



## Struktura i własności wybranych węglików spiekanych na osnowie kobaltu

G. Keler<sup>a</sup>, E. Jonda<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny

<sup>b</sup> Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie  
email: ewa.jonda@polsl.pl

**Streszczenie:** W artykule zamieszczono ogólne informacje dotyczące metalurgii proszków oraz opisano proces technologiczny produkcji węglików spiekanych. Przedstawiono wyniki badań wykonanych w celu określenia wpływu składu chemicznego na ich własności. Badania obejmowały mikroskopowe obserwacje struktur, pomiar twardości metodą Vickersa, pomiar gęstości oraz odporności na ścieranie.

**Abstract:** The paper provides general information about the powder metallurgy and describes the technological process of the production of cemented carbide. There are presented the results of examination performed to determine the effect of chemical composition on their properties. The study included microscopic observations of structures, Vickers hardness measurement, measurement of density and resistance to abrasion.

**Słowa kluczowe:** węgliki spiekane, twardość, gęstość, odporność na ścieranie

### 1. WSTĘP

Metalurgia proszków umożliwia wytwarzanie wyrobów ze składników metalicznych, różniących się znacznie temperaturą topnienia i nietworzącymi ze sobą stopów, jak również materiałów zawierających składniki metaliczne i niemetaliczne. Stwarza to możliwość nadawania wyrobom i półproduktom własności fizycznych i chemicznych, regulowanych w bardzo szerokim zakresie. Inną cechą metalurgii proszków jest fakt, iż w żadnym procesie produkcji gotowego wyrobu nie jest przekroczona temperatura topnienia przeważającego składnika. Spiekanie stwarza możliwości wytwarzania wyrobów, omijając takie procesy jak: topnienie, odlewanie, obróbka plastyczna, skrawanie itd. [1,2].

### 2. METODYKA BADAŃ

Do badań wykorzystano próbki z wybranych gatunków węglików spiekanych (S30, B2, HF6, G5OS, G10, H10S), w których jako materiału wiążącego użyto kobaltu (Co). Próbki wykonano metodami metalurgii proszków w firmie Węgliki Spiekane „Baildonit” w Katowicach. Skład chemiczny badanych gatunków węglików spiekanych przedstawiono w tablicy 1 [3].

Tablica 1. Skład chemiczny próbek użytych do badań [3]

Table 1. The chemical composition of samples used for testing [3]

Symbol gatunku (próbki)	Skład chemiczny, % wag.				
	WC	Co	TiC	TaC + NbC	V
S30	87	8	5	-	-
B2	91	9	-	-	-
HF6	93,8	6	-	-	0,2
G50S	74,82	25	-	0,18	-
G10	94	6	-	-	-
H10S	91,5	4,5	-	4,0	-

Badania twardości próbek wykonano metodą Vickersa, zgodnie z normą PN-EN 23878. W celu zapewnienia wymaganej chropowatości powierzchni badanej (poniżej 2,5 µm), próbki przed badaniem szlifowano na szlifierkach pionowych z tarczami diamentowymi o wiązaniu bakelitowym i nasypie diamentowym D64/C75. Badania twardości wykonano twardościomierzem Vickers-Brinell, typu HPO-250. Zastosowano siłę obciążającą wynoszącą 294,3 N oraz standardowy czas wytrzymania pod obciążeniem siły pomiarowej 10÷15 sekund. Twardość odczytano z tablic na podstawie średniej długości przekątnej odcisku. Wyniki pomiarów opracowano statystycznie. Badanie gęstości próbek wykonano zgodnie z normą EN 23369:1993 przy użyciu wagi Robot typu WA 35. Gęstość obliczono na podstawie uzyskanych wyników według wzoru [4]:

$$\rho = \frac{m_1 \times \rho_1}{m_3} \quad (1)$$

$\rho_1$  – gęstość cieczy w powietrzu, g/cm<sup>3</sup>,

$m_1$  – masa próbki, oznaczona przez zważenie w powietrzu, g,

$m_3$  – masa cieczy wypartej przez próbkę, oznaczona przez odjęcie pozornej masy próbki w cieczy od masy próbki w powietrzu, g.

