

otrzymanymi przy wykorzystaniu ciekłego azotu. Próbkę utrzymywano przez 1 dobę w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$ , przez kolejną dobę w temperaturze  $5^{\circ}\text{C}$ , a następnie poddano swobodnemu odparowaniu rozpuszczalnika w temperaturze pokojowej.

W badaniach materiałów zastosowano linię fibroblastów ludzkich HS - 5 oceniano żywotność komórek kontaktowanych z trzema rodzajami próbek (metoda MTT) oraz określano stężenie kolagenu Typ 1 po 5 i 7 dniach hodowli w oparciu o test ELISA.

## Dyskusja

Analiza wyników wskazuje że żywotność komórek jak również poziom wydzielanego przez nie kolagenu, zależy od rodzaju próbek. Odpowiedź komórkowa w warunkach in vitro na każdy z badanych materiałów jest inna. Próbkę porównano z polisulfonu wyraźnie wpływają na obniżenie żywotności komórek z nimi kontaktowanych, ilość kolagenu wyprodukowane przez komórki również w tym przypadku jest wyraźnie najniższa i znacząco odbiega od pozostałych wyników. Lepsze przeżycie stwierdzono na materiałach z polisulfonu, otrzymanych w postaci gładkiej folii oraz kompozytu polisulfonu i włókien węglowych. Ponadto w przypadku obu próbek zanotowano wzmoczoną produkcję kolagenu po 5 i 7 dniach hodowli komórkowej. Na uwagę zasługuje fakt że w przypadku próbki kompozytowej, pomimo niższego poziomu przeżywalności komórek w porównaniu z kontrolną próbą, ilość kolagenu wyprodukowanego komórki z nim kontaktowane jest wyższa od ilości kolagenu oznaczonego dla próbki kontrolnej.

## BADANIA BIODEGRADACJI POLIMERÓW, PRZY ZASTOSOWANIU METODY ULTRADŹWIĘKOWEJ

JAN PIEKARCZYK, MARTA BŁAŻEWICZ, MAGDALENA OLEŚKÓW  
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI, AGH.

### Wprowadzenie

Biomateriały polimerowe zajmują czołowe miejsce wśród tworzyw stosowanych w medycynie. Polimery resorbowlane otrzymywane z laktidu lub glikolidu, ze względu na wysoką biogodność, coraz szerzej stosowane są w praktyce klinicznej. Badania trwałości implantów w warunkach in vitro pozwalają na ocenę ich przydatności dla celów medycznych. Próbkę implantów inkubuje się w sztucznych płynach ustrojowych a następnie poddaje badaniom zarówno płyny inkubacyjne jak i próbki inkubowanych tworzyw. W przypadku polimerów resorbowlanych, głównym przedmiotem badań pozostaje szybkość rozpadu hydrolytycznego i związane z nią obniżenie właściwości użytkowych materiału.

Ocena szybkości rozpadu hydrolytycznego jest podstawowym wyznacznikiem przydatności implantu resorbowlanego. Do badania szybkości rozpadu hydrolytycznego wykorzystuje się obecnie wiele metod, pomiary dotyczą zarówno analizy strukturalnej materiału jak i charakterystyki jego właściwości fizycznych. W ocenie czasu resorpcji, w warunkach in vitro, badane są pH i przewodnictwo roztwo-

temperature.

## Discussion

The results of the investigation show that the vitality of the cells cultivated on the researched materials is different depending on the type of materials. Higher vitality of cells has been observed on the non porous materials. The very good biocompatibility has composite material carbon fibers/PSF, although the viability of fibroblasts reduced on the composite cells produce more collagen in the presence of investigated materials than for the control cultures.

## Piśmiennictwo

## References

- [1] Huettnner W., Keuscher G., Nietert M., Carbon fibre reinforced polysulfone composite, *Biomaterials and Biomechanics* 1983, 167 - 172.
- [2] Wenz L.M., Merritt K., S.A., Moet A., In vitro biocompatibility of polyetherketone and polysulfone composites *J. Biomed. Mater.* 1990, 207 - 215.
- [3] Konieczna B., Pamuła E., Polimery termoplastyczne wzmacniane włóknami węglowymi do zastosowań medycznych, *Inżynieria Biomateriałów* 2001, 77 - 79.

