

Struktura geometryczna powierzchni po toczeniu wykończeniowym stali martenzytycznej AISI 630

Surface texture after finishing turning of AISI 630 martensitic steel

KAMIL LEKSYCKI
EUGENE FELDSHTEIN*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.10.146>

Zaprezentowano wyniki badań struktury geometrycznej powierzchni stali martenzytycznej AISI 630 po toczeniu wykończeniowym. Próby przeprowadzono w warunkach obróbki na sucho i z chłodzeniem. Badania realizowano przy zmiennych prędkościach skrawania i posuwach oraz stałej głębokości skrawania. Do realizacji eksperymentu zastosowano metodę Parameter Space Investigation (PSI), umożliwiającą prowadzenie badań przy minimalizacji liczby punktów doświadczeń. Ustalono, że przy toczeniu z chłodzeniem zmniejszają się zarówno wartości R_a , R_q , jak i intensywność wpływów prędkości skrawania i posuwu w porównaniu z obróbką na sucho. Ponadto zastosowanie niskich wartości posuwu wpływa korzystnie na wartości parametrów R_a i R_q .

SŁOWA KLUCZOWE: struktura geometryczna, toczenie wykończeniowe, stal martenzytyczna AISI 630

The surface texture of martensitic AISI 630 steel after the finishing turning is described. The tests were carried out under dry and cooling conditions. Experiments were carried out under variable cutting speeds and feeds and under a constant depth of cut. The Parameter Space Investigation (PSI) method was used that allows research with minimal experience point quantity. It was found that turning with cooling conditions reduce both R_a and R_q values and intensities of cutting speed and feed rate influence as compared out under dry conditions. The use of low feed rate values has a positive effect of the R_a and R_q parameters.

KEYWORDS: surface texture, finish turning, martensitic steel AISI 630

Postęp medycyny w znacznym stopniu opiera się na wykorzystaniu w wyrobach medycznych coraz lepszych materiałów. Aktualnie stosuje się szereg materiałów biomedycznych [1].

Ze względu na korzystne właściwości mechaniczne i użytkowe do najczęściej stosowanych materiałów biomedycznych zalicza się m.in.: stal nierdzewną 316L oraz stopy Ti-6Al-4V, Co-Cr-Mo, Ni-Ti [2]. Coraz chętniej wykorzystywana jest w przemyśle medycznym stal nierdzewna AISI 630, ponieważ ma wiele zalet [3, 4].

Martenzytyczną, chromowo-niklową starzejącą się stal nierdzewną AISI 630 (17Cr-4Ni) cechuje wysoka wytrzymałość, twardość i ciągliwość oraz doskonała odporność na korozję [5]. Materiał ten wykazuje także niską przewodność cieplną, co obniża skrawalność i wpływa na jakość otrzymanej powierzchni [6].

Jakość powierzchni w dużej mierze decyduje o właściwościach użytkowych elementów obrabianych, m.in. właściwościach tribologicznych, wytrzymałości zmęczeniowej czy odporności na korozję [7]. Chropowatość powierzchni

jest popularnym wskaźnikiem oceny jakości elementu, stosowanym jako ogólny wymóg techniczny produktu [8]. W procesie toczenia takie parametry, jak prędkość skrawania, posuw, głębokość skrawania czy promień naroża narzędzia wpływają na jakość powierzchni. Ponadto podczas toczenia w strefie skrawania powstaje wysoka temperatura, co przyczynia się do zwiększenia chropowatości powierzchni [9, 11, 12].

W [10] oceniono jakość powierzchni stali AISI 630 uzyskaną w procesie toczenia wykończeniowego prowadzonego z chłodzeniem (wodą z emulsją olejową). Przy średniej prędkości skrawania i niskim posuwie uzyskano niską chropowatość powierzchni, natomiast dużą chropowatość otrzymano przy bardzo małej prędkości skrawania i wysokim posuwie. Ponadto udowodniono, że głębokość skrawania zmieniana jednocześnie z prędkością skrawania lub posuwem nie ma wpływu na chropowatość powierzchni. Stwierdzono, że toczenie z niską prędkością skrawania zmniejsza chropowatość powierzchni.

W [13] badano mechanizm zużycia narzędzia w procesie toczenia wykończeniowego stali AISI 630. Małą chropowatość powierzchni uzyskano przy średniej prędkości skrawania i niskim posuwie. Natomiast dużą chropowatość otrzymano przy toczeniu z wysoką prędkością skrawania i niskim posuwie.

