

Wyznaczanie na podstawie pomiarów czasu, co jest wygodne. Podstawowym problemem było umożliwienie współpracy kamery ze sterownikiem PLC. Problem ten został prymitywnie rozwiązany, a potencjał rozwiązania umożliwił jego rozszerzenie na zespoły wytwarzające detale z łączy.

Wydeptywać zespoły safety silnie od możliwości podzespołów mechatronicznych, długości drogi napędów i dopuszczalnych przyspieszeń w ruchu. W większości przypadków czas przetwarzania kamery można szacować na mniejszy niż 0,5 s, co pozwala pominiąć go w kalkulacji wydatków. Można także zmodyfikować nieco algorytm działania zespołu w ten sposób,

aby zwiększyć udział i jego przebieganie przy wycofywaniu w czasie przetwarzania detalu. W zasadzie to funkcja ogranicza jego działanie tylko do takich przypadków, gdy jest to jedyną możliwością automatyzacji operacji orientowania detalu, a można się spodziewać, że także sytuacja tępoty wycofywania przez zespół.

## Literatura

- [1] [http://infoays.beckhoff.com/content/1039/act020\\_malibowl-na1030\\_000.htm#sc474](http://infoays.beckhoff.com/content/1039/act020_malibowl-na1030_000.htm#sc474)
- [2] <http://www.singtel.com/Products/Services/VideoSystems/retro4.aspx?d=6>

# Zastosowanie metody nanoindentacji do badań właściwości mechanicznych nanomateriałów

mgr JOANNA RYMARCZYK<sup>1</sup>, prof. dr ASTA RICHTER<sup>1</sup>, dr hab. ELŻBIETA CZERWOSZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Tele- i Radioelektroniki w Warszawie

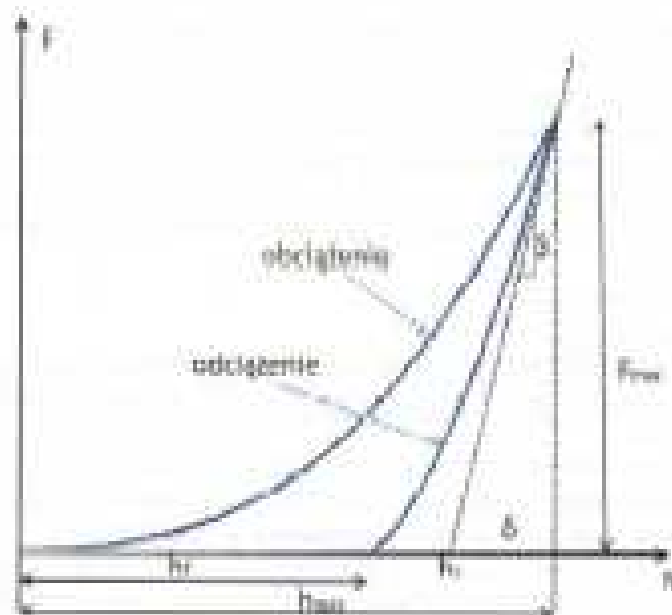
<sup>2</sup> Dept. of Engineering Physics, Univ. of Applied Sciences Witten, Germany

Rozwój nanotechnologii prowadzi do coraz większego wykorzystania nowych typów nanomateriałów, których cechy są odmienne od tych materiałów wyjściowych. Właściwości mechaniczne nanomateriałów mogą różnić się od odpowiadających im makroskopowym postaciom materiałów. Nowoczesne techniki badawcze o wysokiej rozdzielczości umożliwiają badania materiałów w skali nanoskopowej. Jedną z tych metod jest mikroskopia sił atomowych wykorzystywana do badań nanotrybologicznych. Nanoindentacja jest to zespół metod badań twardości stosowanych do małych objętości materiału. Metoda ta została wynalezona w 1970 r. przez Oliviera i Phlana [1]. Badania metodą nanoindentacji umożliwiają badanie właściwości nanomechanicznych materiałów np. w postaci cienkich warstw oraz wyznaczenie wartości ich nanotwardości i modułu Younga materiału sprężysto-plastycznego [1-3]. Metoda ta może być stosowana nawet do warstw o grubości kilku nanometrów.

## Badania nanotwardości / ich interpretacja

Twardość nanomateriału możemy zdefiniować jako miarę oporu materiału w czasie wprowadzania przestopadła do jego powierzchni wgłębienia o zdefiniowanej geometrii i zdefiniowanych właściwościach materiałowych. Wiekosc ta nie jest stałą fizyczną, lecz zależy od wytrzymałości jak i plastyczności materiału, od metody pomiaru, rodzaju wgłębienia oraz rytki wprowadzania wgłębienia. Im głębiej w materiał wnurza się wgłębienie, tym materiał jest bardziej miękki i odznacza się niższą granicą plastyczności. Wpływają również warunki odbycia się z użyciem wgłębienia w kształcie kulki wykonanej z węgla szlifowanego lub ze stali karbowanej, diamentowego stożka lub diamentowej pryzmy. Pomiaru wykonywane są w sposób statyczny lub dynamiczny. W przypadku twardości maksymalna wartość zastosowanego obciążenia wynosi  $10^{-3}$  N [1].

W przypadku materiałów idealnie sprężystych po odciążeniu materiał wraca do stanu początkowego, nie rejestruje się ukształtowania powierzchni. Już w przypadku materiałów idealnie plastycznych odciążenie materiału po odciążeniu jest równe głębokości wprowadzenia wgłębienia w badaną warstwę. Materiały nanostrukturowane charakteryzują się najmniejszą odkształcaniem sprężysto-plastycznym. Obraz wyniku badania metodą nanoindentacji przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Krzywa zależności odkształcenia materiału od siły  
Fig. 1. Load-displacement curve for nanoindentation

Na podstawie analizy krzywej odkształcenia materiału od siły z jaką został wprowadzony wgłębienie w materiał możemy jest wyznaczenie nanotwardości badanej warstwy i zredukowanego modułu sprężystości. Przez nanotwardość  $H_n$  rozumimy stosunek siły obciążającej wgłębienie, dociskającej przestopadłe do powierzchni materiału do pola powierzchni odcięcia powstałego w wyniku działania tej siły:

$$H_n = \frac{F_{max}}{A(h_c)} \quad (1)$$

gdzie:  $F_{max}$  – maksymalna siła indentacji,  $A(h_c)$  – funkcja pola powierzchni odcięcia zredukowanego złożona od odkształtowanej głębokości indentacji  $h_c$  (funkcja opisująca kształt strefy odkształcenia).

Całkowitą głębokość indentaacji tu użyjemymy ze wzoru:

$$h_c = h_{max} - 0,75 \frac{F_{max}}{S} \quad (2)$$

gdzie  $S$  jest wyznaczoną funkcją i [N/m<sup>2</sup>]