

„Właściwości mechaniczne i elektryczne polimerów narażonych na promieniowanie jonizujące”

Autor: mgr inż. Anna Maria Kosińska

Promotor: Prof. dr hab. inż. Jacek Jagielski

STRESZCZENIE ROZPRAWY

Celem niniejszej rozprawy jest analiza stopnia degradacji izolacji kabli w elektrowniach jądrowych oraz zaproponowanie jednej uniwersalnej metody diagnostycznej, która mogłaby jednoznacznie ocenić integralność strukturalną kabli podczas eksploatacji w środowisku reaktora jądrowego. Dodatkowym celem jest uzyskanie informacji o właściwościach strukturalnych i funkcjonalnych polimerów poddanych naświetlaniu jonami o wysokiej energii, co może służyć opracowaniu nowych materiałów, polimerów z modyfikowaną techniczną warstwą wierzchnią do zastosowań w przemyśle. W pracy dla wyjaśnienia mechanizmu degradacji materiałów polimerowych i elastomerów zastosowano przyspieszoną technikę opartą o wykorzystanie energetycznych wiązek jonów He^+ , w przypadku których, podobnie jak w przypadku promieniowania gamma, dominują oddziaływania jonizujące.

Badaniom poddano sześć różnych materiałów, jak poli(chlorek winylu) (PVC), kauczuk etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM), politetrafluoroetylen (PTFE), kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy (NBR), kauczuk butadienowo-styrenowy (SBR) oraz kauczuk naturalny (NR). Materiały zostały naświetlone jonami He^+ oraz poddane działaniu fotonów. Dostęp do reaktora badawczego MARIA, umożliwił także zbadanie próbek rzeczywistych materiałów pracujących w środowisku reaktora jądrowego.

Otrzymane wyniki dowodzą, że podczas procesu naświetlania jony wnikają do polimeru, tracąc energię w wyniku interakcji z jądrami i elektronami bombardowanego materiału. Ustalono, że zmiany właściwości mechanicznych, fizycznych i chemicznych polimerów pod wpływem promieniowania są w dużym stopniu determinowane procesami sieciowania i degradacji. Głównym efektem jonizacji jest oddzielanie atomów wodoru od łańcucha polimerowego poprzez rozszczepienie wiązania C – H. Efekt ten powoduje uwalnianie wodoru z materiału i może przyczyniać się do sieciowania. Proces uwalniania wodoru jest bardzo intensywny i może doprowadzić do uwolnienia nawet 50% wodoru z próbki wyjściowej. Końcowy stan materiału można zatem określić jako węgiel domieszkowany wodorem. W efekcie na powierzchni tworzy się cienka, bogata w węgiel warstwa. Warstwa ta charakteryzuje się dużą twardością (około dziesięciokrotnie wyższą od materiału wyjściowego) i około 5-krotnie niższym współczynnikiem tarcia oraz wielokrotnie podwyższoną odpornością na zużycie. Otrzymane wyniki pomiaru twardości izolacji kabli stosowanych w instalacjach jądrowych mogą stanowić alternatywną metodę oceny stanu izolacji.

Słowa kluczowe: naświetlanie wiązkami jonów, polimery, elastomery, właściwości mechaniczne, właściwości elektryczne

ABSTRACT

The aim of this dissertation is to analyze the effect of degradation cable insulation at Nuclear Power Plant and find a universal method for assessing the condition of cables during operation in the nuclear radiation environment.

An additional goal is to obtain information on the structural and functional properties of polymers subjected to He ions irradiation, which may be used to develop materials with a modified surface for industrial applications.

In this work, to explain the mechanism of degradation of polymeric materials and elastomers ion beams were used to modify polymeric materials such as: poly(tetrafluoroethylene) (PTFE), poly(vinyl chloride) (PVC), ethylene-propylene-diene rubber (EPDM), nitrile-butadiene rubber (NBR), styrene-butadiene rubber (SBR) and natural rubber (NR) on their chemical composition, physical structure and surface topography. Additional part will be comparison this materials and cables from MARIA reactor and MEVVA accelerator.

High-energy ion beam leads to the release of significant amounts of hydrogen from the surface layer, making macromolecular crosslinking increased, what manifests itself by shrinkage of the surface layer, which in turn causes significant stresses, leading to the formation of a crack pattern on the polymer surface. The hardness of the layer subjected to the ion bombardment process increases even up to 10 times. After modification with the ion beam, a significant decrease in frictional forces was also observed, up to 5-6 times. The microscopic analysis of wear traces confirmed that the wear resistance also significantly increased.

Keywords: ion irradiation, polymers, elastomers, mechanical properties, electrical properties