

Spis treści

Przedmowa	9
I. ISTOTA POMIARÓW WSPÓŁRZĘDNOŚCIOWYCH	13
I.1. Geometryczne elementy bazowe	14
I.2. Relacje między elementami geometrycznymi	15
I.3. Głowice pomiarowe i ich kwalifikacja	21
I.4. Układ współrzędnych maszyny i mierzonego przedmiotu	24
I.5. Tryby pracy maszyny współrzędnościowej	26
I.5.1. Praca ze sterowaniem ręcznym	26
I.5.2. Praca w trybie automatycznym (CNC)	27
II. BUDOWA WSPÓŁRZĘDNOŚCIOWYCH MASZYN POMIAROWYCH I ICH PARAMETRY	29
II.1. Podstawowe zespoły współrzędnościowych maszyn pomiarowych	29
II.2. Rodzaje rozwiązań konstrukcyjnych maszyn	31
II.3. Podstawowe parametry maszyn	34
II.4. Przykłady maszyn pomiarowych różnych konstrukcji	41
II.4.1. Maszyny o konstrukcji portalowej	41
II.4.2. Maszyny o konstrukcji mostowej (suwnicowej)	71
II.4.3. Maszyny o konstrukcji wspornikowej	80
II.4.4. Maszyny o konstrukcji wysięgnikowej	84
II.4.5. Maszyny o konstrukcji hybrydowej	96
III. UKŁADY POMIAROWE	104
III.1. Inkrementalne układy pomiarowe	104
III.1.1. Optoelektroniczne układy pomiarowe	105
III.1.2. Induktosynowe układy pomiarowe	116
III.1.3. Pojemnościowe układy pomiarowe	117
III.2. Absolutne (kodowe) układy pomiarowe	118
III.3. Interferencyjne układy pomiarowe	123
IV. GŁOWICE POMIAROWE I METODY BADANIA ICH DOKŁADNOŚCI	127
IV.1. Głowice stykowe	127
IV.1.1. Głowice przełączające (impulsowe)	133
IV.1.2. Głowice z przetwornikiem mierzącym (skaningowe)	139
IV.1.3. Specjalne rodzaje głowic stykowych	155

IV.2. Głowice bezstykowe	162
IV.2.1. Laserowe głowice triangulacyjne	162
IV.2.2. Głowice działające na zasadzie analizy obrazu	166
IV.2.3. Głowice konfokalne	169
IV.3. Konfiguracje zespołu głowicy pomiarowej	172
IV.3.1. Zespoły wielotrzeniowe	173
IV.3.2. Głowice obrotowo-uchylne	174
IV.3.3. Złącza magnetyczne w zespole głowicy pomiarowej	177
IV. 4. Metody badania dokładności głowic pomiarowych	181
IV.4.1. Parametry i charakterystyki głowic pomiarowych	182
IV.4.2. Pośrednie metody badania głowic pomiarowych	187
IV.4.3. Bezpośrednie metody badania głowic pomiarowych	188
IV.4.4. Metody badania głowic skaningowych	197
V. PROCEDURY I OPROGRAMOWANIA KOMPUTEROWE	204
V.1. Opis matematyczny typowych procedur pomiarowych	204
V.2. Przegląd oprogramowania	209
V.2.1. Program CALYPSO	210
V.2.2. Program HOLOS	236
V.2.3. Program QUINDOS	241
V.2.4. Program PC-DMIS	250
V.2.5. Program METROLOG	268
V.2.6. Program PowerINSPECT	281
V.2.7. Program MODUS	298
V.2.8. Program do Statystycznego Sterowania Procesem (SPC), qs-STAT, PROCELLA	304
VI. MASZYNY POMIAROWE DO ZASTOSOWAŃ BEZPOŚREDNIO W OTOCZENIU PRODUKCJI	312
VI.1. Centra pomiarowe	314
VI.2. Maszyny o klasycznej konstrukcji do zastosowania w otoczeniu produkcji	315
VI.3. Maszyny kabinowe	317
VI.4. Maszyny o specjalnej konstrukcji i zbudowane ze specjalnych materiałów, z założenia przeznaczone do zastosowania w hali produkcyjnej	321
VI.4.1. Maszyny portalowe i podobne	321
VI.4.2. Maszyny o specjalnej konstrukcji	323
VII. DOKŁADNOŚĆ MASZYN POMIAROWYCH I METODY ICH BADANIA	328
VII.1. Źródła błędów maszyn	328
VII.2. Błędy geometryczne współrzędnościowej maszyny pomiarowej	330
VII.3. Metody badania dokładności maszyn według norm ISO	334
VII.4. Wzorce materialne i ich zastosowanie	358

VII.5. Zastosowanie interferometru laserowego w badaniach dokładności maszyn współrzędnościowych	383
VII.6. Niepewność pomiarów współrzędnościowych	392
VII.6.1. Szacowanie niepewności pomiarów współrzędnościowych z zastosowaniem wywzorcowanego przedmiotu (wzorca)	393
VII.6.2. Metoda analityczna wyznaczania niepewności pomiarów współrzędnościowych	397
VII.6.3. Metoda symulacyjna wyznaczania niepewności pomiarów współrzędnościowych	401
VIII. WSPÓLRZĘDNOŚCIOWE RAMIONA POMIAROWE	405
VIII.1. Budowa, parametry techniczne, zastosowania	405
VIII.2. Pomiary skaningowe i specjalne; pomiary w rozszerzonym zakresie	421
VIII.3. Oprogramowanie pomiarowe	437
VIII.4. Testy dokładności	443
VIII.4.1. Testy dokładności według normy amerykańskiej ASME	444
VIII.4.2. Testy dokładności według projektu normy ISO	448
IX. PRZEMYSŁOWE TOMOGRAFY KOMPUTEROWE (CT)	458
IX.1. Zasady pomiarów tomograficznych	458
IX.2. Główne zespoły tomografów i ich funkcje	462
IX.3. Przykłady tomografów i ich zastosowania	472
IX.4. Funkcje pomiarowe i ich oprogramowania	493
IX.5. Parametry charakteryzujące dokładność i metody ich wyznaczania	498
Literatura	519