

Dodávky vysokotlakého spojovacího potrubí

Jedním z dodavatelů pro nový zdroj 660 MWe Elektrárny Ledvice je i společnost Modřanská potrubní, a.s., v současné době nejvýznamnější český výrobce vysokotlakého spojovacího potrubí pro energetiku. Pro nový zdroj 660 MWe v Elektrárně Ledvice dodá společnost spojovací potrubí pro kotelnu, mezistrojovnu a strojovnu. Spojovací potrubí je určeno pro vzájemné propojení technologických zařízení v kotelně a ve strojovně.

Vzhledem k projektovaným parametrům nového zdroje se jako technologicky nejnáročnější část jeví zařízení popsané jako „kritické potrubí“. Jde o potrubí tří parních systémů lišících se para-

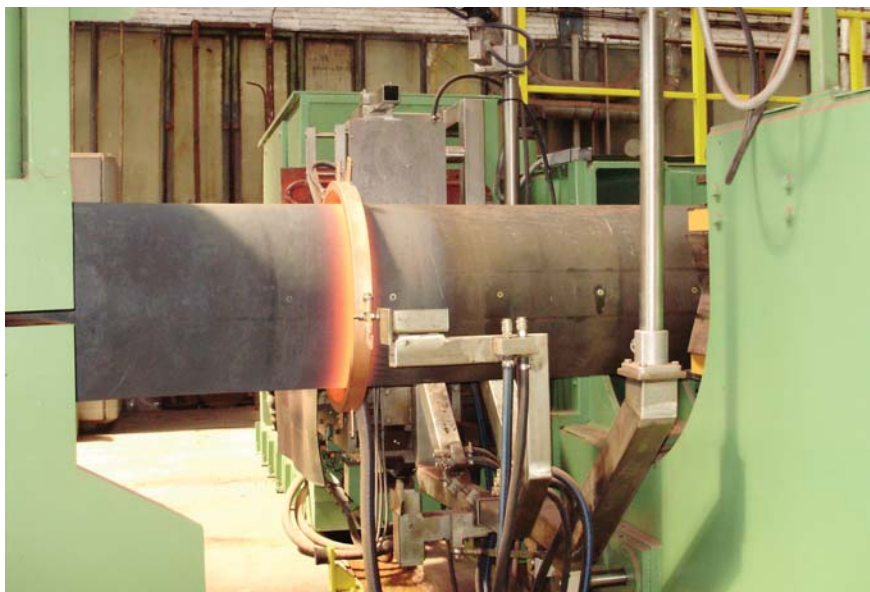
s teplotou páry 450 až 550 °C), a dosahují tak mnohem vyšší účinnosti. U klasických elektráren se tak mimo jiné výrazně snižují emise skleníkových plynů.

Systémy přehřáté páry pracují se super nadkritickými parametry páry (teplota 600 °C a tlak 28,0 MPa) a vyžadují potrubí o velkých tloušťkách, které odolávají velkým tlakům.

Pro jejich výrobu se nejčastěji používá nejmodernější záropevná ocel značky X10CrWMoVNb9-2 (podle ASME označovaná např. u trubek jako SA 335 P92), dostupná na evropském trhu jen několik let. Pro výrobu parovodu určitého rozměru a tvaru je nutno trubky z této oceli (například o vnějším průměru 530 mm a tloušťce stěn 90 mm) ohýbat, tepelně zpracovávat ohyby na požadovanou jakost, svařovat a tepelně zpracovávat svary jak ve výrobě, tak i na montáži. Tento článek se zabývá právě stručným přehledem postupu prací při osvojení výroby takových parovodů v Modřanské potrubní, určených pro zakázku Ledvice.

Příprava a osvojení výroby hladkých trubkových ohybů

Výroba hladkých ohybů je nedílnou součástí stavby každého vysokotlakého parovodu. V Modřanské potrubní je již několik desítek let používán proces indukčního ohýbání na strojích speciální konstrukce, určených pouze pro tuto



Příprava na ohyb trubky oceli P92

metry páry. Hlavní částí každého ze systémů (přehřátá, přihřátá a vratná pára) je potrubí spojující komory kotle s připojovacím místem v blízkosti turbíny. Toto potrubí je tvořeno dvěma, resp. zčásti i čtyřmi paralelními potrubními větvemi.

