

BADANIE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH KOMPOZYTÓW Z WŁÓKIEN WĘGLOWYCH W OSNOWIE Z WĘGLA PIROLITYCZNEGO ORAZ ICH OCENA POD KĄTEM ZASTOSOWANIA W GŁĘBOKIEJ STYMULACJI MÓZGU

Agata Czuk^{1*}, Ryszard Wielowski², Aneta Frączek – Szczypta²

*Autor korespondujący: czukagata@student.agh.edu.pl

¹Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

²Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Streszczenie

Celem badań była ocena właściwości mechanicznych kompozytów węgiel – węgiel pod kątem ich zastosowania w głębokiej stymulacji mózgu. Głęboka stymulacja mózgu (DBS - *Deep brain stimulation*) jest metodą stosowaną w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Parkinsona, drżenie samoistne i dystonia. Jest to technika polegająca na ukierunkowanej neurostymulacji **głębokich struktur mózgowych** [1]. Obecnie najczęściej stosowane elektrody w głębokiej stymulacji mózgu są wykonane z materiałów metalicznych, takich jak platyna i jej stopy. Takie materiały choć są uznawane za biogodne, nie są całkowicie odporne na korozję, co może wpływać na ich wydajność oraz bezpieczeństwo. Dodatkowo nie posiadają one

odpowiednich właściwości mechanicznych i elektrochemicznych do ich miniaturyzacji [2]. To powoduje potrzebę poszukiwania nowych materiałów.

Badane materiały składały się z włókien węglowych pokrytych węglem pirolitycznym. Część materiałów poddano dodatkowej modyfikacji powierzchniowej wysoko utlenionymi nanorurkami węglowymi, a część pozostawiono bez dalszej modyfikacji. Materiały poddano próbie ściskania, próbie zmęczeniowej, a także zbadano ich zachowanie w trakcie wprowadzania do symulowanej tkanki mózgowej. Fantom mózgu został wykonany z hydrożelu na bazie żelatyny i alginianu sodu. Przeprowadzone badania miały na celu symulację sił działających na elektrodę w trakcie

operacji wszczepiania jej do mózgu. Dodatkowo przeprowadzono badanie zwilżalności oraz ocenę mikrostruktury próbek przy użyciu mikroskopu cyfrowego i mikroskopu elektronowego.

Podczas analizy mikrostruktury kompozytów węgiel-węgiel przeprowadzonej po testach mechanicznych nie zaobserwowano żadnych uszkodzeń, które zagrażałyby integralności materiałów. Wykorzystane metody zostały dostosowane do niewielkich wymiarów oraz wy-

sokiej smukłości badanych próbek. Zaobserwowano, że modyfikacja powierzchniowa wysoko utlenionymi nanorurkami węglowymi znacząco zwiększa zwilżalność kompozytu.

Przeprowadzone badania dostarczyły wartościowych informacji na temat właściwości użytkowych kompozytów typu węgiel-węgiel. Wyniki wykazały, że mają one potencjał, aby zastąpić materiały metaliczne w zastosowaniu w głębokiej stymulacji mózgu.

Słowa kluczowe: kompozyty węgiel – węgiel, głęboka stymulacja mózgu, węgiel pirolityczny

Keywords: carbon – carbon composites, deep brain stimulation, pyrolytic carbon

Bibliografia / References:

[1] Butson, Christopher R., and Cameron C. McIntyre. "Role of Electrode Design on the Volume of Tissue Activated during Deep Brain Stimulation." *Journal of Neural Engineering* 3, no. 1 (2006): 1–8. <https://doi.org/10.1088/1741-2560/3/1/001>.

[2] Vitale, Flavia, Samantha R. Summer-son, Behnaam Aazhang, Caleb Kemere, and Matteo Pasquali. "Neural Stimulation and Recording with Bidirectional, Soft Carbon Nanotube Fiber Microelectrodes." *ACS Nano* 9, no. 4 (2015): 4465–4474. <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b01060>.

Podziękowania:

Praca została sfinansowana z subwencji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie nr 16.16.160.557 oraz w ramach programu „AGH – Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” (IDUB), grant nr 16005.

STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CARBON FIBER COMPOSITES IN A PYROLYTIC CARBON MATRIX AND THEIR EVALUATION FOR USE IN DEEP BRAIN STIMULATION

Agata Czuk^{1*}, Ryszard Wielowski², Aneta Frączek – Szczypta²

*Corresponding author: czukagata@student.agh.edu.pl

¹AGH University of Krakow, Faculty of Electrical Engineering, Automatics, Computer Science and Biomedical Engineering, al. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow

²AGH University of Krakow, Faculty of Materials Science and Ceramics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow

Abstract

The aim of this study was to evaluate the mechanical properties of carbon-carbon composites for use in deep brain stimulation. Deep brain stimulation (DBS) is a method used to treat neurodegenerative diseases such as Parkinson's disease, essential tremor, and dystonia. It is a technique involving the targeted neurostimulation of deep brain structures [1]. Currently, the most used electrodes for deep brain stimulation are made of metallic materials such as platinum and its alloys. Although considered biocompatible, these materials are not entirely corrosion-resistant, which can impact their performance and safety. Furthermore, they lack the mechanical and electrochemical properties necessary for miniaturization [2]. This necessitates the search for new materials.

The materials tested consisted of carbon fibers coated with pyrolytic carbon. Some of the materials were additionally surface-modified with highly oxidized carbon nanotubes, while others were left unmodified. The materials were subjected to compression and fatigue tests, and their behavior during implantation into simulated brain tissue was also examined. The brain phantom was made of a hydrogel based on gelatin and sodium alginate. The tests were aimed at simulating the forces acting on the electrode during brain implantation. Additionally, wettability testing and microstructure evaluation of the samples were conducted using a digital and electron microscope.

Microstructural analysis of the carbon-carbon composites conducted after mechanical testing

revealed no damage that would compromise the integrity of the materials. The methods used were adapted to the small dimensions and high slenderness of the tested samples. Surface modification with highly oxidized carbon nanotubes was observed to significantly incre-

ase the wettability of the composite.

The research provided valuable information on the functional properties of carbon-carbon composites. The results showed that they have the potential to replace metallic materials in deep brain stimulation applications.

Acknowledgements:

This work was supported from the subsidy of the Ministry of Education and Science for the AGH University of Krakow No 16.16.160.557 and "AGH, Initiative of Excellence – Research University" (IDUB) grant ID 16005.
