

SADRŽAJ

0.	ZUPČANI PRIJENOSNICI SNAGE	4
0.1.	Vrste i osobine prijenosnika snage	5
0.2.	Princip prenošenja snage	6
0.3.	Vrste zupčastih parova	7
0.4.	Osnovne veličine oblika zubaca zupčanika	8
0.5.	Vrste zupčanih parova	10
1.	OSNOVNE KARAKTERISTIKE ČEONIH ZUPČANIKA	12
1.1.	Geometrija ozubljenja	12
1.1.1.	Pravilo ozubljenja	12
1.1.2.	Konstrukcija linije zahvata protubok	16
1.1.3.	Dobivanje linije zahvata i podrez	17
1.1.4.	Mjere ozubljenja i greške zuba	18
1.1.5.	Oblici i tok ozubljenja	20
1.2.	Ozubljenje cikloidno i čepnih zupčanika	22
1.2.1.	Osobine i primjena	22
1.2.2.	Obilježja i izrada cikloidnog ozubljenja	24
1.2.3.	Promjer krugova kotrljanja δ	24
1.2.4.	Ozubljenje čepnog zupčanika i mjere	25
1.3.	Evolventno ozubljenje	28
1.3.1.	Primjena i osobine	28
1.3.2.	Obilježja evolventnog ozubljenja	28
1.3.3.	Odnosi evolvente i funkcije evolvente	30
1.3.4.	Podrez, najmanji broj zubi i stepen prekrivanja	31
1.3.5.	Profilno pomaknuto evolventno ozubljenje	36
1.4.	Vrste zupčanika	39
1.5.	Oštećenje zubi i moguća sprečavanja	40
1.6.	Povišenje nosivosti	43
1.7.	Buka prijenosa u radu	44
1.7.1.	Vrste buke, frekvencije i impuls	45
1.7.2.	Frekvencija i jačina zvuka	50
1.7.3.	Djelovanje različitih veličina, uticaja i mjera na jačinu zvuka	51
1.7.4.	Iskustva na većim pogonima	58
1.8.	Stepen djelovanja i snaga gubitka	59
1.8.1.	Proračun gubitaka snage zupčanika	60
1.8.2.	Proračun snage prskanja ulja	69

1.8.3.	Proračun snage gubitka ležaja	69
1.9.	Podmazivanje i hlađenje	69
1.9.1.	Podmazivanje i mazivo	69
1.9.2.	Vrste podmazivanja	70
1.9.3.	Izbor ulja	70
2.	OSNOVE ZA PRORAČUN ČEONIH ZUPČANIKA	72
2.1.	Vrste, konstrukcije i sigurnost podešenja proračuna	72
2.2.	Glavne mjere i vrijednosti opterećenja	73
2.3.	Dinamička dodatna sila i koeficijenti	74
2.4.	Raspodjela opterećenja uzduž širine zuba i koeficijent greške nošenja	80
2.5.	Opterećenje korijena zuba i sigurnost od loma	83
2.6.	Pritisak na bokove i sigurnost protiv starenja jamica	88
2.7.	Opterećenje habanja pritiska bokova i sigurnost od habanja	91
2.8.	Vrijednost čvrstoće zupčanika	92
2.9.	Koso ozubljenje	94
2.9.1.	Oznake i karakteristike	94
2.9.2.	Geometrijski odnosi	96
2.9.3.	Raspodjela opterećenje uzduž B linije i koeficijent C_β	98
2.9.4.	Mjerodavne tačke zahvata	101
2.9.5.	Napon korijena zuba σ i sigurnost loma S_B	103
2.9.6.	Pritisak boka i sigurnost jamica S_G	104
2.10.	Pomak profila	105
2.10.1.	Primjena i izbor	105
2.10.2.	Proračun pomaka profila	108
2.11.	Praktičan proračun čeonih zupčanika	112
2.11.1.	Utvrđivanje glavnih dimenzija	112
2.11.2.	Mjere za obračun nosivosti	113
2.11.3.	Mjere za izradu	114
2.11.4.	Dokaz nosivosti i životna dob za puno opterećenje	115
2.11.5.	Sile ležajeva	116
2.12.	Primjeri proračuna	117
2.13.	Tabele i dijagrami za proračun čeonih zupčanika	125
2.13.1.	Pregled tabela i dijagrama koje se koriste prilikom proračuna	125

