

# Zużycie ostrzy z regularnego azotku boru podczas wspomaganego laserowo toczenia twardej warstwy z węglików wolframu na osnowie niklowej

Wear of cutting edges made of cubic boron nitride during laser assisted turning hard layer of tungsten carbide based on nickel matrix

PIOTR KIERUJ  
DAMIAN PRZESTACKI  
TADEUSZ CHWALCZUK\*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.285

Zaprezentowano analizę zużycia ostrzy podczas toczenia wzdłużnego węglika wolframu na osnowie niklowej oraz wpływ obróbki hybrydowej na trwałość ostrzy. W badaniach analizowano skrawność ostrzy z regularnego azotku boru (KB9610). Stwierdzono kilkukrotne zwiększenie trwałości ostrza podczas toczenia w warunkach wspomaganego laserowego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** toczenie wzdłużne, węgiel wolframu, regularny azotek boru, zużycie ostrza

*This paper presents the analysis of tool's flank wear during longitudinal turning of tungsten-carbides based on nickel matrix. The influence of hybrid machining was presented. The cutting inserts made of cubic boron nitride (KB9610) were applied in the research. The several times increase in tool life when turning under laser assisted conditions was found.*

**KEYWORDS:** longitudinal turning, tungsten carbide, cubic boron nitride, tool wear

Węgliki spiekane są kompozytami o twardych cząstkach węglkowych i osnowie metalicznej. Ze względu na wielość gatunków, uniwersalność zastosowań, a przede wszystkim dobrą relację właściwości wytrzymałościowych do ceny węgliki spiekane są powszechnie stosowane w produkcji narzędzi skrawających (płytek i monolitycznych frezów pełnowęglkowych) [1, 4]. Odporność na ścieranie w podwyższonej temperaturze pozwoliła zakwalifikować węgliki spiekane do grupy nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych, które mogą być wykorzystywane w produkcji części maszyn i urządzeń [4].

Dotychczasowe sposoby formowania węglików spiekanych metodą metalurgii proszków nie sprawdzają się w tych zastosowaniach, gdyż w produkcji jednostkowej jest to nieopłacalne, a produkcja części nietypowych wymaga dużych nakładów pracy. Dobrym rozwiązaniem jest natomiast technologia napawania laserowego, która pozwala na wytwarzanie nietypowych przedmiotów z warstwą twardego materiału poprzez selektywne nakładanie węglkowych warstw na powierzchnie użytkowe części maszyn.

W technologii napawania laserowego węglików stosuje się energię promieniowania elektromagnetycznego, absorbowaną przez powierzchnię podłoża, do wytworzenia strefy stopionego materiału, w którym została się materiał dodatkowy w formie proszku, składający się z rozdrobnionych cząstek węglkowych i osnowy metalowej [5]. Wzajemny ruch przedmiotu napawanego, wiązki lasero-

wej i urządzenia podającego materiał dodatkowy pozwala tworzyć ścieżki, a ich powielenie w bliskiej odległości tworzy warstwę powierzchniową. Niestety, tak wytworzona warstwa cechuje się dużymi wartościami parametrów chropowatości, niedokładnościami wymiarowo-kształtowymi, porowatością i falistością [2, 4]. Podczas obróbki mechanicznej takiej warstwy występują znaczne wartości składowych siły całkowitej skrawania, zwłaszcza siły odporowej  $F_p$ , która rośnie wraz ze zużywaniem się ostrza skrawającego [6, 7]. Z uwagi na dużą twardość węgliki spiekane można skrawać jedynie ostrzami wykonanymi z najtwardszych materiałów narzędziowych, tj. polikrystalicznego diamentu i regularnego azotku boru. Mimo ich znaczącej twardości trwałość ostrzy jest niezadowalająca [2]. Laserowe wspomaganie obróbki skrawaniem powinno wydłużyć trwałość ostrzy skrawających, dzięki zmniejszeniu twardości materiału obrabianego w strefie skrawania poprzez jego miejscowe podgrzewanie wiązką laserową.

## Warunki i metodyka badań

W badaniach wykorzystano wałek stalowy o średnicy 50 mm, pokryty trzema warstwami spieku składającego się z węglika wolframu na osnowie niklowej. Udział procentowy WC wynosił 88%, a Ni – 12%. Bezpośrednio po napawaniu laserowym próbka charakteryzowała się dużą chropowatością, znaczącą odchyłką walcowatości i zauważalnym biciem promieniowym. Na powierzchni próbki wyznaczono dwie strefy o szerokości 10 mm, które odpowiadały znamionowej wartości drogi skrawania  $l_s$ .

