

6. Klantcshitsch, T. Influence of milk treatment and ripening condition on quality of Raclette cheese / T. Klantcshitsch, H.P. Brachmann, Z. Puchan // *Lait*. — 2000. — Vol. 80.
7. Hugenholtz, J. van Hylckama Vlieg J.E.T. Monitoring cheese ripening: new developments / Hugenholtz, J. van Hylckama Vlieg J.E.T. // *Improving the flavor of cheese*, Woodhead Publishing Ltd. — Cambridge, UK, 2007.
8. Marilley, L. Flavours of cheese products: metabolic pathway, analytical tools and identification of product strains / L. Marilley, M.G. Casey // *Int. J. Food Microbiol.* — 2004. — Vol. 90.
9. Contribution of several cheese-ripening microbial associations to aroma compound production // A. Kenza [et al] // *Lait*. — 2004. — Vol. 84.
10. Yvon, M. Cheese flavor formation by amino acid catabolism // M. Yvon, L. Rijnen // *Int. Dairy J.* — 2001. — Vol. 11.
11. Piveteau P. Metabolisme of lactate and sugars by dairy propionibacteria: a review / P. Piveteau // *Lait*. — 1999. — Vol. 79.
12. Crow, V.L. The effect of succinate production on other fermentation products in Swiss-type cheese / L.V. Crow, K.W. Turner // *N.Z. J. Dairy Sci. Technol.* — 1986. — Vol. 21.
13. Sebactiani, H. Succinatbildung durch Propionsaurebakterien Eine Ursache der Nachgarung von Emmentaler? / H. Sebactiani, E. Tschager // *Dtsch. Mol. Ztg.* — 1993. — Vol. 114.
14. Izco, J.M. Papid simultaneous determination of organic acid, free amino acid and lactose in cheese by capillary electrophoresis // J.M. Izco, M. Tormo, R. Jimenez-Flores / *J. Dairy Sci.* — 2002. — Vol. 85.
15. Rychlik, M. Flavor and off-flavor compounds of Swiss Gruyere cheese. Identification of key odorants by quantitative instrumental and sensory studies / M. Rychlik, J.O. Bosset // *Int. Dairy J.* — 2001. — Vol. 11.
16. Butikofer, U. Development of free amino acids in Appenzeller, Emmentaler, Gruyere, Raclette, Sbrinz and Tilziter cheese / U. Butikofer, D. Furchs // *Lait*. — 1997. — Vol. 77.
17. Rychlik, M. Ripening of Emmental cheese wrapped in foil with and without addition of *Lactobacillus casei* subsp. III. Analysis of character impact flavour compounds / M. Rychlik, R. Warmke, W. Grosch // *Lebensm. Wiss. u Technol.* — 1997. — Vol. 30.
18. Izco J.M. Characterization of volatile flavor compounds in Roncal cheese extracted by the «purge and trap» method and analyzed by GC-MS / J.M. Izco, P. Torre // *Food chem.* — 2000. — Vol. 70.
19. Dirinck, P. Flavor characterization and classification on cheese by gas chromatographic-mass spectrometric profiling / P. Dirinck, De Winne A. // *J. Chromatogr. A.* — 1999. — Vol. 847.
20. Propionibacterium freudenreichii strains quantitatively affect production of volatile compounds in Swiss cheese / A. Thierry [et al] // *Lait*. — 2005. — Vol. 85.

Статья поступила  
в редакцию 01.03. 2012 г.

**А.Н. ЗОТКИНА**

## **ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ И СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Настоящее время отличается высокими темпами научно-технического прогресса. Бурное развитие современной техники требует все новых материалов с заранее заданными свойствами, со сверхвысокой прочностью, твердостью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью, другими характеристиками и сочетанием этих свойств. При этом открытие принципиально новых материалов происходит крайне редко. Требуются полимерные материалы с новыми свойствами, но их создание и освоение практически отсутствует. Поэтому модификация известных полимеров и комбинирование их с различными веществами и между собой является сегодня одним из основных способов изобретения новых композиционных материалов.

