

Wpływ wybranych inhibitorów wzrostu na właściwości ostrzy skrawających z nanowęglików spiekanych

Influence of selected growth inhibitors on properties of cutting edges made of nanocrystalline cemented carbides

MACIEJ JAN KUPCZYK
PIOTR SIWAK
JĘDRZEJ KOMOLKA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.231

Zaprezentowano wybrane wyniki badań wpływu dodatków w postaci inhibitorów wzrostu typu TaC-NbC oraz Cr_3C_2 do nanowęglików spiekanych na trwałość ostrzy skrawających z nich wykonanych. Badania wykazały, że nanowęgliki spiekane z dodatkiem inhibitorów wzrostu charakteryzują się większą twardością oraz trwałością niż nanowęgliki spiekane bez tych dodatków.

SŁOWA KLUCZOWE: ostrza skrawające, nanowęgliki spiekane, trwałość

The article presents the selected results of influence of the TaC-NbC and Cr_3C_2 growth inhibitors on durability of cutting edges made of nanocrystalline cemented carbides. Studies have shown that the nanocrystalline cemented carbides with growth inhibitors characterize greater hardness and durability than nanocrystalline cemented carbides without above additions.

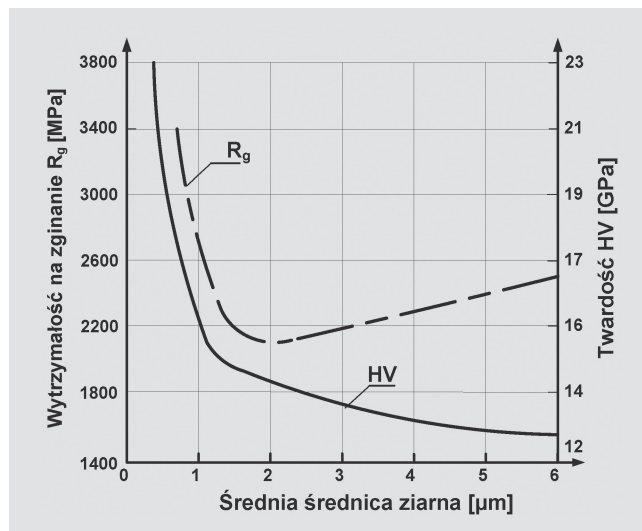
KEYWORDS: cutting edges, nanocrystalline cemented carbides, durability

W najnowszej literaturze światowej opisywanych jest coraz więcej przykładów zastosowania nanomateriałów. Mają one często lepsze właściwości użytkowe niż konwencjonalne materiały konstrukcyjne i narzędziowe [1÷4, 8÷18]. Zrodziło to potrzebę podjęcia kompleksowych badań materiałów narzędziowych o budowie nanokrystalicznej, aby można je było zaoferować krajowym producentom nowoczesnych, wysokowydajnych, niezawodnych narzędzi, pozwalających na uzyskanie najwyższej jakości wyrobów.

Szczególny nacisk na niezawodność i trwałość narzędzi kładzie się w przypadku ich użycia w centrach i liniach obróbkowych, ze względu na konieczność minimalizacji ryzyka wystąpienia poważnych awarii wiążących się z ponoszeniem znacznych kosztów. Ostrza skrawające o podwyższonej odporności na zużycie są potrzebne przede wszystkim do obróbki coraz powszechniej stosowanych trudnoskrawalnych materiałów konstrukcyjnych.

Dane literaturowe wskazują, że spiekane materiały narzędziowe (węgliki spiekane) o drobnoziarnistej (średnica ziarna WC $0,5\div 1,5\ \mu\text{m}$), a zwłaszcza o ultradrobnziarnistej strukturze (średnica ziarna WC $0,2\div 0,5\ \mu\text{m}$) mają lepsze właściwości mechaniczne niż powszechnie stosowane węgliki spiekane o standardowej wielkości ziaren (średnica $1,5\div 3\ \mu\text{m}$), a szczególnie o gruboziarnistej strukturze (średnica $3\div 30\ \mu\text{m}$) [9, 11, 18]. Zobrazowano to na rys. 1, z którego m.in. wynika, że im mniejsze ziarno WC, tym węgliki spiekane typu WC-Co charakteryzują się większą twardością.

* Prof. dr hab. inż. Maciej Jan Kupczyk (maciej.kupczyk@put.poznan.pl), dr inż. Piotr Siwak (piotr.siwak@put.poznan.pl), mgr inż. Jędrzej Komolka (jedrzej.komolka@gmail.com) – Instytut Technologii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej



Rys. 1. Zmiana wytrzymałości na zginanie i twardości w zależności od średniej średnicy ziarna węglików spiekanych [na podstawie 9, 11, 16]

Rozmiar ziarna WC ma również olbrzymi wpływ na wytrzymałość na zginanie węglików spiekanych. Gdy średnica cząstek WC jest większa niż $1,5\ \mu\text{m}$, obserwuje się wzrost wytrzymałości na zginanie i spadek twardości ostrza wraz ze wzrostem rozmiarów ziaren WC. Gdy natomiast ziarna WC mają średnicę mniejszą niż $1,5\ \mu\text{m}$, obserwuje się jednoczesny wzrost wytrzymałości na zginanie i twardości węgla spiekane, tym większy, im mniejsze jest ziarno WC. Obserwacje miały przełomowe znaczenie, wskazywały bowiem, że wzrost twardości nie musi powodować spadku ciągliwości [6, 9÷11, 18].

