

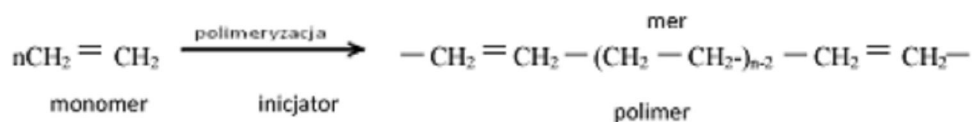
# ***MATERIAŁY POLIMEROWE ORAZ ICH WPLYW NA ROZWÓJ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ W POLSCE***

*Ludomir Ślusarski*

Instytut Technologii Polimerów i Barwników  
Politechnika Łódzka  
e-mail: ludomir.slusarski@p.lodz.pl

## ***1. Wprowadzenie***

Termin polimery ma źródło w greckim. Został utworzony po opanowaniu metod ich syntezy ze związków małych cząsteczkowych zwanych monomerami. Cząsteczki monomeru połączone ze sobą wiązaniami chemicznymi tworzą makrocząsteczki, które w tej postaci noszą nazwę merów (rys. 1).



Rys. 1. Przykład polimeryzacji

Jest to jedynie jeden z wielu możliwych sposobów powstawania związków wielkocząsteczkowych, czyli polimerów. Znane są i wykorzystywane w praktyce różne metody polimeryzacji monomerów nienasyconych: rodnikowa, jonowa i koordynacyjna. Polimeryzacja rodnikowa jest zwykle inicjowana przez organiczne substancje małych cząsteczek rozpadające się na wolne rodniki, np. nadtlutki lub azozwiązki, ale może również zachodzić pod wpływem promieniowania o dużej energii (polimeryzacja radiacyjna). Polimeryzacja jonowa inicjowana jest przez odpowiednio dobrane aniony lub kationy. Polimeryzacja koordynacyjna jest inicjowana przez atomy metali przejściowych, otoczone ligandami. Dobierając odpowiednie inicjatory i warunki polimeryzacji możemy sterować budową powstającego polimeru. Jeśli monomer zawiera reaktywne grupy funkcyjne można go przekształcić w polimer metodą polikondensacji lub poliaddycji.

W inżynierii materiałowej rozróżnia się trzy podstawowe grupy materiałów, są to: materiały metaliczne, ceramiczne oraz polimerowe. Czwartą grupę stanowią kompozyty, które można wytwarzać z każdego z wymienionych rodzajów materiałów. Zasadnicza różnica między polimerami a metalami lub ceramiką polega na tym, że jedynie w przypadku tych pierwszych masa cząsteczkowa oraz budowa makrocząsteczek mogą być w szerokim zakresie kształtowane podczas ich syntezy, w zależności od przewidywanych zastosowań. Niektóre rodzaje polimerów, np. kauczuk naturalny, gutaperka, celuloza i in. powstają w wyniku reakcji biochemicznych, zachodzących w roślinach.

Polimery, ze względu na budowę makrocząsteczek i właściwości, dzieli się na trzy podstawowe grupy (Tab. 1).

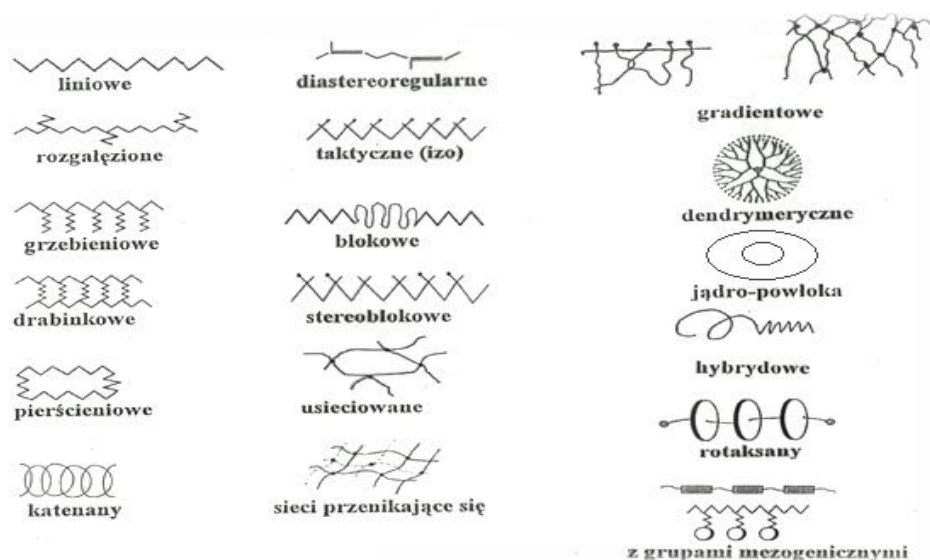
Tabela 1

## Klasyfikacja polimerów

Rodzaj	Liczba głównych odmian (przybliżona)
Plastomery <sup>1)</sup>	22
Elastomery	15
Duromery <sup>2)</sup>	19
Polimery włóknotwórcze <sup>3)</sup>	19

1. Nazywane także „tworzywami sztucznymi” lub rzadziej, masami plastycznymi
2. Zwane również żywicami termo- lub chemoutwardzalnymi
3. Często nie uwzględniane w klasyfikacji

W przypadku plastomerów, elastomerów i polimerów włóknotwórczych duże znaczenie ma przestrzenna budowa makrocząsteczek. Jeśli jest ona stereoregularna, dany polimer jest zdolny do krystalizacji. Wprawdzie zawartość powstającej w takim przypadku fazy krystalicznej zwykle nie przekracza kilkudziesięciu procent, ale wywiera ona bardzo duży wpływ na właściwości polimeru, wzrasta jego gęstość, stabilność termiczna i wytrzymałość mechaniczna. Przykłady różnorodnych postaci makrocząsteczek polimerów, czyli ich „architekturę” przedstawiono na poniższym rysunku (rys. 2).



Rys. 2. Architektura makrocząstek

Łączna liczba znanych polimerów jest wielokrotnie większa, gdyż oprócz odmian zbudowanych z jednego rodzaju merów (homopolimery) są syntezowane kopolimery, zawierające mery dwojakiego rodzaju oraz terpolimery (trzy różne rodzaje merów). W makrocząsteczkach ko- i terpolimerów rozkład merów jest zwykle statystyczny, ale mogą one również tworzyć bloki. Ponadto do makrocząsteczek są wbudowywane heteroatomy lub różne grupy boczne. Syntezowane są także polimery lub oligomery<sup>1</sup> zawierające w obrębie lub na końcach cząsteczek wbudowane celowo grupy funkcyjne (te drugie noszą nazwę polimerów lub oligomerów telechelicznych). Duromery mogą różnić się znacznie gęstością usieciowania itd.

Postęp w zakresie syntezy polimerów wiąże się w znacznej mierze z poznaniem mechanizmu polimeryzacji oraz katalizy. Ostatnio podjęto uwieńczone powodzeniem próby syntezy tzw. polimerów supramolekularnych. W tym przypadku jednostki strukturalne makrocząsteczek są połączone nie tylko wiązaniami chemicznymi, ale również wskutek szczególnej budowy przestrzennej,

<sup>1</sup> Terminem oligomery określa się zwyczajowo związki o masie cząsteczkowej nie przekraczającym 10 000.

np. w postaci układów katenanowych bądź rotaksanowych (rys. 2) [1] lub wskutek specyficznych oddziaływań, np. tworzenia międzycząsteczkowych wiązań wodorowych [2]. Uzyskane w ten sposób polimery mają częstokroć wyjątkowe właściwości, np. są zdolne do samorzutnego naprawiania uszkodzonych (przeciętych lub rozerwanych) próbek (self-healing materials) albo ulegają biodegradacji. Polimery niezbyt często są wykorzystywane jako takie, z reguły zawierają substancje pomocnicze nadające im pożądane cechy. W tej postaci noszą właśnie nazwę materiałów polimerowych. Do najczęściej stosowanych w technologii polimerów substancji pomocniczych należą: zmiękczacze, dyspergatory, środki przeciwstarzeniowe, napełniacze i nanonapełniacze, środki sieciujące, aktywatory i antypireny. Współcześnie wykorzystywane materiały polimerowe są doskonale dostosowane do określonych zastosowań. Stało się to możliwe dzięki rozwojowi nauki o materiałach i inżynierii materiałowej. Istotną zaletą polimerów jest również ich mała gęstość, na ogół  $<2 \text{ g/cm}^3$ . Z tego właśnie powodu światowa produkcja polimerów, która wynosi około 300 milionów ton, jeśli obliczyć ją w jednostkach objętości, jest już większa (224 mln  $\text{m}^3$ ) niż produkcja stali (133 mln  $\text{m}^3$ ) [3]. Roczna produkcja polimerów w Polsce wynosi około 2,1 mln ton [4].

