

Hierarchiczny układ twardości materiałów supertwardych stosowanych na ostrza skrawające

Hierarchical system of hardness for superhard materials used on cutting edges

MACIEJ JAN KUPCZYK*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.232

Przedstawiono obecne poglądy na temat supertwardości materiałów narzędziowych. Ze względu na tendencje rozwoju objętościowych i powłokowych materiałów na ostrza skrawające zaproponowano nowe kryterium supertwardości. Na tej podstawie zbudowano hierarchiczny układ twardości materiałów supertwardych.

SŁOWA KLUCZOWE: materiały supertwarde, stiszowit, narzędzia skrawające, hierarchiczny układ twardości

In the paper are presented the review of hitherto opinions on superhardness of tool materials. In consideration of development trends in the range of bulk and coating materials on cutting edges, a new criterion of superhardness are proposed. Taking above into account, the hierarchical system of hardness for superhard materials are created.

KEYWORDS: superhard materials, cutting edges

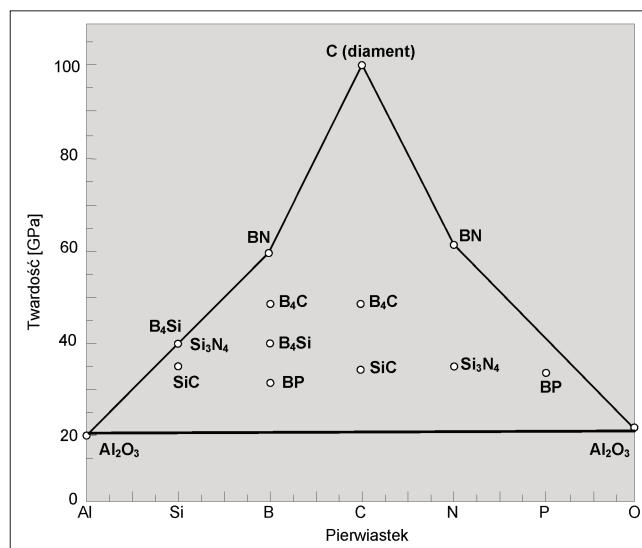
Postęp w zakresie materiałów na ostrza skrawające jest ściśle związany z pojawianiem się nowych materiałów konstrukcyjnych o lepszych właściwościach użytkowych. Ich stosowanie często wiąże się ze zmniejszeniem wydajności obróbki ze względu na trudną skrawalność tych materiałów. Problem ten próbuje się rozwiązać poprzez zastosowanie ostrzy z bardzo twardych materiałów – odpornych na zużycie ściernie. Prace [2, 7, 8] wskazują na liniowy wzrost względnej odporności na zużycie ściernie wraz ze wzrostem twardości materiału. Dlatego właśnie supertwarde materiały na ostrza narzędzi skrawających cieszą się rosnącym zainteresowaniem.

W niniejszym artykule scharakteryzowano dotychczasowe poglądy na kryterium supertwardości materiałów. Na podstawie analizy literatury i własnych badań zaproponowano nowe kryterium supertwardości, bardziej odpowiadające współczesnym materiałom narzędziowym. Przygotowano hierarchiczny układ twardości materiałów supertwardych zbudowany na niemetalach grup od IIIA do VIA drugiego okresu układu okresowego pierwiastków.

Dotychczasowe poglądy na temat supertwardości

W literaturze prezentowane są różne kryteria podziału materiałów na twarde i supertwarde. Autorzy [3, 17] definiują jako supertwarde materiały o twardości większej niż naturalny korund – czyli co najmniej 20 GPa. W [4] uznano za supertwarde materiały, których twardość wynosi co najmniej 9 w 10-stopniowej skali Mohsa, czyli również 20 GPa.

Na rys. 1 pokazano piramidę twardości według Nowikowa [14, 15]. On także przyjął, że supertwarde materiały mają co najmniej 20 GPa twardości.



Rys. 1. Piramida twardości według Nowikowa [8, 9, 14, 15]

Z piramidy twardości wynika, że supertwardymi materiałami są związki niemetalu z trzeciej, czwartej, piątej i szóstej grupy drugiego i trzeciego okresu układu okresowego pierwiastków (tj. bor, węgiel, azot, krzem, fosfor i tlen), np. c-BN, B_4C , BP, Si_3N_4 .

Propozycja nowego układu materiałów supertwardych

Założenia podane w cytowanych pracach mają dwie zasadnicze wady, a mianowicie:

- uznają one za supertwarde materiał o twardości zaledwie 20 GPa,
- pierwiastki wchodzące w skład materiałów supertwardych w piramidzie Nowikowa nie zostały ułożone w podstawie piramidy w kolejności grup układu okresowego pierwiastków.

