

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
1. Charakterystyka obróbki skrawaniem części maszyn	11
1.1. Cechy konstrukcyjne elementów maszyn i mechanizmów	11
1.2. Cechy półfabrykatu	14
1.3. Podstawowe pojęcia określające proces skrawania	14
1.3.1. Warunki skrawania	14
1.3.2. Przedmiot obrabiany	14
1.3.3. Ruchy przedmiotu obrabianego i narzędzia	15
1.3.4. Warstwa skrawana	16
1.3.5. Technologiczne parametry skrawania	17
1.3.6. Czas skrawania i czas maszynowy	19
1.3.7. Wydajność skrawania	20
2. Tolerancja i pasowania części maszyn	22
2.1. Odchyłki i pola tolerancji wałków i otworów	22
2.2. Układy pasowań	23
2.2.1. Układ pasowań według zasady stałego otworu	24
2.2.2. Układ pasowań według zasady stałego wałka	26
2.3. Arytmetyka wymiarów tolerowanych	26
2.4. Łańcuchy wymiarowe	29
3. Narzędzia skrawające	36
3.1. Elementy narzędzia skrawającego	36
3.2. Łączenie elementów składowych narzędzia	38
3.3. Uchwyty do narzędzi	39
3.4. Układy odniesienia	43
3.4.1. Układ narzędzia	45
3.4.2. Układ roboczy	45
3.5. Geometria ostrza w układzie narzędzia	46
3.5.1. Model trygonometryczny do ustalenia związków między kątami ostrza w płaszczyznach odniesienia P_o , P_p , P_f	49
3.5.2. Zastosowanie rachunku wektorowego do wyznaczania związków między kątami ostrza w płaszczyznach odniesienia P_o , P_p , P_f	51
3.6. Ostrzenie narzędzi w przyrządach na ostrzarkach	53
3.7. Materiały narzędziowe	56
4. Wybrane elementy układów kinematycznych obrabiarek	63
4.1. Ogólna charakterystyka obrabiarki	63
4.2. Charakterystyka kinematyczna skrzynek prędkości	65
4.3. Charakterystyka kinematyczna skrzynek posuwów obrabiarek	70

4.4. Elementy i zespoły sterujące pracą obrabiarek	73
4.5. Układy sterowania numerycznego NC	76
5. Obróbka skrawaniem	83
5.1. Odkształcenia plastyczne w procesie skrawania	83
5.1.1. Mechanizm powstawania wióra	83
5.1.2. Wyznaczenie kąta pochylenia płaszczyzny ścinania	87
5.1.3. Proces spęczniania warstwy skrawanej	88
5.1.4. Zastosowania współczynnika spęczniania $\Delta_h(\Delta_l)$	90
5.1.5. Narost w procesie skrawania	93
5.1.6. Zgniot materiału po obróbce	94
5.2. Warunki energetyczne skrawania	96
5.2.1. Siła całkowita skrawania	96
5.2.2. Energia skrawania	101
5.2.3. Moc skrawania i bilans mocy skrawania	102
5.2.4. Moment skrawania	104
5.2.5. Pomiaru składowych siły całkowitej	106
5.2.6. Plan eksperymentu dla określenia składowych siły całkowitej	108
5.3. Drgania w procesie skrawania	110
5.3.1. Drgania swobodne	111
5.3.2. Drgania wymuszone	113
5.3.3. Drgania samowzbudne	116
5.3.4. Sposoby eliminowania drgań z procesu obróbki	117
5.4. Ciepło skrawania	118
5.4.1. Bilans cieplny skrawania	118
5.4.2. Pole temperatur	120
5.4.3. Temperatura skrawania	124
5.4.4. Metody pomiaru temperatury skrawania	125
5.4.5. Plan eksperymentu dla określenia temperatury skrawania	127
5.4.6. Metoda macierzowa obliczenia stałych we wzorze doświadczalnym	131
5.4.7. Odkształcenia cieplne przedmiotu	135
5.5. Proces zużycia i trwałość ostrza	136
5.5.1. Proces zużywania się ostrza	136
5.5.2. Formy zużywania się ostrza na powierzchniach przyłożenia i natarcia	137
5.5.3. Krzywa zużycia ostrza	138
5.5.4. Zależność analityczna między trwałością a parametrami obróbki	141
5.5.5. Metody doświadczalne stosowane do ustalenia trwałości ostrza	144
5.5.6. Plan eksperymentu dla określenia trwałości ostrza	147
5.5.7. Optymalna trwałość ostrza	148
5.6. Chłodziwa	151
5.6.1. Rola chłodziw w obróbce skrawaniem	151
5.6.2. Chłodzenie	152
5.6.3. Smarowanie	153
5.6.4. Inne zadania chłodziw	154
5.6.5. Rodzaje chłodziw	154
5.6.6. Sposoby doprowadzenia chłodziwa do strefy obróbki	156
5.6.7. Korzyści techniczne i ekonomiczne stosowania chłodziw	159
5.6.8. Niedostatki i straty w obróbce z chłodzeniem	160
5.7. Skrawalność materiałów	161
5.7.1. Wskaźniki skrawalności	162
5.7.2. Skrawalność stali	163

