ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1999
Seria: GÓRNICTWO z. 244 Nr kol. 1441

Franciszek PLEWA, Wojciech RADZIKOWSKI

OCENA MOŻLIWOŚCI ODZYSKU I WYKORZYSTANIA ODPADOWYCH TWARDYCH MATERIAŁÓW SYNTETYCZNYCH DO PRODUKCJI WYROBÓW ŚCIERNYCH

Streszczenie. Odpady poszlifierskie zawierają w swym składzie frakcje metaliczne takich metali, jak: kobalt, nikiel, wolfram, molibden, tytan, wanad oraz syntetycznych materiałów ściernych, tj. węglika krzemu, węglika boru, czy diamentu syntetycznego. Istnieje możliwość rozdziału ww. pierwiastków i ich ponowne wykorzystanie. W pracy przedstawiono rezultaty badań dotyczące ponownego wykorzystania węglika krzemu pochodzącego z odpadów szlifierskich.

THE ASSESSMENT OF RECOVERY AND REUSING POSSIBILITIES OF HARD SYNTHETICS RESIDUES IN PRODUCTION OF ABRASIVE MATERIALS

Summary. Waste from polishing and grinding processes is containing metallic fractions of cobalt, nickel, molybdenum, titanium, vanadium, and synthetic abrasive materials i.e. silicon carbide or synthetic diamond. A possibility exists for separation of these fractions and their reusing. The paper presents results of research on reusing of silicon carbide from polishing waste.

1. Wstęp

Odpady poszlifierskie powstające w efekcie obróbki mechanicznej różnego rodzaju materiałów, takich jak metale i ich stopy, tworzywa sztuczne, szkło itp. zawierają w swoim składzie głównie obrabiany materiał oraz używane w trakcie procesu szlifowania ścierniwo. Zależnie od sposobu prowadzonej obróbki (mokra bądź sucha) odpady te mogą zawierać również resztki tzw. płynów obróbkowych. Procentowy udział materiału poddanego obróbce oraz ścierniwa w odpadach jest bardzo zróżnicowany i zależy głównie od stopnia twardości szli-

fowanej powierzchni. Stąd też zawartość np. frakcji metalicznych w takich odpadach może się wahać od kilkunastu do nawet siedemdziesięciu procent. Z uwagi na występowanie w nich cennych metali, takich jak kobalt, nikiel, wolfram, molibden, tytan, wanad oraz syntetycznych materiałów ściernych - np. węglika krzemu, węglika baru, diamentu syntetycznego – utylizacja ww. odpadów polegająca na rozdziale składników i doprowadzeniu do takiego poziomu czystości, który gwarantowałby ich ponowne wykorzystanie, jest w pełni uzasadniona, tym bardziej że składowanie takich odpadów może w określonych warunkach stanowić poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego. W niniejszej publikacji przedstawiono rezultaty badań dotyczących ponownego wykorzystania dla celów obróbki szlifierskiej pochodzącego z odpadów szlifierskich syntetycznego materiału ściernego – węglika krzemu.

2. Część badawcza

Materiałem wyjściowym, służącym do badań był odpad poszlifierski pochodzący z obróbki stopu polimetalicznego oraz obróbki szkła kryształowego węglikiem krzemu. W pierwszym przypadku obróbka szlifierska prowadzona była przy użyciu tarcz ściernych zawierających węglik krzemu czarny, w drugim przypadku do szlifowania szkła użyto czarnego węglika krzemu w postaci luźnego ścierniwa. Skład jakościowo-ilościowy ww. odpadów przedstawiał się następująco:

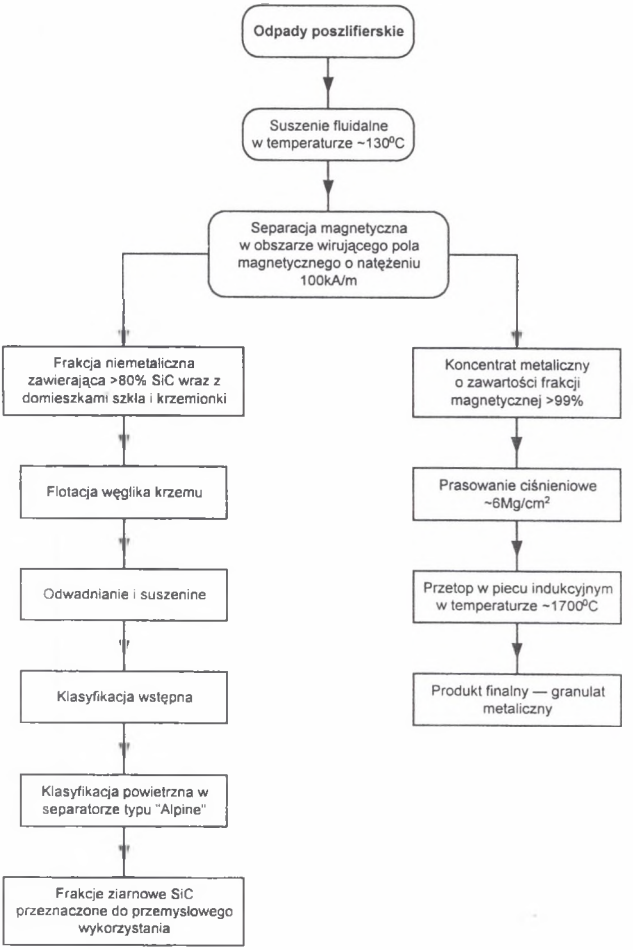
Odpad I:

- frakcja metaliczna 50,72%,
- węglik krzemu 42,24%,
- krzemionka 6,07%,
- węgiel 0,22%.

Odpad II:

- szkło kryształowe 38,42%,
- węglik krzemu 56,21%,
- żelazo 2,98%,
- krzemionka 1,80%.

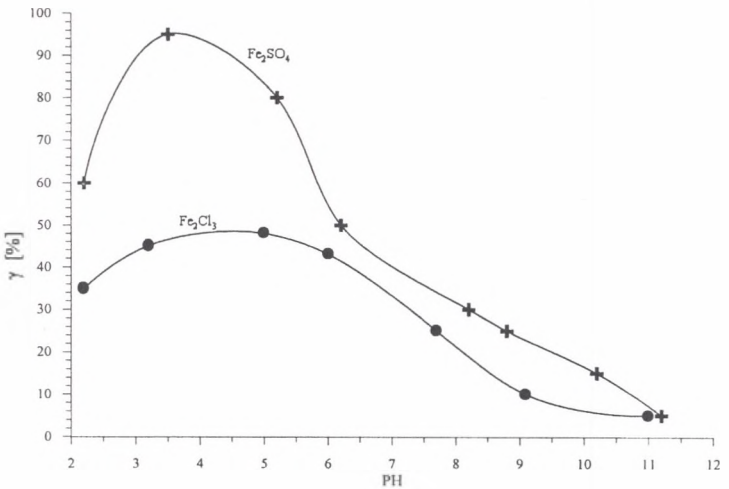
Ponowne wykorzystanie ścierniwa w procesach szlifierskich uwarunkowane jest między innymi stopniem czystości oraz uziarnieniem materiału ściernego. Normatywny węglik krzemu powinien zawierać powyżej 97% SiC oraz nie więcej niż 2% SiO_2, 0,3% Fe_2O_3 oraz 0,3% C. Proces rozdziału ścierniwa od towarzyszących mu domieszek przeprowadzono według następującego schematu:



Podstawowym procesem rozdziału części metalicznych od ścierniwa była separacja magnetyczna w obszarze wirującego pola magnetycznego, umożliwiająca uzyskanie koncentratów metalicznych o bardzo wysokim stopniu czystości, co pozwoliło wykorzystać je jako dodatek wsadowy [1] w procesach hutniczych.