Produkcję polimerów w Polsce uruchomiono jeszcze przed II wojną światową. Była to folia z regenerowanej celulozy (1931 r.) oraz polibutadien (kauczuk erytrenowy, 1938 r.) ponadto wytwarzano niewielkie ilości żywic fenolowo - formaldehydowych oraz galalitu (z kazeiny). Po wojnie produkcja polimerów znacznie wzrosła, w dużych ilościach zaczęto wytwarzać poliolefiny, poli(chlorek winylu), poliamid-6, poli(tereftalan etylenu), polistyren, kauczuki butadienowo - styrenowy i butadienowo - akrylonitrylowy, kauczuk silikonowy oraz niektóre rodzaje żywic [5]. Własnymi siłami nie zdołano jednak opanować w dużej skali nowoczesnych metod polimeryzacji jonowej. Część polimerów produkowanych w Polsce jest eksportowana. Jednocześnie polimery niewytwarzane w kraju są importowane. Bilans tej wymiany jest ujemny.

Jako materiały konstrukcyjne polimery, w porównaniu z metalami lub materiałami ceramicznymi, mają również pewne wady. Odznaczają się na ogół mniejszą wytrzymałością i stabilnością termiczną, wiele z nich jest palnych.

Poprawę właściwości eksploatacyjnych polimerów można częstokroć osiągnąć poprzez ich modyfikację fizyczną lub chemiczną. Coraz częściej modyfikacji poddaje się polimery nie w masie, a jedynie na powierzchni.

Polimery są obecnie syntezowane głównie z surowców petrochemicznych: ropy naftowej i gazu ziemnego. Według opublikowanych ostatnio prognoz, w połowie XXI wieku znacznie brakować tego rodzaju surowców, a ich ceny zaczną znacznie wzrastać [6]. Podjęto więc próby wykorzystania biomasy jako odnawialnego surowca do syntezy polimerów [7]. Wytwarzane już metodami biotechnologii polimery – np. polilaktyd, polilakton i polialkaniany, mają właściwości mechaniczne zbliżone do typowych termoplastów, a ponadto są biodegradowalne. Z materiałów polimerowych ogólnego przeznaczenia, wytwarza się wiele wyrobów o dużym znaczeniu praktycznym m.in. opakowania, opony, taśmy przenośnikowe, pasy pędne, uszczelnienia, izolacje termiczne (pianki) oraz elektryczne (powłoki kabli), tekstylia, meble, wykładziny, obudowy, ramy okienne, zabawki itd. Coraz większe ilości folii polimerowych zużywa rolnictwo. Trzeba jednak podkreślić, że uzyskanie wyrobów o dobrych właściwościach eksploatacyjnych nie jest sprawą prostą, ponieważ wymaga rozległej wiedzy inżynierskiej oraz praktycznej znajomości procesów produkcyjnych. Dobrą ilustracją tego rodzaju problemów stanowi historia opony samochodowej. Znany i badany w Europie i Stanach Zjednoczonych kauczuk naturalny stawał się sztywny i kruchy w obniżonej temperaturze (np. zimą) a lepki i plastyczny w temperaturze podwyższonej (np. latem). Stabilność właściwości i kształtu kauczuk uzyskuje dopiero po wulkanizacji, odkrytej przez Charlesa Goodyera w 1839 r. Wulkanizacja polega na umiarkowanym usieciowaniu kauczuku. Goodyear stosował w tym celu siarkę, obecnie niekiedy wykorzystuje się również donory siarki, nadtlenki lub napromieniowanie radiacyjne. Usieciowany kauczuk, zawierający dodatki polepszające jego właściwości, nazywany jest gumą. W 1888 r. John Boyd Dunlop skonstruował pierwszą oponę pneumatyczną ze zwulkanizowanego węża kauczukowego i uzyskał na nią patent. Od tego czasu trwają badania nad doбором składników i warunków wulkanizacji opon gumowych oraz optymalizacją ich konstrukcji. Szczególnie szerokie zastosowanie jako materiały konstrukcyjne uzyskują ostatnio kompozyty polimerowe.

Odnaczają się dużą wytrzymałością i trwałością a poza tym są znacznie lżejsze w porównaniu ze stalą i stopami metali. Jest to szczególnie ważne w lotnictwie oraz transporcie zarówno kołowym jak i morskim. Umożliwia bowiem znaczne zmniejszenie zużycia paliwa. Przykładem osiągnięć w tym zakresie jest samolot pasażerski „Dream liner” firmy Boeing, zbudowany w 50% z kompozytu polimerowego, wzmocnianego włóknem węglowym. Coraz większe ilości kompozytów polimerowych wykorzystuje budownictwo, m.in. w postaci polimerobetonów oraz przemysł zbrojeniowy (hełmy, kamizelki kuloodporne) i przemysł artykułów sportowych (kaski, narty, tyczki, rakiety tenisowe, wiosła, łodzie, jachty i inne wyroby). Ponadto są one stosowane w przemysłach: stoczniowym, maszynowym, chemicznym, elektrycznym, w kosmonautyce, górnictwie i innych gałęziach przemysłu.

Rysują się perspektywy dalszego postępu w zakresie kompozytów polimerowych. Wiążą się one z poznaniem wpływu wielu czynników na ich właściwości, m.in. morfologii, struktury, oddziaływań międzyfazowych i będących ich przejawem adhezji, budowy chemicznej składników. Ostatnio są one wyposażane w sensory piezoelektryczne, co umożliwia sygnalizowanie przeciążenia lub uszkodzenia konstrukcji. Opracowano również systemy umożliwiające samodzielną naprawę uszkodzonego elementu kompozytowego. Aby zwiększyć wytrzymałość kompozytów polimerowych podjęto, z powodzeniem, próby wytwarzania ultrawytrzymałych włókien [8]. Duże znaczenie ma opanowanie technologii nanokompozytów polimerowych wzmocnianych nanocząstkami lub nanowłóknami [9]. Istotny, a nierozwiązany dotychczas zadowalająco problem stanowi recykling kompozytów polimerowych. Wymaga on bowiem ich wstępnego rozdrobnienia, z czym wiąże się duże zużycie energii. Wykorzystanie jako fazy rozpraszającej (osnowy) polimerów biodegradowalnych a jako wzmocnienia włókien lub nanowłókien naturalnych np. celulozowych umożliwi prawdopodobnie poddawanie tego rodzaju kompozytów polimerowych recyklingowi w sposób prosty i niezbyt kosztowny. Produkcja i zastosowania kompozytów polimerowych będą niewątpliwie nadal szybko wzrastać.

Oprócz polimerowych materiałów konstrukcyjnych coraz większe zastosowanie uzyskują ostatnio polimerowe materiały funkcjonalne. W ich

przypadku nie jest istotna trwałość kształtu i wytrzymałość mechaniczna, lecz pewne cechy szczególne, związane z budową makrocząsteczek lub specjalnie dobranym składem. Do tej grupy zalicza się m.in. polimery gradientowe, dendrymeryczne, jądro-powłoka, hybrydowe, rotaksany, katenany, z grupami funkcyjnymi (reaktywnymi lub mezogenicznymi) (rys. 2), polimerowe materiały elektro- oraz magnetoreologiczne, piezoelektryczne, elektroprzewodzące, z pamięcią kształtu itd. Jako obszary ich zastosowań można wymienić: medycynę, elektronikę, ochronę środowiska (membrany jonowymienne), technikę sterowania i inne. Trudno byłoby omawiać szczegółowo przydatność praktyczną tej grupy materiałów polimerowych. Jednak dla ilustracji warto wspomnieć o ich zastosowaniu np. w medycynie. Z polimerów produkowane są, w dużych ilościach cewniki, dreny, opakowania leków, obudowy aparatów, sprzęt do rehabilitacji. Materiały polimerowe biokompatybilne znajdują zastosowanie jako namiastki skóry, endoprotezy (panewki stawów), implanty (sztuczne naczynia krwionośne, siatki przepuklinowe, protezy uszu, rusztowania wykorzystywane w inżynierii tkankowej, wkładki zapewniające drożność naczyń krwionośnych, (tzw. stenty). Materiały polimerowe są szeroko wykorzystywane w stomatologii jako protezy i wypełnienia ubytków w zębach. Dendrymery o strukturze odpowiednio dobranej do rozmiarów cząsteczek leków, są wykorzystywane jako ich nośniki. Uwalnianie leku z takiego adsorbenta następuje stopniowo a jego stężenie w organizmie przez dłuższy czas pozostaje na stałym poziomie. Obserwuje się coraz większe i bardziej różnicowane zastosowanie polimerów i materiałów polimerowych w technice i życiu codziennym, a jednocześnie ogromne możliwości kształtowania ich budowy, struktury i właściwości spowodowały, że wybitni uczeni od dawna podejmują badania w tej dziedzinie. Znajduje to odzwierciedlenie w liczbie przyznanych nagród Nobla, co ilustruje następujące zestawienie:

