

И. П. Ершов, Е. А. Сергеева, Л. А. Зенитова,
И. Ш. Абдуллин

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТЕКЛОВОЛОКНА

Ключевые слова: волокна, модификация, адгезионные свойства, плазма.

Для установления влияния плазменной обработки на физико-механические свойства стекловолокна определяли капиллярность образцов волокон, обработанных плазмой в различных режимах. Установлено, что при обработке стекловолокна неравновесной низкотемпературной плазмой (ННТП) в различных режимах, в среде аргона либо азота, происходит увеличение капиллярности и удаление с поверхности стекловолокна технологических замасливателей, что важно для повышения адгезии при армировании композиционных материалов.

Keywords: fibers, updating, adhesive properties, plasma.

To establish the impact of the plasma treatment on physical-mechanical properties of glass fiber determined capillary action samples fibres, processed plasma in different modes. It is established, that in the processing of glass fiber non-equilibrium low-temperature plasma (ННТП) in different modes, in the environment of argon or nitrogen, is increased capillarity and removal from the surface of fiberglass technological oil, which is important for increase of adhesion in terms of reinforcing of composite materials.

Для создания полимерных композиционных материалов представляется возможным наполнение данных полимеров волокнистым наполнителем. Для упрочнения полимерных материалов используется армирование различными волокнами. В этой связи определялись тенденции рынка как полимерных материалов, так и стекло-, угле-, базальто- и органоволокон волокон.

Композиционные материалы на основе стекловолокна занимают более 90% общего рынка армированных волокнами композитов. Основными потребителями стеклопластиков являются США (2200 тыс. тонн в год) и страны Западной Европы (так же 2200 тыс. тонн в год).

По оценкам зарубежных специалистов, ПКМ в будущем будут не только конкурировать с традиционными конструкционными термопластами, но и заменит некоторые термореактивные смолы и металлические отливки.

Работа по созданию нового поколения полимерных композиционных материалов дает возможность российскому промышленному комплексу, в частности медицинской промышленности, получить опережающую технологию получения полимерных композиционных материалов, армированных волокнистым наполнителем.

Из стекловолокна также изготавливают дорожные сетки для укрепления дорог, конструкционные сетки для укрепления фасадов и внутренней отделки зданий. Стекловолокно применяется для армирования бетонных конструкций, при строительстве современных мостов, береговых сооружений и платформ нефтяных вышек.

Композиционные материалы на основе стекловолокна обладают следующими преимуществами по сравнению с традиционными материалами (сталь, алюминий, чугун, бетон, дерево):

- коррозионной стойкостью (в 5-10 раз выше, чем у железа и алюминия, особенно в

- условиях воздействия солей, кислот, противогололедных реагентов, морской воды и т.д.),

- высокой температурой эксплуатации (200-350°C),

- химической инертностью,

- высоким сопротивлением к зарождению и росту трещин,

- высокими удельными механическими характеристиками,

- низким коэффициентом теплопроводности (в 10-20 раз ниже металлов),

- низкой массой (в 3-5 раз ниже металлов),

- долговечностью (срок эксплуатации составляет 50-80 лет);

- низкими затратами на монтаж конструкций (в 3-5 раз) и др.

Многие технологические процессы текстильной и легкой промышленности, а также ряда других отраслей-потребителей синтетических волокон и нитей, имеют своей целью модифицирование свойств поверхности волокон и нитей, улучшения их физико-механических показателей при сохранении других характеристик [1]. В качестве альтернативы традиционным методам модификации волокнистых материалов особую значимость приобретают плазменные методы обработки, представляющие собой воздействие на материалы плазмы газовых разрядов: тлеющего, барьерного, коронного, искрового, дугового, высокочастотного и сверхвысокочастотного. Они позволяют направленно изменять структуру волокнообразующего полимера с целью изменения физико-механических, поверхностных и эксплуатационных свойств волокон. Для модификации синтетических волокнистых материалов все чаще применяют высокочастотные (ВЧ) разряды. Незначительный процент ультрафиолетовой составляющей плазмы ВЧ емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления позволяет производить модификацию материалов без их деструкции и достигать высокой устойчивости плазменного эффекта [2].

