



УДК 678.8

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-4-6-6

**ОПЫТ РАЗВИТИЯ БЕЗАВТОКЛАВНЫХ  
МЕТОДОВ ФОРМОВАНИЯ ПКМ**

М.В. Постнова

*кандидат технических наук*

В.И. Постнов

**Апрель 2014**

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более чем тридцати научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в четырех филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках и международных салонах в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат государственных премий СССР и РФ, академик РАН, профессор Е.Н. Каблов.

УДК 678.8

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-4-6-6

*М.В. Постнова, В.И. Постнов*

## **ОПЫТ РАЗВИТИЯ БЕЗАВТОКЛАВНЫХ МЕТОДОВ ФОРМОВАНИЯ ПКМ**

*Рассмотрены основные известные технологии безавтоклавного формования конструкций из полимерных материалов, в том числе их достоинства, недостатки и области применения. Представлены также устройства и формы для реализации данных технологий изготовления деталей из ПКМ. Рассмотрены методы УФ-отверждения при вакуумном формовании.*

**Ключевые слова:** *ПКМ, полимерные связующие, выклеечная оснастка, вакуумное формование, пресс-форма, VARTM, RFI, RTM, УФ-отверждение.*

*M.V. Postnova, V.I. Postnov*

## **DEVELOPMENT EXPERIENCE OUT-OF-AUTOCLAVE METHODS OF FORMATION PCM**

*The basic known technologies out-of-autoclave forming of designs from polymer materials, including their advantages, lacks and scopes are considered. Devices and forms for realizations of the given manufacturing techniques of details from PCM are presented also. Methods UV-solidification are considered at vacuum forming.*

**Keywords:** *PCM, polymer binding, equipment, vacuum forming, a mould, VARTM, RFI, RTM, UV-solidification.*

---

<sup>1</sup>Ульяновский научно-технологический центр  
[Ulyanovsk scientific and technological center] E-mail:untcviam@viam.ru.

Анализ развития науки и технологии за рубежом показывает, что в мире активно развиваются интеллектуальные материалы, интерметаллиды, нанокристаллические и аморфные металлы, полимерные и полиматричные композиты, высокотемпературные металлические материалы, сплавы с памятью формы, долговечная керамика, слоистые материалы и др. Эти материалы с улучшенными служебными характеристиками необходимы, в том числе, для создания изделий авиационной техники следующего поколения [1]. Новый уровень развития авиации в будущем могут обеспечить только принципиально новые материалы и технологии, так как традиционные уже исчерпали себя, дальнейшее их использование дает незначительные результаты при существенных затратах.

В этой связи конструкторы проявляют большой интерес к современным полимерным композиционным материалам (ПКМ) и технологиям изготовления из них конструктивных элементов. Производственные процессы изготовления изделий из ПКМ на протяжении всего этапа их развития подверглись значительным изменениям. Резкий рост применения композиционных материалов в авиационной технике (до 15% от массы самолета) и увеличение объемов производства конструкций из них требуют значительного повышения автоматизации технологических процессов [2], что позволит снизить их трудоемкость, энергоемкость, а также увеличить пропускную способность дорогостоящего технологического оборудования.

Разработанные технологии изготовления изделий из ПКМ, учитывающие специфику применения, а также требования при серийном производстве на предприятии представлены на классификационной схеме (рис. 1). Наибольшее применение в авиационной промышленности нашли технологии термовакuumного и автоклавного формования.

Длительное время в авиационной технологии изготовления конструктивных ПКМ преобладал препрегово-автоклавный способ [3], обеспечивающий высокий уровень физико-механических свойств и низкую пористость получаемых пластиков, но характеризующийся повышенными энергоемкостью и стоимостью процесса из-за использования дорогостоящих автоклава, оснастки и вспомогательных технологических материалов, которые должны быть работоспособны при температурах до 180°C и давлениях до 0,7 МПа [4].

Термовакuumная технология применялась в основном при изготовлении мало-нагруженных конструкций из ПКМ как планера, так и интерьера [5–7]. В середине XX века в производстве ПКМ достаточно широко использовались технологии формования конструкций обтекателей головной части ракет, оболочечных конструкций (рис. 2) газотурбинных двигателей (ГТД) методом пропитки под вакуумом или вакуумом и давлением. Для этой технологии в ВИАМ было разработано эпоксидное связующее ЭДТ-10 с длительной жизнеспособностью при температуре 70°C и с достаточно низкой вязкостью, которая обеспечивала высокую степень пропитки технологических слоев сухого наполнителя (стекло- и углетканей). Данная технология была реализована при изготовлении колец компрессора газотурбинного двигателя.

Для ее реализации была спроектирована и изготовлена форма (рис. 2, а), отработанная технология получения и пропитки пакета наполнителя и технология отверждения конструкции в целом (рис. 2, б) [8].

