

Výroba součásti z plechu

Bc. Petr Hurtík

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr HURTÍK**
Osobní číslo: **T10954**
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Téma práce: **Výroba součástí z plechu**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte studii na dané téma**
- 2. Vypracujte návrh součástky z plechu**
- 3. Proveďte zpracování technické dokumentace pro součást z plechu**
- 4. Zdůvodněte zvolené technologie pro výrobu zadané součástky**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucí diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jana Knedlová
Fakulta technologická

Datum zadání diplomové práce:

13. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2012

Ve Zlíně dne 2. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



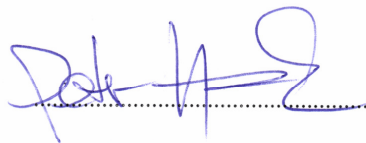
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 17. 5. 2012



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní díla).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní díla:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá výrobou součásti z plechu. Dělí se na teoretickou a praktickou část. První kapitola teoretické části se věnuje přípravě polotovaru, která může být realizována pomocí stříhání nebo různých typů řezání. Druhá kapitola se zabývá problematikou výrobních a předvýrobních operací; zaměřuje se na soustružení, frézování, ohýbání, svařování a další. Praktická část práce popisuje komplexní technologický postup výroby reboileru. Nejprve je představen návrh tlakové nádoby, poté je uvedena technická dokumentace a je popsána technologie výroby. Závěrem je charakterizována kontrola výroby a zhodnocení celého postupu.

Klíčová slova:

tlaková nádoba, plech, svařování, ohýbání, řezání, příruba, trubka, výkresová dokumentace, nedestruktivní kontrola

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the topic of parts from metal sheets. The thesis is divided into two parts, theoretical one and practical one. The first chapter of the theoretical part describes the preparation of a semi-finished product which can be done by various types of cutting. The second chapter focuses on production and pre-production processes, e.g. lathing, cutting, bending, welding and others. The practical part of the thesis describes the complex technological process of a pressure vessel manufacturing. The project of the pressure vessel is introduced, and then the technical documentation follows with the description of production technology. Finally, the ways of production control are characterized and the evaluation of the whole process is presented.

Keywords:

pressure vessel, metal sheet, welding, bending, cutting, flange, pipe, drawings documentation, nondestructive testing

Děkuji své školitelce, Ing. Janě Knedlové, za odborné vedení diplomové práce, za cenné rady a za inspirující a motivující konzultace.

Dále bych rád poděkoval své přítelkyni a rodině za vytvoření studijních podmínek.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PŘÍPRAVA POLOTOVARU	12
1.1 STRÍHÁNÍ	14
1.2 ŘEZÁNÍ PLAMENEM	17
1.3 ŘEZÁNÍ PLAZMOU	19
1.4 MECHANICKÉ ŘEZÁNÍ.....	21
1.5 ŘEZÁNÍ LASEREM.....	23
1.6 ŘEZÁNÍ VODNÍM PAPERSEM	24
2 VÝROBNÍ A PŘEDVÝROBNÍ OPERACE	26
2.1 SOUSTRUŽENÍ.....	26
2.2 FRÉZOVÁNÍ	27
2.3 VRTÁNÍ.....	28
2.4 OHÝBÁNÍ.....	29
2.5 SKRUŽOVÁNÍ.....	31
2.6 SVAŘOVÁNÍ	34
2.7 ŽÍHÁNÍ	37
3 CÍL PRÁCE	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
4 NÁVRH TLAKOVÉ NÁDOBY	40
5 TECHNICKÁ DOKUMENTACE	42
5.1 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	42
5.2 SPECIFIKA VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE.....	44
5.3 PRŮVODNÍ TECHNICKÁ DOKUMENTACE	48
6 TECHNOLOGIE VÝROBY	50
6.1 TECHNOLOGICKÉ PŘÍDAVKY	50
6.2 VOLBA TECHNOLOGIE VÝROBY	51
6.3 ÚKOSY PRO SVARY	53
6.4 METODY SVAŘOVÁNÍ	53
7 KONTROLA	55

7.1	STANOVENÍ KATEGORIE TLAKOVÉ NÁDOBY	55
7.2	ROZMĚROVÁ KONTROLA SVAŘENCŮ	56
7.3	DOKUMENTY PRO SVAŘOVÁNÍ.....	58
7.4	NEDESTRUKTIVNÍ KONTROLA	61
7.5	KONTROLA MATERIÁLŮ.....	62
8	ZHODNOCENÍ	64
	ZÁVĚR	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	66
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK.....	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	71

