

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ИЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛАЗМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Р.Г. Ибрагимов, Л.Ю. Махоткина, И.Ш. Абдуллин, М.Ф. Шаехов

Казанский государственный технологический университет

Институт легкой промышленности

420015 г.Казань ул.К.Маркса д.68, tkim@kstu.ru

В настоящее время много внимания уделяется повышению эксплуатационных свойств изделий легкой промышленности, зависящих от качества сырья и методов обработки. Наиболее интересным путем является направленное изменение свойств поверхностных слоев, т.е. модификация поверхности. Для интенсификации процессов изготовления изделий используют различные методы, перспективными из которых является плазменная обработка, поскольку не требуется применения химических реактивов и затрат на очистку.

Важным механизмом физического воздействия плазмы является ионное распыление. Несмотря на то, что энергия порога распыления составляет 10-40 эВ, а энергия связи атомов на поверхности для различных материалов лежит в интервале 2-8 эВ, однозначно ответить на вопрос, есть ли ионное распыление при взаимодействии низкотемпературной плазмы с высокомолекулярными материалами нельзя, поскольку в полимерных системах сильны силы внутри- и межмолекулярного взаимодействия и энергия когезии в полимерах часто намного больше энергии химических связей отдельных атомов.

Изменение свойств пористых тел связано с бомбардирующим воздействием ионов поверхности обтекающей плазмой и рекомбинацией ионов на внутренней поверхности. Поверхность материала может приобрести новые аккомодационно-каталитические свойства, обеспечивающие селективный захват определенных атомов плазмы с образованием прочных связей с поверхностью, что приводит к росту адсорбированных частиц на поверхности или образованию пленок.

В качестве характеристики эффекта воздействия плазмы были выбраны время растекания капли дистиллированной воды, водного раствора, водопоглощение в процентах относительно необработанного образца. Смачиваемость материала с увеличением расстояния по оси потока плазмы уменьшается на 15-20 %, практически не изменяется с увеличением толщины материала. При параллельном расположении материалов перпендикулярно потоку – первый образец имеет максимальное изменение смачиваемости, четвертый – минимальное (10-15%).

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показывают сложность зависимости выходных характеристик технологического процесса плазменной модификации от основных обобщенных параметров. Эффект воздействия плазмы определяется как характеристиками плазмы (энергия частиц, их концентрация, скорость), так и свойствами полимеров, образующих твердое тело (химический состав и строение, молекулярная и надмолекулярная структура, физическое состояние – аморфно-кристаллическое, волокнистая структура тела). Время возбуждения макромолекулы зависит от молекулярного веса. Строение микроструктур полимера определяет плотность упаковки атомов, т.е. поверхностную плотность атомов, строение макроструктуры (фибриллы, волокна) определяет площадь поверхности, занимаемой одной молекулой.

Проведены исследования влияния ВЧ-плазмы на поверхностные свойства материалов в зависимости от расстояния между обрабатываемыми поверхностями и глубины залегания исследуемой поверхности относительно геометрической границы раздела поверхность образца – поток плазмы. Для этого проводилась обработка материалов в несколько слоений, расстояние между слоями фиксировалось и

изменялось. Зависимость смачиваемости носит экстремальный характер. Чем глубже от поверхности располагается слой кожи, тем меньше эффект воздействия низкотемпературной плазмы. Он практически равен нулю для слоя, который находится на глубине 3,6 мм от внешней поверхности. С увеличением расстояния между обрабатываемыми поверхностями смачиваемость увеличивается.

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет заключить, что плазменный разряд зажигается как у поверхности, контактирующей с потоком плазмообразующего газа, так в порах, не имеющих прямого контакта с ВЧ-плазмой.

В порах в ВЧ-поле зажигается несамостоятельный разряд, состав и концентрация активных частиц разряда определяется составом газовой среды, находящейся в порах обрабатываемого образца, а также диффузией плазмообразующего газа в толщу материала. Эффект воздействия ВЧ-плазмы зависит от размеров пор, плотности упаковки волокон. Разряд зажигается при размерах свободного пространства, большего средней длины свободного пробега частиц газа. Внешняя поверхность модифицируется за счет рекомбинации и бомбардировки ионами.

Анализ результатов исследования параметров струи ВЧ-разряда и влияния на эти параметры помещенных в струю изделий показывает, что данная разновидность плазменной обработки может являться эффективным инструментом для модификации и активации поверхностей. Полученные зависимости между входными параметрами установки и параметрами разряда указывают на возможность эффективной и достаточно простой регулировки характеристик струи разряда.

Определен оптимальный диапазон расхода плазмообразующего газа (0,03 – 0,08 г/с) и плотности тока в разряде $(0,4 - 1,4)10^5$ А/м². следовательно, в этом режиме будет наблюдаться максимальная равномерность обработки в пределах светящейся области струи. Устанавливать режим обработки можно не только изменением расхода газа и плотности тока в разряде, но и перемещением обрабатываемого тела по радиусу струи.