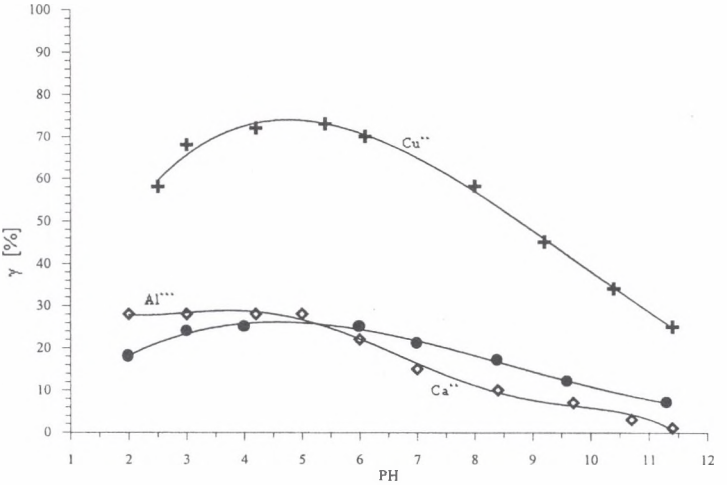
Materiał niemagnetyczny pochodzący z separatora zawierał mieszaninę głównie węglika krzemu, krzemionki oraz szkła o uziarnieniu < 200 μm. W celu uzyskania koncentratu ścierniwa o czystości spełniającej wymagania normy materiał ten został poddany procesowi flotacji zbieraczem anionowym, z jednoczesną aktywacją kationami żelaza i miedzi.

Badania podstawowe flotacji SiC wykazują, że najlepszym aktywatorem tego procesu przy wykorzystaniu kolektora anionowego - oleinianu sodu są kationy Fe^{2+}. Nieco gorsze rezultaty uzyskuje się stosując jako aktywatory kationy Cu^{2++}, Al^{3+} oraz Fe^{3+} (*rys. 1,2*) [2].



Rys.1. Flotacja karborundu oleinianem sodu o stężeniu $5x10^{-5}$ mol/dm^3 wraz z dodatkiem modyfikatorów $FeSO_4$ o stężeniu $5x10^{-5}$ mol/dm^{3}oraz Fe Cl_3 o stężeniu $5x10^{-5}$ mol/dm^3

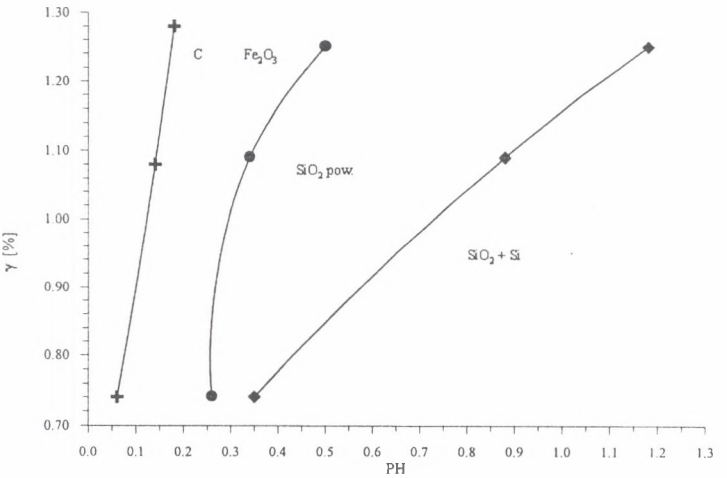
Fig.1. Flotation of carborundum with sodium oleinate at concentration $5x10^{-5}$ mol/dm^3 with addition of modifiers: $FeSO_4$ at concentration 5 $x10^{-5}$ mol/dm^3 and $FeCl_3$ at concentration $5x10^{-5}$ mol/dm^3



Rys.2. Flotacja karborundu oleinianem sodu o stężeniu $5x10^{-5}$ mol/dm^3 wraz z dodatkiem modyfikatorów Al^{+++}, Ca^{++}, Cu^{++} o stężeniu $5x10^{-5}$ mol/dm^3

Fig.2. Flotation of carborundum with sodium oleinate at concentration $5x10^{-5}$ mol/dm^3 with addition of modifiers: Al^{3+},Ca^{2+}, Cu^{2+} at concentration 5 $x10^{-5}$ mol/dm^3

Decydując się na zastosowanie jednego z wyżej wymienionych aktywatorów, należy wziąć pod uwagę nie tylko jego efektywność, ale także przeznaczenie w procesie flotacji koncentratów węglika krzemu. Jest to spowodowane ogromnym wpływem domieszek powierzchniowych na własności ścierne tego syntetyku (*rys. 3*).



