

Obsah

Seznam použitých značek	10
1. Vývoj a význam tvářecích strojů ve společenské výrobě (doc. Ing. B. Rudolf, CSc.)	11
1.1. Dějiny vývoje tvářecích strojů	11
1.2. Směry ve vývoji tvářecích strojů	12
1.3. Význam tvářecích strojů	15
1.3.1. Požadavky kladené na tvářecí stroje	15
1.3.2. Výkonnost	15
1.3.3. Jakost práce	16
1.4. Zásady pro konstrukci tvářecích strojů	17
2. Parametry a charakteristiky tvářecích strojů (doc. Ing. M. Kopecký, CSc.)	18
2.1. Základní pojmy, definice a třídění	18
2.1.1. Základní charakteristiky technologických tvářecích pochodů	22
2.1.1.1. Podmínky vzniku plastické deformace, přetvárná pevnost materiálů	22
2.1.1.2. Přetvárný (deformační) odpor	23
2.1.1.3. Poměrná rychlost tváření	24
2.1.1.4. Tvářecí síla, tvářecí charakteristika	25
2.1.1.5. Tvářecí práce, deformační účinnost	26
2.1.1.6. Tvářecí výkon	28
2.1.2. Základní technické parametry tvářecích strojů	28
2.1.2.1. Rozměrové parametry	29
2.1.2.2. Výkonové parametry a jejich využití	30
2.1.3. Akumulace energie	40
2.1.3.1. Přímý pohon	40
2.1.3.2. Nepřímý pohon	41
2.1.3.3. Stupeň využití energie setrvačnicku	42
2.1.3.4. Stupeň využití energie plynového akumulátoru	43
2.2. Přesnost práce tvářecích strojů	44
2.2.1. Přesnost prostorové dráhy nástroje	45
2.2.1.1. Geometrické úchyly stroje a nástroje	46
2.2.1.2. Radiální a axiální vůle	47
2.2.1.3. Pružné deformace a natočení	47
2.2.2. Technologické faktory	50
2.3. Tuhost tvářecích strojů	52
2.3.1. Základní definice, druhy tuhostí, poddajnost	52
2.3.2. Model pracovního prostoru, řazení pružin	53
2.3.3. Vliv tuhosti pracovního prostoru na charakteristiku hnací síly	55
2.3.4. Vliv tuhosti na životnost stroje	58
2.3.5. Vliv tuhosti na odpory proti smykovému a čepovému tření	59
2.3.6. Vliv tuhosti na přesnost rozměrů výrobků	59
2.3.7. Volba tvaru a materiálu součástí se zřetelem na maximální tuhost	62
2.3.7.1. Navrhování součástí namáhaných v ohybu	62
2.3.7.2. Navrhování součástí namáhaných v kroucení	65
2.3.8. Tuhost styků	67
2.3.9. Volba tuhosti pracovního prostoru	68
2.4. Přenos energie tvářecím strojem	70
2.4.1. Energetická bilance hlavního pracovního cyklu	71
2.4.2. Přenos energie při lisovním zdvihu	72
2.4.3. Přenos energie při rázu	74

