

Piotr SZABLEWSKI¹
Tomasz DOBROWOLSKI²
Piotr KIERUJ³

BADANIA WPLYWU GŁĘBOKOŚCI SKRAWANIA NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI STOPU INCONEL 718 PODCZAS TOCZENIA WYKOŃCZENIOWEGO

Celem badań było określenie wpływu głębokości skrawania podczas wytaczania otworu w materiale Inconel 718 na chropowatość powierzchni obrobionej. Zbadano również w porównywalnych warunkach uzyskane chropowatości powierzchni po toczeniu wzdłużnym i wytaczaniu. Otrzymane wyniki wskazują na sensowność stosowania mniejszych wartości głębokości skrawania, ze względu na szybsze zużycie ostrza skrawającego, na co ma bezpośredni wpływ ograniczone chłodzenie w strefie skrawania. Przy najmniej korzystnych warunkach podczas wytaczania ostrze szybciej ulega zużyciu, co powoduje pogorszenie jakości powierzchni obrobionej. Ograniczona ilość cieczy chłodząco-smarującej w strefie skrawania jest efektem kłębiących się wiórów, które w przypadku małych średnic obrabianych otworów trudno usunąć z obrabianego przedmiotu. Takie same parametry, jakie stosowano w próbie, gdzie uzyskano najwyższą wartość chropowatości, zastosowano podczas toczenia wzdłużnego. W tym przypadku wiór swobodnie spływający po obrabianej części nie ograniczał ilości dostarczanego chłodziwa w strefie skrawania, czego efektem było mniejsze zużycie ostrza oraz mniejsza wartość chropowatości powierzchni.

Słowa kluczowe: trwałość ostrza, mikronierówność, wióry

1. Wprowadzenie

Materiały typu Inconel, których głównym składnikiem stopowym jest nikiel (w zależności od rodzaju stopu mogą one zawierać od 50 do 75% tego pierwiastka) są bardzo szeroko stosowane w przemyśle lotniczym, m.in. na korpusy sprężarek, dyski turbin, wały główne, zawory wydechowe, obudowy łożysk, komory spalania (rys. 1). Ze względu na wysoką cenę tego materiału jest on stosowany w gorącej sekcji silnika lotniczego, gdzie wykorzystuje się jego zdolność do pracy w wysokich temperaturach, nawet do 750°C [1, 5].

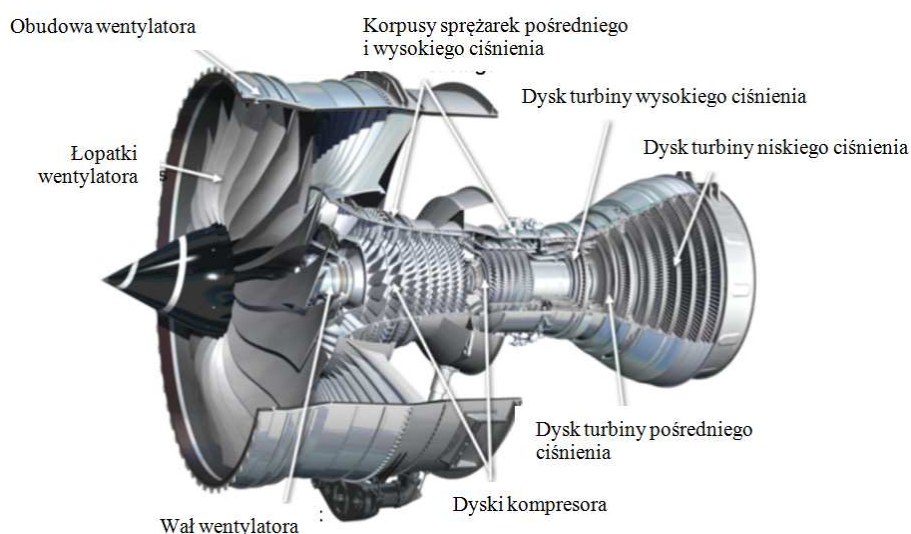
¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Piotr Szablewski, Pratt & Whitney Kalisz / PWSZ Kalisz, ul. Elektryczna 4a, tel.: 667681866, e-mail: piotr.szablewski@pwk.com.pl

