



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZEFEKTIVNĚNÍ VÝROBY SPALINOVÉHO VÝMĚNÍKU

INCREASING PRODUCTION EFFECTIVENESS OF FLUE EXCHANGER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ota SIGMUND

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Oskar ZEMČÍK, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ota Sigmund

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Zefektivnění výroby spalínového výměníku

v anglickém jazyce:

Increasing production effectiveness of flue exchanger

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Teoretický rozbor problematiky spalínového výměníku a souvisejících výrobních technologií.

Návrh variantní výrobní technologie zvolené součásti.

Srovnání se stávajícím stavem. Zhodnocení a doporučení do budoucna.

Cíle bakalářské práce:

- Analýza zadané problematiky.
- Návrh a volba variantního řešení.
- Zpracování technologie výroby.
- Srovnání se stávajícím stavem výroby.
- Technicko ekonomické zhodnocení a doporučení.

Seznam odborné literatury:

1. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
2. Springer handbook of mechanical engineering. 1st ed. New York: Springer, 2008, p. cm. ISBN 978-354-0491-316.
3. DAVIM, J. Paulo. Surface Integrity in Machining. 1. vyd. London: Springer, 2010, 215 s. ISBN 978-1-84882-873-5.
4. ŠTULPA, Miroslav. CNC obráběcí stroje. 2006. vyd. Praha : BEN, 2006. 128 s. ISBN 80-7300-207-8.
5. CHANG, Tien-Chien, Richard WYSK a Hsu-Pin WANG. Computer-Aided Manufacturing. 3. vyd. New Jersey: Prentice Hall, 2005, 684 s. ISBN 0-13-142919-1.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Obsahem bakalářské práce je technické a ekonomické zhodnocení nové efektivnější výroby spalínového výměníku kogenerační jednotky, kde byl nahrazen stávající způsob výroby novými moderními technologiemi výroby v oblasti obrábění a svařování.

Klíčová slova

kogenerace, kogenerační jednotka, spalínový výměník, trubkovnice, orbitální svařování

ABSTRACT

The content of the bachelor thesis is technical and economic evaluation of new more efficient production of flue gas heat exchanger of cogeneration machines, where the current method of producing was replaced by new modern production technologies in machining and welding.

Keywords

cogeneration, cogeneration machine, flue heat exchanger, tubesheet, orbital welding

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SIGMUND, O. *Zefektivnění výroby spalínového výměníku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Zefektivnění výroby spalinového výměníku** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce. Práci jsem zpracoval pod vedením Ing. Oskara Zemčíka, Ph.D.

26. 5. 2015

.....
Datum

.....
Ota Sigmund

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat Ing. Oskaru Zemčikovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Josefu Jelečkovi, generálnímu řediteli firmy TEDOM a.s., který mi umožnil využití podkladů pro práci. Na závěr děkuji mé rodině, nejbližším přátelům a spolužákům, kteří mě podporovali ve studiu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 PRINCIP KOGENERACE A FUNKCE SPALINOVÝCH VÝMĚNÍKŮ	10
1.1 Rozdělení tepelných výměníků	11
1.2 Zapojení a parametry spalínového výměníku kogenerační jednotky.....	12
1.3 Spalínový výměník kogenerační jednotky TEDOM Cento T200.....	13
2 TECHNOLOGIE VÝROBY SPALINOVÉHO VÝMĚNÍKU.....	14
2.1 Jednotlivé části spalínového výměníku.....	14
2.2 Výroba spalínového výměníku	16
3 TECHNOLOGIE VÝROBY DĚR TRUBKOVNICE.....	18
3.1 Obrábění – vrtání.....	19
3.2 Třídění spotřeby času	19
3.3 Původní technologie výroby	20
3.3.1 Stolní radiální vrtačka	20
3.3.2 Výrobní technologický postup – časy operace	21
3.3.3 Nástroje	24
3.4 Nový technologický postup.....	25
3.4.1 Vodorovná vyvrtávačka CNC.....	26
3.4.2 Výrobní technologický postup – čas operace	27
3.4.3 Nástroj.....	28
3.5 Zhodnocení výrobních časů	29
4 TECHNOLOGIE SESTAVENÍ SPALINOVÉHO SVAZKU	30
4.1 Svařování.....	30
4.2 Technologie svařování při sestavování spalínového svazku.....	31
4.3 Původní technologie svařování	32
4.3.1 Svařovací stroj	33
4.3.2 Svařovací technologický postup – čas operace.....	33
4.4 Nová technologie svařování.....	35
4.4.1 Automatizace svařování – orbitální svařování.....	35
4.4.2 Svařovací zařízení.....	36
4.4.3 Svařovací technologický postup – čas operace.....	37

4.5	Zhodnocení výrobních časů svařování.....	40
4.6	Opravy svárů	41
5	TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY	42
6	DISKUZE	46
7	ZÁVĚR	47
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	48
9	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	51

ÚVOD

Strojírenská firma TEDOM a.s. se zabývá výrobou kogeneračních jednotek, včetně výroby jejich komponentů a výrobou plynových motorů. TEDOM zahájil výrobu kogenerací v roce 1991 a dnes patří mezi přední evropské výrobce kogeneračních jednotek. Ve výrobním programu TEDOM nabízí malé mikrokogenerace od elektrického výkonu 7 kW až po velké kogenerace pro teplárenské celky o elektrickém výkonu až do 4 MW. Na Obr. 1 jsou znázorněny typové řady kogeneračních jednotek TEDOM. V současné době TEDOM dodává kogenerace do více jak 40 zemí světa a mezi reference patří například energetické centrum letecké společnosti Qantas v australském Sydney.

Kogenerační jednotka je zařízení složené z více komponentů, dominantu tvoří plynový motor a generátor a dalším v pořadí, dle důležitosti je spalínový výměník, který slouží k přenosu tepla ze spalín motoru. Mění tepelnou energii spalín motoru na teplovodní energii využitelnou k přenosu tepla například do centrálního rozvodu zásobování teplem, do ústředního vytápění nebo k využití v průmyslové technologii. Výrobci kogeneračních jednotek se snaží o co nejoptimálnější využití tepla z kogenerace a tím zvýšit celkovou účinnost strojů. Rozhodující vliv na účinnosti mají hlavně zdroje přenosu tepla – výměníky. Na Obr. 2 je zobrazen spalínový výměník pro jednotky TEDOM.

Důležitým faktorem produkce zařízení je jeho cena a kvalita. Cílem práce je zhodnocení zefektivnění výroby spalínových výměníků zavedením nových výrobních technologií v oblasti obrábění a svařování a jejím srovnání po stránce technické a ekonomické. U obrábění je to nahrazení strojní výroby děr trubkovnice horizontální vyvrtávačkou s CNC řídicím systémem a u svařování je to změna technologie ručního svařování na automatické orbitální svařování.



Obr. 1 Kogenerační jednotky TEDOM [1].

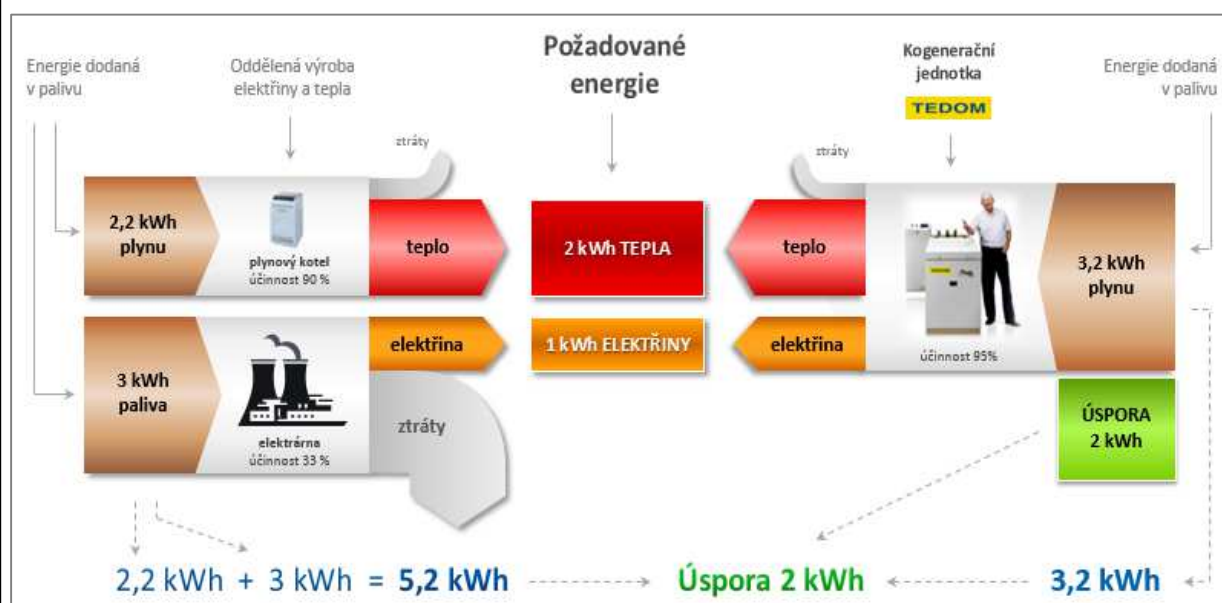


Obr. 2 Spalínový výměník TEDOM [1].

1 PRINCIP KOGENERACE A FUNKCE SPALINOVÝCH VÝMĚNÍKŮ

V současné době je kladen velký důraz na co nejlepší, ekonomicky efektivní využití energií v podnicích, teplárnách, domácnostech a všude tak, kde se spotřebovávají energie. Cena energií stále roste a její výroba může být při tom efektivnější. Při výrobě elektřiny v elektrárnách se teplo, které zde vzniká, chladí na elektrárenských věžích. Ke konečnému spotřebiteli se tak nakonec dostane sotva třetina energie obsažené v palivu. Řešení může být ve výrobě elektřiny přímo v místě spotřeby, kde se „odpadní“ teplo využije k vytápění objektů nebo přípravě teplé užitkové vody. Tomuto způsobu se říká kombinovaná výroba elektřiny a tepla a zařízení, která se pro ni používají, se nazývají kogenerační jednotky. Základní princip úspory energií z kogenerace je znázorněn na Obr. 3.

Standardním palivem pro kogenerace je zemní plyn, spalována mohou být i jiná paliva, např. LPG, bioplyn nebo skládkový plyn. Kogenerace je jeden ze způsobů jak výrazně ušetřit na energiích a dnes je nedílnou součástí téměř většiny velkých teplárenských provozů a stává se samozřejmostí v průmyslových podnicích, bazénech, nemocnicích nebo například rekreačních zařízeních. Kogenerace dnes patří mezi podporované zdroje energie, provozovatelům jsou vypláceny příspěvky na podporu KVET (kombinované výroby elektřiny a tepla) dané vyhláškou energetického regulačního úřadu.



Obr. 3 Princip úspor energií z kogenerace [1].

Energie se vyskytuje ve formě mechanické, elektrické, chemické a také ve formě tepelné. Vzájemné vztahy forem energie vyjadřuje „zákon o zachování energie“ a zákon vhodný pro tepelné procesy se nazývá termodynamický zákon. Obecná funkce výměníků tepla je transformace tepelné energie mezi dvěma proudícími teplotními médii s odlišnými parametry, tento jev se nazývá termodynamický děj. Médium s vyšší teplotou předává svou tepelnou energii mediu o nižší teplotě, teplo přechází z místa o vyšší teplotě do místa o nižší teplotě. Všechny tyto zařízení se nazývají výměníky tepla [2].

1.1 Rozdělení tepelných výměníků

Výměníky dělíme podle použití na ohříváky, chladiče, výparníky, kondenzátory, přehříváky, sušárny a otopná tělesa ústředního vytápění. Dále je můžeme rozdělit podle přenosu tepla, směru proudění médií, kombinace teplotních médií nebo podle konstrukčního řešení. Podle pracovního pochodu existují čtyři základní typy výměníků [2,3]:

- Rekuperační – obě tekutá média jsou zde oddělena nepropustnou stěnou, nedochází ke kontaktu teplotních látek, nepoužívanější typ tepelného výměníku (Obr. 4).
- Regenerační – ohřívání médium vtéká opakovaně s určitým časovým zpožděním za médiem ohřívacím do vymezeného prostoru vyplněným teplotním elementem a přijímá z něj teplo, dochází k částečnému smísení obou médií.
- Kontaktní – teplé a studené médium jsou rozdílných fází a po vzájemném kontaktu a předání tepla jsou od sebe opět odděleny, teplotní plochu tvoří povrch pevných částic.
- Směšovací – výměník nemá teplotní plochy, teplé a studené médium přichází do přímého kontaktu a vytváří homogenní směs.



Obr. 4 Rekuperační výměníky [1, 4, 5].

Při návrhu výměníku je jedním z nejdůležitějších požadavků dosáhnout při nízkých nákladech co nejintenzivnější předání tepla a to můžeme dosáhnout volbou vhodného materiálu pro konstrukci výměníku, konstrukčními úpravami anebo volbou vhodného pracovního média. Výměníky tepla musí splňovat zejména tyto požadavky:

- co nejmenší rozměry, hmotnost a cenu výměníku,
- co nejmenší tlakovou ztrátu obou médií,
- co nejvyšší spolehlivost v provozu.

Provozní spolehlivost je dána zejména konstrukčním řešením, výrobou výměníku a kvalitou použitých materiálů. Při špatném návrhu výměníku může vznikat nízkoteplotní nebo vysokoteplotní koroze. Zvláštní případy koroze mohou nastat u spalinových výměníků spaliny – vzduch nebo spaliny – voda v případě, že spaliny obsahují SO_2 , Cl nebo F , kdy vznikají kyseliny H_2SO_4 , HCl , HF a při překročení rosného bodu způsobují nízkoteplotní korozi ze strany spalin.

Kogenerační jednotky TEDOM spalují, kromě zemního plynu a LPG, také různá alternativní paliva jako je bioplyn, skládkový plyn nebo důlní plyn. U těchto paliv je kladen důraz zejména na volbu vhodných materiálů pro konstrukci výměníku.

1.3 Spalinový výměník kogenerační jednotky TEDOM Cento T200

Firma TEDOM vyrábí kogenerační jednotky o jmenovitém elektrickém výkonu od 7 kW do 2 MW a každá jednotka má vlastní velikost spalinového výměníku, který je přesně spočítán konstrukčním oddělením. Tato práce se zabývá zefektivněním výroby spalinového výměníku a pro hodnotící kritéria byl vybrán spalinový výměník kogenerační jednotky Cento T200. Kogenerační jednotka je znázorněna na Obr. 6.

Kogenerační jednotka TEDOM Cento T200 se řadí mezi stroje středních výkonů, pracuje na bázi plynových motorů, které vycházejí z vozidlových motorů. Tvoří řadu výkonů v rozsahu od 50 do 200 kW. Blokované uspořádání těchto jednotek obsahuje soustrojí motor-generátor a kompletní tepelné zařízení jednotky včetně spalinového a deskového výměníku. KJ je osazena elektrickým rozvaděčem se silovou a ovládací částí. Je určena pro provozování na palivo zemní plyn nebo bioplyn, pro instalaci do kryté strojovny. Je v provedení se synchronním generátorem určená pro paralelní provoz se sítí 400 V/50 Hz. Teplotní okruh je přizpůsoben teplotnímu spádu 90/70 °C. Elektrický výkon 200 kW, tepelný výkon 253 kW, příkon v palivu 510 kW, elektrická účinnost 39,2 %, tepelná účinnost 49,5 % [1].



Obr. 6 Kogenerační jednotka TEDOM Cento T200 SP [1]

Spalinový výměník kogenerační jednotky Cento T200 je umístěn ve spodní části kogenerační jednotky pod soustrojím motor-generátor. Konstrukce kogenerační jednotky dovoluje snadný přístup k víkům vstupní a výstupní komory výměníku, kde probíhá pravidelná údržba a čištění zařízení. Technické specifikace spalinového výměníku je součástí Přílohy 1.

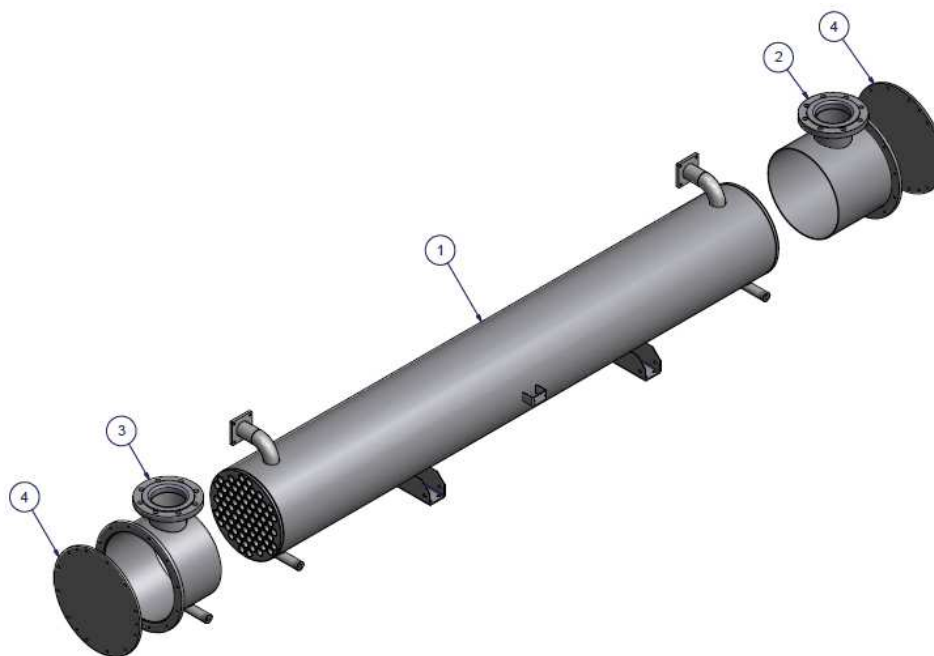
2 TECHNOLOGIE VÝROBY SPALINOVÉHO VÝMĚNÍKU

Spalinové výměníky jsou vyráběny ve výrobním závodě TEDOM a jsou zde prováděny téměř všechny operace výroby. Některé polotovary výroby jako např. výpalky trubkovnice nebo příruby jsou nakupované od dodavatelů jako dílčí polotovary výroby. Úplné informace o jednotlivých výrobních operacích bude obsahovat technologický postup v další kapitole.

Výrobní operace probíhají výhradně v provozu č. 1 – obrobna, provozu č. 2 – odmašťovací pracoviště, provozu č. 3 – svařovna, provozu č. 4 – tlakovací pracoviště, provozu č. 5 - lakovna a v provozu č. 6 – montážní hala.