Z tego wynika, że zmniejszenie rozmiarów ziaren jest jednym ze sposobów modyfikacji mikrostruktury pozwalającej na znaczny wzrost właściwości mechanicznych. Tego typu modyfikacja w materiale polikrystalicznym utrudnia generowanie oraz ruchliwość dyslokacji, a także rozprzestrzenianie się już istniejących mikropęknięć [9, 13, 15, 17]. Na podstawie tych przesłanek podjęto nowatorskie badania nad użyciem nanoproszków do wytworzenia nanokrystalicznych węglików spiekanych (o średniej średnicy ziarna nie większej niż $200\ \text{nm}$) wykorzystywanych do produkcji trwałych, niezawodnych ostrzy narzędzi skrawających [9÷11].

Metoda wytwarzania ostrzy z nanowęglików

W zaproponowanym procesie impulsowo-plazmowego spiekania (PPS – *pulse plasma sintering*) zjawiska aktywujące proces konsolidacji występują ze zwiększoną intensywnością w stosunku do innych metod impulsowych,

np. natężenie prądu impulsowego jest kilkadziesiąt razy większe niż w metodzie SPS. Dotychczasowe badania z użyciem różnych materiałów wykazały, że metodą PPS można spiekać kompozyty o nanokrystalicznej strukturze [13, 15, 17]. W przypadku powszechnie stosowanej metody SPS nie jest możliwe uzyskanie struktury nanokrystalicznej – co najwyżej udaje się uzyskać strukturę drobnoziarnistą [4, 5, 13, 15, 17]. Dodatkową zaletą proponowanej metody jest jej energooszczędność, związana m.in. z krótszym o 40% czasem spiekania w porównaniu z metodą SPS [13, 15, 17]. Metoda PPS pozwala na uzyskanie spieków o dużej gęstości [10, 13, 15, 17].

Wyniki badań trwałości ostrzy z nanowęglików spiekanych typu WC-Co

W badaniach porównawczych zastosowano ostrza skrawające z węglików spiekanych typu WC-5Co bez inhibitora wzrostu oraz z inhibitorem, a mianowicie:

- konwencjonalny węgiel spiekany wytworzony metodą *hot pressing* (HP): H10S, tj. WC-5%Co+2,5%(TaC-NbC);
- nanowęglik spiekany wytworzony metodą PPS: WC-5%Co, WC-5%Co+2,5%(TaC-NbC), WC-5%Co+0,9%Cr₃C₂.

Nanowęglik spiekano metodą PPS w temperaturze 1530 K przez 500 s.

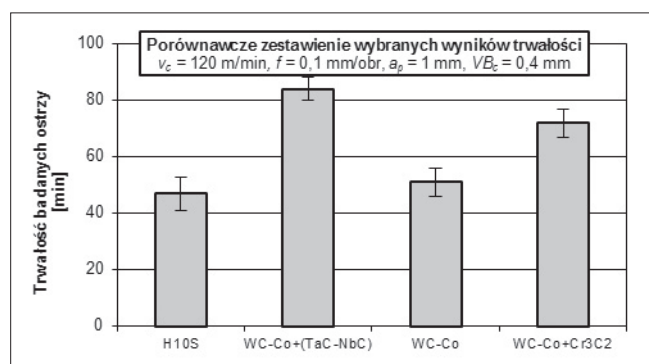
Jakość użytkową ostrzy skrawających z konwencjonalnych węglików oraz z nanowęglików spiekanych typu WC-5Co ustalono na podstawie badań zużycia i trwałości ostrzy w procesie toczenia stali austenitycznej kwasoodpornej z gatunku 1H18N9T (EN 1.4544) na tokarce TKC 140 z zastosowaniem następujących parametrów skrawania:

- prędkość skrawania: $v_c = 120$ m/min,
- posuw: $f = 0,1$ mm/obr,
- głębokość skrawania: $a_p = 1$ mm.

Przyjęto następującą geometrię ostrza noża tokarskiego:

- główny kąt przystawienia: $K_r = 75^\circ$,
- główny kąt przyłożenia: $\alpha_0 = 6^\circ$,
- kąt wierchołkowy: $\varepsilon_r = 90^\circ$,
- główny kąt natarcia: $\gamma_0 = -6^\circ$,
- kąt pochylenia głównej krawędzi skrawającej: $\lambda_s = -6^\circ$.

Na rys. 2 przedstawiono wyniki porównawczych badań trwałości wymienionych ostrzy skrawających.