Badania miały na celu określenie wpływu prędkości skrawania i posuwu na wybrane wskaźniki chropowatości powierzchni uzyskane podczas obróbki wykończeniowej stali nierdzewnej AISI 630 na sucho i z chłodzeniem.

Realizacja badań

W eksperymencie zastosowano metodę Parameter Space Investigation (PSI), która pozwala zaplanować badania przy minimalizacji liczby punktów badań [14]. Normalizowane współrzędne punktów badań przedstawiono w pracy [15].

Badania zrealizowano na tokarce CNC typu CTX 510 ze sterowaniem Sinumerik 840D firmy DMG MORI. Zastosowano nóż tokarski z oprawką CoroTurn SDJCR 2525M 11 oraz płytką wymienną CoroTurn DCMX 11 T3 04-WM 1115. Zużycie sumaryczne ostrza nie przekraczało 0,2÷0,3 mm, co odpowiada warunkom obróbki wykończeniowej; w celu eliminacji jego wpływu dokonano randomizacji kolejności badań.

Zastosowano prędkości skrawania w zakresie $V_c = 150\div 500$ m/min, posuwu w zakresie $f = 0,05\div 0,4$ mm/obr przy stałej głębokości skrawania $a_p = 0,5$ mm, która odpowiada warunkom obróbki wykończeniowej.

Obróbkę wykończeniową przeprowadzono bez użycia środka chłodzącego-smarującego (na sucho) oraz z zastosowaniem emulsji wodnej na bazie oleju obróbkowego emulgującego Castrol Alusol SL 51 XBB o 7% stężeniu roboczym.

* Mgr inż. Kamil Leksycki (k.leksycki@ibem.uz.zgora.pl), prof. dr hab. inż. Eugene Feldshtein (e.feldshtein@ibem.uz.zgora.pl) – Uniwersytet Zielonogórski

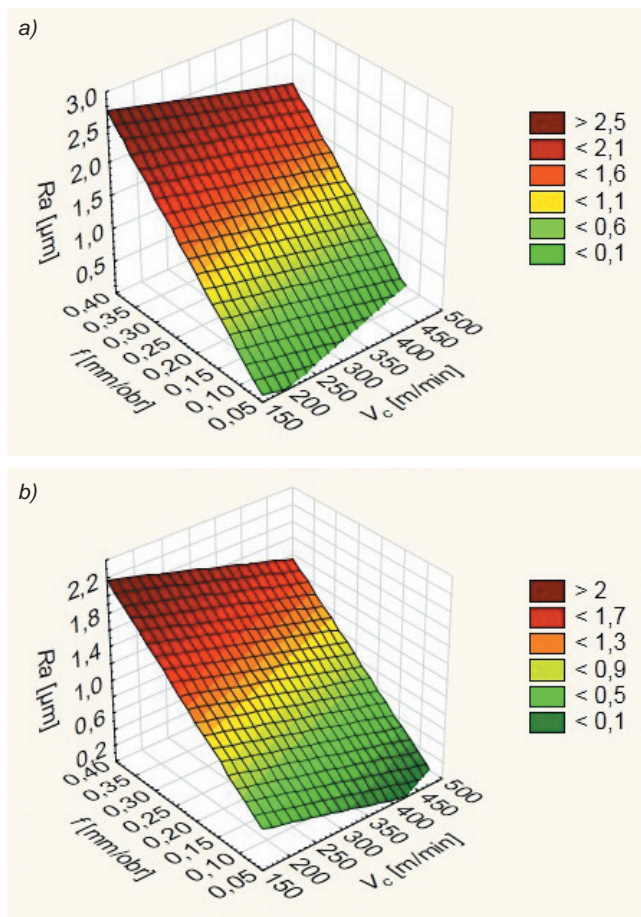
Obrabiano martenzytyczną starzejącą się stal nierdzewną AISI 630 o składzie chemicznym podanym w [16].

Strukturę geometryczną powierzchni stali AISI 630 po toczeniu wykończeniowym badano urządzeniem TR-200.

Warunki badań

Wyniki pomiarów otrzymanych w poszczególnych punktach badań zostały poddane analizie statystycznej w programie Statystyka 13.0, dzięki czemu otrzymano równanie regresji. Wykresy zmian parametru chropowatości powierzchni Ra w zależności od prędkości skrawania oraz posuwu w warunkach obróbki na sucho i z chłodzeniem pokazano na rys. 1, natomiast zmiany parametru chropowatości powierzchni Rq – na rys. 2.

