

Трещалин М.Ю.,
д-р техн. наук, проф.
Трещалин Ю.М.,
инженер

Московский государствен-
ный технологический
университет
«СТАНКИН», Россия

Участники конференции,
Национального первенства
по научной аналитике

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАПИЛЛЯРНОЙ ПРОПИТКИ НЕТКАНОЙ ОСНОВЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье рассматривается возможность изготовления композиционных материалов на основе нетканых полотен. Приводятся данные по соотношению волокнистого состава и связующего. Изложены результаты экспериментальных исследований процесса капиллярной пропитки нетканой основы.

Ключевые слова: композиционный материал, нетканое полотно, пропитка, связующее, полимеризация, капиллярный подъем.

The possibility of manufacturing of composite materials on the basis of non-woven fabrics. The data on the ratio of fiber composition and binder. The results of experimental studies of the process of capillary impregnation nonwoven basis.

Keywords: composite material, non woven, impregnated, middleware, polymerization, the capillary rise.

Многообразие слоистых композиционных материалов определяется большим выбором дублируемых компонентов, а также широкими возможностями регулирования условий их соединения, что позволяет создавать композиты с комплексом свойств, не только отражающих исходные характеристики компонентов, но и удовлетворяющих условиям перспективной эксплуатации.

Расширение областей применения элементов конструкций из композитов способствует появлению новых возможностей использования текстильных армирующих каркасов, что обусловлено высокой степенью взаимодействия волокон между собой и способностью основы по завершению процесса полимеризации связующего, принимать форму изделия с размерами, соответствующими проектным (расчетным) значениям. Кроме того, волокнистый каркас позволяет значительно улучшить прочностные свойства композитов: увеличивается сопротивление сдвигу и поперечному отрыву, повышается долговечность эксплуатации изделия.

Однако применение композитов в различных отраслях промышленности и строительства обуславливает вполне определенные требования к физико-механическим параметрам, при соблюдении которых наиболее эффективно их внедрение для конкретного использования. Вследствие того, что при одинаковом перспективном назначении режимы эксплуатации изделий из композиционных материалов могут быть различны, необходимо на стадии проектирования волокнистой основы композита подобрать

оптимальное сочетание количества и вида волокон, способов изготовления и геометрических характеристик изделий для обеспечения наилучших эксплуатационных показателей при минимальных затратах на его изготовление.

Как и любой материал, волокнистая система характеризуется взаимодействием (взаимозацеплением) волокон и плотностью их расположения в произвольно взятом макрообъеме. К специфическим особенностям таких материалов относятся: непрерывность и различная ориентация структурных элементов в пространстве.

Волокнистые (текстильные) композиты являются комбинацией полимерного связующего и основы, представляющей собой систему волокон или нитей. Причем степень взаимодействия элементов армирующего каркаса между собой определяются:

- способами изготовления (ткань, трикотаж, нетканый материал, плетеные изделия);
- направлением расположения, геометрическими размерами и особенностью комплексов структурных элементов (волокон и мононитей);
- плотностью (пористостью) волокнистого холста.

Структурная целостность и технологичность изготовления волокнистого каркаса – основные показатели для организации массового автоматизированного производства композитов.

Выбор способа производства основы и используемое сырье часто определяют не только физико-механические свойства композиционного материала, но и до-

ступность и себестоимость изделий. Учитывая достаточно экономичную технологию выработки с точки зрения, как исходного волокнистого состава, так и условий работы оборудования, представляется целесообразным использовать нетканую основу для изготовления композиционных материалов.

Нетканые полотна относятся к наиболее быстро и динамично развивающейся ассортиментной группе текстильной продукции. К основным преимуществам таких изделий следует отнести высокие прочностные характеристики и возможность использования самого разнообразного волокнистого состава для их изготовления. Выработка нетканых полотен, в основном, осуществляется из полимерных волокон, благодаря оптимальному сочетанию свойств таких волокон, их стойкости к внешним воздействиям и стоимости (85% используемого сырья – полиэфиры и полипропилены).

