

УДК 541.15:678(07)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РАДИАЦИОННОЙ МОДИФИКАЦИИ ФИБРОМАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСКОРИТЕЛЕЙ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

*В.И. Сахно, А.В. Сахно, А.Г. Зелинский, С.П. Томчай, Т.В.Хрин
(Институт ядерных исследований НАН Украины)*

Приводятся результаты разработок технологических схем утилизации отходов фиброматериалов. Описаны особенности подготовки и осуществления различных стадий промышленных процессов утилизации, требования к радиационной технике и ожидаемая эффективность их использования.

В настоящее время проблема утилизации отработанных промышленных отходов (фиброматериалов) является одной из актуальных. Особенно это касается искусственно созданных материалов химической промышленности, не имеющих природных (естественных) механизмов деструкции. Например, количество отходов автомобильного корда (полимерные фиброматериалы) в мире оценивается в 65 тыс.тонн/год со стабильной тенденцией к увеличению. Термические методы утилизации этих материалов (сжигание) экономически неэффективны и представляют угрозу для окружающей среды и здоровья человека.

Общепризнанным и наиболее экономически оправданным путем утилизации отработанных материалов является их вторичная переработка и повторное использование. В Украине развернута международная программа по исследованию возможностей и разработке промышленных технологий утилизации и повторного использования материалов автомобильного корда.

Особенностью программы является разработка и создание новых материалов – упрочненного асфальтобетонного покрытия с микроармированием полимерными фиброматериалами из отходов автомобильного корда.

В силу специфики функционального назначения автокорда, для его изготовления используются высокопрочные, износостойкие фиброматериалы, в частности – полиамидное волокно (ПА-волокно). Повышенная стойкость к воздействию различных химических соединений, а также гигроскопичность этого материала не позволяют “напрямую” создавать на его основе прочные композитные соединения. Предварительные испытания подтвердили бесперспективность такого подхода.

Проведенные исследования показали, что усилить адгезивные свойства ПА-волокна можно путем его модификации. Суть данного метода заключается в создании на поверхности ПА-волокна свободных радикалов (поверхностной активации) и последующей прививке к нему определенных мономеров с высокими адгезивными свойствами. Образованное таким образом соединение будет обладать всеми необходимыми для микроармирования качествами.

Было показано, что исходя из высокой химической стойкости ПА-волокна, одним из перспективных и эффективных путей реализации описанного метода может быть радиационная модификация [1].

Для создания промышленной технологии по микроармированию асфальтобетонного покрытия ПА-волокном из отходов автомобильного корда

были тщательно изучены существующие технологические схемы производства асфальтобетонного покрытия и утилизации отходов автомобильных шин. Разработка технологических этапов и отработка методик радиационной модификации ПА-волокна производилась на экспериментальной радиационной установке ИЯИ НАН Украины. Некоторые технические параметры радиационной установки приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические параметры радиационной установки

№ п/п	Величина испытаний	Технические параметры	Возможности установки
1	Объем реакционной камеры	около 10 м^3	–
2	Мощность радиационной дозы	до $1 \cdot 10^3 \text{ Гр/ч}$	от $0,1 \text{ Гр/ч}$ до $14,4 \cdot 10^6 \text{ Гр/ч}$
3	Величина фронтального сечения облучаемого пространства	до 1 м^2	до $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ на выходе из ускорителя
4	Время облучения	от 100 до 1000 часов	до 8 часов бесперебойной работы ускорителя

Основными проблемами развития радиационных технологий являются неоднородность и низкая плотность ПА-волокна, что приводит к неравномерности и значительным потерям эффективности использования установки. Попытки прямого увеличения плотности и однородности обрабатываемых образцов (прессование, вакуумирование и проч.) позволило лишь незначительно увеличить коэффициент использования пучка (до $30 \div 40 \%$). Поэтому для проведения исследований по радиационной модификации ПА-волокна была разработана и создана специальная техника поддержки экспериментов, позволяющая эффективно использовать имеющиеся радиационные мощности.