Badania odporności na zużycie ścierne wykonano zgodnie z projektem roboczym normy ISO DW 12692, na urządzeniu skonstruowanym przez firmę „Węgliki Spiekane Baildonit”. Dane techniczne urządzenia zestawiono w tablicy 2 [5,6].

Tablica 2. Dane techniczne urządzenia do badania odporności na zużycie ścierne [6]

Table 2. Technical equipment for testing abrasion wear resistance [6]

Silnik napędowy: - moc, kW - obroty, obr/min	0,37 1400
Napięcie zasilania V, Hz	400, 50
Ścierniwo, mm	ziarna 0,5÷0,75
Siła docisku próbki do tarczy ściernej, kg	20
Obroty tarczy ściernej, obr/min	104
Wymiary tarczy ściernej, mm	Ø169 x 13
Materiał tarczy ściernej	stal 20, wyżarzana

Odporność na zużycie ściernie wyznaczono na podstawie ubytku masy wg wzoru:

$$A = \frac{\rho}{m_1 - m_2} \quad (2)$$

A – odporność na ścieranie,  $\text{cm}^{-3}$ ,

$\rho$  – gęstość,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,

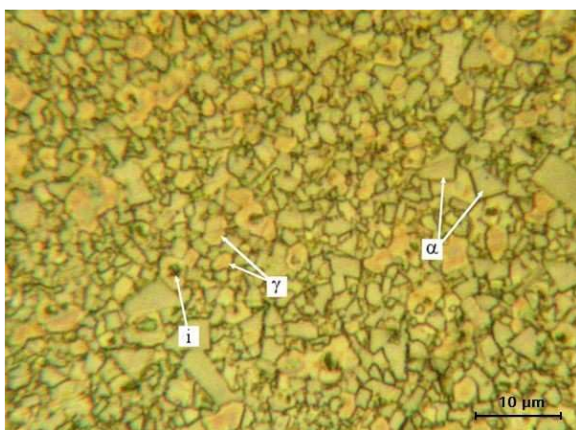
$m_1$  – masa próbki przed badaniem, g,

$m_2$  – masa próbki po wykonaniu badania, g.

Ocena metalograficzna mikrostruktury została wykonana zgodnie z normą EN 24499. Badane próbki obserwowano przy użyciu mikroskopu typu Reichert przy powiększeniu 1500 x. Badania wykonano na zglądach metalograficznych wykonanych zgodnie z normami PN-ISO 4499 i PN-ISO 4505, a następnie wytrawionych odczynnikami Murakami. Wyniki obserwacji porównano ze zbiorem mikrofotografii przedstawionym w normie EN 24499.

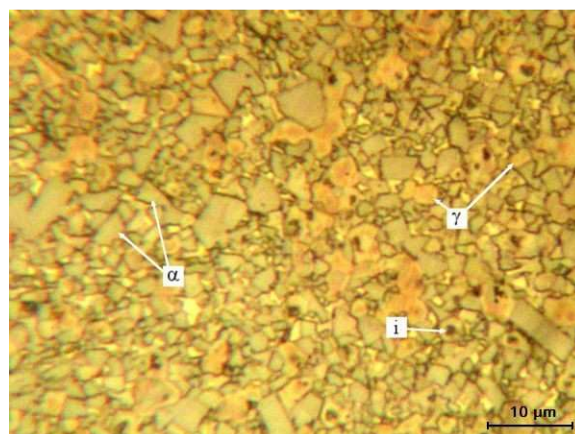
### 3. WYNIKI BADAŃ

Badane gatunki węglików spiekanych mają różne mikrostruktury ze względu na różnice w składzie chemicznym i parametry produkcji. Na rysunkach 1÷4 przedstawiono mikrostruktury badanych węglików spiekanych. Obserwacje mikroskopowe pozwalają określić wielkość ziaren węglików oraz ich rozłożenie. Na mikrostrukturę, a także na własności gotowego wyrobu ma wpływ wiele czynników takich jak np. skład chemiczny, granulacja, parametry spiekania itd. Im mniejsza ziarnistość węglików, tym większa twardość i odporność na ścieranie. Natomiast im więcej fazy wiążącej, w tym przypadku kobaltu, tym większa jest ciągliwość spieku.



