

Maria Głowacka
Jerzy Łabanowski

INŻYNIERIA POWIERZCHNI WYBRANE ZAGADNIENIA

Elbląg 2014

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO WYDAWNICTWA PWSZ
W ELBLĄGU
dr hab. inż. Jerzy Łabanowski

RECENZENCI
prof. dr hab. inż. Jerzy Jeleńkowski
dr hab. inż. Janusz Ćwiek

Redakcja, korekta, skład, projekt okładki
Wydawnictwo Techniczno-Naukowe JAS
e-mail: jagoda.szczerkowska@gmail.com
Jadwiga Szczerkowska
Jerzy Paczyński

WYDANO ZA ZGODĄ REKTORA PWSZ W ELBLĄGU

© Copyright by PWSZ w Elblągu

ISBN 978-83-62336-38-8

Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Elblągu
82-300 Elbląg, ul. Wojska Polskiego 1, tel. 55 629 05 55
Wydanie I, nakład 200 egz., format B-5

SPIS TREŚCI

WSTĘP.....	5
1. PODSTAWY INŻYNIERII POWIERZCHNI	7
1.1. Pojęcia podstawowe	7
1.2. Metody wytwarzania warstw powierzchniowych i ich charakterystyka	9
1.2.1. Charakterystyka technologii nowej generacji.....	14
1.2.2. Materiały powłokowe i przygotowanie podłoża	18
1.3. Procesy niszczenia powierzchniowego	19
1.3.1. Procesy korozyjne	19
1.3.2. Zużycie wskutek tarcia.....	24
2. POWŁOKI ELEKTROLITYCZNE (GALWANICZNE)	33
2.1. Proces tworzenia powłok metodą elektrochemiczną.....	33
2.2. Rodzaje powłok i stawiane im wymagania	36
2.3. Czynniki wpływające na budowę powłok galwanicznych.....	37
2.4. Procesy technologiczne.....	40
2.4.1. Powłoki cynkowe	43
2.4.2. Powłoki chromowe.....	44
2.4.3. Powłoki nikłowe.....	47
2.4.4. Powłoki żelazne.....	48
2.4.5. Nanopowłoki	48
2.4.6. Powłoki stopowe	49
2.4.7. Powłoki kompozytowe	50
3. POWŁOKI ZANURZENIOWE (OGNIOWE).....	51
3.1. Powłoki cynowe.....	53
3.1.1. Cynowanie przedmiotów stalowych.....	53
3.2. Powłoki cynkowe.....	55
3.2.1. Cynkowanie przedmiotów stalowych.....	56
3.2.2. Cynkowanie blach metodą ciąglą.....	59
3.2.3. Powłoki cynkowe nakładane w kąpielach wieloskładnikowych	59
3.3. Powłoki aluminiowe	60
3.3.1. Aluminiowanie stopów żelaza sposobem nieciąglą.....	61
3.3.2. Powłoki aluminiowe nakładane w kąpielach wieloskładnikowych.....	63
4. POWŁOKI NATRYSKIWANE CIEPLNIE	65
4.1. Powłoki natryskiwane metodą płomieniową.....	69
4.1.1. Natryskiwanie płomieniowe poddźwiękowe.....	69
4.1.2. Natryskiwanie płomieniowe naddźwiękowe	73
4.2. Powłoki natryskiwane metodą elektryczną łukową	75
4.3. Powłoki natryskiwane metodą plazmową.....	76
4.4. Powłoki natryskiwane laserowo.....	78
4.5. Powłoki natryskiwane stopionym metalem.....	79
4.6. Aktualne kierunki rozwoju natryskiwania cieplnego.....	79
4.6.1. Metoda natryskiwania zimnym gazem (Cold Spraying)	79

4.6.2. Natryskiwanie łukowe z zamkniętym układem rozpylania	80
4.6.3. Powłoki nanokrystaliczne.....	81
4.6.4. Nowe materiały powłokowe.....	81
5. POWŁOKI NAPAWANE	83
5.1. Powłoki napawane gazowo.....	87
5.2. Powłoki napawane elektrycznie.....	90
5.2.1. Napawanie łukowe ręczne elektrodami otulonymi.....	90
5.2.2. Napawanie łukowe elektrodą nietopliwą w osłonie gazowej	91
5.2.3. Napawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonie gazowej (metoda MIG/MAG)	92
5.2.4. Powłoki napawane łukiem krytym	93
5.2.5. Napawanie elektrodozłowe.....	95
5.2.6. Napawanie plazmowe	96
5.3. Napawanie laserowe	97
6. POWŁOKI PLATEROWANE	100
6.1. Platerowanie wytwarzane metodą walcowania	101
6.1.1. Walcowanie na gorąco	101
6.1.2. Walcowanie na zimno	103
6.2. Platerowanie zgrzewane wybuchem.....	104
6.2.1. Ogólna charakterystyka połączeń zgrzewanych wybuchem	107
6.2.2. Przykłady połączeń zgrzewanych wybuchem	109
6.3. Inne metody platerowania	111
6.3.1. Lutowanie piecowe próżniowe.....	111
6.3.2. Platerowanie wytwarzane metodami odlewniczymi.....	112
6.3.3. Platerowanie wytwarzane metodą metalurgii proszków	114
7. WARSTWY POWIERZCHNIOWE DYFUZYJNE	116
7.1. Warstwy nawęglone.....	120
7.2. Warstwy azotowane	124
7.3. Warstwy borowane	128
7.4. Powłoki metalizowane dyfuzyjnie	130
8. METODY BADAŃ POWŁOK METALOWYCH I WARSTW WIERZCHNICH... ..	135
8.1. Badania wizualne	136
8.2. Grubość powłok i metody ich badania.....	136
8.2.1. Metody niszczące	136
8.2.2. Metody nieniszczące	138
8.3. Szczelność powłok.....	140
8.4. Przyczepność do podłoża.....	140
8.5. Właściwości fizyczne powłok.....	142
8.6. Odporność na korozję	146
LITERATURA.....	152