

Katalityczne właściwości wybranych nanomateriałów węglowych

w reakcji rozkładu nadtlenu wodoru

Autorzy: Kosela Emilia, Narożniak Martyna , Skowrońska Julia

ZS UMK Gimnazjum i Liceum Akademickie w Toruniu

Opiekunowie: mgr Bartosz Kruszka (Centrum Korepetycji Brainiac), mgr Małgorzata Kłyszewska-Augustynowicz (ZS UMK GiLA)

Wstęp

Celem naszego projektu było zbadanie innowacyjnych nanokatalizatorów heterogenicznych w reakcji rozkładu nadtlenu wodoru. Aby to zrobić mierzyliśmy czas wydzielania tlenu podczas rozkładu nadtlenu wodoru katalizowanego: nanorurkami węglowymi, lasami nanorurkowymi oraz nanowłóknami. Dla odniesienia wyników przeprowadziłyśmy doświadczenie z typowym katalizatorem tej reakcji - tlenkiem manganu (IV). By opracować wyniki potrzebowaliśmy danych na temat średnicy tych materiałów, dlatego zmierziliśmy je, używając programu komputerowego CorelDRAW.

Czym są nanomateriały?

Nanomateriałami są te materiały, których struktura została ukształtowana na poziomie elementów o wymiarach nieprzekraczających 100 nm. Są wykorzystywane m.in. w nanomedycynie, nanoelektronice, nanobiotechnologii.

Nanowłókna (CNFs – carbon nanofibers)

Nanowłóknami nazywamy włókna o bardzo małych średnicach, wynoszących około 50-500nm. Charakteryzują się one znaczną długością oraz niewielkim przekrojem poprzecznym, którego średnica jest około 100 razy mniejsza od długości. Cechuje je wyjątkowo duża wytrzymałość.

Nanorurki węglowe (carbon nanotube)

Najcieńsze nanorurki węglowe mają średnicę rzędu jednego nanometra, a ich długość może być miliony razy większa. Wykazują niezwykłą wytrzymałość na rozciąganie i unikalne własności elektryczne, oraz są znakomitymi przewodnikami ciepła. Te własności sprawiają, że są badane jako obiecujące materiały do zastosowań w nanotechnologii, elektronice, optyce i badaniach materiałowych. Typy nanorurek węglowych: jednościenne, dwuścienne, wielościenne, fuleryty, nanotorusy.

Lasy nanorurkowe (carbon nanotube forests)

Są to pionowo ustawione nanorurki powstałe w wyniku procesu syntezy metodą SGCVD. Podczas wzrostu nanorurki obracają się i podskakują. Robią to (pod wpływem metanu), ponieważ na metalowej płytce, w czasie wzrostu lasu, zaczyna brakować miejsca i stwori się kolejne piętro z osadzającego się węgla.

