

Wpływ warunków obróbki stali 17-4PH na efekty procesu szlifowania wgłębnego wałków

The Influence of steel 17-4PH machining conditions on the effects of the plunge cylindrical grinding process

MAŁGORZATA SIKORA
BOGDAN KRUSZYŃSKI*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.289

Zaprezentowano badania szlifowania martenzytycznej stali 17-4PH w różnych warunkach obróbki. Próby wykonano na szlifierce kłowej do wałków, z zastosowaniem ściernic ceramicznych. Przeprowadzono analizę wpływu warunków obróbki na chropowatość szlifowanych przedmiotów oraz na zmiany składowych sił szlifowania.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie wałków, 17-4PH, 1.4542

In the paper grinding process has been studied on the machining martensitic steel 17-4PH for different grinding kinematic parameters in plunge cylindrical grinding. Grinding tests were carried out on cylindrical grinding machine with the use of vitrified grinding wheels. An analysis of influence of grinding conditions on surface roughness and changes of grinding force components is presented.

KEYWORDS: cylindrical grinding, 17-4PH, 1.4542

Nieustanne zapotrzebowanie na produkcję urządzeń, którym stawia się coraz wyższe wymagania, wymusza stosowanie materiałów charakteryzujących się określonymi właściwościami – np. stali odpornych na korozję, utwardzanych wydzieleniowo, którym nadaje się stosunkowo wysoką wytrzymałość przez odpowiednią obróbkę cieplną, polegającą na kombinacji przemiany martenzytycznej i utwardzania wydzieleniowego miękkiego, niskowęglowego martenzytu. Przykładem takiej stali jest 17-4PH (1.4542) – materiał charakteryzujący się dobrą odpornością na korozję przy wysokiej wytrzymałości mechanicznej w podwyższonej temperaturze (nawet do 316 °C).

Stal 17-4PH znajduje zastosowanie w urządzeniach silnie obciążonych mechanicznie, pracujących w podwyższonej temperaturze i trudnych warunkach chemicznych – m.in. w przemyśle lotniczym, kosmicznym i energetycznym [1, 2]. Dodatkowo stal 1.4542 charakteryzuje się niską przewodnością cieplną wynoszącą $16 \text{ Wm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, co w przypadku takich procesów obróbkowych, jak szlifowanie (zwłaszcza powierzchni obrotowych ściernicami ceramicznymi), może nastręczać trudności w osiągnięciu wymaganego stanu powierzchni obrabianych i powodować obniżenie trwałości ściernicy [3].

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu zmiennych parametrów obróbki na efekty szlifowania przedmiotów (tj. na chropowatość powierzchni) oraz na składowe siły szlifowania.

Warunki badań

Do badań wytypowano dwie konwencjonalne ściernice ceramiczne firmy Norton, a mianowicie 39C54MVS z ziarnem z zielonego węgla krzemu oraz SGB60KVX

z mieszanką ziaren ściernych konwencjonalnych z ziarnem SG [4]. Próbkę w postaci pierścieni o średnicy 75 mm i szerokości 12 mm oraz twardości 43 HRC szlifowano wgłębnie z następującymi parametrami:

- prędkością skrawania $v_s = 35, 40 \text{ i } 45 \text{ m/s}$,
- prędkością obwodową przedmiotu $v_w = 100, 200, 300 \text{ mm/s}$,
- wydajnością objętościową szlifowania $Q'_w = 0,3; 0,6; 0,9 \text{ mm}^3/(\text{mm} \cdot \text{s})$.

Zakres zmienności tych parametrów określono na podstawie wstępnych prób szlifowania, sugerując się wynikowymi parametrami geometrii szlifowanej powierzchni oraz wartościami sił szlifowania [5].

Szlifowanie odbywało się w cyklach obejmujących dosuw roboczy bez wyiskrzania i szybki odskok z prędkością $200 \mu\text{m/s}$ – każdorazowo zbierano objętość właściwą zeszlifowanego materiału V'_w równą $20 \text{ mm}^2/\text{mm}$.

