



23 0909  
ООО «ЛИРСОТ»

141009, Московская область, городской округ Мытищи,  
город Мытищи, улица Колонцова, дом 5  
Телефон: (495) 583-07-58, 583-83-54  
ОКПО 17277875, ОГРН 1027739456480  
ИНН/КПП 7712026280/502901001  
E-mail: info@lirsot.ru www.lirsot.ru

Иск. № 900/В от 25.10.2023г.  
На Ваш № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

в диссертационный совет 24.2.317.01  
на базе ФГБОУ ВО «Костромской  
государственный университет»  
156005 г. Кострома, ул. Дзержинского, д. 17

### Отзыв на автореферат диссертации

Бориса Павловича Макарова

«Разработка технологии производства полиоксадиазольных нитей  
на основе двухстадийного формования», представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16.

«Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности»

Основной задачей диссертационной работы Б.П. Макарова является получения полиоксадиазольных нитей с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами за счет совершенствования технологии их формования и расширение областей использования в изделиях текстильной промышленности. Полиоксадиазольные волокна и нити относятся к волокнистым материалам третьего поколения, разработаны в СССР с использованием имеющихся в то время приемов и оборудования, которые в настоящее время в принципиальном технико-технологическом отношении нуждаются в значительном усовершенствовании. Анализ сведений, приведенных в автореферате диссертации, показал, что при проведении экспериментальных исследований автором получен ряд научно-технических результатов пионерского характера с элементами новизны. К таковым можно отнести следующие моменты:

1. Обнаружена возможность применения сухо-мокрого (двухстадийного по версии автора) способа формования нитей из высоковязких сернокислотных растворов ароматических полиоксадиазолов, в настоящее время получаемых по мокрому способу. Указанный способ, по непонятным причинам, применительно к полиоксадиазольным системам не использовался ни в отечественных, ни в зарубежных разработках, хотя уже была выявлена возможность повышения механических характеристик нитей из гетероциклических арамидов типа Армос и Русар, выпуск которых на базе способа сухо-мокрого формования осуществляется в ООО «ЛИРСОТ» и АО НПП «Термотекс».

Б.П. Макаровым впервые выполнен ряд исследований, определивших принципы параметрического оформления процесса формования полиоксадиазольных нитей через воздушную прослойку, разработаны основные параметры его осуществления, получены и испытаны опытные образцы как штапельных волокон, так и комплексных технических нитей. Полученные результаты позволили автору сделать положительный вывод о перспективности использования и развития способа сухо-мокрого формования полиоксадиазольных нитей в отечественной отрасли химических волокон.

2. Как известно, практически все волокна мокрого способа получения формируются с отрицательной фильерной вытяжкой в зоне первичного осаждения полимера, т.е. сразу после выхода вязкого раствора из отверстия фильеры. Отрицательная фильерная вытяжка всегда сопровождается образованием так называемой «луковицы», диаметр которой может значительно превышать диаметр фильерного отверстия. Быстрая коагуляция полимера из раствора образует корочку на поверхности «луковицы», которая в дальнейшем может трансформироваться в различные поверхностные наслоения на элементарных нитях, например, типа «рыбьей чешуи» или поперечных складок, как это имеет место при мокром формовании нитей из полиамидобензимидазола типа СВМ, и снижать физико-механические показатели как конечных нитей, так и изделий из них (журнал «Химические волокна», № 6, 2002 г. и № 4, 2000 г.). В работе Б.П. Макарова показано, что полиоксадиазольные нити можно формировать с положительной фильерной вытяжкой. Этот факт позволяет повысить скорость формования и нивелировать образование «луковицы», что обязательно должно сказаться как на конечной производительности любой установки, так и на повышении качества нитей.

3. По-видимому, автором работы впервые высказано мнение о возможной деструкции (скорее, гидролизе) в цепях полиоксадиазола при первичном контакте струйки прядельного полимерного раствора, вытекающего из отверстия фильеры, с осадительной ванной при классическом мокром формовании. Принципиально такая реакция возможна, при этом могут образовываться звенья полигидразидного строения, которые априори всегда менее стойки к тепловым воздействиям в смешанных средах по сравнению со стойкостью оксадиазольных циклов. Косвенно это предположение подтверждается результатами термического анализа ТГА и ДСК (рис. 5 и 6 автореферата), однако для понимания процесса этого недостаточно.

4. Интересным фактом является осуществленная автором разработка и создание оригинальной конструкции фильеры с удлиненной, по сравнению со стандартными



фильерами, конической частью входной зоны канала. Это решение, по-видимому, приводит к градиентному и более мягкому повышению внутреннего напряжения в струйке полимерного раствора, выходящей из отверстия фильеры в зону формования, что в конечном итоге положительно сказывается на уменьшении напряженности морфологической структуры свежесформованных элементарных волоконцев на стадии пластификационной вытяжки и, как следствие, на более высокой стабильности некоторых физико-механических показателей конечных волокнистых систем и изделий из них.

