

Kapitola 4 (1 hodina) **Základy svařování na tupo horkým tělesem**

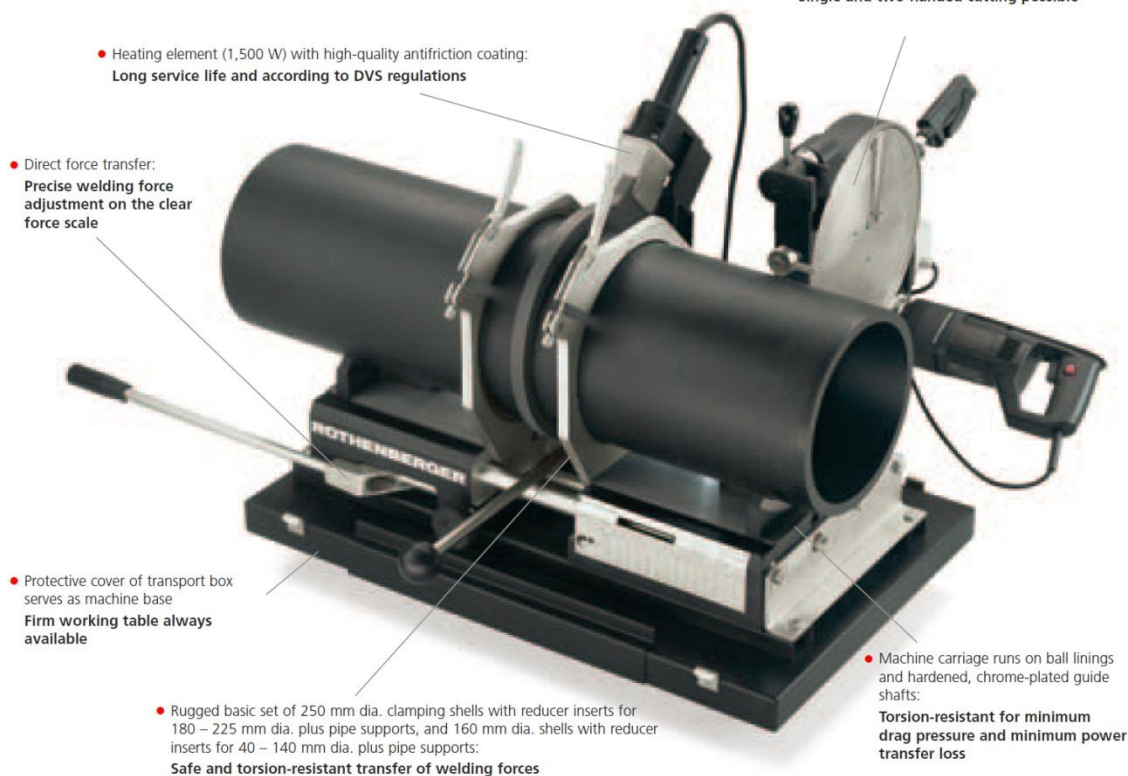
4.1 Obecně

Svařování na tupo je hospodárným a spolehlivým způsobem spojování bez použití dalších součástí, vyžaduje pouze zařízení pro svařování na tupo.

Tavný spoj na tupo je termofúzní proces, který zahrnuje současné nahřátí konců obou částí, které mají být spojena, až do dosažení roztaveného stavu na každém kontaktním povrchu. Pak se k sobě oba povrchy přiblíží pod řízeným tlakem po stanovenou dobu chlazení a při chlazení se pak vytvoří homogenní tavenina. Výsledný spoj je odolný vůči osově síle a má srovnatelný výkon pod tlakem v trubce.

dia. 40 - 110 mm	SDR 41 - SDR 7,25
dia. 40 - 125 mm	SDR 41 - SDR 11
dia. 40 - 200 mm	SDR 41 - SDR 17,666
dia. 40 - 225 mm	SDR 41 - SDR 26
dia. 40 - 250 mm	SDR 41 - SDR 32,25

- Electric, high-torque milling unit (450 W) locks into place in the working position:
Protects against unintentional starting and movement
- Mechanical stop adjustable from both sides
Single and two-handed cutting possible



Obr. 4.1 Princip procesu svařování na tupo

4.2 Přípravné práce před svařováním

- Určete pracoviště, kde může probíhat spojování bez toho, aby byl proces ovlivňován nepříznivými povětrnostními vlivy.
- Ověřte, že je v generátoru dostatek paliva pro dokončení spoje, a že je plně funkční, ještě před připojením ke stroji.