*Анастасия Николаевна ЗОТКИНА, ассистент кафедры товароведения непродовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета.*

Композиционные материалы (композиты) — многокомпонентные материалы, состоящие из полимерной, металлической, углеродной, керамической или другой основы (матрицы), армированной наполнителями из волокон, нитевидных кристаллов, тонкодисперсных частиц и др. Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств. Целью создания композиционного материала является объединение схожих или различных компонентов для получения материала с новыми заданными свойствами и характеристиками, отличными от свойств и характеристик исходных компонентов.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) первого поколения — это изотропные материалы, наполненные дисперсными частицами, имеющие более высокий, чем исходный полимер, уровень свойств. Совершенствование таких ПКМ связано с использованием наноразмерных наполнителей, благодаря которым композиции приобретают ценный комплекс эксплуатационных свойств даже при малом объеме наполнителя.

Материалы второго поколения — анизотропные гетерофазные композиции на основе непрерывных армирующих высокопрочных высокомодульных волокон и терморезистивных или термопластичных матриц. Интеллектуализация таких материалов — переход к ПКМ третьего поколения. Модификация структуры материалов специальными компонентами, разработанными на основе достижений микро- и нанотехнологий, превращает ПКМ в самодиагностирующиеся и адаптирующиеся к внешним воздействиям интеллектуальные ПКМ.

Существует ряд преимуществ полимерных композиционных материалов над традиционными видами материалов (металлов, керамики, дерева и т. п.):

1) уникальное сочетание свойств, нехарактерное для других материалов (прочностных, деформационных, ударных, упругостных, температурных, адгезионных, электрических, фрикционных, теплопроводных и др.);

2) возможность управления свойствами ПКМ путем простого изменения состава и условий получения;

3) сохранение основных достоинств полимеров;

4) сравнительная легкость переработки.

С целью создания материалов с заданными свойствами базовые полимеры смешивают с другими веществами. Как правило, современные полимерные материалы являются многокомпонентными системами, в которых наряду с полимерной основой присутствуют различные добавки. Содержание добавок в полимерной композиции может изменяться в очень широких пределах. В зависимости от поставленной задачи, вида, добавки и природы полимера оно может составлять от долей процента до 95 %.

Введением добавок можно изменять физико-механические, теплофизические, оптические, электрические, фрикционные и другие эксплуатационные характеристики исходного (базового) полимера. В качестве добавок выступают наполнители, пластификаторы, стабилизаторы и др.

Выбор тех или иных добавок для создания отвечающей требованиям композиции связан с их влиянием на ее свойства. Добавки могут присутствовать в полимерной композиции в виде новой фазы или термодинамически совмещаться с полимерной основой, не изменяя ее фазовую структуру.

Большую группу композиционных полимерных материалов составляют армированные пластики, в которых в качестве полимерной матрицы применяются различные терморезистивные и термопластичные полимеры, а

для арматуры используются волокнистые и листовые материалы из стекла, полимеров, базальта, углерода и других материалов. Армированные пластики широко применяются в авиационно-космической технике, различных отраслях машиностроения, строительстве, при изготовлении аттракционов, водных горок, бассейнов, спортивного инвентаря и других товаров народного потребления.

Наибольшее распространение получили армированные полимерные композиты с использованием в качестве арматуры текстильных материалов на основе стекловолокна (стеклопластики), что связано с его доступностью, низкой стоимостью и высокими прочностными свойствами.

Наиболее широко для получения полимерных композиционных материалов используются армирующие наполнители на основе стеклянного волокна. Химический состав стекла влияет на свойства волокна и в конечном итоге на свойства композиционных материалов. Основу стекол, используемых для производства волокон, составляют оксиды кремния, алюминия, магния, кальция. Кроме того, для достижения специальных свойств в стеклянную массу добавляют в небольших количествах оксиды бора, натрия, циркония и др.

Для армирования стеклопластиков применяются наполнители в виде нитей и жгутов (ровингов), ткани и сетки, нетканые материалы в виде матов, трикотажные полотна, рубленые волокна и др.

Применение углеродных волокон для получения полимерных композиционных материалов позволило решить ряд новых технических задач, что связано с уникальностью свойств армирующих материалов на основе углерода. Так, углеродные волокна обладают высокими прочностными характеристиками, низкой плотностью, тепло- и электропроводностью, химической стойкостью, низким температурным коэффициентом линейного расширения, высокой устойчивостью к ионизирующему излучению, низким коэффициентом трения и др.

Благодаря этому армированные углеродными волокнами полимеры (углепластики) нашли применение в ракетостроении и химическом машиностроении, авиационной и космической технике, в производстве спортивного инвентаря и строительных изделий.

