

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej

Wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych
w budowie elektrowni jądrowych

WYKORZYSTANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO W PRZEMYSŁE

Polski przemysł dla energetyki jądrowej

Redakcja: Andrzej G. Chmielewski, Zbigniew Zimek



Ministerstwo
Energii

Warszawa, 2017

Autorzy opracowania:

Prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski, dr inż. Zbigniew Zimek,
dr hab. Grażyna Przybytniak, dr Andrzej Nowicki, mgr Dagmara
Chmielewska-Śmietanko, dr Andrzej Rafalski, Mgr Magdalena Rzepna,
dr hab. Krystyna Cieśla, mgr Marcin Sudlitz, mgr Urszula Gryczka,
dr hab. Wojciech Migdał, dr Jacek Palige, mgr Tomasz Smoliński,
mgr Marcin Rogowski, dr hab. Yongsia Sun, dr Ewa Zwolińska,
mgr Norbert Wróbel, Grażyna Liśkiewicz, dr Sylwester Sommer

Zamawiający:

Ministerstwo Energii
ul. Krucza 36/Wspólna 6
00-522 Warszawa

Zakres wytycznych: opracowanie analizy prezentującej zastosowanie promieniowania jonizującego w innych niż energetyka jądrowa branżach polskiego przemysłu wraz z rekomendacjami dla krajowych przedsiębiorstw.

Projekt współfinansowany ze środków Ministerstwa Energii w ramach wdrażania energetyki jądrowej w Polsce.

Wszelkie uwagi, sugestie i propozycje co do dalszych działań w zakresie przygotowania polskiego przemysłu do kooperacji z energetyką jądrową prosimy przesyłać na adres pocztowy: Ministerstwo Energii, ul. Krucza 36/Wspólna 6, 00-522 Warszawa lub na adres e-mail: przemysl.jadrowy@me.gov.pl

Ionizing radiation implementation in industry
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
© Wszelkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP 7
2. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO W PRZEMYSŁE 8
Zbigniew Zimek, Andrzej G. Chmielewski, Jacek Palige
 - 2.1. Przemysłowe źródła promieniowania jonizującego 8
 - 2.1.1. Akceleratory elektronów 8
 - 2.1.2. Źródła promieniowania hamowania 13
 - 2.1.3. Izotopowe źródła promieniowania gamma 14
 - 2.1.4. Źródła zamknięte i otwarte stosowane w przemyśle do celów pomiarowych 15
 - 2.2. Aspekty chemiczne oddziaływania promieniowania jonizującego z materią 17
3. PRZEMYSŁ CHEMICZNY I PRZETWÓRCZY 20
Grażyna Przybytniak, Andrzej Nowicki, Zbigniew Zimek, Dagmara Chmielewska-Śmietanko, Andrzej Rafalski, Magdalena Rzepna, Krystyna Cieśla, Marcin Sudlitz, Urszula Gryczka, Wojciech Migdał
 - 3.1. Przetwórstwo polimerów 20
 - 3.1.1. Podstawy procesu (sieciowanie, szczepienie i degradacja radiacyjna) 20
 - 3.1.2. Wyroby termokurczliwe 25
 - 3.1.3. Kompozyty 28
 - 3.1.4. Pianki 32
 - 3.1.5. Nanokompozyty i nanostruktury 37
 - 3.1.6. Sterylizacja radiacyjna wyrobów polimerowych 41
 - 3.2. Materiały opakowaniowe 48
 - 3.2.1. Optymalizacja właściwości użytkowych materiałów opakowaniowych, polimery biodegradowalne i naturalne, tanie materiały opakowaniowe 49
 - 3.2.2. Opakowania aktywne i inteligentne 50
 - 3.2.3. Opakowania i powłoki produktów poddawanych sterylizacji lub utrwalaniu na drodze radiacyjnej 50
 - 3.3. Ochrona środowiska 52
 - 3.3.1. Wspomaganie procesu oczyszczania ścieków z procesu Solvay'a 52
 - 3.3.2. Wykorzystanie odpadów przemysłu papierniczego i innych odpadów, zawierających celulozę 56
4. ENERGETYKA, PRZEMYSŁ PALIWOWY, GÓRNICTWO 62
Jacek Palige, Andrzej G. Chmielewski, Zbigniew Zimek, Marcin Sudlitz, Tomasz Smoliński, Marcin Rogowski, Yongsia Sun, Ewa Zwolińska, Urszula Gryczka,
 - 4.1. Górnictwo węgla kamiennego i brunatnego 62
 - 4.2. Górnictwo metali kolorowych 64
 - 4.2.1. Wspomaganie procesu sedymentacji w strumieniach odpadów poflotacyjnych 64
 - 4.2.2. Odzysk metali krytycznych z górnictwa 67
 - 4.3. Energetyka oparta o spalanie paliw kopalnych 76
 - 4.3.1. Ochrona środowiska w energetyce 76

