

УДК 62-486

О.И. Вольнов, Д.О. Дудукин

СТЕКЛОПЛАСТИК. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексеева

Стеклопластик представляет собой неоднородный сплошной материал, имеющий уникальные характеристики, которые обеспечивают его применение в самых различных отраслях: от бытовой техники и сельского хозяйства до авиационного и космического производства. В данной статье рассмотрены: технология производства и формообразование изделий из стеклопластика, ключевые этапы внедрения их в промышленность и современное применение.

Ключевые слова: волокна, минеральная вата, намотка, напыление, инъекция, пултрузия, ручное формование.

История возникновения

Первыми цивилизациями, которые изготовили стекло, были древние финикийцы и египтяне. И те, и другие могли расщеплять стекло в волокна. Однако они использовали очень малое количество этих волокон, и их качество было весьма грубым. Они использовали их для декораций и не подозревали о скрытом потенциале волокон стекла.

В средневековой Венеции ремесленники стали использовать тонкие нити из стекла для украшения своих изделий. Было замечено, что стеклянные нити, в отличие от хрупкого кускового стекла, обладают парадоксальным свойством: чем они тоньше, тем более гибкими они становятся. По мере того, как нити становились все тоньше и тоньше, возрастала их гибкость, но все же они оставались все еще достаточно толстыми и ломались при сильном изгибе.

С приходом индустриальной революции стеклянные нити стали использовать не только при изготовлении украшений. В 1836 г. француз Дабю-Боннель получил первый в мире патент на способ получения нитей.

В 1870 году человек по имени Джон Плэер разработал метод массового производства стеклянного волокна с использованием сильной подачи струи пара и изобрёл то, что называется минеральной ватой. Этот материал использовался в качестве эффективной изоляции. В 1872 году институт Франклина в Филадельфии сообщил, что инженер К. Селлерс изготовил «минеральный хлопок», продувая струю пара через жидкое стекло. В результате была получена белая мягкая масса, пригодная для изоляции паровых котлов и трубопроводов. В 1880 году Герман Хаммесфох получил патент на стекловолокнистую ткань с шелковыми вплетениями. Такая ткань была прочной и огнестойкой.

Помимо изготовления материала, стеклянные волокна могли бы с успехом использоваться для многих других целей, но этому препятствовали две проблемы: было достаточно трудно изготавливать их настолько тонкими, чтобы они обладали хорошей гибкостью. Вторая проблема заключалась в отсутствии промышленного способа производства.

Первое стекловолокно, используемое в настоящее время, было получено молодым исследователем Дэйлом Клейстом из компании Corning Glass, который пытался соединить два стеклянных блока, чтобы сделать воздухонепроницаемый затвор. Внезапно струя сжатого воздуха ударила в поток расплавленного стекла и создала фонтан стеклянных волокон, показав Дэйлу простой метод изготовления стекловолокна. Молодой ученый решил применить пистолет для распыления металла, который используется для расплавления бронзы для ее напыления на детскую обувь. Он заполнил пистолет вместо бронзы расплавленным стеклом

и обнаружил, что пистолет выпускает сноп тончайших нитевидных стеклянных волокон. Специалисты сразу же поняли, что данный эффект может быть использован в производстве стеклянной шерсти для теплоизоляции и в других технологических процессах.

В 1935 году Corning Glass совместно с Owens-Illinois, другой экспериментирующей со стекловолокном компанией, продолжали работать над развитием технологии. В 1936 году они запатентовали продукт Fiberglas, только с одной буквой «s», а в 1938 году обе компании слились в одну под названием Owens-Corning, которая существует и по сей день. В конце 30-х и начале 40-х годов прошлого века они разработали идею свёртывания волокон в ткань в качестве материала. В 1941 году проводились успешные эксперименты с горячей очисткой и обработкой стекловолоконной ткани. Термообработка сделала ткань более гибкой и стала ключевым звеном в укреплении слоистых пластиков.

Первые теоретические разработки советских ученых по структуре стекла были начаты в начале 1930-х годов, а по стеклянной вате в 1938-1939 гг.

До Великой Отечественной войны стеклянное волокно применялось для теплоизоляционных целей и производилось по «старонемецкому способу», путём вытягивания нитей из размягчённых стеклянных штабиков. В конце 30-х на заводе в Биллимбаево начали производство минеральной ваты, которую изготавливали под давлением 10-12 атм при нагреве 250-280° (по Цельсию). На Зестафонском заводе в Тбилиси вату производили путём распыления струи сжатого воздуха в 6-8 атм.

В это время в СССР рассматривали применение стеклоткани в качестве оболочек для дирижаблей. В 1937 году в Государственном институте стекла была лаборатория по работе со стекловолокном, и молодые учёные (Аслоанова, Иоффе, Черняк) занялись исследованием этого материала. В 1941 году был разработан новый состав стекла, а также и новое производственное оборудование для его получения. За счёт этого в скором времени в Гусь-Хрустальном открыли первый завод по производству стекловолокна.

