



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

MARIUSZ DEJA

WYBRANE PROBLEMY
SZLIFOWANIA
POWIERZCHNI PŁASKICH
Z KINEMATYKĄ DOCIERANIA

GDAŃSK 2013

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Janusz T. Cieśliński

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

Michał Szydłowski

REDAKTOR SERII

Marek Szkodo

RECENZENCI

Czesław Niżankowski

Jarosław Plichta

PROJEKT OKŁADKI

Jolanta Cieślawska

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
www.pg.gda.pl/wydawnictwo/oferta

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2013

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakiegokolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

ISBN 978-83-7348-509-9

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie I. Ark. wyd. 14,9, ark. druku 14,0, 143/776

Druk i oprawa: *EXPOL* P. Rybiński, J. Dąbek, Sp. Jawna
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek, tel. 54 232 37 23

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	5
1. WPROWADZENIE	7
2. PROBLEMATYKA DOKŁADNEJ OBRÓBKI POWIERZCHNI PŁASKICH PRZY ZASTOSOWANIU METOD OBRÓBKI ŚCIERNEJ	10
2.1. Wybrane zagadnienia badawcze szlifowania.....	10
2.1.1. Szlifowanie płytek krzemowych	11
2.1.2. Szlifowanie dwustronne z kinematyką docierania	11
2.1.3. Szlifowanie jednostronne z kinematyką docierania	16
2.2. Zastosowanie ściernic o spoiwie galwanicznym	19
2.3. Wnioski	21
3. TEZY, CEL I ZAKRES PRACY	23
4. UKŁADY KINEMATYCZNE OBRABIAREK ZASTOSOWANYCH W BADANIACH SZLIFOWANIA POWIERZCHNI PŁASKICH.....	25
4.1. Analiza kinematyki szlifowania jednostronnego	25
4.2. Analiza kinematyki szlifowania dwustronnego	30
4.3. Prędkość i przyspieszenie szlifowania	31
4.4. Promień krzywizny śladów obróbkowych.....	33
4.5. Rozkład parametrów kinematycznych na czynnej powierzchni ściernicy	35
4.5.1. Wyniki badań symulacyjnych rozkładu parametrów kinematycznych w szlifowaniu jednostronnym	37
4.5.2. Wyniki badań symulacyjnych rozkładu parametrów kinematycznych w szlifowaniu dwustronnym	39
4.6. Analiza ruchu przedmiotu obrabianego na czynnej powierzchni ściernicy.....	40
4.6.1. Pomiar błędu kształtu ściernicy	40
4.6.2. Wyniki badań symulacyjnych i eksperymentalnych	42
4.7. Wnioski	47
5. SZLIFOWANIE JEDNOSTRONNE Z KINEMATYKĄ DOCIERANIA Z ZASTOSOWANIEM ŚCIERNIC O SPOIWIE GALWANICZNYM.....	48
5.1. Pomiary temperatury z zastosowaniem czujników termoelektrycznych	49
5.1.1. Pomiary temperatury przedmiotów szlifowanych.....	49
5.1.2. Pomiary temperatury ściernicy	51
5.1.3. Porównanie wyników pomiarów temperatury z wykorzystaniem czujników termoelektrycznych i kamery termowizyjnej	54
5.2. Ściernice ze ścierniwem diamentowym na spoiwie galwanicznym	56
5.2.1. Schemat badań i opis czynników.....	57
5.2.2. Obróbka tlenkowej ceramiki technicznej Al_2O_3	62
5.2.2.1. Badania rozpoznawcze z wyborem wartości czynników stałych do badań właściwych.....	62
5.2.2.2. Badania właściwe szlifowania ściernicami ze ścierniwem diamentowym (D107 i D64) na spoiwie galwanicznym o różnej wysokości.....	70
5.2.3. Obróbka węglików spiekanych G20	82
5.2.4. Wnioski	87
5.3. Ściernice ze ścierniwem z regularnego azotku boru na spoiwie galwanicznym	87
5.3.1. Schemat badań i opis czynników.....	88
5.3.2. Obróbka stali stopowej konstrukcyjnej – stal 40H.....	89

5.3.2.1. Badania rozpoznawcze z wyborem wartości czynników stałych do badań właściwych.....	90
5.3.2.2. Badania właściwe szlifowania ściernicami ze ścierniwem z regularnego azotku boru (B107 i B64) na spoiwie galwanicznym o różnej wysokości.....	95
5.3.3. Obróbka beztlenkowej ceramiki technicznej SSiC	105
5.3.4. Wnioski	112
5.4. Ocena stanu czynnej powierzchni ściernicy o spoiwie galwanicznym	113
5.4.1. Analiza sposobu rozmieszczenia ziaren ściernych na czynnej powierzchni ściernicy.....	115
5.4.2. Zużycie czynnej powierzchni ściernicy o spoiwie galwanicznym	119
5.5. Ocena procesu szlifowania	129
6. MODELOWANIE EFEKTÓW TECHNOLOGICZNYCH SZLIFOWANIA ŚCIERNICAMI O SPOIWIE GALWANICZNYM	135
6.1. Modele matematyczne dla obróbki ceramiki technicznej Al_2O_3	144
6.1.1. Wartości parametrów chropowatości i falistości powierzchni obrabianej.....	144
6.1.2. Ubytek liniowy materiału obrabianego	147
6.1.3. Temperatura szlifowania	150
6.2. Modele matematyczne dla obróbki stali 40H	156
6.2.1. Wartości parametrów chropowatości i falistości powierzchni obrabianej.....	156
6.2.2. Ubytek liniowy materiału obrabianego	158
6.2.3. Temperatura szlifowania	160
6.3. Wnioski	162
7. SZLIFOWANIE DWUSTRONNE Z KINEMATYKĄ DOCIERANIA.....	166
7.1. Schemat badań i opis czynników	166
7.2. Obróbka tlenkowej ceramiki technicznej Al_2O_3	168
7.2.1. Temperatura przedmiotu obrabianego i chłodziwa oraz wydajność szlifowania ...	170
7.2.2. Ocena procesu szlifowania	178
7.2.3. Analiza efektów technologicznych	184
7.3. Obróbka stali stopowej konstrukcyjnej – stal 40H	188
7.3.1. Temperatura przedmiotu obrabianego i chłodziwa oraz wydajność szlifowania ...	190
7.3.2. Ocena procesu szlifowania	201
7.3.3. Analiza efektów technologicznych	205
7.4. Wnioski	209
8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE	210
8.1. Wnioski poznawcze	210
8.2. Wskazówki do praktycznego zastosowania.....	212
8.3. Proponowane kierunki dalszych badań.....	213
BIBLIOGRAFIA.....	215
Streszczenie w języku polskim	221
Streszczenie w języku angielskim	222