

Власенко Ф. С., к.т.н., Хлебников Н. В. | ООО «Композит-Изделия» | [www.ccvm.ru](http://www.ccvm.ru)  
Суменкова О. Д. к.т.н. | ООО «НЦК»

# Тестирование отечественных вспомогательных материалов для процессов вакуумной инфузии

Вопрос импортозамещения является актуальным практически во всех отраслях экономики, однако наиболее остро он стоит в высокотехнологичных сегментах ВПК и нефтегазовой отрасли. В связи с этим вопросы импортозамещения в отрасли производства полимерных композиционных материалов (далее ПКМ), применяемых как в гражданском сегменте экономики, так и в оборонной промышленности, безусловно, являются важными и требующими эффективного решения. Актуальным является не только замена основных материалов (термореактивные и термопластичные связующие, углеродные и стеклянные армирующие наполнители) импортного производства, но и расходных и вспомогательных материалов, применяющихся, например, в таких технологических процессах изготовления композиционных материалов как вакуумная инфузия и автоклавное формование. От технологичности и качества вспомогательных материалов во многом зависит эффективность технологических процессов и качество получаемых изделий. Также не стоит забывать о том, что расходы на различные вспомогательные материалы составляют до 10% от затрат на изготовление изделия.

Не секрет, что основными движущими факторами импортозамещения являются необходимость налаживания стабильных, независимых от отраслевых санкций ЕС и США, поставок сырья и материалов, а также снижение, значительно увеличившихся в связи с девальвацией курса национальной валюты, затрат на приобретаемые за рубежом сырьё и материалы.

ООО «Композит-Изделия», входящая в структуру «Холдинговой компании Композит», являясь успешным и благонадёжным поставщиком основных и вспомогательных материалов для изготовления изделий из ПКМ, понимающим необходимость реализации плана мероприятий по импортозамещению в отраслях гражданской и военной промышленности, представляет отечественные материалы для процессов вакуумной инфузии и автоклавного формования препрегов. Материалы выпускаются по отечественным ТУ, на наших предприятиях, а также предприятиях партнёров, имеют сертификаты соответствия, протоколы испытаний и положительные заключения от потребителей, все материалы проходят двойной контроль качества. Расходные и вспомогательные материалы нашей компании являются аналогами импортных материалов, выпускаемых в странах НАТО, и не уступают им по основным характеристикам и качеству.

С целью технологического опробования и оценки возможности замены импортных аналогов ООО Композит-Изделия совместно с ООО «НЦК» были проведены испытания отечественных вспомогательных и расходных материалов, производства ООО «Композит-Изделия».

В качестве партнёра для проведения технологического опробования была привлечена лаборатория ООО «НЦК», имеющая: Аттестат аккредитации испытательной лаборатории, Сертификат ISO 9001-2011, Аттестат «АР МАК», «Свидетельство о признании испытательной лаборатории» Российским морским регистром судоходства, «Аттестат признания компетентности испытательной лаборатории» Наносертифика. Кадровый потенциал и оснащённость современным испытательным оборудованием, позволяет лаборатории осуществлять входной контроль сырья и материалов, контроль качества изделий из ПКМ, широкий спектр испытаний ПКМ, в том числе испытания на прочностные характеристики и модуль упругости при растяжении, по ГОСТ 25.601, ASTM D 3039 (в том числе при повышенных температурах до 200°C); прочностные характеристики при сжатии по: ГОСТ 25.602, ASTM D 3410 метод B, Boeing/ASTM D695/ASTM D 3846, ASTM D 6641, ASTM D 6484, EN 2850; прочностные характеристики при изгибе (в т.ч. при повышенных температурах до 200°C) по ГОСТ 25.604, ASTM D 790, D2344, D7264; межслойевой сдвиг ASTM D 2344, D790, D 7264 и сдвиг в плоскости листа ASTM D5379.

Для проведения технологического опробования были использованы следующие основные материалы: ткань углеродная саржевого плетения 2/2 ЗК-1200-200 арт. Ст-92038 ТУ 1916-019-61664530-2013; стеклоткань-рогожа 1250-290 арт. Ст-62004 ТУ 1916-037-61664530-2013; связующее эпоксидное Linquid Fast; связующее винилэфирное DISTITRON VE EF 220SC.

Проводилось технологическое опробование следующих вспомогательных и расходных материалов производства ООО «Композит-Изделия»: плёнка вакуумная «Вакплен» ТУ 2245-001-30189225-2015 толщиной 50 мкм; плёнка разделительная «Полиплан» ТУ 2245-007-30189225-2015; жгут герметизирующий «Контур-120» ТУ 2513-006-30189225-2015; сетка распределительная экструдированная «ПРО-СЕТ» ТУ 2291-004-30189225-2015; ткань разделительная «Р-ТЕКС» Р85ПА ТУ 8388-010-30189225-2015; трубка проводящая ТП-90 8x10 мм, ТУ 2291-002-30189225-2015 (1); трубка спиральная ТС-90 10x12 мм, ТУ 2291-003-30189225-2015 (1).

