

Wpływ powłoki nanowarstwowej na wiertłach przy obróbce przelotowej otworów w blachach z mosiądzu CuZn39Pb3

prof. dr hab. inż. E. Feldshtein (Uniwersytet Zielonogórski)
mgr inż. Y. Lisovskaya (Instytut Metalurgii Proszków, Minsk, Białoruś)

Powlekanie narzędzia skrawające obecnie są bardzo szeroko wykorzystywane, ponieważ zapewniają zdecydowany wzrost wydajności produkcji i trwałości narzędzia [1].

Celem niniejszej pracy jest analiza efektywności powłoki nanowarstwowej kompozycyjnej w warunkach wiercenia przelotowego mosiądzu CuZn39Pb3.

Powlekanie narzędzia skrawające obecnie są bardzo szeroko wykorzystywane, ponieważ zapewniają zdecydowany wzrost wydajności produkcji i trwałości narzędzia [1]. Znane są różne rodzaje powłok, które można podzielić [2-7]:

- w zależności od stosowanej technologii powlekania – na powłoki PVD, CVD, plazmowe, elektrolityczne etc.,
- w zależności od składu – na bazie węglików, azotków, tlenków, ich mieszanin itp.,
- w zależności od struktury i budowy – jedno- i wielowarstwowe, gradientowe, metastabilne, nanokrystaliczne i inne.

Dzisiaj najczęściej stosuje się powłoki wielowarstwowe, co zapewnia większe możliwości powłoki, ponieważ każda odrębna warstwa może posiadać inne właściwości. Pokrywanie najczęściej odbywa się metodami PVD i CVD, przy czym metody CVD skierowane są bardziej na narzędzia z węglików spiekanych, ponieważ podczas procesu pokrywania występują wysokie temperatury,

rzędu 800÷1000°C. Metody PVD są bardziej uniwersalne, bo są realizowane w temperaturach niższych od temperatury przemian fazowo-strukturalnych w stalach szybko tnących.

Pośród różnych powłok od wielu lat stosuje się powłoki DLC (diamond like carbon) [4]. Powlekanie odbywa się głównie metodami CVD [2], co przeszkadza w powlekanii narzędzi ze stali szybko tnącej, a także inicjuje duże naprężenie w materiale zarówno powłoki jak i podłoża.

Ważnym trendem w rozwoju powlekania jest zastosowanie powłok samosmarujących. Są one stosowane w warunkach skrawania na sucho i zapewniają zmniejszenie tarcia i ciepła przy skrawaniu. Dobre wyniki w takich warunkach wykazali zarówno powłoki DLC jak i powłoki na bazie dwusiarczku molibdenu MoS₂ [3,4,8,9].

Celem niniejszej pracy jest analiza efektywności powłoki nanowarstwowej kompozycyjnej w warunkach wiercenia przelotowego mosiądzu CuZn39Pb3.

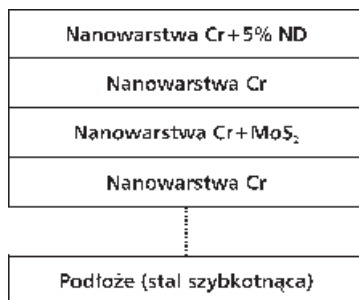
Materiał obrabiany – mosiądz CuZn39Pb3 (EN-CW614N) stosowany do produkcji elementów złącznych, elementów armatury, elementów łożysk i zamków, śrub, nakrętek, uchwytów, zacisków kablowych, listew zaciskowych, części dla elektrotechniki i in. Skład chemiczny: 57,0÷59,0% Cu, 2,5÷3,5% Pb, 0,05% Al (max.), 0,3% Fe (max.), 0,3% Ni (max.), 0,3% Sn (max.), Zn reszta. Właściwości mechaniczne: przedział wytrzymałości na rozciąganie R_m = 380 MPa, granica plastyczności R_{p0.2} = 160 MPa, wydłużenie względne A = 18%, twardość HB 90. Półfabrykat miał kształt płaskownika o grubości 10 mm i szerokości 50 mm, pociętego na odcinki, w każdym z których wiercono 60 otworów.

