

OBSAH

1. Úvod	11
1.1 Stručné dějiny svařování	11
1.2 Svařování potrubí	15
1.3 Druhy potrubí	16
1.4 Rozdělení potrubí podle tlaku, jmenovité světlosti a pracovního média	16
1.5 Rozdělení potrubí v energetice	21
1.6 Značení svarů na výkresech	22
2. Svařování	23
2.1 Způsoby svařování	23
2.2 Svařování tavné	23
2.2.1 Svařování elektrickým obloukem	23
2.2.1.1 Svařování elektrostruskové	24
2.2.1.2 Svařování plamenem	24
2.2.1.3 Svařování slévárenské	24
2.2.1.4 Svařování termitem	24
2.2.1.5 Svařování laserem	24
2.2.1.6 Svařování světelným paprskem	25
2.2.1.7 Svařování elektronovým paprskem	25
2.2.2 Svařování tlakové	26
2.2.2.1 Svařování kovářské	26
2.2.2.2 Svařování plynem	26
2.2.2.3 Svařování odporové	26
2.2.2.4 Svařování pýchovací plamenem	27
2.2.2.5 Svařování pýchovací s indukčním ohřevem	27
2.2.2.6 Svařování třením	27
2.2.2.7 Svařování tlakem za studena	27
2.2.2.8 Svařování ultrazvukem	27
3. Svařování ocelí	28
3.1 Rozdělení ocelí	28
3.2 Označení ocelí podle ČSN	29
3.2.1 Vzor číselného označení ocelí třídy 10	32
3.2.2 Vzor číselného označení ocelí třídy 11	32
3.2.3 Vzor číselného označení ocelí třídy 12 a 16	33

3.2.4	Vzor číselného označení ocelí třídy 17	33
3.2.5	Vzor číselného označení uhlíkových ocelí na odlitky podle ČSN 42 1261.	42
3.2.6	Vzor číselného označení slitinových ocelí na odlitky podle ČSN 42 1261.	42
3.3	Oceli používané na potrubí	42
3.4	Barevné označování ocelí	43
3.4.1	Způsob označování ocelí (je uveden v tabulce 10)	43
3.4.2	Umístění barevného označení na výrobcích	45
3.5	Svařitelnost	46
3.6	Svařitelnost ocelí	46
3.7	Metody svařování	47
3.8	Přídavné materiály pro ruční svařování ocelí elektrickým obloukem	48
3.8.1	Elektrody uhlíkové	48
3.8.2	Elektrody kovové	48
3.8.3	Rozdělení a značení elektrod pro ruční svařování ocelí elektrickým obloukem	50
4.	Vybrané způsoby svařování se zřetelem na svařování potrubí a trubek z oceli na montáži	61
4.1	Svařování elektrickým obloukem	61
4.1.1	Tvary a rozměry svarových ploch při svařování elektrickým obloukem	74
4.1.2	Ruční svařování obalenou elektrodou. Svařování trubek a potrubí	74
4.1.2.1	Kotlové trubky	74
4.1.2.2	Trubky malých rozměrů (Js 10 až Js 80)	75
4.1.2.3	Potrubí Js 100	75
4.1.3	Postup při ručním svařování potrubí elektrickým obloukem kovovou obalenou elektrodou. Zapálení oblouku, vedení elektrody	76
4.1.4	Svařování v různých polohách	79
4.1.4.1	Základní polohy svařování	79
4.2	Výkonné metody ručního svařování potrubí elektrickým obloukem	84
4.2.1	Elektrody s celulózovým obalem	84
4.2.2	Vysokovýkonné elektrody	85
4.3	Ruční svařování v ochranných atmosférách netavící se elektrodou TIG	87
4.3.1	Schéma zařízení pro svařování metodou TIG	88
4.3.2	Tvary svarových ploch	89
4.3.3	Technika svařování TIG	90
4.3.4	Svařování ocelí metodou TIG	91
4.3.5	Zařízení pro svařování TIG	93
4.3.6	Plyny pro svařování TIG	94
4.3.7	Dráty a tyčinky pro svařování TIG	94
4.4	Svařování plazmou	95
4.4.1	Svařování mikroplazmou	96
4.4.2	Doporučené tvary svarových ploch pro svařování plazmou	96