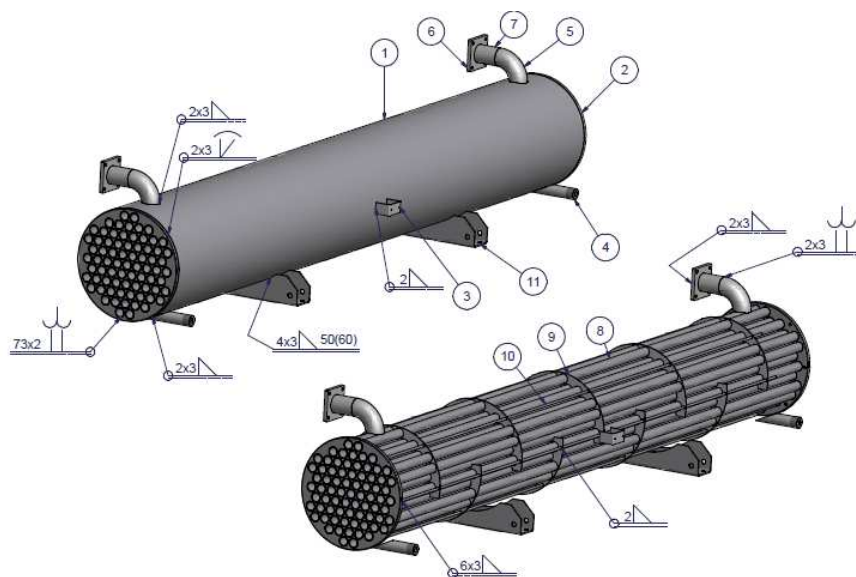
2.1 Jednotlivé části spalinového výměníku

Sestava spalinového výměníku se skládá z třech hlavních konstrukčních celků, znázorněných na Obr. 7. Spalinového svazku, vstupní komory výměníku, výstupní komory výměníku. Obě komory výměníku mají víka připevněna šrouby, která slouží k provozní údržbě výměníku. V prostoru spalinového svazku jsou instalovány přepážky, které zpomalují a usměrňují pohyb ohřívané kapaliny a zároveň slouží jako podpěra a vymezení trubek. Výroba komor výměníku je prováděna ve výrobním závodě, ale technologie výroby je nezměněna, proto není součástí této práce. Popis jednotlivých dílů spalinového svazku je znázorněn na Obr. 8 a je popsán v Tab. 1. V konstrukčním kusovníku jsou informace o materiálu, polotovaru a hmotnosti jednotlivých dílů. Součástí přílohy č. 2, 3, 4 je výkresová dokumentace spalinového výměníku a spalinového svazku.



1 – spalinový svazek, 2 – vstupní komora výměníku, 3 – výstupní komora výměníku, 4 – víka komor

Obr. 7 Sestava spalinového výměníku [1].



1 – plášť, 2 – trubkovnice, 3 – patka štítků, 4 – návarek, 5 – oblouk, 6 – příruba,
7 – trubka, 8 – trubky svazku, 9 – přepážka, 10 – rozpěrné tyče,
11 – patka výměníku

Obr. 8 Sestava spalínového svazku výměníku [1].

Tab. 1 Konstrukční kusovník spalínového svazku [1].

Pozice	Název	Materiál	Polotovar	Množství [ks]	Hmotnost [kg]
001	PLÁŠŤ	17348.1	TRKR 356x3x2466	1	65,509
002	TRUBKOVNICE	17348.1	P 15x356x356	2	33,506
003	PATKA ŠTÍTKU 50	17240.1	P 3x35x158	1	0,179
004	NÁVAREK R 1"	1.4571	TRKR 33,7x3x157	2	0,736
005	OBLOUK TR 57x3	1.4301	TRKR 57x3	2	0,600
006	PŘÍRUBA 100x100/PR.58	17240.1	P 12x100x100	2	2,712
007	TRUBKA	17248.4	TRKR 57x3x80	2	0,624
008	TRUBKA	1.4571	TRKR 30x1,5x2500	73	190,575
009	PŘEPÁŽKA	1.4301	P 2x204x346	9	10,764
010	ROZPĚRNÁ TYČ	17240.1	KR 8x2300	6	5,451
011	PATKA VÝMĚNÍKU	17240.1	P 4x244x380	2	6,260

2.2 Výroba spalínového výměníku

Výroba součásti spalínového výměníku probíhá v následujících operacích:

Operace 1: Návrh výměníku a příprava výroby - výpočet výměníku, jeho konstrukční návrh a výkresová dokumentace jsou vytvářeny v konstrukci technického úseku. K tvorbě výkresové dokumentace se používají trojrozměrné modelovací systémy.

Operace 2: Vrtání trubkovnice – trubkovnice je z hlediska obrábění nejsložitějším dílcem celého spalínového výměníku. Technologie obrábění je popsána v další kapitole práce.

Operace 3: Odmašťování trubek – podmínkou pro kvalitní svaření trubek s trubkovnicí je jejich vysoká čistota. Odmašťovací stroj na trubky navržený oddělením technologie tuto potřebu zajišťuje. Svazek trubek je upnut na závěsnou traverzu a založen do odmašťovacího stroje. Po uzavření stroje probíhá automatický cyklus odmašťování. Odmašťovací kapalina proudí vnitřkem trubek a tím je zajištěno jejich dokonalé čištění.

Operace 4: Skládání spalínového svazku – první část pláště je usazena do speciálního přípravku, postupným dotažením upínek se plášť dotlačí do tvarových šablon přípravku a získá tak požadovaný válcový tvar. Postupně se ustavují jednotlivé přepážky, polohování přepážek se provádí podle výkresu. Následuje protažení pomocných trubek pro zvýšení tuhosti svazku. Ustavují s první a druhá trubkovnice, postupně se stehují a přivařují přepážky. Do přepážek se zasunují rozpěrné tyče, které po přivaření zajišťují jejich správnou polohu a jsou stehovány k rozpěrkám a trubkovnici. Výměník je připraven k montáži druhé části pláště. Do přípravku se ustaví druhá část pláště a tím je vnitřní prostor uzavřen. Přitažením pláště do přípravku je dosaženo přesného válcového tvaru. Následuje stehování v podélném směru. Vlastní svařování probíhá v otáčivém přípravku. Ten umožňuje plynulou regulaci otáček a nastavení vhodné rychlosti svařování. Provede se svaření pláště a trubkovnice v jeden celek. Následuje přivaření přírub a závěsných ok, patek a vypouštěcího hrdla výměníku. Po svaření je výměník přemístěn na další pracoviště pro svařování, kde je provedeno zasunutí odmaštěných trubek do výměníku. Skládání spalínového svazku je znázorněno na Obr. 9.

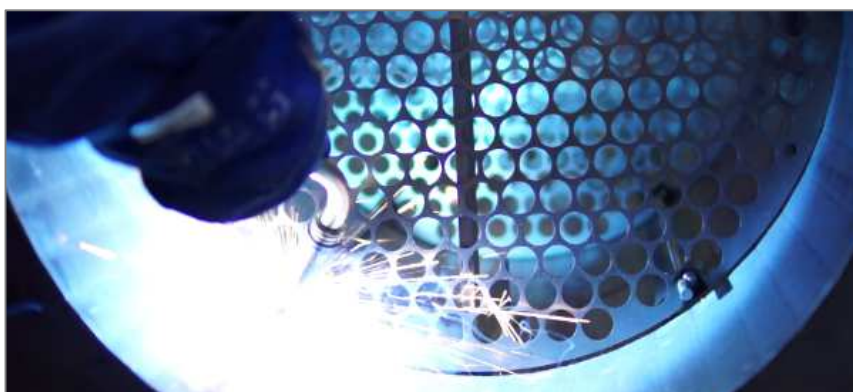
Operace 5: Svařování trubek do trubkovnice – technologie svařování je popsána v další kapitole práce.

Operace 6: Zkouška těsnosti – po ukončení svařování spalínového svazku je na tlakovacím pracovišti prováděna zkouška těsnosti svarů. Nejprve je provedena předběžná zkouška těsnosti svarů. Těleso výměníku se natlakuje vzduchem s mírným přetlakem 0,2 baru (20 kPa), pěnotvorný roztok se nanese na všechny sváry a zjišťují se případné netěsnosti svarů. Je-li, zjištěna netěsnost opraví se a zkouška se opakuje. Následuje předepsaná tlaková zkouška vodou. Po naplnění a odvzdušnění, se výměník pumpou natlakuje na předepsanou hodnotu tlaku danou výkresem a po stanovenou dobu se vizuálně kontrolují všechny sváry. Zpravidla se tlakuje na 10 baru (1000 kPa) na pracovní tlak topné soustavy do 600 kPa, při vyšším požadavku tlaku systému se použije vyšší kontrolní tlak, který určí výkres. Na manometru se sleduje, zda nedochází k poklesu tlaku. Na závěr je vystaven protokol o zkoušce těsnosti zařízení.

Operace 7: Přivařování komor ke svazku – po tlakové zkoušce je výměník opět postaven do svařovacího přípravku, následuje stehování obou komor výměníku a přivaření ke spalínovému svazku.

Operace 8: Lakování výměníku – v lakovně se nejprve provede důkladné odmaštění celého výměníku, krycím papírem se zakryjí nelakované části sestavy. Lakování se provádí speciální zinkovou barvou, která je odolná vyšším teplotám. Po usušení se výměník převezde do střediska montáže ke kompletaci.

Operace 9: Montáž vík – spojovací šrouby se opatří vysokoteplotním mazivem, nasadí se těsnění pak víko a vloží a utáhnou se spojovací šrouby. Výměník je připraven k montáži do kogenerační jednotky.

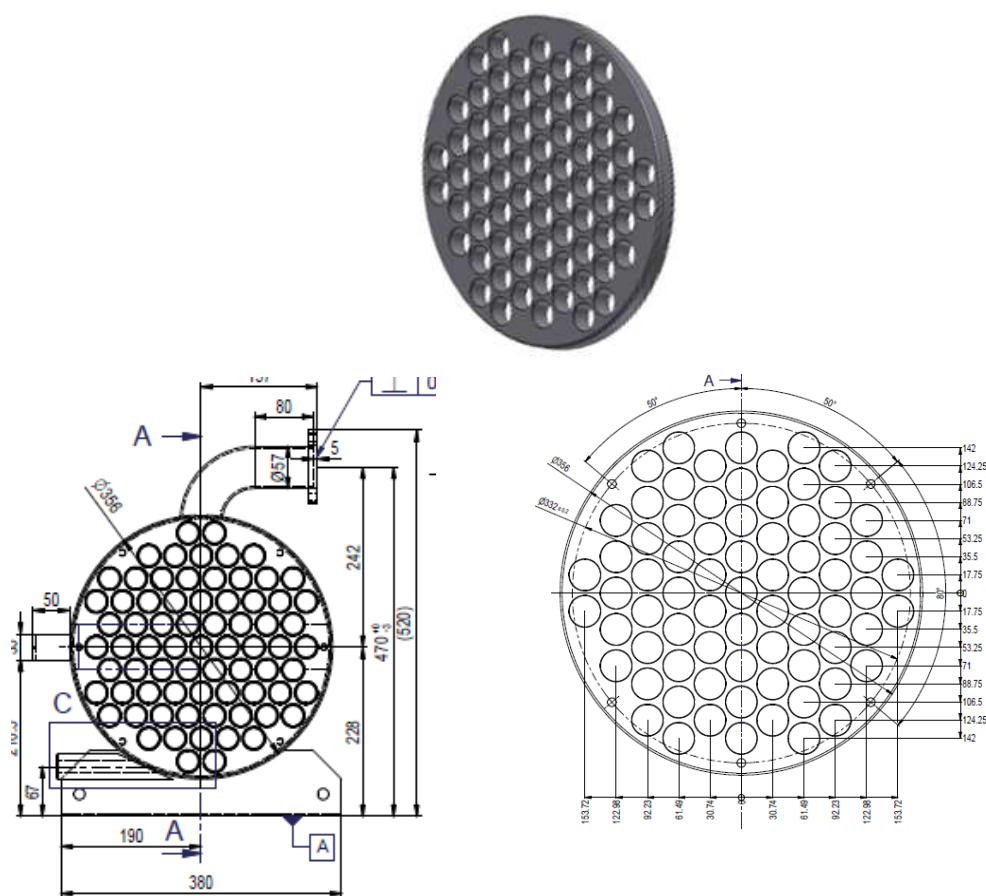


Obr. 9 Skládání výměníku [1].

3 TECHNOLOGIE VÝROBY DĚR TRUBKOVNICE

Trubkovnice je součástí spalínového výměníku a pro každý výměník jsou potřeba dva kusy trubkovnice (Obr. 10). Výroba spalínových výměníků probíhá v sériích po 10 kusech určité velikosti spalínového výměníku dle typu kogenerační jednotky, to znamená sérii 20 kusů polotovaru trubkovnice. V našem případě budeme srovnávat výrobu děr trubkovnice pomocí technologie obrábění stolovou vrtačkou VR 5A a nově technologií obrábění na vodorovné vyvrtávače WHN 9 C s úpravou na WHN 10 CNC.

Polotovar, výpalek součásti je dodáván v předepsaném kruhovém rozměru externím dodavatelem, kde dělení materiálu je prováděno na pálicím stroji s CNC řídicím systémem a není předmětem výroby TEDOM. Průměr výpalku je 356 mm a tloušťka materiálu 15 mm, požadovaná drsnost povrchu je 3,2 Ra. Materiál předepsaný pro výrobu trubkovnice je ocel 17348.1 (ČSN 1.4571), přiřazení značky oceli ke značce EU je popsáno v Tab. 2. Jedná se o konstrukční korozivzdornou ocel, středně a vysoce legovanou s obsahem legujících prvků Cr-Ni, ocel tepelně nepracovaná. Předepsané chemické a mechanické vlastnosti jsou uvedeny v Tab. 3 a 4. Inspekční list materiálu je uveden v Příloze č. 5. Obrobitelnost legovaných ocelí je dána obsahem legujících prvků, které zvyšují pevnost oceli a některé také houževnatost, což zhoršuje obrobitelnost.



Obr. 10 Trubkovnice [1].

Tab. 2 Přiřazení značek oceli ke značkám EN [6].

Třída oceli 17	ČSN EN 10088-2 (420928)	
	Korozivzdorné oceli. Technické dodací podmínky pro plechy a pásy pro všeobecné použití.	
ČSN	Značka	Číselné označení
17348	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571

Tab. 3 Chemické složení materiálu - ocel 17348 [1].

Chemický prvek	C	Cr	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	Ti
%	0,024	16,64	1,6	2,035	10,625	0,033	0,001	0,662	0,362

Tab. 4 Mechanické vlastnosti materiálu – ocel 17348 [1].

Mez pevnosti v tahu R_m	Smluvní mez kluzu R_p		Tažnost A min.
[N/mm ²]	0,2 [N/mm ²]	1,0 [N/mm ²]	[%]
572,25	276,85	319,49	55,95

3.1 Obrábění – vrtání

Technologie obrábění patří mezi jednu ze základních a důležitých metod strojírenské technologie a je nejrozšířenější metodou zpracování hutních polotovary. Obrábění je procesem intenzivní plastické deformace podél smykové roviny, kdy obráběný materiál při tvorbě třísky prochází velmi rychle mezním stavem pružné napjatosti, plastické deformace a oddělením částic materiálu formou lomového porušení a tím ke vzniku elementu třísky. V současné době se výzkum a inovace zaměřuje zejména na zvyšování výkonnosti řezných nástrojů, inovaci obráběcích strojů a automatizaci řízení technologických procesů s využitím počítačové podpory. Vrtání je jednou z nejběžnějších metod obrábění, hlavní řezný pohyb prováděný nástrojem je rotační pohyb s vedlejším posuvným pohybem. Nástroje pro vrtání dělíme z hlediska technologického na nástroje pro vrtání krátkých a hlubokých děr [7].

3.2 Třídění spotřeby času

Měřítkem produktivity výrobního procesu je spotřeba času, ta se dělí na několik skupin, které zahrnují například časy nutné a časy zbytečné. Nutné časy (normovatelné) T_N obsahují čas potřebný k výkonu práce při plném využití stroje a čas nutných přestávek. Nutný čas se skládá ze tří složek, z času jednotkového t_A , dávkového t_B a směnového t_C , tyto časy jsou přímo úměrné počtu kusů nebo hmotnosti. Součtem těchto časů získáme čas práce T [8].

3.3 Původní technologie výroby

Spalinový výměník byl vyráběn jako nový produkt výroby kogeneračních jednotek a proto výroba probíhala na současných výrobních strojích. Na vrtání trubkovnice byla použita stávající radiální vrtačka VR 5A. Všechny výrobní operace budou probíhat v provozu č. 1 - obrobna.

Polotovary výpalku trubkovnice je zajišťován přes externího dodavatele. Výpalek trubkovnice byl nejprve upnut na kostku radiální vrtačky, následně se přiložil přípravek šablony děr trubkovnice, který se uchytil třemi šrouby. Následovalo vrtání děr trubkovnice vrtákem o průměru 10 mm dle přiložené šablony, poté se přípravek šablony odstranil a následovalo vrtání děr trubkovnice vrtákem o průměru 30,5 mm. Na závěr se provedlo sražení hran děr kuželovým záhlubníkem o průměru 40 mm z jedné strany a po otočení polotovaru z druhé strany.

3.3.1 Stolní radiální vrtačka

Vrtačka radiální VR 5A vyrobená v 1978, znázorněna na Obr. 11. Výrobce MAS dnes KOVOSVIT MAS, a.s. se sídlem v Sezimově Ústí v České republice. Přední výrobce obráběcích strojů s 75letou tradicí. Dnes se svým sortimentem orientuje hlavně na subdodavatele pro automobilový, energetický, letecký a strojírenský průmysl [9].



Obr. 11 Radiální vrtačka VR 5A [9].

Technické parametry [9]:

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| • kužel vřetene: | MK5 |
| • otáčky hlavního vřetene: | 28-2500 min ⁻¹ |
| • zdvih vřetene: | 300 mm |
| • max. vrtání: | 50 mm |
| • upínací kostka: | 1000 x 750 x 500 mm |
| • rozměry d x š x v: | 2900 x 1000 x 2500 mm |
| • výkon | 4 kW |

3.3.2 Výrobní technologický postup – časy operace

Výrobní technologický postup výroby děr trubkovnice radiální vrtačkou a výpočet jednotkového strojního času je popsán v Tab. 5. Při stanovení potřebného strojního času t_A , byly použity strojírenské normativy podle, kterých se spočítal dle vztahu (3.1) jednotkový strojní čas pro vrtání šroubovitým vrtákem a délka přeběhu nástroje dle vztahu (3.2). Následně se stanovil dávkový čas, popsán v Tab. 6. U obou časů se dopočítal pomocí koeficientu 1,1 jednotkový čas s přírážkou směnového času T_{AC} a dávkový čas s přírážkou směnového času T_{BC} . Pro naše hodnocení budeme počítat s časem jednotkovým, dávkovým a směnovým.