Изготовление композитов в настоящее время основывается на выборе компонентов таким образом, чтобы физико-механические характеристики основы превосходили аналогичные показатели полимерной матрицы. Такое соотношение имеет место при производстве углепластиков и материалов на базе стекловолоконитов. Однако, стоимость этих изделий достаточно высока, потому их применение, например, в строительстве или жилищно-коммунальном и бытовом хозяйстве, не всегда экономически оправдано.

Композиционный материал и, как следствие, его волокнистая основа, достаточно часто должны обладать изо-

Таблица 1

Нагрузка ППЛ-5 об/мин.	Расход топлива (т/ч)	Коэф. избытка воздуха	Расход воздуха м ³ /час	CO	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂
150	0,5	0,3	650	6,9	6,3	11,7	16,1	0,0	55,5
300	1	0,25	1050	7,4	7	10,5	19	0,0	54,3
600	2	0,15	1300	5,5	10,1	11,1	23,1	0,3	49,2
900	3	0,1	1300	3,4	13,1	11,2	27,5	0,4	43,1
1200	4	0,08	1300	2,4	16,5	12,4	28,1	0,5	39,8
1500	5	0,06	1300	1,7	18,5	12,6	29,1	0,6	37,3

тропными свойствами. Для многих областей применения композитов изотропность (определяет эксплуатационные свойства) и пористость или плотность (определяет интенсивность процесса пропитки) – это важнейшие характеристики армирующих каркасов. В связи с этим следует отдать предпочтение иглопробивным полотнам, так как их можно изготавливать с очень близкими по величине прочностными показателями во всех направлениях приложения нагрузок, что, в частности, существенно уменьшает возможность расслоения композита. При этом выполняются необходимые функциональные требования, предусматривающие определенное соотношение между механическими и термическими свойствами армирующих волокон и связующего:

- прочность и модуль упругости при растяжении волокон должен быть больше чем связующего. В качестве примера ниже, в табл. 1, приведены сравнительные прочностные характеристики полиэфирных и полипропиленовых волокон, а также смолы POLYLITE 516-M855, широко используемой в качестве связующего [1,2].
- термические характеристики волокон (температуры плавления или разложения) должны быть выше температуры связующего при его полимеризации.

Одной из основных технологических операций, связанных с производством композиционных материалов, является пропитка армирующей структуры полимерным связующим. Особенно важен этот аспект при использовании в качестве основы композитов готовых волокнистых полотен или изделий, к которым, в первую очередь, следует отнести нетканые полотна и плетеные каркасы, имеющие заданную потребителем форму.

Проблема пропитки заключается в

полном насыщении капиллярно-пористого пространства волокнистого каркаса специальными эпоксидными или фенолоформальдегидными смолами, разбавляемыми ацетоном, спиртом и другими растворителями. Учитывая, что при поступлении в пропиточный агрегат в порах основы находится воздух, задача сводится к максимально возможному его удалению в момент контакта со связующим.

Способ решения поставленной задачи во многом определяется технологическим процессом изготовления композита и последующего назначения изделия. Следует отметить, что независимо от способа, строго контролируются вязкость и количество наносимой смолы, сила натяжения полотна, температура и продолжительность сушки, количество летучих веществ и другие параметры.

Для достижения высоких прочностных свойств композитов, возможно производить пропитку нетканой основы следующими методами:

- протягиванием через ванну со связующим;
- окунанием волокнистого материала;
- просасыванием связующего через слой волокнистого материала под действием разности давлений;
- методом капиллярного насыщения;
- комбинированными методами.

С точки зрения технологического упрощения, снижения трудоемкости и энергетических затрат процесса пропитки, наиболее предпочтительным представляется метод капиллярного подъема. При этом расход связующего и интенсивность пропитки будут зависеть от пористости нетканой основы, способа ее изготовления и темпов впитывания связующего. Однако, учитывая ограниченное время, на протяжении которого связующее находится в жидком состоянии (до начала

полимеризации), целесообразно провести экспериментальное изучение процесса капиллярной пропитки.