4.5	Poloautomatické svařování ocelí	97
4.5.1	Ochranné působení CO ₂ . Vysvětlení pojmu MAG	97
4.5.2	Zařízení pro svařování v CO ₂	99
4.5.3	Svařování se zkratovým přenosem svarového kovu	99
4.5.4	Svařování se sprchovým přenosem svarového kovu	104
4.5.5	Ochranný plyn CO ₂	104
4.5.6	Tvary svarových ploch pro svařování v CO ₂ podle ČSN 05 0027	104
4.5.7	Značení svařovacích drátů.	104
4.5.8	Technologie svařování metodou MAG	106
4.5.9	Poloautomatické svařování ocelí tavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertních plynů metodou MIG	110
4.6	Automatické svařování v ochranných plynech	111
4.6.1	Druhy svařovacích automatů	112
4.7	Svařování pod tavidlem	114
4.7.1	Regulace délky oblouku	115
4.7.2	Soubor tabulek	115
4.7.3	Nejznámější typy čs. automatů pro svařování pod tavidlem	120
4.7.4	Tvary svarových ploch	121
4.7.5	Přehled ocelí vhodných pro svařování pod tavidlem	121
4.7.6	Způsoby svařování pod tavidlem	121
	Svařování z jedné strany na ocelové podložce	121
	Ocelový podložný pásek	121
	Svařování z jedné strany na měděnou podložku	129
	Svařování z jedné strany na osazení	129
	Svařování z jedné strany na tavidlové podložce	129
	Svařování z jedné strany s ručním podložním kořene elektrodou	129
	Svařování z obou stran	129
	Svařování z obou stran s podložním	129
	Svařování koutových svarů	129
	Výplňové svařování	129
4.8	Automatické svařování trubek s odporovým nebo indukčním ohřevem	129
4.8.1	Automatické svařování s odporovým ohřevem	131
4.8.2	Automatické svařování s indukčním ohřevem	132
4.8.3	Svařování ocelí plátovaných austenitickou fólií elektrickým obloukem	132
4.9	Svařování plamenem	133
4.9.1	Plyny běžně používané pro svařování plamenem	134
4.9.2	Vyvíječe acetylénu	134
4.9.3	Hořáky pro svařování plamenem	136
4.9.4	Druhy svařovacích plamenů	138
4.9.5	Technologie svařování plamenem	139
4.9.6	Svařovací dráty pro svařování plamenem	141
5.	Svařování hliníku (Al) a jeho slitin	147
5.1	Způsoby svařování	147
5.1.1	Svařování plamenem	147
5.1.2	Svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou	151
5.1.3	Svařování elektrickým obloukem uhlíkovou elektrodou	152
5.1.4	Svařování metodou TIG v ochranné atmosféře argonu	152
5.1.5	Svařování metodou MIG	156

6. Svařování mědi (Cu) a jejích slitin	160
6.1 Způsoby svařování mědi	160
6.1.1 Svařování plamenem	162
6.1.2 Svařování elektrickým obloukem	164
6.1.3 Svařování v ochranné atmosféře argonu metodou TIG neta- vící se elektrodou	164
6.1.4 Svařování v ochranné atmosféře argonu metodou MIG tavící se elektrodou	166
7. Svařování plastických hmot	167
7.1 Rozdělení plastických hmot	167
7.2 Druhy plastických hmot	167
7.3 Způsoby svařování plastických hmot	168
7.4 Svařování horkým plynem (vzduchem, dusíkem apod.)	168
7.4.1 Přídavný materiál pro svařování horkým plynem	169
7.4.2 Tvary svarových ploch	169
7.4.3 Příprava pro svařování	169
7.4.4 Postup při svařování	171
7.5 Svařování kondukčním (vedením)	173
7.6 Svařování dotykovým teplem a polyfúzní svařování (ohřívacím článkem)	173
7.6.1 Zařízení a přípravky pro svařování dotykovým teplem	174
7.6.1.1 Postup svařování	175
7.6.2 Svařování polyfúzní	176
7.6.2.1 Používaná zařízení	176
7.6.3 Zařízení pro svařování	177
7.7 Svařování třením (frikční)	177
7.8 Svařování vysokofrekvenčním ohřevem (indukční)	178
8. Technologické předpisy pro svařování trubek a potrubí z oceli	179
8.0 Výtah z ČSN 05 6010	179
8.1 Výtah z ON 05 6910	179
8.1.1 Tvary a rozměry svarových ploch	185
8.1.2 Způsoby svařování	186
8.1.3 Přídavné materiály pro svařování elektrickým obloukem a kyslíkoacetylenovým plamenem	186
8.1.4 Kontrola a zkoušky svarových spojů	187
8.2 Výtah z ON 05 6911	190
8.2.1 Potrubí pro tepelná energetická zařízení na páru a vodu	190
8.2.2 Potrubí tlakového celku parního kotle	190
8.2.3 Tvary a rozměry svarových ploch	190
8.2.4 Technologie svařování	190
8.2.5 Tepelné zpracování svarových spojů	192
8.2.6 Dokumentace o svařování	196
8.2.7 Kontrola a zkoušky svarových spojů	196
8.2.7.1 Vnější prohlídka	199
8.2.7.2 Zkouška tvrdosti svaru	199
8.2.7.3 Zkouška svarů prozářením	199
8.2.7.4 Zvláštní zkoušky	201
8.3 Výtah z ON 05 6912	201
8.4 Výtah z ČSN 13 1140	203

