

Spis treści

Wykaz oznaczeń i skrótowców	9
1. Wstęp	13
2. Pojęcia podstawowe	15
2.1. Klasyfikacja obróbki skrawaniem	15
2.2. Elementy przedmiotu obrabianego, narzędzia	19
2.3. Warunki i parametry skrawania	21
2.3.1. Kinematyczne parametry skrawania	22
2.3.2. Geometryczne parametry skrawania	23
3. Geometria ostrza	34
3.1. Układ narzędzia	34
3.1.1. Płaszczyzny w układzie narzędzia	35
3.1.2. Kąty w układzie narzędzia	37
3.1.3. Przykładowe geometrie ostrza w układzie narzędzia	40
3.2. Pomocniczy układ wykonawczy	43
3.3. Układ roboczy	44
3.4. Geometria krawędzi skrawającej	47
4. Materiały narzędziowe	52
4.1. Ogólna charakterystyka materiałów narzędziowych	52
4.2. Stale narzędziowe	56
4.2.1. Stale narzędziowe węglowe	56
4.2.2. Stale narzędziowe stopowe	56
4.3. Stale szybkołnące	57
4.3.1. Ogólna charakterystyka stali szybkołnących	57
4.3.2. Obróbka cieplna stali szybkołnących	58
4.3.3. Stale szybkołnące spiekane	61
4.3.4. Stale szybkołnące pokrywane	62
4.4. Stellite	66
4.5. Klasyfikacja twardych materiałów narzędziowych	66
4.6. Węgliki spiekane	67
4.6.1. Wytwarzanie węglików spiekanych	68
4.6.2. Klasyfikacja węglików spiekanych	69
4.6.3. Węgliki spiekane pokrywane	74
4.6.4. Narzędzia z ostrzami z węglików spiekanych	81

4.7. Spieki ceramiczne	82
4.7.1. Ceramika tlenkowa	82
4.7.2. Ceramika azotkowa	84
4.7.3. Właściwości spieków ceramicznych i ich zastosowanie	85
4.8. Materiały supertwarde	88
4.8.1. Polikrystaliczny regularny azotek boru (PCBN)	90
4.8.2. Diament	92
5. Proces tworzenia wióra	96
5.1. Strefa tworzenia wióra	96
5.2. Geometria strefy tworzenia wióra	99
5.3. Narost	101
5.4. Wióry	103
5.4.1. Postaci wiórów	103
5.4.2. Klasyfikacja wiórów	106
5.5. Powierzchnia obrobiona	112
5.5.1. Struktura geometryczna powierzchni obrobionej	113
5.5.2. Warstwa wierzchnia	123
6. Siły skrawania	125
6.1. Siły w strefie skrawania	125
6.1.1. Rozkład sił skrawania	125
6.1.2. Uniwersalny wykres skrawalności, wzór fizyczny na siłę skrawania	129
6.1.3. Badanie oporów ścinania	132
6.1.4. Uproszczona zależność siły skrawania od grubości WS	137
6.2. Rola kąta ścinania i jego modelowanie	139
6.3. Inżynierskie określanie sił i mocy skrawania	142
6.3.1. Opór właściwy skrawania	142
6.3.2. Zależność sił skrawania od parametrów skrawania	145
6.3.3. Moc skrawania	146
6.4. Pomiary sił skrawania	149
7. Dynamika procesu skrawania	154
7.1. Typy drgań w obróbce skrawaniem	155
7.1.1. Drgania swobodne	155
7.1.2. Drgania wymuszone	157
7.1.3. Drgania samowzbudne	159
7.2. Przyczyny powstawania drgań samowzbudnych	160
7.2.1. Sprężenie przez przemieszczenie	161
7.2.2. Reprodukacja drgań	161
7.3. Dynamiczna charakterystyka procesu skrawania	163
7.3.1. Sztywność procesu skrawania	164
7.3.2. Tłumienie procesu skrawania	167
7.4. Analiza stabilności przy toczeniu dla układu o jednym stopniu swobody	168
7.4.1. Analiza stabilności bez tłumienia procesu skrawania	169
7.4.2. Wpływ tłumienia procesu skrawania na granicę stabilności	175
7.5. Charakterystyka dynamiczna rzeczywistego układu MDS	178
7.6. Analiza stabilności przy frezowaniu dla rzeczywistego układu MDS	183
7.7. Symulacja numeryczna drgań samowzbudnych	189
7.8. Metody przeciwdziałania drganiom samowzbudnym	196
7.8.1. Wpływ warunków skrawania na stabilność	196

