

Analiza struktury geometrycznej powierzchni z wykorzystaniem krzywej udziału materiału

Machine surface texture analysis with the use of bearing area curve

ANNA ZAWADA-TOMKIEWICZ
BORYS STORCH *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.512

W artykule zaprezentowano jedną z metod analizy danych struktury geometrycznej powierzchni obrabionych – krzywą udziału materiału. Analizie za pomocą krzywej układu materiału poddano dane dwuwymiarowe i trójwymiarowe. Zaproponowano w analizie danych trójwymiarowych kierunkowy udział materiałowy.

SŁOWA KLUCZOWE: powierzchnia obrabiona, krzywa udziału materiału

The paper presents one of the methods of analysis of surface texture – bearing area curve. The analysis with the use of bearing area curve was performed for 2D and 3D surface data. For analysis of 3D data the directional bearing area curve was proposed.

KEYWORDS: machined surface, bearing area curve BAC

Stan powierzchni obrabionej definiuje się w bardzo zróżnicowany sposób: za pomocą parametrów profilowych, powierzchniowych bądź objętościowych. Można zastosować opis w postaci parametrów (średnich lub ekstremalnych) lub za pomocą funkcji związanych z udziałem materiałowym lub analizą korelacyjną.

Opis struktury geometrycznej powierzchni

Wartości wyznaczonych parametrów charakteryzują się zmiennością, której przyczyn należy upatrywać – poza oczywistą zmiennością statystyczną – także w takich czynnikach, jak jednorodność, anizotropia, stacjonarność, losowość oraz efekty związane bezpośrednio z procesem obróbkowym.

Pomiary mikrogeometrii powierzchni w układzie 2D, a obecnie i 3D realizowane są za pomocą profilometrów stykowych lub optycznych, wyposażonych w stoliki pomiarowe, umożliwiające przemieszczenie w kierunku poprzecznym, mikrointerferometrów, mikroskopów konfokalnych, przyrządów wykorzystujących struktury ciekłych kryształów, skaningowych mikroskopów tunelowych.

W rozważaniach teoretycznych chropowatość jest traktowana jako realizacja stacjonarnego procesu ergodycznego. PN-EN ISO 4287 [4] definiuje zakresy parametrów: R_a , R_t oraz R_{Sm} , dla których obowiązują normy ISO do pomiaru chropowatości powierzchni w układzie 2D.

Urządzenia do pomiaru chropowatości dają możliwość wyznaczenia profilu 2D lub obszaru 3D. Niektóre umożliwiają jednoczesną ocenę zarówno parametrów profilu, jak i stereometrycznych cech powierzchni. Przenoszenie wyników pomiarów z metod powierzchniowych na liniowe obarczone jest błędami. Zauważa także ten problem prof. Wieczorowski [5], który dokonuje analizy wielu czynników wpływających na wartości parametrów powierzchni.

* Prof. nadzw. dr hab. inż. Anna Zawada-Tomkiewicz (anna.zawada-tomkiewicz@tu.koszalin.pl), prof. dr hab. inż. Borys Storch (Borys.storch@tu.koszalin.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej

W monografii [2] zwrócono uwagę na kolejny czynnik – sposób przetwarzania danych, który w czasach cyfrowej rejestracji i prezentacji danych wydaje się nabierać szczególnego znaczenia. Wyposażenie przyrządów pomiarowych w dodatkowe funkcje takie jak rozkłady objętości wierzchołków i wgłębień, wymiary liniowe i pola powierzchni elementarnych wierzchołków i wgłębień oraz ich rozkłady, współczynniki opisujące anizotropię powierzchni, powierzchniową gęstość wierzchołków, względne rozwinięcie rzeczywistej powierzchni pozwala na pełniejszy opis powierzchni, dostosowany do oczekiwań nauki i przemysłu [1].

