

Czesław RZEŹNIK

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Instytut Inżynierii Rolniczej

ul. Wojska Polskiego 50, 60-627 Poznań (Poland)

e-mail: rzeznic@au.poznan.pl

AGRICULTURAL NANOENGINEERING

Summary

Definitions with the prefix nano initially regarded only to measure units and defined, that the size preceded by it makes up 10^9 the basic individual. Nowadays they appear in many fields of the science. It began from nanotechnology and afterwards it was used in nanomedicine and nanoscience etc. This prefix defines the fields in which large exactitudes are used. Agricultural engineering as the scientific discipline can also solve many scientific problems in the area nano, from here the title of the work agricultural nanoengineering. Essence of nano, effects flowing from her utilization and the potential areas of its use in agricultural engineering were introduced in the work.

NANOINŻYNIERIA ROLNICZA

Streszczenie

Określenia poprzedzone przedrostkiem nano początkowo dotyczyły tylko różnych jednostek miar i określały, że jednostka z przedrostkiem nano stanowi 10^9 jednostki podstawowej. Obecnie pojawiają się one w wielu dziedzinach. Rozpoczęło się od nanotechnologii a potem były nanomedycyna, nanonauka itp. Przedrostek ten określa obszary wymagające dużych dokładności. Inżynieria rolnicza jako dyscyplina naukowa też będzie rozwiązywać wiele problemów naukowych w obszarze nano, stąd tytuł pracy nanoinżynieria rolnicza. Przedstawiono w niej istotę nano, efekty płynące z jej wykorzystania oraz potencjalne obszary zastosowań w inżynierii rolniczej.

1. Wstęp

Dokładność, precyzja, punktualność są w technice i szerzej w gospodarce oraz funkcjonowaniu społeczeństw terminami jednoznacznie pozytywnymi i oczekiwanymi. Interesuje nas dokładna obróbka części maszyn, precyzyjny siew, rolnictwo precyzyjne, punktualny odjazd pociągu, dokładny kosztorys inwestycji itp. Obserwując rozwój wielu obszarów działalności ludzkiej możemy stwierdzić, że odbywa się on przez szeroko rozumianą poprawę dokładności.

Wielu z nas wielokrotnie tego doświadczyło. Pierwsze pomiary długości prowadziliśmy z dokładnością do 1 centymetra. Obecnie studenci na zajęciach z metrologii technicznej bez trudu wykonują pomiary długości z dokładnością do 1 mikrometra korzystając z wielu przyrządów [1]. Ten kierunek dalszego rozwoju, poprzez zwiększanie dokładności, wydaje się być dalej aktualny. Bardzo trafnie określa to stwierdzenie W. Kęski z Politechniki Poznańskiej, który stwierdził: „wiek XX, to wiek dokładności”.

Przedrostek nano pochodzi od greckiego słowa nanos, które znaczy karzeł. Jest on dodawany do różnych jednostek miar i oznacza 10^{-9} (jedną miliardową część) wartości jednostki podstawowej, np. nanometr, nanoamper.

Przedrostek ten ostatnio stosowany jest szerzej do tych obszarów, w których wykorzystywane są duże dokładności, np.: nanotechnologia, nanonauka, nanomedycyna itp. Przy czym jako pierwsza pojawiła się nanotechnologia, która określana jest jako nauka o materiałach, metodach i wyposażeniu do wytwarzania wyrobów o nanometrowych wymiarach. Praktycznie zalicza się do niej takie wyroby, których przynajmniej jeden wymiar nie jest większy od 100 nanometrów [3].