Проблемой армирования полимерных композитов стекловолокном является слабая адгезия этих материалов.

Адгезия обусловлена межмолекулярным взаимодействием (вандерваальсовым, полярным, иногда — образованием химических связей или взаимной диффузией) в поверхностном слое и характеризуется удельной работой, необходимой для разделения поверхностей. Таким образом стоит вопрос о возможности повышения адгезионных свойств стекловолокна. В качестве плазмообразующего газа использовались следующие среды: воздух, аргон, азот, смесь пропан-бутан в массовом соотношении 70:30, ацетилен[3].

Капиллярность волокон и нитей определяли по высоте подъема жидкости по ГОСТ 29104.11–91. Верхний конец элементарной пробы длиной 300 мм закрепляли на планке, а нижний конец закрепляли между двумя стеклянными палочками массой 5 г и опускали в сосуд с раствором двухромовокислого калия. Через каждые 5 мин по расположенной рядом линейке измеряли высоту подъема жидкости по пробе в течение 1 ч. За окончательный результат испытаний принималось среднее арифметическое результатов трех измерений, вычисленное с погрешностью не более 1 мм.

Режим плазменной обработки регулировали путем изменения типа плазмообразующего газа, при неизменных значениях тока, напряжения ВЧ разряда, давления в разрядной камере и длительности обработки.

В качестве армирующих волокон выбрано стекловолокно ГОСТ 17139-2000, производства ООО "П-Д Татнефть-Алабуга Стекловолокно" марки ЕС11-2320-А1 (300) и ОАО «Новгородский завод стекловолокна» марки ЕС13 600Т-Т-76 (300)

Графики зависимости капиллярности от плазмообразующего газа представлены на рисунках 1-3.

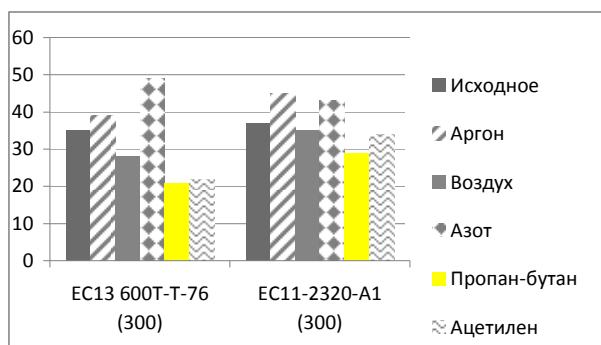


Рис. 1 - График зависимости капиллярности от плазмообразующего газа в режиме $J_a=0,5$ А, $U_a=4,5$ кВ, $\tau=150$ с, $P=26,6$ Па, $G=0,04$ г/с

Колебания значений капиллярности волокон, вероятно, связаны со следующими факторами:

- различное количество филаментов в волокне, их разный диаметр по длине и, как следствие, неоднородный диаметр самого волокна по

длине и различная масса волокна на отдельных участках длины;

- дискретная структура волокна, различный характер надмолекулярной структуры на отдельных участках волокна, возможное наличие дефектов в виде воздушных пустот и примесей, и, как следствие, нарушение сплошности структуры [4].