Jednotkový strojní čas t_{AS} při vrtání šroubovitým vrtákem se stanoví podle vztahu [10] :

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \quad [\text{min}] \quad (3.1)$$

Pro vrtáky s úhlem $2\kappa_r = 118^\circ$ bude

$$l_p = 0,5D \cdot \text{tg } 31^\circ + (0,5 \text{ až } 1) = 0,3D + (0,5 \text{ až } 1) \quad [\text{mm}] \quad (3.2)$$

a hodnota $l_n = (0,5 \text{ až } 1) \text{ [mm]}$

kde:	t_{AS} [min]	–	jednotkový strojní čas
	l [mm]	–	vrtaná hloubka – dráha nástroje ve směru posuvu
	l_n [mm]	–	délka náběhu nástroje
	l_p [mm]	–	délka přeběhu nástroje
	f [mm ⁻¹]	–	posuv
	n [min ⁻¹]	–	otáčky

- Výpočet vrtání trubkovnice vrtákem o průměru 10 mm

$$t_{AS} = \frac{5 + 15 + 4}{599 \cdot 0,137} \cdot 73 = 0,292 \cdot 73 = 21,34 \text{ min}$$

$$l_p = 0,5D \cdot \text{tg } 31^\circ + (0,5 \text{ až } 1) = 0,3D + (0,5 \text{ až } 1) = 3 + 1 = 4$$

- Výpočet vrtání trubkovnice o průměru 30,5 mm

$$t_{AS} = \frac{7 + 15 + 10}{125 \cdot 0,35} \cdot 73 = 0,731 \cdot 73 = 53,39 \text{ min}$$

$$l_p = 0,5D \cdot \text{tg } 31^\circ + (0,5 \text{ až } 1) = 0,3D + (0,5 \text{ až } 1) = 9,15 + 1 = 10$$

Tab. 5 Stanovení pracovního postupu a výpočet jednotkového času t_A .

Číslo operace	Popis práce	Způsob výpočtu	četnost	Čas operace [min]	Strojírnoství normativy
1	upnutí výrobku na upínací kostku pomocí upínek 4ks	33 kg, $0,56 \cdot 4$	1	2,24	Tab. 107/2
2	montáž přípravku – šablony na výrobek pomocí šroubů 3ks	$0,48 \cdot 3$	1	1,44	Tab. 115/2
3	upnout nástroj do kužele vřetene	0,13	1	0,13	Tab. 105/21
4	najet a vyjet nástrojem	$0,08 \cdot 73$	73	5,84	Tab. 126 C
5	vrtání vrtákem o průměru 10 mm, $f=0,137 \text{ mm}^{-1}$, $n=599 \text{ min}^{-1}$	$\frac{5 + 15 + 4}{599 \cdot 0,137} \cdot 73$	73	21,34	Tab. 7
6	výměna nástroje – upnout a odepnout nástroj z/do kužele vřetene	$0,09 + 0,13$	1	0,22	Tab. 105/21,25
7	najet a vyjet nástrojem	$0,08 \cdot 73$	73	5,84	Tab. 126 C
8	vrtání vrtákem o průměru 30,5 mm, $f=0,35 \text{ mm}^{-1}$, $n=125 \text{ min}^{-1}$	$\frac{7 + 15 + 10}{125 \cdot 0,35} \cdot 73$	73	53,39	Tab.19
9	demontáž přípravku – šablony z výrobku pomocí šroubů 3ks	$0,48 \cdot 3$	1	1,44	Tab. 115/2
10	výměna nástroje – upnout a odepnout nástroj z/do kužele vřetene	$0,09 + 0,13$	1	0,22	Tab. 105/21,25
11	najet a vyjet nástrojem	$0,08 \cdot 73$	73	5,84	Tab. 126 C
12	sražení hran děr kuželovým záhlubníkem průměr 40mm, $a_p = 0,5\text{mm}$	$0,09 \cdot 73$	73	6,57	Tab. 132
13	demontáž výrobku z upínací kostky, povolení upínek 4ks	33 kg, $0,56 \cdot 4$	1	2,24	Tab. 107/2
14	otočení a upnutí výrobku na upínací kostku pomocí upínek 4ks	33 kg, $0,56 \cdot 4$	1	2,24	Tab. 107/2
15	najet a vyjet nástrojem	$0,08 \cdot 73$	73	5,84	Tab. 126 C
16	sražení hran děr kuželovým záhlubníkem průměr 40mm, $a_p = 0,5\text{mm}$	$0,09 \cdot 73$	1	6,57	Tab. 132
17	demontáž výrobku z upínací kostky, povolení upínek 4ks	33 kg, $0,56 \cdot 4$	1	2,24	Tab. 107/2
Jednotkový čas t_A [min]				120,83	
Jednotkový čas s přírůžkou směnového času T_{Ac} [min]		$t_A \cdot k_c = 120,83 \cdot 1,1$		133	

Tab. 6 Výpočet dávkového času t_B .

Číslo operace	Popis práce	Způsob výpočtu	četnost	Čas operace [min]	Strojírnoství normativy
1	příprava a ukončení práce dané série, prostudování příkazů, opatření nářadí, odevzdání výrobků		1	120,00	Tab. 140
2	směnový čas nutných přestávek		1	33,00	Tab. 140
3	seřízení stroje, nástroje a upínacího zařízení	$0,08+0,03+0,28+0,10+0,09+0,05+0,8 \cdot 2$	1	2,86	Tab. 135
4	dávkový čas pro upínání, příprava upínek a podložek	$1,22 \cdot 4$	1	4,88	Tab. 138/28
Dávkový čas t_B [min]				160,74	
Dávkový čas s přírážkou směnového času T_{BC} [min]		$t_B \cdot k_C = 160,74 \cdot 1,1$		177	

Přehled spotřeby času pro operaci vrtání trubkovnice:

- jednotkový čas s přírážkou směnového času $T_{AC} = 133$ min/kus,
- dávkový čas s přírážkou směnového času $T_{BC} = 177$ min/Vd.

Stanovení výrobních nákladů výroby děr trubkovnice pomocí radiální vrtačky provedeme dle vztahu (3.3) a výpočtu normominyuty dle vztahu (3.4). Hodinová sazba pracoviště na výrobu děr trubkovnice pomocí radiální vrtačky je výrobním oddělením spočítána na 450,- Kč, minutový náklad tedy činí 7,5 Kč. Tato sazba nezahrnuje výrobní režie, které představují veškeré ostatní náklady spojené s výrobou, nákupem a logistikou.

Hodinový náklad se z pohledu výrobních nákladů spočítá jako součet:

- hodinové mzdy dělníka + sociální a zdravotní pojištění,
- nákladů na provoz pracoviště a stroje (někdy se tato část zahrnuje do výrobní režie),
- odpisů stroje,
- výrobní režie.

Výpočtové vzorce pro stanovení nákladů výroby

Výpočet výrobních nákladů:

$$VN = Nm \cdot mN \quad [Kč/ks] \quad (3.3)$$

kde: VN [Kč/ks] – výrobní náklad,
 Nm [min] – normominyuta,
 mN [Kč/min] – minutový náklad.

Výpočet normominyuty:

$$Nm = \frac{T_{BC}}{Vd} + T_{AC} \quad [\text{min/ks}] \quad (3.4)$$

kde: T_{BC} [min/Vd] – dávkový čas s přírážkou směnového času,
 T_{AC} [min/ks] – jednotkový čas s přírážkou směnového času,
 Vd [ks] – výrobní série.

Stanovení nákladů výroby vrtání trubkovnice radiální vrtačkou:

- Výpočet normominyuty – vrtání trubkovnice:

$$Nm = \frac{T_{BC}}{Vd} + T_{AC} = \frac{177}{20} + 133 = \mathbf{141,85} \text{ min/kus}$$

- Výpočet výrobních nákladů – vrtání trubkovnice radiální vrtačkou:

$$VN_{\text{vrtačka}} = Nm \cdot mN = 141,85 \cdot 7,5 = \mathbf{1.064,-} \text{ Kč/kus}$$

Výrobní náklad na výrobu děr jedné trubkovnice radiální vrtačkou je 1.064 Kč, spalínový výměník obsahuje dvě trubkovnice, takže výrobní náklad výroby trubkovnic jednoho spalínového výměníku je 2.128 Kč.

3.3.3 Nástroje

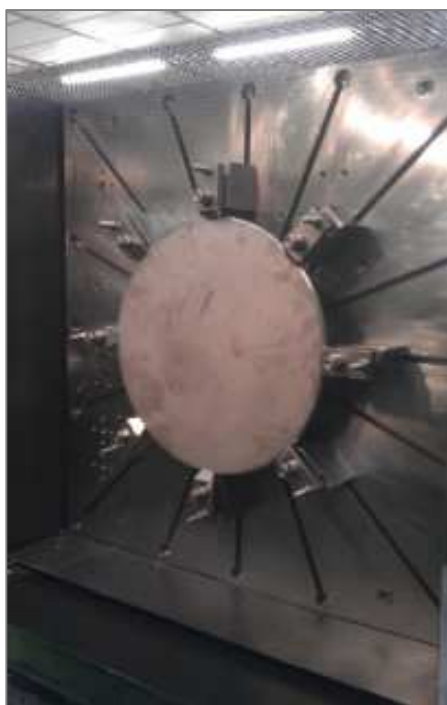
Při vrtání děr trubkovnice byl použit šroubovitý vrták o průměru 10 a 30,5 mm a kuželový záhlubník o průměru 40 mm, dle Tab. 7. Vrtáky jsou vyrobeny z nástrojové rychlořezné oceli 19800 nebo 19802.

Tab. 7 Popis nástrojů [11].

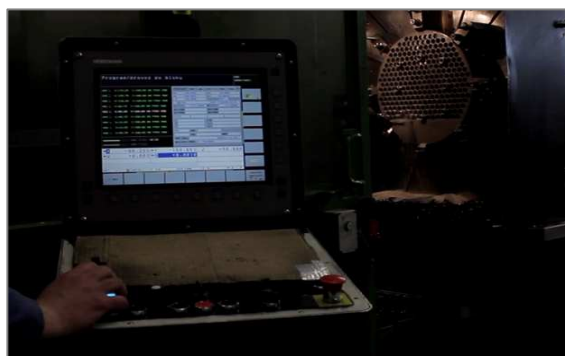
Číslo nástroje	Popis	Označení	Výrobce	Průměr nástroje / délka [mm]	Posuv na otáčku f [mm]	Počet otáček n [min ⁻¹]
T1	Šroubovitý vrták	ČSN 22 11 40 DIN 345	Pramet Tools	10 / 168	0,137	599
T2	Šroubovitý vrták	ČSN 22 11 40 DIN 345	Pramet Tools	30,5 / 301	0,350	125
T3	Kuželový záhlubník 90° s kuželovou stopkou Morse 3	ČSN 22 16 26 DIN 335	Pramet Tools	40 / 301		
T4	Redukční pouzdro s kuželem Morse Mk4/Mk3	ČSN 241240 DIN 2185	Pramet Tools			

3.4 Nový technologický postup

Výkresem stanová soustava otvorů trubkovnice je realizována na horizontální vyvrtávačce s CNC řídicím systémem za použití vysoce účinných vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami. Polotovarem trubkovnice je výpalek z plechu kruhového tvaru. Pro dosažení dostatečné tuhosti obrobku při obrábění je výpalek upnut do speciálního přípravku vlastní konstrukce a výroby (Obr. 12). V technologii jsou zpracovány obráběcí programy, které jsou na pracovišti operátora připraveny k použití. Následuje vrtání jednotlivých otvorů podle souřadnic obsažených v programu obrábění (Obr. 13). Pro zabezpečení vysoké kvality otvorů je realizován mohutný přívod chladicí kapaliny k mazání a odvodu vznikajícího tepla. Chladicí kapalina je přiváděna vnitřkem vrtáku a vně tryskou. Vysoce výkonné vrtání zajišťuje krátké časy obrábění a je dosahována vysoká produktivita obrábění. Na závěr výroby trubkovnice je provedeno sražení hran a odjehlení sloupovou jedno vřetenovou vrtačkou VS 32A, vřeteno s otvorem Morse 4.



Obr. 12 Upnutí polotovaru výpalku trubkovnice do držáku horizontální vyvrtávačky.



Obr. 13 Pracoviště operátora a vrtání jednotlivých otvorů trubkovnice.

Při obrábění je použita procesní kapalina CIMSTAR 604. Je to vodou mísitelný koncentrát řezné kapaliny pro obrábění s použitím na řezné a chladicí účinky. Tato kapalina má široké použití, dobrou ochranu proti korozi a dlouhou životnost [1].

3.4.1 Vodorovná vyvrtávačka CNC

Vodorovná vyvrtávačka CNC WHN 9B (Obr. 14) je výrobek firmy TOS VARNSDORF a.s. se sídlem ve Varnsdorfu v České republice, přední světový výrobce obráběcích strojů se specializací na výrobu horizontálních frézovacích a vyvrtávacích strojů. Tato vyvrtávačka byla u výrobce upravena na typ WHN 10 C s vřetenem 100 mm a na ISO 50. Došlo také k úpravě pojezdových délek os x, y, z. Úprava parametrů vyvrtávačky je popsána v Tab. 8. Zadávání souřadnic obráběných děr do řídicího systému stroje probíhá pomocí projekcí zpracovaného programu. Ukázka programu zadaných souřadnic je v Příloze č. 8.



Obr. 14 Vodorovná vyvrtávačka CNC WHN 9B [9].

Tab. 8 Technická parametry vodorovné vyvrtávačky WHN [1].

Parametr	WHN 9B	WHN 10C
Pracovní průměr vřetene	100 mm	100 mm
Otáčky hlavního vřetene	10 - 2500 min ⁻¹	1 - 1800 min ⁻¹
Kužel vřetene	ISO 40	ISO 50
Rozměry stolu	1120 x 1000 mm	1120 x 1000 mm
Pojezd osy X	1200 mm	1120 mm
Pojezd osy Y	900 mm	1120 mm
Pojezd osy Z	950 mm	1120 mm
Vysunutí pracovního vřetena (W)	630 mm	630 mm

3.4.2 Výrobní technologický postup – čas operace

Technologický postup výroby děr trubkovnice vodorovnou vyvrtávačkou CNC a výpočet jednotkového strojního času je popsán v Tab. 9. Potřebný strojní čas t_A byl stanoven vlastním měřením za pomoci stopek. Výpočet dávkového času byl stanoven dle strojírenských normativů a vlastního měření v Tab. 10. U obou časů se dopočítal pomocí koeficientu 1,1 jednotkový čas s přírážkou směnového času T_{AC} a dávkový čas s přírážkou směnového času T_{BC} . Pro naše hodnocení budeme počítat s časem jednotkovým, dávkovým a směnovým.

Tab. 9 Stanovení pracovního postupu a výpočet jednotkového času t_A .

Číslo operace	Popis práce	Nástroj	Čas operace [min]
1	upnutí výpalku trubkovnice do speciálního přípravku – pomocí upínek		9,40
2	postupné vrtání všech 73 otvorů vrtákem o průměru 30,5 mm	vrták s VBD - TDX 300W32-3 XPMT08T308R-DS	18,25
3	vyjmutí obrobku z přípravku		6,00
4	odjehlení polotovaru stojanovou vrtačkou	záhlubník kuželový 90°/ø 40 mm	15,00
Jednotkový čas t_A [min]			48,65
Jednotkový čas s přírážkou směnového času T_{AC} [min]		$t_A \cdot k_C = 48,65 \cdot 1,1$	54

Tab. 10 Výpočet dávkového času t_B .

Číslo operace	Popis práce	Způsob výpočtu	Četnost	Čas operace [min]	Strojírenství normativy
1	příprava a ukončení práce dané série, prostudování příkazů, opatření nářadí, upnutí přípravku na pracovní stůl		1	120,00	Tab. 140
2	nastavení souřadnic programu v řídicím CNC systému stroje		1	40,00	měřeno
3	směnový čas nutných přestávek		1	33,00	Tab. 140
4	seřízení stroje, nástroje a upínacího zařízení	$0,08+0,03+0,28+0,1+0,09+0,05+0,8 \cdot 2$	1	2,86	Tab. 135
5	dávkový čas pro upínání, příprava upínek a podložek	$1,22 \cdot 4$	1	4,88	Tab. 138/28
Dávkový čas t_B [min]				200,74	
Dávkový čas s přírážkou směnového času T_{BC} [min]		$t_B \cdot k_C = 200,74 \cdot 1,1$		221	

Přehled spotřeby času pro operaci vrtání trubkovnice:

- jednotkový čas s přírážkou směnového času $T_{AC} = 54$ min/kus,
- dávkový čas s přírážkou směnového času $T_{BC} = 221$ min/Vd.

Stanovení výrobních nákladů výroby děr trubkovnice pomocí vodorovné vyvrtávačky s CNC řízením provedeme dle vztahu (3.3) a výpočtu normominuty dle vztahu (3.4). Hodinová sazba pracoviště na výrobu děr trubkovnice pomocí vyvrtávačky je výrobním oddělením spočítána na 470,- Kč, minutový náklad tedy činí 7,8 Kč. Tato sazba nezahrnuje výrobní režie, které představují veškeré ostatní náklady spojené s výrobou, nákupem a logistikou.

Stanovení nákladů výroby vrtání trubkovnice novou metodou s CNC řízením:

- Výpočet normominuty – vrtání trubkovnice:

$$Nm = \frac{T_{BC}}{Vd} + T_{AC} = \frac{221}{20} + 54 = \mathbf{65,05} \text{ min/kus}$$

- Výpočet výrobních nákladů – vrtání trubkovnic s CNC řízením:

$$VN_{CNC} = Nm \cdot mN = 65,05 \cdot 7,8 = \mathbf{510} \text{ Kč/kus}$$

Výrobní náklad na výrobu děr jedné trubkovnice vodorovnou vyvrtávačkou je 510 Kč, spalínový výměník obsahuje dvě trubkovnice, takže výrobní náklad výroby trubkovnic jednoho spalínového výměníku je 1.019 Kč.


3.4.3 Nástroj

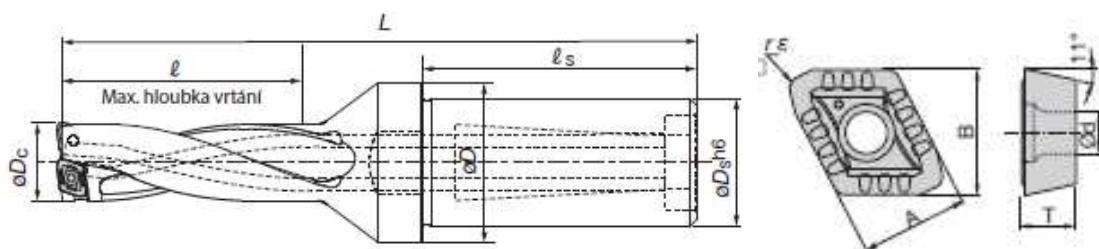
Jako nástroj pro vrtání vodorovnou vyvrtávačkou je použit vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami (Obr. 15 a Obr. 16). Destičky se čtyřmi břity pro ekonomické vrtání, s vynikajícím odvodem třísek a s vnitřním chlazením. Vrták je vhodný pro měkké oceli, vysoce kalené oceli, nerezové oceli, litiny, tvárné litiny a slitiny hliníku. Těleso vrtáku umožňuje vytvářet rovný a hladký povrch, stabilní odvod třísek, je odolnost vůči vyštípování a nalepování břitu. Parametry a rozměry vrtáku jsou uvedeny v Tab. 11 a Tab. 12. Použití pro standardní řezné podmínky. Obráběný materiál VBD – nerezové oceli (austenitové) SUS304, SUS316 atd. (X5CrNi18-9, X5CrNiMo17-12-2 atd.) [12].



