

OBSAH

1	ÚVOD (J. ELFMARK)	13
1.1	Základní fyzikální a technické veličiny	14
1.1.1	Jednotky v mechanice tuhých a poddajných těles	14
1.1.2	Jednotky v tepelné technice	14
1.1.3	Důležité fyzikální veličiny	14
2	TEORETICKÉ ZÁKLADY TVÁŘENÍ (J. ELFMARK)	17
2.1	Napětí při plastické deformaci	17
2.1.1	Základní pojmy	17
2.1.2	Stavy napjatosti	18
2.1.3	Invariantnost stavu napjatosti	21
2.1.4	Tenzor napětí	22
2.1.5	Invarianty deviátoru napětí	22
2.2	Deformace	23
2.2.1	Základní pojmy	23
2.2.2	Zákon o zachování objemu	24
2.2.3	Plošná deformace	25
2.2.4	Prostorová deformace	26
2.2.5	Tenzor a deviátor deformace	27
2.2.6	Invarianty deviátoru deformace	27
2.2.7	Oktaedrický skluz	29
2.2.8	Skutečné (logaritmické) deformace	29
2.3	Deformační rychlost	29
2.3.1	Základní pojmy	29
2.3.2	Tenzor a deviátor rychlosti deformace	30
2.4	Podmínky plastičnosti	31
2.4.1	Základní pojmy	31
2.4.2	Hypotéza stálosti maximálního smykového napětí	31
2.4.3	Hypotéza stálosti intenzity smykových napětí	32
2.5	Porovnatelné podmínky stavu napjatosti a deformace	32
2.5.1	Porovnatelná intenzita napětí	33
2.5.2	Porovnatelná intenzita deformace	33
2.5.3	Porovnatelná intenzita rychlosti deformace	33
2.6	Charakteristiky stavu napjatosti a stavu deformace	34
2.7	Výpočet deformačních sil	36
2.7.1	Obecná rovnice rovnováhy sil v pravoúhlých souřadnicích	36

2.7.2	Diferenciální rovnice rovnováhy sil při rovinné napjatosti	37
2.7.3	Výpočet deformačních sil metodou linií skluzu	39
2.8	Mezní plasticita	40
2.8.1	Charakter lomu	40
2.8.2	Hypotézy mezních stavů napjatosti	41
2.8.3	Experimentální určování mezní plasticity	46
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 2	51
	Literatura ke kapitole 2	53
3	TEORIE DYNAMICKÉHO TVÁŘENÍ (A. FARLÍK)	55
3.1	Dopředné protlačování	55
3.1.1	Statické dopředné protlačování	57
3.1.2	Dynamické dopředné protlačování	62
3.2	Zpětné protlačování	68
3.2.1	Určení deformační síly druhé fáze	70
3.2.2	Určení deformační síly třetí fáze	75
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 3	78
	Literatura ke kapitole 3	79
4	TVAŘITELNOST KOVŮ (J. ELFMARK)	80
4.1	Krystalická stavba kovů	80
4.2	Elastické vlastnosti dislokací	84
4.3	Protínání dislokací	86
4.4	Plastická deformace monokrystalu	86
4.4.1	Deformace monokrystalu KPC mřížky	86
4.4.2	Deformace monokrystalu KSC mřížky	89
4.5	Plastická deformace polykrystalu	89
4.5.1	Deformace za studena	89
4.5.2	Analýza křivky napětí – deformace se zpevněním	91
4.6	Plastická deformace za tepla	94
4.6.1	Tepečná aktivace pohybu atomů	94
4.6.2	Dynamické zotavení	96
4.6.3	Dynamická rekrytalizace	104
4.6.4	Statická rekrytalizace po deformaci za tepla	109
4.7	Difúzní mechanismus plastické deformace za tepla	113
4.8	Mezní plasticita kovů	116
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 4	127
	Literatura ke kapitole 4	130
5	OHŘEV KOVŮ (B. SOMMER)	132
5.1	Fyzikální základy ohřevu	132
5.1.1	Součinitel tepelné vodivosti	132
5.1.2	Měrná tepelná kapacita	134

