

Wpływ parametrów szlifowania na chropowatość powierzchni stali 1.0562 w stanie zmiękczonej

Influence of grinding parameters on the surface roughness of steel 1.0562 in the softened state

MARIUSZ DEJA
PIOTR WASZCZUR
KAROLINA WSZELAK*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.11.164>
English version available on: www.mechanik.media.pl

Przedstawiono wyniki badań procesu szlifowania elementów konstrukcyjnych ze stali stopowej 1.0562 w stanie zmiękczonej. Przeanalizowano wpływ głębokości szlifowania a_e i prędkości posuwu wzdłużnego przedmiotu v_{ft} na chropowatość powierzchni. Zaprezentowano wartości parametrów chropowatości R_a , R_z i R_t możliwe do uzyskania w przyjętych warunkach badań.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie płaszczyzn, prędkość posuwu wzdłużnego, głębokość szlifowania, parametry chropowatości powierzchni

Results from testing the grinding process of structural elements made of alloy steel 1.0562 in the softened state are presented. Influence of the grinding depth a_e and the longitudinal feedrate of the workpiece v_{ft} on the surface roughness is analyzed. Roughness values of R_a , R_z and R_t were considered available to obtain under accepted test conditions.

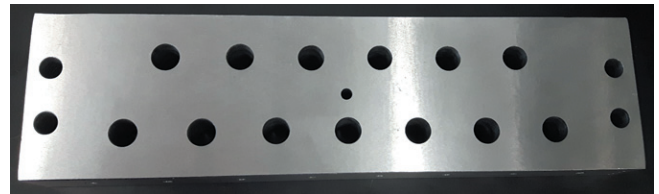
KEYWORDS: surface grinding, feed speed, depth of grinding, surface roughness parameters

Prawidłowy przebieg procesu szlifowania jest związany z odpowiednim doбором parametrów technologicznych, pozwalającym na spełnienie określonych wymagań konstrukcyjnych dotyczących głównie uzyskania wysokiej dokładności wymiarowo-kształtowej oraz ukształtowania wymaganej struktury geometrycznej powierzchni i osiągnięcia pożądanego stanu warstwy wierzchniej (WW) przedmiotu obrabianego (PO) [2, 5]. Poza uzyskaniem małej chropowatości powierzchni i wysokiej wydajności szlifowania [1] celem badań jest również zmniejszenie energochłonności procesu i emisji dwutlenku węgla [6]. Rodzaj ściernicy i parametry jej kondycjonowania także znacząco wpływają na przebieg procesu i efekty technologiczne [3]. Właściwy dobór parametrów obróbkowych z prawidłowym dostarczaniem cieczy chłodząco-smarującej (CCS) pozwala uniknąć uszkodzeń w postaci mikropęknięć i utwardzeń w WW-PO [4] oraz wydłużyć okres eksploatacyjny obrabianych elementów konstrukcyjnych, np. szyn kolejowych [5].

Przedstawiono wyniki badań wraz z oceną wpływu głębokości szlifowania a_e i prędkości posuwu wzdłużnego przedmiotu v_{ft} na wartości parametrów chropowatości powierzchni elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stali stopowej 1.0562 w stanie zmiękczonej. Uzyskanie wartości parametru chropowatości R_a poniżej $0,1 \mu\text{m}$ było jednym z podstawowych wymagań konstrukcyjnych wobec płyt (rys. 1) stanowiących badawcze urządzenie hydrauliczne.

Warunki badań

Próby szlifowania przeprowadzono na szlifierce CNC do płaszczyzn SPG 25X60 z poziomą osią wrzeciona. Szlifowano płyty o wymiarach $256 \times 68 \times 28 \text{ mm}$ (rys. 1) ze stali 1.0562 o twardości 220 HB, wytrzymałości na rozciąganie $R_m = 490 \pm 630 \text{ MPa}$ i granicy plastyczności $R_e = 335 \text{ MPa}$. Standardowo elementy z tego materiału są poddawane obróbce cieplnej, by zwiększyć ich twardość i odporność na zużycie. W wykonywanym do celów badawczych urządzeniu hydraulicznym zastosowano – zgodnie z wymaganiami konstruktora – płyty w stanie zmiękczonej. Obróbkę prowadzono ściernicą firmy Norton o oznaczeniu 38A60LVS i wymiarach ($D \times T \times H$) $250 \times 25 \times 76,2 \text{ mm}$.