Отличительные особенности углепластиков, которыми они обладают благодаря углеродным волокнам, — высокая прочность при чрезвычайно высоком модуле упругости и низких плотности и ползучести. Кроме того, у них очень высокая теплостойкость и устойчивость к термическому старению. Они длительно (500—1 000 ч) выдерживают механические напряжения при одновременном воздействии температур до 200 °С. Эти материалы обладают в 2—3 раза более высокой усталостной прочностью, чем стеклопластики.

Среди несовершенств углепластиков — недостаточная трещиностойкость и более высокая чувствительность к концентрации напряжения. Чередование в структуре материала армирующих наполнителей различной химической природы позволяет устранить названные недостатки. С этой целью производят комбинированные ткани на основе смесей стеклянных и углеродных волокон.

Довольно широко для получения армирующих волокон используются высокопрочные высокомодульные полимеры, которые в силу своего химического строения обладают чрезвычайно высокими прочностью (до 5,0—5,5 ГПа) и модулем упругости (до 160—180 ГПа), они термо- и теплостойки, устойчивы к воздействию органических растворителей, нефтепродуктов и минеральных масел [2]. Такие волокна выпускаются в разных странах под различными названиями, например, армос, кевлар. Из них из-

готовавливают комплексные нити, жгуты, ленты, ткани, нетканые материалы и другие армирующие наполнители.

Отличные результаты получены путем создания гибридных конструкционных материалов, в которых в качестве арматуры композита послойно используются полимерные и углеродные или стеклянные волокна. Использование стеклянных и углеродных волокон позволяет улучшить сопротивление материала сжатию. А наличие в таких композитах полимерных волокон делает материал устойчивым к растяжению и изгибу.

Свойства армированных полимерных материалов зависят от их состава, структуры и технологии. Знание этих зависимостей позволяет конструировать материалы и изделия с требуемым уровнем свойств. Возможность встраивания в структуру такого композита элементов, способных реагировать на изменение окружающей среды, позволяет создать «интеллектуальные» материалы, которые способны адаптироваться к изменяющимся условиям с целью самосохранения, поддержания возможности исполнять свои функциональные свойства и обеспечения работоспособности всей конструкции в новых условиях.

«Интеллектуальные» способности композиционным материалам обеспечивают входящие в состав компоненты с памятью формы, сплавы с магнитными свойствами, волоконно-оптические датчики, пьезоэлектрические датчики, электрореологические жидкости и другие элементы, обладающие несколькими нелинейно изменяющимися характеристиками.

Наличие волоконно-оптических датчиков позволяет в режиме реального времени получать информацию о поведении изделия из «интеллектуального» материала и уже на начальной стадии обнаружить изменения его структуры задолго до появления необратимых деформаций.

Современные «интеллектуальные» материалы не только способны анализировать уровень воздействия окружающей среды, но и адаптироваться к ее изменению. Такое поведение «интеллектуальных» материалов достигается, например, использованием в их составе металлических волокон или лент с памятью формы.

Реакцией таких материалов на изменение температуры является изменение формы при нагревании: криволинейное волокно может выпрямляться, а при охлаждении вновь принимать первоначальную форму. Будучи встроенным в структуру полимерного композита, оно «заставляет» и его принимать соответствующую форму и размеры. Внутри металлов «с памятью» формы при ее изменении возникают огромные напряжения, достигающие более 100 МПа.

Кроме металлов «с памятью» формы, применяются и полимеры, способные «запоминать» свою конфигурацию и изменять объем при изменении напряженного состояния.

Еще один способ создавать «интеллектуальные» материалы заключается во встраивании в их структуру капсул размером около 1 мкм с магнито- и электрореологической жидкостью, в которой содержатся сегнетоэлектрические и электретные частицы.

Использование в структуре «интеллектуального» материала керамических волокон с пьезоэлектрическими свойствами позволяет создавать материалы с виброгасящими свойствами.

Создание «интеллектуальных» материалов на базе полимеров открывает принципиально новые возможности разработки современной техники. Их использование дает возможность эксплуатировать эту технику при критических нагрузках в условиях, когда никакие другие способы контроля состояния материала и корректирующего воздействия на него не могут быть применены по конструктивным или технологическим причинам.

Одним из перспективных направлений в науке о полимерах и материаловедении последних лет является разработка принципов получения полимерных нанокомпозитов.