- 1953 r., Hermann Staudinger, za odkrycia w dziedzinie chemii supramolekularnej
- 1963 r., Karl Ziegler i Giulio Natta, za zastosowanie związków metaloorganicznych w polimeryzacji; zasługą K. Zieglera było uzyskanie polietylenu o liniowej budowie cząsteczek i dużej gęstości; G. Natta rozszerzył

- zastosowanie wspomnianych katalizatorów uzyskując stereoregularny polipropylen
- 1974 r., Paul J. Flory, przyczynił się w istotny sposób do rozwoju chemii i fizyki polimerów, był twórcą statystycznej teorii polimeryzacji
  - 2000 r., Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid i Hideki Shirakawa, za badania przewodności elektrycznej polimerów, w szczególności poliacetyleny.

## ***2. Udział Polski w badaniach produkcji i zastosowaniach materiałów polimerowych***

Obecna sytuacja w zakresie nauki i techniki w Polsce jest, zapewne w jakimś stopniu pochodną historii kraju. Jest symptomatyczne, że opiniotwórcze środowiska emigracyjne w okresie zaborów dosyć niechętnie patrzyły na kariery rodaków, absolwentów studiów technicznych w gospodarkach innych krajów [10]. W okresie, gdy w Europie następowała rewolucja naukowo-techniczna my walczyliśmy o niepodległość i przejawialiśmy nastawienie romantyczne. W kraju nie wykształciła się silna warstwa mieszczańska, tradycyjnie brakowało polskiego kapitału oraz odpowiedniej wiedzy i umiejętności. W okresie dwudziestolecia międzywojennego (1918-1939) dzięki racjonalnej i konsekwentnej polityce ówczesnych władz, głównie prezydenta Ignacego Mościckiego, wybitnego chemika oraz wicepremiera Eugeniusza Kwiatkowskiego, również chemika, podjęto z powodzeniem próby budowy polskiego przemysłu. Wielkie osiągnięcia na tym polu miał Chemiczny Instytut Badawczy, utworzony w 1922 r. we Lwowie. Przeniesiony w 1927 r. do Warszawy, istniał do 1939 r. Kontynuatorem jego tradycji i działalności jest obecnie Instytut Chemii Przemysłowej im. Prof. Ignacego Mościckiego [5]. Dobrą ilustracją wspomnianych sukcesów było opracowanie w latach 1925-1938 metody syntezy kauczuku. Polska była trzecim krajem po Niemczech i Rosji, który potrafił rozwiązać problemy związane z tą trudną technologią. Kauczuk jest surowcem strategicznym, niezbędnym zarówno w gospodarce kraju jak i decydującym o odpowiednim wyposażeniu armii. Przez długie lata potrzeby krajów rozwiniętych w tym zakresie były pokrywane przez import kauczuku naturalnego, początkowo głównie z Brazylii a następnie plantacji



założonych przez Holendrów i Brytyjczyków w Azji południowo-wschodniej. Jednak w okresie wojny drogi zaopatrzenia w ten surowiec łatwo mogły być przerwane. Z tego powodu w Niemczech już w 1915 r. uruchomiono produkcję kauczuku syntetycznego, poli(2,3-dimetylo butadienu). Produkcji zaniechano w 1919 r., ale wznowiono ją ponownie w latach trzydziestych XX wieku, jednak wykorzystując jako monomer butadien -1,3. W 1932 r. produkcję kauczuku butadienowego uruchomiono również w Związku Radzieckim. Tak się złożyło, że po uzyskaniu stopnia doktora filozofii w Uniwersytecie Wiedeńskim, w latach 1913-1920 w Moskwie, w laboratorium znanego chemika J. J. Ostromyslenskigo, pracował młody doktor Stanisław Kiełbasiński. Prowadzono tam wówczas badania nad syntezą butadienu z alkoholu etylowego i jego polimeryzacją. Po powrocie do kraju, w 1923 roku na I Zjeździe Chemików Polskich, dr Stanisław Kiełbasiński zreferował wyniki swoich badań wykonanych w Moskwie. Ministerstwo Spraw Wojskowych zaproponowało mu, na swój koszt, urządzenie laboratorium i kontynuację badań. Propozycja została przyjęta w 1925 roku. Laboratorium działało do 1933 roku, w którym wobec niedostatecznej wydajności syntezy butadienu (zwanego wówczas erytremem), zostało przeniesione do Chemicznego Instytutu Badawczego, a jego kierownictwo przejął inż. Wacław Szukiewicz. Opracowano nowy katalizator, co umożliwiło przeszło 3,5-krotne zwiększenie wydajności syntezy butadienu z alkoholu etylowego, wytwarzanego z ziemniaków. Podjęto więc decyzję o budowie wytwórni kauczuku o nazwie KER (kauczuk erytremowy) w Dębicy. Jej rozruch nastąpił w 1938 roku, zdolność produkcyjna wynosiła 150 t/rok. W roku 1939 przed wkroczeniem oddziałów niemieckich, urządzenia wytwórni zdemontowano. W okresie wojny licencję na produkcję kauczuku wg stosowanej w Dębicy metody, za zgodą Polskich Władz Emigracyjnych w Londynie, sprzedano Włochom oraz Stanom Zjednoczonym. Po wojnie uruchomiono ponownie wytwórnię KERu w Dębicy. W 1956 roku wytwórnię w Dębicy zamknięto, a produkcję kauczuku podjęły Zakłady Chemiczne w Oświęcimiu [11]. Doktor Stanisław Kiełbasiński miał duże osiągnięcia również w dziedzinie chemii leków. W czasie okupacji był dwukrotnie aresztowany, po raz pierwszy na kilka tygodni, jako zakładnik. Po raz drugi za pomaganie Żydom. Został wówczas zesłany na kilka miesięcy do obozu w Dachau.

Po odzyskaniu wolności pomógł, z narażeniem własnego życia, wydostać się z warszawskiego getta Ludwikowi Hirszfeldowi oraz jego żonie i córce. W swoim mieszkaniu na Saskiej Kępie zapewnił schronienie Irenie Weinkranc z matką, dzięki czemu obie przetrwały czasy okupacji. Za tę postawę i działalność został odznaczony (pośmiertnie) medalem „Sprawiedliwy wśród Narodów Świata”. Prof. Stanisław Kiełbasiński miał istotny udział w organizacji Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej, był m.in. kierownikiem Katedry Technologii Kauczuków i Mas Plastycznych. Zmarł 19 maja 1955 roku [12,13].

