

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛО-ТРИТИЕВЫХ СТРУКТУР

И. Н. Вишневский, Н. Ф. Коломиец, А. В. Коваленко
Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

Надійшла до редакції 04.04.05

Резюме: В работе представлены общие сведения о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах по созданию и применению металло-тритиевых структур, выполненных в Институте ядерных исследований (ИЯИ) НАН Украины. Приведены результаты этих работ, выполнявшихся в соответствии с инновационным проектом по программе "Научно-технические инновационные проекты НАН Украины" (п.19). В результате соответствующих работ был создан радиоизотопный нейтрализатор статического электричества на основе трития, который предназначен для устранения вредного действия электростатических зарядов, возникающих при переработке сильно электризующихся материалов. Применение нейтрализаторов позволяет устранить нарушения технологического процесса (залипание материалов, их распушивание, засветку фотоматериалов и т. п.) и повысить безопасность труда (исключение связанной с искрообразованием возможности пожаров и взрывов, снижение до безопасного уровня величины электростатических полей и т. п.).

Ключевые слова: тритий, металл, электростатика, нейтрализатор.

І.М.Вишневський, М.Ф.Коломієць, О.В. Коваленко. ДОСВІД СТВОРЕННЯ Й ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАЛО-ТРИТІЄВЫХ СТРУКТУР

Резюме: У роботі наведені загальні відомості про науково-дослідні й дослідно-конструкторські роботи по створенню й застосуванню метало-тритієвих структур, виконані в Інституті ядерних досліджень (ІЯД) НАН України. Представлені результати цих робіт, виконуваних у відповідності з інноваційним проектом за програмою "Науково-технічні інноваційні проекти НАН України" (п.19). У результаті відповідних робіт був створений радіоізотопний нейтралізатор статичної електрики на основі тритію, призначений для усунення шкідливої дії электростатичних зарядів, які виникають при переробці матеріалів, що сильно електризуються. Застосування нейтралізаторів дає змогу уникнути порушень технологічного процесу (злипання матеріалів, їх розпушування, засвітлення фотоматеріалів і т.ін.) і підвищити безпеку праці (запобігання пов'язаної з іскроутворенням можливості пожеж і вибухів, зниження до безпечного рівня величини электростатичних полів і т. ін.).

Ключові слова: тритій, метал, электростатика, нейтралізатор.

I. M. Vyshnevskiy, N. F. Kolomiets, A. V. Kovalenko. METAL TRITIUM STRUCTURES APPLICATIONS AND THE CREATION EXPERIENCE.

Abstract: General information on scientific and research, experimental and design work concerning the creation and application of metal tritium structures, performed at the Institute for Nuclear Research of NASU is given. The results of these works completed in accordance with the innovation projects referring the program Scientific Technical Innovation Projects at the National Academy of Sciences in Ukraine (item 19). The radioisotope neutralization of static electricity based on tritium is designed for the elimination of the electrostatic charges disutility manifestation, emerged under the highly electrifiable material processing. The application of the neutralizers allow to exclude the interruption of the technological process (material sealing, its crushing, light-striking of the photo materials) and also to increase the industrial safety (excluding spark formation, fires, explosions, decrease to the safety level the value of the electrostatic fields).

Keywords: tritium, metal, static electricity, neutralization.

Тритий является удобным изотопом водорода не только для получения термоядерной ДТ-реакции в ускорителях заряженных частиц или в термоядерных реакторах, но и в тех случаях, когда необходимо получить стабильные во времени низкоэнергетические потоки электронов и рентгеновых излучений. Это обусловлено тем, что тритий имеет высокую удельную активность, а в соединении с некоторыми металлами (например, с титаном в тритиде титана) его концентрация на три порядка выше, чем в газообразном состоянии. Гидриды (тритиды) многих металлов являются твердыми устойчивыми соединениями в диапазоне температур вплоть до 400 °С. Кроме того, тритий является чистым бета-излучателем, причем благодаря низкой проникающей способности бета-частиц трития (максимум 6 мм в воздухе, а в среднем – 0,9 мм) отпадает необходимость применять различные защитные экраны, что является неоспоримым преимуществом.