5.1.3	Hustota	135
5.1.4	Součinitel teplotní vodivosti	135
5.1.5	Teplotní délková roztažnost	136
5.1.6	Mechanické vlastnosti	137
5.1.7	Tepečná pnutí	137
5.2	Základní veličiny ohřívacího režimu	138
5.2.1	Tvářecí teploty	138
5.2.2	Rychlost ohřevu	144
5.2.3	Doba ohřevu	144
5.2.4	Sázecí teplota pece	146
5.3	Průvodní jevy ohřevu	147
5.3.1	Opal	147
5.3.2	Oduhličení	149
5.3.3	Přehřátí a spálení	149
5.4	Ohřev s omezeným opalem	149
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 5	150
	Literatura ke kapitole 5	151
6	ELEKTRICKÝ OHŘEV (J. RADA)	152
6.1	Elektrická energie	152
6.2	Ohřev přímým průchodem proudu	152
6.3	Nepřímý odporový ohřev	156
6.4	Indukční ohřev	156
6.4.1	Indukční ohřev pro tváření	156
6.4.2	Fyzikální podstata indukčního ohřevu	157
6.4.3	Induktor	162
6.4.4	Potřebný elektrický příkon a množství chladicí vody	163
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 6	166
	Literatura ke kapitole 6	166
7	VOLNÉ STROJNÍ KOVÁNÍ (B. SOMMER)	168
7.1	Výchozí polotovary	169
7.1.1	Kovářské ingoty	169
7.2	Stupeň prokování	171
7.3	Základní kovářské operace	175
7.3.1	Pěchování	175
7.3.2	Prodlužování	181
7.3.3	Děrování	189
7.3.4	Osazování a prosazování	192
7.3.5	Přesazování	194
7.3.6	Ohýbání	194
7.3.7	Zkrucování	195
7.3.8	Sekání	196
7.4	Základní kovářské nástroje a pomocná zařízení	197

7.5	Konstrukce výkovku	202
7.6	Materiálová bilance	202
7.7	Ochlazování výkovků	204
7.8	Tepelné zpracování výkovků	206
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 7	209
	Literatura ke kapitole 7	212
8	ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ (B. SOMMER)	214
8.1	Charakteristika zápusťkového kování	214
8.2	Výchozí polotovary a jejich dělení	217
8.2.1	Řezání	218
8.2.2	Střihání	219
8.2.3	Lámání	221
8.2.4	Přesnost dělení	222
8.3	Zápusťkové kování na bucharech	223
8.3.1	Charakteristika zápusťkového kování na bucharech	224
8.3.1.1	Bucharové zápusťky	225
8.3.2	Technologický postup kování	232
8.3.2.1	Konstrukce zápusťkového výkovku	232
8.3.2.2	Výběr kovacích dutin	236
8.3.2.3	Výběr výchozího polotovaru	240
8.3.2.4	Výpočet hmotnosti beranu	243
8.4	Zápusťkové kování na lisech	243
8.4.1	Zápusťkové kování na svislých kovacích lisech	243
8.4.2	Zápusťkové kování na vřetenových lisech	251
8.4.3	Zápusťkové kování na hydraulických lisech	254
8.5	Zápusťkové kování na vodorovných kovacích strojích	255
8.6	Tváření předkovků na kovacích válcích	258
8.7	Ostřihování a děrování výkovků	261
8.8	Rovnění a kalibrování	263
8.9	Zápusťkové oceli	266
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 8	266
	Literatura ke kapitole 8	268
9	PROTLAČOVÁNÍ (M. ZAPOTIL)	270
9.1	Materiály vhodné k protlačování za tepla	272
9.2	Deformační, třecí a teplotní poměry	274
9.2.1	Tečení materiálu při protlačování	276
9.2.2	Tření a mazání	278
9.2.3	Teplotní poměry	279
9.3	Protlačovací síly	281
9.3.1	Závislost síly na dráze průtlačníku	281
9.3.2	Výpočet protlačovacích sil v praxi	282
9.4	Technologie protlačování	284

9.4.1	Lisovací tlak, vsázková hmotnost čepu při protlačování Al, Cu a jejich slitin	285
9.4.2	Příprava výchozího polotovaru	286
9.4.3	Vlastnosti výrobků	287
9.4.4	Úprava výrobků po protlačování	288
9.4.5	Složitosť protlačovaných profilů	292
9.5	Zařízení k protlačování	292
9.5.1	Protlačovací lisy	292
9.5.2	Pohon lisů	294
9.5.3	Nástroje k protlačování	295
9.5.3.1	Průtlačnice	296
9.5.3.2	Zásobník	301
9.5.3.3	Průtlačník, lisovací kotouč a trn	302
9.5.4	Pomocná a přidavná zařízení	303
9.5.5	Automatické řízení lisovací rychlosti	305
9.6	Kritéria při volbě zařízení a způsobů protlačování	306
9.7	Zvláštní způsoby protlačování za tepla	307
9.7.1	Stranové protlačování při opláštování kabelů	307
9.7.2	Protlačování na klikových lisech	308
9.8	Hydrostatické protlačování	308
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 9	311
	Literatura ke kapitole 9	312
10	VÁLCOVÁNÍ (M. ŽÍDEK)	313
10.1	Výrobní sortiment válcoven	313
10.1.1	Předvalky	313
10.1.2	Vývalky	313
10.2	Výchozí materiály pro válcování	314
10.2.1	Odstraňování povrchových vad	316
10.3	Teorie podélného válcování	317
10.3.1	Pásmo deformace	317
10.3.2	Vyjádření rozměrových stěn při válcování	319
10.3.3	Vnější tření při válcování	321
10.3.4	Záběrové schopnosti válců	326
10.3.5	Deformační rychlost při válcování	328
10.3.6	Rychlostní a deformační poměry v pásmu deformace	329
10.3.7	Šíření	337
10.3.8	Předstih a opožďování	342
10.3.9	Energosilové podmínky při válcování	344
10.3.9.1	Válcovací síly	344
10.3.9.2	Krouticí momenty	356
10.4	Válcování předvalků	365
10.4.1	Válcování předvalků z ingotů	367
10.4.2	Válcování sochorů	375
10.5	Válcování tvarové a tyčové oceli	379
10.5.1	Hrubé profilové tratě	379