Warto zaznaczyć, że parametr Ra w pojęciu statystyki matematycznej jest wartością średnią z próbki losowej (oczekiwanie matematyczne), natomiast parametr Rq – równy odchyleniu standardowemu.



Rys. 1. Zmiany parametru chropowatości powierzchni Ra w zależności od prędkości skrawania V_c i posuwu f przy: a) obróbce na sucho, b) obróbce z chłodzeniem

Dla obliczeń wartości parametru chropowatości powierzchni Ra uzyskano równania regresji:

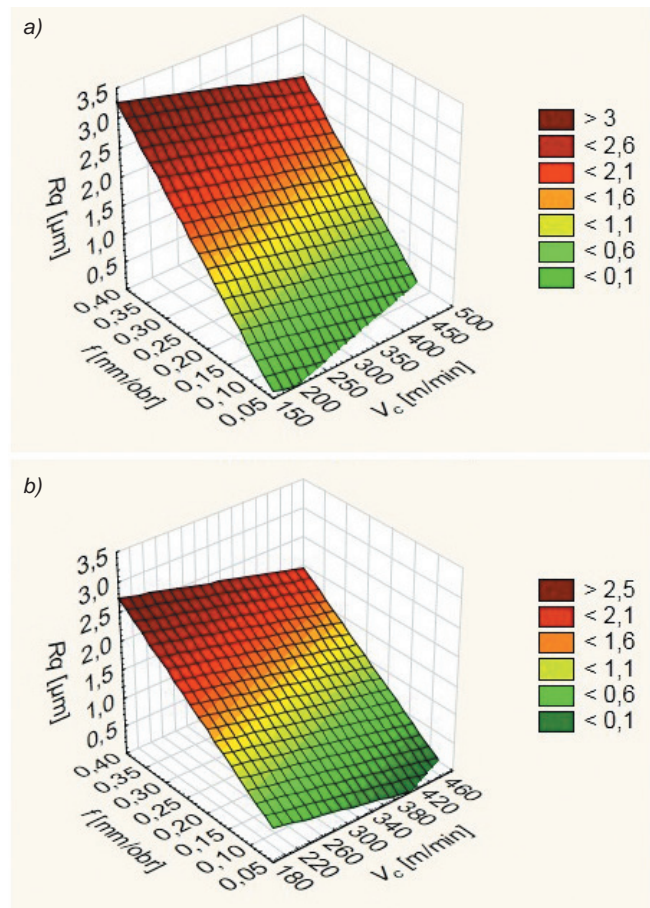
- na sucho:

$$Ra = 0,0266 - 0,002 V_c + 7,5613f; R^2 = 0,87 \quad (1)$$

- z chłodzeniem:

$$Ra = 0,5265 - 0,018 V_c + 4,8077f; R^2 = 0,90 \quad (2)$$

gdzie: V_c – prędkość skrawania w m/min; f – posuw w mm/obr.



Rys. 2. Zmiany parametru chropowatości powierzchni Rq w zależności od prędkości skrawania V_c i posuwu f przy: a) obróbce na sucho, b) obróbce z chłodzeniem

Dla obliczeń wartości parametru chropowatości powierzchni Rq uzyskano równania regresji:

- na sucho:

$$Rq = 0,0196 - 0,0024 V_c + 8,9974f; R^2 = 0,89 \quad (3)$$

- z chłodzeniem:

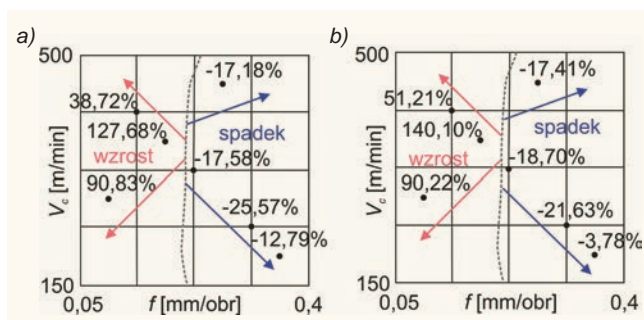
$$Rq = 0,7703 - 0,0026 V_c + 6,1135f; R^2 = 0,93 \quad (4)$$

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że przy toczeniu z chłodzeniem zmniejszają się zarówno wartości Ra i Rq , jak i intensywność wpływów prędkości skrawania i posuwu w porównaniu z obróbką na sucho. Przy toczeniu na sucho i z chłodzeniem zauważono, że im niższe wartości posuwu, tym niższe są badane wskaźniki chropowatości powierzchni. Natomiast wpływ prędkości skrawania na parametry Ra i Rq był nieznaczny; korzystniejsze wyniki uzyskano przy dużych prędkościach.

