

Kinga Masztalerz
MISMaP

Jak nowe nanostruktury węglowe zmienią naszą przyszłość?

**„Am I living in the last generation to die of cancer
or the first generation to be saved by nanotechnology?”**

Prof. Richard Smalley

Laureat Nagrody Nobla z 1996 r.

za współodkrycie fulerenów

Nanotechnologia wysuwa się obecnie na prowadzenie wśród najintensywniej rozwijających się kierunków badań. Przyczyn jest kilka. Nanomateria przejawia często nowe właściwości, inne niż przy rozmiarach charakterystycznych dla morfologii ciągłego ciała stałego. W nanoskali pojawiają się również nowe zjawiska, nieznane w przypadku obiektów mikrokrystalicznych.

Nanomateriały już znalazły liczne zastosowania. Niewielu ludzi wie, że jako aktywnych składników kremów przeciwśonecznych, filtrujących promieniowanie UV od lat używa się np. nanometrowego tlenku cynku. Małe cząstki nie rozpraszają światła widzialnego, pozwalają więc uzyskać przezroczystość kremu [1].

Ostatnie lata ubiegłego stulecia przyniosły – głównie za sprawą nowo odkrytych materiałów węglowych (fulerenów i nanorurek) – renesans zainteresowania tym, zdawałoby się, tak dobrze już poznanym pierwiastkiem. Oprócz intensywnych badań poznawczych w zakresie metod syntezy i właściwości fizykochemicznych nowych nanowęgli, pojawiły się setki patentów. Wymienione nanostruktury węglowe mają unikalne własności, które już owocują, lub w niedalekiej przyszłości zaowocują licznymi zastosowaniami.

Fulereny stosuje się już dziś, m.in. w produkcji naciągów do rakiet tenisowych oraz samych rakiet, fotoogni polimerowych, systemów klimatyzacyjnych samochodów, oprawek okularów, kijów do gry w golfa, układów mikroelektronicznych, smarów do ślizgów desek snoboardowych, płytek półprzewodnikowych, kul do gry w kręgle i innych. Można wymienić szereg perspektywicznych zastosowań fulerenów wynikających z ich unikatowych właściwości fizykochemicznych: optyczne (domieszkowane C_{60} kompozyty polimerowe, filtry optyczne) elektroniczne i elektryczne (tranzystory, diody, heterozłącza, urządzenia fotowoltaiczne, fotorezystory), elektrochemiczne (magazynowanie wodoru, ogniwa odwracalne i nieodwracalne), materiałowe (synteza diamentów, promotory wzrostu cienkich warstw,

katalizatory, monowarstwy, nowe reagenty chemiczne) i inne (czujniki, trybologia, membrany, pokrycia końcówek sond w mikroskopii elektronowej, etc) [2].

Istnieje uzasadnione przekonanie, że najważniejsze przyszłe zastosowania fulerenów leżą w obszarze medycyny. Wszak węgiel stanowi podstawę wszystkich organizmów żywych, zaś odkrycie fulerenów porównywane jest czasem z odkryciem benzenu, którego pochodne stanowią 40% wszystkich leków, choćby najpopularniejszej aspiryny. Do cząsteczki C_{60} można dołączyć niemal dowolną grupę funkcyjną. Przy tym jest ona obojętna, nietoksyczna i tak drobniutka, że łatwo wchodzi w kontakt z komórkami, proteinami i wirusami. Ponadto jej wnętrze także można wypełnić aktywnymi substancjami, o czym jeszcze będzie mowa. Firma C Sixty planuje w najbliższym czasie wprowadzenie na rynek opartego na fulerenach leku przeciwko AIDS, badania kliniczne na zwierzętach były bardzo obiecujące. [3]

Nanorurki węglowe cechuje duża różnorodność. W odróżnieniu od fulerenów, wydzielenie czystych NRW nie jest łatwym zadaniem. Podstawowe właściwości nanorurek, które mają fundamentalne znaczenie dla ich potencjalnych zastosowań, to nowe i mogące się zmieniać właściwości elektronowe (balistyczny transport elektronów i wysoka emisja polowa), bardzo wysoki współczynnik sprężystości podłużnej (moduł Younga zbliżony do diamentu) i wytrzymałość mechaniczna na rozciąganie (kilkusetkrotnie wyższa od najlepszej stali), najwyższa przewodność cieplna ze znanych obecnie materiałów, specyficzna morfologia, wysoka zdolność magazynowania (np. litu), wysoka powierzchnia właściwa. Obszary potencjalnych zastosowań nanorurek to m.in. technologia elektronowa (komputery nowej generacji) telekomunikacja (m.in. telefonia komórkowa) wielofunkcyjne materiały kompozytowe, doładowywane baterie litowe, medyczna inżynieria materiałowa i technologie obrazujące i wiele innych.

Intensywne badania nad fulerenami i nanorurkami węglowymi przyniosły, niejako przypadkiem, odkrycia kolejnych typów węglowych nanostruktur.

Nanocebulki węglowe zbudowane są z heksagonalnych monowarstw grafitowych w skali nanometrowej, są sferyczne i wielościenne. Odległość między powłokami jest podobna jak w graficie (0.34 nm). Powstają one zwykle podczas poddawania materiału węglowego przekształceniom w drastycznych warunkach energetycznych, takich jak laserowej czy elektrofluorowej sublimacji, bądź podczas napromieniowania wiązką wysokoenergetycznych elektronów (np. w mikroskopie elektronowym). Okazało się również, że przykładowo w warunkach wysokiego ciśnienia nanorurki węglowe mogą przekształcić się w nanocebulki.

