

	str.
1. ÚVOD	1
2. FORMOVACÍ SMĚSI A SLÉVÁRENSKÁ FORMA	4
2.1. Formovací směsi	4
2.1.1. Příprava formovací směsi (mísení)	6
2.1.2. Ostřivo	10
2.1.2.1. Granulometrická skladba ostřiv	12
2.1.2.2. Regenerace ostřiv	13
2.1.3. Pojivo	15
2.1.3.1. Směsi I. generace	15
2.1.3.2. Směsi II. generace	16
2.1.3.3. Směsi III. generace	24
2.1.3.4. Směsi IV. generace	26
2.1.4. Zkoušení formovacích směsí	26
2.1.5. Příklady složení formovacích směsí a jejich použití	28
2.1.6. Povrchová ochrana forem a jader	30
2.2. Výroba forem a jader	32
2.2.1. Výroba forem a jader s použitím modelu a jaderníku	32
2.2.2. Výroba forem a jader bez použití modelu a jaderníku	39
2.2.2.1. Výroba forem rotační šablonou	39
2.2.2.2. Formování rovinnou šablonou	41
2.2.2.3. Formování na kostru	42
2.2.2.4. Formování s kročky	42
2.2.3. Teoretické základy pýchování	43
2.2.3.1. Ideální křivka upýchování	44
2.2.3.2. Způsoby zhušťování formovací směsí	45
2.2.4. Strojní výroba jader	51
3. VTOKOVÁ SOUSTAVA ODLITKU	52
3.1. Prvky vtokové soustavy	53
3.2. Princip odstruskování proudu kovu	55
3.3. Výpočet vtokových soustav	59
3.3.1. Stanovení doby lití	60
3.3.2. Určení řídicího průřezu vtokové soustavy	61
3.3.3. Podtlaková a přetlaková soustava	63
3.3.4. Vtokové soustavy podle normy AFS (American Foundrymen's Society)	64

4.	VZTLAK KOVU	66
5.	KRYSTALIZACE A TUHNUTÍ ODLITKŮ	71
5.1.	Struktura roztavených kovů	71
5.2.	Termodynamika krystalizace	72
5.3.	Nukleace	74
5.3.1.	Homogenní nukleace	74
5.3.2.	Heterogenní nukleace	75
5.4.	Krystalizace slitin v reálných podmínkách	76
5.4.1.	Odchyšky od rovnovážného diagramu	76
5.4.1.1.	Konstituční přechlazení (Chalmers)	77
5.4.1.2.	Koncentrační deprese přechlazení (A. Ohno)	78
5.4.2.	Postup krystalizace ve slévárenské formě	80
5.4.2.1.	Primární krystalizace odlitků	81
5.4.2.2.	Segregace (odmíšeniny) a vycezeniny	82
5.4.2.2.1.	Stvolové vycezeniny	83
5.4.3.	Průběh a doba tuhnutí	84
5.4.3.1.	Usměrněné tuhnutí odlitků	90
6.	OBJEMOVÉ ZMĚNY KOVU PŘI TUHNUTÍ A ZNEŠKODŇOVÁNÍ TEPELNÝCH UZLŮ V ODLITKU	91
6.1.	Objemové změny kovu při tuhnutí a chladnutí odlitků	91
6.1.1.	Objemové změny oceli	91
6.1.2.	Objemové změny šedé litiny (bílé litiny)	93
6.1.3.	Mechanismus tvorby staženiny	94
6.2.	Tepelný uzel v odlitku	95
6.2.1.	Zneškodňování tepelných uzlů	98
6.2.1.1.	Změna konstrukce odlitku	98
6.2.1.2.	Nálitkování ocelových odlitků	99
6.2.1.2.1.	Otevřené nálitky	100
6.2.1.2.2.	Uzavřené nálitky	104
6.2.1.2.3.	Využití tlaku pro zvyšování účinnosti nálitků	105
6.2.1.2.4.	Zvyšování účinnosti nálitků	109
6.2.1.2.5.	Reverzní metody	111
6.2.1.2.6.	Výpočet velikosti nálitků	111
6.2.1.3.	Chlazení tepelných uzlů	113
6.2.1.3.1.	Stanovení vnitřních chladítek	116
7.	SDÍLENÍ TEPLA MEZI ODLITKEM A FORMOU	119
7.1.	Matematické řešení průběhu tuhnutí	121