Z těchto hlavních tras vedou odbočky k jednotlivým bezpečnostním orgánům. Koncepte řešení vychází z řešení podobných nadkritických bloků v Německu. Efektivní využití mechanických vlastností materiálu pro projektované parametry si vyžádalo aplikaci vysokojakostních legovaných ocelí X10CrWMoVNb9-2 pro parovody systému přehřáté páry a X10CrMoVNb9-1 pro parovody přihřáté páry a použití velkých tvarovek v kovaném provedení s kulovým tvarem hlavního tělesa. Oceli jakosti X10CrWMoVNb9-2 nebyly dosud na provozovaných výrobních blocích v České republice použity. Při návrhu parovodů bylo nutné zohlednit (při pevnostně dilatačním výpočtu) vliv dynamických a rovněž seizmických vlivů.

Osvojování výroby vysokotlakých parovodů přehřáté páry nové generace

Parametry a materiály spojovacího potrubí přehřáté páry

V souvislosti s celosvětovým trendem nastala zcela zásadní změna, pokud jde o požadavky na součásti nově stavěných klasických parních elektráren nejmmodernější koncepce. Ty pracují s teplotou páry okolo 600 °C (oproti stávajícím,



Ohýbačka typu Cojafex PB 1000

Ve výrobním sortimentu Modřanské potrubní, a.s., se tato změna týká především spojovacího potrubí přehřáté páry a potrubí přihřáté páry.

Pro velké průměry a tloušťky jsou v současnosti k dispozici dva CNC stroje od holandské firmy Cojafex B.V. Jde jednak o stroj do

průměru 1 020 mm (aktuálně po generální opravě a rekonstrukci) a jednak nový stroj do průměru 850 mm (který se právě instaluje) s vysokou tvářecí silou, speciálně určený pro výrobu ohybných velkých průřezů z oceli s velkým přetvárným oděrem.

Zvláště nový stroj je určen pro výrobu ohybných velkých průměrů a tloušťek, které jsou součástí parovodů ostré páry nových super nadkritických elektrárenských bloků. Oba tyto stroje pracují na shodném principu postupného tváření (ohýbání) trubky za tepla s indukčním středofrekvenčním ohřevem úzkého tvářeného pásu.

Všechny důležité parametry procesu ohýbání jsou programově řízeny a vybrané stěžejní parametry procesu jsou průběžně monitorovány a zaznamenávány. Po procesu ohybu je nutné novým úplným tepelným zpracováním dosáhnout požadované struktury a požadovaných vlastností materiálu, tedy obnovit původní vlastnosti oceli.

Zatímco u dosavadních obdobných materiálů menších tloušťek postačovalo po tepelném zpracování ochlazení na vzduchu, je u trubek z oceli značky X10CrWMoVNb9-2 velkých tloušťek stěny nutné pro dosažení vhodné struktury a mechanických vlastností zrychlené ochlazování z teploty austenitu v kapalině. Úplné tepelné zpracování na jakost ohybných je organickou součástí výroby ohybných a nelze je oddělit. Proto je součástí zkoušek výroby ohybných i tepelné zpracování těchto ohybných.

Zkoušky

K ověření vlastností skutečných indukčních ohybných a prokázání jejich vlastností (především mechanických), které nelze na hotovém ohybu nedestruktivně zkusit, slouží zkoušky postupu ohýbání. Je to obdoba zkoušek postupu svařování, kdy na hotovém svaru také nelze nedestruktivním zkoušením zjistit a prokázat požadované, hlavně mechanické vlastnosti. Vychází se z jednoduché filozofie, kdy se zkoušky i vlastní výroba uskutečňují podle stejných technologických parametrů (předem navízených a odzkoušených), a má se za to, že výsledky dosažené na vzorku budou identické i ve skutečném výrobku (u kterého nejdu nedestruktivně zjistit).

Tyto zkoušky postupu ohýbání prodělaly během doby značné změny. V současnosti jsou zakotveny a nejpřesněji uvedeny v harmonizované výrobkové normě EN 12952-5 (normativní příloha A). Takovou zkoušku postupu ohýbání musí uskutečnit výrobce ohybných před započítáním výroby a prokázat na jejím základě dosažení požadovaných vlastností u vybraných částí ohybu, které jsou v oblasti mechanických vlastností shodné, jako jsou požadavky na rovné trubky např. podle harmonizované EN 10216-2. Na skutečných ohybech se pak destruktivní zkoušky pro stanovení mechanických vlastností provádějí nejčastěji pouze na rovném konci jednoho ohybu reprezentujícího výrobní dávku ohybných.