Przeanalizowano również parametry chropowatości w poszczególnych punktach badań zgodnie z metodą PSI.

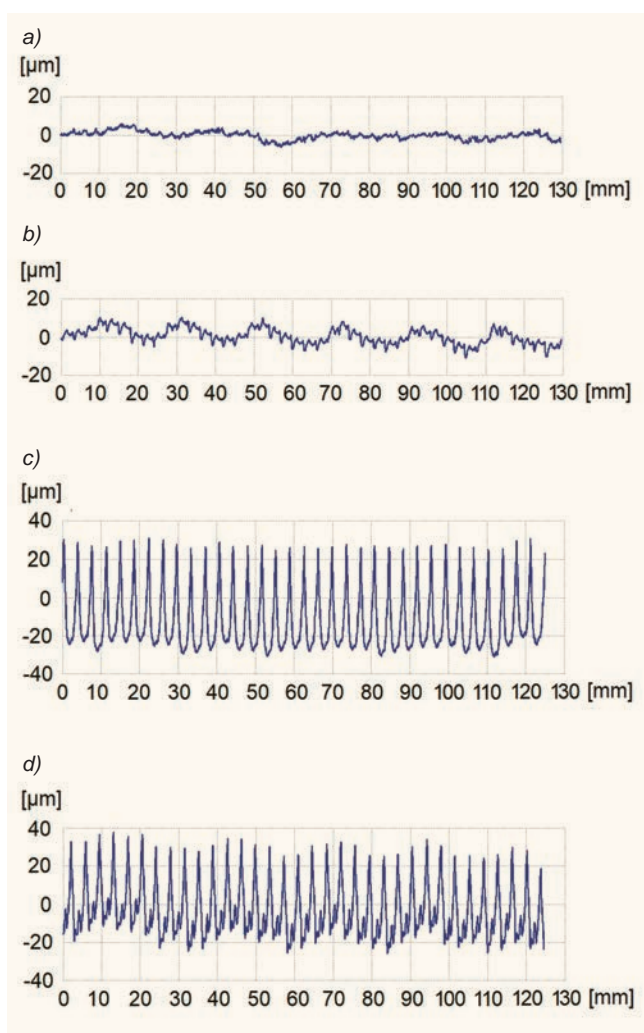
Na rys. 3 pokazano średnie zmiany procentowe parametrów chropowatości Ra i Rq powierzchni stali nierdzewnej AISI 630 po toczeniu wykończeniowym w warunkach na sucho oraz z chłodzeniem w zależności od zmiennych parametrów prędkości skrawania i posuwu.

Zastosowanie chłodzenia przy średnich i wysokich posuwach spowodowało zmniejszenie wartości badanych parametrów chropowatości powierzchni w zakresie od 3% do 25%. Przy niskich posuwach nastąpiło zwiększenie wybranych parametrów chropowatości od 38% do 140%. Wpływ prędkości skrawania na parametry Ra i Rq był nieznaczny.



Rys. 3. Średnie procentowe zmniejszenie wartości wybranych parametrów chropowatości w siedmiu punktach badań według metody PSI po toczeniu z chłodzeniem w porównaniu z obróbką na sucho: a) parametr R_a , b) parametr R_q

Na rys. 4 przedstawiono profile chropowatości powierzchni w punktach, gdzie zaobserwowano duże i małe wartości parametrów chropowatości powierzchni.



Rys. 4. Profile chropowatości w wybranych warunkach obróbki: a) na sucho z $V_c = 281,25$ m/min i $f = 0,093$ mm/obr, b) z chłodzeniem z $V_c = 281,25$ m/min i $f = 0,093$ mm/obr, c) na sucho z $V_c = 193,75$ m/min i $f = 0,356$ mm/obr, d) z chłodzeniem z $V_c = 193,75$ m/min i $f = 0,356$ mm/obr

Na uwagę zasługują parametry: $V_c = 281,25$ m/min i $f = 0,093$ mm/obr, przy których uzyskano małe wartości parametrów R_a i R_q , natomiast tocząc z $V_c = 193,75$ m/min i $f = 0,356$ mm/obr, uzyskano duże wartości R_a i R_q .

