

# Obsah

## PŘEDMLUVA

1	ÚVOD . . . . .	9
2	VÝPOČET SVAROVÝCH SPOJŮ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ . . . . .	11
2.1	Namáhání na únavu svarových spojů . . . . .	22
2.2	Základní charakteristiky únavy svarového spoje . . . . .	25
2.3	Vliv koncentrace napětí na únavovou pevnost svarového spoje a technologická doporučení pro snížení účinků koncentrace napětí . . . . .	27
2.4	Výpočet svarových spojů namáhaných staticky a na únavu . .	28
2.5	Nové metody výpočtu svařovaných konstrukcí . . . . .	61
3	NAVRHOVÁNÍ SVAŘOVANÝCH KONSTRUKCÍ . . . . .	64
3.1	Druhy svarových spojů . . . . .	77
3.1.1	Tupé svarové spoje . . . . .	77
3.1.2	Spoje tvaru T . . . . .	82
3.1.3	Křížové spoje . . . . .	82
3.1.4	Rohové spoje . . . . .	83
3.1.5	Lemové spoje . . . . .	84
3.1.6	Překládané spoje . . . . .	84
3.2	Druhy svařovaných konstrukcí . . . . .	85
3.2.1	Konstrukce plnostěnné . . . . .	85
3.2.2	Konstrukce příhradové . . . . .	89
3.2.3	Konstrukce plášťové . . . . .	93
3.2.4	Konstrukce tlakových nádob . . . . .	96
3.2.5	Konstrukce skříňové . . . . .	98
3.2.6	Konstrukce komůrkové . . . . .	100
3.2.7	Konstrukce skořepinové . . . . .	103
3.2.8	Svařované konstrukce strojní . . . . .	106
4	POUŽITÍ TAVNÉHO SVAŘOVÁNÍ PŘI STAVBĚ KONSTRUKCÍ . . . . .	107
4.1	Ruční svařování elektrickým obloukem . . . . .	107
4.2	Automatické svařování pod tavidlem . . . . .	110

4.3	Svařování elektrickým obloukem v ochranných atmosférách . . . . .	117
4.3.1	Svařování v ochranné atmosféře argonu netavící se elektrodou (Argonarc, WIG) . . . . .	117
4.3.2	Svařování v ochranné atmosféře tavící se elektrodou (MIG) . . . . .	117
4.3.3	Svařování v ochranné atmosféře oxidu uhličitého . . . . .	120
4.4	Svařování trubičkami . . . . .	120
4.5	Speciální způsoby svařování . . . . .	122
4.6	Elektrostruskové svařování . . . . .	122
4.7	Svařování paprskem elektronů . . . . .	127
5	<b>SVARĚTELNOST OCELÍ PRO KONSTRUKCE . . . . .</b>	<b>130</b>
5.1	Zkoušky svařitelnosti . . . . .	135
5.2	Hodnocení mechanických vlastností svarových spojů . . . . .	135
5.3	Zkoušky tavné svařitelnosti pro určení náchylnosti oceli ke vzniku trhlin . . . . .	144
5.3.1	Trhliny za horka . . . . .	144
5.3.2	Trhliny za studena . . . . .	152
5.3.3	Žíhací trhliny (relaxační trhliny) . . . . .	165
5.3.4	Podnávarové trhliny . . . . .	170
5.3.5	Lamelární trhliny . . . . .	174
5.4	Mechanické vlastnosti svarových spojů . . . . .	177
5.5	Parametry svařování podle výsledků zkoušek svařitelnosti . . . . .	180
5.6	Výpočet hlavních ukazatelů svařitelnosti ocelí a způsoby jejich hodnocení podle ČSN 05 1312 . . . . .	188
5.6.1	Výpočtové ukazatele . . . . .	188
5.6.2	Ukazatele náchylnosti i k trhlinám . . . . .	188
5.6.3	Ukazatel náchylnosti oceli k transformačnímu zkřehnutí . . . . .	193
5.6.4	Ukazatel náchylnosti oceli ke stárnutí . . . . .	193
5.6.5	Ukazatel tvrdosti svarového spoje . . . . .	194
5.6.6	Údaje o svařitelnosti . . . . .	195
5.7	Stav oceli před svařováním, během svařování a po svařování . . . . .	195
5.7.1	Tepelné zpracování oceli před svařováním . . . . .	195
5.7.2	Předehřev při svařování . . . . .	199
5.7.3	Způsoby svařování s předehřevem . . . . .	200
5.7.4	Popouštění po svařování . . . . .	202
5.8	Předehřev při svařování a tepelné zpracování svarových spojů uhlíkových ocelí třídy 11, 12 a ocelí na odlitky třídy 26 důležitých konstrukcí . . . . .	204
5.8.1	Předehřev při svařování . . . . .	204
5.8.2	Žíhání svařených částí a spojů . . . . .	205
5.9	Předehřev a tepelné zpracování svarových spojů slitinových ocelí třídy 13 a 15 a ocelí na odlitky třídy 27 a 28 důležitých konstrukcí . . . . .	206
5.9.1	Předehřev při svařování . . . . .	206