С целью проведения технологического опробования вспомогательных и расходных материалов, проводилось изготовление образцов углепластика и стеклопластика при помощи технологии вакуумной инфузии, с применением связующих холодного отверждения.

## Изготовление Стеклопластика

На плоской, заранее подготовленной оснастке (стекло толщиной 6мм, обработанное разделительным составом Loctite Frekote 770NC), был собран технологический пакет для изготовления стеклопластика методом вакуумной инфузии с применением в качестве основных материалов стеклоткани арт. Ст-62004 и винилэфирного связующего DISTITRON VE EF 220SC. По периметру оснастки наклеивали жгут герметизирующий «Контур-120», затем укладывали сухой армирующий наполнитель (стеклоткань) в количестве 10 слоёв, схема армирования [0,90]. Разделительную (жертвенную) ткань «Р-Текс» Р85-ПА укладывали поверх армирующего наполнителя, с припуском с двух сторон. Затем проводилась укладка разделительной перфорированной плёнки «Полиплан-120», тип перфорации П16, и распределительной экструдированной сетки «ПРО-СЕТ-120». С помощью трубки спиральной ТС-90 10x12 мм, и трубки проводящей ТП-90 8x10мм собрали и закрепили вакуумную линию и линию подачи (Рисунок 1). Заранее подготовленный отрез вакуумной пленки «Вакплен» наклеивали на ранее

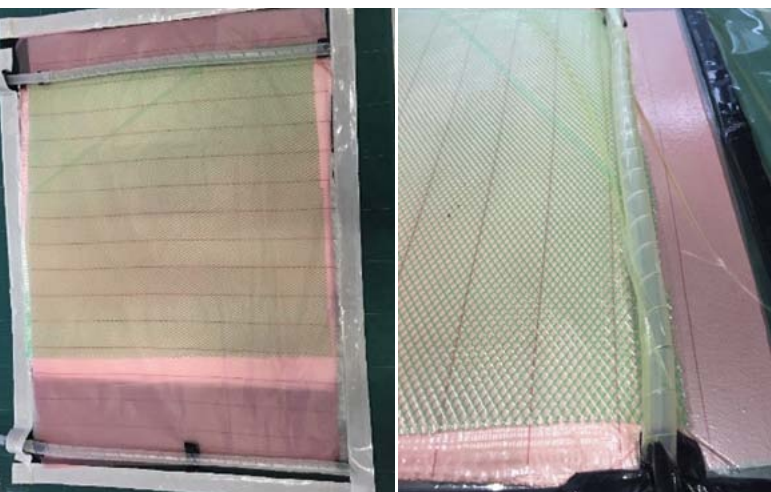


Рисунок 1. Организация вакуумной линии и линии подачи связующего, вакуумирование пакета.

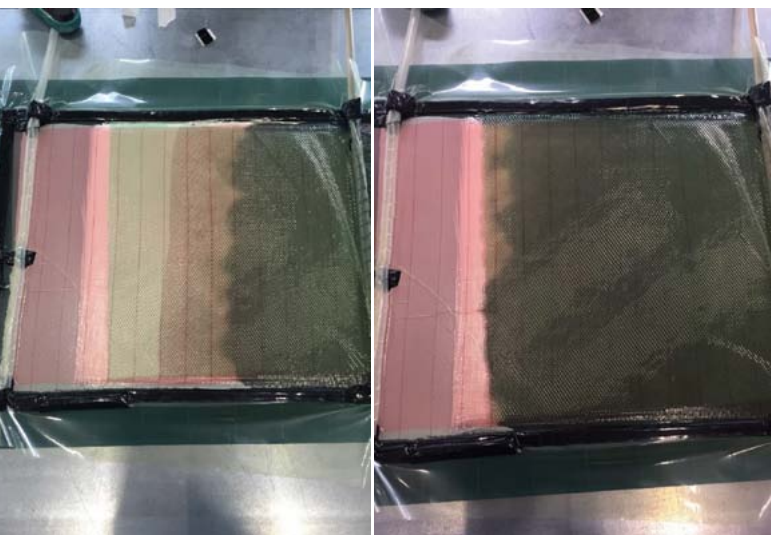


Рисунок 2. Пропитка пакета винилэфирным связующим.

наклеенный герметизирующий жгут для создания герметичного технологического вакуумного пакета. Герметичность пакета контролировали при помощи вакуумметра, также было проведено обследование пакета при помощи ультразвукового течеискателя. Повреждений пакета и негерметичных соединений обнаружено не было.

