

Zygmunt Nitkiewicz<sup>1</sup>, Henryk Stokłosa<sup>3</sup>

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej, Instytut Inżynierii Materiałowej,  
al. Armii Krajowej, 42-200 Częstochowa

Maciej Świerzy<sup>2</sup>

CF Gomma Poland, Częstochowa

## ANALIZA PRZEŁOMÓW SPIEKÓW DIAMENTOWO-METALICZNYCH ZAWIERAJĄCYCH CYNĘ

Przeanalizowano wpływ zawartości cyny w składzie chemicznym mieszaniny proszków metali na mikrostrukturę spieków diamentowo-metalicznych z nich wytworzonych, o przeznaczeniu na narzędzia do cięcia kamieni. Badano cztery pary spieków zawierających diamenty syntetyczne. W każdej z par jeden z materiałów zawierał kilka lub kilkanaście % wag. cyny, drugi natomiast jej nie zawierał, a proporcje pozostałych składników były takie same. Porównywano ze sobą spieki z każdej pary. Przeprowadzono pomiary wysokości spieków w celu porównania stopnia ich zagęszczenia. Wykonano szereg mikrofotografii z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego. Zwrócono uwagę na przełomy próbek, sposób osadzenia diamentu w osnowie oraz odciski po diamencie, gdzie najlepiej widać stopień konsolidacji materiału. Spieki zawierające Sn w porównaniu do swych odpowiedników bez tego pierwiastka wykazały daleko lepszą konsolidację oraz mniejszą odległość pomiędzy ścianką diamentu a otaczającą go osnową, co wskazuje prawdopodobnie na lepsze własności retencyjne. Osnowy bogate w żelazo i niezawierające cyny stanowią środowisko agresywne dla diamentu, powodujące jego degradację podczas procesu prasowania na gorąco.

Słowa kluczowe: narzędzia diamentowe, prasowanie na gorąco, metalurgia proszków

## FRACTURE ANALYZE OF HOT PRESSED DIAMOND-METAL MATRIX COMPACTS CONTAINING TIN

The work analyzes the influence of tin presence in chemical composition of powders mixtures on microstructure of diamond-metal matrix hot pressed tools made of them, used for stone cutting. Four pairs of segments containing synthetic diamond grit have been investigated. In each pair one material contained up to 12% wt. of tin, the other one didn't while proportions of the other elements were the same. The compacts in each pair have been compared to each other. Segments height has been measured in order to estimate their densability. A lot of SEM microphotographs have been taken so that the comparison in microstructure could be performed. The attention has been paid to the samples fracture, way of holding the diamond by surrounding matrix as well as the diamonds' imprints where the degree of material consolidation could be visible the best. The tin containing compacts compared to those without it had much better consolidation and a smaller distance between the diamond wall and a surrounding matrix thus in turn showing probably higher retention properties. The iron rich matrices those didn't contain Sn are very aggressive environment for diamonds causing its degradation during hot pressing operation. The occurrence of small pits on diamond surface has been observed. On the other hand we can hardly recognize the diamond imprint in the fracture of this matrix. The compact itself is the most porous comparing to the others.

Key words: diamond tools, hot pressing, powder metallurgy

### WSTĘP

Prasowane na gorąco mieszaniny proszków metali i stopów z diamentami syntetycznymi bądź naturalnymi są od wielu lat znanymi narzędziami w przemyśle kamieniarskim i budownictwie. Wielkość kryształów diamentu oraz skład chemiczny metalowej osnowy, a co za tym idzie jej własności mechaniczne, są różne w zależności od zastosowań. Do cięcia twardych kamieni, jak granit, stosuje się diamenty o wielkości 50/60 US mesh o stosunkowo niedużej koncentracji, umieszczone w metalicznej osnowie, jaką może stanowić np. kobalt. Natomiast do materiałów miękkich, powodujących silne zużycie ścierne, takich jak beton czy piaskowiec, najlepiej