ÚVOD

Když se rozhlédneme kolem sebe, tak plechové díly se nacházejí v každé domácnosti. Jedná se o kryty domácích spotřebičů, výztuhy v nábytku, v každé kanceláři díly výpočetní techniky, v každé dílně bezpečnostní kryty pohybujících se dílů strojů atp. Plech jako polotovar je v dnešní době ve velké míře používán v mnoha výrobních odvětvích. Výrobky z plechu jsou často používány pro letecký, automobilový či lodní průmysl, pro skelety dopravních zařízení, úchyty, výztuhy, pro chemický a petrochemický průmysl – např. procesní zařízení, jako jsou chladiče, ohřívače, reboilery, kolony, dále svařované ocelové konstrukce pro skladování jak sypkých, tak kapalných látek. Možnosti jeho přípravy pro další použití budou uvedeny v jednotlivých kapitolách.

Praktická část je zaměřena na výrobu součástí z plechu. Jedná se o výrobu výměníku reboilerového typu. Výrobce je firma TGH RENOVA s.r.o. ve Valašském Meziříčí, která vyrábí dle ISO 9001. Firma vznikla v roce 1992 z údržby firmy DEZA a.s. Firma TGH RENOVA s.r.o. se specializuje na výrobu a opravy náročných tlakových nádob pro chemický a petrochemický průmysl, a to v rozsahu max. 25 000 kg, max. průměr 3 000 mm, max. tloušťka stěny 30 mm, v ocelích uhlíkových a austenitických. Dále se věnuje výrobě svařovaných ocelových konstrukcí a strojnímu obrábění. Pro strojní obrábění jsou k dispozici univerzální soustruhy (kde max. průměr obrobku je 500 mm a max. délka 4 000 mm), karusel – (max. průměr 3 000 mm, max. výška 2 000 mm), horizontální vyvrtávačky (do rozměru 2 000 x 1 500 mm, délky 5 000 a hmotnosti na základní desku 20 000 kg), sloupové vrtačky, brusky. Na kotlářské dílně jsou k dispozici pilky, nůžky, ohraňovací lisy, tří- a čtyř-válcové skružovací válce, pálicí a plazmový automat, svářečky a svařovací automat. Svařovací práce provádějí svářeči se státními zkouškami, a to metodami 111, 135, 141 a 121. TGH RENOVA s.r.o. provádí i montážní práce tuzemské a zahraniční. Dále se firma zabývá konstrukční a projektovou činností.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘÍPRAVA POLOTOVARU

Pro strojírenskou praxi existuje celá řada hutních polotovarů používaných ve výrobě. Polotovary jsou rozděleny na válcované zatepla a tažené zastudena. Jedná se o všechny plné profily. Trubky jsou rozděleny podle provedení - na bezešvé či svařované a podle technologie - na válcované nebo tažené, a to výhradně zatepla. Při konstrukci výrobku se konstruktér snaží v co nejvyšší míře využívat normalizované polotovary kvůli dostupnosti materiálu, nižší ceně a kratších dodacích termínech. Typizované profily má spousta prodejců skladem, takže doprava materiálu do závodu bývá uskutečněna v řádech dní. Nejběžněji se používají profily uvedené v tabulce 1.

Tabulka 1 Příklady normalizovaných polotovarů

Typ	Označení	Objednávací rozměr	Příklad
Plechý válcované	P	tloušťka x šířka x délka	P3x200x1200
Trubky	TR	průměr x stěna - délka	TR \varnothing 60,3x3,2-1000
Profily, jekly	L, U, I, T	velikost profilu - délka	I160-4000
Tyče ploché	PLO	tloušťka x šířka - délka	PLO 10x70-2000
Tyče kruhové	KR, (\varnothing)	průměr - délka	\varnothing 12-500
Tyče čtvercové, šestihranné	4HR, 6HR	rozměr - délka	6HR25-125
... atd.			

Při použití nenormalizovaných polotovarů (například výkovky, odlitky, výlisky) jsou dodací lhůty v řádech týdnů až měsíců a ceny jsou mnohonásobně vyšší. Pro objednání je nezbytné vyhotovit rozměrový výkres polotovaru.