² Tomasz Dobrowolski, Pratt & Whitney, Kalisz, e-mail: tomasz.dobrowolski@pwk.com.pl

³ Piotr Kieruj, Politechnika Poznańska, e-mail: piotr.kieruj@put.poznan.pl

Materiał ten jest często obiektem badań, lecz mimo licznych publikacji i coraz szerszej wiedzy na jego temat wykonywanie części wciąż nastęrcza wielu problemów. Inconel 718 z powodu swoich właściwości, do których należą: skłonność do umacniania się, mała przewodność cieplna, duża twardość i skłonność do reakcji z narzędziem, jest trudny w obróbce. Firmy narzędziowe specjalizujące się w produkcji narzędzi do obróbki materiałów na osnowie niklu przyjmują trwałość ostrzy na poziomie 15-20 min. Trwałość ta jest w dużej mierze uzależniona od konfiguracji obrabianej części. W przypadku elementów cienkościennych podczas obróbki pojawiają się drgania, zatem trwałość ostrza jest jeszcze krótsza.

Badania dotyczące trwałości ostrzy, która w głównej mierze decyduje o jakości obrobionej powierzchni, są prowadzone dla ostrzy zarówno z powłokami przeciwzuzyciowymi, jak i bez nich [2, 3, 4].



Rys. 1. Silnik turbowentylatorowy firmy Rolls-Royce XWB

Fig. 1. Rolls-Royce XWB turbofan engine

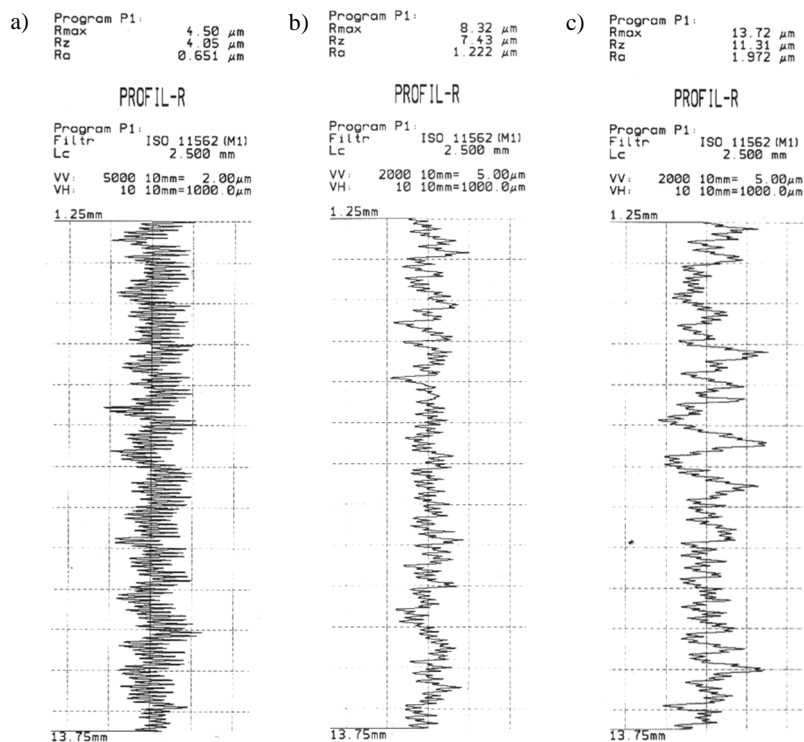
2. Zakres i metodyka badań

Toczenie wzdłużne powierzchni wewnętrznych i zewnętrznych przeprowadzono na tokarce TZD Chofum. Materiałem obrabianym był stop na osnowie niklu – Inconel 718. W badaniach zastosowano płytki skrawające DCGT 11T308 z powłoką przeciwzuzyciową S05F nakładaną metodą CVD. W zależności od rodzaju obróbki – toczenie powierzchni walcowej zewnętrznej i wytaczanie – zastosowano oprawki narzędziowe: SDJCL 2525 M11 i A32S-SDUCL 11 (kąt przystawienia główny $\kappa = 95^\circ$). Chropowatość powierzchni rejestrowano na profilografometrze firmy Hommel Tester T1000. Mierzono parametry chropowatości R_a . Próby przeprowadzono z użyciem cieczy chłodząco-smarującej.