Wyobrażeniem praktycznej wartości tej wielkości jest grubość ścianki bańki mydlanej, która wynosi około 200 nanometrów. Średnice atomów pierwiastków mają wartości

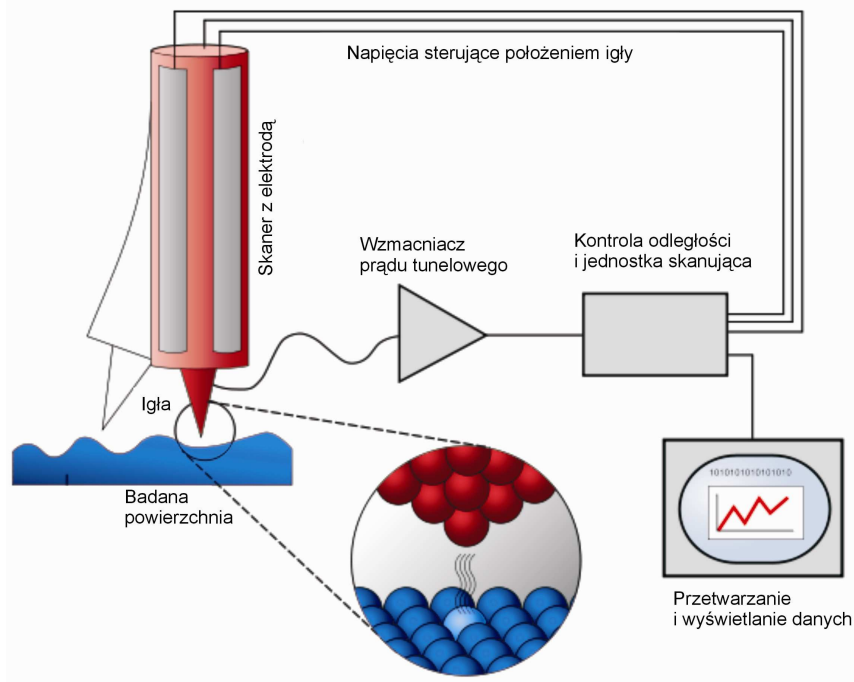
mnijšie od 1 nanometra, np. węgiel – 0,142 nm, żelazo – 0,228 nm, złoto – 0,280 nm.

Precyzyjne ustalenie daty powstania nanotechnologii jest trudne. Wielu przyjmuje za nią rok 1959, kiedy to późniejszy laureat nagrody Nobla (1965) fizyk Richard Feynman stwierdził: „z tego, co widzę, zasady fizyki nie sprzeciwiają się możliwości zmieniania rzeczy atom po atomie”. Teza ta bardzo poruszyła naukowców, którzy zgodnie stwierdzili, że istnieje możliwość wprowadzania zmian w strukturze materii „atom po atomie”. Dobrą ilustracją tej idei jest wykonanie bardzo cienkiego drutu srebrnego. Aby zrealizować to w sposób tradycyjny należy nagrzać sztabkę srebra i metodą obróbki plastycznej wyciągnąć z niej cienki drut. Korzystając z nanotechnologii to samo zadanie można wykonać układając kolejno obok siebie pojedyncze atomy srebra. Sam pomysł zmieniania materii atom po atomie jest racjonalny i prawie oczywisty. Jednak droga od powstania idei do jej praktycznej realizacji jest zwykle długa i trudna.

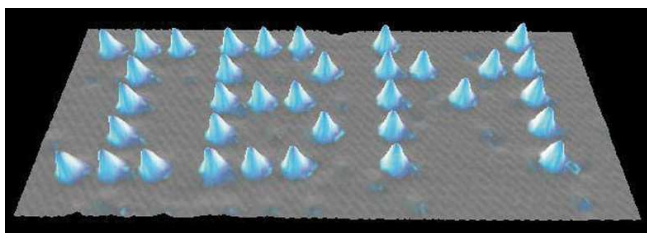
2. Narzędzia nanotechnologii

Praktyczną realizację pomysłu Feynmana umożliwiło wynalezienie i skonstruowanie w 1982 roku, przez Binniga i Rohera, skaningowego mikroskopu tunelowego (SMT), za co w 1986 roku otrzymali nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki [6]. Było to urządzenie pozwalające obserwować powierzchnię z dokładnością do ułamków nanometra, czyli pojedynczych atomów.

