

Jarosław Indra¹, Jan Leżański²

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

WPŁYW DODATKU WĘGLIKA WC I PARAMETRÓW WYTWARZANIA NA STRUKTURĘ I WŁASNOŚCI WĘGLIKOSTALI NA OSNOWIE STALI SZYBKOTNĄCEJ

Przedstawiono wyniki badań w zakresie wytwarzania i analizy własności spiekanych węglkostali na osnowie stali szybko tnącej z dodatkiem węgla WC. Do badań zastosowano mieszanki o następujących składach: M, M+10%WC, M+20%WC, M+30%WC, M+40%WC, gdzie M - stal szybko tnąca M35. Mieszanie składników prowadzono w ceramicznym moździerzu przez 30 minut. Mieszanki prasowano w cylindrycznej jednostronnie działającej matrycy pod ciśnieniami: 400, 600 oraz 800 MPa. Wypraski spiekano w temperaturze 1160°C przez 60 minut w próżni. Dodatkowo wypraski o składach M, M+10%WC spiekano również w temperaturach: 1175, 1200 i 1220°C przez 60 minut w próżni.

Własności proszków użytych do badań podano w tabeli 1. Wpływ ciśnienia prasowania oraz składu mieszanek na gęstość wyprasek zaprezentowano na rysunku 2. Wyniki pomiaru gęstości, zmian gęstości oraz twardości spieków przedstawiono odpowiednio na rysunkach 3 i 4, 5 i 6 oraz 7 i 8. Mikrostruktury uzyskanych materiałów pokazano na rysunku 9. Analiza otrzymanych wyników oraz obserwacja mikrostruktur spieków pozwalają na stwierdzenie, że zarówno parametry procesu wytwarzania, jak i dodatek węgla wolframu WC mają istotny wpływ na własności oraz strukturę badanych węglkostali.

Słowa kluczowe: węglkostal, prasowanie, spiekanie

THE COMBINED EFFECTS OF TUNGSTEN CARBIDE ADDITIONS AND MANUFACTURING PARAMETERS ON MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF SINTERED HIGH SPEED STEEL - BASE MATERIALS

In this paper the manufacturing process and properties of sintered high speed steel-tungsten carbide composites have been studied. The raw powders were mixed with in ceramic mortar for 30 minutes. The following compositions were investigated: M, M+10wt-%WC, M+20wt-%WC, M+30wt-%WC, M+40wt-%WC, where M is the HSS M35 grade. The mixtures were cold compacted in a rigid, cylindrical die at 400, 600, 800 MPa. The green compacts were sintered at 1160°C for 60 minutes in vacuum. Additionally the compositions M, M+10wt-%WC were sintered at 1175, 1200 and 1220°C for 60 minutes in vacuum.

The powder properties are shown in Table 1. Figure 2 shows the variation in green density for each powder mix. The as-sintered densities, densification during sintering and Brinell hardness numbers are presented in Figs 3 and 4, Figs 5 and 6, and Figs 7 and 8, respectively. Microstructures of the high speed steel - base materials are shown in Figure 9. From the analysis of the obtained results and microstructural observation it may be concluded that the as-sintered properties of the investigated materials are affected by both the processing parameters and tungsten carbide content.

Key words: high speed steel - base materials, pressing, sintering

WSTĘP

Zaletą stali szybko tnących jest ich duża stabilność struktury i własności mechanicznych podczas pracy w wysokich temperaturach. Straty materiału w procesie produkcji konwencjonalnych stali szybko tnących sięgają około 50% [1], a ich struktura posiada niejednorodności w postaci segregacji węglków. Tak duże straty materiałowe można zredukować, wytwarzając elementy ze stali szybko tnącej metodą metalurgii proszków, w którym to procesie wykorzystanie materiałów wyjściowych wynosi od 85 do 95% [1, 3, 4]. Dodatkową zaletą stosowania metalurgii proszków w produkcji elementów ze stali szybko tnących jest możliwość eliminacji segregacji węglków. Dlatego prowadzi się bada-

nia w celu poprawienia własności spiekanych stali szybko tnących oraz obniżenia kosztów ich produkcji. Redukcja kosztów może być zrealizowana poprzez obniżenie temperatury spiekania, ograniczenie do minimum końcowej obróbki cieplnej lub jej całkowite wyeliminowanie. Obniżenie temperatury spiekania oraz otrzymanie odpowiedniej struktury wyrobów można uzyskać przez modyfikację składu chemicznego spiekanych stali. Prowadzi się badania nad wpływem dodatku węgla wolframu jako dodatkowej fazy umacniającej otrzymanych w ten sposób węglkostali [5]. Spiekanie węglkostali prowadzi się w próżni w temperaturze powyżej linii

¹ mgr inż., ² dr hab. inż., prof. AGH

solidus, co powoduje pojawienie się fazy ciekłej, która aktywuje proces spiekania [3]. Nastęcza to pewne problemy dotyczące ustalenia odpowiedniej temperatury spiekania, gdyż okno spiekania dla stali molibdenowych wynosi około kilkunastu stopni [2].