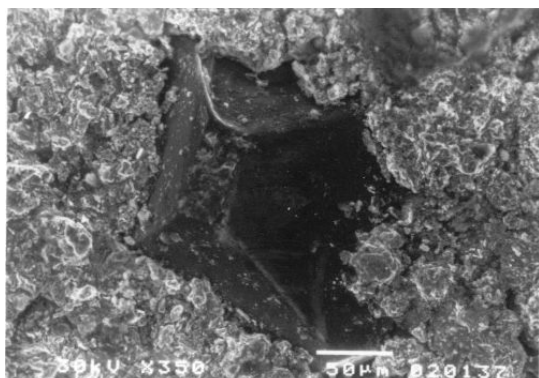
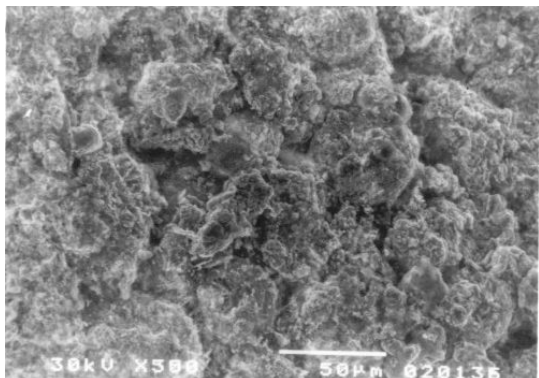
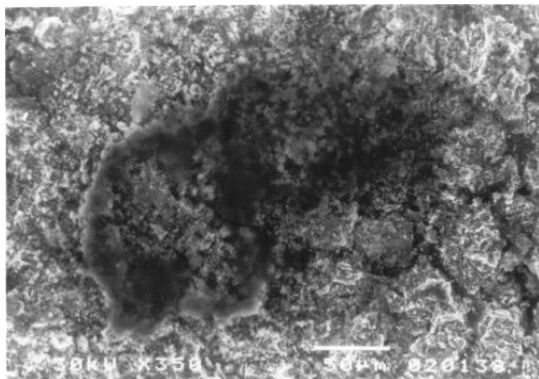
nadają się większe diamenty o wyższej koncentracji niż w poprzednio opisanym przypadku, które powinny być osadzone w twardej osnowie, jak np. węgiel wolframu z dodatkiem kobaltu [1]. (Przykładowe materiały zapewniają odpowiednie własności retencyjne, czyli przyczyniają się do utrzymania diamentu w spieku w warunkach pracy, charakteryzujących się dużymi obciążeniami dynamicznymi). Niektóre koncepcje zakładają poprawę tych własności poprzez pokrywanie diamentów różnymi metalami, inne natomiast bazują na dodawaniu do składu chemicznego pierwiastków węglikotwórczych [2, 3].

<sup>1</sup> prof. dr hab. inż., <sup>2,3</sup> mgr inż.

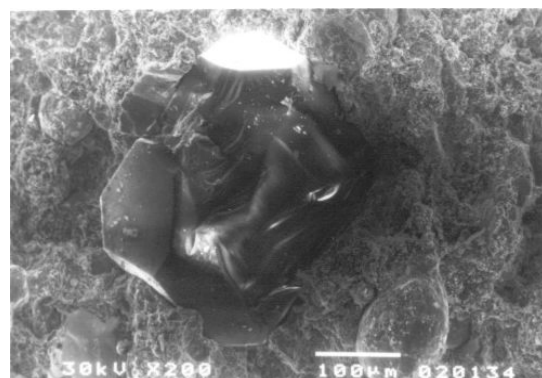
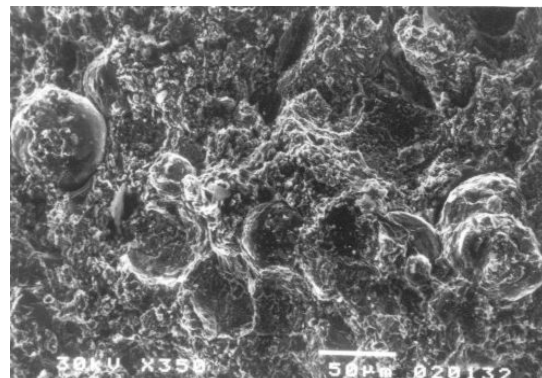
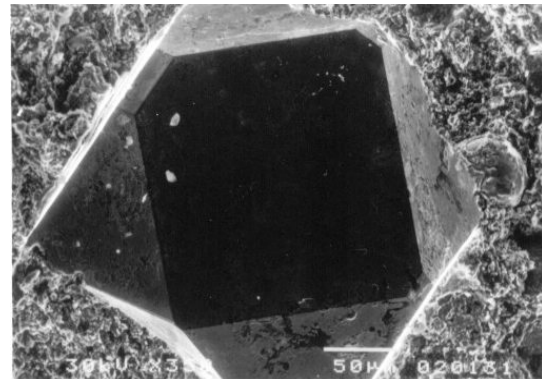
TABELA 1. Skład chemiczny i parametry wytwarzania spieków  
 TABLE 1. Hot pressed segments' composition and parameters

