

# Wytwarzanie spieków przeznaczonych na osnowę narzędzi metaliczno-diaamentowych z komercyjnych mieszanek proszków

## Production of sinters from commercial powder mixtures for a matrix of diamond impregnated tools

JOANNA BOROWIECKA-JAMROZEK  
JAN LACHOWSKI \*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.1.9>

W pracy przedstawiono wyniki badań własności mechanicznych spieków otrzymanych z komercyjnych mieszanek proszków na bazie żelaza. Wyznaczono parametry wytrzymałościowe i plastyczne, a także gęstość, twardość i porowatość wytworzonych spieków. Mikrostrukturę spieków i analizę składu chemicznego przeprowadzono z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego. Uzyskane wyniki badań porównano z własnościami spieków otrzymanych z proszku kobaltu gatunku SMS (submicron size).

**SŁOWA KLUCZOWE:** kobalt, spiek, narzędzia metaliczno-diaamentowe

*The paper presents the results of analyzing mechanical properties of the sinters obtained from the commercial iron-based powder mixtures. Parameters mechanic, plastic and density, hardness and porosity of the sinters were determined. The sinters microstructure and the chemical composition analysis were carried out by using the scanning electron microscope. The results were compared with the properties of the sinters obtained from the cobalt SMS (submicron size) powder.*

**KEYWORDS:** cobalt, sinter, diamond impregnated tools

Przez kilka ostatnich dziesięcioleci kobalt był powszechnie stosowany jako materiał osnowy w narzędziowych kompozytach metaliczno-diaamentowych służących do cięcia kamienia naturalnego. Z technologicznego punktu widzenia kobalt ma wiele zalet [1–4]. Jest dostępny w postaci proszków różniących się pod względem czystości chemicznej, wielkości i kształtu cząstek. Proszki kobaltu można zagęszczać do gęstości zbliżonej do teoretycznej w temperaturze nieprzekraczającej 850°C. Podczas konsolidacji proszków kobalt wpływa w sposób umiarkowany na grafityzację i obniżenie właściwości mechanicznych kryształów diamentu. Spiekane stopy kobaltu mają wysoką wytrzymałość i dobrą plastyczność. Osnowa kobaltowa odznacza się bardzo dobrymi właściwościami retencyjnymi, tzn. dobrze utrzymuje cząstki diamentów na powierzchni roboczej kompozytu [5, 6].

Wadą kobaltu jest jego wysoka i niestabilna cena. Dlatego wytwórcy narzędzi poszukują tańszych materiałów osnowy mogących zastąpić kobalt [7–9].

### Metodyka i wyniki badań

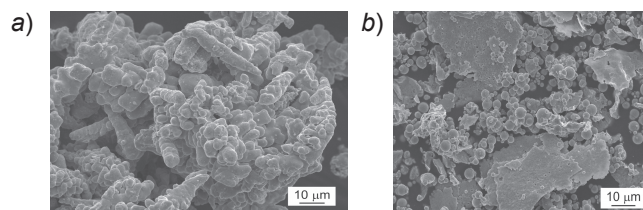
Do badań zastosowano spieki otrzymane w wyniku prasowania na gorąco gotowych mieszanek proszków dostarczonych przez chińskiego producenta do badań do-

świadczalnych. Proszki oznaczono takimi symbolami jak w folderze producenta [10]: CSA i CSA800 (rys. 1a i b).

Przed procesem konsolidacji proszki CSA i CSA800 zostały zbadane i przeanalizowane za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego JSM-7100F zintegrowanego z systemem do mikroanalizy rentgenowskiej OINA-AZtec.

Parametry procesu prasowania na gorąco zostały dobrane zgodnie z sugestią dostawcy: temperatura 850°C, ciśnienie 35 MPa i czas 3 min. Proces prowadzono z wykorzystaniem prasopieca CAR1001 firmy ARGA, w składanej grafitowej matrycy umożliwiającej jednoczesne wykonanie 10 próbek o nominalnych wymiarach ok. 7 × 6 × 40 mm.

Wytworzone spieki poddano badaniom: pomiarowi gęstości metodą ważenia w powietrzu i wodzie oraz pomiarowi twardości metodą Vickersa, z zastosowaniem obciążenia 10 kG. Na podstawie pomiarów gęstości wyznaczono porowatość badanych spieków. Wyniki pomiarów przedstawia tabl. I.



