

Spis treści

Od Autora XI

Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów XIII

Ważniejsze oznaczenia XIII

Skróty XIX

Wykaz norm wykorzystanych w książce XXI

1. Ogólna charakterystyka procesu skrawania 1

- 1.1. Klasyfikacja procesów obróbki ubytkowej 1
- 1.2. Rola obróbki skrawaniem we współczesnym wytwarzaniu 4
- 1.3. Kinematyka procesu i parametry skrawania 10
- 1.4. Geometryczna charakterystyka ostrza skrawającego 12
- 1.5. Geometria warstwy skrawanej 19
- 1.6. Przyszłościowa wizja obróbki skrawaniem 23

Literatura 30

2. Materiały narzędziowe 32

- 2.1. Klasyfikacja i właściwości materiałów ostrzy skrawających 32
- 2.2. Powłoki ochronne na narzędziach skrawających 36
- 2.3. Stale szybko tnące 39
- 2.4. Węglik spiekane 40
- 2.5. Cermetale 42
- 2.6. Ceramika 43
- 2.7. Materiały supertwarde 45

Literatura 47

3. Fizyczne aspekty procesu skrawania 48

- 3.1. Zjawiska fizyczne w strefie skrawania 48
- 3.2. Charakterystyka stanu naprężenia i odkształcenia 50
- 3.3. Mechanizmy odkształcenia w mikro- i nanoskali 54
- 3.4. Przebieg odkształcenia materiału 58
- 3.5. Warunki uplastycznienia materiału w strefie skrawania 60
- 3.6. Dekohezja materiału w strefie tworzenia wióra 66
- 3.6. Warunki zainicjowania mikroskrawania, minimalna grubość warstwy skrawanej 68

Literatura 72

4. Modelowanie procesu skrawania 74

- 4.1. Klasyfikacja modeli procesu skrawania 74
- 4.2. Konstytutywne modele materiałowe 79
- 4.3. Techniki oceny właściwości mechanicznych w warunkach skrawania 85
- 4.4. Techniki modelowania 87
 - 4.4.1. Cele i zakres badań symulacyjnych 87
 - 4.4.2. Symulacja metodą elementów skończonych 90
 - 4.4.3. Symulacja metodą różnic skończonych 94

Literatura 96

5. Mechanika procesu skrawania 98

- 5.1. Klasyfikacja modeli mechanistycznych 98
- 5.2. Stan odkształcenia w strefie ścinania 100
 - 5.2.1. Warunki realizacji płaskiego i przestrzennego stanu odkształcenia 100
 - 5.2.2. Charakterystyka stanu odkształcenia w strefie tworzenia wióra 100
- 5.3. Rozkład prędkości w strefie tworzenia wióra 105
- 5.4. Modele tworzenia wióra 108
 - 5.4.1. Model z rozwiniętą strefą poślizgu 108

5.4.2. Model z równoległymi granicami strefy poślizgu	109
5.4.3. Model z pojedynczą płaszczyzną poślizgu	113
5.4.4. Model tworzenia wióra segmentowego	117
5.4.5. Model zlokalizowanej strefy ścinania adiabatycznego	119
5.4.6. Dyslokacyjny model tworzenia wióra	122
5.4.7. Modele tworzenia wióra w nanoskali	124
5.5. Modelowanie kąta poślizgu	126
5.5.1. Zastosowanie rozwiązań teorii plastyczności	126
5.5.2. Doświadczalne metody wyznaczania kąta poślizgu	132
5.6. Numeryczna symulacja procesu tworzenia wióra	134
5.6.1. Opis tworzenia wióra metodą elementów skończonych	134
5.6.2. Symulacja tworzenia wióra ciągłego i segmentowego	136
5.7. Siły w procesie skrawania	138
5.7.1. Rozkład całkowitej siły skrawania	138
5.7.2. Rozkład sił w strefie poślizgu i na powierzchni natarcia	140
5.7.3. Metody oszacowania sił na powierzchni przyłożenia ostrza	142
5.7.4. Teoretyczno-doświadczalne i doświadczalne metody wyznaczania składowych sił skrawania	145
5.7.5. Wpływ warunków obróbki na składowe całkowitej siły skrawania	151
5.8. Stan naprężeń w strefie tworzenia wióra	154
5.8.1. Stan i rozkład naprężeń	154
5.8.2. Ocena wartości naprężenia poślizgu	156
5.9. Energia i moc skrawania	158
5.9.1. Bilans energetyczny procesu	158
5.9.2. Energia tworzenia wióra	159
5.9.3. Moc skrawania	162
5.10. Zwijanie i łamanie wióra	163
5.10.1. Klasyfikacja kształtów wióra	163
5.10.2. Warunki tworzenia wiórów odrywanych i ścinanych	164
5.10.3. Charakterystyka spływu wióra	166
5.10.4. Mechanizmy zwijania wióra	169
5.10.5. Warunki i przebieg łamania wióra	172
5.10.6. Kontrola wióra	176
Literatura	178
6. Drgania w procesie skrawania	181
6.1. Źródła i klasyfikacja drgań	181
6.2. Mechanizmy generowania drgań samowzbudnych	187
6.3. Stabilność układu OUPN i metody jej poprawy	191
Literatura	196
7. Tribologia procesu skrawania	197
7.1. Charakterystyka strefy styku ostrza z obrabianym materiałem	197
7.2. Rozkład naprężeń w strefie styku wiór-ostrze	200
7.3. Narost	204
7.4. Związki korelacyjne charakterystyk odkształceń z procesem tarcia	207
7.5. Doświadczalne metody wyznaczania współczynnika tarcia	209
Literatura	213
8. Ciepło w procesie skrawania	215
8.1. Źródła i rozptyw ciepła w strefie skrawania	215
8.2. Temperatura skrawania	218
8.3. Analityczne wyznaczenie temperatury w strefie skrawania	220

