

Parametry procesu szlifowania stopów tytanu – przegląd literatury

Process parameters of grinding titanium alloys – a review

ANNA GRDULSKA
RADOSŁAW ROSIK*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.305

Dokonano przeglądu parametrów – używanych przez badaczy w ośrodkach naukowych w Polsce i na świecie – dotyczących procesu szlifowania płaskich próbek wykonanych ze stopu tytanu. Porównano parametry nastawcze szlifierki oraz gatunki ziaren ściernych, powszechnie stosowane w obróbce ścierniczej materiałów trudno skrawalnych.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie, parametry wejściowe, stop tytanu, ściernica, materiały trudno skrawalne

In the article, an overview of parameters relating to the process of grinding flat samples made of titanium alloy, which are used by researchers in scientific centers in Poland and worldwide were presented. Setting of grinding parameters were compared as well as types of abrasive grains which are widely used in the grinding process of hard-to-cut materials.
KEYWORDS: grinding process, setting parameters, titanium alloy, grinding wheel, hard-to-cut materials

Istnieje wiele prac badawczych poświęconych obróbce skrawaniem materiałów trudno skrawalnych, w tym stopów tytanu, jednak zagadnienia związane z procesem szlifowania tych materiałów są tematem rozpoznany w dużo mniejszym stopniu [1, 2]. Problem obróbki ścierniczej stopów tytanu jest ściśle związany z ich właściwościami. Stopy te charakteryzują się wysokim współczynnikiem tarcia oraz dużą ciągliwością i w konsekwencji – skłonnością do przylepiania się wiórów do narzędzi i tworzenia ciągliwych wiórów wstęgowych. Wyróżnia je także bardzo wysoka aktywność chemiczna, duża podatność na umocnienie w wyniku obróbki ścierniczej, a także niska przewodność cieplna [3÷8]. Te właściwości mają istotny wpływ na temperaturę generowaną w strefie styku ściernicy z przedmiotem obrabianym, a także na stan i żywotność narzędzi ściernych [9].

Parametry wejściowe procesu szlifowania płaszczyzn

Podczas projektowania procesu szlifowania należy zwrócić uwagę na wiele aspektów, które mają znaczący wpływ na przebieg obróbki ścierniczej. Wśród podstawowych elementów wejściowych procesu należy wymienić właściwości materiału obrabianego – jego rodzaj, skład chemiczny, a także właściwości chemiczne, fizyczne i mechaniczne. Kolejnym krokiem jest dobór ziaren ściernych, z uwzględnieniem gatunku ziarna, jego struktury, wielkości, składu chemicznego, twardości, przewodności cieplnej czy wytrzymałości chemicznej. Istotne jest także spoiwo ściernicy – należy określić jego rodzaj, strukturę, skład chemiczny, wytrzymałość, porowatość, stabilność termiczną czy przewodność cieplną. Ostatecznym kry-

terium doboru ściernicy jest jej wytrzymałość na zużycie ściernicze, a w konsekwencji kwestia regeneracji czynnej powierzchni ściernicy (kondycjonowanie ściernicy może znacząco wpłynąć na przebieg szlifowania). Ostatnim elementem jest środowisko pracy. Należy więc dobrać metodę chłodzenia i rodzaj chłodziwa oraz – co bardzo ważne – odpowiednie parametry procesu szlifowania.

Porównanie warunków szlifowania

Na etapie projektowania procesu szlifowania trzeba pamiętać, że dopiero kompilacja wszystkich opisanych wcześniej parametrów wejściowych umożliwi odpowiednie dobranie warunków pracy dla danego materiału. Planując badania eksperymentalne, należy dobrać parametry wejściowe procesu: prędkość obrotową ściernicy v_s , prędkość posuwu przedmiotu v_w oraz zadaną głębokość szlifowania a_p . Zgodnie z wiedzą literaturową [10÷13] szlifowanie konwencjonalne stopów tytanu prowadzi się z niższą prędkością obrotową ściernicy, tj. z wartością w zakresie od jednej trzeciej do połowy prędkości użytecznej szlifierki (zazwyczaj 15÷25 m/s). W przypadku stosowania niższych prędkości obrotowych ściernicy powstają dużo mniejsze naprężenia w warstwie wierzchniej przedmiotu obrabianego, jednak może to przyspieszyć stępienie ziaren ściernych. W tabl. I zestawiono parametry procesu szlifowania, stosowane przez badaczy w Polsce i na świecie [9÷11].

