

– возможность нанесения покрытия на любые материалы, выдерживающие нагрев до температуры осаждения (до 500°C);

– возможность полной автоматизации процесса нанесения при использовании непрерывной подачи хроморганической жидкости и перемещении в реакционной камере самого изделия;

– герметичность установки и улавливание органических продуктов распада хроморганической жидкости делают этот способ экологически чистым, безопасным для человека и окружающей среды. Использование органических продуктов распада для синтеза новых соединений делает этот способ безотходным.

– ПКХП характеризуется высокими коррозионно- и износостойкостью, механической прочностью, беспористостью, равномерностью распределения слоя по периметру и длине изделия, высокой прочностью сцепления с подложкой в условиях деформации и резких изменений температуры.

– Метод нанесения ПКХП из паровой фазы позволяет получать покрытия с заранее заданными свойствами, которые могут изменяться путем варьирования условий технологического процесса и состава исходной хроморганической жидкости. С помощью добавок органических соединений можно регулировать скорость осаждения, химический и фазовый составы, структуру образующихся слоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Защитное пиролитическое хромовое покрытие. Технология, свойства, применение: Обзор В.Ф. Соколова и др. М.: ЦНИИатоминформ. 1989. С. 3.
2. А/С СССР № 598964 В.А. Костенков и др. Способ осаждения покрытий из паровой фазы. 1978.
3. А/С СССР № 638664 А.С. Лузин и др. Способ нанесения хромкарбидного покрытия. 1978.
4. Ильин В.А. Разработка и исследование технологических режимов осаждения износостойких и коррозионностойких пиролитических карбидохромовых покрытий на материалы изделий авиационной техники: Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. М. 2002. С. 56.

УДК 678.8

С.В. Стрельников, О.Б. Застрогина, Е.А. Вешкин, Н.И. Швец

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАНЕЛЕЙ ИНТЕРЬЕРА В КРУПНОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Проведен анализ технологичности существующих интерьеров пассажирских самолетов и показаны основные направления ее повышения применительно к крупносерийному производству, а также преимущества формования панелей по совмещенной технологии бесклеевым способом с использованием препрегов, полимерных заполнителей и гелькоута горячего отверждения на основе высококонцентрированных связующих типа ФПР-520, ФПР-520Г и РС-Н. Максимальное использование гнутых панелей и шиповых соединений в конструкциях бытовых блоков является резервом сокращения номенклатуры применяемых деталей и снижения массы изделия.

Ключевые слова: *интерьер пассажирских самолетов, панели интерьера, препрег, полимерный заполнитель, гелькоут.*

Одним из основных факторов, определяющих ускоренное внедрение новых композиционных материалов в серийное производство, является их технологичность – совокупность технологических свойств и конструктивных решений, обеспечивающих снижение длительности производственного цикла, энерго- и трудоемкости при сохранении квот превосходства материалов по эксплуатационным свойствам. Проведенный анализ производства серийных панелей для интерьеров пассажирских самолетов (табл. 1) выявил ряд направлений, по которым возможно повышение их технологичности.

Применяющаяся в настоящее время конструкция панелей интерьера, состоящая из обшивок и сотового заполнителя, склеенных между собой клеем, имеет ряд недостатков, которые отрицательно сказываются на технологичности конструкции и осложняют их крупносерийное производство. При такой конструкции панелей возникает необходимость отдельно изготавливать обшивки панелей, что влечет за собой изготовление выклеочной оснастки для обшивок, т. е. дополнительные затраты. Кроме того, наличие в составе панели эпоксидного клея резко снижает их пожаробезопасные свойства. Серийно выпускаемые трехслойные сотовые панели с обшивками из препрега ткани Т-15(П)-76 и связующего ФП-520, приклеенными эпоксидным клеем ВК-46 к сотовому заполнителю ПСП-1-2,5-48, имеют максимальную скорость выделения тепла 84 кВт/м^2 и общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин $101 \text{ кВт}\cdot\text{мин/м}^2$ (при допустимых пределах по АП-25: 65 кВт/м^2 и $65 \text{ кВт}\cdot\text{мин/м}^2$ соответственно). Перевод трехслойных сотовых панелей интерьера на бесклеевую конструкцию позволит устранить все перечисленные недостатки.

