

Maciej MATUSZEWSKI*

NOŚNOŚĆ POWIERZCHNI A RODZAJ JEJ OBRÓBK

LOAD CAPACITY AND KIND OF MACHINING

Słowa kluczowe:

nośność powierzchni, zużywanie

Key words:

load capacity surface, wear process

Streszczenie

W pracy omówiono zagadnienie nośności powierzchni i parametry, które ją charakteryzują w kontekście oceny cech tribologicznych powierzchni. Badano powierzchnie uzyskane różnymi obróbkami. Przedstawiono wyniki badań doświadczalnych dotyczących tego zagadnienia, które potwierdziły istotność parametrów wyznaczanych z krzywej nośności do oceny cech tribologicznych.

WPROWADZENIE

Ukonstytuowana w wyniku realizacji założonego procesu technologicznego warstwa wierzchnia (WW) współpracujących elementów maszyn

* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, tel. (52) 340-86-56; e-mail: matus@utp.edu.pl

determinuje przebieg i intensywność procesu zużywania. Wynika to z tego, że procesy tarcia, które prowadzą do zużycia i uszkodzeń, oddziałują głównie na warstwę wierzchnią.

O stanie warstwy wierzchniej w największym stopniu decydują parametry opisujące strukturę stereometryczną powierzchni, nazywaną częściej strukturą geometryczną powierzchni (SGP). Z uwagi na ten fakt do opisu relacji między stanem WW a przebiegiem zużywania przyjmuje się wielkości opisujące SGP, np. chropowatość powierzchni, kierunkowość struktury.

W niniejszej pracy do oceny stanu WW na różnych etapach zużywania przyjęto charakterystyki nośności struktury geometrycznej powierzchni. Krzywe te obok parametrów amplitudowych, odległościowych czy hybrydowych chropowatości stanowią istotne uzupełnienie oceny cech WW.

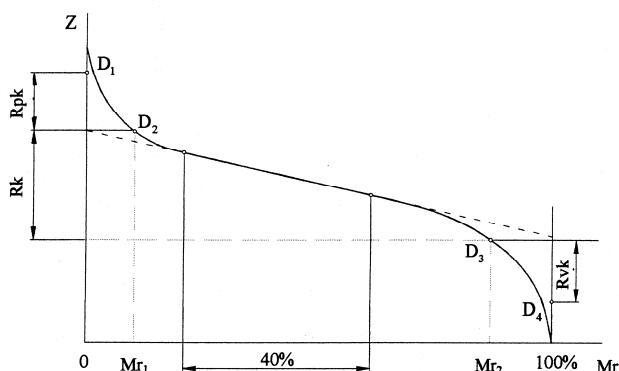
NOŚNOŚĆ SGP A JEJ CECHY TRIBOLOGICZNE

Spośród różnych charakterystyk nośności SGP do oceny właściwości powierzchni największe zastosowanie ma krzywa udziału materiału profilu, tzw. krzywa nośności (rozkład względnej długości nośnej). Daje ona rzetelną informację o kształcie profilu, nawet o jego największych wgłębieniach. Krzywa ta, nazywana również wykresem Abbotta–Firestone’a, oznaczana przez AFC, opisuje rozkład materiału w profilu [L. 1, 6]. Na jej podstawie można formułować wnioski dotyczące cech tribologicznych rozpatrywanych elementów, można z niej odczytać właściwości danego profilu pod kątem funkcji użytkowych SGP [L. 1, 5]. Można więc stwierdzić, że struktura geometryczna powierzchni determinuje charakterystyki tribologiczne.

Parametry, które otrzymujemy z krzywej nośności profilu i które jednocześnie charakteryzują tę krzywą to [L. 1, 2, 6]:

- Rk – zredukowana wysokość chropowatości, μm ,
- Rpk – zredukowana wysokość wzniesienia profilu chropowatości, μm ,
- Rvk – zredukowana wysokość wgłębienia profilu chropowatości, μm ,
- Mr_1 – udział nośny wierzchołków, %,
- Mr_2 – udział nośny wgłębień, %.

Interpretację graficzną tych parametrów przedstawiono na **Rysunku 1**.



