

Spis treści

Wprowadzenie	7
1. Zjawiska na powierzchni ciała stałego	9
1.1. Wprowadzenie	9
1.2. Energia powierzchniowa	10
1.3. Adsorpcja	12
1.4. Dyfuzja	17
1.5. Adhezja ciał stałych	18
1.6. Adhezja przy tarcie	21
1.7. Ważniejsze hipotezy szepiania metali	25
1.7.1. Hipoteza warstewkowa	25
1.7.2. Hipoteza wiązań metalicznych	26
1.7.3. Hipoteza dyfuzyjna	26
1.7.4. Hipoteza wzajemnej rozpuszczalności w stanie stałym	28
1.7.5. Hipoteza energetyczna	29
2. Warstwa wierzchnia	31
2.1. Wprowadzenie	31
2.2. Wybrane zagadnienia kształtowania technologicznej warstwy wierzchniej	31
2.3. Warstwa wierzchnia w ujęciu horyzontalnym – charakterystyka topografii powierzchni	36
2.4. Warstwa wierzchnia w ujęciu wertykalnym	45
2.5. Styk trących się powierzchni	46
3. Tarcie	50
3.1. Klasyfikacja tarcia.....	50
3.2. Tarcie ślizgowe suche i jego teorie (hipotezy)	55
3.2.1. Teorie mechaniczne	55
3.2.2. Teorie molekularne	62
3.2.3. Teoria mechaniczno-molekularna	67
3.3. Tarcie toczne	70
3.4. Tarcie w glebie	79
3.5. Tarcie na poziomie atomowym	80

4. Zużywanie	83
4.1. Wprowadzenie	83
4.2. Miary zużycia	84
4.3. Przebiegi procesu zużywania par tarcia	87
4.4. Klasyfikacja zużywania	95
4.5. Zużywanie ściernie (ścieranie)	98
4.5.1. Elementarne procesy zużywania ściernego	99
4.5.2. Podział zużywania ściernego	101
4.5.2.1. Ścieranie przez ziarna umocowane	103
4.5.2.2. Ścieranie przez cząstki ściernie występujące między trącymi się elementami	111
4.5.2.3. Ścieranie w masie ścierniej	119
4.6. Zużywanie tribochemiczne	126
4.7. Zużywanie wodorowe	128
4.8. Zużywanie adhezyjne	132
4.9. Zacieranie adhezyjne.....	134
4.10. Fretting	142
4.10.1. Mechanizm frettingu	144
4.10.2. Ważniejsze czynniki wpływające na fretting.....	147
4.10.3. Występowanie frettingu	156
4.11. Zużywanie zmęczeniowe	159
4.11.1. Charakterystyka zużywania zmęczeniowego	159
4.11.2. Wpływ wybranych czynników na zużywanie zmęczeniowe	166
4.11.3. Inne rodzaje zużywania zmęczeniowego	174
4.12. Zużywanie polimerów	176
4.12.1. Zużywanie adhezyjne	178
4.12.2. Zacieranie adhezyjne	180
4.12.3. Zużywanie ściernie	181
4.12.4. Zużywanie zmęczeniowe.....	182
5. Szczególne przypadki tarcia i zużywania	184
5.1. Wpływ drgań na procesy tribologiczne	184
5.1.1. Zjawisko <i>stick-slip</i> – drgania spowodowane tarciem	184
5.1.2. Drgania wymuszone	186
5.2. Tarcie o lód i śnieg	187
5.3. Tarcie materiałów warstwowych	190
5.4. Tarcie i zużywanie w warunkach ekstremalnych	193

6. Hamulce – aspekty tribologiczne	199
6.1. Wymagania stawiane układom hamulcowym	199
6.2. Porównanie warunków pracy okładzin ciernych w hamulcach bębnowym i tarczowym	200
6.3. Ważniejsze zjawiska występujące w skojarzeniu materiał cierny–bieżnia hamulca	210
6.4. Wybrane uszkodzenia eksploatacyjne roboczych elementów hamulców	216
6.4.1. Uszkodzenia klocków hamulcowych	216
6.4.2. Uszkodzenia okładzin ciernych hamulców bębnowych	219
6.4.3. Wybrane uszkodzenia tarcz hamulcowych	220
6.5. Wymagania stawiane ciernym materiałom hamulcowym	224
6.5.1. Wymagania prawne	224
6.5.2. Wymagania producentów pojazdów	225
6.5.3. Ograniczenia ekologiczne	226
6.6. Kompozytowe materiały cierne	229
6.6.1. Rozwój materiałów ciernych	229
6.6.2. Skład materiałów ciernych	231
6.6.3. Wytwarzanie elementów ciernych	244
6.7. Metody badań materiałów i elementów ciernych	247
6.7.1. Badania laboratoryjne – wybrane metody	247
6.7.2. Badania na stanowisku bezwładnościowym	255
6.7.3. Badania drogowe	264
6.8. Projektowanie nowego materiału ciernego	264
6.8.1. Wymagania stawiane ciernym materiałom hamulcowym	264
6.8.2. Metody ustalania składu materiału ciernego	265
7. Smarowanie	268
7.1. Cele smarowania	268
7.2. Sposoby osiągania tarcia płynnego	269
7.2.1. Smarowanie hydro- i gazostatyczne	269
7.2.2. Smarowanie hydrodynamiczne (HD)	273
7.2.2.1. Rozwój teorii smarowania hydrodynamicznego	273
7.2.2.2. Podstawy teorii smarowania hydrodynamicznego	280
7.2.3. Smarowanie elastohydrodynamiczne (EHD)	287
7.3. Smarowanie graniczne	292
7.4. Smarowanie mikromechanizmów i twardych dysków	295
7.5. Granice skuteczności smarowania	296

8. Wstęp do metod kształtowania odporności na zużywanie i zacieranie adhezyjne	298
8.1. Kształtowanie odporności na zużywanie ściernie	298
8.2. Kształtowanie odporności na zużywanie tribochemiczne	300
8.3. Kształtowanie odporności na zużywanie wodorowe	300
8.4. Kształtowanie odporności na zużywanie i zacieranie adhezyjne na podstawie modelu kinetycznego	301
8.4.1. Postulaty dotyczące kształtowania warstwy wierzchniej	301
8.4.2. Efektywność przeciwwzatarciowa wybranych metod kształtowania warstwy wierzchniej elementów stalowych	303
8.5. Sposoby ograniczania frettingu	313
8.6. Kształtowanie odporności na zużywanie zmęczeniowe	316
Zakończenie	317
Literatura	318