W okresie drugiej wojny światowej Polska poniosła ogromne straty materialne oraz w potencjale ludzkim, szczególnie w sferze nauki i techniki. W ciągu pięciu lat wojny młodzież nie uczęszczała do szkół wyższych, naukę na poziomie szkoły podstawowej, a niekiedy średniej pobierała z trudem, na organizowanych nielegalnie tzw. kompletach. W ciągu kilku lat po wojnie jej przygotowanie do studiów, w stopniowo uruchamianych, ale źle wyposażonych politechnikach, było dalece niedostateczne. Mimo narzuconego Polsce po wojnie nieefektywnego systemu ekonomicznego, stopniowo podjęto trud odbudowy przemysłu i organizacji placówek naukowych. W 1951 roku powstała Polska Akademia Nauk i przystąpiono do organizacji jej instytutów. W zasadzie ich zadaniem było uprawianie na możliwie najwyższym poziomie badań podstawowych. Jednak, ze względu na potrzeby kraju, w placówkach PAN podejmowano również badania stosowane, a w związku z tym prace rozwojowe i wdrożeniowe. Na uznanie i wdzięczną pamięć zasługuje wybitny uczony, członek rzeczywisty PAN prof. zwyczajny Zbigniew Jedliński. Mając 17 lat walczył jako ochotnik w kampanii wrześniowej, w czasie wojny był członkiem Kedywu AK oraz partyzantem. Po okupacji ukończył Politechnikę Gdańską, a następnie uzyskał stopień doktora nauk. Jako doktor wyjechał na Śląsk, gdzie rozwinął działalność naukową oraz pełnił wiele odpowiedzialnych funkcji. Był dyrektorem Zjednoczenia Przemysłu Farb i Lakierów, kierownikiem katedry i dziekanem Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej, a następnie przez długie lata dyrektorem Centrum Chemii Polimerów PAN w Zabrze. Autorem 300 publikacji naukowych i 3 obszernych monografii. O jego zainteresowaniu techniką świadczy liczba ponad 50 patentów w tym wielu międzynarodowych. Był nominowany do nagrody Nobla. Jak już

wcześniej wspomniano Profesor uprawiał również badania stosowane współpracując z Politechniką Gdańską. Uzyskane wyniki to między innymi nowy asortyment biologicznie aktywnych podwodnych farb okrętowych, wdrożona technologia tworzyw poliestrowych oraz zastosowanie kompozytów polimerowych do produkcji poławiaczy min o właściwościach amagnetycznych, uhonorowane nagrodami państwowymi. Zbudowano 17 takich trałowców, które były wykorzystywane nie tylko przez polską Marynarkę Wojenną, ale również we flocie NATO. Był to tak wielki sukces, że Politechnika Gdańska nadała swojemu wychowankowi w 2001 roku doktorat honoris causa. Prof. Z. Jedliński był również doktorem honoris causa Uniwersytetu Technicznego im. Gh. Asachai w Jassach (Rumunia). Oczywiście pod kierownictwem prof. Z. Jedlińskiego Centrum Chemii Polimerów uprawiało również na bardzo wysokim poziomie badania podstawowe w zakresie syntezy polimerów o złożonej strukturze drabinkowej i segmentowej. Uzyskane wyniki umożliwiły wytwarzanie kompozytów polimerowych o doskonałych właściwościach mechanicznych oraz dużej odporności chemicznej, wykorzystanych we wspomnianych uprzednio konstrukcjach okrętowych, ale również budowie wielkogabarytowej aparatury chemicznej oraz jako polimerobetonu. Duże znaczenie, nie tylko poznawcze, ale także praktyczne miały badania polimerowych nośników leków. Profesor zmarł 6 czerwca 2008 roku w wieku 86 lat [14,15].

Potencjał naukowy polskich placówek, prowadzących badania w zakresie chemii, technologii i inżynierii materiałowej polimerów jest znaczny. Należą do nich instytuty Polskiej Akademii Nauk: Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych w Łodzi, Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych w Zabrze oraz Instytut Podstawowych Problemów Techniki w Warszawie, ponadto instytuty lub katedry wielu politechnik: Warszawskiej, Wrocławskiej, Śląskiej, Krakowskiej, Poznańskiej, Gdańskiej, Częstochowskiej, Rzeszowskiej oraz Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu i Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (dawna Politechnika Szczecińska). Wiele wymienionych ośrodków reprezentuje bardzo wysoki poziom w zakresie nauki o polimerach i mają renomę międzynarodową. Należy do nich między innymi Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, którego dyrektorem

jest obecnie prof. Stanisław Słomkowski. Badania w zakresie inżynierii materiałów polimerowych oprócz Dyrektora, prowadzą wybitni specjaliści:

#### **Profesor Stanisław Penczek**

Jest członkiem korespondentem PAN, prof. tytułarnym Francuskiej Akademii Nauk, doktorem h. c. Uniwersytetu Piotra i Marii Curie w Paryżu oraz Rosyjskiej Akademii Nauk. Uehonorowany został wieloma wysokiej rangi odznaczeniami zagranicznymi. Jest przewodniczącym dwóch oraz członkiem dziewięciu rad redakcyjnych czasopism polimerowych.

#### **Profesor Andrzej Gałęski**

Od 1995 r. jest kierownikiem Zakładu Fizyki Polimerów, wiceprzewodniczącym Sekcji Materiałów Polimerowych Komitetu Nauki o Materiałach PAN, członkiem rad redakcyjnych sześciu czasopism polimerowych.

Obaj wymienieni profesorowie są co roku zapraszani na wykłady do uczelni zagranicznych. Centrum prowadzi szeroką współpracę naukową z zagranicą. Między innymi obecnie uczestniczy, w zakresie inżynierii materiałów polimerowych, w 6 i 7 Programach Ramowych UE. Ostatnio specjaliści z Case Western University w Cleveland oraz prof. A. Gałęski ze współpracownikami dokonali wynalazku o dużym znaczeniu praktycznym. Polega on na wytworzeniu cienkiej folii polimerowej o dwuwarstwowej strukturze krystalicznej. Kryształy jednego ze składników, w danym przypadku poli(tlenku etylenu) wzrastają dwuwymiarowo i stanowią skuteczną barierę w stosunku do par i gazów. W konsekwencji przenikalność takiej folii jest 100 razy mniejsza niż folii o podobnej grubości (100µm) produkowanych dotychczas. Jest to więc materiał barierowy nadający się doskonale do pakowania np. żywności lub leków. Rysują się również inne możliwości zastosowania materiałów polimerowych o tego rodzaju strukturze. Artykuł na ten temat ukazał się w Science [16].

Trudno byłoby omówić nawet w zarysie prace naukowe wszystkich wymienionych ośrodków naukowych. Nie sposób jednak nie uwzględnić osiągnięć prof. Bogdana Marcińca z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu i stworzonej przez niego szkoły materiałów krzemoorganicznych. Profesor jest

znanym chemikiem, przewodniczącym Komitetu Chemii PAN, członkiem Europejskiej Akademii Umiejętności (European Academy of Arts, Sciences and Humanities) w Paryżu. W 2009 r. został laureatem Nagrody Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej oraz Nagrody Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Badania Profesora przyczyniły się w dużej mierze do postępu w zakresie syntezy i zastosowania związków krzemoorganicznych. Na szczególne podkreślenie zasługują jego działania zmierzające do wykorzystania wyników badań w praktyce. W 1995 r. założył w Poznaniu pierwszy w Polsce Park Technologiczny i dba o jego dalszą rozbudowę. Dzięki temu w kraju są dostępne sfunkcjonalizowane silany, znajdujące coraz szersze zastosowanie w technologii kompozytów, w budownictwie i innych dziedzinach techniki.

Badania materiałów polimerowych o charakterze stosowanym, uprawiają głównie instytuty przemysłowe, zwane jednostkami badawczo - rozwojowymi (tzw. JBRy). Są to przede wszystkim Instytut Chemii Przemysłowej im. Prof. Ignacego Mościckiego w Warszawie oraz Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników w Toruniu. Pierwszy z wymienionych instytutów ma długą historię i jak już wspomniano znakomite osiągnięcia. W dość szczególnie sposób, nie tylko w Polsce, ale i na świecie, jest traktowany przemysł włókienniczy i jego zaplecze badawcze. W podręcznikach i monografiach z zakresu materiałów polimerowych zazwyczaj nie poświęca się wiele uwagi materiałom włókienniczym i metodom ich przetwórstwa, mimo że są to w istocie specjalne odmiany polimerów. Pewien wyjątek stanowią jedynie kompozyty polimerowe, w przypadku których różne odmiany wzmocnień włóknistych odgrywają istotną rolę. Sytuacja włókiennictwa na świecie ulega ostatnio głębokim zmianom. Tradycyjne technologie wytwarzania tekstyliów - tkanin, dzianin, włókien i przędzy oraz produkcji odzieży w coraz większym stopniu stają się domeną krajów azjatyckich: Chin, Indii, Malezji, Indonezji, Turcji i innych. Ze względu na niskie koszty robocizny w tych krajach Europa i Stany Zjednoczone, a także Japonia nie są w stanie sprostać konkurencji z ich strony. W Europie przemysł włókienniczy należy do tradycyjnych gałęzi przemysłu i obecnie zatrudnia 2,5 mln pracowników (2006 r.). Nic więc dziwnego, że Parlament Europejski uchwalił 13 grudnia 2007 r. rezolucję „The future of the textile sector after 2007” (Przyszłość przemysłu chemicznego po