Rys.3. Wpływ zawartości domieszek na stopień spieczenia ziarna karborundu

Fig.3. The influence of admixtures on the burning level of carborundum grains

Obecność związków żelaza na powierzchni ścierniwa nie powinna przekraczać 0,03%, ponieważ przekroczenie tej zawartości powoduje powstanie wytopów żelazistych w produkowanych ścierniwach. Podczas wypalania ściernic żelazo i jego związki ulegają utlenianiu, rozpuszczając się w ciekłym spoiwie. Tworzą się brunatne wytopy rzutujące nie tylko na estetykę, lecz przede wszystkim na własności eksploatacyjne narzędzi ściernych, powodując miejscowe „przypalenia" szlifowanych metali. Ponadto obecność związków żelaza przyspiesza rozkład SiC drogą utleniania w wysokich temperaturach, obniżając wytrzymałość mechaniczną i zdolność ścierną [2]. Stąd też podczas flotacji węglika krzemu z odpadów w tym konkretnym przypadku zastosowano aktywator Cu^{++}, którego efektywność obrazuje rys. 2.

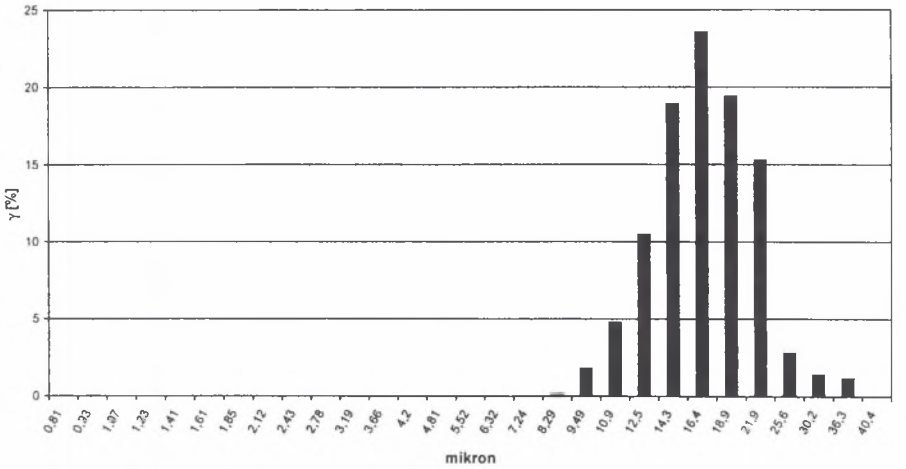
Flotacyjny rozdział SiC od domieszek przy zastosowaniu kolektora oleinianu sodu oraz aktywatora $CuSO_4$ pozwala uzyskać koncentrat ścierniwa o zawartości > 97% składnika użytecznego (*tab. 1*).

Tabela 1

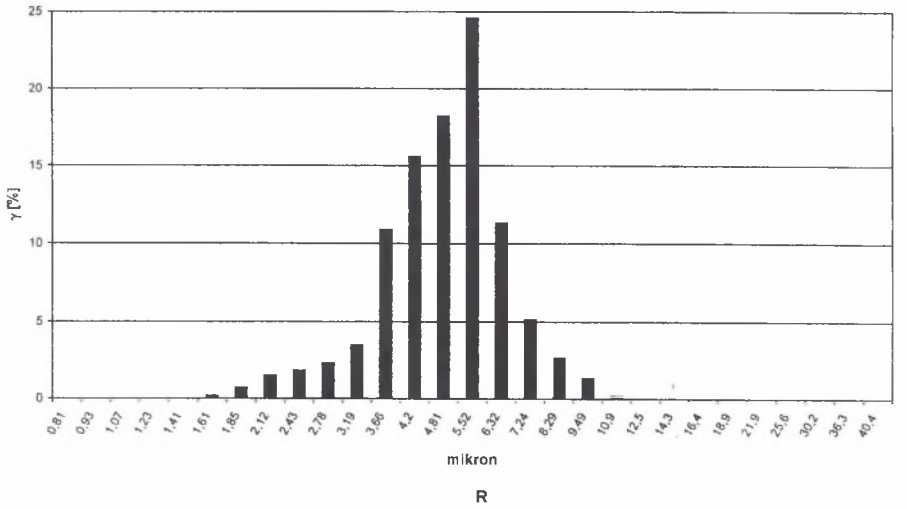
Flotacja karborundu przy zastosowaniu kolektora anionowego oraz aktywatora – $CuSo_4$