Zasadę działania SMT przedstawiono na rys. 1. W czasie pracy igła mikroskopu znajduje się w odległości 0,5-1 nm nad powierzchnią badanej próbki. Jej precyzyjny ruch we wszystkich trzech kierunkach umożliwiają piezoelementy, zmieniające swe wymiary pod wpływem napięcia sterującego, do których przymocowana jest igła. Igła i badana próbka podłączone są do źródła prądu o napięciu rzędu ułamków wolta i pomiędzy nimi powstaje



Rys. 1. Zasada działania skaningowego mikroskopu tunelowego
 Fig. 1. Principle of working of the scanning tunnel microscope



Rys. 2. Napis IBM wykonany metodą atom po atomie
 Fig. 2. The inscription IBM made by the method atom after atom

tunelowego 0,1-10 nA) zależy od odległości igły od próbki. Przesuwając igłę nad powierzchnią chemicznie jednorodnej próbki otrzymujemy obraz jej topografii jako funkcję prądu tunelowego. Komputer zapisuje i analizuje mapę prądów tunelowych dla każdego punktu próbki i na tej podstawie tworzy obraz topografii jej powierzchni. Zdolność rozdzielcza SMT pozwala na dostrzeżenie pojedynczych atomów.

Igła SMT wykonywana jest z drutu wolframowego o średnicy 0,2-0,5 mm i następnie trawione jest jej ostrze w 30% roztworze KOH. Jednym z pierwszych obrazów oglądanych za pomocą SMT była powierzchnia krystalicznego krzemu, co oprócz walorów poznawczych było doznaniem estetycznym.

W 1989 roku udało się po raz pierwszy praktycznie zrealizować ideę Feynmana „zmieniania materii atom po atomie”. Okazało się, że zwiększając napięcie prądu tunelowego w SMT poprzez zbliżenie igły do powierzchni próbki można za pomocą igły tego mikroskopu przenosić atomy jeden po drugim z jednego miejsca na drugie. Eksperyment wykonano w laboratorium IBM pod kierunkiem Eiglera. Do eksperymentu przeprowadzonego w temperaturze -270°C użyto ksenonu. W pierwszym etapie atomy ksenonu zostały umieszczone w sposób

przypadkowy przez naporowanie na powierzchni niklu. Następnie ustawiono igłę SMT dokładnie nad atomem ksenonu i zbliżono ją do niego, co spowodowało zwiększenie sił wzajemnego oddziaływania do wartości umożliwiającej przesuwanie atomu. Przesuwając igłę równoległe do podłoża niklowego pojedynczy atom ksenonu „wędrował” za igłą. Gdy atom osiągnął żądaną pozycję igłę ostrożnie oddalano, siły wzajemnego oddziaływania malały, a atom pozostawał nieruchomy na powierzchni. Efektem osiemnastogodzinnego doświadczenia był znak firmowy laboratorium, w którym eksperyment został wykonany. Napis IBM składał się z 35 atomów ksenonu o wysokości 5 nm (rys. 2).

W ten sposób SMT został pierwszym narzędziem do zmieniania materii „atom po atomie”, a dokładniej pierwszym narzędziem nanotechnologii. W kolejnym eksperymencie zbudowano okrąg o średnicy 14,3 nm z atomów żelaza.

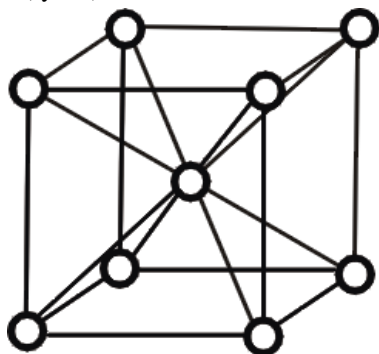
3. Przykłady zastosowań

Praktyczne wykorzystanie osiągnięć nanotechnologii można zgrupować w dwóch następujących obszarach:

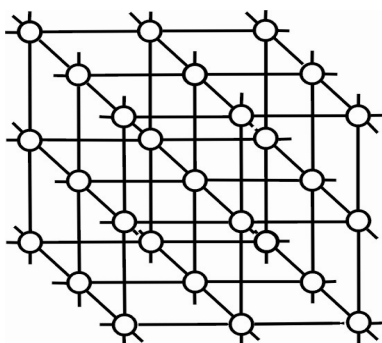
- konstituowanie nowych materiałów o żądanej strukturze oraz właściwościach,
- konstrukcja mikromaszyn, przede wszystkim mikrorobotów.

