

Ponowne wykorzystanie ziaren ściernych w obróbce wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną

Reuse of abrasive particles in abrasive waterjet cutting

DANIEL KRAJCARZ
SŁAWOMIR SPADŁO *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.1.13>

Przedstawiono możliwość ponownego wykorzystania materiału ściernego typu garnet w obróbce wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną. Badania frakcyjne garnetu # 80 po procesie cięcia pozwoliły na przygotowanie ze zużytych ziaren ściernych odpowiednika ścierniwa o ziarnistości # 120. W celu określenia zdolności skrawanych ziaren z odzyskanego ścierniwa przeprowadzono próbę cięcia stopu aluminium z wykorzystaniem nieużywanego ścierniwa garnet # 120 oraz specjalnie przygotowanego # 120. Badania przeciętej powierzchni materiału obrabianego obejmowały ocenę parametrów struktury geometrycznej.

SŁOWA KLUCZOWE: cięcie strugą wodno-ścierną, ziarna ścierna, struktura geometryczna powierzchni

Presented is the possibility of reuse abrasive grains in abrasive waterjet cutting. The disintegration particles of garnet # 80 used to create a new abrasive garnet, corresponding to the fresh garnet # 120. In order to determine the ability of cutting recycling abrasive grains was carried out the aluminium alloy cutting by using fresh and recycling garnet # 120. The experimental investigations of cutting surface quality focused on evaluation of surface geometrical structure.

KEYWORDS: abrasive waterjet cutting, abrasive grains, surface geometrical structure

W obróbce wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną proces dekohezji materiału zależy w głównej mierze od energii hydraulicznej strumienia wody oraz energii kinetycznej cząstek ściernych zawartych w strumieniu [7]. Dostępne wyniki badań wskazują, że najwyższą efektywność przecinania uzyskuje się przy ok. 23% udziału masowego ścierniwa w strudze wodno-ściernej [6]. Zbyt duża liczba ziaren ściernych w strudze powoduje, że rośnie prawdopodobieństwo wzajemnego blokowania się przez poszczególne ziarna, a wraz ze spadkiem prędkości zmniejsza się ich zdolność erozyjna [3].

Jako intensyfikatory procesu erozyjnego najczęściej wykorzystuje się granat almandynowy. Chociaż jest to bardzo twarde ścierniwo, to ziarna ściernie ulegają intensywnemu rozkruszaniu już podczas formowania się strugi oraz w trakcie operacji przecinania [4]. Część ziaren ściernych zachowuje jednak swoje parametry geometryczne. Pozwala to na ich ponowne wykorzystanie w procesie cięcia [2]. Nawet niewielki dodatek ścierniwa pochodzący z recyklingu może w znacznym stopniu wpłynąć na zmniejszenie kosztów cięcia. Dlatego zagadnienie odzysku ścierniwa w połączeniu z możliwością jego powtórnego wykorzystania ma istotne znaczenie w obliczu coraz szerszego wykorzystania technologii waterjet.

Metodyka badań

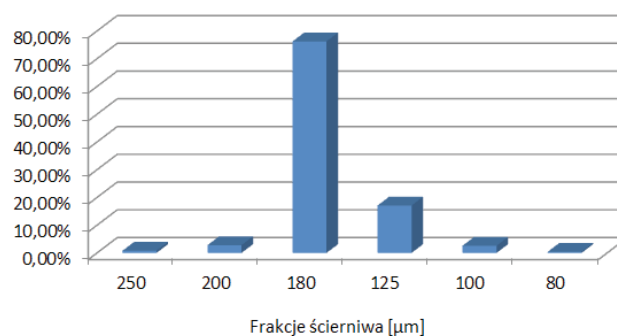
Celem badań było określenie zdolności skrawalnych specjalnie przygotowanego ścierniwa z recyklingu o ziarnistości # 120 i porównanie jego zdolności obróbkowych do nieużywanego ścierniwa garnet # 120 [5]. Analiza obejmowała ocenę topografii powierzchni oraz parametrów struktury geometrycznej [1] przeciętych powierzchni stopu aluminium EN AW-2017A z wykorzystaniem porównywalnych dodatków ściernych. Grubość przecinanego materiału wynosiła 10 mm.

■ **Parametry procesu cięcia.** W tablicy I zestawiono parametry procesu cięcia przyjęte na potrzeby eksperymentu. Badania przeprowadzono na obrabiarce APW 2010BB.

