



УДК 678.8

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-8-4-4

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ПРОПИТКИ РАСПЛАВНЫМ
СВЯЗУЮЩИМ**

П.Н. Тимошков

А.В. Хрульков

Август 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.

П.Н. Тимошков¹, А.В. Хрульков¹

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ПРОПИТКИ РАСПЛАВНЫМ СВЯЗУЮЩИМ

В настоящее время все большую популярность приобретают полимерные композиционные материалы (ПКМ), получаемые методом пропитки расплавленным связующим, вытесняя традиционные ПКМ, получаемые пропиткой растворными связующими. Это сделало возможным появление новых перспективных путей переработки ПКМ и позволило упростить и удешевить процесс формования изделий и конструкций на основе ПКМ. Для этого были разработаны новые технологии переработки и новые типы промышленного оборудования, обладающие различными преимуществами по сравнению с известными ранее, а также целый ряд сопутствующего вспомогательного оборудования.

Ключевые слова: *полимерные композиционные материалы, оборудование для производства ПКМ, расплавные технологии производства ПКМ.*

P.N. Timoshkov, A.V. Hrulkov

MODERN TECHNOLOGIES OF HOTMELT POLYMER COMPOSITE MATERIALS PROCESSING

At present time polymer composite materials (PCM) based on hotmelt binder have become increasingly popular displacing traditional solvent-based PCM. This fact make possible the emergence of perspective new ways of PCM processing and allows to simplify and reduce the cost of PCM-based constructions and products forming process. To make it real new technological processes and new types of industrial equipment having different characteristics compared with previously known, and a number of associated auxiliary equipment have been developed.

Keywords: *polymer composite materials, polymer composites processing equipment, hotmelt technology of PCM processing.*

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

Для реализации работ, запланированных в соответствии со Стратегическими направлениями развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года [1], в частности, касающихся разработки Стратегии развития композиционных и функциональных материалов, необходимо внедрять принципиально новые технологии получения ПКМ [2].

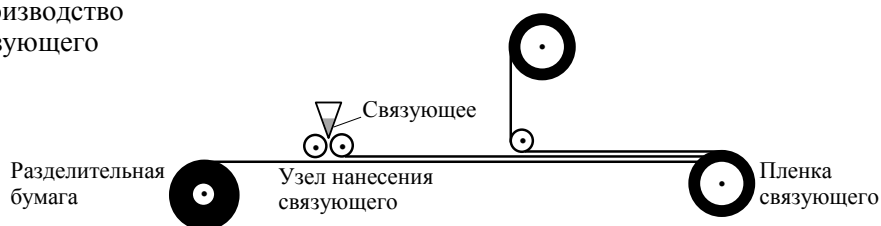
Современное пропиточное оборудование для получения препрегов ПКМ по расплавной технологии достаточно широко представлено на рынке. Основными производителями такого оборудования являются компании Cavitec (Швейцария), Century Design (США), Litzler (Германия), Microsam (Македония), Webprocessing (Англия), Coatema (Германия) и др. У оборудования, производимого этими фирмами, есть свои особенности, между тем основной принцип работы у них общий.

На рис. 1 представлена общая условная схема, отображающая принцип пропитки расплавным связующим [3]. Она разделена на два процесса: *первый* – нанесение расплава связующего на подложку, *второй* – собственно процесс пропитки наполнителя путем совмещения его с пленкой связующего.

В случае, когда эти процессы в пропиточной установке реализованы в две стадии на отдельно стоящих устройстве получения пленки связующего и устройстве собственно пропитки (импрегнирования), такой процесс называют пропиткой в offline-режиме [4].

В том случае, когда эти процессы осуществляются одновременно на одной машине, включающей в себя и устройство получения пленки связующего, и устройство пропитки, процесс пропитки осуществляется по online-режиму [5].

