

OBSAH

	Předmluva	9
1.	Úvod (<i>Prof. Ing. F. Drastík, DrSc.</i>)	11
1.1	Použité značky	12
1.2	Mezinárodní jednotky SI v oboru tváření kovů	13
2.	Tvařitelnost kovů	14
2.1	Atomová stavba a plastická deformace (<i>Doc. Ing. J. Elfmark, DrSc.</i>)	14
2.1.1	Uspořádání atomů v krystalech kovu	14
2.1.2	Substituční a interstitické tuhé roztoky	15
2.1.3	Struktura kovů a jejich slitin	16
2.1.4	Poruchy mřížky	16
2.1.5	Pohyblivost dislokací	18
2.1.6	Plastická deformace monokrystalu	21
2.1.7	Plastická deformace u polykrystalických látek	22
2.2	Základní pojmy tvařitelnosti (<i>Prof. Ing. F. Drastík, DrSc.</i>)	22
	Literatura ke kap. 2	36
3.	Zjišťování objemové tvařitelnosti	38
3.1	Zkouška tahem (<i>Ing. P. Benda, CSc.</i>)	38
3.1.1	Zkouška tahem zastudena	38
3.1.2	Zkouška tvařitelnosti	40
3.1.3	Metodika zkoušení	40
3.1.4	Vliv tvaru zkušební tyče	41
3.1.5	Míra plastičnosti u zkoušky tahem	42
3.1.6	Vliv přetvárné rychlosti	42
3.1.7	Vliv teploty na tvařitelnost	43
3.1.8	Hodnocení výsledků zkoušky tvařitelnosti tahem	44
3.1.9	Tvařitelnost lité a tvářené struktury	46
3.1.10	Vliv volby místa odběru zkušebního materiálu na hodnoty tvařitelnosti	47
3.1.11	Pracovní diagram při zkoušce tahem	48
3.1.12	Poruchy tvařitelnosti	49
3.2	Zkouška tlakem (<i>Prof. Ing. F. Drastík, DrSc.</i>)	53
3.2.1	Anizotropie při zkoušce tlakem	53
3.2.2	Zkušební tělesa pro zkoušku tlakem	55
3.2.3	Nástroje pro zkoušku tlakem	57
3.2.4	Poměrná rychlost přetvoření při zkoušce tlakem	59
3.2.5	Metoda určení základního přetvárného odporu z průběhu síly a stlačení při pýchovací zkoušce	60
3.2.6	Příklad sestavení křivky zpevnění zkouškou tlakem	62

