

# OBSAH

	PŘEHLED OZNAČENÍ VELIČIN A JEJICH JEDNOTEK . . . . .	10
	ÚVOD . . . . .	14
	HISTORIE A SOUČASNOST SLÉVÁRENSKÉ VÝROBY . . . . .	15
1	ZÁKLADNÍ PRINCIPY SLÉVÁRENSKÉ VÝROBY . . . . .	17
1.1	Struktura roztavených kovů . . . . .	18
1.2	Slévárenské vlastnosti kovů a slitin . . . . .	19
1.2.1	Tekutost (fluidita) kovů . . . . .	19
1.2.2	Viskozita roztavených kovů a slitin . . . . .	20
1.2.3	Povrchové napětí roztavených kovů . . . . .	21
1.2.4	Zabíhavost kovů a slitin . . . . .	23
1.2.5	Sklon ke tvoření staženin a mikroporozity . . . . .	25
1.2.6	Sklon ke tvoření trhlin . . . . .	26
1.2.7	Sklon ke tvoření slévárenských napětí a prasklin . . . . .	27
2	MATERIÁLY POUŽÍVANÉ NA ODLITKY . . . . .	28
2.1	Oceli na odlitky . . . . .	28
2.1.1	Označení oceli na odlitky podle ČSN . . . . .	30
2.1.2	Použití uhlíkových ocelí . . . . .	32
2.1.3	Použití legovaných ocelí . . . . .	33
2.1.4	Slévárenské vlastnosti oceli na odlitky . . . . .	35
2.1.5	Zásady metalurgického zpracování oceli na odlitky . . . . .	36
2.1.5.1	Metalurgické reakce při tavení oceli . . . . .	38
2.2	Litiny . . . . .	43
2.2.1	Mechanické vlastnosti litin . . . . .	43
2.2.2	Slévárenské vlastnosti litin . . . . .	44
2.2.3	Krystalizace grafitu . . . . .	45
2.2.4	Šedá litina . . . . .	47
2.2.5	Očkováná litina . . . . .	48
2.2.6	Tvárná litina . . . . .	49
2.2.7	Litina s červíkovitým grafitem . . . . .	50
2.2.8	Temperovaná litina . . . . .	51
2.2.9	Legované litiny . . . . .	53
2.2.10	Tavení litiny . . . . .	54
2.2.10.1	Tavení litiny v plamenných pecích . . . . .	59
2.2.10.2	Tavení litiny duplexními pochody . . . . .	59
2.3	Neželezné kovy a jejich slitiny na odlitky . . . . .	59
2.3.1	Slitiny mědi . . . . .	60

