

# Wpływ powłoki TiN na proces mikrowiercenia tworzyw sztucznych

MARCIN GOŁĄBCZAK, ANDRZEJ GOŁĄBCZAK, MAREK MATCZAK \*

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących porównawczej oceny zużycia i trwałości ostrza mikrowiertel z powłoką TiN oraz bez niej, w procesie mikrowiercenia tworzyw sztucznych, a także jakością wykonywanych otworów. Do oceny zużycia i trwałości ostrza mikrowiertel posłużono się wskaźnikiem zużycia naroża ostrza, pomiarem osiowej siły skrawania oraz długością wiercenia. Jakość wykonywanych otworów oceniano natomiast na podstawie obrazów mikroskopowych krawędzi otworów od strony wejścia i wyjścia wiertła. Stwierdzono wyraźne różnice w efektach stosowania porównywanych narzędzi.

## Wstęp

Wiercenie mikrootworów w materiałach niemetalicznych, takich jak tworzywa sztuczne i kompozyty, naraża istotne problemy technologiczne. Wynikają one m.in. ze złej skrawalności tych materiałów, powodowanej ich słabym przewodnictwem cieplnym, niekorzystnymi warunkami odprowadzania ciepła skrawania oraz obecnością w ich strukturze składników o właściwościach ściernych itp. Wymienione czynniki są przyczyną intensywnego zużycia ostrza, zwłaszcza na jego narożach [4, 5, 6, 8]. Wzrost świadomości ekonomicznej w firmach produkcyjnych sprawia, że już na etapie projektowania procesu obróbkowego zakłada się okres trwałości ostrza narzędzia i uwzględnia jego wpływ na całkowity koszt wytwarzania. W celu zwiększenia trwałości ostrza narzędzi skrawających stosuje się ochronne po-

włoki przeciwzużyciowe, spośród których najpopularniejsze są powłoki z azotku tytanu (TiN) nanoszone metodą fizycznego osadzania z fazy gazowej (*Physical Vapour Deposition*) [1, 2, 3, 7]. Oczekuje się, że zastosowanie tego typu powłok na mikrowiertłach może zwiększyć trwałość ich ostrzy w procesie mikrowiercenia tworzyw sztucznych i kompozytów oraz przyczyni się do poprawy jakości wierconych mikrootworów. W artykule zaprezentowano wyniki badań dotyczące porównawczej oceny zużycia i trwałości ostrza mikrowiertel z powłoką TiN oraz jakości wierconych otworów w płytkach z tworzywa sztucznego PP.

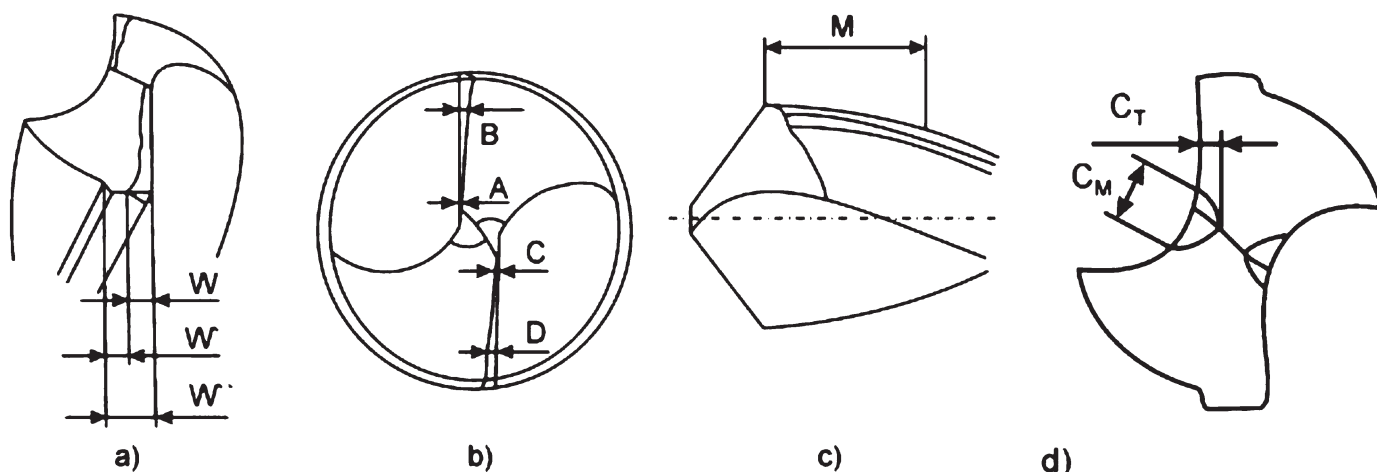
## Badania doświadczalne – warunki i parametry

Badania doświadczalne obejmowały próby technologiczne mikrowiercenia

próbek z wybranych tworzyw sztucznych wiertłami ze stali szybko tnącej wolframowej (HSS) o wzmocnionej części chwytowej i średnicy 1 mm. Dla celów porównawczych, część wiertel pokryto powłoką TiN powszechnie stosowaną dla zwiększenia ich odporności na zużywanie. W realizowanych badaniach do oceny zużycia ostrza mikrowiertel wybrano, spośród wielu stosowanych parametrów (rys. 1), parametr *W* (rys. 1a) – zużycie naroża ostrza wiertła.

