

OBŠAH

	Úvod	1
	Historie a současnost slévárenské výroby	3
1.	Základní principy slévárenské výroby	7
2.	Struktura a vlastnosti roztavených kovů	9
2.1.	Tání kovů	10
2.2.	Tavitelnost kovů a slitin	16
2.3.	Změna struktury při tání kovů	18
2.4.	Struktura roztavených kovů	21
2.5.	Vypařování tavenin kovů	25
2.6.	Plyny v roztavených kovech	30
2.6.1.	Vodík v roztavených kovech	31
2.6.2.	Dusík v roztavených kovech	32
2.6.3.	Kyslík v roztavených kovech	33
2.6.4.	Odstraňování plynů z roztavených kovů	35
2.7.	Slévárenské vlastnosti tavenin kovů	36
2.7.1.	Tekutost (fluidita) tavenin kovů	37
2.7.2.	Viskozita roztavených kovů a slitin	39
2.7.2.1.	Metody měření viskozity	43
2.7.3.	Povrchové napětí roztavených kovů	44
2.7.3.1.	Metody měření povrchového napětí	50
2.7.3.2.	Vliv povrchových blan na povrchové napětí kovů	53
2.7.4.	Zabíhavost kovů a slitin	54
2.7.4.1.	Vliv vlastností tavenin na zabíhavost	55
2.7.4.2.	Vliv slévárenské formy na zabíhavost	57
2.7.4.3.	Vliv podmínek lité a konstrukčních činitelů	59
2.7.4.4.	Zkoušky zabíhavosti	60
3.	Odlévání slévárenských forem	65
3.1.	Základní zákony hydrauliky	65
3.1.1.	Zákon kontinuity (Eulerův zákon)	65

3.1.2.	Pascalův zákon	66
3.1.3.	Terricelliho zákon	67
3.1.4.	Zákon o zachování energie (Bernoulliho zákon)	67
3.1.5.	Archimédův zákon	69
3.1.6.	Stokesův zákon	69
3.2.	Charakter proudění kevných tavenin	70
3.2.1.	Samovolné proudění	70
3.2.2.	Vynucené proudění	73
3.2.2.1.	Velný proud taveniny	73
3.2.3.	Dopad volného proudu na stěnu	75
3.2.3.1.	Dopad volného proudu na rovnou stěnu	75
3.2.3.2.	Dopad volného proudu na šikmou stěnu	76
3.2.3.3.	Proudění taveniny po dně slévárenské formy	78
3.2.4.	Víření taveniny ve formě a jeho vliv na jakost odlitků	78
3.2.4.1.	Vír se svislou osou rotace	79
3.2.4.2.	Vír s vodorovnou osou rotace	79
3.2.5.	Proudění tekutého kovu ve vtokovém systému slévárenských forem	82
3.2.5.1.	Charakter proudění ve vtokové soustavě	82
3.3.	Tlakové poměry ve vtokové soustavě	84
3.4.	Provedení jednotlivých prvků vtokových soustav	88
3.4.1.	Provedení vtokové soustavy s odstruskovacími účinkem	88
3.4.1.1.	Licí jaska	90
3.4.1.2.	Vtokový kanál	93
3.4.1.3.	Odstruskovací kanál (odstruskovač)	94
3.4.1.3.1.	Odstruskování v podélném odstruskovači	94
3.4.1.3.2.	Použití cedítek	96
3.4.1.3.3.	Connorův odstruskovač	99
3.4.1.3.4.	Odšťavnitý odstruskovač	100
3.4.1.4.	Zářezy	101
3.4.2.	Provedení vtokové soustavy bez odstruskovacího účinku	104