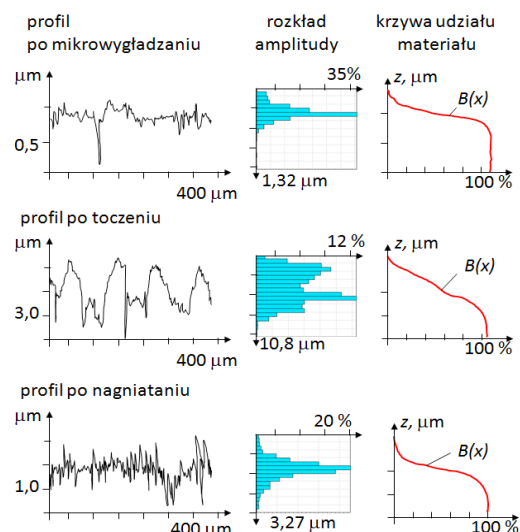
Krzywa udziału materiału

Krzywa udziału materiału (krzywa Abotta-Firestona – AFC, bearing area curve – BAC) jest sposobem opisu zróżnicowania właściwości profilu lub powierzchni, zmieniających się wraz z jego głębokością. Krzywa przedstawia udział materiałowy jako funkcję wysokości cięcia. Koncepcja krzywej udziału materiałowego topografii powierzchni zawiera się we wzorze (1). Jest to skumulowana gęstość prawdopodobieństwa wysokości rzędnych profilu powierzchni.

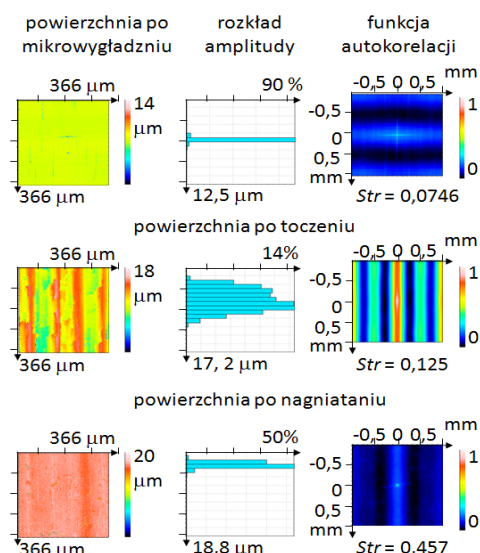
$$B(z) = P(z \geq h) = \int_h^{\infty} p(t) dt \quad (1)$$

gdzie: z – wysokość profilu, p – gęstość prawdopodobieństwa wysokości nierówności powierzchni, h – wysokość od linii referencyjnej.

Krzywa udziału materiałowego $B(z)$ wyznacza dla danej głębokości procent materiału przecinanego w odniesieniu do pokrywanego obszaru. Oś pozioma reprezentuje współczynnik nośny w procentach, oś pionowa jest głębokością wyznaczoną w jednostkach pomiarowych.



Rys. 1. Krzywa udziału materiału dla profili powierzchni obrabionych mikrowygładzaniem, toczeniem i nagniataniem



Rys. 2. Prezentacja funkcji autokorelacji oraz parametru Str (texture aspect ratio) – wydłużenie struktury powierzchni, zgodnie z PN-EN ISO 25178-2:2012)

Udział powierzchni umożliwia wskazanie tych części, które są poniżej, powyżej lub między dwoma poziomami. Można następnie wyznaczyć informację o każdej części – jej powierzchnię, stosunek powierzchni do pustki oraz średnią długość poszczególnych udziałów.

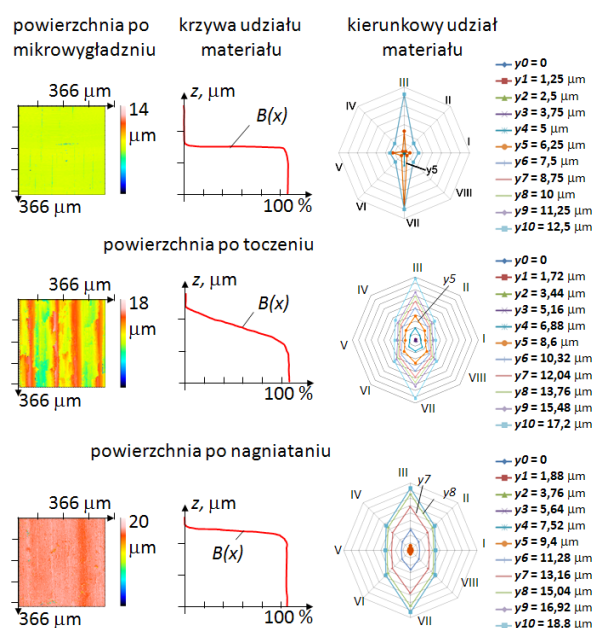
Jeśli chodzi o parametry funkcjonalne i krzywą udziału materiałowego, to najczęstsze podejście opiera się na zastosowaniu parametrów dwuwymiarowych w środowisku 3D. W praktyce dokładna natura rozkładu prawdopodobieństwa profilu jest zwykle nieznaną. Krzywa udziału materiałowego może być wyznaczona eksperymentalnie.

