

Analiza wpływu warunków toczenia na chropowatość powierzchni i postać wiórów stopu tytanu Ti6Al4V

Analysis of the effect of the machining surface roughness and form chips of titanium alloy Ti6Al4V

MAREK KOŁODZIEJ
PAWEŁ KAROLCZAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.423

W artykule przedstawiono wyniki badań podczas obróbki stopu tytanu Ti6Al4V, z zastosowaniem konwencjonalnego smarowania oraz chłodzenia, ze względu na chropowatość powierzchni oraz postać tworzącego się wióra w toczeniu. Zaprezentowane wnioski porównano z wynikami prób obróbki stopu tytanu w warunkach obróbki na sucho.

SŁOWA KLUCZOWE: chropowatość powierzchni, chłodzenie, wiór, stopy tytanu

The article presents the results of research during turning of titanium alloy Ti6Al4V using conventional cooling and lubrication, due to surface roughness and to form the chip forming in the turning. The presented conclusions were compared with test results turning of titanium alloy under dry machining.

KEYWORDS: surface roughness, cooling, chip, titanium alloys

Stopy tytanu jako materiały trudnoobrabialne są wyzwaniem dla dzisiejszych technologów. Dobór odpowiednich parametrów przy różnych rodzajach obróbki decyduje o wydajności procesu skrawania, efektach technologicznych oraz zużyciu ostrza. Przy wysokich kosztach – zarówno przedmiotów obrabianych (szczególnie w branży lotniczej), jak i samych narzędzi, wobec których stawiane są coraz większe wymagania – kluczowym zagadnieniem staje się optymalizacja procesu skrawania, aby uzyskać jak najkrótsze czasy obróbki przy zapewnieniu wymaganych właściwości powierzchni oraz akceptowalnej trwałości narzędzi [2, 6].

Metodyka badań

Stop Ti6Al4V, będący przedmiotem badań, jest najbardziej rozpowszechnionym materiałem na bazie tytanu. Ma strukturę dwufazową $\alpha+\beta$: fazę α stabilizuje dodatek 6% aluminium, natomiast fazę β wzmacnia wanad w ilości 4%. Stopy o takiej strukturze mają dobrą wytrzymałość, plastyczność i odporność na korozję. Stop Ti6Al4V ma zastosowanie w lotnictwie, m.in. w częściach zespołów napędowych czy kadłuba samolotu. Twardość stopu wynosiła 38 HRC. Próby prowadzone były na tokarce. W toczeniu wykorzystano próbkę, która była podzielona na 13 segmentów w celu łatwego rozróżnienia zmiennych warunków obróbki. Toczenie przeprowadzono na tokarce CNC ST 10 firmy HAAS, wyposażonej w 12-pozycyjną głowicę rewolwerową z możliwością wewnętrznego doprowadzenia cieczy chłodziwo-smarującej. Do badań zastosowano nóż składany o przekroju trzonka 20x20 mm z mocowaną do niego płytką skrawającą CCMT 09T3 04-UM H13A firmy

Sandvik. Jest to niepowlekana płytka z węglika spiekanego, który charakteryzuje się dobrą odpornością na ścieranie. Toczenie przeprowadzono z prędkościami skrawania $v_c = 50$ i 100 m/min, z posuwami $f = 0,08; 0,11; 0,14; 0,17; 0,2$ mm/obr i ze stałą głębokością skrawania $a_p = 0,5$ mm. Do badań użyto emulsji chłodziwo-smarującej do obróbki metali Blasocut 2000 Universal.

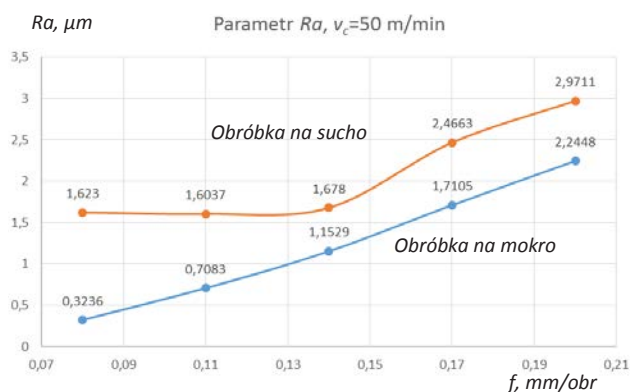
Chłodzenie w obróbce stopów tytanu odgrywa znaczącą rolę. Tytan jest materiałem o niskiej przewodności cieplnej, dlatego duże ilości energii cieplnej wydzielanej podczas skrawania są kumulowane w narzędziu, powodując jego szybsze zużywanie się. Podczas toczenia stopów Ti wióry powstają często w postaci wstęgowej lub skłębionej, nawijają się wokół przedmiotu obrabianego, uniemożliwiają dalszą obróbkę i uszkadzają przetoczoną powierzchnię [1, 3-5]. Dlatego przeprowadzono doświadczenia z wykorzystaniem cieczy chłodziwo-smarującej oraz dla porównania toczenie na sucho.