Materiały stosowane w technologii maszyn, elektronice, informatyce itp., to głównie metale i ich stopy oraz tworzywa sztuczne. Wszystkie one, w mniejszym lub większym stopniu, mają budowę krystaliczną. Podstawowym powtarzającym się elementem składowym struktury krystalicznej jest komórka elementarna. Budowa jej jest różna w zależności od rodzaju materiału. Przykładem niech będzie komórka elementarna żelaza α , która jest komórką ściennie centrowaną (rys. 3). Większy kawałek żelaza jest zbudowany z wielu komórek

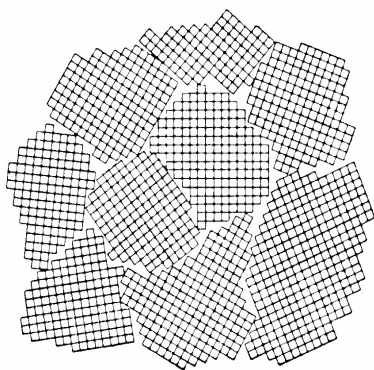
elementarnych (rys. 4). Trudno takiej struktury krystalicznej szukać w praktycznie wykorzystywanych materiałach. Mają one budowę ziarnistą o różnym stopniu krystalizacji z wieloma wtrąceniami innych pierwiastków i ich związków (rys. 5).



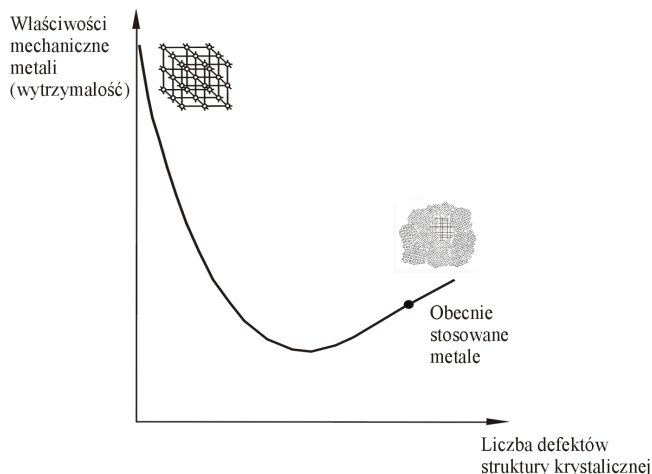
Rys. 3. Komórka elementarna żelaza α
Fig. 3. The elementary cell of the iron α



Rys. 4. Budowa krystaliczna metali
Fig. 4. Crystalline building of the metals



Rys. 5. Ziarnista budowa metali
Fig. 5. Grainy building of the metals



Rys. 6. Właściwości mechaniczne metali jako funkcja zburzenia struktury krystalicznej
Fig. 6. The mechanical properties of metals as the function of the demolition of the crystalline structure

Właściwości materiałów jako funkcji stopnia uporządkowania ich struktury krystalicznej przedstawiono na rys. 6. Poprawa właściwości, głównie mechanicznych odbywa się obecnie przez częściowe burzenie ich struktury krystalicznej (hartowanie, zgniot). Jednak znacznie większe możliwości w tym zakresie można osiągnąć porządkując strukturę krystaliczną materiałów, co umożliwi nanotechnologia. Znaczące osiągnięcia w tym zakresie ma polski uczyony z Wielkopolski, Jan Czocharski, który w 1916 roku opracował metodę otrzymywania dużych jednorodnych kryształów metali i półprzewodników [5]. Metoda ta jest stosowana powszechnie do otrzymywania monokryształów krzemu, z którego wytwarza się półprzewodnikowe układy scalone.

W wyniku poprawy stopnia krystalizacji materiałów wielokrotnie zwiększy się ich wytrzymałość, co doprowadzi do znaczącego zmniejszenia wymiarów i masy maszyn. Obecnie trudno sobie wyobrazić ciągnik o mocy 100 kW i masie kilkuset kilogramów, ale do tego może doprowadzić rozwój nanotechnologii. Zniknie wtedy problem ugniatania gleby, pojawi się problem wykorzystania mocy. A może zmiana technologii w rolnictwie zmniejszy zapotrzebowanie na energię.