## STUDY OF BIODEGRADATION PROCESS OF RESORBABLE POLYMERS BY ULTRASONIC METHOD

JAN PIEKARCZYK, MARTA BŁAŻEWICZ, MAGDALENA OLEŚKÓW  
FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS  
UNIVERSITY OF MINING AND METALLURGY, CRACOW

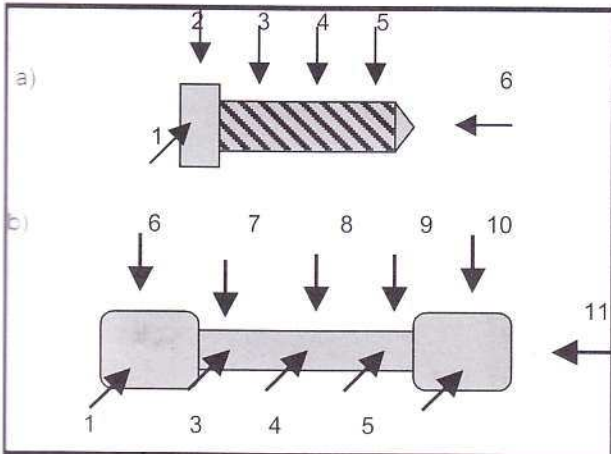
### Introduction

Good biocompatibility of polyglycolide and its co - polymers is the reason of the growing interest in these materials in clinical practice. They are used as biodegradable implants shaped into screw, plates or surgical nails and also as dressing for a controlled drug release. The main peculiarity of such polymers is their mechanism of biodegradation through hydrolysis of the ester linkage and formation of decomposition products which are normal intermediates of cell metabolism. The rate of decomposition can be varied through copolymerisation or formulation.

The rate of hydrothermal degradation of polymer is measured with the use of several methods, including structural analysis of the material and its physical characteristics. In order to determine the resorption time in vitro, pH and electrical conductivity parameters are controlled, whereas the material itself is also examined by spectroscopic technique, diffraction (XRD), molecular weight changes and mechanical strength assessment during incubation. However, new methods are needed, particularly for resorbable polymers.



ru inkubacyjnego, jak również same tworzywa, które analizowane są metodami spektroskopowymi, dyfrakcyjnymi, pomiarem masy cząsteczkowej oraz wytrzymałości, zmieniającymi się w czasie inkubacji. Niemniej jednak, poszukiwanie nowych metod oceny procesu biodegradacji implantów, zwłaszcza resorbowalnych, jest nadal aktualne [1].



**RYS.1.** Kierunki i punkty pomiarowe na próbkach z polimerów i kompozytów o osnowie polimerowej, a) próbki w kształcie śrub, b) próbki w kształcie łopatek.



**RYS.2.** Zależność zmiany prędkości fali ultradźwiękowej po długości śruby z PLA od czasu inkubacji w płynie Ringera.

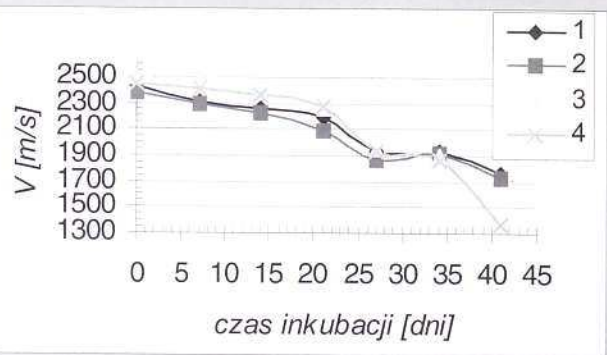
W pracy przedstawiono wyniki badań rozpadu hydrolytycznego śruby ortopedycznej i płytki wykonanej z polimerów resorbowalnych, formowanych metodą wtrysku. Rozpad hydrolytyczny polimerów badano metodą ultradźwiękową, mierząc szybkość propagacji podłużnej fali ultradźwiękowej.