W badaniach zastosowano następujące parametry skrawania: $v_c = 45$ m/min, $f = 0,1$ mm/obr., $a_p = 0,1-0,4$ mm.

3. Wyniki badań i ich analiza

Rysunek 2 przedstawia profile chropowatości poprzecznej powierzchni obrabianej po wytaczaniu płytką z węgla spiekanego S05F, który potwierdza zmiany mikrogeometrii ostrza w czasie skrawania t .

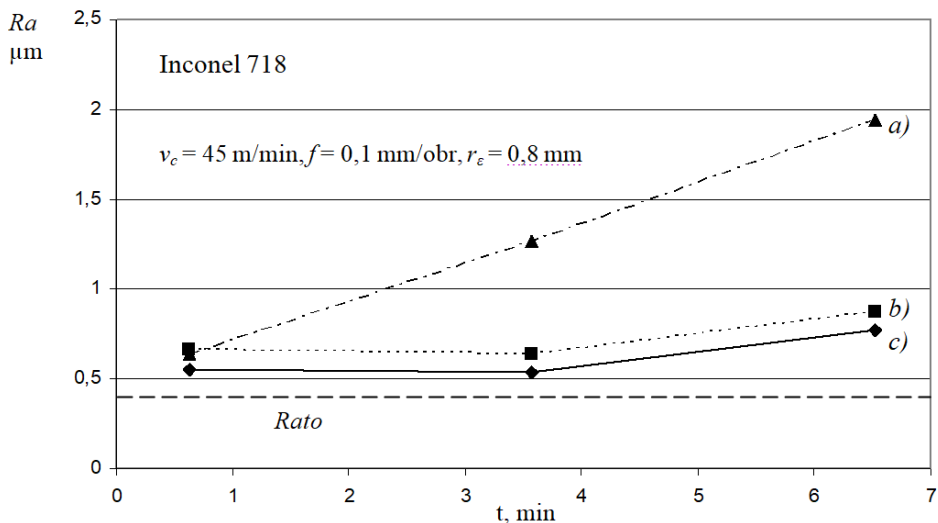


Rys. 2. Profile chropowatości poprzecznej powierzchni obrabianej po toczeniu: a) $t = 30$ s, b) $t = 3$ min 30 s, c) $t = 6$ min 30 s; $v_c = 45$ m/min, $f = 0,1$ mm/obr., $a_p = 0,4$ mm

Fig. 2. Profiles of roughness of lateral surface after turning: a) $t = 30$ s, b) $t = 3$ min 30 s, c) $t = 6$ min 30 s; $v_c = 45$ m/min, $f = 0.1$ mm/rev., $a_p = 0.4$ mm

Na rysunku 3 przedstawiono wpływ czasu skrawania t na wartości średnie Ra mikronierówności powierzchni obrabianej po toczeniu płytką z węgla spiekanego DCGT 11T308-UM S05F przy różnych głębokościach skrawania. Z badań wynika, że w początkowej fazie toczenia, niezależnie od wartości dosuwu, parametry mikronierówności są zbliżone. Po około 3,5 min pracy ostrza wartość parametru Ra dla głębokości skrawania $a_p = 0,4$ mm jest około 2 razy większa od

