
Spis treści

Przedmowa	9
1. Obróbka powierzchniowa	11
1.1. Klasyfikacja obróbki powierzchniowej	12
1.2. Naprężenia własne	14
1.3. Przyczyny zniekształcenia wyrobów	14
1.4. Zmiana kształtu i wymiarów wyrobów hartowanych	15
1.5. Zalety podstawowych obróbek powierzchniowych stali	15
1.6. Koncepcja inżynierii powierzchni	15
1.7. Kryteria doboru metody wytwarzania warstwy wierzchniej	16
1.8. Ograniczenia projektowe	19
2. Tarcie, zużycie i smarowanie	20
2.1. Trybologia	20
2.2. Warstwa wierzchnia	23
2.3. Tarcie	25
2.4. Zużycie	28
2.4.1. Zużycie ściernie	29
2.4.2. Zużycie adhezyjne	32
2.4.3. Zużycie korozyjne	33
2.4.4. Zużycie zmęczeniowe	33
2.4.5. Zużycie erozyjne	35
2.4.6. Fretting	38
2.4.7. Zużycie wodorowe	39
2.5. Smarowanie	39
2.5.1. Zakresy smarowania	40
2.5.2. Środki smarne	42
2.5.3. Oleje smarne	42

2.5.4. Emulsje	43
2.5.5. Smary plastyczne	43
2.5.6. Smary stałe	44
3. Korozja	45
3.1. Korozja elektrochemiczna	46
3.1.1. Elementy ogniwa elektrochemicznego	46
3.1.2. Reakcje na anodzie	47
3.1.3. Reakcje na katodzie	47
3.1.4. Siła pędna korozji elektrochemicznej	49
3.1.5. Szereg galwaniczny	50
3.1.6. Pasywność metali	51
3.1.7. Polaryzacja	51
3.2. Korozja chemiczna	52
3.2.1. Siła pędna utleniania (energia utleniania)	52
3.2.2. Mechanizm wzrostu warstwy tlenku	53
3.2.3. Szybkość utleniania	55
3.2.4. Warstwy ochronne – tlenki ochronne	56
3.3. Rodzaje korozji elektrochemicznej (ogniwa korozyjne)	59
3.3.1. Korozyjne ogniwo galwaniczne	59
3.3.2. Korozyjne ogniwo stężeniowe	60
3.3.3. Korozyjne ogniwo naprężeniowe	61
3.3.4. Korozja międzykrystaliczna	62
3.3.5. Korozja wżerowa (pittingowa)	63
3.3.6. Korozja szczelinowa	63
3.3.7. Pękanie naprężeniowo-korozyjne	64
3.3.8. Korozjo-erozja	68
3.4. Metody zapobiegania korozji elektrochemicznej	68
3.4.1. Projektowanie	69
3.4.2. Dobór materiału i obróbki	70
3.4.3. Powłoki ochronne	71
3.4.4. Inhibitory	73
3.4.5. Ochrona katodowa	73
3.4.6. Pasywacja lub ochrona anodowa	74
4. Uszkodzenie wodorowe	75
4.1. Teorie uszkodzenia wodorowego	78
4.2. Kruchość wodorowa	79
4.2.1. Pękanie wspomagane wodorem	80
4.2.2. Zniszczenie opóźnione	82
4.2.3. Pękanie naprężeniowo-siarczkowe	83
4.2.4. Zmniejszenie ciągliwości (zmniejszenie wydłużenia i przewężenia)	83
4.3. Tworzenie się pęcherzy wodorowych i pęknięć schodkowych	84
4.3.1. Mechanizm pękania wodorowego	84

