

OBSAH

	str.
PŘEDMLUVA	2
ÚVOD	3
2. FYZIKÁLNÍ PŘEDPOKLADY PLASTICKÉ DEFORMACE	4
2.1 Pružná a plastická deformace kovových těles	4
2.2 Krystalická stavba kovů a slitin	4
2.3 Mechanismy plastické deformace	5
2.4 Kluzové napětí	6
2.4.1 Kritické kluzové napětí	7
2.5 Poruchy v krystalické mřížce kovů	8
2.6 Dislokace	9
2.6.1 Pohyb dislokací	11
2.7 Plastická deformace polykrystalů	12
2.8 Deformační zpevnění	12
2.8.1 Zpevnění polykrystalů	13
2.8.2 Změna mechanických vlastností	14
2.9 Deformační odpevnění	14
2.9.1 Zotavení a polygonizace	15
2.9.2 Rekrystalizace	15
2.10 Deformační stárnutí	18
2.11 Dynamické odpevnění	19
2.12 Rozdělení tvářecích pochodů podle teploty rekrystalizace	20
2.13 Superplasticita	22
3. TVAŘITELNOST KOVŮ A SLITIN	24
3.1 Charakteristiky a ukazatele plasticity	24
3.1.1 Charakteristiky pevnosti (R_e ; R_m)	25
3.1.2 Charakteristiky plasticity (R_e/R_m ; A ; Z ; D_{50})	25
3.1.3 Charakteristiky deformace - přetvoření (ϵ ; φ)	26
3.1.4 Charakteristiky a ukazatele plasticity pro plošné tváření	28
3.1.5 Rychlost přetvoření (rychlost logaritmického přetvoření, rychlost deformace, rychlost tváření)	29
3.1.6 Napjatost	30
3.2 Zpevnění a přetvárné odpory kovů a slitin	30
3.2.1 Křivky zpevnění	31
3.2.2 Přetvárné odpory	33
3.3 Přetvárná práce	35
3.4 Technologická tvařitelnost	36
3.4.1 Plošná lisovatelnost	37
3.4.2 Objemová lisovatelnost	39
3.4.3 Kovatelnost	40
4. ROVNICE MATEMATICKÉ TEORIE PLASTICITY	41
4.1 Rozbor stavu napjatosti tělesa	41
4.1.1 Tenzor napjatosti	43
4.1.2 Kulový tenzor a deviator napjatosti	45
4.1.3 Efektivní napětí (intenzita napětí)	46
4.1.4 Oktaedrická napětí	46
4.1.5 Elipsoid napjatosti	47
4.1.6 Mohrovy kružnice napětí	48
4.1.7 Řešení kubické rovnice (4.16)	48
4.1.8 Diferenciální rovnice rovnováhy	49
4.2 Rozbor stavu přetvoření tělesa	53
4.2.1 Tenzor přetvoření	55
4.2.2 Zvláštnosti tenzoru přetvoření ve tváření	56
4.2.3 Efektivní přetvoření (intenzita přetvoření)	57
4.2.4 Oktaedrické přetvoření	57

