

XXPERIENCE US!



Установите новые стандарты с Leistritz Extrusionstechnik!

- Инжиниринг для экструзионных линий будущего
- Убедительные технологии линейки двухшнековых экструдеров ZSE MAXX
- Независимо от направления – мастербатч, компаундинг, прямая экструзия – везде мы чувствуем себя как дома

extruder@leistritz.com | extruders.leistritz.com

ТЕМА НОМЕРА
Спецрепортаж: практика переработки пластмасс

СПЕЦТЕМА
Измерение, контроль, термостатирование

EMPOWERING EFFICIENCY



X COMB ГИБКАЯ МИНИ-СУШИЛКА

- ПОСТОЯННАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
- АВТОАДАПТАЦИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА
- ЭКВАЛАЙЗЕР ТОЧКИ РОСЫ ДО -62°C

Подпишитесь на нас



www.moretto.ru
info@moretto.ru
+7 920 111 9947



Павильон 11
Стенд H57
Стенд E65



EMPOWERING PLASTICS

Структурное подразделение МГТУ им. Н.Э. Баумана МИЦ «Композиты России» занимается инжинирингом в области композиционных материалов уже 8 лет. За этот период в базовых отраслях промышленности и народного хозяйства было реализовано более 150 проектов, а мировая наука обогатилась уникальным опытом решения задач, к которым специалисты не могли подступиться долгие годы



Фото МИЦ «Композиты России»

Самовосстанавливающиеся КОМПОЗИТЫ

С 1960-х годов известно, что углепластики легче и прочнее, чем традиционные авиационные материалы, в частности металлы. Тем не менее компоненты гражданских самолетов из углепластиков не проектировали. Причина была прежде всего в том, что в отличие от углепластика металл как изотропный материал предсказуем: его свойства проявляются во всех направлениях молекулярной структуры одинаково. Если уронить молоток на металлическое крыло, то сразу видно, осталась вмятина или нет, допустима данная нагрузка или нет. На деталях же из углепластика повреж-



дения чаще всего не видны, так как начинаются с незаметных человеческому глазу микротрещин.

Только в XXI веке ученые пришли к технологиям, позволяющим задавать структуру и свойства композитов. Направлений, в которых развивается данный сегмент материаловедения, огромное количество: конструкционные материалы, биоматериалы, неорганические, органические, полимерные, ткани на основе природных соединений. «Около 20 лет назад первые исследования положили начало работе по созданию «умных» материалов — композитов, способных к самовосстановлению. Но специалисты нашего центра выбрали подход к решению этой проблемы, который,

по нашему мнению, наиболее элегантен с химической точки зрения», — отмечает директор МИЦ «Композиты России» МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н. Владимир Нелюб.

Одним из основных направлений работы МИЦ «Композиты России» является получение материалов со свойством самовосстановления. Это композиты, которые умеют возвращать свою первоначальную структуру и механические свойства, нарушенные в результате повреждений, чаще всего под воздействием тепла или света. Данные материалы можно разделить на две большие группы: с примесным или беспримесным самовосстановлением.

В первом случае все достаточно просто: можно

Директор МИЦ «Композиты России» МГТУ им. Н.Э. Баумана Владимир Нелюб (слева) и руководитель химической лаборатории центра Александр Полежаев





взять полимер и внутри него распределить капсулы, в которых находится жидкий клей. Если повредить полимер, то из этой капсулы вытекает жидкость, которая заполняет поверхность трещины и полимеризуется. Клей взаимодействует с кислородом (воздух в трещине) или с катализатором, заранее введенным в матрицу, но не контактирует с жидкостью в капсуле. Другой вариант: жидкость помещают в полые трубки, из которых делают сетку, и располагают ее внутри полимерного материала.

С таким способом самовосстановления возникает несколько проблем. Во-первых, оно возможно только однократно. Если капсула лопнула и жидкость из нее вытекла, то второй раз в этом месте самовосстановления уже не будет. Во-вторых, если капсулы или трубки располагаются внутри материала, то это ухудшает его собственные механические свойства, потому что вокруг капсул образуются концентраторы напряжений. Получается, что если вводить мало капсул, то вероятность того, что трещина заполнится мономером, низка; если вводить много капсул, то ухудшаются характеристики самого материала.

