

Предисловие

Общепризнано, что рост потребления пластмасс, а также развитие новых и специальных их применений связаны с прогрессом в области создания многокомпонентных, многофазных полимерных систем. К ним относятся смеси, сплавы, композиционные и вспененные материалы. Наполнители являются существенными компонентами многофазных композиционных структур; обычно они образуют вторичную, диспергированную фазу в полимерной матрице.

Растущий интерес к использованию не непрерывных наполнителей в качестве средства снижения стоимости формовочной массы возник около 30 лет назад, когда рост цен на нефть потребовал замещения дорогих полимеров на более дешевые добавки. Когда такие добавки оказывали еще и благоприятный эффект на определенные механические свойства (главным образом, на модуль и прочность), они получали название «усиливающие наполнители». С тех пор прилагались значительные усилия для расширения применений (и функций) имеющихся наполнителей посредством: а) оптимизации формы и размера частиц; б) разработки материалов с улучшенными свойствами с помощью обработки поверхности; в) развития эффективных методов внедрения их в пластмассы.

Термин «наполнитель» имеет очень широкое значение и включает в себя обширный круг материалов. Мы в этой книге произвольно отнесем к наполнителям множество природных и синтетических твердых частиц (неорганических и органических), которые могут иметь неправильную или игольчатую форму, или быть в виде волокон или чешуек, и которые в большинстве случаев вводятся в разумно большом объеме в пластмассы (главным образом, термопласты). Непрерывные волокна или ленты сюда не входят. Эластомеры также не включены в это определение, как и многие другие специальные добавки, используемые в малых концентрациях (например, пигменты, лубриканты, катализаторы и т. д.).

Среди получивших наибольшую известность справочников по наполнителям, вышедших на английском языке за последние 25 лет, назовем подробные работы, изданные Кацем и Милевски (1978, 1987), и Цвайфелем (2001), а также монографию Выпиха (2000). Последняя не является справочником, перечисляющим конкретные наполнители в соответствии с их видовой химической структурой или

названием, а является скорее исчерпывающим и современным собранием (выполненным в единообразной форме) взаимосвязей в ряду структура/свойства/обработка для термопластичных композиционных материалов, содержащих не непрерывные наполнители, которое может помочь найти новые рынки и применения. Для удобства наполнители сгруппированы в соответствии с их первичными функциями, связанными с модификацией: а) механических свойств; б) огнестойкости; в) электрических и магнитных свойств; г) поверхностных свойств, и д) обрабатываемости. Каждый наполнитель всегда имеет ряд дополнительных функций. Примерами могут служить усиление способности к разложению, биоактивность, поглощение излучения, улучшение амортизации, повышение размерной стабильности, снижение проницаемости и пониженная плотность.

Функциональные наполнители были в фокусе внимания Международных конференций — таких как организуемые в течение последних 10 лет корпорацией *Intertech* в Северной Америке и Европе, на которых присутствовал редактор и некоторые из авторов этой книги, а также проводимые с двухгодичным интервалом конференции «*Eurofillers*». Анализируя интерес, проявленный на этих конференциях, становится ясно, что имеется потребность в издании, которое охватит современные технологии, применяемые к «массовым» наполнителям, и сравнит их с новыми технологиями и возникающими применениями, которое будет отражать многофункциональный характер новых или модифицированных известных наполнителей. Примерами прогресса в последней категории являются нанопластины с высоким аспектным отношением, производимые дефолиацией органоглин; наноразмерные оксиды металлов, углеродные нанотрубки, сверхтонкая слюда, TiO_2 и гидроксипатитовые частицы, керамеры и ормосилы, новые реологические модификаторы и усилители адгезии, а также расширение применения натуральных волокон. Это издание адресует инженерам, ученым и технологам, вовлеченным в важный для промышленности сектор полимерных добавок и композитов.

Книга разделена на три основные части:

Часть I, озаглавленная *Полимеры и наполнители*, содержит общее введение в полимерные композиционные материалы, представление параметров, влияющих на механические и реологические свойства полимеров, содержащих функциональные наполнители, и обзор оборудования для смешения и составления компаундов и методов введения наполнителей в расплавленные и жидкие полимеры.

Часть II сфокусирована на теме *Поверхностные модификаторы и добавки, усиливающие взаимодействие*, направленное на улучшение эффективности функциональных наполнителей; в этой части имеются разделы по силанам, титанатам, функционализированным полимерам и разнообразным низкомолекулярным реакционным добавкам.

В части III *Наполнители и их функции* систематично описаны наиболее важные органические и неорганические функциональные наполнители и приведены примеры существующих и возможных их применений в пластмассах. Наполнители сгруппированы в семь семейств; каждое из которых представляет главную функцию наполнителя:

- *Модификаторы с высоким аспектным отношением механических свойств* с подробным описанием стекловолокон, чешуек слюды, наноглин, углеродных нанотрубок и углеволокон, а также натуральных волокон; главы 7–11.

- *Модификаторы с высоким аспектным отношением механических свойств* с подробным описанием талька, каолина, волластонита, древесной муки и карбоната кальция; главы 12–16.

