Модифицирование арамидных материалов в плазме кислорода и аргона

В.А. Титов1, Т.Г. Шикова2, Л.А. Кузьмичева1, А.В. Хлюстова1

1Институт химии растворов им. Г. А. Крестова РАН, Иваново, Россия,
 titov25@gmail.com
2Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия

Арамидные волокна и нити применяются при производстве различных композитов, причем высокая адгезия между волокном и связующим — один из главных критериев, определяющих качество изделий. Для улучшения адгезии поверхность волокон модифицируют путем плазмохимической обработки, используя различные генераторы плазмы и газы (гелий, аргон, кислород, воздух, азот. Однако имеющиеся в литературе данные не позволяют отдать предпочтение тому или иному способу обработки. Цель данной работы – сравнительное исследование модификации арамидных волокнистых материалов в плазме кислорода и аргона. В плазме разряда постоянного тока (*р* = 30 – 250 Па) обрабатывали нити из волокна «Русар-С» (НПП «Термотекс», г. Мытищи). Состав газовой фазы определяли масс-спектрометром ИПДО-2А, спектры излучения плазмы регистрировали спектрофотометром AvaSpec-2048. Поверхность волокон исследовали методами сканирующей электронной микроскопии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), механическую прочность волокон измеряли по ГОСТ 6611.2 – 73, а микропластика на их основе — по ГОСТ 28007 – 88.

Эксперименты показали, что под действием плазмы в кислороде удаляются загрязнения с поверхности, растет ее шероховатость: появляются следы эрозии в виде ямок и канавок. При обработке в плазме Ar изменение рельефа поверхности значительно меньше. Анализ методом РФЭС показал, что под действием плазмы происходит как разрушение собственных азот- и кислородсодержащих групп полимера, так и образование новых окисленных групп. Обработка в плазме обоих газов улучшает смачивание волокон эпоксидной смолой, причем эффект усиливается с ростом времени обработки, но слабо зависит от тока разряда и давления. Воздействие плазмы аргона не ухудшает физико-механических свойств волокон, но после обработки в плазме кислорода их прочность снижается. В то же время прочность микропластика увеличивается примерно на 30% при использовании плазмы обоих газов.

Масс-спектры и спектры излучения показали, что в плазме Ar (без образца полимера в реакторе) присутствуют примеси О2, N2, H2, H2О, СО. Их происхождение связано как с чистотой исходного газа, так и с десорбцией со стенок реактора. Молекулы Н2, N2, H2О и СО являются также продуктами деструкции полимера. В спектрах излучения наряду с линиями Ar присутствуют линии атомов Н и О, а также полосы ОН, СО, N2, NO. При обработке полимерного материала интенсивности полос ОН, СО, N2 и NО выше, чем в экспериментах без полимера; при этом изменяются и интенсивности линий аргона. Значит, интерпретация результатов измерений требует учитывать влияние продуктов деструкции на физические характеристики плазмы (в первую очередь, на функцию распределения электронов по энергиям), а также на кинетику заселения и дезактивации излучающих состояний. Интенсивности линий атомов кислорода в присутствии полимера ниже, чем в «холостых» опытах, меняются и зависимости от давления для интенсивностей линий атомарного водорода. Это связано с гетерогенными реакциями активных частиц плазмы. Изменение состава плазмы аргона в результате выделения газообразных продуктов может изменить само направление суммарного гетерогенного процесса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ивановской области в рамках научного проекта № 15-42-03124-р-центр-а.