

Использование ядерных методов для разработки усовершенствованных материалов

Анасс Тархи

От «активной» упаковки для пищевых продуктов на основе нанокompозитов с добавлением эфирных масел до радиационно-привитых суперабсорбирующих полимеров — облученные материалы с улучшенными свойствами играют все более важную роль в сокращении пищевых отходов, повышении производительности сельского хозяйства, улучшении здравоохранения и во многих других областях.

Помимо небольшого веса и простоты в изготовлении, усовершенствованные материалы, модифицированные с помощью ядерных методов, обладают улучшенными эксплуатационными характеристиками и долговечностью. Важную роль в этом контексте приобретают радиационные технологии, включая ускорители частиц, которые за счет множества вариантов практического применения вносят свой вклад в обеспечение устойчивого развития.

Способы использования усовершенствованных материалов

Сегодня для создания усовершенствованных материалов или повышения эффективности производства материалов с высокими характеристиками в промышленности уже разработаны и применяются несколько технологических процессов с использованием излучения. Например, благодаря улучшению свойств пластмасс и резины под воздействием излучения из них можно производить различные изделия, такие как пластиковые трубы, устойчивые к воздействию тепла и давления, которые используются для циркуляции воды и теплоносителя в зданиях.

«Полученные с применением излучения материалы с высокими характеристиками можно встретить где угодно и в чем угодно, — отмечает Селина Хорак, руководитель Секции радиоизотопных продуктов и радиационной технологии МАГАТЭ. — Они встречаются в повседневных

предметах, которые благодаря им становятся прочнее и безопаснее. Некоторые из этих материалов даже используются для того, чтобы сделать наш образ жизни более экологичным».

Обработка излучением применяется также для сушки или отверждения не содержащих растворителей красок, чернил и покрытий, а также для повышения прочности, термостойкости и непроницаемости упаковочных материалов, созданных на основе биотехнологий, и биоразлагаемых упаковочных материалов. Например, сегодня в разных странах для очистки воды в сельских районах используется производимая на месте пористая керамика с наночастицами серебра.

Преимущества усовершенствованных материалов в контексте изменения климата

Для того чтобы удовлетворить растущий спрос на энергию и одновременно бороться с изменением климата, необходимы дальнейшие разработки в области производства возобновляемой энергии, ее хранения и повторного использования. «Радиационные технологии хорошо подходят для изготовления мембран с конкретными свойствами и порошковых композитов для технологии топливных элементов, чтобы более эффективно получать возобновляемую энергию», — говорит Ксавье Кокре, профессор Университета Шампань — Арденны в Реймсе. По его мнению, предварительная обработка излучением может использоваться для повышения качества лигноцеллюлозной биомассы или преобразования энергии солнечного света с помощью усовершенствованных фотоэлектрических установок.

Что касается решения еще одной экологической проблемы, а именно проблемы глобального бремени пластиковых отходов, то, по словам Кокре, при создании усовершенствованных пластиковых и композитных

изделий, которые с помощью традиционных методов было бы невозможно использовать повторно, необходимо предусматривать эффективные методы переработки с использованием излучения (см. стр. 10).

Воздействие излучения на усовершенствованные материалы

Прочные, износостойкие и долговечные материалы имеют критическое значение для промышленности в целом, но особенно важны в ядерном секторе, где от используемых материалов зависит безопасность реакторов и осуществимость операций топливного цикла. В случае материалов, используемых в ядерных реакторах, выделяются два наиболее существенных фактора воздействия — это тепло, которое отводится системами охлаждения, и излучение.

«Конструкционные материалы внутри ядерных реакторов подвергаются разрушительному воздействию быстрых нейтронов, которые выбивают атомы и приводят к формированию газообразного водорода или гелия. В конечном итоге это может приводить к радиационному набуханию, образованию пустот и другим структурным и механическим изменениям, ограничивающим срок их службы, — отмечает Иэн Суэйнсон, ядерный физик из МАГАТЭ. — Поэтому большое значение имеет тестирование материалов на устойчивость к излучению, и ускорители помогают сделать такое тестирование более доступным».

В конце своего прохождения через материалы заряженные частицы теряют большую часть своей энергии, вызывая значительные, но локализованные повреждения. По этой причине исследователи планируют испытывать материалы, которые потенциально могут использоваться в будущих ядерных реакторах, с помощью заряженных частиц, генерируемых ускорителями пучка ионов.

«Испытывать материалы с помощью ускорителя быстрее, чем с помощью реактора», — говорит Суэйнсон, поясняя, что с помощью ускорителя за один день можно сделать то, на что в случае использования испытательного реактора с высокой плотностью нейтронного потока потребовался бы год. Как правило, образцы не становятся радиоактивными, и поврежденные участки можно аккуратно отделить и исследовать с помощью микроскопа.

В 2016 году Суэйнсон участвовал в организации пятилетнего проекта координированных исследований МАГАТЭ, в рамках которого образцы одного и того же материала были направлены на множество ускорительных установок для облучения при идентичных условиях и на российский исследовательский реактор на быстрых нейтронах БОР-60 для сравнения. Анализ после облучения поможет улучшить воспроизводимость данных на разных ускорительных установках и покажет, насколько эффективно ускорители выявляют материалы с плохими характеристиками.

В августе 2022 года МАГАТЭ проведет вторую Международную конференцию по применению радиационной науки и технологий (ИКАРСТ-2022), на которой будут рассматриваться эти вопросы и обсуждаться направления применения ионизирующего излучения и разработки в этой области. Среди прочего, конференция будет посвящена достижениям и имеющимся технологическим и экономическим ограничениям в конкретных областях, связанных с усовершенствованными материалами, а также поможет проанализировать успешную практику применения уже зарекомендовавших себя радиационных процессов, используемых для улучшения характеристик материалов.

Стержневые элементы, используемые в ядерных реакторах, изготавливаются из усовершенствованных материалов, и они должны быть устойчивы к воздействию тепла и излучения.

(Фото: Adobe Stock)