

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Межеумова Игоря Николаевича «Влияние морфологии реакторных порошков сверхвысокомолекулярного полиэтилена на их способность к монолитизации и последующему ориентационному вытягиванию», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Диссертационная работа И.Н. Межеумова представляется актуальной и важной, так как в ней ставится задача нахождения оптимальных значений молекулярных характеристик и особенностей надмолекулярной организации реакторных порошков сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), которые могут быть использованы для получения сверхпрочных и высокомодульных волокон и пленочных нитей СВМПЭ по новому перспективному безрастворному так называемому «сухому» методу. В этом экологически безопасном методе первоначально изготавливается прекурсор путем компактизации и монолитизации исходных реакторных порошков, который затем подвергается ориентационному упрочнению с целью достижения максимально возможных физико-механических характеристик ориентированного материала.

Опубликованные в последние годы научные и патентные исследования показали, что этим методом в лабораторных условиях удастся достигнуть столь же высоких значений разрывных прочностей и начального модуля, как и по методу гель-технологии, который является на сегодняшний день основным промышленным методом получения особо прочных и жестких волокон СВМПЭ на фирмах DSM (Нидерланды) и HONEYWELL (США).

Однако, при практической реализации нового метода встречаются очень большие трудности, в первую очередь связанные с нахождением необходимых значений ММ полиэтилена и оптимальной морфологии реакторных порошков СВМПЭ. В ряде работ показано, что большое значение имеют выбор типа каталитической системы и подбор соответствующих режимов синтеза.

И.Н. Межеумов остановил свой выбор на реально доступных реакторных порошках, синтезированных в ООО «НИО «Сибур-Томскнефтехим» при использовании апробированных в России нанесенных титан-магниевых катализаторах типа ИКТ-8-20, разработанных Институтом катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. Подобные РП, как было показано рядом авторов, с успехом могут применяться при реализации гель-технологии.

В диссертации показано, что действительно данные РП могут быть использованы также для практической реализации «сухого» метода получения высокоориентированных пленочных нитей.

В разделе «Подбор РП СВМПЭ с оптимальной морфологией для твердофазного формования» диссертант приводит результаты сравнительных исследований семи типов РП, существенно различающихся условиями синтеза, значениями получающейся ММ (от  $1,3 \times 10^6$  г/моль до  $7,7 \times 10^6$  г/моль), распределением частиц РП по размерам и, что оказалось очень важным, тонким строением частиц РП, обнаруживаемым только с помощью высокоразрешающей сканирующей электронной микроскопии (РЭМ).

Анализ полученных данных показал, что из всех исследованных РП только один тип порошка (№ 399) обеспечивает возможность получения прекурсора, пригодного для твердофазного формования и удовлетворяющего достаточно строгим требованиям к его характеристикам – ММ около  $4 \times 10^6$  г/моль, диаметр частиц РП – около 50-80 мкм, размер субъ-частиц – от 8 до 14 мкм, малая доля микрофибрилл, связывающих частицы и субъ-частицы.

Большое внимание в диссертации уделено очень важным вопросам – выяснение механизма компактизации и нахождение условий получения прекурсора с однородной плотной структурой из частично-сплюснутых частиц и небольшого количества пор.

Заслуживает внимания вывод о том, что весьма информативным является анализ особенностей формы кривых деформирования РП при комнатной температуре и варьировании условий процесса. Продемонстрирована также эффективность исследования морфологии компактизованных пленок на различных стадиях процесса при изменении условий их получения с целью выявления вкладов упругой, высокоэластической и пластической деформаций РП.

Несомненный интерес представляют результаты оригинальных подходов при изучении процесса монолитизации компактизованного прекурсора под воздействием тепловой обработки и внешнего давления. Найдены оптимальные температурно - силовые и временные условия монолитизации, обеспечивающие возможность дальнейшего ориентационного упрочнения СВМПЭ. И.Н.Межеумов предложил оригинальный ИК-спектроскопический метод охарактеризовывания качества монолитизированных пленок СВМПЭ при анализе особенностей пропускания и рассеяния ИК-излучения. Этот метод позволяет оценить количество рассеивающих частиц, их средний размер и распределение по размерам в образцах, изготовленных из разных типов порошков СВМПЭ, а следовательно, отобрать оптимальный.

Методы ИК-спектроскопии и ДСК с успехом были использованы в работе для выявления зависимости степени кристалличности монолитизированных прекурсоров от технологических условий их получения, что важно для построения модели надмолекулярной организации прекурсора и поиска оптимальных условий последующего их упрочнения.

Проведены предварительные поисковые исследования процесса ориентационного упрочнения полученных в диссертации монолитизированных прекурсоров. Как и ожидалось, для выбранного типа реакторного порошка (№ 399) удалось осуществить ориентационную вытяжку исходных образцов до сравнительно высоких степеней вытяжки -  $\lambda = 22$ . Рентгенодифракционные исследования в больших углах продемонстрировали довольно хорошую степень ориентации кристаллитов вдоль оси ориентации.

Вместе с тем, при осуществлении процесса ориентирования в одну стадию и, по-видимому, на достаточно толстых образцах И.Н. Межеумову удалось достигнуть сравнительно невысоких значений механических характеристик этих материалов – значения разрывных прочностей составляли  $\sigma = 150$  МПа и начального модуля  $E = 750$  МПа. Вполне закономерно, что автор сделал логический вывод о необходимости проведения в дальнейшем ориентационного упрочнения в несколько стадий при тщательном подборе условий вытяжки на каждой стадии, как это осуществляется в ряде исследований.

На основании результатов проделанной работы есть основания ожидать, что в дальнейшем реализация этих весьма трудоемких подходов позволит диссертанту заметно улучшить физико-механические и теплофизические характеристики материалов, получаемых по технологии «сухого» метода упрочнения реакторных порошков СВМПЭ.

Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, выполненное на актуальную тему и на высоком экспериментальном уровне. Приведенные результаты можно классифицировать как новые, обоснованные и имеющие научное и практическое значение. Представленная диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении учёных степеней (п. 9-14), утверждённых постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор – Межеумов Игорь Николаевич - заслуживает присвоения степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Ведущий научный сотрудник ФТИ им.А.Ф. Иоффе РАН

доктор физико-математических наук

В.А. Марихин

10.03.2020

Адрес: 194021, Россия, Санкт-Петербург,

Политехническая ул., 26

E-mail: v.marikhin@mail.ioffe.ru

Тел. +7 812 292 71 39



Подпись \_\_\_\_\_ удостоверяю  
Зав. канцелярией \_\_\_\_\_  
ФТИ РАН \_\_\_\_\_

Марихина В.А.