- Zkontrolujte správnou funkci zařízení. Svařovací zařízení používané na místě si zaslouží zvláštní péči.
- Vyzkoušejte, zda je obráběcí nástroj a hydraulické čerpadlo v dobrém pracovním stavu.
- Zkontrolujte desku ohříváku, zda je čistá a jsou odstraněny veškeré zbytky od předchozích svarů. Není-li tomu tak, je nutno ji před každou svařovací operací vyčistit papírem nezanechávajícím zbytky a vhodným čisticím přípravkem
- Ověřte přítomnost plachty, která by mohla být použita jako kryt během svařování.
- Zkontrolujte, zda je stroj úplný a nepoškozený.
- Ověřte, že jsou zvolené svařovací parametry správné pro daný stroj a pro převařovanou trubku.
- Zkontrolujte, zda horké těleso dosáhlo správné teploty. (Připojte destičku ohříváku ke zdroji napájení a nechte ji přibližně 20 minut uvnitř tepelně izolovaného krytu). Teplota horkého tělesa musí být mezi 190°C a 220°C. U tenkých tloušťek stěn doporučujeme vyšší teploty. Maximální odchylky jsou uvedeny v následující tabulce.

Použitý povrch horkého tělesa pro svařování Průměr d_1	ΔT_{tot}
$d_1 = 40-160$	8°C
$d_1 = 200-315$	10°C

Teplotu horkého tělesa je nutno kontrolovat na několika místech horkého tělesa. Skutečné dosažení nastavené hodnoty kontrolujte termostatem nebo pomocí různých měřicích tyčinek nebo teploměrů.

Pro odstranění nánosů nečistot je možno horké těleso za studena opláchnout dostatečným množstvím čisté vody na začátku spojování. Pro čištění desky horkého tělesa může být použit pouze čistý materiál nezanechávající vlas či žmolky. Pro odstranění mastnoty nebo olejových vrstev může být deska ořena materiálem nezanechávajícím vlas namočeným ve vhodném ředidle, např. isopropanolu.

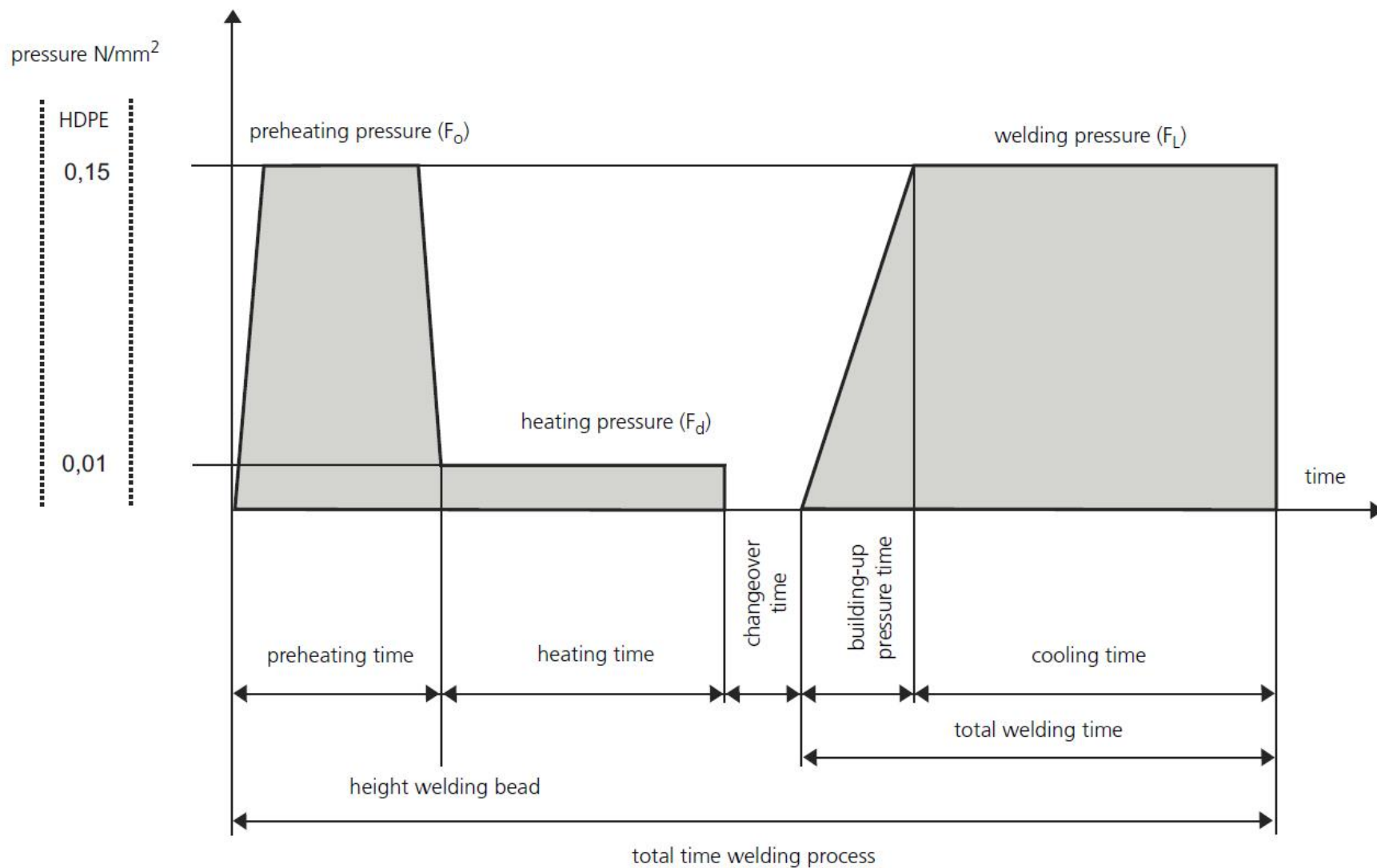
- Zkontrolujte, že trubky a/nebo tvarovky, které mají být svařovány, mají stejnou velikost, SDR a materiál.

