

Maciej Jan KUPCZYK¹

WYTWARZANIE OSTRZY SKRAWAJĄCYCH Z CERAMIKI β -SiAlON STOSOWANYCH DO WYSOKOWYDAJNEJ OBRÓBKI CZĘŚCI MASZYN

Sialon jest ceramicznym materiałem narzędziowym coraz częściej stosowanym na ostrza skrawające ze względu na to, że łączy w sobie zalety ceramiki tlenkowej (ceramika biała i czarna) oraz ceramik beztlenkowych, zawierających Si_3N_4 . Te korzystne właściwości ostrzy skrawających z sialonu sprawiają, że jest efektywnie stosowany do wysokowydajnej obróbki głównie materiałów trudno skrawalnych. W artykule przedstawiono w formie syntetycznej złożony proces wytwarzania ostrzy skrawających z tego perspektywicznego materiału narzędziowego oraz przedstawiono wyniki badań własnych dotyczących struktury i analizy widmowej β -SiAlON.

1. WSTĘP

Narzędzia skrawające z ostrzami z sialonu są obecnie z dużym powodzeniem stosowane do toczenia i frezowania stopów na bazie niklu oraz stopów glinu i tytanu. Niekiedy używa się ich do wysokowydajnej obróbki stali ulepszanych cieplnie i trudno skrawalnych żeliw.

Wydajność skrawania z użyciem ostrzy z β -SiAlON jest znacznie większa niż z wykorzystaniem innych ostrzy z ceramiki narzędziowej, a co jest szczególnie warte podkreślenia, efektywność ich stosowania rośnie wraz ze wzrostem prędkości skrawania. Potwierdzają to liczne badania eksploatacyjne tych ostrzy przedstawione między innymi w pracach [1],[4],[6],[8],[10],[12],[14],[17],[18],[19].

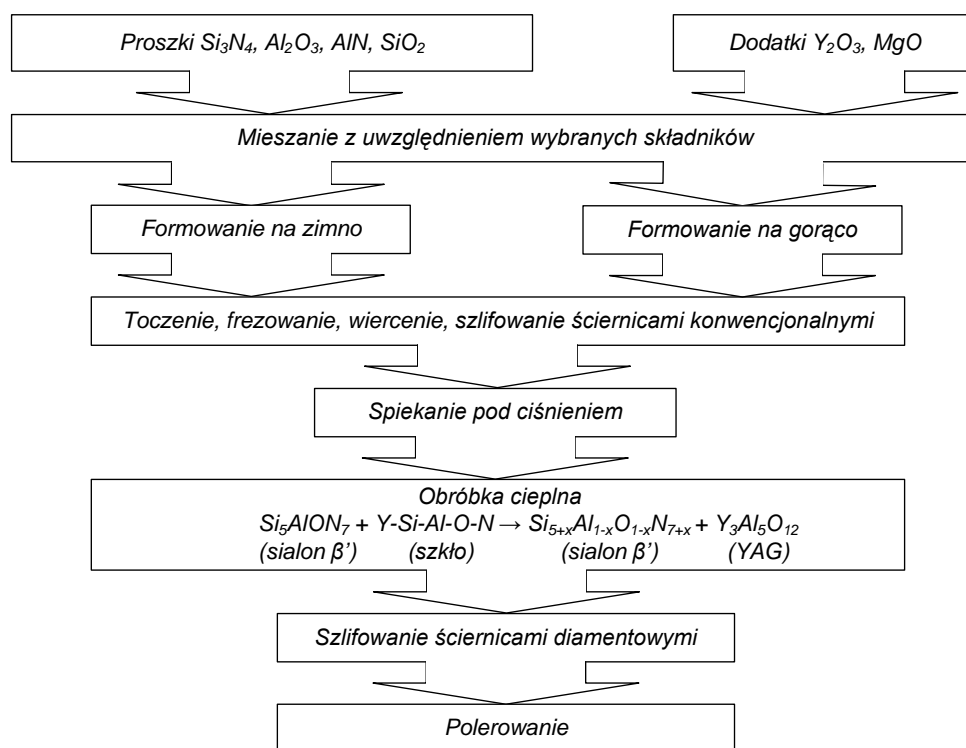
Nazwa „sialon” pochodzi od symboli chemicznych pierwiastków będących składnikami tego materiału narzędziowego (*silicon, aluminium, oxy-nitride*). Sialon jest stosunkowo nowym rodzajem spiekanych materiałów narzędziowych, łączącym zalety ceramiki tlenkowej (białej i czarnej) posiadającej w składzie Al_2O_3 i beztlenkowej (azotkowej) zawierającej Si_3N_4 [2],[4],[5],[7],[12],[13],[16],[19]. Te szczególne właściwości sialonu β , o składzie chemicznym określonym wzorem $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$, wynikają z tego, że jest izomorficzny z azotkiem krzemu Si_3N_4 , co sprawia, że jego właściwości mechaniczne i fizyczne są podobne do właściwości Si_3N_4 (m.in. wysoka wytrzymałość na zginanie, duża odporność na pełzanie), zaś jego właściwości chemiczne