Вторым способом является беспримесное самовосстановление. Оно заключается в том, что все компоненты, входящие в состав полимера, заранее проектируются таким образом, чтобы они умели обратимо образовывать химические связи между своими частями. Существует набор обратимых реакций. Например, если смешать компонент А с компонентом Б, то получится компонент АБ. Однако стоит погреть эту композицию или посветить

на нее лучом с другой длиной волны, как связь А и Б разрывается. Важно, что такую реакцию сочетания/разрушения можно проводить бесконечное количество раз.

Учеными МИЦ «Композиты России» была получена серия самовосстанавливающихся беспримесных полиуретанов с различным содержанием отвердителя. В результате проведенных термических и механических испытаний была подобрана оптимальная рецептура, обеспечивающая необходимую степень «самозалечивания» материала.

К сожалению, трещины, которые такие материалы способны самостоятельно восстанавливать, достаточно малы — их размер около 200–300 мкм. При этом нужно помнить, что вся прочность углепластиков и стеклопластиков заключена в углеродном волокне. Разница в прочности между волокном и полимерной матрицей весьма существенна. Задача полимерной матрицы состоит в том, чтобы распределять нагрузку на углеродное волокно. Любое разрушение начинается с полимерной матрицы и должно на ней заканчиваться. Если же дело дошло до разрушения углеволокна, то повреждение материала необратимо. Задача состоит в том, чтобы в случае незначительных повреждений успевать предотвращать дальнейшее разрушение. Ведь если разрушится матрица, то рассыплется весь композит.

Идея бауманских композитчиков состоит в том, чтобы материал, который уже прослужил определенное количество времени, после проведения так называемого технического обслуживания мог вернуть себе изначальные механические свойства,

то есть процесс износа и разрушения был обратим. Эта работа строится на реакции Дильса-Альдера. Для этого изделие нужно термоциклировать: нагреть, охладить и выдержать при определенной температуре. При этом происходит постепенная деполимеризация расшивания материала: компоненты начинают приобретать небольшую текучесть, заполняют образовавшуюся трещину, вследствие чего возникают новые химические связи между компонентами матрицы. Самое главное преимущество данной разработки состоит в том, что подобная операция может осуществляться много раз. «Сами условия, в которых происходит данная реакция, пока подобраны не оптимально: процесс «самозалечивания» длится несколько дней. В настоящее время мы работаем над тем, чтобы сократить время самовосстановления, создать более технологичные полимеры для получения нужного связующего, а также доработать продукт до условий реального применения», — говорит руководитель химической лаборатории центра, к.х.н. Александр Полежаев.

На рынке уже сейчас существуют самовосстанавливающиеся покрытия, например полиуретановая пленка для автомобиля, однако от них не требуется механической прочности. Царапины от удара камнем по поверхности не будет, ведь пленка сама под действием ультрафиолета восстановит свою структуру, пока автомобиль продолжает движение. Такие продукты в МИЦ «Композиты России» тоже умеют делать, но план по разработке «самозалечивающихся» конструкционных материалов гораздо более амбициозен: идея состоит в том, чтобы, к



примеру, крыло автомобиля, сделанное из углепластика, после повреждения возвращало себе все механические характеристики.

В идеале свойство самовосстановления должно сочетаться со способностью к вторичной переработке. Сейчас у специалистов центра уже есть наработки по одному из подобных решений — создание технологии выделения волокна из композита, ведь углеволокно дороже, чем связующее, и его можно использовать повторно. Ученые исследуют пути, как делать то же самое и со связующим, чтобы вместо сжигания или захоронения на свалке получать из него какие-либо отдельные ценные компоненты. III

Self-Healing Composites

Russian Composites, a dedicated technology center of the renowned Bauman Moscow State Technical University, has been engaged in composite engineering for 8 years already. Russian Composites implemented over 150 projects in basic Russian industries and national economy sectors, and enriched the global science with unique experience in solving problems with which experts could not find a way to cope for many years.