

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 nanoobróbce	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.	Konstryktywne 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 ścierną energią drgań 105

4.1.	Klasyfikacja metod obróbki wspomaganych 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 wspomaganej energią drgań.	121
	Bibliografia do rozdziału czwartego.	123

Rozdział 5

Wspomaganie procesu obróbki skrawaniem i ścierną mediami

technologicznymi 125

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

Rozdział 6

Wspomaganie termiczne procesu obróbki skrawaniem i ścierną 149

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

Rozdział 7

Hybrydyzacja obróbki na bazie kontrolowania różnych mechanizmów

procesu (synergii procesów składowych) 167

7.1.	Klasyfikacja metod obróbki.	167
7.2.	Synergiczne 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. Wygładzanie 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