Rys. 2. Wyniki badań trwałości ostrzy dla wskaźnika stępienia $VB_c = 0,4$ mm dla konwencjonalnych węglików spiekanych i nanowęglików spiekanych [10, 11]

Badania twardości wykonywano metodą Vickersa. Zgodnie z zalecaną normą stosowano obciążenie 294 N (30 kG) przyłożone w czasie 7 s. Wykonano po pięć odcisków na każdej próbce. Jako końcową twardość przyjęto średnią arytmetyczną. Wyniki badań przedstawiono w tabelicy.

TABLICA. Wyniki badań twardości [11]

Rodzaj węgla spiekane		Metoda spiekania	Twardość HV30
Konwencjonalny	H10S	HP	1516
Nanokrystaliczny	WC-Co	PPS	2048
	WC-Co+TaC-NbC	PPS	2311
	WC-Co+Cr ₃ C ₂	PPS	2166

Podsumowanie

Na podstawie zaprezentowanych wyników badań zużycia i trwałości oraz wybranych właściwości technologicznych węglików konwencjonalnych i nanowęglików spiekanych typu WC-5Co oraz z dodatkami TaC-NbC i Cr₃C₂ należy stwierdzić, że:

- ostrza z nanowęglików z inhibitorami wzrostu spiekane metodą PPS w temperaturze 1530 K przez 500 s charakteryzują się, w porównaniu z ostrzami konwencjonalnymi, blisko dwukrotnie większą trwałością w procesie skrawania stali EN 1.45.41 dla przyjętej wartości wskaźnika stępienia $VB_c = 0,4$ mm;
- nanowęglik spiekany, zwłaszcza typu WC-Co+(TaC-NbC), mają znacznie większą twardość (ok. 2300 HV30) niż węgiel konwencjonalny o podobnym składzie chemicznym (ok. 1500 HV30).

LITERATURA

- Allen C., Sheen M., Williams J., Pugsley V.A. "The wear ultrafine WC-Co hard metals". *Wear*. 250 (2001): pp. 604-610.
- Burakowski T. "Development of surface engineering". *Journal of Materials Protection*. Vol. 32, No. 10-B (1999): pp. 103-109.
- Cichosz P. „Narzędzia skrawające”. Warszawa: WNT, 2006.
- Feng P., Xiong W., Yu L., Zheng Y., Xia Y. "Phase evolution and microstructure characteristics of ultrafine Ti(C, N)-based cermets by spark plasma sintering". *Int J Refract Met H*. 22 (2004): pp. 133-138.
- Gao L., Wang H.Z., Hong J.S., Miyamoto Y., Nishikawa S., Torre D.D.L. "Mechanical properties and microstructure of nano SiC-Al₂O₃ composites densified by spark plasma sintering". *J. Eur. Ceram. Soc.* 19 (1999): p. 609.
- Hebda M., Wachal A. „Trybologia”. Warszawa: WNT 1980.
- Janecki J., Hebda M. „Tarcie, smarowanie i zużycie części maszyn”. Warszawa: WNT 1972.
- Kim B.K., Ha G.H., Lee D.W. "Sintering and microstructure of nanophase WC/Co hardmetals". *J. Mater. Process Technol.* 63 (1997): pp. 317-321.
- Kupczyk M.J. „Inżynieria powierzchni. Narzędzia skrawające”. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej 2015.
- Kupczyk M.J., Michalski A., Żurek J., Siwak P., Józwiak K., Rosiński M. „Materiały projektu badawczego własnego nr N N503 147734 pt. «Badania właściwości technologicznych i eksploatacyjnych ostrzy skrawających z nanowęglików spiekanych konsolidowanych przy użyciu plazmy impulsowej»”. Poznań 2010.
- Kupczyk M.J., Komolka J. "High durability of cutting insert edges made of nanocrystalline cemented carbides". *Int J Refract Met H*. Vol. 49 (March 2015): pp. 225-231.
- Mazurkiewicz A. „Nanonauki i nanotechnologie”. Radom: Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji, 2007.
- Michalski A. „Impulsowo plazmowe spiekanie materiałów ceramicznych”. *Ceramika*. 91 (2005): ss. 378-385.
- Richter V., Ruthendorf M.V. "On hardness of ultrafine nanocrystalline materials". *Int J Refract Met H*. 17 (1999): p. 141.
- Rosiński M. „Spiekanie silnopłazmowymi impulsami nanokrystalicznych proszków na przykładzie NiAl-TiC”. Praca doktorska, 2006.
- Sailer T., Herr M., Sockel H-G., Schulte R., Feld H., Praksh L.J. "Microstructure and properties of ultrafine gradient hardmetals". *Int J Refract Met H*. 19 (2001): pp. 553-559.
- Siemiaszko D. „Struktura i właściwości kompozytów WC-Co spiekanych silnopłazmowymi impulsami z proszków wolframu, węgla i kobaltu”. Praca doktorska. Warszawa 2006.
- Wysiecki M. „Nowoczesne materiały narzędziowe” Warszawa: WNT, 1997. ■