4.3 Pokusné svary

Ačkoliv omytí může odstranit velké nánosy nečistot, na horkém tělese mohou stále zůstat velmi jemné částičky prachu. Pro odstranění tohoto prachu je nutné provést pokusný spoj na začátku každého spojování, kdykoliv deska vychladla pod 180°C, nebo při změně velikosti trubky. Je-li velikost trubky větší než 180 mm, je nutno provést dva pokusné svary. Pokusný svar je možno provést pomocí odřezků trubek stejné velikosti, SDR a materiálu jako trubka, která má být instalována. Není nutné skutečné úplné provedení spoje. Potup je možno přerušit po provedení úplného nahřívacího cyklu.

4.4 Svařovací postup

Svařovací postup se provádí dle cyklogramu na obrázku 4.2.



Obr. 4.2 Cyklus svařovacího procesu

a. Upevňování trubek

Umístěte trubky do svorek s konci proti obráběcímu nástroji a se slícovanými značkami trubky. Armatury a/nebo trubky musí být slícovány ve svářecím stroji pro zamezení deformace stěny trubky.

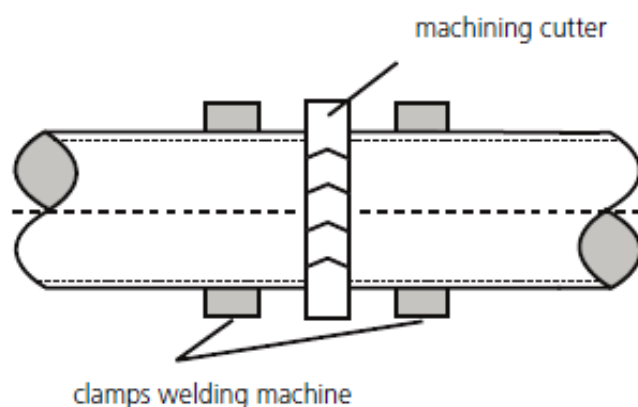
Slícujte a vyrovnejte součást pomocí podpěrných válců.

Upněte trubkové svorky do upínadla.

Zakryjte volné konce trubek pro zamezení vychladnutí desky vnitřním průtokem vzduchu.

b. Obrobení konců trubek

Zapněte obráběcí nástroj a pomalu zavřete svorky tak, aby se konce trubek pohybovaly proti obráběcímu nástroji, dokud není z každého povrchu odebrána souvislá tříška.



Obr. 4.3 Obrábění konců trubek

Nechte obráběcí stroj otáčet se dá a otevřete svorky pro zamezení osazení na obráběných površích.

Odjed'te s obráběcím nástrojem, dbejte na to, aby nedošlo k poškození obrobených konců.

Odstraňte volné třísky ze stroje a konců součásti.

Ověřte, že jsou obě povrchy zcela srovnané. Není-li tomu tak, pak obráběcí proces opakujte.

Zavřete svorky a zkontrolujte, že mezi obrobenými povrchy není viditelná mezera. Maximální odchylka vnějšího průměru je:

- 1,0 mm u velikostí trubek 90mm až 315mm
- 2,0mm u velikostí trubek 316mm až 800mm,

Přesahuje-li odchylka tyto hodnoty, trubku je nutno opět slícovat a zarovnat obráběním.

Zajistěte, aby se konce trubky a/nebo armatury po obrobení již neznečistily. Nedotýkejte se jich rukama. Povrch musí být prostý oleje, mastnoty a nečistot.

c. Předehřátí pod tlakem

Otevřete a pak zavřete svorky a poznačte si odporový tlak nutný pro pohyb trubky společně pomocí hydraulického systému.

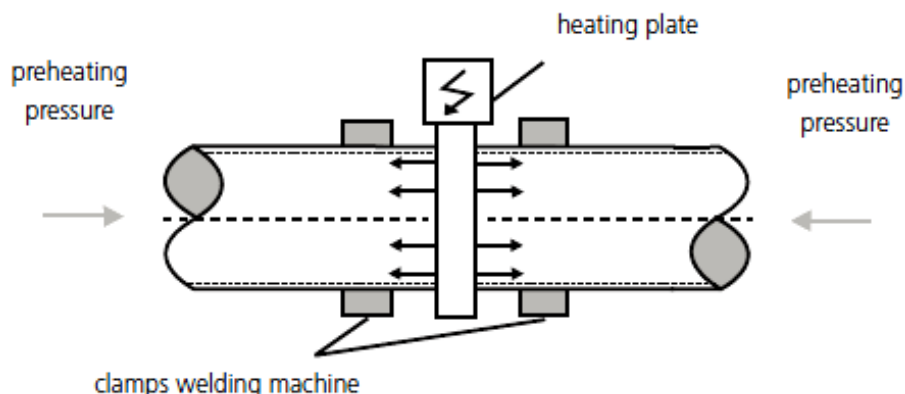
Odporový tlak je minimální měřený tlak nutný pro překonání kluzného třecího odporu na nosných čepch vlivem provozu stroje a hmotností spojovaných trubek / armatur.