Rys. 1. Typowy wykres krzywej nośności [L. 7]

Fig. 1. Typical graph of cumulative height distribution [L. 7]

Z krzywej udziału materiału możemy dokonać opisu funkcjonalnego zachowania powierzchni za pomocą parametrów obliczanych, są to parametry z grupy parametrów Rk [L. 8].

Do grupy tych parametrów oprócz parametru Rk zaliczamy również Rpk oraz Rvk .

Parametr Rk jest głębokością profilu rdzenia chropowatości, czyli części profilu z wyłączeniem wyróżniających się wzniesień i głębokich wgłębień.

Zredukowana wysokość wzniesień Rpk jest to średnia wysokość wzniesień wystających ponad profil rdzenia chropowatości. Parametr ten jest zatem średnią wysokością górnej części profilu powierzchni. Determinuje on zachowanie struktury geometrycznej powierzchni podczas docierania elementów. Małe wartości parametru Rpk informują o dużej odporności SGP na ścieranie.

Natomiast parametr Rvk nazywany zredukowaną głębokością wgłębień jest średnią głębokością tych wgłębień występujących poniżej profilu rdzenia chropowatości. Jest on zatem średnią głębokością najniższej części profilu powierzchni. Na podstawie wartości tego parametru można wnioskować o zdolności utrzymywania warstewki oleju smarującego przez SGP. Powierzchnie, które wymagają dobrego smarowania, powinny odznaczać się dużymi wartościami Rvk .

BADANIA WŁASNE

Cel, obiekt i metodyka badań

Celem przeprowadzonych badań była ocena cech tribologicznych powierzchni obrobionych różnymi obróbkami z użyciem parametrów charakteryzujących udział nośny powierzchni.

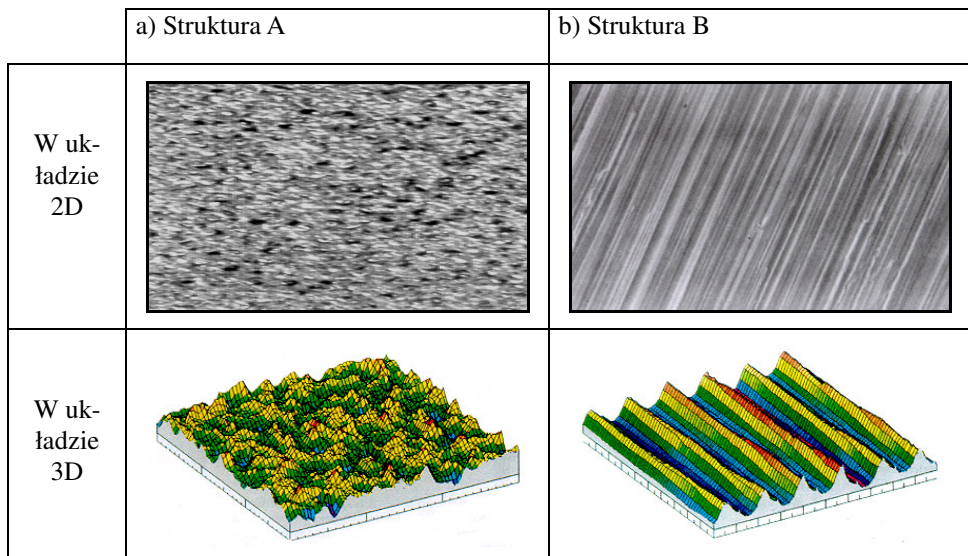
Do badań przyjęto dwie różne struktury geometryczne powierzchni obrobione obróbką elektroerozyjną (EDM) oraz szlifowaniem tak, aby uzyskać SGP o różnym stopniu izotropowości.

Powierzchnia po obróbce erozyjnej ma charakter izotropowy, występuje duża ilość losowo rozmieszczonych wzniesień i wgłębień.

Natomiast powierzchnia po obróbce szlifowaniem charakteryzuje się wyraźnym ukierunkowaniem śladów obróbki (kierunkowość struktury) – ma charakter anizotropowy.

Układ tych wzniesień oraz wgłębień SGP istotnie charakteryzuje krzywą nośności, a co jest z tym związane – cechy tribologiczne.

Na **Rysunku 2** przedstawiono badane struktury geometryczne powierzchni w układzie dwu- i trójwymiarowym.