Obecně musí být polotovary rozděleny na požadovaný rozměr. K tomuto může být využito konvenčních technologií dělení materiálu, jako je stříhání, řezání plamenem a řezání, nebo progresivních technologií, například řezání plazmou, laserem či vodním paprskem. Volba technologie dělení závisí na možnostech výrobního podniku a cenové náročnosti výroby polotovaru.

Technologie dělení materiálu bude v následujícím textu zaměřena na zpracování plechu, který je nejčastěji dodáván v tabulích. Rozměry tabulí se pohybují v následujícím rozmezí: tloušťka 0,4 mm – 160 mm, šířka 750 mm – 3 300 mm a délka 1 000 mm – 12 000 mm. Jakost plechu je dodána podle potřeby výrobce nebo zákazníka. Značení jakosti bývá v dnešní době provedeno nejčastěji dle evropských norem EN. Můžeme se ještě setkat s označením materiálu podle českých norem ČSN, amerických norem ASME a nebo německých norem DIN.

Na v tabulkách 2 a 3 je znázorněn princip značení jakosti materiálu dle evropských norem EN pro uhlíkovou ocel a korozivzdornou ocel.

Tabulka 2 Značení uhlíkových materiálů

Základní symboly		Přídavné symboly pro ocel		Přídavné symboly pro výrobek
X	XXX	X	X	+ X
Skupina použití	Mechanické vlastnosti	Skupina 1	Skupina 2	Požadavky na povrchovou Úpravu a tepelné zpracování

Skupina použití	Symbol	Příklad
Konstrukční oceli	S	S235JR
Oceli pro tlakové nádoby a zařízení	P	P265GH
Oceli na strojní součásti	E	E335
Oceli pro výztuž do betonu	B	B500A
Ploché výrobky k tváření zastudena	D	DX51D+Z

Mechanické vlastnosti	Třímístné číslo = minimální mez kluzu [MPa]
------------------------------	---

Přídavné symboly	Jedná se o požadavky na materiály, které jsou specifické pro danou skupinu materiálů.
-------------------------	---

Tabulka 3 Značení korozivzdorných materiálů

Základní symbol	
Písmeno X	střední obsah nejméně jednoho legujícího prvku $\geq 5\%$
- obsah uhlíku	jedná se o stonásobek předepsaného množství uhlíku
- legující prvky	jedná se o legující prvky, charakterizující danou jakost materiálu
Příklad:	X10CrNi18-8

1.1 STŘÍHÁNÍ

Stříhání je jednou z nejrozšířenějších metod zpracování plechu na finální výrobek nebo pro polotovary určený k dalšímu zpracování. Získávání polotovaru stříháním je v běžné praxi využíváno ve vysoké míře díky malé cenové náročnosti. Střížné hrany jsou mírně deformované střížnou plochou nástroje, takže vyžadují další opracování.

Stříhání je prováděno zastudena, pouze v případě málo plastických ocelí bývá použito přehřevu (u nelegovaných ocelí zpravidla 250 °C – 400 °C, u slitinových ocelí může být přehřev až na teplotu přibližně 650 °C).

Podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů. Oddělení nastane přesně v žádané rovině. K tomu dochází proto, že materiál je elastický, tvárný a smykové napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše. Střížná plocha má tvar písmene „S“. [1]

Na kvalitu střížného procesu má rozhodující vliv střížná mezera (z) mezi noži. Velikost střížné mezery závisí nejen na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu (mez pevnosti, mez pružnosti, tažnost, kontrakce), ale také na jeho tloušťce. Velikost střížné vůle ($v=2z$) uvádí dosud platná norma ČSN 22 6015 (viz obr. 1).

ČSN 22 6015	MDT 621.979.07	ČESKOSLOVENSKÁ STÁTNÍ NORMA	Schválena: 14. 11. 1975
		Lisovací nástroje STŘIHADLA A STŘIŽNÉ VŮLE Směrnice pro výpočet a konstrukci	ČSN 22 6015
Штампы для резки и зазоры. Инструкция по вычислению и конструкции		Cutting dies and clearances. Instructions for calculation and construction	
<p>Tato norma obsahuje základní informace o stříhání a děrování ocelových plechů i neželezných kovů a materiálů. Určuje technologii stříhání ve stříhadlech a děrovadlech, vyrobených z polotovarů a stavebnic podle souvisejících předměťových norem.</p> <p>Účelem normy je zvýšit jakost výstřižků a zajistit optimální užitnou hodnotu stříhadel.</p>			

Obr. 1 Náhled normy ČSN 22 6015 [5]

Střížný proces lze rozdělit do tří skupin z hlediska použitých nožů a jejich vzájemné polohy.