3.2.7	Zkouška pýchováním kuželovými kovadly	65
3.2.8	Tlaková zkouška úderem	66
3.2.9	Zkouška pýchováním ploché tyče	67
3.2.10	Zkouška tvařitelnosti tlakem na upravených zkušebních tělesech	67
3.2.11	Zkouška pýchování vzorku v prostředí s vysokým tlakem	69
3.3	Zkouška krutem (<i>Doc. Ing. J. Elfmark, DrSc.</i>)	70
3.4	Rázová zkouška ohybem zatepla (<i>Doc. Ing. J. Elfmark, DrSc.</i>)	73
	Literatura ke kap. 3	76
4.	Tvařitelnost plechu (<i>Ing. J. Novotný, CSc.</i>)	78
4.1	Zkoušení hlubokotažnosti plechu	78
4.1.1	Přímé metody zkoušení plechu	79
4.1.2	Nepřímé metody zkoušení tvařitelnosti plechu	80
4.1.3	Určení zpevňovacího exponentu n zkouškou tahem	81
4.1.4	Přímé měření rovnoměrného poměrného prodloužení zkouškou tahem	82
4.1.5	Určení zpevňovacího exponentu n zkouškou tahem tyče s dvojným průřezem	83
4.1.6	Zkouška hloubením podle Erichsena	83
4.1.7	Zkouška kalíškovací	84
4.1.8	Zkouška Engelhardtova—Grossova	84
4.1.9	Zkouška rozšiřováním otvoru podle Siebela a Pompa	85
4.1.10	Zkouška tažením v kuželové tažnici (Fukui)	87
4.1.11	Určení mezního stupně přetvoření	87
4.1.12	Normální a plošná anizotropie	91
4.1.13	Plošná anizotropie	93
4.2	Deformační sítě, jejich použití a metody nanášení (<i>Doc. Ing. S. Tměj, CSc.</i>)	93
4.2.1	Studium deformace plechů sítěmi	93
4.2.2	Přehled způsobů nanášení deformačních sítí	97
4.2.3	Sítotisk	97
4.2.4	Ofsetový tisk	98
4.2.5	Gumostereotypie	99
4.2.6	Ryté sítě	100
4.2.7	Fotografická metoda nanášení sítí	101
4.2.8	Chemické leptání sítí	102
4.2.9	Elektrochemické leptání sítí	103
4.2.10	Vyjiskřování deformačních sítí	104
4.2.11	Zhodnocení jednotlivých metod	105
4.2.12	Příklad využití sítě při vyhodnocení konkrétního výlisku.	106
	Literatura ke kap. 4	109
5.	Stroje a zařízení k měření tvařitelnosti	110
5.1	Univerzální stroj pro zkoušku tahem (<i>Ing. J. Němec</i>)	110
5.1.1	Měření síly	111
5.1.2	Zkušební stroje	112
5.1.3	Zwick — stroj ke zkoušce tahem	115
5.1.4	Systém hydropuls firmy Schenk	116
5.2	Váčkové plastometry (<i>Prof. Ing. F. Drastík, DrSc.</i>)	117
5.2.1	Uspořádání váčkového plastometru	119
5.2.2	Konstrukce váčky plastometru	119
5.2.3	Váčkový plastometr podle Orowana	124
5.2.4	Váčkový Evansův plastometr	126
5.2.5	Sovětský váčkový plastometr	128
5.2.6	Váčkový Kienzeľův—Bühlerův plastometr	130

5.2.7	Vačkový plastometr Bergakademie Freiberg	133
5.2.8	Vačkový plastometr podle N. Loizoua a R. B. Siemse	134
5.3	Torzní plastometry	135
5.3.1	Konstrukce torzních plastometrů	136
5.3.2	Torzní plastometr s mechanickou registrací momentu a otáček	137
5.3.3	Torzní plastometr VÚSTE (Výzkumného ústavu strojírenské technologie a ekonomiky)	141
5.3.4	Torzní plastometr Škoda	144
5.3.5	Torzní plastometr Bergakademie Freiberg	147
5.3.6	Torzní plastometr podle Baileya a Haase	148
5.3.7	Torzní plastometr Montanistische Hochschule Leoben	150
5.4	Kyvadlový plastometr (<i>Prof. Drastík</i>)	151
5.5	Úderové plastometry	154
5.5.1	Úderový plastometr padací	154
5.5.2	Použití úderového plastometru bez zvláštních měřicích zařízení	158
5.5.3	Mechanické zařízení pro měření rychlosti nástroje	161
5.5.4	Sledování deformace časovou lupou	161
5.5.5	Optická registrace průběhu dráha — čas	162
5.5.6	Zařízení k měření síly a dráhy úderových plastometrů	162
5.5.7	Úderový plastometr prakový	165
5.5.8	Úderový plastometr pneumatický	166
5.5.9	Úderový plastometr dělový	167
5.6	Zařízení a stroje ke zkoušení tvařitelnosti plechu (<i>Ing. J. Novotný, CSc.</i>)	171
5.6.1	Zařízení ke zkoušce tahem	171
5.6.2	Zařízení ke zkoušce hlubokotažnosti plechu	171
5.6.3	Zařízení k měření cípů (plošné anizotropie)	176
	Literatura ke kap. 5	177
6.	Způsoby a zařízení pro elektrické měření rychlosti, síly a dráhy (<i>Ing. J. Němec</i>)	179
6.1	Měření síly	179
6.1.1	Siloměry	180
6.1.2	Siloměry s odporovými tenzometrickými snímači	180
6.1.3	Konstrukce siloměrů s odporovými snímači	181
6.1.4	Zásady návrhu siloměru	183
6.1.5	Snímače a lepidla	188
6.1.6	Dynamické vlastnosti odporových snímačů	189
6.1.7	Indukční siloměry	190
6.1.8	Kapacitní siloměr	191
6.1.9	Piezoelektrický siloměr	192
6.1.10	Konstrukce siloměrů	193
6.1.11	Mechanické systémy k měření síly	194
6.2	Měření dráhy	197
6.2.1	Příklady konstrukce indukčních snímačů k měření dráhy	197
6.2.2	Kapacitní snímače dráhy	199
6.2.3	Porovnání indukčního a kapacitního systému	203
6.2.4	Odporový snímač dráhy	203
6.2.5	Mechanické systémy k měření dráhy	205
6.3	Měření rychlosti	206
6.4	Záznam měřených veličin	208
6.5	Stručný přehled zapisovačů	210
	Literatura ke kap. 6	211

