

Obsah

	PŘEDMLUVA	13
	UŽITÁ OZNAČENÍ	15
1	ZÁKLADY TEORIE OZUBENÍ	21
1.1	Prostorové ozubení	21
	Ozubené soukolí a poloha os jeho kol	21
	Záběr boků zubů	23
	Axoidní plochy soukolí	25
	Návrhové a roztečné plochy	26
	Úhly sklonu a záběru	31
	Obálkový princip vytváření ozubení	32
	Ozubení s bodovým dotykem	33
	Ozubení s křivkovým dotykem	33
	Soukolí s rovnoběžnými osami a křivkovým dotykem	34
	Čelní soukolí s evolventním ozubením	35
	Soukolí s různoběžnými osami a křivkovým dotykem	37
	Soukolí s mimoběžnými osami a křivkovým dotykem	39
1.2	Rovinné ozubení	41
	Vnější a vnitřní soukolí	41
	Záběr rovinného soukolí	42
	Vytváření sdružených profilů	44
	Rovinné evolventní ozubení	46
1.3	Skládání a rozkládání pohybů	47
	Rotace, translace a šroubový pohyb	48
	Skládání rotace a translace	49
	Skládání dvou rotací	50
	Skládání šroubového a posuvného pohybu	52
	Skládání dvou šroubových pohybů	52
1.4	Křivosti sdružených profilů a cyklických trochoid	54
	Křivost vypuklá a vydutá	54
	Křivosti sdružených profilů	54
	Křivosti cyklických trochoid	56
2	EVOLVENTNÍ OZUBENÉ KOLO	58
2.1	Evolventa a evolventní šroubová plocha	58
	Evolventa kružnice	58
	Geometrie evolventy	60
	Analytické vyjádření evolventy	62
	Vlastnosti evolventní šroubové plochy EŠP	64
	Způsoby vytváření EŠP	65
	Geometrie úhlů EŠP	67

	Vzdálenost dvou EŠP	68
	Křivost EŠP	70
2.2	Teoretické ozubení kola	70
	Rozteč a modul	71
	Základní hřeben a základní profil	72
	Nestandardní základní profil	74
	Záběr základního hřebene s kolem	75
	Náhradní (virtuální) ozubení	77
	Tloušťkové rozměry ozubení	77
	Výšky pat	80
	Hlavové rozměry, hlavová vůle a výšky zubů	83
	Spojitě korigované kolo a kotoučový nástroj	85
	Úhel sklonu zubů kola vyráběného obrážecím kotoučovým nožem	86
	Hřebenový nástroj s obecným výrobním profilem	87
2.3	Skutečné ozubení kola	88
	Druhy odchylek	88
	Modifikace a sražení hran ozubení	90
	Výšková modifikace	90
	Podélná modifikace	93
	Úchylky rozteče	95
	Úchylky profilu a sklonu zubů	97
	Úchylky při jednobokém a dvoubokém odvalu	98
	Úchylky tlouštěk zubů	100
2.4	Kontrolní rozměry ozubení	101
	Způsoby kontroly tlouštěk zubů	101
	Kontrolní rozměry přes jeden zub	102
	Kontrolní rozměr přes zuby	104
	Kontrolní rozměr přes kuličky a válečky	106
	Identifikace ozubení	110
2.5	Patní přechod	112
	Charakteristické body patního přechodu	113
	Tvar přechodové křivky a podřezání zubů	113
	Vytváření přechodové křivky	115
	Kritérium podřezání a souřadnice bodu podřezání E	116
	Určení přechodové křivky	118
	Hřebenový nástroj	118
	Patní přechod vytvářený hřebenovým nástrojem	120
	Patní přechod vytvářený obrážecím kotoučovým nástrojem	123
	Patní přechod vytvářený ševingovacím kotoučovým nástrojem	127
	Skutečná a jmenovitá přechodová křivka	129
2.6	Tvarový součinitel ohybové pevnosti	131
	Součinitel profilu a součinitel koncentrace napětí	131
	Nebezpečný průřez ozubení vytvářeného hřebenovým nástrojem	133
	Nebezpečný průřez ozubení vytvářeného kotoučovým nástrojem	135
3	ČELNÍ SOUKOLÍ	138
3.1	Geometrie čelního soukolí	138
	Klasifikace evolvntních čelních soukolí	138
	Podmínky pro správný záběr dvou kol	139
	Obecně korigované jednomodulové soukolí	141
	Mezní úhel záběru, mezní součet korekcí a mezní vzdálenost os	144
	Řešení obecně korigovaného jednomodulového soukolí	146