4.3.2. Stale stosowane w środowisku gazów kwaśnych	86
4.4. Pękanie spowodowane wydzielaniem się wodoru w stali	87
4.4.1. Płatki	88
4.4.2. Rybie oczy	89
4.5. Atak wodorowy	89
4.6. Zapobieganie uszkodzeniu wodorowemu	90
5. Obróbka bez zmiany składu chemicznego	92
5.1. Hartowanie powierzchniowe	91
5.1.1. Stale do hartowania powierzchniowego	93
5.1.2. Mikrostruktura	95
5.1.3. Grubość warstwy zahartowanej	97
5.1.4. Zmiana wymiarów	97
5.1.5. Zalety hartowania powierzchniowego	97
5.1.6. Hartowanie indukcyjne	98
5.1.7. Hartowanie płomieniowe	99
5.2. Obróbka powierzchniowa laserem	101
5.3. Hartowanie wiązką elektronów	102
5.4. Procesy odkształceniowe	103
6. Obróbka cieplno-chemiczna	105
6.1. Nawęglanie	106
6.1.1. Nawęglanie w ośrodku stałym	113
6.1.2. Nawęglanie w cieczy	115
6.1.3. Nawęglanie gazowe	115
6.1.4. Nawęglanie próżniowe	119
6.1.5. Nawęglanie plazmowe	122
6.1.6. Nawęglanie w złożu fluidalnym	126
6.1.7. Obróbka cieplna po nawęglaniu	127
6.1.8. Mikrostruktura stali nawęglonej	128
6.2. Azotonawęglanie	131
6.2.1. Azotonawęglanie w cieczy	135
6.2.2. Azotonawęglanie gazowe	135
6.3. Azotowanie	136
6.3.1. Tworzenie warstwy wierzchniej i jej mikrostruktura	137
6.3.2. Różnice między warstwami po azotowaniu i nawęglaniu	139
6.3.3. Stale do azotowania	139
6.3.4. Azotowanie w cieczach	142
6.3.5. Azotowanie gazowe	143
6.3.6. Azotowanie plazmowe	145
6.4. Węgloazotowanie	149
6.4.1. Węgloazotowanie w cieczy	149
6.4.2. Węgloazotowanie gazowe	151
6.4.3. Węgloazotowanie plazmowe	151

6.5. Borowanie	152
6.6. Metalizowanie dyfuzyjne	156
7. Powłoki	160
7.1. Powłoki galwaniczne	160
7.1.1. Powłoki elektrolityczne	160
7.1.2. Powłoki chemiczne	164
7.1.3. Powłoki konwersyjne	166
7.2. Osadzanie z fazy gazowej chemiczne (CVD) i fizyczne (PVD)	170
7.2.1. Osadzanie chemiczne z fazy gazowej	170
7.2.2. Osadzanie fizyczne z fazy gazowej	173
7.2.3. Naparowanie cieplne	174
7.2.4. Rozpylanie	175
7.2.5. Napyłanie	177
7.2.6. Implantacja jonów	179
7.3. Powłoki napawane	180
7.4. Natryskiwanie cieplne	184
7.4.1. Procesy natryskiwania cieplnego	187
7.4.2. Natryskiwanie z dużą prędkością	189
7.4.3. Charakterystyka powłok	190
7.4.4. Materiały natryskiwane	191
7.5. Powłoki platerowane	192
7.6. Metaliczne powłoki antykorozyjne nanoszone w sposób ciągły	193
7.6.1. Powlekanie ogniowe	194
7.6.2. Powłoki elektrolityczne	199
7.6.3. Odporność na korozję	200
7.6.4. Powłoki Sn	200
7.7. Powłoki malarskie	201
7.7.1. Wyroby lakierowe	201
7.7.2. Rodzaje wyrobów lakierowych (farb)	203
7.7.3. Wyroby lakierowe ze względu na rodzaj substancji błonotwórczej	205
7.7.4. Dobór farby	208
7.7.5. Malowanie	209
7.7.6. Powłoki organiczne nanoszone w sposób ciągły na wyroby stalowe ..	212
7.8. Powłoki z emalii porcelanowej	214
Literatura	217
Pojęcia i ich definicje	220
Skorowidz	243