

# OBSAH

PŘEDMLUVA .....	1
<b>1. FYZIKÁLNÍ PODSTATA PLASTICKÉ DEFORMACE .....</b>	<b>2</b>
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
<b>2. DEFORMACE, NAPĚTÍ, ZPEVNĚNÍ, ANIZOTROPIE .....</b>	<b>8</b>
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
<b>3. TVÁRNOST, TVAŘITELNOST, DEFORMAČNÍ ODPORY .....</b>	<b>16</b>
3.1 Hodnocení plasticity .....	16
3.2 Přetvárné odpory .....	17
3.3 Technologická tvařitelnost .....	18
<b>4. VLIV RYCHLOSTI A TEPLoty NA TVÁŘENÍ .....</b>	<b>19</b>
4.1 Teplota deformace .....	19
4.2 Deformační rychlost .....	20
4.3 Deformace za studena a za tepla .....	22
<b>5. MATERIÁLOVÉ ASPEKTY TVÁŘECÍCH PROCESŮ, MEZNÍ STAVY .....</b>	<b>25</b>
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
<b>6. MATEMATICKÁ TEORIE PLASTICKÉ DEFORMACE .....</b>	<b>28</b>
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
<b>7. PODMÍNKY PLASTICITY A ZÁKONY VE TVÁŘENÍ .....</b>	<b>36</b>
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
<b>8.</b>	<b>VÝPOČTOVÉ METODY ZKOUMÁNÍ TVÁŘECÍCH PROCESŮ</b>	<b>43</b>
8.1	Metoda tenkých řezů	43
8.2	Metoda rovnováhy prací	44
8.3	Metoda horní meze	44
8.4	Metoda konečných prvků	45
<b>9.</b>	<b>METODA CHARAKTERISTIK</b>	<b>47</b>
9.1	Diferenciální rovnice kluzových čar	47
9.1.1	Henckeho integrály	48
9.1.2	Henckeho věta	50
9.1.3	Prandtlův teorém	50
9.2	Souvislost polí charakteristik a rychlostí	51
9.3	Rekurentní postup pro obecný čtyřúhelník	53
<b>10.</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ METODY ZKOUMÁNÍ TVÁŘECÍCH PROCESŮ</b>	<b>55</b>
10.1	Metoda přetvárného odporu	55
10.2	Metody zviditelňování plastického toku	55
10.3	Mikroskopické metody	56
10.4	Makroskopické metody	57
<b>11.</b>	<b>MODELOVÁNÍ TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ TVÁŘENÍ</b>	<b>60</b>
11.1	Návrhový objekt	60
11.2	Materiální objekt	61
11.3	Experimenty na materiálovém objektu	62
11.4	Přenos na technický objekt	62
<b>12.</b>	<b>PĚCHOVÁNÍ MEZI TUHÝMI ROVNOBĚŽNÝMI ROVINAMI</b>	<b>63</b>
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
<b>13.</b>	<b>VOLNÉ KOVÁNÍ</b>	<b>69</b>
13.1	Napjatost volného kování	69
13.1.1	Pásmo klouzání	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
<b>14.</b>	<b>ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ</b>	<b>72</b>
14.1	Přirozený přetvárný odpor při zápusťkovém kování	72
14.2	Výpočet kovací síly a práce	72

<b>15. DOPŘEDNÉ PROTlačOVÁNÍ</b> .....	<b>75</b>
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
<b>16. ZPĚTNÉ PROTlačOVÁNÍ</b> .....	<b>83</b>
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
<b>17. TAŽENÍ DRÁTŮ A TRUBEK</b> .....	<b>90</b>
17.1 Řešení napjatosti při tažení metodou tenkých řezů .....	90
17.2 Řešení napjatosti při tažení metodou charakteristik .....	91
<b>18. TVÁŘENÍ VYSOKÝMI PARAMETRY</b> .....	<b>93</b>
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
<b>19. VÁLCOVÁNÍ A POVRCHOVÉ TVÁŘENÍ</b> .....	<b>98</b>
19.1 Válcování .....	98
19.1.1 Podélné válcování .....	98
19.1.2 Příčné klínové válcování .....	100
19.2 Povrchové tváření .....	101
<b>20. TVÁŘENÍ ROTUJÍCÍ KYVNOU ZÁPUSTKOU</b> .....	<b>103</b>
20.1 Druhy pohybů a tvar kyvné zápustky .....	103
20.2 Napjatost v plastické oblasti .....	104
20.3 Technologické parametry tváření kyvnou zápustkou .....	105
<b>21. TAŽENÍ PLECHU</b> .....	<b>107</b>
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 předržovače .....	112
21.3.4 Tažné napětí, tažná síla a pracovní diagram .....	113

21.4 Tažení se zeslabením stěny .....	114
<b>22. TAŽENÍ ROTAČNÍCH VÝTAŽKŮ Z PLECHU .....</b>	<b>115</b>
22.1 Pole charakteristik na ploše výtažku .....	115
22.2 Stav deformace a napjatosti rotačního výtažku .....	117
<b>23. TAŽENÍ VÝTAŽKŮ NEROTAČNÍHO TVARU .....</b>	<b>120</b>
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
<b>24. OHÝBÁNÍ A ZKRUŽOVÁNÍ PLECHŮ A TYČÍ .....</b>	<b>126</b>
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
<b>25. STŘÍHÁNÍ PLECHŮ A PROFILŮ .....</b>	<b>136</b>
25.1 Napjatost a deformace při stříhání .....	136
25.2 Ergosilové parametry stříhání .....	138
25.3 Přesné stříhání .....	139
<b>26. TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE SOUČÁSTI VYRÁBĚNÝCH TVÁŘENÍM .....</b>	<b>141</b>
26.1 Výkvyky, vyráběné volným a záпустkovým kováním .....	141
26.2 Plošné výlisky .....	143
26.2.1 Technologičnost konstrukce výstřižků .....	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
<b>27. METODIKA TECHNOLOGICKÉ PŘÍPRAVY VÝROBY TVÁŘENÍM .....</b>	<b>149</b>
27.1 Technologické postupy volného kování .....	149
27.2 Technologické postupy záпустkového kování .....	150
27.3 Technologické postupy plošného tváření .....	150
<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>151</b>