

Szczegóły tworzenia wióra przy toczeniu wykończeniowym stopu aluminium EN AW-2017A

prof. dr hab. inż. E. Feldshtein, mgr inż. P. Gabryś, mgr inż. K. Grezer – Uniwersytet Zielonogórski
mgr inż. Y. Lisovskaya – Instytut Metalurgii Proszków, Minsk, Białoruś

Kształtowanie i odprowadzanie wiórów jest trudnym zagadnieniem przy toczeniu stopów aluminium. Bardzo często powstają wtedy długie, splątane wióry, które „oplątują się” wokół narzędzia lub przedmiotu obrabianego, co może doprowadzić do ich uszkodzenia. Ulepszenie warunków tworzenia wióra jest szczególnie istotne w przypadku toczenia stopów o małej zawartości składników stopowych. Przy toczeniu wykończeniowym stopu EN AW-2017A w celu tworzenia wióra o kształcie drobnych cząstek zaleca się stosowanie posuwów maksymalnie dużych z uwzględnieniem ograniczeń od strony wymaganej chropowatości powierzchni. Wykorzystanie powłok na płytkach wymiennych, mających małą wytrzymałość na ścinanie lub zawierających związki aluminium nie zapewniają ulepszenia warunków tworzenia wióra.

Celem badań była szczegółowa analiza warunków tworzenia wióra przy toczeniu wykończeniowym stopu aluminium o małej zawartości krzemu.

Stopy aluminium są dobrze skrawalne, aczkolwiek ich obróbka wymaga stosowania warunków odmiennych w porównaniu z np. stalami. Jest to związane z podstawowymi cechami materiałowymi stopów aluminium, takimi jak [1]:

- duży współczynnik rozszerzalności liniowej;
- mały współczynnik sprężystości wzdłużnej (duża elastyczność wywołuje odkształcenia przedmiotu w trakcie obróbki oraz przy zamocowaniu przedmiotu);
- duża przewodność cieplna powodująca szybkie odprowadzenia ciepła ze strefy obróbki, obniżenie temperatury ostrza i zwiększenie jego trwałości.

Ze względu na dużą ilość gatunków stopów aluminium [2], w celu ułatwienia doboru warunków ich obróbki, po-

dzielono je na grupy o zbliżonej skrawalności. Jednym z kryteriów podziału jest zawartość krzemu w stopie [1]:

- grupa I – stopy o zawartości $Si \leq 2\%$,
- grupa II – stopy o zawartości $2\% < Si \leq 12\%$,
- grupa III – stopy o zawartości $Si > 12\%$.

Zawartość krzemu w ilości 10–12% określa granicę dobrej skrawalności stopów aluminium. Powyżej tej zawartości Si, jego twarde związki znajdujące się w stopie zwiększają zużycie ostrzy narzędzi. Z drugiej strony, stopy aluminium grupy I, szczególnie dla małych prędkości skrawania, wykazują skłonność do „mazania się” oraz tworzenia narostu, co wpływa na pogorszenie jakości obrabianej powierzchni. Wynika to z niewielkiej twardości, dużej ciągliwości i adhezji do materiału narzędziowego oraz podatności do umacniania zgnio-

tem tych materiałów. Podczas ich obróbki należy stosować narzędzia o ostrej geometrii oraz duże prędkości skrawania [2].

Do problemów technologicznych towarzyszących skrawaniu stopów aluminium należy zaliczyć [1, 3]:

- kształtowanie i odprowadzanie wiórów ze strefy skrawania,
- powstawanie nalepień na ostrzu narzędzia,
- kształtowanie struktury geometrycznej powierzchni obrobionej,
- zużycie ostrza.

* * *

Do badań zastosowano stop aluminium EN AW-2017A (wg innych norm AlCu4MgSi(A) lub PA6), skład chemiczny

i właściwości mechaniczne którego przedstawiono w tab. 1 [4, 5]. Stop AW-2017A charakteryzuje się dobrymi własnościami wytrzymałościowymi: wysoką wytrzymałością na rozciąganie, wysoką wytrzymałością zmęczeniową. Jest średnio odporny na korozję, daje się spawać. Stop AW-2017A jest stosowany do produkcji elementów konstrukcyjnych samolotów, części do budowy maszyn, sprzętu wojskowego, podzespołów dla przemysłu motoryzacyjnego. Warto podkreślić, że zdolność stopu do skrawania jest znacznie poniżej średniej [6].

Wykorzystano płytki wymienne o następujących cechach: niepowlekana, z powłoką wielowarstwową nanometryczną (dalej Nano) [7], z powłoką Balinit Futura Gold oraz z powłoką Balinit Łatuma (Tab. 2).