Numer próbki	Czas s	Temperatura °C	Ciśnienie MPa	Wysokość segmentu mm	Skład chemiczny osnowy % wag.	Koncentracja diamentu
1	60	850	25,3	8,90	Ni 59; Cu 35; Fe 6	15
1a	180	850	25,3	7,96	Ni 55; Cu 33; Sn 6,5 ; Fe 5,5	15
2	120	700	42,8	8,22	Cu 61; Co 20; Fe 19	15
2a	120	700	42,8	7,43	Cu 55; Co 18; Fe 17, Sn 10	15
3	120	700	42,8	8,04	Co 100	15
3a	120	700	42,8	7,79	Co 89; Sn 11	15
4	60	850	25,3	11,12	Fe 77; FeCr 23	27
4a	60	850	25,3	8,76	Fe 68; FeCr 20; Sn 12	15

Ni 59 Cu 35 Fe 6



Ni 55 Cu 33 Sn 6,5 Fe 5,5

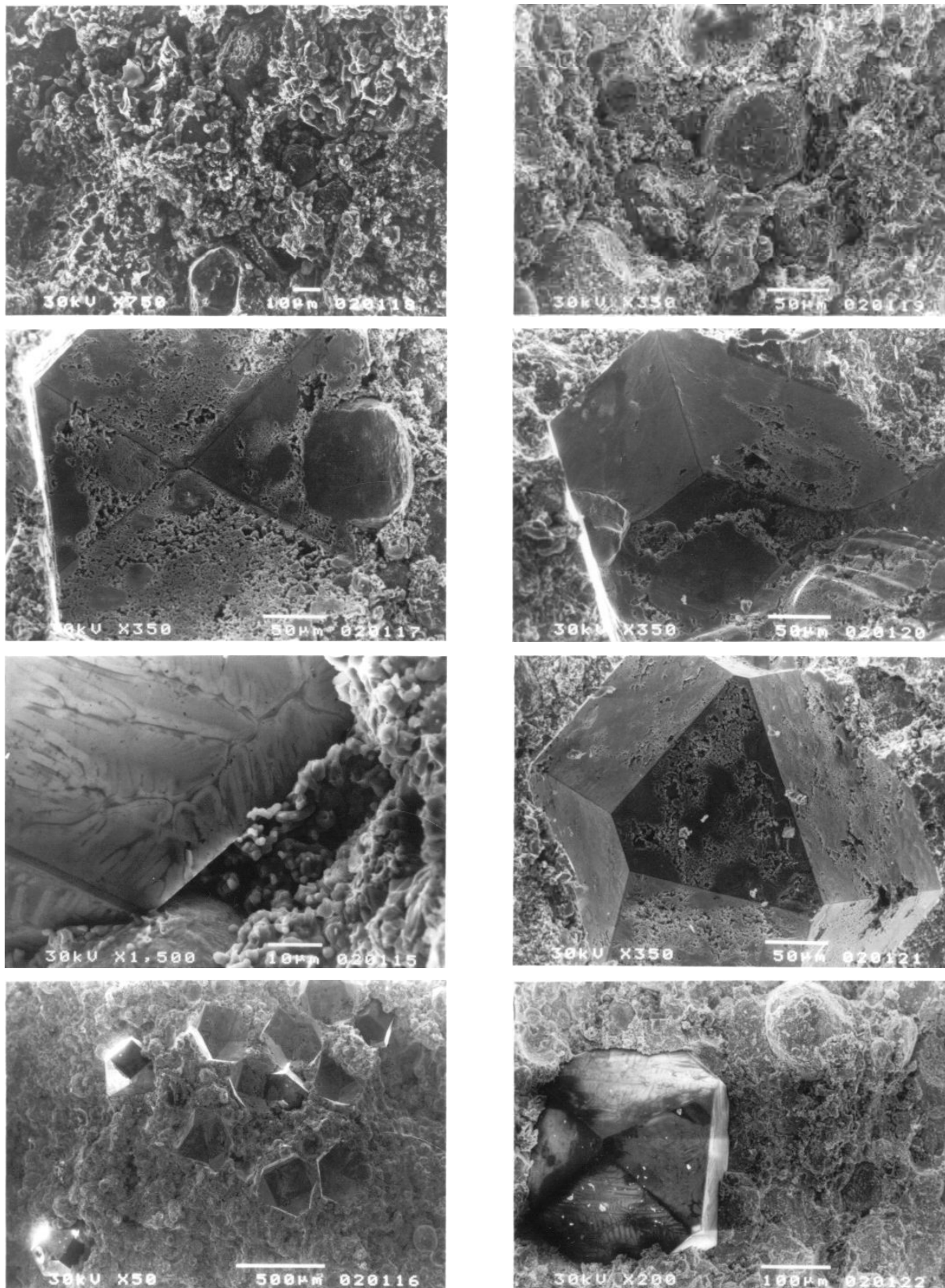


Rys. 1. Mikrofotografie próbki 1 (po lewej) oraz 1a (po prawej). Na górnych zdjęciach widoczne odciski pochodzące od diamentu zamkniętego w osnowie, pośrodku natomiast mikrostruktura samej metalicznej osnowy. Materiał zawierający cynę wydaje się być lepiej zagęszczony. Prawdopodobnie jego zdolności retencyjne są wyższe od przedstawionego po lewej stronie. Spiek niezawierający cyny jest bardziej porowaty, mniej zagęszczony. Rozwarstwienie na granicy diament-otaczająca go osnowa jest większe tam, gdzie Sn nie występuje

Fig. 1. Microphotographs of the sample 1 (left) and 1a (right). On the top we can see the imprints coming from the diamond crystal set in the matrix. In the middle the microstructure and on the bottom the diamond in the metal matrix. The material containing tin seem to be better densified. Probably the diamond retention is higher in such hot pressed compact. The material on the left seem to be more porous. On the second hand the distance between the diamond wall and the surrounding matrix appears to be lower in case of the right side

