

Spis treści

Od Autora	11
1. Informacje wprowadzające	15
1.1. Wstęp	15
1.2. Ogólne sposoby rozdzielania poszczególnych nierówności struktury geometrycznej powierzchni	18
1.2.1. Sposób przybliżony	19
1.2.2. Sposób mechaniczno-geometryczny	20
1.2.3. Sposób wykorzystujący filtrację elektryczną	21
1.2.4. Sposób z wykorzystaniem filtra odcinającego	24
1.2.5. Sposób z wykorzystaniem analizy falkowej	26
1.3. Tolerancje geometryczne	26
1.3.1. Zarysy kształtu	27
1.3.2. Zarysy odnoszące się do kierunku	32
1.3.3. Zarysy odnoszące się do położenia elementu	36
1.3.4. Zarysy odnoszące się do bicia	41
2. Zamknięte zarysy okrągłości i falistości powierzchni	46
2.1. Podstawowa terminologia i definicje w ujęciu tradycyjnym	46
2.2. Podstawowa terminologia i definicje w nowym ujęciu	48
2.3. Metody oceny zarysu okrągłości	50
2.3.1. Analiza harmoniczna	50
2.3.2. Parametry oceny zarysów okrągłości	54
2.3.3. Parametry zarysów okrągłości według najnowszych norm	61
2.4. Metody pomiaru zmian promienia	65
2.4.1. Błędy przyrządów pomiarowych	68
2.4.2. Nadzór metrologiczny przyrządów	71
2.4.3. Program komputerowy ROFORM	73
2.4.4. Komputeryzacja przyrządów pomiarowych	78
2.4.5. Przykłady wyników pomiarów okrągłości zaczerpnięte z praktyki przemysłowej	81
2.5. Odniesieniowe metody pomiaru zarysów okrągłości	83
2.5.1. Zasada pomiaru w metodach odniesieniowych	83
2.5.2. Rodzaje metod odniesieniowych	85
2.5.3. Zalecane parametry metod odniesieniowych	91
2.5.4. Transformacja zarysu zmierzonego na zarys rzeczywisty	97
2.5.5. Komputeryzacja metod odniesieniowych	104
2.5.6. Program komputerowy SAJD	106
2.5.7. Sposoby realizacji metod	112

2.5.8. Przybliżona metoda oceny odchyłki okrągłości	115
2.5.9. Istota odwróconych odniesieniowych metod pomiaru	121
2.6. Odniesieniowe metody pomiaru do oceny falistości powierzchni dla zarysów zamkniętych	128
3. Zarysy walcowości	134
3.1. Pomiary zarysów walcowości ustalane metodą oceny zmian promieni	134
3.1.1. Podstawowa terminologia i definicje	134
3.1.2. Parametry oceny zarysów walcowości	137
3.1.3. Dodatkowe parametry oceny zarysów walcowości	141
3.1.4. Strategie pomiarowe	143
3.1.5. Ocena zarysów walcowości – zasady prowadzenia pomiarów	154
3.1.6. Eksperymentalna weryfikacja opracowanych strategii pomiarowych zarysów walcowości	159
3.1.7. Komputeryzacja przyrządów pomiarowych	164
3.1.8. Program komputerowy CYFORM	168
3.2. Pomiary zarysów walcowości metodami odniesieniowymi	170
3.2.1. Istota pomiarów zarysów walcowości	170
3.2.2. Koncepcja odniesieniowych pomiarów zarysów walcowości	172
3.2.3. Określenie zależności między zarysem zmierzonym a rzeczywistym	174
3.2.4. Współrzędnościowe pomiary zarysów walcowości	181
4. Zarysy prostoliniowości	185
4.1. Podstawowe określenia i definicje	185
4.2. Parametry oceny zarysów prostoliniowości	187
4.3. Filtrowanie zarysów prostoliniowości	189
4.4. Technika pomiarów zarysów prostoliniowości	191
4.5. Program komputerowy LIFORM	195
4.6. Przykłady pomiarów zarysów prostoliniowości zaczerpnięte z praktyki przemysłowej	196
5. Zarysy płaskości	198
5.1. Podstawowa terminologia i definicje	198
5.2. Parametry oceny zarysów płaskości	200
5.3. Zasady prowadzenia pomiarów	201
5.4. Strategie pomiarowe	202
5.5. Przykłady pomiarów zarysów płaskości zaczerpnięte z praktyki przemysłowej	206
6. Niedomknięte zarysy kształtu	210
7. Zarysy kulistości	221
7.1. Podstawowa terminologia i definicje	221
7.2. Parametry oceny zarysów kulistości	222
7.3. Strategie pomiarowe	225
7.4. Eksperymentalna weryfikacja opracowanej koncepcji pomiaru odchyłek kulistości strategią kombinowaną oparta na kontrolowanym obrocie	228