Rys. 2. Struktura geometryczna powierzchni po różnych obróbkach: a) po obróbce elektroerozyjnej, b) po szlifowaniu

Fig. 2. Surface geometrical structure after kind of machining: a) after EDM b) after grinding

Obrobione przyjętymi obróbkami próbki o strukturach izotropowych i anizotropowych poddano następnie badaniom tribologicznym. Do badań tych wykorzystano próbki wykonane ze stali C45 oraz przeciwpróbkę – ze stali 102Cr6. Próbki z przeciwpróbką współpracowały na zaprojektowanym i wykonanym w Zakładzie Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy stanowisku do badań zużywania [L. 3, 4].

Twardość przeciwpróbki zdecydowanie przewyższała (o 50%) twardość próbek, aby zmiany zachodziły przede wszystkim w strukturze geometrycznej powierzchni próbek. Wartości twardości przeciwpróbki i próbek wynosiły odpowiednio: 60 HRC i 40 HRC.

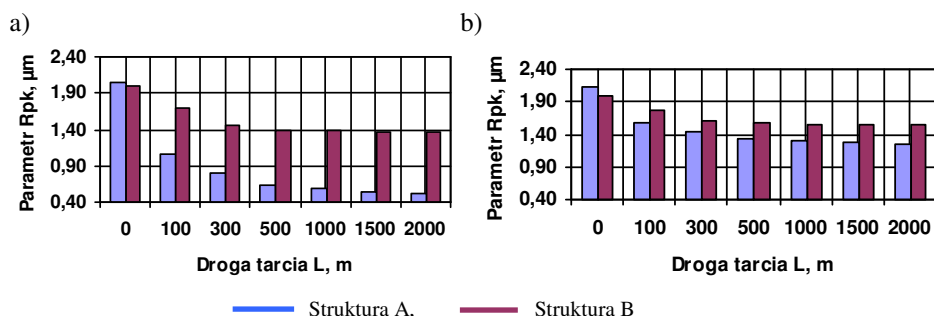
Próbki z przeciwpróbką współpracowały w ośrodku smarującym, jakim był olej maszynowy (L-AN 68), przy następujących wartościach wielkości eksploatacyjnych:

- prędkość ruchu względnego: 2,9 m/min (0,05 m/s),
- obciążenie: 300 oraz 600 N (co odpowiadało teoretycznym naciskom w strefie styku odpowiednio: 1 oraz 2 MPa).

Do analizy zmian stanu warstwy wierzchniej wykorzystano parametry Rpk oraz Rvk .

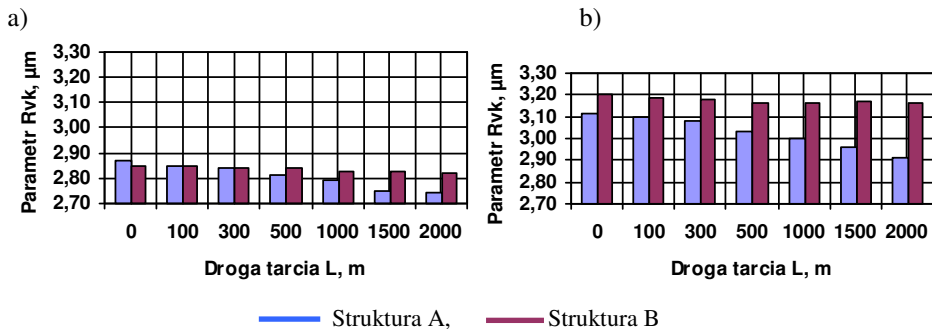
Wyniki badań doświadczalnych

Rezultaty badań doświadczalnych przedstawiono w postaci wykresów na **Rysunkach 3 i 4**. Zmiana stanu warstwy wierzchniej opisana jest zmianą wartości następujących parametrów chropowatości wyznaczonych z krzywej nośności: Rpk (**Rys. 3**) oraz Rvk (**Rys. 4**).