Odporový tlak (v barech) je nutno stanovit přesně před provedením každého tavného spoje a musí být přičten k základním hodnotám dynamického měrného tlaku uvedených na stroji. Při použití plně automatických

strojů se tato operace obvykle provádí automaticky.)

Vyjměte ohřívací desku z jejího ochranného krytu. Ověřte, že je čistá a na určené teplotě.

Vložte ohřívací desku do stroje a zavřete svorky tak, aby se spojované povrchy dotýkaly desky. Pomocí hydraulického systému vyviňte výše stanovený tlak.

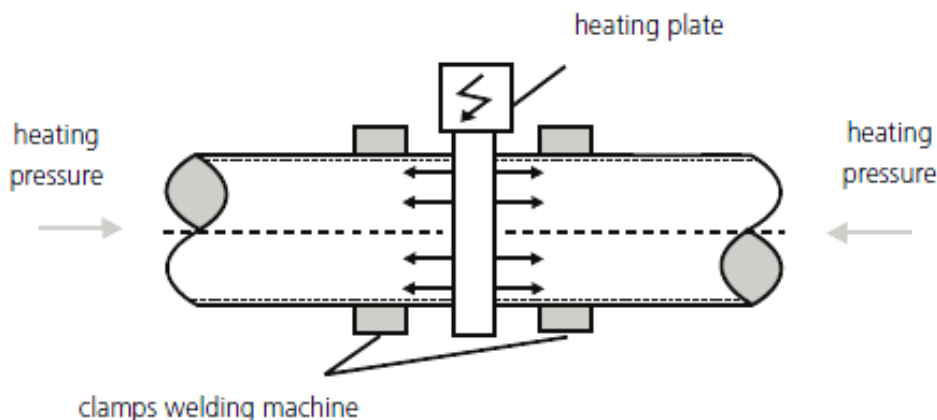


Obr. 4.3 Náhřev pod tlakem

Dodrřujte působící tlak, dokud se trubka nezačne tavit a na každém konci se nevytvoří rovnoměrný výronek 2-3mm.

d. Náhřev pod nízkým tlakem

Polymery jsou dobré izolátory a proto je nutné dosažení správné hloubky náhřevu konců trubky. Z tohoto důvodu je po vytvoření počátečního výronku nutno tlak hydraulického systému uvolnit tak, aby manometr ukazoval hodnotu mezi nulovým tlakem a odporovým tlakem pro umožnění řízení růstu výronku během fáze prohřívání. Pro udržení kontaktu konců s horkým tělesem je potřebný pouze malý tlak 0,01 N/mm².



Obr. 4.4 Beztlaký náhřev

Teplο se bude postupně šířit koncem trubky / armatury. Velikost výronku se o trochu zvětší. Ověřte, zda trubka ve svorkách neprokluzuje. Konce trubky se musí stále dotýkat desek ohříváku.

e. Vyjmutí horkého tělesa

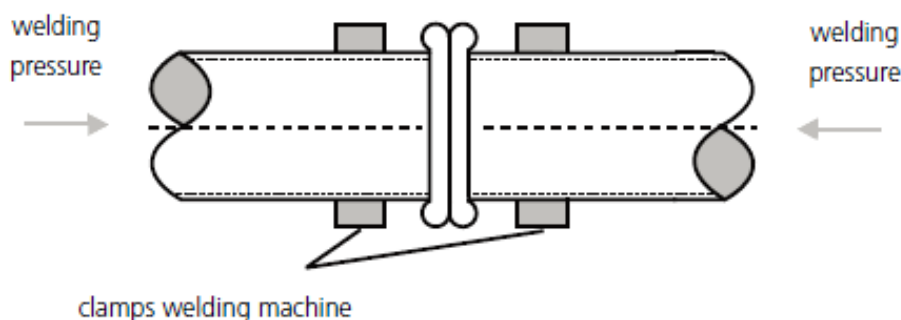
Pο vypršení doby náhřívání otevřete svorky a vyjměte ohřívací desku; pozor, aby se nedotkla roztavených povrchů. Okamžitě zavřete svorky (během 8 až 10 sekund po vyjmutí desky) a spojte roztavené povrchy k sobě dřívě stanoveným tlakem. Pozor, aby nedošlo k prudkému přitisknutí obou konců k sobě.

