

# DÍL I.

## KOVOVÉ KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY

### OBSAH

#### ÚVOD

<b>1.</b>	<b>STRUKTURNÍ STAVBA, VLASTNOSTI A ZKOUŠKY VLASTNOSTÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1.</b>	<b>Základy strukturní stavby kovů a slitin</b> .....	<b>17</b>
1.1.1.	Stavba atomu.....	17
1.1.2.	Periodická soustava prvků .....	19
1.1.2.1.	Kovy v periodické soustavě prvků .....	21
1.1.2.2.	Pojem látka a její členění.....	21
1.1.3.	Vazby mezi atomy a molekulami.....	21
1.1.4.	Kovové struktury.....	23
1.1.4.1.	Nedokonalosti krystalové mřížky.....	24
1.1.5.	Kovové soustavy a jejich fáze.....	27
1.1.5.1.	Úvod do termodynamiky kovů a slitin .....	27
1.1.5.2.	Zákon fází .....	27
1.1.5.3.	Energie a stav soustavy.....	28
1.1.5.4.	Fáze v kovových soustavách.....	29
1.1.6.	Fázové přeměny .....	30
1.1.6.1.	Difúze v tuhé fázi .....	30
1.1.6.2.	Krystalizace.....	31
1.1.6.3.	Fázové přeměny v tuhém stavu.....	35
<b>1.2.</b>	<b>Vlastnosti kovů a slitin</b> .....	<b>36</b>
1.2.1.	Fyzikální vlastnosti.....	37
1.2.2.	Chemické vlastnosti.....	38
1.2.3.	Mechanické vlastnosti .....	39
1.2.4.	Technologické vlastnosti materiálu.....	40
1.2.5.	Deformační a lomové chování .....	42

1.2.5.1.	Deformace pružná (elastická).....	43
1.2.5.2.	Deformace plastická (trvalá) .....	44
1.2.6.	Degradační procesy kovových materiálů .....	47
1.2.6.1.	Tečení.....	48
1.2.6.2.	Únava .....	50
1.2.6.3.	Opotřebení .....	51
1.2.6.4.	Koroze .....	52
1.2.6.5.	Rozvoj porušení materiálů a lom.....	52
<b>1.3.</b>	<b>Zkoušky vlastností.....</b>	<b>54</b>
1.3.1.	Zkoušky fyzikální .....	54
1.3.2.	Zkoušky chemické .....	54
1.3.3.	Zkoušky strukturních vlastností (metalografické) .....	55
1.3.3.1.	Mikroskopická metalografie.....	55
1.3.3.2.	Makroskopická metalografie .....	57
1.3.3.3.	Fraktografie .....	58
1.3.4.	Zkoušky mechanických vlastností .....	58
1.3.4.1.	Mechanické zkoušky statické .....	58
	Zkoušky pevnosti tahem .....	58
	Jiné statické zkoušky pevnosti .....	61
	Zkoušky tahem za vyšších teplot .....	62
	Zkoušky tahem za nízkých teplot .....	64
	Zkoušky tvrdosti a mikrotvrdosti .....	64
1.3.4.2.	Mechanické zkoušky dynamické .....	66
	Zkoušky rázové .....	66
	Zkoušky svarových spojů rázem v ohybu .....	69
1.3.4.3.	Zkoušky lomové houževnatosti .....	70
1.3.4.4.	Zkoušky únavové pevnosti.....	71
1.3.5.	Zkoušky technologických vlastností.....	72
1.3.5.1.	Zkoušky tvárnosti za studena .....	72
1.3.5.2.	Zkoušky tvárnosti za tepla.....	75
1.3.6.	Zkoušky koroze.....	76
1.3.7.	Zkoušky opotřebení.....	76
1.3.8.	Zkoušky nedestruktivní – NDT .....	77
1.3.8.1.	NDT zkoušky pro zjišťování povrchových vad.....	78
	Vizuální kontrola (VT) .....	78
	Kapilární (penetrační) metody (PT) .....	79
	Metoda magnetická prášková (MT) .....	81
	Metoda vířivých proudů (ET) .....	84
1.3.8.2.	NDT metody pro zjišťování vnitřních vad .....	87
	Metody radiologické (RT) .....	87
	Metody ultrazvukové (UT) .....	92
<b>1.4.</b>	<b>Důležité konstanty a vybrané jednotky SI .....</b>	<b>98</b>