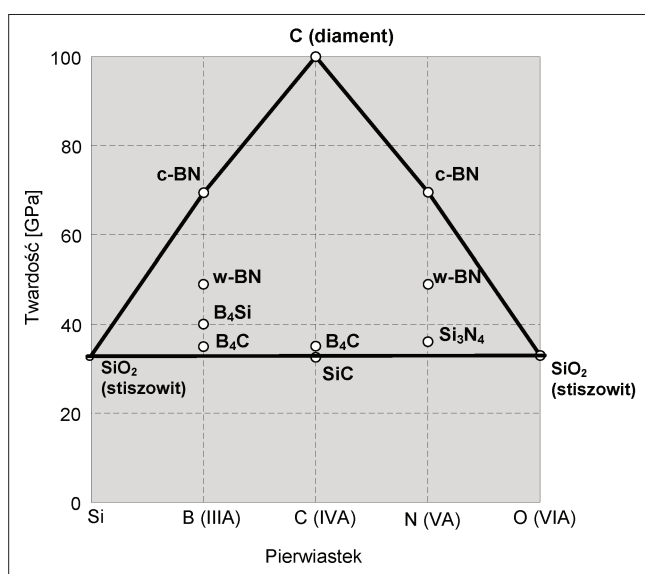
Omawiane kryteria kwalifikowania materiałów jako supertwarde nie sprawdzają się w odniesieniu do obecnie stosowanych materiałów narzędziowych wykorzystywanych zarówno w postaci materiałów objętościowych, jak i powłokowych. Należy uwzględnić m.in. sposób odkształcania się materiału pod wpływem wywieranego nacisku, jak również związany z tym aspekt praktycznego zastosowania materiałów.

Przyjęto zatem, że materiał supertwarde to taki, którego twardość wynosi co najmniej 33 GPa. Doświadczalnie stwierdzono, że dla materiałów narzędziowych o twardości powyżej tej granicy nie obserwuje się widocznego odkształcenia plastycznego pod wpływem nacisku diamentowego węgelnika Rockwella w odróżnieniu od materiałów o mniejszej twardości [11]. Ma to istotne znaczenie

* Prof. dr hab. inż. Maciej Jan Kupczyk (maciej.kupczyk@put.poznan.pl) – Instytut Technologii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej

w praktyce, zwłaszcza w odniesieniu do powłok przeciwzyciowych osadzanych na stosunkowo miękkich podłożach, np. ze stali szybko tnącej, znacznie się odkształcającej pod wpływem dużych nacisków jednostkowych [11].

Biorąc pod uwagę te zastrzeżenia, należy zmodyfikować piramidę twardości Nowikowa. Koncepcję budowy hierarchicznego układu twardości materiałów supertwardych według nowych zasad przedstawiono na rys. 2. Przyjęto, że materiałami supertwardymi są związki niemetalu z trzeciej, czwartej, piątej i szóstej grupy drugiego okresu układu okresowego pierwiastków (B – grupa IIIA, C – grupa IVA, N – grupa VA, O – grupa VIA), wchodzące w skład borków, krzemków, węglików, azotków i tlenków. W zaprezentowanym układzie pierwiastki te na osi odciętych ułożono w porządku zgodnym z ich występowaniem w kolejnych grupach układu okresowego pierwiastków [8÷10].



Rys. 2. Hierarchiczny układ twardości materiałów supertwardych [8÷10]

Nowy model zamiast korundu (Al_2O_3) ma w podstawie wysokociśnieniową odmianę tlenku krzemu SiO_2 o twardości wynoszącej 33÷35 GPa, uzyskaną po raz pierwszy przez Stiszowa i Popowa [15, 16]. Wysokociśnieniowy tlenek krzemu znany jest pod nazwą stiszowit (*stishovite*) i jest jedynym tlenkiem spełniającym kryterium supertwardości [1, 9]. O dużym znaczeniu stiszowitu może świadczyć rosnące zainteresowanie tym materiałem [13]. Pozostałą część podstawy piramidy tworzą: SiC (33,4÷35,0 GPa), Si_3N_4 (33÷35 GPa) i B_4C (33÷40 GPa) [4, 5, 9, 15, 18, 19].