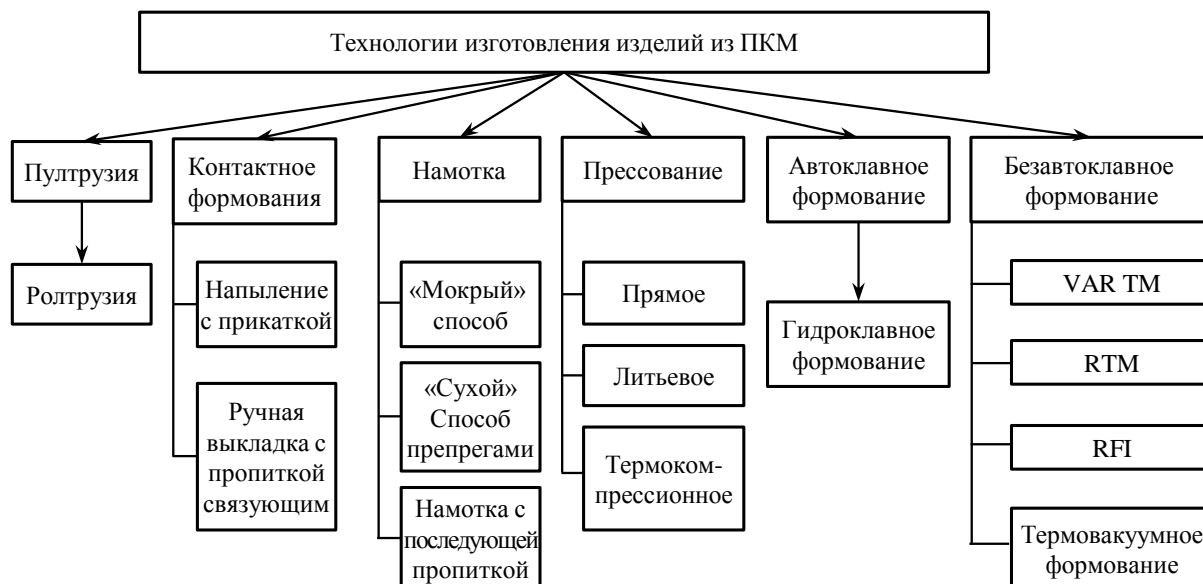


Рисунок 1. Общая классификация технологий изготовления изделий из ПКМ

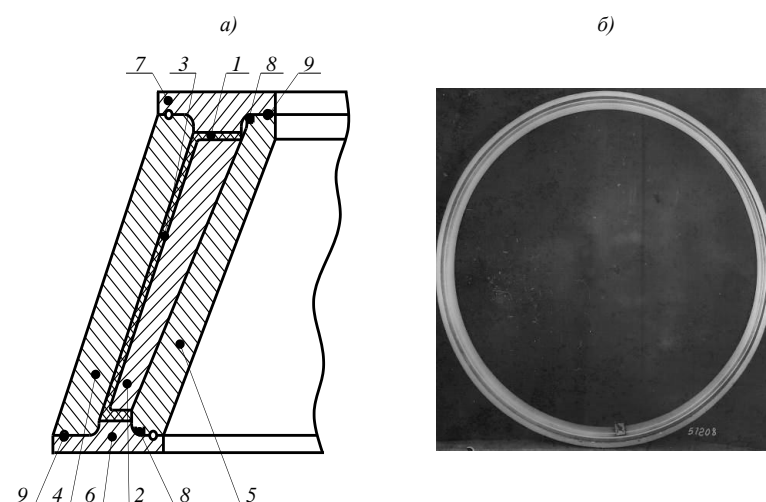


Рисунок 2. Форма для изготовления колец пропиткой под давлением (а) и готовое изделие (б):  
 1 – пакет наполнителя; 2 – вкладыш; 3 – цулага; 4 – внешняя обойма; 5 – внутренняя обойма;  
 6, 7 – фланцы; 8 – пропиточная канавка; 9 – канавка для герметизирующего шнура

Пакет наполнителя подготавливался до установки в форму в соответствии с заданной структурой армирования. После укладывания пакета наполнителя в форму она помещалась в электропечь, к ней присоединялась вакуумная арматура и система для подвода связующего (рис. 3) от специально разработанной пропиточной установки (рис. 4).

Форма с заготовкой в виде слоев армирующих наполнителей и связующее нагревались до  $60^{\circ}\text{C}$ . На подводящей и отводящей линиях открывали краны, включался вакуумный насос. При достижении в полости формы давления 50 мм рт. ст. в бачок со связующим через редуктор из баллона под давлением 0,15–0,2 МПа подавался инертный газ. Под действием давления связующее из бачка поступало в форму. Вакуум и давление поддерживались в течение всей пропитки. После того как связующее начинало выходить из формы без пузырьков воздуха, пропитка прекращалась. Отверждение прово-

дилось в печи по режимам, предусмотренным технической документацией на данное связующее. Готовое изделие извлекали из формы и отправляли на отделочные операции.

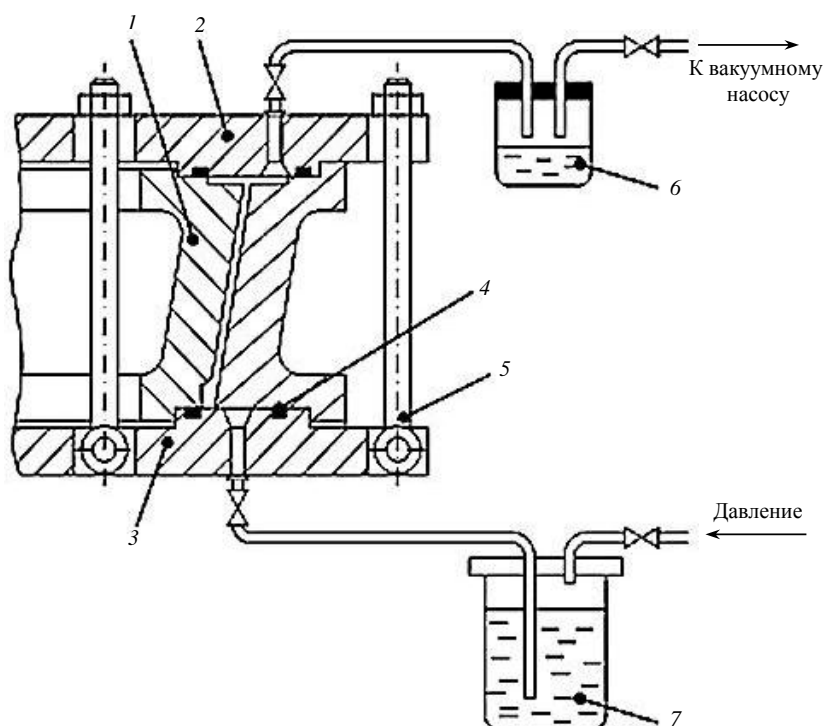


Рисунок 3. Схема изготовления деталей пропиткой под вакуумом и давлением:  
 1 – пресс-форма; 2, 3 – крышки; 4 – уплотнения; 5 – винтовые зажимы; 6 – бачок-ловушка;  
 7 – бачок со связующим

