

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛЕТЕНОЙ АРМАТУРЫ

Снижение массы конструкций авиакосмической техники является комплексной проблемой первостепенной важности, одним из путей решения которой является применение новых полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкциях агрегатов. Все более широкое применение ПКМ в агрегатах АКТ требует не только разработки новых материалов и технологий, но и сокращения трудоемкости производства агрегатов, автоматизации и роботизации технологических процессов, так как ручная выкладка занимает более 40% от общей трудоемкости изготовления композитных конструкций.

В настоящее время изготовление сложнопрофильных и интегральных конструкций из классических типов материалов все более затрудняется по причине сложности их раскроя и необходимости ручной выкладки в зонах сложных переходов и усилений. Эта тенденция подталкивает использовать нетрадиционные методы и подходы к изготовлению элементов конструкций из композитов. Одним из вариантов является использование плетеных заготовок (преформ), которые изготавливают на ткацких и оплеточных машинах (см. рис. 1). Плетеная арматура обладает высокой подвижностью нитей, которые могут укладываться на криволинейные поверхности без складок, формируя, таким образом, сложные поверхности.

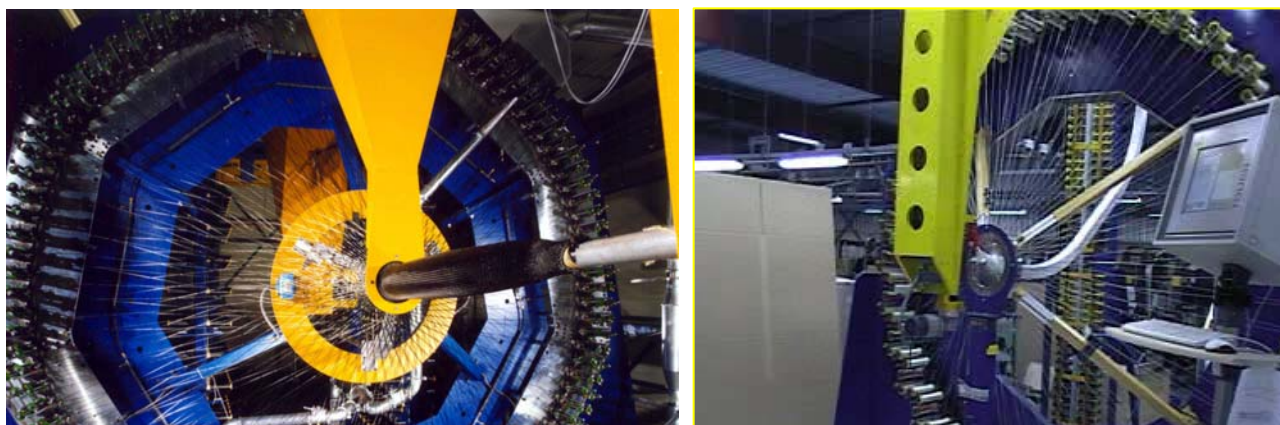


Рисунок 1 – Получение плетеной арматуры на оправке

По результатам анализа иностранной литературы [1] считается, что технологический процесс плетения может оказаться весьма перспективным при изготовлении преформ с возможностью получения заданного профиля. В ходе своего развития эта технология стала обре-

тать многие преимущества, такие, как сокращение цикла изготовления профильных деталей, снижение производственных расходов за счет механизации процесса и уменьшения доли ручного труда, возможность применения в серийном производстве. Однако вопросы изготовления конструкций с применением плетеной арматуры и технология ее использования являются нерешенными в полной мере в условиях отечественного производства.

Очевидно, что наиболее перспективной областью применения этого типа армирующего материала будут интегральные профильные и трубчатые монолитные конструкции по причине того, что за один технологический цикл формования можно получать готовые детали без применения дополнительных приспособлений для намотки или выкладки этого материала. Например, применение плетеных преформ в многослойных трубчатых конструкциях более чем оправдано, т.к. отсутствует необходимость в операции намотки, что позволяет значительно сократить трудоемкость производства.