W procesie kondycjonowania ściernicy przyjęto: prędkość obwodową ściernicy równą 33 m/s , dosuw kondycjonowania ściernicy $a_d = 20 \mu\text{m}$ i posuw wzdłużny kondycjonowania $v_{fd} = 100 \text{ mm/min}$. Wynikowy wskaźnik pokrycia k_d wynosił ok. 8. Jako chłodziwo zastosowano 3-procentowy wodny roztwór emulsji syntetycznej Mobilcut 321.

Badania doświadczalne przeprowadzono na autorskim stanowisku badawczym, zbudowanym przez zespół pracowników Instytutu Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej, wyposażonym w układ pomiaru składowych sił szlifowania [6].

Pomiary parametrów chropowatości wykonano przyrządem do pomiaru chropowatości SurfTest SJ-200 firmy Mitutoyo.

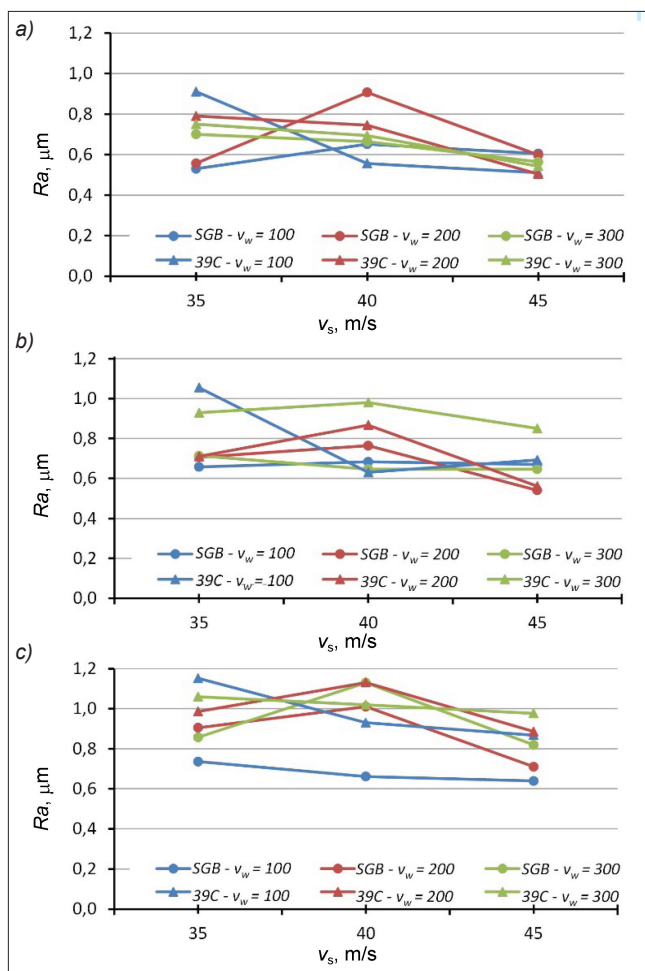
Wyniki badań

Na rys. 1 przedstawiono zmiany parametru chropowatości R_a powierzchni dla ściernic 39C i SGB w funkcji prędkości obwodowej ściernicy v_s , dla prędkości obwodowej przedmiotu v_w równej 100, 200 i 300 mm/s i różnej właściwej wydajności szlifowania.

Najniższą chropowatość powierzchni uzyskano dla ściernicy 39C przy $Q'_w = 0,3 \text{ mm}^3/(\text{mm} \cdot \text{s})$, $v_s = 45 \text{ m/s}$ oraz $v_w = 200 \text{ mm/s}$ (rys. 1a). W większości przebadanych przypadków dla obu wykorzystanych ściernic najniższą chropowatość uzyskano przy prędkości skrawania $v_s = 45 \text{ m/s}$; jedynie dla $Q'_w = 0,6 \text{ mm}^3/(\text{mm} \cdot \text{s})$ oraz $v_w = 100 \text{ mm/s}$ najlepszą chropowatość uzyskano przy prędkości 40 m/s (rys. 1b).