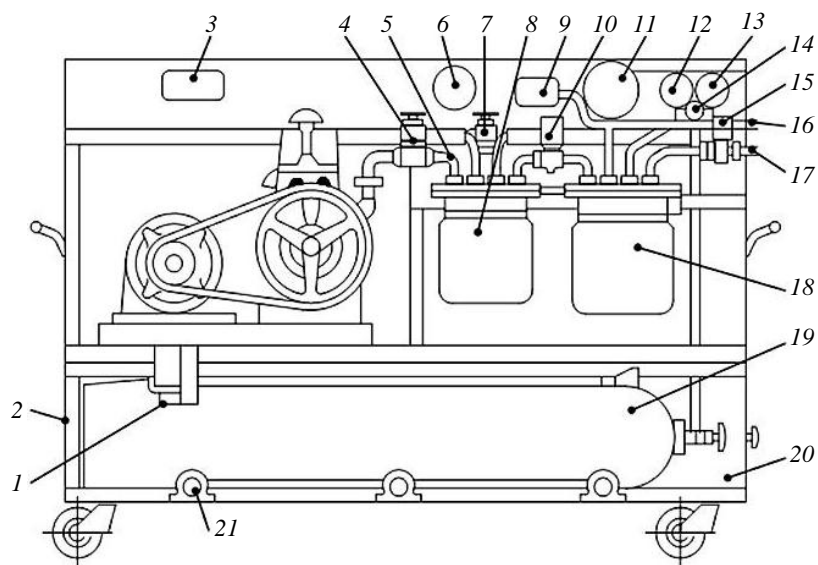


Рисунок 4. Установка для пропитки изделий из ПКМ в замкнутой форме под вакуумом и давлением [9]: 1 – прижимы; 2, 20 – открывающаяся дверца; 3 – пирометр; 4, 7, 10 – вакуумные краны; 5 – вакуумная арматура; 6 – вакуумметр; 8 – бачок-ловушка; 9 – смотровая улитка; 11 – манометр; 12 – манометр низкого давления; 13 – манометр высокого давления; 14 – редукционный клапан; 15 – кран, регулирующий подачу связующего в форму; 16, 17 – арматура, работающая под давлением; 18 – бачок для связующего; 19 – баллон с инертным газом; 21 – направляющие ролики

Следующим этапом развития безавтоклавных методов формования был метод пропитки пакета наполнителя под вакуумом и внешним давлением жидкого теплоносителя (глицерина) на формируемое изделие из ПКМ (рис. 5) [10]. Давление глицерина в камере зависело от требуемой толщины изделия и регулировалось по индикатору толщиномером, установленному в пресс-форме. Пресс-форма присоединялась к пропиточной установке с помощью переходников, и в ней проводили пропитку предварительно отвакуумированного пакета. Затем пресс-форму отсоединяли от пропиточной системы и проводили термообработку пакета в печи при постоянном давлении глицерина по требуемому режиму. Применение данной технологии формования позволяло получать изделия с минимальными разбросами по толщине и стабильными физико-механическими свойствами (плотность, пористость, прочность и др.).

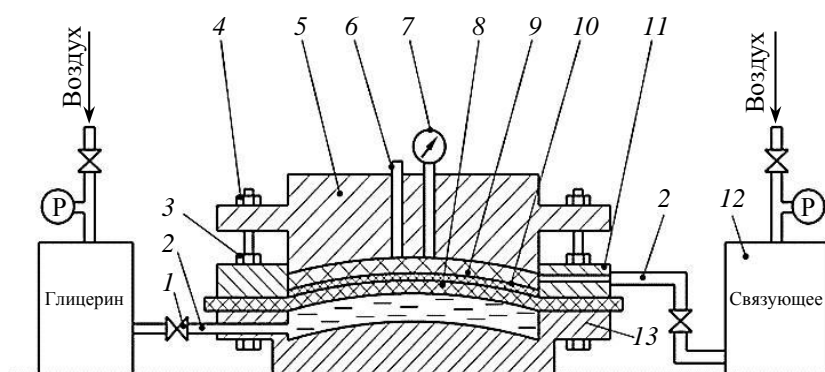


Рисунок 5. Схема приспособления для получения деталей двойной кривизны заданной толщины из ПКМ: 1 – редуктор; 2 – переходники; 3, 4 – гайки; 5 – оформляющая поверхность; 6 – штуцер; 7 – толщиномер; 8 – резиновая диафрагма; 9 – гибкая формирующая цулага; 10 – пакет непропитанной стеклоткани; 11 – рама; 12 – пропиточная установка; 13 – плита

Создание новых вспомогательных материалов (вакуумные пленки, жертвенные и дренажные ткани и др.), устройств для пропитки армирующих материалов и контроля процесса пропитки, а также новых полимерных связующих обеспечило безавтоклавным способам формования изделий из ПКМ новые перспективы развития. К числу таких передовых безавтоклавных технологий относятся препрегово-вакуумный способ формования, пропитка под давлением RTM (Resin Transfer Molding), вакуумно-инфузионный VARTM (Vacuum Assisted Resin Transfer Molding) и пропитка с использованием пленочного связующего RFI (Resin Film Infusion).