roku 2007), przewidującą pomoc legislacyjną oraz naukową (6 i 9 program ramowy) dla podtrzymania przemysłu włókienniczego. W Polsce istnieje duży potencjał naukowo-badawczy w dziedzinie włókiennictwa, ten kierunek nauczania istnieje w Politechnice Łódzkiej oraz Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. W Łodzi oprócz tradycyjnych specjalności włókienniczych, w coraz większym zakresie, zarówno w procesie dydaktycznym jak i badaniach naukowych, uwzględnia się elementy inżynierii materiałowej. Funkcjonuje Centrum Zaawansowanych Technologii Tekstyliów Pro Humano Tex [17]. Ponadto badania w tym kierunku uprawiane są w czterech instytutach przemysłowych: Instytucie Włókiennictwa, Instytucie Biotechnologii i Włókien Chemicznych i Instytucie Technologii Bezpieczeństwa „Moratex” w Łodzi oraz Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu. Rozwój nowych metod wytwarzania materiałów tekstylnych oraz nadawania im specjalnych właściwości metodami modyfikacji fizycznej, chemicznej i biologicznej łącznie z wykorzystaniem metod nanotechnologii, wbudowywania elementów elektronicznych, np. monitorujących funkcjonowanie organizmu człowieka (tekstronika), wytwarzania materiałów kompozytowych o wyjątkowej wytrzymałości mechanicznej, stwarza szanse postępu i sprostania konkurencji zagranicznej. W Polsce wytwarzanych jest wiele rodzajów materiałów włóknistych znajdujących zastosowanie w medycynie. W ich produkcji specjalizuje się przedsiębiorstwo Tricomed S.A. Natomiast duże zakłady włókiennicze istniejące od wielu lat w Łodzi i Bielsku-Białej w większości nie sprostały konkurencji i zakończyły działalność. Powstało natomiast sporo małych i średniej wielkości zakładów. Otwierają się przed nimi perspektywy rozwoju. Warunkiem powodzenia jest współpraca z zapleczem badawczym i opanowanie technologii nowoczesnych wyrobów włókienniczych: materiałów inteligentnych, biokompatybilnych, biodegradowalnych, niepalnych lub trudno palnych, chroniących przed promieniowaniem UV, działaniem pola elektrycznego bądź magnetycznego itp. Jednak, ogólnie biorąc mimo względnie dobrej kondycji placówek badawczych, sytuacja Polski w zakresie badań i rozwoju (B+R) oraz innowacyjność gospodarki, szczególnie w porównaniu z krajami Unii Europejskiej oraz USA i Japonii, przedstawia się niezbyt pomyślnie. Nie jest realizowana, zgodnie z założeniami

Strategia Lizbońska, nakłady na B+R wynoszą zaledwie 33% nakładów krajów UE15 i 21% nakładów USA, w stosunku do PKB. Trzeba ponadto wziąć pod uwagę duże różnice w wysokości PKB Polski i krajów rozwiniętych. W kraju od wielu lat środki przeznaczone na naukę są na poziomie ~0,6% PKB, przy czym w większości pochodzą one z budżetu państwa, natomiast w krajach rozwiniętych w przybliżeniu w połowie są wnoszone przez przemysł. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy jest duży udział małych i średnich przedsiębiorstw w strukturze polskiego przemysłu, wynosi on bowiem w Polsce ponad 99% [18]. Tego rodzaju przedsiębiorstw z reguły nie stać na finansowanie sfery B+R. Według danych opublikowanych w styczniu 2009 r. przez European Innovation Scoreboard, Polska gospodarka pod względem innowacyjności zajmuje 23 miejsce wśród krajów europejskich. Za nami plasują się jedynie Litwa, Rumunia, Łotwa i Bułgaria [19]. Liczba polskich wynalazków, zgłoszonych w 2002 r. do Europejskiego Urzędu Patentowego, na milion mieszkańców wynosi 2,7 przy średniej europejskiej UE15 133,6 [20]. W prawdzie ostatnio wskaźniki innowacyjności polskiej gospodarki uległy niewielkiej poprawie, ale nadal biorąc pod uwagę wielkość i zaludnienie kraju oraz udział wykształconej młodzieży, trzeba uznać obecną sytuację za dalece niezadowalającą.

Niewątpliwie istotne znaczenie ma brak wystarczających środków na rozwój przemysłu oraz nie przywiązywanie dostatecznej wagi w sferze nauki do wdrożeń i ochrony patentowej oryginalnych rozwiązań. Wobec braku efektywnej współpracy z przemysłem, polskie placówki naukowe uprawiają głównie badania poznawcze. Publikowanie ich wyników w prestiżowych czasopismach jest powszechnie akceptowaną przez instytucje decyzyjne a także środowisko naukowe, drogą kariery akademickiej. Na pozór mogłoby się wydawać, że uprawianie badań stosowanych jest prostsze, nie wymaga tak głębokiej wiedzy oraz szczególnej inwencji jak osiągnięcie oryginalnych wyników w badaniach poznawczych. W istocie badania stosowane wymagają innych kwalifikacji, to jest specjalistycznej wiedzy i umiejętności inżynierskich, współpracy w zespołach wieloosobowych i na ogół znacznie większych nakładów finansowych, o ile uzyskane wyniki mają być wdrożone do praktyki przemysłowej, a nie stanowić jedynie projektu koncepcyjnego, którego przydatność będzie sprawdzana dopiero w przyszłości.

Wiele czasu i uwagi trzeba poświęcić na zapoznanie się z na ogół obszerną literaturą patentową, aby znaleźć rozwiązanie problemu technicznego, nie naruszające zwykle sformułowanych bardzo szeroko zastrzeżeń. Jest symptomatyczne, że nowe materiały i technologie materiałowe bardzo często są dziełem zespołów specjalistów pracujących w zapleczu badawczym dużych przedsiębiorstw bądź koncernów międzynarodowych, które bardzo starannie strzegą tajemnic produkcyjnych i nie ujawniają przedwcześnie wyników prowadzonych badań. Na ogół tego rodzaju przedsiębiorstwa zagraniczne działające w Polsce nie są skłonne do nawiązywania bliskiej współpracy z krajowymi placówkami naukowymi.

W przeszłości popełniono pewne błędy w zakresie przygotowania zawodowego młodzieży, obecnie stopniowo podejmuje się kroki naprawcze. Niewątpliwie wiele szkody spowodowało usunięcie matematyki z programu egzaminu maturalnego, przywrócono ją jako przedmiot obowiązkowy dopiero w roku bieżącym. Nie przywiązuje się należytej wagi do poziomu i zakresu nauczania fizyki i chemii w szkołach średnich. Zlikwidowano wiele techników i szkół zawodowych. Społeczeństwo nie jest przekonująco informowane o znaczeniu nauki dla gospodarki kraju. W konsekwencji absolwenci liceów nie są dobrze przygotowani do podejmowania studiów na kierunkach technicznych i nie są do tego zachęcani przez rodziców. W latach 1990-2007 nastąpił spadek udziału absolwentów studiujących nauki ścisłe i inżynieryjne z 17% do 5,7% [21]. Dopiero ostatnio wymieniono inżynierię materiałową wśród kierunków „zamawianych” przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, co już zaowocowało zwiększeniem liczby potencjalnych kandydatów na ten kierunek studiów.

### ***3. Współpraca z zagranicą***

Obraz polskiej nauki i techniki byłby niepełny, gdyby pominąć problematykę współpracy z zagranicą. Poświęcamy jej dużo uwagi, szczególnie od chwili wstąpienia Polski do Unii Europejskiej. Udział w programach COST, Eureka a przede wszystkim kolejnych Programach Ramowych UE przyczynił się w istotny sposób do postępu, również w zakresie technologii i inżynierii materiałowej



polimerów. Wiele pożytku przynoszą zagraniczne staże młodych adeptów nauki w uniwersytetach i instytutach o uznanej renomie. Warto w tym miejscu podkreślić, że polityka naukowa Unii Europejskiej zmierza ostatecznie w kierunku bardziej efektywnego wykorzystania wyników badań. Już w 6 Programie Ramowym postawiono na finansowanie silnych konsorcjów naukowych, zdolnych do rozwiązywania priorytetowych problemów technologicznych [22]. Zdaniem autora niniejszego eseju, bardzo interesujące są doświadczenia i osiągnięcia polskich uczonych pracujących w zagranicznych ośrodkach naukowych bądź utrzymujących z nimi bliskie kontakty i prowadzących wspólnie badania. Kilka przedstawionych przykładów ukazuje różnice w podejmowaniu i rozwiązywaniu problemów naukowych w kraju i zagranicą oraz wykorzystywaniu uzyskanych wyników.