V rámci prací na osvojení výroby parovodů velkých rozměrů z oceli značky X10CrWMoVNb9-2 byly uskutečněny zatím dva zkušební ohyby. První

se uskutečnil na dostupné bezešvé trubce obdobné značky oceli podle ASTM A335 P92 a rozměru 350 × 39 mm. Zkouška postupu ohýbání byla uskutečněna podle EN 12952-5 za přítomnosti notifikované osoby TÜV SÜD Czech s.r.o.

Vyhodnocení bylo provedeno podle hodnot pro ocel značky X10CrWMoVNb9-2 podle harmo-

přikročeno ke zkoušce postupu ohýbání trubky z oceli značky X10CrWMoVNb9-2 skutečných rozměrů, jako mají být parovody ostré páry v Elektrárně Ledvice.

Jednalo se o bezešvou trubku vnějšího průměru 528 × 94 mm, vyrobenou podle EN 10216-2. Zkouška postupu ohýbání byla uskutečněna po-



Celkový pohled na zařízení

nizované EN 10216-2. Na závěr byla vystavena Inspekční zpráva o zkoušce postupu ohýbání, ve které bylo konstatováno, že ohyb splňuje požadavky přílohy A EN 12952-5 a mechanické vlastnosti jsou vyšší než minimální hodnoty uvedené pro ocel značky X10CrWMoVNb9-2 v EN 10216-2.

dle EN 12952-5 opět za přítomnosti notifikované osoby TÜV SÜD Czech s.r.o. Ohýbání proběhlo na ohýbacím stroji Cojafex 1000 bez problémů. Vlastní ohýbání vzhledem k velkému tvářenému průřezu probíhalo zvolna a celkový čas ohýbání proto trval více než 23 hodin. Při procesu ohýbání dojde vždy k napěchování materiálu



Ohýbačka typu Cojafex PB 850 Special

Zapojení nezávislé třetí strany, v tomto případě dokonce notifikované osoby, podle PED nebylo vhodné, ale bylo motivováno hodnověrností takových nezávislých zkoušek. Na základě zkušeností získaných na tomto modelovém ohybu bylo

vnitřního rádiu ohybu a tím ke zvětšení tloušťky ohybu v těchto místech. Tloušťka zde dosahovala cca 103 mm. Po ohnutí následovalo tepelné zpracování ohybu na jakost. To sestávalo z „austenitizace“ celého ohybu při teplotě 1 050 °C,

ze zrychleného ochlazování ve vodní lázni a z pouštění při teplotě 770 °C.

Teplné zpracování na jakost bylo stejně jako u rovné trubky skutečně se zrychleným ochlazováním z teploty austenitu ve vodní lázni. Pro menší tloušťku stěny (39 mm) stačilo u modelového ohybu mnohem jednodušší ochlazování na klidném vzduchu. Je si nutno uvědomit, že změna způsobu ochlazování si vyžádala řadu přípravných prací, které souvisely s výrobou manipulačních přípravků pro sejmutí ohřátého ohybu

tloušťce 20 mm ručním svařováním elektrickým obloukem metodami kořen svaru TIG (141) a výplň obalenou elektrodou. Byly použity přídatné materiály firmy Böhler Welding – předního výrobce přídatných svařovacích materiálů pro žárovečné oceli.

Na základě dosažených výsledků se přikročilo ke zkouškám postupu svařování elektrickým obloukem podle EN 15614-1, a to na modelových vzorcích na trubce značky oceli podle ASTM A335 P92 a rozměru 350 × 39 mm. Svary byly