Chropowatość powierzchni mierzono przy użyciu profilografometru Taylor-Hobson Form Talysurf 120L. Do oceny struktury geometrycznej powierzchni użyto parametru R_a , który jest jednym z najczęściej stosowanych parametrów opisujących chropowatość powierzchni.

Wyniki badań

Na rys. 1 i 2 przedstawiono wykresy pokazujące wpływ parametrów skrawania oraz chłodzenia cieczą lub jej braku na wartości parametru R_a po toczeniu stopu tytanu.

Po toczeniu z prędkością $v_c = 50$ m/min wartości parametru R_a dla obu sposobów obróbki są rosnące wraz ze zwiększaniem się posuwu. W przypadku obróbki na mokro zauważamy niemal liniową zależność i mniejszą chropowatość powierzchni niż przy toczeniu na sucho.

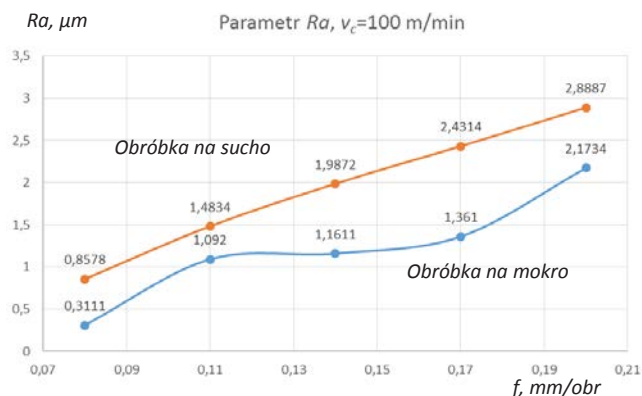


Rys. 1. Zależność wartości parametru R_a od posuwu f oraz chłodziwa dla prędkości skrawania $v_c = 50$ m/min

Po obróbce z prędkością skrawania $v_c = 100$ m/min (rys. 2) wartości parametru R_a są również wprost propor-

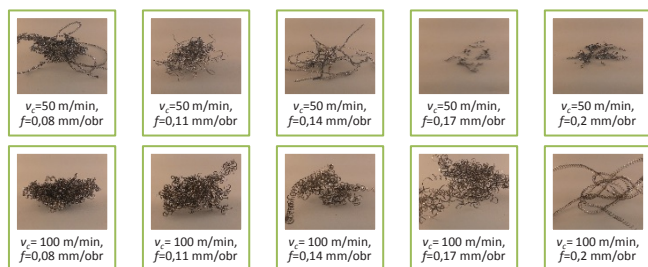
* Dr inż. Marek Kołodziej (marek.kolodziej@pwr.edu.pl), dr inż. Paweł Karolczak (pawel.karolczak@pwr.edu.pl) – Katedra Obrabiarek i Technologii Mechanicznych Politechniki Wrocławskiej

jonalne do wartości posuwu f , jednak to dla obróbki na sucho trend jest niemal liniowy, a chropowatość w tym przypadku jest zdecydowanie mniejsza dla niższych posuwów (przy $f = 0,08; 0,11$ mm/obr $Ra = 0,86; 1,48$ μm) w porównaniu z mniejszą prędkością skrawania (rys. 1).



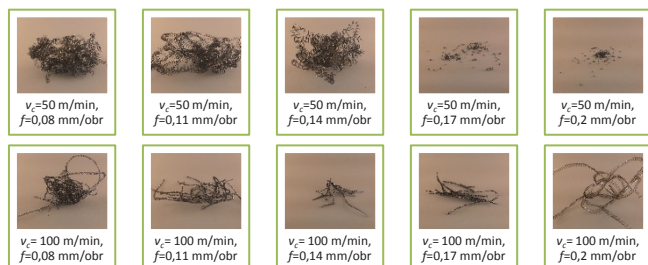
Rys. 2. Zależność wartości parametru Ra od posuwu f oraz chłodziwa dla prędkości skrawania $v_c = 100$ m/min

Ważną częścią badań jest obserwacja powstających podczas obróbki wiórów. Mogą one przeszkadzać w toczeniu, płacząc się i nawijając wokół przedmiotu obrabianego, a także kaleczyć przetoczoną powierzchnię, powodując pogorszenie chropowatości. Fotografie wiórów powstałych podczas toczenia stopu Ti6Al4V z różnymi parametrami, zostały przedstawione na rys. 3 – dla obróbki na sucho oraz rys. 4 – dla obróbki z zastosowaniem chłodziwa.



