

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ПРИДАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ СПЕЦИФИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

Изменение тонкого поверхностного слоя полимера под действием плазмы включает не только образование новых функциональных групп, двойных связей и сшивок, но и конформационные изменения, например, изменение степени кристалличности. При этом в зависимости от условий обработки может наблюдаться как аморфизация, так и кристаллизация поверхностного слоя [1].

Так, обработка полимерного материала в плазме  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$  незначительно увеличивает содержание аморфной фазы, в то время как действие кислородной плазмы приводит к возрастанию степени кристалличности. Обработка полимерной пленки в плазме чистого аргона приводит к кристаллизации, в то время как присутствие в плазмообразующем газе кислорода вызывает аморфизацию поверхностных слоев. Увеличение содержания кристаллической фазы может приводить к увеличению прочности полимерных волокон. При этом плазма не только по-разному воздействует на области полимеров, различающиеся кристалличностью и надмолекулярной структурой, но и может оказывать влияние на фазовые переходы в поверхностных слоях полимера.

Активные частицы плазмы могут вызывать химические реакции лишь в весьма тонких слоях полимера. Исключением, вероятно, может быть действие озона  $O_3$ , который способен диффундировать на большие глубины. Положительные ионы бомбардируют поверхность с заметной кинетической энергией, приобретенной при прохождении электрического поля в приповерхностном слое. Молекулярные и атомарные частицы ответственны как за деструкцию (травление) поверхностных слоев полимера, так и за образование новых функциональных групп в поверхностном слое, и могут радикально менять поверхностные характеристики полимера. Объемные характеристики полимерного образца, как правило, остаются неизменными.

При наличии в газоразрядной плазме углеродсодержащих молекул на контактирующих с плазмой поверхностях образуется пленка, отличающаяся при соответствующем режиме процесса рядом полезных свойств, в том числе упрочняющая поверхность обрабатываемых материалов [2].

Основными механизмами процесса плазменной полимеризации можно считать следующие:

1. Адсорбционный механизм. Рассматривает в качестве основной стадии процесса адсорбцию осколочных молекул на поверхности. Адсорбированные молекулы диссоциируют под действием ионно-электронных ударов, а рекомбинация фрагментов ведет к росту полимерной цепи. К макромолекулам могут присоединяться и углеводородные ионы из объема.

2. Свободнорадикальный механизм. Предполагается, что инициирование происходит в результате диссоциации осколочных молекул в объеме. Развитие и обрыв цепи идут на поверхности по свободно – радикальному механизму.

3. Механизм, в котором используется представление о двух стадиях инициирования полимеризации. Первая - это генерация ионов и радикалов в плазме, вторая - создание центров роста в поверхностном слое образца, в основном при электрон-ионной рекомбинации, и рост пленки в реакциях присоединения углеводородных радикалов из газовой фазы к центрам роста. Одна из важных особенностей модели – представление о слое растущей пленки на поверхности образца, в котором происходят основные реакции [3].

Осаждение плазменного полимера на поверхность материалов является одним из наиболее эффективных и радикальных методов поверхностной модификации образцов.

Плазменная полимеризация представляет собой процесс, при котором активные частицы, участвующие в полимеризации, образуются в плазме в результате столкновений электронов с молекулами, атомами и радикалами рабочих газов [4]. Неудивительно при этом, что полимерные пленки могут быть синтезированы в плазме газов, обычная химическая полимеризация которых невозможна. Изменяя химический состав газов – «мономеров» и условия полимеризации, можно получить пленки с явно выраженными гидрофильными или гидрофобными свойствами, покрытия разной степени твердости без микропор или с сильно развитой пористой поверхностью.

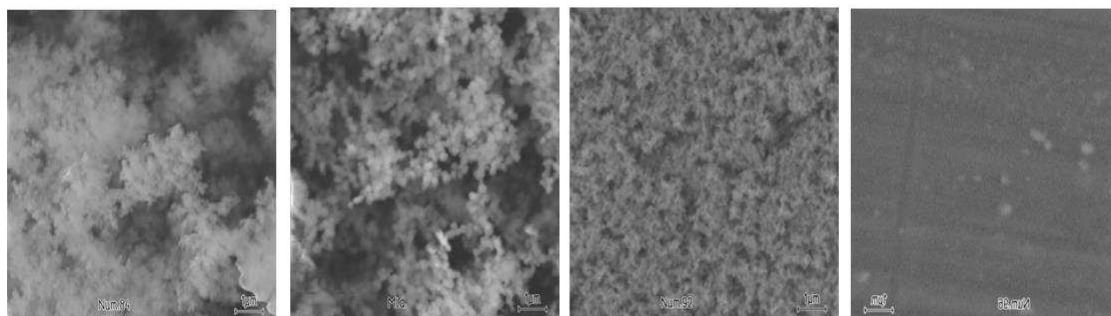
Основными применениями плазменных полимеров являются:

- гидрофильные или гидрофобные покрытия металлов и диэлектриков;
- антикоррозионные покрытия металлов;
- пленки, служащие интерфейсом, обеспечивающим хорошую адгезию между материалом и последующими покрытиями.

Основными достоинствами плазменной полимеризации перед обычной химической являются возможность совмещения нескольких

технологических операций, таких как первичная очистка поверхности материалов, нанесение плазменного полимера и модификация поверхности полимера, на одной установке, и отсутствие жидких токсичных отходов.

На рисунке показана структура покрытий, полученных при различных условиях нанесения [5].



**Рисунок – Структура покрытия в зависимости от условий его нанесения**

В зависимости от ингредиентов, применяемых в процессе образования плазменного полимера, его свойства могут быть как гидрофильными, так и гидрофобными. Получаемые гидрофильные покрытия могут быть использованы для обработки теплообменного оборудования. Так, по результатам сравнительных испытаний, у обработанного экспериментального образца кондиционера сплит-систем с внутренним воздухообрабатывающим блоком (с модифицированным покрытием теплопередающих поверхностей) производительность по холоду выше на 38%, а потребляемая мощность вентилятора ниже на 25%, чем у серийного кондиционера сплит-систем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ясуда Х. Полимеризация в плазме. – М.: Мир, 1988. – 367с.
2. Ткачук Б. В., Колотыркин В. М. Получение тонких полимерных пленок из газовой фазы. – М.: Химия, 1987. – 158с.
3. Брук М. А., Павлов С. А. Полимеризация на поверхности твердых тел. – М.: Химия, 1990. – 130с.
4. Вавилин К. В., Кралькина Е. А., Павлов В. Б. и др. Способ плазменного осаждения полимерных покрытий и установка для его осуществления // Патент РФ № 2382119.
5. Вавилин К. В., Кралькина Е. А., Павлов В. Б. Технология нанесения функциональных гидрофильных пленочных покрытий // VII Всероссийская конференция «Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий», Казань, Россия, 4–7 ноября 2015.