Этап 1. Производство пленки связующего



Этап 2. Перенос пленки

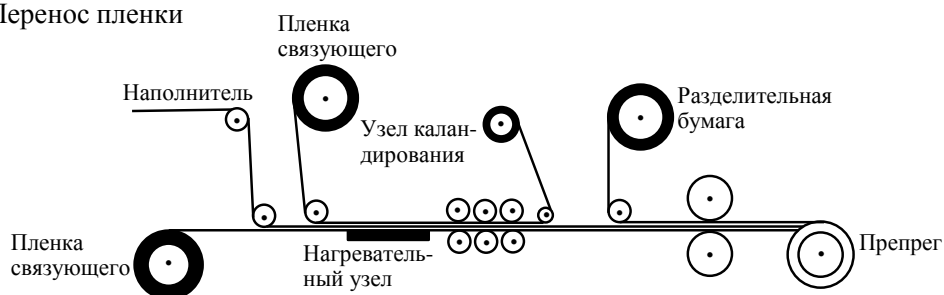


Рисунок 1. Общая условная схема, отображающая принцип пропитки расплавным связующим

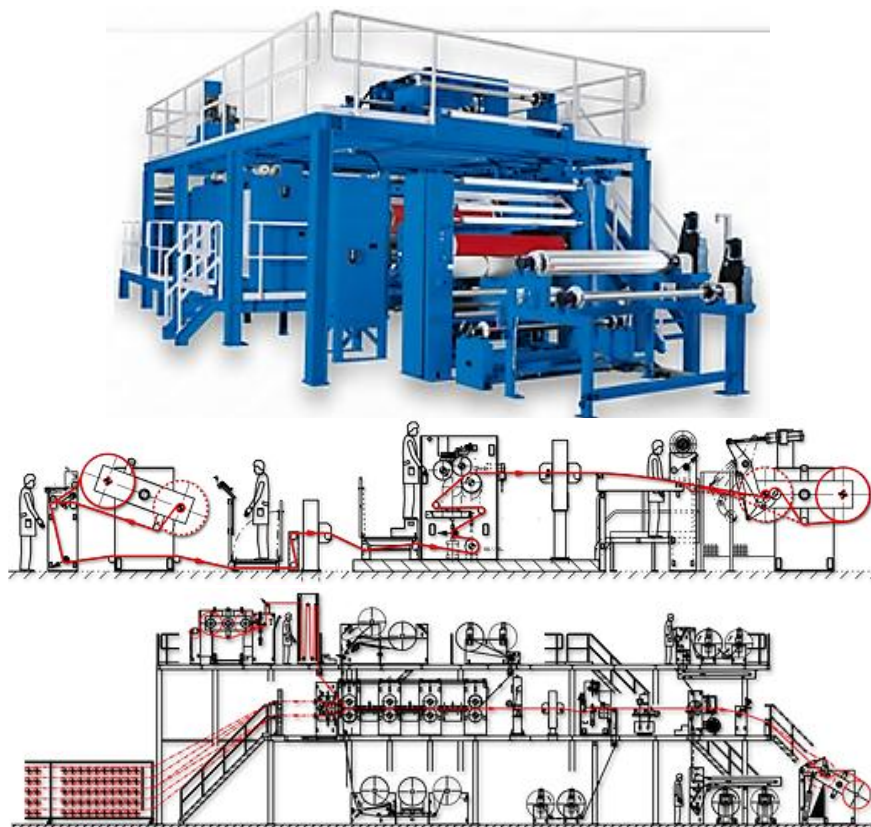


Рисунок 2. Общая схема пропитки по offline-режиму

Преимущество online-режима очевидно – процесс пропитки идет быстрее, нет потребности в хранении, транспортировке и съеме/установке катушек с пленкой связующего [6]. Недостатками этого процесса являются более высокая сложность настройки процесса изготовления препрега, сложность обслуживания и высокая стоимость такого оборудования.

Offline-режим проще по реализации, но занимает больше времени по сравнению с online-режимом. Offline-режим в основном применяют компании Cavitec и Century Design; общая схема режима представлена на рис. 2.

Помимо различия между online- и offline-процессами пропитки [7], существуют различия и в способе совмещения наполнителя с пленкой связующего. Традиционно для этих целей применяют метод последовательного каландрирования. Он заключается в том, что наполнитель и две подложки с нанесенной на них пленкой связующего подаются в узел каландров [8], состоящий, как правило, из 3–4 пар массивных металлических валов, зазор между которыми последовательно уменьшается, таким образом пленка связующего вдавливаются в наполнитель (рис. 3) [9].

