

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA — 11

Rozdział 1 PODSTAWY FREZERSTWA — 13

1.1. Tolerancje i pasowania	13
1.2. Struktura geometryczna powierzchni	33
1.2.1. Chropowatość powierzchni	33
1.2.2. Falistość powierzchni	40
1.2.3. Tolerancje kształtu i położenia	41
1.3. Terminologia i oznaczenia w obróbce skrawaniem	43
1.3.1. Sposoby, rodzaje i odmiany obróbki skrawaniem	43
1.3.2. Kinematyka skrawania	46
1.3.3. Geometria części roboczej narzędzi skrawających	48
1.3.4. Elementy geometryczne warstwy skrawanej	54
1.4. Siły skrawania, moment obrotowy i moc przy frezowaniu	58
1.4.1. Rozkład sił skrawania	58
1.4.2. Obliczanie sił skrawania przy frezowaniu	59
1.4.3. Obliczanie momentu obrotowego i mocy przy frezowaniu	62
1.5. Materiały narzędziowe	62
1.5.1. Stale narzędziowe węglowe	62
1.5.2. Stale narzędziowe stopowe do pracy na zimno i na gorąco	63
1.5.3. Stale szybkotnące	66
1.5.4. Obróbka cieplno-chemiczna stali narzędziowych	68
1.5.5. Węglik spiekane	71
1.5.6. Cermetale	76
1.5.7. Spieki ceramiczne	77
1.5.8. Supertwarde materiały polikrystaliczne	79
1.6. Zużycie i trwałość ostrza	81
1.6.1. Rodzaje zużycia ostrza	81
1.6.2. Odmiany ciągłego (bezzostopniowego) zużycia ostrza	81
1.6.3. Odmiany skokowego zużycia ostrza	85
1.6.4. Wskaźniki zużycia ostrzy frezów	87

1.6.5. Kryteria dopuszczalnego zużycia ostrza	89
1.6.6. Dopuszczalne zużycie ostrzy frezów	90
1.6.7. Ogólne wytyczne ostrzenia narzędzi	92
1.6.8. Trwałość ostrza	93
1.6.9. Wpływ prędkości skrawania na trwałość ostrza	94
1.6.10. Chłodzenie i smarowanie ostrza	96
1.7. Charakterystyka procesu frezowania metali	98
1.7.1. Odmiany frezowania	98
1.7.2. Struktura geometryczna frezowanych powierzchni	102
1.7.3. Wydajność frezowania	104
1.7.4. Czas maszynowy frezowania	105
1.8. Dobór parametrów skrawania przy frezowaniu	106
1.8.1. Dobór parametrów skrawania przy frezowaniu zgrubnym	106
1.8.2. Dobór parametrów skrawania przy frezowaniu wykańczającym	114

Rozdział 2

FREZY — 117

2.1. Klasyfikacja frezów	117
2.2. Kształty ostrzy frezów	118
2.3. Frezy dzielone i zespolowe	120
2.4. Elementy geometryczne ostrzy frezów	121
2.5. Frezy składane z płytkami wieloostrowymi	128
2.6. Kontrola jakości frezów	133
2.7. Wymiary frezów	134

Rozdział 3

FREZARKI — 177

3.1. Klasyfikacja, przeznaczenie i wielkości frezarek	177
3.2. Elementy frezarek konwencjonalnych	193
3.3. Warunki odbioru frezarek	193
3.3.1. Sprawdzanie frezarki nie obciążonej	193
3.3.2. Badania dokładności geometrycznej	193
3.3.3. Badania pracy	210
3.4. Sterowanie i automatyzacja frezarek	210
3.4.1. Sterowanie dźwigniowe	210
3.4.2. Sterowanie preselekcyjne	211
3.4.3. Sterowanie automatyczne cyklu pracy	213
3.4.4. Sterowanie programowe	215
3.4.4.1. Sterowanie sekwencyjne (kolejnościowe)	216
3.4.4.2. Sterowanie numeryczne NC	217
3.4.4.3. Sterowanie komputerowe CNC	237
3.4.4.4. Sterowanie komputerowe DNC	242
3.4.4.5. Sterowanie logiczne PLC	242
3.4.5. Sterowanie adaptacyjne AC	243

