

1. Fyzikální základy plastické deformace	1
1.1 Krystalická stavba kovů	1
1.2 Nedokonalosti krystalové mřížky	1
1.2.1 Bodové vady	2
1.2.2 Čárové vady	2
1.2.3 Plošné vady	2
1.3 Plastická deformace	3
1.3.1 Vliv plastické deformace na vlastnosti tvářeného materiálu	4
2. Mechanická podstata a zákony plastické deformace	8
2.1 Napětí v tvářeném tělese	8
2.1.1 Charakteristika napětí	8
2.1.2 Stav napjatosti	10
2.2 Deformace v tvářeném tělese	10
2.2.1 Vyjádření velikosti deformace	11
2.2.2 Stav deformace	11
2.3 Rychlost deformace	12
2.4 Podmínky vzniku plastické deformace	13
2.4.1 Podmínka maximálních smykových napětí	13
2.4.2 Podmínka intenzity smykových napětí	13
2.5 Zákony plastické deformace	14
2.5.1 Zákon stálosti objemu	14
2.5.2 Zákon nejmenšího odporu	15
2.5.3 Zákon neodlučitelnosti pružných deformací	15
2.5.4 Zákon přídavných napětí a nerovnoměrnosti deformace	16
2.6 Deformační odpory	16
3. Deformační schopnost kovu	18
3.1 Materiáloví činitelé	18
3.1.1 Chemické složení	18
3.1.2 Strukturní stav	20
3.1.3 tepelně aktivované děje	20
3.2 Termomechanické podmínky deformace	21
3.2.1 Teplota deformace	22
3.2.2 Velikost deformace	22
3.2.3 Rychlost deformace	23
3.3 Napět'ový stav	24
3.4 Technologické podmínky zpracování	25
4. Zjišťování a hodnocení tvařitelnosti kovů	27
4.1 Hodnocení tvařitelnosti základními mechanickými zkouškami	28
4.1.1 Tahová zkouška	28
4.1.2 Tlaková zkouška	28
4.1.3 Krutová zkouška	29
4.2 Hodnocení tvařitelnosti technologickými zkouškami	30
4.3 Hodnocení tvařitelnosti při objemovém tváření	32

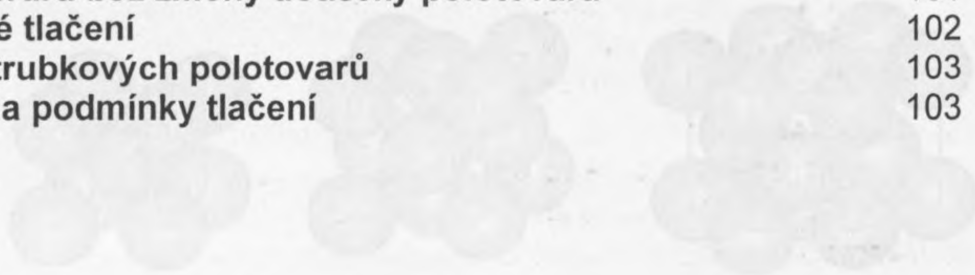
4.4 Hodnocení tvařitelnosti při plošném tváření	32
4.4.1 Exponent deformačního zpevnění	32
4.4.2 Plastická anizotropie	34
4.4.3 Společný vliv exponentu deformačního zpevnění a součinitele plastické anizotropie	36
4.5 Limitní diagramy	36
4.5.1 Keeler-Goodwinův diagram	38
4.5.2 Diagram mezní plastičnosti	40
4.5.3 Diagram mezního stupně přetvoření	40
5. Tváření materiály	41
5.1 Tváření ocelí	41
5.2 Tváření hliníku a jeho slitin	42
5.3 Tváření hořčíku a jeho slitin	45
5.4 Tváření mědi a jejich slitin	47
5.5 Tváření niklu a jeho slitin	47
5.6 Tváření titanu a jeho slitin	48
6. Klasifikace tváření	50
6.1 Přehled základních operací plošného tváření	50
6.2 Přehled základních operací objemového tváření	54
7. Výroba součástí stříháním	56
7.1 Průběh stříhání	56
7.2 Střížná síla a střížná práce	57
7.3 Vůle mezi střížníkem a střížnicí	60
7.4 Stanovení rozměrů střížníků a střížnic a přesnost výstřížků	61
7.5 Postup vystřihování, nástroj pro vystřihování	62
7.6 Stříhání malých otvorů	64
7.7 Přesné vystřihování	65
7.7.1 Technologičnost procesu	65
7.7.2 Konstrukce nástrojů	66
8. Výroba součástí ohýbáním	67
8.1 Průběh a výsledek ohýbání tyčí a širokých pásů	67
8.2 Ohybový moment	68
8.3 Poloha neutrální vrstvy	69
8.4 Minimální poloměr ohybu	70
8.5 Pružná deformace při ohýbání	71
8.6 Síla a práce při ohýbání	72
8.7 Konstrukce a přesnost ohýbaných součástí	73
9. Výroba součástí tažením plechu	74
9.1 Tažení válcových výtažků bez zeslabení stěny	74
9.1.1 Tažné napětí a tažná síla	75
9.1.2 Technologické parametry tažení	78
9.2 Tažení výtažků s rozdílnou tloušťkou stěn a dna	81
9.3 Tažení neválcových rotačních tvarů	83
9.3.1 Tažení součástí se širokou přírubou	83
9.3.2 Tažení stupňovitých výtažků	84
9.3.3 Tažení kuželových výtažků	84