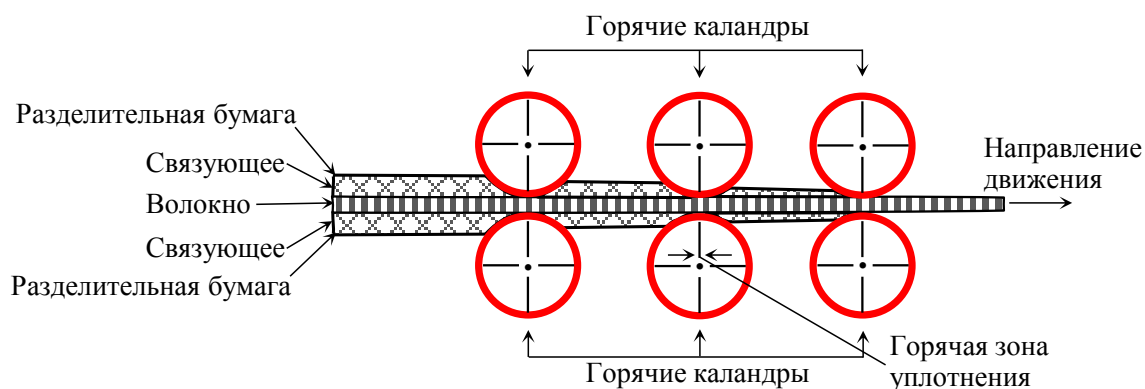


Рисунок 3. Метод последовательного каландрирования (уплотнения)

Однако для наполнителей на основе средне- и высокомодульных волокон – особенно в случае использования однонаправленных жгутовых наполнителей – применение каландрового метода совмещения пленки связующего с наполнителем не рекомендуется, так как это может повредить волокно и существенно снизить уровень физико-механических свойств пластика [10].

Для того чтобы не допустить повреждения наполнителя в процессе совмещения с пленкой связующего, разработан s-wrap метод совмещения [11]. Он заключается в том, что наполнитель и две подложки с нанесенной на них пленкой связующего подаются в специальное устройство, состоящее из массивных металлических валов, где, проходя через тракт машины с натяжением и огибая эти валы, пленка связующего вдавливаются в наполнитель (рис. 4) [12].

Пропиточное оборудование, предназначенное для получения препрегов по расплавной технологии, обладает целым рядом преимуществ по сравнению с растворными пропиточными машинами [13]: при работе с ними не используются вредные растворители, не требуется установка громоздких сушильных печей, при этом обеспечивается высокая точность объемно-весовых характеристик препрегов (отклонение по содержанию связующего при использовании расплавной технологии – до $\pm 1\%$ (по массе), при использовании растворной – до $\pm 6\%$ (по массе)).

Точность объемно-весовых характеристик препрегов при использовании расплавной технологии обеспечивается прецизионным исполнением валов наносящих устройств пропиточных машин (отклонение геометрических размеров валов составляет порядка ± 5 мкм) [14].