Obr. 15 Vrták s VBD TDX 300W32-3 od firmy TUNGALOY [12].



Tab. 11 Parametry výrobního nástroje [12].

Výrobní nástroj	Obrázek	Název	Výrobce	v_c (m.min ⁻¹)
		Číslo držáku		f (mm)
		Číslo VBD	Materiál (VBD)	
T1		Vrták s VBD TDX 300W32-3 XPMT08T308R-DS	TUNGALOY KARBID AH725 s povlakem PVD	150 (100-200) 0,08 (0,04-0,12)



Obr. 16 Rozměrový výkres vrtáku a VBD [12].

Tab. 12 Rozměry vrtáku TDX 300W32-3 a VBD XPMT08T308R-DS [12].

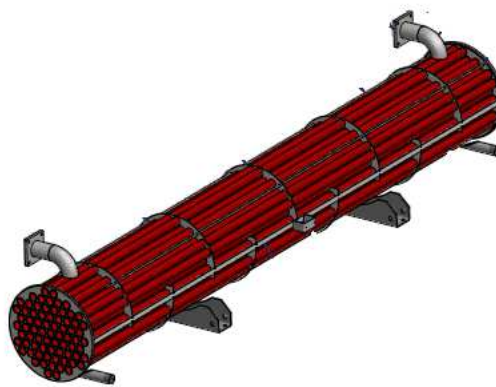
	průměr vrtáku [mm]	rozměry [mm]				
		průměr D _s	průměr D	l	l _s	L
	30,0	32	40	90	55	182
	kompatibilní průměry vrtáků	A	B	T	průměr d	rε
	27,0-32,0	8,5	9,9	3,97	3,4	0,8

3.5 Zhodnocení výrobních časů

Nutný čas práce **T** na výrobu jedné trubkovnice původním výrobním postupem dle výpočtu normominyuty je 142 minut. Novým způsobem za použití horizontální vyvrtávačky s číslicově řízeným programem CNC je čas práce **T** jen 65 minut. Nutný čas práce **T** se zkrátil o 77 minut, u celého spalínového výměníku s dvěma trubkovnicemi je to 154 minut. Při konečném hodnocení je nutné přihlídnout také ke kvalitě a přesnosti výrobku, které se následně kladně promítne do procesu svařování.

4 TECHNOLOGIE SESTAVENÍ SPALINOVÉHO SVAZKU

Proces sestavení spalínového svazku je popsán v kapitole 2.2 Operace 4: Skládání spalínového svazku. Jednotlivé trubky se zavedou do dvou trubkovnic, v délce trubky se instalují přepážky, které nám drží požadovanou rozteč a symetrii potrubí. Provede se svaření pláště a trubkovnice v jeden celek, včetně přivaření přírub, závěsných ok a patek. Tato kapitola se zabývá pouze procesem svařování trubkovnice a trubek, za použití nové technologie orbitálního svařování. Spalínový svazek je znázorněn na Obr. 17.



Obr. 17 Spalínový svazek [1].

4.1 Svařování

Svařování je proces, při kterém dochází k vytvoření nerozebíratelného spojení dvou a více materiálů, pevným a trvalým spojením. Požadavkem procesu svařování je vytvoření takových termodynamických podmínek, při kterých vznikají nové meziatomární vazby. Tyto vazby je velice obtížné vytvořit za okolních běžných podmínek (běžná teplota, tlak), kdy je termodynamický stav materiálů stabilní resp. metastabilní, proto musíme tento termodynamický stav změnit. Při svařování je nutné působit tlakem, teplem nebo oběma faktory najednou. Platí zde závislost o působení tlaku a tepla, čím vyšší působí tlak tím méně je potřeba dodat tepla a obráceně. Tlakové svařování je označením svařování za působení převážně tlaku a tavné při působení tepla. Dodávanou energií může být teplo (elektrický oblouk, plamen, plasma), plastická deformace (tření, výbuch, kovářská činnost) nebo radiace (elektronové nebo iontové záření). Podle použité metody dochází při samotném svařování k interakci mnoha vlivů, např. difúze, deformace, rekrystalizace, vznik nových fází atd. Výsledkem procesu svařování je vznik spoje, který nelze bez vložení další energie nedestruktivně rozebrat. Svařovat můžeme kovové i nekovové materiály nebo materiály podobných i různých vlastností. U všech procesů svařování je účelem spojit minimálně dva materiály kompaktním spojem – svářem, ale pro různé typy spojů a materiály jsou vhodné jiné metody svařování. Při svařování dojde vždy v okolí spoje ke změně fyzikálních a mechanických vlastností základního spojovaného materiálu [13].

Prvním a dlouho používaným způsobem svařování bylo svařování kovářské, teprve s rozvojem průmyslu a zejména s objevením elektrického proudu nastal velký rozmach metod svařování. Zejména svařování elektrickým obloukem se stalo jedním z hlavních způsobů spojování materiálů při světových válkách na počátku 20. století [13].

4.2 Technologie svařování při sestavování spalínového svazku

Všechny operace svařování, kromě svařování trubkovnice – trubky, je prováděno pomocí ručního svařování metodou MAG s ochranným plynem CO₂. Svařovací agregát ALF 280 MAJOR COMPACT AXE od firmy ALFA IN a.s. je znázorněn na Obr. 19. Použitý přídatný materiál pro svařování je svařovací drát o průměru 1 mm, označení dle ČSN EN ISO 14341 je G3Sil. Ochranný plyn CO₂ označení dle ČSN EN ISO 14175 je M21. Schválený svařovací postup podle normy ČSN EN ISO 15614-8 pro svařování spojů trubek je součástí Přílohy č. 6 s označením WPS 106.

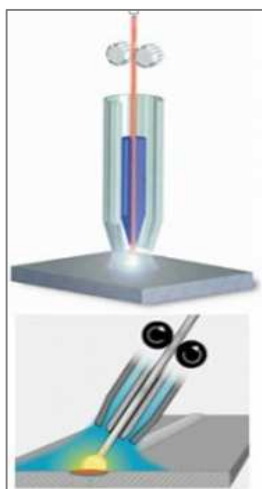
Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře plynu [13, 14]:

Představuje několik metod svařování založených na stejném principu při použití různých typů svařovacích drátů a ochranných plynů:

- MIG – (Metal Inert Gas) plná elektroda v inertním plynu, který chemicky nereaguje s roztavenou lázní jako Ar nebo He. Toto svařování je vhodné pro hliník, měď a jejich slitiny a také pro titan.
- MAG – (Metal Active Gas) plná elektroda v aktivním plynu, který chemicky reaguje s roztavenou lázní O₂, CO₂ apod. Toto svařování je ideální pro nízkolegované a nelegované oceli (standardní plechy) a také pro legované korozivzdorné oceli.

Při svařování v ochranné atmosféře plynu vzniká oblouk mezi svařovacím drátem, který se odvíjí z cívky a mezi svařencem. Svárová lázeň a oblouk je chráněn proudem inertního nebo aktivního plynu. Plyn je dodáván výhradně z tlakové láhve. Princip svařování je znázorněn na Obr. 18.

Metody svařování MIG/MAG nekladou vysoké nároky na zručnost svářeče díky automatickému podávání svařovacího drátu, je s nimi možné svařování ve všech polohách. Je dostupná široká paleta ochranných plynů a přídatných materiálů. V našem případě používáme metodu MAG s plnou elektrodou v aktivním plynu CO₂ [16].



Obr. 18 Princip svařování metodou MIG/MAG [16].



Obr. 19 Svařovací agregát ALF 280 MAJOR COMPACT AXE [17].

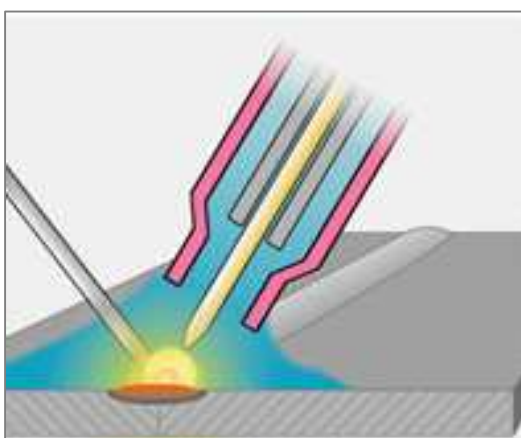
4.3 Původní technologie svařování

Technologie svařování trubkovnice s trubkami byla prováděna metodou obloukového svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu, metoda TIG. Na proces svařování byl použit svařovací agregát ALFA Pegas 200T HF od firmy ALFA IN a.s., znázorněn na Obr. 21. Svařování bylo prováděno pouze roztavením a slitím základního materiálu trubky a trubkovnice.

Po očištění potrubí a trubek probíhalo stehování všech 73 trubek na jedné trubkovnici, následovalo ruční svařování celé trubkovnice. Dále zkrácení trubek na druhé straně svazku a opět stehování a svařování. Při počtu 146 svárů na jednom svazku kladla tato metoda zvýšené nároky na pozornost svářeče a měla vliv na provedení a kvalitu svárů. Docházelo tak k častým vadám svárů, následným opravám a tím k poklesu produktivity práce.

Obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu

Při svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu hoří elektrický oblouk mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem nebo svárovou lázní. Princip svařování je znázorněn na Obr. 20. TIG (Tungsten Inert Gas) - anglická zkratka, WIG (Wolfram Inert Gas) – německá zkratka metody. Příkladný materiál je do oblouku podáván samostatně ručně nebo proces svařování probíhá pouze roztavením a slitím základního materiálu. Ochranné plyny se používají argon nebo helium nebo jejich směsi. Netavící se elektroda se vyrábí z čistého wolframu popřípadě je legována oxidy dalších kovů. Touto metodou lze provádět velmi kvalitní sváry, ale klade vysoké nároky na zručnost svářeče a díky velmi nízkému výkonu odtavení lze použít pouze na menší typy spojů [16].



Obr. 20 Princip svařování metodou TIG/WIG [16].



Obr. 21 Svařovací agregát Alfa Pegas 200T HF [17].

4.3.1 Svařovací stroj

Na proces svařování metodou TIG byl použit svařovací agregát ALFA Pegas 200T HF od firmy ALFA IN a.s. (Obr. 21). Svařování TIG pod ochranou atmosférou inertního plynu – argon, netavící elektroda – wolfram.

Svařovací zařízení se skládá z těchto komponentů: svařovací invertor Pegas 200T (napájecí kabel, popruh), plynová hadice 3m G 1/4“, hořák ABITIG 17, kabely PEGAS 17, redukční ventil a láhev inertního plynu argonu.

Technické parametry [17]:

- Síťové napětí: 230V
- Frekvence proudu: 50 – 60Hz
- Napětí naprázdno TIG: 56,3 V
- Rozsah svařovacích proudů: 3 – 200 A
 - při zatěživateli 30 % 100 A
 - při zatěživateli 60 % 125 A
- Jištění: 20 A
- Hmotnost: 7,5 kg

4.3.2 Svařovací technologický postup – čas operace

Technologický postup svařování trubkovnice a trubek ručně metodou TIG a výpočet jednotkového strojního času je popsán v Tab. 13. Potřebný strojní čas t_A byl stanoven dřívějším měřením za pomoci stopek. Výpočet dávkového času byl stanoven dle strojírenských normativů a vlastního měření v Tab. 14. U obou časů se dopočítal pomocí koeficientu 1,1 jednotkový čas s přírůzkou směnového času T_{AC} a dávkový čas s přírůzkou směnového času T_{BC} . Pro naše hodnocení budeme počítat s časem jednotkovým, dávkovým a směnovým.

Tab. 13 Stanovení pracovního postupu a výpočet jednotkového času t_A .

Číslo operace	Popis práce	Čas za jednotku [min]	Četnost	Čas operace [min]
1	stehování trubek v trubkovnici	0,5	73	36,5
2	svařování trubek v trubkovnici	3,5	73	255,5
Jednotkový čas t_A [min]				292
Jednotkový čas s přírůzkou směnového času T_{AC} [min]		$t_A \cdot k_C = 292 \cdot 1,1$		321

Tab. 14 Výpočet dávkového času t_B .

Číslo operace	Popis práce	Čas za jednotku [min]	Četnost	Čas operace [min]
1	příprava a ukončení práce dané série, prostudování příkazů, opatření nářadí a svařovacího přídavného materiálu, odevzdání výrobků	120	1	120
2	směnový čas nutných přestávek	33	1	33
Dávkový čas t_B [min]				153
Dávkový čas s přírážkou směnového času T_{BC} [min]		$t_A \cdot k_C = 153 \cdot 1,1$		168

Přehled spotřeby času pro operaci svařování trubek k trubkovnici ručně metodou TIG:

- jednotkový čas s přírážkou směnového času $T_{AC} = 321$ min/kus,
- dávkový čas s přírážkou směnového času $T_{BC} = 168$ min/Vd.

Stanovení výrobních nákladů svařování trubkovnice a trubek ruční metodou TIG provedeme dle vztahu (3.3) a výpočtu normominyuty dle vztahu (3.4). Hodinová sazba pracoviště na svařování trubek k trubkovnici ruční metodou TIG je výrobním oddělením spočítána na 430,- Kč, minutový náklad tedy činí 7,2 Kč. Tato sazba nezahrnuje výrobní režie, které představují veškeré ostatní náklady spojené s výrobou, nákupem a logistikou.

Stanovení nákladů na svařování trubek k trubkovnici ruční metodou TIG:

- Výpočet normominyuty – svařování trubkovnice:

$$Nm = \frac{T_{BC}}{Vd} + T_{AC} = \frac{168}{20} + 321 = 329,40 \text{ min/kus}$$

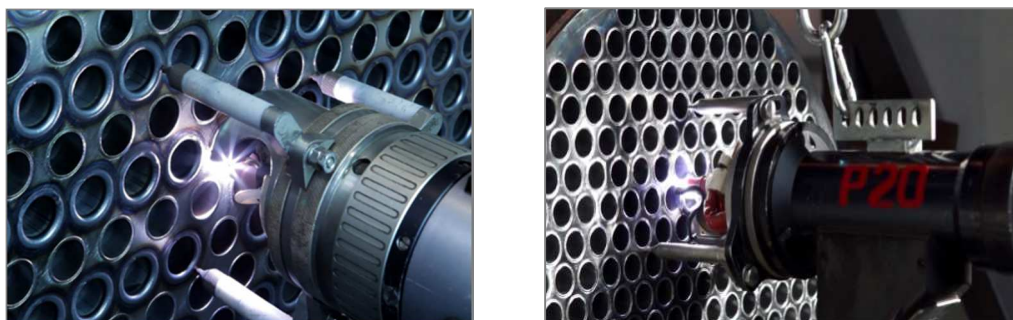
- Výpočet výrobních nákladů – svařování trubkovnice ruční metodou TIG:

$$VN_{tig} = Nm \cdot mN = 329,40 \cdot 7,2 = 2.361 \text{ Kč/kus}$$

Výrobní náklad na svaření jedné trubkovnice metodou ručního svařování TIG je 2.361 Kč, spalínový výměník obsahuje dvě trubkovnice, takže výrobní náklad svaření trubkovic jednoho spalínového výměníku je 4.722 Kč.

4.4 Nová technologie svařování

Pro svařování trubek a trubkovnice byla navržena nová technologie orbitálního svařování. Orbitální svařování slouží k poloautomatickému svařování trubek k trubkovnici metodou obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu - metoda TIG. Samotné svařování probíhá natavením základního materiálu trubky a trubkovnice prostřednictvím automatického cyklu orbitální hlavou P20/TIGTRONIK Orbital 200, znázorněné na Obr. 22. Svárový spoj je proveden automatickým oběhem hořáku kolem osy svařované trubky, následně obsluha nastavuje orbitální hlavu na další spoj a operace se opakuje Obr. 23.



Obr. 22 Orbitální svařování [1].

4.4.1 Automatizace svařování – orbitální svařování

Automatizace je souhrn činností, která umožňují samočinně vykonávat duševní činnosti člověka, kdy stroj jako mechanické zařízení nahrazuje, usnadňuje, zrychluje a zpřesňuje lidskou práci. Automatizační zařízení jsou dnes většinou elektronická a vykonávají sama úkony, které jim člověk zadal ve formě programu řízení. Pro sestavení programu je potřeba navrhnout vhodný algoritmus řízení [18].

Orbitální svařování patří mezi moderní technologie, které zrychlují a výrazně zpřesňují lidskou práci. Díky mechanizaci a dokonalému řízení svařovacího procesu je zajištěna vysoká opakovatelnost svařování s minimální četností chyb. Spojení pulsní techniky s moderní invertorovou technologií a mikroprocesorovým řízením umožňuje kontrolu a ovládání tavné lázně ve všech pozicích svařování. Orbitální svařování lze obecně rozdělit na dva typy svárového spoje na spoj *trubka – trubka* nebo spoj *trubka – trubkovnice* [17].



Obr. 23 Pomocná konstrukce – balancér a nastavení orbitální hlavy [1].

4.4.2 Svařovací zařízení

Pro metodu orbitálního svařování je použito svařovací zařízení TIGTRONIC, které se skládá z následujících hlavních částí – inventorový svařovací zdroj TIGTRONIC Compact 200, řízení TIGTRONIC ORBITAL, dálkové ovládání, chladicí jednotka, hadice plynová, orbitální svařovací hlava P20 ORBITAL, zemnicí kabel, stůl pracovní mobilní a tlaková láhev s ochranným inertním plynem.

