

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Мягковой Кристины Зурабовны

«Влияние деформации в матрице из пластичного металла на механические свойства полимерных композиционных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. – Высокомолекулярные соединения.

Развитие современной техники и технологии постоянно увеличивает потребность в полимерных материалах со специальными свойствами, однако номенклатура промышленных полимеров весьма ограничена, поэтому одним из основных направлений полимерного материаловедения является модификация свойств промышленных полимеров с помощью пластификаторов, наполнителей и др. Так, при введении в полимер неорганических наполнителей, как правило, увеличивается модуль упругости, термостойкость, износостойкость композиционного материала. Введение наполнителей может существенно изменять и такие специфические свойства полимерного материала как электропроводность, огнестойкость, газопроницаемость, магнитные и оптические характеристики. Но введение таких добавок в больших концентрациях может приводить к ухудшению механических характеристик. Поэтому поиск методов, улучшающих механические характеристики полимерных композитов, да и самих полимеров, является весьма актуальным. Именно такой оригинальный способ изменения механических свойств полимеров и дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов с помощью деформации в матрице из пластичного металла и представлен в диссертационной работе К.З. Мягковой. Судя по результатам данной работы, деформация в матрице из пластичного металла приводит к появлению пластичности изначально хрупких полимерных материалов, что, несомненно, подчеркивает **новизну, актуальность и практическую значимость** работы К.З. Мягковой.

Диссертационная работа К.З. Мягковой изложена на 131 странице, включает 72 рисунка, 2 таблицы, 1 приложение и список цитируемой литературы из 145 наименований.

Работа построена традиционно и состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, обсуждения результатов, выводов,

благодарностей и списка цитируемой литературы

Во **Введении** содержится обоснование актуальности темы исследования, сформулированы цель и основные задачи, определена практическая значимость.

Литературный обзор, изложенный в Главе 1, посвящен исследованию разных методов деформирования полимерных материалов. Рассмотрены достоинства и недостатки механического поведения дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов в зависимости от концентрации и частиц наполнителя, а также влияние адгезии полимерной матрицы с наполнителем.

В **Экспериментальной части** Главы 2 проводится описание исходных объектов исследования, детально описаны методики получения полимерных композиционных материалов. Подробно описан использованный в работе метод физико-механического воздействия на полимерные материалы – деформация в матрице из пластичного металла.

Основные результаты диссертационной работы представлены в Главе 3 **«Результаты и обсуждения»**, состоящей из двух основных разделов.

Первый раздел посвящен влиянию трех различных деформационных мод (однонаправленная трехмерная деформация при растяжении, двухмерная деформация, однонаправленная трехмерная деформация при сжатии) на механические свойства индивидуальных полимеров с разной фазовой структурой и различным химическим строением – частично-кристаллические полипропилен (ПП), полибутиленсукцинат-адипинат «Бионол», полиэтилентерефталат (ПЭТФ) и аморфный поликарбонат (ПК). Показано, что деформация в матрице из пластичного металла приводит к т.н. деформационному размягчению (снижение предела текучести) всех полимеров, кроме полимера «Бионол». При этом трехмерная деформация при сжатии приводит к наибольшему эффекту. Наблюдается и деформационное упрочнение полимеров (рост модуля упругости), объясняемое ориентированием макромолекул при деформации в матрице из пластичного металла.

Во втором разделе показано влияние деформационной моды на механические свойства дисперсно-наполненных полимеров, где в качестве полимерной матрицы были выбраны частично-кристаллические ПП и «Бионол», полимеры со сходной фазовой структурой, но с разным

эффектом влияния деформации в матрице из пластичного металла: в отличие от ПП, для полимера «Бионол» не наблюдается деформационного размягчения. В качестве наполнителей применены микро- и наночастицы ZnO , FeO , Al_2O_3 , SiO_2 и TiO_2 . Показано, что деформация композитов в матрице из пластичного металла приводит к подавлению их хрупкого разрушения и приданию им пластичности, что является принципиальным результатом, обеспечивающим практическую значимость работы. Показано также, что при уменьшении размера частиц наполнителя до некоторого порогового значения, определяемого вязкостью адгезионного разрушения, они не отслаиваются при деформации от полимерной матрицы. Так для системы ПП – SiO_2 этот критический размер составляет примерно 1 мкм.