W świetle powyższych rozważań do hierarchicznego układu twardości materiałów spełniających kryterium supertwardości (co najmniej 33 GPa) można zaliczyć [5, 6, 10, 12, 14, 18, 19]:

- supertwarde azotki – heksagonalny azotek boru w-BN o strukturze wurcytu i twardości 47÷50 GPa oraz c-BN o twardości 70÷80 GPa,
- supertwarde węgliki – węgiel krzemu α -SiC o strukturze heksagonalnej i węgiel boru B_4C o strukturze trygonalnej,
- supertwarde borki – borek wolframu WB o strukturze tetragonalnej i twardości 37,5 GPa oraz tetragonalny borek tytanu TiB_2 o twardości 34,8 GPa,
- supertwarde tlenki – stiszowit SiO_2 ,
- supertwarde krzemki – krzemek boru B_4Si o strukturze trygonalnej o twardości 37–40 GPa,

- supertwardą odmianę alotropową węgla – diament C o strukturze regularnej i twardości 100 GPa (powłoki z polikrystalicznego diamentu o twardości 63÷99 GPa).

Podsumowanie

Proponowany układ twardości wprowadza ład w klasyfikacji materiałów supertwardych, ponieważ niemetalu wchodzące w ich skład uszeregowano w kolejności następujących po sobie grup układu okresowego pierwiastków w zakresie od grupy IIIA do VIA.

Przyjęte kryterium supertwardości materiałów może stanowić praktyczne wskazanie m.in. dla wytwórców narzędzi z powłokami, gdyż dzieli materiały na twarde, które można bezpośrednio osadzać w postaci powłok na narzędziach ze stali szybko tnących i innych stalach narzędziowych, oraz na supertwarde, które nie nadają się do efektywnego stosowania w postaci powłok przeciwzyciowych na podanych podłożach bez użycia warstw przejściowych ze względu na ich bardzo ograniczoną zdolność do odkształcania się wraz z podłożem pod wpływem znacznych nacisków jednostkowych występujących w procesie skrawania.

LITERATURA

1. Badzian A.R. „Superhard material comparable in hardness to diamond”. *Appl. Phys. Lett.* 53 (1988): p. 2495.
2. Burakowski T. „Rozważania o synergizmie w inżynierii powierzchni”. Radom: Wyd. Pol. Radomskiej, 2004.
3. Ciszewski B., Przetakiewicz W. „Nowoczesne materiały w technice”. Warszawa: Wyd. Bellona, 1993.
4. Dobrzański L. „Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo”. Gliwice–Warszawa: WNT, 2002.
5. Holleck H. „Binäre und ternäre Carbide- und Nitridsysteme der Übergangsmetalle”. Berlin–Stuttgart: 1984.
6. Karczewska A., Szurgot M., Kozanecki M.I., Szykowska M.I., Ralchenko V., Danilenko V.V., Louda P., Mitura S. „Extraterrestrial, terrestrial and laboratory diamonds – Differences and similarities”. *Diamond and Related Materials*. Vol. 17, No. 7÷10 (2008): p. 1179.
7. Khrushhov M., Babichev M. „Abrazivnoe iznashivanie”. Moskwa: 1970.
8. Kupczyk M.J. „Inżynieria powierzchni. Narzędzia skrawające”. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2015.
9. Kupczyk M. „Rozważania nad kryterium supertwardości materiałów narzędziowych”. *ZN Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją*. Nr 10 (2009): s. 41÷48.
10. Kupczyk M.J. „Hierarchiczny układ materiałów supertwardych”. Pat. 1447, PL 396287-A1, 2011.
11. Kupczyk M. „Jakość technologiczna i użytkowa ostrzy skrawających z powłokami przeciwzyciowymi”. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej 1997.
12. Leger J.M., Haines J., Szmidt M., Petit J.P., Pereira A.S. „Discovery of the hardest known oxide”. *Nature*. 383 (1996): p. 401.
13. Nishiyama N., Seike S., Hamaguchi T., Irifune T., Matsushita M., Takahashi M., Ohfuji H., Kono Y. „Synthesis of nanocrystalline bulk SiO_2 stishovite with very high toughness”. *Scripta Materialia*. Vol. 67, No. 12 (2012): p. 955÷958.
14. Novikov L.W. „Sinteticheskie sverkhtrvordye materialy”. Kijew: Naukova Dumka 1986.
15. Olszyna A. „Ceramika supertwarda”. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2001.
16. Stishov S.M., Popov V. „Novaja plotnaja modifikacija kremnezjoma”. *Geokhimija*. Vol. 10 (1961): p. 837.
17. Trębiński R. „Teoretyczne podstawy projektowania układów wybuchowych do dynamicznej syntezy materiałów supertwardych”. *Biuletyn WAT*. Warszawa: 1992.
18. Vereshhaka A.S., Tretjakov I.P. „Rezhushhie instrumenty s iznosostojkimi pokrytijami”. *Mashinostroenie*. Moskwa: 1986.
19. Wysiecki M. „Nowoczesne materiały narzędziowe”. Warszawa: WNT, 1997. ■