3.5.	Sběrné přípravky na nečistoty	107
3.6.	Výpočet vtokové soustavy	109
3.6.1.	Stanovení nejužšího místa (soutěsky) soustavy	109
3.6.2.	Výpočet doby lití odlitku	110
3.6.3.	Výpočet rychlosti lití	112
3.6.4.	Výpočet průřezu soutěsky vtokové soustavy	113
3.6.5.	Výpočet dalších prvků vtokové soustavy	115
4.	Tepelné pochody v soustavě slévárenské forma - odlitek	117
4.1.1.	Teplotní gradient	118
4.1.2.	Tepelná vodivost látek	118
4.1.3.	Teplotní vodivost látek	120
4.1.4.	Tepelná jímavost látek	121
4.1.5.	Tepelný obsah látky (předmětu, prostředí)	122
4.1.6.	Teplotní pole	122
4.1.7.	Zákon stability teplotního pole	122
4.2.	Přenos tepla uvnitř prostředí (uvnitř látky)	123
4.2.1.	Přenos tepla vedením při stacionárním pochodu	123
4.2.2.	Přenos tepla vedením při nestacionárním pochodu	125
4.2.3.	Přenos tepla prouděním	125
4.2.4.	Přenos tepla z jednoho prostředí do druhého (z jednoho tělesa na druhé)	126
4.2.4.1.	Přenos tepla přestupem	126
4.2.4.2.	Přenos tepla sáláním	127
4.3.	Tepelné pochody v soustavě forma - kov v průběhu tuhnutí a chladnutí odlitku	129
4.3.1.	Přestup tepla z taveniny do pískové formy	129
4.3.2.	Přestup tepla z kovu do formy přes vzniklou mezeru	131
4.4.	Stanovení teplotního pole soustavy slévárenská forma - kov	133
4.4.1.	Metoda přímého měření teplotního pole	133
4.4.2.	Metody analogické	134
4.4.3.	Metody grafické	136

4.4.4.	Matematické metody	136
5.	Fyzikálně - chemické jevy při styku taveniny s formou	139
5.1.	Struktura alévarenské formovací směsi	139
5.2.	Přenos tepla ve alévarenské formě	141
5.3.	Vznik kondenzační zony ve alévarenské formě	142
5.4.	Plynotvornost alévarenské formy	143
5.5.	Mechanismus vzniku záclupů	146
5.6.	Zapékání povrchu odlitků	148
5.6.1.	Teplné zapékání povrchu odlitků	148
5.6.2.	Mechanické zapékání povrchu odlitků	149
5.6.3.	Chemické zapékání povrchu odlitků	151
5.7.	Vliv plynné atmosféry formy na taveninu	152
5.8.	Mechanismus vzniku bodlin	153
6.	Krystalizace a tuhnutí kovů a slitin	155
6.1.	Souvislost mechanických vlastností odlitků s primární krystalizací	155
6.2.	Termodynamické zákony krystalizace	157
6.3.	Homogenní nukleace	158
6.3.1.	Výpočet kritického rozměru zárodku	160
6.4.	Heterogenní nukleace	161
6.5.	Růst primárních krystalů z krystalizačních zárodků	162
6.5.1.	Přechod od buněčnaté struktury ke struktuře dendritické	165
6.5.2.	Růst rovnoosých krystalů	169
6.5.3.	Mechanismus krystalizace čistých kovů a slitin	169
6.5.4.	Krystalizace eutektických slitin	170
6.5.5.	Eutektická krystalizace slitin železo - uhlík	171
6.5.5.1.	Grafitické eutektikum, tvořené lupínkovým grafitem	173
6.5.5.2.	Grafitické eutektikum s kuličkovitým grafitem	174
6.5.5.3.	Ledeburitické eutektikum	175
6.6.	Krystalizace slitin typu tuhého roztoku	176