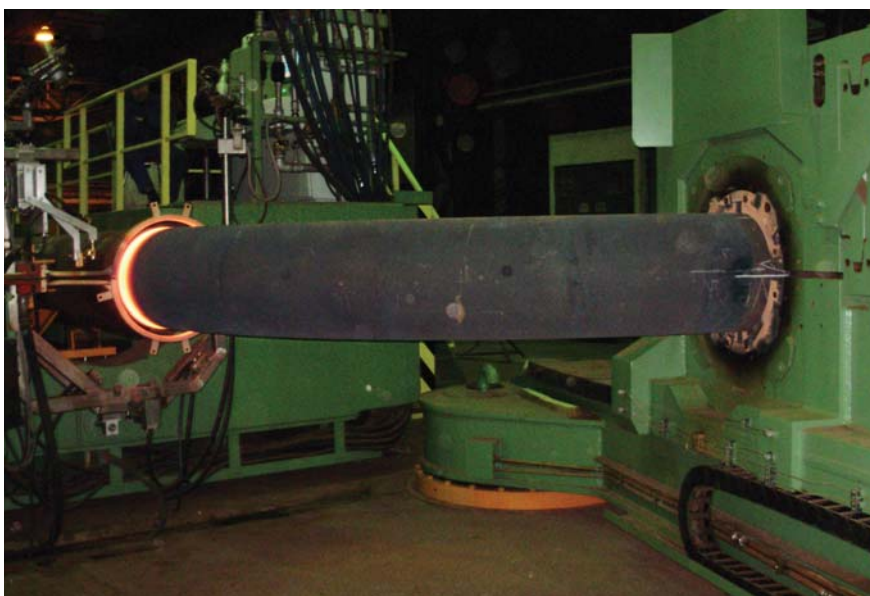
a na základě jejich dobrých výsledků byly vydány notifikovanou osobou protokoly WPQR podle EN 15614-1. Na základě předchozích zkušeností se uskutečnily i zkoušky postupu svařování ručně elektrickým obloukem trubky skutečných rozměrů z oceli značky X10CrWMoVNB9-2, jako mají být parovody ostré páry v Elektrárně Ledvice. Jednalo se o bezešvou trubku vnějšího průměru 528 × 94 mm vyrobenou podle EN 10216-2. Zkušební svary měly tloušťku 80 mm a byly provedeny opět ručním svařováním elektrickým obloukem stejnými metodami jako výše uvedené, se stejnou polohou trubek a se stejným výsledkem.

Svary tak velkého rozměru jsou velmi náročné na zručnost a zkušenosti svářečů a jen omezené množství svářečů je schopno zhotovovat bezvadné svary. Jen pro ilustraci náročnosti práce: celkový čas svařování takového jednoho svaru 528 × 80 mm činil více než 46 hodin. Taková velká pracnost ručního svařování mimo jiné vedla i k rozpracování zkoušek mechanizovaného svařování dvěma metodami svařování.

Mechanizované svařování obvodových svarů

První metoda, která se používá především ve výrobě potrubních komponent rotačního tvaru velkých rozměrů, je svařování pod tavidlem. Nutností je však svařovat pouze v poloze vodorovné, a proto je součástí během svařování polohována (rotační součást se otáčí a svarová lázeň je vodorovná). Na tuto technologii je Modřanská potrubní vybavena a disponuje i zkušenými operátory svařování. Do současné doby bylo uskutečněno několik předběžných zkoušek svařování pod tavidlem s přídatnými svařovacími materiály od firmy Böhler Welding.

Zkoušky byly provedeny jak do klasického úkosu tvaru U, tak i do úzkého úkosu. Svařování do úzkého úkosu není podle našich dosavadních zkušeností zatím možné. Důvodem je velmi obtížná odstranitelnost strusky na povrchu svarů. Ani výrobce tavidla nám nepotvrdil možnost svařovat



Ohýbání materiálu P92

při teplotě 1 050 °C z vozu pece a se zajištěním organizace prací, rychlosti a bezpečnosti celého procesu kalení.

Zkouška postupu ohýbání byla uskutečněna podle EN 12952-5 za přítomnosti Notifikované osoby TÜV SÜD Czech s.r.o. Vyhodnocení bylo provedeno podle hodnot pro ocel značky X10CrWMoVNB9-2 podle harmonizované EN 10216-2. Na závěr byla vystavena Inspekční zpráva o zkoušce postupu ohýbání, v které bylo konstatováno, že ohyb splňuje požadavky přílohy A EN 12952-5 a mechanické vlastnosti jsou vyšší než minimální hodnoty uvedené pro ocel značky X10CrWMoVNB9-2 v EN 10216-2.

Příprava a osvojení obvodových svarových spojů

Další částí stavby parovodů je spojování svařováním jednotlivých komponent a montážních bloků. V rámci prací na osvojení výroby parovodů velkých rozměrů z oceli značky X10CrWMoVNB9-2 byly uskutečněny zkušební svary trubek. Protože plán prací vznikl již v roce 2007, kdy ještě nebyl požadavek na mechanizované svařování obvodových svarů na montáži, bylo svařování zaměřeno na ruční svařování elektrickým obloukem a mechanizované svařování pod tavidlem. Bylo postupováno opět jako výše u ohybů postupně po jednotlivých krocích.

Nejprve byly uskutečněny zkušební svary na trubce značky oceli podle ASTM A335 P92 a rozměru 350 × 39 mm. První svary byly při menší

provedeny stejně jako dříve, ručním svařováním elektrickým obloukem metodami:

- kořen svaru TIG (141),
- výplň (obalenou elektrodou).