10.5.2	Střední a jemné profilové tratě	381
10.6	Válcování drátu	389
10.7	Válcování tlustých plechů	395
10.8	Válcování pásů za tepla	405
10.9	Válcování pásů za studena	412
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 10	419
	Literatura ke kapitole 10	422
11	VÝROBA TRUBEK (B. POČTA)	425
11.1	Druhy ocelových trubek	425
11.2	Výchozí materiál ocelových trubek	426
11.3	Výroba bezešvých trubek	427
11.3.1	Výroba dutých polotovarů válcováním	428
11.3.1.1	Podstata kosého válcování	428
11.3.1.2	Postup děrování kosým válcováním	433
11.3.1.3	Děrování tlačným válcováním	437
11.3.1.4	Jiné způsoby výroby dutých polotovarů válcováním	438
11.3.2	Výroba dutých polotovarů lisováním	439
11.3.3	Válcování hotových trubek	440
11.3.3.1	Poutnické válcování za tepla	440
11.3.3.2	Válcování na tratích s automatikem	443
11.3.3.3	Válcování na tříválcových stolicích	444
11.3.3.4	Spojité válcování	446
11.3.3.5	Válcování na stolicích s příčnými otočnými kotouči	447
11.3.3.6	Výroba bezešvých trubek na tratích s protlačovací stolicí	448
11.3.4	Výroba trubek výtlačným lisováním	450
11.4	Výroba svařovaných trubek	452
11.4.1	Způsoby svařování trubek	452
11.4.2	Svařování na tupo v peci	453
11.4.3	O odporové svařování	453
11.4.3.1	O odporové svařování proudem o nízké frekvenci	455
11.4.3.2	O odporové svařování proudem o vysoké frekvenci	455
11.4.3.3	Indukční svařování trubek	456
11.4.3.4	O odporové svařování trubek stejnosměrným proudem	457
11.4.3.5	O odporové svařování trubek odtavením	458
11.4.4	Tavné svařování trubek	459
11.4.4.1	Tavné svařování trubek s podélným svarem	460
11.4.4.2	Tavné svařování trubek se svarem ve šroubovici	460
11.4.4.3	Tavné svařování v ochranných plynech	464
11.5	Další zpracování trubek	465
11.5.1	Rozšiřování trubek válcováním	465
11.5.2	Redukování trubek za tepla	466
11.5.3	Tažení trubek za studena	467
11.5.4	Válcování trubek za studena	470

	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 11	473
	Literatura ke kapitole 11	474
12	LISOVÁNÍ PLECHU (J. KOTOUČ)	475
12.1	Materiály polotovarů	475
12.2	Hodnocení tvařitelnosti	477
12.2.1	Hodnocení tvařitelnosti podle napětí	477
12.2.2	Hodnocení tvařitelnosti podle tažnosti	478
12.2.3	Hodnocení tvařitelnosti podle součinitele normálové anizotropie	478
12.2.4	Hodnocení tvařitelnosti podle exponentu deformačního zpevnění	480
12.2.5	Technologické zkoušky	482
12.2.6	Hodnocení zásoby plasticity	482
12.3	Technologie	484
12.3.1	Střihání	484
12.3.2	Ohýbání	486
12.3.3	Hluboké tažení a vypínání	488
12.4	Nástřihové plány	491
12.5	Konstrukce činných částí nástrojů	496
12.6	Přesnost a jakost povrchu	497
12.6.1	Střihání	498
12.6.2	Ohýbání	498
12.6.3	Hluboké tažení	498
12.7	Tvářecí síly a práce	499
12.7.1	Střížná síla a práce	499
12.7.2	Ohýbací síla	499
12.7.3	Tažná síla a práce	500
12.8	Konstrukce tvářecích nástrojů	502
12.9	Profilování	503
12.10	Kovotlačení	505
12.11	Protahování	506
12.12	Materiály na nástroje	508
12.13	Maziva pro tváření	509
13	OHÝBÁNÍ TRUBEK (J. KOTOUČ)	510
13.1	Síly a momenty	514
	Seznam veličin a jejich jednotek ke kapitole 12 a 13	516
	Literatura ke kapitole 12 a 13	517
	REJSTŘÍK	519