- 4.3.2. Oczyszczanie spalin ze spalania węgla z dwutlenku siarki, tlenków azotu, lotnych zanieczyszczeń organicznych 78
- 4.3.3. Oczyszczanie spalin ze spalania pochodnych ropy naftowej i gazu naturalnego z dwutlenku siarki, tlenków azotu, lotnych zanieczyszczeń organicznych 81
- 4.3.4. Przykładowe instalacje oparte o technologię polską zbudowane w elektrowniach w Polsce i za granicą 81
- 4.4. Metody izotopowe w przemyśle rafineryjno-petrochemicznym 88**
 - 4.4.1. Badanie szczelności instalacji 88
 - 4.4.2. Gamma skaning 90
- 4.5. Zastosowanie technik radiacyjnych w OZE i gospodarce komunalnej 91**
 - 4.5.1. Higienizacja osadów z biologicznych oczyszczalni ścieków w systemach zero energetycznych 91
 - 4.5.2. Materiały polimerowe do systemów ogrzewania 93
 - 4.5.3. Higienizacja osadów ściekowych i wytwarzanie nawozu organicznego 97
- 5. PRZEMYSŁ MOTORYZACYJNY 101**
Andrzej G. Chmielewski, Norbert Wróbel, Andrzej Nowicki, Grażyna Przybytniak, Zbigniew Zimek, Dagmara Chmielewska-Śmietanko
 - 5.1. Opony radialne modyfikowane radiacyjnie 101**
 - 5.2. Kable i przewody elektryczne 107**
 - 5.2.1. Dobór surowców przeznaczonych do sieciowania radiacyjnego 108
 - 5.2.2. Urządzenia do przewijania przewodów 109
 - 5.2.3. Homogeniczność rozkładu dawki głębinowej w sieciowanej izolacji 109
 - 5.2.4. Sieciowanie izolacji przewodów w IChTJ 111
 - 5.3. Osłony polimerowe oraz kompozytowe elementy karoserii 112**
- 6. PRZEMYSŁ OKRĘTOWY 117**
Andrzej G. Chmielewski, Yongsia Sun, Ewa Zwolińska
 - 6.1. Oczyszczanie gazów spalinowych z energetycznych silników Diesla 117**
- 7. PRZEMYSŁ OBRONNY 120**
Zbigniew Zimek, Grażyna Przybytniak, Dagmara Chmielewska-Śmietanko, Urszula Gryczka, Wojciech Migdał, Grażyna Liśkiewicz, Sylwester Sommer,
 - 7.1. Elementy techniki wojskowej 120**
 - 7.2. Sprzęt medyczny i ochrony osobistej (hydrozele) 121**
 - 7.3. Żywność o długim czasie przechowywania 125**
 - 7.3.1. Radiacyjna higienizacja żywności w Instytucie Chemii i Techniki Radiacyjnej 126
 - 7.3.2. Podstawa procesu 127
 - 7.3.3. Żywność specjalnego przeznaczenia 128
 - 7.3.4. Kontrola procesu oraz krajowe kontrolne laboratorium referencyjne 130
 - 7.4. Dekontaminacja materiałów skażonych mikrobiologicznie 133**
 - 7.4.1. Terroryzm żywnościowy 134
 - 7.4.2. Radiacyjna inaktywacja czynników bioterrorystycznych 134
 - 7.4.3. Zastosowanie promieniowania jonizującego w systemie bezpieczeństwa do eliminowania pałeczek *Bacillus anthracis* 136
 - 7.5. Dozymetria biologiczna dla potrzeb wojska i ludności cywilnej 137**
 - 7.5.1. Dozymetria biologiczna 139
 - 7.5.2. Dlaczego dozymetria biologiczna jest potrzebna 140

- 7.5.3. Dozymetria biologiczna w Polsce, w Europie i NATO 141
- 7.5.4. Oferta Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej 142

