



Z DZIAŁALNOŚCI CIRP

The International Academy for Production Engineering
Międzynarodowa Akademia Inżynierii Produkcji

Szybkościowe frezowanie stopu cyrkonu

Mimo problemów z ograniczaniem zagrożeń energetyka jądrowa jest wciąż uważana za mniej szkodliwą dla środowiska naturalnego niż energetyka oparta na paliwach kopalnych. W ciągu najbliższych 25 lat w Wielkiej Brytanii planowane jest otwarcie 16 elektrowni jądrowych. Stąd wynika potrzeba rozwoju technologii wykorzystywanych w tych nowoczesnych instalacjach. Stopy cyrkonu są szeroko stosowane na okładziny prętów paliwowych. Badania nad ich skrawalnością są jednak nieliczne, co tworzy lukę, którą pilnie należy wypełnić.

W przywołanym referacie przedstawione zostały obszernie badania skrawalności stopu Zircaloy-4 (Zr–1.5%Sn–0.2%Fe–0.1%Cr) przy frezowaniu dwoma monolitycznymi węglowymi frezami trzpieniowymi firmy Sandvik: R215.H4-0650BAC03P (do frezowania czołowego) oraz R216.24-08050CCC13P (do obróbki walcowo-czołowej), o średnicy $\varnothing 6$ mm. Oba były wykonane z węgla powlekane TiAlN (gatunek 1620). Plan badań zestawiono w tablicy.

TABLICA. Warunki skrawania stosowane w badaniach; posuw $f = 0,12$ mm/ostre

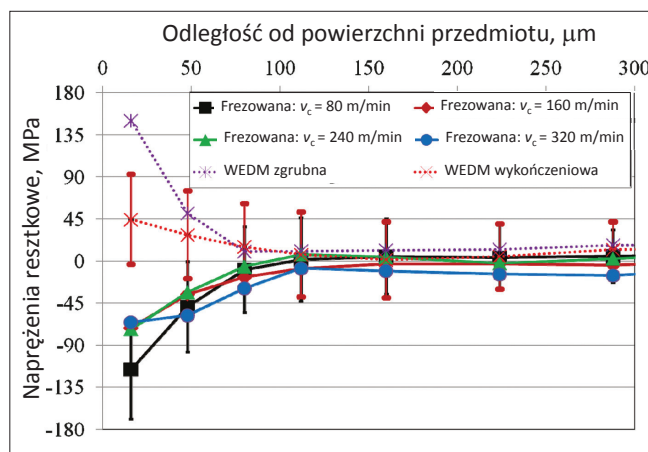
Próba	Narzędzie	v_c , m/min	a_e , mm	a_p , mm
1	R215.H4	80	2	0,3
2	R215.H4	160	2	0,3
3	R215.H4	80	4	0,3
4	R215.H4	240	2	0,3
5	R215.H4	320	2	0,3
6	R216.24	320	2	0,3
7	R216.24	320	2	0,6

Gdzie: v_c – prędkość skrawania, a_e – promieniowa głębokość skrawania, a_p – osiowa głębokość skrawania

Na podstawie sugestii zawartych w literaturze, a także bliskości cyrkonu do tytanu w okresowym układzie pierwiastków przypuszczano, że skrawalność badanego materiału będzie zbliżona do skrawalności stopów tytanu. Stąd niskie parametry w pierwszej próbie. Jednakże okazało się, że zużycie ostrza jest niskie, co pozwoliło na podwyższanie parametrów w kolejnych próbach. W żadnej z nich nie osiągnięto przyjętego wstępnie kryterium stępienia 0,2 mm po założonym maksymalnym czasie skrawania ok. 33 min. Skrawalność Zircaloy-4 okazała

się zbliżona raczej do wysoko wytrzymałych stopów glinu niż tytanu, do których ma podobne właściwości mechaniczne (granica plastyczności 80–500 MPa, wytrzymałość na rozciąganie ok. 500 MPa, moduł Younga 99,3 GPa). Zasadniczą różnicą to znacznie wyższa temperatura topnienia – ok. 1800 °C w porównaniu z ok. 500 °C w przypadku stopów aluminium.

W czasie prób chropowatość powierzchni nieznacznie wzrastała, co wynikało głównie z powstawania narostów na powierzchni przyłożenia. Powodowały one zmianę geometrii i zaokrąglenie krawędzi skrawającej. Ponadto występowało rozmazywanie i przywieranie fragmentów materiału o wymiarach do 20 μ m na powierzchni obrobionej (rys. 1). Nie obserwowano jednak powstawania białych czy amorficznych warstw na tej powierzchni. Najmniejszą chropowatość uzyskano przy prędkościach $v_c = 160$ –240 m/min przy głębokości skrawania $a_p = 0,3$ mm i $a_e = 2$ mm dla frezu R215.H4.



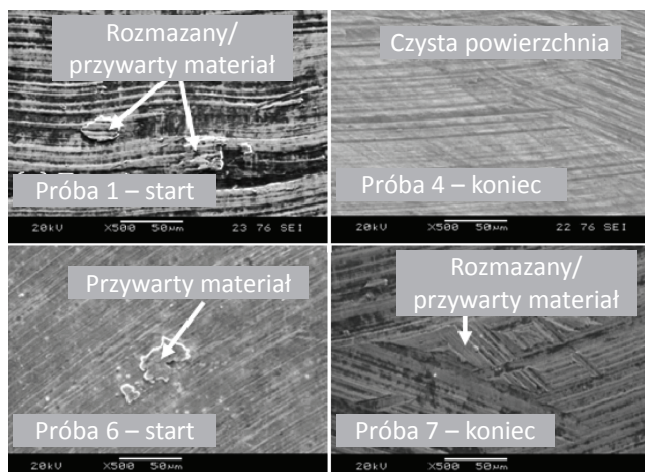
Rys. 2. Naprężenia resztkowe warstwy wierzchniej (równoległe do posuwu)

Na rys. 2 przedstawiono profile naprężenia resztkowe warstwy wierzchniej w próbach 1, 2, 4 i 5 zmierzone w kierunku równoległym do posuwu. Wszystkie one są podobne, sięgają ok. 100 μ m w głąb materiału i nie wykazują wpływu prędkości skrawania na naprężenia. Ważne, że naprężenia były ściskające, w przeciwieństwie do elektroerozyjnego wycinania drutowego (WEDM), przedstawionego na rys. 2 dla porównania.

LITERATURA

Hood Richard, Sein Leung Soo, Sage Colin, Carcass Phill. "High speed end milling of a zirconium alloy". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 64/1 (2015): pp. 129–132.

Opracował: prof. dr hab. Krzysztof Jemielniak



Rys. 1. Zdjęcia SEM powierzchni obrobionej