

POSTĘP W TECHNIKACH RADIACYJNYCH

Wojciech Głuszewski

Pod koniec 2013 r. w Szanghaju odbyła się międzynarodowa konferencja IMRP 2013 (International Meeting of Radiation Processing). Organizowane co dwa lata spotkania są okazją do podsumowania osiągnięć w zakresie zastosowań technik radiacyjnych w różnych dziedzinach gospodarki, medycyny, rolnictwa, ochrony środowiska, kosmonautyki i nauki. Na towarzyszącej konferencji wystawie zaprezentowały się również instytucje projektujące i budujące przemysłowe oraz laboratoryjne instalacje wykorzystujące promieniowanie gamma, wiązki elektronów i promieniowania rentgenowskie. Na obrzeżach technik radiacyjnych rozwinęły się takie dziedziny jak: produkcja urządzeń dozymetrii radiacyjnej, kontroli procesów napromieniowania, ochrony radiologicznej, transport materiałów radioaktywnych oraz usługi w zakresie np. sieciowania kabli i przewodów elektrycznych, produkcji opon samochodowych, granicznych kontroli kontenerów, wykrywania materiałów wybuchowych, sterylizacji radiacyjnej wyrobów medycznych, farmaceutycznych, kosmetycznych, ziół, przypraw ziołowych i żywności, modyfikacji struktur elektronicznych, higienizacji odpadów komunalnych, oczyszczania gazów spalinowych, konserwacji i identyfikacji obiektów o znaczeniu historycznym, analityki chemicznej, identyfikacji napromieniowania żywności, itd. Uwagę zwraca zwłaszcza postęp w radiacyjnej modyfikacji tworzyw sztucznych. Chemia radiacyjna polimerów była silnie reprezentowana, mimo, że co dwa lata odbywają się konferencje poświęcone wyłącznie tej tematyce. Najbliższe sympozjum IRaP (Ionising Radiation and Polymers) odbędzie się w tym roku w Korei Południowej.

W naukowym komunikacie prezentowanym na konferencji przypomniano, o czym jak się wydaje zapomnieli organizatorzy, że techniki radiacyjne wzięły początek z prac Marii Skłodowskiej-Curie [1]. Pierwsze krzywe radiacyjnej inaktywacji autorka uzyskała stosując promieniowanie X. Paradoksem jest, że dopiero w ostatnich latach w Szwajcarii rozpoczęła działalność pierwsza przemysłowa instalacja wykorzystująca do sterylizacji wyłącznie wysokoenergetyczne promieniowanie rentgenowskie. Powód był dość prozaiczny. Ze względu na stosunkowo niską wydajność konwersji wiązki elektronów na promieniowanie rentgenowskie jest ono wyjątkowo kosztowne. Postęp w dziedzinie konstrukcji akceleratorów, a w szczególności upowszechnienie się dużej mocy urządzeń typu Rhodotron sprawiło, że stało się konkurencyjne. Można więc powiedzieć, że praca Skłodowskiej-Curie z 1929 r. w kontekście najnowszych rozwiązań technologii radiacyjnych ma nawet dzisiaj znamiona nowości. Jest to oczywiście czysty zbieg okoliczności. W latach 20 ubiegłego wieku nikt nawet nie myślał o radiacyjnej sterylizacji.

W krajach rozwiniętych obróbka radiacyjna osiągnęła obecnie skalę przemysłową z obrotami na poziomie miliardów dolarów rocznie. Znaczący udział w tym wyniku ma wspomniana już sterylizacja radiacyjna. Wysokoenergetyczne elektrony akceleratorowe przyspieszone do typowej energii 10 MeV i promieniowanie gamma ze źródeł ^{60}Co wykazują silne właściwości bakteriobójcze. Działanie wiązek elektronowych i fotonów gamma na jednokomórkowe drobnoustroje, takie jak bakterie, riketsje, grzyby i pierwotniaki oraz na wirusy ma bardzo skomplikowany charakter. Temu zagadnieniu poświęcono ogromną ilość specjalistycznych publikacji. Opracowano wiele modeli szczegółowego mechanizmu uszkodzeń radiacyjnych w mikrobiologii. Zwiąże można powiedzieć, że najbardziej promienioczułym, elementem drobnoustrojów jest ich materiał genetyczny: DNA (deoksyrybonukleinowy) i RNA (rybonukleinowy) (ten ostatni w wirusach). Istotną zaletą metody radiacyjnej sterylizacji jest nieznaczny efekt termiczny. Co więcej stosowane wysokoenergetyczne elektrony (lub fotony) penetrują nie tylko poprzez foliowe opakowania jednostkowe, ale również poprzez zbiorcze opakowania kartonowe. Z tego powodu nie trzeba sterylizowanego sprzętu w ogóle przepakowywać ani też „sezonować” jak to ma miejsce w gazowych, chemicznych metodach wyjaławiania. Mimo, że radiacyjnie sterylizuje się sprzęt medyczny jednorazowego użytku od kilkudziesięciu lat, to w naszym kraju jest to metoda nadal stosunkowo mało znana. Niezależnie od sterylizacji sprzętu medycznego banki tkanek zlecają wyjaławianie biomateriałów – najczęściej przeszczepów kostnych. Istotnym zagadnieniem staje



