

## ОТЗЫВ

официального оппонента Р.А. Турусова на диссертацию Аль Хауляни Я.Ф.М. «Морфология и макроскопические характеристики наномодифицированных смесей изопренового эластомера с полиэтиленом низкой плотности», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 02.00.06 - высокомолекулярные соединения.

Основная цель создания и исследования композиций из различных материалов – получение нового качества. Поэтому актуальность темы рассматриваемой работы неизбежна. В данном случае она усугубляется тем, что полимерные композиции, обладающие низкой плотностью и приемлемой жесткостью и прочностью, находят все более широкое применение в разных отраслях техники. Поэтому для сравнительно жестких полимеров, применяемых в качестве конструкционных материалов, основной характеристикой, несомненно, является прочность. В этом плане представляет интерес выявление роли малых добавок в формировании макроскопических свойств смесей полимеров, вклада активности поверхности частиц наполнителя и самой дисперсности частиц.

Работа Я.Ф.М. Аль Хауляни посвящена экспериментальному исследованию влияния малых добавок наноразмерных частиц сажи и алюминия на морфологию и физические свойства смесей изопренового эластомера (СКИ-3) с полиэтиленом низкой плотности (ПЭНП). Подобные полимерные смеси представляют давний и неослабевающий интерес в технологии переработки, в практическом применении и возможностями управления свойствами материалов.

Модификация смесей полимеров малыми добавками наночастиц предоставляет исследователю возможно один из самых доступных и эффективных методов модификации различных свойств этих материалов. В работе Я.Ф.М. Аль Хауляни исследуется как влияние сажи и алюминия на свойства чистого СКИ-3, так и влияние на свойства смеси СКИ-3/ПЭНП.

Автором установлено, что в присутствии наночастиц происходит структурирование компонентов полимерной смеси. Это приводит к созданию кристаллической фазы в эластомере при комнатной температуре и к улучшению физико-механических характеристик полимеров.

Для изучения структурной динамики выбранных смесей диссертант применяет разнообразные современные методы исследования гетерогенных материалов от традиционных механических, диэлектрических до современных структурных оптических и рентгенографических методов, методов инфракрасной спектроскопии, дифференциальной сканирующей калориметрии до электронно-микроскопических и атомно-силовых методов.

Одним из интересных является обнаруженные автором посредством дифференциальной сканирующей калориметрии пики кристаллизации при добавлении наночастиц алюминия у, казалось бы, аморфного при комнатной температуре эластомера СКИ-3. Интенсивность пиков увеличивается с повышением содержания алюминия, но при содержании 5,37 масс. % частиц, высокотемпературный пик исчезает. По-видимому, большое количество частиц приводит к подавлению кристаллизации.

Представляет интерес исследование релаксации напряжения при больших деформациях. А Я.Ф.М. Аль Хауляни предполагает, что при растяжении кристаллизации СКИ-3 начинается именно при больших деформациях (400 % и более). Основанием этому, по мнению диссертанта служит появление «порога» на кривых релаксации напряжений модифицированного эластомера.

Добавление 5 масс. % ПЭНП в СКИ-3 способствует увеличению прочности последнего на 60 %, однако дальнейшее увеличение содержания полиэтилена до 20 масс. % приводит к уменьшению прочности, связанное, по-видимому, с расслоением несовместимых компонентов полимерной смеси.

Из трех объектов исследования: СКИ-3, 95 масс. % СКИ-3 + 5 масс.% ПЭНП, 80 масс. % СКИ-3 + 20 масс.% ПЭНП эффект малых добавок

наночастиц алюминия более резко проявляется в системе СКИ-3 + Al. При модификации смесей: 95 масс. % СКИ-3 + 5 масс.% ПЭНП и 80 масс. % СКИ-3 + 20 масс.% ПЭНП - эффект малых добавок менее выражен. Автор считает, что это связано с уменьшением степени кристалличности матрицы СКИ-3 в смеси с полиэтиленом. В случае применения сажи в качестве малых добавок, аномалии на кривых свойство-состав более ярко выражены на смесях СКИ-3 + ПЭНП. Автор считает, что частицы сажи, которые располагаются в межфазном слое, способствуют улучшению свойств систем.

Диссертационная работа Я.Ф.М. Аль Хауляни посвящена все более редкому научному исследованию – эксперименту. В ходе исследований получен ряд новых интересных результатов, порой вызывающих новые вопросы и желание найти немедленные ответы на них. Диссертант осмысленно овладел разнообразными современными физическими структурными методами исследования материалов. Это является значимым квалификационным признаком при присуждении искомой степени.

Недостатком работы можно считать отсутствие каких - либо попыток модельных представлений и оценок хотя получено и добыто много интересных и порой загадочных результатов. Нет ответа на вопрос, почему в такой большой работе выбраны именно такие два варианта смеси СКИ-3 и ПЭНП.

Есть противоречивые результаты. Например, сделаем некоторые оценки. Добавки в 0,1% по массе – это менее 0,1% по объему. И если представить, что наночастицы распределены равномерно по объему матрицы, то расстояние между ними будет более 9 (девяти) размеров этих частиц. Вряд ли они чувствуют друг друга, тем более влияют на физико-механические характеристики полимера. Даже если приписать поверхности наночастицы особую активность. Но может быть только в электрических свойствах по аналогии, например, с примесными полупроводниками, когда ничтожная доля (много меньше 0,1%) примесей элементов из соседних третьей, либо пятой групп таблицы Менделеева резко меняют свойства исходных

собственно полупроводниковых элементов из четвертой группы Ge или Si. Но по идее автора рассматриваемой работы в случае смесей, когда один полимер – матрица, а второй – наполнитель, наночастицы собираются на границе между ними. Тогда появляется у наночастиц шанс оказывать синергетическое влияние на физико-механические свойства смесей. И опять здесь отсутствуют какие либо модели. Однако автором обнаружены результаты, противоречащие этой гипотезе. Например, эффект малых добавок наночастиц алюминия более резко проявляется в системе СКИ-3 + Al, но не в исследованных смесях полимеров. Обычно противоречивые результаты служат началом нового направления исследований. Добавки около 5% уже проявляют себя плохо. Причина, скорее всего, в склонности наноразмерных частиц к агломерации.

В целом диссертационную работу Я.Ф.М. Аль Хауляни оцениваю положительно, ибо она соответствует всем квалификационным требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. В ней есть новые результаты по влиянию малых добавок наноразмерных частиц на разнообразные структурные и физико-механические параметры полимерных композиций. Применены разнообразные современные структурные методы исследования. И, наконец, она создает платформу для дальнейших исследований и моделирования процессов.

Естественно, ее автор достоин присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения.

Доктор физ.-мат. наук, профессор,  
гл.научн. сотр. ИХФ РАН



/P.A.Турусов/



Собственноручную подпись  
сотрудника Турусова П.А.  
удостоверяю  
Секретарь 