### **Profesor Krzysztof Matyjaszewski**

Urodził się w roku 1950 w Konstanczynie k. Łodzi. Studia ukończył w Uniwersytecie Moskiewskim, pracę doktorską obronił w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN (promotorem był wybitny specjalista w zakresie nauki o polimerach, prof. Stanisław Penczek), a stopień doktora habilitowanego uzyskał na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej. Po stażu w University of Florida był zatrudniony w Polskiej Akademii Nauk (lata 1978-1984), a następnie w Uniwersytecie Paryskim (lata 1984-1985). Od roku 1985 jest profesorem w Carnegie Mellon University (USA). W latach 1994-1998 pełnił w tej uczelni funkcję dziekana Wydziału Chemii, obecnie jest dyrektorem Centrum Inżynierii Makromolekularnej. Był wielokrotnie zapraszany, jako profesor wizytujący, przez uniwersytety europejskie oraz Uniwersytet Tokijski. Jest wydawcą czasopism „Progress in Polymer Science” i „Central European Journal of Chemistry” oraz członkiem wielu kolegiów redakcyjnych i towarzystw naukowych. Jest doktorem h.c. Politechniki w Tuluzie, Uniwersytetu w Atenach, Politechniki Łódzkiej, Uniwersytetu w Gandawie i Rosyjskiej Akademii Nauk. Jest również członkiem zagranicznym Polskiej Akademii Nauk. Jest laureatem czternastu prestiżowych nagród, w tym: pięciu nagród Amerykańskiego Towarzystwa Chemicznego, Nagrody im. Humboldta, Nagrody im. Hermanna F.

Marka, a także nagrody Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej<sup>2</sup>. Niewątpliwie jest jednym z najwybitniejszych współcześnie przedstawicieli nauki o polimerach, był nominowany do Nagrody Nobla. Imponujący jest dorobek naukowy Profesora. Jest autorem bądź współautorem 14 książek, 73 rozdziałów w książkach, 632 recenzowanych publikacji a ponadto 36 patentów i 21 zgłoszeń patentowych w USA oraz 118 patentów międzynarodowych. Jego publikacje były cytowane ponad 35000 razy. Jest w ścisłej czołówce autorów publikujących wyniki badań dotyczących syntezy i właściwości polimerów oraz zastosowania materiałów polimerowych [23]. Przedmiotem zainteresowań naukowych i badań Profesora jest synteza oraz przetwórstwo polimerów o precyzyjnie kontrolowanej budowie w celu uzyskania materiałów o założonych właściwościach, znajdujących zastosowanie w optoelektronice, do celów konstrukcyjnych, biomedycznych i in. Ze szczególnym uznaniem środowiska specjalistów spotkało się opracowanie i wykorzystanie w praktyce nowej, oryginalnej metody polimeryzacji rodnikowej, z przeniesieniem atomu (Atom Transfer Radical Polymerization, w skrócie ATRP) [24]. Dzięki zastosowaniu wspomnianej metody możliwe jest dogodne syntezowanie wielu rodzajów polimerów o założonej budowie, np. kopolimerów statystycznych, blokowych, gradientowych, szczepionych, np. na powierzchni, polimerów hiperrozgałęzionych, hybrydowych kompozytów molekularnych i innych. Profesor utrzymuje bliskie kontakty z przemysłem. Członkami Konsorcjum Kontrolowanej Polimeryzacji Rodnikowej w Carnegie Mellon University jest przeszło 40 przedsiębiorstw europejskich, japońskich i amerykańskich. Na wykorzystanie technologii ATRP udzielono 10 licencji, w 2004 roku, wykorzystując tę metodę, uruchomiono produkcję nowych odmian polimerów w skali technicznej w Japonii, USA i Europie.

### **Profesor Adam Proń**

Urodził się w roku 1951 w Sosnowcu. Studia ukończył w Akademii Górniczo-Hutniczej. Doktoryzował się w Pennsylvania University<sup>3</sup>. Stopień doktora

---

<sup>2</sup> Nagroda w dziedzinie nauk technicznych, przyznana w r. 2004 za „Odkrycie nowych metod kontrolowanej polimeryzacji rodnikowej i zastosowanie tych metod w przemyśle”.

<sup>3</sup> Promotorem pracy doktorskiej był Alan MacDiarmid, a recenzentem rozprawy habilitacyjnej Hideki Shirakawa, laureaci Nagrody Nobla.

habilitowanego uzyskał w Politechnice Warszawskiej, w Uczelni tej pracuje nieprzerwanie od roku 1974, w latach 1991-1993 był równocześnie pracownikiem firmy Unimax Corporation (obecnie DuPont Displays). Od roku 1993 jest profesorem tytularnym. W latach 1984-1996 był również pracownikiem Akademii Górniczo-Hutniczej, ponadto od roku 1998 jest zatrudniony w Komisariacie Energii Atomowej w Grenoble, obecnie na stanowisku dyrektora naukowego. Profesor jest znanym specjalistą w obszarach chemii i inżynierii materiałowej polimerów. Jest autorem lub współautorem ponad 250 publikacji naukowych, cytowanych przeszło 5500 razy i wielu patentów. W ostatnich 10 latach uzyskał 6 patentów europejskich i 1 patent światowy, patenty te są chronione również w następujących krajach: Francja 7, USA 4, Japonia 3. Ma istotny udział w rozwoju nowej gałęzi nauki, zwanej elektroniką molekularną. Współpracował z odkrywcami zjawiska wysokiego przewodnictwa elektrycznego polimerów, w szczególności poliacetylenu, zwanych „syntetycznymi metalami”, Hideki Shirakawą, Alanem G. MacDiarmidem i Alanem J. Heegerem, uhonorowanymi za to odkrycie w roku 2000 Nagrodą Nobla. Jako przewodniki elektryczności tradycyjnie były wykorzystywane metale i ich stopy. Jednak w drugiej połowie XX wieku zsyntetyzowano wiele rodzajów polimerów, przewodzących prąd elektryczny niewiele gorzej niż metale, a jednocześnie dających się przetwarzać znanymi metodami. Wprawdzie poliacetylen domieszkowany bromem lub jodem wykazuje przewodnictwo elektryczne zbliżone do miedzi, ale ze względu na trudności związane z jego przetwórstwem nie znalazł praktycznego zastosowania jako przewodnik elektryczności. Warunkiem przewodzenia prądu elektrycznego przez polimer jest występowanie w jego makrocząsteczkach układu sprzężonych wiązań podwójnych. Tego rodzaju budowa zapewnia jedynie przewodnictwo elektryczne zbliżone do półprzewodników metalicznych, a jednocześnie zwiększa oddziaływania międzycząsteczkowe, co powoduje, że polimer staje się nierozpuszczalny i nietopliwy, a w konsekwencji trudno przetwarzalny. Polimery półprzewodnikowe można przekształcić w „metale organiczne” o przewodnictwie elektrycznym zbliżonym do typowych metali, poprzez zastosowanie odpowiednich domieszek. Mechanizm przewodnictwa zależy od tego, czy domieszka powoduje utlenienie półprzewodnika polimerowego, występuje wówczas przewodnictwo

