

Изотопы и радиация в современной промышленности

С. Мачи, Х.К. Юань, Ю.Г. Севастьянов*

В модернизации промышленности важную роль играет технология, основанная на применении изотопов и радиации. Внедрение этой технологии способствует экономии сырья и энергии, улучшает качество продукции, повышает безопасность эксплуатации предприятий, помогает охране окружающей среды. Все это дает социальные и экономические выгоды, как в развитых, так и в развивающихся странах.

Международная конференция МАГАТЭ по промышленному применению изотопов и радиационной техники, состоявшаяся во Франции в 1981 г., пришла к выводу, что значительный рост использования этой техники в последнее десятилетие объясняется развитием новых областей применения и повышением надежности приборов и оборудования. Ежегодная продажа радиационной продукции достигла 2–3 млн. долл. США. Общая радиоактивность источников Co-60, предназначенных для промышленного применения, приблизительно равна 70 МКи, а мощность промышленных электронно-лучевых

ускорителей более 14 МВт. Радиационная технология обеспечивает уникальные возможности для обработки материалов и обладает следующими преимуществами: независимостью от температуры; способностью вести процессы при низких температурах; легкостью в управлении; отсутствием необходимости использования катализаторов; возможностью вести процессы при наличии твердой подложки; высокой скоростью реакции.

В табл. 1 представлен перечень промышленного использования радиоактивных продуктов. Они имеют широкую сферу применения и используются в повседневной жизни. Во многих случаях радиационная обработка продуктов считается более совершенным методом, поскольку обеспечивает, в частности, экономию энергии, меньшее загрязнение, простоту процесса и получение уникальных продуктов.

Для развития новых сфер применения радиационной химии и обработки материалов МАГАТЭ выполняет две скоординированные исследовательские программы. Одна из них касается использования радиационной технологии для иммобилизации биоактивных элементов, таких как ферменты, антитела, антигены, тканевые клетки и медикаменты. При радиационной обработке биоконпоненты не дезактивируются и не загрязняются, поскольку

С. Мачи — руководитель Секции промышленного применения ядерной энергии и химии в Отделе исследований и лабораторий Агентства.

Х.К. Юань и Ю.Г. Севастьянов — сотрудники этой Секции.

Таблица 1. Промышленное применение радиационной технологии

Объект облучения, результат	Использование	Источники радиации
Сшивание изоляции проводов и кабелей	Термостойкие провода и кабели	Ускоритель
Поролон	Термоизоляция, прокладки, маты, спортивная одежда и т.д.	Ускоритель
Отверждение поверхностных покрытий	Деревянные панели, сталь, керамические плитки, пластиковые пленки, бумага и т.д.	Ускоритель
Трубы и тонколистовая сталь, дающая усадку при нагреве	Электрическая изоляция, защита от коррозии трубопроводов, упаковка для пищевых продуктов	Ускоритель
Композитные материалы на основе дерева и пластмасс	Полы, мебель, спортивные товары и т.д.	Co-60
Акриловый полиэтилен	Дублированная металлическая фольга	Ускоритель
Разложение политетрафторэтилена	Твердая смазка	Co-60, ускоритель
Полимерный хлопьеобразователь	Обработка сточных вод	Co-60
Синтетические химикаты	Синтетические моющие средства, хлорированный парафин и т.д.	Co-60, ускоритель
Сильнопоглощающие вещества	Салфетки разового пользования, воздухоочистители и т.д.	Ускоритель
Предварительная вулканизация резины	Автомобильные шины	Ускоритель
Консервация исторических памятников	Деревянные и каменные изделия	Co-60
Стерилизация медицинских инструментов и средств	Иглы, шприцы, скальпели, диализаторы, перевязочные материалы и т.д.	Co-60, ускоритель
Облучение пищевых продуктов	Картофель, лук, креветки и т.д.	Co-60

иммобилизация проводится при низких температурах и без использования катализаторов. Применение иммобилизованных биоактивных веществ имеет широкие перспективы в химической и пищевой промышленности, а также в медицине. Другая программа предусматривает использование радиационной технологии для получения новых материалов, таких как разделительные пленки (которые будут использоваться, например, для опреснения) и биологически совместимые материалы.