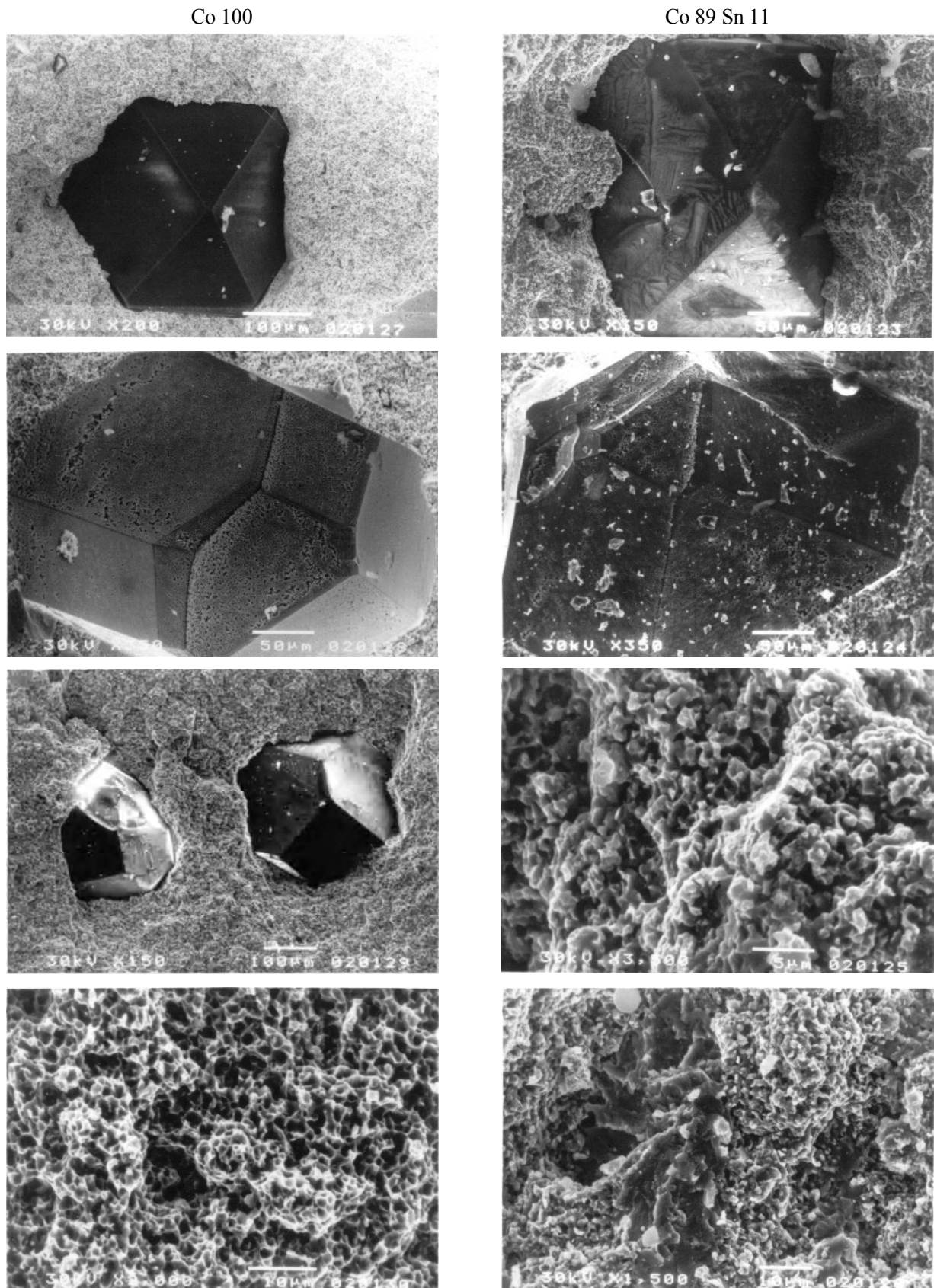
Cu 61 Co 20 Fe 19

Cu 55 Co 18 Fe 17 Sn 10



Rys. 2. Mikrofotografie SEM spieków 2 (po lewej) oraz 2a (po prawej). Mikrostruktura osnowy na górnych zdjęciach. Materiał zawierający cynę wydaje się być mniej porowaty. Odciski diamentu w osnowie wskazują na lepsze zagęszczenie próbki 2a, a po lewej widzimy niespieczoną cząstkę w materiale osnowy 2. Generalnie spiek z dodatkiem Sn utrzymuje (mocuje) diament znacznie lepiej

