

Projekt RADCON: Efekty długotrwałych oddziaływań radiacyjnych.

Konkurs V4-Korea Joint Research Program

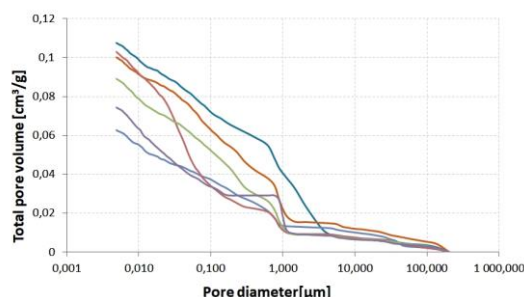
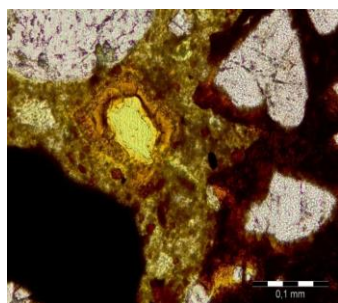


IPPT PAN rozpoczął realizację trzyletniego międzynarodowego projektu badawczego w ramach programu współpracy między krajami grupy Wyszehradzkiej i Korei. Badania dotyczą uszkodzeń materiałów poddanych długotrwałym oddziaływaniom radiacyjnym, a zwłaszcza wpływu składu chemicznego betonu na stabilność mikrostruktury i właściwości w polu oddziaływań promieniowania jonizującego.

Projekt o akronimie RADCON jest realizowany przez pięciu Partnerów:

- Yonsei University, Korea;
- Czech Technical University, Czech Republic; (Faculty of Civil Engineering)
- Hungarian Academy of Sciences, Hungary; (MTA Centre for Energy Research)
- Slovak Academy of Sciences; Slovak Republic (Institute of Construction and Architecture).
- IPPT PAN (Zakład Mechaniki Doświadczalnej).

Zespół badawczy IPPT PAN jest prowadzony przez prof. Michała A. Glinickiego. Członkami zespołu są m.in. prof. A.M. Brandt, dr hab. D. Jóźwiak-Niedźwiedzka, dr M. Dąbrowski, mgr K. Gibas, mgr A. Antolik, mgr K.Dziedzic, M. Sobczak (Pracownia Pól Odkształceń - ZMD IPPT PAN).



Obraz mikrostruktury i rozkład wielkości porów w betonie z osłony biologicznej reaktora po 30 latach eksploatacji – badania IPPT PAN

Początki współpracy naukowej Partnerów wiążą się z działalnością International Committee on Irradiated Concrete, umiejscowionego w Oak Ridge National Laboratory, USA od roku 2014. IPPT PAN jest członkiem- założycielem ICIC.



Przedstawiciele IPPT PAN w gronie członków ICIC podczas spotkania w Pradze, listopad 2017

Problem długotrwałego oddziaływania promieniowania radiacyjnego na materiały był od dawna przedmiotem studiów w odniesieniu do materiałów plastycznych, prowadzonych w związku z rozwojem energetyki jądrowej [1,2]. Konieczność pogłębienia wiedzy pojawiła się niedawno w związku z globalnymi intencjami przedłużania czasu eksploatacji energetycznych reaktorów jądrowych do 60-80 lat, zamiast projektowanego okresu 30-40 lat. Program badawczy-rozwojowy „życie po 60-tce” (Life beyond 60), prowadzony przez ORNL i finansowany przez US Department of Energy, dotyczy wysłużonych reaktorów lekkowodnych w USA. Stan wiedzy w odniesieniu do materiałów wieloskładnikowych o charakterystyce quasi-kruchej (beton) przede wszystkim opiera się na badaniach Hilsdorfa i in. (1978), z których wynika, że promieniowanie nie wpływa znacząco na wytrzymałość betonu w zakresie fluencji promieniowania neutronowego poniżej 10^{19} n/cm lub dawki

promieniowania gamma mniejszej niż 10^8 Gy. Obliczenia symulacyjne pola promieniowania wokół reaktorów ciśnieniowych PWR wykazują występowanie większych strumieni neutronów i dawek promieniowania gamma w okresie do 80 lat eksploatacji reaktorów [3]. Betonowe konstrukcje osłonowe są narażone na silne promieniowanie neutronowe i gamma z reaktora i innych źródeł [4]. Długotrwałe oddziaływanie promieniowania na osłony może wywołać zmiany właściwości fizycznych i mechanicznych, a w konsekwencji wpływać na integralność konstrukcji osłonowych.