Analizując charakterystyki przedstawione na rys. 1 można zauważyć, że przy prędkości $v_s = 35 \text{ m/s}$ w zakresie przebadanej zmienności Q'_w niższe wartości chropowatości uzyskano dla ściernicy SGB. W przypadku prędkości 45 m/s dla $Q'_w = 0,3 \text{ mm}^3/(\text{mm} \cdot \text{s})$ korzystniejsze wyniki uzyskano w przypadku zastosowania ściernicy 39C, natomiast dla $Q'_w = 0,9$ – w przypadku użycia narzę-

* Dr inż. Małgorzata Sikora (malgorzata.sikora@p.lodz.pl), prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński (bogdan.kruszynski@p.lodz.pl) – Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn, Politechnika Łódzka



Rys. 1. Zależność chropowatości R_a zszlifowanej powierzchni od prędkości skrawania v_s dla różnych prędkości obwodowej przedmiotu v_w oraz właściwej wydajności szlifowania Q'_w równej: a) $0,3 \text{ mm}^3/(\text{mm}\cdot\text{s})$, b) $0,6 \text{ mm}^3/(\text{mm}\cdot\text{s})$, c) $0,9 \text{ mm}^3/(\text{mm}\cdot\text{s})$

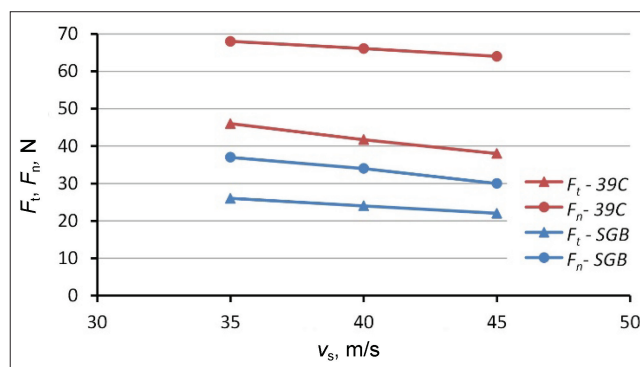
dzia ściernego SGB. Dla pozostałych wariantów parametrów, tj. dla $Q'_w = 0,6 \text{ mm}^3/(\text{mm}\cdot\text{s})$ i $v_s = 45 \text{ m/s}$ oraz dla całego zakresu zmienności Q'_w i $v_s = 45 \text{ m/s}$, uzyskane wyniki cechują się znaczną zmiennością.

Wartości parametru R_a znajdują odzwierciedlenie w wartościach składowych siły szlifowania. Na rys. 2 przedstawiono charakterystykę zależności wartości siły odporowej F_n i stycznej F_t od prędkości skrawania v_s dla właściwej wydajności szlifowania $Q'_w = 0,9 \text{ mm}^3/(\text{mm}\cdot\text{s})$ oraz prędkości obwodowej przedmiotu $v_w = 300 \text{ mm/s}$ dla obu przebadanych ściernic. Na wykresie widać znaczącą różnicę w wartościach sił szlifowania na korzyść ściernicy SGB, co skutkuje uzyskiwaniem niższych wartości chropowatości oraz może się przyczynić do zwiększonej trwałości narzędzia.