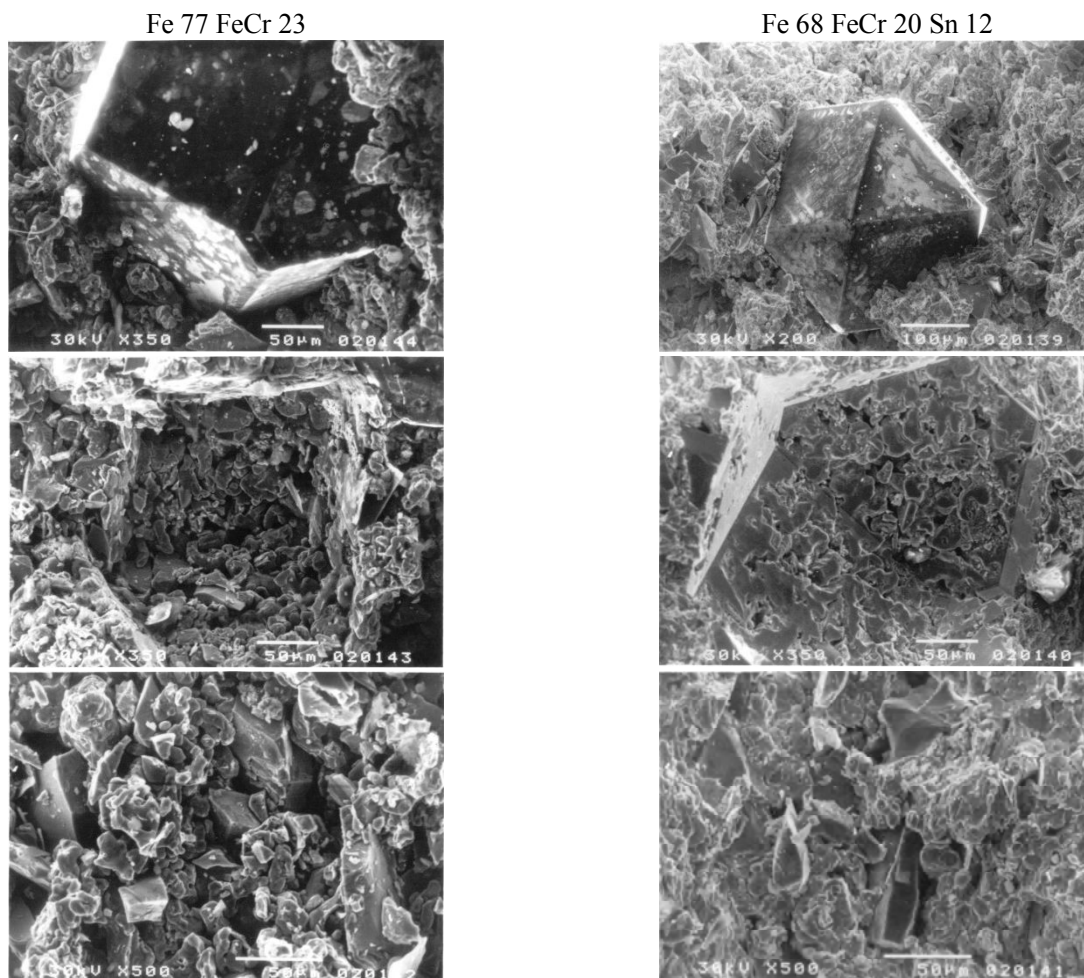
Fig. 2. SEM microphotographs of sample 2 (left) and sample 2a (right). Matrix microstructure on the top. The material containing tin seems to be less porous. The diamonds' imprints show better densification of specimen nr 2a, but on the left there is not well sintered particle in material nr 2 matrix. In general the tin containing matrix probably holds the diamond crystals a little bit better



Rys. 3. Mikrofotografie SEM, po lewej spiek 3, po prawej 3a. Obydwie osnowy wykazują bardzo dobre zagęszczenie i formowalność. Odległość pomiędzy osnową i diamentem jest bardzo mała. Odciski prawie nie wykazują porowatości, chociaż w przypadku kobaltu z cyną można oczekiwać trochę lepszych własności retencyjnych