Технологии производства и методы формообразования деталей

Основные затраты при производстве изделий из стеклопластика приходятся на технологическое оборудование и рабочую силу, затраты на которую велики за счет трудоёмкости и больших временных затрат на производство.

Базовый производственный процесс, применяющийся до настоящего времени, начинается со стеклянных шариков, являющихся сырьем для получения волокна. Использование шариков преследует две цели: шарики легко подавать в расплав с контролируемой скоростью, что облегчает поддержание температуры расплава на заданном уровне, и, второе, в прозрачных шариках легко обнаруживаются примеси.

Стекло расплавляют в электрических печах и выдавливают через перфорированную металлическую пластину, называемую питательной фильерой, или бушингом. Фильеру изготавливают из платины, платинородиевых сплавов или других редких материалов, поскольку расплавленное стекло обладает очень сильным размывающим действием, которому не способны противостоять большинство металлов. Платина, имеющая достаточно высокую температуру плавления (1760 °С), позволяет нагревать стекло, размягчающееся в интервале 980–2100 °С до состояния текучести.

Для формирования непрерывных нитей расплавленное стекло после прохождения через мелкие отверстия фильеры подается на наматывающую машину, на которой нити растягиваются и уменьшаются в диаметре до 0,7–4,5 мкм. Сотни параллельных волосков собираются в большом стальном барабане, где они соединяются в тонкую нераскручивающуюся нить, наматываемую на бобины. С этого момента она может быть использована в традиционных процессах текстильного производства.

Р. Слейтерс и его коллектив установили, что стекловолокно, помещенное в различные твердеющие смолы, способно формировать легкий прочный и упругий материал, хорошо поддающийся формованию, способный заменить фанеру и листовой металл.

В настоящее время существует ряд технологий, позволяющих получать необходимую форму стекловолокна.

Метод ручного формирования - представляет собой послойное укладывание в форму или на форму армирующего материала (например, это может быть стеклоткань или стекломат) с одновременным пропитыванием каждого слоя смолой. Пропитка армирующего материала смолой осуществляется в данном случае с помощью кисти или валика. После пропитки осуществляют дополнительную укатку для устранения пузырьков воздуха и равномерного распределения смолы. При этом очень важно осуществить тщательное устранение воздуха, поскольку впоследствии такие места могут очень мягкими и продавиться. В таком случае потребуется восстановление или даже замена детали. После формирования изделие высыхает, а затем извлекается из формы, подвергается последующей обработке.

Метод напыления использует специальный распылительный пистолет, в который подаётся стеклонить. Она рубится специальным пистолетным ножом на отрезки определенной длины. Эти отрезки смешиваются со струёй катализированной смолы в воздухе и так наносятся на форму. Как и в случае с методом ручной формовки, после процесса требуется произвести укатку с целью удаления воздушных прослоек. Далее материал оставляют при обычной комнатной температуре для отвердевания.

Метод намотки - армирующие волокна пропускаются через ванну с активированной смолой. После смоляной пропитки они наматываются на вращающийся сердечник до получения нужной толщины. При этом можно координировать угол намотки путем изменения движения подающей волокна тележки. Углы подачи можно изменять при изготовлении одного изделия и таким образом задавать ему определённые конечные характеристики.

Метод инъекции - предварительно раскраивают стекловолокнятый армирующий материал (стеклоткань или стекломат). Его выкладывают на матрицу и прижимают пуансоном, после чего под определённым давлением впрыскивается смола. После окончательной пропитки инъекцию (впрыскивание смолы) останавливают и в таком виде оставляют материал до полного высыхания, после чего уже извлекают из матрицы и придают дальнейшей обработке (если таковая требуется). Данный метод ещё также называют RTM - ResinTransferMoulding.

Метод прессования осуществляется за счёт сдавливания премикса стекловолокна и смолы деталями пресс-формы, находящегося между ними. Одним из видов прессования также является штамповка. Цикл прессования длится примерно в течение пяти минут. Имеется две разновидности этой технологии - прессование предварительно пропитанных смолой премиксов и прессование с пропиткой внутри самой формы. А на практике чаще применяется первый способ.

Метод пултрузии. Пултрузия - процесс получения стеклопластикового профиля путем непрерывной вытяжки через нагретую до 120-150°C формообразующую фильеру стекломатериалов, пропитанных термореактивной смолой. Стекломатериал сматывается со специальных катушек в сухом состоянии и поступает в устройство пропитки пултрузионного станка, где смачивается полиэфирной, эпоксидной или другой смолой. Под высоким давлением и температурой стекловолокно и смола превращаются в особый прочный материал. С помощью этой технологии появилась возможность получать стеклопластиковый профиль заданных свойств и сложных форм с высокой скоростью. Физические характеристики стеклокомпозиата, полученного данным способом, не меняются в широком температурном диапазоне от -70 до +170 °C.