Wydaje się, że opanowanie metod selektywnej syntezy makroskopowych ilości tych nanostruktur, dałoby podstawę do badań aplikacyjnych, głównie w inżynierii materiałowej i trybologii. Przykładowo siarczki molibdenu i wolframu, o strukturze „cebulkowej”, wykazują znakomite właściwości smarne i są opatentowanym obiektem szeroko zakrojonych (i w większości utajnionych) prac aplikacyjnych w Izraelu [4]

Pusty rdzeń nanocebulki mógłby być wykorzystany jako „nanoreaktor” chemiczny [5]. Materiał zawierający nanocebulki poddano działaniu wysokoenergetycznej wiązki elektronowej

w temperaturze 700°C . Wewnątrz cebulek dochodziło do zmniejszenia odległości międzypłaszczyznowych od 0.34nm do 0.31nm (warstwy zewnętrzne) i 0.22nm (jądro cebulki). Tak znaczna kompresja odległości spowodowała pojawienie się tam, w wyniku bardzo wysokiego ciśnienia, nanokrystalitów diamentu, których obecność stwierdzono za pomocą analizy zdjęć dyfrakcyjnych.

Jednak dopiero zaprezentowane niżej **nanokapsułki węglowe**, czyli nanocebulki z „nadzieniem”, stanowią klasę materiałów o ogromnych potencjalnych zastosowaniach. „Nadzieniem” jest zwykle metal lub jego związek. Węglowa otoczka stanowi doskonałe zabezpieczenie zakapsułkowanego indywiduum przed wpływem zewnętrznych czynników, które jednocześnie w pełni zachowuje swoje właściwości fizykochemiczne. Jest to szczególnie istotne w przypadku nanoproszków, których wysoka aktywność chemiczna i powierzchniowa utrudnia bezpośrednio zastosowanie, mogą one bowiem ulegać samorzutnemu utlenianiu lub procesowi aglomeracji.

Nanokapsułki zawierające fazy ferromagnetyczne (Fe, Co, Ni i ich węgliki, NdFeB i inne) mają dużą szansę praktycznego wykorzystania w produktach komercyjnych. Powszechnie stosowane metody otrzymywania materiałów magnetycznych (np. metalurgia proszków) prowadzą do struktury wielodomenowej, która charakteryzuje się niższą koercją i remanencją od wartości przewidzianych teoretycznie. Podwyższenie koercji i remanencji (a co za tym idzie uzyskanie „silniejszego” i bardziej wydajnego magnesu) można uzyskać dzięki zmniejszeniu rozmiaru ziaren ferromagnetyka do 200–300nm (rozmiar ten odpowiada strukturze monodomenowej). Nanokapsułki stwarzają więc możliwości syntezy monodomenowych ferromagnetyków: z jednej strony otrzymuje się ziarna o rozmiarze pojedynczej domeny, zaś z drugiej – ochronną otoczkę węglową ograniczającą oddziaływanie magnetyczne pomiędzy cząstkami i zapobiegającą korozji.

Unikatowe własności nanokapsulek magnetycznych sprawiają, że można je stosować do zapisu informacji (ang. data storage), uzyskując wysoką gęstość zapisu danych. Inne potencjalne zastosowania to: powielanie dokumentów (atramenty magnetyczne), diagnostyka medyczna (czynniki kontrastowe), elektrotechnika i mechanika precyzyjna (magnesy trwałe), kataliza heterogenna, przemysł maszynowy i samochodowy (dodatki do smarów i olejów) oraz składniki ferrofluidów. Ponadto nanokapsułki zawierające Si, SiC oraz Ge mogą stanowić nową klasę nanostrukturalnych półprzewodników.

Jednakże najbardziej, według mnie, obiecujące perspektywy zastosowań mają magnetyczne kapsułki węglowe w medycynie. Są sytuacje, gdy lek o dobrym składzie nie jest skuteczny, gdyż z różnych powodów nie dociera do odpowiedniego miejsca w organizmie. Wyobraźmy sobie kapsułkę wypełnioną magnetykiem (np. FeNdB), do której powierzchni „doczepiamy” odpowiedni lek (lub przeciwcało, ligand, peptyd, czy receptor) [6], wstrzykujemy to pacjentowi, a następnie polem magnetycznym przemieszczamy w odpowiednie miejsce. Brzmi to fantastycznie, ale możliwe, że w chwili, gdy piszę te słowa, jest to już możliwe!

Zaistniał też pomysł(-), by nanokapsułkę magnetyczną z doczepionym przeciwciałem umieścić w komórce (może nawet w odpowiednich warunkach komórka sama ją „wessie”), przeciwciało wewnątrz komórki znajdzie interesujące nas białko, doczepi je do siebie, a następnie kapsułkę z tym białkiem można wyciągnąć z komórki polem magnetycznym, nie rozbebeszając przy tym całej jej struktury, jak to się obecnie robi.

Inne nowe formy węgla (np. szwarcyty) również na pewno znajdują liczne zastosowania. Trzeba jednak najpierw poznać ich własności fizykochemiczne. Na pewno nikogo nie trzeba przekonywać, że węgiel nie powiedział jeszcze ostatniego słowa.

Piśmiennictwo cytowane:

1. M. Bystrzejewski, A. Huczko, H. Lange i inni, Nowe nanostruktury węglowe: „cebunki”, fulereny–„giganty”, kapsułki, „strączk grochu”...
2. A. Huczko, Fullerenes and Nanotubes, ACADEMIA.
3. A. Huczko, Nanorurki węglowe – czarne diamenty XXI wieku, Warszawa, 2004.
4. L. Margulis, G. Salitra, R. Tenne, M. Talianker, Nature, 365, 1993, 133.
5. F. Banhart, P.M. Ajayan, Nature, 382, 1996, 433.
6. M. Bystrzejewski, A. Huczko, H. Lange, Sensors and Actuators B, 109, 2005, 81–85.