

Badanie początkowej fazy zużywania się powlekaných ostrzy węglkowych

Investigation of initial wear period of coated carbide cutting tools

MARIAN BARTOSZUK
ADRIAN NOSOL *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.368

Artykuł przedstawia wyniki badań doświadczalnych dotyczących początkowej fazy zużycia powlekaných narzędzi z węglka spiekaneego dla przypadku toczenia ortogonalnego na sucho stali austenitycznej 1.4541. W badaniach stosowano ostrza o płaskiej powierzchni natarcia, wykonane z węglka H10F z powłokami ochronnymi: TiC, TiAlN, AlTiN, AlCrN.

SŁOWA KLUCZOWE: ostrza węglkowe, powłoki ochronne, zużycie

This article presents the results of experiments relating to the initial wear period of coated carbide tools for the case of orthogonal, dry turning of austenitic 1.4541 steel. The studies used a insert with a flat rake face, made of carbide H10F with protective coatings such as: TiCN, TiAlN, AlTiN, AlCrN.

KEYWORDS: cutting tools, protective coatings, wear

W obecnych czasach powłoki ochronne nakładane na narzędzia skrawające są głównym sposobem zwiększenia wydajności produkcji. Szacuje się, że ok. 60% narzędzi skrawających używanych przez przemysł europejski to narzędzia powlekané. Często wytwórcy części maszyn wyspecjalizowani w obróbce przedmiotów dla określonej gałęzi przemysłu (np. lotnictwa, motoryzacji) oczekują narzędzi dedykowanych do obróbki ściśle określonych stopów (np. stopów magnezu). Rozwiązaniem tych problemów wydaje się stosowanie wyselekcjonowanych powłok ochronnych. W konsekwencji wybór grubości, składu chemicznego i kompozycji warstw ochronnych może być dostosowany do konkretnych wymagań użytkowników narzędzi [2, 3, 7]. Z drugiej strony, w celu spełnienia wciąż rosnących oczekiwań użytkowników narzędzi, tworzone są nowe powłoki ochronne. Stale optymalizowane są ich właściwości tribologiczne i termofizyczne [4, 6, 7]. Stąd konieczność prowadzenia badań wpływu powłok ochronnych na cieplne i tribologiczne charakterystyki procesu skrawania.

Niniejsze opracowanie opisuje badania eksperymentalne zużycia narzędzi powlekaných w początkowym stadium tworzenia się krateru zużycia na powierzchni natarcia. W badaniach skoncentrowano się na wyznaczaniu wskaźników zużycia ostrzy, a zwłaszcza powłok ochronnych, dla tak minimalnego zużycia. Do tego celu zastosowano techniki wizualizacji 3D z wykorzystaniem mikroskopu konfokalnego, wyznaczając obrazy zużycia powierzchni natarcia oraz przyłożenia.

Metodyka badań

Badania zużycia oraz jego propagację mierzono dla przypadku toczenia ortogonalnego na sucho stali austenitycznej 1.4541 ostrzami z węglka spiekaneego H10F.

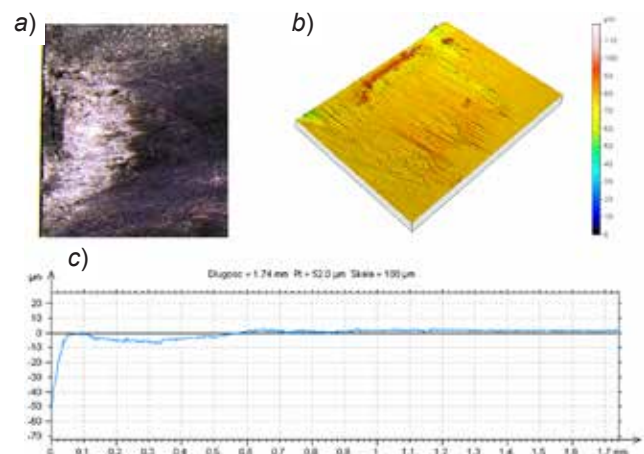
* Dr hab. inż. Marian Bartoszek (m.bartoszek@po.opole.pl), mgr inż. Adrian Nosol (a.nosol@dokoran.po.edu.pl) – Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny

Badano ostrza TNMA 160408 o płaskiej powierzchni natarcia z powłokami o następującym składzie: TiN, TiCN, TiAlN, AlTiN oraz AlCrN. Wszystkie te powłoki nanoszone na ostrza H10F w zakładach Oerlikon Balzers w Kędzierzynie-Koźlu. Zastosowane w badaniach parametry procesu skrawania wynoszą odpowiednio [1]:

- prędkość skrawania $v_c = 66,67; 86,33; 100,00; 116,67; 133,33$ oraz $150,00$ m/min,
- posuw $f = 0,10; 0,20; 0,28; 0,40$ mm/obr,
- głębokość skrawania (szerokość warstwy skrawanej) $a_p = 2$ mm.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszej kolejności w czasie procesu skrawania zbierano informacje o składowych całkowitej siły skrawania i sygnale siły termoelektrycznej oraz archiwizowano obrazy termograficzne całej strefy skrawania. Próby eksperymentalne procesu skrawania prowadzono na zmodyfikowanej tokarce konwencjonalnej z bezstopniową regulacją prędkości obrotowej wrzeciona.