Technická data svařovacího zdroje TIGTRONIC Compact 200 [1]:

- Síťové napětí (připojovací): AC230V
- Frekvence proudu: 50 – 60Hz
- Příkon: 5,7 kVA
- Napětí naprázdno TIG: 90 V
- Rozsah svařovacích proudů: 3 – 205 A
- Při zatěžiteli 30 % TIG/MMA 205/170 A
- Při zatěžiteli 60 % TIG/MMA 180/160 A
- Vodní chlazení.
- Hmotnost: 19 kg

Technická data svařovací orbitální hlavy pro spoj trubka – trubkovnice P20 ORBITAL [1]:

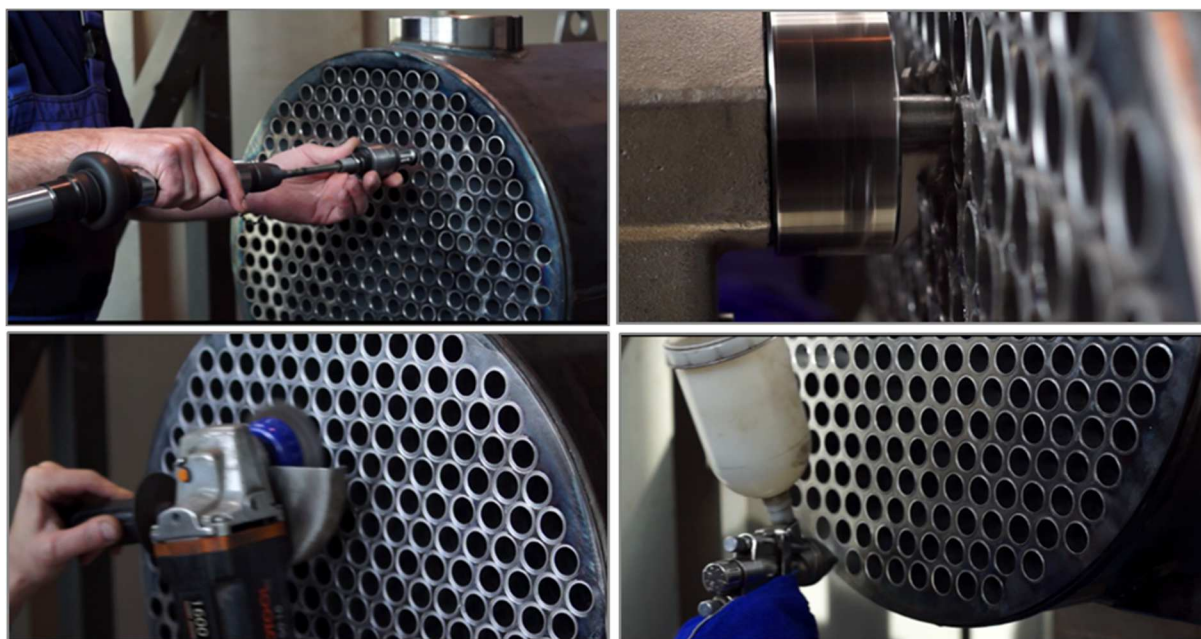
- vodou chlazený hořák,
- svařovaný průměrový rozsah 9,5 – 80 mm,
- plynule nastavitelný sklon hořáku +/- 45° (v našem případě používáme při horizontálním svařování trubek s trubkovnicí sklon 0°, hořák je kolmý),
- plynule mechanicky nastavitelná výška hořáku nad svařovací rovinou,
- možnost použití přídatného materiálu s integrovanou cívkou o hmotnosti 1 kg,
- hmotnost hlavy je 8 kg, její hmotnost je vyvažována přes pomocnou konstrukci odpovídajícím balancérem, což minimalizuje fyzickou náročnost při manipulaci s hlavou při přechodu do další trubky (Obr. 17).

Svařovací hlava P20 ORBITAL má propojovací kabel délky 6 m, kterým je propojena přes řídicí systém TIGTRONIC ORBITAL, se svařovacím zdrojem, vodní chladičkou a přívodem ochranného plynu. Řídicí systém umožňuje programování svařovacího cyklu zadáváním základních parametrů - průměr trubky, tloušťka trubky a materiálu. Na základě uvedených parametrů program stanoví svařovací proudy I_1 - proud horní svařovací a I_2 - proud spodní formovací pro housenku. Proud I_2 tvoří 25 až 35 % proudu I_1 . Program také doporučí obvodovou rychlost otáčení hořáku kolem osy otáčení svařovací hlavy (svařovací rychlost). Při svařování pracujeme s pulzním proudem, a proto jsou stanoveny i časy působení (pulzů) proudu I_1 a I_2 , které se zadávají řádově v setinách vteřiny (0,15 až 0,35 sek.). Hodnoty proudů I_1 , I_2 a jejich časové pulzy a rychlost otáčení se dají ručně v programu doladovat na základě zkušeností.

4.4.3 Svařovací technologický postup – čas operace

Při technologii svařování trubek a trubkovnice orbitálním svařováním jsou velice důležité přípravné práce před samotným svařováním. Automatický proces svařování by nedokázal dostatečně efektivně reagovat na případnou změnu výšky materiálu nebo změnu rozměru svařovací mezery.

Příprava trubek pro svařování v trubkovnici – první přípravnou operací je rozválcování trubek v trubkovnici a vymezení mezery pro svařování. Pro tuto operaci se používá speciální válcovací stroj, který zajistí vymezení vůle ve spoji potřebné pro následné svařování orbitální hlavou. Následuje vyčištění a odjehlení rotujícím drátěným kartáčem. Poslední operací před svařováním je čištění zaválcované trubkovnice odmašťovadlem s následným osušením proudem vzduchu. Přivaří se první trubkovnice. Následuje otočení výměníku, rozválcují se konce trubek, přesahující trubky se musí zarovnat do čela trubkovnice. Zarovnání se provádí speciálním frézovacím zařízením. Po zarovnání trubek se provede odjehlení trubek rotujícím kartáčem, následuje odmaštění a vysušení celé druhé trubkovnice. Trubky se následně přivaří. Všechny operace jsou postupně znázorněny na Obr. 24.



Obr. 24 Přípravné operace před svařováním – rozválcování trubek, frézování trubek, odjehlení trubek a odmaštění trubkovnice [1].

Svařování trubek do trubkovnice - se provádí speciálním svařovacím zařízením tzv. orbitální hlavou. Vystředění osy orbitální hlavy v trubce je zajištěn kuličkově odpruženým hrotem, který je namontován do osy orbitální hlavy. Tento odpružený hrot je pro každý vnitřní průměr svařované trubky jiný, znázorněno na Obr. 25. Svařovací cyklus probíhá tak, že se svým odpruženým hrotem nasune na doraz orbitální hlava a odstartuje se svařovací cyklus.



Obr. 25 Odpružený hrot orbitální hlavy a nastavení před procesem svařování [1].

Svařovací program volí pracovník z databáze. Svařovací cyklus probíhá automaticky čímž je docílena opakovaná kvalita sváru. Tím, že jsou parametry pulzního svařování napevno uleženo v paměti programu a řídicí systém zajišťuje jejich dodržování, je každý svar trubky v trubkovnici stejně kvalitní. Proces svařování začíná předfukem ochranného plynu, odstartuje se svařovací oblouk, v kterém se pravidelně střídají časové proudy I_1 a I_2 a hořák se rovnoměrně otáčí naprogramovanou obvodovou rychlostí. Po dosažení úhlu 360° proběhne ještě přeběh o 5° aby došlo k dokonalému obvodovému svaru. V cíli v naprogramovaném čase dojde k zhasnutí elektrického oblouku a kvalita svaru na konci se hlídá ještě dofukem ochranného plynu po předem stanovený čas 6 až 8 vteřin. Přívod ochranného plynu se uzavře a svařovací hořák se v protipohybu otočí do výchozí polohy. Orbitální hlava se vytáhne a zasune do další trubky a cyklus se opakuje. Svařená trubkovnice je na Obr. 26.



Obr. 26 Svařená trubkovnice [1].

Obecně a objektivně byla kvalita tohoto svařování prověřena schválením postupu svařování podle normy ČSN EN ISO 15614-8 pro svařování spojů trubek a nezávislou institucí byla schválena a vystavena WPQR (Protokol o kvalifikaci postupu svařování) na jehož základě můžeme vydat WPS - schválený svařovací postup WPS 102. Tento svařovací postup je součástí Přílohy 7.

Technologický postup svařování trubkovnice a trubek orbitální metodou TIG a výpočet jednotkového strojního času je popsán v Tab. 15. Potřebný strojní čas t_A byl stanoven vlastním měřením za pomoci stopek. Výpočet dávkového času byl stanoven dle strojírenských normativů a vlastního měření v Tab. 16. U obou časů se dopočítal pomocí koeficientu 1,1 jednotkový čas s přírážkou směnového času T_{AC} a dávkový čas s přírážkou směnového času T_{BC} . Pro naše hodnocení budeme počítat s časem jednotkovým, dávkovým a směnovým.

Tab. 15 Stanovení pracovního postupu a výpočet jednotkového času t_A .

Číslo operace	Popis práce	Čas za jednotku [min]	Četnost	Čas operace [min]
1	rozválcování trubek v trubkovnici	0,20	73	14,60
2	zarovnání trubek do 5 mm	0,62	73	45,26
3	odjehlení trubek bruskou	15,00	1	15,00
4	odmaštění (stříkáci pistole, odmašťovač IMPASOL ULTRA)	5,00	1	5,00
5	svařování trubek v trubkovnici orbitální hlavou 30x1,5	2,70	73	197,10
Jednotkový čas t_A [min]				276,96
Jednotkový čas s přírážkou směnového času T_{AC} [min]		$t_A \cdot k_C = 276,9 \cdot 1,1$		305

Tab. 16 Výpočet dávkového času t_B .

Číslo operace	Popis práce	Čas za jednotku [min]	Četnost	Čas operace [min]
1	příprava a ukončení práce dané série, prostudování příkazů, opatření nářadí a svařovacího přídatného materiálu, odevzdání výrobků	120	1	120
2	směnový čas nutných přestávek	33	1	33
Dávkový čas t_B [min]				153
Dávkový čas s přírážkou směnového času T_{BC} [min]		$t_B \cdot k_C = 153 \cdot 1,1$		168

Přehled spotřeby času pro operaci svařování trubek k trubkovnici:

- Jednotkový čas s přírážkou směnového času $T_{AC} = 305$ min/kus,
- Dávkový čas s přírážkou směnového času $T_{BC} = 168$ min/Vd.

Stanovení výrobních nákladů svařování trubkovnice a trubek metodou orbitálního svařování TIG provedeme dle vztahu (3.3) a výpočtu normominyuty dle vztahu (3.4). Hodinová sazba pracoviště na svařování trubek k trubkovnici metodou orbitálního svařování TIG je výrobním oddělením spočítána na 440,- Kč, minutový náklad tedy činí 7,3 Kč. Tato sazba nezahrnuje výrobní režie, které představují veškeré ostatní náklady spojené s výrobou, nákupem a logistikou.

Stanovení nákladů na svařování trubek k trubkovnici metodou orbitálního svařování TIG:

- Výpočet normominyuty – svařování trubkovnice:

$$Nm = \frac{T_{BC}}{Vd} + T_{AC} = \frac{168}{20} + 305 = \mathbf{313,40} \text{ min/kus}$$

- Výpočet výrobních nákladů – svařování trubkovnice:

$$VN_{\text{orbital}} = Nm * mN = 313,40 * 7,3 = \mathbf{2.298} \text{ Kč/kus}$$

Výrobní náklad na svaření jedné trubkovnice metodou orbitálního svařování je 2.298 Kč, spalínový výměník obsahuje dvě trubkovnice, takže výrobní náklad svaření trubkovic jednoho spalínového výměníku je 4.596 Kč.

4.5 Zhodnocení výrobních časů svařování

Nutný čas práce **T** na svaření jedné trubkovnice ruční svařovací metodou TIG dle výpočtu normominyuty je 330 minut. Novým způsobem za použití orbitálního robotického svařování je čas práce **T** 314 minut. Nutný čas práce **T** se zkrátil o 16 minut, u celého spalínového svazku s dvěma trubkovicemi je to 32 minut.

4.6 Opravy svárů

Jeden z hlavních důvodů změny metody svařování byla kvalita svárových spojů. Při ručním svařování metodou TIG sice svářeč vytváří svár dle stavu svárové hmoty, ale při velkém množství trubek v trubkovnici docházelo k častým chybám svárů daných lidským faktorem jako např. únavou, nepozorností, zkušenostmi. U ručního svařování se opravovalo necelé 3 % svárů, což představovalo značnou časovou ztrátu. U orbitálního svařování představuje opravy svárů necelé 0,2 % oprav. Procento oprav svárů je počítáno z počtu svárových spojů trubka – trubkovnice, což představuje u celého spalínového svazku výměníku se dvěma trubkovnicemi 146 svárů. Pokud promítneme procento oprav svárů do série výroby deseti kusů spalínových výměníků, zjistíme, že u původní technologie svařování se opravoval téměř každý výměník, kde byly převařeny v průměru 4 sváry. U nové technologie svařování orbitální hlavou se opravuje v průměru každý třetí spalínový svazek, kde se převaří maximálně jeden svár. U oprav se používá pouze metoda ručního svařování TIG.

Oprava spalínového svazku představuje tyto operace – vypuštění vzduchu ze svazku, přebroušení vadného sváru, oprava sváru převařením, tlaková zkouška vzduchem (tlakování) a kontrola pěnотvorným roztokem. Následuje tlaková zkouška vodou, která bývá zpravidla pozitivní, ve výjimečných případech, kdy zkouška vzduchem neodhalí vady svárů, se musí opakovat i tato operace natlakování vodou.

Průměrně trvá jedna oprava u ručního svařování 54 minut u nového orbitálního svařování 40 minut. Hodinová sazba na středisku oprav je 550 Kč/hod. Cena opravy se počítá dle vztahu (4.1).

$$CO = (S_{oprava} / 60) \cdot T_{oprava} \quad [Kč] \quad (4.1)$$

kde: CO [Kč] - cena opravy
S_{oprava} [Kč] - hodinová sazba na středisku oprav
T_{oprava} [min] - průměrná doba opravy

Stanovení nákladů na opravy u ručního svařování TIG:

$$CO_{TIG} = (550 / 60) \cdot 54 = 495 \text{ Kč}$$

Stanovení nákladů na opravy u orbitálního svařování TIG:

$$CO_{ORBITAL} = (550 / 60) \cdot 40 = 367 \text{ Kč}$$

5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY

Zavedením nových technologií v obrábění a svařování můžeme provést technické a ekonomické zhodnocení výroby.

Z technického hlediska lze posoudit zejména kvalitu provedení, která se výrazně promítne do životnosti celého zařízení a do následných servisních oprav. Při výrobě děr trubkovnice vrtáním na vodorovné vyvrtávače s CNC řídicím systémem jsou otvory trubkovnice vyráběny s velkou přesností, což se následně pozitivně projeví při procesu svařování trubek do trubkovnice. Pomocí přesného orbitálního svařování nedochází k nežádoucímu přehřívání a následnému pnutí materiálu. Teplotní změny vyvolané nadměrným ohřevem při ručním svařování jsou vždy provázené změnami délkovými, zapříčiněné teplotní roztažností materiálu. V blízkém okolí sváru dochází k rozsáhlým plastickým deformacím, protože při vysokých teplotách se materiál snadno pěchuje a při postupném chladnutí smršťuje a současně roste jeho pevnost. Ve svárovém spoji zůstanou zbytková napětí, která při překročení meze kluzu způsobují plastické deformace svárů, které se projevují změnou tvaru a rozměru svařence. Při velkém počtu svárů ručním svařováním docházelo k nepravidelné tvorbě svárového spoje dané lidským faktorem jako únavou, nepozorností nebo nedostatkem zkušeností svářeče. U orbitálního svařování dochází pouze k lokálnímu ohřevu základního materiálu a okolní chladnější materiál brání výrazným délkovým změnám [14].

Při ekonomickém zhodnocení budeme posuzovat změnu technologie výroby vrtání děr trubkovnice a změnu technologie svařování spalínového svazku. Výrobní náklady dané technologie jsme počítali z jednotkových a dávkových časů s přírůzkou času směnového a hodinové sazby daného pracoviště. Pomocí výpočtů výrobních nákladů jsou sestrojeny pro přehlednost úspor grafy jednotlivých operací. Spalínový výměník obsahuje dvě trubkovnice a jeho výroba probíhá v sérii po deseti kusech.

Podle vztahu 5.1 spočítáme výrobní náklady jednoho spalínového výměníku původní technologie výroby vrtání děr trubkovnice axiální vrtačkou a ručním svařováním trubek a trubkovnice metodou TIG. Procento oprav je nutné vyčíslit a započítat do ceny postupu automatického svařování, abychom ji mohli následně porovnat s cenou postupu ručního svařování a zjistit, u jakého vyráběného kusu dojde k návratu investovaných prostředků.

Ekonomické zhodnocení technologie původní výroby

$$VN_{PV} = (VN_{VRTAČKA} + VN_{TIG}) \cdot 2 + (CO_{TIG} \cdot No) / Vd \quad [Kč/ks] \quad (5.1)$$

kde:	VN_{PV}	[Kč/ks]	–	výrobní náklady původní výroba,
	$VN_{VRTAČKA}$	[Kč/ks]	–	výrobní náklady vrtání děr vrtačkou,
	VN_{TIG}	[Kč/ks]	–	výrobní náklady svařování ručně TIG,
	CO_{TIG}	[Kč/ks]	-	cena opravy pro ruční svařování TIG,
	No	[ks]	-	počet oprav ve výrobní sérii,
	Vd	[ks]	-	výrobní série.

- Výpočet výrobních nákladů původní technologie vrtání a svařování:

$$VN_{PV} = (1.064 + 2.361) \cdot 2 + (495 \cdot 10) / 10 = \mathbf{7.345 \text{ Kč}}$$

Výpočtem původní technologie výroby jsme zjistili cenu výrobních nákladů jednoho spalínového výměníku. Výrobní náklad je 7.345 Kč/kus.

Podle vzorce 5.2 spočítáme výrobní náklady jednoho spalínového výměníku nové technologie výroby vrtání děr trubkovnice vodorovnou vyvrtávačkou s CNC a orbitálním svařováním trubek a trubkovnice.

Ekonomické zhodnocení technologie nové výroby

$$VN_{NV} = (VN_{CNC} + VN_{ORBITAL}) \cdot 2 + (CO_{ORBITAL} \cdot No) / Vd \quad [\text{Kč/ks}] \quad (5.2)$$

kde:	VN_{NV}	[Kč/ks]	–	výrobní náklady nové výroby,
	VN_{CNC}	[Kč/ks]	–	výrobní náklady vrtání děr CNC,
	$VN_{ORBITAL}$	[Kč/ks]	–	výrobní náklady svařování orbital,
	$CO_{ORBITAL}$	[Kč/ks]	-	cena opravy pro orbitální svařování,
	No	[ks]	-	počet oprav ve výrobní sérii,
	Vd	[ks]	-	výrobní série.

- Výpočet výrobních nákladů nové technologie vrtání a svařování:

$$VN_{NV} = (510 + 2.298) \cdot 2 + (367 \cdot 3) / 10 = \mathbf{5.726 \text{ Kč}}$$

Výpočtem nové technologie výroby jsme zjistili cenu výrobních nákladů jednoho spalínového výměníku. Výrobní náklad je 5.726 Kč/kus.

Celkovou úsporu výrobních nákladů při výrobě spalínového výměníku spočítáme dle vzorce 5.3, jako rozdíl původní a nové výroby.

