

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СУХО-МОКРОГО ФОРМОВАНИЯ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНОГО ВОЛОКНА НА ОПЫТНОЙ УСТАНОВКЕ

### STUDYING THE POSSIBILITY OF APPLYING DRY-WET FORMATION OF POLYOXADIAZOL FIBER AT A TEST INSTALLATION

Б.П. Макаров<sup>1</sup>, М.В. Шаблыгин<sup>1</sup>, А.Ю. Матрохин<sup>2</sup>, М.П. Михайлова<sup>3</sup>  
B.P. Makarov<sup>1</sup>, M.V. Shablygin<sup>1</sup>, A.Yu. Matrohin<sup>2</sup>, M.P. Mikhailova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ООО "Научно-производственная фирма "Термостойкие изделия", (г. Мытищи)

<sup>2</sup>Ивановский государственный политехнический университет

<sup>3</sup>ОАО Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности, (Москва)

<sup>1</sup>LLC Research and production firm heat-Resistant products, (Mytisch)

<sup>2</sup>Ivanovo State Polytechnic University

<sup>3</sup>JSC Innovative Research and Production Center for Textile and Light Industry (INPC TLP OJSC)

E-mail: termiz@mail.ru, makarov.termiz@ya.ru

В данной работе рассмотрены способы получения полиоксадиазольных волокон по мокрому и сухо-мокрому способу. Показаны возможности опытной установки для проведения экспериментальных наработок полиоксадиазольной нити сухо-мокрым способом. Приведены сравнительные характеристики полученных нитей 25 Текса.

Ключевые слова: волокна, мокрый и сухо-мокрый способ формования, полиоксадиазол, пилотная установка, фильера, осадительная ванна.

This paper describes methods for producing polyoxadiazole fibers by wet and dry-wet methods. The capabilities of a pilot plant for carrying out experimental developments of a polyoxadiazole thread by a dry-wet method are shown. The comparative characteristics of the obtained threads 25 Tex.

Key words: fibers, wet and dry-wet molding, polyoxadiazole, pilot plant, die, precipitation bath.

В сложившейся обстановке геополитической ситуации на фоне экономических санкций со стороны западных стран в отношении России вопросы импортозамещения становятся очень актуальными.

Российский рынок технических тканей и нетканых полотен полностью зависит от западных стран. Почти полное отсутствие в России очень важного сектора термостойких и термостойких волокон технического назначения требует новых разработок в этом направлении и сопровождение их аппаратурным оформлением.

Процесс формования химических волокон происходит по образованию твердой полимерной фазы в струйке расплава или раствора полимера вследствие сдвига фазового равновесия и вызывается протеканием процессов тепло- или массообмена между этой струйкой и окружающей средой в зоне формования (шахте, ванне, трубке). Формование химических волокон включает целый комплекс физико-механических, реологических, гидравлических, механических и других явлений.

При мокром методе формования из растворов полимеров происходит диффузия компонентов осадительной ванны в волокно и растворителя из волокна.

В результате протекания процессов переноса и сдвига фазового равновесия полимер осаждается в форме волокна.

Волокна, формируемые по мокрому методу, подвергаются обычно пластификационному вытягиванию на воздухе или в среде жидкости. В процессе пластификационного вытягивания волокна ориентируются и их прочность значительно возрастает.

В случае формования раствора поли-п-фенилен-1,3,4-оксадиазола (Арселон) осадителем является вода, а растворителем концентрированная серная кислота.

При формировании по мокрому методу есть ограничения по максимальной скорости, связанные как со скоростью осаждения, так и с гидродинамическими особенностями процесса. У процесса мокрого формирования есть свои ограничения по линейной плотности и числу формируемых нитей. Наименьшая линейная плотность формируемых нитей составляет приблизительно 0,1 текс, максимальная не более 1-2 текс. Формование более тонких нитей крайне затруднительно из-за резкого снижения стабильности процесса, формирование более толстых нитей ограничено скоростью процессов диффузии. Однако, ограничения по числу формируемых нитей в пучке гораздо менее жесткие – от 10 до 100000. Следует указать, что чем больше число нитей в пучке, тем меньше должна быть скорость формирования. Так, скорости формирования штапельных волокон обычно в 1,5-2 раза меньше, чем скорости формирования тонких нитей [1].

Целью данной работы было изучить возможность формирования полиоксадиазольного (поли-п-фенилен-1,3,4-оксадиазола) волокна сухо-мокрым способом в отличие от используемого на данный момент в промышленном производстве мокрым способом формирования.

В мировой практике сухо-мокрый способ формирования получил широкое распространение при получении жесткоцепных, высокопрочных, высокомодульных полимерных волокон, такие как «Кевлар», «Тварон», формируемых из сернокислотных растворов с концентрацией полимера до 18% и скоростью формирования до 200 м/мин.

Формование полиоксадиазолов по мокрому способу осуществляется из низкоконцентрированных растворов с концентрацией полимера 5-6% и скоростью формирования 30-32 м/мин, что связано с небольшой скоростью диффузионных процессов, проходящих при высаживании полимера, в корыте осадительной ванны.