<b>2.</b>	<b>TECHNICKÉ SLITINY ŽELEZA.....</b>	<b>99</b>
2.1.	<b>Metalurgie železa a oceli.....</b>	<b>99</b>
2.1.1.	Výroba surového železa.....	99
2.1.2.	Výroba oceli.....	99
2.2.	<b>Čisté železo.....</b>	<b>102</b>
2.3.	<b>Slitiny železa .....</b>	<b>103</b>
2.3.1.	Uhlík ve slitinách železa.....	103
2.3.2.	Rovnovážné stavy slitin železa s uhlíkem .....	103
2.3.2.1.	Metastabilní soustava železo – karbid železa (Fe-Fe <sub>3</sub> C).....	103
2.3.2.2.	Stabilní soustava železo – grafit (Fe - C).....	106
2.3.2.3.	Význam rovnovážných diagramů pro zpracování slitin železa .....	107
2.3.2.4.	Další prvky ve slitinách železa s uhlíkem a jejich vliv .....	108
2.3.2.5.	Rozdělení slitin železa s uhlíkem .....	110
2.4.	<b>Fázové přeměny slitin železa v tuhém stavu.....</b>	<b>111</b>
2.4.1.	Rozpad tuhých roztoků precipitací.....	111
2.4.1.1.	Polymorfní oceli.....	111
2.4.1.2.	Nepolymorfní oceli.....	112
2.4.2.	Austenitizace .....	112
2.4.3.	Přeměny přechlazeného austenitu .....	113
2.4.3.1.	Proeutektoidní přeměny.....	113
2.4.3.2.	Perlitická přeměna .....	114
2.4.3.3.	Přeměna bainitická .....	114
2.4.3.4.	Přeměna martenzitická.....	115
2.4.4.	Přeměny při popouštění .....	117
2.4.5.	Transformační diagramy.....	118
2.5.	<b>Tepelné zpracování slitin železa.....</b>	<b>119</b>
2.5.1.	Žihání.....	121
2.5.2.	Kalení.....	123
2.5.3.	Popouštění.....	125
2.5.4.	Povrchové kalení .....	126
2.5.5.	Chemicko-tepelné zpracování.....	127
2.5.6.	Tepelně-mechanické zpracování (TMZ) .....	129
2.5.7.	Kontrola kvality tepelného zpracování.....	130
2.6.	<b>Oceli .....</b>	<b>131</b>
2.6.1.	Definice oceli .....	131
2.6.2.	Obecná klasifikace ocelí .....	131
2.6.3.	Dělení a označování ocelí podle norem ČSN .....	131
2.6.3.1.	Dělení konstrukčních ocelí k tváření.....	131