Rys. 1. Zdjęcia proszków użytych do badań: a) CSA, b) CSA800

**TABLICA I. Wyniki pomiaru gęstości i twardości**

Spiek	Gęstość, g/cm <sup>3</sup>	Gęstość teoretyczna, g/cm <sup>3</sup>	Porowatość, %	Twardość HV10
CSA	8,06 ± 0,02	8,36	3,60	145,5 ± 9,9
CSA800	8,13 ± 0,01	8,33	2,51	223,1 ± 10,2
Co	8,74 ± 0,04	8,90	1,80	271,0 ± 3,0

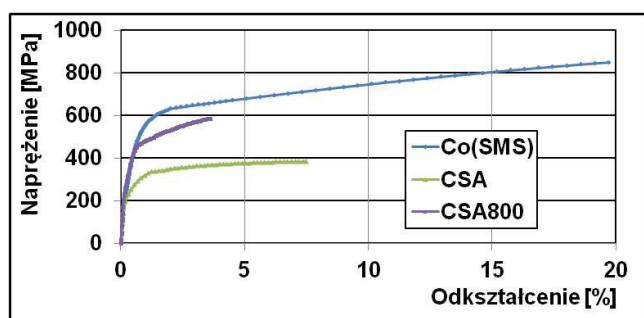
Następnie metodą akustyczną wyznaczono stałe sprężystości badanych spieków, a na podstawie przeprowadzonej statycznej próby rozciągania oszacowano parametry wytrzymałościowe i plastyczne próbek (tabl. II, rys. 2).

Obserwacje mikrostruktury przeprowadzono z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego JSM-7100F, zintegrowanego z systemem do mikroanalizy rentgenowskiej OINA-AZtec. Mikrostrukturę spieków CSA i CSA800 przedstawiono na rys. 3.

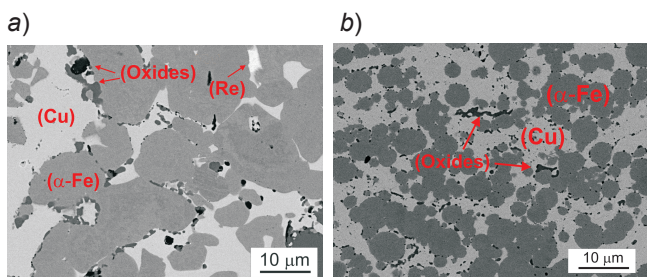
**TABLICA II. Parametry sprężyste i plastyczne spieków**

Materiał	Moduł sprężystości E, GPa	Liczba Poissona, $\nu$	Umowna granica plastyczności R0.2, MPa
CSA	163	0,32	251,7 ± 7,6
CSA800	164	0,32	401,7 ± 42,5
Co	205	0,30	404,5 ± 25,4

\* Dr inż. Joanna Borowiecka-Jamrozek (jamrozek@tu.kielce.pl) – Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn; dr Jan Lachowski (jlach@tu.kielce.pl) – Politechnika Świętokrzyska, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego



Rys. 2. Krzywe rozciągania spieków



Rys. 3. Mikrostruktura spieków: a) spiek CSA, b) spiek CSA800

## Dyskusja wyników i wnioski

Analiza składu chemicznego EDS z powierzchni poszczególnych cząstek proszku CSA wykazała, że nie da się wyróżnić pierwiastków wchodzących w skład proszku, co świadczy o tym, że jest to proszek stopowy. Pobrane z powierzchni cząstek widmo pokazało, że proszek zawiera ok. 45% żelaza, 50% miedzi, 3% cynku i 2% cyny.

Natomiast w przypadku proszku CSA 800 pobrane z powierzchni poszczególnych cząstek widma sugerują, że proszek ten składa się z karbonylowych cząstek żelaza wymieszanych razem z nieregularnymi, znacznie grubszymi cząstkami wstępnie stopowanego brązu. Pobrane z powierzchni poszczególnych cząstek widma wskazują, że proszek zawierał do 6% cynku, do 3% cyny i do 1% ołowiu. Prawdopodobnie jest to brąz (B663).

Stopy CSA i CSA800 mają charakterystyczną kombinację własności mechanicznych. Stop CSA ma niską twardość, niską umowną granicę plastyczności (tabl. I) i niską wytrzymałość na rozciąganie (382,8 MPa), lecz duże wydłużenie maksymalne 8,2% (rys. 2).

Stop CSA800 ma wysoką twardość, wysoką umowną granicę plastyczności (tabl. I) i wysoką wytrzymałość na rozciąganie (591 MPa) przy mniejszym maksymalnym odkształceniu 3,3% (rys. 2).

Analiza składu chemicznego EDS przeprowadzona na zglądach metalograficznych CSA i CSA800 wykazała złożoną, wielofazową mikrostrukturę. W przypadku CSA potwierdziła obecność Fe w ilości 42÷52% wag., Cu 48÷53%, Zn 2÷3% i Sn 2%, a także wykazała występowanie metali ziem rzadkich, takich jak Ce, La, Sm oraz Y – w ilości poniżej 3%.