Rys. 1. Płyta z otworami po szlifowaniu

Szlifowanie realizowano ze stałą prędkością obwodową ściernicy $v_s = 25 \text{ m/s}$, z użyciem chłodziwa. Posuw poprzeczny ściernicy następował po przejściu ściernicy wzdłuż szlifowanej powierzchni i wynosił 15 mm (60% szerokości ściernicy). Przed każdym testem ściernicę kondycjonowano obciążaczem diamentowym jednoziarnistym z następującymi parametrami ustawionymi w programie sterującym:

- głębokością a_e przy jednym przejściu – $0,01 \text{ mm}$,
- liczbą przejść obciążających – 4,
- prędkością obwodową ściernicy – $v_s = 23 \text{ m/s}$,
- posuwem poprzecznym ściernicy – $f_a = 0,2 \text{ mm/obr.}$

TABLICA I. Parametry szlifowania

Nr próby	Poziomy parametrów wejściowych		Wartości parametrów	
	Prędkość posuwu v_{ft}	Głębokość szlifowania a_e	v_{ft} m/min	a_e mm
1	1	1	0,3	0,002
2	1	2	0,3	0,004
3	1	3	0,3	0,006
4	2	1	0,9	0,002
5	2	2	0,9	0,004
6	2	3	0,9	0,006
7	3	1	1,8	0,002
8	3	2	1,8	0,004
9	3	3	1,8	0,006

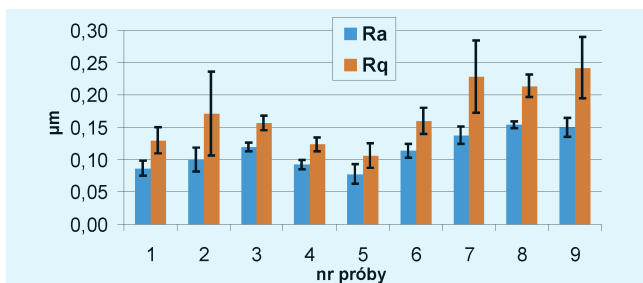
* Dr hab. inż. Mariusz Deja (mariusz.deja@pg.edu.pl), dr inż. Piotr Waszczur (piotr.waszczur@pg.edu.pl), mgr inż. Karolina Wszelak (karolina.wszelak@pg.edu.pl) – Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej

Przyjęto statyczny zdeterminowany kompletny 3-wartościowy plan badań – PS/DK-3². Każda próba szlifowania (tabl. I) była powtarzana.

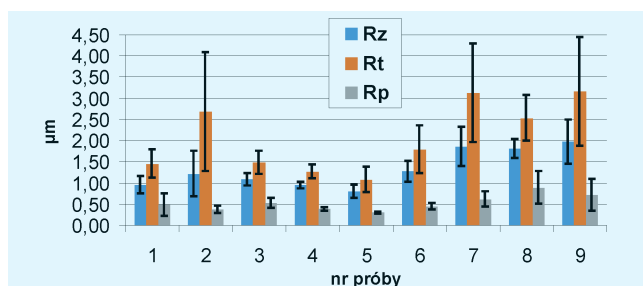
Przyjęto mniejsze wartości prędkości posuwu wzdłużnego v_{ft} od zalecanych [2], ponieważ przy większych prędkościach rosły chropowatość i falistość powierzchni PO z widocznymi nierównościami w postaci prążków. Po każdej próbie szlifowania i jej powtórzeniu wykonywano po 4 pomiary chropowatości powierzchni – łącznie 8 pomiarów. Do tego celu wykorzystano profilometr stykowy HOMMEL TESTER T1000. Pomiary przeprowadzono dla odcinka elementarnego 0,8 mm.