Крупный демонстрационный проект применения радиационной технологии осуществляется в Индонезии МАГАТЭ и Программой развития ООН (ПРООН) в соответствии с соглашением о региональном сотрудничестве*, предусматривающим передачу технологии развивающимся странам-членам. По этому проекту передаются три вида радиационной технологии: радиационная вулканизация натурального каучука, электронно-лучевое отверждение поверхностных покрытий древесных материалов; шпивание изоляции проводов. В 1983 г. будут введены в эксплуатацию демонстрационные полупромышленные установки, которые будут использовать источник с Со-60, для вулканизации каучука и электронно-лучевые ускорители для отверждения покрытий древесных материалов. Эти установки позволят обеспечивать подготовку специалистов без отрыва от производства и будут способствовать созданию рынков этих продуктов в 13 государствах — участниках этого соглашения. Другой крупный проект по применению электронно-лучевой техники в промышленности осуществляется в Египте при поддержке ПРООН.

Стерилизация медицинских инструментов и средств

Стерильность — главный критерий качества многих медицинских препаратов. При радиостерилизации предметы, герметически упакованные в картонных коробках, несколько раз проходят по конвейерной системе перед источником Со-60. Радиация, испускаемая Со-60, проникает через упаковочный материал, убивая микробные патогены в продуктах, и тем самым делает их стерильными. По сравнению с обычными методами, радиостерилизация имеет следующие преимущества: непрерывная работа радиационной установки с минимальным техническим обслуживанием и уходом; высокая эксплуатационная надежность; гарантия высокого качества стерильности; отсутствие использования токсичных химикатов; возможность обработки многих пластмассовых предметов разного использования.

В настоящее время работают около 70 установок во всех частях света, позволяющих вести повседневную радиационную обработку материалов. Некоторые источники Со-60 имеют активность от 4 до

6 МКи. Благодаря радиационной обработке медицинские препараты разового пользования получили широкое распространение, что существенно улучшило положение в области здравоохранения.

Начиная с 1970 г., МАГАТЭ с помощью ПРООН с успехом способствует внедрению радиационной стерилизации в развивающихся странах-членах, в частности в Египте, Венгрии, Индии, Корейской Республике и Югославии. Помощь МАГАТЭ и ПРООН этим проектам вышла за рамки простой демонстрации методов и предоставления оборудования, т.к. упор был сделан на создание коммерческих и радиационных служб и на демонстрацию их экономической жизнеспособности. Установки, сооруженные в этих пяти странах, имели источниками излучения Со-60 мощностью до 1 МКи. Недавно МАГАТЭ и ПРООН также оказали помощь Исламской Республике Иран в осуществлении проекта радиостерилизации на тех же началах. В рамках регулярной программы технического сотрудничества Агентство предоставило помощь Бангладеш, Гане, Филиппинам и Португалии в создании полупромышленных установок для радиостерилизации. В соответствии с региональным соглашением о сотрудничестве в Индии и Корейской Республике в 1983, 1984 и 1985 гг. будут проведены три учебных курса по методам радиостерилизации.

Усилия Агентства уже принесли техническую и экономическую выгоду при выполнении этих проектов в области радиостерилизации. Важнейшими результатами этих усилий являются: передача технического „ноу-хау“ для сооружения и эксплуатации установок; повышение радиационной эффективности и равномерности облучения для источников Со-60 мощностью до 1 МКи; расширение поставок медицинских инструментов и средств разового пользования благодаря стимулированию местных производителей, с тем чтобы они пользовались методами радиостерилизации и диверсифицировали свою продукцию или экспорт.

Неразрушающий контроль с использованием радиографии

Промышленность проявляет все возрастающий интерес к повышению надежности и безопасной эксплуатации машин и систем, поскольку усовершенствования в этой области предотвращают случаи серьезных повреждений и отказов на производственных линиях. Радиография, основанная на изотопах иридия-192, цезия-137, кобальта-60 и т.д., широко используется при контроле качества сварки и литья при изготовлении машин, трубопроводов и котлов. Значение промышленной радиографии было наглядно продемонстрировано при строительстве крупных электростанций, работающих на ядерном и природном топливе, нефтеперегонных и нефтехимических заводов и магистральных трубопроводов для транспортировки природного газа и прочих нефтепродуктов.

