

ÚVOD .....	9
1. METÓDY ZVÁRANIA .....	11
1.1 Metódy oblúkového zvarovania .....	13
1.1.1 Ručné zvarovanie elektrickým oblúkom .....	14
1.1.2 Gravitačné oblúkové zvarovanie obalenou elektródou .....	17
1.1.3 Oblúkové zvarovanie holou elektródou .....	17
1.1.4 Oblúkové zvarovanie položenou elektródou .....	19
1.1.5 Zvarovanie pod tavivom .....	19
1.1.6 Oblúkové zvarovanie v ochranných atmosférach .....	28
1.1.7 Plazmové zvarovanie .....	34
1.1.8 Ostatné metódy oblúkového zvarovania .....	35
1.2 Odporové zvarovanie .....	36
1.2.1 Odporové bodové zvarovanie .....	37
1.2.2 Švové zvarovanie .....	41
1.2.3 Odporové výstupkové zvarovanie .....	42
1.2.4 Stykové stláčacie zvarovanie .....	43
1.2.5 Stykové odtavovacie zvarovanie .....	45
1.2.6 Vývojové trendy odporového zvarovania .....	46
1.3 Tlakové zvarovanie, zvarovanie v pevnom stave .....	47
1.3.1 Ultrazvukové zvarovanie .....	47
1.3.2 Trecie zvarovanie .....	48
1.3.3 Zvarovanie kováčske .....	49
1.3.4 Zvarovanie explóziou .....	50
1.3.5 Difúzne zvarovanie .....	51
1.3.6 Plameňotlakové zvarovanie .....	52
1.3.7 Zvarovanie tlakom za studena .....	52
1.4 Ostatné metódy zvarovania .....	54
1.4.1 Termitové zvarovanie .....	54
1.4.2 Elektrotroskové zvarovanie .....	56
1.4.3 Zvarovanie laserom .....	58
1.4.4 Zvarovanie infračerveným žiarením .....	60
1.4.5 Zvarovanie elektrónovým lúčom .....	61
2. ZVÁRANIE KOVOV A ICH ZLIATIN .....	63
2.1 Zvariteľnosť kovov a ich zliatin .....	63
2.1.1 Ďalšie faktory ovplyvňujúce zvariteľnosť ocelí .....	66
2.1.2 Plynové dutiny a inklúzie vo zvarovom kove .....	68

2.2	Všeobecné zásady výberu ocele a prídavných materiálov na výrobu zvaraných oceľových konštrukcií .....	69
2.2.1	Stanovenie kritérií pre výber ocele a prídavných materiálov.	70
2.3	Zváranie ocelí triedy 11, 12 .....	72
2.3.1	Zváranie mikrolegovaných ocelí .....	73
2.4	Zváranie legovaných ocelí triedy 13 až 16 .....	74
2.5	Zváranie ocelí triedy 17 .....	75
2.6	Zváranie liatin .....	80
2.6.1	Vlastnosti liatin, určujúce ich zvariteľnosť .....	81
2.6.2	Požadované vlastnosti zvarového spoja .....	82
2.6.3	Prídavné materiály .....	84
2.6.4	Metódy zvarovania liatin .....	84
2.6.5	Tepelné spracovanie zvarkov .....	86
2.6.6	Subjektívny vplyv zvarača .....	87
2.7	Zváranie hliníka a jeho zliatin .....	87
2.8	Zváranie horčíka a jeho zliatin .....	88
2.9	Zváranie titánu a jeho zliatin .....	89
2.10	Zváranie medi a jej zliatin .....	90
3.	DEFORMÁCIE A NAPÄTIA ZVARKOV .....	92
3.1	Teplotné napätia vo zvarkoch .....	93
3.2	Zvyškové napätia u rôznych typov zvarkov .....	94
3.3	Deformácie zvarkov .....	96
3.4	Spôsoby znižovania zvyškových napätí a deformácií .....	99
3.4.1	Konštrukčné opatrenia na zníženie zvyškových napätí a deformácií .....	100
3.4.2	Technologické opatrenia na zníženie napätí a deformácií ....	100