3.2	Záběrové poměry	146
	Záběr ozubení v čelní rovině	146
	Záběr ozubení v záběrové rovině	148
	Souřadnice bodů záběru v čelní rovině	149
	Součinitel záběru	155
	Délka dotyku jednoho páru zubů	156
	Celková délka dotyku l_g	158
	Sklon přímek dotyku v osové rovině	163
	Faktory ovlivňující záběrové poměry	163
	Záběrové poměry u reálného soukolí	166
3.3	Interference	169
	Definice a třídění interference	169
	Interference se spojitou přechodovou křivkou	171
	Interference s nespojitou přechodovou křivkou	173
	Interferenční seřiznutí hlav přechodovou křivkou nástroje	174
	Hlavová interference vnitřního ozubení	176
	Hlavová interference při vřezu nástroje s odvalem	177
	Hlavová interference při konstantní vzdálenosti os	180
	Výrobní hlavová interference	182
	Montážní hlavová interference	186
	Provozní hlavová interference při změně vzdálenosti os	187
	Poznámky k provozní hlavové interferenci	189
3.4	Volba korekcí	191
	Funkční požadavky na korekci	191
	Diagramy mezních korekcí	192
	Provozní požadavky a optimalizace korekce	194
	Vněpólové ozubení	195
	Soukolí s valivým bodem v úseku dvoupárového záběru	196
3.5	Licování čelních soukolí	197
	Funkční ukazatelé přesnosti	198
	Kinematická přesnost	198
	Plynulost chodu	199
	Dotyk zubů	200
	Boční vůle soukolí	202
	Normy bočních vůlí	204
	Vytvoření boční vůle	206
	Vliv úchylek na boční vůli	206
4	RYCHLOSTNÍ, SILOVÉ A ENERGETICKÉ POMĚRY ČELNÍHO SOUKOLÍ	209
4.1	Rychlostní a skluzové poměry	209
	Obvodová rychlost ozubení	209
	Rychlostní poměry v záběru	210
	Vzájemný pohyb zubů čelního soukolí	212
	Skluzové poměry	214
	Parametry valivě kluzného pohybu	217
4.2	Silové poměry	217
	Zatížení po šifce ozubení a délce dotyku	217
	Silové poměry vyjádřené osamělými silami	219
	Přidavná zatížení	223
4.3	Deformace a tuhost ozubení	225
	Deformace a tuhost jednoho páru přímých zubů	226
	Výsledná tuhost přímého ozubení	228

	Tuhost šikmého ozubení	230
	Jiné vyjádření tuhosti ozubení	232
	Závislost tuhosti na jiných faktorech	233
4.4	Rozdělení zatížení po délce dotyku	234
	Součinitele \bar{w}_p , K_α a K_β	235
	Rozdělení zatížení na jednotlivé páry přímého ozubení	237
	Rozdělení zatížení na jednotlivé páry šikmého ozubení	239
	Součinitel K_α podle různých metodik výpočtu	240
	Nepřesnost ozubení rozhodující při určení K_α	241
	Rozdělení zatížení po šířce	241
	Lineární model rozdělení zatížení po šířce	244
	Určení součinitele K_β podle ISO (1978)	245
	Úchylka dotyku f_{sh} způsobená deformací hřidelů a kol	246
	Úchylka dotyku f_{bc} způsobená deformací uložení	248
	Záběhové opotřebení	249
	Vliv některých faktorů na rozdělení zatížení po šířce	250
	Modifikace ozubení ke snížení nerovnoměrného zatížení	253
4.5	Vnitřní dynamika ozubení	255
	Úchyly rovnoměrnosti a přenosu pohybu	255
	Budící frekvence	258
	Ozubené soukolí jako kmitavý systém s jedním stupněm volnosti	260
	Řešení rovnice (4.145)	262
	Vlastnosti dynamické soustavy podle obr. 4.53	264
	Dynamické modely ozubeného soukolí s více stupni volnosti	265
	Přídavná dynamická zatížení zubů	267
	Součinitel vnitřních dynamických sil K_v	270
	Faktory ovlivňující dynamické vnitřní síly	272
	Výpočet součinitele K_v podle ISO (1978)	274
4.6	Tření a energetické poměry	275
	Sílové poměry v ozubení s uvažováním tření	275
	Součinitel valivě kluzného tření	278
	Ztráty v soukolí a v ozubení	281
	Ztráty zatížením v ozubení	283
5	ÚNOSNOST A ŽIVOTNOST OZUBENÍ	285
5.1	Materiál ozubených kol a mazivo	285
	Materiál a jeho tepelné zpracování	285
	Mazivo	287
	Způsob mazání	288
5.2	Poruchy ozubení	289
	Druhy poruch ozubení	289
	Opotřebení boků zubů	289
	Zadírání ozubení	290
	Únavové poškození boků zubů jamkami (pitting)	291
	Vylamování povrchové vrstvy	292
	Plastická deformace povrchu	293
	Ohybový lom	293
	Oblasti výskytu jednotlivých poruch	293
	Druhy výpočtů	294
5.3	Výpočet na ohyb	295
	Jmenovitá a maximální místní napětí	296
	Výpočet na ohyb podle metodik ISO	297