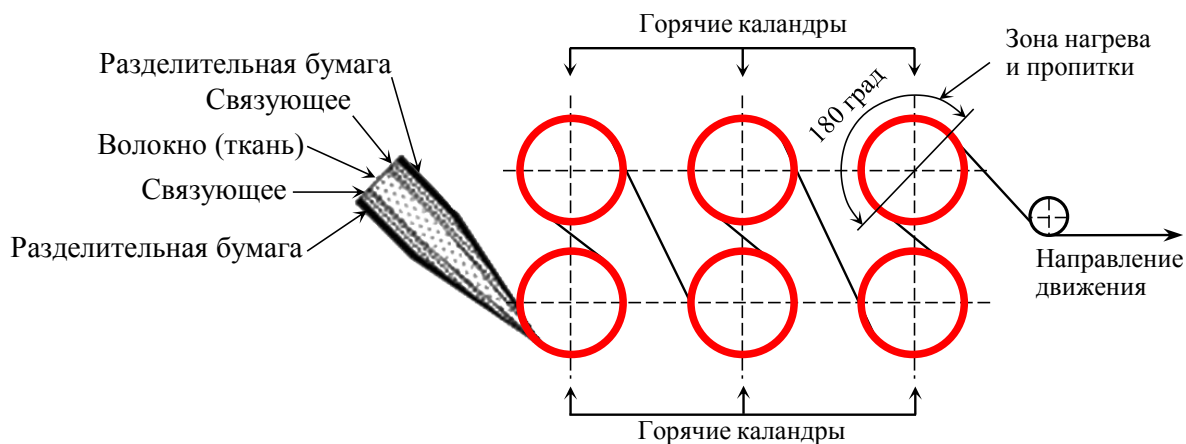


Рисунок 4. Схема s-угар метода совмещения связующего с наполнителем

Использование для нанесения связующего на подложку системы из двух вращающихся навстречу друг другу металлических валов, выставленных с определенным зазором, также увеличивает точность получаемого препрега по сравнению с системой нанесения, состоящей из металлического вала и ответного ракельного ножа (вязкость связующего довольно высокая: ~ 50 Па·с и более, поэтому нож испытывает более значительные деформации по сравнению с ответным валом; также равномерность прогрева у системы «вал–ракельный нож» хуже) [15].

Все это позволяет снизить коэффициент вариации объемно-весовых и прочностных характеристик ПКМ, повысить коэффициент реализации физико-механических характеристик ПКМ на величину до 20% и более, а также существенно снизить коэффициент запаса прочности при расчете конструкций из ПКМ [16].

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. Каблов Е.Н. Авиакосмическое материаловедение //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008. №3. С. 2–14.
3. Мухаметов Р.Р., Ахмадиева К.Р., Чурсова Л.В., Коган Д.И. Новые полимерные связующие для перспективных методов изготовления конструкционных волокнистых ПКМ //Авиационные материалы и технологии. 2011. №2. С. 38–42.
4. Соколов И.И., Раскутин А.Е. Углепластики и стеклопластики нового поколения //Труды ВИАМ. 2013. №4 (viam-works.ru).

5. Бабин А.Н. Связующие для полимерных композиционных материалов нового поколения //Труды ВИАМ. 2013. №4 (viam-works.ru).
6. Душин М.И., Хрульков А.В., Коган Д.И., Мухаметов Р.Р., Караваев Р.Ю. Углепластики, полученные методом инфузии расплава связующего //Композиты и наноструктуры. 2013. №2 (18). С. 42–50.
7. Zwehen C. Assessment of the Science Base for Composite Materials //Advanced Materials by Design. 2011. №3. P. 73–93.
8. Бейдер Э.Я., Петрова Г.Н., Изотова Т.Ф., Барботько С.Л. Стеклопластики на термопластичной матрице //Труды ВИАМ. 2013. №7. Ст. 03 (viam-works.ru).
9. 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.
10. McClain M., Goering J. Overview of Recent Developments in 3D Structures /ICCM-17, 3D Textiles & Composites. Edinburgh. 2009.
11. Григорьев М.М., Коган Д.И., Твердая О.Н., Панина Н.Н. Особенности изготовления ПКМ методом RFI //Труды ВИАМ. 2013. №4. Ст. 03 (viam-works.ru).
12. <http://cavitec-ch.site-preview.net/en/>, <http://www.centurydesign.com/>, <http://www.calitzler.com/>, <http://www.coatema.de/>, <http://www.mikrosam.com/>
13. Каблов Е.Н., Старцев О.В., Деев И.С., Никишин Е.Ф. Свойства полимерных композиционных материалов после воздействия открытого космоса на околоземных орбитах //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №10. С. 2–3.
14. Душин М.И., Хрульков А.В., Раскутин А.Е. К вопросу удаления излишков связующего при автоклавном формовании изделий из полимерных композиционных материалов //Труды ВИАМ. 2013. №1. Ст. 03 (viam-works.ru).
15. Душин М.И., Коган Д.И., Хрульков А.В., Гусев Ю.А. Причины образования пористости в изделиях из полимерных композиционных материалов //Композиты и наноструктуры. 2013. №3 (19). С. 60–71.
16. Душин М.И., Чурсова Л.В., Хрульков А.В., Коган Д.И. Особенности изготовления полимерных композиционных материалов методом вакуумной инфузии //Вопросы материаловедения. 2013. №3 (75). С. 33–40.

