

DÍL I.

KOVOVÉ KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY

OBSAH

ÚVOD

1.	STRUKTURNÍ STAVBA, VLASTNOSTI A ZKOUŠKY VLASTNOSTÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ.....	17
1.1.	Základy strukturní stavby kovů a slitin	17
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
1.2.	Vlastnosti kovů a slitin	36
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
1.3.	Zkoušky vlastností.....	54
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 vřívivých proudů (ET)	84
1.3.8.2.	NDT metody pro zjišťování vnitřních vad	87
	Metody radiologické (RT)	87
	Metody ultrazvukové (UT)	92
1.4.	Důležité konstanty a vybrané jednotky SI	98

2.	TECHNICKÉ SLITINY ŽELEZA	99
2.1.	Metalurgie železa a oceli.....	99
2.1.1.	Výroba surového železa.....	99
2.1.2.	Výroba oceli.....	99
2.2.	Čisté železo.....	102
2.3.	Slitiny železa	103
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 ₃ 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.	Fázové přeměny slitin železa v tuhém stavu.....	111
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.	Tepelné zpracování slitin železa	119
2.5.1.	Žíhání.....	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.	Oceli	131
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.	Systémy 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
2.7.	Klasifikace ocelí podle použití	139
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 zušlechtování	171
	K povrchovému kalení	171
	Oceli pro chemicko-teplné 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 korozivzdorné	176
	Oceli žáruvzdorné	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
2.8.	Litiny.....	184
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 vermiculárním 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.	Žíhání.....	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.	Systém zkráceného označování.....	193
2.8.5.2.	Systém číselného označování.....	194
2.8.5.3.	Systém zařazování litin do skupin podle CEN ISO/TR 15608.....	195
2.8.5.4.	Značení jednotlivých druhů grafitických litin.....	195
2.8.5.5.	Systém mezinárodního zařazení litin dle TNI CEN ISO/TR 20172	196

3.	NEŽELEZNÉ KOVY A JEJICH SLITINY	197
3.1.	Metalurgie neželezných kovů	197
3.2.	Obecné charakteristiky neželezných kovů	199
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.	Klasifikace neželezných kovů	204
3.4.	Označování neželezných kovů a jejich slitin	205
3.4.1.	Systém označování podle ČSN	205
3.4.2.	Evropský systém označování podle norem EN	207
3.5.	Technicky významné neželezné kovy a slitiny - jejich vlastnosti, zpracování a aplikace	208
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.	Níkl a slitiny niklu	242
3.5.3.3.	Kobalt a jeho slitiny	247
3.5.3.4.	Mangan a slitiny mangantu	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, Palladium, Rhodium, Ruthenium.....	258
4.	ZÁKLADNÍ HLEDISKA PRO VOLBU MATERÁLU NA KONSTRUKCE.....	261
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
5.	PŘÍLOHY	267
5.1.	Seznam příloh	267
5.2.	Vlastní přílohy dle seznamu	268
6.	LITERATURA	311
7.	TECHNICKÉ NORMY	315