В начале 70-х годов МАГАТЭ осуществило в Аргентине крупномасштабный проект ПРООН в

* Соглашение о региональном сотрудничестве в исследованиях, разработках и подготовке кадров в области атомной науки и техники включает 13 стран региона Азии и Тихого океана.



Установка по стерилизации медицинских инструментов и средств с использованием радиоактивного Co-60 , построенная в Югославии с помощью МАГАТЭ и ПРООН. Экран и конвейер рассчитаны на максимальную загрузку 1 МКи Co-60 .

области неразрушающего контроля и подготовки необходимых высококвалифицированных специалистов для машиностроительной промышленности и атомной энергетики. Недавно этот проект стал осуществляться в рамках регионального латиноамериканского проекта, предусматривающего подготовку для латиноамериканских стран специалистов по контролю качества. Предоставляя оборудование, услуги экспертов и стипендии, МАГАТЭ оказывало помощь Эквадору, Египту, Малайзии, Пакистану, Сингапуру, Шри-Ланке и Тунису в применении промышленной радиографии при строительстве предприятий и трубопроводов. В рамках программы регионального сотрудничества и с помощью ПРООН в период до 1987 г. будут проведены три курса интенсивной подготовки специалистов по радиографическому и ультразвуковому контролю.

Изучение износа и коррозии

Промышленные предприятия работали бы гораздо эффективнее, если бы можно было уменьшить коррозию обрабатывающего оборудования, а также износ насосов и компрессоров. Для этого требуется предварительное испытание конструкционных материалов и последующий контроль за скоростью износа или коррозии критических узлов во время работы. Эти проблемы помогает решить разработка тонкослойной активации как контрольного инструмента.

Испытываемый материал активируется частицами с радиоактивностью в несколько микрокюри. Толщина активированного приповерхностного слоя — от 25 до 300 мкм, площадь — 1 см². Уровень активности очень низок и не мешает работе

завода, поэтому облученные компоненты могут использоваться в рабочих условиях завода. Контролируя изменение уровней радиоактивности, можно следить за скоростью коррозии и износа непосредственно в процессе работы механизмов. Хорошие результаты подобного рода исследований, проводимых в рамках координируемых МАГАТЭ исследовательских программ, были получены при изучении износа машин и механизмов в Венгрии и Югославии.

Контроль в процессе производства

В заводских условиях непрерывные измерения параметров процесса или контроль характеристик продукции может осуществляться с помощью ядерных датчиков. Измерения с помощью датчиков используются для определения уровня жидкостей или твердых веществ при их хранении, плотности жидкостей и суспензий, толщины листовых материалов и для определения влажности. Диапазон применения таких измерительных приборов необычайно широк: от строительства сооружений (например, контроль плотности и влажности бетона и грунта) до контроля толщины при высоких скоростях производства бумаги, пластмассовых пленок и листового металла на полностью автоматизированных предприятиях. В последнем случае толщина может измеряться и точно контролироваться без физического контакта с материалами — горячими, влажными, мягкими или пластичными. Развитие микропроцессорной техники коренным образом изменило конструкцию таких датчиков.

МАГАТЭ способствует осуществлению крупного проекта, финансируемого ПРООН, цель которого состоит в передаче технологии применения ядерных систем контроля для бумажной и сталелитей-

ной промышленности в Таиланде и в Индии в соответствии с соглашением о региональном сотрудничестве. Подготовка персонала, демонстрация радиационной технологии и ее преимуществ являются главной задачей проекта. Первый год работы демонстрационной установки на предприятии компании Siam Kraft Paper показал, что системы ядерного контроля окупают себя за период менее года, в основном благодаря экономии ресурсов и энергии.

