



Spis treści

Od autorów	9
Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów	11
Rozdział 1	
Ogólna charakterystyka procesów kształtowania materiałów	19
1.1. Klasyfikacja procesów obróbki ubytkowej	19
1.2. Klasyfikacja procesów obróbki przyrostowej	21
1.3. Klasyfikacja i zasady tworzenia hybrydowych procesów obróbki	26
1.4. Rola hybrydowych procesów obróbki w strategii zrównoważonego wytwarzania i wytwarzania 4.0	33
1.5. Obszary zastosowań hybrydowych procesów obróbki w różnych gałęziach przemysłu	36
1.6. Zastosowanie procesów hybrydowych w mikro- i nanoo obróbce	42
1.7. Przyszłościowa wizja obróbki materiałów	46
Bibliografia do rozdziału pierwszego	49
Rozdział 2	
Fizyczne aspekty procesu obróbki ubytkowej	53
2.1. Zjawiska fizyczne w strefie obróbki konwencjonalnej i niekonwencjonalnej	53
2.1.1. Obróbka skrawaniem	54
2.1.2. Obróbka ścierna	56
2.1.3. Obróbka elektroerozyjna	60
2.1.4. Obróbka elektrochemiczna	63
2.1.5. Obróbka strugą wodną i wodno-ścierną	65
2.1.6. Obróbka wiązką lasera	66
2.1.7. Obróbka strumieniem jonów i elektronów	69
2.2. Charakterystyka mechanicznego oddziaływania na materiał obrabiany	72
2.3. Charakterystyka termicznego oddziaływania na materiał obrabiany	75
2.4. Kształtowanie warstwy wierzchniej materiału obrabianego	76
2.5. Możliwości kontrolowania właściwości użytkowych wyrobów przez kształtowanie hybrydowe	78
Bibliografia do rozdziału drugiego	80
Rozdział 3	
Modelowanie hybrydowych procesów obróbki	83
3.1. Klasyfikacja modeli procesów obróbki konwencjonalnej i niekonwencjonalnej ..	83
3.1.1. Modele obróbki wiórowej i ściernej	83

3.1.2. Modele obróbki EDM	85
3.1.3. Modele obróbki ECM	88
3.1.4. Modele obróbki LBM	91
3.1.4. Modele obróbki WJM	94
3.2. Konstytutywne modele materiałowe	96
3.3. Techniki oceny właściwości materiału w warunkach złożonych oddziaływań fizycznych	97
3.4. Techniki modelowania	98
3.4.1. Modelowanie analityczne	99
3.4.2. Modelowanie numeryczne	100
3.4.3. Modelowanie z zastosowaniem technik AI	101
Bibliografia do rozdziału trzeciego	102

Rozdział 4

Wspomaganie procesu obróbki skrawaniem i ściernej energią drgań

4.1. Klasyfikacja metod obróbki wspomaganých energią drgań	105
4.2. Efekty fizyczne i technologiczne	107
4.3. Obróbka z nałożeniem drgań o niskiej częstotliwości (VAM)	109
4.4. Obróbka z nałożeniem drgań ultradźwiękowych (UAM)	110
4.4.1. Toczenie, wiercenie i frezowanie	110
4.4.2. Szlifowanie i polerowanie	117
4.5. Przemysłowe zastosowania obróbki wspomaganęj energią drgań	121
Bibliografia do rozdziału czwartego	123

Rozdział 5

Wspomaganie procesu obróbki skrawaniem i ściernej mediami technologicznymi

5.1. Klasyfikacja metod obróbki wspomaganęj mediami ciekłymi i gazowymi (MAM) ..	125
5.2. Efekty fizyczne, tribologiczne i technologiczne	127
5.3. Obróbka wspomaganą mediami ciekłymi	128
5.4. Obróbka wspomaganą mediami gazowymi	133
5.4.1. Obróbka kriogeniczna ubytkowa	133
5.4.2. Obróbka kriogeniczna nagniataniem	139
5.5. Przemysłowe zastosowania obróbki wspomaganęj mediami ciekłymi i gazowymi ..	141
Bibliografia do rozdziału piątego	145

