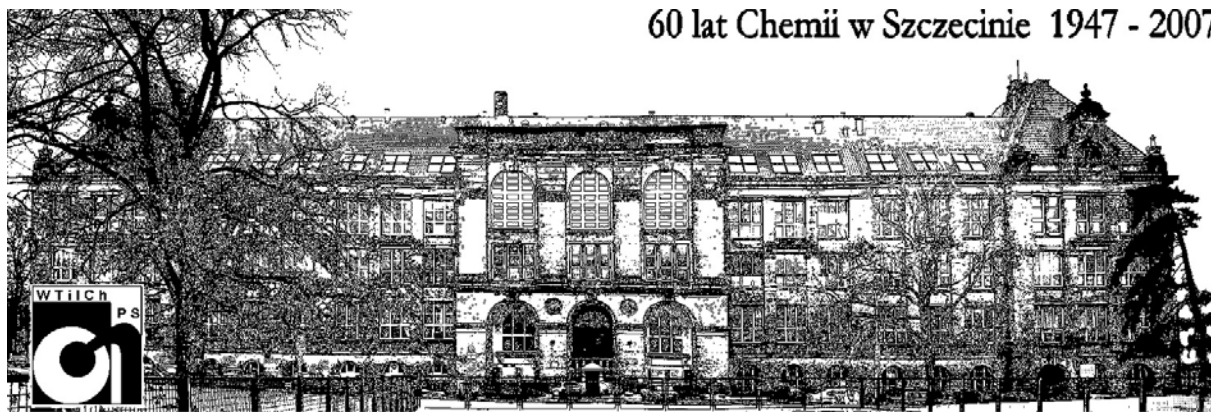


60 lat Chemii w Szczecinie 1947 - 2007



TRENDY ROZWOJOWE WSPÓŁCZESNEGO PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

Polimery w medycynie*

Polymer materials in medicine

Miroslawa El-Fray**

Słowa kluczowe: polimery, implanty, biogodność

Key words: polymers, implants, biocompatibility

Ogromne możliwości w zakresie projektowania, syntezy i modyfikacji polimerów sprawiły, że jest to najbardziej dynamicznie rozwijająca się grupa materiałów o ogromnym znaczeniu i możliwościach zastosowań w technikach biomedycznych [1,2].

Począwszy od lat z okresu międzywojennego XX w., kiedy to prace Wallace Carothersa przyczyniły się do opracowania poliamidów (potocznie nylonów) oraz poliestrów, obserwuje się ciągły rozwój materiałów polimerowych, wymieniając polimery o uznanej renomie i szerokim zastosowaniu jak polistyren, poli(metakrylan metylu), poli(chlorek winylu), aż po współczesne polimery ciekłokrystaliczne, polimery przewodzące lub nanokompozyty polimerowe. Odkryciem, które otworzyło drogę do masowego zastosowania polimerów, było opracowanie przez Karla Zieglera i Giulio Nattę w 1951 r. (nagroda Nobla w 1963 r.) katalizatorów, zwanych Zieglera-Natty, które umożliwiły masową i taną produkcję polietylenu i polipropylenu z pochodnych ropy naftowej. Na lata 70. przypadł rozwój elastomerów termoplastycznych (segmentowych poliestrów, poliuretanów i poliamidów), materiałów o elastyczności kauczuków, które można przetwarzać metodami typowymi dla technologii tworzyw termoplastycznych, czyli przez wtrysk lub wytłaczanie [3,4].

W pierwszych latach swego rozwoju, polimery stosowano głównie do wyrobu przedmiotów codziennego użytku (niezwykłą kolekcję wyrobów wykonanych z pierwszej syntetycznej żywicy fenolowo-formaldehydowej można obejrzeć w wirtualnym muzeum na stronie www.bakelitmuseum.de).