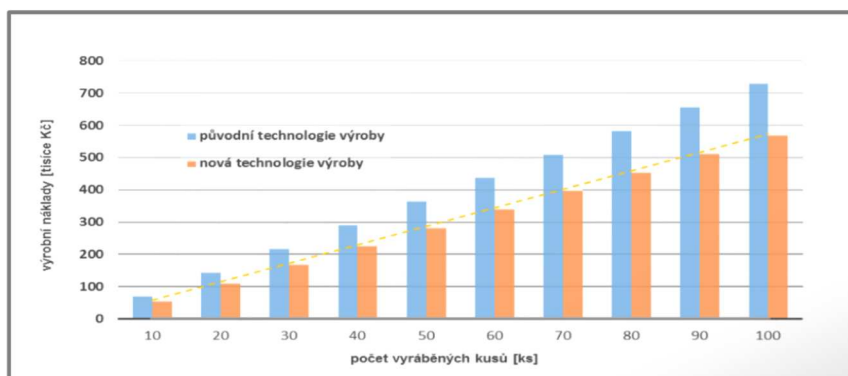
$$UV = VN_{PV} - VN_{NV} \quad [\text{Kč/ks}] \quad (5.3)$$

kde:	UV	[Kč/ks]	–	úspora výrobních nákladů,
------	------	---------	---	---------------------------

- Výpočet výrobních nákladů nové technologie vrtání a svařování:

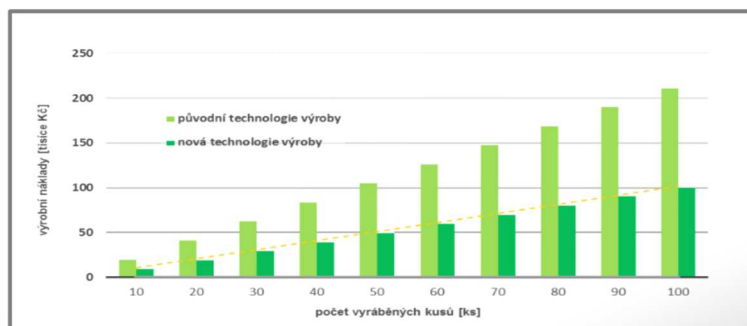
$$UV = 7.345 - 5.726 = \mathbf{1.619 \text{ Kč}}$$

Výpočtem jsme zjistili celkovou úsporu výrobních nákladů jednoho spalínového výměníku. Úspora výrobních nákladů je 1.619 Kč/kus, což představuje 22% úsporu výrobních nákladů. Na Obr. 27 je graficky znázorněna úspora při počtu vyráběných kusů.

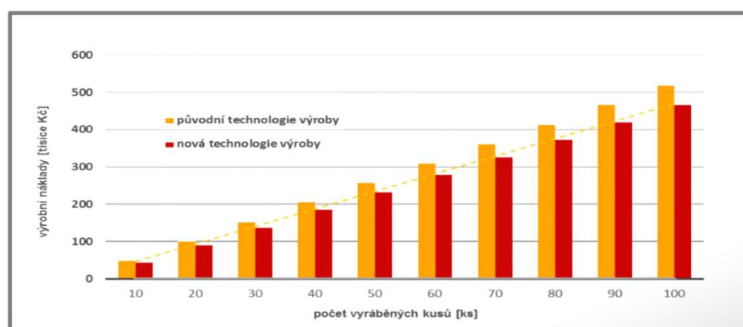


Obr. 27 Grafické porovnání původní a nové technologie výroby spalínového výměníku pro kogenerační jednotku TEDOM Cento T200.

Na Obr. 28 a Obr. 29 jsou znázorněny grafy zefektivnění výroby jednotlivých technologií výroby, vrtání děr trubkovnice a svařování spalínového svazku. Z grafu je patrné, že z ekonomického hlediska je zefektivnění výroby děr trubkovnice výrazně větší, tvoří cca 52 % výrobních nákladů než zefektivnění svařování spalínového svazku, kde je cca 10% úspora výrobních nákladů.



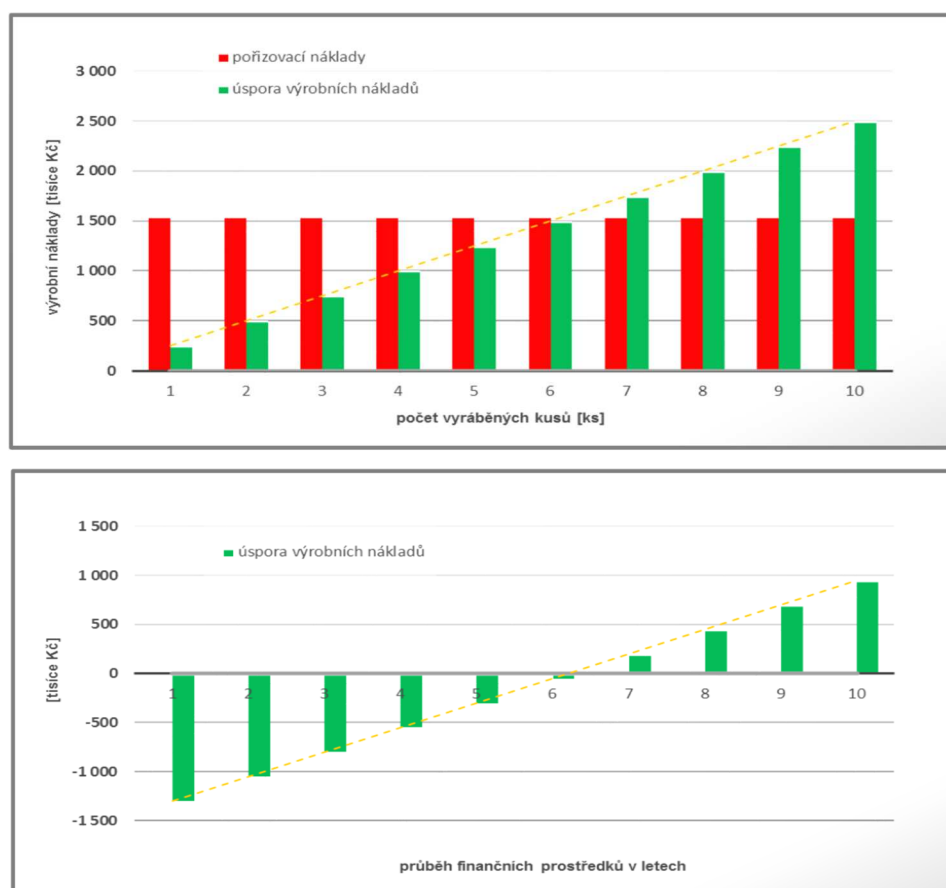
Obr. 28 Grafické porovnání původní a nové technologie vrtání děr trubkovnice spalínového výměníku pro kogenerační jednotku TEDOM Cento T200.



Obr. 29 Grafické porovnání původní a nové technologie svařování spalínového svazku spalínového výměníku pro kogenerační jednotku TEDOM Cento T200.

Při posouzení zefektivnění výroby z pohledu návratnosti vložených investic musíme vycházet z faktu, že firma TEDOM se zabývá výrobou kogeneračních jednotek výkonové řady kogeneračních jednotek od 7 kW do 2 MW elektrického výkonu a každá jednotka má jinou velikost spalínového výměníku. V práci je posuzováno pouze zefektivnění výroby spalínového výměníku pro výrobní řadu Cento T200. Výroba je závislá na poptávce trhu kogeneračních jednotek a pořízené zařízení vyvrtávačka je asi z 50 % využívána pro jiné výrobní operace. Posouzení prosté doby návratnosti je pouze orientační.

Na Obr. 30 je znázorněn graf předpokládaných úspor ve výrobě spalínového výměníku. Předpokládá se roční úspora výrobních nákladů 230.000 Kč, vztažené na prodej přibližně 100 kusů kogeneračních jednotek různého výkonového provedení. Při odhadu vložených investičních nákladů 1.600.000 Kč se pohybuje prostá doba návratnosti investic cca 6 let. Roční předpokládaná úspora a výše investičních nákladů jsou údaje odhadnuté výrobním oddělením TEDOM a nejsou předmětem kalkulací v této práci.



Obr. 30 Grafické porovnání pořizovacích nákladů a úspory výrobních nákladů zefektivněním výroby spalínového výměníku pro kogenerační jednotky TEDOM.

6 DISKUZE

V úvodu práce je představení firmy TEDOM a.s., jeho výrobní program a působení na trhu v oblasti strojírenství a energetiky. Hlavním portfoliem výroby jsou kogenerační jednotky, projekt řeší zefektivnění výroby spalínového výměníku, což je jedna z hlavních konstrukčních děl kogeneračních jednotek.

První kapitola popisuje princip kogenerace, kogeneračních jednotek a výměníků tepla. Jsou zde vysvětleny funkce a druhy tepelných výměníků včetně zapojení spalínového výměníku v kogenerační jednotce TEDOM Cento T200.

V kapitole dvě je popis celé technologie výroby spalínového výměníku pro kogenerační jednotku TEDOM Cento T200. Podrobně popisuje technologii výroby, jednotlivé výrobní operace a jednotlivé díly, materiály, polotovary výměníku.

Kapitola tři se zabývá technologií výroby děr trubkovnice. Stávající výroba děr trubkovnice vrtáním axiální vrtačkou je nahrazena novou technologií výroby vodorovnou vyvrtávačkou s CNC řídicím systémem. Popisuje způsoby výroby, použité zařízení, nástroje a výrobní časy jednotlivých operací, včetně konečných výrobních nákladů.

Čtvrtá kapitola se zabývá technologií svařování spalínového svazku, kde je nahrazeno ruční svařování metodou TIG novou technologií svařování tzv. orbitální hlavou. V kapitole jsou popsány způsoby svařování, pracovní postupy, materiály, nástroje, výrobní časy a konečné výrobní náklady na svařování. V rámci změn jsou zde řešeny procenta oprav svárů jednotlivých technologií, kde se nám kvalita svárů výrazně projeví do zefektivnění výroby a životnosti zařízení. Životnost výměníků je dána hlavně mechanickými poruchami, které mohou vzniknout při výrobě nebo poruchy vzniklé proudícím médii např. koroze, abraze a zanášení trubek svazku. Především těmto poruchám můžeme jednat čistotou proudícího média, správným provozováním nebo konstrukcí a užitím kvalitnějších materiálů.

V závěru práce je zhodnocení zefektivnění výroby z hlediska technického a ekonomického. Jsou zde řešeny hlavní dva cíle práce, nahrazení výroby děr trubkovnice účinnějším a přesnějším zařízením a zavedení automatizace do procesu svařování spalínového svazku. Řeší zefektivnění výroby z pohledu technického, co přinesly jednotlivé technologie výroby do kvality a produktivity jednotlivých výrobních operací. Ekonomické hledisko zefektivnění výroby představuje výpočty jednotlivých časů výroby, výrobních nákladů původní a nové technologie. Je zde orientační graf prosté doby návratnosti vložených investic. Vzhledem k širšímu výrobnímu programu firmy TEDOM, která je závislá na poptávce trhu a použité zařízení je využíváno také pro jiné účely výroby, je údaj návratnosti vložených investic pouze orientační.

7 ZÁVĚR

Práce se zabývá zefektivněním výroby spalínového výměníku ve výrobním závodě TEDOM a stručně popisuje celou technologii výroby výměníku kogenerační jednotky Cento T200. Problémem původní technologie výroby výměníku byla výroba děr trubkovnice a svařování trubek a trubkovnice v spalínovém svazku. Časová náročnost výroby a časté opravy svárových spojů bránily lepší produktivitě práce, proto byly zavedeny nové výrobní technologie v oblasti obrábění a svařování. Posuzovali jsme technologii výroby děr trubkovnice pomocí axiální vrtačky, která byla nahrazena vodorovnou vyvrtávačkou s CNC řízením a svařování trubek k trubkovnici ruční metodou TIG a nově nahrazeno automatickým orbitálním svařováním TIG.

Technické a ekonomické zhodnocení nám ukázalo přínosy a úspory nových technologií. Z technického hlediska jsme zjistili výrazně lepší kvalitu provedení svárů trubkovnice, která byla dána přesným provedením děr trubkovnice a následně orbitálním svařováním, kde svařovací cyklus probíhá automaticky. Díky dokonalému řízení svařovacího procesu je zajištěna vysoká opakovatelnost svařování s minimální četností chyb. Výrobní časy se výrazně zkrátily u vrtání děr trubkovnice o 77 minut při výrobě děr jedné trubkovnice a u svařování spalínového svazku o 16 minut při sváření jedné trubkovnice. Při výrobě celého spalínového výměníku se výrobní čas zkrátil o 186 minut, což jsou 3 hodiny.

Ekonomické hledisko výroby je v dnešní době moderních technologií a konkurenčního prostředí velice důležité a může výrazně ovlivnit působení daného výrobku na spotřebním trhu. Ekonomické zhodnocení jsme provedli pomocí výpočtů pouze v úrovni úspor jednoho spalínového výměníku jednotky Cento T200, kde jsme zjistili 22% úsporu výrobních nákladů a částku 1.619 Kč na jeden kus výměníku. Zajímavým zjištěním bylo rozložení úspor z hlediska technologie, kdy úspora vrtání děr trubkovnice byla 52% a úspora svařování pouze 10%.

Prostá doba návratnosti vložených investic nám vyšla na 6 roků, počítáno z předpokládaných odhadů prodeje kogeneračních jednotek a situace na trhu s energetikou. Investiční náklady byly odhadnuty a procentuálně rozděleny mezi výrobu spalínových výměníků a ostatní výrobu v podniku.

Shrnutí dosažených výsledků:

- vyšší kvalita a přesnost výrobků,
- úspora výrobních nákladů,
- zkrácení výrobních časů,
- zlepšení pracovního prostředí a nahrazení namáhavé práce,
- snížení spotřeby elektrické energie - ochrana životního prostředí,
- vyšší produktivita práce.

Cílem práce bylo posouzení zefektivnění výroby spalínových výměníků novými technologiemi výroby v oblasti obrábění a svařování, což se potvrdilo v plném rozsahu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1 TEDOM. *Firemní materiály*. 2015.
- 2 KADRNOŽKA, Jaroslav a Ladislav OCHRANA. *Teplárenství*. Brno: CERM, 2001. 178 s. ISBN 80-7204-222-x.
- 3 BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2009. 109 s. ISBN 978-80-214-3955-9.
- 4 COMANDER.CZ. *Rekupační jednotky*. [on-line]. [vid. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.comander.cz/519-rekuperace-200-m-hod>.
- 5 C+C servis. *Letované deskové výměníky tepla*. [on-line]. [vid. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://ccservis.eu/nove22.php?lang=cs>.
- 6 SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vyd. 4. Brno: CERM, 2011. 227 s. ISBN 978-80-7204-751-2.
- 7 FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- 8 ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-x.
- 9 TDZ Partners. *Obráběcí stroje*. [on-line]. [vid. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.tdzpartners.com/index.php?company=pouzite_stroje&skupina_nomen_klatur=03&nomenklatura=0304&id_nomen=010000000000974.
- 10 ZEMČÍK, Oskar. *Jednotné normativy - vrtačky*. Brno: CERM, 2006. 91 s. CNN-10-2-2-0/III-1977.
- 11 PRAMET-TOOLS s.r.o. *Katalog náradí*. 2010.
- 12 TUNGALOY. *Katalog náradí*. 2014.
- 13 *Teorie svařování*. [online]. [vid. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/vice-o-metodach-svarovani>.
- 14 DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v CERM 2. vyd. Brno: CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
- 15 KOUKAL, Jaroslav a Tomáš ZMYDLENÝ. *Svařování I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005, 133 s. ISBN 80-248-0870-6.
- 16 SCHINKMANN. *Obloukové svařování*. [online]. [vid. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.schinkmann.cz/obloukove-svarovani-v-ochranne-atmosfere-plynu>.
- 17 ALFA. *Svařovací stroje*. [online]. [vid. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.alfain.eu>.
- 18 *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. 1. vyd. Brno: ComputerPress, 2012-2014, 2 sv. (217; 241 s.). ISBN 978-80-251-3628-7.

9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	tažnost
CO	[Kč]	cena opravy
CO_{TIG}	[Kč]	cena opravy u ruční metody TIG
CO_{ORBITAL}	[Kč]	cena opravy u orbitálního svařování TIG
Nm	[min]	normominuta
No	[ks]	počet oprav ve výrobní sérii
mN	[Kč/min]	minutový náklad
SOPRAVA	[Kč]	hodinová sazba střediska oprav
T	[min]	čas práce
T_{AC}	[min]	jednotkový čas s přírůžkou směnového
T_{BC}	[min]	dávkový čas s přírůžkou směnového
T_N	[min]	nutný čas (normovatelný)
T_{OPRAVA}	[min]	průměrný čas opravy
Ra	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
Rm	[N/mm ²]	mez pevnosti v tahu
Rp	[N/mm ²]	smluvní mez kluzu
UV	[Kč/ks]	úspora výroby
Vd	[ks]	výrobní série
VN	[Kč/ks]	výrobní náklad
VN_{CNC}	[Kč/ks]	výrobní náklad – výroba vyvrtávačkou CNC
VN_{NV}	[Kč/ks]	výrobní náklad – nová výroba
VN_{ORBITAL}	[Kč/ks]	výrobní náklad – svařování orbitální TIG
VN_{PV}	[Kč/ks]	výrobní náklad – původní výroba
VN_{TIG}	[Kč/ks]	výrobní náklad – svařování ručně TIG
VN_{VRTAČKA}	[Kč/ks]	výrobní náklad – výroba vrtačkou
a_p	[mm]	hloubka třísky - přídavek
f	[mm ⁻¹]	posuv
l	[mm]	délka, dráha nástroje
l_n	[mm]	délka náběhu nástroje

l_p	[mm]	délka přeběhu nástroje
n	[min^{-1}]	otáčky
t_A	[min]	strojní čas
t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas
t_B	[min]	dávkový čas
t_C	[min]	směnový čas
Ra	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti

Zkratka	Jednotka	Popis
Ar	[-]	Argon
CNC	[-]	číslicové řízení počítačem
Cl	[-]	Chlor
CO₂	[-]	Oxid uhličitý
F	[-]	Fluor
H₂SO₄	[-]	Kyselina sírová
HCl	[-]	kyselina chlorovodíková
He	[-]	Helium
HF	[-]	kyselina fluorovodíková
k_c	[-]	přirážka času
KVET	[-]	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LPG	[-]	Liquefied Petroleum Gas (propan – butan)
MIG	[-]	Metal Inert Gas
MAG	[-]	Metal Active Gas
O₂	[-]	Kyslík
SO₂	[-]	Oxid siřičitý
TIG	[-]	Tungsten Inert Gas
TRKR	[-]	trubka kruhová
VBD	[-]	výměnné břitové destičky
WIG	[-]	Wolfram Inert Gas

10 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Technická specifikace spalínového výměníku [1].
- Příloha 2 Výkres spalínového výměníku P314010D [1].
- Příloha 3 Výkres spalínového svazku P314011C-A [1].
- Příloha 4 Výkres spalínového svazku P314011C-B [1].
- Příloha 5 Inspekční list materiálu [1].
- Příloha 6 Svařovací předpis WPS 106 [1].
- Příloha 7 Svařovací předpis WPS 102 [1].
- Příloha 8 Souřadnice CNC vyvrtávačky [1].