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] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №5. S. 7–17.
2. Kablov E.N. Aviakosmicheskoe materialovedenie [Aerospace Materials] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2008. №3. S. 2–14.
 3. Muhametov R.R., Ahmadijeva K.R., Chursova L.V., Kogan D.I. Novye polimernye svjazujushhie dlja perspektivnyh metodov izgotovlenija konstrukcionnyh voloknistyh PKM [New polymeric binders for advanced manufacturing techniques of structural fibrous RMB] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №2. S. 38–42.
 4. Sokolov I.I., Raskutin A.E. Ugleplastiki i stekloplastiki novogo pokolenija [Carbon and fiberglass new generation] //Trudy VIAM. 2013. №4 (viam-works.ru).
 5. Babin A.N. Svjazujushhie dlja polimernyh kompozicionnyh materialov novogo pokolenija [Binders for polymer composite materials of new generation] //Trudy VIAM. 2013. №4 (viam-works.ru).
 6. Dushin M.I., Hrul'kov A.V., Kogan D.I., Muhametov R.R., Karavaev R.Ju. Ugleplastiki, polu-chenye metodom infuzii rasplava svjazujushhego [Carbon composites, obtained by infusion melt binder] //Kompozity i nanostruktury. 2013. №2 (18). S. 42–50.
 7. Zwehen C. Assessment of the Science Base for Composite Materials //Advanced Materials by Design. 2011. №3. P. 73–93.
 8. Bejder Je.Ja., Petrova G.N., Izotova T.F., Barbot'ko S.L. Stekloplastiki na termoplastichnoj matrice [Glass-reinforced on thermoplastic matrix] //Trudy VIAM. 2013. №7. St. 03 (viam-works.ru).
 9. Muhametov R.R., Ahmadijeva K.R., Kim M.A., Babin A.N. Rasplavnnye svjazujushhie dlja perspektivnyh metodov izgotovlenija PKM novogo pokolenija [Melt binders promising methods of manufacturing a new generation of PCM] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №5. S. 260–265.
 10. McClain M., Goering J. Overview of Recent Developments in 3D Structures /ICCM-17, 3D Textiles & Composites. Edinburgh. 2009.
 11. Grigor'ev M.M., Kogan D.I., Tverdaja O.N., Panina N.N. Osobennosti izgotovlenija PKM metodom RFI [Features manufacturing method RMB RFI] //Trudy VIAM. 2013. №4. St. 03 (viam-works.ru).
 12. <http://cavitec-ch.site-preview.net/en/>, <http://www.centurydesign.com/>, <http://www.calitzler.com/>, <http://www.coatema.de/>, <http://www.mikrosam.com/>
 13. Kablov E.N., Starcev O.V., Deev I.S., Nikishin E.F. Svojtva polimernyh kompozicionnyh materialov posle vozdejstviya otkrytogo kosmosa na okolozemnyh orbitah

[Properties of polymeric composite materials after exposure to open space in earth orbit] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2012. №10. S. 2–3.

14. Dushin M.I., Hrul'kov A.V., Raskutin A.E. K voprosu udalenija izlishkov svjazujushhego pri avtoklavnom formovanii izdelij iz polimernyh kompozicionnyh materialov [On the question of removing excess binder in an autoclave molding products from polymeric composite materials] //Trudy VIAM. 2013. №1. St. 03 (viam-works.ru).
15. Dushin M.I., Kogan D.I., Hrul'kov A.V., Gusev Ju.A. Prichiny obrazovanija poristosti v izdelijah iz polimernyh kompozicionnyh materialov [Reasons for the formation of porosity in the products of polymeric composite materials] //Kompozity i nanostruktury. 2013. №3 (19). S. 60–71.
16. Dushin M.I., Chursova L.V., Hrul'kov A.V., Kogan D.I. Osobennosti izgotovlenija polimernyh kompozicionnyh materialov metodom vakuumnoj infuzii [Features manufacture of polymer composite materials using vacuum infusion] //Voprosy materialovedenija. 2013. №3 (75). S. 33–40.