

# Badanie wpływu warunków szlifowania stopu Hastelloy C-276 na efekty procesu szlifowania

## The influence of machining conditions of Hastelloy C-276 on the effects of grinding process

MAŁGORZATA SIKORA  
BOGDAN KRUSZYŃSKI  
PAWEŁ LAJMERT \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.375

W artykule przedstawiono badania szlifowania zewnętrznych powierzchni cylindrycznych wykonanych ze stopu Hastelloy C-276 dla różnych parametrów kinematycznych szlifowania i różnych ściernic. Przeprowadzono analizę wpływu warunków obróbki na chropowatość powierzchni oraz zmiany składowych siły szlifowania.

**SŁOWA KLUCZOWE:** Hastelloy C-276, 2.4819, szlifowanie powierzchni cylindrycznych

*In the paper cylindrical grinding process has been studied in the machining of Hastelloy C-276 alloy for different grinding kinematic parameters and grinding wheels.. An analysis was carried out to investigate the influence of grinding conditions on the part surface roughness and the changes of grinding force components.*

**KEYWORDS:** Hastelloy C-276, 2.4819, cylindrical grinding

Stop C-276 niklowo-molibdenowo-chromowy z dodatkiem wolframu znajduje zastosowanie przy produkcji części maszyn pracujących w trudnych warunkach, w tym narażonych na korozję. Wysoka zawartość molibdenu czyni go szczególnie odpornym na korozję wżerową i szczelinową [4, 5]. W tabelicy przedstawiono parametry charakterystyczne stopu Inconel C-276, w tym skład chemiczny oraz podstawowe właściwości fizyczne [6].

**TABLICA. Parametry charakteryzujące stop C-276**

Skład chemiczny, %					
Ni	Mo	Cr	Fe	W	Co
55	15÷17	14,5÷16,5	4÷7	3÷4,5	2,5
Gęstość, g/cm <sup>3</sup>					8,89
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa					758
Granica plastyczności, MPa					363
Moduł sprężystości, kN/mm <sup>2</sup>					208
Współczynnik rozszerzalności, μm/°C (20÷200°C)					12,2
Przewodność cieplna, W/m·°C (20°C)					10,6

Stop C-276 znajduje zastosowanie w maszynach i urządzeniach do kontroli zanieczyszczeń, obróbki chemicznej, produkcji masy celulozowej i papieru oraz przetwarzania odpadów. Szczególne właściwości eksploatacyjne tego stopu mogą jednak powodować problemy podczas jego obróbki, zwłaszcza ściernicy powierzchni obrotowych narzędziami ceramicznymi [1].

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

### Warunki badań

Do badań wytypowano dwie ściernice ceramiczne firmy Norton, a mianowicie SGB60KVX (mieszanka ziaren ściernych konwencjonalnych z ziarnem SG o średniej koncentracji) oraz 3NQ60KVQN (mieszanka tradycyjnego ziarna z ziarnem Norton Quantum o wysokiej koncentracji) [2]. W przeprowadzonych próbach szlifowano wgłębnie próbki w postaci pierścieni o średnicy 70 mm i szerokości 12 mm.

Badania realizowano dla zmiennych:

- prędkości szlifowania  $v_s$ : 35, 40 i 45 m/s;
- prędkości obwodowych przedmiotu  $v_w$ : 100, 200, 300, 400 mm/s;
- wydajności objętościowych szlifowania  $Q'_w$ : 0,3; 0,6; 0,9 mm<sup>3</sup>/(mm·s).

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

Szlifowano w cyklach składających się z dosuwu roboczego bez wyiskrzania i szybkiego odskoku z prędkością 200 μm/s, każdorazowo zbierając właściwą objętość zeszlifowanego materiału  $V'_w = 20$  mm<sup>3</sup>/mm.

W procesie kondycjonowania ściernicy przyjęto prędkość obwodową ściernicy równą 33 m/s, dosuw kondycjonowania ściernicy  $a_d$  wynoszący 20 μm i posuw wzdłużny kondycjonowania  $v_{fd}$  równy 100 mm/min. Wynikowy wskaźnik pokrycia  $k_d$  wynosił około 8. Jako chłodziwo zastosowano 3% wodny roztwór emulsji syntetycznej Mobilcut 321.