Vyjmutí horkého tělesa musí proběhnout rychle pro zamezení vychladnutí obou konců.

f. Svařování a vychlazování

Pο vytvoření kontaktu spojovaných ploch by měly být spojeny postupným zvyšováním tlaku na stanovenou hodnotu. Zvyšování tlaku by mělo být lineární a nemělo by překračovat 0,01

N/mm^2 . Při příliš rychlém zvyšování tlaku se plastický materiál vytlačí ven. Je-li zvyšování tlaku příliš pomalé, materiál vychladne. V obou případech je kvalita výsledného svaru pochybná. Udržujte stanovený svařovací tlak na konstantní úrovni během celé doby vychlazování.



Obr. 4.5 Svařování

Spoj nesmí být žádným způsobem zatěžován nebo namáhán. Nevychlazujte nuceně. Po uplynutí této doby je možno sestavu vyjmout ze stroje, ovšem nesmí být se spojenými částmi nijak manipulováno ještě po další dobu rovnající se době vychlazování.

g. Vizuální prohlídka svaru

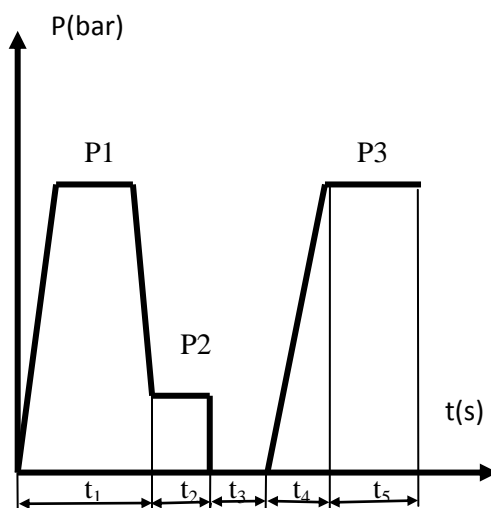
Zkontrolujte čistotu a rovnoměrnost svaru a ověřte, zda je šířka výronku ve stanovených tolerančních mezích.

Odstraňte vnější výronek a dle potřeby vnitřní výronky pomocí vhodného nástroje.

Výronky a spoj musí být opatřeny číslem/značkou pomocí nesmazatelného popisovače.

Otočte výrobky v několika polohách. Zjistí-li se rozdělení výrobku v jakémkoliv místě, pak je nutno spoj z trubky vyříznout a provést znovu. Dojde-li k podobné vadě opětovně, přerušte další spojování, dokud nebude zařízení pečlivě vyčištěno, prohlédnuto a nebyly provedeny další pokusné spoje s prokázáním uspokojivého výsledku.

Hlavní svařovací parametry používané při svařování horkým tělesem na tupo jsou:



Obr. 4.6 Svařovací parametry na diagramu svařovacího cyklu

- Teplota topného tělesa (T)
- Doba pro vyjmutí topného tělesa (t_3)
- Doba náhřevu pod vysokým tlakem (t_1)

- Doba beztlakého náhřevu (t_2)
- Doba pro zvýšení svařovacího tlaku (t_4)
- Doba svařování (t_5)
- Doba vychlazování (t_6)
- Ohřívací tlaky (P_1, P_2)
- Svařovací tlak (P_3)

a) Teplota horkého tělesa (T) - je teplota, na kterou budou součásti zahřáty a na které budou udržovány. Není přípustné překročit teplotu tepelného rozkladu polymeru, aby nedošlo ke strukturálním změnám ve spoji s přímými důsledky na jeho mechanickou odolnost. Příliš vysoká teplota horkého tělesa má za následek snížení mechanické pevnosti housenky.

b) Doba náhřevu (t_1, t_2) určuje množství tepla přeneseného do materiálu. Délka doby náhřevu je určena tloušťkou součástí.

Čím delší je doba náhřevu (t_1, t_2) v příslušném rozmezí, tím je větší množství roztaveného plastu, což má za následek významné snížení svařovacího odporu. Bylo ovšem zjištěno, že použití příliš dlouhých dob náhřevu může mít nepříznivé důsledky, jelikož vytváří příliš mnoho roztaveného materiálu. Během svařování se materiál odvádí ze spoje, což vede ke styku studených povrchů. Doba pro náhřev pod tlakem (t_1) se volí na základě výšky počátečního zkušebního kroužku roztaveného materiálu (hodnoty v tabulkách).

c) Doba vyjmutí horkého tělesa (t_3) je doba, která uplyne od snížení tlaku na nulu, vyjmutí součástí a vyjmutí horkého tělesa až do opětovného kontaktu trubek. Zkušenosti ukazují, že tato doba by měla být tak krátká, aby nedošlo k přílišnému zchladnutí nahřátých povrchů.

d) Doba zvyšování svařovacího tlaku z nuly na (P_3) musí být dodržena tak, aby roztavený termoplastický materiál byl postupně stlačen, což má za následek housenku požadovaných geometrických charakteristik. Je-li příliš krátká, může dovést k vytlačení roztaveného materiálu ze spoje.

