

# Wpływ sztywności przedmiotu obrabianego na wybrane wskaźniki skrawalności stali 17-4PH

## Influence of workpiece rigidity on selected indicators of machinability of 17-4PH steel

KAZIMIERZ ZALESKI  
JAKUB MATUSZAK  
TOMASZ PAŁKA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.300

W przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym w wielu przypadkach wykorzystuje się elementy kieszeniowe cienkościenne, podczas obróbki których występują problemy związane z obniżoną sztywnością. Przenalizowano wpływ sztywności przedmiotu obrabianego na wybrane wskaźniki skrawalności oraz dokładność wymiarowo-kształtową podczas frezowania przedmiotów o różnej grubości.

**SŁOWA KLUCZOWE:** sztywność, skrawalność, siły skrawania, chropowatość powierzchni, frezowanie

*In many cases, in the aerospace and automotive industries, there are pocket elements with thin walls, where, during machining, problems associated with reduced stiffness can occur. The article presents the influence of the workpiece rigidity on selected indicators of machinability and dimensional and shape accuracy during milling objects of variable thickness.*  
**KEYWORDS:** rigidity, machinability, cutting forces, surface roughness, milling

Stal nierdzewna 17-4PH charakteryzuje się wysoką granicą plastyczności, dużą wytrzymałością oraz odpornością na ścieranie, a także odpornością na korozję. Właściwości te sprawiają, że znajduje ona zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, takich jak: przemysł lotniczy, stoczniowy czy chemiczny.

Konstruktorzy maszyn, zwłaszcza samolotów, śmigłowców czy pojazdów kosmicznych, dążą do maksymalnego obniżenia masy poszczególnych elementów, co wiąże się z koniecznością znacznego zmniejszenia grubości ich ścianek. Podczas obróbki skrawaniem elementów cienkościennych występują duże trudności z uzyskaniem wymaganej dokładności oraz chropowatości powierzchni.

Błędy kształtu obrabianych przedmiotów cienkościennych zależą od wielu czynników [1], m.in. od sztywności układu obrabiarka–przedmiot–narzędzie. W dotychczasowych pracach analizowano dokładność obróbki toczeniem [5] oraz frezowaniem, przy czym podczas frezowania czółowego badano dokładność i chropowatość powierzchni ścianek równoległych do osi frezu trzpieniowego [2].

W pracy [4] analizowano problemy niestabilnej obróbki elementów cienkościennych. Wskazano, że zastosowanie klasycznej analizy modalnej do wyznaczania obszarów stabilności w przypadku elementów cienkościennych może być problematyczne. Wykorzystano specjalne stanowisko z czujnikami przyspieszeń w każdej osi do wyznaczenia parametrów modalnych, obszaru stabilnej obróbki i krytycznej głębokości skrawania, przy której pojawia się *chatter*.

\* Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski prof. PL (k.zaleski@pollub.pl), dr inż. Jakub Matuszak (j.matuszak@pollub.pl), mgr inż. Tomasz Pałka (t.palka@pollub.pl) – Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Lubelskiej

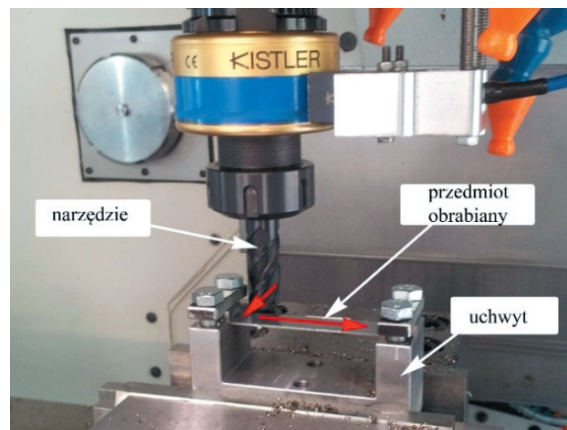
Autorzy pracy [3] zaprezentowali wyniki badań wpływu sztywności ścianki na chropowatość powierzchni podczas frezowania współbieżnego i przeciwbieżnego elementów cienkościennych wykonanych ze stali C45. Opracowano model matematyczny do wyznaczania wartości parametru  $R_z$  chropowatości w funkcji odległości od dna ścianki.

Celem badań była ocena wpływu grubości ścianki frezowanej frezem trzpieniowym, prostopadłej do osi frezu, na dokładność kształtu, chropowatość powierzchni i amplitudę siły biernej.