7.8.2. Poszukiwanie stabilnych prędkości obrotowych	199
7.8.3. Zakłócanie reprodukcji drgań samowzbudnych	204
7.8.4. Metody podwyższenia stabilności przy wytaczaniu	208
7.9. Drgania samowzbudne przy szlifowaniu	210
8. Ciepło w procesie skrawania, metody chłodzenia	213
8.1. Bilans cieplny w strefie skrawania	213
8.2. Temperatura w strefie skrawania, wpływ parametrów skrawania na temperaturę	215
8.3. Metody pomiaru temperatury skrawania	217
8.4. Ciecze obróbkowe, chłodzenie zalewowe	220
8.5. Chłodzenie pod wysokim ciśnieniem	222
8.6. Ekologiczne metody chłodzenia	224
8.6.1. Obróbka na sucho i z minimalnym smarowaniem (MQL)	224
8.6.2. Chłodzenie kriogeniczne	236
9. Zużycie i trwałość ostrza	242
9.1. Zjawiska powodujące zużycie ostrza	242
9.2. Wskaźniki zużycia ostrza	250
9.3. Okres trwałości ostrza	253
9.4. Zależność okresu trwałości ostrza od parametrów skrawania	258
9.5. Trwałość ostrza przy zmiennych parametrach skrawania	264
9.6. Dobór parametrów skrawania	270
9.6.1. Trwałość największej wydajności	271
9.6.2. Ekonomiczna trwałość ostrza	272
10. Diagnostyka stanu narzędzia i procesu skrawania	276
10.1. Wprowadzenie do DNiPS	276
10.2. Wielkości fizyczne wykorzystywane w DNiPS	279
10.3. Czujniki stosowane w DNiPS	283
10.3.1. Czujniki siły i wielkości pochodnych	284
10.3.2. Czujniki emisji akustycznej	287
10.4. Przetwarzanie sygnałów w DNiPS	290
10.4.1. Wstępna obróbka sygnałów	291
10.4.2. Wyznaczanie miar sygnałów w dziedzinie czasu	296
10.4.3. Miary sygnałów w dziedzinie częstotliwości i czasu-częstotliwości	298
10.4.4. Selekcja miar sygnałów	301
10.5. Integracja miar, podejmowanie decyzji – diagnostyka naturalnego zużycia ostrza	309
10.5.1. Diagnostyka zużycia ostrza w oparciu o jedną miarę sygnału	309
10.5.2. Diagnostyka zużycia ostrza w oparciu o integrację miar sygnałów	313
10.6. Wykrywanie katastroficznego stopienia ostrza	327
11. Skrawalność	336
11.1. Kryteria i wskaźniki skrawności i skrawalności	336
11.2. Ogólna ocena skrawalności	337
11.3. Stale konstrukcyjne	338
11.4. Stale nierdzewne	341
11.5. Żeliwa	342
11.6. Metale nieżelazne	343
11.7. Badania skrawności i skrawalności w oparciu o trwałość ostrza	345
11.7.1. Wybór wskaźnika skrawalności (skrawności)	345
11.7.2. Plan badań	347

12. Obróbka materiałów stosowanych w przemyśle lotniczym	353
12.1. Współczesne materiały lotnicze	353
12.2. Obróbka kompozytów	356
12.3. Obróbka stopów tytanu	363
12.4. Obróbka stopów niklu	366
12.5. Zaawansowane techniki obróbki materiałów lotniczych	371
12.5.1. Obróbka materiałów lotniczych na sucho i z minimalnym smarowaniem (MQL)	372
12.5.2. Obróbka materiałów lotniczych z chłodzeniem pod wysokim ciśnieniem	373
12.5.3. Obróbka materiałów lotniczych z chłodzeniem kriogenicznym	376
12.5.4. Obróbka hybrydowa materiałów lotniczych	378
Literatura	384