Základní technické údaje

Trubkové spalinové výměníky TEDOM jsou vyrobeny z nerezové oceli. Zapojují se protiproudým způsobem ve vodorovné poloze. Výměníky jsou určeny pro využití tepelného výkonu spalin spalovacích motorů provozovaných na bioplyn.

Vstupy i výstupy jak spalinových, tak hydraulických cest jsou řešeny ocelovými přírubami. Součástí výměníku je odvod kondenzátu, napouštěcí a odkalovací hrdla. Orientace, rozměry a umístění jednotlivých prvků spalinového výměníku jsou zřejmé z rozměrového výkresu, který je součástí toto dokumentu. Připojovací příruby spalinové trasy lze na přání natočit v libovolném úhlu. Tento požadavek musí být vznesen při objednávce výměníku (nastavení je nevratné). Těleso výměníku je možno na přání opatřit tepelnou izolací.

Typ výměníku	SV-B T160–T200	
Určeno pro motory	TB 170 - 210	
Tepelný výkon výměníku	117	kW
Teplota spalin na vstupu	528	°C
Teplota spalin na výstupu*)	150 / 180	°C
Tlaková ztráta na straně spalin	1	kPa
Teplota vody na vstupu	80	°C
Teplota vody na výstupu	95	°C
Tlaková ztráta na straně kapaliny	20	kPa
Průtok kapaliny	2,0	Kg/s

*) Narůstající teplota signalizuje zanesení spalinových cest. Tento stav je nutno ošetřit provozním řádem, který se musí stanovit vhodným způsobem požadavku na čištění výměníku.

Rozměry a hmotnosti

Výměník	T160 - T200	
Max. šířka	450	mm
Max. výška	510	mm
Max. délka*	3040	mm
Hmotnost bez kapaliny a izolace	350	kg
Objem kapaliny	110	dm ³

*) Na každé straně výměníku musí být min. 1,5 m prostoru pro čištění spalinové části výměníku.

Navazující dokumenty

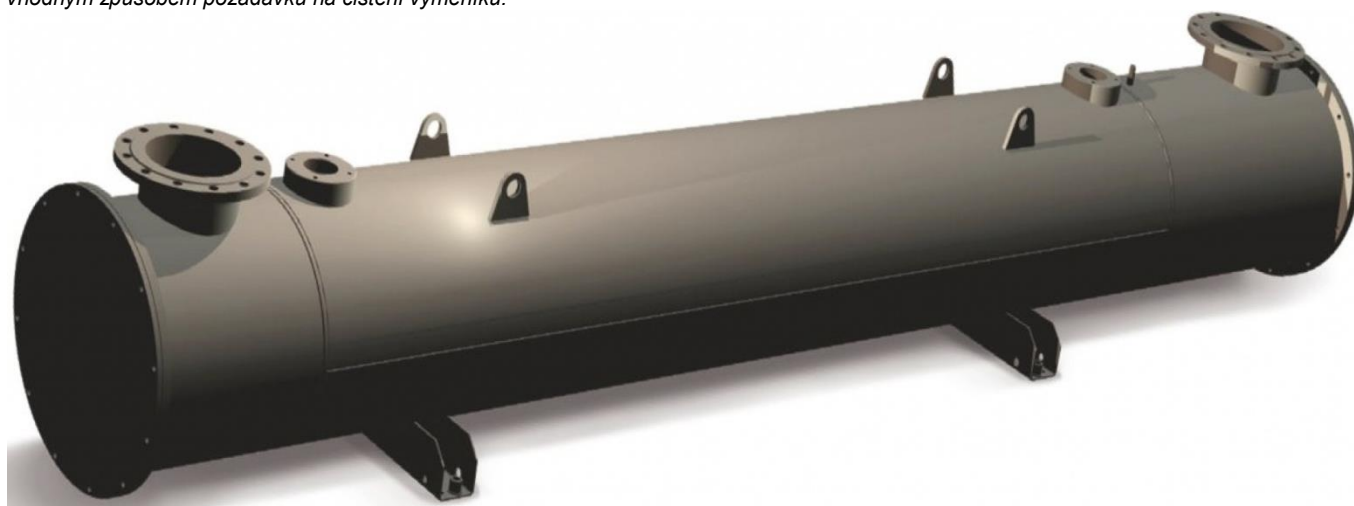
- Obecně závazné podklady dle dokumentu „Technické instrukce - vodní okruhy“ a „Technické instrukce - spaliny a kondenzát“
- Rozměrový výkres:
- Rozsah dodávky

Standartní

- Úplný výměník včetně protipřírub

Opce

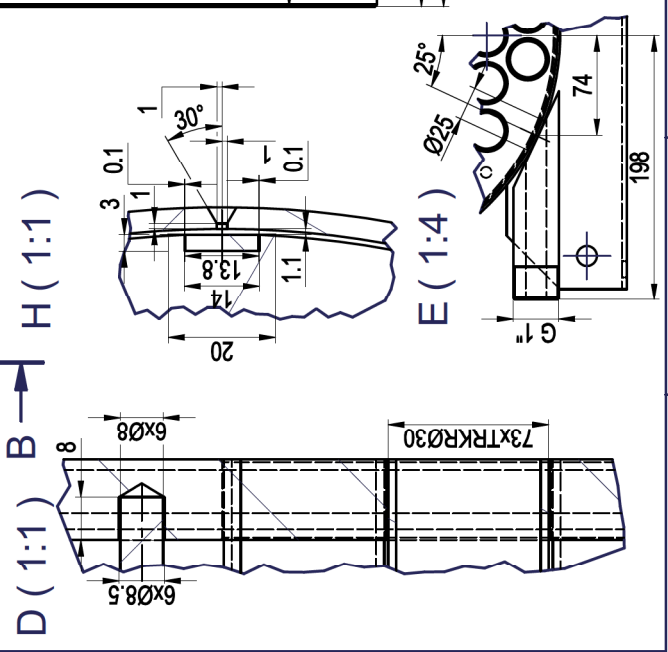
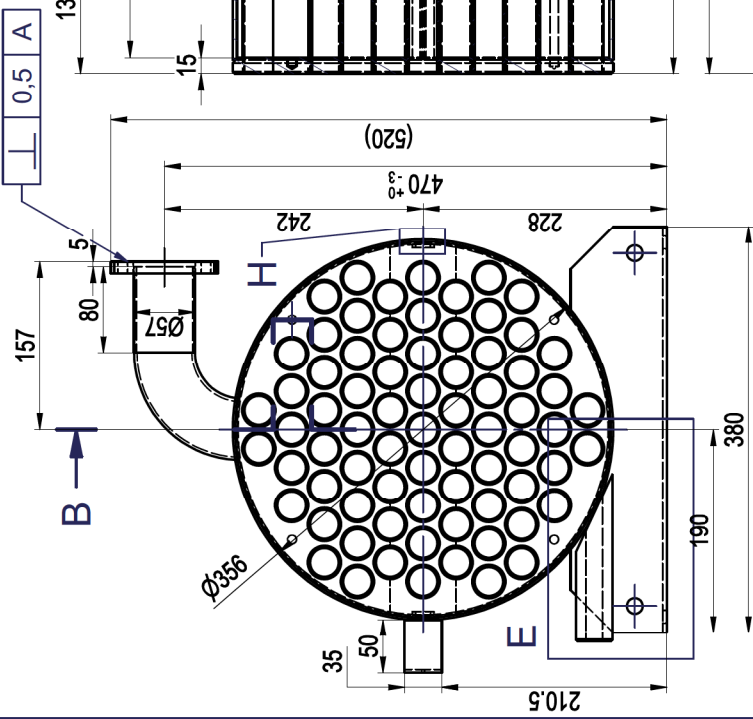
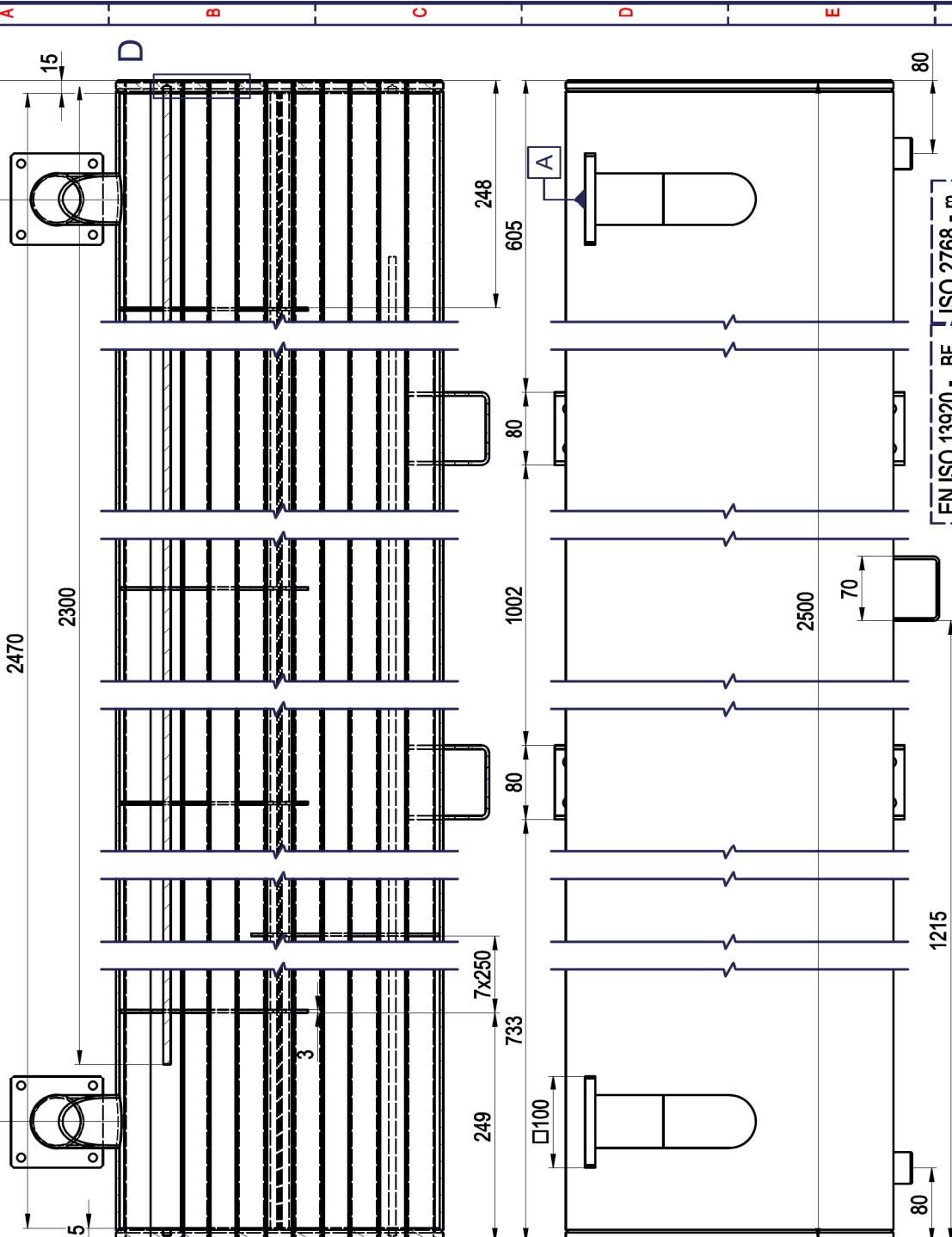
- Tepelná izolace spalinového výměníku



Ilustrační obrázek

B-B (1:5)

2240



TLAKOVAT VODOU TLAKEM 0,9 MPa
 PO DOBU 30 min
 SVARY VIZUÁLNĚ KONTROLOVAT
 OSTŘE HRANY ODJEHLIT
 TRKR Ø30x1,5 DÉLKA 2500±VIZ.IP056
 SVARY PROVÁDĚT DLE - IP056J

EN ISO 13920 - BF ISO 2768 - m

Chladicí svazek T160-T200 BIO		310 Kg	
PROST. KUSY	NÁZEV - ROZMĚR	MAT. KONEČNÝ	MAT. VÝCHOZÍ
KRESLIL	Baránek L.	POLOTOVAR	HR.VÁHA
TYP	Cento	DNĚ	4.8.2014
MĚŘÍTKO	NÁZEV	SKUPINA	Cento
TEDOM		PŘEZKOUSEL	NOVÝ VÝKRES
TEDOM CHP s.r.o.	HORŮVCE	TECHNOLOG	NOVÝ VÝKRES

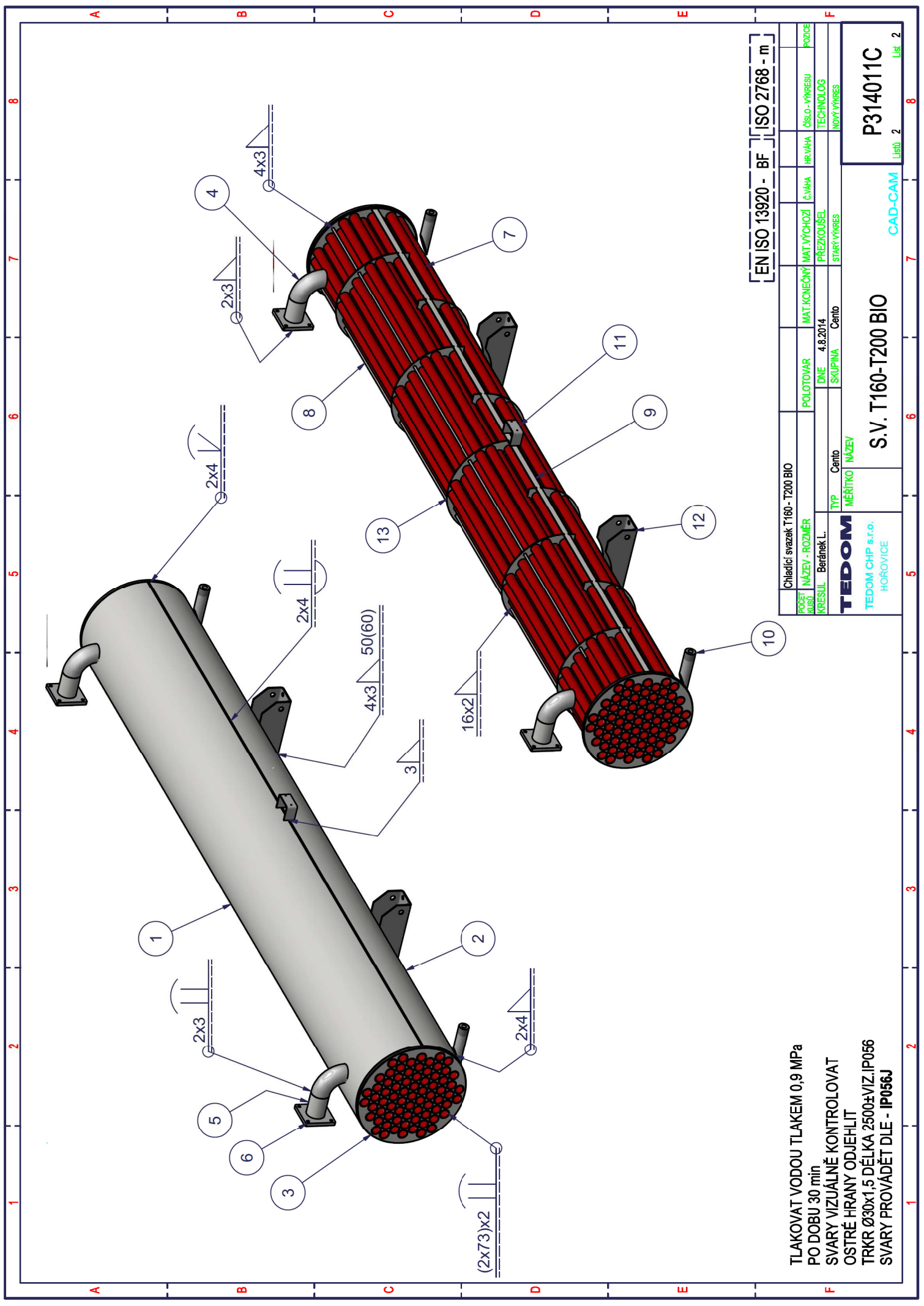
S.V. T160-T200 BIO

P314011C

CAD-CAM

List 2


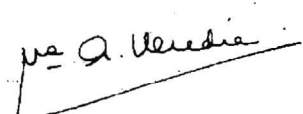
List 1



[EN ISO 13920 - BF] [ISO 2768 - m]

Chladicí svazek T160 - T200 BIO		POLOTOVAR		MAT. VÝCHOZÍ		HR.VÁHA		ČÍSLO - VÝKRESU		POZICE	
POČET KUSŮ	NÁZEV - ROZMĚR	DNE	4.8.2014	PRÉZKOUSEL	STARÝ VÝKRES	NOVÝ VÝKRES					
KRESLIL	BERÁNEK L.	TYP	Cento	SKUPINA	Cento						
MĚŘITKO		NÁZEV									
TEDOM		S.V. T160-T200 BIO									
TEDOM CHP s.r.o.		CAD-CAM									
HOROVICE		P314011C									
		List. 2									

TLAKOVAT VODOU TLAKEM 0,9 MPa
 PO DOBU 30 min
 SVARY VIZUÁLNĚ KONTROLOVAT
 OSTRÉ HRANY ODJEHLIT
 TRKR Ø30x1,5 DÉLKA 2500±VIZ.IP056
 SVARY PROVAĎĚT DLE - IP056J

