

Chropowatość powierzchni stali C45 przy toczeniu wykończeniowym w obecności mgły emulsyjnej

prof. dr hab. inż. E. Feldshtein, mgr inż. S. Koczur
Uniwersytet Zielonogórski

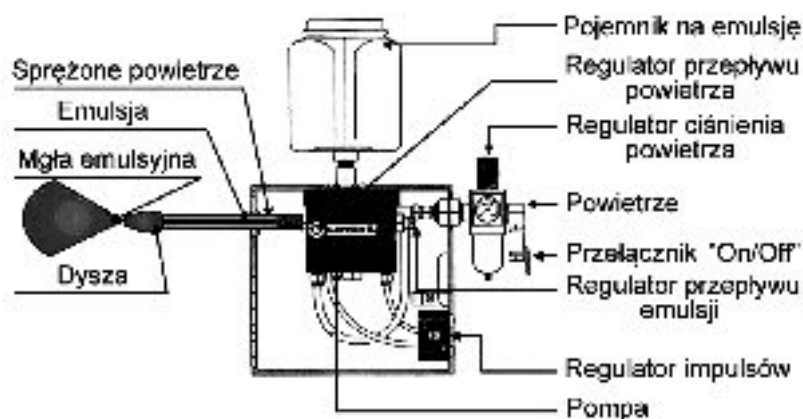
Procesy obróbki powierzchniowej mają decydujący wpływ na właściwości eksploatacyjne części maszyn, ponieważ zapewniają kształtowanie wymaganej struktury geometrycznej roboczych powierzchni oraz stan warstwy wierzchniej elementów współpracujących. W literaturze podaje się, że 70–80% ogólnych zmian odporności powierzchni na zużycie są spowodowane zmianami parametrów chropowatości powierzchni trących [1].

W warunkach tarcia technicznie suchego największy wpływ mają parametry pionowe chropowatości oraz udział materiałowy, wówczas gdy parametry poziome bardziej wpływają na odporność powierzchni na zużycie w warunkach tarcia granicznego oraz w obecności środka smarowego [2]. Wpływ chropowatości na warunki tarcia i zużycia rozpatrywano w [3, 4] na przykładzie silikonu, w [5] dla ceramiki, w [6] – dla czystych metali, w [7] dla stali węglowej i stopu tytanu, w [8] dla stali hartowanej. Obszerną analizę właściwości funkcjonalnych powierzchni wytwarzanych w różnych procesach obróbki ubytkowej na podstawie parametrów chropowatości powierzchni 2D i 3D przedstawiono w [9].

Zapewnić wymaganą chropowatość powierzchni obrobionej można dobierając właściwe parametry skrawania, geometrię ostrza, jak również wprowadzając do strefy obróbki środki chłodząco-smarujące, najczęściej cieczy obróbkowe. Ciecze chłodząco-smarujące po-

wodują zmiany w procesach tribologicznych zachodzących w strefie styku między powierzchniami narzędzia, wiórem a przedmiotem obrabianym. Obecnie wykorzystuje się różne sposoby dostarczania cieczy do strefy skrawania, m.in. metody MQCL (minimum quantity cooling lubricant) i MQL (minimum quantity lubricant) jako metody

alternatywne metodom zalewowym. Przy tym metoda MQCL zapewnia lepsze warunki temperaturowe w strefie obróbki, ponieważ woda będąca główną składową medium czynnego w tej metodzie cechuje się znacznie lepszymi parametrami odprowadzania ciepła niż olej stosowany w metodzie MQL [10]. Ustalono także, że metoda



Rys. 1. Schemat urządzenia Lenox Micronizer

MQCL sprzyja zmniejszeniu chropowatości powierzchni obrabianej [11].