Niedawne prace badawcze prowadzone w gronie Partnerów RADCON i współpracujących badaczy z grupy ICIC przyniosły interesujące wyniki i nowe hipotezy dotyczące powstawania uszkodzeń radiacyjnych. Przyjmuje się, że faza ciekła i faza stała wieloskładnikowego materiału porowatego zachowują się inaczej w warunkach ekspozycji na promieniowanie. Matryca cementowa podlega deformacjom wywołanym zjawiskami transportu wilgoci w porach kapilarnych, podwyższenie temperatury związane jest z ciepłem promieniowania. Deformacje matrycy wiąże się głównie z hydrolizą wody związanej w produktach uwodnienia krzemianów i glinokrzemianów wapniowych, a także odparowaniem pod wpływem promieniowania gamma. Mineralne ziarna kruszywa ulegają deformacji z powodu kumulacji defektów w ich strukturach krystalicznych, generowanych głównie przez zderzenia neutronów. Uważa się, że główną przyczyną uszkodzeń napromieniowanych materiałów cementowych jest zróżnicowanie ekspansji objętościowej zasadniczych składników kompozytu (matrycy cementowej i kruszywa mineralnego).

Zaplanowane w Projekcie badania są ukierunkowane na zbudowanie bazy danych doświadczalnych o właściwościach składników mineralnych betonu i efektach ich długotrwałego napromienienia. Zbudowane będą też modele numeryczne opisujące zmienność właściwości mechanicznych materiału w funkcji składu chemicznego i napromienienia oraz zostaną wykorzystane do oceny funkcjonalności elementów konstrukcji osłonowych [5,6].

Przewidywana przydatność wyników prowadzonych badań dotyczy oceny bezpieczeństwa i projektowania materiałów na:

- obudowy bezpieczeństwa reaktorów jądrowych w energetyce,
- osłony radiologiczne w obiektach długotrwałego składowania odpadów promieniotwórczych,
- konstrukcje nośne i osłony nowych typów reaktorów wysokostrumieniowych, wysokotemperaturowych.

We wszystkich krajach partnerskich RADCON, z wyjątkiem Polski, energetyka jądrowa funkcjonuje od wielu lat. Bezpieczeństwo użytkowania działających i planowanych elektrowni jądrowych jest jednak zagadnieniem globalnym, ważnym ze względów społecznych i ekonomicznych. Ponadto, w Polsce jest realizowany program budowy elektrowni jądrowych [7]. Opracowano też warunki do wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych do pokrycia krajowego zapotrzebowania na ciepło przemysłowe o temperaturze do 700°C przy wykorzystaniu technologii chłodzenia helem [8]. Istnieją zatem jednoznaczne perspektywy wdrożenia wyników projektu RADCON, zarówno w Polsce, jak i w pozostałych krajach partnerskich.

Bibliografia

- [1] W.Schilling, Radiation induced damage in metals, Journal of Nuclear Materials, Vol.72, Issues 1–2, March 1978, Pages 1-4
- [2] J.Matthews, New perspectives on the theory of radiation damage in metals, International Journal of Pressure Vessels and Piping, Vol. 81, Issue 8, August 2004, Pages 667-671
- [3] T.M. Rosseel et.al., Radiation Damage In Reactor Cavity Concrete, Fontevraud 8 - Contribution of Materials Investigations and Operating Experience to LWRs' Safety, Performance and Reliability, France, Avignon – 2014, September 14-18, 10p.
- [4] A.M. Brandt, O wpływie promieniowania jonizującego na beton, przegląd stanu wiedzy, Cement, Wapno, Beton, Vol.21, No.6, 2016, 423-438
- [5] K.Kurtis, Y.Xi, M.A. Glinicki, J.Provis, E.Giannini, T.Fu, Can We Design Concrete to Survive Nuclear Environments? Concrete International, Vol. 39, 11, 2017, 29-35
- [6] M.A.Glinicki, Długotrwała funkcjonalność betonu w konstrukcjach osłonowych elektrowni jądrowych, IPPT PAN, Warszawa, 2015
- [7] <http://www.me.gov.pl/files/upload/10960/program.pdf>
- [8] <http://www.me.gov.pl/node/28011>