Изготовление трехслойных сотовых панелей по бесклеевой технологии возможно в том случае, когда на поверхности препрега будет обеспечено количество связующего, достаточное для образования из него галтелей необходимого размера на стенках сот (рис. 1). Это может быть достигнуто путем применения высоковязких связующих, например, высококонцентрированного фенолформальдегидного связующего ФПР-520.

Для реализации данной конструкции панели В.И. Постновым и В.И. Петуховым разработана технология изготовления препрегов из тканого наполнителя Т-15(П)-76 и связующего ФПР-520 на пропиточной машине УПР-3, позволяющая изготавливать препреги с нанесением связующего до 50–55% [1]. Этого вполне достаточно, чтобы при формовании трехслойных сотовых панелей образовывать на стенках сот галтели из связующего. Наличие галтелей и их величина определяют прочность сцепления обшивок с сотовым заполнителем [2]. Проведенные исследования трехслойных сотовых панелей, изготовленных бесклеевым способом из препрега на связующем ФПР-520, показали, что их прочностные характеристики соответствуют требованиям, предъявляемым к панелям интерьера (табл. 2).

Характеристики по пожаробезопасности таких панелей по сравнению с панелями, изготовленными с применением клея ВК-46, значительно повысились и соответствуют требованиям АП-25 (табл. 3)*.

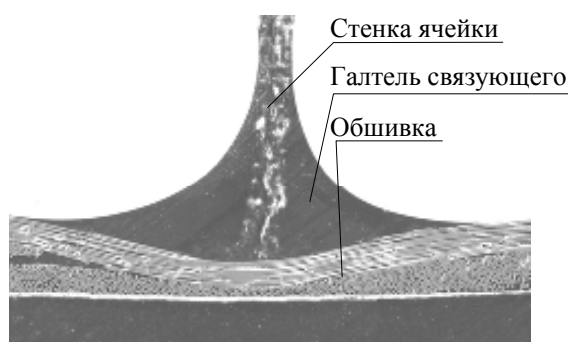


Рис. 1. Образование галтели из связующего на стенке сотовой ячейки

Определение характеристик пожаробезопасности проводилось под руководством С.Л. Барботько.

Анализ технологичности конструкций интерьера из ПКМ

Технология, применяемая в серийном производстве	Недостатки применяемой технологии	Предлагаемое решение
Склеивание трехслойных сотовых панелей из предварительно отформованных обшивок и сотового заполнителя с помощью клея	Увеличение массы деталей и стоимости материалов, а также затрат на изготовление отдельно обшивок и выклеочной оснастки для них. Ухудшение показателей горючести, дымообразования и тепловыделения при горении. Непроизводительная загрузка технологического оборудования и рабочих мест	Изготовление панелей бесклеевым способом с использованием препрегов на высококонцентрированных связующих типа ФПР-520, ФПР-520Г и РС-Н
Изготовление трехслойных панелей одинарной кривизны формованием на объемной выклеочной оснастке	Большие затраты на изготовление и эксплуатацию технологического оснащения. Большая загрузка технологического оборудования и рабочих мест	Изготовление панелей одинарной кривизны из плоских заготовок методом гиба
Применение полимерных заполнителей холодного отверждения для заделки торцов сотовых панелей и мест установки крепежа	Увеличение длительности технологического цикла и трудоемкости изготовления панелей за счет дополнительных операций удаления сот и механической обработки. Технологические трудности при изготовлении трехслойных панелей двойной кривизны	Применение полимерных заполнителей горячего отверждения, которыми заполняют ячейки сот на стадии сборки технологического пакета с последующим вакуумным формованием панели. Механическая обработка готовых панелей на станках с ЧПУ
Шпаклевка лицевых поверхностей панелей для придания декоративного вида	Увеличение трудоемкости изготовления панелей путем введения дополнительных операций зашкуривания и шпаклевки. Увеличение массы панели. Повышение показателя тепловыделения при горении	Применение гелкоута горячего отверждения на основе фенольного связующего, отверждающегося совместно с панелью
Сборка бытовых блоков (кухни, гардеробы, туалеты) с применением большого количества крепежных элементов (металлические уголки, винты, резьбовые втулки)	Увеличение затрат ввиду большой номенклатуры деталей. Увеличение массы изделия и трудоемкости изготовления	Максимальное использование в конструкциях бытовых блоков гнутых панелей и шиповых соединений