Rozdział 4

WYPOSAŻENIE FREZAREK — 244

4.1. Uchwyty obróbkowe	244
4.1.1. Elementy do bezpośredniego mocowania przedmiotu na stole frezarki	244
4.1.2. Imadła maszynowe	254
4.1.2.1. Rodzaj i wymiary imadeł maszynowych znormalizowanych	254
4.1.2.2. Imadła maszynowe szybko mocujące mimośrodowe z jedną szczęką przesuwą	262
4.1.2.3. Imadła maszynowe szybko mocujące mimośrodowe z dwiema szczękami przesuwymi	263
4.1.2.4. Imadła maszynowe pneumatyczne tłokowe	264
4.1.2.5. Imadła maszynowe pneumatyczne membranowe	265
4.1.2.6. Imadła do wałków	268
4.1.2.7. Imadła diagonalne	268
4.1.3. Uchwyty składane	273
4.2. Frezarskie przyrządy obrabiarkowe	279
4.2.1. Stoły dwupozycyjne, obrotowe, pochylne	279
4.2.1.1. Stoły dwupozycyjne	279
4.2.1.2. Stoły obrotowe	281
4.2.1.3. Stoły pochylne	285
4.2.2. Przyrządy podziałowe	285
4.2.2.1. Przyrządy podziałowe z pionową osią obrotu	286
4.2.2.2. Przyrządy podziałowe z poziomą osią obrotu	287
4.2.3. Podzielnice	289
4.2.3.1. Podzielnice zwykłe	289
4.2.3.2. Podzielnica uniwersalna tarczowa	291
4.2.3.3. Podzielnica uniwersalna beztarczowa	314
4.2.3.4. Podzielnica uniwersalna dwutarczowa	318
4.3. Uchwyty (oprawki) do mocowania frezów	326
4.3.1. Chwyty i gniazda stożkowe	326
4.3.2. Trzpienie frezarskie długie	326
4.3.3. Trzpienie frezarskie krótkie i wydłużone	326
4.3.4. Oprawki zaciskowe z mocowaniem bocznym i bezpośrednie	368
4.3.5. Tuleje redukcyjne	368
4.4. Głowice przystawne	390
4.4.1. Głowica przystawna obrotowa	390
4.4.2. Głowica przystawna uniwersalna	392
4.4.3. Głowica przystawna dwuwrzecionowa pozioma	394
4.4.4. Głowica przystawna dwuwrzecionowa pionowa	396
4.4.5. Głowica przystawna do szlifowania na frezarce poziomej	396
4.4.6. Głowica przystawna do szlifowania na frezarkach	396
4.5. Skrzynki mechanicznego posuwu głowicy wrzecionowej	397

Rozdział 5

PRACE NA FREZARKACH OGÓLNEGO PRZEZNACZENIA
I FREZARKO-KOPIARKACH — 399

5.1. Frezowanie płaszczyzn i nadlewów	399
5.1.1. Frezowanie obwodowe płaszczyzn	399

5.1.1.1. Wybór freza walcowego	399
5.1.1.2. Zamocowanie freza walcowego	401
5.1.1.3. Ustawienie freza walcowego	402
5.1.1.4. Dobór warunków skrawania przy frezowaniu obwodowym	402
5.1.2. Frezowanie czołowe płaszczyzn	402
5.1.2.1. Wybór freza walcowo-czołowego lub czołowego	402
5.1.2.2. Zamocowanie freza walcowo-czołowego i czołowego	407
5.1.2.3. Ustawienie freza walcowo-czołowego i czołowego	407
5.1.2.4. Dobór warunków skrawania przy frezowaniu czołowym	409
5.1.3. Frezowanie nadlewów	409
5.2. Frezowanie czopów i łbów śrub	412
5.2.1. Zależności wymiarowe przekrojów kwadratowych i sześciobocznych	412
5.2.1.1. Przekroje kwadratowe	412
5.2.1.2. Przekroje sześcioboczne	412
5.2.2. Przebieg frezowania czopów w wałkach	413
5.2.3. Frezowanie łbów śrub	415
5.3. Frezowanie rowków	417
5.3.1. Frezowanie rowków i kanałków o przekroju prostokątnym	417
5.3.1.1. Dobór freza tarczowego	417
5.3.1.2. Zamocowanie frezów tarczowych i koła zamachowe	418
5.3.1.3. Frezowanie rowków o przekroju prostokątnym frezami tarczowymi ..	421
5.3.1.4. Dobór warunków skrawania przy frezowaniu rowków frezami tarczowymi	424
5.3.1.5. Frezowanie rowków o przekroju prostokątnym frezami trzpieniowymi	424
5.3.1.6. Dobór warunków skrawania przy frezowaniu rowków frezami trzpieniowymi	428
5.3.2. Frezowanie rowków na wpusty	428
5.3.3. Frezowanie rowków na wpusty czółenkowe (Woodruffa)	430
5.3.4. Frezowanie rowków teowych	431
5.3.5. Frezowanie rowków trapezowych	431
5.3.6. Frezowanie pryzm i przecinanie	432
5.3.7. Frezowanie sprzęgieł kłowych i wieloząbkowych	434
5.3.7.1. Frezowanie sprzęgieł kłowych z zębami prostymi	434
5.3.7.2. Frezowanie sprzęgieł kłowych z zębami trapezowymi	436
5.3.7.3. Frezowanie sprzęgieł wieloząbkowych	436
5.3.8. Frezowanie rowków śrubowych	437
5.3.8.1. Frezowanie rowków śrubowych z zastosowaniem uniwersalnej podzielnicy tarczowej	439
5.3.8.2. Frezowanie rowków śrubowych z zastosowaniem uniwersalnej podzielnicy beztarczowej typu Reineckera	444
5.4. Frezowanie rowków wiórowych w narzędziach wielostrzowych	465
5.4.1. Frezowanie rowków wiórowych w frezach walcowych	465
5.4.1.1. Frezowanie rowków wiórowych we frezach walcowych z ostrzami prostymi	465
5.4.1.2. Frezowanie rowków wiórowych we frezach walcowych z ostrzami śrubowymi	470
5.4.2. Frezowanie rowków wiórowych we frezach walcowo-czołowych	470
5.4.3. Frezowanie rowków wiórowych we frezach tarczowych	471
5.4.4. Frezowanie rowków wiórowych we frezach kątowych	473
5.4.5. Frezowanie rowków wiórowych w rozwiertakach	479
5.4.5.1. Frezowanie rowków wiórowych w rozwiertakach do otworów walcowych	479
5.4.5.2. Frezowanie rowków wiórowych w rozwiertakach do otworów stożkowych	486