e) Doba svařování (t_5) se počítá během vychlazování svaru pod tlakem. Tento parametr je nutno vodit dostatečně velký, aby bylo zajištěno správné vychladnutí housenky

f) Ohřívací tlak (P_1) zajišťuje řádný kontakt mezi povrchy dotýkajícími se horkého tělesa.

g) Udržovací tlak (P_2) je přibližně 10% hodnoty P_1 .

h) Svařovací tlak (P_3) má za následek řádné provedení housenky. Volí se dle velikosti ploch, které mají být svařovány. Neměl by být příliš vysoký, aby bylo zamezeno masivnímu vytlačení materiálu ze spoje s přímým důsledkem svarových spojů s velkými otřepy a s nízkými mechanickými vlastnostmi.

Obecně se doporučuje vyhnout se:

- pokusům svařovat trubky s různými SDR (tloušťkou stěny),
- dotyku obrobených konců trubek,
- ponechávat obráběcí piliny uvnitř trubky nebo na svářecím stroji,
- nechat zařízení zvlhnout nebo zaprášit,
- používat neschválené strojní zařízení,
- vyjímat svar ze stroje před uplynutím doby vychlazování,
- umožnit používání svařovacího zařízení nevyškoleným osobám,
- zkracovat jakékoliv části svařovacího postupu,
- svařovat trubky z různých materiálů na místě,
- a používat generátor nepřiměřené kapacity.

Svařovací parametry. Svařovací teplota: 195°C až 220°C

Outside diameter	SDR	Wall Thickness (min)	Bead up interface stress	Initial bead size (approx)	Soak time	Min soak interface stress	Max plate removal time	Fusion and cooling interface stress	Cooling time in clamps	Cooling time out of clamps	Cooling time for coiled pipe in clamps	Typical final overall beaded width	
												min mm	max mm
90	26	3.5	0.15	2	95	0	10	0.15	10	5	15	8	15
90	17.6	5.1	0.15	2	110	0	10	0.15	10	5	15	8	15
90	11	8.2	0.15	2	140	0	10	0.15	10	5	15	9	16
110	26	4.2	0.15	2	100	0	10	0.15	10	5	15	8	15
110	17.6	6.3	0.15	2	125	0	10	0.15	10	5	15	9	16
110	11	10	0.15	2	160	0	10	0.15	10	5	15	10	17
125	26	4.8	0.15	2	110	0	10	0.15	10	5	15	8	15
125	17.6	7.1	0.15	2	130	0	10	0.15	10	5	15	9	16
125	11	11.4	0.15	2	175	0	10	0.15	10	5	15	10	17
160	26	6.2	0.15	2	120	0	10	0.15	10	5	15	9	16
160	17.6	9.1	0.15	2	150	0	10	0.15	10	5	15	9	16
160	11	14.6	0.15	2	205	0	10	0.15	10	5	15	11	18
180	26	6.9	0.15	2	130	0	10	0.15	10	5	15	9	16
180	17.6	10.2	0.15	2	160	0	10	0.15	10	5	15	10	17
180	11	16.4	0.15	2	225	0	10	0.15	10	5	15	11	18
225	26	8.6	0.15	2	145	0	10	0.15	10	5		9	16
225	17.6	12.8	0.15	2	190	0	10	0.15	10	5		10	17
225	11	20.5	0.15	2	265	0	10	0.15	10	5		12	19
250	26	9.6	0.15	2	155	0	10	0.15	10	5		9	16
250	17.6	14.2	0.15	2	200	0	10	0.15	10	5		10	17
280	26	10.7	0.15	3	170	0	10	0.15	10	5		13	22
280	17.6	15.9	0.15	3	220	0	10	0.15	10	5		14	23
315	26	12.1	0.15	3	180	0	10	0.15	10	5		13	22
315	17.6	17.9	0.15	3	240	0	10	0.15	10	5		14	23
	Tolerance		±0.02		±3			±0.02					

4.5 Svařovací zařízení

Zařízení pro svařování horkým tělesem se obecně skládá z následujících hlavních částí:

- a) rámové konstrukce;
- b) upevňovacích čelistí s vyměnitelnými adaptéry pro standardní průměry trubek;
- c) systém zajišťující potřebný tlak (mechanický, hydraulický nebo pneumatický systém);
- d) obráběcí nástroj (fréza/obráběcí nůž)
- e) systém pohonu horkého tělesa - nějaké mechanizované zařízení;
- f) horké těleso s povlakem PTFE s rovnoměrnou povrchovou teplotou;
- g) ovládací a řídicí systém.



a. Mechanizované zařízení



b. Ruční zařízení

Obr. 4.6 Svařovací zařízení

a) Rámová konstrukce svařovacího zařízení je konstrukce zařízení s instalovanými různými jinými částmi celého zařízení. Je vyrobena dle svého konkrétního určení a je postavena modulárním způsobem.



Obr. 4.7 Rámová konstrukce

b) Upevňovací prvky jsou vyměnitelné čelisti pro každý standardní průměr trubky; upevňovací systém je založen na principu mechanického upnutí.



