

Wpływ parametrów procesu spiekania na właściwości płytek skrawających wytwarzanych metodą iskrowego spiekania plazmowego

The effect of sintering parameters on properties of cutting inserts fabricated by spark plasma sintering

PIOTR SIWAK
DARIUSZ GARBIEC
TADEUSZ CHWALCZUK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.385

Do wytworzenia płytek skrawających z proszków WC-Co zastosowano iskrowe spiekanie plazmowe. Uzyskane spieki poddano pomiarom gęstości i twardości oraz wyznaczono ich odporność na kruche pękanie. Dokonano obserwacji mikrostruktury. Wykazano, że wymaganą dla materiałów narzędziowych twardością odznaczają się płytki z proszku o ultradrobnej wielkości cząstek. **SŁOWA KLUCZOWE:** węgliki spiekane, płytki skrawające, iskrowe spiekanie plazmowe

For the production of cutting inserts, used spark plasma sintering method. The article include resulting density, hardness, fracture toughness and images of the microstructure cemented carbides (WC-Co). The cutting inserts fabricated from powder with ultrafine particles characterized a required for tool materials hardness.

KEYWORDS: cemented carbides, cutting inserts, spark plasma sintering

Węgliki spiekane WC-Co są powszechnie stosowane w procesach obróbki skrawaniem. Kompozyty tego typu składają się z twardego i kruchego WC oraz miękkiego i plastycznego Co [1÷4]. Wraz ze zwiększaniem zawartości Co zmniejsza się twardość, a zwiększeniu ulega odporność na kruche pękanie [4÷5]. Dlatego też w obróbce skrawaniem najczęściej znajdują zastosowanie węgliki spiekane WC-Co o zawartości Co w zakresie od 5 do 10% wag. [5]. Oprócz konwencjonalnych technik metalurgii proszków w ostatnich latach do wytwarzania węglików spiekanych stosuje się nowe techniki konsolidacji materiałów proszkowych, w tym metodę iskrowego spiekania plazmowego (SPS) [6÷7]. W niniejszej pracy autorzy przedstawili wyniki badań nad wpływem czasu spiekania i szybkości nagrzewania na mikrostrukturę, twardość oraz odporność na kruche pękanie płytek skrawających wytworzonych metodą SPS z proszków WC-6Co o różnej wielkości cząstek.

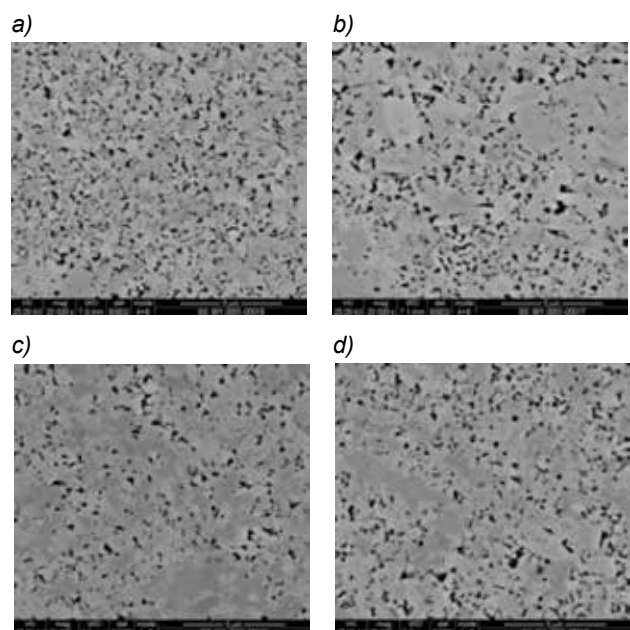
Metodyka badań

Do badań wykorzystano proszki o różnej wielkości cząstek. Pierwszym proszkiem był WC-6Co o wielkości cząstek w zakresie 100÷200 nm. Drugim proszkiem był WC-6Co o wielkości cząstek WC wynoszącej 30÷50 μm oraz Co – 4 μm. Proszki spiekano z wykorzystaniem urządzenia HP D 25-3 (FCT Systeme GmbH). Spiekanie re-

alizowano w próżni w temperaturze 1450 °C w czasie 3 i 6 min. Szybkość nagrzewania wynosiła 300 i 600 °C/min, a ciśnienie prasowania było równe 50 MPa. Z wytworzonych spieków o wymiarach Ø20 x 3 mm za pomocą urządzenia do obróbki elektroerozyjnej wycięto prostopadłościennie płytki skrawające. Gęstość płytek skrawających wyznaczono metodą Archimedesesa. Obserwacje mikrostruktury przeprowadzono na nietrawionych wzdłużnych zglądach metalograficznych z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego Inspect S (FEI) oraz mikroskopu świetlnego Eclipse L150 (Nikon). Pomiary twardości metodą Vickersa przeprowadzono przy sile obciążającej 294,2 N przyłożonej w czasie 7 s na twardościomierzu FM-700 (Future-Tech). Odporność na kruche pękanie wyznaczono, stosując zależność [8] pomiędzy twardością a sumaryczną długością pęknięć powstałych w narożach odcisku przy pomiarze twardości metodą Vickersa:

