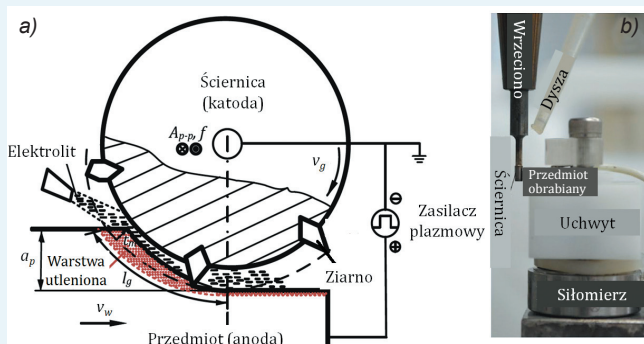


Poprawa szlifowalności Ti-6Al-4V dzięki wspomagananiu ultradźwiękowym z utlenianiem plazmowym

Stop tytanu Ti-6Al-4V jest uważany za jeden z najbardziej obiecujących materiałów inżynierskich ze względu na unikalną kombinację wysokiego stosunku masy do wytrzymałości, temperatury topnienia i odporności na korozję. Inne jego cechy, jak niska przewodność cieplna i wysoka wytrzymałość właściwa, sprawiają, że jest on bardzo trudno obrabialny.

Sposobem na poprawę szlifowalności, stosowanym od lat, jest wspomaganie drganiami ultradźwiękowymi (*ultrasonic-assisted grinding* – UAG). Nowszym pomysłem jest zmiękczenie powierzchni, a następnie szlifowanie zmiękczonej warstwy, co można osiągnąć dzięki utlenianiu plazmowo-elektrolitycznemu (*plasma oxidation grinding* – POG). Kolejnym krokiem jest zastosowanie obu tych metod jednocześnie – szlifowanie wspomagane ultradźwiękowo z utlenianiem plazmowym (*ultrasonic-assisted plasma oxidation grinding* – UAPOG).

Na rys. 1a przedstawiono zasadę działania metody UAPOG. Ściernica z cBN o spoiwie metalicznym drga wzdłuż osi z częstotliwością ultradźwiękową $f = 40$ kHz i podwójną amplitudą $A_{p-p} \leq 4$ μm oraz obraca się przeciwnie do kierunku skrawania v_g , podczas gdy przedmiot przesuwa w prawo z prędkością v_w . Długość kontaktu ściernicy z przedmiotem l_g ulega cyklicznym zmianom – od wartości maksymalnej do zera.



Rys. 1. Schemat działania procesu UAPOG (a) i stanowisko badawcze (b)

Ściernica jest katodą, przedmiot – anodą, a zasilacz o wysokiej częstotliwości przełączania umożliwia wytworzenie plazmy. Dysza przed ściernicą podaje do strefy obróbki elektrolit, dzięki czemu w strefie skrawania formuje się cienka warstewka tlenków, które są łatwo usuwane przez ziarna ściernicy.

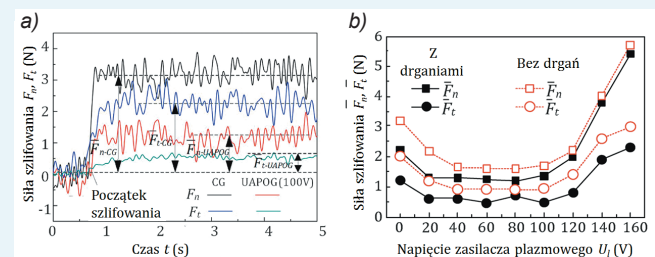
Na rys. 1b przedstawiono stanowisko badawcze wykorzystujące komercyjne wrzeciono ultradźwiękowe, w którym zamocowano ściernicę o średnicy $\varnothing 1,8$ mm. Przedmiot z Ti-6Al-4V, o wymiarach $14 \times 10 \times 6$ mm, zamocowano na siłomierzu trzyosiowym.

Badania prowadzono ze stałymi parametrami: $v_g = 84,78$ m/min, $a_p = 3$ μm , $v_w = 2$ mm/s – typowymi dla obróbki tego materiału. Dla porównania prowadzono także szlifowanie konwencjonalne (CG).

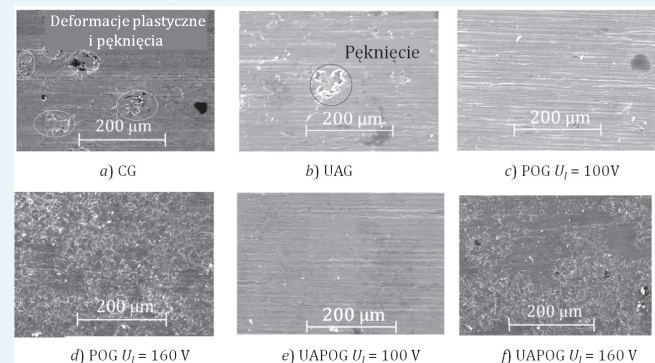
Pomiary sił skrawania, przedstawione na rys. 2a, wskazują na zmienność stycznej (F_t) i normalnej siły szlifowania (F_n) występującą zarówno przy szlifowaniu konwencjonalnym, jak i w UAPOG, prowadzonym z napięciem zasilającym

$U_1 = 100$ V i amplitudą drgań $A_{p-p} = 4$ μm . Wartości średnie były o 60÷70% niższe przy szlifowaniu UAPOG.

Wpływ napięcia zasilającego przy stosowaniu drgań i bez nich pokazano na rys. 2b. Widać wyraźny, korzystny wpływ drgań oraz optymalny zakres napięcia zasilającego $U_1 = 40 \div 100$ V.



Rys. 2. Wpływ UAPOG na siły szlifowania (a) i zależność sił szlifowania od napięcia zasilania (b)



Rys. 3. Stan powierzchni po szlifowaniu: a) konwencjonalnym – CG; b) wspomaganym ultradźwiękowo – UAG; c, d) z utlenianiem plazmowym – POG; e, f) wspomaganym ultradźwiękowo z utlenianiem plazmowym – UAPOG

Wpływ parametrów procesu na warstwę wierzchnią ilustrują zdjęcia powierzchni wykonane mikroskopem skaningowym (SEM) – rys. 3. Po szlifowaniu konwencjonalnym (rys. 3a) wystąpiły deformacje plastyczne i pęknięcia. Po szlifowaniu UAG widoczne są tylko pęknięcia. Dzięki zastosowaniu napięcia $U_1 = 100$ V w procesie POG (rys. 3c) lub UAPOG (rys. 3e) uszkodzenia były minimalne. Zwiększenie napięcia do $U_1 = 160$ V spowodowało nierówności powierzchni zarówno przy stosowaniu drgań (rys. 3f), jak i bez nich (rys. 3d).

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Li S., Wua Y., Yamamura K., Nomura M., Fujii T., "Improving the grindability of titanium alloy Ti-6Al-4V with the assistance of ultrasonic vibration and plasma electrolytic oxidation". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 66 (2017): s. 345–348. ■