Technika CVD oraz SGCVD

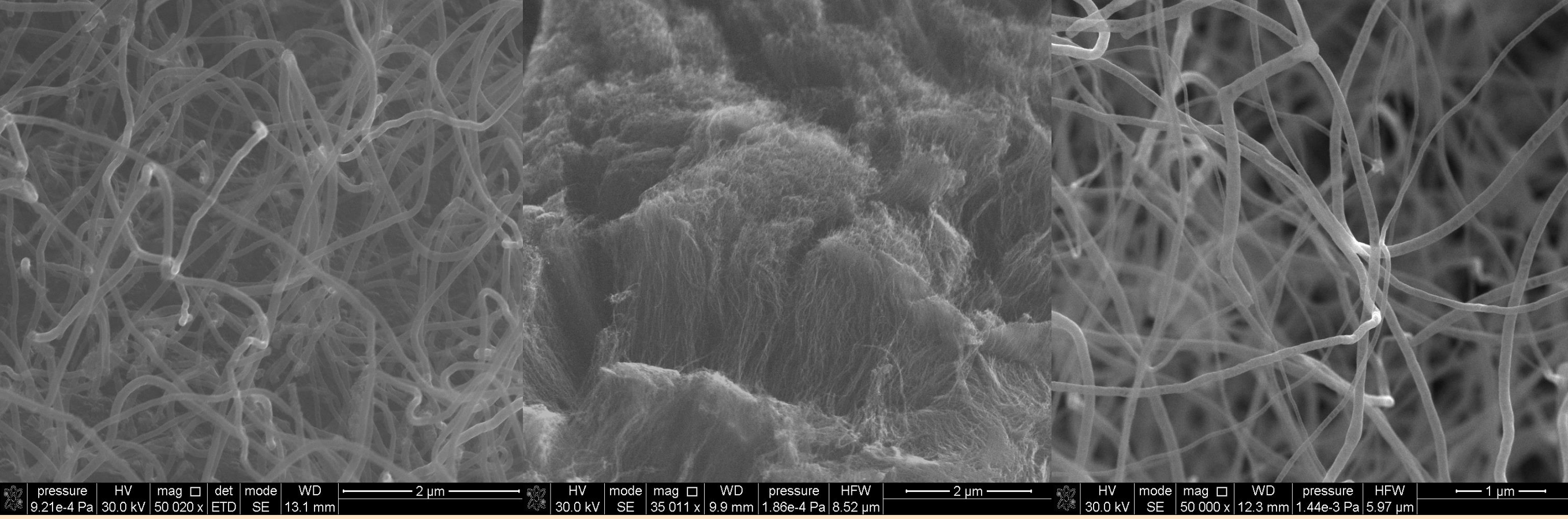
CVD to jedna z najpopularniejszych metod syntezy, w wyniku której otrzymuje się las nanorurkowy. Jednak przez niską aktywność katalizatora, cały proces jest mało wydajny. Znacznie korzystniejsze jest zastosowanie niewielkich ilości pary wodnej wraz z klasycznym CVD. Technika ta nosi nazwę SGCVD. W wyniku tego procesu otrzymuje się wysoki (osiągający nawet do kilku milimetrów), gęsty i pionowy las nanorurkowy, którego czystość wynosi około 99,8%. Jest to najczystsza z otrzymanych dotychczas substancji.

Funkcja wody podczas syntezy lasów nanorurkowych

Para wodna, której wykorzystanie zaważyło na sukcesie metody SGCVD, jest w reakcji czynnikiem regenerującym powierzchnię katalizatora oraz „podtrzymującym” jego aktywność. Bez udziału wody jest on aktywny około jednej minuty, tymczasem podczas SGCVD można zaobserwować wzrost lasów nawet po upływie trzydziestu minut.

Skaningowa mikroskopia elektronowa

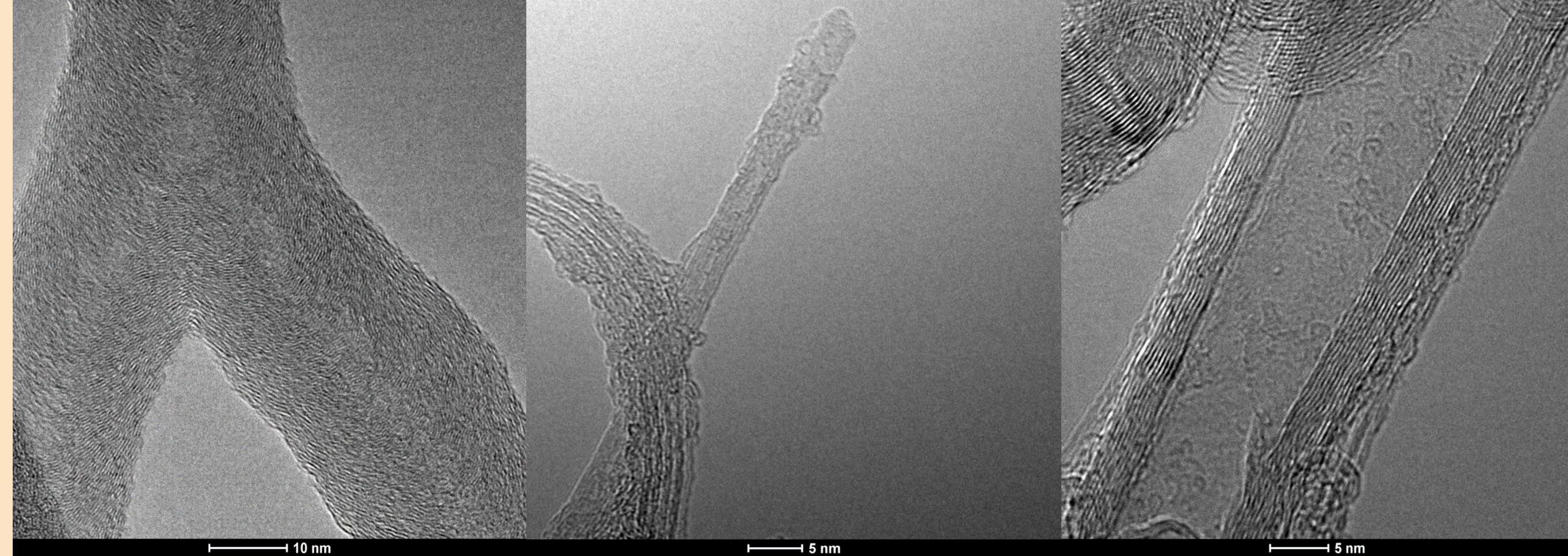
Przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) obserwujemy jedynie powierzchnię próbkki. SEM jest obecnie jednym z najbardziej użytecznych i prostych w zastosowaniu przyrządów do badania mikrostruktury materiałów. Jego główną zaletą jest możliwość obserwacji litych próbek bez pracochłonnego przygotowania cienkich folii.