Таблица 2

Прочностные характеристики панелей интерьера с сотовым заполнителем ПСП-1-2,5-48 ($h=10$ мм)

Связующее	Прочность при равномерном отрыве, МПа	Усилие отдира обшивки от сот, Н·м/м	Прочность при изгибе, МПа
ФПР-520	2,1	9,6	154,0
ФПР-520Г	3,2	15,0	242,0
РС-Н	2,3	10,7	158,3

Однако согласно данным FAA (Федеральное управление гражданской авиации США) в мире проводятся исследования по дальнейшему снижению уровня тепловыделения материалов интерьера. Это связано с тем, что, по статистике, в случае аварийной посадки до 40% людей гибнут от термических травм [3]. В настоящее время исследова-

ния идут по двум направлениям: снижение тепловыделения существующих материалов и разработка новых негорючих материалов.

Таблица 3

Характеристики пожаробезопасности панелей интерьера с сотовым наполнителем ПСП-1-2,5-48 ($h=10$ мм)

Связующее	Горючесть	Дымообразование	Максимальная скорость тепловыделения, кВт/м ²	Тепловыделение за 2 мин, кВт·мин/м ²
ФПР-520	Самозатухающий	Слабодымящий	54	51
ФПР-520Г			39	9
РС-Н			23	2

Для дальнейшего снижения тепловыделения при горении панелей интерьера проведена модификация связующего ФПР-520 путем введения в него мелкодисперсных частиц антипирена (связующее ФПР-520Г).

Препреги на основе модифицированного связующего ФПР-520Г – благодаря особенностям технологии изготовления с применением специальной пропитывающей фильеры – имеют асимметричный нанос связующего [1]. Эта особенность препрегов позволяет создать условия для образования галтелей необходимой величины на стенках сот благодаря укладке обогащенной связующим стороной препрега к сотовому наполнителю. Наличие в связующем дисперсного наполнителя повышает его вязкость и предотвращает стекание связующего по стенкам сот при формовании, что сохраняет структуру галтелей и повышает прочность сцепления обшивок панелей с сотами (см. табл. 2). Наличие в связующем антипирена приводит к дальнейшему снижению тепловыделения при горении панелей интерьера (см. табл. 3). В то же время при изготовлении препрегов на основе связующего ФПР-520Г использование специального технологического оборудования несколько сдерживает широкое применение этой технологии. Поэтому в настоящее время О.Б. Застрогиной и Н.И. Швец создано новое фенолформальдегидное связующее РС-Н. Это связующее по своим технологическим характеристикам аналогично связующему СУСОМ 799 HE фирмы «СУТЕС» и может перерабатываться при изготовлении препрегов на существующем оборудовании, что позволяет без дополнительных затрат обеспечить широкое внедрение его в производство. Проведенные исследования показали, что трехслойные панели, изготовленные на основе связующего РС-Н, имеют более высокие пожаробезопасные свойства (см. табл. 3), чем панели на связующем ФПР-520Г.

На основании приведенных результатов можно сделать вывод, что использование связующих ФПР-520Г и РС-Н дает возможность изготавливать панели интерьера пассажирских самолетов бесклеевым способом с высокими прочностными и пожаробезопасными свойствами.

В настоящее время в серийном производстве широко применяется технология изготовления панелей интерьера одинарной кривизны вакуумным формованием на выклеечной оснастке. Применение подобной технологии предполагает изготовление дорогостоящей выклеечной оснастки для каждого вида панелей, а также использование большого количества одноразовых вспомогательных материалов (вакуумные мешки, дренажные материалы, герметизирующие материалы и т. д.). Для повышения технологичности и снижения затрат на производство панелей одинарной кривизны их можно изготавливать способомгиба из плоских панелей, полученных прессовым формованием. В этом случае нет необходимости в изготовлении выклеечной оснастки, а прессовое формование панелей производится без применения вспомогательных материалов.