Trubky měly osu vodorovnou (poloha svaru PF) a svislou (poloha svaru PC). Zkoušky postupu svařování proběhly za účasti Notifikované osoby TÜV SÜD Czech s.r.o. Byly provedeny všechny požadované nedestruktivní i destruktivní zkoušky



Trubka P92 po ohybu

do úzkého úkosu a není znám ani záměr v blízké budoucnosti takové tavidlo vyrábět.

Zkoušky svařování pod tavidlem do klasického úkosu pro svařování pod tavidlem stále probíhají a jsou připravovány zkoušky postupu svařování podle EN 15614-1 za účasti Notifikované osoby.

Výhled použití mechanizovaného orbitálního svařování obvodových svarů na montáži

Druhou metodou mechanizovaného svařování se jeví orbitální svařování obvodových svarů elektrickým obloukem různými metodami svařování. Svařování, kdy stroj obíhá okolo trubky v místě svaru, je ideální pro montážní spoje. Použití orbitálního svařování je zcela závislé na zařízení, které pro takové materiály a rozměry (podle našich poznatků) dosud nevládná žádná firma v ČR, ani zde není dostupné.

Při průzkumu trhu bylo nalezeno několik výrobců, kteří mají zkušenosti s podobnými svary (rozměrovou podobnost). Jde o AMI (USA), ESAB (Švédsko), FRONIUS (Rakousko), MAGNATECH (USA), POLYSOUDE (Francie). Tito výrobci nebo jejich tuzemští zástupci byli osloveni a v době vzniku článku, to je v srpnu 2009, pouze jeden výrobce závazně potvrdil schopnost takové svary zhotovit. Jedná se o francouzskou firmu POLYSOUDE, která je v ČR mimo jiné zastupována firmou MGM Tábor, s. r. o.

Se zástupci této firmy je již několik měsíců úspěšně vedeno jednání o dodávce stroje a technologie orbitálního svařování trubek z oceli X10CrWMoVNb9-2 vnějšího průměru OD 530 × 90 mm a dalších reálných rozměrů vyskytujících se na potrubí zakázky Ledvice.

V tomto konkrétním případě by se jednalo o mechanizované obloukové svařování metodou TIG do úzkého úkosu (šířka cca 8,5 až 10 mm) s přidáváním „horkého“ drátu jako přidavného

svařovacího materiálu. Tato metoda svařování je podle referencí výrobce používána již například u svarů velkých tloušťek (45 až 180 mm) trubek z oceli X10CrMoVNb9-1 a u svarů trubek OD 457 × 67 z oceli Grade P92 (X10CrWMoVNb9-2).

Výhodou svařování do úzkého úkosu je například zhotovení celého svaru včetně kořenové vrstvy jednou metodou svařování a hlavně velmi krátké časy vlastního svařování, které jsou 1/3 a až dokonce 1/5 času ručního obloukového svařování.

Další možnou technologií je i svařování TIG s přidáváním studeného drátu. Během poptávky byly zaznamenány i informace výrobců zařízení pro orbitální svařování, kteří používají jiné tvary úkosů a jiné technologie svařování. Příkladem může být informace od MAGNATECH USA, kde také svařují metodou MAG plněnou elektrodou. Nově jsou i v Evropě k dispozici potřebné přidavné svařovací materiály ve formě plněné elektrody (kovem nebo tavidlem) nejméně od dvou evropských výrobců (Böhler Welding, Metrode).

Závěr

V současné době se chýlí ke konci jednání o koupi zařízení a technologie svařování od firmy POLYSOUDE, která je již několik desítek let známým a spolehlivým dodavatelem orbitálních svařovacích zařízení nejrůznějších konfigurací, velikostí a provedení vesměs pro metodu svařování TIG. Záměrem Modřanské potrubní je ve shodě se smlouvou pro zakázku Ledvice svařovat montážní svary hlavních parovodů z oceli X10CrWMoVNb9-2 orbitálně metodou TIG do úzkého úkosu.

Závěrem lze konstatovat, že zvládnutí technologie zpracování nových materiálů pro super nadkritické elektrárenské bloky potvrzuje pozici Modřanské potrubní na špičce výrobců potrubních systémů. Zkušenosti nabyté při referenční zakáz-

ce pro Elektrárnu Ledvice nám pomohou při získávání dalších zakázek pro renomované investory energetických celků v tuzemsku i v zahraničí.