3.5	Vyrovnávanie zvarkov .....	103
3.5.1	Vyrovnávanie zvarkov lokálnym ohrevom .....	104
3.5.2	Vyrovnávanie zvarkov indukčným ohrevom .....	105
3.5.3	Metalurgické aspekty vyrovnávania ohrevom rôznych materiálov	106
3.6	Špeciálne metódy relaxačného spracovania zvarkov .....	107
3.6.1	Relaxácia pretlakom a preťažením .....	107
3.6.2	Relaxácia vibrovaním .....	108
3.6.3	Relaxácia brokovaním .....	110
3.6.4	Relaxácia výbuchom .....	110
3.6.5	Relaxácia ultrazvukom .....	110
3.6.6	Vysokoteplotné valcovanie tupých zvarov .....	111
4.	TEPLOTNÝ REŽIM ZVÁRANIA A RELAXAČNÉ SPRACOVANIE ZVARKOV .....	112
4.1	Teplotný režim zvarovania .....	112
4.1.1	Stanovenie teplotného režimu zvarovania .....	113
4.2	Relaxačné spracovanie zvarkov .....	116
4.2.1	Teoretické základy relaxačného tepelného spracovania ocelí .	118
4.2.2	Druhy tepelného spracovania zvarkov .....	120
4.2.3	Relaxačné žihanie zvarkov .....	121
4.2.4	Lokálne tepelné spracovanie zvarových spojov .....	123
4.2.5	Spôsoby lokálneho ohrevu .....	124

5. TECHNOLOGICKOSŤ ZVÁRANÝCH A SPÁJKOVANÝCH KONŠTRUKCIÍ .....	126
5.1 Všeobecná časť .....	126
5.1.1 Výkresy zvarkov .....	126
5.1.2 Charakteristika a navrhovanie zvarkov .....	126
5.1.3 Faktory pôsobiace pri navrhovaní zvarkov .....	127
5.2 Technologickosť zvaraných a spájkovaných konštrukcií .....	128
5.2.1 Technologickosť zvarkov z hľadiska efektívnosti ich výroby..	128
5.2.2 Zvarové plochy a ich umiestnenie na zvarku .....	129
5.2.3 Presnosť zvarkov a prídavky na opracovanie .....	134
5.2.4 Voľba koncepcie a konštrukčných uzlov zvarku .....	135
5.2.5 Technologickosť zvarkov z pevnostného hľadiska .....	142
5.2.6 Technologickosť konštruovania zvarkov rámov, nosníkov a tla- kových nádob .....	142
5.2.7 Technologickosť konštruovania prvkov zvaraných odporom .....	143
5.2.8 Technologickosť konštrukčných častí spojovaných spájkovaním.	143
5.3 Príprava dielcov pre zváranie .....	147
5.3.1 Rezanie kyslíkom .....	148
5.3.2 Špeciálne metódy delenia materiálov .....	151
5.3.3 Vyrezávacie plány .....	153
5.3.4 Robotizácia rezacích prác .....	154
5.3.5 Únavové vlastnosti tepelne rezaných povrchov .....	154
5.3.6 Príprava zvarových plôch .....	155
5.4 Výrobné postupy zvárania zvarkov .....	157
5.4.1 Riešenie technologického postupu zvárania .....	159
5.5 Náhrada odliatkov a výkovkov zvarkami .....	163
5.5.1 Smery nahrádzania odliatkov a výkovkov zvarkami .....	164
6. KONTROLA KVALITY ZVARKOV .....	167
6.1 Kontrola výroby zvarových spojov .....	168
6.1.1 Kontrola pred začiatkom zvárania .....	168
6.1.2 Kontrola v priebehu zvárania .....	168
6.1.3 Kontrola hotových zvarov .....	168
6.2 Kontrola chýb zvarov .....	169
6.2.1 Chyby zvarkov .....	169
6.2.2 Trieda vyhotovenia zveru .....	170
6.3 Kontrola zvarkov deštrukčnými skúškami .....	170
6.4 Kontrola zvarkov s čiastočným porušením .....	171