Obrazy SEM badanych nanomateriałów wykonane przez Bartosza Kruszkę

Transmisyjna mikroskopia elektronowa

Transmisyjny mikroskop elektronowy (TEM) pozwala na uzyskanie obrazu, który jest dwuwymiarowym rzutem na płaszczyznę ekranu wewnętrznej struktury materiału.



Obrazy TEM badanych nanomateriałów wykonane przez Bartosza Kruszkę

Adsorpcja azotu

Badanie wykorzystujące adsorpcję azotu umożliwia ustalenie powierzchni całkowitej badanego nanomateriału. W naszych doświadczeniach będziemy wykorzystywać wyniki, by zbadać wpływ powierzchni próbek na rozkład nadtlenu wodoru katalizowany naszymi nanomateriałami.

Rodzaj nanomateriału	Powierzchnia
Lasy nanorurkowe	464.1601 m ² /g
Wielościenne nanorurki węglowe	357.1350 m ² /g
Nanowłókno	284.6961 m ² /g

Pomiar średnicy nanomateriałów

Na podstawie zdjęć z TEM zmierziliśmy średnicę wykorzystywanych przez nas materiałów. Otrzymane wyniki zebrałyśmy w tabeli.

Rodzaj nanomateriału	Lasy nanorurkowe	Nanowłókna	Nanorurki wielościenne
Pomiary średnicy	3,48 nm	26,31 nm	4,60 nm
	3,21 nm	27,03 nm	5,89 nm
	3,41 nm	26,27 nm	3,94 nm
	4,01 nm	26,58 nm	3,61 nm
Wynik uśredniony	3,53 nm	26,55 nm	4,51 nm

Opis badań

Wypożazenie i odczynniki: lasy nanorurkowe, nanowłókna, nanorurki wielościenne, tlenek manganu (IV), woda destylowana, 3-procentowa woda utleniona, probówki, cylinder, łapa drewniana, waga elektryczna.