4.2.5	Mohrovy kružnice přetvoření	58
4.2.6	Tensor rychlosti přetvoření	58
4.3	Fyzikální rovnice	59
4.3.1	Teorie malých pružně plastických přetvoření	60
4.3.2	Teorie plastického toku	61
5.	PODMÍNKY PLASTICITY A ROZBOR PROCESŮ PŘETVOŘENÍ	63
5.1	Podmínky plasticity	63
5.1.1	Podmínka maximálních smykových napětí	64
5.1.2	Podmínka plasticity HHM	66
5.1.3	Význam pravé strany podmínky plasticity HHM	67
5.1.4	Ověření podmínek plasticity	68
5.2	Rozbor procesů přetvoření	70
5.2.1	Mechanická schémata přetvoření	70
5.2.2	Diagram stavů napjatosti	71
6.	ZÁKONY TVÁŘENÍ	74
6.1	Zákon stálosti objemu	74
6.2	Zákon stálosti potenciální energie změny tvaru	74
6.3	Zákon nejmenšího odporu	75
6.4	Zákon maximálních smykových napětí a zákon zpevnění	76
6.5	Zákon odpružení po trvalé změně tvaru	76
6.6	Zákon přídavných napětí	77
6.7	Zákon podobnosti	77
6.8	Zákon tření	78
7.	METODY ŘEŠENÍ TVÁŘECÍCH PROCESŮ	82
7.1	Přehled metod řešení tvářecích procesů	82
7.2	Analytické metody řešení tvářecích procesů	82
7.2.1	Metoda rovinných řezů	82
7.2.2	Metoda rovnováhy prací (energetická)	84
7.2.3	Metoda charakteristik (kluzových čar)	85
7.2.4	Metoda horní meze	89
7.2.5	Metoda konečných prvků	90
7.3	Experimentálně analytické metody	92
7.3.1	Metoda přetvárného odporu	92
7.3.2	Metody zviditelnění plastického toku	93
7.3.3	Metoda zjišťování tvrdostí	96
7.3.4	Makroskopické metody zkoumání plastických přetvoření	96
7.3.5	Mikroskopické metody	98
8.	PĚCHOVÁNÍ	99
8.1.	Pěchování kovaním plochých tyčí mezi rovnoběžnými rovinami bez rozšiřování	99
8.1.1	Rovinná úloha v pravouhlých souřadnicích - řešení podle Prandla	99
8.1.2	Řešení podle Unksova	100
8.1.3	Prodlužování hranolu úzkými kovadly	103
8.1.4	Prodlužování válcové tyče	104
8.2	Volné pěchování mezi rovnoběžnými rovinami	104
8.2.1	Rovinná úloha va válcových souřadnicích	104
8.2.2	Řešení podle Siebela	105
8.2.3	Řešení podle Unksova	106
8.2.4	Volné pěchování hranolů - řešení podle Gubkina	108
9.	PROTLAČOVÁNÍ	109
9.1	Dopředné kvazistatické protlačování	109
9.1.1	Řešení průchodu výstupním očkem	110
9.1.2	Řešení pro redukční kužel	110
9.1.3	Řešení pro válcový zásobník	113
9.1.4	Řešení pro celou průtlasnici	114

9.1.5	Jiná řešení dopředného protlačování	114
9.1.6	Hydrostatické dopředné protlačování s tažením	117
9.2	Zpětné kvazistatické protlačování	118
9.2.1	Zpětné protlačování podle Dippera	118
9.2.2	Zpětné protlačování, řešení podle Unksova	121
9.2.3	Řešení zpětného protlačování podle Sachse	122
9.2.4	Jiná řešení zpětného protlačování	123
10.	PROTAHOVÁNÍ	125
10.1	Kvazistatické tažení v průvlaku	125
10.1.1	Tažení v průvlaku s protitahem	126
10.1.2	Tažení v průvlaku s protitahem na trnu	126
11.	ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ	127
11.1	Přetvárná práce a velikost beranu bucharu	127
11.2	Metody výpočtu kovací síly	128
11.2.1	Výpočet kovací síly podle Gubkina	129
11.2.2	Výpočet kovací síly podle Storoževa - Popova	129
11.2.3	Výpočet kovací síly podle Tomlenova (ČSN 22 83 06)	130
11.2.4	Ostatní metody výpočtu kovací síly	132
12.	VÁLCOVÁNÍ	133
12.1	Rovinná kontaktní úloha podélného válcování	133
13.	OHÝBÁNÍ	136
13.1	Ohýbání s malým zakřivením bez zpevnění	136
13.1.1	Ohýbání úzkých tyčí bez zpevnění	136
13.2	Ohýbání pásů velkým zakřivením bez zpevnění	138
13.2.1	Plocha nulového prodloužení	140
13.3	Ohýbání se zpevněním	141
13.4	Odpružení při ohybu	142
13.5	Minimální a maximální poloměr ohybu	143
13.6	Volný ohyb osamělou silou	144
13.7	Zakružování	145
13.7.1	Zakružování třemi nepoháněnými válci silou F	145
13.7.2	Zakružování třemi válci s pohonem středního válce	146
14.	TAŽENÍ	147
14.1	Hluboké tažení bez zeslabení stěny	147
14.1.1	Řešení radiálního napětí podle Sachse	149
14.1.2	Řešení 1. operace tažení podle Šořmana	151
14.1.3	Stanovení tažné síly v dalších operacích tažení	152
15.	STŘÍHÁNÍ	156
15.1	Střížný proces jako rovinný stav napjatosti a přetvoření	157
15.1.1	Určení střížné síly a práce	158
15.2	Rozbor stavu napjatosti při volném a uzavřeném stříhání	158
15.3	Rozbor stavu napjatosti při přesném stříhání	160
15.4	Určení střížné síly a práce při volném otevřeném stříhání různou geometrií nožů	161
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	162
	POUŽITÁ OZNAČENÍ	164
	OBSAH	165