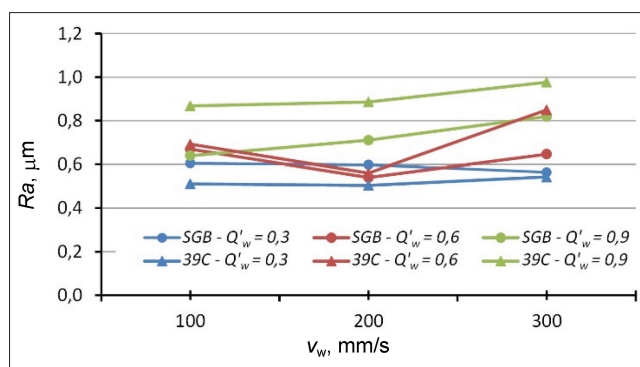
Na rys. 3 pokazano zmiany parametru chropowatości R_a w funkcji prędkości obwodowej przedmiotu dla różnych właściwej wydajności szlifowania Q'_w . Z przedstawionych wykresów widać, iż zasadniczo chropowatość powierzchni ulega zmniejszeniu wraz ze zmniejszeniem prędkości obwodowej przedmiotu, jedynie dla $Q'_w = 0,6$ minimum osiągnięto dla $v_w = 200 \text{ mm/s}$.

Podsumowanie

Na podstawie otrzymanych wyników badań doświadczalnych dotyczących wpływu rodzaju ściernicy o spoiwie ceramicznym oraz parametrów kinematycznych szlifowania na chropowatość powierzchni zszlifowanych przedmiotów można wyciągnąć następujące wnioski:



Rys. 2. Zależność siły odporowej F_n i stycznej F_t od prędkości skrawania v_s dla właściwej wydajności szlifowania $Q'_w = 0,9 \text{ mm}^3/(\text{mm}\cdot\text{s})$ oraz prędkości obwodowej przedmiotu $v_w = 300 \text{ mm/s}$



Rys. 3. Zależność chropowatości R_a zszlifowanej powierzchni od prędkości obwodowej przedmiotu v_w dla prędkości skrawania $v_s = 45 \text{ m/s}$ i różnej właściwej wydajności szlifowania Q'_w

- Zwiększenie prędkości skrawania powoduje zmniejszenie siły szlifowania w przypadku obu ściernic, co sprzyja uzyskaniu lepszej dokładności geometrycznej szlifowanych przedmiotów i skróceniu cyklu szlifowania.
- Zastosowanie ściernicy SGB60KVX pozwala na uzyskanie niższych wartości chropowatości powierzchni oraz mniejszych sił skrawania z zachowaniem identycznych parametrów skrawania dla prędkości $v_s = 35$ i 45 m/s .
- W przypadku obu ściernic najniższe wartości chropowatości zszlifowanej powierzchni przedmiotu uzyskano przy prędkości skrawania 45 m/s .
- W przypadku ściernicy 39C54MVS należy stosować odpowiednio niskie właściwe wydajności szlifowania.
- W celu zmniejszenia wynikowej chropowatości szlifowanej powierzchni należy stosować odpowiednio niskie prędkości obwodowe przedmiotu.

LITERATURA

- Schönbauer B.M., Stanzl-Tschegg S.E., Perlega A., Salzman R.N., Rieger N.F., Turnbull A., Zhou S., Łukaszewicz M., Gandy D. "The influence of corrosion pits on the fatigue life of 17-4PH steam turbine blade steel". *Engineering Fracture Mechanics*. Vol. 147 (2015): pp. 158-175.
- Stępień J.A. „Technologiczne i użytkowe charakterystyki stali przeznaczonych na korpusy silników rakietowych”. Gliwice: Instytut Metalurgii Żelaza, 2013.
- Habrat W., Żyłka Ł., Krupa K., Laskowski P. „Wybrane problemy modelowania i optymalizacji procesów obróbki ubytkowej trudnoobrabialnych stopów lotniczych”. *Mechanik*. R. 85, nr 8-9 (2012): s. 663/283-292.
- Katalog Norton Saint-Gobain 2016.
- Lajmert P., Kruszyński B., Wrąbel D. „Identyfikacja wczesnych symptomów niepożądanych stanów procesu w szlifowaniu kłowym wałków”. *Inżynieria Maszyn*. R. 15, z. 4 (2010): s. 78-94.
- Lajmert P., Kruszyński B., Sikora M., Ostrowski D. „Stanowisko do badania procesu szlifowania wałków”. *Mechanik*. R. 87, nr 8-9 (2014), s. 596/195-202.