

OBSAH

PŘEDMLUVA	1
1. FYZIKÁLNÍ PODSTATA PLASTICKÉ DEFORMACE	2
1.1 Plastická deformace monokrystalů za studena	3
1.1.1 Energetické podmínky v ideálních a reálných krystalech	3
1.1.2 Poloha atomů v krystalických materiálech.	4
1.2 Plastická deformace polykrystalu za studena	4
1.3 Základy teorie dislokací.	5
1.3.1 Druhy dislokací	6
2. DEFORMACE, NAPĚTÍ, ZPEVNĚNÍ, ANIZOTROPIE	8
2.1 Plastická deformace	8
2.1.1 Bauschingerův efekt	9
2.1.2 Přirozená deformační práce.	10
2.2 Deformační zpevnění	10
2.2.1 Křivky zpevnění	10
2.3 Anizotropie	13
3. TVÁRNOST, TVAŘITELNOST, DEFORMAČNÍ ODPORY	16
3.1 Hodnocení plasticity	16
3.2 Přetvárné odpory	17
3.3 Technologická tvařitelnost	18
4. VLIV RYCHLOSTI A TEPLoty NA TVÁŘENÍ	19
4.1 Teplota deformace	19
4.2 Deformační rychlost	20
4.3 Deformace za studena a za tepla	22
5. MATERIÁLOVÉ ASPEKTY TVÁŘECÍCH PROCESŮ, MEZNÍ STAVY	25
5.1 Materiály pro objemové tváření za studena	25
5.2 Materiály pro objemové tváření za tepla	25
5.3 Materiály pro lisování plechu	26
6. MATEMATICKÁ TEORIE PLASTICKÉ DEFORMACE	28
6.1 Napjatost	28
6.1.1 Intenzita napětí	30
6.1.2 Mohrovy kružnice napětí	31
6.2 Stav deformace	31
6.2.1 Intenzita deformace	32
6.2.2 Mohrovy kružnice přetvoření	33
6.3 Závislost mezi napětími a deformacemi	34
6.3.1 Teorie malých pružně plastických deformací	34
6.3.2 Přehled teorií plastické deformace	35
7. PODMÍNKY PLASTICITY A ZÁKONY VE TVÁŘENÍ	36
7.1 Podmínky plasticity	36
7.1.1 Podmínka maximálních smykových napětí	36
7.1.2 Podmínka intenzity napětí	36
7.1.3 Geometrická interpretace podmínky plasticity	37
7.1.4 Srovnání podmínek plasticity	38

7.2	Zákony ve tváření	39
7.2.1	Zákon stálosti objemu.	39
7.2.2	Zákon nejmenšího odporu.	40
7.2.3	Zákon pružného odlehčení.	40
7.2.4	Zákon zpevnění.	41
7.2.5	Zákon tření.	41
7.2.6	Zákon podobnosti	41
7.3	Vliv napjatosti a deformace na tváření	42
8.	VÝPOČTOVÉ METODY ZKOUMÁNÍ TVÁŘECÍCH PROCESŮ	43
8.1	Metoda tenkých řezů	43
8.2	Metoda rovnováhy prací	44
8.3	Metoda horní meze	44
8.4	Metoda konečných prvků	45
9.	METODA CHARAKTERISTIK	47
9.1	Diferenciální rovnice kluzových čar	47
9.1.1	Henckyho integrály	48
9.1.2	Henckyho věta	50
9.1.3	Prandtlův teorém	50
9.2	Souvislost polí charakteristik a rychlostí	51
9.3	Rekurentní postup pro obecný čtyřúhelník	53
10.	EXPERIMENTÁLNÍ METODY ZKOUMÁNÍ TVÁŘECÍCH PROCESŮ	55
10.1	Metoda přetvárného odporu	55
10.2	Metody zviditelňování plastického toku	55
10.3	Mikroskopické metody	56
10.4	Makroskopické metody	57
11.	MODELOVÁNÍ TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ TVÁŘENÍ	60
11.1	Návrhový objekt	60
11.2	Materiální objekt	61
11.3	Experimenty na materiálovém objektu	62
11.4	Přenos na technický objekt	62
12.	PĚCHOVÁNÍ MEZI TUHÝMI ROVNOBĚŽNÝMI ROVINAMI	63
12.1	Pole charakteristik při pěchování válce	64
12.2	Napjatost v poli charakteristik při pěchování válce	66
12.3	Energosilové parametry a pracovní diagram pěchování	68
13.	VOLNÉ KOVÁNÍ	69
13.1	Napjatost volného kování	69
13.1.1	Pásmo klouzáni	69
13.1.2	Pásmo brzdění	70
13.1.3	Pásmo stagnace	70
13.2	Podmínky výskytu pásem smykového napětí	71
13.3	Kovací síla	71
14.	ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ	72
14.1	Přirozený přetvárný odpor při zápusťkovém kování	72
14.2	Výpočet kovací síly a práce	72