Известно, что технология применения шнуровой арматуры или плетеных преформ отличается от классических методов и для реализации ее максимальной эффективности необходимо использование безавтоклавных методов формования, таких, как RTM, RFI методы или способ вакуумной инфузии. Суть первого метода (RTM) заключается в инъекции смолы под давлением в закрытую форму, в которой находится сухая заготовка. Во втором случае (RFI) вместо жидкой смолы используется пленочное связующее, которое под действием температуры расплавляется и пропитывает сухой наполнитель в процессе формования. Данные методы получили широкое распространение благодаря ряду особенностей и преимуществ:

- получение стабильных размеров изделий;
- получение деталей с высокими физико-механическими характеристиками;
- отсутствие контакта рабочего персонала с вредными парами связующих и др.

Основываясь на вышесказанном, было принято решение об изготовлении образцов элементов конструкций и опробования плетеной арматуры на реальных конструкциях в условиях существующего производства.

На первом этапе были изготовлены элементы шпангоута швеллерного сечения методом вакуумной инфузии и внутренний набор клиновидного трубчатого заполнителя крышки сопла мотогондолы с применением пленочного связующего по технологии RFI. Полученные натурные образцы показаны на рис. 2.



а



б

Рисунок 2 – Натурные образцы конструкций:  
а – элемент шпангоута, полученного методом вакуумной инфузии;  
б – клиновидный трубчатый наполнитель для крышки сопла  
мотогондолы

Визуальный и физико-химический контроль показал, что армирующий материал в конструкции шпангоута и клиновидного трубчатого наполнителя крышки сопла был пропитан удовлетворительно - содержание связующего в пластике - более 30%. Наблюдались равномерная монолитность и пропрессовка ПКМ. Для получения более высоких характеристик содержания связующего необходимо уменьшать вязкость смолы при пропитке плетеной арматуры методом вакуумной инфузии, т.к. высокая вязкость смолы не позволяет ей быстро проникать в плотную структуру армирующего наполнителя и равномерно распределяться по

всему пакету. Однако следует учитывать, что для каждой марки плетеной арматуры необходимо подбирать свою концентрацию (от этого зависит процент содержания растворителя) и вязкость связующего для получения качественной пропитки армирующего материала. В случае пропитки RFI методом необходимо учитывать плотность пленочного связующего и армирующего материала, укладывая слои пленки так, чтобы получить содержание связующего в пластике около 40%. В нашем случае плотность пленочного связующего составляла  $120 \text{ г/м}^2$ , а плотность плетеной арматуры на основе стеклянных волокон марки 144/41 составляла  $185 \text{ г/м.п.}$

В итоге можно сказать, что комбинация двух передовых технологических процессов – плетения заготовок и процессов безавтоклавного формования, дает неплохой результат. Появилась новая возможность создавать профильные конструкции из композитов для объектов АКТ, однако для этого необходимо провести ряд опытно-конструкторских и экспериментальных работ, направленных на отработку этой технологии, определения степени управляемости (контроля) технологического процесса на всех этапах производства. Ведь в настоящее время отечественному авиастроению предстоит решать многие задачи, направленные на освоение и внедрение новых технологических процессов, таких, как RTM, инфузионная пропитка под вакуумом, модернизация производства для достижения уровня ведущих компаний в части создания интегральных и силовых конструкций из композиционных материалов. Одним из таких процессов является изготовление композитных конструкций с применением плетеной арматуры в сочетании с безавтоклавными методами формования.

#### Список использованных источников

1. Resin Infusion With Braided Preform Concept for Aircraft Fuselage Frames. – SEICO 11 Paris – 32th International Conference, - Dr. Le Huong Nguyen, Dr. Konstantin Horejsi, Dr. Kristian Bartz, Dr. Johannes Noisternig, FACC AG 4910 Reid, Austria.

*Поступила в редакцию 01.02.2012.*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. Я.С. Карпов,  
Национальный аэрокосмический университет  
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.*