Общий принцип всех этих методов заключается в следующем: в матрицу, покрытую разделителем и гелиевым слоем, помещают полный комплект слоев сухой арматуры, включая трехслойные наполнители, и накрывают жестким или гибким пуансоном, герметизируемым по периметру. Затем в данном пакете создается вакуумное разреже-

ние и приготовленное во внешнем резервуаре связующее под действием атмосферного давления (либо под принудительным давлением насоса) устремляется в матрицу и пропитывает армирующие слои. Состав связующего подбирается таким образом, чтобы отверждение прошло в минимальные сроки и без саморазогрева, вызывающего дефекты и деформацию изделия. Основная сложность состоит в том, чтобы добиться правильного заполнения пространства формы связующим и избежать непропитки или перенасыщения смолой отдельных участков изделия.

Особенности технологии RTM заключаются в том, что армирующий наполнитель в необходимом количестве укладывается в форму, которая далее герметизируется, и через дренажную систему под давлением в нее подается связующее. Процесс пропитки идет до тех пор, пока связующее не заполнит все свободное пространство формы [11]. После пропитки форму помещают в печь или пресс, где происходит отверждение детали [12]. В случае использования в качестве связующего композиций холодного отверждения процесс формования проходит при комнатной температуре (рис. 6).

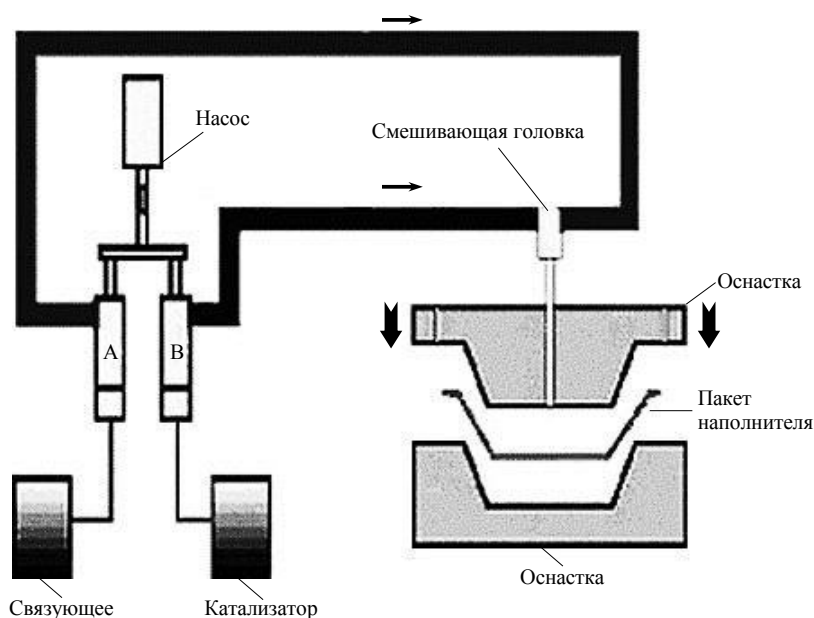


Рисунок 6. Схема пропитки под давлением (технология RTM)

Преимущества этого способа заключаются в отсутствии необходимости использования дорогостоящего оборудования, в хороших условиях труда (отсутствует непосредственный контакт человека со связующим), в возможности изготовления деталей сложной формы и использования трехосно-армированных наполнителей, а также в относительно невысокой стоимости процесса.

Наряду с преимуществами у процесса пропитки под давлением есть недостатки, основными из которых являются длительность процесса и зависимость качества дета-

ли от правильности расположения трубок дренажной системы, а также, в отдельных случаях, конструктивная сложность и высокая стоимость оснастки.

Однако, несмотря на это, способ пропитки под давлением широко применяется в различных отраслях промышленности для изготовления таких деталей, как лопасти винто-вентиляторных двигателей, лопасти турбореактивных двигателей, монолитные обтекатели, элементы механизации крыла, различные детали сложной формы, крыши автомобилей (рис. 7) и т. д.

Технология инфузионного формования VARTM (Vacuum Assisted RTM) заключается в пропитке сухого наполнителя с использованием вакуумного давления, создаваемого в полости оснастки [13]. Под действием перепада давлений между полостью оснастки и емкостью со связующим последнее движется от емкости к точке подсоединения вакуумной линии с полостью оснастки, пропитывая наполнитель (рис. 8). Перепад давления не превышает 0,095 МПа, а значит снижаются требования к жесткости оснастки. Поэтому возможно создание упрощенной оснастки, состоящей из жесткой половины с формообразующей поверхностью и верхней гибкой мембраны, герметично закрепляемой на жесткой части. Стоимость и сложность оснастки по сравнению с методом RTM существенно снижается.