W okresie II Wojny Światowej polimery zaczęto wykorzystywać również w przemyśle zbrojeniowym. Poli(metakrylan metylu) (PMMA), czyli szkło organiczne, inaczej Plexiglas, wykorzystywano np. do produkcji osłon kabin w samolotach. Zauważono, że organizm osób, które doznawały częstych obrażeń od łamiącego się pleksiglasu, wyjątkowo dobrze tolerował PMMA. Obserwacje te zapoczątkowały erę intensywnych badań nad przydatnością najpierw wymienionego, a potem wielu innych polimerów do celów medycznych. Dziś popularny pleksiglas i liczne jego odmiany stosowane są w technikach medycznych do produkcji cementów kostnych lub miękkich hydrożelowych soczewek kontaktowych (Otto Wichterle i Lim, 1963).

Polimery, dzięki łatwemu przetworstwu metodami wysokotemperaturowego wtrysku lub wytłaczania i szerokim możliwościom nadawania im różnych kształtów (prętów, rurek, folii itp.) są stosowane do wyrobu sprzętu jednorazowego użytku i elementów aparatury medycznej. Dzięki możliwości formowania włókien z niektórych polimerów są one wykorzystywane również do produkcji materiałów opatrunkowych, odzieży ochronnej lub nici chirurgicznych. Przykłady te pokazują, iż polimery skutecznie i z dużym powodzeniem zastąpiły tradycyjne materiały, takie jak szkło czy metal w produkcji sprzętu medycznego i aparatury (rys. 1).

Materiały polimerowe stosuje się również na ogromną skalę do rekonstrukcji (protezowania) tkanek bądź całych organów ludzkich. Wiele z nich wykazuje bowiem wysoką biogodność i biofunkcjonalność, co oznacza, że nie wywołują reakcji zapalnych, alergicznych, kancerogennych lub mutagennych.

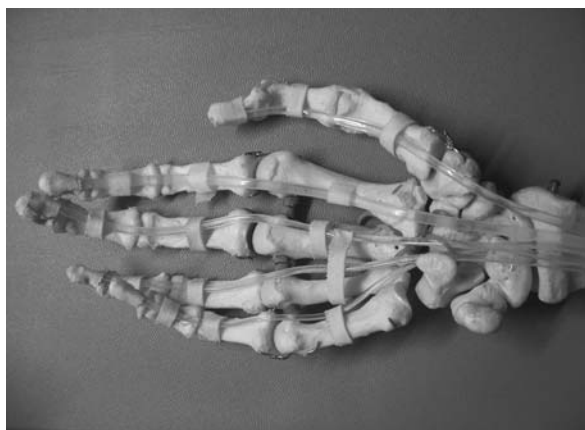
Dobór odpowiedniego materiału do protezowania danej tkanki zależy przede wszystkim od czynników strukturalnych i właściwości mechanicznych naturalnych tkanek (twardych i miękkich, różniących się budową anatomiczną i właściwościami), gdyż inne wy-

* Referat wygłoszony podczas Zjazdu z okazji 60-lecia Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej, opublikowany w materiałach zjazdowych; przedruk za zgodą Autorki i Wydawcy

** Instytut Polimerów Politechniki Szczecińskiej

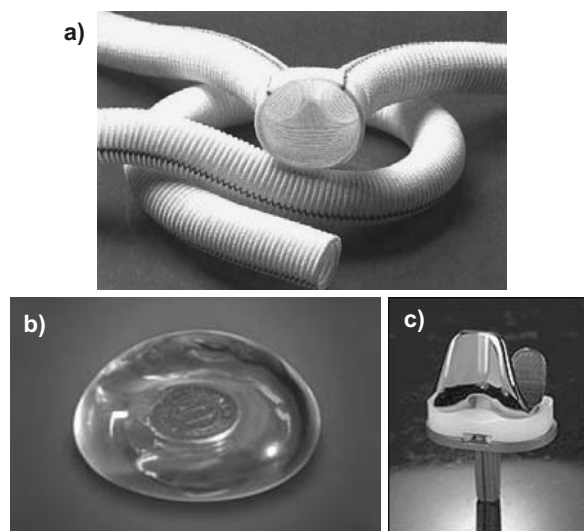
Rys. 1. Przykłady wyrobów medycznych z a) polipropylenu, b) poli(chloroku winylu), c) kauczuku siloksanowego

magania stawiane są materiałom do protezowania tkanek twardych, takich jak kości lub zęby, inne wymogi zaś muszą spełniać materiały do protezowania więzadeł czy ścięgien. Zestawienie cech biomechanicznych z anatomicznymi pozwala na projektowanie polimerów do konkretnych zastosowań biomedycznych, jak np. autorska polimerowa czasowa proteza ścięgna opracowana na Politechnice Szczecińskiej we współpracy z Pomorską Akademią Medyczną w Szczecinie (rys. 2) [5-7].