Как показали исследования [3] высота и скорость капиллярного подъема возрастают с увеличением поверхностной (объемной) плотности полотен. Кроме того, капиллярность как по длине, так и по ширине образцов имеет приблизительно одинаковые значения. Учитывая то, что на протяжении первых 10 - 12 мин. смачивающая образец жидкость поднималась на высоту 60-80 мм в зависимости от поверхностной плотности нетканого полотна, т.е. время, когда связующее еще находится в жидком состоянии, проведены исследования образцов № 1, 2, 3, 4 (табл. 2), изготовленные разными способами и имеющие различные показатели.

Эксперимент проводился следующим образом. В форму, проложенную полиэтиленовой пленкой, наливалось жидкое связующее, на которое сверху, без какой либо нагрузки, укладывался образец нетканой основы и фиксировался начальный момент времени. Далее контролировалось количество и вязкость связующего, а также заполнение порового пространства образца за счет капиллярного подъема.

В результате проведения исследований установлено, что все испытываемые образцы в течение 6 – 8 минут полностью впитывают в себя связующее до начала его полимеризации, в количестве, равном объему порового пространства основы, за счет капиллярного подъема. При этом структура нетканого полотна не претерпевала никаких изменений. Однако наблюдается неравномерность количества связующего по толщине образца: в нижней части образуется отвердевшая подложка, а на внешней (верхней) поверхности над слоем матрицы выступают кончики волокон.

Таблица 1

Номер образца	Состав сырья и способ формирования холста	Толщина, при удельном давлении 2,0 кПа, мм.	Поверхностная плотность, г/м ²	Пористость, %	Максимальный диаметр пор, мкм
1	ПП - 100 %, спанбонд иглопробивной термостаб.	2,30	437,4	79,1	107
2	ПП - 100 %, спанбонд иглопробивной термостаб.	2,50	469,7	79,3	94
3	Штапельное, ПЭ (20 %) + ПП (80 %), суровое, иглопробивное, «Геоком Д», «Комитекс»	6,72	780,1	88,7	40
4	Штапельное, ПЭ(20%) + ПП(80%), иглопробивное	6,77	868,2	87,5	45

Отдельного внимания заслуживает образец № 3, который пропитался приблизительно на 50 % по толщине в связи с недостатком связующего по отношению к пористости образца. Не пропитанная верхняя часть основы твердая, что объясняется более высокой скоростью подъема по капиллярам, имеющим наименьшие размеры.

При изучении торцевых срезов под микроскопом в структуре образцов не обнаружены пузырьки воздуха, что указывает достаточно высокое качество пропитки методом капиллярного подъема. Следует, также, отметить отсутствие воздушных включений, трещин, изломов на гра-

нице раздела волокно-связующее. Это позволяет судить о хорошем взаимодействии отвержденной матрицы и синтетических структурных элементов нетканой основы.

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод о нецелесообразности использования метода капиллярного подъема связующего при пропитке основы без дополнительного уплотняющего устройства, например, валика, для отжима излишков связующего и удаления воздуха из пор волокнистого материала. Кроме того, существует необходимость в наличии прижимной крышки сверху, т.к. поверхности полученных изделий не-

сколько искривлены, что недопустимо при изготовлении облицовочных пластин или панелей из композитов.

Литература:

1. Композиционные материалы на основе бутадиен-стирольных каучуков. Химические волокна. <http://www.rae.ru/monographs/34-887>
2. <http://ruspol.spb.ru/516m855.htm>. POLYLITE 516-M855
3. Трещалин М.Ю., Мандрон В.С., Мухамеджанов Г.К. Исследование процесса капиллярного подъема жидкости в нетканых материалах. - Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 4С, с. 24 – 26.

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS

International Scientific Congress – multisectoral scientific-analytical forum for professional scientists and practitioners



Main goals of the IASHE scientific Congresses:

- Promotion of development of international scientific communications and cooperation of scientists from different countries
- Promotion of scientific progress through the discussion, comprehensive and collateral overcoming of urgent problems of modern science by scientists from different countries
- Active distribution of advanced ideas in various fields of science

For additional information please contact us:

www: <http://gisap.eu>

e-mail: congress@gisap.eu