Pomiary zużycia naroża ostrza wiertła – parametr *W* (rys. 1a) wykonano na mikroskopie warsztatowym typu MWD PZO Warszawa. W celu określenia trwałości ostrza mikrowiertel w procesie mikrowiercenia rejestrowano również składową osiową siłę skrawania, wykorzystując siłomierz Kistler 9257B połączony z komputerem. Próby technologiczne mikrowiercenia przeprowadzono na próbkach o wymiarach 80 × 100 mm i grubości 2 ÷ 5 mm, wykonanych z polipropylenu PP. Dla zachowania stałych w czasie parametrów obróbki próby technologiczne przeprowadzono na sterowanym numerycznie centrum

\* Dr hab. inż. M. Gołąbczak, marcin.golabczak@p.lodz.pl, Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn, Politechnika Łódzka, prof. dr hab. inż. A. Gołąbczak, andrzej.golabczak@pwsz.wloclawek.pl, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa we Włocławku, mgr inż. M. Matczak, GEP Poland Sp. z o.o.



Rys. 1. Parametry oceny zużycia ostrza wiertła [4]: a) parametry zużycia naroża ostrza, b) parametr zużycia powierzchni przyłożenia, c) parametr zużycia fyłski prowadzącej, d) parametry zużycia krawędzi poprzecznej (ścina)

frezarskim FYS16N, stosując następujące parametry obróbki:

- prędkość obrotową wrzeciona: 6000 obr/min,
- prędkość skrawania: 18,84 m/min,
- posuw: 0,03 mm/obr.

Należy dodać, że próby mikrowiercenia przeprowadzono bez użycia cieczy chłodzącej.

### Wyniki badań eksperymentalnych

Prezentowane przykładowe wyniki badań obejmowały porównawczą ocenę mikrowiertel z powłoką TiC i mikrowier-

tel bez tej powłoki w procesie mikrowiercenia polipropylenu PP oraz porównanie obrazów krawędzi wierconych otworów.

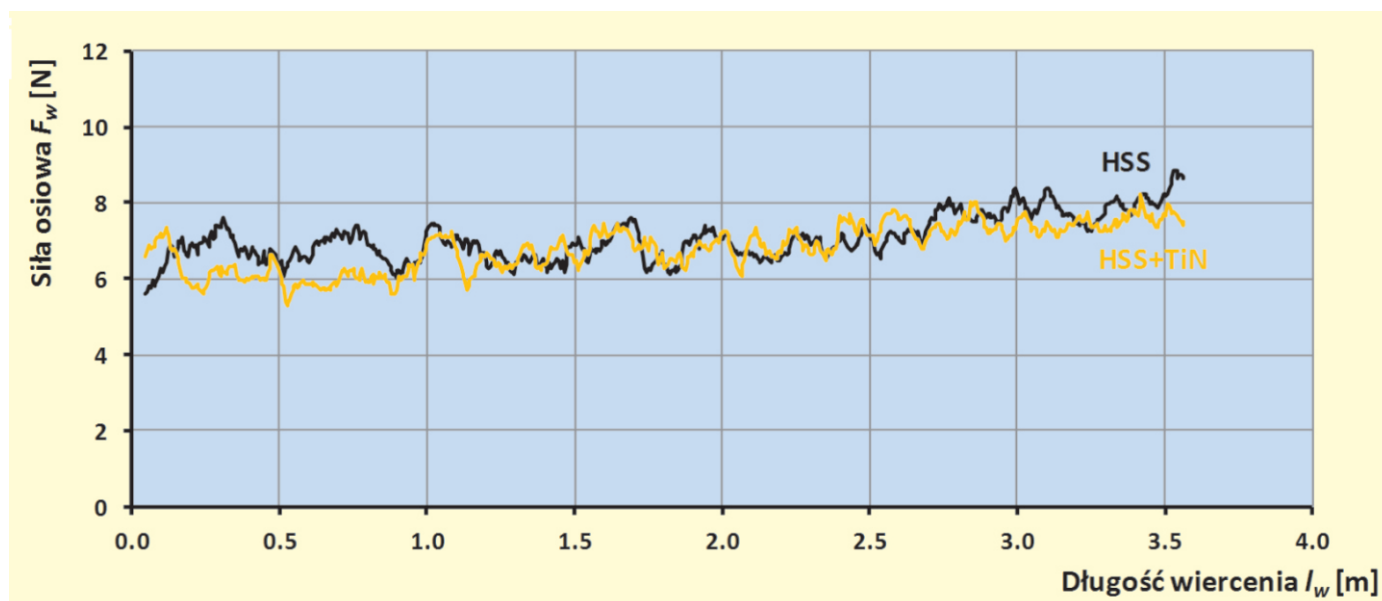
### Ocena stosowania mikrowiertel w procesie mikrowiercenia polipropylenu PP

