

Analiza procesu szlifowania stopu tytanu Ti-6Al-4V ściernicami z agregatami ściernymi

Analysis of the grinding process of Ti-6Al-4V titanium alloy by grinding wheels with aggregates of abrasive grains

WOJCIECH KACALAK
DARIUSZ LIPIŃSKI
ŁUKASZ RYPINA
FILIP SZAFRANIEC*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.292

Stopy tytanu są szeroko stosowane z uwagi na korzystne właściwości mechaniczne i fizyczne. Wysoka wytrzymałość tych stopów oraz zdolność do umocnienia materiału skutkuje dużymi siłami skrawania. W pracy autorzy dokonali analizy procesu szlifowania stopu tytanu Ti-6Al-4V ściernicami z agregatami ściernymi. Użycie agregatowych narzędzi ściernych pozwoliło na zapewnienie korzystnych warunków szlifowania i w efekcie zmniejszonych sił szlifowania oraz mniejszej chropowatości powierzchni obrobionej.

SŁOWA KLUCZOWE: stopy tytanu, agregaty ścierne, siły szlifowania, chropowatość powierzchni

Titanium alloys are widely used because of its favorable mechanical and physical properties. The capacity to maintain strength at high temperature and severe work hardening ability lead to high grinding forces. In the paper the process of grinding of titanium alloy Ti-6Al-4V by grinding wheels with abrasive aggregates was analyzed. The use of grinding wheels with abrasive aggregates makes possible to obtain a favorable grinding conditions resulting in lower grinding forces and machined surface roughness.

KEYWORDS: titanium alloys, aggregates of abrasive grains, grinding forces, surface roughness

Stopy tytanu są szeroko stosowane w przemyśle lotniczym i biomedycznym, co wynika z wielu korzystnych właściwości, takich jak [1, 2]: duża wartość współczynnika wytrzymałości w stosunku do masy, biokompatybilność, wysoka odporność na korozję i pełzanie, duża wytrzymałość w wysokiej temperaturze. Te cechy, decydujące o obszarze zastosowań stopów tytanu, często są przyczyną problemów związanych z obróbką tych materiałów [2]. Wysoka wytrzymałość oraz zdolność do umocnienia materiału skutkuje dużymi siłami skrawania [3]. Niska przewodność cieplna oraz mała pojemność cieplna powodują natomiast wzrost temperatury w strefie skrawania [4, 5].

W celu zapewnienia korzystnych warunków szlifowania stopów tytanu, umożliwiających zastosowanie zmniejszonych sił szlifowania, do obróbki użyto narzędzi ściernych z agregatami ściernymi. Przeanalizowano wpływ wprowadzonych modyfikacji narzędzi ściernych na wartości składowych sił szlifowania oraz chropowatość obrobionej powierzchni.

Badania eksperymentalne

Badaniom poddano próbki o wymiarach $60 \times 20 \times 20$ mm wykonane ze stopu tytanu Ti-6Al-4V. Szlifowanie prowadzono z zastosowaniem:

* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wk5@tu.koszalin.pl), dr inż. Dariusz Lipiński (dariusz.lipinski@tu.koszalin.pl), dr inż. Łukasz Rypina (lukasz.rypina@tu.koszalin.pl), mgr inż. Filip Szafraniec (filip.szafraniec@tu.koszalin.pl) – Katedra Mechaniki Precyzyjnej, Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej

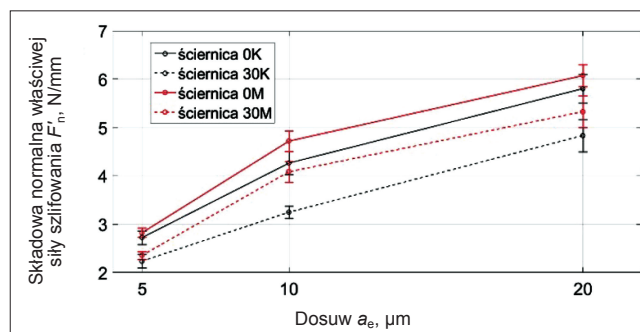
- konwencjonalnych narzędzi ściernych o twardości K (ściernica 0K) i M (ściernica 0M), z ziarnami ściernymi z elektrokorundu o rozmiarze 60, spojonymi żywicą,
- zmodyfikowanych narzędzi ściernych o twardości K (ściernica 30K) i M (ściernica 30M) przez dodanie do ziaren ściernych z elektrokorundu o rozmiarze 60 agregatów ściernych o rozmiarze 46, złożonych z ziaren o rozmiarze 120.

W wyniku badań wstępnych określono korzystny (30-procentowy) udział wagowy agregatów. Zastosowano narzędzia ścierne o twardości K i M wytworzone przez Andre Abrasive Articles.