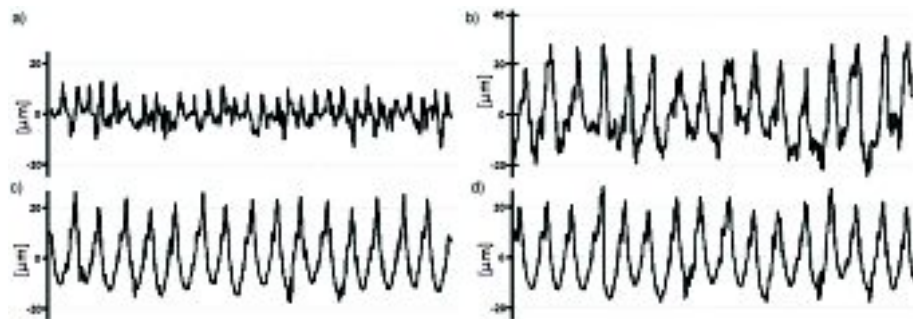
Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu podstawowych parametrów mgły emulsyjnej na wybrane parametry chropowatości powierzchni przy toczeniu

Wykończeniowym stali C45.

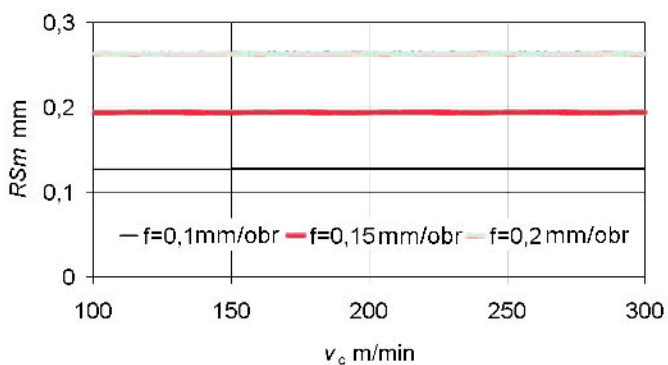
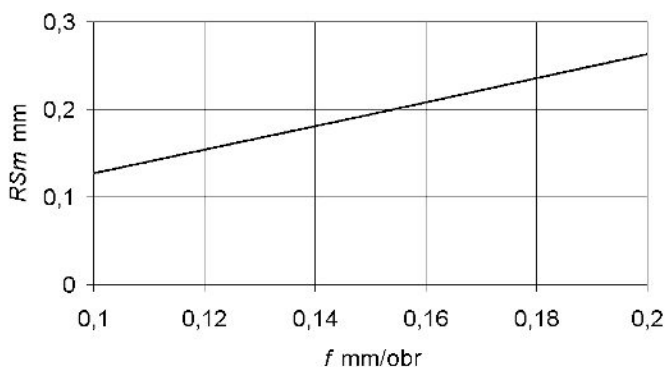
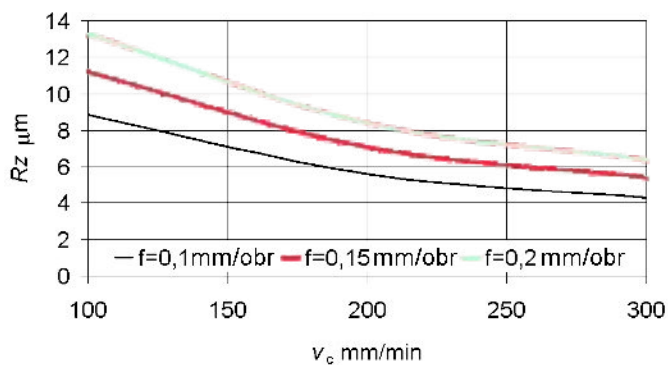
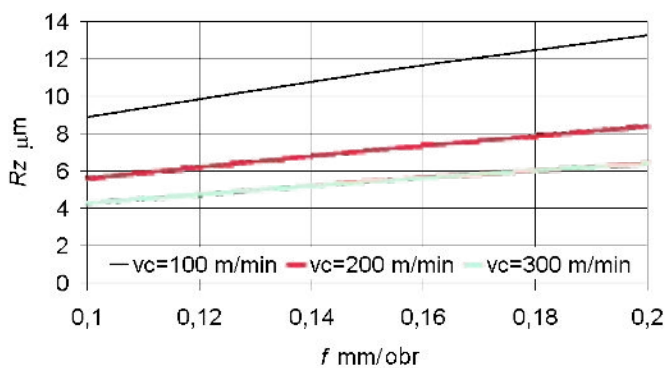
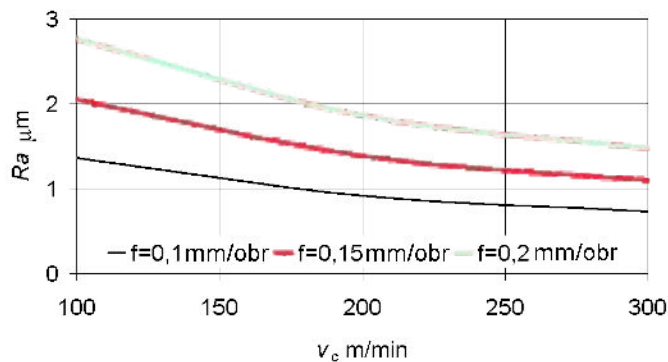
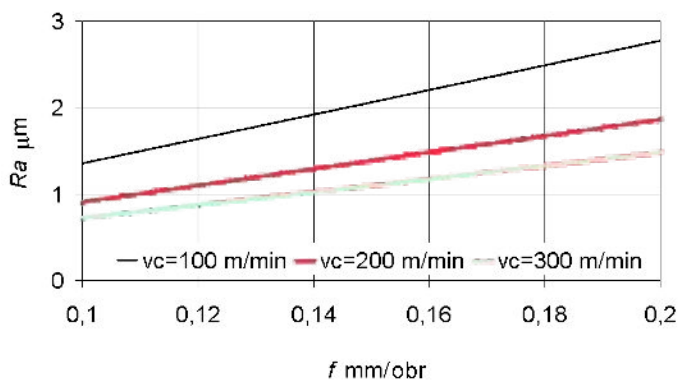
Wybór stali C45 EN 10083-2:2006 jako materiału obrabianego jest spowodowany zaleceniami jej zastosowania jako