Rysunek 1. Mikrostruktura próbki węglika S30, pow. 1500 x

*Figure 1. Microstructure of the S30 carbide, mag. 1500 x*

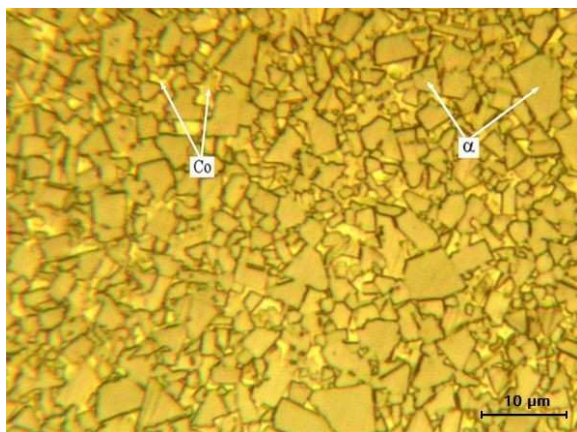


Rysunek 2. Mikrostruktura próbki węglika S30, pow. 1500 x.

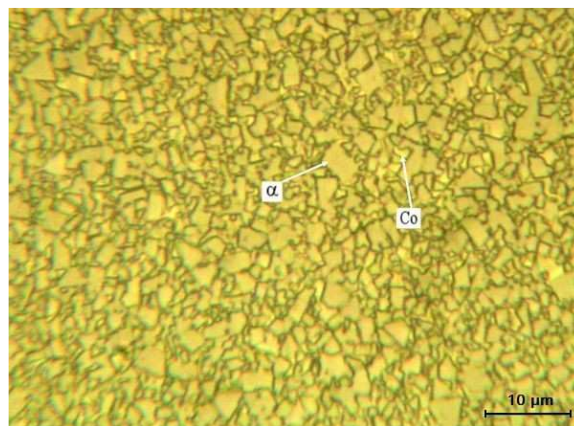
*Figure 2. Microstructure of the S30 carbide, mag. 1500 x*

Na podstawie wyników badań twardości stwierdzono, że najwyższą twardością charakteryzuje się węgiel spiekany HF6. Potwierdza to zależność między twardością węglików spiekanych, składem chemicznym oraz wielkością ziaren. Gatunek HF6 w składzie chemicznym posiada prawie najwięcej węglika wolframu (WC) i odznacza się najbardziej drobnziarnistą strukturą ze wszystkich próbek. Obecność w składzie chemicznym węglika tytanu

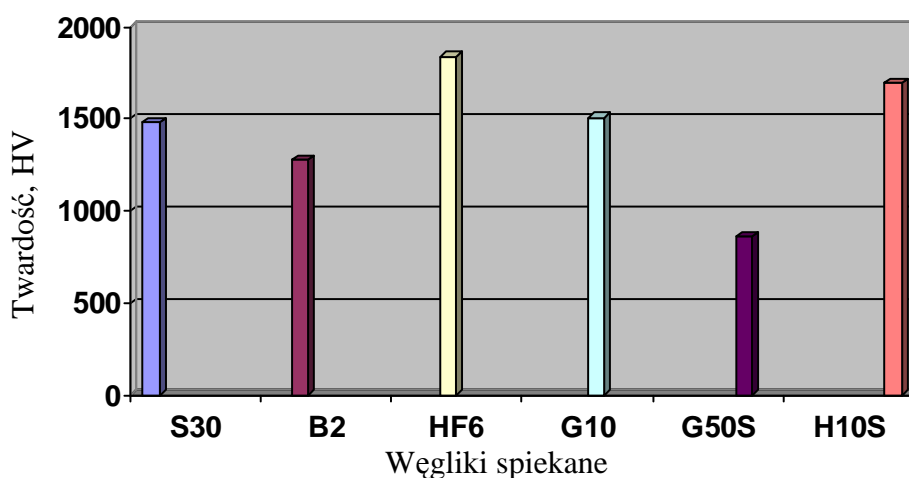
(S30) oraz węgliku tantalowo-niobowego (H10S) ma wpływ na wzrost twardości spieków, ale równocześnie na obniżenie ich ciągliwości. Najmniejszą twardością odznaczają się próbki, które w składzie posiadają najwięcej kobaltu. Próbki o najmniejszej twardości to: G50S i B2, co przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 3. Mikrostruktura próbki węgliku B2, pow. 1500 x.  
Figure 3. Microstructure of the B2 carbide, mag. 1500 x