Do wykonania śruby wykorzystano PLA (polilaktyd) produkcji PURAC Biochem Holland o masie cząsteczkowej  $M_n = 400\ 000$  a.j.m. natomiast płytkę w kształcie wiosełka wykonano kopolimeru P(LLA/GLA) (polilaktyd - poliglikolid) wyprodukowanego w Centrum Chemii Polimerów w Zabrzu, o masie cząsteczkowej  $M_n = 100\ 000$  a.j.m.

Obie próbki inkubowano w płynie Ringera. Badaniom przy wykorzystaniu metody ultradźwiękowej poddano śrubę i płytkę polimerową po różnych czasach inkubacji. Na RYS.1. przedstawiono schematycznie sposób przykładania głowic pomiarowych do próbki zaś na RYS. 2-5 zebrano wyniki badań doświadczalnych. Do badań ultradźwiękowych wykorzystano urządzenie Materials Tester 541, z przetwornikami o częstotliwości 1 MHz.

## Wnioski

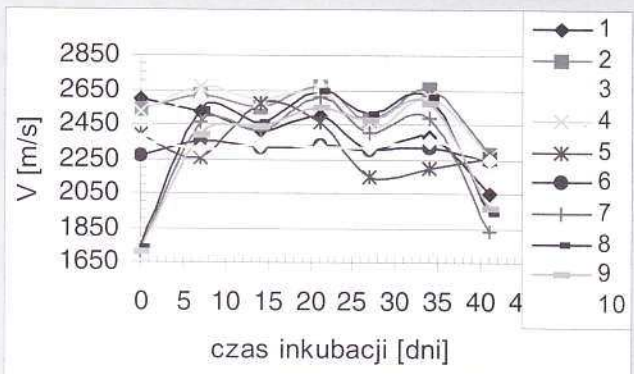
Wyniki uzyskane w badaniach wskazują, że inkubacji w płynie Ringera obniżeniu ulega szybkość przechodzenia



**RYS.3.** Zależność zmiany prędkości fali ultradźwiękowej śruby z PLA od czasu inkubacji w płynie Ringera.



**RYS.4.** Zależność zmiany prędkości fali ultradźwiękowej po długości łopatek z kopolimeru P(LLA/GLA) od czasu inkubacji w płynie Ringera.



**RYS.5.** Zależność zmiany prędkości fali ultradźwiękowej łopatek z kopolimeru P(LLA/GLA) od czasu inkubacji w płynie Ringera.

The work deals with the study of hydrolytic degradation of orthopaedic screw and plate made from resorbable polymers, obtained by injection moulding. The process was examined by ultrasonic longitudinal wave propagation.

The data obtained in this work indicate, that incubation of the samples in Ringer solution results in decreasing the velocity of wave propagation. Hydrolytic degradation of the screw formed from PLA is distinctly higher than that for the plate made of PGLA/PLA copolymer. As it also follows from these results the screw and plate show significant structural anisotropy, probably due to method of forming, and as a consequence the degradation process in Ringer solution occurs with different rate in whole volume of the sample. It has been found that ultrasonic method can be useful tool for analysis of biomedical materials.



ultradźwięków przez badane próbki. Szybkość ultradźwięków jest parametrem, który zależy zarówno od struktury jak i mikrostruktury materiału [2,3]. W przypadku badanych próbek, związana jest ze zmianami strukturalnymi jakie towarzyszą rozpadowi hydrolytycznemu poliestrów. Rozpad hydrolytyczny śruby wykonanej z PLA jest znacznie szybszy niż płytki wykonanej z kopolimeru. Z analizy danych wynika również że prędkości ultradźwięków nie są takie same w całej objętości próbki. Zarówno śruba jak i płytka charakteryzują się znaczną anizotropią strukturalną która jest najprawdopodobniej następstwem sposobu formowania i która powoduje, że rozpad materiały pod wpływem płynu Ringera przebiega z różną prędkością w objętości próbki.

Dane uzyskane w doświadczeniach wskazują, że metod ultradźwiękowa dostarcza informacji które mogą być przydatne do analizy materiałów biomedycznych.