materiału wzorcowego przez normę ISO 3685:1993 [12]. Obróbki dokonano na tokarce kłowej nożem z oprawką SDBM2020M12 oraz płytkami wymiennymi SNUN 120408. Materiał płytek węgiel spiekany P25, kąt natarcia wynosił -8° , główny kąt przyłożenia 8° , główny kąt przystawienia 70° , pomocniczy kąt przystawienia 20° , promień naroża 0,8 mm. Badania realizowano przy głębokości skrawania 1 mm w zakresie posuwów 0,1–0,2 mm/obr i prędkości skrawania 100–300 m/min.

Jako medium czynny w metodzie MQCL wykorzystano 5% roztwór w wodzie koncentratu emulsji WEDOLIT K-910. Do generowania mgły emulsyjnej wykorzystano urządzenie Lenox Micronizer, schemat działania którego przedstawiono na rys. 1. Ciśnienie powietrza



Rys. 2. Profilogramy powierzchni obrabianych: a) $f = 0,1$ mm/obr; $v = 200$ m/min; b) $f = 0,1$ mm/obr; $v = 100$ m/min; c) $f = 0,2$ mm/obr; $v = 200$ m/min; d) $f = 0,2$ mm/obr; $v = 300$ m/min



Rys. 3. Wpływ posuwu na parametry chropowatości powierzchni obrabianej

Rys. 4. Wpływ prędkości skrawania na parametry chropowatości powierzchni obrabianej

wynosiło 0,48 MPa, przepływ masowy emulsji zmieniano w zakresie $E = 0,024 - 1,645$ g/min i przepływ objętościowy powietrza wynosił $P = 1,2 - 5,9$ m³/h.

Parametry chropowatości powierzchni mierzono przy pomocy urządzenia TR-200. Badano zmiany średniej arytmetycznej rzędnych profilu Ra , maksymalnej wysokości profilu Rz oraz średniej szerokości elementów profilu RSm . Wybór wymienionych parametrów uzasadnia ich znaczący wpływ zarówno na odporność powierzchni obrabianej na zużycie jak i na odporność korozyjną [13].

Badanie realizowano zgodnie z metodą PSI (Parameter Space Investigation) [14]. Metoda zapewnia takie usytuowanie punktów badań w przestrzeni wielowymiarowej, żeby rzuty tych punktów na osie $X_1 - X_2$, $X_2 - X_3, \dots$, $X_i - X_j$ znajdowały się na równych odstępach między sobą. Zastosowanie tej metody pozwala na skuteczną analizę wyników badań przestrzeni wielowymiarowej [15]. Współrzędne punktów badań przedstawiono w tab. 1.