Для изучения возможности применения сухо-мокрого способа формирования в процессе получения волокон и нитей на основе полиоксадиазолов, была использована ранее разработанная пилотная установка [2], предназначенная для формирования мокрым способом, для чего в конструкцию узла формирования были внесены некоторые изменения. Была изменена форма червяка подачи раствора полимера с креплением фильерного комплекта, позволяющего устанавливать его над корытом осадительной ванны, дающим возможность регулировать возможную прослойку между фильерой и зеркалом осадительной ванны в корыте.

При формировании через воздушную прослойку студнеобразное волокно в осадительной ванне способно вытягиваться в несколько раз, позволяя тем самым еще больше увеличивать скорость формирования. Однако существует оптимальная степень вытягивания волокна в осадительной ванне (около 1,5 раз) при которой свойства волокна после последующих операций будут оптимальными. Важным параметром формирования волокон через воздушную прослойку является также расстояние от фильеры до осадительной ванны, которое должно быть не менее 10-30 мм.

Также в корыте был установлен дополнительное направляющее устройство (нитепроводник) рисунок 1.

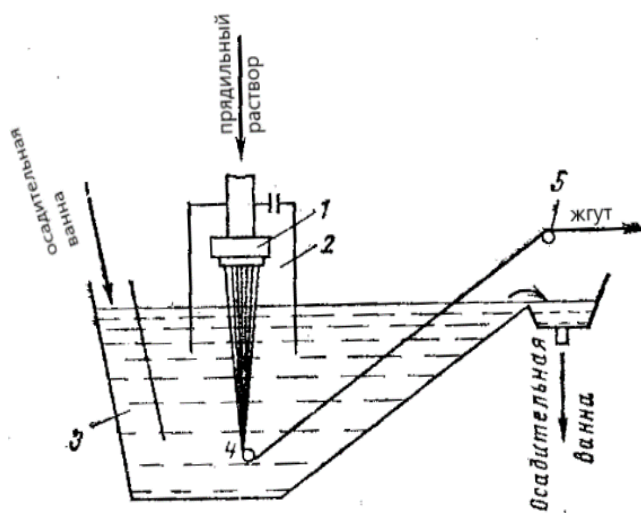


Рис. 1. Схема формования через воздушную прослойку.

- 1 – фильера
- 2 - воздушная прослойка
- 3 – осадительная ванна
- 4 и 5 – направляющие устройства (ните-проводник)

В процессе изучения возможности формования сухо-мокрым способом было решено использовать стандартные растворы полимера, применяемые при мокром способе формования.

Таблица 1.

Параметры раствора полимера

Массовая доля полимера в растворе	5,4%
Динамическая вязкость	4800 Пуаз
Удельная вязкость	2,3
Концентрация $H_2SO_4$	98,7%
Параметры осадительной ванны	
Концентрация $H_2SO_4$	680г/л
Температура	60°C

Для формования использовались фильеры на 200 отверстий с диаметром донышка 12,5 мм и диаметром 1-го отверстия 0,08 мм.

Скорость формования – 30 м/мин.

Кратность вытяжки – 3 раза.

В ходе эксперимента нарабатывалась нить линейной плотностью 25 Текс.

Раствор готового полимерного раствора с температурой 20-25°C проходил через воздушную прослойку в 1 см и опускался в нижнюю часть корыта, где заправлялся через дополнительно установленный ните-проводник, после чего принимался на 1-ый вытяжной диск [3].

В результате изменения схемы формования увеличилась длина пути нити в осадительной ванне с 50 см при мокром способе до 85 см при сухо-мокрым способе формования, время высаживания также увеличилось т.е. процесс диффузии в элементарных волокнах должен пройти более равномерно.

В ходе эксперимента было наработано 200 гр нити линейной плотностью 25 Текс.

Сравнительные результаты нитей, полученных мокрым и сухо-мокрым способом приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные показатели нити 25 Текс полученных мокрым и сухо-мокрым способом

Способ формования	Мокрый	Сухо-мокрый
Прочность, сН/текс	28-35	38-52
Удлинение при разрыве, %	6-10	4-7
Модуль деформации, ГПа	8-11	12-16

При изучении были получены результаты, из таблицы 2 мы видим, что при формовании волокон по сухо-мокрому способу увеличение прочности нити порядка 20%.

Выводы:

В результате проделанной работы было установлено:

- возможность получения сухо-мокрым способом волокон и нитей на основе полиоксадиазола;
- необходимость совершенствования конструкции узла формования опытной установки;
- проведение дальнейших работ по совершенствованию технологии получения полиоксадиазольных волокон сухо-мокрым способом с целью увеличения скорости процесса производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г.И. Кудрявцев, В.Я. Варшавский, А.М. Щетинин, М.Е. Казаков. Армирующие химические волокна для композиционных материалов. М.: Химия, 1992. С 53-66.
2. Б.П. Макаров, А.Ю. Матрохин. Создание лабораторной установки для получения арселоновых волокон нового поколения. ПОИСК 2019. Г. Иваново. ИВГПУ. Часть 2. С 7-9.
3. А. Зябицкий. Теоретические основы формования волокон. Перевод: О.К. Перепелкиной, К.Е. Перепелкина. М.: Химия. 1979 г.