ACERINOX EUROPA FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR PALMONES (LOS BARRIOS) TFO. (34) - 956 62 93 00 FAX (34) - 956 62 93 13 P.O. BOX 83 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)		 by Accredited Body		INSPECTION CERTIFICATE ABNAHMEPRÜFZEUGNIS				3.1		
ACCORDING TO EN 10204		CERTIFICATE N° 53 2014 375260 30002 *		CUSTOMER:		OUR ORDER N°:		YOUR ORDER N°:		
PL 502		01/0020866 keinKO PW1438		TRADE MARK:		INSPECTOR'S STAMP:		STEELMAKING PROCESS:		
REQUIREMENTS:		INTERGRANULAR CORROSION:		GRADE:		FINISH:		A.O.D.		
EN 10088-2:2005 EN-ISO-18286(Thickness Tolerances) ASTM A240Ed12a/A480Ed12-ASME SeclIA SA240/SA480Ed13		ASTM-A-262 PRACTICA E		Acx 280 1.4571 Acx 280 TP-316Ti		1D Nº1				
COIL / BOX	CONTENT	DIMENSIONS			MARKS	QUANTITY	TEST N°			
		THICKNESS	WIDTH	LENGTH				POS.	STÜCKZAHL	PROBE NR.
COIL/ESTR	TINALET	DICKE	BREITE	LÄNGE						
C0088Y	04E8NZ AA	15,000	1500,00	3000,00	16	2	04E8NZ		C	
C0088Y	04E8NZ AB	15,000	1500,00	3000,00	16	2	04E8NZ		C	
C0088Z	04E8NZ AC	15,000	1500,00	3000,00	17	2	04E8NZ		C	
C0088Z	04E8NZ AD	15,000	1500,00	3000,00	17	2	04E8NZ		C	
C0104H	04E8PA AB	15,000	1500,00	3000,00	20	2	04E8PA		C	
C0104H	04E8PA AC	15,000	1500,00	3000,00	20	2	04E8PA		C	
CHEMICAL ANALYSIS / CHEMISCH ZUSAMMENSETZUN										
HEAT N°	C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI	TI
SCHWELZE NR.										
E8NZ	0,024	16,640	1,600	2,035	0,015	10,625	0,033	0,001	0,662	0,362
E8PA	0,030	16,710	1,727	2,072	0,015	10,650	0,032	0,001	0,411	0,383
MECHANICAL PROPERTIES / MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN										
TEST N°	PROBE	Rm	Rp 0.2	Rp 1.0	A5	HRB	A200			
PROBE NR.	ET TYP	N/mm2	N/mm2	N/mm2	%		%			
04E8NZ	C T	572,24	276,85	319,49	55,95	84,00	53,95			
04E8PA	C T	571,44	283,91	329,82	49,17	86,00	47,17			
REMARKS / BEOBACHTUNGEN						SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL				
The delivery is in accordance with the order Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 ° C. NACE-MR0175/ISO 15156:2003; NACE MR0103:2010 (Chem & Mech only). HRB HEAD - HRB TAIL <= 5 HRB						OBERFLÄCHEN- UND ABMESSUNGSKONTROLLE				
						SATISFACTORY OHNE BEANSTANDUNG				
						WORK INSPECTOR:				
						 A. Heredia				
						Palmones, 22 AGOSTO 2014				

TEDOM CHP s.r.o. HOŘOVICE	STANOVENÍ SVAŘOVACÍHO POSTUPU ČSN EN ISO 15609-1 METODA MAG TLAKOVÉ NÁDOBY DLE PED 97/23/EC	Číslo postupu: WPS 106 WPQR č.: 1350/20/09/AW/IC/W
--	--	---

Svařovací metoda:				
Vrstva	Číslo metody: ČSN EN ISO 4063	Způsob svařování	Poloha při svařování: ČSN EN ISO 6947	Druh svaru
1	135	poloautomat.	vodorovná shora - PA	tupý, BW
2	135	poloautomat.	vodorovná shora - PA	tupý, BW

Základní materiál:				
Ozn.	Jakost	Skupina mat. CR ISO 15608	Polotovár	Úprava svarových ploch
1	S355J2+N	1.2	plech	frézování, odjehlení
2	S355J2+N	1.2	plech	frézování, odjehlení

Přídavný materiál:					
Vrstva	Druh	Označení		Rozměr	Poznámka
		ČSN EN ISO 14341	Obchodní označ.		
1	svařovací drát	G3Si1	OK AUTROD 12.51	ø1	ESAB
2	svařovací drát	G3Si1	OK AUTROD 12.51	ø1	ESAB

Ochranný plyn:				
Vrstva	Označení		Průtočné množství plynu v l/min	Poznámka
	ČSN EN ISO 14175	Obchodní označ.		
1	M21	LINDE Corgon 18	15	
2	M21	LINDE Corgon 18	15	

Tvar spoje	Postup svařování a rozsah platnosti
<p>$b = 1 \div 3\text{mm}$ $c = 1 \div 2\text{mm}$</p>	<p>Vícevrstvý svar.</p> <p>Rozsah platnosti dle ČSN EN ISO 15614-1: Plech $t = 3 \div 16$ Trubka: vnější $\varnothing > 500$ vnější $\varnothing > 150$ v poloze PA nebo PC s otáčením</p> <p>Povrch kořenové housenky brousit a následně očistit ocelovým kartáčem.</p>

Nastavení hodnot svařování:					
Vrstva	Proud A	Napětí V	Posuv drátu m/min	Proud polarita	Poznámka
1	130 - 150	18,5 - 19,0	5,5	DC/+	
2+n	180 - 205	27,5 - 28,0	8,1	DC/+	

Vypracoval: J.Černý	Datum: 11.1.2010	Schválil:	Datum: 12.1.2010
Změna	Provedl	Datum	Schválil
Popis změny			

TEDOM CHP s.r.o. HOŘOVICE	STANOVENÍ SVAŘOVACÍHO POSTUPU ČSN EN ISO 15614-8 METODA TIG TLAKOVÉ NÁDOBY DLE PED 97/23/EC	Číslo postupu: WPS 102 WPQR č.: 1349/20/09/AW/IC/W
--	--	---

Svařovací metoda:				
Vrstva	Číslo metody: ČSN EN ISO 4063	Způsob svařování	Poloha při svařování. ČSN EN ISO 6947	Druh svaru
1	141	poloautomat	orbitální hlava horizontální - PF/PG	tupý, BW
2				

Základní materiál:				
Ozn.	Jakost	Skupina mat. CR ISO 15608	Polotovar	Úprava svarových ploch
1	17248 (1.4541)	8.1*	trubka	řezat, odjehlít
2	17240 (1.4301)	8.1*	plech	řezat laserem, vrtat otvory, odjehlít

*Platí i pro ostatní oceli skupiny 8 se stejnou nebo nižší jmenovitou mezí kluzu.

Přídavný materiál:					
Vrstva	Druh	Označení		Rozměr	Poznámka
			Obchodní označ.		
1	bez drátu	---	---	---	vzájemné rozvaření zákl. materiálu
	ČSN EN ISO 6848	použitá elektroda	WT20	ø2,4	

Ochranný plyn:				
Vrstva	Označení		Průtočné množství plynu v l/min	Poznámka
	ČSN EN ISO 14175	Obchodní označ.		
1	I 1	ARGON 4.6		LINDE
2				

Tvar spoje	Postup svařování a rozsah platnosti
	<p>Jednovrstvý svar.</p> <p>Rozsah platnosti dle ČSN EN ISO 15614-1: $D \geq 25$; $t = 1,5 \pm 0,3$; $L \geq 15$; $c = 0 \div 1$ (číslo orbitál. hlavy: 23)</p> <p>Trubka přesazena přes okraj trubkovnice o $0 \div 1$ mm, a vůle mezi trubkou a trubkovnicí je vymezena válcováním.</p> <p>Svaření probíhá natavením základního materiálu trubky a trubkovnice prostřednictvím automatického cyklu orbitální hlavou P20/TIGTRONIK Orbitál 205</p> <p>PARAMETRY SVAŘOVÁNÍ V PŘÍLOZE NA STR. 2</p>

Nastavení hodnot svařování:					
Vrstva	Proud A	Napětí V	Průměr elektrody	Proud polarita	Poznámka
1		9,5÷10,5		DC/-	Parametry svařování v příloze strana 2.
2					

Vypracoval: Ing. Černý		Datum: 11.1.2010		Schválil:		Datum: 12.1.2010	
Změna	Provedl	Datum		Schválil		Datum	
Popis změny							

TEDOM CHP s.r.o. HOŘOVICE	STANOVENÍ SVAŘOVACÍHO POSTUPU ČSN EN ISO 15614-8 METODA TIG TLAKOVÉ NÁDOBY DLE PED 97/23/EC	Číslo postupu: pWPS 102 WPQR č.: 1349/20/09/AW/IC/W
--	--	--

Nastavení rámcových parametrů (5. znak dole čtverec s body)

Čas předfuku plynu - vteřiny	5
Čas tvorby lázně (formování oblouku) – vteřiny	3
Svařování bez dalšího nastavení – nevyplňuje se	--
Čas poklesu proudu na konci – vteřiny	6
Čas dofuku plynu na konci – vteřiny	7
Aktivace pulsů proudu (druhý znak dole)	ANO
Otáčení hlavy vlevo/vpravo (3./4. znak od leva dole)	vlevo

Nastavení proudů a časů puls

Horní proud (A)	140	Čas pulsu - vteřiny	0,25
Dolní proud (A)	42	Čas pulsu - vteřiny	0,21

Rychlost svařování

Rychlost otáčení hlavy (mm/min)	110
---------------------------------	-----

Tr P319754

```

0 BEGIN PGM P319754 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-178 Y-178 Z-15
2 BLK FORM 0.2 X+178 Y+178 Z+0
3 ;!!! Material 17348 Nerez !!!
4 ;*** Trubkovnice D=356x15mm ***
5 ;*** Vrtat 4x pr.8,5mm ***
6 ;*** Vrtat 73x pr.30,5 mm ***
7 ;*** Stul natocen na 180s. M43 ***
8 ;!!! Trubkovnici dat pretocenu !!!
9 ;!!! stranou k pripravku !!!
10 ;*** Trubkovnici upnout na vel- ***
11 ;*** ky vrtaci pripravek, prip- ***
12 ;*** ravek upnuty na dvou uhel- ***
13 ;*** nikach, uhelniky ve treti ***
14 ;*** drazce stolu, 205 mm od ***
15 ;*** cela stolu na celo uhelni- ***
16 ;*** ku a presunute 4mm z leve ***
17 ;*** a prave strany. ***
18 ;!!! Uhelnyky a pripravek rov- !!!
19 ;!!! nat na hodiky, na hodinky !!!
20 ;!!! rovnat tez levy bok pri- !!!
21 ;!!! ravku !!!
22 ;!!! Nastaveni dvou dorazu pod !!!
23 ;!!! uhlem 45st., nula X,Y !!!
24 ;!!! stred pripravku, do vre- !!!
25 ;!!! tena dat najizdeci trn !!!
26 ;!!! D=30mm, najet na souradni- !!!
27 ;!!! ce X-115,26 a Y-115,26 !!!
28 ;!!! na leve strane pripravku, !!!
29 ;!!! k tr. D=30 dosadit podperu !!!
30 ;!!! osazenim v podpere, totez !!!
31 ;!!! zopakovat na prave strane !!!
32 ;!!! pripravku na souradnicich !!!
33 ;!!! X+115,26 a Y-115,26 !!!
34 ;!!! Nezapomenout dat do pri- !!!
35 ;!!! pravku pred upnutim trub- !!!
36 ;!!! kovnice stredovou podperu !!!
37 ;!!! Po upnuti trubkovnice za- !!!
38 ;!!! prit trubkovnici ze zadu !!!
39 ;!!! 2 srouby M20 !!!
40 ;*** Nula X,Y stred trubkovnice ***
41 ;*** Nula Z povrch trubkovnice ***
42 ;*** NC-NAVRT.D8-KR ***
43 ;!!! Chladit emulzi !!!
44 TOOL CALL 50 Z S500 F16
45 L Z+300 R0 FMAX M3
46 CYCL DEF 200 VRTANI ~
    Q200=+2 ;BEZPEC. VZDALENOST ~
    Q201=-2,5 ;HLOUBKA ~
    Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
    Q202=+2,5 ;HLOUBKA PRISUVU ~
    Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
    Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
    Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q211=+0,1 ;CAS. PRODLEVA DOLE
47 CALL LBL 1
48 L Z+300 R0 FMAX M5
49 STOP M0
50 ;*** Vrtak D=8,5 ***
51 ;!!! Chladit emulzi !!!
52 TOOL CALL 10 Z S300 F20
53 L Z+300 R0 FMAX M3
54 CYCL DEF 200 VRTANI ~
    Q200=+2 ;BEZPEC. VZDALENOST ~
    Q201=-10 ;HLOUBKA ~
    Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
    Q202=+10 ;HLOUBKA PRISUVU ~
    Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~

```

```

    Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
    Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q211=+0,1 ;CAS. PRODLEVA DOLE
55 CALL LBL 1
56 L Z+300 R0 FMAX M5
57 STOP M0
58 ;*** Vrtak TDX 300 D=30,5 rovny ***
59 ;!!! Desticku otocit po 80 otvo-!!!
60 ;!!! rech, 3 a 4 hranu desticky !!!
61 ;!!! po 40 otvorech !!!
62 ;!!! Chladit emulzi !!!
63 TOOL CALL 379 Z S1100 F70
64 L Z+300 R0 FMAX M3
65 CYCL DEF 200 VRTANI ~
    Q200=+2 ;BEZPEC. VZDALENOST ~
    Q201=-18 ;HLOUBKA ~
    Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
    Q202=+18 ;HLOUBKA PRISUVU ~
    Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
    Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
    Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
66 CALL LBL 2
67 L Z+300 R0 FMAX M5
68 L X-630 Y+0 R0 FMAX
69 STOP M0
70 ;!!! Ze 7 vyvrtanych otvoru !!!
71 ;!!! odstranit kloboucky !!!
72 ;!!! Zaprit ve stredu operkou !!!
73 ;!!! Povolit srouby M20 krizem !!!
74 TOOL CALL 379 Z S1100 F70
75 L Z+300 R0 FMAX M3
76 CYCL DEF 200 VRTANI ~
    Q200=+2 ;BEZPEC. VZDALENOST ~
    Q201=-18 ;HLOUBKA ~
    Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
    Q202=+18 ;HLOUBKA PRISUVU ~
    Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
    Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
    Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
77 CALL LBL 3
78 L Z+300 R0 FMAX M5
79 L X-630 Y+0 R0 FMAX
80 STOP M2
81 LBL 1
41 L X+102,85 Y+122,57 R0 FMAX M99
42 L X-102,85 Y+122,57 R0 FMAX M99
43 L X-102,85 Y-122,57 R0 FMAX M99
44 L X+102,85 Y-122,57 R0 FMAX M99
88 LBL 0
89 LBL 2
41 L X+0 Y+0 R0 FMAX M99
42 L X+35,5 Y+0 R0 FMAX M99
43 L X+17,75 Y+30,74 R0 FMAX M99
44 L X-17,75 Y+30,74 R0 FMAX M99
45 L X-35,5 Y+0 R0 FMAX M99
46 L X-17,75 Y-30,74 R0 FMAX M99
47 L X+17,75 Y-30,74 R0 FMAX M99
97 LBL 0
98 LBL 3
99 ;*** 1 rada ***
100 L X+17,75 Y+153,72 R0 FMAX M99
101 L X-17,75 Y+153,72 R0 FMAX M99
102 ;*** 2 rada ***
103 L X-71 Y+122,98 R0 FMAX M99
104 L X-35,5 Y+122,98 R0 FMAX M99
105 L X+0 Y+122,98 FMAX M99

```

106 L X+35,5 Y+122,98 R0 FMAX M99
107 L X+71 Y+122,98 R0 FMAX M99
108 ;*** 3 rada ***
109 L X+124,25 Y+92,23 R0 FMAX M99
110 L X+88,75 Y+92,23 R0 FMAX M99
111 L X+53,25 Y+92,23 R0 FMAX M99
112 L X+17,75 Y+92,23 R0 FMAX M99
113 L X-17,75 Y+92,23 R0 FMAX M99
114 L X-53,25 Y+92,23 R0 FMAX M99
115 L X-88,75 Y+92,23 R0 FMAX M99
116 L X-124,25 Y+92,23 R0 FMAX M99
117 ;*** 4 rada ***
118 L X-142 Y+61,49 R0 FMAX M99
119 L X-106,5 Y+61,49 R0 FMAX M99
120 L X-71 Y+61,49 R0 FMAX M99
121 L X-35,5 Y+61,49 R0 FMAX M99
122 L X+0 Y+61,49 FMAX M99
123 L X+35,5 Y+61,49 R0 FMAX M99
124 L X+71 Y+61,49 R0 FMAX M99
125 L X+106,5 Y+61,49 R0 FMAX M99
126 L X+142 Y+61,49 R0 FMAX M99
127 ;*** 5 rada ***
128 L X+124,25 Y+30,74 R0 FMAX M99
129 L X+88,75 Y+30,74 R0 FMAX M99
130 L X+53,25 Y+30,74 R0 FMAX M99
131 ;*** hotovo ***
132 ;*** hotovo ***
133 L X-53,25 Y+30,74 R0 FMAX M99
134 L X-88,75 Y+30,74 R0 FMAX M99
135 L X-124,25 Y+30,74 R0 FMAX M99
136 ;*** 6 rada ***
137 L X-142 Y+0 R0 FMAX M99
138 L X-106,5 Y+0 R0 FMAX M99
139 L X-71 Y+0 R0 FMAX M99
140 ;*** hotovo ***
141 ;*** hotovo ***
142 ;*** hotovo ***
143 L X+71 Y+0 R0 FMAX M99
144 L X+106,5 Y+0 R0 FMAX M99
145 L X+142 Y+0 R0 FMAX M99
146 ;*** 7 rada ***
128 L X+124,25 Y-30,74 R0 FMAX M99
129 L X+88,75 Y-30,74 R0 FMAX M99
130 L X+53,25 Y-30,74 R0 FMAX M99
131 ;*** hotovo ***
132 ;*** hotovo ***
133 L X-53,25 Y-30,74 R0 FMAX M99
134 L X-88,75 Y-30,74 R0 FMAX M99
135 L X-124,25 Y-30,74 R0 FMAX M99
155 ;*** 8 rada ***
118 L X-142 Y-61,49 R0 FMAX M99
119 L X-106,5 Y-61,49 R0 FMAX M99
120 L X-71 Y-61,49 R0 FMAX M99
121 L X-35,5 Y-61,49 R0 FMAX M99
122 L X+0 Y-61,49 FMAX M99
123 L X+35,5 Y-61,49 R0 FMAX M99
124 L X+71 Y-61,49 R0 FMAX M99
125 L X+106,5 Y-61,49 R0 FMAX M99
126 L X+142 Y-61,49 R0 FMAX M99
165 ;*** 9 rada ***
109 L X+124,25 Y-92,23 R0 FMAX M99
110 L X+88,75 Y-92,23 R0 FMAX M99
111 L X+53,25 Y-92,23 R0 FMAX M99
112 L X+17,75 Y-92,23 R0 FMAX M99
113 L X-17,75 Y-92,23 R0 FMAX M99
114 L X-53,25 Y-92,23 R0 FMAX M99
115 L X-88,75 Y-92,23 R0 FMAX M99
116 L X-124,25 Y-92,23 R0 FMAX M99

Tr P319754

```
174 ;*** 10 rada ***
103 L X-71 Y-122,98 R0 FMAX M99
104 L X-35,5 Y-122,98 R0 FMAX M99
105 L X+0 Y-122,98 FMAX M99
106 L X+35,5 Y-122,98 R0 FMAX M99
107 L X+71 Y-122,98 R0 FMAX M99
180 ;*** 11 rada ***
100 L X+17,75 Y-153,72 R0 FMAX M99
101 L X-17,75 Y-153,72 R0 FMAX M99
183 LBL 0
184 END PGM P319754 MM
```