Przykładowe wyniki badań obejmują porównanie:

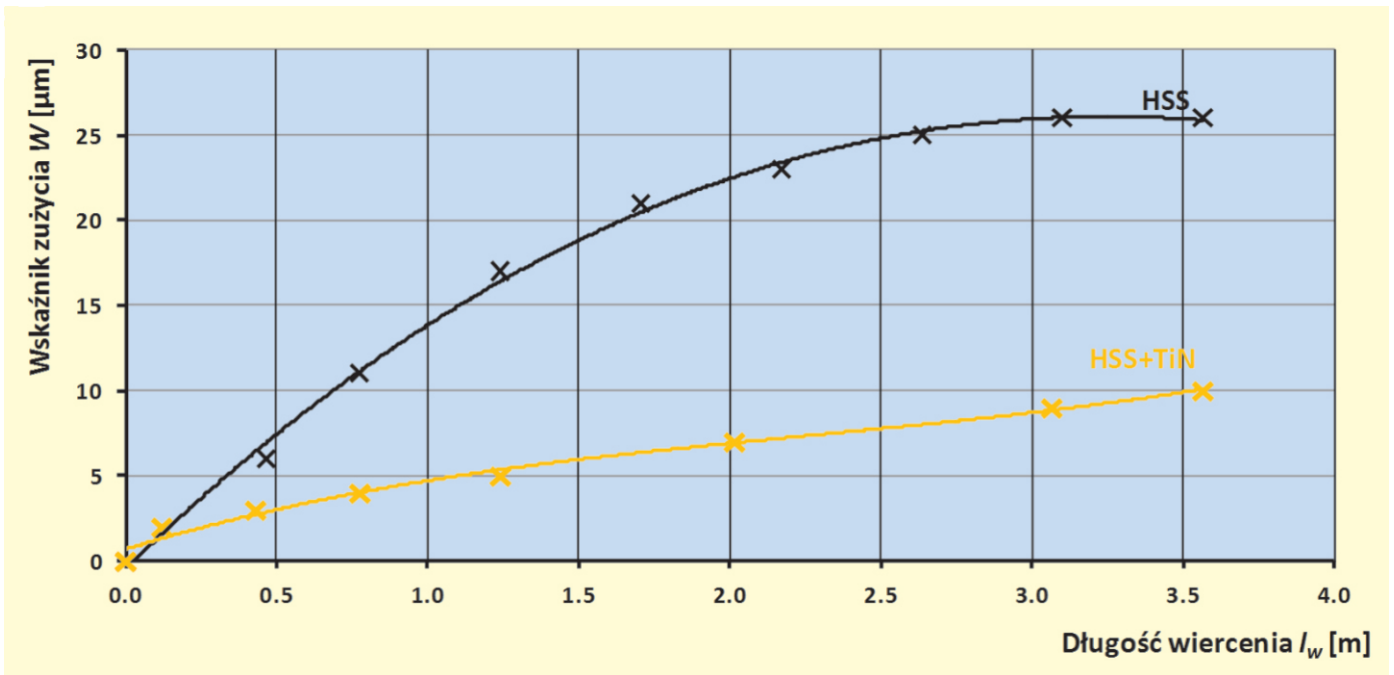
- składowej osiowej siły skrawania,
- zużycia naroża mikrowiertła w funkcji długości wiercenia (iloczyn liczby otworów i grubości płytki),
- obrazów krawędzi wierconych otworów.

Analiza zmian składowej osiowej siły skrawania w funkcji długości wiercenia (rys. 2) ujawniła na ogół mniejsze wartości składowej osiowej siły skrawania dla wiertła z powłoką TiN, w porównaniu do wiertła bez tej powłoki. Korzystne zmniejszenie składowej osiowej siły skrawania o około 20% obserwowane jest zwłaszcza w początkowym okresie wiercenia ( $l_w = 0,7$  m) oraz w końcowym okresie wiercenia ( $l_w = 3,6$  m) – wynosi wtedy ono około 25%.