Badania obejmowały pomiary szerokości pasma zużycia na powierzchni przyłożenia w strefie naroża  $VB_c$  przy stałych parametrach skrawania. Przyjęto następujące parametry skrawania:

- głębokość skrawania  $a_p = 0,04$  mm,
- posuw  $f = 0,1$  mm/obr,
- prędkość skrawania  $v_c = 31$  m/min.

Za kryterium stopienia ostrza przyjęto wartość  $VB_c$  na poziomie 0,36 mm. Szerokość pasma zużycia na powierzchni przyłożenia  $VB_c$  mierzono za pomocą mikroskopu stereoskopowego.

Narzędziem użytym w badaniach był nóż tokarski PSBNL2020K12 z płytkami skrawającymi o symbolu SNGA120408, wykonanymi z regularnego azotku boru KB9610 z pokryciem TiN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN.

Badania przeprowadzono na stanowisku laserowym składającym się z tokarki sterowanej numerycznie DMG Mori Seiki CTX Ecoline 310 i lasera diodowego Trumpf

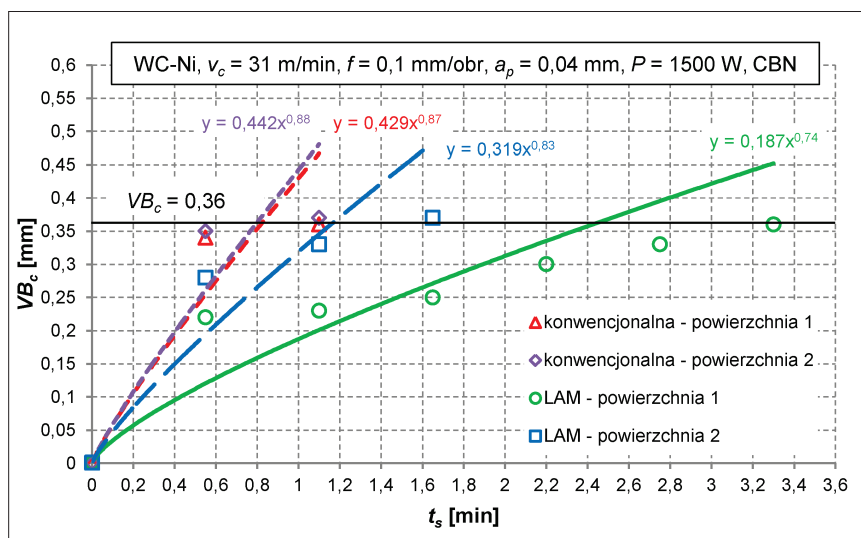
\* Mgr inż. Piotr Kieruj (piotr.a.kieruj@doctorate.put.poznan.pl), dr inż. Damian Przystacki (damian.przystacki@put.poznan.pl), mgr inż. Tadeusz Chwalczuk (tadeusz.chwalczuk@put.poznan.pl) – Politechnika Poznańska

TruDiode 3006 o mocy 3 kW, współpracującym z robotem przemysłowym KUKA KR 16-2. Średnica wiązki laserowej na powierzchni próbki wynosiła 1 mm, a moc wiązki została ustalona na poziomie 1500 W. Zużycie ostrza analizowano podczas toczenia konwencjonalnego (w dwóch pierwszych próbach) oraz toczenia w warunkach laserowego wspomaganie skrawania (w dwóch kolejnych próbach).

## Wyniki badań i ich analiza

Sporządzono prezentację graficzną wartości wskaźnika zużycia ostrzy skrawających podczas obróbki konwencjonalnej oraz hybrydowej. Na rys. 1 przedstawiono porównanie przebiegu zużycia dla materiału narzędziowego KB9610.

Zastosowanie LAM pozwoliło na zmniejszenie intensywności zużywania się ostrzy z CBN we wszystkich analizowanych przypadkach. Wzrosła trwałość ostrzy, jednakże każda z dwóch prób zrealizowanych tą metodą wykazała inną, znacząco odmienną wartość, odpowiednio: 1,6 min dla pierwszej powierzchni skrawanej i 3,3 min dla drugiej strefy. Parametry skrawania były stałe, a jedyną

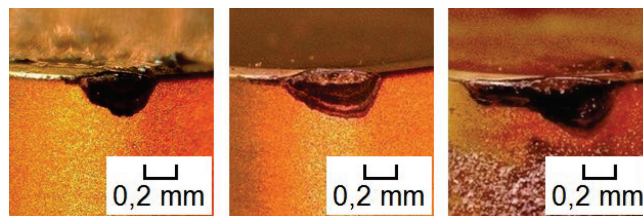


Rys. 1. Przebieg zużycia ostrzy wykonanych z regularnego azotku boru (KB9610) podczas obróbki konwencjonalnej oraz z zastosowaniem LAM

zmienną mogącą mieć wpływ na tak zróżnicowane wyniki była struktura obrabianego materiału na różnym odcinku warstwy napawanej. W badanym materiale występowały liczne porowatości wynikające z procesu laserowego nakładania powłok.