Przesyłanie energii elektrycznej odbywa się za pomocą przewodów miedzianych z szacowanymi stratami 60%. Straty te według zgodnych opinii naukowców powstają głównie na granicach ziaren. Produkcja przewodów miedzianych o jednorodnej strukturze krystalicznej pozwoli na wyeliminowanie tych strat.

Zastosowania nanotechnologii pozwolą na precyzyjne niszczenie komórek nowotworowych, neutralizację zanieczyszczeń, otrzymywanie nie brudzących się powierzchni, produkcję farb dowolnie zmieniających kolory itp.

Pojawiają się też obawy, czy nanocząstki o bardzo małych wymiarach, których nie zatrzymają żadne filtry niosą zagrożenia dla zdrowia i środowiska. Fakty te są brane pod uwagę w badaniach naukowych z zakresu nanotechnologii.

Wiele dziedzin ludzkiej działalności potrzebuje bardzo małych wielofunkcyjnych maszyn i robotów. Barię stanowi brak technologii produkcji bardzo małych części. Z pomocą w tym zakresie przychodzi nanotechnologia.

Są już osiągnięcia w tym zakresie. Wytwarza się obiekty o mikrometrowych wymiarach, np. koła zębate, silniki, przekładnie, zawory, pompy, mikrorurociągi gazowe i cieczowe. Stworzono też mikronarzędzia dla medycyny, biologii molekularnej, przemysłu farmaceutycznego, chemii itp. Przemysł mikrosystemowy wytwarza już produkty o wartości ponad 100 miliardów dolarów rocznie, głównie w Japonii [3]. Bardzo dobrą ilustracją tego działu nanotechnologii jest przykład mikrorobota wyposażonego w odpowiednie narzędzia, który wprowadzony do tętnicy człowieka usuwałby mechanicznie złoży „złego cholesterolu”. Niestety, to tylko idea czekająca na praktyczną realizację. Zadania w tym zakresie coraz lepiej realizuje mechatronika, która z powodzeniem łączy układy mechaniczne, elektroniczne i informatyczne, coraz częściej w skali nano.

4. Nanoinżynieria rolnicza

Już niedługo pojawią się praktyczne możliwości rozwiązywania niektórych problemów w inżynierii rolniczej w obszarze nano. Wydaje się, że większe znaczenie będą miały rozwiązania z zakresu mikromaszyn i mikrorobotów. Urządzenia te mogą zrewolucjonizować dotychczas stosowane technologie w rolnictwie. Trzeba zaznaczyć, że przez dziesiątki, a niekiedy i setki lat postęp w zakresie mechanizacji rolnictwa miał głównie charakter ilościowy, rzadko jakościowy.

Cepowy zespół młócający, składający się z bębna i klepiska, zbudował w 1735 roku Szkot Andrew Meikle i w prawie niezmienionej postaci stosowany jest do dnia dzisiejszego w najnowocześniejszych kombajnach zbożowych.

Zbiór ziemniaków kopaczkami czy kombajnami, nawet bardzo nowoczesnymi, to „przerabianie” dużej ilości gleby i związane z tym nakłady energetyczne. Współczesne zmechanizowane technologie ochrony roślin stosują prawie wyłącznie metody chemiczne. Znaczący postęp nastąpił głównie w zakresie nowych środków chemicznych i precyzyjnego ich dawkowania. Podobnych przykładów można wskazać wiele.

Ciągły rozwój i upowszechnianie nanotechnologii może zmienić inżynierię rolniczą w sposób jakościowy.