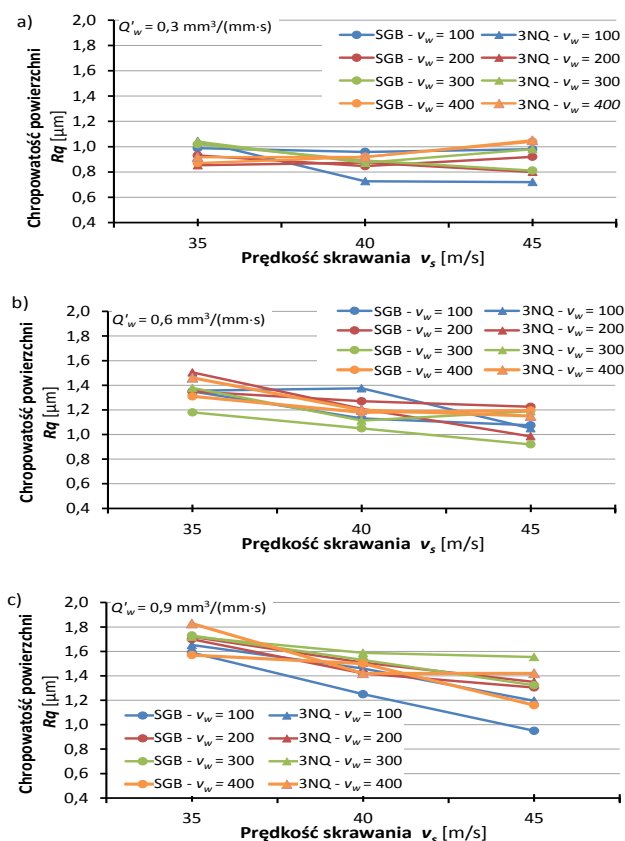
Badania doświadczalne przeprowadzono na autorskim stanowisku badawczym zbudowanym przez zespół pracowników Instytutu Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn Politechnik Łódzkiej, wyposażonym w układ pomiaru składowych siły szlifowania [3].

Pomiar parametrów chropowatości dokonano przyrzędem do pomiaru chropowatości SurfTest SJ-200 firmy Mitutoyo.

### Wyniki badań

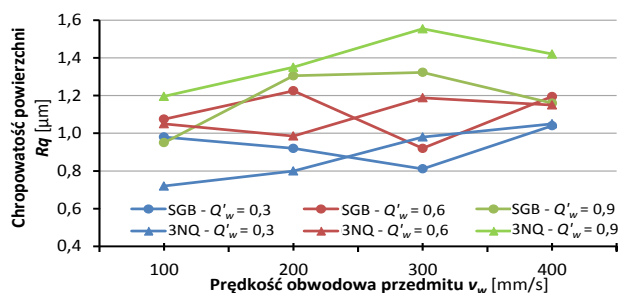
Na rys. 1 zamieszczono zmiany parametru chropowatości  $R_q$  powierzchni obrabianej dla ściernicy SGB oraz 3NQ w funkcji prędkości skrawania  $v_s$  dla wszystkich przebadanych prędkości obwodowych przedmiotu  $v_w$  i różnej właściwej wydajności szlifowania  $Q'_w$ . Najniższe wartości chropowatości uzyskano dla ściernicy 3NQ przy  $v_s = 45$  m/s,  $Q'_w = 0,3$  mm<sup>3</sup>/(mm·s) oraz  $v_w = 100$  mm/s (rys. 1a). Natomiast w przypadku dwóch pozostałych wartości  $Q'_w$  (rys. 1b i 1c) najlepsze wartości otrzymano dla ściernicy SGB.

Wraz ze wzrostem wartości  $Q'_w$  zaznacza się również wyraźny wpływ prędkości szlifowania na chropowatość obrabianego przedmiotu niezależnie od jego prędkości  $v_w$ .



Rys. 1. Zależność parametru chropowatości  $Rq$  szlifowanej powierzchni od prędkości skrawania  $v_s$  dla różnej prędkości obwodowej przedmiotu  $v_w$  [mm/s] oraz właściwej wydajności szlifowania  $Q'_w$ : a) 0,3, b) 0,6; c) 0,9  $\text{mm}^3/(\text{mm}\cdot\text{s})$

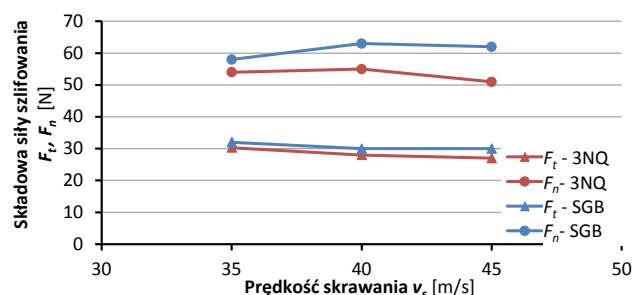
Na rys. 2 przedstawiono przykładową charakterystykę zmiany parametru chropowatości  $Rq$  w funkcji prędkości obwodowej przedmiotu dla różnej właściwej wydajności szlifowania  $Q'_w$ . Przedstawione zależności pokazują brak jednoznacznego wpływu prędkości obrotowej przedmiotu na stan powierzchni po obróbce.