Podobnie korzystny wpływ powłoki TiN ujawnia się również w ograniczeniu intensywności zużywania naroża mikrowiertła (rys. 3). Zmiany zużycia naroża mikrowiertła z powłoką TiN



Rys. 2. Wpływ długości wiercenia na składową osiową siłę skrawania w procesie wiercenia w płytce z polipropylenu PP wiertłem HSS z powłoką TiN i bez tej powłoki



Rys. 3. Wpływ długości wiercenia na zużycia naroża mikrowiertła w procesie wiercenia w płytkach z polipropylenu PP wiertłem HSS z powłoką TiN i bez tej powłoki

Widok	a) HSS	b) HSS+TiN
od strony wejścia wiertła		
od strony wyjścia wiertła		

Fig. 4. Obrazy otworów od strony wejścia i wyjścia wiertła wykonanych w płytkach z polipropylenu PP wiertłem ze stali szybko tnącej bez powłoki ochronnej (a) oraz wiertłem pokrytym powłoką TiN (b)

mają bowiem charakter praktycznie liniowy dla całej długości wiercenia, natomiast przebieg zużywania mikrowiertła bez powłoki TiN ma charakter progresywny. Sumaryczna wartość zużycia naroża mikrowiertła (dla  $l_w = 3,6$  m) jest około 250 % mniejsza, w porównaniu do zużycie mikrowiertła bez powłoki TiN. Przeprowadzone badania ujawniły także istotne różnice w jakości wierconych otworów (rys. 4). Mikrootwory wykonane wiertłem z powłoką TiN w początkowym okresie

wiercenia ( $l_w = 0 \div 2,5$  m) nie ujawniały żadnych zadziorów i wypływek materiału oraz posiadały ostrokrawędziowy zarys i kształt, zarówno od strony wejścia jak i wyjścia mikrowiertła. Wypływki i zadziory na krawędziach otworów pojawiły się dopiero od strony wyjścia dla mikrowiertła z powłoką TiN po przekroczeniu długości wiercenia  $l_w > 2,5$  m.

Obrazy mikrootworów wykonanych wiertłem bez powłoki TiN wskazują

natomiast na obecność wypływek i zadziorów od strony wejścia i wyjścia mikrowiertła prawie w całym zakresie długości wiercenia (rys. 4a). Podstawowych przyczyn ich występowania należy upatrywać w termoplastycznych właściwościach polipropylenu PP.

**Podsumowanie**

Próby technologiczne wiercenia badanych tworzyw sztucznych pozwoliły na określenie trwałości mikrowiertel do



ich obróbki. Podczas mikrowiercenia miękkich próbek polipropylenowych zaobserwowano, że zużycie narzędzia nie ma wpływu na siłę osiową ani na jakość powstałych otworów. Obecność powłoki TiN wiertła HSS powodowała jednak powstanie trudnych do usunięcia zadziorów po stronie wyjścia wiertła, co w znacznym stopniu dyskwalifikuje stosowanie tego narzędzia.

Na podstawie przeprowadzonych badań można zatem stwierdzić, że do wiercenia polipropylenu lepsze efekty daje stosowanie mikrowiertel ze stali HSS niepokrytych warstwą ochronną.

### Literatura

1. Gołąbczak M.: Characteristics of TiN and NCD Layers Deposited on Magnesium Alloys. *Journal of Nano Research*, vol. 16, 2011, pp. 29-35.
2. Gołąbczak M., Jacquet P., Nouveau C., Fliti R.: Tribological Investigations of TiC+a-C:H Coatings Manufactured on X38CrMoV5-1 Steel Using PVD Technology. *Defect and Diffusion Forum*, vol. 334-335, 2013, pp. 97-104.
3. Gołąbczak M., Konstantynowicz A.: Notices on Method of Thickness Evaluation of the TiN Layers on Magnesium Alloys. *Defect and Diffusion Forum*, vol. 297-301, 2010, pp. 641-649.
4. Heisel U., Pfeifroth T.: Influence of Point Angle on Drill Hole Quality and Machining Forces when Drilling CFRP. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> CIRP Conference on High Performance Cutting, Zurich 2012*, pp. 471-476.
5. Kudła L.: Specyfika procesu wiercenia mikrootworów. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009*.
6. Marques A.T., Durão L.M., Magalhães A.G., Silva J.F., Tavares J.: Delimitation Analysis of Carbon Fibre Reinforced Laminates: Evaluation of a Special Step Drill. *Composites Science and Technology*, vol. 69, 2009, pp. 2376-2382.
7. Pancielejko M.: Analiza mechanizmów zużycia wiertel ze stali HS6-5-2 z powłokami Ti(C,N) wytworzonymi metodą PVD, po badaniach eksploatacyjnych. *Inżynieria Materiałowa*, nr 4/2010.
8. Shyha I.S., Aspinwall D.K., Soo S.L., Bradley S.: Drill Geometry and Operating Effects When Cutting Small Diameter Holes in CFRP. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 49, 2009, pp. 1008-1014. ■

reklama