

Obsah

1. Úvod	3
A. ZVARITEĽNOSŤ, MATERIÁLY A TECHNOLOGIE SPÁJANIA	4
2. Kovové materiály používané na výrobu zvariek a zvarovaných konštrukcií	4
2.1 Výber materiálu	4
2.2 Kritériá výberu ocelí	6
3. Zvariteľnosť ocelí	11
3.1 Hodnotenie zvariteľnosti	12
3.2 Trhliny vo zvarových spojoch. Studené trhliny	16
3.2.1 Náchylnosť na studené trhliny	16
3.2.2 Zisťovanie odolnosti zvarového spoja voči vzniku studených trhlín	22
3.3 Horúce trhliny	23
3.3.1 Náchylnosť ocelí na vznik horúcich trhlín	24
3.3.2 Zisťovanie odolnosti zvarového spoja na vznik horúcich trhlín	24
3.4 Lamelárne trhliny	26
3.4.1 Náchylnosť na vznik lamelárnych trhlín	26
3.4.2 Zisťovanie odolnosti zvarového spoja na vznik lamelárnych trhlín	27
3.5 Žihacie trhliny	27
3.5.1 Náchylnosť na vznik žihacích trhlín	27
3.5.2 Zisťovanie odolnosti zvarového spoja na vznik žihacích trhlín	28
3.6 Výber kovových materiálov pre zváranie z hľadiska zvariteľnosti	35
3.6.1 Uhlíkové ocele tr. 11 a 12	35
3.6.2 Nízkoalegované ocele tr. 13, 14, 15 a 16	41
3.6.3 Ocele mikroalegované	53
3.6.4 Vysokoalegované ocele tr. 17	54
3.6.5 Zváranie odliatkov zo zliatinových ocelí	66
3.6.6 Zváranie plánovaných ocelí	68
3.6.7 Zváranie feriticko-perlitických ocelí s austenitickými.	69
4. Liatiny	69
4.1 Sivá liatina	70
4.1.1 Zváranie sivej liatiny plameňom	71
4.1.2 Zváranie sivej liatiny elektrickým oblúkom	71
4.2 Tvárna liatina	73
4.3 Legované liatiny	74
4.4 Austenitické liatiny	75

5. Meď a jej zliatiny	75
5.1 Zváranie medi	75
5.2 Zliatiny medi	78
5.2.1 Bronzy	79
6. Hliník a jeho zliatiny	82
6.1 Celistvosť zvarového spoja	84
6.1.1 Horúce trhliny	84
6.2 Zvariteľnosť hliníka a jeho zliatin	84
7. Zváranie v jadrovej energetike	85
7.1 Zváranie tlakovej nádoby	86
7.2 Zváranie parogenerátora	86
7.3 Zváranie oporného valca	87
7.4 Zváranie potrubia	87
7.5 Kontrola zvarových spojov	87
8. Zváracie technológie používané pri výrobe zvarkov	94
8.1 Skupina 1 - oblúkové zváranie	94
8.1.1 Ručné zváranie elektrickým oblúkom	94
8.1.2 Zváranie pod tavivom	99
8.1.3 Zváranie v ochrannej atmosfére taviacou sa elektródou ...	99
8.1.4 Zváranie v ochrannej atmosfére netaviacou sa elektródou (TTG)	102
8.1.5 Plazmové zváranie	102
8.1.6 Zváranie uhlíkovou elektródou	107
8.1.7 Zváranie rotujúcim oblúkom	107
8.2 Skupina 2 - odporové zváranie	107
8.2.1 Bodové a švové zváranie	107
8.2.2 Odporové výstupkové zváranie	108
8.2.3 Odporové zváranie stykové (na tupo stlačení a odtavením)	108
8.2.4 Odporové vysokofrekvenčné zváranie	108
8.3 Skupina 3 - plameňové zváranie	109
8.4 Skupina 4 - tlakové zváranie	109
8.4.1 Tlakové zváranie za tepla a za studena	109
8.4.2 Zváranie ultrazvukom	109
8.4.3 Zváranie trením	110
8.4.4 Zváranie explóziou	110
8.4.5 Difúzne zváranie	110
8.4.6 Plameňotlakové zváranie	111
8.5 Skupina 5 - ostatné metódy zvárania	111
8.5.1 Zváranie termitom	111
8.5.2 Elektrotroskové zváranie	112
8.5.3 Zváranie laserom	112
8.5.4 Zváranie elektrónovým lúčom	112
8.5.5 Priváranie svorníkov	113
8.6 Skupina 6 - spájkovanie	113
8.6.1 Ručné spájkovanie plameňom	113