Warunki flotacji	**PH**	**Produkt**	**Wychód γ [%]**	**SiC [%]**	**SiO_2 [%]**	**C [%]**	**Fe_2O_3 [%]**	**γ x 1**	**E – SiC [%]**
Zagęszczenie 100 g/cm^3 Oleinian sodu 150 g/Mg	Przed flotacją 4,5	0	9,0	60,11	36,54	0,2	0,5	540,99	5,8
α - terpineol 150 g/Mg $CuSO_4$ 50 g/Mg Czas flotacji 3 min	Po flotacji 5,0	K	91,0	97,12	2,01	0,15	0,35	8837,92	94,2
RAZEM			**100,0**					**9378,91**	**100,0**

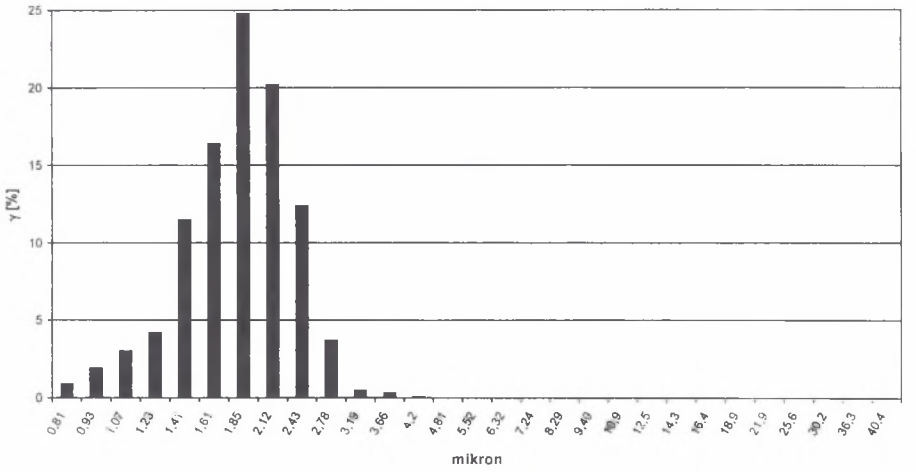
Po odwodnieniu i wysuszeniu uzyskano ziarno węglika krzemu w klasie < 150 μm, przy czym ziarno <40 μm stanowiło ~ 90% masy ścierniwa. W związku z tym przeprowadzono wstępną klasyfikację sitową materiału, kierując następnie frakcję < 50 μm do separatora powietrznego typu „Mikroplex 132 MP" do dalszej klasyfikacji. Jest to separator trójproduktowy, w którym granicę podziału można regulować odpowiednim nastawieniem łopatek sterujących. Przykładowy rozdział ziarna węglika krzemu w tym separatorze obrazują rys. 4,5,6.



Rys.4. Klasyfikacja powietrzna ziaren SiC w separatorze "Mikroplex 132 MP" – produkt gruboziarnisty
Fig.4. Air separation of SiC grains in "Microplex 132 MP" separator – coarse product