TABLICA I. Przykładowe parametry nastawcze procesu szlifowania

Źródło	v_s , m/s	v_w , m/s	a_p , μm
[14]	10 20 30	0,25	5 10 13
[15]	15	0,3 0,5 0,6	2 5 7
[9]	16	0,3	10
[6]	30	0,4	10 25
[16]	15 25 35		
[17]	17 24 30	0,1 0,2 0,3	10 20 30

Ze względu na ryzyko zbyt szybkiego stępienia ściernicy podczas procesu szlifowania należy także dobrać odpowiedni gatunek ziaren ściernych. W wielu ośrodkach badawczych trwają prace eksperymentalne zmierzające do udoskonalenia procesu szlifowania stopów tytanu, ze

* Mgr inż. Anna Grdulska (grdulska.anna@gmail.com), dr inż. Radosław Rosik (radek.rosik@p.lodz.pl) – Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn, Politechnika Łódzka

szczególnym uwzględnieniem narzędzi ściernych. Znanych jest wiele badań dotyczących modyfikacji konstrukcji ściernicy [11÷13], mających na celu ulepszenie doprowadzenia chłodziwa w strefę szlifowania oraz zwiększenie przestrzeni na wióry [7]. Istnieje ponadto wiele rodzajów płynów chłodząco-smarujących i metod ich podawania, stosowanych podczas szlifowania materiałów trudno skrawalnych.

Stale poszukuje się nowych materiałów na ziarna ściernic, mogących wydłużyć żywotność narzędzi ściernych czy zapewnić lepsze odprowadzanie ciepła ze strefy styku ściernicy z przedmiotem obrabianym [9]. Podejmuje się próby modyfikacji ziaren ściernych (ich kształtu), konstrukcji ściernicy, jak również kinematyki procesu szlifowania [19].

W procesach szlifowania stopów tytanu często są stosowane ściernice z elektrokorundu czy węglików krzemu ze spoiwem ceramicznym o twardości w przedziale I÷M. Ryzyko szybkiego zalepania się tych ściernic występuje, mimo że są one zalecane do obróbki materiałów trudno skrawalnych. Do tego typu materiałów wykorzystuje się także ściernice o większej stabilności chemicznej, np. cBN – są one dużo droższe, jednak pozwalają na uzyskanie lepszej jakości powierzchni przedmiotu obrabianego [6, 7, 9, 18, 22]. Wykaz ściernic, które są najczęściej stosowane do obróbki materiałów trudno skrawalnych, zawiera tabl. II.

TABLICA II. Wykaz ściernic najczęściej używanych do obróbki stopów tytanu

Źródło	Ściernica
[14]	węgiel krzemu SiC karborund 3912018VK węgiel krzemu SiC karborund 39C60H8VK
[15]	Al ₂ O ₃ 91A4618AV
[9]	mikrokryształiczny cBN B151 (100/120)
[6]	SiC (80/120 H/K struktura 7/16)
[16]	SiC
[22]	ścierniwo diamentowe 120/140 powłoka niklowa 60%, spoiwo żywiczne cBN 120/140 powłoka niklowa 60%, spoiwo żywiczne Al ₂ O ₃ 120 twardość K spoiwo ceramiczne
[18]	SiC spoiwo ceramiczne GC46EV cBN spoiwo żywiczne rozmiar ścierniwa 91 μm, koncentracja 100%
[19]	ściernice niemodyfikowane i modyfikowane (nasylenie siarką) 1-35x20x10-SG/F46G10VTO mikrokryształiczny korund spiekany SG spoiwo ceramiczne
[20]	SiC spoiwo ceramiczne cBN spoiwo żywiczne
[7]	czarny SiC ściernica cBN ziarno 80, koncentracja 125%
[17, 21]	ściernica Norton Quantum ściernica 3XGP, 5TGP, Al ₂ O ₃

Jak widać, od wielu lat stosuje się w zasadzie te same materiały szlifierskie przeznaczone do materiałów trudno skrawalnych. Stosunkowo niedawno zaczęto wprowadzać inne, nowoczesne ściernice. Trwają też badania dotyczące modyfikacji ściernic czy kinematyki procesu szlifowania.

Podsumowanie

Najlepsze rezultaty szlifowania uzyskuje się dzięki wykorzystaniu ściernicy cBN. Bardzo obiecujące są również wyniki badań procesu szlifowania stopów tytanu za pomocą ściernicy nowej generacji, np. zawierających ziarno ściernic Quantum oraz spoiwo Vitrium [17]. W przypadku szlifowania materiałów o niskiej przewodności cieplnej (o ok. 1/6 niższej w porównaniu ze stałą), np. stopów tytanu, niezwykle istotnym zagadnieniem jest wpływ zastosowanego narzędzia ściernego na wartości temperatury generowanej w strefie styku ściernicy z przedmiotem obrabianym.