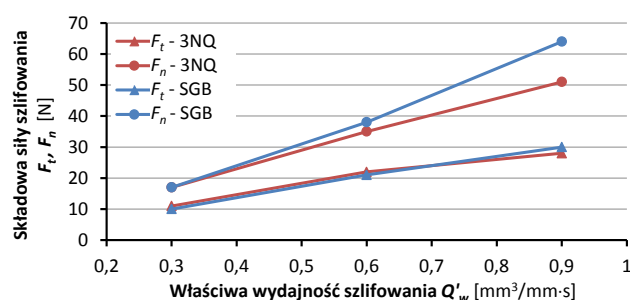
Rys. 2. Zależność parametru chropowatości  $Rq$  szlifowanej powierzchni od prędkości obwodowej przedmiotu  $v_w$  dla prędkości skrawania  $v_s = 45$  m/s i różnej właściwej wydajności szlifowania  $Q'_w$

Na rys. 3 przedstawiono charakterystykę zależności wartości składowej 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  $v_w = 300$  mm/s dla obu przebadanych ściernic. Niższe wartości sił w przypadku ściernicy 3NQ potwierdzają przypuszczenie, że występuje „kontrolowany rozpad ziaren na poziomie mikrokryształicznym” [2], co może skutkować dłuższym zachowaniem właściwości skrawnych narzędzia. Potwierdzenie

zjawiska samoostrzenia ściernicy 3NQ pod wpływem występujących sił skrawania jest przedstawiona na rys. 4 charakterystyka wpływu właściwej wydajności szlifowania  $Q'_w$  na siły występujące podczas procesu szlifowania.



Rys. 3. Zależność składowej 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  $v_w = 300$  mm/s



Rys. 4. Zależność składowej siły odporowej  $F_n$  i stycznej  $F_t$  od właściwej wydajności szlifowania  $Q'_w$  dla prędkości skrawania  $v_s = 45$  m/s oraz prędkości obwodowej przedmiotu  $v_w = 300$  mm/s

## Podsumowanie

Na podstawie otrzymanych wyników badań doświadczalnych wpływu rodzaju ściernicy o spoiwie ceramicznym oraz parametrów technologicznych szlifowania na chropowatość powierzchni oraz wartości składowych siły szlifowania można wyciągnąć następujące wnioski:

- w przypadku obu badanych ściernic nie stwierdzono zasadniczego wpływu prędkości  $v_s$  na siły szlifowania,
- w przypadku ściernicy 3NQ należy stosować odpowiednio niskie właściwe wydajności szlifowania, natomiast w przypadku ściernicy SGB – wyższe,
- w przypadku obu testowanych ściernic stwierdzono brak jednoznacznego wpływu prędkości obwodowej przedmiotu na stan jego powierzchni po obróbce,
- wskazane jest wykonanie badań trwałościowych dla ściernicy 3NQ, której specyficzne właściwości deklarowane przez producenta będą mogły zostać zweryfikowane.

## LITERATURA

1. 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): CD, s. 663/283÷292.
2. Katalog „Materiały ściernic”. Norton Saint-Gobain 2016.
3. Lajmert P., Kruszyński B., Sikora M., Ostrowski D. „Stanowisko do badania procesu szlifowania wałków”. *Mechanik*. R. 87, nr 8/9 (2014): CD, s. 596/195÷202.
4. Panadda N., Hathaipat K. „Improved corrosion resistance of thermally sprayed coating via surface grinding and electroplating techniques”. *Surface and Coatings Technology*. Vol. 201, No. 3–4 (2006): pp. 737÷743.
5. Paul S., Harvey M.D.F. „Corrosion Testing of Ni Alloy HVOF Coatings in High Temperature Environments for Biomass Applications”. *Journal of Thermal Spray Technology*. Vol. 22, No. 2–3 (2013): pp. 316÷327.
6. www.hempel-metals.com/index.php?cid=499&description=1&metal\_id=42&language=6 (dostęp: 24.06.2016).