

Doc. dr Ljiljana Radovanović
Prof. dr Živoslav Adamović
Doc. dr Eleonora Desnica
Dipl. inž. Ivan Palinkaš

TRIBOLOGIJA I PODMAZIVANJE MAŠINA

157

2013/2014

Biblioteka udžbenici

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“
Zrenjanin, 2014. god.

Doc. dr Ljiljana Radovanović, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
Prof. dr Živoslav Adamović, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
Doc. dr Eleonora Desnica, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
Dipl. inž. Ivan Palinkaš, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

TRIBOLOGIJA I PODMAZIVANJE MAŠINA

Izdavač: Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu

Recezeni: 1. Prof. dr Slobodan Stojadinović
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
2. Prof. dr Dragiša Tolmač
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

Računarska obrada: Dipl. inž. Ivan Palinkaš

Lektor i korektor: Dipl. inž. Ivan Palinkaš

Tiraž: 160

Štampa: „Diginet“, Zrenjanin

Format: B5

Na sednici Naučno – nastavnog veća Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin“ iz Zrenjanina, održanoj 26.03.2014., doneta je odluka da se udžbenik TRIBOLOGIJA I PODMAZIVANJE MAŠINA štampa za potrebe studenata.

ISBN: 978-86-7672-148-1

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

621.89(075.8)

TRIBOLOGIJA i podmazivanje mašina / Ljiljana Radovanović
... [et al.]. - Zrenjanin : Tehnički fakultet "Mihajlo
Pupin", 2014 (Zrenjanin : Diginet). - 197 str. : ilustr. ;
24 cm. - (Biblioteka Udžbenici ; 157)

Tiraž 160. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7672-148-1

1. Радовановић, Љиљана [аутор]
а) Трибологија б) Мазива с) Машине - Подмазивање
COBISS.SR-ID 287795207

SADRŽAJ

PREDGOVOR

1. TRIBOLOGIJA.....	7
1.1. Osnovi tribologije (priroda i zakoni trenja čvrstih tela).....	7
1.2. Trošenje (habanje) površina delova tehničkog sistema	11
1.2.1. Atheziona trošenje.....	14
1.2.2. Abrzivno habanje.....	18
1.3. Modeli hrapavog kontakta površina i njihova primena	23
1.3.1. Analiza hrapavih površina	23
1.3.2. Statističko opisivanje kontaktnog međudejstva.....	24
1.3.3. Kontaktna – dodirna naprezanja.....	28
1.3.4. Tolerancije hrapavosti površina.....	31
1.3.5. Glavni faktori koji utiču na ograničenja u uspešnom radu ležišta ...	33
1.4. Trošenje (habanje) zuba pužnih zupčanika	37
1.5. Pužni prenosnik, materijali i mazivo	39
1.5.1. Kratak opis ispitivanja.....	40
2. TEORIJSKE OSNOVE PROCESA PODMAZIVANJA	45
2.1. Vrste podmazivanja.....	49
2.1.1. Hidrodinamičko podmazivanje.....	49
2.1.2. Hidrostatičko podmazivanje	56
2.1.3. Elastohidrodinamičko podmazivanje (EHDP)	57
2.1.4. Granično podmazivanje.....	59
2.2. Podmazivanje isticanjem kroz uzane otvore (procepe).....	60
2.2.1. Rejnoldsov broj	60
2.2.2. Podmazivanje isticanjem kroz prstenaste procepe	61
2.2.3. Podmazivanje isticanjem kroz žlebaste (pravougaoni) procep	62
2.3. Značaj pravilnog podmazivanja u pogonskoj praksi.....	63
3. MAZIVA	65
3.1. Maziva i njihova uloga u tehnici	65
3.2. Reologija maziva.....	66
3.3. Vrste i opšta klasifikacija maziva	67
3.4. Mazive masti (vrste i klasifikacija)	68
3.5. Reologija mazivih masti	68
3.6. Svojstva mazivih masti.....	69
3.7. Maziva ulja - mineralna ulja (ulja iz nafte) i njihove osobine.....	70
3.8. Osnovna (opšta) podela mazivih ulja.....	73
3.8.1. Mazivo za podmazivanje ležišta.....	74
3.8.2. Maziva i ulja za podmazivanje mehaničkih prenosnika – zupčanika i reduktora.....	85
3.8.3. Hidraulična maziva ulja (ulja za hidraulične sisteme).....	92
3.9. Ulja za pneumatske sisteme.....	99