Obr. 4.8 Vyměnitelné čelisti

c) Tlak ve fázích nářevu, prodlevy a svařování se provádí pomocí hydraulického systému.



a.



b.



c.

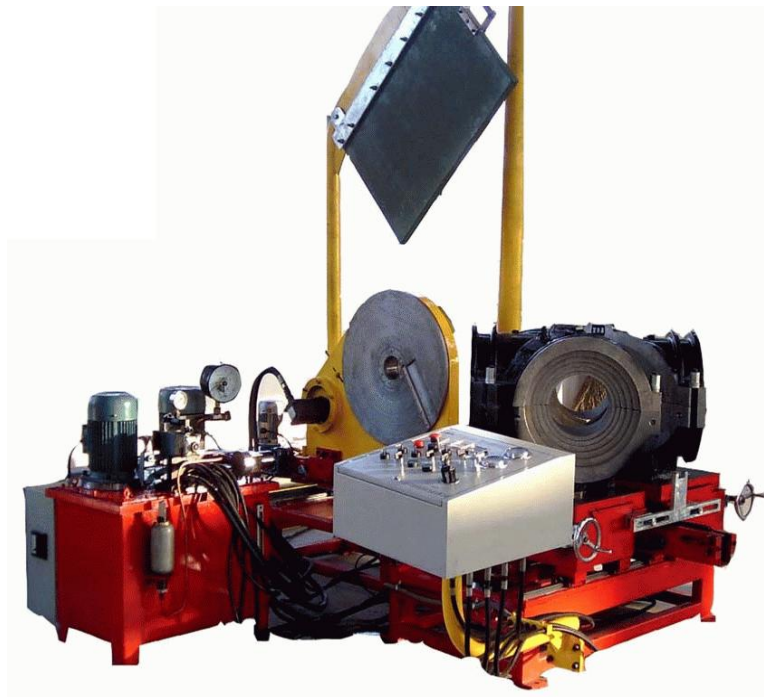
Obr. 4.9 Různé systémy pro zajištění tlaku (a. ruční, b. mechanický, c. pneumatický)

d) Fréza zajišťuje řádné obrobení konců trubek. Zajišťuje současné obrobení obou povrchů, které budou součástí svařovacího procesu.



Obr. 4.10 Fréza

e) Mechanizované svařovací zařízení (FUSION) - horké těleso je připevněno ke svařovacímu zařízení pomocí systému, který umožňuje automatické vyjetí horkého tělesa od nahřátých součástí.



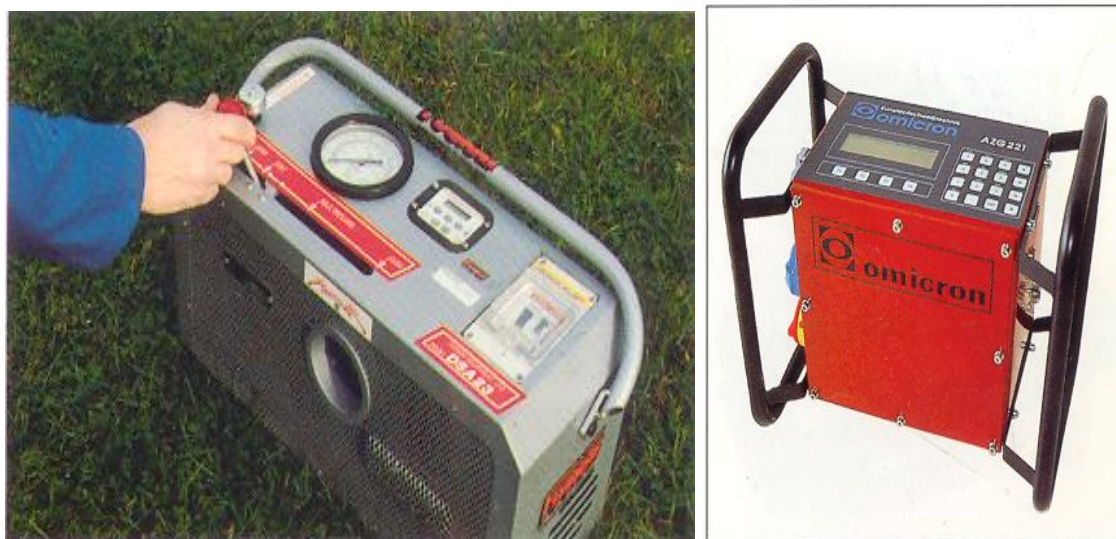
Obr. 4.11 Systémy pro pohyb horkého tělesa

f) Horké těleso je obvykle vyrobeno z hliníku; hliníková slitina se zabudovaným elektrickým odporem pomocí vodiče stanoví velikost tepla nutného pro dosažení svarového spoje. Je potaženo PTFE vrstvou pro zamezení přilnutí polymeru k hliníku



Obr. 4.12 Horké těleso/nástroj

g) Ovládací a řídicí zařízení svařovacího horkého tělesa splňuje dvě rozdílné funkce:
- zajistit dosažení požadovaného pracovního cyklu;
- regulovat teplotu horkého tělesa.