В Институте ядерных исследований НАН Украины был проведен цикл научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, обобщенных в монографии [1], направленных на создание и применение на практике металло-трیتیевых структур.

Металло-трیتیєвая структура представляет собой тонкую пленку гидридообразующего металла (например, скандия, титана, циркония, эрбия и т. п.), насыщенную тритием (активный слой). Пленка нанесена на конструкционную подложку, из материала, инертного к водороду (медь, молибден, железо, алюминий и т. п.)

Активный слой наносится на подложку в вакууме при давлении не более $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст. методом электронно-лучевого или термоионного испарения металла [2]. Образованную таким образом пленку гидридообразующего металла насыщают тритием методом прямого гидрирования при давлении 50–250 мм рт. ст. и соответствующей температуре

гидридообразования в диапазоне 400–650 °С, получая при этом тонкую пленку тритида металла нестехиометрического состава (не более 90 % стехиометрии). При более высокой степени насыщения пленки тритием возможно разрушение и осыпание активного слоя.

Технологические установки для насыщения пленки тритием представляют собой усовершенствованный аппарат Сиверса [3]. Эти установки оснащены устройствами для очистки газовых выбросов от трития, принцип действия которых основан на каталитическом окислении трития и последующей сорбции его окиси на цеолите. Циркуляционные насосы позволяют многократно прокачивать газовую смесь через устройства очистки, что увеличивает эффективность последних. Исследования показали, что количество выбрасываемого в окружающую среду трития удалось уменьшить на два порядка [4].

В окружающей среде вблизи места производства трития значение его концентрации значительно меньше допустимого уровня, при этом концентрация уменьшается с увеличением расстояния от тритиевой лаборатории [5].

Нами обнаружено, что десорбция трития из металло-трیتیєвых структур определяется, в основном, коррозионными процессами на их поверхности, поэтому для уменьшения ее скорости предложено наносить защитное покрытие активного слоя [1]. Наилучшие результаты получены при использовании защитных покрытий из монооксида кремния, причем это покрытие толщиной 700–1000 Å снижает скорость десорбции у свежих изотопов (например, титановых) образцов до величины 10^{-12} Ки·см⁻²·с⁻¹, а со временем скорость десорбции еще уменьшается. Последнее обстоятельство послужило предпосылкой для создания источников бета-излучения на основе трития, которые в обычных производственных условиях можно применять в различных ионизационных приборах [6].

Источники бета-излучения на основе трития типа БИТр-М (ТУ У 05540132.015-97) представляют собой подложку из молибдена, нержавеющей стали или кварца, на которую нанесен слой титана, насыщенного тритием до атомарного отношения $1,8 \pm 0,05$, и защитного покрытия из монооксида кремния толщиной $700-1000 \text{ \AA}$. Титановое покрытие на единицу площади не превышает в источниках $0,25 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$. При этом его толщина соответствует пробегу бета-электронов трития со средней энергией, и является оптимальной.

Защитное SiO_2 покрытие наносят методом термической сублимации из твердой фазы в одном технологическом цикле с нанесением титана. А насыщение титана проводят описанным выше методом через слой монооксида кремния. При этом тритий свободно проникает через защитное покрытие. Вместе с тем оно является своеобразным барьером для более крупных молекул воздуха и поэтому существенно снижает возможность коррозии на поверхности слоя тритида титана. После операции насыщения источники подвергаются тщательной дезактивации с использованием моющих препаратов для удаления нефиксированной загрязненности их тритием.

Полученные таким образом источники имеют ионизационный ток, создаваемый бета-излучением трития, не менее $1,36 \cdot 10^{-8} \text{ А}\cdot\text{см}^{-2}$, скорость десорбции трития не более $5,6 \cdot 10^{-13} \text{ Ки}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, поверхностную загрязненность тритием не более $5 \cdot 10^{-8} \text{ Ки}\cdot\text{см}^{-2}$. Они допущены органами саннадзора для применения.