3.10. Motorna ulja	100
3.10.1. Ulja za benzinske i dizel – motore	108
3.10.2. Motorna ulja za laka vozila.....	111
3.10.3. Ulja za poljoprivrednu mehanizaciju	113
3.10.4. Transmisiono – hidraulična ulja	114
3.10.5. Super univerzalna traktorska ulja	114
3.10.6. Ulja za hidraulične amortizere i kiper uređaje.....	116
4. PODMAZIVANJE STANDARDNIH DELOVA TEHNIČKOG SISTEMA	117
4.1. Osnovne karakteristike i podela kliznih ležajeva	117
4.2. Hidrostatičko i hidrodinamičko podmazivanje kliznih ležajeva....	118
4.3. Podmazivanje kliznih ležišta.....	119
4.3.1. Podmazivanje kliznih radijalnih ležišta	125
4.3.2. Podmazivanje kliznih aksijalnih ležišta	132
4.4. Ležišta sa hidrostatičkim podmazivanjem	135
4.4.1. Radijalna ležišta sa hidrostatičkim podmazivanjem	136
4.4.2. Aksijalna ležišta sa hidrostatičkim podmazivanjem	137
4.4.3. Radiaksijalna ležišta sa hidrostatičkim podmazivanjem.....	138
4.5. Ležišta podmazivana vazduhom	140
4.6. Gumena ležišta	140
4.6.1. Gumena radijalna ležišta.....	140
4.6.2. Gumena radiaksijalna ležišta	141
4.7. Podmazivanje čvrstim mazivima.....	142
4.8. Provera kliznih ležišta	144
4.9. Osnovne karakteristike i podela kotrljajnih ležajeva	147
4.10. Podmazivanje kotrljajnih ležaja	148
4.11. Podmazivanje zupčastih prenosnika – reduktora.....	152
4.12. Podmazivanje pužnih parova	160
4.13. Frikcioni mehanizmi.....	160
4.14. Podmazivanje lanaca	162
5. SISTEMI ZA PODMAZIVANJE	163
5.1. Klasifikacija uređaja i sistema za izvođenje postupaka podmazivanja	163
5.2. Uređaji za pojedinačno podmazivanje.....	165
5.3. Uređaji za centralno podmazivanje	171
5.3.1. Instalacije za podmazivanje	171
5.3.2. Hidrostatičko podmazivanje	172
5.3.3. Podmazivanje raspršivanjem	173
5.3.4. Kontinualni sistemi	174
5.3.5. Jednolinijski sistemi.....	174
5.3.6. Dvolinijski sistemi	175
5.3.7. Višelinijjski sistemi.....	175
5.3.8. Progresivni sistemi.....	175

5.4. Označavanje mazivih mesta podmazivanja na tehničkim sistemima	176
6. DIJAGNOSTIKA MAZIVA	177
6.1. Metode ispitivanja promena svojstava hidrauličnih ulja i sadržaja čvrstih čestica	177
6.2. Metode ispitivanja sadržaja čvrstih čestica u ulju	178
6.2.1. Ispitivanja sadržaja čvrstih čestica u ulju izdvajanjem u epruveti delovanjem centrifugalne sile	178
6.2.2. Ispitivanja sadržaja čvrstih čestica u ulju izdvajanjem magnetnom metodom - postupak ferografije	178
6.2.3. Ispitivanja sadržaja čvrstih čestica u ulju vaganjem	178
6.2.4. Ispitivanja sadržaja čvrstih čestica merenjem dielektričnih karakteristika ulja	179
6.2.5. Ispitivanja sadržaja brojanjem filtriranih čvrstih čestica	179
6.2.6. Ispitivanja sadržaja elektronskim brojanjem čvrstih čestica	179
6.2.7. Kriterijum za ocenu rezultata ispitivanja	180
6.2.8. Odluka o zameni uljnog punjenja	181
6.3. Predviđanje perioda upotrebljivosti za motore	181
7. REŠENI ZADACI	183
LITERATURA	196

PREDGOVOR

Ovaj udžbenik primenjen je za potrebe studenata studijskog programa Industrijsko inženjerstvo. Mogu ga koristiti studenti svih tehničkih fakulteta i visokih tehničkih škola strukovnih studija kao i naučno - istraživačke institucije.

Autori su u oblikovanju materije za ovu knjigu koristili dostupnu literaturu iz sveta i iz naše zemlje. Autori su posebno zahvalni recenzentima na ukazanim primedbama i sugestijama koje su doprinele da knjiga dobije adekvatan sadržaj.

U Zrenjaninu, 2014. godine

Autori