Гибка панелей производится следующим образом: на панели размечается линиягиба, с внутренней стороны панели (рис. 2) удаляется обшивка (ширина зоны удаления обшивки T определяется по формуле: $T = \frac{2\pi H\theta}{360}$, где H – толщина панели; θ – величина углагиба панели, град). После удаления обшивки соты заполняются полимерным наполнителем холодного отверждения и производится гибка панели на требуемый угол с последующей фиксацией панели до полного отверждения наполнителя (рис. 2, 3).

Все панели интерьера по периметру и в местах установки крепежа заделываются полимерным наполнителем холодного отверждения для придания им необходимой герметичности. Серийная технология заделки наполнителем следующая: после формования панель обрезается по периметру с припуском 1,5–2 мм, после этого вручную производится удаление сот на глубину 7–10 мм, а в местах усилений под установку крепежа удаляется одна из обшивок и соты на всю глубину (диаметр зоны удаления сот 25–30 мм). После удаления сот производится заливка этих мест полимерным наполнителем холодного отверждения. При заливке периметра панели она устанавливается вертикально и фиксируется таким образом, чтобы зона заливки была горизонтальной для предотвращения вытекания полимерного наполнителя после заливки. Панель выдерживается в таком положении не менее 4–5 ч до достижения полимерным наполнителем необходимой вязкости. Эта операция повторяется многократно до полной заливки всего контура панели, а также зон под установку крепежа. Затем производится зачистка панели от подтеков полимерного наполнителя и обработка периметра панели до нужного размера по чертежу.

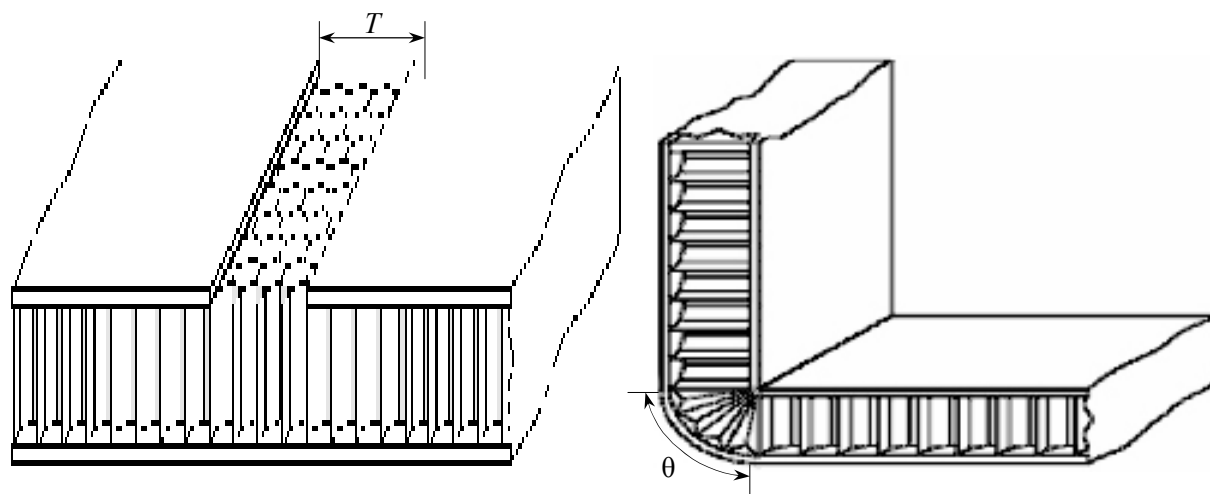


Рис. 2. Гибка панелей интерьера (T – ширина зоны удаления обшивки; θ – величина углагиба)