Użyto wiertel krętych z chwytem walcowym NWKa o średnicy 6 mm ze stali szybko tnącej powlekanych oraz dla porównania niepowlekanych z tej samej partii produkcyjnej. Testy wykonano na 5-osiowym centrum frezarskim DMU 70 (rys. 1) przy prędkości skrawania 75,3 m/min (prędkość obrotowa 4000 obr/min)





Rys. 1. Strefa obróbki



Rys. 2. Budowa bloku warstwowego (ND – nanodiamenty)

i posuwie 0,06 mm/obr. Warunki chłodzenia strefy obróbki – sprężone powietrze.

Powłokę nanoszono metodą PVD na wiertło ze stali szybkołnącej nagrzane do temperatury 200°C [10]. Budowę pojedynczego bloku warstwowego przedstawiono na rys. 2.

Nanowarstwa chromu (Cr) zapewnia elastyczność bloku, kompozycja Cr+5% ND – twardość, natomiast kompozycja Cr+MoS₂ – funkcjonuje jako twardy smar i zmniejsza siły tarcia w strefie skrawania. Multinanowarstwowa powłoka zawierała czterdzieści powtarzających się pojedynczych bloków warstwowych osadzanych jeden na drugim. Przeprowadzone badania wytypowały warstwę czterdziestoblokową jako najlepszą ze względu na warunki tarcia [10].

Podczas wiercenia sprawdzano szczegóły kształtowania zadziorów, warunki tworzenia wióra, chropowatość powierzchni otworów oraz intensywność zużycia wiertła.

Zadziory formujące się przy wierceniu na wyjściu wiertła z otworu stanowią poważny problem w technologii obróbki mechanicznej, ponieważ płaszczyzny lub krawędzie, na których zostały utwo-

rzony, często wymagają dodatkowego wykończenia. Takie dodatkowe zabiegi to dłuższy czas wykonania elementu, a także większe koszty produkcji.

Na rys. 3 przedstawiono wyjściowe krawędzie otworów wykonanych za pomocą wiertła bez powłoki i z powłoką. W pierwszym przypadku na wyjściu wiertła z otworu w zdecydowanej większości powstają zadziory o kształcie kapturek dwupoziomowych; liczba otworów bez zadziorów maleje w miarę wzrostu zużycia wiertła. W drugim przypadku zdecydowana większość otworów ma zadziory o kształcie bardzo cienkich i łatwo usuwalnych tasiemek (tabl. 1). Większą liczbę otworów bez zadziorów zaobserwowano na początku i na końcu cyklu zużycia wiertła.

Obecność powłoki zmienia kształt wióra. W przypadku wiertła powlekanego zaobserwowano wióry spiralne (rys. 4), co świadczy o mniejszych współczynnikach tarcia na powierzchniach styku wióra z wiertłem. Zaobserwowano także niewielkie nalepy na powierzch-

niach rowków wiórowych, na wiertłach powlekanym – w mniejszym stopniu.

Na podstawie pomiarów grubości wióra h_{ch} określono niektóre wskaźniki strefy tworzenia wióra [11]:

współczynnik zgrubienia wióra

$$K_h = \frac{h_{ch}}{h_D}$$

kąt ścinania Φ

$$\text{tg } \Phi = \frac{\cos \gamma}{K_h - \sin \gamma}$$

współczynnik tarcia na powierzchni natarcia

$$\mu = \text{tg}(45^\circ - \Phi + \gamma)$$

gdzie:

$$h_D = \frac{f}{2} \sin \kappa_r - \text{grubość warstwy skrawanej,}$$

f – posuw,

κ_r – połowa kąta wierzchołkowego,

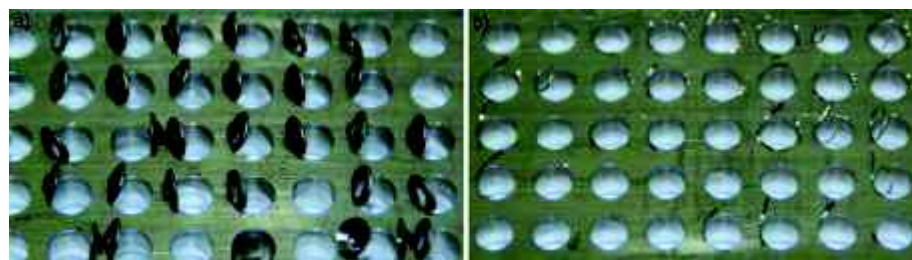
γ – kąt natarcia wiertła w wierzchołkach,