	Jmenovité napětí – rovinný model	299
	Jmenovité napětí – prostorový model	302
	Místní maximální napětí a součinitel koncentrace napětí	305
	Součinitel přípustných napětí	306
	Součinitel charakteru namáhání	307
5.4	Výpočet na dotyk	309
	Dotyková napětí dvou válců	309
	Výpočet na dotyk podle metodik ISO	311
	Dotyková napětí čelního ozubení	312
	Součinitel tvaru dotykového napětí	314
	Výpočtová délka dotyku	316
	Součinitel přípustných napětí	317
5.5	Přípustná napětí, únosnost a technický život	318
	Mezní napětí a úplné charakteristiky únavy	318
	Matematický model křivky únavy	318
	Přípustná napětí	320
	Určení křivky únavy kola	322
	Pravděpodobnost poruchy P a míra bezpečnosti S_{min}	323
	Příčiny rozptylu únavových charakteristik	326
	Výpočet únosnosti a života	328
5.6	Pevnostní výpočet při proměnlivém zatížení	329
	Zatížení a namáhání	329
	Režim zatížení a jeho spektrum	330
	Spektrum namáhání	334
	Lineární hypotéza kumulace poškozování	335
	Výpočet technického života při proměnlivém režimu zatížení	337
	Ekvivalentní počet cyklů a ekvivalentní zatížení či namáhání	339
	Změna smyslu rotace a momentu	341
	Život ozubení s více spoluzabírajícími koly	342
5.7	Zadírání ozubení	343
	Kritéria zadírání	343
	Teplotní kritérium zadírání	344
	Tloušťkové kritérium zadírání	348
	Vlivy na únosnost proti zadírání	349
6	NÁVRH A VÝPOČET ČELNÍHO SOUKOLÍ	351
6.1	Postup návrhu a výpočtu	351
6.2	Volba materiálů a mazání	353
	Volba materiálů a tepelného zpracování	353
	Volba maziva	355
6.3	Volba základních parametrů ozubení (form. I)	356
	Volba technologie výroby a nástrojů	364
	Hřebenový nástroj (form. II A)	365
	Kotoučový nástroj (form. II B)	367
6.4	Geometrický výpočet ozubení	369
	Postup a rozsah geometrického výpočtu	370
	Obecné poznámky ke geometrickému výpočtu	371
	Základní výpočet soukolí (form. III)	371
	Výpočet záběru vyráběné kolo – nástroj (form. IV)	373
	Výpočet výškových a tloušťkových rozměrů ozubení (form. V)	374
	Kontrola interference (form. VI)	374
	Určení průměru d^L (form. VII)	377

	Výpočet tvaru zubního profilu (obr. 6.11 až 6.13)	379
	Výpočet řetězce kol	381
6.5	Kvalitativní ukazatele	383
	Základní kvalitativní ukazatele (form. VIII)	383
	Výpočet tvarového součinitele Y_{Fa} (form. IX)	388
	Doplňkové kvalitativní ukazatele (form. X)	389
6.6	Silové, rychlostní a energetické poměry (form. XI)	396
6.7	Výpočet na ohyb a dotyk	401
	Výpočtová napětí (form. XII)	402
	Připustná napětí (form. XIII)	403
	Díličí životy (form. XIV)	408
	Celkový život (form. XV)	414
	Bezpečnost (form. XVI)	417
6.8	Výpočet na zadirání	417
6.9	Určení výrobních podkladů	421
	Volba stupně přesnosti	422
	Volba boční vůle	425
	Výpočet kontrolních rozměrů (form. XVIII až XX)	430
	Údaje o ozubení pro dilenský výkres	432
7	ŠROUBOVÉ EVOLVENTNÍ SOUKOLÍ	437
7.1	Záběr a korigování šroubového soukolí	437
	Šroubové soukolí s normální vzdáleností os	437
	Přehled způsobů korigování šroubového soukolí	442
	Korekce 1	442
	Korekce 2	445
	Korekce 3	446
	Součinitel záběru šroubového soukolí	448
	Srovnání a aplikace šroubových soukolí korigovaných různými způsoby	448
	Poznámky k návrhu šroubového soukolí	449
	Sdružení dvou kol ve šroubové soukolí	453
7.2	Účinnost šroubového soukolí	456
	LITERATURA	458