Przeprowadzono badania procesu obwodowego szlifowania płaszczyzn z prędkością przesuwu przedmiotów $v_w = 25$ m/min oraz prędkością obwodową narzędzia ściernego $v_s = 35$ m/s. Przyjęto zmienną wartość naddatku $a_e = 5, 10$ i 20 mm. Parametry procesu kształtowania powierzchni czynnej narzędzia ściernego były stałe podczas wszystkich testów. Badania wykonano trzykrotnie dla tych samych parametrów obróbki w celu określenia powtarzalności uzyskiwanych wyników.

Analiza wyników

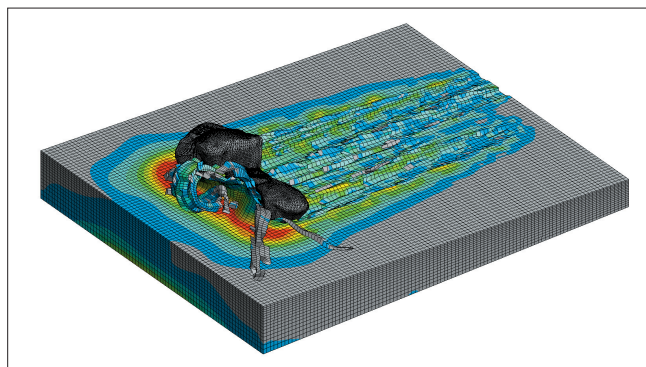
Zmniejszenie wartości składowych sił szlifowania w przypadku ściernic z aglomeratami w odniesieniu do ściernic konwencjonalnych (rys. 1) wynika z liczebności ziaren aktywnych przypadających na jednostkę powierzchni czynnej narzędzia ściernego oraz z charakteru oddziaływań agregatów ściernych z materiałem obrabianym.



Rys. 1. Wpływ głębokości szlifowania na wartość składowej normalnej siły szlifowania w procesie szlifowania ściernicami konwencjonalnymi oraz ściernicami z 30-procentowym udziałem agregatów o twardości K i M

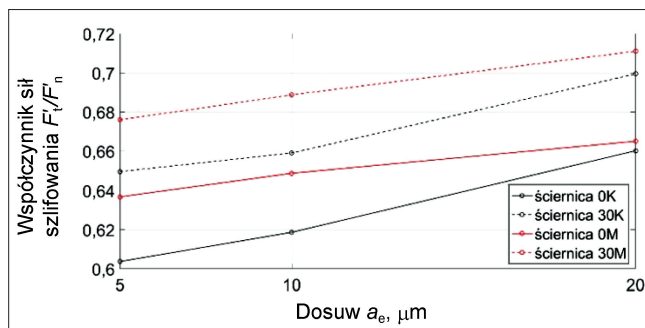
Liczba ziaren ściernych przypadających na powierzchnię czynną narzędzia konwencjonalnego wynosi ok. 14 ziaren/ mm^2 , a w przypadku narzędzia z agregatami ściernymi – ok. 18 ziaren/ mm^2 . Przyjmując proporcjonalną, liniową zależność między liczbą ziaren na jednostkę powierzchni a liczbą ziaren aktywnych, ściernice z agregatami cechuje ok. 30-procentowy zwiększony udział ziaren aktywnych. Dotyczy to głównie ziaren wchodzących

w skład agregatów ściernych, a więc ziaren o wymiarach i promieniach naroży mniejszych niż ziarna bazowe. Ponadto liczne naroża agregatów ściernych charakteryzują się małą odległością między ostrzami aktywnymi. Wpływa to na ograniczenie możliwości tworzenia wypływek, które nie powstają wewnątrz strefy działania agregatu, a jedynie na jego obrzeżach (rys. 2).



Rys. 2. Wizualizacja procesu mikroskrawania stopu tytanu Ti-6Al-4V przez agregat ścierny

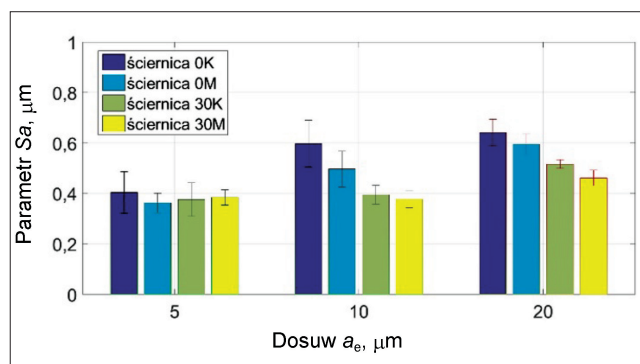
Analizując wyniki symulacji procesu mikroskrawania agregatem ściernym z wykorzystaniem metody elementów skończonych, zaobserwowano, że znaczna część obrobionego materiału została przekształcona do postaci przednich wiórów wstęgowych [6]. Wióry uzyskane w wyniku usuwania materiału agregatami ściernymi charakteryzują się mniejszą grubością, są dłuższe i występują w większej ilości. Skutkuje to korzystną, większą wartością współczynnika składowych sił szlifowania F_t/F_n (rys. 3).