На рисунке 2 представлен процесс пропитки. Применяемые вакуумная плёнка и герметизирующий жгут в процессе пропитки обеспечивали герметичность вакуумного технологического пакета. Проводящие и спиральные трубки обеспечивали эффективное создание вакуума и подачу связующего. Все применяемые расходные и вспомогательные материалы продемонстрировали штатное выполнение своих функций. После окончания пропитки технологический пакет был оставлен при комнатной температуре на 24 часа для отверждения связующего (температура в помещении  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $45 \pm 5\%$ ).

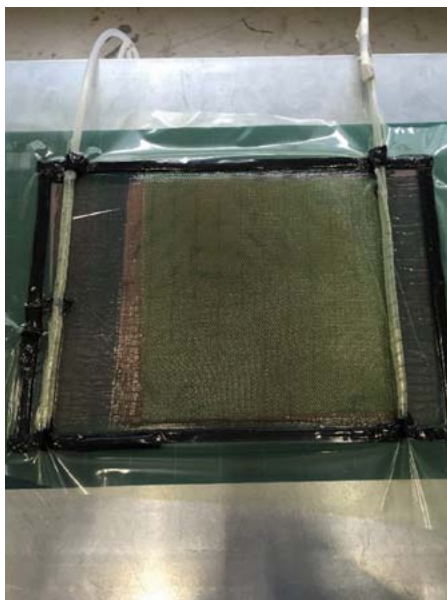
По истечению 24 часов отмечено сохранение герметичности вакуумного пакета, полная пропитка пакета сухого армирующего наполнителя, отверждение стеклопластика до уровня, позволяющего разобрать технологический пакет и снять стеклопластик с оснастки (Рисунок 3). В ходе разборки пакета отмечено, что применявшаяся разделительная перфорированная плёнка «Полиплан-120» и разделительная (жертвенная) ткань «Р-Текс» Р85ПА обеспечивают качественное разделение слоёв технологического пакета и снятие их с ламината (стеклопластика). Из рисунков 4-5 видно, что слои сетки, разделительной плёнки и разделительной (жертвенной) ткани сняты с ламината практически без повреждений, что свидетельствует о хороших разделительных свойствах материалов и необходимом уровне прочностных характеристик. Герметизирующий жгут «Контур-120» был удалён с оснастки целиком, что облегчает процесс чистки и подготовки оснастки к следующей формовке. Полученный стеклопластик не имеет непропитанных областей, повреждений поверхности и иных дефектов, вызванных применением некачественных расходных и вспомогательных материалов или нарушением функциональности данных материалов.

## Изготовление Углепластика

Сборка технологического вакуумного пакета проводилась аналогично сборке технологического вакуумного пакета для формования стеклопластика, но без применения разделительной перфорированной плёнки. В качестве армирующего наполнителя использовали углеродную ткань в количестве 10 слоёв, схема армирования [0,90].

После вакуумирования технологического пакета, в течение 20 минут проводили пропитку пакета сухого армирующего наполнителя методом вакуумной инфузии эпоксидным связующим холодного отверждения Linquid Fast. На рисунке 6 представлен процесс пропитки.

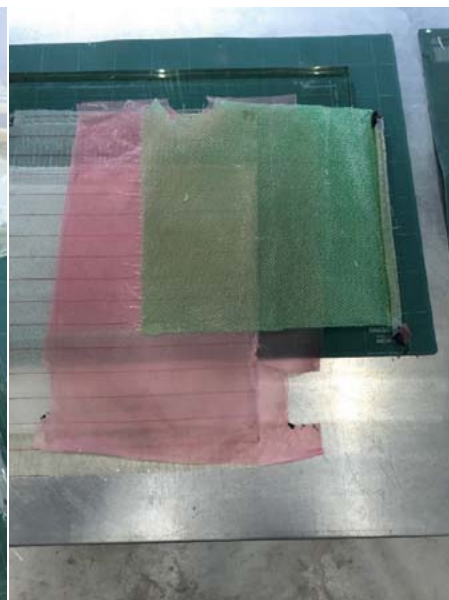
Как и при формовке стеклопластика, все при-