Zbiór zboża obejmuje ścięcie, transport, omlót razem ze zgniataniem słomy, wytrząsanie, czyszczenie. Stado wróbli robi to samo wydobywając z kłosów tylko dorodne ziarna. A może wykonać taki kombajn, na którego listwie roboczej pracuje duża liczba mikrorobotów („wróbli”) powiązana przewodami podciśnieniowymi ze zbiornikiem zboża, do którego dostarczają czyste ziarno. Nie trzeba ścinać, młócić, wytrząsać, czyścić itp. Pozostała na polu słomę spryskujemy substancjami chemiczno-biologicznymi, przykrywamy szczelnie folią i w krótkim czasie następuje jej kompostowanie i produkcja biogazu. W innym wariantcie mikroroboty mogą zbierać tylko kłosa i tak będzie to znaczący postęp.

Zbiór ziemniaków można prowadzić biorąc przykład z dzików, które w znany sobie sposób lokalizują bulwy i następnie je wykopują. Gdyby na belce roboczej kombajnu do zbioru ziemniaków umieścić szereg mikrorobotów („głowa dzika”), które lokalizują bulwy w glebie, starannie, bez uszkodzeń wydobywają je i przekazują do zbiornika bez kamieni, gleby i innych zanieczyszczeń. Jeżeli skonstruujemy taki kombajn do ziemniaków można

pomyśleć o jego ekskluzywnej wersji do zbioru trufli, po co tresować i trudzić świnię.

Z punktu widzenia skuteczności ochrony roślin przed szkodnikami, szczególnie owadami, nie ma różnicy czy owad zostanie otruty czy zniszczony mechanicznie. Obecnie stosujemy tylko ten pierwszy sposób zatruwając przy okazji środowisko. Podobno bardzo skutecznie likwidują stonkę ziemniaczaną bażanty zjadając larwy i chrząszcze. Może w miejsce końcówek rozpylających zamontować mikroroboty („głowa bażanta”), które będą mechanicznie eliminować stonkę, bądź zbierać ją do zbiornika. Następnie larwy i chrząszcze wykorzystamy jako surowiec do produkcji biopaliwa.

Podobnych rozwiązań można podać jeszcze wiele. Wydają się one obecnie tylko fantazją i większość z nich na pewno takimi jest. Jednak pomysły wyprzedzające obecny stan nauki, niekiedy niedorzeczne, muszą pojawiać się w każdej dziedzinie ponieważ wskazują one nowe obszary badań i są motorem rozwoju.

5. Podsumowanie

Nanotechnologię wykorzystuje się w wielu obszarach, do nich należeć będzie też inżynieria rolnicza, stąd tytuł pracy nanoinżynieria rolnicza. Trudno wskazać jej konkretne zastosowania. Pojawienie się nowych materiałów w budowie i eksploatacji maszyn rolniczych umożliwi stosowanie nowych, niekiedy bardzo rewolucyjnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych dotychczas niespotykanych. Znaczącą rolę zajmą mikroroboty, co spowoduje poprawę efektywności ekonomicznej, energetycznej i ekologicznej procesów maszynowych. Znajdą one także zastosowanie w genetyce, biotechnologii itp. W programach studiów technicznych i przyrodniczych coraz częściej występuje przedmiot nanotechnologia ukierunkowana na jej zastosowania w określonej dyscyplinie.

6. Literatura

- [1] Durczak K.: Pomiary wielkości geometrycznych w technice. Wydawnictwa Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, 2006.
- [2] Grabski M. W., Kozubowski J. A.: Inżynieria materiałowa, geneza, istota, perspektywy. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2002.
- [3] Licznernski B.: Nanotechnologia – wykład inauguracyjny w Politechnice Wrocławskiej, 2003.
http://pryzmat.pwr.wroc.pl/Pryzmat_171/171liczn.html-18k
- [4] Rzeźnik C., Rybacki P.: Zarys technologii maszyn rolniczych, Wydawnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2009.
- [5] Tomaszewski P.: Jan Czochralski i jego metoda – Jan Czochralski and his method. Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Oficyna Wydawnicza ATUT, Warszawa 2002.
- [6] Skaningowy mikroskop elektronowy.
<http://pl.wikipedia.org/wiki/>
- [7] Szulc S.: Obróbka powierzchniowa. PWN, Warszawa 1970.

[8] Wawro A.: Żonglowanie atomami. Wiedza i Życie, Warszawa 1999 <http://archiwum.wiz.pl/1999/99092500.asp>