

## Rozdział 6

# Charakterystyka profilu i topografii powierzchni

### 6.1

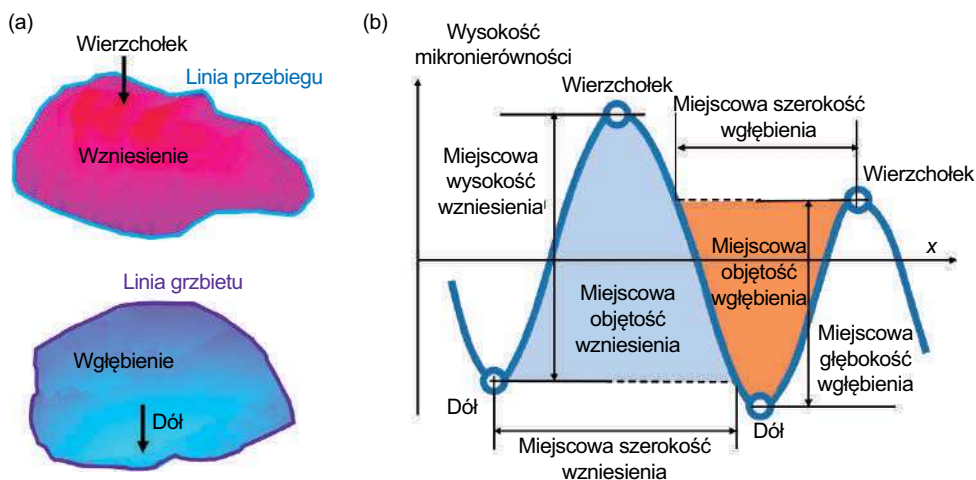
## Charakterystyka mikrogeometrii i mikrosterometrii powierzchni

Mikrogeometria powierzchni odnosi się do tych cech powierzchni, które mają odzwierciedlenie w strukturze geometrycznej powierzchni, ale na małą skalę – od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów. Charakteryzowanie mikrogeometrii powierzchni jest istotne w inżynierii mechanicznej, gdyż umożliwia ocenę jakości powierzchni, pomaga w projektowaniu i optymalizacji procesów produkcyjnych, ocenie wzajemnego oddziaływania powierzchni i definiowaniu innych funkcjonalności powierzchni. W praktyce dokonuje się rozróżnienia pomiarów chropowatości powierzchni w aspekcie (2D) i (3D), z tym, że pomiary 3D odnoszą się do powierzchni i nazywane są pomiarami topografii lub stereometrii, natomiast pomiary 2D dotyczą profilu powierzchni (czyli są to pomiary nierówności w obrębie wyodrębnionego odcinka profilu) [1, 2, 18, 26, 24, 29]. Chropowatość powierzchni jest więc terminem umownym, a jej znaczenie zależy od poziomu wymiarowego, na którym jest rozpatrywana, czyli w klasycznym przypadku na poziomie *mikro*- lub *submikroskopowym* (*nano*) w odniesieniu do *nano* wyrobów (podrozdz. 12.7). Na poziomie *mikroskopowym*, który najczęściej występuje w budowie maszyn, za chropowatość uważa się nierówności, jeżeli odstęp między nimi jest ok. 5 do 1000 razy większy od głębokości. Oznacza to, że chropowatość powierzchni obejmuje nierówności o dużej częstotliwości i małej długości fali.

Pierwsze zastosowania oceny mikrogeometrii powierzchni odnosiły się do diagnozowania procesu skrawania z danych pomiarowych profilu powierzchni otrzymanego w metodach mechanicznych ostrza odwzorowującego. Próbowano wydzielić składowe kinematyczno-geometryczne oddziaływania ostrza w materiale narzędzia oraz poszczególne składowe niskoczęstotliwościowe mające swoje źródło w układzie obróbkowym, takie jak drgania układu. Rejestracja danych realizowana była na odcinku pomiarowym przy założeniu stacjonarności i ergodyczności procesu i takie też dobierane były metody filtracji danych pomiarowych i ich analizy (podrozdz. 5.6). Rozwój komputerów umożliwił opracowanie bardziej złożonych filtrów oraz niezwykle dużą różnorodność metod analizy i parametrów opisu [25].

Jakościowy postęp w ocenie powierzchni nastąpił wraz z możliwością pozyskiwania większej liczby punktów pomiarowych za pomocą oddziaływań elektromagnetycznych. Ocena mikrostereometrii umożliwiła analizę trójwymiarową danych pomiarowych i opracowanie zupełnie nowego spojrzenia na funkcjonalność powierzchni, opisując ją cechami bezpośrednio przekładającymi się na jej funkcjonalność [18].

W normie PN-EN ISO 25178-2 zamieszczono pełny zestaw parametrów przestrzennych, natomiast w nowej normie PN-EN ISO 21920-2 zestawiono parametry profilowe. Parametry podzielono na dwie grupy – związane z obszarem i z cechą. Parametry związane z obszarem obejmują parametry wysokościowe, przestrzenne, hybrydowe, funkcje i parametry udziału materiałowego. Parametry związane z cechą oparte są na wysokości wierzchołków i głębokości dołów, na elementach profilu/powierzchni oraz na charakterystyce cechy (rys. 6.1).