Dane uzyskane w doświadczeniach wskazują, że metod ultradźwiękowa dostarcza informacji które mogą być przydatne do analizy materiałów biomedycznych.

## KOMPOZYTY WĘGLOWO-POLISILOKSANOWE - BADANIA KOMÓRKOWE

B. CZAJKOWSKA\*, T. GUMUŁA\*\*, M. BŁAŻEWICZ\*\*

\*UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI, KATEDRA IMMUNOLOGII, KRAKÓW

\*\*AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI, 30-059 KRAKÓW

### Wstęp

Polisiloksany są powszechnie stosowane do celów biomedycznych. Stosuje się je jako materiały do kontaktu z krwią, jako składniki klejów, przetoki, protezy dla chirurgii twarowo-szczękowej, materiały chirurgiczne, implanty, cewniki i biosensory i inne. Polisiloksany mają właściwości hydrofobowe oraz niską skłonność do przyciągania bakterii.

Kompozyty węglowo - polisiloksanowe mogą być interesującymi materiałami przeznaczonymi do rekonstrukcji tkanki kostnej poprzez połączenie włókien węglowych o doskonałych parametrach mechanicznych z osnową polisiloksanową o wysokiej biogodności.

Celem pracy było określenie właściwości biologicznych trzech typów kompozytów wzmacnianych włóknami węglowymi, różniącymi się materiałem osnowy, jako potencjalnych materiałów implantacyjnych.

### Materiały i metody

Jako materiał na osnowę zastosowano trzy rodzaje żywic polimetylofenylosiloksanowych L 150X, L 901 and L 4102, produkowanych przez Lučební Závody, Kolin (Czechy). Elementem wzmacniającym były włókna węglowe T-300 (Torayca) w formie tkaniny 2D. Kompozyty otrzymywano techniką ciekłej impregnacji i poddawano sieciowaniu.

Badano żywotność ludzkich makrofagów linii KMA i ludzkich osteoblastów hFOB 1.19 testem MTT.

## Piśmiennictwo

## References

[1] Błażewicz M, Piekarczyk P, Wykorzystanie metody ultradźwiękowej do badań biodegradacji implantów węglowych. Acoustical and mechanical method in biomedical engineering, Zakopane 1998.

[2] Piekarczyk J. Prędkości propagacji fal ultradźwiękowych w materiałach i ich związek z niektórymi właściwościami, V Sympozjum Ceramiki Serock 1984.

[3] Śliwiński A. Ultradźwięki i ich zastosowanie, WNT Warszawa 2001.

## POLYSILOXANE-CARBON COMPOSITES - STUDY OF CELLULAR INTERACTION

B. CZAJKOWSKA\*, T. GUMUŁA\*\*, M. BŁAŻEWICZ\*\*

\*JAGIELLONIAN UNIVERSITY, DEPARTMENT OF IMMUNOLOGY, KRAKÓW

\*\*ACADEMY OF MINING AND METALLURGY, FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS, KRAKÓW

### Introduction

Polysiloxane have been widely used in biomedical applications due their high biocompatibility. For example, those materials can be used as blood-contacting materials, medical adhesive, medical duct, maxillofacial prostheses, surgical material, etc. in medicine practice. Polysiloxane have also low tendency to adsorb bacteria because of their hydrophobic nature. These characteristics are interesting for implants, catheters and biosensors technology [1, 2, 3].

Polysiloxane - carbon composites should be very promising material for reconstruction of bone tissue due combination of carbon fibers (excellent mechanical properties) with polymer (high biocompatibility).

The study aimed at determination of biological properties of three types of carbon fibers - based composites differing in matrix as possible implant materials.

### Materials and methods

Three types of polymethylphenylsiloxane resins L 150X, L 901 and L 4102, produced by Lučební závody, Kolin (Czech Republic) were used as matrix.

Carbon fibers T - 300 (Torayca) in form of 2D fabric were used as the reinforcing. The composite samples were manufactured by liquid impregnation of fabric followed by curing. The MTT tests in the presence of human macrophages line KMA and human osteoblasts line hFOB 1.19 were made.