1) Rovnoběžné stříhání – ostří pevného a pohyblivého nože jsou na sebe při střížném procesu kolmé. Těto konstrukce bývají strojní stolové nůžky. Na strojních stolových nůžkách je možné stříhat plech o tloušťce až 40 mm a délce 6 000 mm. Při stříhání s rovnoběžnými noži je zapotřebí vynaložit větší sílu na přestřížení materiálu než při stříhání s nakloněným ostřím.

Teoretickou střížnou sílu lze spočítat vztahem:

$$F_s = S \cdot \tau_{ps} \cdot \eta$$
, kde

- S – plocha průřezu ve střížné rovině,
 τ_{ps} – pevnost ve stříhu ($\approx 0,8 R_m = 0,8 \times$ mez pevnosti),
 η – součinitel otupení (1,15 až 1,30).



Obr. 2 Strojní nůžky

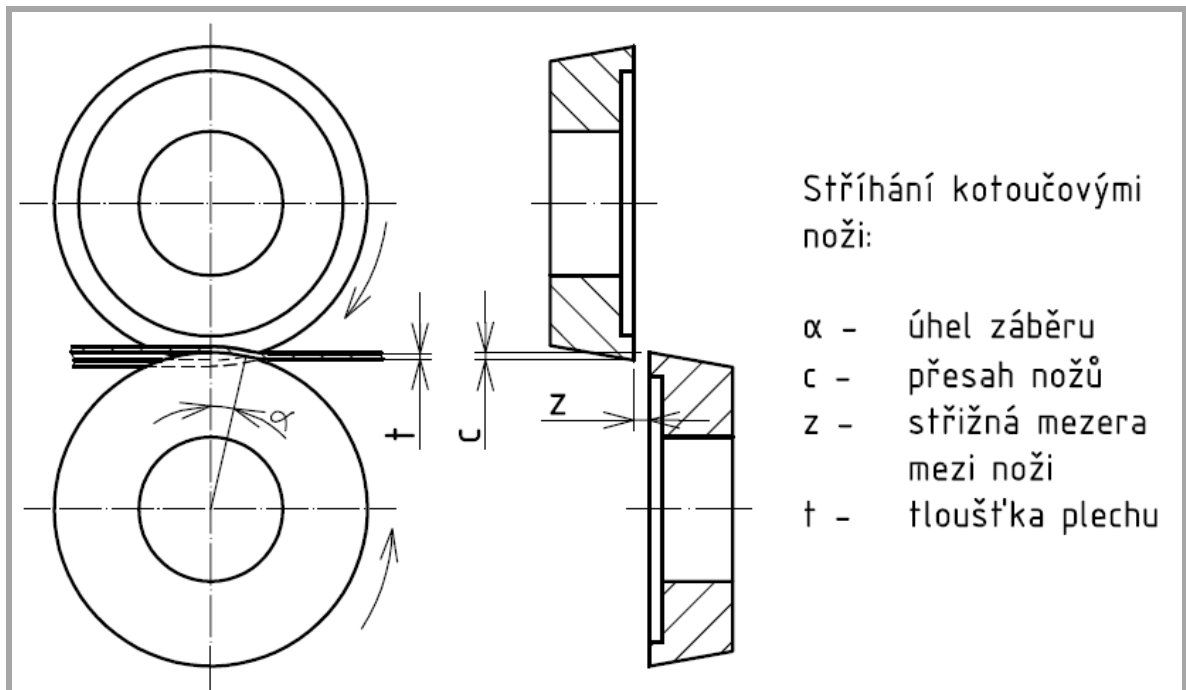
2) Kosé stříhání – ostří pevného a pohyblivého nože je při střížném procesu k sobě nakloněny pod určitým úhlem. Těto konstrukce bývají klasické pákové nůžky pro stříhání plechů o menších tloušťkách, zpravidla do tloušťky 1 mm a délky 2 000 mm.

Teoretickou střížnou sílu lze spočítat vztahem:

$$F_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{t^2}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \tau_{ps}, \text{ kde}$$

- t – tloušťka materiálu,
 α – úhel sklonu nožů,
 τ_{ps} – pevnost ve stříhu ($\approx 0,8 R_m$).