В рамках инновационного проекта "Разработка и производство радиационных установок и технологий (пастеризаторов, стерилизаторов, изотопных нейтрализаторов, анализаторов, озонаторов) для промышленных и медицинских нужд" по программе "Научно-технические инновационные проекты

НАН Украины" в Институте ядерных исследований НАН Украины были выполнены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы под общим названием "Разработка и внедрение радиоизотопных нейтрализаторов статического электричества для производства полимерных и других диэлектрических материалов". В результате этих работ были созданы нейтрализаторы статического электричества на основе трития, которые можно практически неограниченно применять для устранения вредного действия электростатических зарядов, возникающих при переработке сильно электризующихся материалов. Применение нейтрализаторов позволяет устранить нарушения технологического процесса (залипание материалов, их распушивание, засветку фотоматериалов и т. п.) и повысить безопасность труда (исключение связанной с искрообразованием возможности пожаров и взрывов, снижение до безопасного уровня величины электростатических полей и т. п.).

Нейтрализатор НТСЭ представляет собой пенал, в который помещены платы с укрепленными на них источниками бета-излучения на основе трития типа БИТр-М (ТУ У 05540132.015-97). Пенал закрыт предохранительной сеткой. Длина нейтрализатора должна соответствовать ширине перерабатываемого материала.

Принцип действия нейтрализаторов заключается в ионизации воздуха бета-электронами, излучаемыми источниками. А ионы воздуха взаимодействуют далее с зарядами наэлектризованного материала противоположной полярности. Ионизационный ток, создаваемый БИТр-М, составляет $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ А}/\text{см}^2$.

Нейтрализатор устанавливают в непосредственной близости от электризующегося материала ($1-3 \text{ см}$), а ионизационный ток поддерживается за счет поля электростатического заряда.

В тритиевой лаборатории ИЯИ НАНУ возможна разработка нейтрализаторов, удовлетворяющих специальным требованиям заказчика.

Срок службы нейтрализаторов – не менее 8 лет.

В заключение следует отметить, что в ИЯИ НАН Украины имеется возможность существенно расширить ассортимент приборов для различных функциональных применений, создаваемых на основе трития, Концентрация соответствующего технологического и научного оборудования и высокая квалификация специалистов дает возможность усовершенствования технологии и качества изделий на основе трития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключников А.А., Коломиец Н.Ф., Минчук Г.Я., Червинский В.Н. Принципы построения и применения металло-тритиевых структур // К.: Наукова думка, 1992, 215 с.
2. Sayenko V.A., Kolomiets N.F., Mashtalir N.N. On new type of the vacuum arc in anode vapours with a non-spent cathode. XVI Int. Conf on Phenomena in Ionized Gases Contributed Papers, Editors: N.Botticher, H.Wenk, E.Schulz-Gulote, Dusseldorf, 1983, №2, p.262–263.
3. Sieverts A., Z.Metallk., 1929, v.21, p. 37–44.
4. Voitenko V.A., Kolomiets N.F., Rogosin V.N. An Experience of use of the Installation for the cleaning of Gas effluents from tritium. Intern. Conf. on Nuclear Waste Management and Environmental Remediation Contributed Papers, Editors: D.Alexandre, R.Baker, R.Kohout, J.Marek, Praha, 1993, v.1, p. 383–385.
5. Koval G.N., Kuzmina A.I., Kolomiets N.F. The results of observations of the tritium concentration in water fractions in the disposition regions of tritium laboratories // Fus. Techn., vol. 28, num. 3, part 1, 1995. p. 899–904.
6. Kolomiets N.F. Manufacture and use of metal-tritium products // Fus. Techn., vol. 28, num. 3, part 2, 1995. p. 1605–1608.