

SPIS TREŚCI

	Strona
Przedmowa	7
Ważniejsze oznaczenia	9
1. Budowa łożysk	13
1.1. Podsystem wodzika (sworznia tłokowego)	13
1.2. Łożyska wału korbowego	15
1.2.1. Łożyska korbowe	15
1.2.2. Łożyska główne	16
1.2.3. Łożyska wzdlużne (oporowe)	17
1.3. Panwie łożyskowe	18
2. Obciążenie łożysk	25
2.1. Podsystem wodzika (sworznia tłokowego)	27
2.1.1. <i>Sanie wodzika – stopa wodzika</i>	27
2.1.2. Łożysko wodzika (sworznia tłokowego)	30
2.2. Łożyska wału korbowego	34
2.2.1. Łożysko korbowe	34
2.2.2. Łożysko główne	37
3. Smarowanie łożysk	41
3.1. Oleje smarujące silniki	41
3.1.1. <i>Podstawowe własności olejów</i>	41
3.2. Warunki pracy oleju w silniku spalinowym	44
3.2.1. <i>System smarowania łożysk</i>	45
3.2.2. <i>Przepływ oleju przez łożysko</i>	46
3.2.3. <i>Stan cieplny łożyska</i>	47
3.2.4. <i>Ciśnienie oleju smarującego</i>	49
3.3. Generowanie filmu olejowego w łożysku	50
3.3.1. <i>Nośność łożyska</i>	52
3.3.2. <i>Dynamicznie obciążone łożyska poprzeczne</i>	54

	Strona
3.3.3. Droga środka czopa w łożysku	54
3.3.4. Ciśnienie w filmie olejowym	59
4. Procesy destrukcyjne w łożyskach	64
4.1. Łożysko jako system tribologiczny	64
4.1.1. Oddziaływania elementów systemu tribologicznego	64
4.1.2. Własności elementów systemu	66
4.2. Warstwa wierzchnia elementów maszyn	69
4.2.1. Procesy zachodzące na powierzchni międzyfazowej.....	71
4.2.2. Procesy zachodzące w objętości materiału.....	73
4.3. Elementarne procesy niszczenia warstwy wierzchniej	74
4.4. Zużycie	75
4.4.1. Zużycie ściernie	77
4.4.2. Zużycie adhezyjne	79
4.4.3. Zużycie zmęczeniowe	81
4.4.4. Fretting	83
4.4.5. Zużycie kawitacyjne	85
4.4.6. Zużycie korozyjne (utlenianie)	87
4.5. Przebieg zużywania się powierzchni	89
4.5.1. Modele zużycia łożysk	91
5. Konstrukcyjne i eksploatacyjne uwarunkowania trwałości łożysk	93
5.1. Trwałość łożysk silników okrętowych	93
5.1.1. Kryteria pewności ruchowej łożysk	97
5.2. Parametry geometryczne łożysk	101
5.2.1. Wymiary łożysk – iloraz B/D	101
5.2.2. Luz łożyskowy	102
5.2.3. Gładkość powierzchni tarcia	106
5.2.4. Kanały i rowki smarne	107
5.2.5. Ukośne położenie czopa w łożysku	109
5.3. Parametry oleju smarującego	111
5.3.1. Starzenie się oleju	111
5.3.2. Ciśnienie oleju doprowadzanego do łożyska	115
5.3.3. Temperatura oleju na dopływie do łożyska	117
5.4. Parametry obciążenia	117
5.4.1. Obciążenie	117

	Strona
5.4.2. <i>Prędkość przemieszczeń powierzchni tarcia</i>	119
5.4.3. <i>Stany przejściowe (rozruch i zatrzymanie czopa w łożysku)</i>	121
5.5. <i>Montaż łożysk</i>	123
6. Uszkodzenia łożysk	125
6.1. <i>Nadmierne zużycie ściernie</i>	126
6.1.1. <i>Przeciążenie łożyska</i>	127
6.1.2. <i>Nieprawidłowości smarowania</i>	128
6.2. <i>Uszkodzenia zmęczeniowe</i>	131
6.3. <i>Korozja</i>	134
6.4. <i>Fretting</i>	135
6.4.1. <i>Fretting na powierzchniach styku w płaszczyźnie podziału panewek</i>	135
6.4.2. <i>Fretting na powierzchniach styku panwi i obudowy łożyska</i>	137
6.4.3. <i>Fretting na powierzchni ślizgowej panewki</i>	139
6.4.4. <i>Fretting w strefie pęknięcia zmęczeniowego</i>	141
6.4.5. <i>Fretting a trwałość łożysk</i>	143
6.5. <i>Kawitacja</i>	145
6.6. <i>Erozja</i>	148
6.7. <i>Zatarcia</i>	149
6.8. <i>Przykładowe uszkodzenia cienkościennych panwi łożyskowych</i>	152
6.8.1. <i>Nadmierny zacisk panwi w obudowie</i>	152
6.8.2. <i>Niedostateczny zacisk panwi w obudowie</i>	154
6.8.3. <i>Niewspółśrodkowe ustawienie połówek łożyska</i>	154
6.8.4. <i>Ustawienie występow ustalających</i>	155
6.8.5. <i>Obróbka otworu obudowy łożyska</i>	156
6.8.6. <i>Nierównoległość osi czopa i panwi</i>	156
6.8.7. <i>Śruby łożyskowe</i>	156
6.9. <i>Kryteria wymiany panwi łożyskowych</i>	157
7. Uszkodzenia wałów korbowych	160
7.1. <i>Pęknięcia i złamania wału korbowego</i>	160
7.2. <i>Przesunięcia ramion wykorbienia</i>	163
7.3. <i>Uszkodzenia czopów łożyskowych</i>	165
7.3.1. <i>Nadmierne zużycie czopów łożyskowych</i>	165
7.3.2. <i>Uszkodzenia zmęczeniowe warstwy wierzchniej</i>	170

	Strona
8. Diagnostyka i monitoring pracy łożysk	172
8.1. Wprowadzenie do diagnostyki technicznej	172
8.1.1. <i>Przedmiot i zadania diagnostyki</i>	172
8.1.2. <i>Stany techniczne silnika</i>	176
8.2. Monitorowanie procesu tarcia	178
8.2.1. <i>Minimalna grubość filmu olejowego w łożysku</i>	179
8.2.2. <i>Rodzaj tarcia</i>	180
8.2.3. <i>Stan cieplny łożyska</i>	183
8.2.4. <i>Stężenie par oleju w skrzyni korbowej</i>	186
8.3. Monitorowanie procesu zużycia	187
8.3.1. <i>Zmiany właściwości powierzchni tarcia</i>	187
8.3.2. <i>Właściwości tribologiczne oleju smarującego</i>	190
8.3.3. <i>Metody niemagnetyczne</i>	194
8.3.4. <i>Metody magnetyczne</i>	195
8.3.5. <i>Metody izotopowe</i>	199
Literatura	200
Załączniki	205
Załącznik 1. Obciążenia łożysk układu korbowo-tłokowego silnika okrętowego typu B	205
Załącznik 2. Uszkodzenia łożysk średnioobrotowych silników okrętowych typu C i D	221