8.4.1	Teplonosná látka (médium)	203
8.4.2	Technologie svařování	204
8.4.3	Kontrola jakosti svarových spojů	205
8.5	Výtah z ČSN 13 0020	205
8.5.1	Rozsah platnosti	205
8.5.2	Technologie svařování	205
8.5.3	Teplné zpracování svarových spojů po svařování	207
8.5.4	Kontrola jakosti svarových spojů	207
9.	Řezání ocelových materiálů a příprava svarových ploch (úkosů).	
	Lícování trubek a potrubí	213
9.1	Způsoby dělení materiálu	213
9.1.1	Mechanický způsob	213
9.1.2	Řezání kyslíkem	213
9.1.3	Speciální způsoby řezání kyslíkem	215
9.1.4	Plazmové řezání	216
9.1.5	Řezání metodou TIG	218
9.1.6	Polohovadla pro řezání potrubí	219
9.2	Úkosování potrubí a zařízení na úpravu úkosů	219
9.2.1	Zařízení používaná ve výrobě	219
9.2.2	Zařízení používaná na montáži	220
9.2.3	Úkosovací stroje používané na montážích	220
9.3	Lícování trubek a potrubí	221
9.4	Stehovací a lícovací přípravky	223
10.	Teplné zpracování svarových spojů	225
10.1	Oblasti teplného zpracování	225
10.2	Způsoby teplného zpracování	225
10.2.1	Přehřátí svařovaného potrubí	225
10.2.2	Žihání na snížení nnutí ve svaru	226
10.2.3	Žihání s překrytalizací — nad teplotu A_{c_3}	227
10.2.3.1	Žihání normalizační	227
10.2.3.2	Žihání homogenizační	227
10.2.3.3	Žihání izotermické	227
10.2.3.4	Žihání austenitizační	228
10.3	Zařízení pro teplné zpracování svarových spojů	228
10.3.1	Plynové hořáky	228
10.3.2	Ohřev elektrickou indukci	230
10.3.3	Ohřev elektrickým odporovým teplem	231
10.3.4	Jiné způsoby ohřevu	232
11.	Vady svarů — kontrola jakostí svarových spojů	233
11.1	Vady svarů a jejich příčiny	233
11.2	Rozdělení vad	233
11.2.1	Vady povrchové	233
11.2.2	Vnitřní vady svarů	236
11.2.3	Vady v kořeni svaru	237
11.3	Opravy vadných svarů	237
11.4	Kontrola jakosti a zkoušky svarových spojů	238
11.4.1	Zkouška bez porušení svaru	238

11.4.2 Zkouška s porušením svarového spoje	247
11.4.3 Chemický rozbor svarového kovu a základního materiálu	249
12. Bezpečnost práce při svařování (ČSN 05 0630, ČSN 05 0610)	252
12.1 Svařování elektrickým obloukem.	252
12.2 Svařování plamenem a řezání kyslíkem	254
13. Seznam norem, směrnic a předpisů z oboru svařování tlakových nádob a potrubí	256
14. Použitá literatura	262

Poznámka autora :

V celé práci bylo použito převážně jednotek SI. Pouze ve výjimečných případech při odvolání na starší normy byly ponechány z důvodu lepšího přehledu a jasnosti dosavadní měrové jednotky, avšak s udáním převodu na jednotky SI.

Např.:

Tlak: $1 \text{ kp cm}^{-2} \doteq 0,1 \text{ MPa}$

Mechanické napětí: $1 \text{ kp mm}^{-2} \doteq 10 \text{ MPa}$

($1 \text{ MPa} = 1 \text{ N mm}^{-2}$)