Rys. 2. Czasowa proteza ścięgien zginaczy palców ręki opracowana na Politechnice Szczecińskiej

Materiały polimerowe, głównie polietylen o dużej gęstości (HDPE) i dużej odporności na ścieranie, stosuje się szeroko do protezowania układów ruchowych w protezach stawu kolanowego lub biodrowego. Polimery miękkie, takie jak kauczuk silikonowy, wykorzystuje się do wyrobu protez piersi lub implantów twarzowych. Niektóre polimery, takie jak włóknotwórczy poli(tereftalan etylenu) (PET) doskonale nadają się do zastosowań w bezpośrednim kontakcie z krwią do wyrobu protez naczyniowych, bądź jako elementy sztucznego serca, gdzie wykorzystywane są również elastomery poli-

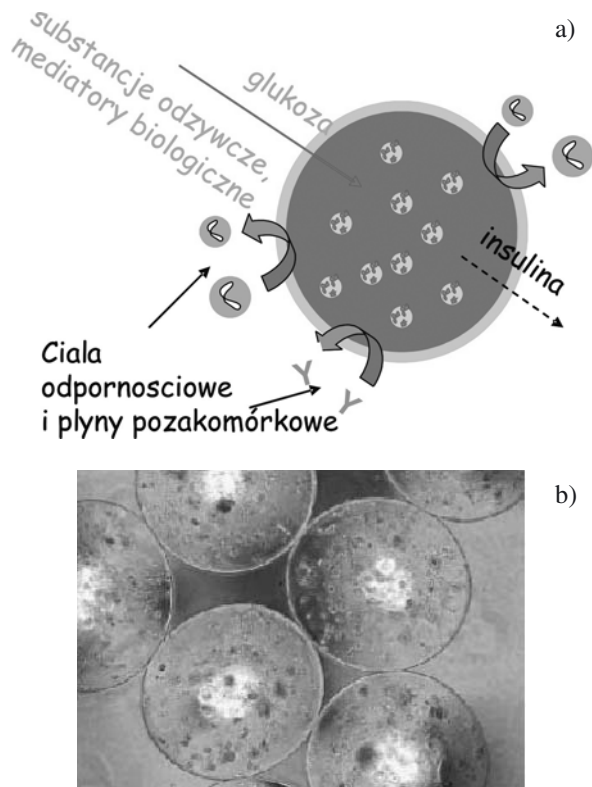


Rys. 3. Przykłady implantów: a) poliestrowej, dzianej protezy naczyń krwionośnych, b) protezy piersi wykonanej z kauczuku siloksanowego, c) protezy stawu kolanowego z elementami wykonanymi z polietylenu

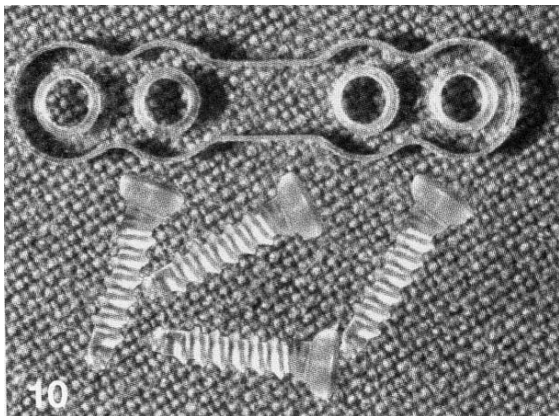
uretanowe. Polimery te są biostabilne, tzn. nie ulegają rozkładowi w środowisku ludzkiego organizmu. Przykłady niektórych implantów pokazano na rys. 3.