3.	Základy výpočtu mechanických tvářecích strojů (doc. Ing. M. Kopecký, CSc.)	79
3.1.	Pohony	79
3.1.1.	Převodové systémy ozubených kol	80
3.1.2.	Mechanismy s přímočarým vratným pohybem	82
3.1.3.	Kinematika pohonů	84
3.1.3.1.	Kinematika klikových a výstředníkových mechanismů	84
3.1.3.2.	Kinematika kolenivých mechanismů	88
3.1.3.3.	Kinematika kliko-pákových a přídržovacích mechanismů	90
3.2.	Základy výpočtu klikových a výstředníkových lisů	94
3.2.1.	Síly a momenty	94
3.2.1.1.	Základní síla a hnačí moment	94
3.2.1.2.	Tvářečí síla a odporový moment	96
3.2.1.3.	Dynamické síly a momenty	101
3.2.1.4.	Hnačí a jmenovitý moment elektromotoru	103
3.2.2.	Odpory proti smykovému a čepovému tření	103
3.2.2.1.	Rameno třecího momentu	103
3.2.2.2.	Zaklínování klikového mechanismu	106
3.2.3.	Práce odporových sil a momentů	108
3.2.4.	Výkon elektromotoru a práce setrvačnicku	112
3.2.4.1.	Výkon elektromotoru	112
3.2.4.2.	Práce setrvačnicku a elektromotoru	115
3.2.4.3.	Vliv změny otáček na výkon elektromotoru a velikost setrvačnicku	117
3.2.5.	Regulace zdvihu dvojitým výstředníkem	118
3.2.5.1.	Geometrické poměry	119
3.2.5.2.	Regulace základní síly změnou zdvihu, přetíživost silou a momentem	123
3.2.5.3.	Výběr a tvorba regulačního rozsahu	124
3.2.6.	Parametry typizovaných výstředníkových a klikových lisů	127
3.2.7.	Přetížení při zaklínování	131
3.3.	Základy výpočtu vretenových lisů	136
4.	Základy výpočtu hydraulických tvářecích strojů (doc. Ing. B. Rudolf, CSc.)	141
4.1.	Mechanismy pohonu hydraulických tvářecích strojů	141
4.1.1.	Základní pojmy a třídění	141
4.1.2.	Výběr hlavních částí mechanismu	152
4.1.2.1.	Výběr hydromotoru	152
4.1.2.2.	Výběr zdroje tlakové energie	154
4.1.2.3.	Výběr regulátoru tlakové energie	155
4.1.2.4.	Syntéza jednoduchého hydraulického mechanismu	156
4.2.	Přenos tlakové energie	157
4.3.	Energetická bilance hydraulických tvářecích strojů	161
4.3.1.	Objemová deformace	161
4.3.2.	Energetická bilance přímého pohonu	170
4.3.3.	Energetická bilance nepřímého pohonu	173
4.4.	Výpočet základních parametrů hydraulických tvářecích strojů	176
4.4.1.	Základní technické parametry	176
4.4.2.	Výpočet přímého pohonu	178
4.4.3.	Výpočet nepřímého pohonu	183
4.5.	Dynamika hydraulických tvářecích strojů	188
4.5.1.	Pohybové rovnice	188
4.5.1.1.	Pohybové rovnice pohonu s přímým pohonem	190
4.5.1.2.	Pohybové rovnice pohonu s nepřímým pohonem	194
4.5.2.	Stanovení odporových sil	197
4.5.2.1.	Průběh třecího odporu	197
4.5.2.2.	Průběh tvářecí odporové síly	200
4.5.3.	Ráz v hydraulických tvářecích strojích	205
4.5.3.1.	Průběh tlakových kmitů v hydraulických lisech	205
4.5.3.2.	Řešení rázu při omezení zdvihu lisovacího pístu rozváděčem	210
4.5.3.3.	Řešení rázu při omezení zdvihu lisovacího pístu nárazkou	213
5.	Základy konstrukce mechanických tvářecích strojů (doc. Ing. M. Kopecký, CSc.)	217
5.1.	Výběr součástí mechanických lisů	217
5.1.1.	Ojnice	217
5.1.2.	Berany	218

5.1.3.	Spojky	221
5.1.4.	Brzdy	225
5.1.5.	Stojany	227
5.2.	Základní typy mechanických tvářecích strojů	234
5.2.1.	Výstředníkové lisy	235
5.2.1.1.	Jednostojanové lisy s příčným uspořádáním výstředníkového hřídele	235
5.2.1.2.	Dvoustojanové lisy s podélným uspořádáním výstředníkového hřídele	247
5.2.2.	Klikové lisy	249
5.2.2.1.	Jednobodové lisy	249
5.2.2.2.	Klikové lisy dvoubodové a čtyřbodové	252
5.2.2.3.	Lisy se spodním pohonem	257
5.2.2.4.	Klikové lisy tažné	260
5.2.2.5.	Děrovací lisy	261
5.2.2.6.	Ohraňovací lisy	265
5.2.3.	Výstředníkové kovačí lisy	266
5.2.4.	Kolenové lisy	270
5.2.5.	Vřetenové lisy	270
5.2.6.	Kovačí stroje	274
5.2.6.1.	Redukovačky	274
5.2.6.2.	Stroje pro přesné kování souměrných průřezů	275
5.2.7.	Tvářečí automaty	277
5.2.7.1.	Jednorázové pýchovací automaty	278
5.2.7.2.	Dvourázové a třírázové pýchovací automaty	278
5.2.7.3.	Postupové automaty	279
6.	Základy konstrukce hydraulických tvářecích strojů (doc. Ing. B. Rudolf, CSc.)	281
6.1.	Součásti hydraulických tvářecích strojů	281
6.1.1.	Klasifikace součástí hydraulických tvářecích strojů	281
6.1.2.	Generátory	284
6.1.2.1.	Zubové generátory	285
6.1.2.2.	Šroubové generátory	286
6.1.2.3.	Lamelové generátory	286
6.1.2.4.	Pístové generátory	287
6.1.2.5.	Regulace generátorů	288
6.1.3.	Hydromotory	290
6.1.3.1.	Klasifikace hydromotorů	290
6.1.3.2.	Válec hydromotoru	291
6.1.3.3.	Pístnice	293
6.1.4.	Akumulátory	293
6.1.5.	Ventily	298
6.1.5.1.	Ventily pro řízení tlaku kapaliny	299
6.1.5.2.	Ventily pro řízení směru toku kapaliny	300
6.1.5.3.	Ventily pro řízení proudu kapaliny	300
6.1.6.	Rozváděče	301
6.1.6.1.	Šoupátkové rozváděče	301
6.1.6.2.	Ventilové rozváděče	301
6.1.7.	Čističe kapaliny	302
6.1.8.	Chladiče	303
6.1.9.	Nádrže	304
6.1.10.	Multiplikátory	305
6.1.11.	Pracovní kapalina, těsnění a vedení	306
6.1.11.1.	Pracovní kapalina	306
6.1.11.2.	Těsnění	308
6.1.11.3.	Vedení	309
6.2.	Základní typy hydraulických tvářecích strojů	310
6.2.1.	Základní pojmy a rozdělení	310
6.2.2.	Kovačí lisy	311
6.2.3.	Tažné lisy	311
6.2.4.	Vytlačovací a protlačovací lisy	312
6.2.4.1.	Vytlačovací lisy	312
6.2.4.2.	Protlačovací lisy	314
6.2.5.	Dílenské lisy	315
6.2.6.	Razicí lisy	315
6.2.7.	Lisy na zpracování odpadu	316
6.2.7.1.	Lisy na zpracování kovového odpadu	316