5. Следует отметить экспериментальные результаты, связанные с исследованием процессов термообработки комплексных нитей, проводимых в различных температурно-временных режимах, при этом нити находились либо в свободном состоянии, либо под натяжением при ориентационном вытягивании (рис. 7 и 8 автореферата). Было обнаружено, что во всех случаях термообработки нитей как при динамических воздействиях (вытяжка), так и при обработке в свободном состоянии имеет место бимодальная зависимость удельной разрывной нагрузки от температуры. Аналогичная зависимость такого характера была замечена только для экспериментальных нитей на основе арамида из терефталевой кислоты и 4,4'-диаминодифенилоксида, механизм проявления которой пока не очень понятен и требует более тщательного изучения. По-видимому, анализ указанных выше результатов позволил автору выявить температурно-временной режим образования аморфной (рецензент считает аморфно-кристаллической) структуры готовой комплексной полиоксадиазольной нити, в которой исключены релаксационные процессы и в значительной степени нивелированы усадочные явления.

6. Все положения в части научной новизны и теоретической значимости работы (стр. 3 автореферата), выносимые автором на защиту, справедливы, в ряде случаев подтверждены экспериментальными результатами и специально созданной функционирующей опытной установкой, для которой определены все технологически требуемые и надежно контролируемые параметры (давление на фильеру в зоне сухо-мокрого формования, скорость истечения раствора из фильеры, длина воздушной прослойки и пути нити в осадительной ванне, скорость приема нити на приемную галету, кинематические и температурные параметры ориентационной вытяжки). Последнее обстоятельство дало возможность нарабатывать опытные партии нитей и достаточно подробно исследовать их физико-механические свойства и поведение в реальных условиях эксплуатации при фильтрации горячих технологических газов.



О практической значимости и актуальности работы Б.П. Макарова свидетельствует то обстоятельство, что результаты проведенных исследований могут быть реально применены при создании и освоении серийного производства современных отечественных волокон и нитей третьего поколения с использованием доступного термостойкого полиоксадиазола, достаточно простого аппаратного оформления при высокой степени экологичности процесса. Важным фактором необходимости этого является наличие уже освоенных и развивающихся областей использования полиоксадиазольных волокон, рынок потребления которых будет только расти.

К содержательной части автореферата нет принципиальных замечаний. Хотелось бы только иметь больший набор исследований по влиянию сочетания и изменения технологических параметров не только на конечные физико-механические показатели нитей, но и на их структурные особенности непосредственно со стадий формования. Термические исследования по положительному влиянию нового способа формования на термостойкость и деформативность волокон (рис. 5 и 6) следовало бы дополнить спектрометрическими данными, подтверждающими возможность появления в цепи полиоксадиазола гидразидных или других групп при расщеплении, которые заведомо менее термостойки по сравнению с оксадиазольными циклами. В ряде формул не применена расшифровка буквенных обозначений. Из реферата не видно, можно ли было рассчитать критическую скорость истечения струи хотя бы для одного сочетания реальных параметров стадии формования, и также можно ли применять фильеры с количеством отверстий более 300.

В порядке пожеланий рецензент предлагает дополнить раздел «Рекомендации и перспективы разработки темы» (стр. 13 автореферата) темой по дальнейшему проведению исследований реокинетических особенностей процесса формования полиоксадиазольных нитей как из обычных изотропных растворов полиоксадиазолов, так и из смесей последнего с другими полимерами, в частности, обладающих повышенной величиной кислородного индекса.

Давая общую оценку работе Б.П. Макарова, следует отметить:

1. Рецензируемая работа является интересной как с точки зрения представленных научных результатов, так и с точки зрения актуальности и практической значимости. С научной точки зрения, помимо указанных выше моментов, привлекательным представляется факт расширения перечня низкоконцентрированных полимерных изотропных растворов из ароматических полимеров, пригодных для реализации способа

сухо-мокрого формования. Практическая значимость очевидна, так как полиоксадиазольные волокна уже реализованы в различных отраслях промышленности и реально видны пути совершенствования технологии их получения и повышения эксплуатационных характеристик.

2. Материал автореферата изложен грамотно, с четкой рубрикацией, с обоснованными акцентами на существо работы, ее специфику, новизну полученных результатов. В работе не только подчеркивается практическая востребованность результатов сегодняшнего дня, но и даны рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

3. Интерпретация полученных результатов выполнена корректно, понятно и согласуется с довольно обширными выводами.

4. Список публикаций, посвященных основному содержанию работы в количестве 16-ти наименований, ранжирован по значимости изданий и свидетельствует о том, что научная общественность и заинтересованные специалисты достаточно полно проинформированы о существовании диссертации.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа «Разработка технологии производства полиоксадиазольных нитей на основе двухстадийного формования» по актуальности, новизне, уровню выполнения, объему, научной и практической ценности полученных результатов полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункты 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от № 842 от 24 сентября 2013 г., в редакции 2023 года), а ее автор Макаров Борис Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16. - «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

Консультант ООО «ЛИРСОТ»,  
кандидат технических наук



Щетинин Александр Михайлович  
24.10.2023 г.

Подпись Щетинина А.М. заверяю

Начальник общего отдела ООО «ЛИРСОТ»



Ефремова Н.Н.