

	str.	
1.	ÚVOD	1
2.	ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY TVÁŘENÍ	5
2.1	Rozdělení tvářecích pochodů podle teploty	5
2.2	Rozdělení tvářecích pochodů podle použité technologie	6
2.2.1	Válcování	6
2.2.2	Kování	6
2.2.3	Tažení	7
2.2.4	Protlačování	7
2.2.5	Ostatní způsoby tváření	7
3.	TEORIE TVÁŘENÍ	8
3.1	Napjatost při tváření	8
3.2	Deformace při tváření	12
3.3	Deformační rychlost	14
3.4	Mezní stavy	16
3.4.1	Mezní stav pružnosti	16
3.4.2	Mezní stav pevnosti (porušení)	18
4.	PLASTICKÁ DEFORMACE	19
4.1	Struktura hmoty	20
4.2	Průběh plastické deformace	20
4.2.1	Deformace skluzem	20
4.2.2	Deformace difuzí	22
4.2.3	Deformace mezibloková a mezikrystalová	24
5.	TVAŘITELNOST KOVŮ	25
5.1	Metalurgií činitelé - A	25
5.1.1	Vliv chemického složení na tvařitelnost - A ₁	25
5.1.1.1	Fe - železo	26
5.1.1.2	C - uhlík	26
5.1.1.3	Mn - mangan	26
5.1.1.4	Ni - nikl	26
5.1.1.5	Si - křemík	27
5.1.1.6	Cr - chrom	27
5.1.1.7	Mo - molybden	27
5.1.1.8	Al - hliník	27
5.1.1.9	P - fosfor	28
5.1.1.10	S - síra	28
5.1.1.11	Cu - měď, Sn - cín, Zn - zinek, Pb - olovo - Sb - antimon, Bi - bizmut, As - arsen a další tzv. stopové prvky	28
5.1.1.12	O - kyslík, N - dusík, H - vodík	29
5.1.2	Vliv struktury na tvařitelnost - A ₂	29
5.1.3	Vliv tepelně aktivovaných dějů na tvařitelnost - A ₃	31
5.1.3.1	Dynamická rekrytalizace	32
5.1.3.2	Dynamické zotavení	34
5.1.3.3	Statická rekrytalizace	34
5.1.3.4	Růst zrn	35

5.2	Termodynamičtí činitelé	35
5.3	Technologičtí činitelé	36
5.3.1	Stav napjatosti	36
5.3.2	Způsob deformace	37
6.	ZÁKLADNÍ ZÁKONY PLASTICKÉ DEFORMACE	38
6.1	Zákon stálosti objemu	38
6.2	Zákon pohybu částic cestou nejmenšího odporu	39
6.3	Zákon přídatných napětí a nerovnoměrnosti deformace	39
6.4	Zákon podobnosti	40
7.	OHŘEV KOVŮ PRO TVÁŘENÍ	42
7.1	Charakteristické fyzikální veličiny	42
7.1.1	Měrná tepelná vodivost	42
7.1.2	Měrná tepelná kapacita	43
7.1.3	Hustota	43
7.1.4	Tepelná vodivost	43
7.1.5	Tepelná roztažnost	44
7.1.6	Rozdělení ocelí do jakostních skupin	44
7.2	Základní veličiny ohřevu	45
7.2.1	Tvářecí teplota	45
7.2.1.1	Horní tvářecí teplota	45
7.2.1.2	Dolní tvářecí teplota	46
7.2.2	Rychlost ohřevu	47
7.2.3	Doba ohřevu	49
7.2.4	Sázecí teplota pece	50
7.3	Průvodní jevy ohřevu	50
7.3.1	Opal	50
7.3.2	Oduhličení a nauhličení	51
7.4	Typy pecí	51
7.5	Moderní způsoby ohřevu	51
8.	VÝCHOZÍ MATERIÁLY A SORTIMENT TVÁŘENÝCH VÝROBKŮ	53
8.1	Výchozí materiál pro válcování	53
8.1.1	Ingoty	53
8.1.2	Plynule lité předlitky	55
8.1.3	Úprava povrchu	56
8.2	Předvalky	56
8.3	Tvářené výrobky	56
8.3.1	Tyče válcované za tepla	57
8.3.2	Tyče tažené za studena a protlačované	57
8.3.3	Dráty válcované za tepla	57
8.3.4	Dráty tažené za studena (nejsoh hutní materiál)	57
8.3.5	Plechy	57
8.3.6	Široká ocel válcovaná za tepla	57
8.3.7	Pásy	57
8.3.8	Trubky (bezešvé i svařované)	57