7.	Tvařitelnost oceli (<i>Doc. Ing. J. Elfmark, DrSc.</i>)	213
7.1	Mechanismus plastické deformace zatepla	213
7.1.1	Difúzní plastická deformace po hranicích zrn	214
7.1.2	Transkrystalická skluzová deformace	215
7.2	Rekrystalizace	221
7.2.1	Kinetika statické rekrystalizace austenitu po plastické deformaci zatepla	221
7.2.2	Vliv chrómu na kinetiku statické rekrystalizace austenitu po plastické deformaci zatepla	227
7.2.3	Další metody k určení kinetiky statické rekrystalizace	236
7.2.4	Kinetika dynamické rekrystalizace austenitu při plastické deformaci zatepla	239
7.3	Vliv termodynamických podmínek plastické deformace na základní přetvářený odpor	249
7.4	Vliv termodynamických podmínek plastické deformace zatepla na tvařitelnost	252
7.4.1	Vliv rychlosti samodifúze na tvařitelnost	253
7.4.2	Vliv uhlíku na tvařitelnost uhlíkových ocelí	253
7.4.3	Vliv chrómu na tvařitelnost nízkouhlíkových chrómových ocelí a ocelí chrómníkových	255
7.4.4	Vliv uhlíku a chrómu na tvařitelnost ocelí	261
7.4.5	Vliv dalších legujících prvků na tvařitelnost	267
7.4.6	Vliv poměrné rychlosti deformace na tvařitelnost	268
7.4.7	Vliv dynamické rekrystalizace na tvařitelnost zatepla	273
7.4.8	Vztah mezi tvařitelností, přetvárným odporem a termodynamickými podmínkami plastické deformace	278
7.4.9	Optimální termodynamické podmínky tváření zatepla	282
7.4.10	Vliv stavu napjatosti na tvařitelnost	286
7.5	Křehkost zatepla	289
7.5.1	Vliv vysoké teploty ohřevu na křehký lom	289
7.5.2	Vliv rychlosti deformace na křehký lom	291
7.5.3	Vliv příměsových prvků na křehkost zatepla	292
7.5.4	Vliv plynů na křehkost zatepla	293
7.5.5	Vliv dvoufázové struktury na tvařitelnost	295
7.5.6	Vliv precipitace v průběhu plastické deformace na zhoršení tvařitelnosti	300
	Literatura ke kap. 7	302
8.	Tvařitelnost zatepla u vybraných ocelí	305
9.	Tvařitelnost nezelezných kovů	340
9.1	Měď a slitiny mědi (<i>Ing. P. Benda, CSc.</i>)	340
9.1.1	Měď	340
9.1.2	Slitiny mědi	341
9.1.3	Mosazi	343
9.1.4	Vliv přísad a příměsí na tvařitelnost mosazí	347
9.1.5	Bronzy	347
9.2	Hliník a slitiny hliníku (<i>Ing. A. Vokálková, CSc.</i>)	349
9.3	Hořčík a slitiny hořčíku	360
9.4	Titan a slitiny titanu	365
9.5	Molybden a slitiny molybdenu	375
9.6	Niob a slitiny niobu	376
9.7	Tantal a slitiny tantalu	380
9.8	Wolfram a slitiny wolframu	382
	Literatura ke kap. 9	385