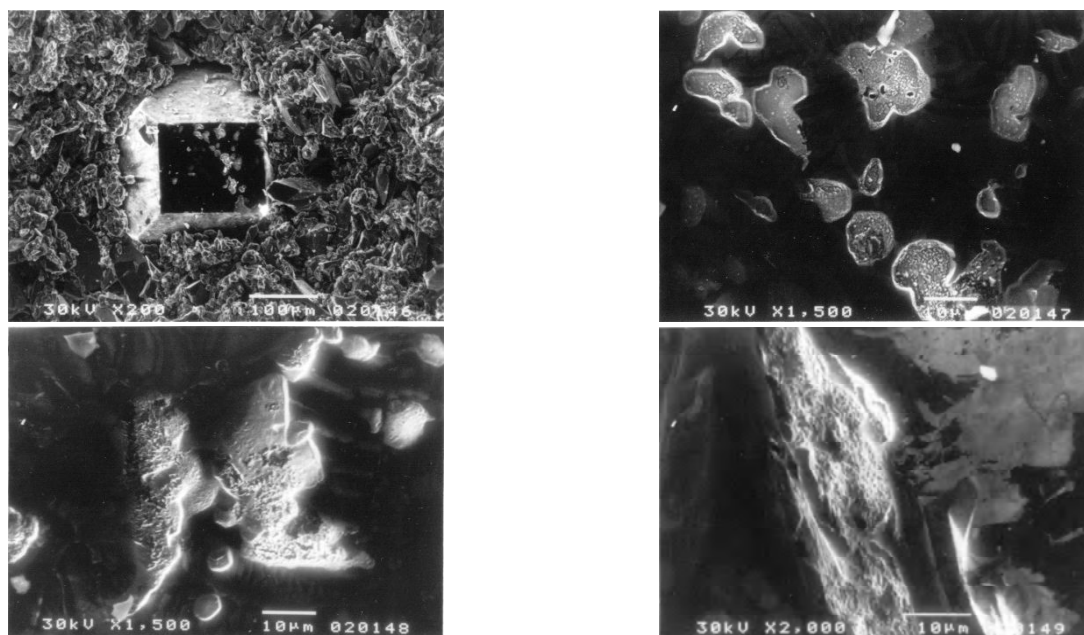
Fig. 3. SEM microphotographs, left side sample 3, right side sample 3a. Both matrices show very good densification and formability. The distance between the matrix and the diamond is very small. The imprints show almost no porosity although in case of cobalt with tin addition expected retention properties probably are a little bit higher





Rys. 4. Zdjęcia próbek 4 (lewa) i 4a (prawa). Niniejsza osnowa zdaje się być nieodpowiednia dla narzędzi prasowanych na gorąco, ponieważ nie pozwala na dobre formowanie. Mikrostruktura nie wskazuje na znaczące zagęszczenie, choć w przypadku spieku z Sn wygląda to nieco lepiej. Nie należy oczekiwać dobrej retencji diamentu po uwidocznionych odciskach (pośrodku)

Fig. 4. SEM photographs of sample 4 (left) and 4a (right). Such matrix composition is not suitable for making hot pressed tools because does not let for good forming. The microstructure show no significant densification, although in case of composition with tin it looks a little bit better. We can expect no good diamond retention when looking at the imprints (in the middle)



Rys. 5. Fotografie kryształu diamentu w osnowie Fe 77 FeCr 23. Osnowa zawierająca dużo żelaza bez cyny zdaje się być agresywna dla powierzchni diamentu syntetycznego. Widoczne pojawienie się wżerów na powierzchni diamentu. Prawdopodobnie diament ulega grafityzacji lub się utlenia

Fig. 5. SEM photographs of diamond crystal inside Fe 77 FeCr 23 matrix. Such matrix containing a lot of iron and no tin is aggressive for synthetic diamond surface. We can see the pits occurrence on the surface. Diamond is being destroyed. Probably carbon oxidizes or graphitizes

Ze względu na niewysoką odporność termiczną diamentu, syntetycznego do 800°C, naturalnego do 1000°C, dąży się do obniżenia temperatury całego procesu [4]. Nielatwo jest jednak spiekać materiały wysokotopliwe w tym zakresie temperatur. Nierzadko więc w składzie materiałów osnowy można spotkać niektóre metale i stopy niskotopliwe, jak cyna czy brąz. Dodatkowo obecność fazy ciekłej intensyfikuje cały proces i powoduje lepszą konsolidację, zapewniając gęstość bliską teoretycznej [5].