6.5 Kontrola zvarkov bez porušenia .....	171
6.5.1 Kapilárne metódy .....	171
6.5.2 Akustické a magnetoakustické metódy .....	172
6.5.3 Magnetické metódy .....	172
6.5.4 Rádiografické metódy .....	172
6.5.5 Ultrazvukové metódy .....	174
6.5.6 Použitelnosť defektoskopických metód .....	176
6.6 Kontrola mechanických vlastností zvarových spojov .....	177
6.6.1 Ťahová skúška zvarových spojov .....	178
6.6.2 Skúška lámavosti tupých zvarových spojov .....	181
6.6.3 Skúška rázom v ohybe tupých zvarových spojov .....	184
6.6.4 Iné skúšky mechanických vlastností .....	185

6.7	Opravy chýb zvarových spojov .....	187
6.7.1	Chyby vo zvarových spojoch ocelí .....	187
6.7.2	Chyby zvarových spojov neželezných kovov .....	188
6.7.3	Opravy chýb zvarových spojov .....	189
7.	TYPIZÁCIA, UNIFIKÁCIA A NORMALIZÁCIA .....	192
7.1	Typizácia .....	192
7.2	Unifikácia .....	192
7.3	Normalizácia .....	193
8.	MECHANIZÁCIA, AUTOMATIZÁCIA A ROBOTIZÁCIA ZVÁRACÍCH PRÁC .....	198
8.1	Manipulačné prostriedky pre zvaračské pracoviská .....	199
8.1.1	Druhy manipulácie a manipulačných prostriedkov na zvaracích pracoviskách .....	199
8.2	Manipulátory a polohovadlá .....	200
8.2.1	Nosiče technologickej hlavice .....	200
8.2.2	Polohovadlá .....	201
8.3	Priemyselné roboty .....	202
8.3.1	Technologický systém robotizovaného pracoviska pre oblúkové zváranie .....	203
8.3.2	Požiadavky na zvarky vhodné pre zváranie PR .....	215
8.3.3	Zvláštnosti technológie oblúkového zvárania s PR .....	215
8.3.4	Robotizované pracovisko .....	219
8.3.5	Nové smery v automatizácii procesov oblúkového zvarania ....	219
8.3.6	Robotizácia bodového odporového zvárania .....	221
8.4	Doplňujúce a ostatné zariadenia zvaracích pracovísk .....	223
8.4.1	Prípravky .....	223
8.5	Zvaračské pracovisko ako základ zvaračskej výroby .....	225
8.6	Automatizácia výroby zvarkov .....	226
8.6.1	Zabezpečenie kvality zvarkov .....	227
9.	VÝPOČTOVÁ TECHNIKA VO ZVÁRANÍ .....	229
9.1	Rozsah využitia výpočtovej techniky .....	229
9.2	Využitie výpočtovej techniky pri príprave výroby zvarkov .....	231
9.3	Použitie mikropočítačov vo výrobe a kontrole zvarkov .....	232
9.3.1	Riadiace systémy robotov .....	232
9.3.2	Riadiace jednotky agregátov zvaračského pracoviska .....	232
10.	RENOVÁCIA KOVOVÝCH SÚČIASTOK .....	236
10.1	Opotrebenie materiálov .....	236
10.1.1	Fyzikálny model opotrebenia .....	237
10.1.2	Základné druhy opotrebenia .....	238
10.1.3	Najdôležitejšie faktory, ovplyvňujúce opotrebenie .....	241
10.2	Prehľad a klasifikácia spôsobov renovácie .....	242
10.2.1	Zváranie a naváranie .....	242
10.2.2	Termické nástreky .....	243
10.2.3	Galvanické pokovovanie .....	243
10.2.4	Nanášanie polyamidov .....	243
10.2.5	Zvláštne spôsoby renovácie .....	244
10.3	Tribologické charakteristiky nanesených vrstiev .....	244