Рисунок 7. Форма для изготовления крыши автомобиля (а) и готовое изделие (б)

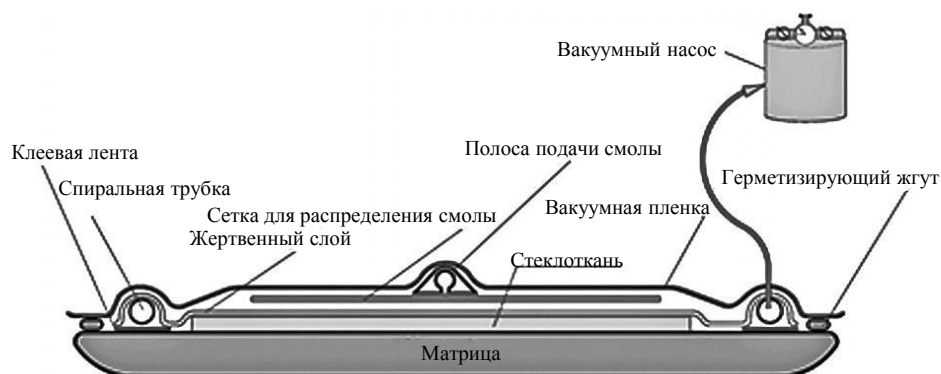


Рисунок 8. Технологическая схема изготовления детали VARTM методом

К основным недостаткам данного метода относятся: трудности воспроизводимости процесса, так как требуется тщательная отработка технологии, которая позволила бы получать детали со стабильными геометрическими и физико-механическими характеристиками [11]. Это связано с тем, что формование происходит не в закрытой форме (как в случае использования технологии RTM), а под вакуумным мешком. Таким образом, на толщину детали будет влиять объем связующего, закачанного под вакуумный мешок, а также равномерность давления по площади формируемой детали. Контролировать и задавать количество связующего, поступающего в заготовку, довольно затруднительно, так как в настоящее время механизмы влияния на процесс пропитки наполнителя связующим при технологии вакуумной инфузии мало изучены. Несмотря на это метод вакуумной инфузии является главной альтернативой контактного формования при изготовлении товаров народного потребления, деталей автомобилей; данная технология также активно развивается в авиационной отрасли. Ведущие мировые авиастроительные компании ведут научно-исследовательские работы, направленные на изучение возможности изготовления по технологии вакуумной инфузии силовых и особо ответственных конструкций самолетов, таких как крыло, детали хвостового оперения и т. д.

Технология получения композиционных деталей методом RFI (Resin Film Infusion) заключается в выкладывании связующего в виде пленки на оснастку совместно с пакетом сухого наполнителя [14]. После изготовления вакуумного мешка оснастка помещается в термопечь, в которой происходит расплавление пленочного связующего и пропитка слоев армирующего наполнителя (рис. 9). Избыточное давление через вакуумный мешок воздействует на пакет наполнителя и вдавливая его в расплавленное связующее [15–18]. Толщину пленочного связующего (поверхностная масса, г/см<sup>2</sup>) [19] выбирают из условия заданного объемного содержания наполнителя в пластике. Для толстых пакетов слои связующего чередуют с заданным количеством слоев наполнителя. Связующее при пропитке может находиться в весьма вязком состоянии, но путь, по которому происходит его распространение, на несколько порядков меньше, чем при методах RTM и VARTM, и составляет от 0,2 до 1,0 мм.

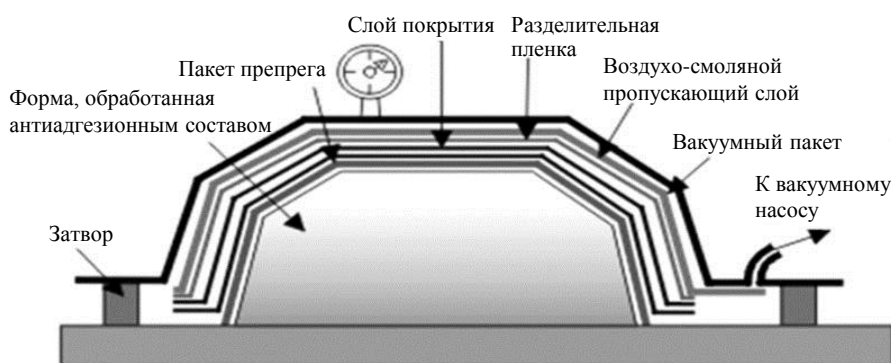


Рисунок 9. Схема изготовления детали RFI методом

На процесс пропитки армирующего наполнителя влияет большое количество характеристик связующего и самого наполнителя. Так, структура армирующего наполнителя, тип используемого волокна, применяемое в ходе технологического процесса давление влияют на скорость и качество пропитки. Также на процесс пропитки влияют реологические свойства связующего (уровень и изменение вязкости во времени, жизнеспособность при температуре пропитки) и его химический состав.

Одним из основных недостатков RFI технологии являются достаточно жесткие требования к применяемому связующему, которое должно обладать низкой вязкостью в процессе пропитки и высокой – при комнатной температуре для обеспечения возможности его существования в виде пленки в период хранения и выкладки.

Одним из несомненных преимуществ данного способа является возможность изготовления деталей с заданным объемным содержанием наполнителя и связующего в пластике и, как следствие, с заданными геометрическими и физико-механическими характеристиками. При этом для получения ПКМ с требуемыми характеристиками нет необходимости в использовании дорогостоящей формы закрытого типа (как в случае использования технологии RTM), обеспечивающей необходимую толщину и геометрию детали. Для технологии RFI вполне подходят оснастки открытого типа, аналогичные применяемым для изготовления изделий из ПКМ способом вакуумной инфузии.

Данная технология использовалась [20] при получении листов металлополимерного композиционного материала (МПКМ) Амор Д16/41 (рис. 10). В качестве связующего применялся пленочный клей ВК-41. Процесс пропитки и формования листов МПКМ осуществлялся при температуре 125°C.