2.13.2.	Oznake dimenzija	125
3.	KONUSNI ZUPČANICI (HIPERBOLNI ZUPČANICI)	137
3.1.	Vrste, osobine i primjena	137
3.2.	Geometrija i mjere konusnih zupčanika	138
3.2.1.	Sparivanje konusnih zupčanika	138
3.2.2.	Obilježeni konusni kutovi konusa	139
3.2.3.	Ozubljenje na konusnom zupčaniku i krunastom zupčaniku	141
3.2.4.	Tok linija bokova	142
3.2.5.	Profil zuba na konusnom zupčaniku i na krunastom zupčaniku	143
3.2.6.	Ozubljenje na površinskom konusu i njegovo odvijanje	145
3.2.7.	Mjere izrade ozubljenja konusnih zupčanika	146
3.2.8.	Ograničenja glave i korijena zuba	147
3.2.9.	Pomak profila	148
3.2.10.	Osjetljivost na greške konusnih zupčanika	149
3.3.	Dimenzioniranje nosivosti konusnih zupčanika	150
3.3.1.	Utvrđivanje mjera	150
3.3.2.	Zamjenski čeoni zupčanici	152
3.3.3.	Nosivost konusnih zupčanika	153
3.3.4.	Sile u ležajevima i konstrukcija	154
3.3.5.	Primjeri proračuna	155
3.4.	Smaknuti konusni zupčanici (konusno vijčani i hipoidni pogoni)	159
3.4.1.	Vrste izvedbi	159
3.4.2.	Geometrija i mjere smaknutih konusnih zupčanika	160
3.4.3.	Utvrđivanje mjera	165
3.4.4.	Dokaz nosivosti	165
3.4.5.	Sile u ležištima i konstrukcijama	166
4.	PUŽNI POGONI	169
4.1.	Osobina, primjena i radni podatci	169
4.1.1.	Osobine	169
4.1.2.	Primjena	170
4.2.	Vrste parova, oblik zuba i ponašanje u radu	170
4.2.1.	Oblik zuba cilindričnih puževa	170

4.2.2.	Tok linija dodira i ponašanje u radu	171
4.2.3.	Daljnje vrste parova	172
4.3.	Granice opterećenja i ponašanje u radu	173
4.4.	Konstrukcija i ležajevi, podmazivanje i montaža	177
4.4.2.	Ležišta vratila puža	177
4.4.3.	Ležajevi vratila zupčanika	178
4.4.4.	Zaštita ležajeva	179
4.4.5.	Puž	179
4.4.6.	Vijenac zubi	180
4.4.7.	Kućište	180
4.4.8.	Podmazivanje i izbor ulja	181
4.4.9.	Montaža i razrada	181
4.5.	Označavanje i geometrijski odnosi	182
4.5.1.	Označavanje i dimenzije	182
4.5.2.	Geometrijski odnosi	184
4.6.	Proračunavanje profila	186
4.6.1.	Profil alata iz aksijalnog profila A	187
4.6.2.	Profil normalnog presjeka N iz profila aksijalnog presjeka A	187
4.6.3.	Profil aksijalnog presjeka A iz profila alata W	188
4.6.4.	Profil normalnog presjeka N iz profila alata W	188
4.6.5.	Profil aksijalnog presjeka A iz profila normalnog presjeka N	188
4.6.6.	Profil alata W iz profila normalnog presjeka N	189
4.7.	Nalaženje linije dodira	189
4.8.	Utvrđivanje dimenzija	190
4.8.1.	Kada su dati a i i	191
4.8.2.	Kada je dat puž (d_{m1}, z_1, m) i i	192
4.8.3.	Kada su dati samo uslovi rada	192
4.8.4.	Utvrđivanje puževa za serije reduktora	193
4.8.5.	Kontrola sigurnosti bokova	193
4.9.	Kontrola na sigurnost temperature	195
4.9.1.	Kod konstantnog opterećenja i broja obrtaja	195
4.9.2.	Kod promjenljivog opterećenja i broja obrtaja	197
4.9.3.	Kod kratkovremenog rada	197
4.10.	Stepen djelovanja i snaga gubitka	197
4.10.1.	Opće vrijednosti	197
4.10.2.	Vrijednost para zubi	198