10.3.1	Prvky tribologického systému .....	244

10.3.2	Vlastnosti prvkov tribologického systému .....	246
10.3.3	Interakcia medzi tribologickými prvkami .....	246
10.3.4	Tribologické charakteristiky .....	246
10.4	Voľba metód renovácie .....	247
10.5	Metódy renovácie naváraním a zváraním .....	248
10.5.1	Voľba prídavného materiálu .....	248
10.5.2	Renovácia naváraním plameňom .....	249
10.5.3	Naváranie obalenými elektródami .....	252
10.5.4	Naváranie pod tavivom .....	254
10.5.5	Elektrotroskové naváranie .....	255
10.5.6	Naváranie elektrickým oblúkom v plynovej ochrane .....	256
10.5.7	Naváranie plazmovým oblúkom .....	259
10.5.8	Naváranie elektrónovým lúčom .....	259
10.5.9	Naváranie laserom .....	260
10.5.10	Naváranie elektrickým odporom .....	261
10.5.11	Naváranie trením .....	261
10.5.12	Naváranie indukčným ohrevom .....	261
10.6	Renovácia termickými nástrekmi .....	263
10.6.1	Nástrek kyslíkoacetylenovým plameňom .....	263
10.6.2	Nástrek elektrickým oblúkom .....	264
10.6.3	Nástrek plazmovým oblúkom .....	264
10.6.4	Nástrek hypersonickým spôsobom .....	266
10.6.5	Nástrek detonačnou vlnou .....	266
10.6.6	Príprava súčiastok pre žiarové nástreky .....	266
10.6.7	Skúšky prílnavosti striekaných vrstiev .....	270
10.6.8	Bezpečnosť práce pri žiarovom striekaní .....	270
10.7	Renovácia galvanickými povlami .....	271
10.7.1	Renovácia elektrolytickým chrómovaním .....	272
10.7.2	Renovácia elektrolytickým železnením .....	275
10.7.3	Renovácia elektrolytickým niklovaním .....	275
10.7.4	Renovácia elektrolytickým vylučovaním zliatinových povlakov .....	275
10.8	Ostatné spôsoby renovácie .....	276
10.8.1	Použitie plastov pri renovácii kovových súčiastok .....	278
10.9	Vybrané metódy výroby povrchových vrstiev .....	281
10.9.1	Chemicko-tepelné spracovanie .....	281
10.9.2	Nanášanie povlakov-depozícia .....	282
10.9.3	Nanášanie vrstiev elektroiskrovou metódou .....	282
10.10	Renovácia strojných súčiastok a ekonomická efektívnosť .....	282
10.11	Opravy súčiastok zváraním .....	283
10.11.1	Charakter chybných miest a ich úprava .....	283
11.	EKONOMIKA ZVÁRACÍCH PRÁC .....	288
11.1	Ekonomika výroby zvariek .....	288
11.1.1	Metodika výpočtu technologických vlastných nákladov zvárania .....	288
11.1.2	Objem nákladov najpoužívanějších metód zvárania .....	291
11.1.3	Objem pracnosti najpoužívanějších metód zvárania .....	291
11.2	Metodika výpočtu ekonomickej efektívnosti renovácie .....	292

12. ŠKOLENIE, SKÚŠKY A KVALIFIKÁCIA ZVÁRAČOV .....	299
13. BEZPEČNOSŤ A HYGIENA PRÁCE PRI ZVÁRANÍ .....	302
13.1 Hygiena práce .....	302
13.2 Ohrozenie zdravia a života zvárača .....	305
13.3 Zváracie práce v miestach so zvýšeným nebezpečím .....	305
13.4 Osobné ochranné pomôcky zvárača .....	306
13.5 Pravidlá hygieny a bezpečnosti práce .....	306
ZOZNAM SKRATIEK .....	308
ODPORÚČANÁ LITERATÚRA .....	309