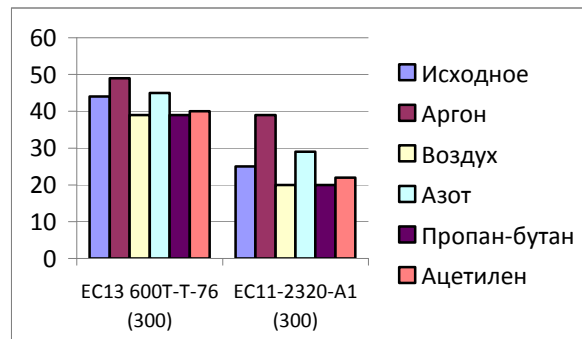


Рис. 2 - График зависимости капиллярности от плазмообразующего газа в режиме $J_a=0,5$ А, $U_a=3,5$ кВ, $\tau=150$ с, $P=26,6$ Па, $G=0,04$ г/с

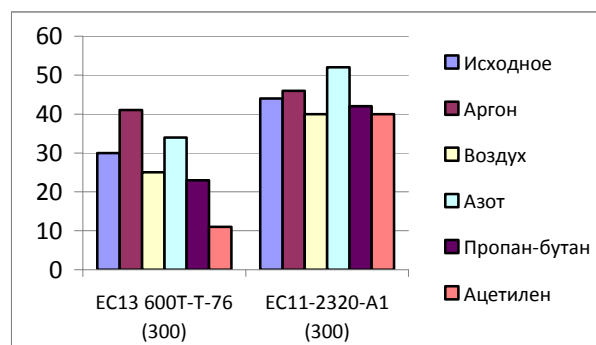


Рис. 3 - График зависимости капиллярности от плазмообразующего газа в режиме $J_a=0,5$ А, $U_a=2,5$ кВ, $\tau=150$ с, $P=26,6$ Па, $G=0,04$ г/с

Плазменная обработка в среде инертных газов (аргон и азот) приводит к удалению с поверхности стекловолокон технологических замасливателей и ее активацию. Ожидалось, что обработка волокон в среде воздуха могло вызвать окислительные процессы с образованием на поверхности волокна соединений, содержащих атомы кислорода, что, как следствие, должно повысить полярность поверхности волокна и привести к большей впитываемости и лучшей адгезии системы полимер-наполнитель, однако, в результате проведенных экспериментов это предположение не подтвердилось. Обработка волокон в среде ацетилена и смеси газов пропан-бутан предположительно должна была привести к образованию на поверхности волокон химических соединений, способствующих повышению адгезии системы полимер-наполнитель и увеличению впитываемости, что так же не произошло. Кроме того, во всех случаях плазмообработки происходит выжигание с поверхности волокон

технологических замасливателей и активация ее, что повышает адгезионные свойства волокон.

Таким образом, можно утверждать, что однозначное повышение капиллярности наблюдается при обработке стекловолокна в средах с плазмообразующими газами аргон и азот.

Научные исследования проводятся при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (Соглашение № 14.В37.21.0731), а так же Минпромторг России (Контракт №12411.18799.13.034 от 5 мая 2012г.).

Литература

1. Химические волокна: основы получения, методы исследования и модифицирование: учебное пособие для

химико-технологических факультетов высших учебных заведений / под ред. Т.В. Дружининой. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. – 472 с.

2. Сергеева, Е.А. Влияние высокочастотного разряда пониженного давления на свойства ВВПЭ волокон / Е.А. Сергеева, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. - №2. - С. 84-89.
3. Абдуллин, И.Ш. Влияние потока низкотемпературной плазмы на свойства текстильных материалов / И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова. – Казань: Изд-во Казанск. Ун-та, 2004. – 216 с.
4. Сергеева, Е.А. Влияние плазмы ВЧЕ-разряда на физико-механические свойства волокон и композиционных материалов / Е.А. Сергеева, И.А. Гришанова, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. - №7. - С. 109-112.

© **И. П. Ершов** – асп. каф. технологии синтетического каучука КНИТУ, ershovip@gmail.ru; **Е. А. Сергеева** – д.т.н., проф., гл. науч. сотр. НИО КНИТУ, katserg@rambler.ru; **Л. А. Зенитова** - д-р техн. наук, проф., дир. Казанского научно-исследовательского института полимеров и спецкаучуков КНИТУ, zenit@kstu.ru; **И. Ш. Абдуллин** – д-р техн. наук, проректор КНИТУ.