typu p. Natomiast jeśli domieszkowanie prowadzi do redukcji wspomnianego polimeru – ma on cechy przewodnika elektronowego (typu n). Istotną cechą, ważną w przypadku zastosowania w elektronice, jest znacznie mniejsza gęstość „metali organicznych” w porównaniu z przewodnikami metalicznymi. Aby polepszyć przetwórstwo półprzewodników polimerowych zawierających w makrocząsteczkach sprzężone układy wiązań podwójnych, poddaje się je zwykle modyfikacji polegającej na wbudowaniu grup bocznych, zmniejszających oddziaływania międzycząsteczkowe [25]. Nadal trwają intensywne badania mechanizmu przewodnictwa elektrycznego polimerów. Prof. A. Proń bierze w nich udział od przeszło 20 lat, przyczyniając się w istotnej mierze do rozwoju tej gałęzi nauki, a także zastosowań praktycznych nowych rodzajów materiałów przewodzących. W roku 2002 Profesor otrzymał nagrodę Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej. Tytułem do nagrody był „Wkład w badania nad polimerami przewodzącymi prąd elektryczny oraz otrzymywaniem przetwarzalnych polimerów przewodzących”. Do najbardziej znaczących osiągnięć Profesora i jego zespołu należało uzyskanie przewodzącej polianiliny, przetwarzalnej zarówno z roztworu jak i na drodze termicznej. W ostatnich latach wraz ze współpracownikami zajmuje się syntezą organiczno-nieorganicznych przewodzących materiałów hybrydowych [26,27]. Prof. A. Proń współpracuje również z przemysłem. W latach 1999-2001 realizował kontrakt z firmą HITACHI dotyczący zastosowania polianiliny do wytwarzania kondensatorów o małych rozmiarach i dużej pojemności. W latach 2002-2003 współpracował z firmą ELEKTRORECHERCHE nad wdrożeniem nowej metody metalizowania powierzchni tworzyw sztucznych. W latach 2003-2006 współpracował z DOPT STM LPA MINATEC w ramach projektu „Opracowanie warstwy polimerowej o kontrolowanym przewodnictwie”. We wszystkich trzech przypadkach uruchomiono produkcję odpowiednich materiałów polimerowych.

#### **Profesor Andrzej K. Błędzi**

Urodził się 9 kwietnia 1944 r. w Toruniu. W 1962 r. rozpoczął studia na Wydziale Włókienniczym Politechniki Łódzkiej, a ukończył je na Uniwersytecie w Halle-Merseburg, gdzie w 1971 r. obronił pracę doktorską. Habilitował się w 1987 r. na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej w

zakresie inżynierii materiałowej – technologii tworzyw sztucznych. Odbył kilka staży zagranicznych w Niemczech i we Francji. Był stypendystą DAAD i Fundacji Humboldta. W 1988 r., po wygraniu konkursu, uzyskał tytuł i stanowisko profesora w zakresie nauk technicznych na Uniwersytecie w Kassel, nadany również przez Prezydenta RP w 1992 r. W wyniku wygranego konkursu w 1994 r. został powołany na stanowisko kierownika, pierwszej w Niemczech katedry Inżynierii Tworzyw Sztucznych i Recyklingu, utworzonej z inicjatywy fundacji przemysłowej. W 1998 r. zorganizował, przy Uniwersytecie Kassel Innowacyjne Centrum Inżynierii Tworzyw Sztucznych i Recyklingu. Został wybrany przewodniczącym Rady Zarządzającej Centrum, funkcję tę piastuje do chwili obecnej. W latach 1996-1998 był członkiem Komitetu Nauki o Materiałach PAN. W latach 2002-2005 pełnił funkcję Dziekana Wydziału Budowy Maszyn na Uniwersytecie w Kassel. Jest organizatorem 3 odbywających się cyklicznie konferencji międzynarodowych. W 2004 r. został dr hc. Uniwersytetu Technicznego w Rydze. W 2007 r. wybrany został prezesem Polskiego Forum Naukowego w Niemczech. Jest również prezesem Societas Humboldiana Polonorum [28,29]. Prof. A. K. Błędzki ma duży dorobek naukowy, jest autorem lub współautorem 285 publikacji naukowych bądź technicznych, 150 doniesień konferencyjnych opublikowanych w całości, 10 książek i 4 rozdziałów w monografiach, 32 patentów. Wypromował dwudziestu doktorów. Jego publikacje są często cytowane przez innych autorów, przeciętnie 300 razy w roku. W latach 1996-1998 był członkiem Komitetu Nauki o Materiałach PAN, w latach 1999-2002 członkiem Rady Naukowej Centrum Chemii Polimerów PAN w Zabrze. Utrzymuje również bliskie kontakty naukowe z Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym (poprzednio Politechnika Szczecińska). Uzyskał pięciokrotnie nagrody Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Profesor jest znanym specjalistą w dziedzinie technologii i inżynierii materiałowej polimerów. Ostatnio przedmiotem jego badań są w szerokim zakresie kompozyty polimerowe wzmacniane włóknami naturalnymi oraz problemy ich recyklingu. W przypadku, gdy osnowę takiego materiału stanowi polimer biodegradowalny, np. polilaktyd, również produkt finalny w warunkach naturalnych ulega samorzutnie dekompozycji, co w bardzo znacznym stopniu obniża koszty jego recyklingu. W latach 1990-2009 był koordynatorem 11 projektów międzynarodowych, w których oprócz

Uniwersytetu Kassel uczestniczyła również Politechnika Szczecińska, a następnie Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny. W latach 1992-2004 prof. A. K. Błędzki był koordynatorem 5 projektów międzynarodowych, w których oprócz Uniwersytetu w Kassel brał udział Uniwersytet w Rydze. Wyniki badań wykonanych pod kierunkiem Profesora i zastrzeżonych 6 patentami, stanowiły podstawę technologii wdrożonych, w latach 1979-1988 w przemyśle polskim. W latach następnych liczne technologie, opracowane pod jego kierunkiem w Uniwersytecie Kassel, szczególnie polegające na zastosowaniu kompozytów polimerowych w budowie samochodów, są wykorzystywane przez przemysł niemiecki.

Przedstawione w wielkim skrócie osiągnięcia kilku wybitnych przedstawicieli polskiej nauki, pracujących w ośrodkach zagranicznych, skłaniają do pewnej refleksji. Wymienieni profesorowie mają znakomite osiągnięcia naukowe w zakresie swoich specjalności. Są one przedmiotem licznych publikacji w prestiżowych czasopismach, wielokrotnie cytowanych przez innych autorów. Przyczyniają się, w istotny sposób do rozwoju nauki o polimerach. Jednak jest symptomatyczne, że tego rodzaju działalność i pozycja naukowa nie są w pełni satysfakcjonujące. Każdy z profesorów przywiązuje również dużą wagę do ochrony patentowej wyników swoich badań i ich zastosowania w praktyce. Takie są po prostu oczekiwania przedstawicieli przemysłu i agend rządowych w stosunku do środowisk naukowych, w krajach rozwiniętych gospodarczo. Gwoli ścisłości trzeba wspomnieć, że ostatnio, również we wspomnianych krajach zarysowuje się problem współpracy środowiska naukowego z przemysłem. Ukazał się na ten temat esej prof. P. J. Lemstry z Uniwersytetu Eidhoven [30]. Autor stwierdza, że współpraca ta nie jest już tak efektywna jak w XX wieku i należy dążyć do przywrócenia funkcjonujących uprzednio powiązań. Nasuwa się uwaga, że powinno to nastąpić możliwie szybko, bowiem jest dosyć mało prawdopodobne, aby przedsiębiorstwa zajmujące się produkcją i przetwórstwem polimerów uporały się samodzielnie z dwoma nader aktualnymi i ważnymi zadaniami:

- wytwarzaniem nowej generacji polimerów z biomasy, metodami biotechnologii
- wykorzystaniem nanotechnologii do nadawania wyjątkowych właściwości materiałom polimerowym