15. DOPŘEDNÉ PROTLAČOVÁNÍ	75
15.1 Technologické parametry dle ČSN 22 7005	75
15.2 Řešení napjatosti energetickou metodou	75
15.2.1 Kalibrační část průtlačnice	75
15.2.2 Redukční část průtlačnice	76
15.2.3 Zásobníková část průtlačnice	78
15.2.4 Protlačovací tlak	78
15.3 Řešení dopředného protlačování metodou charakteristik	78
15.3.1 Okrajové podmínky	79
15.3.2 Pole charakteristik	80
15.3.3 Napjatost a parametry protlačování	82
16. ZPĚTNÉ PROTLAČOVÁNÍ	83
16.1 Řešení zpětného protlačování dle ČSN 22 7005	83
16.2 Řešení napjatosti energetickou metodou	83
16.2.1 Tvářecí tlak volného vtlačování	83
16.2.2 Tvářecí tlak usměrněného zpětného protlačování	85
16.3 Modelové řešení usměrněného zpětného protlačování	86
16.3.1 Pole charakteristik a technologické parametry	86
16.3.2 Model zpětného protlačování	88
17. TAŽENÍ DRÁTŮ A TRUBEK	90
17.1 Řešení napjatosti při tažení metodou tenkých řezů	90
17.2 Řešení napjatosti při tažení metodou charakteristik	91
18. TVÁŘENÍ VYSOKÝMI PARAMETRY	93
18.1 Vysokorychlostní tváření	93
18.2 Vysokotlaké tváření	95
18.3 Frekvenční tváření	96
18.4 Termální tváření	96
18.5 Technologické parametry dynamického objemového tváření	96
19. VÁLCOVÁNÍ A POVRCHOVÉ TVÁŘENÍ	98
19.1 Válcování	98
19.1.1 Podélné válcování	98
19.1.2 Příčné klínové válcování	100
19.2 Povrchové tváření	101
20. TVÁŘENÍ ROTUJÍCÍ KYVNOU ZÁPUSTKOU	103
20.1 Druhy pohybů a tvar kyvné zápusťky	103
20.2 Napjatost v plastické oblasti	104
20.3 Technologické parametry tváření kyvnou zápusťkou	105
21. TAŽENÍ PLECHU	107
21.1 Pole charakteristik při tažení plechu	108
21.2 Napjatost v poli charakteristik při tažení plechu	110
21.3 Technologické parametry při tažení plechu	111
21.3.1 Víceoperační tažení plechu	111
21.3.2 Deformace a dráha nástroje	112
21.3.3 Tlak přidržovače	112
21.3.4 Tažné napětí, tažná síla a pracovní diagram	113

21.4 Tažení se zeslabením stěny	114
22.TAŽENÍ ROTAČNÍCH VÝTAŽKŮ Z PLECHU	115
22.1 Pole charakteristik na ploše výtažku	115
22.2 Stav deformace a napjatosti rotačního výtažku	117
23.TAŽENÍ VÝTAŽKŮ NEROTAČNÍHO TVARU	120
23.1 Zjištění počtu potřebných tažných operací	121
23.2 Odstupňování tahů u čtyřhranných výtažků	121
23.3 Stanovení tvaru a velikosti přístřihu	122
23.3.1 Přístřih čtyřhranného výtažku pro jednooperační tažení	122
23.3.2 Příklad tříoperačního tažení čtvercového výtažku	123
23.4 Technologické parametry tažení čtyřhranných výtažků	124
23.4.1 Velikost tažné mezery	124
23.4.2 Podmínky použití přidržovače	124
23.4.3 Poloměry zaoblení hran nástroje	124
23.4.4 Tažná a přidržovací síla lisu	125
23.4.5 Materiál a drsnost povrchu tažidel	125
23.4.6 Příčiny vzniku vad při tažení čtyřhranných výtažků	125
24.OHÝBÁNÍ A ZKRUŽOVÁNÍ PLECHŮ A TYČÍ	126
24.1 Stav deformace při ohýbání	126
24.2 Výpočet složek napětí při ohýbání	127
24.2.1 Napjatost metodou tenkých řezů	127
24.2.2 Napjatost metodou charakteristik	128
24.3 Ohybový moment, tvářecí síla a dráha nástroje	130
24.4 Odpružení při ohýbání	133
24.5 Zkružování plechů	134
25.STŘÍHÁNÍ PLECHŮ A PROFILŮ	136
25.1 Napjatost a deformace při střihání	136
25.2 Energosilové parametry střihání	138
25.3 Přesné střihání	139
26.TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE SOUČÁSTI VYRÁBĚNÝCH TVÁŘENÍM	141
26.1 Výkovky, vyráběné volným a zápusťkovým kováním	141
26.2 Plošné výlisky	143
26.2.1 Technologičnost konstrukce výstřížků	143
26.2.2 Technologičnost konstrukce ohýbaných profilů	144
26.2.3 Technologičnost konstrukce výtažků	146
26.3 Technologičnost součástí tvářených objemově	147
26.4 Technologičnost konstrukce u impulzního tváření	148
26.5 Technicko-ekonomické aspekty volby tvářecí technologie	148
27.METODIKA TECHNOLOGICKÉ PŘÍPRAVY VÝROBY TVÁŘENÍM	149
27.1 Technologické postupy volného kování	149
27.2 Technologické postupy zápusťkového kování	150
27.3 Technologické postupy plošného tváření	150
SEZNAM LITERATURY	151



STK PRAHA

