

Postać wióra przy toczeniu wzdłużnym stopu niklu w warunkach powstawania narostu

Chip forms and bue phenomenon in longitudinal turning of nickel based alloy

WOJCIECH ZĘBALA
BOGDAN SŁODKI
GRZEGORZ STRUZIKIEWICZ *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.394

Artykuł opisuje badania toczenia stopu Inconel 625. Stwierdzono powstawanie narostu, który zmienia geometrię ostrza, co wpływa m.in. na pogorszenie postaci wióra. Przeprowadzono pomiary zużycia ostrza VB oraz wielkości i kształtu narostu. W ramach badań modelowych obliczono maksymalną temperaturę i naprężenie w okolicy krawędzi skrawającej.

SŁOWA KLUCZOWE: toczenie, wióry, zużycie ostrza, narost

Research on Inconel 625 turning was described. It was found the formation of BUE phenomenon which changes the cutting edge geometry and deteriorates chip form. VB indicator of tool wear, BUE size and its shape were measured. The maximum temperature and tension in the area of the cutting edge were calculated with the help of cutting process modeling.

KEYWORDS: turning, chips, tool wear, BUE

W obszarze badań związanych z obróbką wiórową szczególną uwagę zwraca się na czynniki determinujące jakość procesu obróbki. Przykładowo analizuje się wpływ parametrów skrawania na chropowatość powierzchni i wielkość sił w obróbce materiałów trudnoskrawalnych [1, 2]. Ważne jest powiązanie parametrów skrawania i kosztów wytwarzania [3] oraz postaci wióra uzyskanej w operacjach tokarskich. Ukształtowanie powierzchni natarcia płytki, a właściwie kształt łamacza, ma zasadniczy wpływ na postać wióra [4, 5].

Obszar pracy łamacza wiórów jest kluczowy dla końcowego procesu doboru parametrów skrawania. Jest to szczególnie ważne w przypadku obróbki materiałów trudnoskrawalnych, takich jak stopy HRSA (*high resistant super alloys*). Wióry są produktem odpadowym, ich niekorzystna postać może mieć destrukcyjny wpływ na jakość obrabianej powierzchni.

Stopy HRSA są odporne na temperaturę i korozję. Ich składniki stopowe mogą powodować szybkie zużycie narzędzia [6]. Najczęstszymi formami zużycia są: krater powstający na powierzchni natarcia oraz zużycie wrębowe na powierzchni przyłożenia. Interesującą formą zużycia narzędzia jest narost (ang. BUE). Podstawy teoretyczne zjawiska narostu w toczeniu są opisane w [7]. Narost na ogół składa się z cząstek obrabianego metalu, które nie są częścią powstającego wióra, ale w wyniku adhezji przyklejają się do krawędzi skrawającej narzędzia. Narost zmienia geometrię narzędzia, zwłaszcza kąt natarcia, co prowadzi do zmiany geometrii łamacza wiórów i pogarsza chropowatość powierzchni obrobionej.

Szereg problemów dotyczących obróbki stopów HRSA jest opisanych w poradnikach wydawanych przez producentów narzędzi – np. przez firmę Sandvik Coromant [8, 9].

Obszar badań

Badania procesu toczenia przeprowadzono dla stopu Inconel 625, należącego do grupy HRSA. Jest to niklowo-chromowo-molibdenowy stop stosowany w konstrukcjach silników lotniczych, przemyśle chemicznym i stoczniowym.

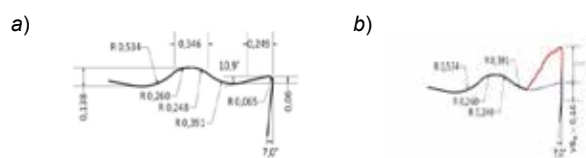
W badaniach stosowano płytkę skrawającą firmy ISCAR o symbolu VCMT 160404 z łamaczem wiórów SM, wykonaną z węglików spiekanych z gatunku IC 907 i z powłoką TiAlN [10]. Płytkę mocowano w oprawce SVJCR 2020K. Zalecany obszar pracy łamacza wiórów wynosił: $a_p = 0,5 \div 2,5$ mm, $f = 0,05 \div 0,25$ mm/obr. Na rys. 1 przedstawiono geometrię łamacza wiórów dla nowej płytki skrawającej na głębokości 1 mm oraz ostrza z narostem.

Stosowane w badaniach parametry skrawania przedstawiono w tablicy. Wstępne testy wykazały prawidłowe postacie wiórów dla nowej płytki dla każdego zestawu parametrów.