Obr. 4.13 Řídicí systém

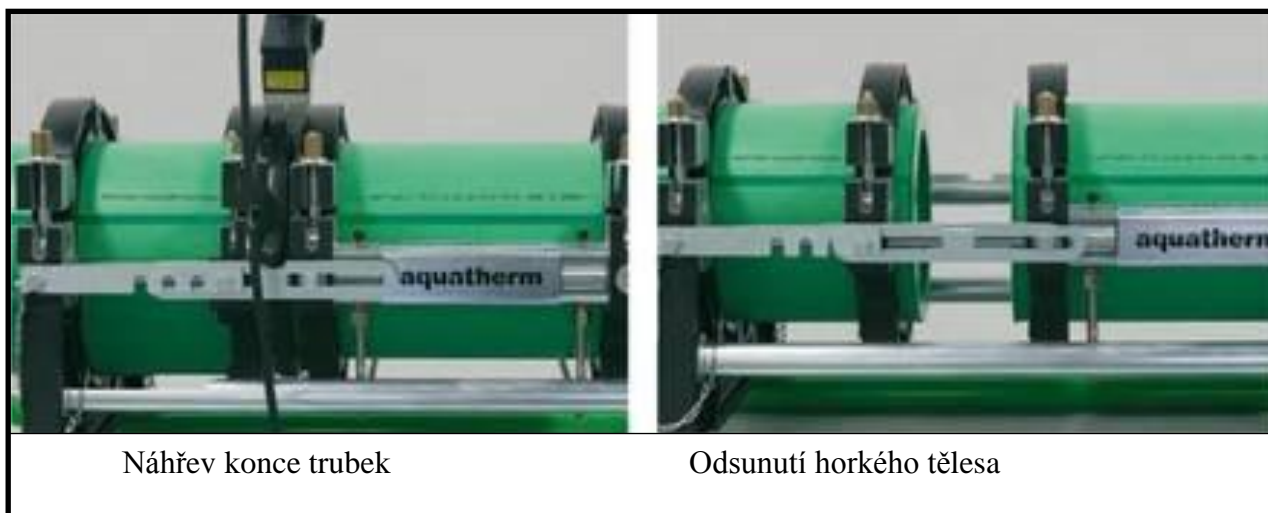
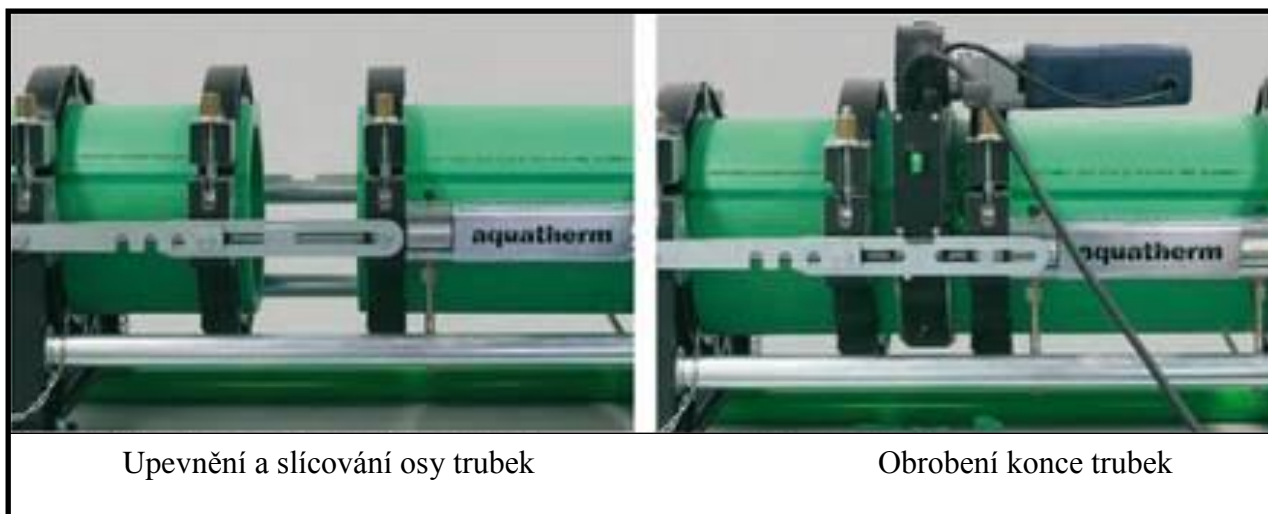
Další přístroje používané pro pomoc při přípravě procesu jsou zobrazeny na obrázku 4.14.



Obr. 4.14 Přístroje pro řezání trubek před svařovacím procesem

Dodatek

Kroky svařovacího procesu





Přitlačení horkých konců trubek k sobě

Vyjmutí spoje ze svařovacího zařízení