$$\text{równy } \text{tg } \gamma = \frac{\text{tg } \lambda}{\sin \kappa_r},$$

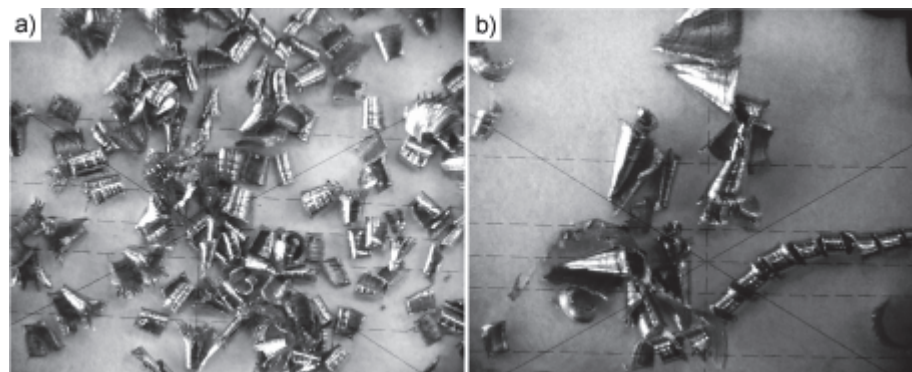
λ – kąt pochylenia rowka wiórowego.

Tablica 1. Szczegóły kształtowania zadziorów

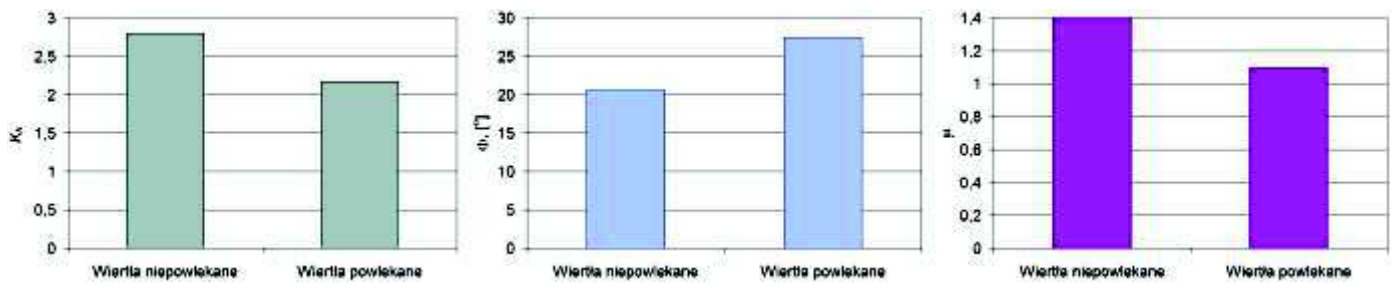
| Rodzaj wiertła | Liczby otworów bez zadziorów i z zadziorami przy czasie pracy wiertła [min] | | | |
|----------------|---|-------|-------|-------|
| | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 |
| Niepowlekanne | 24/36 | 26/34 | 15/45 | 8/52 |
| Powlekanne | 14/46 | 5/55 | 5/55 | 17/43 |



Rys. 3. Zadziory po wierceniu wiertłami bez powłoki (a) i z powłoką (b)



Rys. 4. Kształty wióra przy wierceniu wiertłami bez powłoki (a) i z powłoką (b)



Rys. 5. Porównanie wskaźników strefy tworzenia wióra

Porównanie wymienionych wskaźników strefy tworzenia wióra jednoznacznie wskazuje na przewagę wiertel powlękanych (rys. 5).

W przypadku wiertel niepowlękanych zużycie rozpowszechniło się na powierzchni łysinek, osiągając wartość 1 mm. Zużycie wiertel powlękanych zachodzi przeważnie w miejscach styku

szerokości rowków profilu RSm . Różnice w parametrach są niewielkie (rys. 6).

Podsumowanie

Obecność powłoki nanowarstwowej na wiertłach przy obróbce przelotowej otworów w mosiądzu CuZn39Pb3 bardzo korzystnie wpływa na kształty powstających zadziorów, wskaźniki

CIRP Annals Manufacturing Technology, 2012, 61 (2), p. 703–723.

