

Spracoval Doc. Ing. Ľubomír Bechný, CSc.:

ÚVOD	9
----------------	---

Spracoval Doc. Ing. Harold Mäsiar, CSc.:

1 VLASTNOSTI TAVENÍN	15
1.1 Štruktúra tavenín	15
1.1.1 Rozdiely vo fyzikálnych vlastnostiach tekutej a tuhej fázy	15
1.2 Zlievárenské a fyzikálne vlastnosti tavenín	19
1.2.1 Viskozita	20
1.2.2 Tekutosť	23
1.2.3 Zabiehavosť	23
1.2.4 Medza tekutosti	29
2 PRÚDENIE TAVENÍN	30
2.1 Fyzikálne javy pri prúdení	30
2.1.1 Prúdenie laminárne a turbulentné	30
2.2 Hydraulické pomery pri odlievaní	36
2.2.1 Náraz voľného prúdu na dno formy	37
2.2.2 Náraz prúdu na šikmú stenu a šikmého prúdu na dno formy	38
2.2.3 Prúdenie taveniny v kanáloch	39
2.2.4 Tvar prierezu prúdu	41
2.2.5 Vírenie pri prúdení	42
2.3 Hydraulické pomery vo vtokových sústavách	43
2.3.1 Odpor proti prúdeniu	43
2.3.2 Bernoulliho rovnica	45
2.3.3 Hydraulické pomery vo vtokových kanáloch	46
2.3.3.1 Rýchlostné (tlakové) pomery vo vtokových kanáloch	51
2.3.4 Hydraulické pomery vo vtokových jamkách	57
2.3.5 Troskové a rozvádzačie kanály	60
2.3.6 Zářezy	62
3 VTOKOVÉ SÚSTAVY	63
3.1 Funkcia a základné časti vtokových sústav	63
3.1.1 Návrh a výpočet vtokovej sústavy	65
3.2 Pretlaková vtoková sústava	65
3.2.1 Výpočet pretlakovej vtokovej sústavy	66
3.2.1.1 Určenie času odlievania	67

3.2.1.2 Stanovenie najmenšieho prierezu vtokovej sústavy	73
3.2.1.3 Riešenie jednotlivých prvkov vtokovej sústavy	76
3.2.2 Rovnotlakové vtokové sústavy	81
3.2.3 Podtlakové vtokové sústavy	82
3.2.3.1 Výpočet podtlakových vtokových sústav	83

Spracoval Doc. Ing. Ľubomír Bechný, CSc.:

3.3 Liatie pôsobením zväčšených síl na tekutý kov	85
3.3.1 Odstredivé liatie	85
3.3.1.1 Hydraulické riešenie silových účinkov odstredivého liatia	86
3.3.2 Liatie pod tlakom	89
3.3.3 Nízkotlakové liatie	95

Spracovala Doc. Ing. Zora Gedeonová, CSc.:

4. TEPLOFYZIKÁLNE POCHODY V SÚSTAVE ODLIATOK - FORMA	98
4.1 Teplotné pole a tepelný tok	98
4.2 Vplyv tvaru odliatku na teplotné pole	102
4.3 Ochladzovanie kovu vo forme - prestup tepla z odliatku do formy	105
4.3.1 Prestup tepla pri tesnom dotyku odliatku a formy	105
4.3.2 Prestup tepla v sústave odliatok - medzera - forma	107
4.4 Tepelný a plynový režim v zlievárenskej forme	110
4.4.1 Prenos tepla v stene formy	110
4.4.2 Súčiniteľ tepelnej akumulácie formy	111
4.4.3 Vznik kondenzačnej zóny vo forme	113
4.4.4 Plynotvornosť a priedušnosť formy	115
4.5 Chyby odliatkov vznikajúce interakciou taveniny a formy	118

Spracoval Doc. Ing. Harold Mäsiar, CSc.:

5 KRYŠTALIZÁCIA	124
5.1 Fyzikálna podstata kryštalizácie	126
5.1.1 Voľná energia	126
5.1.2 Voľná entalpia	127
5.1.3 Skupenské teplo tuhnutia	128
5.2 Homogénna a heterogénna nukleácia	129
5.2.1 Mechanizmus nukleácie	130
5.2.2 Mechanizmus rastu	135
5.2.3 Zmena voľnej entalpie pri heterogénnej nukleácii v porovnaní s homogénnou nukleáciou	136
5.2.4 Podchladenie pri tuhnutí čistých kovov	138
5.2.5 Podchladenie pri tuhnutí zliatin	140
5.3 Vplyv priebehu kryštalizácie na štruktúru	144
5.3.1 Mechanizmus zjemnenia štruktúry	146

Spracoval Doc. Ing. Ľubomír Bechný, CSc.:

5.4 Kryštalizácia zlievárenských zliatin	147
--	-----

5.4.1	Kryštalizácia ocele	147
5.4.1.1	Očkovanie ocele	148
5.4.2	Kryštalizácia liatiny	150
5.4.2.1	Tuhnutie bielej liatiny	150
5.4.2.2	Tuhnutie sivej liatiny	151
5.4.2.3	Tuhnutie tvárnej liatiny	156
5.4.2.4	Tuhnutie liatin s prechodovým grafitom	162
5.4.3	Kryštalizácia neželezných kovov	173
5.4.4	Ovplyvňovanie počtu kryštalizačných zárodkov nízkou liacou teplotou	173
5.4.4.1	Suspenné odlievanie	174
5.5	Fyzikálno-metalurgické základy metalurgických procesov pri tavení zliatin železa	175
5.5.1	Roztavené trosky	175
5.5.1.1	Molekulárna teória trosiek	175
5.5.1.2	Iontová teória trosiek	177
5.5.2	Fyzikálno-chemické reakcie pri tavení ocele	179
5.5.2.1	Oxidácia kremíka	179
5.5.2.2	Oxidácia mangánu	180
5.5.2.3	Oxidácia fosforu	181
5.5.2.4	Oxidácia uhlíka	182
5.5.2.5	Odstraňovanie síry	182
5.5.2.6	Odstraňovanie plynov a vtrúsenín z ocelí	184
5.5.2.7	Dezoxidácia ocele	185
5.5.3	Metalurgické pochody pri tavení liatiny v kupľovniach	189
5.5.3.1	Pochody pri spaľovaní koksu	189
5.5.3.2	Výkon kupľovne	191
5.5.3.3	Chemické pochody v priebehu tavenia	191
5.5.4	Tavenie liatiny v elektrických peciach	193
5.5.5	Metalurgia zliatin neželezných kovov	194
5.5.5.1	Vsádzkové materiály	195
5.5.5.2	Ohrev, tavenie a vyparovanie kovov	196
5.5.5.3	Vzájomné pôsobenie kovov s plynmi	198

Spracovala Doc. Ing. Zora Gedeonová, CSc.:

6	PROCESY PRI TUHnutí ODLIATKU	209
6.1	Kinetika tuhnutia	209
6.1.1	Matematické riešenie kinetiky tuhnutia	210
6.1.2	Tuhnutie odliatku reálnych tvarov - modul odliatku	213
6.1.3	Nepравidelnosti v priebehu tuhnutia	215
6.1.4	Tuhnutie s dvojfázovým pásmom	218
6.2	Morfológia frontu tuhnutia	220
6.2.1	Charakteristika exogénnych a endogénnych typov tuhnutia	220
6.2.2	Faktory ovplyvňujúce morfológiu tuhnutia	222
6.3	Morfológia a krivky tuhnutia zliatin železo - uhlík	223
6.3.1	Tuhnutie ocele na odliatky	223
6.3.2	Tuhnutie liatin	225

6.4	Objemové zmeny pri tuhnutí	227
6.4.1	Zmrašťovanie zlievárenských zliatin	228
6.4.2	Stahovanie odliatkov	231
6.4.2.1	Matematické vyjadrenie vzniku osovej pórovitosti	232
6.4.2.2	Matematické vyjadrenie vzniku vonkajšej sústre- denej stiahnutiny	233
6.4.2.3	Vplyv technologických podmienok a zloženie zliatiny na charakter stiahnutiny	235
7	NÁSLEDKY OBJEMOVÝCH ZMIEN PRI TUHnutí	237
7.1	Rozbor následkov objemových zmien	237
7.2	Usmernené a neusmernené tuhnutie	238
7.3	Morfológia priebehu tuhnutia	244
7.4	Náliatkovanie odliatkov	245
7.4.1	Oblasť pôsobenia náliatku	247
7.4.2	Optimalizácia tvaru náliatku	248
7.4.2.1	Pripojenie náliatku k odliatku	248
7.4.3	Druhy náliatkov	249
7.4.3.1	Podtlakové náliatky	250
7.4.3.2	Atmosferické náliatky	251
7.4.3.3	Pretlakové náliatky	252
7.4.3.4	Náliatky s izolačnými a exotermickými obkladmi	254
7.4.4	Výpočet veľkosti náliatku	256
7.4.4.1	Určovanie veľkosti náliatkov pre ocelové odliatky	256
7.4.4.2	Náliatkovanie odliatkov zo sivých liatin	262
7.4.4.3	Náliatkovanie odliatkov z tvárných liatin	268
7.4.4.4	Náliatkovanie odliatkov zo zliatin neželezných kovov	269
7.4.5	Podnáliatkové vložky	273
7.4.6	Chladítka	274
7.4.7	Zvyšovanie využitia tekutého kovu	276

8	PNUTIE V ODLIATKOCH	279
8.1	Podmienky vzniku napätosti v odliatkoch	279
8.1.1	Zmrašťovanie odliatku v tuhom stave	279
8.1.2	Klasifikácia pnutia v odliatkoch	282
8.1.3	Teplotná oblasť pružnej a plastickej deformácie materiálu	284
8.1.4	Základné vzťahy pre výpočet pnutia v odliatku	285
8.1.5	Tuhosť a poddajnosť konštrukcie odliatku	289
8.2	Pnutie v oblasti vysokých teplôt	290
8.2.1	Mechanizmus tvorenia trhlin	290

8.2.2	Náchylnosť materiálu k trhaniu	292
8.2.3	Vplyv formy a konštrukcie odliatku	294
8.3	Pnutie v oblasti prevažne pružných deformácií	298
8.3.1	Mechanizmus vzniku tepelného pnutia zvyškového a dočasného	299
8.3.2	Kombinácia tepelného a transformačného pnutia	303
8.4	Pnutie pri sekundárnom ohreve a chladnutí odliatku	304
8.4.1	Ohrev a chladnutie odliatku v oblasti pružných deformácií	304
8.4.2	Ohrev odliatku nad kritickú teplotu a jeho ochladzovanie	305
8.4.3	Žíhanie na odstránenie pnutí	306
LITERATÚRA	308