6.7.	Důsledek selektivního tuhnutí slitin	178
6.8.	Ovlivňování krystalizace	180
6.8.1.	Teorie očkování šedé litiny	181
6.8.2.	Teorie očkování tvárné litiny	183
6.9.	Morfologické typy tuhnutí	186
7.	Průběh tuhnutí tavenin kovů ve slévárenské formě	190
7.1.	Filtrace taveniny při tuhnutí odlitků	193
7.2.	Průběh tuhnutí a výsledná struktura některých slitin kovů	195
7.2.1.	Tuhnutí oceli	195
7.2.2.	Vycezeniny ve struktuře odlitků	197
7.2.2.1.	Vycezeniny bodovo-čárové	198
7.2.2.2.	Plošné vycezeniny	200
7.3.	Tuhnutí litin	201
7.4.	Tuhnutí hliníku a jeho slitin	201
7.5.	Kinetika tuhnutí	202
7.5.1.	Matematický výpočet rychlosti tuhnutí	202
8.	Průvodní jevy při tuhnutí odlitků	208
8.1.	Objemové změny při tuhnutí odlitků	208
8.2.	Tvoření staženin v odlitcích	210
8.3.	Soustředěná staženina	212
8.3.1.	Objem soustředěné staženiny	215
8.3.2.	Tvar soustředěné staženiny	217
8.4.	Vliv krystalizace grafitu ve slitinách železo - uhlík na velikost soustředěné staženiny	217
9.	Tepelné uzly v odlitcích	221
9.1.	Rozdělení tepelných uzlů	221
9.2.	Velikost tepelných uzlů	222
9.3.	Modul tepelných uzlů	224
9.4.	Zneškodňování tepelných uzlů	227

10.	Nálitkování odlitků	227
10.1.	Akční radius nálitků	230
10.2.	Dosezovací tlak nálitků	232
10.2.1.	Atmosférické nálitky	235
10.2.2.	Vysokotlaké nálitky	237
10.3.	Usměrněné tuhnutí odlitků	
10.3.1.	Využití vtokové soustavy k vytvoření podmínek pro usměrněné tuhnutí	239
10.3.2.	Použití slévárenských přísadků	239
10.3.3.	Použití materiálů s různou tepelnou vodivostí	241
10.3.3.1.	Použití podpovrchových chladítek a izolačních vložek	244
10.4.	Výpočet velikosti nálitků	245
10.4.1.	Chvorinova metoda výpočtu velikosti nálitků	246
10.4.2.	Přibylva metoda	247
10.5.	Využití tekutého kovu při výrobě odlitků	251
10.5.1.	Vliv tvaru nálitku na jeho zbytkovou část	252
10.5.2.	Použití izolačních a exotermických obkladů	253
10.6.	Odstranění nálitků z odlitků	255
10.6.1.	Použití podnálitkových vložek	255
11.	Chlazení odlitků a průvodní jevy	258
11.1.	Změny objemu odlitků v tuhém stavu	258
11.2.	Mechanismus vzniku trhlin	259
11.2.1.	Druhy trhlin a mechanismus jejich vzniku	263
11.2.2.	Vliv různých činitelů na náchylnost ke vzniku trhlin	265
11.2.2.1.	Vliv vlastností materiálu odlitku	266
11.2.2.2.	Vliv konstrukce odlitku	267
11.2.2.3.	Vliv vlastností formy a jader a podmínek liti	267
11.3.	Používané zkoušky náchylnosti materiálu ke vzniku trhlin	268
12.	Slévárenské napětí	270
12.1.	Mechanismus vzniku tepelného napětí	270
12.2.	Mechanismus vzniku fázového napětí	278
12.3.	Mechanismus vzniku směřovacího napětí	279
13.	Tepelné zpracování odlitků	281
13.1.	Tepelné zpracování ocelových odlitků	281
13.1.1.	Žihání k odstranění zbytkových napětí v odlitcích	281

13.1.2.	Žihání na měkko	282
13.1.3.	Normalizační žihání	282
13.1.4.	Homogenizační (difuzní) žihání	283
13.1.5.	Kalení a zušlechťování odlitků	283
13.2.	Tepelné zpracování litinových odlitků	284
13.3.	Tepelné zpracování odlitků ze slitin neželezných kovů	285
14.	Technologičnost konstrukce odlitků	287
15.	Vady odlitků	297
	Seznam použité literatury	301