Изотопные индикаторы в промышленности

В промышленности изотопные индикаторы используются для исследования переноса материала в технологических процессах, где поток и смешивание частиц представляют наивысший интерес как для конструкторов, так и для обслуживающего персонала. Использование методов изотопной индикации в заводских условиях наглядно показывает, что экономические выгоды можно получить как на стадии пуска предприятия, так и при совершенствовании рабочих характеристик оборудования. На нефтеперерабатывающем заводе мощностью 500 000 т/год в Уилтоне (Великобритания) использование радиоизотопов дало значительный эффект при его пуске. В период с 1984 по 1986 гг. в Индии и Сингапуре МАГАТЭ и ПРООН планируют организовать в соответствии с региональным соглашением о сотрудничестве три учебных курса и три семинара-практикума по технологии изотопной индикации.

Геологическая разведка и добыча минералов

Разработка месторождений полезных ископаемых — один из основных видов деятельности человека. Наряду с сельскохозяйственными работами, рыболовством, охотой, лесоразработкой, разрабатываемые месторождения являются в то же время единственными невозобновляемыми источниками сырья. Минеральные ресурсы неограничены, некоторые из них уже исчерпаны. Таким образом, сейчас становятся жизненно важными поиск новых месторождений, а также наиболее эффективное извлечение и использование важнейших минералов. В разведке и последующей добыче минеральных ресурсов ядерная техника играет важную роль.

Угольная и нефтедобывающая промышленность легко освоила ядерные методы, которые содействуют повышению эффективности и снижению затрат на всех стадиях, начиная с бурения скважин и кончая добычей и очисткой сырья; в настоящее время эти отрасли, вероятно, как никакая другая отрасль, широко используют радиоизотопные методы. Новые методы каротажа буровых скважин, которые позволяют непосредственно измерять залежи урана, уже становятся обычными методами при добыче урана. Ядерные методы сейчас находят все большее применение в геологической разведке и разработке таких полезных ископаемых, как алюминий и бокситы, медь, кобальт, никель, олово, цинк, железо, марганец и т.д.

Передача этих методов развивающимся государствам-членам, которые еще не полностью развед-

ли свои ресурсы, является одной из важных задач МАГАТЭ. Агентство с большим успехом провело в Австралии в 1980 г. региональные учебные курсы по применению ядерных методов в горнодобывающей промышленности и международный семинар с той же тематикой в Канаде в 1982 г. Цель этих мероприятий заключалась в подготовке квалифицированных кадров в этой области.

Своими координируемыми исследовательскими программами МАГАТЭ содействует разработке новых ядерных методов для разведки полезных ископаемых, бурения и переработки. Например, новый метод, основанный на возбужденной радиоизотопами рентгеновской флуоресценции, был разработан для измерений концентрации цинка в цинковых шламах непосредственно в ходе производственного процесса. В рамках регионального соглашения о сотрудничестве ядерные методы, разработанные в Австралии для измерения концентрации меди в шламах, будут переданы Филиппинам и другим странам в рамках проекта МАГАТЭ/ПРООН.

Экономический эффект

В 1981 г. МАГАТЭ провело конференцию, которая продемонстрировала значительный экономический эффект использования систем ядерного контроля и изотопных индикаторов в промышленности (табл. 2), главным образом благодаря экономии материала, энергии и рабочей силы.

Таблица 2. Соотношение затрат и выгод при использовании систем ядерного контроля и радиоизотопных индикаторов

Применение	Отношение затрат-выгоды
Контроль толщины и влагосодержания в бумажном производстве	1—9
Контроль за нанесением цинкового покрытия	1—30
Контроль за содержанием серы в нефтяных ареомертах при десульфуризации нефти	1—10
Теченоскаты в центральных отопительных системах	1—7

В ходе этой конференции некоторые из участников, представляющие различные отрасли промышленности, сообщили об экономических результатах использования радиации. Например, в случае радиационного сшивания изоляции кабеля на 6,6 кВ электронными ускорителями общие затраты были ниже при более высоких объемах производства (600 км/месяц), но почти такими же, как и при химическом методе при более низких объемах производства (300 км/месяц). Таково общее правило при сравнении затрат в случае радиационного и химического методов, поскольку радиационные установки требуют больших капиталовложений, но при этом снижаются затраты на материалы и энергию.