8.6.2 Spájkovanie v peci	113
8.6.3 Spájkovanie ponorom	114
8.6.4 Indukčné spájkovanie	114
8.6.5 Spájkovanie elektrickým odporom	114
8.6.6 Spájkovanie vo vákuu	115

B. NAVRHOVANIE A VÝROBA ZVARKOV A ZVÁRANÝCH KONŠTRUKCIÍ	116
1. Technická príprava výroby	116
1.1 Perspektíva a rozvoj zvárania	116
1.2 Etapy výrobného procesu zvarok a zváraných konštrukcií	117
1.3 Výkresová dokumentácia zvarok a zváraných konštrukcií	118
1.4 Prehľad noriem pre navrhovanie a výrobu zvarok a zváraných konštrukcií	119
1.5 Zásady pre vypracovanie technologických podkladov zvarok ..	121
1.5.1 Technologické zjednotenie	122
1.5.2 Porovnanie technologických variantov	125
1.5.3 Technologická dokumentácia	126
1.6 Triedenie zvarok	127
1.7 Vhodnosť použitia spôsobu zvárania	129
1.7.1 Technologické vlastnosti zvarok a zváraných konštrukcií	129
1.7.2 Ekonomické vlastnosti zvarok a zváraných konštrukcií.	131
1.8 Veľkorozmerné zvarky	132
1.8.1 Klasifikácia zváraných konštrukcií	132
1.8.2 Návod na vypracovanie typových projektov mechanizovaných a automatizovaných miest, úsekov a liniek na výrobu zvarových konštrukcií	135
2. Navrhovanie zvarok	147
2.1 Navrhovanie zvarok a zaťaženie	148
2.2 Konštrukčné technologické navrhovanie zváraných konštrukcií.	148
2.3 Tuhosť zváraných konštrukcií	150
2.4 Technologickosť zváraných konštrukcií	155
2.5 Prvky zváraných konštrukcií	156
2.5.1 Kútové zvary	156
2.5.2 Tupé zvary	157
2.5.3 Rohové zvary	157
2.5.4 Preplátované spoje	158
2.5.5 Prerušovanie zvarov	159
2.5.6 Riešenie rohov a skriň nádrží	159
2.5.7 Vytváranie rohov z valcovaných profilov	159
2.5.8 Riešenie dutých skriňových profilov	160
2.5.9 Vystužovanie stien	161
2.5.10 Vystužovanie kútov	162
2.5.11 Tuhosť prechodov	162