8.3.9	Tenkostěnné profily	58
8.3.10	Výkovky a výlisky	58
8.4	Přejímací předpisy	58
9.	TEORIE PODÉLNÉHO VÁLCOVÁNÍ	60
9.1	Záběrový úhel	60
9.2	Délka pásma deformace	60
9.3	Deformace	60
9.4	Deformační rychlost	61
9.5	Geometrický faktor	62
9.6	Šíření	62
9.7	Předstih	64
9.8	Vnější tření	65
9.9	Záběrové schopnosti válců	66
9.10	Rozbor pásma deformace	67
9.10.1	Základní oblasti pásma deformace	67
9.10.2	Průběh rychlosti a napětí po výšce provalku	68
9.10.3	Průběh rychlosti a napětí po šířce provalku	68
9.10.4	Pronik deformace	68
9.10.5	Rozložení normálového a tečného napětí po délce oblouku záběru	69
9.10.6	Rovnováha sil v mezeře mezi válci	69
9.11	Deformační odpor	71
9.12	Válcovací síla	75
9.13	Válcovací moment	76
9.14	Válcovací výkon	76
10.	ZÁKLADY KALIBRACE	77
10.1	Základní pojmy	77
10.2	Deformace kovu v kalibrech	79
10.3	Typy kalibrů a kalibrační řady	81
10.3.1	Předválcovací kalibry	81
10.3.2	Přípravné kalibry	81
10.3.3	Předhotovňové kalibry	82
10.3.4	Hotovňové kalibry	82
Dodatek	10.1' Součinitel tvaru kalibru	82
11.	TECHNOLOGIE VÁLCOVÁNÍ	84
11.1	Základní způsoby válcování	84
11.2	Rozdělení válcovacích tratí podle konstrukce válcovacích stolic	84
11.3	Rozdělení válcovacích tratí podle uspořádání válcovacích stolic	86
11.4	Válcovací stolice a její součásti	87
11.4.1	Stojany	87
11.4.2	Pracovní (a opěrné) válce	88
11.4.3	Ložiska a ložisková tělesa	89
11.4.4	Stavěcí a vyvažovací zařízení	90

11.4.5	Válcovací armatura	90
11.4.6	Pohon válcovací stolice	91
11.5	Pomocná zařízení tratí	92
12.	VÁLCOVÁNÍ PŘEDVALKŮ, TVAROVÉ A TYČOVÉ OCELI	94
12.1	Předvalkové tratě	94
12.1.1	Výchozí materiál	94
12.1.2	Ohřev materiálu	94
12.1.3	Válcovací tratě	95
12.1.4	Technologie válcování bloků a bram	96
12.2	Sochorové tratě	98
12.2.1	Výchozí materiál	98
12.2.2	Ohřev materiálu	98
12.2.3	Válcovací tratě	98
12.2.4	Technologie válcování sochorů	99
12.3	Tvarová a tyčová ocel	99
12.3.1	Výchozí materiál	100
12.3.2	Ohřev materiálu	100
12.3.3	Válcovací tratě - těžké, hrubé, střední a jemné	100
12.3.4	Technologie válcování tvarové a tyčové oceli	102
Dodatek	12'.1 Válcování v zúžených (mínusových) tolerancích	103
Dodatek	12'.2 Některé technologické zvláštnosti válcování na blokovně a těžkých tratích	104
Dodatek	12.2'.1 Automatizovaný systém řízení sochorové tratě	104
13.	VÁLCOVÁNÍ PLOCHÝCH VÝVALKŮ A DRÁTU	106
13.1	Tlusté plechy	106
13.1.1	Výchozí materiál	106
13.1.2	Ohřev materiálu	107
13.1.3	Válcovací tratě	107
13.1.4	Technologie válcování tlustých plechů	108
Dodatek	13.1'.1 Anizotropie vlastností	109
Dodatek	13.1'.2 Uhlíkový ekvivalent	109
Dodatek	13.1'.4 Válcování plechů z PLP a řízené válcování	110
Dodatek	13.1'.5 Nástin automatizace	111
Dodatek	13.1'.6 Plátované plechy	113
13.2	Pásová ocel za tepla válcovaná	114
13.2.1	Výchozí materiál	114
13.2.2	Ohřev materiálu	114
13.2.3	Válcovací tratě a technologie	115
13.2.3.1	Polospojité a spojité tratě	115
13.2.3.2	Planetové válcovací tratě	118
13.2.3.3	Jiné způsoby výroby pásů	118
Dodatek	13.2'.1 Anizotropie vlastností	119
Dodatek	13.2'.2 Teorie řízeného válcování pásu	119
Dodatek	13.2'.3 Technologické zařízení a úběrový plán při válcování pásu	120