**Рисунок 3.** Вакуумный технологический пакет после пропитки и отверждения в течение 24 часов.



**Рисунок 4.** Удаление вспомогательных и расходных материалов с ламината и оснастки.

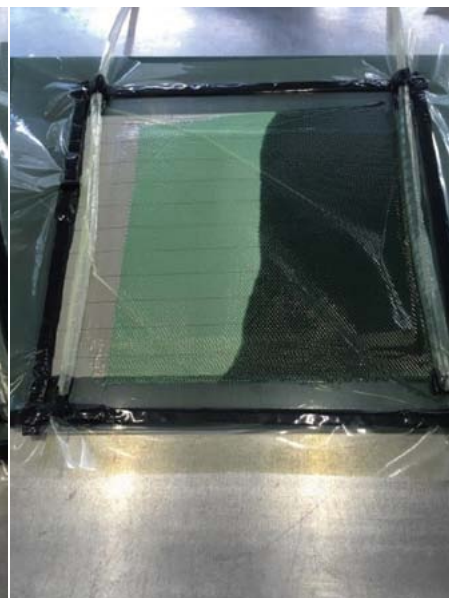
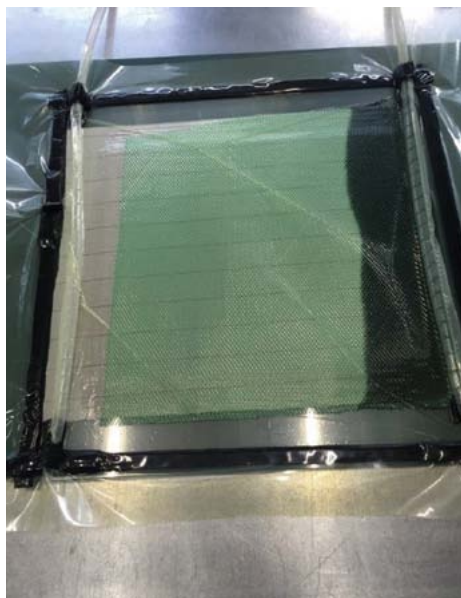


**Рисунок 5.** Разделительная (жертвенная) ткань, разделительная перфорированная плёнка, распределительная сетка, снятые с ламината.

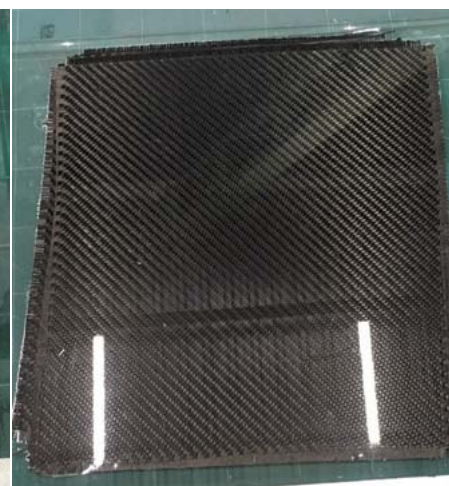
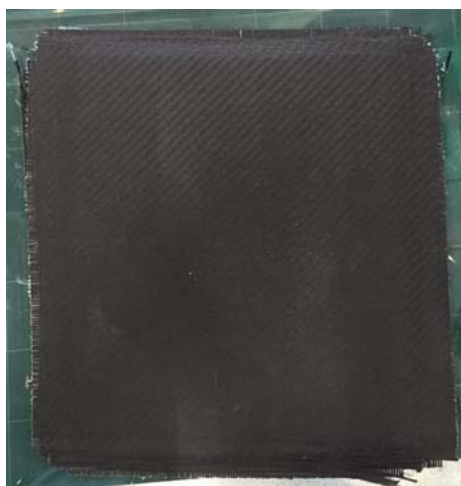
меняемые расходные и вспомогательные материалы продемонстрировали штатное выполнение своих функций в процессе пропитки. При вскрытии и разборке технологического пакета отмечено, что снятие разделительной (жертвенной) ткани с поверхности углепластика происходит с несколько большим усилием, чем с поверхности стеклопластика, что, по-видимому, объясняется большей прочностью и лучшей адгезией эпоксидного связующего по сравнению с винилэфирным. Полученный углепластик (Рисунок 7) не имеет непропитанных областей, повреждений поверхности и иных дефектов, вызванных применением некачественных расходных и вспомогательных материалов или нарушением функциональности данных материалов.

В ходе технологических испытаний была подтверждена хорошая технологичность вспомогательных и расходных материалов производства ООО «Композит-Изделия» при формовании стеклопластиков и углепластиков, а материалы, прошедшие испытания, могут быть рекомендованы для использования при изготовлении стеклопластиковых и углепластиковых изделий методом вакуумной инфузии с применением эпоксидных и винилэфирных связующих холодного отверждения. **КМ**

Более подробную информацию о представленных в статье материалах Вы можете получить посетив наш сайт: [www.ccvm.ru](http://www.ccvm.ru) или у наших специалистов по телефону: +7 (499) 404-10-48 и электронной почте: [info@ccvm.ru](mailto:info@ccvm.ru)



**Рисунок 6.** Пропитка пакета сухого армирующего наполнителя методом вакуумной инфузии.



**Рисунок 7.** Образец углепластика, полученного методом вакуумной инфузии.