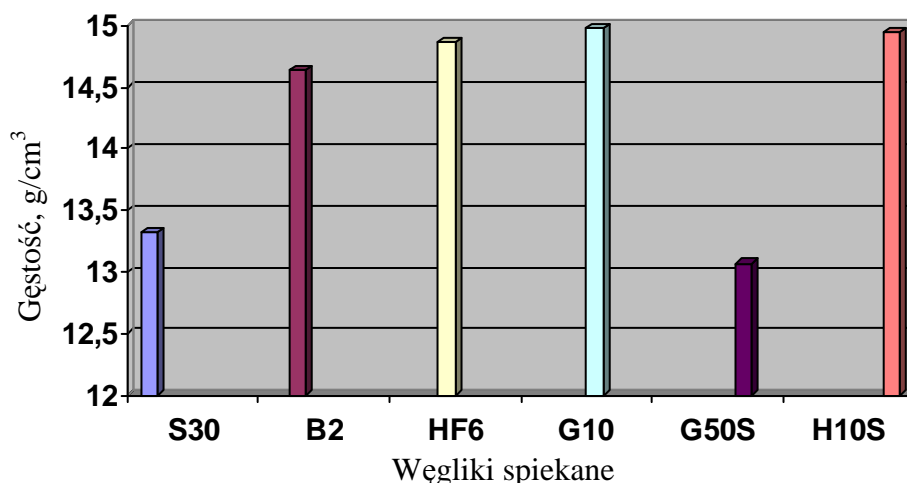


Rysunek 4. Mikrostruktura próbki węgliku G10, pow. 1500 x.  
Figure 4. Microstructure of the G10 carbide, mag. 1500 x



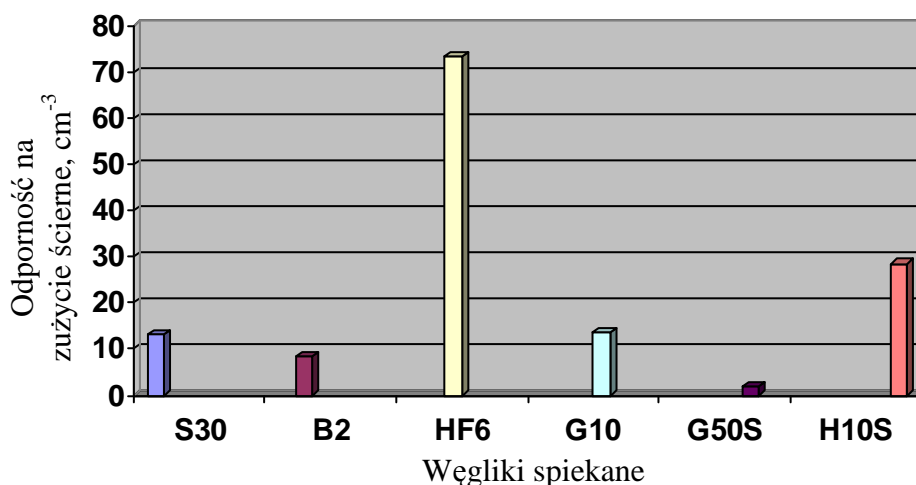
Rysunek 5. Średnia twardość poszczególnych gatunków węglików spiekanych  
Figure 5. The average hardness of each species carbide