2.6.3.2.	Označování konstrukčních ocelí k tváření .....	132
2.6.3.3.	Označování ocelí nástrojových.....	133
2.6.3.4.	Označování ocelí na odlitky .....	134
2.6.4.	Systemy označování ocelí podle norem EN.....	135
2.6.4.1.	Označování ocelí podle ČSN EN 10027-1.....	135
2.6.4.2.	Označování ocelí systémem číselného označování podle ČSN EN 10027-2 ...	138
2.6.4.3.	Označování ocelí na odlitky podle ČSN EN.....	138
2.6.4.4.	Rozdělení a označování ocelí pro zařazování kovových materiálů do skupin podle směrnice CEN ISO/TR 15608.....	138
2.6.4.5.	Porovnání značení ocelí podle ČSN 42 0002 a ČSN EN 10027 - Část 1 a 2....	139
<b>2.7.</b>	<b>Kasifikace ocelí podle použití .....</b>	<b>139</b>
2.7.1.	Konstrukční oceli.....	139
2.7.1.1.	Nelegované oceli.....	140
	Nelegované oceli obvyklých jakostí	140
	Nelegované oceli jakostní	141
	Nelegované oceli ušlechtilé	141
2.7.1.2.	Legované oceli.....	141
	Legované oceli jakostní	142
	Legované oceli ušlechtilé	142
2.7.2.	Kriterium dělení konstrukčních ocelí podle použití v praxi.....	142
2.7.2.1.	Konstrukční oceli pro všeobecné použití .....	143
	Nelegované konstrukční oceli obvyklých jakostí a ušlechtilé	143
	Oceli na trubky	145
	Oceli na pozemní ocelové stavby	146
	Oceli na stavbu mostů (silničních, železničních)	146
	Oceli na jeřábové dráhy	146
	Oceli na konstrukce stožárů	146
	Ocelové konstrukce velkostrojů a rýpadel	146
	Oceli na kotle	146
	Oceli na díly automobilů	147
	Oceli na plavidla (lodě)	148
	Oceli na ozubená kola	148
	Šrouby a matice	149
	Oceli na svařované konstrukce	149
	Tepelné zpracování svařovaných materiálů a svarových spojů a kontrola kvality tepelného zpracování svarových spojů	163
2.7.2.2.	Oceli pro jmenovité použití.....	165
	Oceli hlubokotažné	165
	Oceli pro výztuž do betonu	165
	Oceli automatové	166
	Oceli na trubky pro hlubinné vrtání a pro ropovody	166
	Oceli pro kolejovou dopravu	167
	Oceli na tlakové nádoby	167
	Oceli pro svařované plynové lahve	169
	Pružinové oceli	169
	Oceli na ventily spalovacích motorů	170
	Oceli na valivá ložiska	170

2.7.2.3.	Oceli pro speciální pracovní podmínky (se zvláštními vlastnostmi) .....	171
	Oceli pro tepelné zpracování	171
	K zušlechťování	171
	K povrchovému kalení	171
	Oceli pro chemicko-tepelné zpracování	172
	K cementování	172
	K nitridaci	172
	K nitrocementaci	173
	Oceli o vysoké pevnosti	173
	Termomechanicky zpracované	174
	Martenzitické vytvrditelné (maraging)	174
	TRIP oceli	174
	Oceli korozi vzdorné	176
	Oceli žáru vzdorné	178
	Oceli žáropevné	178
	Oceli pro práci za nízkých teplot	180
	Oceli odolné vodíku	181
	Oceli odolné opotřebení	181
	Oceli se speciálními fyzikálními vlastnostmi	181
2.7.3.	Nástrojové oceli.....	182
2.7.4.	Oceli na odlitky .....	183
<b>2.8.</b>	<b>Litiny.....</b>	<b>184</b>
2.8.1.	Krystalizace litin .....	184
2.8.2.	Druhy a vlastnosti litin .....	184
2.8.2.1.	Bílá litina.....	185
2.8.2.2.	Grafitické litiny .....	185
	Litina s lupínkovým grafitem (šedá litina)	186
	Litina s kuličkovým grafitem (tvárná litina)	187
	Litina s vločkovým grafitem (temperovaná litina)	187
	Litina s vermikulárním grafitem	188
	Tvrzená litina	189
	Legované litiny	189
2.8.2.3.	Porovnání vlastností litých materiálů .....	189
2.8.3.	Tepelné zpracování grafitických litin.....	190
2.8.3.1.	Žihání.....	190
2.8.3.2.	Kalení litin .....	191
2.8.4.	Svařování grafitických litin.....	192
2.8.4.1.	Způsoby svařování .....	192
2.8.5.	Označování grafitických litin dle systému norem EN.....	192
2.8.5.1.	System zkráceného označování.....	193
2.8.5.2.	System číselného označování.....	194
2.8.5.3.	System zařazování litin do skupin podle CEN ISO/TR 15608.....	195
2.8.5.4.	Značení jednotlivých druhů grafitických litin.....	195
2.8.5.5.	System mezinárodního zařazení litin dle TNI CEN ISO/TR 20172 .....	196