Stop CSA składa się z: roztworu ( $\alpha$ -Fe) bogatego w węgiel, roztworu miedzi (Cu), który zawiera Sn i Zn (rys. 3), oraz ciemnych pól stanowiących mieszaninę tlenków metali. Rzadko występujące izolowane białe pola są roztworem stałym metali ziem rzadkich w cynie i miedzi. Analiza składu chemicznego EDS przeprowadzona na zglądach metalograficznych wykonanych na spiekach CSA800 również wykazała złożoną, wielofazową mikrostrukturę. W przypadku CSA potwierdziła obecność Fe w ilości 42÷57% wag., Cu

35–51%, Zn 3–4%, Sn 3% i Pb <1% oraz śladowych ilości metali ziem rzadkich.

Stop CSA800 składa się z: roztworu ( $\alpha$ -Fe) bogatego w węgiel, roztworu miedzi (Cu), który jest roztworem stałym Sn i Zn w Cu, oraz ciemnych pól będących mieszaniną tlenków metali. Nie zaobserwowano izolowanych wtrąceń Pb.

## Podsumowanie

- Badane materiały są godne uwagi ze względu na przystępną cenę, łatwość konsolidacji na drodze prasowania na gorąco, możliwość zmiany w bardzo szerokim zakresie własności wytrzymałościowych i plastycznych.
  - Zmiana własności tych materiałów jest możliwa przez odpowiedni dobór składu chemicznego – przez wprowadzenie dodatków w postaci pierwiastków chemicznych, takich jak Ni, WC, W czy Co.
  - Materiał CSA ma podstawowy skład chemiczny, który można w dowolny sposób modyfikować, dlatego parametry wytrzymałościowe tego materiału są stosunkowo niskie. Może on być stosowany po wprowadzeniu dodatków metali.
  - Istnieje możliwość modyfikowania temperatury prasowania na gorąco. Stopy z grupy CSA osiągają gęstość ok. 97% gęstości teoretycznej już po krótkotrwałym (trwającym 3 min) prasowaniu pod ciśnieniem 35 MPa w zakresie 800÷880°C.
  - Osnowa na bazie materiałów CSA i CSA800 ma dobre własności retencyjne dla cząstek diamentu podczas pracy narzędzia metaliczno-diaamentowego, gdyż pomiędzy cząstkami diamentu i osnową podczas chłodzenia po procesie prasowania na gorąco wytwarza się połączenie mechaniczne, które zależy od własności sprężystych i plastycznych materiału osnowy. Analiza retencji cząstki diamentu w zależności od właściwości mechanicznych osnowy była prowadzona przez autorów w pracach [5, 6].
- Analizując powyższe, można stwierdzić, że badane materiały CSA i CSA800 spełniają kryteria zastosowania ich w mniej wymagających aplikacjach narzędzi ogólnego przeznaczenia [1, 2].

## LITERATURA

1. Konstany J. "Powder Metallurgy Diamond Tools". Oxford: Elsevier, 2005.
2. Romański A. „Rozwój materiałów osnowy w narzędziowych spiekach metaliczno-diaamentowych”. Kraków: AGH-UWND, 2015.
3. Borowiecka-Jamrozek J. "Engineering structure and properties of materials used as a matrix in diamond impregnated tools". *Archives of Metallurgy and Materials*. 58, 1 (2013): s. 5–8.
4. Konstany J. "Sintered diamond tools: trends, challenges and prospects". *Powder Metallurgy*. 56 (2013): s. 184–190.
5. Borowiecka-Jamrozek J., Lachowski J. "Modelling of the mechanical state of a diamond particle in the metallic matrix". *Advanced Materials Research*. 874 (2014): s. 127–132.
6. Borowiecka-Jamrozek J., Lachowski J. "Numerical modelling of stress/strain field arising in diamond-impregnated cobalt". *Archives of Metallurgy and Materials*. 59, 2 (2014): s. 443–446.
7. Mechnik V.A. "Production of diamond-(Fe-Cu-Ni-Sn) composites with high wear resistance". *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 52, 9–10 (2014): s. 577–587.
8. Konstany J., Tyrła D., Radziszewska A. "Iron-base materials manufactured from premixed powders by the hot press process". *Archives of Metallurgy and Materials*. 54, 4 (2009): s. 1051–1058.
9. Nanbin H., Dianye G. "The application development of Chinese multi-element pre-alloyed metal powders in diamond tools". *Diamante, Applicazioni & Tecnologia*. Dicembre (2013): s. 23–30.
10. "CSA series. Basic Alloy Powder for Diamond Tools". User's Manual, Henan CUT-Stone Science & Technology, CO., LTD, Zhengzhou 2013.