Полимерные нанокомпозиты — это полимеры или сополимеры, включающие наночастицы. Согласно терминологии, принятой IUPAC (Международный союз теоретической и прикладной химии), наночастицы — это частицы, размеры которых не превышают 100 нм [2]. Наночастицы могут быть различной формы (например, пластины, трубки, сфероиды), но, по крайней мере, в одном измерении они должны быть от 1 до 50 нм. Полимерные нанокомпозиты принадлежат к категории мультифазных систем (смеси, композиты и пены), составляющих около 95 % производства пластмасс. Производство данных систем требует контролируемого смешивания, стабилизации полученного распределения наночастиц, ориентации дисперсной фазы.

Одним из самых существенных технологических достижений в промышленности пластмасс за последние годы стало развитие полимерных нанокомпозитных материалов, т. е. полимерных смол, содержащих наноразмерные компоненты, например, наноглины или углеродные нанотрубки. Введение от 2 до 5 % нанокomпонентов для формирования нанокомпозитного материала является важным новым средством модификации физических свойств смолы. Основными полезными результатами становятся улучшение механических свойств, повышение жесткости и формоустойчивости, улучшение барьерных качеств, повышение огнестойкости и электропроводности.

Самыми широко известными и первыми нашедшими коммерческое применение типами наноразмерных наполнителей являются наноглины (алюмосиликатный материал с наноразмерной зернистостью) и углеродные нанотрубки. В настоящее время наноглины являются нанокomпонентами, чаще всего используемыми в нанокомпозитных пластиковых материалах, и благодаря их малой стоимости имеют самую широкую коммерческую жизнеспособность. И наноглины, и нанотрубки обеспечивают улучшение конструкционных, тепловых, барьерных и огнестойких качеств пластмасс. Кроме того, углеродные нанотрубки повышают электропроводность материалов.

Ассортимент наполнителей нанокомпозитных материалов довольно широк. Разработаны и используются композиции с наноразмерными компонентами различной химической природы — углеродными, неорганическими (металлическими, керамическими), органическими. Наноструктурированные материалы содержат следующие получаемые различными способами наноразмерные компоненты (наполнители):

- углеродные: фуллерены, фуллериты, астралены, однослойные нанотрубки;
- многослойные нанотрубки, углеродные нановолокна, наносажи, молекулярные алмазы;
- металлические: наночастицы, нанопорошки, нановолокна;
- керамические: стеклянные наночешуйки, хлопья, пластины нанослюды, наночастицы кремниевой кислоты, оксидов кремния, алюминия, цинка, индия, карбида вольфрама, органомодифицированные слоистые силикаты, бентониты «наноглины», нанотрубки галлуазита и других минералов, оптически прозрачные хлопья толщиной менее 5 нм;
- полимерные: элементоорганические полимеры с ионно-кластерными, ионно-доменными нанофазами размером 1—100 нм, образующимися в процессе синтеза; разветвленные звездообразные дендримеры, гиперразветвленные наномолекулы; наномолекулы с внутренней электропровод-

ностью (допированный политиофен); нановолокна из природных фибриллы, конопля.

Особый интерес представляют нановолокна полиэдрального олигомерного силсесквиоксана — наночастицы с нанопористой матричной структурой, состоящие из органических и неорганических объектов, фибриллы — многостенные нанотрубки с закрытыми концами, нанопластины — тонкие хлопья толщиной менее 5 нм, нанопроводники и нанонити.

Высокая удельная поверхность (отношение площади поверхности к объему) наночастиц приводит к существенному отличию их физических, электронных, механических, оптических свойств от свойств материалов со структурными элементами, имеющими микронные и субмикронные размеры. Наполнение полимеров наноразмерными наполнителями имеет следующие преимущества:

- повышает упругопрочностные свойства, деформационную теплостойкость, трещиностойкость, стабильность размеров изделий;

- позволяет создавать материалы с требуемыми электрическими, магнитными, оптическими свойствами, с регулируемой скоростью диффузии газов и жидкостей;

- используется при разработке лаков, эмалей, клеев, полимерных пленок и покрытий с высокой твердостью, износостойкостью, электропроводностью, оптической прозрачностью, барьерными свойствами, способностью к самоочищению; наномодифицированных гидрофильных и гидрофобных покрытий, в том числе защитных для изделий электроники и сенсорики.