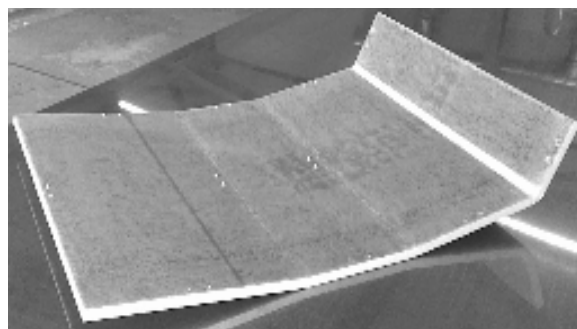


Рис. 3. Панель каркаса гардероба, изготовленная способом гибки

Отверждение панели производится одновременно с отверждением полимерного наполнителя. После завершения отверждения панель практически готова и достаточно просто провести ее механическую обработку по периметру [4]. Эта технология позволяет снизить трудоемкость изготовления панелей путем исключения операций удаления сотового наполнителя и дополнительной механической обработки, а также за счет сокращения времени на заливку сот полимерным наполнителем благодаря устранению технологической выдержки (для набора вязкости наполнителя) при заливке каждой стороны панели.

Такая технология достаточно трудоемка, что увеличивает длительность технологического цикла изготовления панелей. Для устранения этого недостатка разработана технология изготовления панелей с применением полимерных наполнителей горячего отверждения ВПЗ-15 и ВПЗ-16. В этом случае заполнение ячеек сот полимерным наполнителем производится не после завершения формования панели, а в период выкладки технологического пакета, состоящего из слоев препрега и сотового наполнителя.

К панелям интерьера как элементам декоративной отделки салона самолета предъявляются особые требования к качеству лицевой поверхности. Исходя из этих требований, поверхность панели интерьера подвергают шпаклевке с последующей зачисткой, причем шпаклевка и зачистка производится многократно – до полного устранения дефектов по всей поверхности панели (рис. 4).

Разработанное гелькоутное покрытие ГК-52 на основе связующего ФПР-520 позволяет избежать операции дополнительной доработки лицевой поверхности панелей. Технология изготовления панелей с использованием гелькоутного покрытия заключается в следующем: на подготовленную выклеечную оснастку методом пневматического распыления наносится слой гелькоута ГК-52 и подвергается предварительной сушке. Далее на него выкладывается технологический пакет из слоев препрега и сотового наполнителя, затем укладываются дренажные слои, пакет помещается в вакуумный мешок и после вакуумирования производится формование панели совместно с гелькоутом. После извлечения готовой панели из вакуумного мешка отвержденный гелькоутный слой остается на поверхности панели. В этом случае качество лицевой поверхности панели определяется только качеством формирующей поверхности выклеечной оснастки и не требует дополнительной доработки.