fol. z archiwum Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej

Fot.1. Instalacja do radiacyjnego sieciowania kabli i przewodów elektrycznych

się również opracowanie nowoczesnych procedur dozymetrycznych. Pierwsza komercyjna instalacja promieniowania gamma powstała na początku 1960 r. W ciągu następnych 40 lat zainstalowano łącznie 800 ^{60}Co . Obecnie eksploatowane są na świecie urządzenia radiacyjne o mocy 300 MCI^{60}Co . Sterylizuje się 12 mln. m^3 wyrobów medycznych jednego razowego użytku. W samych Stanach Zjednoczonych działa 50 stacji sterylizacji radiacyjnej promieniowania gamma o mocy 145 MCI^{60}Co .

Problematyce sterylizacji radiacyjnej poświęcono pierwszy dzień konferencji sponsorowany między innymi przez firmę Johnson@Johnson. Wykładowcami byli najlepsi na świecie specjaliści z zakresu technologii radiacyjnych. Chętni mogli odwiedzić również jedną z chińskich stacji sterylizacji radiacyjnej. Zakład ten wykorzystuje zarówno promieniowanie gamma, jak i wiązkę elektronów. Warto podkreślić, że Chiny są samowystarczalne w zakresie technologii radiacyjnych. Produkują zarówno akceleratory elektronów, jak i kobalt 60. Sterylizacja radiacyjna, do której wykorzystuje się 130 źródeł gamma (na ogólną liczbę 156 o łącznej mocy 56 MCI) i 200 akceleratorów elektronów ma w Chinach charakter rutynowy. W nie najnowszych już (20 letnich) halach produkcyjnych zwracają uwagę nowe akceleratory, komputery i systemy monitoringu oraz duże moce uzupełnianych na bieżąco źródeł promieniowania gamma ^{60}Co , produkowanego w budowanych z rozmachem w Chinach reaktorach jądrowych. Wiele akceleratorów pokazywanych przez szanghajskich producentów już, jako eksponaty muzealne z pewnością znalazłoby jeszcze użytkowników w innych krajach. Chińczycy oferują również gotowe instalacje do np. radiacyjnej modyfikacji kabli i przewodów elektrycznych. Można kupić technologię wraz z gotowym zestawem składającym się z akceleratora i systemu przewijania. Przykładowo firma Jiangsu Dasheng Electron Accelerator Co., Ltd. lider w produkcji akceleratorów w Chinach od 2007 r, zabudowała 65 instalacji akceleratorowych o energiach wiązki od 1 do 10 MeV. Centrum przemysłowe firmy wykorzystuje obecnie 15 akceleratorów w tym chiński Rhodotron.