¹ Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej, E-mail: maciej.kupczyk@put.poznan.pl

odpowiadają pasywnemu chemicznie tlenkowi glinu Al_2O_3 (m.in. duża odporność na utlenianie w podwyższonej temperaturze). Roztwór stały β' powstaje w wyniku rozpuszczenia się w sieci tetragonalnej odmiany alotropowej β azotku krzemu Si_3N_4 nawet do 60% tlenku glinu Al_2O_3 [12],[19].

2. WYTWARZANIE CERAMIKI β' -SiAlON

Wytwarzanie płytek skrawających z ceramiki β' -SiAlON jest procesem bardzo złożonym. Schemat procesu wytwarzania ostrzy skrawających z salonu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat procesu wytwarzania płytek skrawających z ceramiki β' -SiAlON
(opracowano na podstawie [3],[4],[19])

Fig. 1. Flow diagram of manufacturing process of insert cutting edges made of the β' -SiAlON
(on the base of [3],[4],[19])

Jak wynika z przedstawionego powyżej schematu, proces wytwarzania tego materiału narzędziowego rozpoczyna się od wytworzenia proszków Si_3N_4 i Al_2O_3 albo Si_3N_4 , Al_2O_3 i AlN , ewentualnie Si_3N_4 , Al_2O_3 , AlN i SiO_2 .

Po procesie wytworzenia proszków materiałów tworzących ceramikę sialonową przeprowadza się ich mieszanie z uwzględnieniem odpowiedniego udziału poszczególnych

faz. Chcąc przeprowadzić proces prasowania pod ciśnieniem, a nie na gorąco, dodaje się do mieszanki tlenki itru Y_2O_3 i magnezu MgO , zmniejszające prężność par i temperaturę topnienia sialonu β . Niska temperatura pozwala na zachowanie struktury drobnoziarnistej, poprawiającej właściwości wytrzymałościowe sialonu. Dodatek tlenku itru powoduje jednak obniżenie odporności ceramiki na utlenianie. Aby tego uniknąć, poddaje się spiek powtórnej obróbce cieplnej w temperaturze $1400^\circ C$ ($1673K$). W wyniku tego procesu na granicach ziaren powstaje związek $Y_3Al_5O_{12}$, nazywany garnetem itrowo-aluminiowym (YAG), poprawiający odporność sialonu β na utlenianie i pełzanie [3],[4],[11],[12],[19].

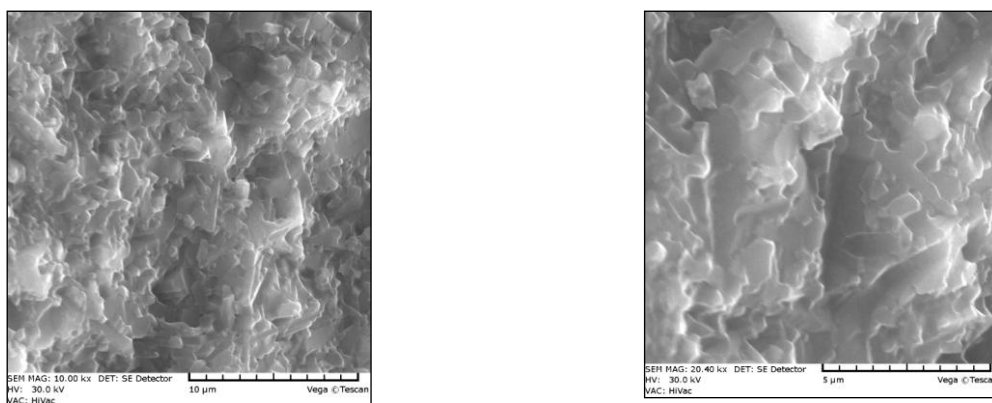
Ostrza skrawające w postaci wymiennych płytek z β -SiAlON można wytwarzać przez prasowanie na gorąco w formach grafitowych w temperaturze $1700\div 1750^\circ C$ ($1973\div 2023K$) [2],[19]. Najczęściej jednak stosuje się bezciśnieniowe spiekanie reakcyjne w atmosferze azotu w temperaturze $1750\div 1850^\circ C$ ($2023\div 2123K$) [2],[12],[19].