5.5. Frezowanie krzywek (o zarysie spirali Archimedesesa)	487
5.5.1. Frezowanie krzywek z zastosowaniem uniwersalnej podzielnicy tarczowej	490
5.5.2. Frezowanie krzywek z zastosowaniem uniwersalnej podzielnicy beztarczowej	501
5.6. Frezowanie powierzchni kształtowych	501
5.6.1. Frezowanie swobodne powierzchni kształtowych	501
5.6.2. Frezowanie profilowe powierzchni kształtowych	501
5.6.2.1. Frezowanie frezem kształtowym	501
5.6.2.2. Frezowanie zespołem frezów	502
5.6.3. Frezowanie kopiowe powierzchni kształtowych	502
5.6.3.1. Frezowanie kopiowe na frezarkach ogólnego przeznaczenia z odwzorowaniem mechanicznym	503
5.6.3.2. Frezowanie kopiowe na frezarko-kopiarkach	506
5.6.3.3. Urządzenie kopiujące	513
5.7. Frezowanie kół zębatach walcowych metodą kształtową	513
5.7.1. Wielkości charakterystyczne koła zębatego walcowego	513
5.7.2. Frezowanie kół zębatach walcowych z zębami prostymi	518
5.7.3. Frezowanie kół zębatach walcowych z zębami śrubowymi	520
5.7.4. Sprawdzanie obrobionego koła zębatego	522
5.8. Frezowanie zębatek	524
5.8.1. Frezowanie zębatego z zastosowaniem podzielnicy specjalnej	525
5.8.2. Frezowanie zębatego z zastosowaniem uniwersalnej podzielnicy tarczowej	526
5.8.3. Frezowanie zębatego z zastosowaniem uniwersalnej podzielnicy beztarczowej	529
5.9. Frezowanie ślimaków	530
5.9.1. Frezowanie ślimaków z zastosowaniem uniwersalnej podzielnicy tarczowej	531
5.9.2. Frezowanie ślimaków z zastosowaniem uniwersalnej podzielnicy beztarczowej	531
5.10. Frezowanie ślimacznicy	532
5.11. Frezowanie wałków wielowypustowych	534

Rozdział 6

PRACE NA FREZARKACH SPECJALNYCH — 538

6.1. Frezowanie gwintów krótkich	538
6.1.1. Budowa frezarki do gwintów krótkich	539
6.1.2. Ustawienie frezarki	541
6.2. Frezowanie gwintów długich i ślimaków	549
6.2.1. Budowa frezarki do gwintów długich	549
6.2.2. Budowa uniwersalnej frezarki do gwintów długich	552
6.2.3. Ustawienie uniwersalnej frezarki do gwintów długich przy frezowaniu gwintów i ślimaków	556
6.3. Frezowanie obwiedniowe wałków wielowypustowych na frezarce uniwersalnej do gwintów długich	558

Rozdział 7

TECHNOLOGIA, ORGANIZACJA I BEZPIECZEŃSTWO PRACY FREZERA — 561

7.1. Technologiczny proces obróbki przedmiotów na frezarkach	561
7.1.1. Pojęcie procesu produkcyjnego i technologicznego	561
7.1.2. Części składowe procesu technologicznego	561

7.1.3. Dokumentacja procesu technologicznego	563
7.1.4. Techniczne normowanie czasu obróbki	563
7.1.5. Kontrola jakości	564
7.1.6. System zapewnienia jakości	565
7.1.7. Certyfikacja	567
7.2. Organizacja pracy frezera	568
7.2.1. Organizacja stanowiska roboczego	568
7.2.2. Sposoby zwiększenia wydajności pracy frezera	569
7.3. Bezpieczeństwo i higiena pracy frezera	570
7.3.1. Ogólne uwagi o bezpieczeństwie i higienie pracy na wydziale mechanicznym ..	570
7.3.2. Wskazówki praktyczne – jak uniknąć nieszczęśliwych wypadków przy pracy na frezarkach	571

Rozdział 8

TABLICE MATEMATYCZNE — 572

8.1. Trygonometria	572
8.1.1. Funkcje trygonometryczne	572
8.1.2. Określanie wartości funkcji trygonometrycznych na podstawie tablic	577
8.2. Liczby pierwsze	577
8.2.1. Pojęcie liczby pierwszej	577
8.2.2. Rozkład liczb na czynniki pierwsze	578

LITERATURA — 585

SKOROWIDZ — 586