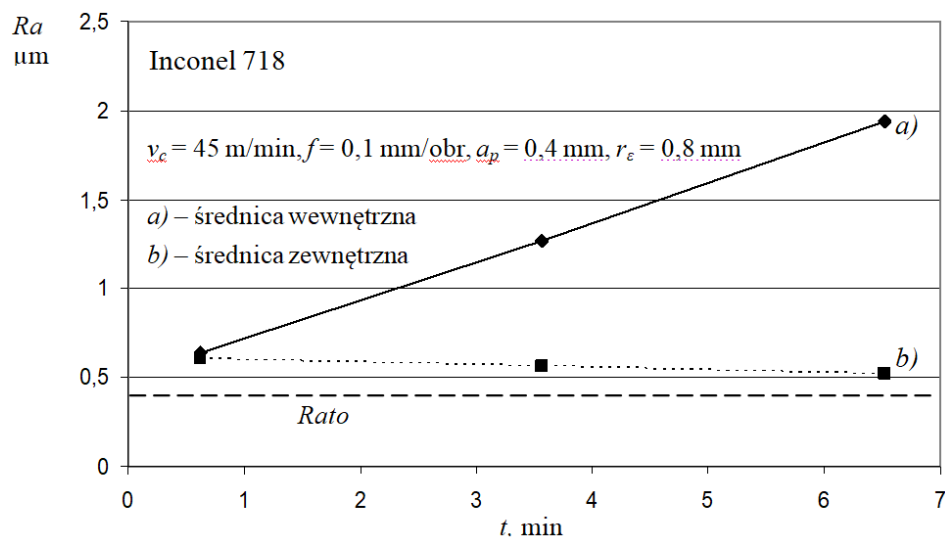
wartości początkowej. Po kolejnych 3 min skrawania parametr Ra jest 4 razy większy od wartości początkowej. Tak dużych zmian chropowatości nie zaobserwowano ani dla głębokości skrawania $a_p = 0,15$ mm, ani dla $a_p = 0,1$ mm. Rozstęp wyników parametru chropowatości Ra (dla każdej wartości dosuwu a_p) zawiera się w przedziale $Ra \pm 0,05$ μm .



Rys. 3. Zależność parametru chropowatości Ra od czasu skrawania po wytaczaniu dla różnych głębokości skrawania a_p : a) $a_p = 0,4$ mm, b) $a_p = 0,15$ mm, c) $a_p = 0,1$ mm

Fig. 3. Dependence of roughness parameter Ra from the cutting time after boring at various cutting depths a_p : a) $a_p = 0.4$ mm, b) $a_p = 0.15$ mm, c) $a_p = 0.1$ mm

Na rysunku 4 przedstawiono przebieg zależności parametru chropowatości Ra od czasu skrawania podczas toczenia Inconelu 718 płytką z węgliku spiekane DCMT 11T308-UM S05F średnicy wewnętrznej i zewnętrznej. Przy zastosowanych takich samych parametrach skrawania otrzymano dwie różne funkcje $Ra = f(t)$. Podczas obróbki otworu funkcja ta jest monotonicznie rosnąca, natomiast podczas skrawania materiału na średnicy zewnętrznej funkcja ta jest monotonicznie malejąca. Większa chropowatość w otworze przy dosuwie $a_p = 0,4$ mm w porównaniu z chropowatością uzyskaną przy $a_p = 0,15$ mm i $a_p = 0,1$ mm (rys. 3) sugeruje, że jest to wynik szybszego zużycia ostrza. Uzyskana chropowatość podczas toczenia średnicy zewnętrznej przy takim samym dosuwie $a_p = 0,4$ mm (rys. 4) podważa jednak tę tezę. Pogorszenia jakości powierzchni w otworze przy $a_p = 0,4$ mm należy się więc doszukiwać w uszkodzeniu jej przez kłębiące się wióry (rys. 5). Teza ta (podobnie jak przy wierceniu) potwierdza, że bardzo istotne staje się odprowadzenie wiórów z przestrzeni roboczej.

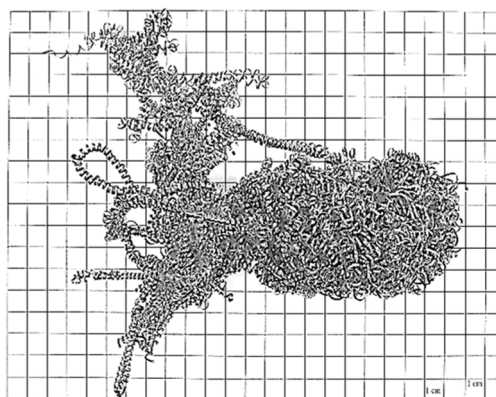


Rys. 4. Zależność parametru chropowatości Ra od czasu skrawania po wytaczaniu i toczeniu stopu Inconel 718: a) średnica wewnętrzna, b) średnica zewnętrzna