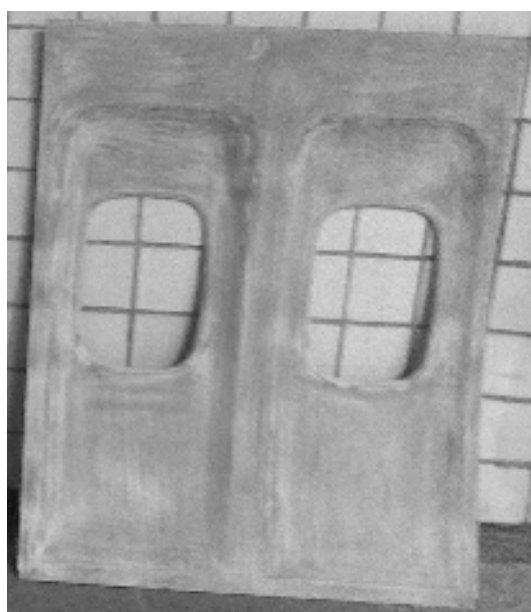


Рис. 4. Оконные панели самолета Ту-204 после шпаклевки лицевой поверхности

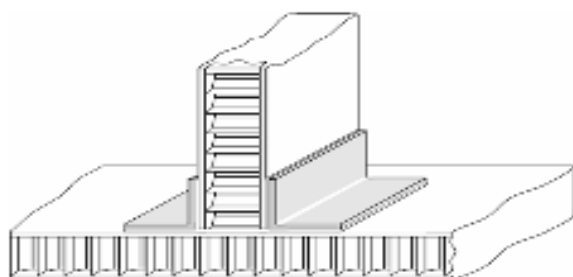


Рис. 5. Схема крепления панелей с помощью металлических уголков

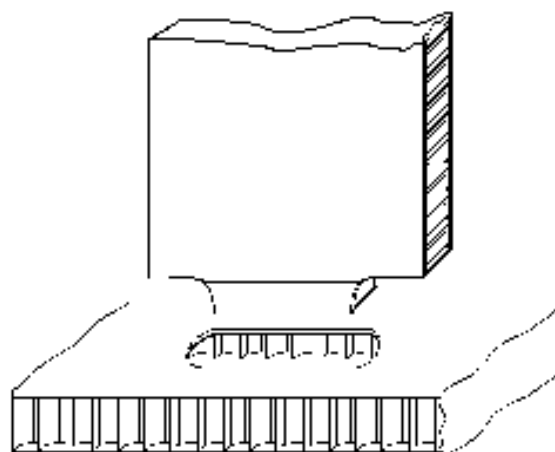


Рис. 6. Шиповая схема крепления панелей

В конструкции бытовых блоков (кухни, гардеробы, туалеты) серийных интерьеров заложена угловая схема крепления панелей (рис. 5). При такой схеме крепления бытовой блок имеет большую номенклатуру применяемых деталей (металлические уголки, металлические резьбовые втулки, винты), что значительно усложняет процесс сборки и увеличивает ее трудоемкость. Наличие в конструкции большого количества металлических деталей также приводит к увеличению массы блока. Для устранения этих недостатков в ряде случаев можно применить шиповую схему сборки бытовых блоков (рис. 6).

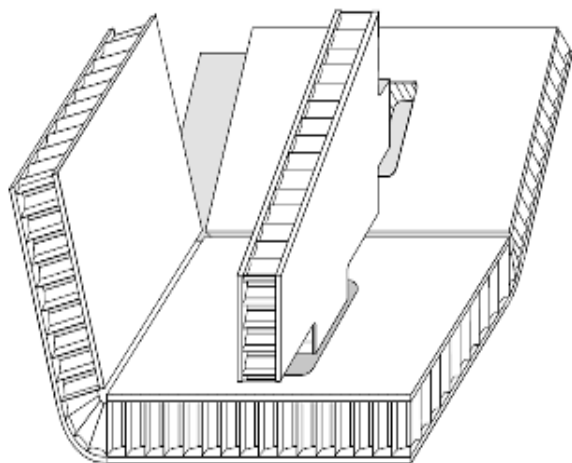


Рис. 7. Схема шиповой сборки блока, совмещенная с гибкой панелей

При шиповой схеме сборки на отдельных панелях выполняются выступы, так называемые шипы, а на ответных панелях (панелях, к которым производится крепление панелей с шипами) делаются пазы по размерам, соответствующим размерам шипов. Выполнение на панелях шипов и пазов производится механической обработкой. Использование фрезерных станков с ЧПУ позволит снизить трудоемкость изготовления панелей и повысить их качество. Сборка панелей производится с помощью клея холодного отверждения без применения дополнительных крепежных элементов. Причем сборку блока можно совместить с процессом гибки панелей, что приведет к дополнительному снижению трудоемкости (рис. 7).

Применение таких высокоэффективных технологий, как бесклеевая технология изготовления панелей интерьера с использованием полимерных заполнителей и гелькоутов горячего отверждения, а также технологий гибки панелей и шиповой сборки бытовых блоков, позволит повысить технологичность и качество панелей интерьеров пассажирских самолетов при снижении общей массы конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постнов В.И., Петухов В.И. Технологическое совершенствование процессов изготовления панелей интерьера самолетов //Известия Самарского науч. центра РАН. Спец. выпуск Т. 1. 2008. С. 65–70.
2. Крысин В.Н., Крысин М.В. Технологические процессы формования, намотки и склеивания конструкций. М.: Машиностроение. 1989. 240 с.
3. Кирин К.М. Перспективные пожаробезопасные текстильные материалы для применения в гражданской авиации: Автореф. диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. М: ГОУ ВПО РосЗИТЛП. 2004. 16 с.
4. Минаков В.Т., Постнов В.И., Швец Н.И., Застрогина О.Б., Петухов В.И., Макрушин К.В. Особенности изготовления трехслойных сотовых панелей с полимерным наполнителем горячего отверждения //Авиационные материалы и технологии. 2009. № 3. С. 6–9.