

OBSAH

PŘEDMLUVA	9
OZNAČENÍ ZÁKLADNÍCH VELIČIN	11
1 ● ÚVOD	15
1.1. Historické poznámky a současné tendence ve tváření	15
1.2. Rozdělení tvářecích procesů	17
1.3. Metody řešení v teorii tváření	18
2 ● MECHANICKÉ VLASTNOSTI KOVŮ	21
2.1. Základní typy a podstata deformací	21
Deformace pružná	22
Deformace plastická	22
2.2. Pracovní diagram statický a izotermický	25
Zkouška tahová	25
Zkouška tlaková	30
Aproximace statického pracovního diagramu	34
2.3. Vliv teploty na pracovní diagram	42
2.4. Vliv času na pracovní diagram	47
Modul pružnosti	47
Mez kluzu	48
2.5. Matematický popis deformací závislých na čase	51
2.6. Vliv rychlosti deformace na kritickou teplotu	62
2.7. Kritická rychlost rázu	63
Dynamické rovnice pro tenké tyče	63
Kármánovo řešení pro plastické deformace	65
Zhodnocení kritické rychlosti rázu	68
2.8. Tepelné vlastnosti	72
Vnitřní energie	72
Měrné teplo	73
Součinitel sdílení	74

2.9.	Dynamická stlačitelnost	75
2.10.	Součinitel vnějšího tření	76
3 ●	ZÁKLADNÍ VZTAHY TEORIE PLASTICITY	81
3.1.	Tenzor a deviátor napětí, deformace a rychlosti deformace	81
	Tenzor a deviátor napětí	81
	Tenzor a deviátor deformace	83
	Tenzor a deviátor rychlosti deformace	84
3.2.	Rovnice dynamické rovnováhy	86
3.3.	Rovnice fyzikální	86
	Vztah mezi tenzorem napětí a rychlostí deformace	86
	Základní rovnice plastické deformace	87
	Funkce plasticity při neizotermických deformacích	89
3.4.	Rovnice tepelné	90
3.5.	Případy staticky určité	92
3.6.	Rovnice plastického toku ve válcových souřadnicích	93
4 ●	DYNAMICKÉ NEIZOTERMICKÉ PĚCHOVÁNÍ	95
4.1.	Význam pýchování a základní problémy	95
4.2.	Statické neizotermické pýchování	97
	Rovnice neizotermického pýchování	97
	Numerické výpočty pro $\dot{\epsilon} = \text{konst}$	100
	Adiabatické pýchování	103
4.3.	Pýchování s uvažováním vnitřní setrvačnosti	105
	Vzorek válcový plný	105
	Vzorek hranolový, volné tečení	115
	Těleso hranolové, tok rovinný	122
	Vzorek válcový dutý, pýchování na trnu a v zápustce	128
	Vzorek válcový dutý, pýchování volné	135
4.4.	Ověření teorie dynamického pýchování	136
	Rovnice pýchování volným razníkem	137
	Program pro řešení dynamického pýchování	139
	Numerické výpočty a experimentální výsledky pro Cu	142
	Určení rychlostního exponentu	148
4.5.	Přibližné řešení rázového pýchování	154
	Pýchování jako plastický ráz	155
	Výpočet pomocí středního přetvárného odporu	157
4.6.	Dynamika pýchování na strojích	159
	Padací buchary s pevnou šabotou	159
	Padací buchary s pohyblivou šabotou	163
	Stroje protiběžné	165
	Stroje na opakované rázy	166

Mechanické lisy	168
Zkušební stroj pro $\dot{\epsilon} = \text{konst}$	170
4.7. Vliv pružnosti soustav	172
Pružnost tvářeného materiálu	172
Vliv pružnosti podpory a kovadla	173
Vliv pružnosti stojanu lisu	174
4.8. Pěchování při nerovnoměrném toku materiálu	180
Pěchování těles se třením	180
Pěchování v zápustkách	181
4.9. Vliv délky pěchovaného materiálu	182
Vliv šíření plastické deformace	182
Stabilita vzorku	189
5 ● DYNAMICKÉ DOPŘEDNÉ PROTlačOVÁNÍ	190
5.1. Přehled statického dopředného protlačování	190
Redukční část složené průtlačnice	191
Zásobník složené průtlačnice	194
Zpřesněné řešení stavu napjatosti v redukční části složené průtlačnice	197
5.2. Vztahy pro redukční část průtlačnice při dynamickém dopředném protlačování	203
Diferenciální rovnice dynamické rovnováhy	203
Rychlost deformace v kónické redukční části průtlačnice	204
Diferenciální rovnice pro σ_{e0} s uvážením faktorů tváření	206
5.3. Integrace diferenciální rovnice dynamické rovnováhy v případě izotermického děje	208
5.4. Integrace diferenciální rovnice dynamické rovnováhy v případě neizotermického děje	213
5.5. Řešení s uvažováním tření v zásobníku	232
5.6. Dopředné protlačování rázem	235
Pohybové rovnice	236
Řešení pohybu razníku v případě izotermickém bez tření v zásobníku	237
Napětí v průřezu „redukční část – očko“	239
Řešení v případě izotermickém se třením v zásobníku	242
Řešení v případě adiabatickém bez tření v zásobníku	244
5.7. Dynamické dopředné protlačování podle A. Shutta a T. W. Turnera	248
5.8. Ověření teorie dynamického dopředného protlačování	258
6 ● PLASTICKÝ TOK MATERIÁLU PŘI DOPŘEDNÉM A ZPĚTNÉM DYNAMICKÉM PROTlačOVÁNÍ	271
7 ● EXPERIMENTÁLNÍ METODY PŘI DYNAMICKÉM TVÁŘENÍ	277
7.1. Měřicí metody a přístroje pro sledování dynamických tvářecích procesů	278
Elektrické měřicí metody a přístroje	279
Snímače	280
Zařízení měřicí	280
Zařízení registrační	281
Měřicí souprava „univerzální indikátor DISA“	282

7.2. Měření dráhy	285
7.3. Měření rychlosti	291
7.4. Měření tvářecí síly	293
7.5. Měření oteplení tvářeného materiálu	299
7.6. Uspořádání pokusů a výsledky	301
LITERATURA	309