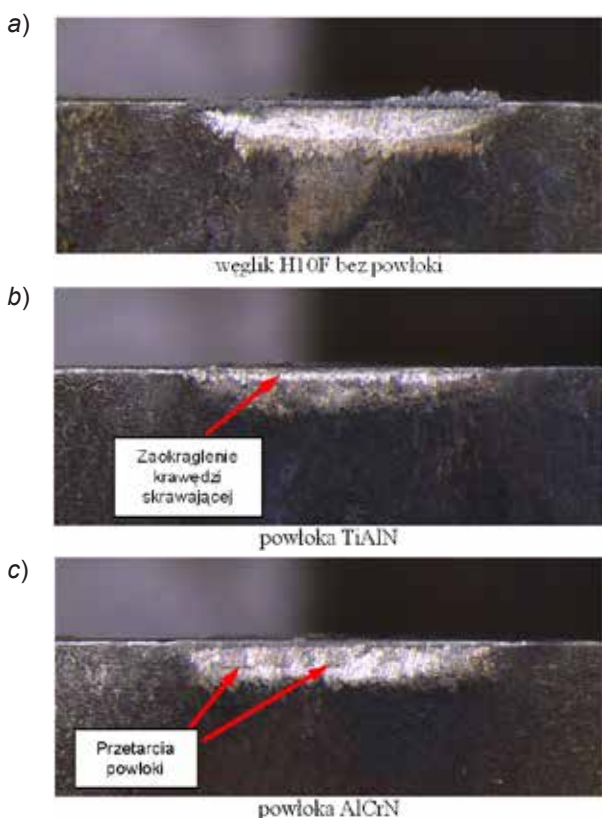
Na następnym etapie, już po zakończeniu eksperymentu, dokonywano pomiarów grubości wióra, długości i pola kontaktu oraz wyznaczano wskaźniki zużycia na powierzchni natarcia i przyłożenia ostrza. Do pomiarów zużycia na powierzchni przyłożenia ostrza wykorzystywano mikroskop optyczny Leica MS5 oraz dedykowane oprogramowanie Leica Menager. Mikrogeometrię zużycia powierzchni natarcia wyznaczano na podstawie obrazów zarejestrowanych przy pomocy mikroskopu konfokalnego LEXT OLS 4000 Olympus. Tak zapisane obrazy zużytej powierzchni kontaktu pozwalały na wydzielanie pojedynczych profili prostopadłych do krawędzi skrawającej. Do tego celu służyło oprogramowanie Mountains Map. Przykład kolejnych faz obróbki obrazu pola starcia powierzchni natarcia ostrza z powłoką TiAlN pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Przykład kolejnych faz obróbki pola starcia powierzchni natarcia ostrza dla wydzielania profili zużycia [1]; a) obraz mikroskopowy powierzchni natarcia, b) obraz z mikroskopu konfokalnego, c) wybrany profil badanej powierzchni

Analiza uzyskanych wyników

Wielkość zużycia i jego ewolucja zależą głównie od wzajemnego stosunku właściwości mechanicznych i termofizycznych materiału obrabianego i materiału ostrza. Przykładowe efekty zużycia powierzchni przyłożenia, zaobserwowane dla różnych ostrzy po czasie skrawania 4 min, pokazano na rys. 2. Widoczny na rys. 2a obszar starcia dla ostrza bez powłok jest regularny i równomierny na całej szerokości pasma zużycia. Porównując ten obraz ze zużyciem ostrzy powlekanych (rys. 2a oraz 2b), zauważyć można, że powłoki powodują wyraźne zmniejszenie wskaźnika zużycia VB_B . Przykładowo dla ostrza z powłoką TiAlN zmierzona wartość wskaźnika VB_B jest o ok. 14% mniejsza niż dla ostrza bez powłok (rys. 2c).