Ing. Radko Verner,
Modřanská potrubní, a.s.

O firmě Modřanská potrubní, a. s.

Historie strojírenské výroby v Modřanech se datuje již od roku 1913 a za léta působení v energetice firma realizovala dodávky spojovacího potrubí pro více než 320 klasických a 14 jaderných energetických bloků ve více než třiceti státech čtyř kontinentů. V současnosti nabízí Modřanská potrubní kompletní dodávky spojovacího potrubí na klíč při výstavbě nových zařízení i pro jejich opravy a rekonstrukce. Dodává i jednotlivé potrubní díly vyhotovené podle specifických požadavků zákazníka. Zajišťuje technické, poradenské a výpočetní služby v oboru spojovacího potrubí za použití nejmodernějších diagnostických a výpočetních metod. V rámci servisní činnosti v energetice zabezpečuje běžnou údržbu i okamžité odstranění havárií. Podnik je certifikován podle ISO 9001:2000 od TÜV SÜD Management Service GmbH, dodává potrubní komponenty z uhlíkových ocelí, legovaných žárovevých ocelí i nerezavějících austenitických ocelí podle norem EN, DIN, ASME, GOST a patří mezi vybrané dodavatele pro společnost ČEZ. Od roku 2005 je firma je součástí skupiny CTYGROUP.

MODŘANSKÁ
POTRUBNÍ

Dodávky vysokotlakého spojovacího potrubí

Jedním z dodavatelů pro nový zdroj 660 MWe elektrárny Ledvice je i společnost Modřanská potrubní, a.s., v současné době nejvýznamnější český výrobce vysokotlakého spojovacího potrubí pro energetiku. Pro nový zdroj 660 MWe v elektrárně Ledvice dodá společnost spojovací potrubí pro kotelnou, mezistrojovnu a strojovnu. Spojovací potrubí je určeno pro vzájemné propojení technologických zařízení v kotelně a ve strojovně. Vzhledem k projektovaným parametrům nového zdroje se jako technologicky nejnáročnější část jeví zařízení popsané jako „kritické potrubí“. Jde o potrubí tří parních systémů lišících se parametry páry. Hlavní částí každého ze

systémů (přehřátá, přihřátá a vratná pára) je potrubí spojující komory kotle s připojovacím místem v blízkosti turbíny. Toto potrubí je tvořeno dvěma, resp. zčásti i čtyřmi paralelními potrubními větvemi. Pro výrobu parovodu určitého rozměru a tvaru je nutno trubky z této oceli (například o vnějším průměru 530 mm a tloušťce stěn 90 mm) ohýbat, tepelně zpracovávat ohyby na požadovanou jakost, svařovat a tepelně zpracovávat svary jak ve výrobě, tak i na montáži. Tento článek se zabývá právě stručným přehledem postupu prací při osvojení výroby takových parovodů v Modřanské potrubní určených pro zakázku Ledvice.

Dodávky vysokotlakého spojovacího potrubí

Jedním z dodavatelů pro nový zdroj 660 MWe elektrárny Ledvice je i společnost Modřanská potrubní, a.s., v současné době nejvýznamnější český výrobce vysokotlakého spojovacího potrubí pro energetiku. Pro nový zdroj 660 MWe v elektrárně Ledvice dodá společnost spojovací potrubí pro kotelnou, mezistrojovnu a strojovnu. Spojovací potrubí je určeno pro vzájemné propojení technologických zařízení v kotelně a ve strojovně. Vzhledem k projektovaným parametrům nového zdroje se jako technologicky nejnáročnější část jeví zařízení popsané jako „kritické potrubí“. Jde o potrubí tří parních systémů lišících se parametry páry. Hlavní částí každého ze

systémů (přehřátá, přihřátá a vratná pára) je potrubí spojující komory kotle s připojovacím místem v blízkosti turbíny. Toto potrubí je tvořeno dvěma, resp. zčásti i čtyřmi paralelními potrubními větvemi. Pro výrobu parovodu určitého rozměru a tvaru je nutno trubky z této oceli (například o vnějším průměru 530 mm a tloušťce stěn 90 mm) ohýbat, tepelně zpracovávat ohyby na požadovanou jakost, svařovat a tepelně zpracovávat svary jak ve výrobě, tak i na montáži. Tento článek se zabývá právě stručným přehledem postupu prací při osvojení výroby takových parovodů v Modřanské potrubní určených pro zakázku Ledvice.