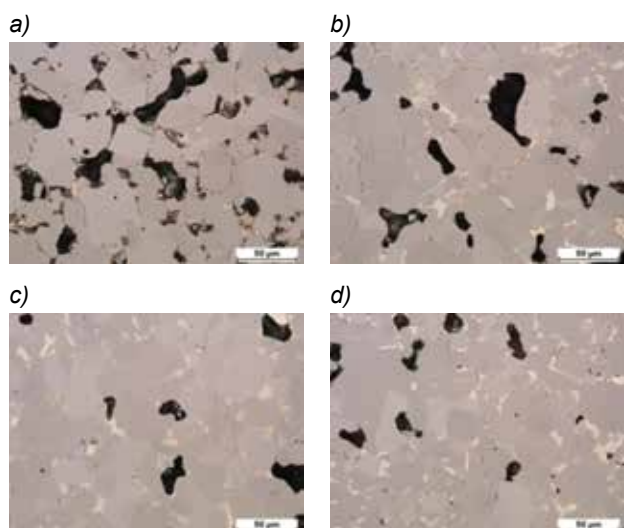
$$K_{Ic} = 0,15 \cdot \sqrt{\frac{HV30}{\Sigma l}} \quad (1)$$

Wyniki badań



Rys. 1. Mikrostruktura płytek skrawających WC-6Co z proszku o ultradrobnej wielkości cząstek spiekanych z szybkością nagrzewania i czasem spiekania wynoszącymi: a) 300 °C/min i 3 min, b) 600 °C/min i 3 min c) 300 °C/min i 6 min, d) 600 °C/min i 6 min

* Dr inż. Piotr Siwak (piotr.siwak@put.poznan.pl) – Politechnika Poznańska; dr inż. Dariusz Garbiec (dariusz.garbiec@inop.poznan.pl) – Instytut Obróbki Plastycznej; mgr inż. Tadeusz Chwalczuk (tadeusz.chwalczuk@put.poznan.pl) – Politechnika Poznańska



Rys. 2. Mikrostruktura płytek skrawających WC-6Co z proszku o mikrometrycznej wielkości cząstek spiekanych z szybkością nagrzewania i czasem spiekania wynoszącymi: a) 300 °C/min i 3 min, b) 600 °C/min i 3 min, c) 300 °C/min i 6 min, d) 600 °C/min i 6 min

Na rys. 1 przedstawiono mikrofotografie SEM w kontraście BSE, na których widoczne są mikrostruktury płytek skrawających wytworzonych z proszku WC-6Co o ultradrobnej wielkości cząstek. Wykazano, że zwiększenie szybkości nagrzewania z 300 do 600 °C/min przy spiekaniu w czasie 3 min wpływa na zwiększenie wielkości ziaren, czego efektem jest mniej jednorodna mikrostruktura. Zjawisko rozrostu ziaren zaobserwowano także w przypadku płytek skrawających spiekanych w czasie 6 min, niezależnie od zastosowanej szybkości nagrzewania, przy czym ich mikrostruktury są bardziej jednorodne, a rozrost ziaren wynika bezpośrednio z dłuższego czasu spiekania. Z kolei na rys. 2 przedstawiono mikrofotografie LM, na których widoczne są mikrostruktury płytek skrawających wytworzonych z mikrometrycznego proszku WC-6Co. Wykazano, że wydłużenie czasu spiekania z 3 do 6 min wpływa na poprawę zagęszczenia, czego efektem jest mniejsza ilość porów, ich sferoidyzacja oraz zarastanie. Zwiększenie szybkości nagrzewania z 300 do 600 °C/min przynosi podobny efekt przy czasie spiekania wynoszącym 3 min. Zarówno w przypadku proszku o ultradrobnej wielkości cząstek, jak i cząstek mikrometrycznych największą gęstością (tablica) charakteryzują się płytki skrawające spiekane w czasie 3 min z szybkością nagrzewania wynoszącą 600 °C/min. Oznacza to, że na konsolidację proszku WC-6Co korzystniej wpływa zastosowanie krótszego czasu spiekania (3 min) i zwiększonej szybkości nagrzewania (600 °C/min), w odróżnieniu od dłuższego czasu spiekania (6 min), gdzie korzystniej jest nagrzewać proszek z mniejszą szybkością (300 °C/min). Wyniki pomiarów twardości dowodzą, że zaproponowane parametry procesu SPS są niewystarczające do uzyskania z mikrometrycznego proszku WC-6Co płytek skrawających o wymaganej dla materiałów narzędziowych twardości [1÷4]. Twardość tych materiałów wynosi 550 i 589 HV30 dla czasu spiekania wynoszącego odpowiednio 3 i 6 min oraz szybkości nagrzewania wynoszącej 600 °C/min. Przy zastosowaniu szybkości nagrzewania wynoszącej 300 °C/min uzyskano płytki skrawające o większej twardości wynoszącej 613 i 661 HV30 dla czasu spiekania wynoszącego odpowiednio 3 i 6 min. Płytki wytworzone z proszku o ultradrobnej wielkości cząstek charakteryzują się twardością, powyżej 1700 HV30, a największą twardością wynoszącą 1809 HV30, charakteryzują się płytki skrawające spiekane w czasie 6 min z szybkością nagrzewania wynoszącą 300 °C/min. W związku z występującą porowatością w płytkach skrawających wytworzonych z proszku mikrometrycz-