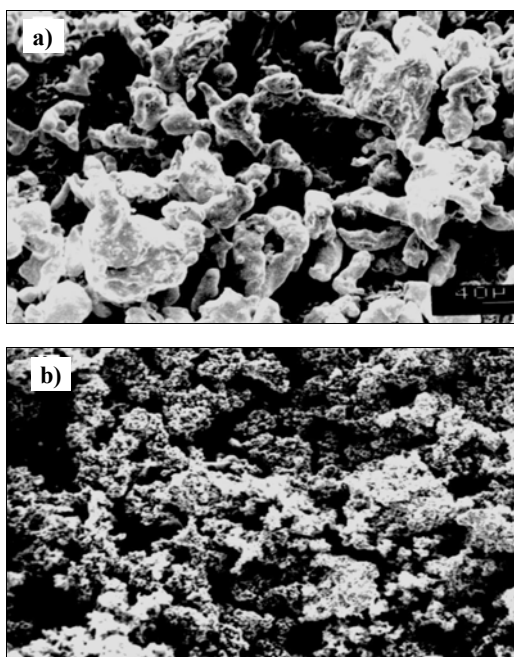
Celem niniejszych badań jest określenie wpływu ciśnienia prasownia, dodatku węgla WC oraz temperatury spiekania na gęstość, zmiany wymiarów, twardość i strukturę spieków.

MATERIAŁY I PRZEBIEG BADAŃ

Materiały stosowane do badań

Do badań stosowano proszek stali szybko tnącej M35 oraz proszek węgla wolframu WC.

Własności użytych proszków przedstawiono w tabeli 1, natomiast morfologię cząstek tych proszków zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Morfologia cząstek proszku, SEM: a) stal szybko tnąca gatunku M35, b) węgiel wolframu WC

Fig. 1. Morphology of powder particles, SEM: a) high speed steel M35 class, b) tungsten carbide WC

TABELA 1. Własności materiałów użytych do badań
TABLE 1. Properties of materials used to the research

Rodzaj proszku	Gęstość nasypowa g/cm ³	Gęstość nasypowa z usadem g/cm ³	Gęstość teoretyczna g/cm ³	Sypkość s/50 g	Zgęszczalność przy 600 MPa g/cm ³	Wielkość cząstek μm							
Stal szybko tnąca M35	2,34	3,21	8,1	40,7	6,24	0÷60							
Węgiel wolframu	2,70	4,55	15,7	-	-	2÷3							
Skład chemiczny proszku stali szybko tnącej M35													
C	Cr	Co	Cu	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	V	W	Fe	O
0,94	4,30	4,83	0,17	0,19	5,02	0,35	0,022	0,029	0,17	1,79	6,35	75,8	293 ppm

Metodyka wykonania próbek

Z proszku stali szybko tnącej i węgla wolframu WC w wyniku mieszania w ceramicznym moździerzku przez 30 minut wytwarzano mieszanki o następujących zawartościach składników:

- 1 – M+10% WC
- 2 – M+20% WC
- 3 – M+30% WC
- 4 – M+40% WC

gdzie: M - stal szybko tnąca M35, 10, 20, 30, 40 - zawartość węgla wolframu WC.

Z mieszanek proszków wykonano próbki do badań metodą prasowania w jednostronnie działającej matrycy o średnicy 15 mm, pod ciśnieniem: 400, 600, 800 MPa.

Przebieg spiekania

Wypraski poddano procesowi spiekania w piecu próżniowym pod ciśnieniem próżni poniżej 10⁻¹ Pa. Proces spiekania składał się z trzech etapów:

- wyżarzania w temperaturze 950°C przez 30 minut,
- spiekania właściwego w temperaturze 1160°C przez 60 minut,
- chłodzenia wraz z piecem.