### Metodyka badań

Badania przeprowadzono na pionowym 3-osiowym centrum frezarskim Avia HMS800, z systemem sterowania Heidenhain. Próbkę wykonaną ze stali nierdzewnej 17-4PH, o początkowych wymiarach  $100 \times 15 \times 5$  mm, mocowano w specjalnym uchwycie (rys. 1). Długość niepodpartej powierzchni próbek wynosiła 60 mm, natomiast czynna długość powierzchni frezowanej – z uwagi na podpory zaciskowe – wynosiła 58 mm. Zastosowano stałe parametry frezowania:  $v_c = 70$  m/min,  $f_z = 0,08$  mm/ostrze. Głębokość skrawania ustalono na poziomie  $a_p = 0,5$  mm. Zastosowano frez czteroostrzowy pełnowęglkowy o średnicy 16 mm, przeznaczony do obróbki materiałów trudnoobrabialnych.

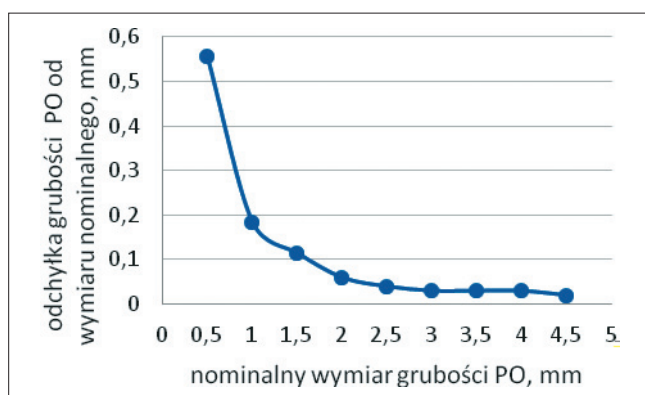
Po każdym przejściu narzędzia grubość próbek  $g$  zmniejszała się o wartość  $a_p$ . Obróbkę zakończono na grubości przedmiotu obrabianego  $g = 0,5$  mm. Podczas każdego przejścia obróbkowego dokonywano pomiaru amplitudy siły biernej za pomocą siłomierza Kistler (rys. 1). Natomiast po każdym przejściu mierzono odchyłkę grubości przedmiotu obrabianego (PO) od wymiaru nominalnego. Dodatkowo zmierzono chropowatość powierzchni w trzech miejscach w części środkowej PO między podporami.



Rys. 1. Widok stanowiska badawczego

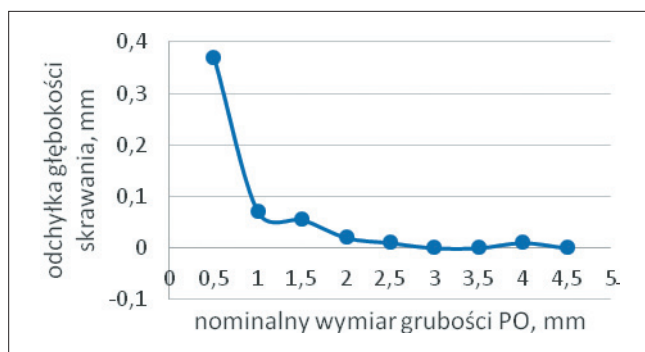
## Wyniki badań

Na wykresie (rys. 2) przedstawiono wpływ nominalnej grubości PO po kolejnych przejściach obróbkowych na odchyłkę grubości od wymiaru nominalnego. Dla próbek o grubości PO większej niż  $2 \pm 2,5$  mm nie zaobserwowano znacznych zmian grubości w stosunku do wymiaru nominalnego. Poniżej grubości 2 mm bierna siła skrawania powodowała znaczne odkształcenia, narastające wraz ze zmniejszaniem się grubości PO.



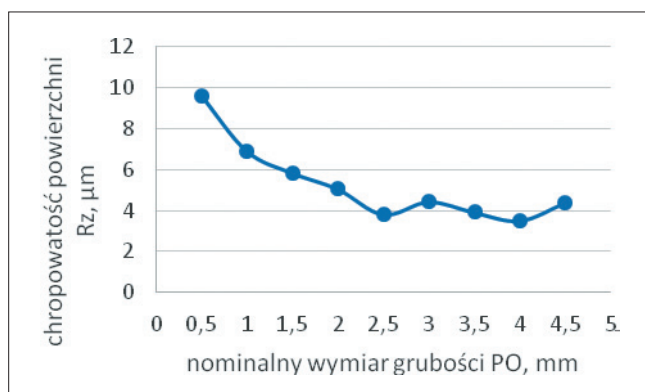
Rys. 2. Odchyłka grubości od wymiaru nominalnego w zależności od nominalnej grubości PO po kolejnych przejściach

W wyniku odkształceń PO podczas obróbki rzeczywista głębokość skrawania była pomniejszona o wartość odchyłki przedstawionej na rys. 3.