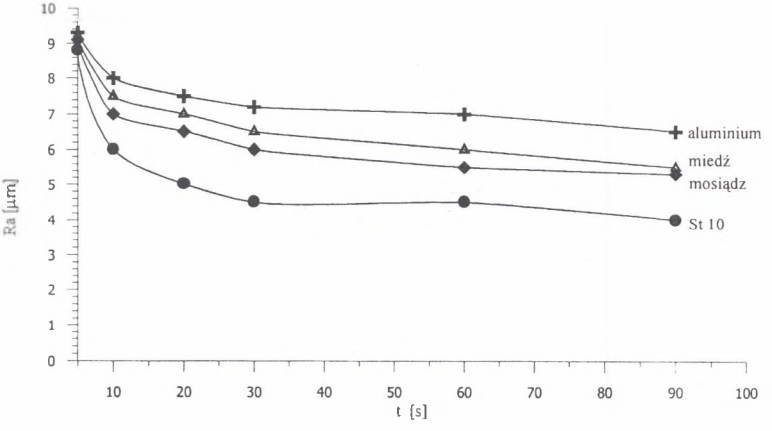


Rys.5. Klasyfikacja powietrzna ziaren SiC w separatorze "Mikroplex 132 MP" – produkt o średnim uziarnieniu
Fig.5. Air separation of SiC grains in "Microplex 132 MP" separator – middle product

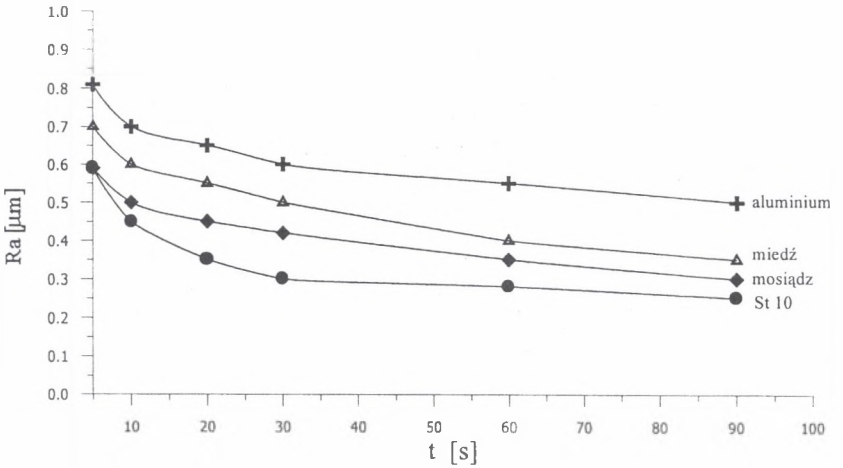


Rys.6. Klasyfikacja powietrzna ziaren SiC w sparatorze „Mikroplex 132 MP" – produkt drobnoziarnisty
Fig.6. Air separation of SiC grains in "Microplex 132 MP" separator – fine product

Otrzymano w ten sposób ziarno SiC o składzie granulometrycznym zgodnym z normą PN-76/M-59115, określającą dopuszczalną zawartość ziaren o minimalnym i maksymalnym wymiarze dla konkretnej numeracji. W tabeli 2 przedstawiono przykładowe receptury past ściernych wykonanych w oparciu o odzyskany z odpadów węglik krzemu. Pasty te zostały następnie przebadane poprzez określenie zależności chropowatości szlifowanej powierzchni od czasu szlifowania. Rezultaty wybranych prób obrazują rys. 7,8,9.

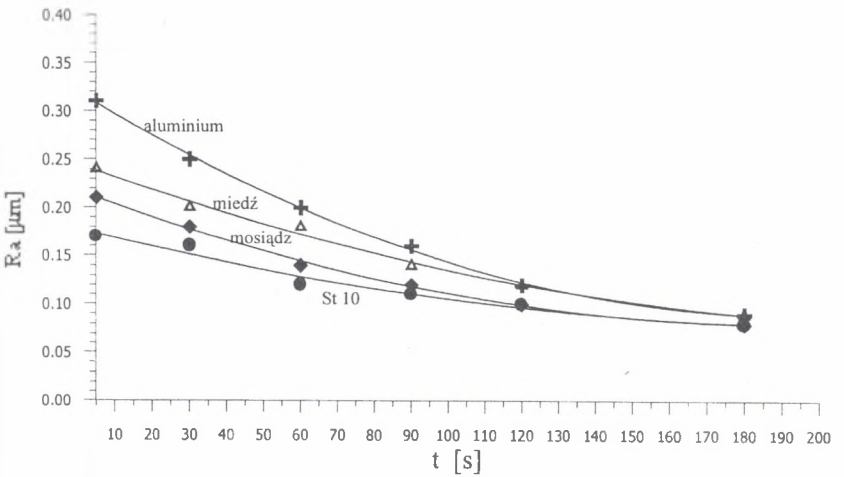


Rys.7. Wykres zależności chropowatości powierzchni Ra dla mosiądzu, miedzi, aluminium i stali St 10 – pasta stała o uziarnieniu w klasie 180
Fig.7. Roughness of Ra surface for brass, copper, aluminium, and St10 steel – solid paste with grain class 180



