

УДК 677.494

ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ РАСТВОРА ПОЛИАМИДА-6 И ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОВОЛОКНИСТЫХ ПОКРЫТИЙ

А.В. Евтушенко, Д.Б. Рыклин, Н.Н. Ясинская
Витебский государственный технологический университет

Технология электроформования нановолокнистых покрытий из растворов полимеров является перспективным направлением в области нанотехнологий. Преимущества нановолокон заключаются в том, что при уменьшении диаметра волокон такие механические характеристики материалов как прочность на разрыв, на изгиб и на сжатие, модули упругости возрастают. Метод электроформования основывается на получении волокнистого слоя исключительно с помощью электрических сил.

Свойства полимерного раствора играют важную роль в процессе волокнообразования. Состав раствора оптимизируют для каждого конкретного вида используемого полимера. Основным критерием оптимальности раствора является достижение растворения полимера в течение определенного времени без установления слишком жестких требований к процессу подготовки растворов (температура и давление).

Поверхностное натяжение раствора, обеспечивающее стабильность процесса и образование бездефектных волокон, приблизительно равняется 0,05 Н/м. Как правило, значение данного параметра значительно отличается для раствора от поверхностного натяжения растворителя. В то же время, возможен дефект, который наблюдается при повышенном значении поверхностного натяжения – так называемый «бисер» или «бусинки».

Для определения поверхностного натяжения на границе жидкость-газ или жидкость-пар применяют методы капиллярного поднятия, взвешивания или счета капель, наибольшего давления пузырьков, отрыва кольца и ряд других. В данном исследовании применялся сталагмометрический метод, который основан на определении веса капли, отрывающейся под действием силы тяжести от плоской поверхности торцевого среза капилляра. В момент отрыва капли от конца вертикальной трубки вес капли равен силе поверхностного натяжения, которая действует вдоль окружности шейки капли.

Сталагмометр представляет собой стеклянную трубку с расширением в средней части заканчивающуюся капилляром, который располагают горизонтально. К верхнему концу трубки подсоединен резиновый шланг с грушей и зажимом. Исследуемую жидкость наливают в стакан, который поднимают так, чтобы конец капилляра погрузился в жидкость. С помощью груши набирают жидкость, избегая попадания пузырьков воздуха. Далее открывают зажим и начинают счет капель. Процесс подсчета завершается, как только объем жидкости между двумя метками сталагмометра истекает.

При проведении исследований подготовка растворов осуществлялась следующим образом: высоковязкий гранулят полиамида-6 растворяли в 85%-

ной муравьиной кислоте. Концентрация полимера 10%, растворителя 90%. Гиалуроновую кислоту растворяли в теплой воде при тщательном перемешивании до образования однородной гелеобразной субстанции, которую добавляли в формовочный раствор полиамида.

На более ранних этапах исследований была установлена зависимость поверхностного натяжения от концентрации раствора полиамида, с увеличением которой поверхностное натяжение волокнообразующего полимера возрастает [1]. Поверхностное натяжение 10%-ного раствора ПА-6 – $36,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Экспериментальное исследование поверхностного натяжения раствора полиамида-6 и гиалуроновой кислоты проводилось в течение 5 суток. Измерения повторяли три раза с интервалом в 15 минут. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерений поверхностного натяжения раствора

		1 день	2 день	3 день	4 день	5 день
Количество капель	Проба 1	120	102	99	98	99
	Проба 2	106	98	107	97	97
	Проба 3	88	102	97	102	99
Поверхностное натяжение, Н/м·10⁻³	Проба 1	34,9	40,5	41,7	42,1	41,7
	Проба 2	39	42,1	38,6	42,6	42,6
	Проба 3	46,9	40,5	42,6	40,5	41,7
	Среднее значение	40,27	41,03	40,97	41,73	42,00

Среднее количество образующихся капель при истечении раствора полиамид-6 – гиалуроновая кислота плотностью $1,183 \text{ г/см}^3$ оказалось равным 100,73, поверхностное натяжение – $42 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что при добавлении гиалуроновой кислоты поверхностное натяжение волокнообразующего раствора незначительно повышается. При этом значение данного показателя несущественно отличается от коэффициента поверхностного натяжения муравьиной кислоты при нормальных условиях $37,58 \cdot 10^{-3}$ Н/м и не превышает предельно рекомендуемого значения, составляющего $50 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Литература

1. Рыклин, Д.Б. Исследование раствора полиамида-6 для получения нановолокнистых покрытий методом электроформования / Д.Б. Рыклин, Н.Н. Ясинская, А.В. Евтушенко, Д.Д. Джумагулыев // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2016. – № 1. – С. 90–98.