8.	STANOVENÍ OPTIMÁLNÍ DOBY SETRVÁNÍ ODLITKŮ VE SLÉVÁRENSKÉ FORMĚ	122
9.	VYBÍJENÍ, ČIŠTĚNÍ A OPRAVA VAD ODLITKŮ	125
9.1.	Vytloukání odlitků z rámu	125
9.2.	Čištění odlitků	126
9.3.	Čistírenské operace při úpravách a opravách odlitků	132
9.4.	Svařování slévárenských vad	135
10.	VADY ODLITKŮ	138
10.1.	Zabíhavost tekutého kovu do slévárenské formy (zavaleniny a nezaběhnutí odlitků)	138
10.1.1.	Vliv fyzikálních vlastností kovů na zabíhavost	139
10.1.2.	Vliv intervalu tuhnutí na zabíhavost	143
10.1.3.	Vliv smáčivosti a nesmáčivosti forem taveninou	144
10.1.4.	Vliv pohybu kovu ve vtokové soustavě a ve formě	145
10.1.5.	Vliv stavu formy na zabíhavost	146
10.1.6.	Zkoušky pro hodnocení zabíhavosti	146
10.2.	Kondenzační zóna vody a její důsledky (zálupy a vady z napětí)	147
10.2.1.	Vznik kondenzační zóny vody v syrových formách	147
10.2.2.	Pohyb kondenzační zóny vody v syrové formě	148
10.2.3.	Důsledky existence kondenzační zóny	149
10.2.3.1.	Vliv kondenzační zóny na přenos tepla	149
10.2.3.2.	Vliv kondenzační zóny na prodyšnost, propustnost a celý plynový režim slévárenské formy	150
10.2.3.3.	Vliv kondenzační zóny vody na vznik povrchových vad odlitků, především záluvů	150
10.2.3.3.1.	Napětí z brzděné tepelné dilatace	151
10.2.3.3.2.	Změny mechanických vlastností bentonitových směsí v zóně kondenzace vody	152
10.2.4.	Mechanismus vzniku záluvů	152
10.2.5.	Způsoby ovlivňování vzniku záluvů	154
10.3.	Zapékání odlitků (drsnost povrchu a zapečeniny)	155
10.3.1.	Penetrace kovu přes tekutou fázi	155
10.3.2.	Tepelně-fyzikální podmínky vzniku zapečenin	156
10.3.3.	Fyzikálně-chemické procesy při pronikání kovu do formy	157
10.3.4.	Penetrace kovu za spoluúčasti par kovů	158
10.3.5.	Ochrana forem a jader proti zapékání	159
10.3.6.	Drsnost odlitků	160

10.4.	Plyny v kovech a ve slévárenské formě (exogenní a endogenní bubliny)	161
10.4.1.	Plyny v roztavených kovech	162
10.4.2.	Plyny ve slévárenské formě	164
10.4.2.1.	Plynotvornost reálné formy	164
10.4.2.2.	Tlakové poměry na hranici forma - kov	165
10.4.2.3.	Energetické podmínky přechodu bubliny do tekutého kovu	166
10.4.2.4.	Chemické složení plynné atmosféry	167
10.4.3.	Bodliny	167
10.4.3.1.	Bodliny endogenního původu	168
10.4.3.2.	Bodliny exogenního původu	169
10.5.	Napětí v odlitcích (trhliny a praskliny)	169
10.5.1.	Pnutí v odlitcích (slévárenské pnutí)	170
10.5.1.1.	Smršťovací pnutí (exogenní)	171
10.5.1.2.	Zbytkové tepelné pnutí	172
10.5.1.3.	Kombinace tepelného a transformačního pnutí	173
10.5.2.	Poruchy soudržnosti	174
10.5.2.1.	Mechanismus tvoření trhlin	174
10.5.2.2.	Praskliny a podmínky jejich vzniku	176
10.5.2.3.	Rozlišovací kritéria vzniku a identifikace vad porušení souvislosti	176
10.5.3.	Metody měření sklonu slitin k tepelně zbytkovému pnutí	177
11.	METODY VÝROBY ODLITKŮ PUSOBENÍM ZVÝŠENÉHO TLAKU NA HLADINU KOVU	178
11.1.	Lití pod tlakem	178
11.1.1.	Vysokotlaké lití	178
11.1.2.	Nízkotlaké lití	181
11.1.3.	Protitlaké lití	183
11.2.	Odstředivé lití	183
12.	METODY VÝROBY DUTÝCH ODLITKŮ BEZ POUŽITÍ JADER	185
12.1.	Natuhávání s vypouštěním	186
12.2.	Vákuové nasávání	186
13.	VÝROBA PŘESNÝCH ODLITKŮ METODOU VYTAVITELNÉHO MODELU	187

14.	VÝROBA ODLITKŮ SKLOPNÝM LITÍM	191
15.	VÝROBA ODLITKŮ (POLOTOVARŮ) PLYNULÝM LITÍM	192
15.1.	Plynulé odlévání oceli	193
15.2.	Plynulé odlévání litiny a neželezných kovů	193
16.	MATERIÁLY NA ODLITKY	194
16.1.	Oceli na odlitky	195
16.1.1.	Uhlíkové oceli na odlitky	197
16.1.2.	Slitinové oceli na odlitky	197
16.1.2.1.	Žárovzdorné oceli	199
16.1.2.2.	Žáropevné oceli	199
16.1.2.3.	Korozivzdorné oceli	200
16.1.2.4.	Otěrůvzdorné oceli	200
16.1.2.5.	Nemagnetické a magnetické oceli	200
16.1.2.6.	Mrazuvzdorné oceli	201
16.1.2.7.	Oceli se zvýšenou pevností za pokojové teploty	202
16.1.3.	Tavení ocelí v elektrických obloukových pecích	203
16.2.	Litiny	206
16.2.1.	Litina šedá - obyčejná	206
16.2.2.	Litiny jakostní	207
16.2.2.1.	Šedá litina očkováná	207
16.2.2.2.	Tvárná litina	208
16.2.2.3.	Litina temperovaná	221
16.2.3.	Litiny slitinové	225
16.2.4.	Kriteria hodnocení vlastností litin	226
16.2.5.	Strukturní diagramy litin	228
16.2.6.	Tavení litin	234
16.2.7.	Tepelné zpracování odlitků z ocelí a litin	245
16.3.	Neželezné kovy	250
16.3.1.	Slitiny Cu	250
16.3.2.	Slitiny Al, Mg	252
17.	DOPORUČENÁ LITERATURA	255