При безавтоклавных технологиях формования деталей из ПКМ используются обычно тепловые методы отверждения полимерной матрицы (от 20 до 200°C). Обычно это процессы, длящиеся по времени до нескольких часов. В настоящее время активно развивается метод ультрафиолетового (УФ) отверждения конструкций из композиционных материалов (рис. 11). Он относится к «холодным» способам полимеризации, когда введенный в полимер инициатор способен перевести материал в твердое и не растворимое состояние под воздействием УФ-облучения [21]. В данном процессе полимеризация связующего происходит в течение 1–2 мин на один миллиметр толщины детали, при степени отверждения связующего 97–99%. Температура стеклования связующих, используемых в данном процессе, зависит от режима постотверждения ПКМ, при этом ее величина может увеличиваться в 1,5 раза по сравнению с исходным заполимеризованным состоянием. Отверждение материалов может происходить при температу-

ре окружающей среды от  $+5^{\circ}\text{C}$ . В качестве исходного сырья для получения композиционных материалов могут быть использованы как препреги, так и однокомпонентные полимерные массы. Кроме того, данный процесс является экологически безопасным. Для опытно-промышленного применения этой технологии разработаны специальные устройства, включающие светодиодные ультрафиолетовые источники с длительностью работы до 100000 ч.

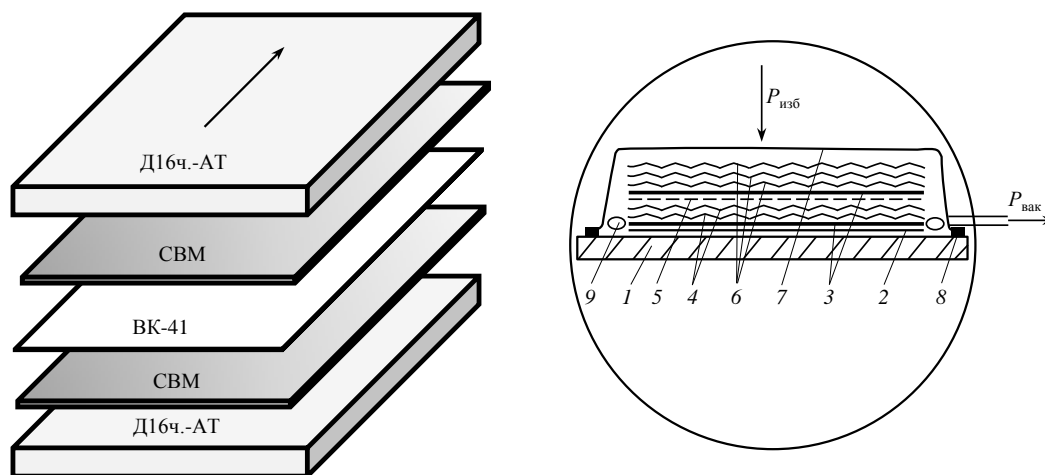


Рисунок 10. Технологическая схема получения листов Алора с помощью RFI метода:  
 1 – выклеивная оснастка; 2 – полипропиленовая пленка; 3 – металлические слои; 4 – ткань СВМ; 5 – клей ВК-41; 6 – дренажная ткань; 7 – пленка ППНТ (вакуумный мешок); 8 – герметизирующий жгут; 9 – трубы вакуумной системы

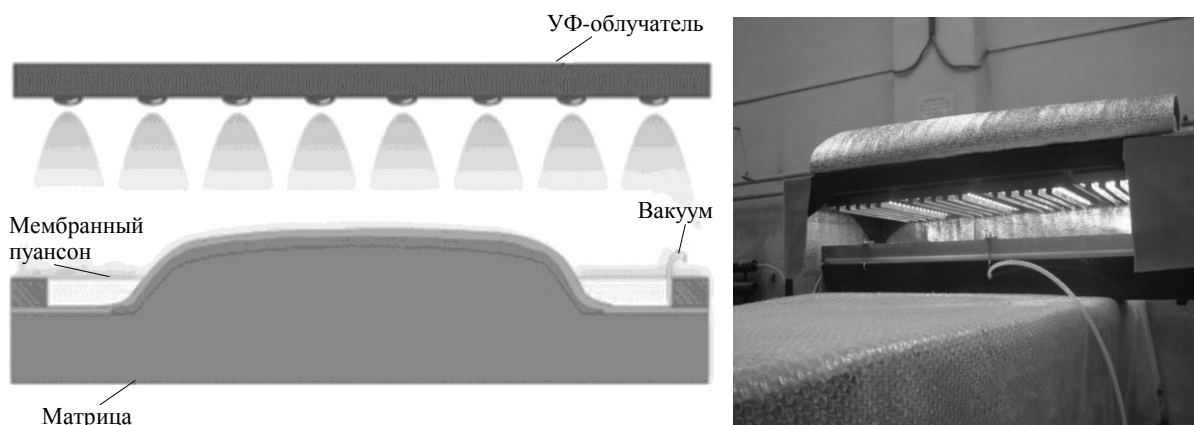


Рисунок 11. Схема и оборудование для УФ-формования

Данный метод получения полимерных композиционных конструкций имеет следующие преимущества: снижается количество оснастки при формовании деталей, уменьшается трудоемкость благодаря использованию вакуумной диафрагмы при формовании деталей и УФ-отверждения, энергоемкость процесса и занимаемая оборудованием площадь. Чем выше серийность и эксплуатационные требования к производимому изделию, тем выше экономическая эффективность.

Однако на данном этапе развития технологии УФ-отверждения имеются ограничения по ее применению, так как необходимо использовать дорогостоящие связующие, специальные УФ-препреги и наполнители, а также УФ-оборудование.