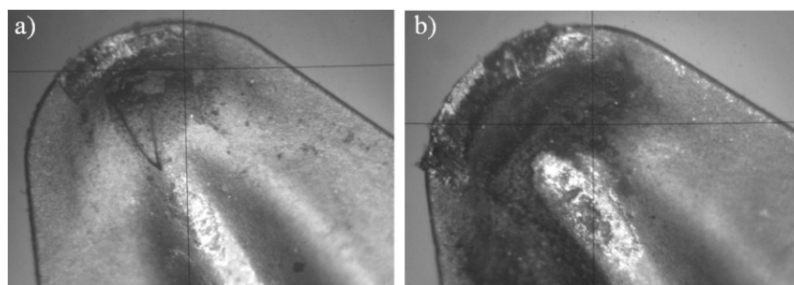
Fig. 4. Dependence of roughness parameter Ra from the cutting time after boring and turning Inconel 718 alloy: a) inside diameter, b) outside diameter

Rys. 5. Wióry po wytaczaniu Inconelu 718 płytką z węgla spiekanego z powłoką S05F: $v_c = 45$ m/min, $f = 0,1$ mm/obr., $a_p = 0,4$ mm

Fig. 5. Chips after boring of Inconel 718 by carbide insert with S05F coating: $v_c = 45$ m/min, $f = 0.1$ mm/rev., $a_p = 0.4$ mm

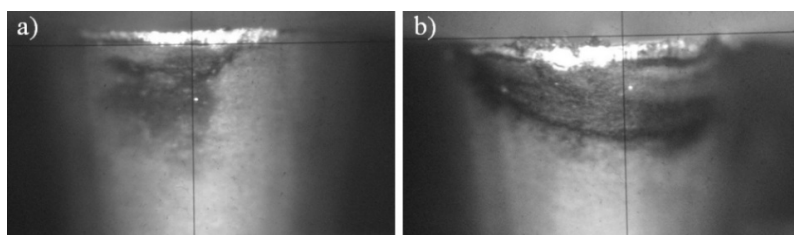


Rysunek 6 przedstawia objawy zużycia ostrza na powierzchni natarcia ostrza z węgla spiekanego powlekanego S05F po wytaczaniu Inconelu 718 przy różnych wartościach dosuwu a_p . Z kolei na rysunku 7 przedstawiono objawy zużycia tego samego ostrza na powierzchni przyłożenia. Większe zużycie ostrza zarówno na powierzchni natarcia, jak i na powierzchni przyłożenia zaobserwowano dla dosuwu $a_p = 0,4$ mm. Duży wpływ na taką sytuację ma ilość wytworzonych wiórów, która dla $a_p = 0,4$ mm jest znacznie większa, a kłębiące się wióry (rys. 5) utrudniają dokładne doprowadzenie cieczy chłodząco-smarującej do



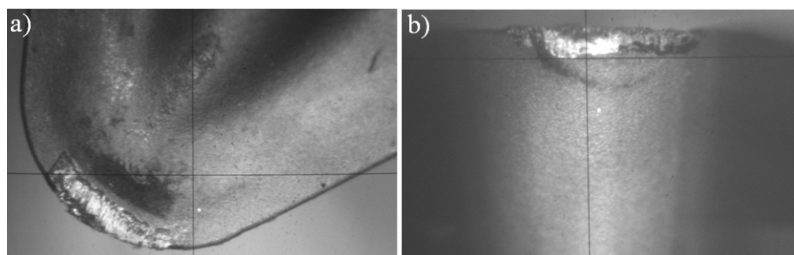
Rys. 6. Objawy zużycia ostrza z węgliką spiekanego na powierzchni natarcia po wytaczaniu – $v_c = 45$ m/min, $f = 0,1$ mm/obr.: a) $a_p = 0,1$ mm, b) $a_p = 0,4$ mm

Fig. 6. Symptoms of carbide insert's wear on the rake face after boring at $v_c = 45$ m/min and $f = 0.1$ mm/rev.: a) $a_p = 0.1$ mm, b) $a_p = 0.4$ mm



Rys. 7. Objawy zużycia ostrza z węgliką spiekanego na powierzchni przyłożenia po wytaczaniu – $v_c = 45$ m/min, $f = 0,1$ mm/obr.: a) $a_p = 0,1$ mm, b) $a_p = 0,4$ mm

Fig. 7. Symptoms of carbide insert's wear on the flank face after boring at $v_c = 45$ m/min and $f = 0.1$ mm/rev.: a) $a_p = 0.1$ mm, b) $a_p = 0.4$ mm