LITERATURA

- Oczó K.E. „Kształtowanie ubytkowe tytanu i jego stopów w przemyśle lotniczym i technice medycznej. Cz. I”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2008): s. 639+656.
- Oczó K.E. „Kształtowanie ubytkowe tytanu i jego stopów w przemyśle lotniczym i technice medycznej. Cz. II”. *Mechanik*. Nr 10 (2008): s. 753+767.
- Grduńska A., Rosik R. „Wpływ materiału ściernego na stan warstwy wierzchniej podczas szlifowania stopów tytanu”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2013): s. 152+159.
- Melechow R., Tubielewicz K., Błaszczuk W. „Tytan i jego stopy: gatunki, właściwości, zastosowanie, technologia obróbki, degradacja”. Monografia 107. Politechnika Częstochowska, 2004.
- Che-Haron C.H., Jawaid A. “The effect of machining on surface integrity of titanium alloy Ti-6% Al-4% V”. *Journal of Materials Processing Technology*. 166 (2005): pp. 188+192.
- Bentley S.A., Goh N.P., Aspinwall D.K. “Reciprocating surface grinding of a gamma titanium aluminide intermetallic alloy”. *Journal of Materials Processing Technology*. 118 (2001): pp. 22+28.
- Li Xun, Chen Zhitong, Chen Wuyi. “Suppression of surface burn in grinding of titanium alloy TC4 using self-inhaling internal cooling wheel”. *Chinese Journal of Aeronautics*. 24 (2011): pp. 96+101.
- Rahman M., Wong Y.S., Zareena A.R. “Machinability of titanium alloys”. *JSMIE International Journal Series C*. Vol. 46 No. 1 (2003).
- Teicher U., Ghosh A., Chattopadhyay A.B., Kunatz K. “On the grindability of titanium alloy by brazed type monolayered superabrasive grinding wheels”. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. 46 (2006): pp. 620+622.
- siheg.tu.koszalin.pl/cele-i-zakres-projektu/problemy-w-obrobce-materialow-trudno-skrawalnych
- Habrat W., Porzycki J., Krok M., Socha E. „Wpływ modyfikacji ściernicy z korundu monokryształicznego na siły skrawania i chropowatość powierzchni podczas szlifowania stopu tytanu Ti6Al4V”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2015): s. 122+125.
- Oczó K.E., Habrat W. „Doskonalenie procesów obróbki ściernic. Cz. I: Quo vadis szlifowanie?”. *Mechanik*. Nr 7 (2010): s. 449+452.
- Oczó K.E., Habrat W. „Doskonalenie procesów obróbki ściernic. Cz. II: Quo vadis szlifowanie?”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2010): s. 517+529.
- Rangaswamy P., Terutung H., Jeelani S. “Effect of grinding conditions on the fatigue life of titanium 5Al-2.5Sn alloy”. *Journal of Materials Science*. Vol. 26, Iss. 10 (1991): pp. 2701+2706.
- Sadeghi M.H., Haddad M.J., Tawakoli T., Emami M. “Minimal quantity lubrication MQL in grinding of Ti-6Al-4V titanium alloy”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 44, Iss. 5 (2009): pp. 487+500.
- Hood R., Aspinwall D.K., Voice W. “Creep feed grinding of a gamma titanium aluminide intermetallic alloy using SiC abrasives”. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 191, Iss. 1+3 (2007): pp. 210+214.
- Rosik R., Grduńska A. „Wpływ prędkości szlifowania na topografię powierzchni po procesie szlifowania stopu tytanu”. *Mechanik*. Nr 9 (2014): s. 284+288.
- Xu X., Yu Y., Huang H. “Mechanisms of abrasive wear in the grinding of titanium (TC4) and nickel (K417) alloys”. *Wear*. Vol. 255 (2003): pp. 1421+1426.
- Nadolny K. “The effect of integrating the structural modifications of the grinding wheel upon the internal cylindrical grinding process”. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. Vol. 12, No. 1 (2012): pp. 60+67.
- Xipeng Xu, Yiqing Yu. “Adhesion at abrasive Ti6Al4V interface with elevated grinding temperatures”. *Journal of Materials Science Letters*. Vol. 21, Iss. 16 (2002): pp. 1293+1295.
- Rosik R., Grduńska A. „Określenie granicy stężenia glikolu propylenowego na stereometrię warstwy wierzchniej w procesie szlifowania”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2013): s. 341+348.
- Razavi H., Kurfess T., Danyluk S. “Force control grinding of gamma titanium aluminide”. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. Vol. 43 (2003): pp. 185+191. ■