Этому способствует существующая на данной установке ИЯИ НАНУ многопараметрическая система радиационных измерений – система диагностики пучка и радиационных полей [1–3]. Она состоит из внутренних датчиков пучка электронов в ускорителе и датчиков внешнего контроля. Внутренний датчик – это штатный двухсекционный индукционный датчик тока пучка для импульсных токов 5–10 нс и 4 нс. Для внешних измерений используется цилиндр Фарадея, различные датчики вторичных радиационных и сопутствующих физических эффектов.

Последующие разработки направлены на создание комплекса дополнительно требуемых средств и их включение в состав существующих систем установки (аппаратно и программно).

Наиболее существенной частью этой задачи было создание устройства позиционирования образцов в зоне облучения. Для повышения эффективности технологии радиационной обработки данное устройство должно выполнять ряд следующих функций:

1. простое и надежное крепление образцов, позволяющее производить их оперативную замену;
2. ввод образцов в зону облучения без прерывания технологического процесса (экономия производственного времени);

3. позиционирование образцов в зоне облучения в соответствии с техническим заданием на радиационную обработку и параметрами существующего радиационного поля;
4. управление дополнительными средствами радиационного контроля и технологической дозиметрии.

С этой целью устройство спроектировано как комплекс двух независимых механических приводов, обеспечивающих горизонтальное (Π_x) и вертикальное (Π_y) перемещение объектов в плоскостях, перпендикулярных оси пучка. Приводы собраны на единой платформе, продольное перемещение которой (Π_z) осуществляется отдельным приводом. Кинематическая схема устройства позиционирования образцов приведена на рис. 1.

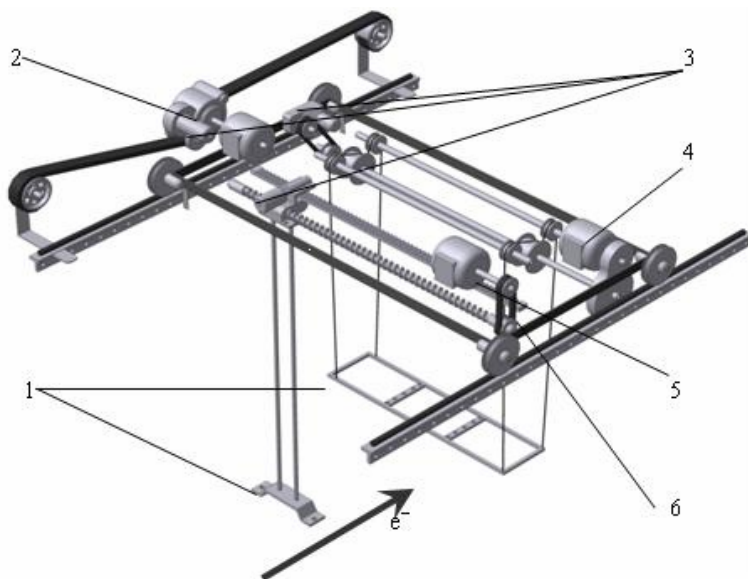


Рис. 1. Кинематическая схема устройства позиционирования образцов на экспериментальной установке ИЯИ НАН Украины:

- | | |
|---|---|
| 1 – подвесы крепления образцов и датчиков; | 4 – привод вертикального перемещения (Π_y); |
| 2 – привод продольного перемещения платформы (Π_z); | 5 – привод горизонтального перемещения (Π_x); |
| 3 – датчики положения; | 6 – платформа. |

Конструкция устройства обеспечивает плавность движения подвесов по всем направлениям, что достигается применением механизмов с мелким шагом перемещения и расчетом соответствующих передаточных чисел приводов. Этому способствует также использование безинерционных двигателей постоянного тока, обеспечивающих плавность “старт-стопного” режима.

Контроль положения платформы и подвесов осуществляется с помощью прецизионных многооборотных потенциометров типа ППМЛ класса 0,01 и соответствующих концевых выключателей. Установка концевого выключателя нижнего положения в приводе вертикального перемещения Π_y (на оси пучка) требует довольно сложных конструктивных решений. Поэтому при

проектировании данного привода была разработана схема электронных концевых выключателей.