Przed procesem spiekania płytki z β -SiAlON są formowane na zimno lub na gorąco metodami stosowanymi często do wytwarzania tlenkowych materiałów ceramicznych. Przed spiekaniem wypraski zwykle obrabiane są skrawaniem poprzez poddawanie ich operacjom toczenia, frezowania, wiercenia, cięcia na piłach taśmowych oraz szlifuje się z użyciem ściernic konwencjonalnych. Jest to korzystne, gdyż ogranicza do minimum szlifowanie ściernicami diamentowymi już gotowych spieków [12],[15],[19]. Płytki skrawające z sialonu po procesie szlifowania ściernicami diamentowymi poleruje się.

3. STRUKTURA OSTRZY SKRAWAJĄCYCH Z CERAMIKI β -SiAlON

W celu identyfikacji i oceny struktury wytworzonych płytek skrawających ze sialonu przeprowadzono badania mikroskopowe z użyciem mikroskopu skaningowego VEGA – TS 5135. Szczególnie przydatne okazały się badania z wykorzystaniem obrazów elektronów wtórnych (SE) oraz obserwacje z wykorzystaniem obrazów utworzonych przez elektrony odbite (BSE). Zastosowany w badaniach mikroskop, pracujący w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Poznańskiej, został wyprodukowany przez firmę TESCAN – Digital Microscopy Imaginig i jest wyposażony w mikroanalizator rentgenowski.

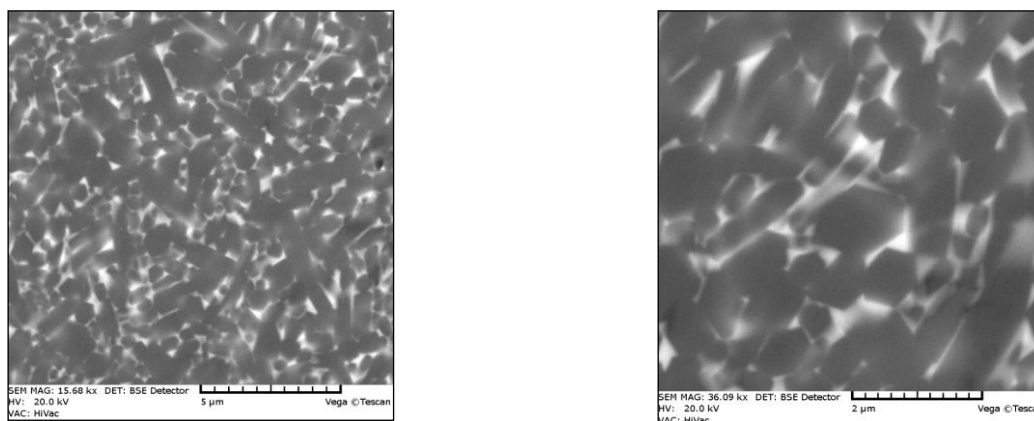
Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe obrazy SE przełomów ceramiki β -SiAlON.



Rys. 2. Obrazy SE przełomów płytek z ceramiki β -SiAlON wykonane z różnymi powiększeniami [12]

Fig. 2. SE images of fractures of the β -SiAlON ceramics with different magnifications [12]

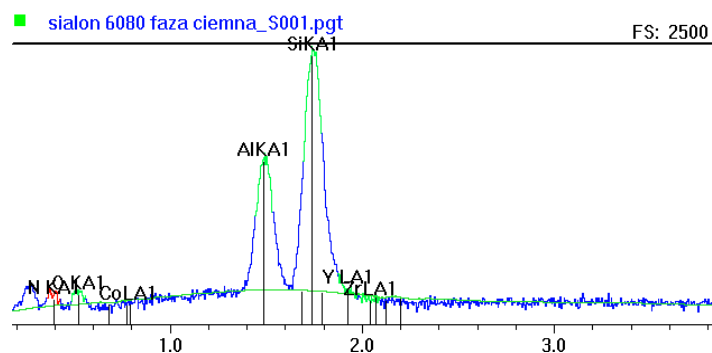
Szczególnie przydatne do oceny zwartości struktury materiału narzędziowego oraz do wstępnej identyfikacji składu chemicznego okazały się obrazy utworzone przez elektrony odbite. Na rysunku 3 przedstawiono obrazy BSE zglądów metalograficznych ceramiki β -SiAlON.