Na rys. 2 przedstawiono typowe profilogramy powierzchni elementów ze stali C45 po toczeniu wykończeniowym przy różnych posuwach i prędkościach skrawania.

Wyniki pomiarów zostały poddane wstępnej analizie statystycznej a następnie obliczono równania regresji liniowej wielowymiarowej:

$$Ra = 198P^{-0,022}f^{1,03}v_c^{-0,566} [m];$$

$$Rz = 724P^{-0,055}f^{0,583}v_c^{-0,659} [m];$$

$$RSm = 1,26E^{-0,031}P^{-0,014}f^{1,049} [mm],$$

gdzie:

E – przepływ emulsji [g/min], P – przepływ powietrza [l/min], f – posuw [mm/obr], v_c – prędkość skrawania [m/min].

Wykresy przedstawiające zależności badanych parametrów chropowatości powierzchni obrabianej od warunków obróbki umieszczono na rys. 3–5. Łatwo zauważyć, wpływy prędkości skrawania i posuwu są znacznie większe w porównaniu z wpływem parametrów tworzenia mgły emulsyjnej.

Jedną z zalet metody PSI jest możliwość sondażu wielowymiarowej przestrzeni badanej w celu ustalenia tendencji zmian parametrów badanych. Przykłady takiego sondażu przedstawiono na rys. 6. Na ich podstawie można ustalić trendy zmian i ewentualne obszary z minimalną chropowatością powierzchni bez realizacji dodatkowych badań lub obliczeń.

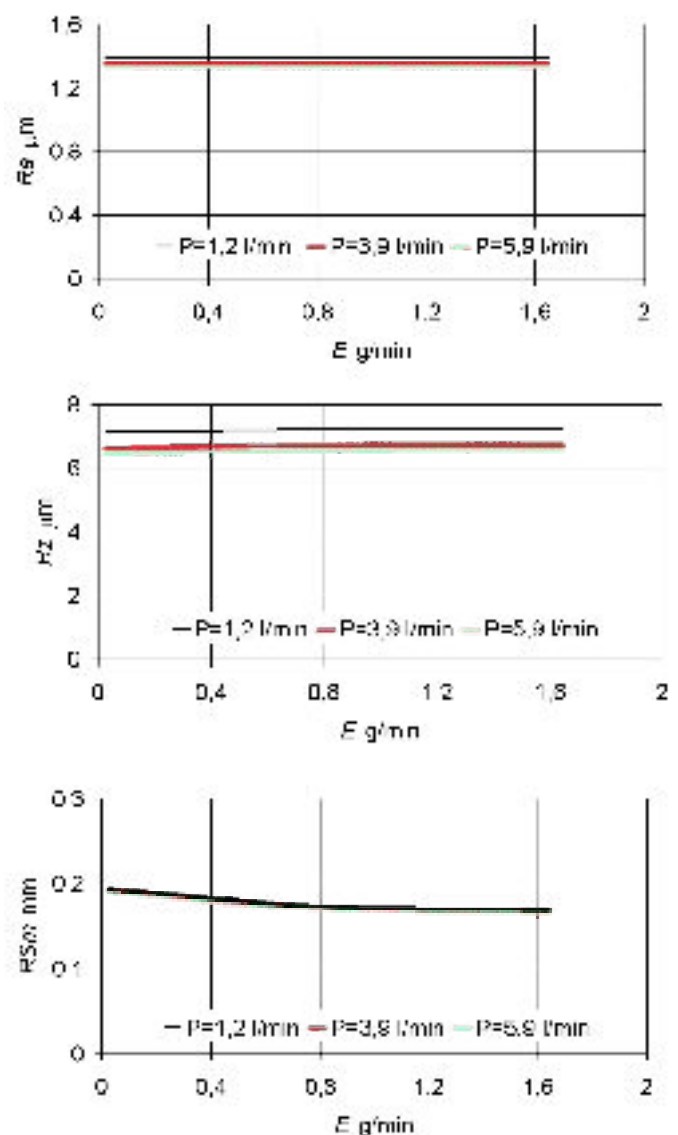
Podsumowanie. Wyniki badań chropowatości powierzchni po toczeniu wykończeniowym stali C45 pozwalają stwierdzić, że prędkość skrawania i posuw mają znacznie większy wpływ na chropowatość powierzchni obrabianej w porównaniu z wpływem parametrów tworzenia mgły emulsyjnej. Przy wzroście prędkości skrawania z 100 do 300 m/min