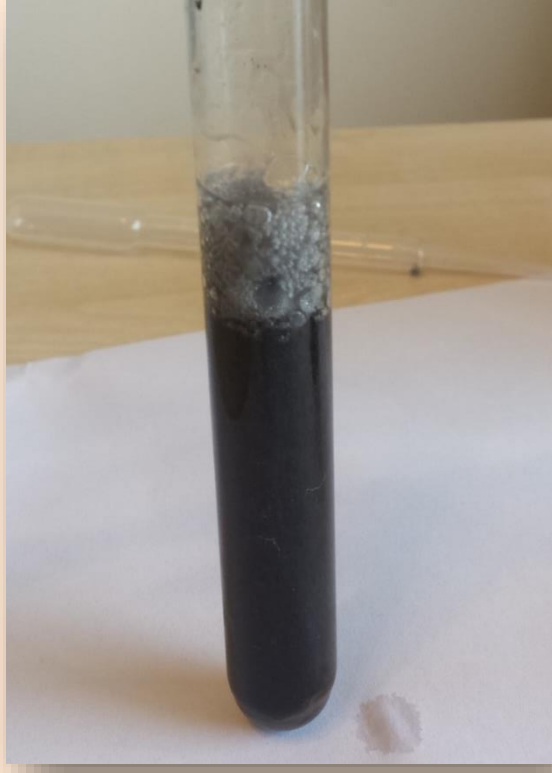
Wykonanie: Wykonałyśmy trzy próby doświadczalne, w każdej używając innej masy nanomateriałów i tlenu manganu (IV). W pierwszej próbie wykonałyśmy cztery doświadczenia. W każdym z nich masa substancji wynosiła 0,02g. Do każdej z próbek dodałyśmy 5 ml wody destylowanej, by zapewnić odpowiednie środowisko. Następnie dolałyśmy 5 ml wody utlenionej. Mierziliśmy czas, w którym widać było objawy reakcji, czyli wydzielające się pęcherzyki tlenu. W drugiej i trzeciej próbie schemat badań był jednakowy, wykorzystaliśmy jednak kolejno 0,04g i 0,06 g substancji badanej.

Obserwacje: w każdej z probówek wydzielał się gaz, słychać było syczenie, probówka była ciepła.

Wnioski: Zaszła reakcja rozkładu nadtlenu wodoru, wydzielającym gazem jest tlen. Lasy nanorurkowe, nanowłókna nanorurki wielościenne oraz tlenek manganu (IV) mają właściwości katalizujące. Zaszła reakcja egzoenergetyczna.



