

Spis treści

Stosowane oznaczenia	9
1 Wstęp	13
2 Rola sensorów w systemach wytwórczych	15
3 Podstawowe charakterystyki sensorów	27
4 Klasyfikacja czujników	44
5 Materiały stosowane do budowy czujników	49
5.1. Podział ogólny materiałów	49
5.2. Przewodniki, półprzewodniki i dielektryki	52
5.3. Materiały magnetyczne	58
5.4. Materiały optyczne	61
5.5. Materiały ferroelektryczne	65
6 Zjawiska fizyczne wykorzystywane w sensorach	68
6.1. Elektryczność	69
6.2. Magnetyzm	70
6.3. Zjawisko piezoelektryczne	73
6.4. Zjawisko piezorezystancyjne	75
6.5. Zjawisko termoelektryczne	76
6.6. Zjawisko piroelektryczne	79
6.7. Efekt Halla	81
6.8. Zjawisko fotoelektryczne	83
6.9. Zjawisko Gaussa (magnetorezystancji)	89
6.10. Zjawisko elektrostrykcji	93
6.11. Zjawiska magnetostrykcyjne	94
6.12. Efekt Wieganda	96

6.13.	Efekty elektrooptyczne.	97
6.14.	Efekty magnetoptyczne.	99
6.15.	Zjawisko termooptyczne.	101
6.16.	Efekt Dopplera.	102
7	Sensory w zautomatyzowanych systemach obróbkowych	105
8	Sensory w serwonapędach obrabiarek sterowanych numerycznie	113
8.1.	Serwonapędy w zespołach posuwu	113
8.2.	Sensory położenia zespołów ruchowych obrabiarek	117
8.2.1.	Pomiar położenia kąowego.	119
8.2.1.1.	Enkodery optoelektroniczne.	119
8.2.1.2.	Enkodery magnetyczne.	126
8.2.1.3.	Enkodery indukcyjne.	129
8.2.1.4.	Enkodery pojemnościowe.	137
8.2.1.5.	Czynniki uwzględniane przy wyborze enkoderów obrotowych.	141
8.2.2.	Pomiar położenia liniowego.	142
8.2.2.1.	Liniały optoelektroniczne.	145
8.2.2.2.	Liniały magnetyczne.	149
8.2.2.3.	Liniały indukcyjne.	154
8.2.2.4.	Liniały pojemnościowe.	158
8.3.	Precyzyjne pomiary położenia	160
8.4.	Sensory prędkości obrotowej w serwonapędach.	172
8.5.	Sensory do pomiaru przyspieszeń w napędach posuwu.	173
8.6.	Sensory do pomiaru prądu.	176
9	Ogólne zasady diagnostyki i nadzoru obrabiarek	178
10	Sensory w zespołach obrabiarki i układach korekcyjnych	183
10.1.	Sensory do diagnostyki stanu podzespołów obrabiarki	183
10.1.1.	Sensory w zespołach wrzecionowych.	186
10.1.2.	Sensory do monitorowania stanu cieczy obróbkowej.	194
10.1.3.	Sensory do monitorowania układu smarowania.	197
10.2.	Sensory wykorzystywane w układach korekcyjnych.	198
10.2.1.	Sensory w układach kompensacji odkształceń cieplnych	198
10.2.2.	Sensory w adaptacyjnych układach regulacji.	202
11	Sensory do monitorowania i diagnostyki narzędzi	205
11.1.	Bezpośrednie metody monitorowania i diagnostyki narzędzi	207
11.2.	Pośrednie metody monitorowania i diagnostyki narzędzi	214
11.2.1.	Układy do pomiaru sił i momentów oraz naprężeń	217
11.2.2.	Układy do pomiaru mocy i prądu.	225

11.2.3. Układy do pomiaru emisji akustycznej	228
11.2.4. Układy do pomiaru drgań	234
11.2.5. Układy do pomiaru temperatury narzędzia	238
11.2.6. Układy do pomiaru rezystancji powłok narzędzi	243
12 Sensory do monitorowania i diagnostyki procesu obróbki.	246
12.1. Diagnostyka drgań samowzbudnych	247
12.2. Diagnostyka postaci wióra	249
13 Sensory do monitorowania i diagnostyki przedmiotów obrabianych.	255
13.1. Sondy przedmiotowe do pomiarów geometrycznych.	256
13.2. Sonda do pomiaru temperatury przedmiotów obrabianych	264
13.3. Sondy do pomiaru średnic przedmiotów podczas szlifowania	264
13.4. Sondy do pomiaru chropowości przedmiotu na obrabiarkę.	266
14 Sensory stosowane do kalibracji obrabiarek CNC	269
14.1. System do pomiaru dokładności obróbki kształtowej obrabiarek CNC typu ballbar	271
14.2. Interferometry laserowe do oceny stanu technicznego obrabiarek	275
14.3. Kalibratory osi obrotowych obrabiarek	279
14.4. Systemy do pomiarów wieloosiowych	284
14.5. Śledzący interferometr laserowy do kalibracji osi liniowych i obrotowych	287
15 Rozwiązania mechatroniczne wbudowane w obrabiarkach.	291
15.1. Rozwiązania mechatroniczne do kompensacji odkształceń termicznych	292
15.2. Rozwiązania do poprawy dokładności pozycjonowania i położenia	294
15.3. Rozwiązania do redukcji drgań	295
15.4. Rozwiązania do kompensacji odkształceń narzędzia	298
15.5. Koncepcja inteligentnej obrabiarki	300
16 Trendy rozwojowe w dziedzinie obrabiarek i sensoryki obrabiarkowej	303
Bibliografia	311