0

Таким образом, установлено, что хранение препрега в условиях цеха в течение 2 мес не снижает его технологических свойств.

Для определения влияния асимметричного наноса модифицированного связующего на механическую прочность трехслойных панелей с обшивками из стеклопластика на основе стеклоткани Т-15(П)-76 и связующих ФПР-520Г и ФПР-520 были изготовлены образцы методом вакуумного формования в термопечи по единому режиму формования.

Трехслойные панели из препрегов на основе модифицированного связующего изготовлены с различным наносом связующего: 57% (по массе) – на внутренней, прилегающей к сотам стороне и 46% (по массе) – на внешней стороне, а панели на исходном связующем изготовлены из препрега с наносом связующего 55% (по массе). Свойства панелей приведены в табл. 4.

Свойства сотовых трехслойных панелей с сотами ССП-1-2,5

Тип связующего	Усилие отдира обшивки от сот на барабане, (Н·м)/м	Предел прочности, МПа	
		при равномерном отрыве	при четырехточечном изгибе
Трехслойная панель на основе связующего ФПР-520Г	23,5	6,2	225,3
Трехслойная панель на основе связующего ФП-520	8,1	3,0	160,3

Таким образом, использование препрегов с асимметричным наносом модифицированного связующего увеличивает механические характеристики трехслойных панелей. Полученный эффект подтверждается при анализе структуры трехслойных панелей: при использовании препрега на модифицированном связующем происходит образование более высоких галтелей, связывающих обшивки с сотами по большей площади, чем в случае использования исходного ФПР-520.

В заключение необходимо отметить, что:

- разработанная технология и установка для изготовления препрегов с асимметричным наносом полимерного модифицированного связующего ФПР-520Г реализованы в опытном производстве;
- изготовленные трехслойные панели с использованием асимметричных препрегов удовлетворяют требованиям АП-25 по пожаробезопасности и нормативно-технической документации по технологическим и механическим свойствам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асеев Р.М., Зайков Г.Е. Горение полимерных материалов. М.: Наука. 1981. 330 с.
2. Кодолов В.И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. М.: Химия. 1976. 155 с.
3. Наполнители для композиционных материалов /Под ред. Г.С. Каца. М.: Химия. 1981. 736 с.
4. Полимерные материалы с пониженной горючестью /Под ред. А.Н. Праведникова. М.: Химия. 1986. 213 с.

*К.Е. Никитин, В.И. Постнов,
С.М. Качура, А.Э. Рахматуллин, О.Л. Бурхан*

КОМПЬЮТЕРНАЯ УСТАНОВКА ИСС 1003М ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО В ПРЕПРЕГАХ В ПРОЦЕССЕ ПРОПИТКИ

Описывается рентгенометрический метод для непрерывного контроля массового процентного содержания связующего в препрегах в процессе их приготовления. На основе данного метода разработана и изготовлена компьютерная установка ИСС 1003М. Отличительной особенностью установки является использование радиоканала для передачи данных от датчиков в удаленный компьютер. Это позволило отказаться от длинных соединительных высоковольтных кабелей, что существенно повысило уровень надежности и пожаробезопасности установки. Как показало практическое использование установки, среднеквадратическая погрешность измерения массового процентного содержания связующего составила не более $\pm 1\%$ в диапазоне от 0 до 75%.

Ключевые слова: *рентгенометрический метод непрерывного контроля, препреги.*

Содержание связующего в препреге является его основной характеристикой, непосредственно влияющей на качество конечной продукции. В настоящее время контроль