1. Fyzikální základy plastické deformace

9.3.4 Tažení sférických výtažků	86
9.3.5 Tažení hranatých výtažků	87
9.3.6 Tažení velkých nepravidelných součástí	90
9.3.7 mazání v procesu tažení	91
9.4 Lemování	91
9.4.1 Lemování otvorů	91
9.4.2 Lemování okrajů	95
9.5 Zužování a rozšiřování válcových součástí	95
9.5.1 Zužování okrajů válcových tvarů	95
9.5.2 Rozšiřování okrajů válcových tvarů	98
9.5.3 Rozšiřování středových částí válcových polotovarů	100
10. Výroba součástí rotačním tlačením	101
10.1 Tlačení tvaru bez změny tloušťky polotovaru	101
10.2 Smykové tlačení	102
10.3 Tlačení trubkových polotovarů	103
10.4 Zařízení a podmínky tlačení	103



Obr. 1.1 Schéma vnitřní struktury kovu při krystalizaci



Obr. 1.2 Základní typy krystalových vad

Díky krystalové mřížky, v níž dráhy kov krystalizuje, závisí na vnitřní struktuře atomů, v jaké vzdálenosti od sebe, které mají vnitřní vazby, na jejich vzájemném uspořádání. Za různých vnitřních podmínek, např. v různé době tepelné, mohou mít kovy i různou krystalovou mřížku. Např. při tuhnutí dráha železa krystalizuje při teplotě 1538°C z kapaliny krystalovou, prostou středně mřížkou (Fe_{cc}), která zůstává zachována až do teploty 1392°C, kdy se mění na mřížku Aychlovou (Fe_{cc}) středně středně (Fe_{cc}) a teplotě 912°C, opět na vychlovou, prostou středně (Fe_{cc}). Avšak ocel mřížkou má v závislosti na chemickém složení při určité teplotě, stejně jako Fe, strukturu dráha středně, nebo středně (Fe_{cc} + Fe_{cc}), případně i více středně. Díky mřížkou středně karbidy, intermetalicke látky, oxidy a sulfidy směsky, nitidy atd.

1.2. Nedokonalosti krystalové mřížky

V reálných kovech není stavba krystalové mřížky dokonalá. Při krystalizaci a při vytváření kovů, stejně jako při jeho technologickém zpracování, vzniká řada vad krystalových struktur. Podle svého geometrického tvaru se mřížkové vady dělí na bodové, čárové, plošné a prostorové.

1.2.1. Bodové vady

Existují tři základní druhy bodových vad mřížky a to mezerování, uvolnění bodů mřížky – vakance, atom ukotvený v mezimřížové mezě – intersticium, zatímco původním atomu mřížky je jím – substituce, obr. 1.3.