Wyniki badań

Na rys. 2 i 3 przedstawiono średnie wartości parametrów chropowatości z poszczególnych prób szlifowania (tabl. I), a jako miarę rozrzutu przyjęto wartość odchylenia standardowego. Największe wartości parametrów chropowatości, niezależnie od głębokości szlifowania, otrzymano po próbach nr 7–9 przeprowadzonych z największą prędkością



Rys. 2. Średnie wartości parametrów chropowatości powierzchni R_a i R_q uzyskane po kolejnych próbach szlifowania



Rys. 3. Średnie wartości parametrów chropowatości powierzchni R_z , R_t i R_p uzyskane po kolejnych próbach szlifowania

TABLICA II. Analiza ANOVA parametru R_a

Źródło wariacji	SS	df	MS	F	p	Test F
v_{ft}	0,038	2	0,019	129,805	0,000	3,143
a_e	0,007	2	0,003	23,804	0,000	3,143
$v_{ft} \cdot a_e$	0,005	4	0,001	8,297	0,000	2,518
błąd	0,009	63	0,000			
całkowita	0,05875	71				

Legenda: SS – suma kwadratów odchyleń; df – liczba stopni swobody; MS – średni kwadrat odchyleń; F – obliczona wartość statystyki F; p – prawdopodobieństwo; test F – wartość krytyczna odczytana przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

TABLICA III. Analiza ANOVA parametru R_t

Źródło wariacji	SS	df	MS	F	p	Test F
v_{ft}	33,952	2	16,976	19,754	0,000	3,143
a_e	0,623	2	0,311	0,362	0,697	3,143
$v_{ft} \cdot a_e$	15,352	4	3,838	4,466	0,003	2,518
błąd	54,140	63	0,859			
całkowita	104,066	71				

TABLICA IV. Analiza ANOVA parametru R_z

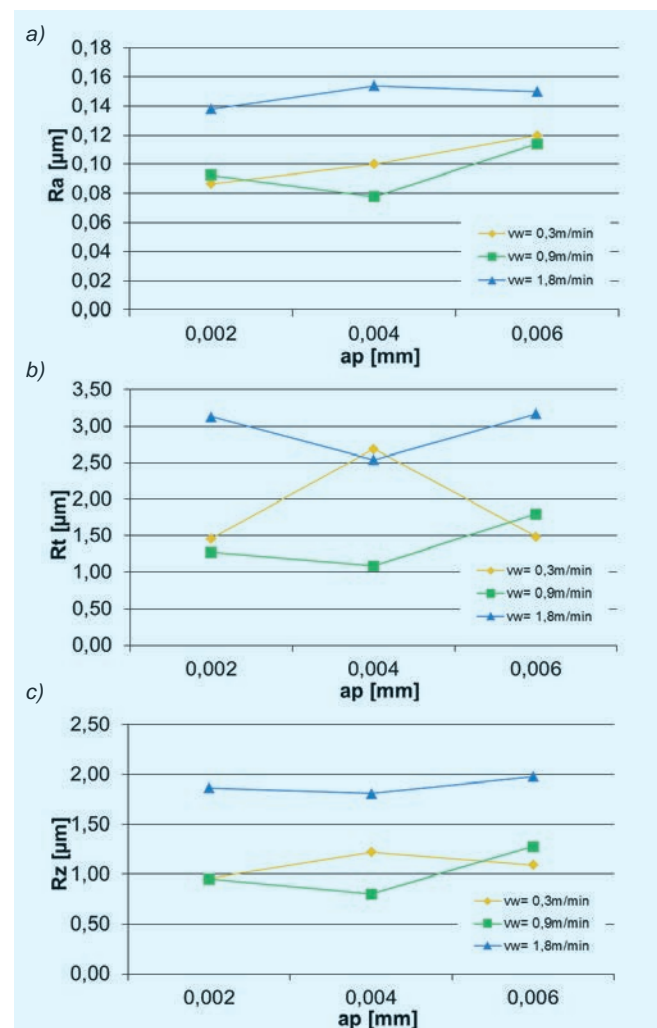
Źródło wariacji	SS	df	MS	F	p	Test F
v_{ft}	12,871	2	6,435	58,958	0,000	3,143
a_e	0,543	2	0,272	2,489	0,091	3,143
$v_{ft} \cdot a_e$	1,147	4	0,287	2,628	0,043	2,518
błąd	6,877	63	0,109			
całkowita	21,438	71				

posuwu wzdłużnego przedmiotu $v_{ft} = 1,8$ m/min. Najkorzystniejsze – najmniejsze – wartości parametrów chropowatości, takich jak R_a , R_z i R_t , uzyskano po szlifowaniu z $v_{ft} = 0,9$ m/min i $a_e = 0,004$ mm.

W tabl. II–IV zamieszczono wyniki badania istotności wpływu parametrów szlifowania na wartości parametrów chropowatości powierzchni. Analizę przeprowadzono dla założonego poziomu istotności $\alpha = 0,05$.