TABLICA. Parametry skrawania stosowane w badaniach

Typ łamacza	v_c [m/min]	f [mm/obr]	a_p [mm]
SM	65	0,077; 0,211	1,0

Materiał obrabiany został podzielony na 5-milimetrowe sekcje, dla których przeprowadzono 15 testów skrawania. Po obróbce toczeniem każdej sekcji dokonywano pomiaru zużycia narzędzia, klasyfikowano postać wiórów oraz rejestrowano zjawisko narostu, który następnie usuwano przed kolejnymi testami skrawania.



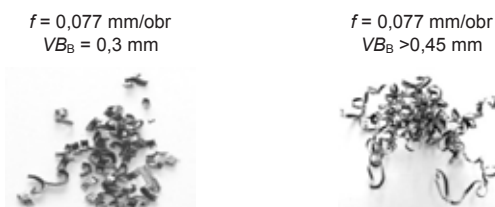
Rys. 1. Łamacz wiórów SM ($r_\epsilon = 0,4$ mm) (a) oraz rysunek obrazujący narost dla testu nr 3 (b)

Podczas skrawania nie stosowano cieczy obróbkowej, aby nie zaburzyć rejestracji fotograficznej procesu powstania wiórów.

Postać wiórów, zużycie ostrza i zjawisko narostu

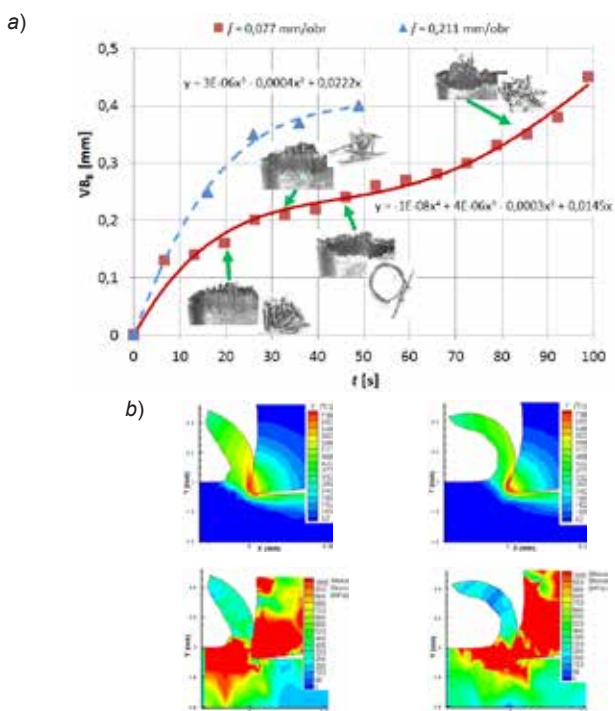
Wióry powstające podczas obróbki zostały opisane i sklasyfikowane. Na rys. 2 pokazano przykłady wiórów korzystnych i niekorzystnych dla posuwu $f = 0,077$ mm/obr.

* Prof. dr hab. inż. Wojciech Zębala (zebala@mech.pk.edu.pl), dr hab. inż. Bogdan Słodki (sloдки@mech.pk.edu.pl), dr inż. Grzegorz Struzikiewicz (struzikiewicz@mech.pk.edu.pl) – Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny



Rys. 2. Korzystna i niekorzystna postać wiórów uzyskana przy toczeniu stopu Inconel 625

Wartość wskaźnika VB zużycia ostrza była zależna od wartości posuwu. Przy posuwie $f = 0,077$ mm/obr korzystną postać wiórów otrzymywano do zużycia $VB_B = 0,45$ mm. Odpowiednio dla posuwu $f = 0,211$ mm/obr wióry korzystne obserwowano do zużycia $VB_B = 0,4$ mm. Badania wykazały typowe formy zużycia płytki skrawającej, jednakże zużycie ściernie na powierzchni przyłożenia było dominujące. Zmiany wartości wskaźnika VB_B w kolejnych testach dla dwóch wartości posuwu przedstawia rys. 3a.



Rys. 3. Zmiana wartości VB_B w kolejnych testach (a) oraz przykład symulacji toczenia dla płytki nowej i z narostem (dla $VB_B = 0,16$ mm) (b)

Krzywa dla posuwu $f = 0,077$ mm/obr pokazuje niemal klasyczny charakter zużycia narzędzia. Po czasie skrawania ok. 100 s, gdy wskaźnik VB_B przekroczył wartość 0,45 mm, zarejestrowano niekorzystną postać wiórów.

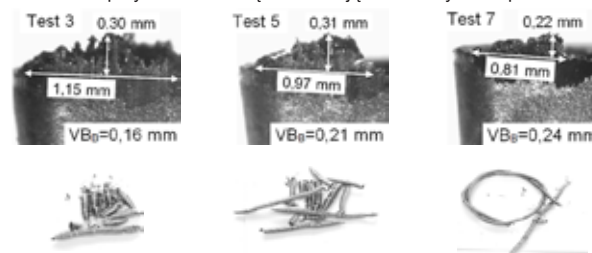
Badania symulacyjne procesu skrawania pozwoliły na uzyskanie informacji na temat temperatury i naprężeń występujących w okolicy krawędzi skrawającej [11]. Na rys. 3b przedstawiono przykładowe wyniki obliczeń dla płytki nowej i ostrza z narostem. W przypadku występowania narostu wzrasta temperatura oraz naprężenia, co przekłada się na zmianę postaci wióra.