Rys. 8. Objawy zużycia ostrza z węgliką spiekanego na powierzchni natarcia i przyłożenia po toczeniu Inconelu 718 – $v_c = 45$ m/min, $f = 0,1$ mm/obr.: a) $a_p = 0,4$ mm, b) $a_p = 0,4$ mm

Fig. 8. Symptoms of carbide insert's wear on the rake face and flank face after turning Inconel 718 at $v_c = 45$ m/min and $f = 0.1$ mm/rev.: a) $a_p = 0.1$ mm, b) $a_p = 0.4$ mm

strefy skrawania. W celu przedstawienia różnic objawów zużycia podczas toczenia i wytaczania Inconelu 718 na rys. 8 pokazano objawy zużycia ostrza z węgliką spiekanego powlekanego S05F po toczeniu z dosuwem $a_p = 0,4$ mm.

Mniejsze zużycie na powierzchni natarcia i przyłożenia podczas toczenia w porównaniu ze zużyciem ostrza po wytaczaniu z tą samą głębokością skrawania potwierdza konieczność dokładnego doprowadzenia cieczy chłodząco-smarującej do strefy skrawania.

4. Podsumowanie

Chropowatość powierzchni obrobionej podczas wytaczania materiału Inconel 718 w dużym stopniu zależy od głębokości skrawania. Większa głębokość skrawania utrudnia możliwość dostarczenia cieczy chłodząco-smarującej do strefy skrawania. Powodem tego są kłębiące się wióry, które w przypadku tego materiału są trudne do złamania. Chropowatość powierzchni obrobionej podczas wytaczania dość szybko zmienia się w czasie. Jej wartość po 6 min obróbki jest 4 razy większa. Takiej sytuacji nie zaobserwowano podczas toczenia średnicy zewnętrznej, gdzie wiór nie ogranicza ilości cieczy chłodząco-smarującej dostarczanej podczas procesu obróbki.

Literatura

- [1] Alauddin M., El-Baradie M.A., Hashmi M.S.J.: Optimization of surface finish in end milling Inconel 718, *J. Mat. Pro. Technol.*, 56 (1996) 54-65.
- [2] Aronson R.B.: What's different about manufacturing for Aerospace?, *Manuf. Eng.*, 126 (2002) 36-38.
- [3] Jawaid A., Koksal S., Sharif S.: Cutting performance and wear characteristics of PVD coated and uncoated carbide tools in face milling Inconel 718 aerospace alloy, *J. Mat. Pro. Technol.*, 116 (2001) 2-9.
- [4] Jindal P.C., Santhanam A.T., Schleinkofer U., Shuster A.F.: Performance of PVD TiN, TiCN, and TiAlN coated cemented carbide tools in turning, *Int. J. Refractory Metals Hard Materials*, 17 (1999) 163-170.
- [5] M'Saoubi R., Axinte D., Soo S.L., Nobel C., Attia H., Kappmeyer G., Engin S., Sim W.M.: High performance cutting of advanced aerospace alloys and composite materials, *CIRP Annals – Manuf. Technol.*, 64 (2015) 557-580.

STUDY OF EFFECT OF THE CUTTING DEPTH ON SURFACE ROUGHNESS OF INCONEL 718 ALLOY DURING FINISH TURNING

Summary

The aim of this study was to determine the impact of the depth of cut while boring a hole in the Inconel 718 on the roughness of the machined surface. The surface roughness after longitudinal turning and boring at comparable conditions were also measured. The obtained results indicated the meaningfulness of the application of lower cutting depth values, due to the faster wear of the cutting edge, which is directly affected by limited cooling in the cutting zone. With unfavorable conditions while boring, the cutting edge wears faster, resulting in deterioration in the quality of the work surface. The limited amount of cutting fluid in the cutting zone is the result of curling of chips, which, in the case of small workpiece diameters, are difficult to remove from the workpiece. The

same parameters used in the trial where the highest roughness was obtained were applied during longitudinal turning. In this case, the free-flow chip after the machined part did not limit the amount of coolant supplied in the cutting zone, resulting in less cutting edge wear and less surface roughness.

Keywords: tool life, microroughness, chips

DOI: 10.7862/rm.2017.51

Przesłano do redakcji: 14.08.2017

Przyjęto do druku: 18.10.2017