2.6	Navrhovanie zvaraných nosníkov	164
2.6.1	Navrhovanie plnostenných nosníkov	164
2.6.2	Navrhovanie priehradových nosníkov	168
2.6.3	Ekonomické hľadiská pri navrhovaní nosníkov	170
2.7	Navrhovanie rámov vozidiel a ich uzlov	172
2.8	Návrh rámov tvárniacich strojov	176
2.9	Navrhovanie rámov obrábacích strojov	182
2.9.1	Navrhovanie ložiskových telies a základových rámov	186
2.10	Navrhovanie prevodových skriň	189
2.11	Navrhovanie motorových blokov a statorov	191
2.12	Navrhovanie rotačných zvarok	194
2.12.1	Ozubené kolesá	194
2.12.2	Temenice, lanovnice a disky	199
2.12.3	Disky a bubny	200
2.12.4	Rotory	201
2.12.5	Upínacie dosky	202
2.12.6	Navrhovanie nádrží	203
2.13	Napätový a deformačný účinok zvarovania	207
2.13.1	Priečne deformácie	208
2.13.2	Pozdĺžne deformácie	209
2.13.3	Uhlové deformácie	209
2.13.4	Návod výpočtu zvyškových napätí a deformácií	211
2.14	Tlakové nádoby	225
2.14.1	Navrhovanie tlakových nádob	227
2.14.2	Prvky zvaraných tlakových nádob	235
2.14.3	Poškodenie tlakových nádob	256
2.15	Zvarové spoje	257
2.15.1	Výpočet zvarových spojov	257
2.15.1.1	Zvarové spoje namáhané únavou	258
2.15.1.2	Zvarové spoje namáhané vysokocyklovou únavou za normálnych teplôt	262
2.15.1.3	Zvarové spoje namáhané nízkokykvou únavou za normálnych teplôt	263
2.15.1.4	Skúšky únavou	264
2.15.1.5	Výpočet zvarových spojov namáhaných staticky a únavou	264
2.15.2	Výpočet menovitých napätí kútových a tupých zvarov pri statickom namáhaní	269
2.15.2.1	Výpočet menovitých napätí kútových a tupých zvarov - dynamické namáhanie	274
2.15.2.2	Výpočet dovolených napätí tupých a kútových zvarov pri statickom namáhaní	276
2.15.2.3	Výpočet dovolených napätí tupých a kútových zvarov pri dynamickom namáhaní	277
2.15.3	Podmienky pevnosti tupých a kútových zvarov pri statickom namáhaní	285

2.15.3.1	Podmienky pevnosti tupých a kútových zvarov pre dynamické namáhanie	286
2.15.4	Výpočet dierových a žliabkových zvarov	289
2.15.4.1	Výpočet bodových zvarov pre statické namáhanie ..	290
2.15.4.2	Výpočet bodových zvarov pre dynamické namáhanie..	291
2.16	Výpočet zvarových ocelových konštrukcií	293
2.16.1	Posúdenie pevnosti prvkov zváraných ocelových konštrukcií.	293
2.16.2	Zámena odliatkov zvarkami	295
2.16.2.1	Technologickosť konštrukcie	296
2.16.2.2	Výrobné náklady na odliatky	296
2.16.2.3	Náklady na modelové zariadenie	297
2.16.2.4	Triednik zložitosti a prácnosti odliatkov	297
2.16.2.5	Výrobné náklady zvarok	298
2.16.2.6	Cena materiálu	299
2.16.2.7	Mzdy	299
2.16.2.8	Réžia	299
2.16.2.9	Porovnanie nákladov na odliatky a zvarky	300
2.16.3	Zásady používané pri znižovaní hrúbky stien	301
2.17	Rovnanie zvarok	303
2.18	Tepelné spracovanie zvarok	306
2.19	Organizácia a skladba zvaračskej výroby	307
2.19.1	Pružný výrobný systém	308
2.19.2	Pracoviská vstupu a výstupu	315
2.19.3	Pracoviská prípravy a výrobných pomôcok	315
2.19.4	Súbor technologických pracovísk	315
2.19.5	Pracoviská technickej kontroly (OTK)	316
2.19.6	Manipulačný podsystem a skladovanie	316
2.19.7	Riadenie - ako podsystem	319
2.19.8	Príprava výroby zvarok	319
2.19.9	Technická príprava výroby s využitím výpočtovej techniky..	320
2.19.10	Technicko-ekonomické parametre zvárania	321
2.20	Klasifikácia vhodnosti konštrukčných prvkov tlakových nádob podľa VÚZ	322
3.	Výpočtový program pre automatizáciu prípravy zvarok	345
3.1	Voľba optimálnej metódy zvárania	345
3.1.1	Výber vlastností a kritérií pre voľbu metódy zvárania	345
3.1.2	Minimalizácia vybratých metód zvárania	350
3.2	Výpočet parametrov oblúkových metód zvárania	357
3.2.1	Vstupné údaje výpočtového programu	357
3.2.2	Výpočet vstupných údajov zvárania	369
3.3	Označovanie zvarov na výkresoch	392
	Literatúra	397