5.7.3.	Skrawalność żeliwa	164
5.7.4.	Skrawalność miedzi i jej stopów	165
5.7.5.	Skrawalność stopów lekkich	166
5.7.6.	Skrawalność tworzyw sztucznych	167
5.8.	Optymalizacja parametrów skrawania	171
5.8.1.	Tablice parametrów obróbki skrawaniem	172
5.8.2.	Nomogramy	177
5.8.3.	Programy optymalizacyjne PC	180
5.8.4.	Moduły technologiczne systemów CAD/CAM optymalizujące parametry skrawania	183
6.	Techniki obróbki skrawaniem	184
6.1.	Toczenie	184
6.1.1.	Charakterystyka procesu toczenia	184
6.1.2.	Noże tokarskie	184
6.1.3.	Tokarki i automaty tokarskie	185
6.1.4.	Parametry skrawania	197
6.1.5.	Siła całkowita skrawania i jej składowe	198
6.1.6.	Moc skrawania	199
6.1.7.	Chropowatość i dokładność po toczeniu	199
6.2.	Struganie i dłutowanie	200
6.2.1.	Charakterystyka procesów	200
6.2.2.	Narzędzia	201
6.2.3.	Obrabiarki	202
6.2.4.	Parametry skrawania	204
6.3.	Wiercenie, powiercanie, rozwiercanie i pogłębianie	206
6.3.1.	Charakterystyka procesu wiercenia	206
6.3.2.	Narzędzia	207
6.3.3.	Obrabiarki	210
6.3.4.	Technologiczne i geometryczne parametry obróbki	213
6.3.5.	Siły i momenty skrawania	215
6.3.6.	Chropowatość i dokładność po obróbce	217
6.3.7.	Ostrzenie wiertel	217
6.4.	Frezowanie	218
6.4.1.	Frezy	220
6.4.2.	Frezarki	222
6.4.3.	Frezowanie walcowe	228
6.4.4.	Frezowanie walcowo-czołowe	237
6.5.	Przecinanie	242
6.5.1.	Charakterystyka procesu	242
6.5.2.	Narzędzia	243
6.5.3.	Obrabiarki	246
6.5.4.	Parametry przecinania	247
6.6.	Przeciąganie i przepychanie	249
6.6.1.	Charakterystyka procesu	249
6.6.2.	Narzędzia	250
6.6.3.	Obrabiarki	252
6.6.4.	Parametry obróbki	254
6.7.	Obróbka gwintu	258
6.7.1.	Charakterystyka procesu	258
6.7.2.	Narzędzia	260

6.7.3.	Obrabiarki	265
6.7.4.	Parametry nacinania gwintów	269
6.8.	Obróbka kół zębatach	273
6.8.1.	Dłutowanie koła zębatego nożem kształtowym	275
6.8.2.	Przeciąganie kształtowe kół zębatach stożkowych	276
6.8.3.	Metoda obwiedniowa dłutowania kół zębatach	276
6.8.4.	Frezowanie kształtowe kół zębatach	282
6.8.5.	Frezowanie obwiedniowe kół zębatach walcowych o zębach prostych i śrubowych	284
6.8.6.	Obróbka kół zębatach stożkowych o zębach łukowych głowicą nożową Gleasona	287
6.8.7.	Frezowanie uzębień ślimaków i ślimacznice	289
6.8.8.	Parametry skrawania podczas frezowania obwiedniowego frezem modułowym ślimakowym	291
6.8.9.	Obróbka wykańczająca kół zębatach i ślimaków przez wiórkowanie	292
6.9.	Zautomatyzowane środki produkcji	294
6.9.1.	Obrabiarki zespołowe	294
6.9.2.	Linie obrabiarkowe	295
6.9.3.	Elastyczne i zautomatyzowane środki produkcji	297
6.9.4.	Centra obróbkowe	298
6.9.5.	Autonomiczne gniazda obróbkowe	299
6.9.6.	Autonomiczne stacje obróbkowe	300
6.9.7.	Elastyczne systemy produkcyjne	301
6.9.8.	Elastyczne linie produkcyjne	302
7.	Obróbki ściernie	304
7.1.	Charakterystyka ogólna obróbki ścierniej	304
7.2.	Materiały ściernie i polerskie	305
7.3.	Narzędzia ściernie	311
7.3.1.	Budowa ściernic, segmentów, oselek, kształtek i pilników ściernych	311
7.3.2.	Budowa taśm, płócien, papierów, strun i włókien ściernych	315
7.4.	Podstawy teoretyczne obróbki ziarnami utwardzonymi	317
7.5.	Szlifowanie ściernicami i taśmami	322
7.5.1.	Szlifowanie płaszczyzn	324
7.5.2.	Szlifowanie powierzchni zewnętrznych obrotowych	326
7.5.3.	Szlifowanie otworów	330
7.5.4.	Szlifowanie bezkłowe wałków i otworów	331
7.5.5.	Szlifowanie powierzchni kształtowych	332
7.5.6.	Szlifowanie taśmami ściernymi	335
7.6.	Charakterystyka warunków szlifowania	338
7.7.	Gładzenie	344
7.8.	Dogładzanie oscylacyjne	348
7.9.	Obróbka w wygładzarkach pojemnikowych	353
7.10.	Zagadnienie optymalizacji kosztów obróbki narzędziami ściernymi	361
7.11.	Podstawy teoretyczne obróbki ziarnami ściernymi	362
7.11.1.	Obróbka strumieniowo-ścierna powierzchni	364
7.11.2.	Przecinanie strumieniowo-ścierna	366
7.12.	Obróbka udarowo-ścierna	368
7.13.	Docieranie hydrodynamiczne	371
7.14.	Obróbka aerościerna	373
7.15.	Docieranie mechaniczne	373