3) Stříhání kotoučovými noži – konstrukce je patrná na obrázku 3. Velikou výhodou této konstrukce je, že při stříhání nevznikají žádné rázy. Střížný proces je plynulý díky tomu, že dochází téměř k bodovému styku ostří nožů se stříhaným plechem. Vzhledem k této skutečnosti je možné pohybovat tabulí v rovině stříhu a tím docílit i tvarového výstřížku. Úhel záběru α zajišťuje tzv. „natahování“ plechu mezi střížné kotouče.

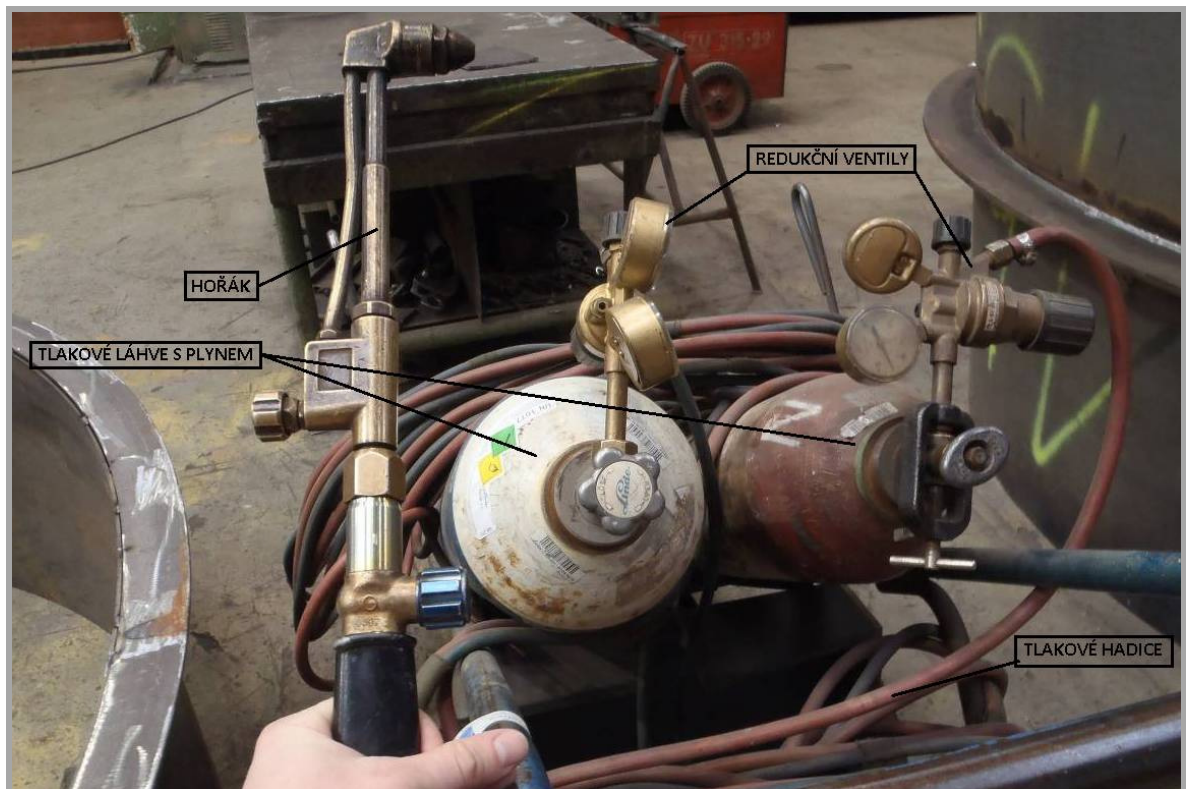


Obr. 3 Schéma stříhání kotoučovými noži

1.2 ŘEZÁNÍ PLAMENEM

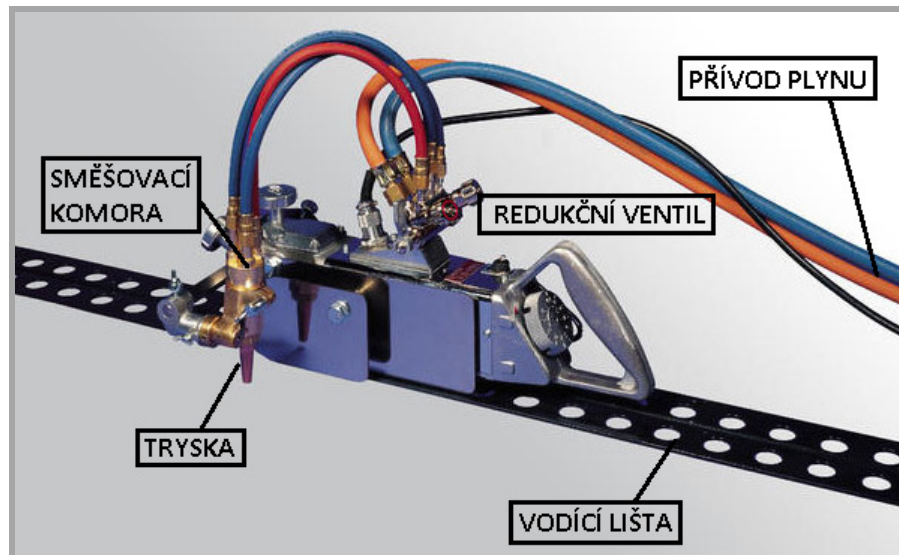
Řezání plamenem je v praxi běžně používaná metoda dělení materiálu. Jedná se o ohřátí základního materiálu na teplotu, při které u něj dojde k chemické reakci – hoření. Teplota hoření běžné oceli se pohybuje okolo 1 200 °C. Nejčastěji bývá k řezání používána směs kyslíku a acetylenu. Při hoření této směsi plynu vzniká teplota kolem 3 100 °C, čímž dochází k ohřátí základního