Rys. 3 Fotografie wiórów z opisem parametrów toczenia na sucho

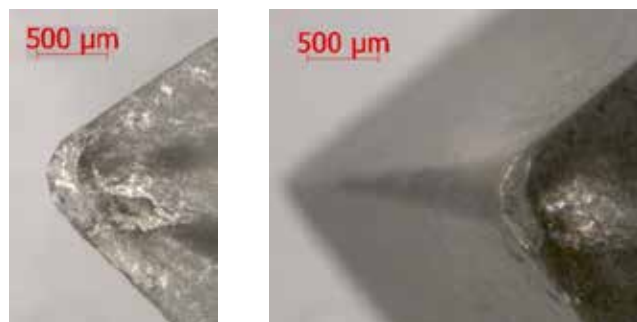
W przypadku toczenia na sucho wzrost posuwu przy prędkości skrawania $v_c = 50$ m/min powoduje rozdrobnienie wiórów. Natomiast dla większej prędkości skrawania zwiększanie posuwu nie powoduje rozdrobnienia wiórów; występują wtedy najbardziej niekorzystne postaci wiórów – długie i splecione.



Rys. 4 Fotografie wiórów z opisem parametrów toczenia na mokro

Zwiększanie posuwu również w przypadku toczenia na mokro z prędkością skrawania $v_c = 50$ m/min dało efekt rozdrobnienia wiórów (dla posuwów $f = 0,17; 0,2$ mm/obr). Chłodziwo spowodowało natomiast zmniejszenie się problemu nawijania wiórów na przedmiocie obrabianym- wióry nadal są długie, ale niesplecione.

W celu oceny zużycia narzędzia po toczeniu próbki Ti6Al4V dokonano obserwacji użytej płytki pod mikroskopem stereoskopowym Zeiss Discovery V20. Badania mikroskopowe pozwoliły zaobserwować zużycie naroża płytki skrawającej, które jest widoczne na rys. 5.



Rys. 5. Zdjęcia zużycia ostrza na powierzchni natarcia

W czasie krótkich badań laboratoryjnych nie zaobserwowano nadmiernego zużycia ostrza skrawającego, natomiast zauważalne było tworzenie się narostu na ostrzu w trakcie toczenia na sucho.

Podsumowanie

Analiza wpływu parametrów skrawania oraz chłodzenia na różne aspekty obróbki stopu Ti6Al4V ukazuje, jak ważnym czynnikiem jest oprócz prawidłowego doboru parametrów obróbki rola cieczy chłodząco-smarującej w skrawaniu stopów tytanu. Badaniom poddano zarówno wskaźniki technologiczne (chropowatość powierzchni), jak i zużycie narzędzi oraz postać powstałych wiórów. Na tej podstawie wyciągnięto wnioski:

- Chropowatość powierzchni po toczeniu z chłodzeniem jest mniejsza od obrabianej na sucho.
- Chłodzenie w toczeniu polepszyło postać wiórów jedynie dla niektórych parametrów skrawania: przy prędkości $v_c = 50$ m/min oraz posuwie $f = 0,17; 0,2$ mm/obr powstały wióry odcinkowe. Ponadto obróbka na mokro zapobiegła zaplątaniu się wiórów wokół narzędzia przy obróbce z prędkością skrawania $v_c = 100$ m/min i posuwem w granicach $f = 0,1 \div 0,2$ mm/obr.

Chłodzenie ma w większości przypadków pozytywny wpływ na jakość obrabianej powierzchni, a także zapewnia korzystniejszą postać wiórów w obróbce stopu lotniczego Ti6Al4V. Dalsze badania należy ukierunkować na zmniejszenie (lub wyeliminowanie) chłodzenia w obróbce tego stopu z uwagi na niekorzystny wpływ cieczy chłodzących m.in. na środowisko naturalne, przy zachowaniu podobnych wskaźników technologicznych jak z chłodzeniem.

LITERATURA

1. Çalıřkan H., Kùçùkköse M. "The effect of aCN/TiAlN coating on tool wear, cutting force, surface finish and chip morphology in face milling of Ti6Al4V superalloy". *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Vol. 50, May 2015: pp. 304÷312.
2. Cichosz P. „Narzędzia skrawające”. WNT, Warszawa 2006.
3. Deiab I., Raza S.W., Pervaiz S. "Analysis of Lubrication Strategies for Sustainable Machining during Turning of Titanium Ti-6Al-4V Alloy". *Procedia CIRP*. Vol. 17, 2014: pp. 766÷771.
4. Oczoř K., Kawalec A. „Kształtowanie metali lekkich”. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2012.
5. Oczoř K. „Kształtowanie ubytkowe tytanu i jego stopów w przemyśle lotniczym i technice medycznej”, część II. *Mechanik*. Nr 10/2008: s. 753÷767.
6. Olszak W. „Obróbka skrawaniem”. WNT, Warszawa 2008.