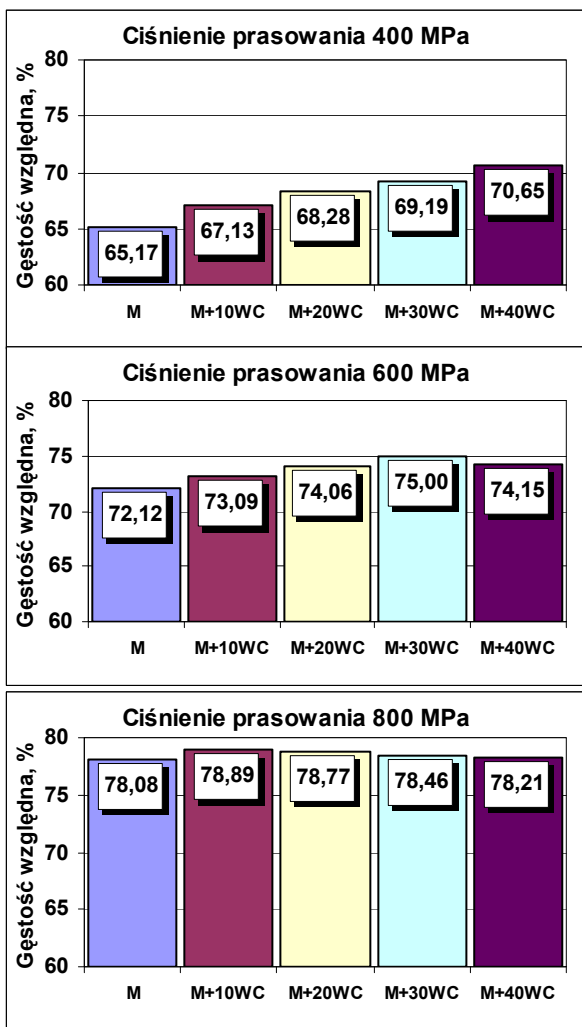
Ponadto kształtki z mieszanek M i M+10WC prasowanych pod ciśnieniem 800 MPa spiekano w temperaturach 1175, 1200, 1220°C w celu określenia wpływu temperatury spiekania na własności i strukturę otrzymanych spieków.

WYNIKI BADAŃ

Własności wyprasek, spiekanej stali i węglikostali

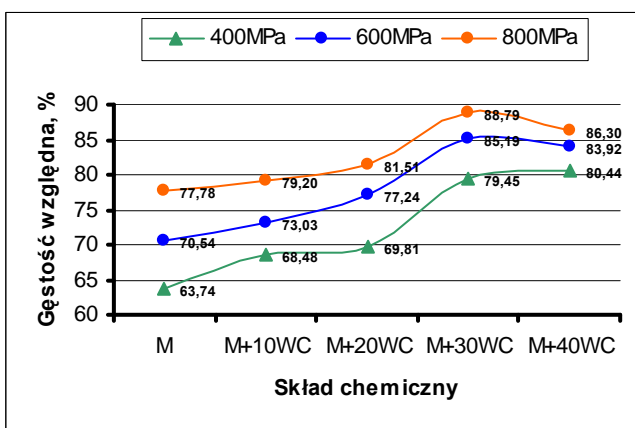
Wyniki badań gęstości wyprasek przedstawiono na rysunku 2, natomiast własności spiekanej stali i węglikostali na rysunkach 3-8.

Występuje wyraźny wpływ ciśnienia prasowania na własności spiekanych węglikostali. Podwyższenie ciśnienia prasowania powoduje wzrost gęstości wyprasek (rys. 2), a także gęstości spieków (rys. 3) i twardości (rys. 7).



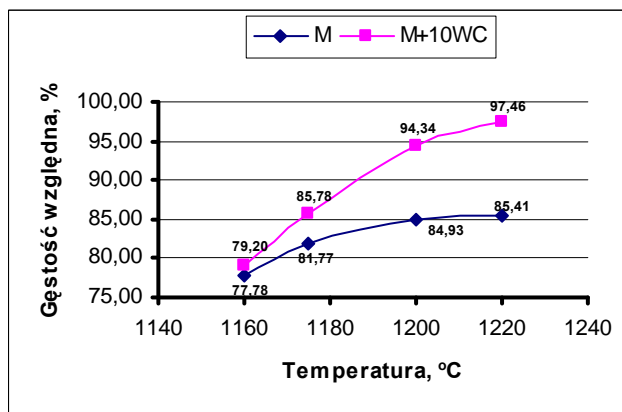
Rys. 2. Wpływ ciśnienia prasowania oraz składu mieszanek na gęstość wyprasek