Materiał bazowy płytek – węgiel spiekany gatunku P25. Płytki mieli charakterystykę SNMN 12 04 08 i były mocowane w oprawce CSDCN 20 20 H 12. Kąty ostrza płytki wynosiły: $\kappa=45^\circ$; $\alpha=7^\circ$; $\gamma=-7^\circ$; $r_\epsilon=0,8$ mm.

Badania realizowano w warunkach obróbki na sucho na tokarce CNC CKE6136i ze stałą głębokością skrawania $a_p = 1$ mm. Wartości prędkości skrawania i posuwów przedstawiono w tab. 3.

Wyniki badan kształtów wióra przedstawiono w tab. 4. Łatwo zauważyć, że w zakresie 500–1000 m/min prędkość skrawania prawie nie wpływa na kształt wióra. Obecność powłoki na ostrzu płytki też nie wpływa na kształt wióra. Natomiast wzrost posuwu prowadzi najpierw do zmiany kształtu wióra z wstęgowego splątanego na długie spirale śrubowe i dalej na luźne wióry łukowe (zgodnie z klasyfikacją ISO [8]), znacznie łatwiejsze do odprowadzenia ze strefy skrawania. Łatwo stąd wyciągnąć wniosek, że w warunkach toczenia wykończeniowego miękkich i plastycznych stopów aluminium warto pracować z posuwami, maksymalnie możliwymi ze względu na wymaganą chropowatość powierzchni obrabianej.

Przy analizie podstawowych parametrów strefy tworzenia wióra przede wszystkim trzeba określić grubość war-

Tabela 1. Skład chemiczny i właściwości mechaniczne stopu AW-2017A

Skład chemiczny %		Właściwości	
Cu	3,5–4,5	Wytrzymałość na rozciąganie RM [MPa]	Min 350–390
Mg	0,4–1	Granica plastyczności Rp0,2 [MPa]	Min 240–260
Mn	0,4–1	Twardość [HB]	100–110
Si	0,2–0,8	Wydłużenie A5 [%]	13–15
Fe	Max 0,7	Przewodność cieplna [W/mK]	Min 130–170
Cr	Max 0,1		
Zn	Max 0,25		
Inne	Max 0,15		
Al	Reszta		

Tabela 2. Właściwości zastosowanych powłok

Rodzaj powłoki	Materiał	Mikrotwardość HV 0,05	Współczynnik tarcia o stal na sucho	Maksymalna temperatura pracy [°C]
Futura Gold	TiAlN	3300	0,25	900
Łatuma	AlTiN	3000	0,35	1100

Tabela 3. Parametry toczenia na tokarce CNC CKE6136i

Lp.	V_c [mm/min]	f [mm/obr]
1	500	0,05
2	1000	0,05
3	500	0,25
4	1000	0,25
5	750	0,15

tarcia na powierzchni natarcia m_{wg} wzorów:

$$k_h = \frac{h_{ch}}{h_D} \quad (2)$$

$$\text{tg} \Phi = \frac{\cos \gamma}{k_h - \sin \gamma} \quad (3)$$

$$\mu = \text{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \Phi + \gamma \right) \quad (5)$$

gdzie h_{ch} – grubość wióra, γ – kąt natarcia.

stwy skrawanej h_D . W przypadku, gdy w skrawaniu uczestniczą zarówno prostoliniowa główna krawędź skrawająca jak i promień naroża, wartość h_D można określić wg wzoru (1):

$$\bar{h}_D = \frac{f}{1 - \frac{r_\epsilon}{a_p} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{f}{2r_\epsilon} \right)^2} \right]} \cdot \text{sinarctg} \frac{1 - \frac{r_\epsilon}{a_p} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{f}{2r_\epsilon} \right)^2} \right]}{\sqrt{\left[2 \frac{r_\epsilon}{a_p} - 1 \right] + \frac{r_\epsilon}{a_p} \left(\frac{f}{2r_\epsilon} \right)^2}} \quad (1)$$














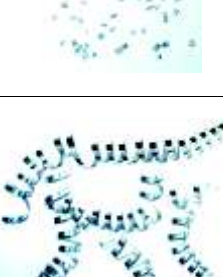
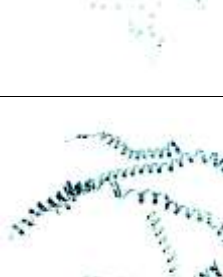

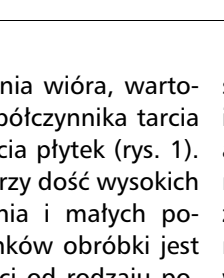
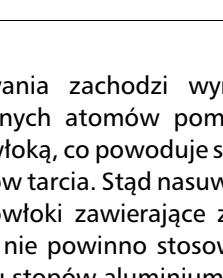
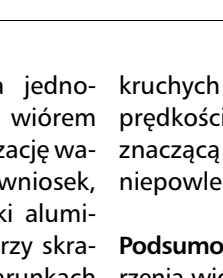
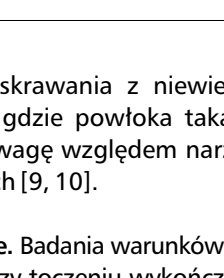
gdzie f – posuw, a_p – głębokość skrawania, r_ϵ – promień naroża.