- *Огнестойкие добавки* с особым вниманием к гидроксидам металлов, но также с рассмотрением сурьмянистого ангидрида, полифосфата сурьмы, солей борной кислоты и стекол с низкой температурой плавления; глава 17.

- *Модификаторы электрических и магнитных свойств* с особым вниманием к углеродной саже, но также с рассмотрением включений из металлических частиц и различных магнитных наполнителей; глава 18.

- *Модификаторы поверхностных свойств* с дальнейшим их делением на: а) твердые лубриканты/трибологические добавки, включающие сульфид молибдена, графит, ПТФЭ и нитрид бора; б) антиблокирующие наполнители, такие как кремнезем; глава 19.

- *Технологические добавки*, включая реологические модификаторы, такие как MgO и коллоидный диоксид кремния, и технологические стабилизаторы, такие как гидроталькиты; глава 20.

Под названием *Специальные наполнители* (главы 21–23) рассмотрено множество многофункциональных неорганических материалов. Среди них: а) *стеклянные и керамические шарики* в роли реологических модификаторов и служащих либо для усиления размерной стабильности (твердые шарики), либо для уменьшения веса (полые шарики); б) множество фосфатных, карбонатных и силикатных солей кальция, а также специальные стекла, проявляющие *биоактивность* при использовании в тканевой инженерии; в) создаваемые *in-situ* наполнители, такие как *органо-неорганические гибриды*, выполняющие важную функцию модификаторов механических или поверхностных свойств (в зависимости от системы).

Что касается коммерчески-доступных наполнителей, авторам глав раздела III было предложено придерживаться общей схемы (в широком смысле) подачи информации, которая должна включать: а) методы производства соответствующего наполнителя; б) его структуру и свойства; в) список основных поставщиков с предоставлением информации о доступности и ценах; г) обсуждение проблем экологичности/токсичности, в том числе предельные экспозиции, указанные компетентными инстанциями; д) заключительный раздел о применениях, в котором рассматриваются первичные и вторичные функции каждого наполнителя, а также представлены данные о специфических свойствах и информация о современных и возникающих рынках.

Многие авторы использовали правительственные и коммерческие веб-сайты в качестве источников данных по изменениям в Справочных листках безопасности изделия и информации по величинам порогового предела (ПДК) для концентрации в воздухе пыли наполнителя на рабочем месте. Достоверная информация о возможных рисках для здоровья человека или окружающей среды исключительно

важна для работающих и потенциальных пользователей существующих наполнителей или новых наполнителей различного происхождения и с различными характеристиками размера/формы частиц. Следует признать, что проблемы воздействия на здоровье были в прошлом причиной изъятия некоторых пластиков с рынков натуральных и синтетических волоконных наполнителей с уникальными свойствами, таких как хризотилловые асбесты, микроволокна, нитевидные кристаллы, и недавно регламентированное низкое содержание кристаллического кремнезема в минеральных наполнителях.

При подаче различных тем этой книги предпринимались усилия, чтобы главы были самодостаточными в части цитированной литературы, аббревиатур и символов. Хотя, возможно, это привело к повторам информации, такой подход будет полезен для читателей, интересующимся лишь отдельными главами книги. Для упрощения перекрестного цитирования все таблицы, рисунки и уравнения пронумерованы в обозначениях главы, в которой они впервые появляются.

Авторы, внесшие вклад в эту книгу, имеют большой авторитет в области наполнителей и усиливающих элементов для пластиков; они представляют промышленность, академическую науку, консультативные и прикладные научно-исследовательские организации. Их различный опыт и подход нашел отражение в содержании написанных ими глав, стиле изложения расстановке акцентов предлагаемой информации. Мне хотелось бы поблагодарить моих коллег из Института переработки полимеров (д-ров Дэвидсона, Пэйтеля, Тодда), из промышленности (д-ров Эштона, Дея, Мака и Вайссенбаха, а также Дуку, Камену и Монта), из академических учреждений (д-ров Флариса Икбаля, Маша и Ротона, из государственных лабораторий США (д-ров Клемонса и Колфилда) и наших аспирантов в Технологическом институте Нью-Джерси (мисс Чузоури и м-ра Гойала) за их тяжелый труд и прекрасное сотрудничество и терпение в течение длительного издательского процесса. Особую благодарность приношу моим друзьям и сотрудникам за многолетнюю совместную работу в области полимерных композиционных материалов — д-ру Ленно Маша из Лафборского университета, Великобритания, и д-ру Улку Уильмазеру из Средне-восточного технического университета, Турция, за прочтение глав 1 и 2 и полезные предложения, направленные на их улучшение. Наконец, горячо благодарю д-ра Майкла Яффе за его вклад в главу 22, а также многих своих коллег и студентов-дипломников, с которыми я был связан в течение своей 30-летней работы в промышленности и науке, связанной с модификацией полимеров и многокомпонентных полимерных систем. Их активность способствовала формулированию концепции и подбору информации для этой книги.

Маршино Ксантос