Рассмотренные технологические процессы имеют свои особенности, преимущества и недостатки [22], но каждый возможно применять в зависимости от технологических возможностей предприятий, геометрических размеров и формы изделия, его прочностных показателей. Промышленное развитие безавтоклавных методов формования и материалов для их осуществления всегда определялось их экономической целесообразностью и готовностью предприятий к их реализации в промышленных масштабах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.
2. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 231–242.
3. Застрогина О.Б., Швец Н.И., Постнов В.И., Серкова Е.А. Фенолформальдегидные связующие нового поколения для материалов интерьера //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 265–272.
4. Панина Н.Н., Ким М.А., Гуревич Я.М., Григорьев М.М., Чурсова Л.В., Бабин А.Н. Связующие для безавтоклавного формования изделий из полимерных композиционных материалов //Клеи. Герметики. Технологии. 2013. №10. С. 27–35.
5. Постнов В.И., Вешкин Е.А., Абрамов П.А. Пути повышения качества деталей из ПКМ при вакуумном формовании //Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. №4 (3). С. 834–839.
6. Постнов В.И., Стрельников С.В. Влияние технологии совмещенного формования обшивок и склеивание их с сотовым наполнителем на технологические свойства панели //Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №10. С. 23–29.
7. Постнов В.И., Стрельников С.В., Петухов В.И., Швец Н.И. Новые решения в технологии изготовления препрегов для панелей интерьера //Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 13. №4(2). С. 498–507.
8. Веселов С.И., Карташов Г.Г. Композиционные материалы в авиадвигателестроении. Куйбышев: КуАИ. 1986. 112 с.
9. Кшнякин А.М., Пушкина Г.И., Веселов С.И., Кочерженко В.А. Информационный листок №459–73. Куйбышев: ЦНТИ. 1973.

10. Титов В.В., Кольцов В.Н. Информационный листок №88-001. М.: ВИМИ. 1988.
11. Нелюб В.А., Гращенко Д.В., Коган Д.И., Соколов И.А. Применение прямых методов формования при производстве крупногабаритных деталей из стеклопластиков //Химическая технология. 2012. №12. С. 735–739.
12. Чурсова Л.В., Душин М.И., Хрульков А.В. и др. Особенности технологии изготовления деталей из композиционных материалов методом пропитки под давлением /В сб. материалов Межотраслевой науч.-технич. конф. «Композиционные материалы в авиакосмическом материаловедении», посвященной 100-летию со дня рождения А.Т. Туманова. 2009. С. 18.
13. Джоган О.М., Костенко О.П. Методы изготовления деталей из композиционных материалов пропиткой в оснастке. Ч. 1. Методы пропитки под давлением /В сб.: «Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов». Вып. 4 (68). Харьков: ХАИ. 2011. С. 111–125.
14. Джоган О.М., Костенко О.П. Методы изготовления деталей из композиционных материалов пропиткой в оснастке. Ч. 2. Методы вакуумной пропитки /В сб.: «Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов». Вып. 1 (69). Харьков: ХАИ. 2012. С. 80–92.
15. Мухаметов Р.Р., Ахмадиева К.Р., Ким М.А., Бабин А.Н. Расплавные связующие для перспективных методов изготовления ПКМ нового поколения //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 260–265.
16. Хрульков А.В., Душин М.И., Попов Ю.О., Коган Д.И. Исследования и разработка автоклавных и безавтоклавных технологий формования ПКМ //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 292–301.
17. Коган Д.И., Чурсова Л.В., Петрова А.П. Технология изготовления ПКМ способом пропитки пленочным связующим //Клеи. Герметики. Технологии. 2011. №6. С. 25–29.
18. Коган Д.И., Чурсова Л.В., Петрова А.П. Полимерные композиционные материалы, полученные путем пропитки пленочным связующим //Композиционные материалы. 2011. №11. С. 2–6.
19. Постнов В.И., Бурхан О.Л., Качура С.М., Рахматуллин А.Э., Самсонов А.В., Ямаев Р.Р., Шершак П.В. Непрепреговый автоматизированный контроль массового содержания пленочного связующего в препрегах в процессе их изготовления //Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. №4 (3). С. 830–833.

20. Постнов В.И., Сенаторова О.Б., Железина Г.Ф., Казаков И.А., Абрамов П.А., Герасимов В.А., Постнова М.В. Опыт применения МПКМ Алор Д16/41 в носовой части крыла самолета Ан-124-100 //Авиационные материалы и технологии. 2009. №4. С. 8–17.
21. Постнов В.И., Ершов В.В., Постнов А.В. Технология процесса УФ-отверждения панелей из стеклопластика /В сб. материалов 32 Международной конф. «Композиционные материалы в промышленности». Ялта: СЛАВПОЛИКОМ. 2012. С. 416–417.
22. Джоган О.М., Костенко О.П. Практическая классификация методов изготовления деталей из полимерных композиционных материалов пропиткой в оснастке /В сб.: «Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов». Вып. 1 (73). Харьков: ХАИ. 2013. С. 21–32.

#### REFERENCES LIST

1. Kablov E.N. Strategicheskie napravlenija razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda [Strategic directions of development of materials and technologies to process them for the period up to 2030] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.
2. Grashhenkov D.V., Chursova L.V. Strategija razvitija kompozicionnyh i funkcional'nyh materialov [Development Strategy composite and functional materials] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 231–242.
3. Zastrogina O.B., Shvec N.I., Postnov V.I., Serkova E.A. Fenolformal'degidnye svjazujushhie novogo pokolenija dlja materialov inter'era [Phenol-formaldehyde binders for a new generation of interior materials] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 265–272.
4. Panina N.N., Kim M.A., Gurevich Ja.M., Grigor'ev M.M., Chursova L.V., Babin A.N. Svjazujushhie dlja bezavtoklavnogo formovanija izdelij iz polimernyh kompozicionnyh materialov [Binders for bezavtoklavnogo formation of products from polymeric composite materials] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2013. №10. С. 27–35.
5. Postnov V.I., Veshkin E.A., Abramov P.A. Puti povyshenija kachestva detalej iz PKM pri vakuumnom formovanii [Ways to improve the quality of parts made in RMB vacuum forming] //Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2012. T. 14. №4 (3). С. 834–839.
6. Postnov V.I., Strel'nikov S.V. Vlijanie tehnologii sovmeshhennogo formovanija obshivok i skleivanie ih s sotovym zapolnitelem na tehnologicheskie svojstva paneli [Im-