13.3	Drát za tepla válcovaný	122
13.3.1	Výchozí materiál	122
13.3.2	Ohřev materiálu	122
13.3.3	Válcovací tratě a technologie	122
Dodatek	13.3'.1 Technologické zařízení válcovny drátu a technologie	123
Dodatek	13.3'.2 Řízené válcování drátu	124
Dodatek	13.3'.3 Tvrdokovové válce	125
14.	TVÁŘENÍ ZA STUDENA	126
14.1	Válcování za studena	126
14.1.1	Výchozí materiál	126
14.1.2	Odstranění okují	127
14.1.3	Technologie válcování	128
14.1.4	Tepelné zpracování	131
14.1.5	Konečná úprava	132
14.2	Protlačování	132
14.2.1	Výchozí materiál	133
14.2.2	Technologie protlačování	133
14.3	Tažení	134
14.3.1	Tažné stolice	135
14.3.2	Technologie tažení drátů, tyčí, trubek a profilů	136
14.4	Profilování	138
14.4.1	Výchozí materiál	138
14.4.2	Technologie profilování na profilovacích strojích	138
14.4.3	Technologie profilování na ohraňovacích lisech	139
Dodatek	14.1'.1 Průhyb a zploštění válců	139
Dodatek	14.1'.2 Plošná a normálová anizotropie pevnostních a plastických vlastností	140
Dodatek	14.3'.1 Výpočet tažné síly v průvlaku	141
Dodatek	14.4'.1 Hospodárnost výroby a použití tenkostěnných profilů	142
Dodatek	14.3'.2 Tažení drátu	143
15.	VÝROBA TRUBEK	144
15.1	Bezešvé trubky	144
15.1.1	Výchozí materiál	144
15.1.2	Ohřev materiálu	145
15.1.3	Teorie kosého válcování	146
15.1.3.1	Kinematika kosého válcování	146
15.1.3.2	Vznik dutiny	148
15.1.4	Děrování	148
15.1.5	Prodlužování	150
15.1.6	Redukování	150
15.1.7	Rozšiřování	151
15.1.8	Průtlačné lisování	152
15.1.9	Válcování za studena	152

15.2	Svařované trubky	153
15.2.1	Výroba štěrbinové trubky	154
15.2.2	Způsoby svařování	155
Dodatek	15.1' Kritický součinitel smáčknutí při děrování	155
Dodatek	15.2' Nerovnoměrná tloušťka stěny redukované trubky po délce trubky	155
Dodatek	15.3' Nástin koncepce moderní tratě na výrobu bezešvých trubek	157
16.	KOVÁNÍ	158
16.1	Výchozí materiál	158
16.2	Ohřev	159
16.3	Volné kování	160
16.3.1	Základní kovářské operace	160
16.3.1.1	Pěchování	160
16.3.1.2	Prodlužování	161
16.3.1.3	Děrování	162
16.3.1.4	Osazování a přesazování	163
16.3.1.5	Sekání	163
16.3.1.6	Zkrucování	163
16.3.1.7	Ohýbání	163
16.4	Zápustkové kování	164
16.5	Stroje a strojní zařízení pro kování	164
16.5.1	Stroje a strojní zařízení pro volné kování	165
16.5.1.1	Buchary	165
16.5.1.2	Hydraulické lisy	166
16.5.1.3	Kovářské nástroje a pomocná zařízení	166
16.5.2	Stroje a zařízení pro zápustkové kování	167
16.5.2.1	Buchary	167
16.5.2.2	Lisy	167
16.5.2.3	Zápustky	167
Dodatek	16.1' Změna vlastností při kování	168
Dodatek	16.2' Ochlazování velkých výkovků	168
17.	TVÁŘENÍ NEŽELEZNÝCH KOVŮ	170
17.1	Krystalická stavba kovů	170
17.2	Třídění neželezných kovů	172
17.3	Olovo (11,3; 327; 6 - 15)	172
17.4	Hliník (2,7; 660; ? - 70)	172
17.5	Měď (8,9; 1083; ? - 200)	174
17.6	Nikl (8,9; 1453; 200 až 500)	175
17.7	Zlato (19,3; 1063; ? - 108)	175
17.8	Titan (4,5; cca 1670; 100 až 450 - 250 až 750)	176
17.9	Wolfram (10,3; 3410; ? - 3000)	176
17.10	Uran (18,7; 1333; 230 - 350)	176
18.	SPECIÁLNÍ A MODERNÍ TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ	178
18.1	Periodické válcování	178

18.1.1	Podélné periodické válcování	178
18.1.2	Příčné periodické válcování	179
18.1.3	Příčné periodické válcování koulí, závitů	179
18.2	Výroba železničních kol. obručí	179
18.3	Přímé válcování předlitků	180
18.4	Válcování "podélným" dělením	181
18.5	Spojité válcování "nekračných" předvalků	181
18.6	Šestiválcová stolice	181
18.7	Smykové válcování	182
18.8	Zařízení o vysoké tvářecí schopnosti	183
18.9	Použití hydrodynamického tlaku	184
18.10	Vibrační a ultrazvukové tváření	184
18.11	Tažení trubek s vnitřními žebry	185
18.12	Další zvláštní technologie tváření	185
19.	BEZPEČNOST PRÁCE PŘI TVÁŘENÍ KOVŮ	186
19.1	Nadměrný hluk a vibrace	187
19.2	Nadměrná prašnost	187
19.3	Nadměrné teplo	188
19.4	Ostatní škodliviny	188
19.5	Ovlivnění životního prostředí	188

SEZNAM LITERATURY