Rys. 3. Wpływ głębokości szlifowania na wartość współczynnika sił szlifowania w procesie szlifowania ściernicami konwencjonalnymi oraz ściernicami z 30-procentowym udziałem agregatów o twardości K i M

Zaobserwowano charakterystyczne dla procesu mikroskrawania agregatem ściernym małe wypływki boczne. Jest to związane z korzystnymi cechami geometrycznymi agregatu ściernego, którego szerokość obrysu na kierunku prostopadły do kierunku ruchu głównego znacząco zwiększa długość drogi dla bocznych przepływów materiału. Można więc stwierdzić, że z punktu widzenia energochłonności procesu skrawania agregatem ściernym decydujące są cechy geometryczne, które znacząco utrudniają i zmniejszają boczne przemieszczenia materiału.

Obrobione w wyniku eksperymentu próbki poddano analizie chropowatości – dokonano pomiarów w trzech losowo wybranych miejscach powierzchni i na tej podstawie wyznaczono wartości różnych parametrów chropowatości. Na rys. 4 przedstawiono porównanie wartości parametru chropowatości S_a powierzchni obrobionych ściernicami konwencjonalnymi oraz ściernicami z 30-procentowym udziałem agregatów.



Rys. 4. Zestawienie wpływu głębokości szlifowania na wartość parametru chropowatości S_a powierzchni obrobionej ściernicami konwencjonalnymi i ściernicami z 30-procentowym udziałem agregatów o twardości K i M

Dodatek agregatów ziaren wpłynął korzystnie na wartość parametru chropowatości S_a powierzchni obrobionej. Ten pozytywny wpływ agregatów ściernych słabnie jednak wraz ze zmniejszeniem głębokości szlifowania do 5 mm. Może to wynikać z mniejszych przekrojów ziaren ściernych oraz zwiększenia udziału odkształceń sprężystych i plastycznych materiału w strefie oddziaływania narzędzia ściernego.

Podsumowanie

Zastosowanie ściernic z agregatami ściernymi do szlifowania stopu tytanu Ti-6Al-4V pozwala na prowadzenie procesu obróbki z mniejszymi siłami szlifowania i tym samym z mniejszą energią właściwą. Z punktu widzenia efektywności procesu skrawania agregatami ściernymi decydujące znaczenie mają te cechy geometryczne agregatów, które znacząco utrudniają i zmniejszają boczne przemieszczenia materiału. W rezultacie szlifowanie stopu tytanu Ti-6Al-4V ściernicami z agregatami ściernymi zapewnia uzyskanie mniejszej chropowatości powierzchni obrobionej (określonej parametrem S_a) niż w przypadku szlifowania ściernicami konwencjonalnymi.

Autorzy składają podziękowania firmie Andre Abrasive Articles za dostarczenie ściernic do badań. Badania wykonano w ramach projektu pt. „Innowacyjne, hybrydowe narzędzia ściernic do obróbki stopów metali lekkich” realizowanego w ramach programu „Innotech” w ścieżce programowej IN-TECH, finansowanego przez NCBiR, umowa nr INNO-TECH-K3/IN3/43/229135/NCBR/14.

LITERATURA

- Ocoś K.E., Kawalec A. „Kształtowanie metali lekkich”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2012.
- Habrat W. „Kształtowanie stanu technologicznej warstwy wierzchniej w procesie szlifowania stopu Ti6Al4V”. *Mechanik*. Nr 8-9 (2014): s. 147-150.
- Pramanik A. “Problems and solutions in machining of titanium alloy”. *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*. 70 (2014): pp. 919-928.
- Sadeghi M.H., Haddad M.J., Tawakoli T., Emami M. “Minimal quantity lubrication – MQL in grinding Ti-6Al-4V titanium alloy”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 44:5 (2009): pp. 487-500.
- Ezogwu E.O., Wang Z.M. “Titanium alloys and its machinability – a review”. *Journal of Material Processing Technology*. 68 (1997): pp. 262-274.
- Kacalak W., Rypina Ł., Tandecka K. “Modelling and analysis of displacement of materials characterized by different properties in the zone of microcutting”. *Journal of Machine Engineering*. 15:4 (2015): pp. 46-58. ■