5.9.2	Žihání svařených částí a spojů . . . . .	207
5.10	Předehřev při svařování a tepelné zpracování svarových spojů oceli užívaných při snížených teplotách . . . . .	209
5.11	Předehřev při svařování . . . . .	209
5.12	Žihání svařených částí a spojů . . . . .	210
5.13	Tepelné zpracování svarových spojů austenitických ocelí a ocelí nestejného chemického složení . . . . .	212
6	MATERIÁLY PRO STATICKY A DYNAMICKY NAMÁHANÉ SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE . . . . .	214
7	NAPĚTÍ A DEFORMACE PŘI SVAŘOVÁNÍ . . . . .	270
7.1	Příčné deformace . . . . .	271
7.2	Podélné deformace . . . . .	273
7.3	Úhlové deformace . . . . .	274
7.4	Postupy při svařování velkých svařenců . . . . .	283
8	NÁVRH SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE PODLE UKAZATELE PROVOZU . . . . .	287
8.1	Namáhání na mez pevnosti svarových spojů — křehký lom . . . . .	288
8.1.1	Zkoušky odolnosti proti vzniku křehkého lomu . . . . .	294
8.1.1.1	Rázová zkouška vrubové houževnatosti . . . . .	295
8.1.1.2	Zkouška padajícíím závažím (DWT) . . . . .	296
8.1.1.3	Zkoušky na velkých tělesech . . . . .	296
8.1.1.4	Zkouška stanovení teploty zastavení trhliny (TZT) — Ro- bertsonova zkouška . . . . .	296
8.1.1.5	Zkoušky pro určení materiálových charakteristik $G_{1C}$ , $\delta_c$ , $K_{1C}$ a $J_{1C}$ . . . . .	297
8.1.2	Volba materiálu pro rozměrné svařované konstrukce . . . . .	299
8.2	Pevnost svarových spojů při vysokých teplotách . . . . .	302
8.3	Svařování ocelí rozdílných strukturních bází . . . . .	305
9	KONTROLA SVAROVÝCH SPOJŮ . . . . .	312
9.1	Kontrola před svařováním . . . . .	312
9.2	Kontrola v průběhu svařování . . . . .	312
9.3	Kontrola po svařování . . . . .	313
9.4	Zkoušky ke zjištění vad svarových spojů . . . . .	314
9.4.1	Zkouška elektromagnetická . . . . .	314
9.4.2	Zkouška magneticko-fluorescenční . . . . .	315
9.4.3	Zkouška kapilární . . . . .	315
9.4.4	Zkoušky prozařováním rentgenovými paprsky, paprsky gama a beta . . . . .	315

9.4.5	Zkouška ultrazvukem . . . . .	317
9.5	Doporučení pro použití defektoskopických metod . . . . .	319
9.6	Zkoušky pro určení mechanických vlastností svarových spojů .	320
10	LITERATURA . . . . .	322