Praca niniejsza ma na celu przeanalizowanie wpływu dodatku cyny do mieszaniny proszków na mikrostrukturę spieków oraz interakcje pomiędzy osnową a diamentem. Stanowi kontynuację badań opisanych w pracy [6].

## MATERIAŁ DO BADAŃ

Celem pracy było zbadanie wpływu niedużej (do 12% wag.) zawartości cyny w składzie chemicznym metalicznej osnowy narzędzi diamentowych, przeznaczonych do cięcia kamieni. Przygotowano cztery pary spieków, które miały podobne składy, różniące się obecnością jednego pierwiastka, tj. cyny. Proporcje pozostałych składników utrzymano na tym samym poziomie. Zawartość diamentu syntetycznego w segmencie wyrażono za pomocą skali koncentracji, w której 100 oznacza 4,4 karata/cm<sup>3</sup> (25% obj.). Inne wartości są proporcjonalne. Skład chemiczny oraz parametry wytwarzania, jak również wysokość segmentów przedstawiono w tabeli 1.

Mieszaniny proszków były prasowane na gorąco w grafitowych formach z użyciem prasopieca firmy Sinttris sterowanego komputerowo. Parametry procesu przedstawiały się następująco: temperatura 700°C, ciśnienie 42,8 MPa, czas 120 s. Warunki te okazały się odpowiednie tylko dla próbek 2, 2a, 3 i 3a. Pozostałe nie były prawie wcale skonsolidowane, gdyż można było złamać je w rękach. Dla tych segmentów powtórzono operację przy zmienionych parametrach (tab. 1). Zmierzone wysokości otrzymanych segmentów, aby w ten sposób porównać stopień ich konsolidacji.

## OBSERWACJE MIKROSKOPOWE

Obserwacje przełomów spieków prowadzono za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego typu

JSM-5400 firmy JOEL wyposażonego w przystawkę do

wykonywania mikrofotografii. Uwagę skoncentrowano na powierzchni rozdziału pomiędzy diamentem a metaliczną osnową, jak również na odciskach pozostałych po wyrwanych z osnowy kryształach diamentu. Mikrofotografie przedstawiono w zestawach pozwalających na porównanie mikrostruktur danych par spieków (rys. rys. 1-5).

## WNIOSKI

Na podstawie analizy przedstawionych mikrofotografii można stwierdzić, że spieki sporządzone z mieszaniny proszków zawierającej cynę generalnie wykazują lepsze zagęszczenie. Cyna jako niskotopliwy składnik zapewnia udział fazy ciekłej w procesie, co polepsza konsolidację oraz intensyfikuje cały proces. Widać też, że w przełomie próbki diament lepiej przylega do otaczającej go osnowy w przypadku spieku z Sn, co powinno pozwolić oczekiwać lepszych własności retencyjnych takiego materiału. Proszki bogate w Fe i niezawierające cyny w swym składzie stanowią dla kryształów diamentu środowisko agresywne, powodujące jego degradację.

## LITERATURA

- [1] Zsolnay L.M., Selection of diamonds for segmental saws, *Industrial Diamond Review* 1977, 11.
- [2] Konstanty J., The materials science of stone sawing, *Industrial Diamond Review* 1991, 1.
- [3] Akyüz D.A., Interface and microstructure in cobalt-based diamond tools containing chromium (praca doktorska), Lozanna 1999.
- [4] Novikov N.V., Mal'nev V.I., Voronin G.A., Diamond grit strength to 1373 K, *Industrial Diamond Review* 1985, 1.
- [5] Lis J., Pampuch R., *Spiekanie*, Wyd. AGH, Kraków 2000.
- [6] Nitkiewicz Z., Świerzy M., Tin influence on diamond-metal matrix hot pressed tools for stone cutting, *Mat. Konf. Achievements in Mechanical and Materials Engineering*, Zakopane 2003.

Recenzent  
Katarzyna Pietrzak