TABLICA I. Parametry procesu cięcia

Parametr	Wartość
Ciśnienie wody, MPa	280
Prędkość posuwu, mm/min	100
Ilość dozowanego ścierniwa, g/min	230
Odległość dyszy od ciętego materiału, mm	2
Średnica dyszy wodnej, mm	0,30
Średnica dyszy formującej, mm	1,02
Długość dyszy formującej, mm	75

■ **Metodyka pomiaru.** Na podstawie przeprowadzonej analizy sitowej składu ziarnowego nieużywanego garnetu # 120 przygotowano odpowiadające tej granulacji ścierniwo. Za materiał do recyklingu posłużyło zużyte ścierniwo garnet # 80, które zostało osuszone i oczyszczone z zanieczyszczeń. Skład frakcyjny przygotowanego ścierniwa przedstawiono na rys. 1.



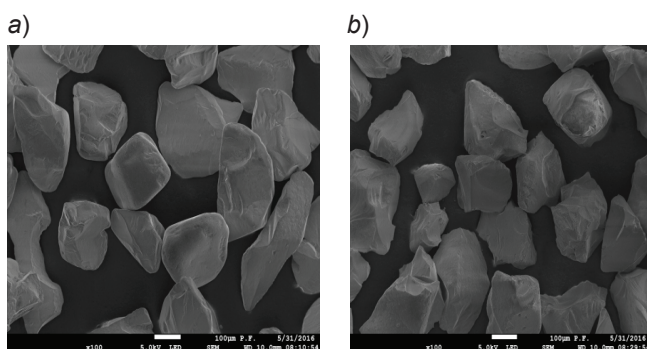
Rys. 1. Skład frakcyjny przygotowanego ścierniwa

Pomiary parametrów struktury geometrycznej przeprowadzono na urządzeniu TOPO02 L120. Próbkę były badane w trzech przekrojach, tj. 1 mm poniżej górnej krawędzi ciętego materiału (P1), pośrodku grubości obrabianego materiału (P2) oraz 1 mm powyżej wylotu strugi (P3).

* Mgr inż. Daniel Krajcarz (d.krajcarz@wp.pl), dr hab. inż. Sławomir Spadło, prof. PŚk (sspadlo@tu.kielce.pl) – Politechnika Świętokrzyska

■ **Wyniki badań.** W celu prawidłowego określenia zdolności skrawalnych porównywanych ścierniwi przeprowadzono mikroskopowe badania kształtu ziaren na skaningowym mikroskopie elektronowym z emisją polową JEOL JSM-7610F.

Na rys. 2a przedstawiono widok ziaren ściernych nieużywanego ścierniwa # 120. W ścierniwie tym dominują ziarna o izometrycznym i słupkowym kształcie, przeważnie obłe. Na rys. 2b przedstawiono ziarna przygotowane z recyklingowanego ścierniwa. Na podstawie oceny wizualnej można stwierdzić, że większość ziaren ściernych, które nie uległy nadmiernemu rozkruszeniu, zachowała izometryczny kształt, przy czym wszystkie miały liczne ostre krawędzie. Brak większych ziaren o kształcie słupkowym można tłumaczyć podatnością takich ziaren na rozkruszanie się.



Rys. 2. Widok ziaren ściernych: a) nieużywane ścierniwo # 120, b) ścierniwo # 120 z recyklingu

Z myślą o ocenie struktury geometrycznej powierzchni próbek ciętych za pomocą badanych ścierniwi, porównano parametry oparte na profilu R , takie jak: arytmetyczna średnia rzędnych profilu (R_a), największa wysokość profilu (R_z) i całkowita wysokość profilu (R_t). Wyniki pomiarów zestawiono w tabelicy II.

TABLICA II. Wybrane parametry struktury geometrycznej powierzchni w zależności od badanego profilu i rodzaju ścierniwa

Parametr	Rodzaj ścierniwa					
	Świeże ścierniwo # 120			Przygotowane ścierniwo # 120		
Profil	P1	P2	P3	P1	P2	P3
R_a , μm	3,97	6,03	8,54	4,01	5,19	6,54
R_z , μm	32,60	38,91	50,76	32,73	36,79	40,31
R_t , μm	41,02	48,02	69,30	45,01	44,02	46,80

Badane parametry na profilu P1 wskazują, że obszar ten charakteryzuje się podwyższoną jakością cięcia. Wraz z zagłębianiem się strugi wodno-ścierniej w cięty materiał jej energia kinetyczna ulega zmniejszeniu, co przekłada się na jakość otrzymanej powierzchni przecięcia. Dlatego obszar w pobliżu profilu P3 charakteryzuje się obniżoną jakością powierzchni cięcia. W tabelicy III przedstawiono zmiany procentowe ocenianych parametrów struktury geometrycznej powierzchni po zastosowaniu specjalnie przygotowanego ścierniwa # 120.