Rys. 3. Zmiana stanu warstwy wierzchniej w funkcji drogi tarcia opisana zmianą wartości parametru chropowatości Rpk dla następujących obciążeń: a) 300 N, b) 600 N

Fig. 3. Change of surface layer state in the function of friction distance described by change of roughness parameter Rpk for load: a) 300 N, b) 600 N



Rys. 4. Zmiana stanu warstwy wierzchniej w funkcji drogi tarcia, opisana zmianą wartości parametru chropowatości Rvk dla następujących obciążeń: a) 300 N, b) 600 N

Fig. 4. Change of surface layer state in the function of friction distance described by change of roughness parameter Rvk for load: a) 300 N, b) 600 N

Z przeprowadzonych badań wynika, że analiza parametrów chropowatości charakteryzujących udział materiału profilu dostarcza informacji o stanie funkcjonalnym SGP. Na ich podstawie można stwierdzić, jaki jest stan warstwy wierzchniej pod kątem cech tribologicznych.

Na podstawie zaobserwowanych na **Rys. 4** zmian wartości parametru Rpk można stwierdzić, że następuje intensywne usuwanie największych wzniesień profilu, a udział nośny powierzchni ulega zwiększeniu. Zmiany te maleją wraz z przyrostem drogi tarcia, w końcowej fazie badań praktycznie zanikają.

Można stwierdzić, że po okresie docierania, w którym powierzchnia ulega intensywnym zmianom, nie następują istotne zmiany, a powierzchnia wykazuje odporność na zużywanie.

W przypadku parametru Rvk , czyli parametru charakteryzującego wgłębienia profilu, przedstawionego na **Rysunku 5**, zmiany wartości są minimalne. Można więc stwierdzić, że powierzchnia cały czas zachowuje warunki zapewniające smarowanie współpracujących powierzchni.

Z przedstawionych wykresów wynika również, że powierzchnia uzyskana szlifowaniem (anizotropowa) wykazuje w każdych warunkach badawczych mniejsze zmiany wartości parametrów nośności niż powierzchnia obrobiona elektroerozyjnie (izotropowa).

PODSUMOWANIE

Na podstawie rozważań w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych stwierdzono, że parametry charakteryzujące krzywą nośności mogą być przydatne do oceny cech tribologicznych. Mogą one stanowić istotne uzupełnienie informacji o stanie warstwy wierzchniej, wynikających z parametrów amplitudowych czy odległościowych profilu chropowatości.

Można również stwierdzić, że korzystnie byłoby ocenę nośności struktury geometrycznej powierzchni rozszerzyć o stereometryczną analizę bazującą na trójwymiarowym obrazie SGP.

Celowe jest więc kontynuowanie badań, rozszerzając zbiory czynników wejściowych o struktury powierzchni o różnym stopniu izotropowości (uzyskane z różnych obróbek i z różnymi parametrami technologicznymi).

LITERATURA

1. Abbott E.J., Firestone F.A.: Specyfing surface quality. *Mechanical Engineering* 55/1993, pp. 556÷572.
2. DIN 4776. Kenngrößen Rk, Rpk, Rvk, Mr₁, Mr₂ zur Beschreibung des Materialanteils im Rauheitsprofil. Messbegingungen und Auswertverfahren.
3. Matuszeski M., Styp-Rekowski M.: Kinematyka elementów i wyznaczenie drogi tarcia w tribologicznych badaniach pary ciekiej. *Tribologia*, nr 3/2008, s. 115÷124.
4. Matuszewski M., Styp-Rekowski M.: Significance meaning of texture direction of surface's geometric structure for course of wear process. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*, Zielona Góra 2004, pp. 111÷115.
5. Nyc R.: Ocena zużycia współpracujących powierzchni elementów maszyn na podstawie krzywych nośności. *Tribologia* nr 3/2001, s. 349÷355.
6. Pawlus P.: Topografia powierzchni: pomiar, analiza, oddziaływanie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006.
7. PN-EN ISO 13565-2: 1999. Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa; powierzchnie o warstwowych właściwościach funkcjonalnych. Opis wysokości za pomocą linearyzacji krzywej udziału materiałowego.
8. Wieczorowski M., Cellary A., Chajda J.: Przewodnik po pomiarach nierówności powierzchni, czyli o chropowatości i nie tylko. Politechnika Poznańska, Poznań 2003.

Recenzent:
Stanisław ADAMCZAK

Summary

The paper presents the problem of surfaces load capacity and the parameters that characterised them. Analysis was made regarding tribologic features of tested surfaces, which had undergone some form of machining. The results of experimental investigations confirm the significance of curve parameters for the estimation of tribologic features.