Rys. 3. Obrazy BSE zglądów metalograficznych ceramiki β -SiAlON wykonanych z różnymi powiększeniami [12]

Fig. 3. BSE images of microsections of the β -SiAlON ceramics with different magnifications [12]

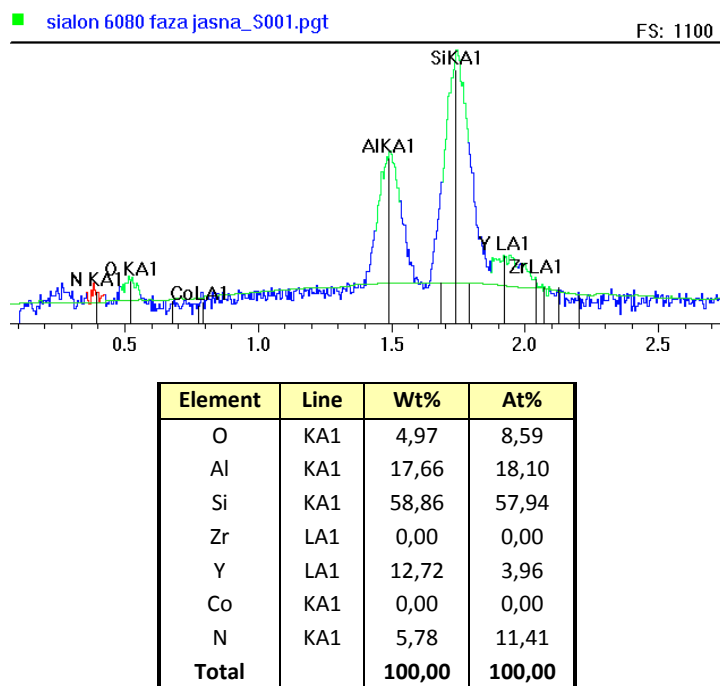
Z otrzymanych obrazów BSE wynika występowanie dwóch podstawowych faz w badanym materiale – fazy o barwie białej i ciemnej. W celu dokonania identyfikacji obu faz przeprowadzono analizę widmową (rys. 4 i 5).



Element	Line	Wt%	At%
O	KA1	2,76	3,97
Al	KA1	17,53	14,95
Si	KA1	60,13	49,23
Zr	LA1	0,11	0,03
Y	LA1	0,00	0,00
Co	KA1	0,11	0,04
N	KA1	19,36	31,78
Total		100,00	100,00

Rys. 4. Analiza widmowa fazy ciemnej z rysunku 3 [12]

Fig. 4. Spectroscopic analysis of the dark phase from the Fig.3 [12]



Rys. 5. Analiza widmowa fazy jasnej ceramiki β -SiAlON z rysunku 3 [12]
 Fig. 5. Spectroscopic analysis of the white phase from the Fig. 3 [12]

Wnioski z przeprowadzonych analiz zawarto w podsumowaniu badań.

4. PODSUMOWANIE BADAŃ

Jednym z podstawowych warunków wpływających na otrzymanie materiału narzędziowego na ostrza skrawające o dobrych właściwościach eksploatacyjnych jest odpowiednio przeprowadzony proces ich wytwarzania, zapewniający m.in. uzyskanie właściwej struktury materiału. Ma to szczególne znaczenie w przypadku ceramiki narzędziowej wytwarzanej w procesach metalurgii proszków, w przypadku której zwarta struktura bez występowania nieciągłości materiału warunkuje w znacznym stopniu uzyskanie odpowiednich właściwości mechanicznych (twardości, udarności) w tym właściwości wytrzymałościowych (m.in. wytrzymałości na zginanie).

Przeprowadzone badania (obrazy BSE uzyskane na mikroskopie skaningowym) wykazały, że obecnie oferowane w handlu płytki skrawające firmy Kennametal wykonane z sialonu spełniają wymagania pod względem odpowiedniej zwartości struktury.