7.4.1. Modelowe stanowisko badawcze do dokładnych pomiarów odchylek kulistości	228
7.4.2. Badania eksperymentalne	231
8. Ocena mikro- i nanochropowości oraz falistości powierzchni	237
8.1. Pomiary profilu	237
8.1.1. Informacje podstawowe	237
8.1.2. Powierzchnie o warstwowych właściwościach funkcjonalnych	245
8.1.3. Zasady i warunki prowadzenia pomiarów	250
8.1.4. Wzorce kontrolne i użytkowe	258
8.1.5. Komputeryzacja przyrządów do pomiaru falistości i chropowości powierzchni	270
8.2. Pomiary przestrzenne	277
8.2.1. Informacje wstępne	277
8.2.2. Parametry oceny powierzchni w układzie 3D	278
8.2.3. Parametry związane z funkcyjnym przedstawieniem powierzchni w układzie 3D	282
8.2.4. Wzorce przestrzennych pomiarów struktury geometrycznej powierzchni	287
9. Kompleksowe profilometryczne pomiary niedomkniętych zarysów kształtu	299
9.1. Istota kompleksowych pomiarów zarysów niedomkniętych	299
9.2. Program komputerowy PROFORM	302
9.3. Kompleksowa ocena zarysu	303
9.3.1. Ocena profilu chropowości powierzchni	303
9.3.2. Ocena profilu falistości powierzchni	304
9.3.3. Ocena zarysu kształtu	305
9.3.4. Statystyczna analiza wyników pomiaru	306
9.4. Przykładowe kompleksowe pomiary zaczerpnięte z praktyki przemysłowej	307
10. Statystyczne badania porównawcze przyrządów	309
10.1. Eksperymentalny błąd pomiaru dla porównywanych przyrządów	309
10.2. Statystyczne wyznaczenie błędu pomiaru odniesieniowych metod pomiarów zarysów okrągłości dla wybranych próbek z uwzględnieniem wartości odchyłki okrągłości	310
10.2.1. Procedury estymacji i testu istotności dla wartości średniej eksperymentalnego błędu pomiaru	311
10.2.2. Procedury estymacji i testu istotności dla wariancji i odchylenia średniego eksperymentalnego błędu pomiaru	312
10.2.3. Oszacowanie przedziału ufności pojedynczego błędu pomiaru	313
10.2.4. Ocena przykładowych wyników statystycznego testowania błędu pomiaru skomputeryzowanego odniesieniowego przyrządu pomiarowego z wzorcowym przyrządem Talyrond 73, którego działanie oparto na metodzie pomiaru zmian promienia	313
10.3. Metoda statystycznego porównywania zarysów okrągłości z wykorzystaniem rachunku korelacyjnego	315
10.3.1. Procedura estymacji punktowej współczynnika korelacji	317

10.3.2. Przykładowa ocena wyników badań statystycznych porównywanych zarysów okrągłości z wykorzystaniem rachunku korelacyjnego	319
11. Przyrządy pomiarowe	321
11.1. Informacje podstawowe dotyczące metrologii ogólnej	321
11.2. Ogólne informacje dotyczące elementów budowy i charakterystyki narzędzi pomiarowych	322
11.2.1. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych do pomiarów profilu	327
11.2.2. Definicje dotyczące analizowanych profili	329
11.2.3. Elementy składowe przyrządów stykowych	330
11.2.4. Charakterystyki metrologiczne przyrządów	333
11.2.5. Przykładowe wartości nominalne niektórych charakterystyk przyrządu	334
11.3. Metody przestrzennego pomiaru powierzchni	335
11.3.1. Metody profilowania liniowego	337
11.3.2. Metody topografii przestrzennej	340
11.3.3. Eksperymentalne porównanie wybranych metod przestrzennego pomiaru chropowatości powierzchni	349
11.4. Odniesieniowe przyrządy pomiarowe do oceny zarysów okrągłości	355
11.4.1. Przegląd niektórych rozwiązań odniesieniowych przyrządów pomiarowych	356
11.4.2. Rozwiązania oryginalnych pryzm wykorzystywanych do pomiarów odniesieniowych zarysów okrągłości	372
11.4.3. Przyrząd do uzyskiwania wzorców zarysów okrągłości	375
11.5. Przyrządy pomiarowe do oceny zarysów okrągłości metodą pomiaru zmian promienia (bezodniesieniowe)	377
11.5.1. Rozwiązania konstrukcyjne stosowanych zespołów obrotowych wrzecion czujników pomiarowych	379
11.5.2. Rozwiązania konstrukcyjne stołów obrotowych	382
11.5.3. Przegląd przyrządów pomiarowych do oceny zarysów okrągłości	384
11.6. Przyrządy pomiarowe do oceny zarysów walcowości	387
11.6.1. Przyrządy do pomiarów zarysów walcowości metodą zmian promienia z obrotowym wrzecionem	389
11.6.2. Przyrządy do pomiarów zarysów walcowości metodą zmian promienia z obrotowym stołem	392
11.6.3. Przegląd przyrządów do pomiaru zarysu walcowości i innych błędów powierzchni	395
11.7. Przyrządy stykowe do pomiaru struktury geometrycznej powierzchni	402
11.7.1. Profilometry	405
11.7.2. Kształtografy	408
11.7.3. Przyrządy profilometryczne do kompleksowych pomiarów	411
11.7.4. Przyrządy optyczne	413
Posłowie	416
Literatura	420
Załącznik	433