Następnie można obliczyć m.in. współczynnik zgrubienia wióra k_h , kąt ścinania Φ oraz średni współczynnik

Po obróbce matematycznej ustalono równania regresji do określenia podstawowych parametrów strefy tworzenia wióra (Tab. 5).

Na podstawie powyższych równań można określić wpływ parametrów skrawania i powłoki narzędziowej na

Tablica 4. Kształty wióra w zależności od warunków obróbki

Parametry skrawania (wg tabl. 3)	Cecha płytki			
	Niepowlekana	Nano	Latuma	Futura Gold
1				
2				
3				
4				
5				

współczynnik zgrubienia wióra, wartości kąta ścinania i współczynnika tarcia na powierzchni natarcia płytek (rys. 1). Łatwo zauważyć, że przy dość wysokich prędkościach skrawania i małych posuwach wpływ warunków obróbki jest niewielki. W zależności od rodzaju powłoki wartości badanych parametrów zmieniają się w zakresie tylko kilku procent. Przyczyną jest prawdopodobnie to, że powłoki Latuma i Futura Gold zawierają atomy aluminium, więc przy dużych prędkościach i temperaturach

skrawania zachodzi wymiana jednoimiennych atomów pomiędzy wiórem a powłoką, co powoduje stabilizację warunków tarcia. Stąd nasuwa się wniosek, że powłoki zawierające związki aluminium nie powinny stosować przy skrawaniu stopów aluminium w warunkach wysokotemperaturowych. Jeśli zaś chodzi o powłocę nanowarstwowej, jej wytrzymałość na ścinanie nie jest wystarczająca w warunkach skrawania materiałów o podwyższonej plastyczności, w odróżnieniu od skrawania materiałów

kruchych lub skrawania z niewielkimi prędkościami, gdzie powłoka taka ma znaczącą przewagę względem narzędzi niepowlekanych [9, 10].

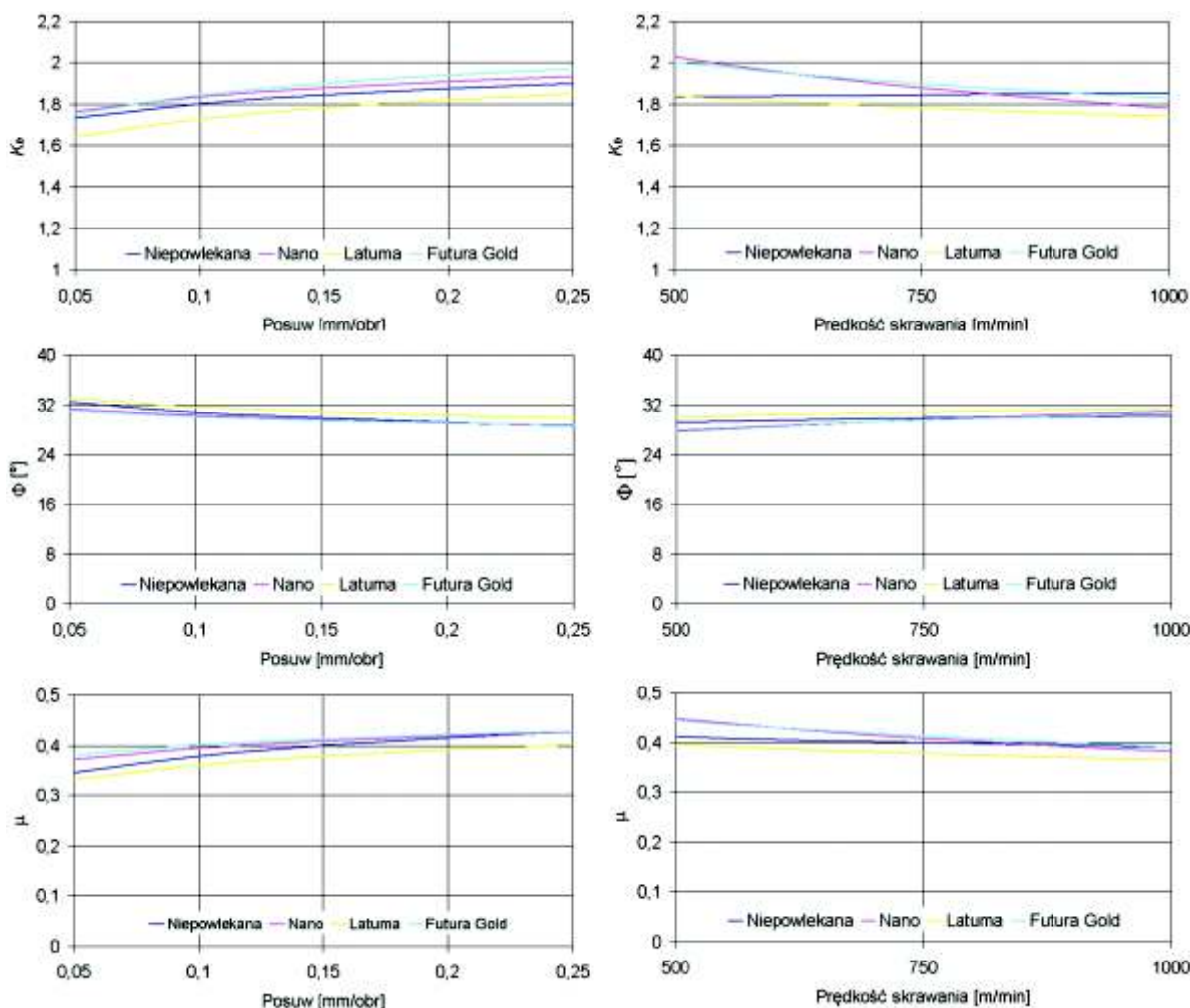
Podsumowanie. Badania warunków tworzenia wióra przy toczeniu wykończeniowym stopu aluminium EN AW-2017A ustaliły, że w celu tworzenia wióra o kształcie drobnych cząstek konieczna jest praca z posuwami maksymalnie możliwymi ze względu na wymaganą chropowatość powierzchni obrobionej. Zastosowanie