6.2.7.2.	Lisy na zpracování papírového odpadu	317
6.2.8.	Lisy na tváření plastů	317
6.2.9.	Tlakové lisí stroje	317
7.	Přehled základních druhů bucharů (doc. Ing. M. Kopecký, CSc., doc. Ing. B. Rudolf, CSc.)	319
7.1.	Klasifikace a třídění	319
7.2.	Mechanické buchary	320
7.2.1.	Pružinové buchary	320
7.2.2.	Padaací buchary	320
7.2.3.	Protiúderové buchary	321
7.3.	Hydraulické a plynové buchary	321
7.4.	Zařízení pro tváření výbuchem a plynovými směsmi	322
7.5.	Zařízení pro tváření magnetickými rázy a elektrohydraulické tváření	323
8.	Základy konstrukce číslicově řízených tvářecích strojů a integrovaných výrobních úseků pro tváření (doc. Ing. B. Rudolf, CSc.)	325
8.1.	Úkoly automatizace tvářecích strojů a procesů	325
8.2.	Klasifikace číslicově řízených tvářecích strojů	327
8.2.1.	Úvod	327
8.2.2.	Požadavky na číslicově řízené tvářecí stroje a směry vývoje	328
8.2.3.	Klasifikace soustav číslicově řízených tvářecích strojů	332
8.2.3.1.	Všeobecná klasifikace	332
8.2.3.2.	Tvářecí stroje s adaptivním řízením	333
8.2.4.	Číslicově řízené tvářecí stroje pro plošné tváření	336
8.2.4.1.	Děrovačí revolverové lisy	336
8.2.4.2.	Ohraňovací lisy	349
8.2.4.3.	Ohýbací lisy	351
8.2.4.4.	Nůžky	351
8.2.5.	Číslicově řízené tvářecí stroje pro objemové tváření	353
8.2.6.	Číslicově řízené tvářecí stroje podle přenosu energie	358
8.2.6.1.	Vstříkovací lisy řízené počítačem	358
8.3.	Základní uzly tvářecích strojů s číslicovým řízením	370
8.3.1.	Rozbor uzlů	370
8.3.2.	Stojany	370
8.3.3.	Hlavní pohon	371
8.3.4.	Výměna nástrojů	371
8.3.5.	Servopohony	372
8.3.5.1.	Elektrohydraulické pohony	372
8.3.5.2.	Krokové servopohony	373
8.3.5.3.	Elektrické servopohony	373
8.3.5.4.	Číslicové servomechanismy	374
8.3.6.	Řídicí systémy	374
8.4.	Integrované výrobní úseky pro tváření	374
8.4.1.	Integrace výrobního úseku v oblasti tváření	374
8.4.2.	Integrovaný výrobní úsek pro výrobu součástí z plechu tvářením	378
8.4.2.1.	Integrovaný výrobní úsek pro výrobu součástí z plechu tvaru rovinné plochy s jednoduchými tvarovými prvky	379
8.4.2.2.	Integrovaný výrobní úsek pro výrobu rozměrných součástí z plechu tvaru prostorové plochy přímkové	380
8.4.2.3.	Integrovaný výrobní úsek pro výrobu drobných součástí z plechu tvaru prostorové plochy duté	382
8.4.2.4.	Integrovaný výrobní úsek pro výrobu součástí středních rozměrů z plechu tvaru prostorové plochy duté	383
8.4.2.5.	Integrovaný výrobní úsek pro výrobu součástí z plechu malých rozměrů bez ohledu na tvarový druh s jednoduchými tvarovými prvky	385
8.4.2.6.	Příklady československých integrovaných úseků pro tváření plechů	387
9.	Ovládací ústrojí tvářecích strojů (doc. Ing. B. Rudolf, CSc.)	392
9.1.	Požadavky na ovládací ústrojí	392
9.2.	Třídění ovládačů	393
9.3.	Provedení ovládacích ústrojí	393
10.	Zkoušení a bezpečnost práce na tvářecích strojích (doc. Ing. M. Kopecký, CSc.)	395
10.1.	Zkoušení, přejímací podmínky	395

10.1.1.	Měření statických deformací	395
10.1.2.	Měření dynamických deformací pracovního prostoru	398
10.2.	Bezpečnost práce na tvářecích strojích	401
10.2.1.	Základní definice	401
10.2.2.	Zásady bezpečnosti práce	401
10.2.3.	Ochranná zařízení	402
	Doporučená a použitá literatura	405