2.3.1.1	Cínové bronzy . . . . .	60
2.3.1.2	Červené bronzy . . . . .	60
2.3.1.3	Olovené bronzy . . . . .	60
2.3.1.4	Hliníkové bronzy . . . . .	61
2.3.1.5	Mosazi . . . . .	61
2.3.2	Slitiny zinku . . . . .	61
2.3.3	Slitiny hliníku . . . . .	61
2.3.3.1	Slitiny hliníku s křemíkem . . . . .	62
2.3.3.2	Slitiny hliníku s hořčíkem . . . . .	62
2.3.4	Slitina hořčík – hliník – zinek . . . . .	62
3	TECHNOLOGIE VÝROBY SLÉVÁRENSKÝCH FOREM A JADER . . . . .	64
3.1	Modelová zařízení . . . . .	65
3.1.1	Modely, modelové desky, šablony, jaderníky . . . . .	65
3.1.2	Materiály na modely . . . . .	69
3.1.3	Požadavky na modelové zařízení . . . . .	70
3.2	Slévárenské formovací směsi . . . . .	73
3.2.1	Ostřiva ve formovacích směších . . . . .	74
3.2.1.1	Křemen . . . . .	74
3.2.1.2	Magnezit, chrommagnezit . . . . .	75
3.2.1.3	Šamotové ostřivo . . . . .	75
3.2.1.4	Ostřiva s vysokým obsahem $Al_2O_3$ . . . . .	76
3.2.1.5	Kovová a grafitová ostřiva . . . . .	76
3.2.1.6	Jemnostní vlastnosti ostřiva . . . . .	76
3.2.2	Pojiva ve formovacích směších . . . . .	78
3.2.3	Formovací směsi s jílovými pojivy . . . . .	79
3.2.3.1	Kaolinitické jily . . . . .	79
3.2.3.2	Illitické jily . . . . .	80
3.2.3.3	Montmorillonitické jily . . . . .	80
3.2.3.4	Pojící schopnost systému ostřivo – jíl – voda . . . . .	80
3.2.3.5	Prodyšnost jílových směsí . . . . .	82
3.2.3.6	Vlastnosti jílových směsí po spěchování . . . . .	83
3.2.3.7	Jílové směsi pro formy na sušení . . . . .	84
3.2.4	Formovací směsi s vodním sklem . . . . .	84
3.2.4.1	Formovací směsi s vodním sklem vytvrzované oxidem uhličitým – proces $CO_2$ . . . . .	85
3.2.4.2	Ztekucené směsi s vodním sklem a dikalciumsilikátem . . . . .	87
3.2.4.3	Formovací směsi s vodním sklem a esterolem . . . . .	88
3.2.5	Formovací směsi s cementovým pojivem . . . . .	89
3.2.6	Formovací směsi s pryskyřičnými pojivy . . . . .	89
3.2.6.1	Formovací směsi s pryskyřičnými pojivy tvrditelné teplem . . . . .	90
3.2.6.2	Formovací směsi s pryskyřičnými pojivy tuhujícími za studena . . . . .	92
3.2.6.3	Formovací směsi s pryskyřičnými pojivy vytvrditelné vzdušnou emulzí triethylaminu . . . . .	93
3.2.7	Formovací směsi s alkydolejovými pojivy . . . . .	94
3.2.8	Formovací směsi pro ocelové odlitky odlévané na syrovo . . . . .	94
3.2.9	Formovací směsi pro odlitky ze šedé litiny odlévané na syrovo . . . . .	95
3.2.10	Formovací směsi pro odlitky z neželezných kovů . . . . .	96
3.2.11	Nátěry forem a jader . . . . .	96
3.2.12	Regenerace formovacích směsí . . . . .	97
3.3	Technologie používané k výrobě forem a jader . . . . .	98
3.3.1	Ruční formování . . . . .	98

3.3.1.1	Formování do pudy . . . . .	99
3.3.1.2	Formování v rámech . . . . .	100
3.3.1.3	Formování šablonováním . . . . .	101
3.3.2	Strojní formování . . . . .	103
3.3.2.1	Výroba forem střásáním . . . . .	104
3.3.2.2	Výroba forem lisováním . . . . .	106
3.3.2.3	Výroba forem metáním . . . . .	108
3.3.2.4	Výroba skořepinových forem foukáním . . . . .	109
3.3.2.5	Výroba forem a jader vstřelováním . . . . .	110
3.3.2.6	Výroba forem v magnetickém poli . . . . .	111
3.3.2.7	Výroba vakuově vázaných forem . . . . .	113
3.3.2.8	Výroba keramických forem pomocí vytavitelných nebo spalitelných modelů . . . . .	113
4	<b>VTOKOVÉ SOUSTAVY . . . . .</b>	<b>115</b>
4.1	Hydraulické poměry při odlévání forem . . . . .	115
4.1.1	Volný proud kovu a jeho účinky . . . . .	115
4.1.2	Laminární a turbulentní proudění . . . . .	117
4.1.3	Tlakové poměry ve vtokové soustavě . . . . .	119
4.2	Základní prvky při konstrukci vtokových soustav . . . . .	124
4.3	Výpočet vtokových soustav . . . . .	126
4.4	Zvláštnosti konstrukce vtokových soustav . . . . .	132
4.4.1	Vtokové soustavy pro odlitky z litin . . . . .	132
4.4.2	Vtokové soustavy pro odlitky z oceli . . . . .	134
4.4.3	Vtokové soustavy pro odlitky z lehkých slitin . . . . .	135
5	<b>ODLÉVÁNÍ FOREM . . . . .</b>	<b>137</b>
5.1	Příprava forem k liti . . . . .	137
5.1.1	Statická a dynamická namáhání forem při liti a opatření proti jejich účinkům . . . . .	137
5.1.2	Odlévání ze zátkových licích pánví . . . . .	139
5.2	Nekonvenční způsoby odlévání slévárenských forem . . . . .	140
5.2.1	Gravitační liti do trvalých forem . . . . .	140
5.2.2	Vysokotlaké liti . . . . .	142
5.2.3	Nizkotlaké liti . . . . .	144
5.2.4	Sklopné liti . . . . .	146
5.2.5	Odstředivé liti . . . . .	146
5.2.6	Gravitační liti ve vakuu . . . . .	149
5.3	Tepelné a chemické namáhání slévárenských forem . . . . .	150
5.3.1	Mechanismus vzniku záclupů . . . . .	150
5.3.2	Mechanismus tepelného a chemického zapékání odlitků . . . . .	151
5.3.3	Penetrace kapalného kovu do slévárenské formy . . . . .	152
5.3.4	Vznik plynových bublin v odlitcích . . . . .	153
6	<b>TEPELNĚ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI SLÉVÁRENSKÉ FORMY . . . . .</b>	<b>155</b>
6.1	Sdílení tepla v soustavě forma – kov . . . . .	155
6.1.1	Součinitelé teplotní vodivosti a tepelné akumulace u nestacionárních pochodů . . . . .	156
6.1.2	Diferenciální rovnice sdílení tepla . . . . .	157
6.2	Výpočet teplotního pole soustavy forma – kov . . . . .	158