Na podstawie otrzymanych wyników badań stwierdzono, że gęstość wszystkich próbek mieści się w granicach podanych przez normę dla danego gatunku. Oznacza to, że procesy technologiczne produkcji wykonano poprawnie. W przypadku węglików spiekanych typu WC-Co, gęstość maleje liniowo wraz ze wzrostem zawartości kobaltu, co jest wynikiem różnicy w gęstości WC ( $15,7 \text{ g/cm}^3$ ) i Co ( $8,9 \text{ g/cm}^3$ ). Na obniżenie gęstości mają również wpływ dodatki węgliku tytanu, którego gęstość wynosi  $4,9 \text{ g/cm}^3$  (przykładem jest węgiel S30), węgiel tantalowy – gęstość  $14,48 \text{ g/cm}^3$  i węgiel niobowy – gęstość  $7,82 \text{ g/cm}^3$  (przykładem jest węgiel H10S). Na rysunku 6 przedstawiono graficzne porównanie gęstości badanych próbek węglików spiekanych.



Rysunek 6. Średnia gęstość poszczególnych gatunków węglików spiekanych  
Figure 6. The average density of each species carbide

Wyniki badania odporności na zużycie ściernie pozwoliły na stwierdzenie, że istnieje zależność pomiędzy twardością badanych próbek, a ich odpornością na ścieranie. Węgliki spiekane mające najwyższą twardość mają także najwyższą odporność na ścieranie. Analogicznie, jak w przypadku twardości, odporność na ścieranie zależy od składu chemicznego i wielkości ziarna. Im więcej kobaltu w składzie, tym mniejsza jest odporność na ścieranie. Największą odporność spośród badanych próbek ma węgiel spiekany z gatunku HF6, w którego składzie jest najwięcej węgla wolframu i ma on najmniejszą ziarnistość. Rysunek 7 przedstawia porównanie odporności na zużycie ściernie poszczególnych gatunków węglików spiekanych.



Rysunek 7. Porównanie odporności na ścieranie poszczególnych próbek gatunków węglików spiekanych  
Figure 7. Comparison of wear resistance to abrasion of samples of individual cemented carbide grades

#### 4. WNIOSKI

1. Twardość badanych węglików spiekanych typu WC-Co wrasta wraz ze spadkiem zawartości fazy wiążącej oraz zmniejszeniem rozmiaru ziaren WC. Obecność w składzie chemicznym węgliku tytanu (S30) oraz węgliku tantalowo-niobowego (H10S) ma wpływ na wzrost twardości spieków, ale równocześnie na obniżenie ich ciągliwości.
2. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że kobalt ma znaczny wpływ na zmniejszenie gęstości węglików spiekanych typu WC-Co. Dodatek węgliku tytanu, tantalu oraz niobu również znacząco wpływa na obniżenie gęstości gotowego produktu.
3. Odporność na zużycie ściernie badanych węglików spiekanych maleje wraz ze wzrostem zawartości fazy wiążącej oraz wzrostem rozmiaru ziaren WC.

#### LITERATURA

1. L.A. Dobrzański, Metaloznawstwo z podstawami nauki o materiałach, WNT, Warszawa, 1999.
2. A. Cyunczyk, Podstawy inżynierii spieków metalowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2000.
3. Polska Norma, PN-81/H-89500 – Węgliki Spiekane. Gatunki.
4. Polska Norma, PN-EN 23369:1993 – Nieprzepuszczalne spiekane materiały metalowe i węgliki spiekane – Oznaczanie gęstości.
5. ISO DW 12692 – Badanie odporności na ścieranie węglików spiekanych.
6. Instrukcja badawcza firmy "Węgliki spiekane Baldonit": KMU-WSB-258, Katowice, 2005, 9.