Rozdział 6

Wspomaganie termiczne procesu obróbki skrawaniem i ściernej

6.1. Klasyfikacja metod obróbki TAM	149
6.2. Efekty fizyczne i technologiczne	151
6.3. Obróbka wspomaganą laserem (LAM)	152
6.4. Obróbka wspomaganą plazmą (PAM)	159
6.5. Przemysłowe zastosowania obróbki wspomaganęj termicznie	161
Bibliografia do rozdziału szóstego	164

Rozdział 7

Hybrydyzacja obróbki na bazie kontrolowania różnych mechanizmów procesu (synergii procesów składowych)

7.1. Klasyfikacja metod obróbki	167
7.2. Synergetyczne efekty fizyczne i technologiczne	168

7.3. Łączenie różnych sposobów skrawania	169
7.3.1. Frezotoczenie	169
7.3.2. Toczenie-przeciąganie	171
7.4. Łączenie kształtowania ubytkowego i plastycznego (sekwencyjne skrawanie i nagniatanie)	172
7.5. Utwardzenie przez szlifowanie	174
7.6. Przemysłowe zastosowania obróbki wspomaganej synergetycznie	176
Bibliografia do rozdziału siódmego	178

Rozdział 8

Hybrydyzacja obróbki elektroerozyjnej	181
8.1. Klasyfikacja metod obróbki	181
8.2. Efekty fizyczne i technologiczne	183
8.3. Wspomaganie procesu EDM energią drgań	183
8.4. Wspomaganie procesu EDM laserem	187
8.5. Wspomaganie procesu EDM polem magnetycznym	188
8.6. Wspomaganie procesu EDM mediami ciekłymi	190
8.7. Szlifowanie EDM	195
Bibliografia do rozdziału ósmego	198

Rozdział 9

Hybrydyzacja obróbki elektrochemicznej	201
9.1. Klasyfikacja metod obróbki	201
9.2. Efekty fizyczne i technologiczne	202
9.3. Wspomaganie procesu ECM energią drgań (pulsacyjna obróbka ECM)	202
9.4. Wspomaganie procesu ECM laserem	206
9.5. Wspomaganie procesu ECM polem magnetycznym	210
9.6. Wspomaganie procesu ECM mediami gazowymi	212
9.7. Szlifowanie ECM	216
9.8. Wyglądanie elektrochemiczno-ścierne	219
9.9. Hybrydowe procesy elektrochemiczno-elektroerozyjne	221
Bibliografia do rozdziału dziewiątego	226

Rozdział 10

Hybrydowe procesy obróbki przyrostowej i ubytkowej	229
10.1. Techniki nanoszenia warstw w obróbce przyrostowej	230
10.2. Wieloosiowe platformy do obróbki hybrydowej	235
10.3. Programowanie wieloosiowej obróbki hybrydowej	241
10.4. Regeneracja części metodami obróbki hybrydowej	242
10.5. Kierunki rozwoju obróbki przyrostowo-ubytkowej	245
Bibliografia do rozdziału dziesiątego	246

Rozdział 11

Ekonomiczność i optymalizacja hybrydowych procesów obróbki	249
11.1. Wskaźniki i modele procesu	249
11.2. Kryteria i algorytmy optymalizacji doboru warunków obróbki	250
11.3. Podstawy optymalizacji	255
Bibliografia do rozdziału jedenastego	259

Rozdział 12

Technologiczna warstwa wierzchnia	261
12.1. Strukturalne modele budowy warstwy wierzchniej	261
12.2. Charakterystyka chropowatości powierzchni w różnych metodach obróbki hybrydowej	265
12.3. Fizyczne właściwości warstwy wierzchniej	268
12.3.1. Charakterystyka właściwości fizycznych warstwy wierzchniej	268
12.3.2. Naprężenia własne w warstwie wierzchniej	269
12.3.3. Umocnienie materiału warstwy wierzchniej	273
12.3.4. Zmiany struktury materiału i defekty powierzchniowe	275
Bibliografia do rozdziału dwunastego	276