Kierunkowy udział materiału powierzchni

Udział materiałowy w swojej klasycznej formie nie uwzględnia kierunkowości powierzchni, która może być, zgodnie z PN-EN ISO 25178-2 [3], wyznaczona z powierzchniowej funkcji autokorelacji. Wyznaczony na jej podstawie współczynnik Str pozwala na rozróżnienie struktury geometrycznej powierzchni kierunkowej od izotropowej.

Natomiast w celu rozróżnienia funkcjonalnych właściwości powierzchni dla poszczególnych kierunków zaproponowano wyznaczenie kierunkowego układu materiałowego na podstawie analizy pochylenia zboczy nierówności. Pochylenie powierzchni można wyznaczyć badając zmianę wysokości poszczególnych punktów powierzchni. Stosując się do tego gradient, operator różniczkowy, który działając na pole skalarne, tworzy pole wektorowe. Utworzone wektory mają kierunek i zwrot największego wzrostu funkcji w danym punkcie. Wyznaczoną wartość pochylenia powierzchni rozdzielono na osiem kierunków, dla których wyznaczono klasyczne udziały materiałowe [6, 7].

Każdy z udziałów kierunkowych jest krzywą płaską, będącą obrysem uśrednionego przekroju poprzecznego przestrzeni chropowatości, w której wszystkie punkty powierzchni o tej samej wysokości są zebrane na odcinkach prostych, tworzących poszczególne odcięte. Wszystkie kierunkowe udziały materiałowe dodane do siebie tworzą powierzchniowy udział materiałowy opisany w PN-EN ISO 25178-2. W ten sposób interpretacja powierzchniowego udziału nośnego i jego parametry nie zmieniają się. Kierunkowy udział materiałowy zaprezentowano na rys. 3. Udział materiałowy w postaci wykresu radarowego, z połączonymi punktami poszczególnych poziomów cięcia uwidacznia do-



Rys. 3. Prezentacja złożonego udziału materiałowego w postaci wykresu radarowego z połączonymi punktami poszczególnych poziomów cięcia

minujące pochylenia i kierunkowość powierzchni. Oznacza to tworzenie charakterystyki mikrosterometrii powierzchni odpowiadającej jej rzeczywistym kształtom. Taki sposób prezentacji wspomaga w oszacowaniu wpływu rodzaju technologii i jej parametrów na ukształtowanie przestrzeni nierówności i umożliwia lepszą prognozę zachowania się powierzchni w eksploatacji.

Podsumowanie

W pracy dokonano analizy krzywej udziału materiałowego zgodnie z polską normą oraz zaproponowano kierunkowy udział materiałowy. Jak stwierdzono powyżej, duże różnice w wygładzie powierzchni w niewielkim stopniu wpływają na wyznaczenie udziału materiałowego. Ocena tworzenia powierzchni z wykorzystaniem klasycznego udziału materiałowego nie uwzględnia rzeczywistego charakteru powierzchni i jej kierunkowości, choć parametry wyznaczone z udziału materiałowego mogą posłużyć do interpretacji strefy wierzchołków i wgłębień. Idea modelowania powierzchni przy zastosowaniu kierunkowego udziału materiałowego wynika z potrzeby pełniejszej interpretacji pochylenia powierzchni i opisu wypełnienia przestrzeni przez materiał.

LITERATURA

- Kacalak W. „Metodyka badań i analiz oraz podstawy modelowania i symulacji procesów obróbki ściernej”. *Profesor Wojciech Kacalak doctor honoris causa Politechniki Poznańskiej*. Poznań: Politechnika Poznańska, 2015.
- Pawlus P., Wieczorowski M., Mathia Th. „The errors of stylus methods in surface topography measurements”, 2014.
- PN-EN ISO 25178-2 (2012) Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna – Część 2: Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni (oryg.).
- PN-EN ISO 4287 (1999) Specyfikacje geometrii wyrobów – Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa – Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni.
- Wieczorowski M. „Metrologia nierówności powierzchni”. Skórzewo: ITA, 2013.
- Zawada-Tomkiewicz A., Ściegienka R. „Monitoring of a micro-smoothing process with the use of machined surface images”. *M&MS*. Vol. XVIII, No 3 (2011): pp. 419–428.
- Zawada-Tomkiewicz A., Storch B. „Zastosowanie złożonego udziału materiałowego obrazu cyfrowego powierzchni obrabianej do jej oceny”. *Współczesne problemy obróbki ściernej*. Pod red. J. Plichty. Koszalin 2009: s. 421–434.