Rys. 2. Wybrane obrazy zużycia powierzchni przyłożenia badanych ostrzy dla czasu skrawania 4 min [1], parametry obróbki: $v_c = 100$ m/min, $f = 0,20$ mm/obr

Analizując obraz zużycia dla powłoki AlCrN, zauważyć można obszary praktycznie pozbawione powłoki. Średnia wartość wskaźnika VB_B jest o ok. 18% mniejsza niż dla ostrza bez powłok. Promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej uległ mniejszej modyfikacji niż dla powłoki TiAlN. Przypuszczać można, że takie różnice w zachowaniu tribologicznym obu powłok wynikać mogą z różnych właściwości termofizycznych w podwyższonych temperaturach [5]. Zbiorcze zestawienie wartości średniej szerokości pasma zużycia VB_B dla wszystkich badanych ostrzy pokazano w tabelicy. Zauważyć można, że dla czasu skrawania wynoszącego 1 min uzyskano porównywalne wartości wskaźnika zużycia VB_B wynoszące ok. 0,250 mm. Wraz ze wzrostem czasu skrawania postępuje również zużycie powierzchni ostrzy. Jednak dla czasu skrawania $t = 2$ i 4 min dla powłok z grupy TiAlN, AlTiN oraz AlCrN odnotowano mniejszą niż dla pozostałych powłok szerokość pasma zużycia VB_B . Tendencja ta jest zgodna z przesłankami literaturowymi [3, 5, 6] i zaleceniami producentów

narzędzi skrawających, którzy tego typu powłoki dedykują do obróbki materiałów trudnoskrawalnych, takich jak stopy tytanu, niklu, stali nierdzewne i żaroodporne.

TABLICA. Średnia szerokość pasma zużycia VB_B zarejestrowana po czasie toczenia 1, 2, 4 min [1]

Rodzaj powłoki	Średnia szerokość pasma zużycia VB_B , mm		
	$t = 1$ min	$t = 2$ min	$t = 4$ min
-	0,279	0,322	0,344
TiN	0,280	0,308	0,327
TiCN	0,274	0,299	0,309
TiAlN	0,260	0,278	0,305
AlTiN	0,251	0,294	0,300
AlCrN	0,237	0,252	0,289

Przypuszczać można, że czynnikiem decydującym o takim zachowaniu powłok z grupy TiAlN, AlTiN, AlCrN są ich właściwości mechaniczne i termofizyczne, a przede wszystkim większa odporność na zużycie ściernie w temperaturach $800\div 850$ °C. Dla powłok TiN oraz TiCN odnotowano większe wartości wskaźnika zużycia VB_B o ok. 7÷10% niż dla powłok TiAlN, AlTiN, AlCrN, co tłumaczyć można większym powinowactwem chemicznym azotku tytanu i stali.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzić można, że w początkowym stadium zużywania się ostrza pojawia się najpierw zużycie ściernie powierzchni przyłożenia, a dopiero później, na dalszym etapie zużycia, następuje stopniowa modyfikacja krawędzi skrawającej wraz z równoczesnym zużywaniem się powierzchni natarcia. W badaniach odnotowano, że dla testowanych ostrzy promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej zmienił się z ok. $56\div 59$ μm na $22\div 25$ μm , a rowek powstający na powierzchni natarcia miał kształt i lokalizację zbliżone do komercyjnych ostrzy. Obrabiana stal austenityczna jest materiałem następczącym wielu problemów obróbkowych. Charakteryzuje się silną tendencją do umocnienia oraz do tworzenia narostu. W efekcie na skutek silnych szczepień adhezyjnych dochodzi do lokalnych wyrwań powłoki ochronnej.

Przeprowadzone badania mają również aspekt praktyczny. Uzyskane wyniki służą mogą optymalizacji promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej oraz konfiguracji kształtu powierzchni natarcia komercyjnych płytek rowkowanych przeznaczonych do obróbki odpornych na korozję stali austenitycznych.

LITERATURA

- Bartoszuk M. „Modelowanie przepływu ciepła i rozkładu temperatury w strefie skrawania dla ostrzy węglkowych”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, 2013.
- Dobrzański L.A., Mięka J. „Structure and properties of PVD and CVD coated $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$ mixed oxide tool ceramics for dry on high speed cutting processes”. *J. Mater. Process. Tech.* Vol. 164÷165 (2005): pp. 822÷831.
- Grzesik W. „Advanced protective coatings for manufacturing and engineering”. Hanser Gardner Publications, Cincinnati (2003).
- Grzesik W., Niesłony P. „Prediction of friction and heat flow in machining incorporating thermophysical properties of the coating-chip interface”. *Wear*. Vol. 256 (2004): pp. 108÷117.
- Kalss W., Reiter A., Derflinger V., Gey C., Endrino J.L. „Modern coatings in high performance cutting applications”. *Int. J. Refract. Met. H. Mat.* Vol. 24 (2006): pp. 399÷404.
- Kupczyk M. „Wytwarzanie i eksploatacja narzędzi skrawających z powłokami przeciwzużyciowymi”. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2009.
- Rech J., Kusiak A., Battaglia J.L. „Tribological and thermal functions of cutting tool coatings”. *Surface & Coatings Technology*. Vol. 186 (2004): pp. 364÷371.