4.10.3. Vrijednost trenja zubi μ_z	200
4.10.4. Snaga praznog hoda N_o	201
4.10.5. Snaga gubitka N_p kroz opterećenje ležajeva	201
4.11. Kontrola vratila puža na sigurnost savijanja	202
4.12. Kontrola na sigurnost loma zuba	202
4.13. Opterećenje vratila i ležajevi	203
4.14. Primjer proračuna	205
5. CILINDRIČNI VIJČANI ZUPČANICI	207
5.1. Osobina i primjena	207
5.2. Geometrija vijčanih zupčanika	207
5.2.1. Oznake dimenzije	207
5.2.2. Dodir bokova i tok zahvata	208
5.2.3. Brzina klizanja v_f	210
5.2.4. Skup geometrijskih odnosa	211
5.3. Sile, snaga gubitka i stepen djelovanja ozubljenja	213
5.3.1. Sile zuba u tački valjanja	213
5.3.2. Snaga gubitka i stepen djelovanja	215
5.4. Pritisak na bokove	217
5.5. Praktično dimenzioniranje	220
5.5.1. Geometrijsko utvrđivanje	220
5.5.2. Utvrđivanje d_1 prema C vrijednosti	220
5.5.3. Utvrđivanje d_1 prema pritisku bokova	221
5.5.4. Granica opterećenja habanja i izbor ulja	221
5.6. Primjer proračuna	222
6. CIJEVNI VODOVI I ARMATURA	223
6.1. Cijevni vodovi	223
6.1.1. Osnovni pojmovi	223
6.2. Materijal cijevi	225
6.3. Proračun cijevi	228
6.3.1. Gubici u koljenim odvojcima, armaturi, ulaznim i izlaznim ograncima cjevovoda	231
6.4. Proračun debljine stjenke cijevi	233
6.4.1. Mirno opterećenje cijevi do temperature $+120^{\circ}\text{C}$	233
6.4.2. Promjenljivo opterećenje cijevi do temperature $+120^{\circ}\text{C}$	234

6.4.3.	Mirno opterećenje cijevi sa temperature +120°C do +600°C	234
6.5.	Spajanje cijevi	235
6.5.1.	Nerastavljivo spajanje cijevi	235
6.5.2.	Rastavljivo spajanje cijevi	237
6.5.3.	Provjeravanje čvrstoće prirubničkog spoja	241
6.5.3.1.	Sile koje djeluju na prirubnicu	241
6.5.3.2.	Provjera čvrstoće prirubnice	245
6.6.	Fazonski cijevni dijelovi	249
6.7.	Izravnavanje deformacija pri zagrijavanju cijevnih vodova	251
6.8.	Cijevne potpore	252
6.9.	Cijevna armatura	253
6.9.1.	Vrste i zadaci	253
6.9.2.	Ventili	254
6.9.2.1.	Proračun elemenata vratila, izračunavanje podizanja zaporne ploče	259
6.9.3.	Zasuni	263
6.9.4.	Priklopci	266
6.9.5.	Slavine	267
7.	LITERATURA	269