Rys. 6.1. Opis wydzielonych elementów powierzchni (a) i wydzielonych elementów profilu powierzchni (b)

Jak podkreślono w [28], parametry związane z obszarem są słabo skorelowane z funkcjonalnością, ponieważ coraz więcej powierzchni ma charakter strukturalny, a możliwości techniczne zapewnienia dokładności w mikro- i nanobróbce są coraz większe. Zaproponowano zatem koncepcję „widma cech”, aby uporządkować powierzchnie wokół osi cech i stworzyć system wspomaganie wyboru odpowiedniego podejścia do charakteryzacji topografii różnych typów powierzchni. Ogólnie wyróżniono powierzchnie zdominowane przez ich charakter stochastyczny, zdominowane przez cechy deterministyczne oraz rozmyty system pośredni (rys. 6.2).

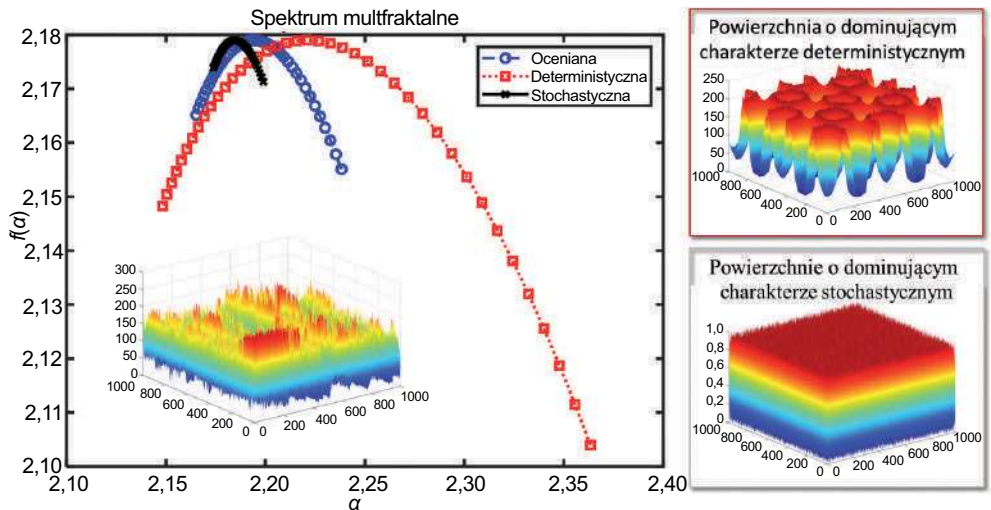
Przykładami powierzchni mających charakter stochastyczny są powierzchnie generowane przez konwencjonalne procesy obróbki kształtującej, natomiast w procesach o charakterze deterministycznym podkreśla się ich funkcjonalność. Powierzchnie deterministyczne mogą być generowane przez procesy skrawania lub obróbkę ścierną, procesy chemiczne czy obróbkę mikro/nano. Powierzchnie, w których stochastyczne i deterministyczne cechy są współlistotne, stawiają każdorazowo



Rys. 6.2. Spektrum cech powierzchni o różnej strukturze [28]

duże wyzwanie pomiarowe. Są to m.in. powierzchnie funkcjonalne warstwowe, powierzchnie deterministyczne ze składowymi stochastycznymi i stochastyczne z cechami deterministycznymi. Na rysunku 6.3 i 6.4 zamieszczono analizę multifaktalną opartą o metodykę zamieszczoną w [21]. Jest to rozkład wykładnika intensywności rozkładu masy  $f(\alpha)$  w funkcji wykładnika intensywności rozkładu masy  $\alpha$  (wymiaru fraktalnego).

Dla powierzchni stochastycznej wykładnik  $\alpha$  zmienia się w małym przedziale, podobnie jak jego rozkład. Natomiast dla powierzchni o dominującym charakterze deterministycznym wykładnik ten ma większy przedział zmienności, ale i rozrzut wartości w przestrzeni chropowatości jest znacznie większy.



Rys. 6.3. Widmo multispektralne powierzchni po frezowaniu czołowym stopu tytanu CP Ti grade 2, posuw  $f_z = 0,145$  mm/ostrze, prędkość skrawania  $v_c = 187$  m/min

Dla powierzchni frezowanej czołowo stopu tytanu grade 2 (CP Ti) (rys. 6.3) i toczonej stopu NiTi (rys. 6.4) można zaobserwować rozkład widma multifrakalnego, który wskazuje, że powierzchnie mają charakter stochastyczno-deterministyczny, ze wskazaniem na przewagę stochastycznego. Zalecenia odnośnie kryteriów analizy takich powierzchni zestawiono w tabeli 6.1.