<b>3.</b>	<b>NEŽELEZNÉ KOVY A JEJICH SLITINY .....</b>	<b>197</b>
3.1.	<b>Metalurgie neželezných kovů.....</b>	<b>197</b>
3.2.	<b>Obecné charakteristiky neželezných kovů .....</b>	<b>199</b>
3.2.1.	Vlastnosti fyzikální .....	199
3.2.2.	Vlastnosti chemické .....	200
3.2.3.	Vlastnosti mechanické .....	201
3.2.3.1.	Vliv legování základního kovu na mechanické vlastnosti .....	201
3.2.3.2.	Změny mechanických vlastností tvářením .....	203
3.2.3.3.	Vliv tepelného zpracování.....	203
3.2.4.	Technologické vlastnosti.....	204
3.3.	<b>Klasifikace neželezných kovů .....</b>	<b>204</b>
3.4.	<b>Označování neželezných kovů a jejich slitin .....</b>	<b>205</b>
3.4.1.	System označování podle ČSN.....	205
3.4.2.	Evropský system označování podle norem EN .....	207
3.5.	<b>Technicky významné neželezné kovy a slitiny - jejich vlastnosti, zpracování a aplikace.....</b>	<b>208</b>
3.5.1.	Kovy a slitiny s nízkou teplotou tání (nízkotavitelné) .....	208
3.5.1.1.	Čisté kovy – Lithium, Vizmut, Cín, Kadmium, Olovo, Zinek, Antimon .....	208
3.5.1.2.	Slitiny nízkotavitelných kovů – Měkké pájky, Kompozice, Liteřina .....	210
3.5.2.	Lehké kovy a jejich slitiny .....	211
3.5.2.1.	Hořčík a jeho slitiny .....	212
3.5.2.2.	Hliník a slitiny hliníku .....	215
3.5.2.3.	Berylium a slitiny berylia .....	223
3.5.2.4.	Titan a jeho slitiny .....	225
3.5.3.	Kovy a slitiny se střední teplotou tání.....	229
3.5.3.1.	Měď a její slitiny.....	230
3.5.3.2.	Nikl a slitiny niklu .....	242
3.5.3.3.	Kobalt a jeho slitiny .....	247
3.5.3.4.	Mangan a slitiny manganu .....	249
3.5.4.	Kovy a slitiny s vysokou teplotou tání.....	249
3.5.4.1.	Titan a jeho slitiny (pouze jako doplněk – viz text).....	250
3.5.4.2.	Zirkon .....	250
3.5.4.3.	Chróm.....	251
3.5.4.4.	Vanad .....	251
3.5.4.5.	Niob.....	252
3.5.4.6.	Molybden.....	252
3.5.4.7.	Tantal.....	253
3.5.4.8.	Wolfram.....	253
3.5.4.9.	Rhenium .....	253
3.5.4.10.	Hafnium.....	254

3.5.4.11.	Thorium .....	254
3.5.4.12.	Indium.....	255
3.5.4.13.	Germanium .....	255
3.5.4.14.	Uran .....	256
3.5.5.	Ušlechtilé kovy a jejich slitiny .....	256
3.5.5.1.	Stříbro a slitiny stříbra .....	256
3.5.5.2.	Zlato a slitiny zlata .....	257
3.5.5.3.	Platinové kovy – Platina, Iridium, Osmium, Paladium, Rhodium, Ruthenium.....	258
<b>4.</b>	<b>ZÁKLADNÍ HLEDISKA PRO VOLBU MATERIÁLU NA KONSTRUKCE.....</b>	<b>261</b>
4.1.	Nejdůležitější hlediska pro volbu materiálu v procesu návrhu výrobku ..	261
4.2.	Svařovací materiály .....	263
4.3.	Materiálové normy .....	263
4.4.	Technické dodací podmínky .....	264
4.5.	Požadavky v objednávce na konstrukční materiál dle norem TDP.....	264
<b>5.</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>267</b>
5.1.	Seznam příloh .....	267
5.2.	Vlastní přílohy dle seznamu .....	268
<b>6.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>311</b>
<b>7.</b>	<b>TECHNICKÉ NORMY .....</b>	<b>315</b>