Lasy nanorurkowe II próba



Nanorurki wielościenne I próba

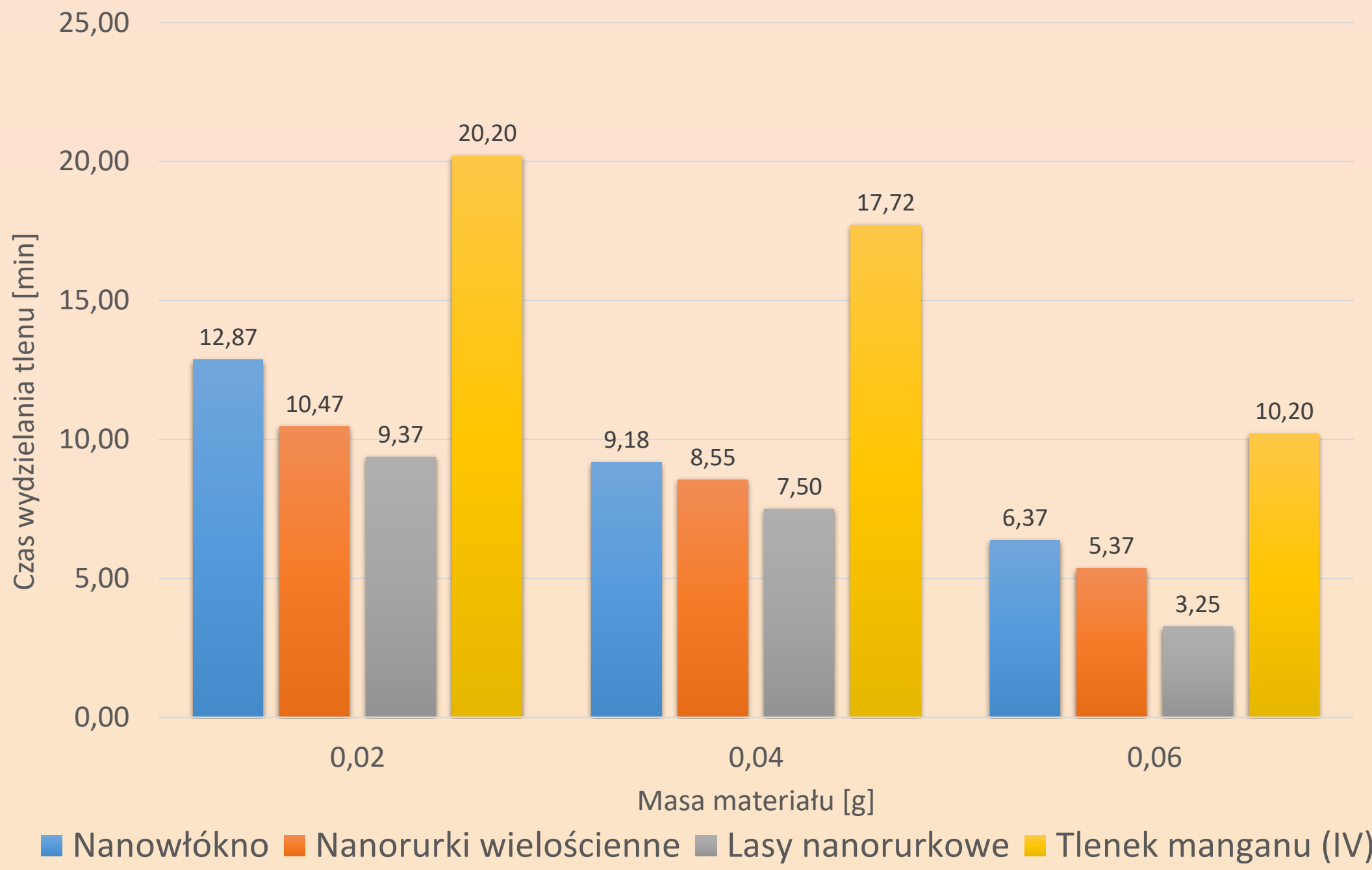


Nanowłókna I próba

Hipoteza

Najlepsze właściwości katalityczne mają lasy nanorurkowe ze względu na małą średnicę i stosunkowo dużą powierzchnię całkowitą. Gorzej katalizują wielościenne nanorurki węglowe, a najslabsze właściwości mają nanowłókna. Ze zmniejszeniem masy nanomateriałów, maleje również ich powierzchnia, dlatego rozkład nadtlenu wodoru trwa dłużej.

Wyniki



Analiza wyników

- Lasy nanorurkowe-** ich korzystny stosunek powierzchni do objętości spowodował, że reakcja zaszła najszybciej i najgwałtowniej.
- Nanorurki wielościenne-** powierzchnia tego nanomateriału jest mniejsza niż lasów nanorurkowych, a średnica nieco większa, co powoduje, że ich stosunek powierzchni do objętości jest mniej korzystny. Reakcja przebiegała wolnej niż w przypadku opisanym w podpunkcie „a”.
- Nanowłókna-** ich powierzchnia jest najmniejsza, z kolei średnica największa wśród wszystkich badanych nanomateriałów, dlatego stosunek powierzchni do objętości jest najmniej korzystny. W wyniku reakcja zachodziła najwolniej, a wydzielanie pęcherzyków tlenu mało widoczne.
- Tlenek manganu (IV)-** reakcja z użyciem typowego katalizatora przebiegała znacznie wolniej w porównaniu do nanomateriałów.
- Porównanie wszystkich wyników-** najlepsze właściwości katalizujące wśród nanomateriałów wykazują lasy nanorurkowe, nieco gorsze nanorurki wielościenne. Reakcja zaszła najwolniej przy użyciu nanowłókien. Powodem takich wyników jest stosunek powierzchni do objętości. Wyniki wszystkich nanomateriałów były lepsze niż rezultaty tlenu manganu (IV). Tlenek manganu jest cięższy, dlatego taka sama masa tej substancji ma mniejszą objętość, a tym samym powierzchnię, niż nanomateriały. Ze zmniejszeniem masy substancji, maleje również ich powierzchnia, dlatego rozkład nadtlenu wodoru trwa dłużej. Hipoteza została potwierdzona.

Materiały źródłowe:

Kurzydłowski K., Lewandowska M., (2010). *Nanomateriały inżynierskie konstrukcyjne i funkcjonalne*

Kelsall R. W., Hamley I. W., Geoghegan M., (2009). *Nanotechnologie*

Terzyk A. P., Kruszka B., Wiśniewski M., (2011). *Czy wkoło nas wyrośnie nanorurkowy las?*

Katarzyna Bogucka *Nauka poszła w las nanorurek* wywiad z Bartoszem Kruszką ze strony internetowej magazyn.7dni.pl