В целом, в работе К.З. Мягковой показано, что деформация полимеров и полимерных композитов в матрице из пластичного металла приводит к ориентированию полимерной матрицы и, как следствие, к увеличению пластичности и прочности материала, препятствуя его хрупкому разрушению. Наиболее эффективным методом обработки полимеров и полимерных композитов с целью направленного изменения их механических характеристик является однонаправленная трехмерная деформация при сжатии. Таким образом, проведенное впервые в работе К.З. Мягковой систематическое исследование деформации полимеров и полимерных композитов в матрице из пластичного металла продемонстрировало фундаментальные отличия такого способа деформации от известных ранее и его практическую значимость для модификации механических характеристик полимеров и полимерных композитов.

Результаты диссертационной работы К.З. Мягковой изложены в 4 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень Минобрнауки РФ и индексируемых WoS. Результаты работы доложены на 6 российских и международных научных конференциях. Автореферат диссертации, изложенный на 28-и страницах, и публикации полностью отражают содержание диссертации.

Но, конечно, как и ко всякой серьезной работе, к работе К.З. Мягковой возникает ряд замечаний, или вопросов, которые не затрагивают принципиальных моментов работы и носят, скорее, дискуссионный характер и пожеланий на будущее.

1. В работе не приведены температуры стеклования использованных полимеров, хотя специалисту понятно, что аморфная часть полимерной матрицы ПП и «Бионол» находится в высокоэластическом состоянии, а ПЭТФ – в стеклообразном. При этом в качестве полностью аморфного полимера для сравнения приведен стеклообразный ПК. В связи с этим непонятно, почему ориентационные эффекты при деформации одинаково влияют как на высокоэластические полимеры, так и на стеклообразные.

2. Нет в работе и данных о степени кристалличности деформированных образцов полимеров. Может ли степень кристалличности меняться при деформации в матрице из пластичного металла? В принципе, ориентирование может приводить к увеличению степени кристалличности и для многих полимеров такие явления возможны, да и полностью аморфный ПК тоже может кристаллизоваться при определенных условиях.

3. Непонятно и как влияет деформация в матрице из пластичного металла на распределение частиц наполнителя в полимерной матрице. Так, на стр. 107 при обсуждении поведения композита ПП-SiO₂ с частицами наполнителя размером около 30 нм говорится об агрегации частиц, но не приводится никаких доказательств. При обсуждении других композитов этот вопрос вообще не обсуждается.

4. И, наконец, в работе есть множество сокращений, также встречаются опечатки и терминологические неточности, мешающие восприятию работы.

Таким образом, диссертационная работа Мягковой Кристины Зурабовны полностью соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Мягкова Кристина Зурабовна, заслуживает присвоения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.7 – «Высокомолекулярные соединения», химические науки.

Официальный оппонент

доктор химических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник лаборатории мембранного газоразделения
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Ордена Трудового Красного Знамени

Института нефтехимического синтеза
им. А.В. Топчиева
Российской академии наук

Алентьев Александр Юрьевич
«02» мая 2023 г.

Контактные данные:

тел.: +7 (495) 6475927(*210); +7(916) 2016855;

e-mail: Alentiev@ips.ac.ru; Alentiev1963@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация:

05.17.18 – Мембраны и мембранные технологии, химические науки

Адрес места работы:

119991, Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, дом 29

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза

им. А.В. Топчиева Российской академии наук

Тел. +7(495) 954-42-67 ; e-mail: tips@ips.ac.ru

Подпись д.х.н., профессора Александра Юрьевича Алентьева заверяю



Ученый секретарь ИХС РАН
д.х.н., доц. Ю.В. Костина