Dynamiczny rozwój farmacji, a szczególnie „opakowań” do leków nowej generacji spowodował wykorzystanie polimerów do otrzymywania mikrokapsulek. Otoczki polimerowe pozwalają na dyfundowanie substancji farmakologicznych z określoną szybkością. Polimer można dobrać w taki sposób, aby rozpuszczał się w określonym miejscu przewodu pokarmowego lub też aktywnie reagował na zmiany otoczenia, takie jak temperatura, pH, siła jonowa lub inne (są to tzw. polimery programowalne, reagujące na bodźce zewnętrzne). Polimery dziś to nie tylko „opakowania” środków farmakologicznych, to również małe fabryki, w których zamknięte są żywe komórki. W tak konstruowanych biosztucznych narządach mogą zachodzić procesy życiowe i regulacyjne, jak chociażby w biosztucznej trzustce, gdzie w kapsułce polimerowej zamknięte są komórki Langerhansa, odpowiedzialne za produkcję insuliny. Budowa chemiczna polimeru w takim hybrydowym układzie musi zapewnić selektywną przepuszczalność dla składników odżywczych dyfundujących do wnętrza mikrokapsuły, aby umożliwić regulację właściwego poziomu glukozy oraz pozwolić na wydzielanie wyprodukowanej przez komórki insuliny. Otoczka polimerowa musi być jednocześnie barierą ochronną dla zamkniętych we wnętrzu komórek, nie pozwalającą na oddziaływanie z ciałami odpornościowymi pacjenta oraz płynami pozakomórkowymi (rys. 4). Zaletą biosztucznych organów w postaci mikrokapsulek jest możliwość wstrzyknięcia ich pacjentowi do otrzewnowo.

Ważną grupą polimerów do zastosowań biomedycznych są polimery biodegradowalne, tj. takie, które w środowisku ludzkiego organizmu ulegają rozpadowi do prostych, nieszkodliwych substancji ulegających



Rys. 4. a) Zasada działania biosztywnej trzustki: komórki Langerhansa, umieszczone w mikroapsułce wykonanej np. z hydrożelu, zdolne są do pobierania substancji odżywczych (głównie glukozy) z organizmu pacjenta i produkcji insuliny, która jest usuwana na zewnątrz mikroapsułki; b) mikroapsułki widziane pod mikroskopem



Rys. 5. Implanty (płytki do stabilizacji złamanych kości i wkręty) wykonane z polilaktydu, ulegające bioresorpcji w organizmie ludzkim

metabolizmowi (są to materiały bioresorbowalne). Największe znaczenie odgrywa polilaktyd i jego pochodne, poliglikolid oraz ich kopolimery, stosowane szeroko w chirurgii, ortopedii lub kontrolowanym uwalnianiu leków (rys. 5).

Polimery biodegradowalne stały się również w ostatnich latach punktem zainteresowania nowej dziedziny, jaką jest inżynieria tkankowa. Koncepcja inżynierii



Rys. 6. Porowate podłoża polimerowe wymodelowane zgodnie z anatomicznymi kształtami tkanek (nosa, ucha), zasiedlane komórkami (chondrocytami) w celu regeneracji tkanki (chrząstki).

tkankowej polega na wykorzystywaniu polimerowych, biodegradowalnych rusztowań, tzw. skafoldów (*ang. scaffolds*) do wzrostu i namnażania komórek, z których powstają potem tkanki. Pozwala to, na razie na etapie badań laboratoryjnych, na wytwarzanie sztucznych implantów nosa, ucha lub zastawek serca, gdzie odpowiednio wymodelowane, przestrzenne i porowate podłoża polimerowe w kształcie ostatecznej tkanki, wykorzystywane są do wzrostu komórek, np. chondrocytów budujących chrząstkę (rys. 6) [8]. W miarę wzrostu i różnicowania komórek, podłożo polimerowe zanika, a w jego miejsce rozwija się nowa tkanka.