parametry Ra i Rz zmniejszają się prawie dwukrotnie, wówczas gdy RSm nie zależy od prędkości skrawania. Przy wzroście posuwu od 0,1 do 0,2 mm/obr wartości parametrów Ra , Rz i RSm rosną ponad 2 razy. Przepływ masowy emulsji nie wpływa na parametry Ra i Rz , natomiast przy znaczącym, 80 razy,

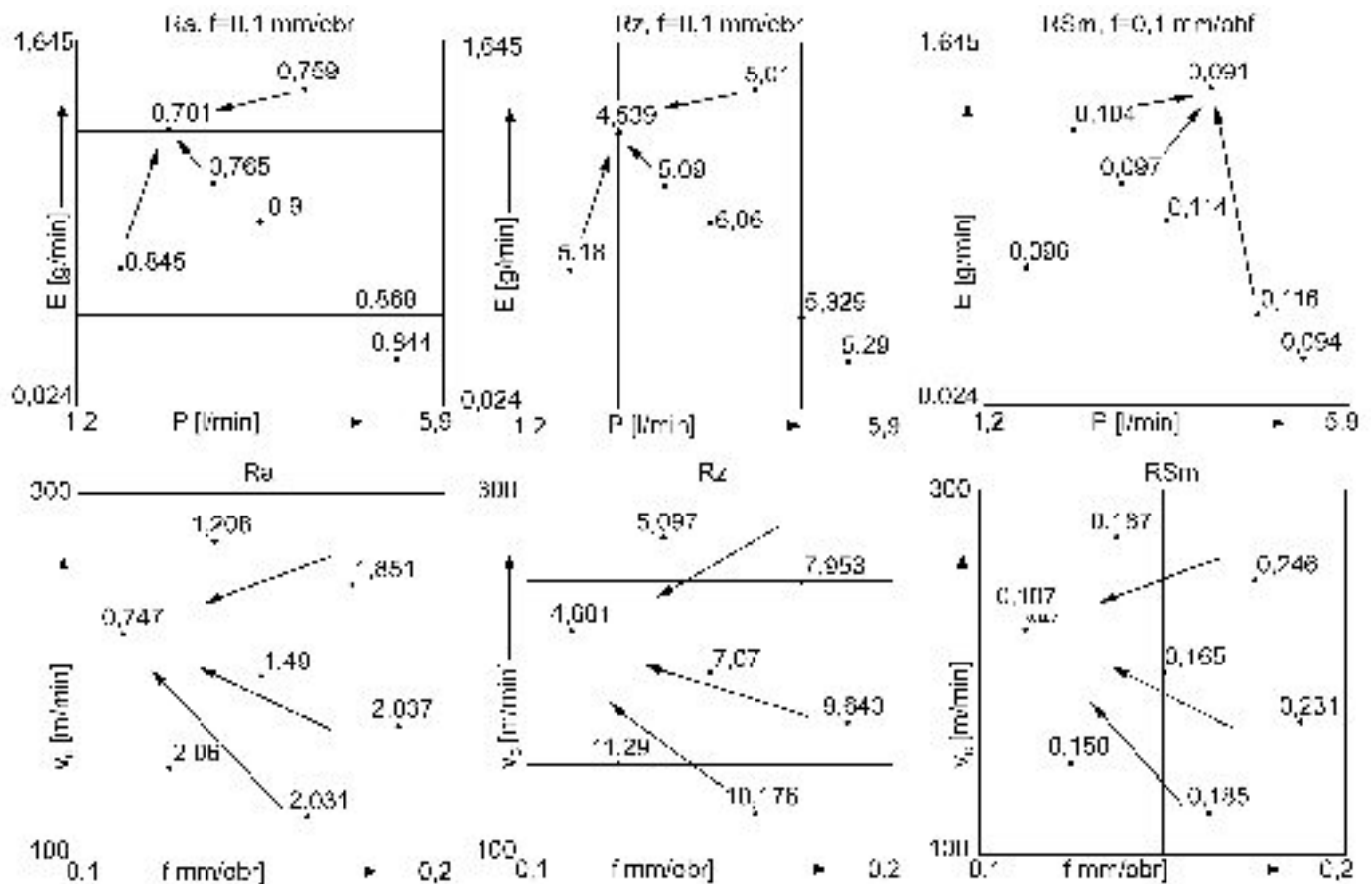
wzroście przepływu emulsji wartość RSm zmniejsza się o 15%. Wzrost przepływu sprężonego powietrza około 5 razy powoduje zmniejszenie parametrów chropowatości 2–9%. Metoda PSI pozwala na szybka analizę zmian badanych parametrów oraz optymalizacją ich wartości.