Obserwacja mikroskopowa zużycia krawędzi skrawającej wykazała liczne deformacje, rowki i kraterki spowodowane przez zużycie ściernie. Zaobserwowano także obszerne zużycie na tylnej ścianie łamacza wiórów. Jest to prawdopodobnie przyczyną niekorzystnej postaci wiórów. Wiór nie był skierowany w stronę powierzchni przyłożenia płytki skrawającej lub nieobrobionej powierzchni przedmiotu obrabianego, aby mógł być złamany.

W kilku testach dla parametrów skrawania $f = 0,077$ mm/obr, $v_c = 65$ m/min, $a_p = 1,0$ mm wystąpiło zjawisko narostu. Powodowało to bezpośrednią zmianę postaci wiórów z korzystnej na niekorzystną.

Na rys. 4 przedstawiono przykładowe wyniki prób, w których zaobserwowano zjawisko narostu. Wygląd powierzchni przyłożenia, postać wiórów uzyskana podczas testu, jak również wartości zużycia VB_B pokazano dla testów 3, 5 oraz 7. Widoczne są charakterystyczne rowki na powierzchni przyłożenia. Jest to spowodowane tarciami pomiędzy krawędzią skrawającą i powierzchnią obrabianą.

Powierzchnia przyłożenia i krawędź skrawająca oraz uzyskana postać wiórów



Rys. 4. Zjawisko narostu i postać uzyskanych wiórów w wybranych testach

Wnioski

Wyniki badań doprowadziły do wniosku, że zjawisko narostu występowało częściej na pierwszych etapach zużycia narzędzia, zwłaszcza do wartości $VB_B = 0,26$ mm. Powodowało to powstawanie niekorzystnej postaci wiórów. Po usunięciu narostu następował powrót do korzystnej postaci wiórów. Technolog mógłby niesłusznie przypisać niekorzystną postać wiórów nadmiernemu zużyciu narzędzia. Aby ograniczyć zjawisko powstawania narostu, można zwiększyć prędkość skrawania (co może jednak mieć niekorzystny wpływ na trwałość narzędzia), zastosować inny gatunek węglików spiekanych dla płytki skrawającej (konieczne byłyby w tym przypadku testy sprawdzające) lub zmienić posuw (dla posuwu $f = 0,211$ mm/obr nie zaobserwowano zjawiska narostu). Zmiana posuwu prowadzi do zmiany chropowatości powierzchni obrobionej – w analizowanym przypadku do pogorszenia jakości tej powierzchni.

LITERATURA

- Zębała W., Kowalczyk R. "Estimating the effect of cutting data on surface roughness and cutting force during WC-Co turning with PCD tool using Taguchi design and ANOVA analysis". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 77, No. 9+12 (2015): pp. 2241+2256.
- Zębała W., Kowalczyk R. "Cutting Data Influence on Cutting Forces and Surface Finish During Sintered Carbide Turning". *Key Engineering Materials*. Vol. 581 (2014): pp. 148+153.
- Zębała W., Plaza M. "Comparative study of 3-and 5-axis CNC centers for free-form machining of difficult-to-cut material". *International Journal of Production Economics*. Vol. 158 (2014): pp. 345+358.
- Słodki B., Struzikiewicz G. „Zmiana postaci wióra w procesie zużycia ostrza z węglików spiekanych w toczeniu wzdłużnym stopu Inconel 625”. *Obróbka skrawaniem, nauka a przemysł* (red. W. Grzesik). Wydawnictwo Sutoris. Opole (2011): s. 158+167.
- Słodki B. "Chip forms in turning Inconel 625 with –SM ISCAR chip-former". *XXIV microCAD International Scientific Conference*. (2010): pp. 175+180.
- Ezugwu E.O., Wang Z.M., Machado A.R. "The machinability of nickel based alloys: a review". *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 86 (1999): pp. 1+16.
- Jóźwik J., Domińczuk J. „Analiza doświadczalna zjawiska narostu podczas toczenia”. *Eksploatacja i Niezawodność*. Nr 7 (2001): s. 53+57.
- Sandvik Coromant. "Aerospace Engine – application guide". 2004.
- Sandvik Polska Sp. z o.o. „Superstopy żaroodporne – poradnik”. (2007).
- Catalog ISCAR. "Turning tools". 2008, p. H37.
- User's Manual of AdvantEdge v7.2 machining simulation software (2016) Minneapolis, MN.