Fig. 2. Relative densities as a function of pressed and composition of powder



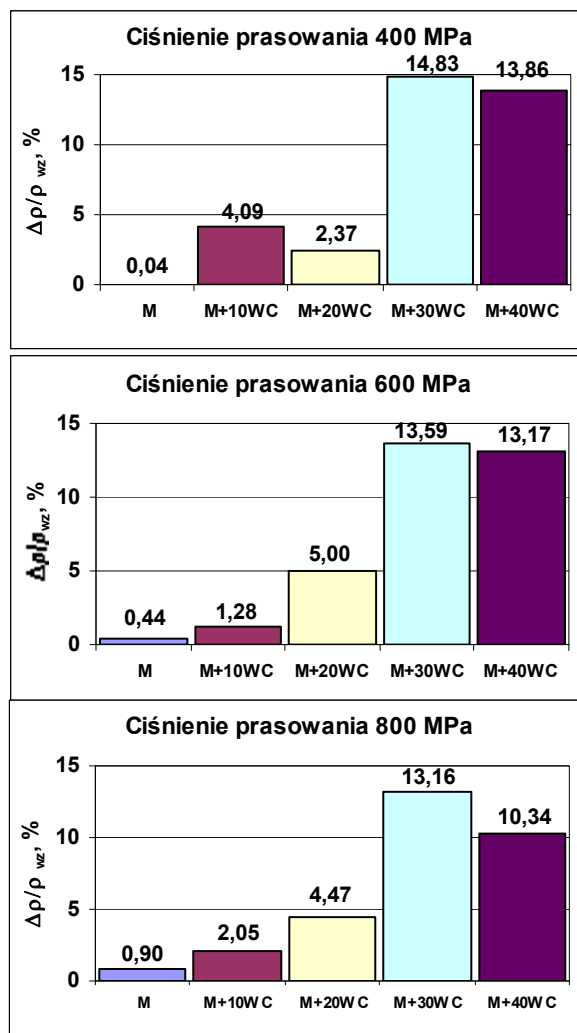
Rys. 3. Wpływ ciśnienia prasowania oraz składu mieszanek na gęstość spiekanej w temperaturze 1160°C stali i węglkostali

Fig. 3. Relative densities high speed steel and HSS-base materials sintering at 1160°C as a function of pressed and composition of powder mixes



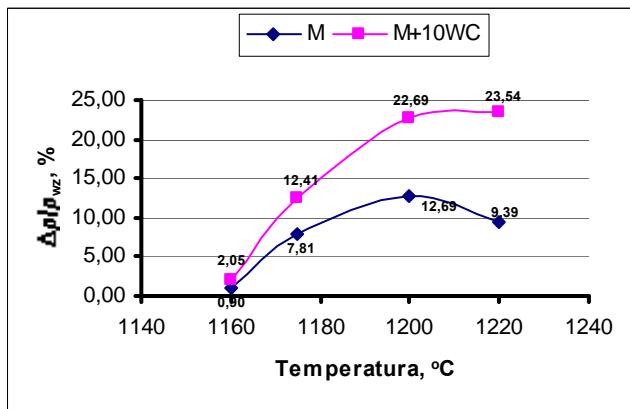
Rys. 4. Wpływ temperatury spiekania na gęstość spiekanej stali i węglkostali

Fig. 4. Relative densities as a function of sintering temperature



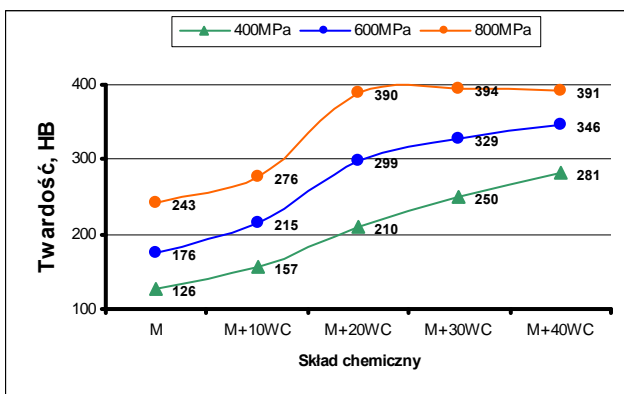
Rys. 5. Wpływ ciśnienia prasowania oraz składu mieszanek na wielkość zmian gęstości spiekanej w temperaturze 1160°C stali i węglkostali