Преимуществом такого подхода является также возможность регулировки конечного положения подвеса в зависимости от параметров размещаемого на нем объекта и требований конкретного эксперимента. Для крепления подвеса в приводе P_y использованы стальные тросики, что обусловлено требованиями радиационной стойкости. Существенными их недостатками являются жесткость и упругость, что приводит к соскакиванию тросиков и заклиниванию привода. Для компенсации этого в приводе предусмотрена система прижимных и направляющих роликов, обеспечивающая плотную укладку тросиков на барабанах.

Отдельной проблемой в приводе P_y является отклонение тросиков от вертикального положения при их намотке, что вносит существенную погрешность при определении положения подвеса. Было проведено перерасчет конструкции намоточных и направляющих барабанов таким образом, чтобы максимально уменьшить погрешность и сделать ее величину постоянной. Остаточная погрешность была компенсирована внесением дополнительных элементов в электронные схемы датчика положения P_y и его перекалибровкой.

Внешний вид устройства позиционирования образцов показан на рис. 2.



Рис. 2. Устройство позиционирования образцов в процессе монтажа на экспериментальной установке ИЯИ НАН Украины

Все привода размещены на подвижной платформе, расположенной в верхней части реакционной камеры установки. Выбор конструкционных материалов определялся с учетом требований высокой механической стабильности механизмов и с минимальным вторичным излучением от попадания электронного пучка.

Платформа изготовлена из литой алюминиевой пластины толщиной $1,5 \div 3,0$ см, что создает дополнительную защиту электрической части и

смазочных материалов от излучения и не вносит изменений в конфигурацию радиационных полей в боксе ускорителя.

Диапазон перемещения подвесов составляет 100 см в горизонтальном (P_x) и 140 см. в вертикальном (P_y) направлениях; диапазон продольного перемещения (P_z) – 140 см.

Погрешность дистанционного позиционирования образцов по заданным координатам на все направления не превышает 0,3 см.

В практической реализации схмотехнических решений была предусмотрена электрическая и логическая унификация узлов по существующим национальным и международным стандартам. Аппаратная часть устройства реализована в стандарте “Вишня” в виде единого модуля с выносным пультом дистанционного управления (рис. 3).

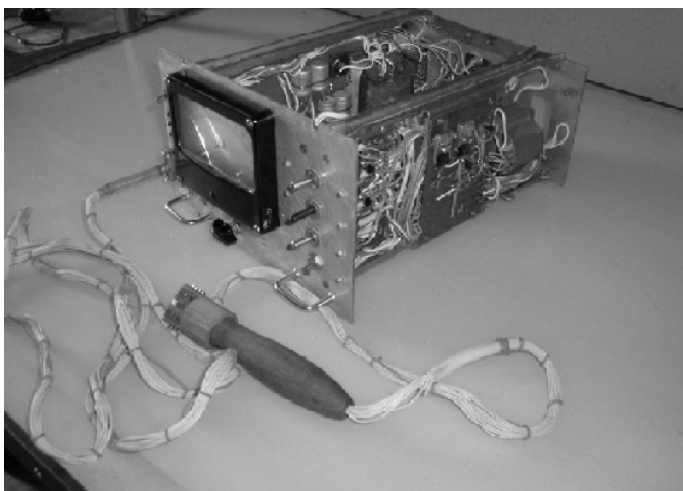


Рис. 3. Блок управления устройством позиционирования образцов

Устройство позиционирования образцов успешно прошло испытания в условиях полной радиационной нагрузки и введено в состав системы обеспечения экспериментов радиационной установки ИЯИ НАН Украины.

Работа выполнена при финансовой поддержке Украинского научно-технического центра (проект № 3569).

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В. С. Радиационная химия полимеров. – Л.: Химия. – 1998. – 320 с.
2. Вишневский И.Н., Сахно В.И., Сахно А.В., Томчай С.П., Зелинский А.Г. Радиационная установка с ускорителем электронов Института ядерных исследований Национальной академии наук Украины // Атомная энергия. – 2003. – Т. 94, вып. 2. – С. 163–166.
3. Вишневський І.М., Сахно В.І., Сахно О.В. Томчай С.П., Хрін Т.В., Зелінський А.Г. Система вимірювання розподілу полів випромінювання на радіаційній установці ІЯД // Зб. наук. праць Ін-ту ядерних досл. – 2004. – № 2(13). – С. 159–162.