Zastosowanie ścierniwa uzyskanego z recyklingowanego garnetu powodowało zmniejszenie badanych parametrów profilu P2 i P3. Szczególnie widoczne są zmiany profilu P3, gdzie dla każdego z badanych parametrów różnica wynosiła ponad 20%. Natomiast w przypadku profilu P1 odnotowano nieznaczne pogorszenie badanych parametrów, przy czym parametry R_a i R_z praktycznie nie zmieniły wartości. Odnotowano jedynie wyraźny wzrost wartości parametru R_t .

TABLICA III. Zmiany parametrów struktury geometrycznej powierzchni po zastosowaniu specjalnie przygotowanego ścierniwa # 120

Parametr	Zmiana parametru, %		
Profil	P1	P2	P3
R_a , μm	1,00	-13,93	-23,42
R_z , μm	0,40	-5,45	-20,59
R_t , μm	9,73	-8,33	-32,47

Zmniejszenie wartości badanych parametrów opartych na profilu R związane jest bezpośrednio ze zdolnościami skrawalnymi poszczególnych ziaren ściernych. Większość ziaren ściernych, które posłużyły do przygotowania ścierniwa # 120 ma izometryczne kształty o licznych ostrych krawędziach tnących. Ziarna te zasysane przez strugę wody mają większą energię kinetyczną od ziaren nieużywanego ścierniwa, co zwiększa zdolności erozyjne strugi w dolnym obszarze obróbki.

Za nieznaczne zmniejszenie wartości badanych parametrów struktury geometrycznej powierzchni, a zwłaszcza parametru R_t dla profilu P1, odpowiada kształt ziaren ściernych. W przypadku przygotowywanego ścierniwa # 120 widoczny jest praktycznie całkowity brak ziaren o obłych kształtach, które wykonują gładzsze cięcia w stosunku do ziaren o ostrych krawędziach bezpośrednio przyczyniających się do powstania głębszych śladów obróbkowych.

Podsumowanie

Ziarna ściernie pochodzące z recyklingu mają najczęściej kształt izometryczny, który dodatkowo charakteryzuje się licznymi ostrymi krawędziami. Przyczynia się to do zwiększenia zdolności erozyjnej strugi wodnej z wykorzystaniem tego typu dodatku ściernego.

Wykorzystanie ścierniwa z recyklingu poprawia skuteczność erozyjną strugi wodno-ścierniej, co przejawia się mniejszymi wartościami parametrów struktury geometrycznej powierzchni u wylotu strugi z przecinanego materiału, w tzw. dolnej strefie cięcia.

Nieużywane ścierniwo ma ziarna ściernie o obłych kształtach, które wykonują gładzsze cięcia w stosunku do ziaren o ostrych krawędziach. Przejawia się to w postaci mniejszych wartości parametrów opartych na profilu R w strefie wejścia strugi w obrabiany materiał.

LITERATURA

- Adamczak S., Miko E., Cus F., Strojinski V. „A model of surface roughness constitution in the metal cutting process applying tools with defined stereometry”. *Journal of Mechanical Engineering*. 55, 1 (2009): s. 45–54.
- Aydin G. „Performance of recycling abrasives in rock cutting by abrasive water jet”. *Journal of Central South University*. 22, 3 (2015): s. 1055–1061.
- Kulecki M. „Processes and apparatus developments in industrial waterjet applications”. *Journal of Machine Tools and Manufacture*. 42 (2002): s. 1297–1306.
- M. Kantha Babu, O.V. Krishnaiah Chetty. „A study on recycling of abrasives in abrasive water jet machining”. *Wear*. 254, 7–8 (2002): s. 763–773.
- Spadło S., Krajcarz D., Młynarczyk P. „Badania wpływu parametrów przecinania strugą wodno-ścierną stali niestopowej s355 na strukturę geometryczną powierzchni”. *Mechanik*. 9 (2014): s. 293–297.
- Tazibit A., Parsy F., Abriak N., „Theoretical analysis of the particle acceleration process in abrasive water jet cutting”. *Computational Materials Science*. 5, 1–3 (1996): s. 243–254.
- Wantuch E., Kudelski R., Nieciąg H. „Dependency of the technological quality of elements made from an aluminum alloy on their shape in the water jet machining”. *Journal of Machine Engineering*. 13, 4 (2013): s. 35–46.