В росте объема применения наноконкомпозитных материалов лидирует автомобильная промышленность. Электропроводные нанополимеры стали основными композитными материалами для топливных трубопроводов, в которых они заменили традиционную сталь для предотвращения накопления статических зарядов. Компания «Хиперион Катализис» заявляет, что более чем 60 % автомобилей, изготавливаемых сегодня в США, оборудованы ее продукцией, содержащей нанотрубки [3]. Также были созданы электропроводные полимеры для покрытия внешних кузовных деталей. Большой коммерческий интерес вызывают композиты с наноглинами, применяемые при производстве упаковочных материалов для пищевых продуктов. Ожидается, что их использование значительно продлит срок хранения многих пищевых продуктов.

Таким образом, современная наука о полимерах позволяет конструировать на их основе материалы с заданными свойствами, отличающимися на несколько порядков. Достигается это путем создания композиционных материалов с использованием различных ингредиентов: стеклопластики, углепластики, гибридные ПКМ.

Перспективным направлением развития ПКМ является производство «интеллектуальных» полимерных композитов, т. е. материалов, которые способны адаптироваться к изменяющимся условиям с целью самосохранения, поддержания возможности исполнять свои функциональные свойства и обеспечения работоспособности всей конструкции в изменившихся условиях.

Однако наибольшим коммерческим спросом сегодня пользуются полимерные наноконкомпозиты, несмотря на высокую стоимость исследований, так как пока не имеют достойной конкуренции при разработке принципиально новых материалов с заданными свойствами.

Сфера их применения охватывает такие важные отрасли промышленности, как электротехника, производство средств связи, автомобилей, спортивного инвентаря, пищевой упаковки, антикоррозийных покрытий

толщиной 1—5 нм, устойчивых красителей, новых огнезащитных и сверхпрочных материалов, высококачественных волокон и пленок.

Вот почему основной тенденцией последних лет становится вытеснение традиционных материалов и даже популярных ПКМ наноккомпозитами в силу уникальности их свойств и открывающихся возможностей развития науки и промышленности.

### Литература и электронные публикации в Интернете

1. Бобович, Б.Б. Полимерные композиционные материалы / Б.Б. Бобович // Инновации в профессиональном образовании. Материаловедение [Электронный ресурс]. — ИАЦ МГИУ, 2007. — Режим доступа: [http://www.ics2.ru/articles/index.php?ELEMENT\\_ID=5048](http://www.ics2.ru/articles/index.php?ELEMENT_ID=5048). — Дата доступа: 25.11.2011.

2. Вшивков, С.А. Полимерные композиционные наноматериалы / С.А. Вшивков // Урал. гос. ун-т им. Горького [Электронный ресурс]. — 2010. — Режим доступа: [http://elar.usu.ru/bitstream/1234.56789/3568/7/1358540\\_presentation\\_ch\\_1.pdf](http://elar.usu.ru/bitstream/1234.56789/3568/7/1358540_presentation_ch_1.pdf). — Дата доступа: 28.11.2011.

3. Росато, Д. Наноккомпозитные пластмассы: технологии, стратегии, тенденции / Д. Росато // Новые химические технологии. Аналит. портал хим. пром-сти [Электронный ресурс]. — 2006. — Режим доступа: [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=291](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=291). — Дата доступа: 30.11.2011.

Статья поступила  
в редакцию 01.03.2012 г.

### ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР БГЭУ представляет

**Технология и автоматизация делопроизводства:** учеб. пособие: в 2 ч. / В.В. Паневчик [и др.]; под ред. В.В. Паневчика. — Минск: БГЭУ, 2012. — Ч. 2. — 335 с.

Освещены вопросы государственного регулирования процессов управления документами в электронном виде. Охарактеризованы автоматизированные системы документационного обеспечения управления (АС ДОУ), их задачи и функции, современное состояние рынка; вопросы подбора и внедрения АС ДОУ, оценка их экономической эффективности и окупаемости. Рассмотрены комплексные автоматизированные системы управления информацией, роль офиса как элемента технического обеспечения управления организацией.

Для студентов экономических специальностей вузов, чья деятельность будет протекать в офисе: менеджеров, маркетологов, экономистов, административных работников, юристов, а также секретарей, специалистов по IT-технологиям и бизнесменов.

□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□. □□□□□□□□.  
□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□. □□□□□□□□.