

А. Р. Гарифуллин, И. Ш. Абдуллин

ПЛАЗМЕННАЯ ГИДРОФИЛИЗАЦИЯ УГЛЕРОДНОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ПРОЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Ключевые слова: высокочастотная плазма (ВЧ), углеродное волокно, полимерный композиционный материал, межфазные свойства, адгезия, модификация.

Решая проблему модификации углеродных волокон (УВ) для достижения высокой адгезии между компонентами в полимерном композиционном материале (ПКМ) предлагается использовать ВЧ плазму при пониженном давлении в силу эффективности, экологичности и рациональности метода.

Keywords: radio-frequency plasma, carbon fibers, composites, interfacial properties, adhesion, modification.

Solving the problem of modification of carbon fiber (CF) to achieve high adhesion between the components in the polymeric composite materials (PCM) is proposed to use the RF plasma at reduced pressure due to power efficiency, environmental friendliness and efficiency of the method.

Введение

Углеродные волокна в качестве армирующего материала в ПКМ востребованы в самых разных отраслях промышленности: авиации и космосе, автомобилестроении, энергетике, судостроении, нефтегазовой индустрии, строительстве. Таким образом, актуальным остается вопрос об улучшении и модификации материалов.

Исследование широкого спектра методов модификации углеродных волокнистых материалов [1] показало, что в отличие от классических методов модификация плазмой является более экономичной и экологически безопасной технологией, не приводящей к деструкции материалов, но на данный момент применение ВЧ емкостной (ВЧЕ) плазмы при пониженном давлении остается малоизученной и неосвоенной методикой. Изменение свойств материалов различной физической природы может быть достигнуто обработкой в плазме ВЧ разряда пониженного давления [2].

Как правило, основной тип модификации волокон для ПКМ направлен на увеличение адгезионных взаимодействий. Ранее была установлена эффективность ВЧЕ плазменной обработки применительно к органическим [3,4] и стеклянным [5] волокнам.

В работе [6] выявлена зависимость величины краевого угла смачивания от времени обработки кислородной плазмой, тем самым указывающая на необходимость получения более смачиваемой поверхности обработанного материала.

Экспериментальная часть

В качестве материала для исследования была выбрана углеродная лента марки КУЛОН 500/0,07 и ЛУП 0,2 (ООО «Аргон», г. Балаково).

Для обработки УВ потоком ВЧЕ разряда при пониженном давлении использовалась опытно-промышленная плазменная установка. В качестве плазмообразующего газа использовался воздух. Модификация проводилась при следующих параметрах: напряжение на аноде $U_a = 5$ кВ, давление $P = 26,6$ Па, расход плазмообразующего газа $G = 0,04$

г/с, сила тока на аноде $I_a 0,7$ А. Время обработки $t_1 = 20$ мин, $t_2 = 40$ мин. На рис. 1 представлена схема опытно-промышленной ВЧ-плазменной установки для обработки кожевенных материалов.

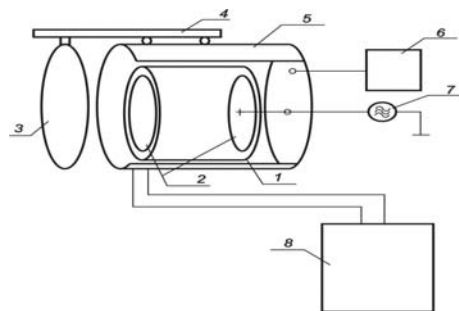


Рис. 1 - Схема опытно-промышленной ВЧ-плазменной установки

Опытно-промышленная ВЧ-плазменная установка, по аналогии с экспериментальной, состоит из следующих основных частей: 1 – плексигласовый барабан; 2 – ВЧ-электроды; 3 – колпак вакуумной камеры; 4 – консоль для открытия крышки вакуумной камеры; 5 – вакуумная камера; 6 – система подачи и регулировки плазмообразующего газа; 7 – ВЧ-генератор; 8 – вакуумный откачной пост.

Исследование краевого угла смачивания проводили на тензиометре DCAT 21 (DataPhysics, Германия). Прочность при растяжении проводили на универсальной испытательной машине Shimadzu AGS-5kNX.

В результате обработки образцы продемонстрировали повышение смачиваемости по воде (рис. 1).