Dla obróbki konwencjonalnej uzyskano trwałość wynoszącą 1 min, co potwierdza mniejszą trwałość ostrzy przy skrawaniu bez wspomaganie laserowego. Warto zauważyć, że wskaźnik zużycia  $VB_c$  osiągnął wartość powyżej 0,2 mm już po pierwszym przejściu odpowiadającym czasowi skrawania około pół minuty, co świadczy o bardzo szybkim starciu naraża ostrza – okres przyspieszonego zużycia (docierania) według krzywej przebiegu zużycia Lorenza. Kolejne zmierzone wartości zużycia tworzą liniowy przebieg o małych wzrostach wartości  $VB_c$  po kolejnych przejściach, co odpowiada okresowi stabilnego zużycia. Na wykresie wrysowano linie trendu odpowiadające funkcji potęgowej, jako najbliższej rzeczywistości kształtowi krzywej zużycia.

Na rys. 2 przedstawiono ostrza skrawające o różnym stopniu zużycia. Zauważalne są wykruszenia krawędzi skrawającej o wielkości kilkunastu mikrometrów.



Rys. 2. Zdjęcia ostrzy z różnymi wartościami zużycia: a)  $VB_c = 0,22$  mm, b)  $VB_c = 0,25$  mm, c)  $VB_c = 0,35$  mm

Zjawisko to nosi nazwę szczyrbałości krawędzi skrawającej i występuje podczas skrawania materiałów o dużej twardości, np. stali zahartowanej lub węgliku spiekane-go. Odgrywa ważną rolę w przypadku obróbki dokładnej, wpływając na chropowatość powierzchni obrobionej [3].

## Wnioski

Uzyskane wartości trwałości ostrzy jednoznacznie wskazują, że węglik spiekany WC-Ni należy do grupy materiałów trudnoskrawalnych. Zastosowanie wspomaganie laserowego skrawania pozwoliło na zwiększenie trwałości ostrzy o 60% podczas skrawania powierzchni pierwszej oraz o ponad 200% podczas skrawania powierzchni drugiej.

Potwierdzono, że wspomaganie laserowe podczas toczenia przyczynia się do zwiększenia trwałości ostrzy wykonanych z CBN. Zasadne jest wykonanie kolejnych prób toczenia i rozszerzenie badań o skrawanie z innymi parametrami, a także z zastosowaniem innego gatunku CBN oraz polikrystalicznego diamentu.

**Badania wykonano w ramach projektu „LIDER V” współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, umowa nr LIDER/005/141/L-5/NCBR/2014. Tytuł projektu: „Laserowe wspomaganie toczenia węglików spiekanych napawanych laserowo”.**

## LITERATURA

- Olszak W. „Obróbka skrawaniem”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2008.
- Twardowski P., Wojciechowski S. „Skrawalność w procesie frezowania twardych napoin z węgliku wolframu”. *Mechanik*. Nr 12 (2010).
- Jankowiak M., Kawalec M. „Kształtowanie mikronierówności powierzchni w procesie dokładnego toczenia ostrzami polikrystalicznymi”. *Postępy Technologii Maszyn i Urządzeń*. Vol. 22, nr 3 (1998): s. 79-91.
- Rogosz T., Przystacki D. „The Temperature Analysis of Cemented Carbide Heated by Moving Laser Beam”. *Archives of Mechanical Technology and Automation*. Vol. 34, No. 1 (2014).
- Si Song-hua, Yuang Xiao-min, Liu Yue-long, He Yi-zhu, Keesam Shin. „Effect of Laser Power on Microstructure and Wear Resistance of WC<sub>6</sub>/Ni Cermet Coating”. *Journal of Iron and Steel Research*. Vol. 13, No. 3 (2006): pp. 74-78.
- Zębała W., Kowalczyk R., Matras A. „Analysis and Optimization of Sintered Carbides Turning with PCD Tools”. 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation. *Procedia Engineering*. Vol. 100 (2015): pp. 283-290.
- Coppini N.L., Diniz A.E., Bonandi M., de Souza E.M., Baptista E.A. „Hard Turning of Sintered Cemented Carbide Parts: A Shop Floor Experience”. 14th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations. *Procedia CIRP*. 8 (2013): pp. 368-373.