Fig. 5. The densification high speed steel and HSS-base materials sintering at 1160°C as function of pressed and composition of powder mixes



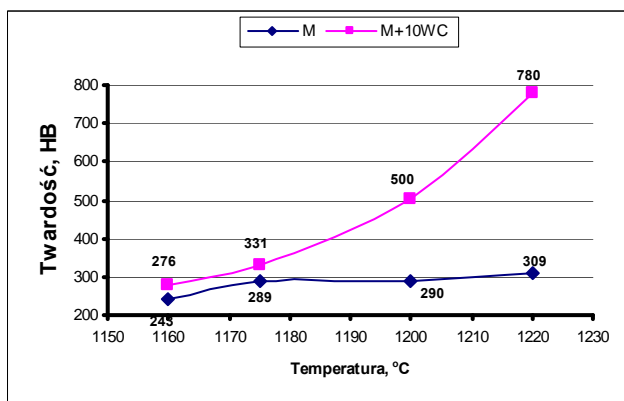
Rys. 6. Wpływ temperatury spiekania na wielkość zmian gęstości spiekanej stali i węglkostali

Fig. 6. The densification as function of sintering temperature



Rys. 7. Wpływ ciśnienia prasowania oraz składu mieszanek na twardość spiekanej w temperaturze 1160°C stali i węglkostali

Fig. 7. Influence of pressed and composition of powder mixes on hardness of steel and HSS-base materials sintering at 1160°C



Rys. 8. Wpływ temperatury spiekania na twardość spiekanej stali i węglkostali

Fig. 8. Influence of sintering temperature on hardness of steel and carbide-steel

Dodatek węgla WC w zależności od ciśnienia prasowania powoduje zwiększenie lub obniżenie gęstości wyprasek (rys. 2). Zwiększenie gęstości wyprasek występuje w przypadku prasowania pod ciśnieniem 400

oraz 600 MPa. Natomiast obniżenie gęstości występuje w wypraskach prasowanych pod ciśnieniem 800 MPa. Zjawisko to jest prawdopodobnie wynikiem wystąpienia blokowania odkształcania cząstek stali przez twardą fazę węgla wolframu WC, a także umocnienia stali szybkołączącej węglkiem WC podczas ucierania mieszanek w moździerzu.

Dodatek węgla WC powoduje tym większy wzrost gęstości spieków, im większa jest zawartość węgla WC w spiekanych kształtkach, z jednym wyjątkiem, w przypadku zwiększenia dodatku węgla WC z 30 do 40% w kształtkach prasowanych pod ciśnieniem 600 oraz 800 MPa (rys. 5). Twardość spiekanych w temperaturze 1160°C węglkostali wzrasta ze zwiększeniem dodatku węgla WC i ciśnieniem prasowania (rys. 7).

Temperatura spiekania jest bardzo istotnym parametrem produkcji spiekanych węglkostali. Ma ona wyraźny wpływ na gęstość spieków (rys. 4). Temperatura spiekania 1160°C jest za niska, gdyż nie powoduje znaczącego zwiększenia gęstości spiekanej stali i węglkostali. Natomiast w zakresie temperatur 1175÷1220°C wystąpił wyraźny przyrost gęstości kształtek o składzie M+10WC, zdecydowanie większy niż kształtek ze stali szybkołączącej (rys. 6). Spowodowane jest to pojawieniem się przejściowej fazy ciekłej.

Pojawienie się cieczy jest wynikiem wystąpienia reakcji na granicy rozdziału faz stal szybkołącząca-węgiel wolframu WC. Ciecz powoduje aktywację procesu spiekania [3], a tym samym zwiększenie gęstości spieków. Spiekanie kształtek o składzie M+10WC w temperaturze 1200 i 1220°C powoduje znaczny wzrost twardości spieków (rys. 8), który bezpośrednio jest związany ze zwiększeniem gęstości kształtek (rys. 4).

Struktura spiekanej stali oraz węglkostali

Struktury spiekanej stali szybkołączącej oraz węglkostali przedstawiono na rysunku 9.