Методом пултрузии можно получить изделия с любым профилем - стержень, уголок, труба, короб и т.д. Полученный стеклопластиковый профиль сочетает в себе уникальные свойства дерева, металла и полимера: низкую теплопроводность, высокую механическую и

диэлектрическую прочность, устойчивость к агрессивным средам и резким перепадам температур, биологическую и атмосферную стойкость. Долговечность конструкций из стеклопластиковых профилей значительно превосходит срок службы аналогичных конструкций из других материалов.

Метод RFI - армирующая стеклоткань выкладывается вместе со слоем смолы, а затем всё накрывается специальной вакуумной плёнкой. Полученная конструкция помещается в автоклав. Далее внутри пакета создаётся вакуум, затем увеличивается температура, и за счёт вакуума смола начинает пропитывать армирующий материал. Иногда процесс происходит без применения дорогостоящего автоклава, и пропитка смолой происходит за счёт вакуума без нагрева. Этот метод хорошо подходит для изготовления больших стеклопластиковых частей, например, крыльев для самолета, корпусов лодок и т.д.

Современное применение

В настоящее время невозможно найти в зарубежной практике класс технических, транспортных, строительных конструкций, в котором не было бы примера использования композиционных материалов. Веское подтверждение этому - ежегодно увеличивающееся потребление стекловолокна в гражданском производстве.

Стеклопластики применяются во многих областях народного хозяйства и технических отраслей. Механическая прочность, хороший коэффициент светопропускания и способность окрашиваться в любой цвет требуемой интенсивности позволяют использовать стеклопластики в строительстве в виде плоских и гофрированных листов, рулонных материалов, многослойных панелей и фонарей. Для хранения химических продуктов применяют стеклопластики, стойкие к коррозии, которые оказались намного экономичнее нержавеющей стали.

В электротехнике стеклопластики используют в качестве электроизоляционных и конструкционных материалов, а также для изделий при изготовлении высоковольтных выключателей, траверс, панелей, деталей, электрических машин, и корпусов приборов и т.д.

Коррозионная стойкость, антимагнитные свойства и технологичность определили использование стеклопластиков в судостроении в производстве лодок и катеров, а также речных и морских судов со значительным водоизмещением, глубоководных аппаратов и т.п. В химической, нефтяной и горнодобывающей отраслях нашли применение стеклопластиковые трубы и емкости из стеклопластиков для транспортировки и хранения агрессивных жидкостей и шахтного водоотлива, а также вентиляционные системы для отвода паров и газов.

Стеклопластик применяется в различных отраслях машиностроения, из которых следует особо отметить автомобильную промышленность, станкостроение, вагоностроение (крыши и сиденья автобусов и вагонов, кузова и детали автомашин, контейнеры, цистерны и т.д.). Стеклопластики также применяют для производства спортивного инвентаря и товаров народного потребления (кресла, цветочницы, шесты для прыжков, удочки, ограждения балконов, мотошлемы, и многое другое).

Доля композиционных материалов, применяемых в строительстве авиационной техники, постоянно увеличивается, поскольку инженеры-механики стремятся использовать все преимущества этого материала в отношении «масса-прочность». Доля деталей из стекловолокна (композитов) в общей массе материалов, применяемых в авиационном строительстве:

- аэробус а380 – 22 %;
- боинг 787 – до 60 %;
- военные более – 40 %.

Приведенный перечень отражает внедрение таких конструкций в мировой практике. В России успехи в этой области значительно скромнее. Это отражают и объемы производства, и объемы потребления стекловолокна.

Библиографический список

1. **Lamm, M.** The Fiberglass Story // Invention & Technology Spring, 2007. V. 22, Issue 4.
2. **Преображенский, А.И.** Стеклопластики – свойства, применения, технологии // Главный механик. 2010. №5. С. 27–36.

*Дата поступления
в редакцию 11.12.2014*

O. I. Volnov, D. O. Dudukin

FIBER GLASS PLASTIC. HISTORY OF DEVELOPMENT, PRODUCTION TECHNOLOGY, PRODUCT SHAPING AND CURRENT USAGE

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alexeev

Fiber glass plastic is an inhomogeneous solid material with unique properties which enable the usage of the material in a wide variety of industries: from household appliances and farming to aviation and space. This article deals with: production technology and forming of fiber glass items, key stages of their industrial implementation and current use.

Key words: fiber, mineral cotton (rock wool), winding (reel-in), spraying, injection, pultrusion, hand molding (shaping).