8. INNE PRZEMYSŁOWE ZASTOSOWANIA OBRÓBKİ RADIACYJNEJ 144

Andrzej G. Chmielewski, Andrzej Nowicki, Zbigniew Zimek

8.1. Obróbka powierzchniowa 144

- 8.1.1. Możliwe zastosowania radiacyjnej obróbki powierzchniowej 144
- 8.1.2. Modyfikacja powierzchni polimerów 145
- 8.1.3. Utwardzanie powłok drukarskich, ozdobnych i ochronnych 146

8.2. Radiacyjna modyfikacja struktury materiałów 147

- 8.2.1. Radiacyjne barwienie szkła i kamieni jubilerskich 147
- 8.2.2. Radiacyjna obróbka półprzewodników 148

9. ZESTAWIENIE ZREALIZOWANYCH ZASTOSOWAŃ PRZEMYSŁOWYCH TECHNIKI RADIACYJNEJ 149

Zbigniew Zimek

9.1. Sterylizacja radiacyjna wyrobów medycznych jednorazowego użytku 149

9.2. Wdrożenie radiacyjnej technologii wytwarzania rur termokurczliwych 155

9.3. Usuwanie zanieczyszczeń z gazów odlotowych przy wykorzystaniu wiązki elektronów 157

- 9.3.1. Instalacja laboratoryjna 158
- 9.3.2. Instalacja pilotowa 158
- 9.3.3. Instalacja przemysłowa 160

10. EFEKTY EKONOMICZNE, SPOŁECZNE I ŚRODOWISKOWE STOSOWANIA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO 167

Zbigniew Zimek

10.1. Efekty ekonomiczne wykorzystania obróbki radiacyjnej 167

10.2. Efekty społeczne i środowiskowe stosowania promieniowania jonizującego 170

11. POSUMOWANIE 173

Andrzej G. Chmielewski, Zbigniew Zimek

WSTĘP

Andrzej G. Chmielewski, Zbigniew Zimek

Niniejsze opracowanie jest analizą prezentującą zastosowanie promieniowania jonizującego w innych niż energetyka jądrowa branżach polskiego przemysłu wraz z rekomendacjami dla krajowych przedsiębiorstw, co do możliwości wdrożeń techniki radiacyjnej. Wskazane są branże, w których wykorzystuje się lub potencjalnie można wykorzystywać promieniowanie jonizujące.

W szczególności dotyczy to następujących sektorów krajowej gospodarki: energetyki (w tym w szczególności technik ochrony środowiska i branży OZE), sektora paliwowego, branży chemicznej, motoryzacyjnej, stoczniowej, lotniczej, sektora obronnego a także innych obszarów działalności przemysłowej. Szczegółowo przedstawiono konkretne przypadki zastosowania techniki radiacyjnej w Polsce z uwzględnieniem: opisu technologii, lokalizacji instalacji, podstawowych parametrów technicznych i fizycznych oraz schematów graficznych obrazujących daną instalację. Opisy te dotyczą aktualnego stanu wdrożeń w Polsce oraz prezentacji technologii, które mogą być wdrożone przy użyciu promieniowania jonizującego, w szczególności radiacyjnego oczyszczania gazów spalinowych w elektrowniach konwencjonalnych i stacjonarnych oraz okrętowych energetycznych silnikach Diesla, oczyszczania ścieków i odpadów ciekłych powstających w przemyśle i gospodarce komunalnej z wskazaniem możliwych zastosowań w energetyce, przetwórstwie polimerów i kompozytów, radiacyjnym sieciowaniu kabli, przewodów, powłok i pokryć powierzchniowych, produkcję komponentów dla energetyki i przemysłu takich jak: rury, taśmy termokurczliwe, wytwarzanie komponentów dla innych sektorów gospodarki (opony, części do samochodów elektrycznych, statków, części do samolotów i pojazdów szynowych). Opracowanie obejmuje zestawienie podstawowych wymagań technicznych dla polskich przedsiębiorstw, które wykonują lub mogą potencjalnie wykonywać powyższe prace na potrzeby krajowego i światowego rynku. Opracowanie obejmuje główne wymagania wynikające z krajowych przepisów, regulacji UE oraz innych światowych standardów. Proponowane są ścieżki podniesienia kompetencji polskich przedsiębiorstw, zarówno tych realizujących już omawiane prace jak i mogących potencjalnie kooperować w tym segmencie rynku z jednostkami R&D, innymi gałęziami przemysłu, organizacyjnymi krajowymi i zagranicznymi.