7	KRYSTALIZACE A TUHNUTÍ KOVŮ A SLITIN . . . . .	161
7.1	Termodynamické zákony krystalizace . . . . .	161
7.1.1	Tvorba krystalizačních zárodků . . . . .	162
7.2	Růst primárních krystalů z krystalizačních zárodků . . . . .	165
7.2.1	Mechanismus krystalizace čistých kovů a slitin . . . . .	165
7.2.2	Růst primárních krystalů . . . . .	169
7.2.3	Ovlivňování krystalizace . . . . .	171
7.2.4	Vnitřní struktura odlitků . . . . .	172
7.3	Tuhnutí kovů a slitin ve slévárenské formě . . . . .	173
7.3.1	Rychlost a doba tuhnutí odlitků . . . . .	176
7.3.2	Průvodní jevy při tuhnutí odlitků . . . . .	179
8	TEPELNÉ UZLY . . . . .	183
8.1	Způsoby zneškodňování tepelných uzlů . . . . .	184
8.1.1	Zásady správného nálitkování odlitků . . . . .	184
8.1.1.1	Tvar nálitků . . . . .	184
8.1.1.2	Doplňovací tlak nálitků . . . . .	185
8.1.1.3	Umístění nálitků na odlitcích . . . . .	188
8.1.1.4	Akční rádius nálitků . . . . .	190
8.1.1.5	Výpočet velikosti nálitku . . . . .	191
8.1.2	Zneškodňování tepelných uzlů nálitkováním . . . . .	192
8.1.3	Zneškodňování tepelných uzlů chlazením . . . . .	195
8.1.4	Postup při nálitkování odlitků . . . . .	197
8.1.5	Využití kapalného kovu při výrobě odlitků . . . . .	198
9	CHLADNUTÍ ODLITKŮ A PŘÍVODNÍ JEVY . . . . .	200
9.1	Změny objemu odlitků v tuhém stavu . . . . .	200
9.2	Mechanismus vzniku trhlin . . . . .	201
9.3	Mechanismus vzniku slévárenských napětí . . . . .	204
9.3.1	Mechanismus vzniku tepelného napětí . . . . .	205
9.3.2	Mechanismus vzniku transformačního napětí . . . . .	209
9.3.3	Mechanismus vzniku smršťovacího napětí . . . . .	210
10	DOKONČOVACÍ OPERACE PŘI VÝROBĚ ODLITKŮ . . . . .	212
10.1	Uvolňování odlitků ze slévárenských forem . . . . .	212
10.2	Odstranění jader a hrubé čištění odlitků . . . . .	212
10.3	Odstraňování nálitků a vtoků . . . . .	213
10.4	Konečná úprava odlitků . . . . .	214
11	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ ODLITKŮ . . . . .	215
11.1	Tepelné zpracování ocelových odlitků . . . . .	215
11.1.1	Žihání k odstranění zbytkových napětí v odlitcích . . . . .	215
11.1.2	Žihání na měkko . . . . .	216
11.1.3	Normalizační žihání . . . . .	216
11.1.4	Homogenizační (difúzní) žihání . . . . .	217
11.1.5	Kalení a zušlechťování odlitků . . . . .	217

11.2	Tepelné zpracování litinových odlitků . . . . .	217
11.3	Tepelné zpracování odlitků ze slitin neželezných kovů . . . . .	218
12	TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE ODLITKŮ . . . . .	220
13	VADY ODLITKŮ . . . . .	226
	LITERATURA . . . . .	230