Niski posuw przy niskich prędkościach skrawania powoduje zmniejszenie badanych parametrów chropowa-

tości. Natomiast przy wysokim posuwie i średniej prędkości skrawania uzyskano duże wartości parametrów R_a i R_q .

Wnioski

Opierając się na wynikach badań, sformułowano następujące wnioski:

- przy toczeniu z chłodzeniem zmniejszają się zarówno wartości R_a , R_q , jak i intensywność wpływów prędkości skrawania i posuwu w porównaniu z obróbką na sucho,
- zastosowanie niskich posuwów wpływa korzystnie na wartości parametrów R_a i R_q ,
- prędkość skrawania w nieznacznym stopniu wpływa na parametry R_a i R_q ,
- obróbka z chłodzeniem w zakresie średnich i wysokich posuwów powoduje zmniejszenie parametrów R_a i R_q o 3% do 25%,
- obróbka z chłodzeniem z niskimi posuwami powoduje zwiększenie parametrów R_a i R_q o 38% do 140%.

LITERATURA

1. Dobrzański L.A. „Podstawy kształtowania struktury i właściwości materiałów metalowych”. Gliwice: Wyd. Politechniki Śląskiej, 2007.
2. Ramsden J.J., Allen D.M., Stephenson D.J., Alcock J.R., Peggs G.N., Fuller G., Goch G. “The design and manufacture of biomedical surfaces”. *Annals of the CIRP*. 56 (2007): s. 687–711.
3. Ahlhelm M., Günther P., Scheithauer U., Schwarzer E., Günther A., Slawik T., Moritz T., Michaelis A. “Innovative and novel manufacturing methods of ceramics and metal-ceramic composites for biomedical applications”. *Journal of the European Ceramic Society*. 36 (2016): s. 2883–2888.
4. Liu G., Huang C., Zou B., Wang X., Liu Z. “Surface integrity and fatigue performance of 17-4PH stainless steel after cutting operations”. *Surface & Coatings Technology*. 307 (2016): s. 182–189.
5. Liu R.L., Yan M.F. “The microstructure and properties of 17-4PH martensitic precipitation hardening stainless steel modified by plasma nitrocarburizing”. *Surface & Coatings Technology*. 204 (2010): s. 2251–2256.
6. Liu G., Zou B., Huang C., Wang X., Wang J., Liu Z. “Tool damage and its effect on the machined surface roughness in high-speed face milling the 17-4PH stainless steel”. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 83 (2016): s. 257–264.
7. Yanga J., Wang X., Kang M. “Finite element simulation of surface roughness in diamond turning of spherical surfaces”. *Journal of Manufacturing Processes*. 31 (2018): s. 768–775.
8. Benardos P.G., Vosniakos G.C. “Predicting surface roughness in machining: a review”. *Int J Mach Tools Manuf.* 43 (2003): s. 833–844.
9. Patole P.B., Kulkarni V.V. “Optimization of process parameters based on surface roughness and cutting force in MQL Turning of AISI 4340 using nano fluid”. *Materials Today: Proceedings*. 5 (2018): s. 104–112.
10. Kiran P.C., Clement S. “Surface quality investigation of turbine blade steels for turning process”. *Measurement*. 46 (2013): s. 1875–1895.
11. Zawada-Tomkiewicz A. „Analiza układu obróbkowego z wykorzystaniem informacji zawartych w powierzchni obrabianej”. *Mechanik*. 8–9 (2013): s. 119–126.
12. Zawada-Tomkiewicz A., Storch B. „Analiza struktury geometrycznej powierzchni z wykorzystaniem krzywej udziału materiału”. *Mechanik*. 11 (2016): s. 1728–1729.
13. Zou B., Zhou H., Huang C., Xu K., Wang J. “Tool damage and machined-surface quality using hot-pressed sintering Ti(C7N3)/WC/TaC cermet cutting inserts for high-speed turning stainless steels”. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 79 (2015): s. 197–210.
14. Statnikov R.B., Matusov J.B. “*Multicriteria Analysis in Engineering*”. Springer, 2002.
15. Maruda R.W., Krolczyk G.M., Niesłony P., Krolczyk J.B., Legutko S. “Chip formation zone analysis during the turning of austenitic stainless steel 316L under MQCL cooling condition”. *Procedia Engineering*. 149 (2016): s. 297–304.
16. www.matweb.com (dostęp: 26.03.2018 r.).