TABLICA. Wyniki pomiarów gęstości, twardości oraz odporności na kruche pękanie płytek skrawających WC-6Co

Płytki	Gęstość g/cm ³	Twardość HV30	Odporność na kruche pękanie K _{IC} , MPa·m ^{1/2}
WC-6Co (100-200 nm)			
3 min / 300 °C/min	14,47	1721 ± 15	11,64 ± 0,57
3 min / 600 °C/min	14,82	1706 ± 12	11,08 ± 0,28
6 min / 300 °C/min	14,69	1809 ± 37	11,13 ± 0,18
6 min / 600 °C/min	14,59	1754 ± 16	12,18 ± 0,76
WC-6Co (30-50 μm)			
3 min / 300 °C/min	13,69	613 ± 22	-
3 min / 600 °C/min	13,83	550 ± 26	-
6 min / 300 °C/min	14,04	661 ± 12	-
6 min / 600 °C/min	13,90	589 ± 21	-

nego niemożliwe było określenie odporności na kruche pękanie. Płytki skrawające wytworzone z proszku o ultradrobnej wielkości cząstek charakteryzują się odpornością na kruche pękanie powyżej 11 MPa·m^{1/2}. Płytki o największej wartości K_{IC}, wynoszącej 12,18 MPa·m^{1/2}, spiekano w czasie 6 min z szybkością nagrzewania wynoszącą 600 °C/min.

Podsumowanie i wnioski

Twardość jest jedną z głównych właściwości technologicznych, determinującą możliwość zastosowania spieków typu WC-Co jako materiałów narzędziowych. W pracy wykazano, że twardość płytek skrawających zwiększa się wraz z wydłużaniem czasu spiekania i zmniejszaniem szybkości nagrzewania, przy czym płytki wytworzone z proszku mikrometrycznego, ze względu na występującą porowatość, odznaczają się niewystarczającą twardością. Z kolei twardość płytek skrawających z proszku o ultradrobnej wielkości cząstek wynosi od 1706 do 1809 HV30, a odporność na kruche pękanie – powyżej 11 MPa·m^{1/2}.

LITERATURA

- Liu W., Song X., Wang K., Zhang J., Zhang G., Liu X. „A novel rapid route for synthesizing WC-Co bulk by in situ reactions in spark plasma sintering”. *Materials Science and Engineering: A*. Vol. 499, No. 1-2 (2009): pp. 476÷481.
- Liu W., Song X., Zhang J., Yin F., Zhang G. „A novel route to prepare ultrafine-grained WC-Co cemented carbides”. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 458, No. 1÷2 (2008): pp. 366÷371.
- Rumman M.R., Jeong T.S., Ghomashchi R., Xie Z., Hong S.-J. „Characterization of short-duration high-energy ball milled WC-Co powders and subsequent consolidations”. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 615 (2014): pp. S564÷S568.
- Kim H.-Ch., Shon I.-J., Yoon J.-K., Doh J.-M. „Consolidation of ultrafine WC and WC-Co hard materials by pulsed current activated sintering and its mechanical properties”. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Vol. 25, No. 1 (2007): pp. 46÷52.
- Su W., Sun Y.-X., Yang H.-L., Zhang X.-Q., Ruan J.-M. „Effects of TaC on microstructure and mechanical properties of coarse grained WC-9Co cemented carbides”. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. Vol. 25, No. 1 (2015): pp. 1194÷1199.
- Rumman M.R., Xie Z., Hong S.-J., Ghomashchi R. „Effect of spark plasma sintering pressure on mechanical properties of WC-7.5 wt% Nano Co”. *Materials and Design*. Vol. 68 (2015): pp. 221÷227.
- Zhao S., Song X., Wei Ch., Zhang L., Liu X., Zhang J. „Effects of WC particle size on densification and properties of spark plasma sintered WC-Co cermet”. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Vol. 27, No. 6 (2009): pp. 1014÷1018.
- Schubert W.D., Neumeister H., Kinger G., Lux B. „Hardness to toughness relationship of fine-graded WC-Co hardmetals”. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Vol. 16, No. 2 (1998): pp. 133÷142. ■