W przypadku parametru chropowatości R_a istotny wpływ na wynik szlifowania miały parametry v_{ft} i a_e oraz interakcja pomiędzy nimi. Na parametr R_t największy wpływ miały prędkość posuwu wzdłużnego przedmiotu v_{ft} oraz interakcja tego parametru z głębokością szlifowania a_e . Podobne rezultaty uzyskano dla parametru R_z .

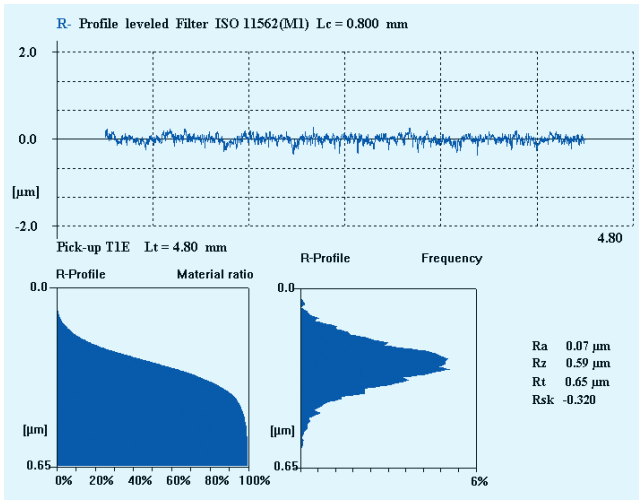
Na rys. 4 przedstawiono wartości parametrów chropowatości R_a , R_t i R_z uzyskane w zależności od prędkości posuwu przedmiotu i głębokości szlifowania. Można



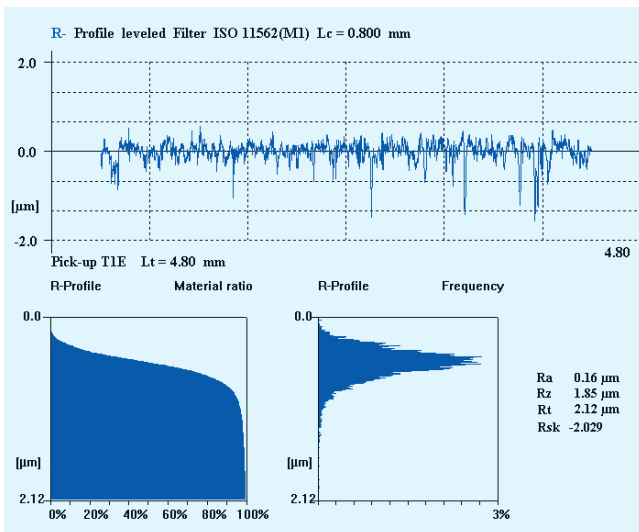
Rys. 4. Zależność parametrów chropowatości: a) R_a , b) R_t , c) R_z szlifowanej powierzchni od prędkości posuwu wzdłużnego przedmiotu v_{ft} i głębokości szlifowania a_e

zauważyć, że w zakresie przyjętych wartości parametru $v_{ft} = 0,3$ i $0,9$ m/min uzyskano zbliżone wartości parametrów R_a i R_z niezależnie od głębokości szlifowania. Tylko w przypadku parametru R_t odnotowano znaczne wartości także przy najmniejszej prędkości posuwu wzdłużnego przedmiotu v_{ft} i głębokości szlifowania $a_e = 0,004$ mm.

Przykładowe profile chropowatości z krzywymi udziału materiałowego i rozkładami rzędnych zilustrowano na rys. 5–7.



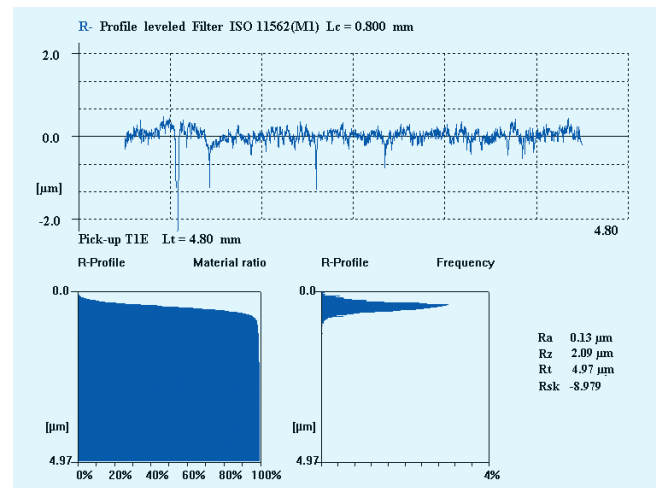
Rys. 5. Przykładowy profil chropowatości powierzchni uzyskany po szlifowaniu z parametrami $v_{ft} = 0,9$ m/min i $a_e = 0,004$ mm