Tablica 5. Równania regresji do określenia podstawowych parametrów strefy tworzenia wióra

Parametr strefy tworzenia wióra	Cecha płytki			
	Niepowlekana	Nano	Latuma	Futura Gold
$K_h =$	$1,87f^{0,056}V^{0,014}$	$7,17f^{0,057}V^{-0,186}$	$3,53f^{0,074}V^{-0,082}$	$5,19f^{0,072}V^{-0,131}$
$\Phi =$	$18,2f^{-0,079}V^{0,052}$	$11,5f^{-0,046}V^{0,129}$	$16,6f^{-0,065}V^{0,075}$	$9,36f^{-0,055}V^{0,158}$
$\mu =$	$0,83f^{0,132}V^{-0,072}$	$2,1f^{0,084}V^{-0,223}$	$1,55f^{0,072}V^{-0,179}$	$1,04f^{0,117}V^{-0,119}$

Rys. 1. Wpływ warunków skrawania na wskaźniki strefy tworzenia wióra



powłok o niskiej wytrzymałości na ścinanie lub powłok zawierających związki aluminium nie prowadzi do ulepszenia warunków tworzenia wióra.

Literatura

1. Feld M. *Obrobka skrawaniem stopów aluminium*. Warszawa, WNT, 1984.
 2. *Obróbka skrawaniem stopów aluminium i magnezu*. Red. J. Kuczmaszewski, K. Zaleski. Lublin, Politechnika Lubelska, 2015.
 3. Oczó K.E., Kawalec A. *Kształtowanie metali lekkich*. Warszawa, PWN. 2012.

4. *Aluminium i stopy aluminium – Odlewy – Skład chemiczny i własności mechaniczne*. PN-EN 1706:2011.
 5. *Aluminium i stopy aluminium – Skład chemiczny i rodzaje wyrobów przerobionych plastycznie – Część 3*. PN-EN 573-3:2004.
 6. <http://www.metale-kolorowe.eu/aluminium/aluminium-EN-AW-2017A.html>
 7. Ilyuschenko A.Ph., Feldshtein E.E., Lisovskaya Y.O., Markova L.V, Andreyev M.A., Lewandowski A. On the properties of PVD coating based on nanodiamond and molybdenum disulfide nanolayers and its efficiency when drilling of aluminum alloy.

Surface & Coatings Technology, 2015, 270, p. 190–196.
 8. *Badanie trwałości noży tokarskich punktowych*. PN-ISO 3685:1996.
 9. Feldshtein E., Lisovskaya Y. Wpływ powłoki nanowarstwowej na wiertłach przy obróbce przelotowej otworów w blachach z mosiądzu CuZn39Pb3. *Obróbka Metalu*, 2015, nr 2, s. 2224.
 10. Feldshtein E., Lisovskaya Y.O. Efektywność powłok nanowarstwowych przy wierceniu otworów przelotowych w blachach ze stopów nieżelaznych. *Mechanik*, 2015, nr 8-9, s. 722/159167 (dokument elektroniczny). ■