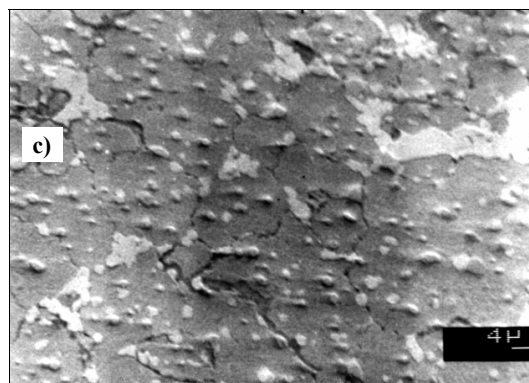
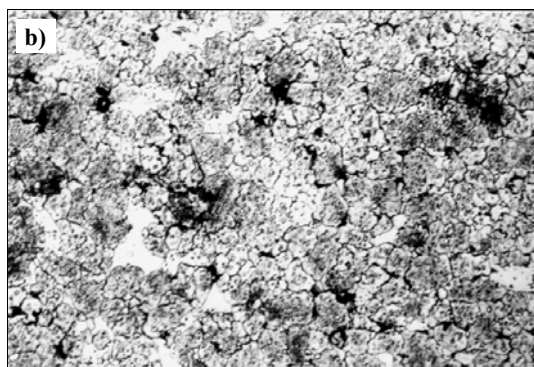
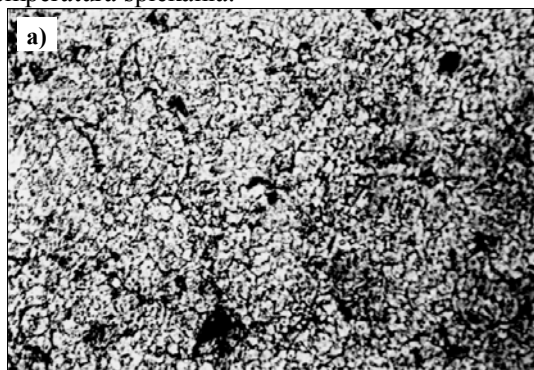
Wpływ dodatku węgla WC na strukturę jest bardzo wyraźny. Zwiększenie zawartości węgla WC powoduje koagulację ziarn węgla wolframu w spiekanych węglkostalich.

WNIOSKI

Na kształtowanie struktury i własności węglkostali na podstawie stali szybkołączącej duży wpływ mają przyjęte do badań zmiany takich parametrów, jak: zawartość węgla WC, ciśnienie prasowania, temperatura spiekania.

1. Zwiększenie ciśnienia prasowania i zawartości węgla WC powoduje wzrost gęstości wyprasek.
2. Im wyższa temperatura spiekania i większa zawartość węgla WC, tym większa jest gęstość spieków.

3. Przyrost gęstości w procesie spiekania jest tym większy, im większy jest dodatek węgla WC i temperatura spiekania.



Rys. 9. Struktury stali szybko tnącej i węglkostali spiekanych w temperaturze 1200°C: a) M, pow. 500x, b) M+10WC, pow. 500x, c) M+10WC, SEM, pow. 2500x

Fig. 9. Structure of as sintered at 1200°C high speed steel and carbide-steel: a) M, mag. 500x, b) M+10WC sintered at 1200°C, mag. 500x, c) M+10WC sintered at 1200°C, SEM mag. 2500x

4. Zwiększenie zawartości węgla WC, ciśnienia prasowania i temperatury spiekania powoduje wzrost twardości spiekanych kształtek.

Praca finansowana przez KBN w ramach badań statutowych.

LITERATURA

- [1] Beiss P., Metal Powder Report 1985, 40, 1, 38-40.
 [2] Wright C.S., Youseff M., Wroński A.S., Ansara I., Durand-Charré M., Mascarenhas J., Oliveira M.M., Lemoisson F., Bienvenu Y., Supersolidus liquid phase sintering of high

speed steel - the computer aided design of sinterable alloys, Powder Metallurgy 1999, 42, 2, 131-145.

- [3] Stolarz S., Winsch B., Narbutt T., Czepelak M., Własności stali szybko tnących wytwarzanych metodą metalurgii proszków, Metalurgia Proszków 1996, 2, 23-25.
 [4] Pieczonka T., Cias A., Konstany J., Spiekane stale szybko tnące, Hutnik - Wiadomości Hutnicze 1994, 2, 54-62.
 [5] Torralba J.M., Cambronero L.E.G., Ruiz-Prieto J.M., M.M. Das Neves, Sinterability study of M2 and T15 high speed steels reinforced with tungsten and titanium carbides, Powder Metallurgy 1993, 36, 1, 55-66.

Recenzent
 Zbigniew Stradomski