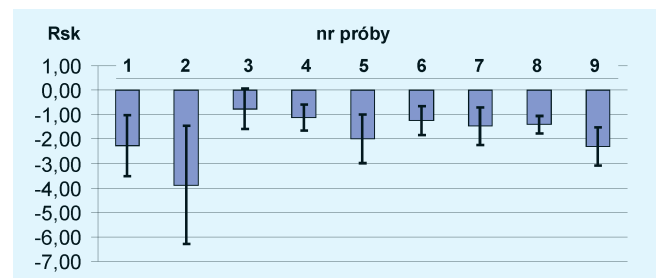
Rys. 6. Przykładowy profil chropowatości powierzchni uzyskany po szlifowaniu z parametrami $v_{ft} = 1,8$ m/min i $a_e = 0,006$ mm

Najkorzystniejsze powierzchnie uzyskano po próbie szlifowania nr 5. Przykładowy profil takiej powierzchni przedstawiono na rys. 5. Profil powierzchni po szlifowaniu z największymi przyjętymi wartościami parametrów (próba nr 9) pokazano na rys. 6. Gdy porówna się profile z rys. 5 i 6, widać różnice będące wynikiem występowania rys na powierzchni, które można łączyć z małą twardością obrabianego materiału. Rysy są również widoczne na profilu chropowatości z rys. 7 uzyskany po próbie szlifowania nr 2. Ich powstawanie wpłynęło na wartość parametru R_t .

Na rys. 8 przedstawiono wartości współczynnika asymetrii profilu chropowatości R_{sk} uzyskane po poszczególnych próbach szlifowania. Ujemne wartości tego parametru wskazują, że szlifowane powierzchnie mają duży udział nośny.



Rys. 7. Przykładowy profil chropowatości powierzchni uzyskany po szlifowaniu z parametrami $v_{ft} = 0,3$ m/min i $a_e = 0,004$ mm



Rys. 8. Średnie wartości współczynnika asymetrii profilu chropowatości R_{sk} po kolejnych próbach szlifowania

Podsumowanie

Na podstawie badań szlifowania stali 1.0562 w stanie zmięczonym ustalono, że prędkość posuwu wzdłużnego v_{ft} ma większy wpływ na chropowatość powierzchni niż głębokość szlifowania a_e . Najniższą chropowatość powierzchni odnotowano dla parametrów obróbkowych przyjętych w próbie szlifowania nr 5. Najmniejsze wartości parametru chropowatości R_a – w zakresie $0,06 \div 0,08$ μm – wydają się granicznymi wartościami, jakie można osiągnąć w przyjętych warunkach badań szlifowania przedmiotów o małej twardości. Zwiększenie prędkości v_{ft} powyżej $1,8$ m/min skutkowało wzrostem chropowatości powierzchni. Przy najmniejszej przyjętej prędkości posuwu również nie uzyskano najkorzystniejszych rezultatów.

LITERATURA

- Janardhan M. „An integrated evaluation approach for modelling and optimization of surface grinding process parameters”. *Materials Today: Proceedings*. 2 (2015): s. 1622–1633.
- Ocoś K.E., Porzycki J. „Szlifowanie: podstawy i technika”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1986.
- Puertoa P. et al. „Evolution of surface roughness in grinding and its relationship with the dressing parameters and the radial wear”. *Procedia Engineering*. 63 (2013): s. 174–182.
- Tyuhta A.V., Vasilenko Y.V., Kozlov A.M. „Ways to enhance environmental flat grinding by improving the technology of the coolant supply”. *Procedia Engineering*. 150 (2016): s. 1073–1080.
- Uhlmann E. et al. „Influence of rail grinding process parameters on rail surface roughness and surface layer hardness”. *Wear*. 366–367 (2016): s. 287–293.
- Zhaohui Deng et al. „Study on the model of high efficiency and low carbon for grinding parameters optimization and its application”. *Journal of Cleaner Production*. 137 (2016): s. 1672–1681.