Inżynieria tkankowa, jako dziedzina interdyscyplinarna, łączy w sobie nie tylko zdobycze chemii polimerów i medycyny. Pozwala również na wykorzystywanie wysoko zaawansowanych technik komputerowych do projektowania przestrzennego i szybkiego modelowania (*ang. rapid prototyping*). Inżynieria tkankowa jest niewątpliwie najbardziej nowatorską dziedziną zastosowań polimerów w medycynie, zwłaszcza tych, które ulegają bioresorpcji i są pozyskiwane ze źródeł odnawialnych (surowce pochodzenia roślinnego lub otrzymane metodami biotechnologicznymi).

Literatura

1. Wise D.L., *Biomaterials and Bioengineering Handbook*, Marcel Dekker, New York, 2000
2. Nałęcz M., *Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna: Biomateriały*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2003
3. El Fray M. *Nanostructured elastomeric biomaterials for soft tissue reconstruction*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa (2003) 1-144

4. Fakirov S. *Handbook of Condensation Thermoplastic Elastomers*. Wiley-VCH, Verlag GmbH & C, New York 2005
5. El Fray M., Slonecki J.: „Multiblock copolymers consisting of polyester and polyaliphatic blocks”, *Angew. Makromol. Chem.*, 1996, 234, 103
6. El Fray M., Bartkowiak A., Prowans P., Slonecki J., „Physical and mechanical behaviour of electron-beam irradiated and ethylene oxide sterilized multiblock polyester”, *J. Mater. Sci.- Mater. Med.* 2000, 11 (11), 757-762
7. Prowans P., El Fray M., Slonecki J.: *Biocompatibility studies of new multiblock poly(ester-ester)s composed of poly(butylene terephthalate) and dimerized fatty acid*, *Biomaterials*, 2002, 23, 2973-2978
8. Reis R. L., *Biodegradable Materials in Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, John Andrews, New York, 2004



**INSTYTUT PRZEMYSŁU
GUMOWEGO „STOMIL”**

05-820 Piastów, ul. Harcerska 30
www.ipgum.pl



AB 147

Akredytowane przez PCA

LABORATORIUM BADAWCZE „Labgum”

Certyfikat Akredytacji PCA Nr AB 147

ważny do 19.07.2009 r.

Laboratorium jest wyspecjalizowane w badaniach wyrobów gumowych oraz surowców i mieszanek przeznaczonych do ich produkcji, posiada nowoczesną aparaturę badawczą, ma wdrożony system zarządzania zgodny z wymaganiami PN-EN ISO/IEC 17025:2005
Certyfikat Akredytacji Laboratorium posiada od 1998 r.

LABORATORIUM WYKONUJE BADANIA

według aktualnych norm krajowych, zagranicznych, UE i międzynarodowych ISO oraz procedur własnych w następującym zakresie:

ZESPÓŁ BADANIA WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNYCH

- badania surowców na zgodność z wymaganiami
- badania wyrobów gumowych stosowanych w kontakcie z produktami spożywczymi
- analiza składu mieszanek i wulkanizatów pod kątem opracowywania recept, kontroli składu, rozwiązywania problemów technologicznych i eksploatacyjnych
- oznaczanie śladowych ilości N-nitrozoamin
- identyfikacja wykwitów na powierzchni gumy
- badania właściwości termicznych materiałów

ZESPÓŁ BADANIA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH

- właściwości przerobowe kauczuków i mieszanek
- właściwości wytrzymałościowe gumy
- podstawowe właściwości fizyczne gumy twardość, gęstość, elastyczność, ścieralność
- badanie odporności na działanie cieczy (paliwa, oleje)
- badanie odporności na działanie ciepła (przyspieszone starzenie) oraz działanie ozonu
- badanie odporności na działanie niskiej temperatury
- badanie tłumienia i relaksacji

Kierownik Laboratorium Badawczego „LABGUM” – dr inż. Teresa Kleps; tel. (022) 723-60-2529 wew. 129
Z-ca Kierownika Laboratorium – dr inż. Małgorzata Piaskiewicz; tel. (022) 723-60-2529 wew. 161
fax: (022) 723-71-96, e-mail: t.kleps@ipgum.pl, m.piaskiewicz@ipgum.pl