Rok 2013 był jak wiadomo rokiem Jana Czochralskiego, twórcy metody otrzymywania monokrystalicznego krzemu. Pomysł polskiego uczonogo dał początek współczesnej elektronice. Warto przypomnieć, że od wielu lat prowadzi się prace nad radiacyjną modyfikacją parametrów dynamicznych elementów i przyrządów półprzewodnikowych. Przykładem są szybkie przyrządy półprzewodnikowe dużej mocy: tyrystory o krótkich czasach wyłączenia t_q i diody o krótkich czasach odzyskiwania własności zwrotnych t_{rr} . Jak wiadomo, z fizycznych podstaw działania, czas t_q tyrystora (lub czas t_{rr} diody) jest wprost proporcjonalny do czasu życia nośników mniejszościowych w bazie. Zatem wszystkie metody prowadzące do skrócenia czasu życia nośników mniejszościowych mogą być przydatne do otrzymywania szybkich tyrystorów i diod. Fizycznym warunkiem skrócenia czasu jest wytworzenie w sieci krystalicznej krzemu odpowiednich centrów rekombinacyjnych. Od dawna wiadomo, że napromienianie półprzewodników wysokoenergetycznymi cząstkami elementarnymi lub fotonami, powoduje powstawanie pierwotnych i wtórnych defektów sieci krystalicznej, tworzących efektywne centra rekombinacyjne nośników mniejszościowych. W praktyce okazało się, że najwygodniej jest stosować akceleratory elektronów, gdzie równoważny czas ekspozycji wsadu wynosi, zaledwie kilka minut. Stwierdzono, że napromienianie wiązką elektronów daje identyczne efekty jak napromienianie gamma, ale z o wiele większą wydajnością.

Na konferencji, a zwłaszcza w sesji plakatowej, wiele miejsca poświęcono radiacyjnemu utrwalaniu płodów rolnych i identyfikacji napromieniowania żywności. Co może się wydawać paradoksalne w interesie producentów obrabianej radiacyjnie żywności jest stworzenie wiarygodnych sposobów identyfikacji żywności poddanej działaniu promieniowania jonizującego. Konsumenci, którzy z jakichś powodów nie chcą kupować żywności radiacyjnie higienizowanej są spokojni dysponując metodą jej kontroli. Warto dodać, że Chiny są krajem, w którym można na rynku spotkać wiele wyrobów utrwalanych radiacyjnie. Są one specjalnie oznaczane i nie wzbudza to żadnych sensacji.

Polskę na konferencji reprezentowała stosunkowo liczna grupa chemików i technologów z Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie. Prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski, jako pierwszy Polak, został laureatem „Lifetime Award for Science” nagrody przyznawanej naukowcowi, który posiada wyjątkowe osiągnięcia w dziedzinie technologii radiacyjnych. Nagroda ta została wręczona na zakończenie konferencji. Drugim nagrodzonym był Paul Minbiole (President & CEO at EBEAM Services, Inc. USA), który otrzymał „Lifetime Award for Business”. Od czasu ustanowienia tej nagrody w roku 1978 laureatami zostało, łącznie z ostatnimi, 35 naukowców i biznesmenów. Nagrody przyznaje istniejąca od 45 lat International Irradiation Association (iiaglobal.com), organizacja zrzeszająca głównych producentów przemysłowych źródeł promieniowania gamma i akceleratorów elektronów oraz ich użytkowników. Prof. A. Chmielewski wraz z zespołem naukowców i inżynierów zbudował w Elektrociepłowni Kawęczyn akceleratorową instalację pilotową do oczyszczania gazów spalinowych oraz przemysłową, największą w świecie, w Elektrociepłowni Pomorzany. Posiada kilkanaście patentów na tą technologię w Polsce i za granicą (USA, Japonia, Chiny, Arabia Saudyjska itd.) oraz wiele publikacji dotyczących zagadnienia zamieszczonych w najlepszych czasopiśmiech zagranicznych. W ubiegłym roku zespół pod kierownictwem prof. Chmielewskiego zbudował i przetestował, na zlecenie firmy ARAMCO, akceleratorową instalację pilotową do oczyszczania gazów spalinowych z kotła opalanego ropą, w należącej do tej firmy rafinerii w Jeddah, Arabia Saudyjska. Profesor jako ekspert U.S. Department of Energy (DOE) brał udział w przygotowaniu raportu „Accelerators for America's Future” (<http://www.acceleratorsamerica.org/report/index.html>).

Warto wspomnieć, że poster poświęcony radiacyjnym procesom sieciowania elastomerów, którego byłem współautorem znalazł się w gronie sześciu najlepszych komunikatów.

Warto wspomnieć, że poster poświęcony radiacyjnym procesom sieciowania elastomerów, którego byłem współautorem znalazł się w gronie sześciu najlepszych komunikatów.

dr inż. Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa

Literatura

- [1] Wojciech Głuszewski, Zbigniew P. Zagórski, Quoc Khoi Tran, Laurent Cortella, Maria Skłodowska Curie – the precursor of radiation sterilization methods, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2011, 400, 1577–1582