#### **4. Podsumowanie**

1. W Polsce istnieje znaczny, ale w niedostatecznej mierze wykorzystywany w praktyce potencjał naukowy w zakresie chemii, technologii i inżynierii materiałów polimerowych.
2. Wykorzystanie nowych technologii w produkcji polimerów masowego zastosowania wymaga wielkich nakładów finansowych zarówno na etapie prac badawczych jak i wdrażania ich wyników do praktyki oraz nakładów inwestycyjnych związanych z budową nowoczesnych instalacji produkcyjnych. Nie stać na to małych i średnich przedsiębiorstw, których udział w polskim przemyśle jest dominujący. Tak np. ostatnio w istotny sposób poszerzono asortyment i zwiększono w kraju produkcję poliolefin-polietylenu i polipropylenu. Wykonanie tego, trudnego przedsięwzięcia było możliwe dzięki zaangażowaniu potencjału Polskiego Koncernu Naftowego Orlen S.A. w Płocku, jednego z największych przedsiębiorstw krajowych. Jest przy tym symptomatyczne, że wykorzystano w tym celu technologie oferowane przez firmę Basell, mimo że w Uniwersytecie Opolskim od wielu lat prowadzone są badania nad syntezą poliolefin.
3. Wykorzystanie potencjału wymienionego w p. 4.1 jest możliwe w zakresie małotonazowej produkcji polimerów specjalnych oraz przetwórstwa materiałów polimerowych. Tak np. w Niemczech wiele firm zajmujących się przetwórstwem materiałów polimerowych należy do kategorii SME (Small and Middle Size Enterprises). Warto podkreślić, że dobrze przygotowani absolwenci studiów wyższych, ze specjalnościami technologii i inżynierii materiałowej polimerów również w Polsce nie mają trudności ze znalezieniem pracy.
4. Koncepcje kształcenia młodzieży na poziomie wyższym powinny uwzględniać potrzeby gospodarki kraju. Nie można się zgodzić z tezą, że absolwent studiów wyższych powinien znać podstawy wielu dyscyplin naukowych natomiast wiedzę i umiejętności zawodowe zdobędzie po podjęciu pracy. Tego rodzaju szanse miałyby zapewne wówczas gdyby znalazł zatrudnienie w dużym przedsiębiorstwie, o własnym zapleczu badawczym dbającym o kwalifikacje pracowników i ich szkolenie zawodowe, na odpowiednim poziomie. W

przypadku polskiej gospodarki są to sytuacje wyjątkowe. Odpowiednie przygotowanie do pracy na stanowiskach inżynierskich, powinny więc zapewniać szkoły wyższe o profilu politechnicznym. Warto przypomnieć jak ważną rolę w budowie polskiego przemysłu, w okresie międzywojennym, odegrali absolwenci szkoły im. H. Wawelberga i S. Rotwanda.

5. Należałoby zreformować funkcjonujący obecnie system finansowania badań naukowych. Niewątpliwie zwiększenia wymaga procent zakładów, w stosunku do PKB, przeznaczonych na finansowanie nauki. Nie można przy tym liczyć na istotny udział polskiego przemysłu. Większość małych i średnich przedsiębiorstw z trudem wiąże koniec z końcem, a ponadto z reguły w małym jedynie stopniu wykorzystują one wyniki badań wykonywanych w naukowych ośrodkach krajowych. Nb środki na wykonanie badań są przyznawane, w większości na podstawie oceny wniosków składanych przez indywidualnych wykonawców lub niezbyt liczne konsorcja. Nader często nie są one skorelowane z najpilniejszymi potrzebami gospodarki, brakuje również środków na wykorzystanie, nawet obiecujących wyników badań w praktyce. Bardziej efektywnym rozwiązaniem byłoby określenie celów planowanych badań i wybór wykonawców na podstawie konkursów ogłaszanych przez MNiSW lub jego agendy.
6. Uwagi krytyczne nasuwają również obowiązujące obecnie zasady działania placówek naukowych. Tak np. instytuty przemysłowe (JBR-y) podlegają różnym ministerstwom resortowym, najczęściej Ministerstwu Gospodarki, natomiast są finansowane i oceniane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Nb kryteria oceny tzw. parametrycznej, są takie same jak w przypadku instytutów PAN oraz wydziałów szkół wyższych, mimo że powinny one wykonywać inne zadania. Jest pewnym paradoksem, że polskie placówki naukowe, szczególnie wspomniane JBR-y uzyskują liczne dyplomy, medale i inne wyróżnienia z tytułu prezentowanych na zagranicznych wystawach i targach osiągnięć. Natomiast bardzo rzadko się zdarza, aby jakieś przedsiębiorstwo zagraniczne było zainteresowane kupnem wystawianego wyrobu, know-how lub technologii.



**Literatura:**

1. Endo K., Kubo N. and Ishida T. „Polymerization of Cyclic-Disulphides and Formation of Gel Structure Containing Polycatenane”, *Kautschuk Gummi, Kunststoffe*, 61, 176-179 (2008).
2. Cordier P., Tournilhac F., Soulie-Ziakowic and Leibler L. „Self – healing and thermoreversible rubber from supramolecular assembly”, *Nature* 451, 977-980 (2008).
3. Czaplicka K. i in. „Foresight polimerowy, IWN, Poznań 2007.
4. *Polimery* 53, 11/12 (2008).
5. Witowska-Mocek B., red. „75 lat Instytutu Chemii Przemysłowej im. Prof. Ignacego Mościckiego”, Warszawa 1997.
6. „Crude oil”, United States Government Accountability Office, Washington 2007.
7. Ritter S.K. „Genes to Gasoline”, *Chemical & Engineering News*, 86 (49) 10-17 (2008).
8. National Research Council of the National Academies, „High-Performance Structural Fibres for Advanced Polymer-Matrix Composites”, The National Academies Press, Washington D.C. 2005.
9. Okamoto M., „Polymer Clay Nanocomposites” in „Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology”, Nalva H.S. Edit. Vol. 8, 791-843 (2004).
10. Orłowski B. „Polska przygoda z techniką”, Wydawnictwo Instytutu Lotnictwa, Warszawa 2010.
11. Ciechanowicz L. „Od erytrenu do Keru. Karta historii polskiego kauczuku syntetycznego”, *Elastomery* 3 (4), 3-12 (1999).
12. Archiwum Wolbórki „Stanisław Kiełbasiński”, Seria II, Nr 1 (9) Tuszyn 2002.
13. Ciechanowicz L. „Sprawiedliwy Wśród Narodów Świata”, *Elastomery* 6 (1) 35 (2002).
14. Jedliński Z. „Zarys działalności Centrum Chemii Polimerów PAN na rzecz rozwoju nauki gospodarki kraju”, Zabrze 04.09.2006.
15. Łukaszczyk J. „Wspomnienie o prof. Zbigniewie Jedlińskim”, *Z życia Politechniki Śląskiej*, Nr 9, strona główna, czerwiec 2008.

16. Wang H., Keum J.K., Hiltner A., Baer E., Freeman B., Rozanski A., Gałęski A., „Confined Crystallization of Polyethylene Oxide in Nanolayer Assemblies”, *Science* 323,757-760 (2009).
17. Moder B. „The Lodz Textile Cluster-Transformation of the tradition towards science-based industry”, Brussels, 9 October 2007.
18. Analiza postępów realizacji Strategii Lizbońskiej w Polsce, <http://europa.eu.int/comm/eurostat>.
19. Ministerstwo Gospodarki „Nowe wyniki badań innowacyjności polskiej gospodarki”, <http://www.mg.gov.pl>.
20. Wędką Technologiczną – program rządowy, <http://www.pti.gda.pl/index.php/corporate>.
21. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Strategia rozwoju nauki w Polsce do 2015 roku”, Warszawa, kwiecień 2008.
22. Siemaszko A., Supel J. „Ocena udziału Polski w Programach Ramowych UE”, [http://npk.gov.pl/statystyki/udzial\\_pl.html](http://npk.gov.pl/statystyki/udzial_pl.html).
23. Thomson, Most Cited Scientists in Chemistry, <http://in-cities.com/nobel/2004-2007-che-top100.html>.
24. Matyjaszewski K., Davis T.P. „Handbook of Radical Polymerization” Wiley-Interscience, Hoboken, 2002.
25. Proń A. „Syntetyczne metale”, *Wiedza i Życie* 2/2001.
26. Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej – Laureaci Nagrody FNP, [http://www.fnp.org.pl/laureaci\\_nagrody\\_fnp/..](http://www.fnp.org.pl/laureaci_nagrody_fnp/)
27. Picard L., Lincker F., Kervella Y., Zagorska M., DeBettignies R., Peigney A., Flahaut E., Louarn G., Lefrant S., Demadrille R., and Pron A. „Composites of Double-Walled Carbon nanotubes with bis-quater-thiofene-Fluorenone Conjugated Oligomer: Spectroelectrochemical and Photovoltaic Properties”, *J. Phys. Chem. C*, 2009, 113 (40), 17347-17354.
28. *Inżynier* nr 1 (28) 2007.
29. <http://humboldt.org.pl>.
30. Lemstra P. J., „Macromolecular Reaction Engineering, the Chain-of-Knowledge Approach”, *Macromolecular Reaction Engineering* 1,15-24 (2007).