Rys. 3. Odchyłka głębokości skrawania w zależności od nominalnej grubości PO

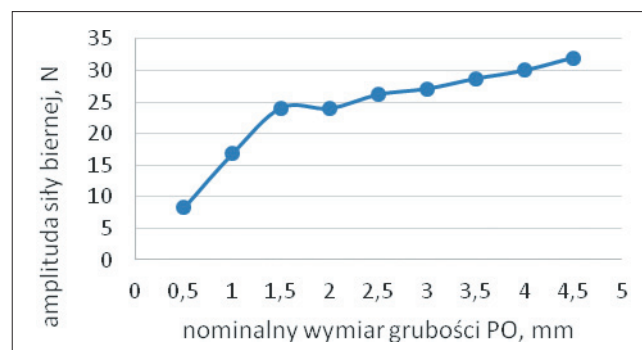
Na rys. 4 przedstawiono wpływ nominalnej grubości PO na chropowatość powierzchni. Drgania, jakie pojawiły się przy grubościach poniżej 2 mm, wyraźnie wpłynęły na wzrost wartości parametru Rz. Przy grubości nominalnej



Rys. 4. Wpływ nominalnej grubości PO na chropowatość powierzchni

0,5 mm nastąpił ok. 2,5-krotny wzrost parametru Rz chropowatości w stosunku do chropowatości uzyskiwanych przy grubościach powyżej 2 mm.

Na rys. 5 przedstawiono rozkład amplitudy siły biernej w funkcji grubości PO. Widoczna jest charakterystyczna tendencja spadkowa amplitudy wraz ze zmniejszaniem się grubości. Spadek ten nasila się znacznie poniżej grubości 2 mm. Można to tłumaczyć tym, że rzeczywista głębokość skrawania jest znacząco pomniejszona o wartość odchyłki (rys. 3). W konsekwencji mniejsza rzeczywista głębokość skrawania generuje mniejszą amplitudę siły biernej.



Rys. 5. Wpływ nominalnej grubości PO na wartość amplitudy siły biernej

## Podsumowanie

Rezultaty badań wpływu grubości przedmiotów obrabianych na wybrane wskaźniki skrawalności stali 17-4PH pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

- dla przyjętych warunków eksperymentu podczas frezowania przedmiotu o grubości większej niż 2 mm nie zaobserwowano znaczącej zmiany chropowatości i dokładności wymiarowo-kształtowej w zależności od nominalnego wymiaru grubości PO,
- poniżej grubości 2 mm następuje utrata sztywności przedmiotu obrabianego, której efektem jest znaczny wzrost odchyłki grubości PO od wymiaru nominalnego,
- w zakresie zmniejszonej sztywności niestabilna obróbka powoduje wzrost wartości parametru chropowatości Rz (przy grubości  $g = 0,5$  mm zaobserwowano ok. 2,5-krotny wzrost parametru Rz w stosunku do obszaru stabilnego),
- wraz ze zmniejszeniem grubości przedmiotu obrabianego spada amplituda sił w związku ze zmniejszeniem rzeczywistej głębokości skrawania w następstwie ugięcia przedmiotu obrabianego.

## LITERATURA

1. Adamski W. „Analiza przyczyn zmiany kształtu części lotniczych podczas obróbki skrawaniem na maszynach CNC i skuteczne przeciwdziałanie tym zjawiskom”. *Mechanik*. Nr 1 (2012): s. 80-81.
2. Kuczmazewski J., Pieško P. „Frezowanie konstrukcji kieszeniowych frezami trzpieniowymi o różnej sztywności”. W: Kuczmazewski J., Zaleski K. (red.): *Obróbka skrawaniem stopów aluminium i magnezu*. Lublin: Politechnika Lubelska, 2015: s. 193-208.
3. Michalik P., Zajac J., Hatala M., Mital D., Fecova V. “Monitoring surface roughness of thin-walled components from steel C45 machining down and up milling”. *Measurement*. No. 58 (2014): pp. 416-428.
4. Powalka B., Jemielniak K. “Stability analysis in milling of flexible parts based on operational modal analysis”. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. No. 9 (2015): pp. 125-135.
5. Świć A., Wołos D. „Sterowanie dokładnością obróbki wałków o małej sztywności”. *Inżynieria Maszyn*. Nr 1, t. 19 (2014): s. 62-77. ■