Na podstawie przeprowadzonej analizy widmowej można wywnioskować, że w przestrzeniach międzyziarnowych (faza biała) występuje związek $Y_3Al_5O_{12}$ (tzw. YAG – yttrium-aluminium-garnet), który powstał z dodatku Y_2O_3 stosowanego jako tzw. zagęszczacz w wyniku kontrolowanego chłodzenia lub powtórnej obróbki cieplnej w temperaturze około 1400°C (1673 K) [12],[19]. Związek ten zapewnia temu materiałowi dużą odporność na utlenianie i pełzanie w wysokiej temperaturze (do około 1400°C) [19],

co wykazały wstępne badania eksploatacyjne. Analiza widmowa fazy ciemnej wskazuje na to, że stanowi ją SiAlON β' .

Autor składa podziękowania prof. Mieczysławowi Jurczykowi i dr. inż. Karolowi Józwiakowi z Politechniki Poznańskiej za udostępnienie mikroskopu skaningowego i mikroanalizatora rentgenowskiego oraz dr. inż. Piotrowi Siwakowi z Pracowni Podstaw Technologii Politechniki Poznańskiej za pomoc w przygotowaniu rysunku nr 1 w formie elektronicznej.

LITERATURA

- [1] Cubic Boron Nitride, *Handbook of Properties*, 1977, General Electric Company.
- [2] DOBRZAŃSKI L.A., 1995, *Metaloznawstwo i obróbka cieplna stopów metali*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [3] DOBRZAŃSKI L.A., 2002, *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo*, WNT, Warszawa, Gliwice.
- [4] DOBRZAŃSKI L.A., HAJDUCZEK E., MARCINIĄK J., NOWOSIELSKI R., 1990, *Metaloznawstwo i obróbka cieplna materiałów narzędziowych*, WNT, Warszawa.
- [5] Praca zbiorowa, *Encyklopedia techniki, Chemia*, 1993, WNT, Warszawa.
- [6] Feldmühle – SPK, Katalogi, RFN.
- [7] JACK K.H., *Sialon hard-metal materials.*, 1984, III Międzynarodowa Konferencja Naukowo--Techniczna: Węglik i azotki – borki, Poznań–Kołobrzeg, 25.
- [8] Kennametal Inc. International Group, Katalogi, Latrobe, USA.
- [9] KHRUSHHOV M., BABICHEV M., 1970, *Abrazivnoe iznashivanie*, Moskwa.
- [10] Krupp Widia GmbH, Katalogi, Werkzeugtechnik, Eisen, RFN.
- [11] KUPCZYK M., 2005, *Ostrza skrawające z twardymi i supertwardymi powłokami*, Wytwarzanie - badanie - eksploatacja, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- [12] KUPCZYK M.J., 2009, *Wytwarzanie i eksploatacja narzędzi skrawających z powłokami przeciwzużyciowymi*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- [13] LEDA H., 1990, *Ceramika narzędziowa jako materiał alternatywny dla stali i spieków węglkowych*, *Mechanik*, 3, 85-89.
- [14] MELDNER B., DARLEWSKI J., 1991, *Narzędzia skrawające w zautomatyzowanej produkcji*, WNT, Warszawa.
- [15] OCZOŚ K.E., 1996, *Kształtowanie ceramicznych materiałów technicznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [16] PODSIADŁO S., 1991, *Azotki*, WNT, Warszawa.
- [17] Sumitomo Electric Industries Ltd., Katalogi, Itami Hyogo, Japan.
- [18] Valenite Ceramic Inerts, Katalogi, USA.
- [19] WYSIECKI M., 1997, *Nowoczesne materiały narzędziowe*, WNT, Warszawa.

MANUFACTURING OF CUTTING EDGES MADE OF β' - SiAlON APPLIED TO HIGH-DUTY MACHINING OF MACHINE PARTS

SiAlON is the tool ceramics more and more often applied on the cutting edges because of specific properties. SiAlON is a material which join of both advantages of oxides (white and black ceramics) and oxides-free ceramics contained the Si_3N_4 . These advantages of cutting edges made of the SiAlON cause that this material is effectively applied to high-duty machining especially to hard machining materials. In the paper the complex manufacturing process of cutting edges and results of own researches concerned structure and spectroscopic analysis of the β' -SiAlON is presented in synthetic form.