- fact of technology combined molding and gluing their skins with honeycomb panels on the technological properties] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №10. S. 23–29.
7. Postnov V.I., Strel'nikov S.V., Petuhov V.I., Shvec N.I. Novye reshenija v tehnologii izgotovlenija prepregov dlja panelej inter'era [New solutions in the technology of prepregs for interior panels] //Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2013. T. 13. №4(2). S. 498–507.
  8. Veselov S.I., Kartashov G.G. Kompozicionnye materialy v aviadvigatelestroenii [Composite materials in aircraft engine]. Kujbyshev: KuAI. 1986. 112 s.
  9. Kshnjakin A.M., Pushkina G.I., Veselov S.I., Kocherzhenko V.A. Informacionnyj listok №459–73. Kujbyshev: CNTI. 1973.
  10. Titov V.V., Kol'cov V.N. Informacionnyj listok №88-001. M.: VIMI. 1988.
  11. Neljub V.A., Grashhenkov D.V., Kogan D.I., Sokolov I.A. Primenenie prjamyh metodov formovanija pri proizvodstve krupnogabaritnyh detalej iz stekloplastikov [Application of direct methods for molding large parts in the production of fiberglass] //Himicheskaja tehnologija. 2012. №12. S. 735–739.
  12. Chursova L.V., Dushin M.I., Hrul'kov A.V. i dr. Osobennosti tehnologii izgotovlenija detalej iz kompozicionnyh materialov metodom propitki pod davleniem [Features of technology manufacturing parts made of composite materials by pressure impregnation] /V sb. materialov Mezhotraslevoj nauch.-tehnič. konf. «Kompozicionnye materialy v aviakosmicheskom materialovedenii», posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija A.T. Tumanova. 2009. S. 18.
  13. Dzhogan O.M., Kostenko O.P. Metody izgotovlenija detalej iz kompozicionnyh materialov propitkoj v osnastke. Ch. 1. Metody propitki pod davleniem [Methods for the manufacture of parts made of composite materials impregnated in a snap. Part 1. Methods pressure impregnation] /V sb.: «Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov». Vyp. 4 (68). Har'kov: HAI. 2011. S. 111–125.
  14. Dzhogan O.M., Kostenko O.P. Metody izgotovlenija detalej iz kompozicionnyh materialov propitkoj v osnastke. Ch. 2. Metody vakuumnoj propitki [Methods for the manufacture of parts made of composite materials impregnated in a snap. Part 2. Vacuum impregnation methods] /V sb.: «Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov». Vyp. 1 (69). Har'kov: HAI. 2012. S. 80–92.
  15. Muhametov P.P., Ahmadijeva K.R., Kim M.A., Babin A.N. Rasplavnye svjazujushhie dlja perspektivnyh metodov izgotovlenija PKM novogo pokolenija [Melt binders prom-

- ising methods of manufacturing a new generation of PCM] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 260–265.
16. Hrul'kov A.V., Dushin M.I., Popov Ju.O., Kogan D.I. Issledovaniya i razrabotka avtoklavnyh i bezavtoklavnyh tehnologij formovaniya PKM [Research and development of the autoclave and non-autoclave molding technologies RMB] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 292–301.
  17. Kogan D.I., Chursova L.V., Petrova A.P. Tehnologiya izgotovleniya PKM sposobom propitki plenochnym svjazujushhim [Manufacturing technology RMB impregnation method binder film] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2011. №6. S. 25–29.
  18. Kogan D.I., Chursova L.V., Petrova A.P. Polimernye kompozicionnye materialy, poluchennye putem propitki plenochnym svjazujushhim [Polymer composite material obtained by impregnating a film binder] //Kompozicionnye materialy. 2011. №11. S. 2–6.
  19. Postnov V.I., Burhan O.L., Kachura S.M., Rahmatullin A.Je., Samsonov A.V., Jamaev R.R., Shershak P.V. Neprepregovyj avtomatizirovannyj kontrol' massovogo sodержaniya plenochnogo svjazujushhego v prepregah v processe ih izgotovleniya [Neprepregovy automated control of the mass content of the binder film in prepregs during their manufacture] //Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2012. T. 14. №4 (3). S. 830–833.
  20. Postnov V.I., Senatorova O.B., Zhelezina G.F., Kazakov I.A., Abramov P.A., Gerasimov V.A., Postnova M.V. Opyt primeneniya MPKM Alor D16/41 v nosovoj chasti kryla samoleta An-124-100 [Experience of using MPKM Alor D16/41 in the bow wing aircraft An-124-100] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2009. №4. S. 8–17.
  21. Postnov V.I., Ershov V.V., Postnov A.V. Tehnologija processa UF-otverzhdeniya panelej iz stekloplastika [Process technology for UV curing fiberglass panels] /V sb. materialov 32 Mezhdunarodnoj konf. «Kompozicionnye materialy v promyshlennosti». Jalta: SLAVPOLIKOM. 2012. S. 416–417.
  22. Dzhogan O.M., Kostenko O.P. Prakticheskaja klassifikacija metodov izgotovleniya detalej iz polimernyh kompozicionnyh materialov propitkoj v osnastke [Practical classification methods of manufacturing parts from polymeric composite materials impregnated in a snap] /V sb.: «Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov». Vyp. 1 (73). Har'kov: HAI. 2013. S. 21–32.