Tabela 1. Współrzędne punktów badań w metodzie PSI

Czynnik	Nr punktu						
	1	2	3	4	5	6	7
X_1	220	120	320	450	170	280	80
X_2	0.167	0.25	0.1	0.2	0.05	0.15	0.3
X_4	6.1	5.2	7.2	4.7	6.6	5.6	7.7
X_3	2.52	3.42	1.7	1.2	3.08	3.9	2.17



Rys. 5. Wpływ warunków tworzenia mgły emulsyjnej na chropowatość powierzchni obrabianej



Rys. 6. Przykłady zastosowania metody PSI do sondażu przestrzeni wielowymiarowej

Literatura

- Legutko S., Nosal S. Kształtowanie technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej części maszyn. Poznań, Ośrodek Wydawnictw Naukowych PAN, 2004.
- Sulima A.M., Šulov B.A., Āgodkin Ū.D. Poverhnostnyj sloj i ěkspluatacionnye svojstva detalej mašin. Moskva, Mašino-stroenie, 1988.
- Meine K., Schneider T., Spaltmann D., Santner E. The influence of roughness on friction. Part I: The influence of a single step. *Wear*, 2002, 253, p. 725–732.
- Meine K., Schneider T., Spaltmann D., Santner E. The influence of roughness on friction. Part II: The influence of multiple steps. *Wear*, 2002, 253, p. 733–738.
- Chang W.-R., Hirvonen M., Grönqvist R. The effects of cut-off length on surface roughness parameters and their correlation with transition friction. *Safety Science*, 2004, 42, p. 755–769.
- Spijker P., Anciaux G., Molinari J.-F. Relations between roughness, temperature and dry sliding friction at the atomic scale. *Tribology International*, 2013, 59, p. 222–229.
- Kubiak K.J., Liskiewicz T.W., Mathia T.G. Surface morphology in engineering applications: Influence of roughness on sliding and wear in dry fretting. *Tribology International*, 2011, 44, p. 1427–1432.
- Sing R., Melkote S.N., Hashimoto F. *Frictional response of precision finished surfaces in pure sliding*. *Wear*, 2005, 258, p. 1500–1509.
- Grzesik W. Możliwości prognozowania właściwości eksploatacyjnych części maszyn na podstawie cech topografii powierzchni. *Mechanik*, 2015, 89, p. 775–786.
- Maruda R.W., Legutko S., Krolczyk G.M. Influence of Minimum Quantity Cooling Lubrication (MQCL) on chip formation zone factors and shearing force in turning AISI 1045 steel. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, 657, p. 43–47.
- Maruda R.W., Legutko S., Krolczyk G.M. Effect of Minimum Quantity Cooling Lubrication (MQCL) on Chip Morphology and Surface Roughness in Turning Low Carbon Steels. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, 657, p. 38–42.
- ISO 3685:1993. Tool-life testing with single-point turning tools.
- Feldshtein E. Formirovanie svojstv poverhnostnogo slojã posle mehaniěskoj obrabotki. Minsk, Novoe Znanie, 2015.
- Statnikov R.B., Statnikov A. The Parameter Space Investigation Method Toolkit. Boston/London, Artech House, 2011.
- Maruda R., Feldshtein E. Zastosowanie metody „Parameter Space Investigation” w planowaniu badań inżynierskich (na przykładzie badań chropowatości). *Mechanik*, 2013, 8–9, s. 403–409 [Dokument elektroniczny].