Rys. 8. Wykres zależności chropowatości powierzchni Ra dla mosiądzu, miedzi, aluminium i stali St 10 – pasta stała o uziarnieniu w klasie 600

Fig.8. Roughness of Ra surface for brass, copper, aluminium, and St10 steel – solid paste with grain class 600



Rys.9. Wykres zależności chropowatości powierzchni Ra dla mosiądzu, miedzi, aluminium i stali St 10 – pasta stała o uziarnieniu w klasie 1000

Fig.9. Roughness of Ra surface for brass, copper, aluminium, and St10 steel – solid paste with grain class 1000

Tabela 2

Receptury past szlifierskich i polerskich opracowanych w oparciu o odpadowy SiC użyty do badań

Materiał	Rodzaj obróbki			Materiał ścierny % wag ziarno karborundowe						Spoiwo % wag							
				230	400	600	800	1000	stearyna	parafina	wosk	wazelina	kwas ole.	nafta	cerezyna	łój
Stal	zwykłe	Polerowanie	I			48			18	9			25			
			II		42					22	25	4	3	4		
	zwierciadlane		I				74		8		4		3	3		8
			II					56		20	9		8	7		
Miedź	zwykłe		I				62			22	9		3	4		
	zwierciadlane		II					66	17		25		6			4
Mosiądz	zwykłe		I				75		18			5		2		
			II			75				10	5		3	3		4
	zwierciadlane		I					70		10			8	4	5	3
			II				70			15		10	3	2		
Aluminium	zwykłe		I				75			15		3		2		5
			II			75			10	5		3		1		6
	zwierciadlane		I					70		10	5	5	3	2		5
			II				75			15		5	3	2		
Wszystkie metale		Szlifowanie	I	80					10		3		5	2		
			II	75						10	10		3	2		

Pasty szlifierskie i polerskie wyprodukowane na bazie odpadowego węglika krzemu charakteryzują się wysoką wydajnością, szczególnie w przypadku szlifowania stali stopowych. Wydajność ta jest kilkakrotnie wyższa od np. powszechnie stosowanych do tego celu past zawierających np. związki chromu.

3. Wnioski

1) Separacja magnetyczna w obszarze wirującego pola magnetycznego wysuszonych odpadów poszlifierskich pozwala selektywnie rozdzielać ścierniwo od frakcji magnetycznych.
2) Flotacja SiC aktywowana kationami miedzi i żelaza daje w efekcie produkt o czystości odpowiadającej wymaganiom obowiązujących norm.
3) Obecność na powierzchni karborundu żelaza powierzchniowego wpływa negatywnie na własności wyrobów ściernych.
4) Rozdzielone w procesie separacji powietrznej ziarno SiC może być wykorzystane do produkcji wysoko wydajnych past szlifierskich i polerskich.

LITERATURA

1. Plewa F., Radzikowski W.: Zastosowanie ruchomego pola magnetycznego w procesie utylizacji przemysłowych odpadów poszlifierskich. I Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalin. 14-17 listopad. Zakopane 1995.
2. Radzikowski W.: Badanie nad możliwością odzysku węglika krzemu ze ścieków przemysłowych. Monografia 1988, Konferencja naukowa. Koszalin1988.
3. Plewa F., Radzikowski W.: Technologia odzysku stopów zawierających nikiel i kobalt z odpadów hutniczych. I Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalin. 14-17 listopad. Zakopane 1995.
4. II Ogólnopolska Konferencja Naukowa na temat: Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska. Zeszyt monotematyczny nr 5. Badanie i opracowanie technologii odzysku węglika krzemu ze ścieków poprodukcyjnych. A. Święch, T. Piecuch, W. Radzikowski. Częstochowa-Ustronie Morskie 1987.

Recenzent: Dr inż. Stanisław Reisner