



Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie

Edward Pająk

OBRÓBKA UBYTKOWA

**Technologia obróbki wiórowej, ścierniej i erozyjnej
oraz systemów mikroelektromechanicznych**

Konin 2016

Tytuł
Obróbka ubytkowa
Technologia obróbki wiórowej, ścierniej i erozyjnej oraz systemów mikroelektromechanicznych

Autor
Edward Pająk

Recenzent
prof. zw. dr hab. inż. Leon Kukiełka

Rada Wydawnicza
prof. zw. dr hab. Mirosław Pawlak – przewodniczący,
dr Jakub Bielak – redaktor naczelny, prof. nadzw. dr hab. Jakub Bartoszewski,
dr inż. Robert Cieślak, prof. nadzw. dr hab. Maciej Tomczak,
prof. nadzw. dr hab. Ewa Waniek-Klimczak, dr Artur Zimny

Redakcja i korekta
Maria Sierakowska

Projekt okładki
Agnieszka Jankowska

Skład i łamanie
Piotr Bajak
Gabriela Michalak

Druk i oprawa
Sowa – Druk na Życzenie www.sowadruk.pl tel. 022 431-81-40

ISBN 978-83-65038-17-3

© Copyright by Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie



Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Koninie
ul. kard. S. Wyszyńskiego 3C, 62-510 Konin
tel. 63-249-72-08(09)
e-mail: wydawnictwo@konin.edu.pl

SPIS TREŚCI

CZĘŚĆ I

TECHNOLOGIA OBRÓBKİ UBYTKOWEJ ORAZ WYTWARZANIA MIKROSYSTEMÓW

1. WPROWADZENIE.....	9
2. KLASYFIKACJA TECHNIK WYTWARZANIA	16
3. POJĘCIA PODSTAWOWE Z ZAKRESU OBRÓBKİ SKRAWANIEM	24
4. OBRÓBKA SKRAWANIEM	31
4.1. MECHANIZM OBRÓBKİ SKRAWANIEM	31
4.2. SIŁY I MOC W PROCESIE SKRAWANIA	37
4.3. CIEPŁO W PROCESIE SKRAWANIA	41
4.4. DRGANIA W PROCESIE SKRAWANIA	45
4.5. NARZĘDZIA SKRAWAJĄCE	48
4.5.1. GEOMETRIA OSTRZA	48
4.5.2. MATERIAŁY NARZĘDZIOWE	52
4.5.3. ZUŻYCIE I TRWAŁOŚĆ OSTRZA NARZĘDZIA	61
5. OBRÓBKA ŚCIERNA	66
5.1. WPROWADZENIE	66
5.2. MATERIAŁY I NARZĘDZIA ŚCIERNE	69
5.3. PRZYGOTOWANIE NARZĘDZI ŚCIERNYCH DO EKSPLOATACJI	79
6. OBRÓBKA EROZYJNA	84
6.1. WPROWADZENIE	84
6.2. OBRÓBKA ELEKTROCHEMICZNA	85
6.3. OBRÓBKA ELEKTROEROZYJNA	94
6.4. OBRÓBKA STRUMIENIOWO-EROZYJNA	100
6.4.1. OBRÓBKA LASEROWA	101

6.4.2. OBRÓBKA ELEKTRONOWA.....	111
6.4.3. OBRÓBKA PLAZMOWA	114
6.4.4. OBRÓBKA STRUMIENIEM WODY	116
6.5. OBRÓBKA HYBRYDOWA	121
7. TECHNOLOGIE WYTWARZANIA MIKROELEMENTÓW I MIKROUKŁADÓW	128
7.1. WPROWADZENIE – INTERNET RZECZY	128
7.2. SYSTEMY MIKROELEKTROMECHANICZNE – MEMS	133
7.3. WYTWARZANIE SYSTEMÓW ELEKTROMECHANICZNYCH	136
7.3.1. TECHNOLOGIA WYTWARZANIA UKŁADÓW MIKROELEKTRONICZNYCH ..	140
7.3.1.1. Technologia wytwarzania płytek podłożowych	142
7.3.1.2. Proces epitaksji i maskowania	148
7.3.1.3. Litografia	151
7.3.1.4. Domieszkowanie i montaż układu	156
7.3.1.5. Organizacja pracy fabryki półprzewodników	159
7.3.2. TECHNOLOGIA WYTWARZANIA MIKROSYSTEMÓW	161
7.3.2.1. Mikroobróbka powierzchniowa (surface micromachining).....	163
7.3.2.2. Mikroobróbka objętościowa (bulk micromachining)	165
7.3.2.3. Procesy LIGA (lithographic galvanofarming abforming).....	170
7.3.2.4. Montaż mikrosystemów	172

CZĘŚĆ II

PODSTAWOWE TECHNIKI WYTWARZANIA

8. WPROWADZENIE.....	177
9. TOCZENIE.....	186
10. WYTACZANIE	204
11. FREZOWANIE.....	209
12. OBRÓBKA OTWORÓW – WIERCENIE, ROZWIERCANIE, POGŁĘBIANIE, GWINTOWANIE.....	223
13. INNE METODY OBRÓBKI SKRAWANIEM	248

13.1. STRUGANIE I DŁUTOWANIE	248
13.2. PRZECIĄGANIE I PRZEPYCHANIE	253
13.3. OBRÓBKA KÓŁ ZĘBATYCH	257
13.4. PRZECINANIE MATERIAŁÓW	265
14. SZLIFOWANIE	271
14.1. SZLIFOWANIE WAŁKÓW	271
14.2. SZLIFOWANIE OTWORÓW	275
14.3. SZLIFOWANIE PŁASZCZYZN	277
14.4. OBRÓBKA PRECYZYJNA (BARDZO DOKŁADNA)	280
14.4.1. GŁADZENIE (HONOWANIE)	280
14.4.2. DOGŁADZANIE OSCYLACYJNE (SUPERFINISH)	282
14.4.3. DOCIERANIE I POLEROWANIE	284
14.4.4. WYGŁADZANIE ROTACYJNE I WIBRACYJNE	286
15. OBRÓBKA RĘCZNA	288

CZĘŚĆ III

STEROWANIE NUMERYCZNE OBRABIAREK I URZĄDZEŃ

16. OBRABIARKI STEROWANE NUMERYCZNIE	295
17. BUDOWA PROGRAMU DLA OBRABIAREK STEROWANYCH NUMERYCZNIE	309
18. METODY PROGRAMOWANIA OBRABIAREK STEROWANYCH NUMERYCZNIE	316
19. SYSTEMY PRODUKCYJNE	321

SPIS LITERATURY	327
------------------------------	------------

SPIS TABEL	331
-------------------------	------------

SPIS RYSUNKÓW	333
----------------------------	------------