7.16. Obróbka ścierna w wygładzarkach proszkowych	376
7.17. Obróbka magnetyczno-ścierna	378
7.18. Obróbka polerowaniem mechanicznym	380
7.19. Obróbka przetłoczno-ścierna	382
7.20. Zagadnienie trwałości ziarn ściernych	383
8. Obróbki erozyjne	385
8.1. Obróbka elektroerozyjna (EDM)	385
8.1.1. Proces elektroerozji i fizyka zjawisk w szczelinie	386
8.1.2. Generatory impulsów	387
8.1.3. Ciecze i elektrody	391
8.1.4. Stan powierzchni po obróbce elektroerozyjnej	392
8.1.5. Obróbka kształtowa EDM	394
8.1.6. Przycinanie elektroerozyjne EDM	396
8.1.7. Szlifowanie elektroerozyjne	397
8.1.8. Szlifowanie elektroerozyjne ze wspomaganie ściernym	397
8.2. Obróbka elektrochemiczna (ECM)	398
8.2.1. Proces elektrolizy	399
8.2.2. Fizyka zjawisk w szczelinie	401
8.2.3. Ciecze i elektrody	409
8.2.4. Charakterystyka obrabiarek ECM	410
8.2.5. Stan warstwy wierzchniej ECM	410
8.2.6. Obróbka kształtowa ECM	411
8.2.7. Elektropolerowanie	413
8.2.8. Obróbki elektrochemiczne ze wspomaganie ściernym	414
8.2.9. Obróbka anodowo-mechaniczna	419
8.3. Obróbka strumieniowo-erozyjna	421
8.3.1. Obróbka fotonowa	421
8.3.2. Obróbka elektronowa	425
8.3.3. Obróbka jonowa	427
8.3.4. Obróbka hydrodynamiczno-elektrolityczna	428
9. Powłoki ochronne i dekoracyjne	430
9.1. Powłoki ochronne metalowe	430
9.2. Powłoki ochronne nieorganiczne	433
9.3. Powłoki ochronne organiczne	433
9.4. Przygotowanie powierzchni podłoża pod powłoki	434
9.5. Zastosowanie powłok ochronnych i dekoracyjnych	435
10. Stan przedmiotu po obróbce	436
10.1. Charakterystyka geometryczna przedmiotu	436
10.2. Kompleksowa charakterystyka warstwy wierzchniej przedmiotu po obróbce	441
10.2.1. Charakterystyka stereometrii powierzchni	442
10.2.2. Charakterystyka fizykalna warstwy wierzchniej	449
10.3. Analiza nośności profilu chropowatości warstwy wierzchniej	452
10.3.1. Rzeczywista powierzchnia styku	452
10.3.2. Sztywność stykowa	454
10.4. Wpływ niektórych procesów technologicznych na charakterystykę warstwy wierzchniej	456
10.5. Oznaczanie stanu powierzchni na rysunku wykonawczym	461
11. Programowanie obróbki części na obrabiarki sterowane numerycznie	464
11.1. Metody opracowania programów obróbki	464

11.1.1. Programowanie ręczne	464
11.1.2. Programowanie komputerowe obróbki	466
11.2. Programowanie obróbki części na tokarce NC	468
11.2.1. Programowanie ręczne tokarki NC	470
11.2.2. Programowanie komputerowe tokarki NC	473
11.3. Programowanie obróbki części na frezarce CNC	480
11.3.1. Programowanie ręczne frezarki CNC	481
11.3.2. Programowanie komputerowe frezarki CNC	486
11.4. Programowanie obróbki części na wycinarce WEDM	491
Literatura	499
Skorowidz	503