Были проведены испытания на растяжение УВ с целью выявления возможного негативного воздействия плазменной модификации на прочностные характеристики материала (рис.1). После проведенных исследований установлено, что обработка не сказалась на прочности на растяжение УВ при плазменном воздействии в 20 минут. Этот режим позволяет достичь высокого показателя значения краевого угла смачивания волокна. Тем самым данный

факт говорит о сохранении объемных свойств материала и успешной его активации.

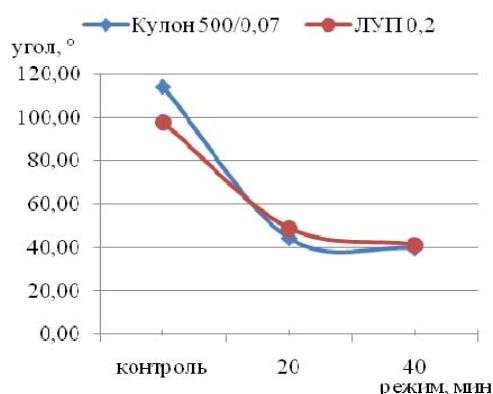


Рис. 1 - Зависимость величины динамического краевого угла смачивания УВ от времени обработки

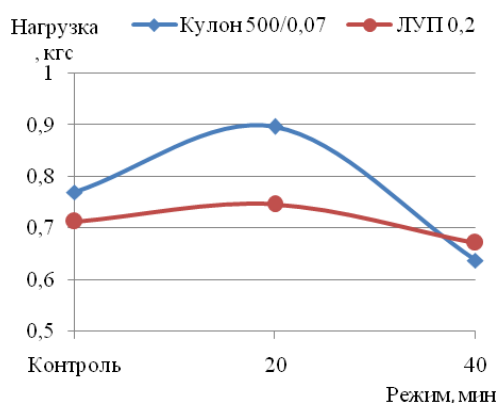


Рис. 2 - Изменения разрывной нагрузки от времени обработки УВ

Таким образом, по итогам предварительных испытаний выявлена тенденция к увеличению адгезионной способности без потери прочности на растяжение УВ при обработке ВЧ емкостной плазмой при пониженном давлении в среде воздуха, что по прогнозам приведет к увеличению прочностных свойств полимерного композиционного материала на основе модифицированного волокна.

Выводы

Установлено, что низкотемпературная плазменная обработка ВЧЕ разряда при пониженном давлении является эффективным инструментом в модификации поверхности УВ. Таким образом, намечена перспектива в дальнейшем исследовании методики применительно к УВ.

Экспериментально было доказано, что выбор ВЧЕ разряда плазменной обработки в среде воздуха улучшает краевой угол смачивания УВ, с чего можно сделать предположение о лучшей адгезии между матрицей и волокном в ПКМ.

Литература

1. Гарифуллин А.Р. Современное состояние проблемы поверхностной обработки углеродных волокон для последующего их применения в полимерных композитах в качестве армирующего элемента/ А.Р. Гарифуллин, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. - №7. - С. 80-85.
2. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления / И.Ш.Абдуллин, В.С. Желтухин, И.Р. Сагбиев, М.Ф. Шаехов. – Казань: Изд-во Казан. технол. ун-та, 2007. – 356 с.
3. Повышение адгезионной способности сверхвысокомолекулярного полиэтиленового волокна с помощью плазменной обработки / Е.А. Сергеева, А.Р. Ибатуллина, Ф.Ф. Кадыров // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. - №17. - С. 123-126.
4. Сергеева Е.А. Изменение поверхностных и физико-механических свойств арамидных волокон, модифицированных потоком плазмы высокочастотного емкостного разряда пониженного давления / Е.А. Сергеева, А.Р. Ибатуллина // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. - №4. - С. 63-66.
5. Влияние плазменной обработки на поверхностные свойства стекловолокна / И.П. Ершов, Е.А. Сергеева, Л.А. Зенитова, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. - №4. - С. 97-99.
6. A study of the effect of oxygen plasma treatment on the interfacial properties of carbon fiber/epoxy composites / Keming Ma, Ping Chen, Baichen Wang, Guiling Cui, Xinneng Xu // *Journal of Applied Polymer Science*. 2010. V. 118. P. – 1606–1614.

© А. Р. Гарифуллин - асп. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ, darin-loko@yandex.ru; И. Ш. Абдуллин – д.т.н., профессор, проректор по научной работе КНИТУ, зав. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ;

© A R Garifullin – postgraduate student of the department PNTMC KNRTU, darin-loko@yandex.ru; I. Sh. Abdullin – professor, head of the department PNTMC KNRTU, abdullin_i@kstu.ru.