- 8.3.1. Partycja ciepła w modelu ruchomego źródła ciepła 220
- 8.3.2. Temperatura na płaszczyźnie poślizgu 223
- 8.3.3. Temperatura na powierzchni natarcia ostrza 225
- 8.4. Numeryczne metody określania pól temperatury w strefie skrawania 227
- 8.5. Doświadczalne metody wyznaczania temperatury skrawania 231
- 8.6. Wpływ warunków obróbki na temperaturę skrawania 237
- 8.7. Ciecze chłodząco-smarujące 242

Literatura 249

9. Zużycie i trwałość ostrza 251

- 9.1. Charakterystyka stref zużycia ostrza 251
- 9.2. Fizyczne mechanizmy zużycia ostrza 255
- 9.3. Zużycie powłok ochronnych 260
- 9.4. Przebieg zużycia i stopień ostrza 266
- 9.5. Matematyczne modelowanie i prognozowanie okresu trwałości ostrza 271
- 9.6. Nadzorowanie stanu ostrza narzędzia 282

Literatura 288

10 Skrawalność materiałów konstrukcyjnych 290

- 10.1. Wskaźniki skrawalności 290
- 10.2. Związki skrawalności ze strukturą i właściwościami materiałów 296
- 10.3. Charakterystyka skrawalności materiałów konstrukcyjnych 299
 - 10.3.1. Stale konstrukcyjne niestopowe i stopowe 299
 - 10.3.2. Stale austenityczne nierdzewne i kwasoodporne 301
 - 10.3.3. Żeliwa i staliwa 303
 - 10.3.4. Metale nieżelazne i ich stopy 306
 - 10.3.5. Tytan i jego stopy 308
 - 10.3.6. Stopy na podstawie niklu i kobaltu 310
 - 10.3.7. Materiały kompozytowe 311
- 10.4. Systemy wspomagające dobór warunków obróbki 314

Literatura 319

11. Ekonomiczność i optymalizacja procesu skrawania 321

- 11.1. Wskaźniki i modele procesu 321
- 11.2. Kryteria i algorytmy optymalizacji doboru warunków skrawania 322
- 11.3. Techniki optymalizacji warunków skrawania 326

Literatura 334

12. Przegląd technologii ubytkowego kształtowania materiałów 335

- 12.1. Obróbka z podwyższonymi i dużymi prędkościami skrawania 335
- 12.2. Obróbka materiałów twardych i w stanie utwardzonym 340
- 12.3. Obróbka na sucho i ze zminimalizowanym użyciem mediów chłodząco-smarujących 347
 - 12.3.1. Obróbka na sucho 347
 - 12.3.2. Obróbka ze zminimalizowanym smarowaniem 351
- 12.4. Obróbka wysokowydajna 355
- 12.5. Obróbka kompletna 366
- 12.6. Mikroobróbka 372
- 12.7. Nanoobróbka 379
- 12.8. Hybrydowe metody obróbki 384
 - 12.8.1. Klasyfikacja hybrydowych procesów wytwórczych/obróbki 384
 - 12.8.2. Obróbka hybrydowa wspomagana termicznie 386
 - 12.8.3. Obróbka hybrydowa wspomagana energią drgań 389
 - 12.8.4. Obróbka kriogeniczna 394

Literatura 397

13. Rola techniki komputerowej i informacyjnej w procesie skrawania 399

13.1. Komputerowe wspomaganie procesu obróbki 399

13.1.1. Zastosowanie symulacji i wizualizacji w programowaniu CAD/CAM 399

13.1.2. Bazy danych do oceny skrawalności i doboru warunków obróbki 406

13.2. Zastosowanie sensorów i sztucznej inteligencji 408

13.3. Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości 416

13.4. Techniki internetowe w procesie obróbki 422

Literatura 427

14. Technologiczna warstwa wierzchnia 429

14.1. Strukturalne modele budowy warstwy wierzchniej 429

14.2. Modele kształtowania mikronierówności powierzchni 431

14.2.1. Modele stereometryczno-kinematyczne 431

14.2.2. Modele uwzględniające niektóre oddziaływania fizyczne w procesie skrawania 435

14.3. Charakterystyka chropowatości powierzchni 439

14.3.1. Parametry profilu i topografii powierzchni 439

14.3.2. Pomiary chropowatości powierzchni 445

14.4. Fizyczne właściwości warstwy wierzchniej 448

14.4.1. Charakterystyka właściwości fizycznych warstwy wierzchniej 448

14.4.2. Naprężenia własne w warstwie wierzchniej 449

14.4.3. Umocnienie materiału i zmiana mikrostruktury w warstwie wierzchniej 453

Literatura 455

Słownik ważniejszych terminów i skrótów w języku angielskim 456