4. Li F., Zhang S., Kong J., Zhang Y., Hang W. Multilayer DLC coatings via alternating bias during magnetron sputtering. Thin Solid Films, 2011, 5.19 (15), p. 4910–4916.

5. Dahotre N.B., Nayak S. Nanocoatings for engine application. Surface & Coatings Technology, 2005, 194 (1), p. 58–67.

6. Bewilogua K., Hofmann D. History of diamond-like carbon films From first experiments to worldwide applications, Surface & Coatings Technology, 2014, 242, p. 214–225.

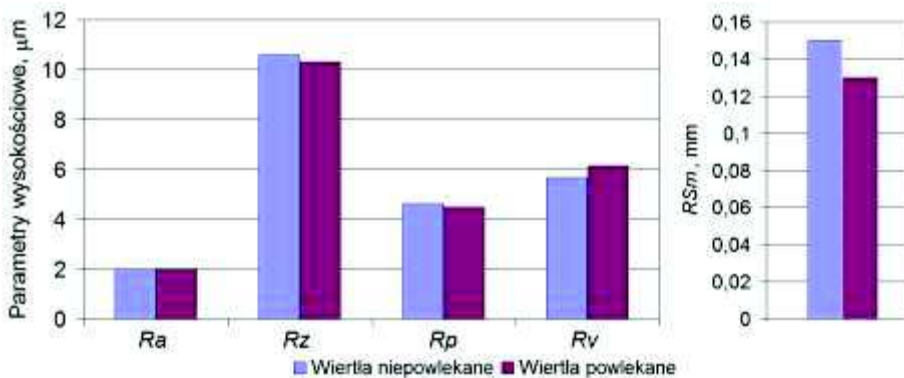
7. Mandich N.V., Dennis J.K., Derivation of exact equation for current efficiency under periodic reverse current conditions. Metal Finishing, 2001, 99 (6), p. 117119.

8. Haider J., Rahman M., Corcoran B., Hashmi M.S.J., Deposition and characterization of hard-solid lubricant coating by closed-field magnetron sputtering. Surface & Coatings Technology, 2005, 200(14), p. 10801083.

9. Jian X.G., Shi L.D., Chen M., Sun F.H., Tribological studies on ultra-fine diamond composite coatings deposited on tungsten carbide. Diamond and Related Materials, 2006, 15 (23), p. 313–316.

10. Ilyuschenko A.P., Eugene E. 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.

11. Feldshtein E. Wybrane zagadnienia obróbki skrawaniem. Zielona Góra, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2013. ■



Rys. 6. Zmiany parametrów chropowatości powierzchni

głównych krawędzi skrawających i krawędzi łysinek (narożach) i ma postać zaokrąglenia, wartość zużycia 0,55 mm. Intensywność zużycia wyniosła odpowiednio 0,92 μ/s i 1,67 μ/s. Oznacza to, że trwałość wiertel z powłoką nanowarstwową zwiększyła się około 1,8 razy w stosunku do wiertel niepowlękanych. Warto zaznaczyć, że uszkodzenie łysinek w sposób znaczący zmniejsza całkowity okres trwałości wiertel, ponieważ zmniejsza się dopuszczalna liczba ostrzeń.

Analizy chropowatości powierzchni otworów dokonano porównując parametry średniej arytmetycznej rzędnych profilu R_a , największej wysokości profilu R_z , wysokości najwyższego wzniesienia profilu R_p , głębokości najniższego wgłębienia profilu R_v oraz średniej

oraz średniej szerokości rowków profilu RSm . Zmiany parametrów chropowatości powierzchni są niewielkie.

Literatura

1. Kupczyk M. Wytwarzanie i eksploatacja narzędzi skrawających z powłokami przeciwzużyciowymi. Poznań, Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2009.

2. Byrne G., Dornfeld D., Denkena B. Advancing Cutting Technology. CIRP Annals Manufacturing Technology, 2003, 52 (2), p. 483507.

3. Bouzakis K.-D., Michailidis N., Skordaris G., Bouzakis E., Biermann D., M'Saoubi R. Cutting with coated tools: Coating technologies, characterization methods and performance optimization.