materiálu v krátkém čase. Díky tomu nedochází k velkému teplotnímu ovlivnění oblasti řezu a následnému zbytkovému pnutí. Oblast řezu je však v důsledku difuze nasycována uhlíkem, a proto se v tomto místě mírně snižuje svařitelnost.

Řezání plamenem bývá v praxi využíváno pro tloušťky základního materiálu 3 mm až 300 mm. Velké výhody této metody spočívají v možnosti provádění tvarových řezů díky variabilitě polohy hořáku. Konstrukcí rozumíme následující: tlakové nádoby s plynem (kyslík a acetylen), redukčním ventilem, tlakovými hadicemi pro přívod plynu a hořák se směšovací komorou a tryskou v případě ručního řezacího hořáku (na obrázku 4).

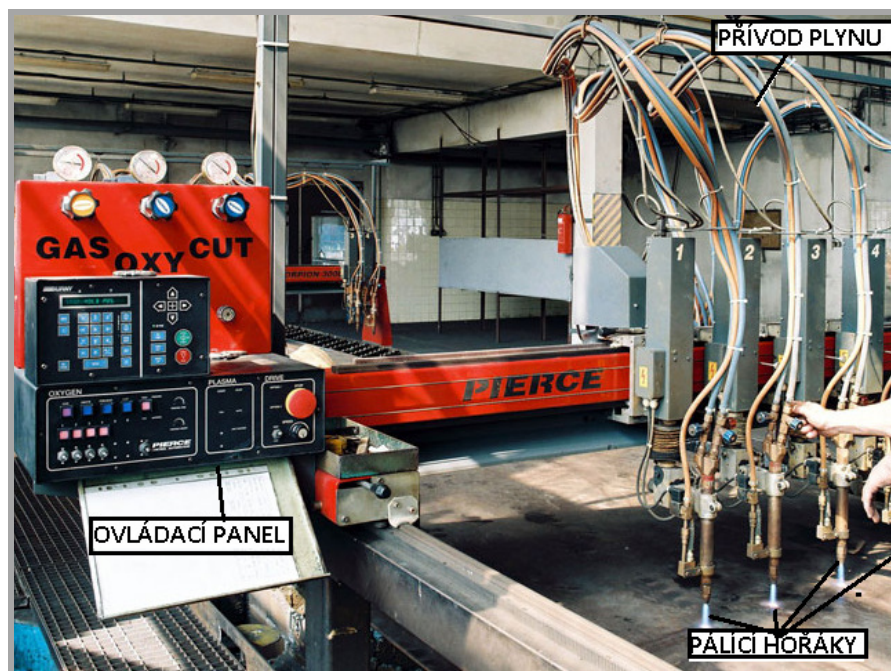


Obr. 4 Ruční pálicí hořák

V případě strojního řezání je hořák ustaven na rameni a veden pomocí vodicích lišt, jednoúčelových šablon a pohonu jiného než ručního nebo se může jednat o počítačem řízený pohyb – CNC pálicí stroje.



Obr. 5 Přenosný řezací stroj

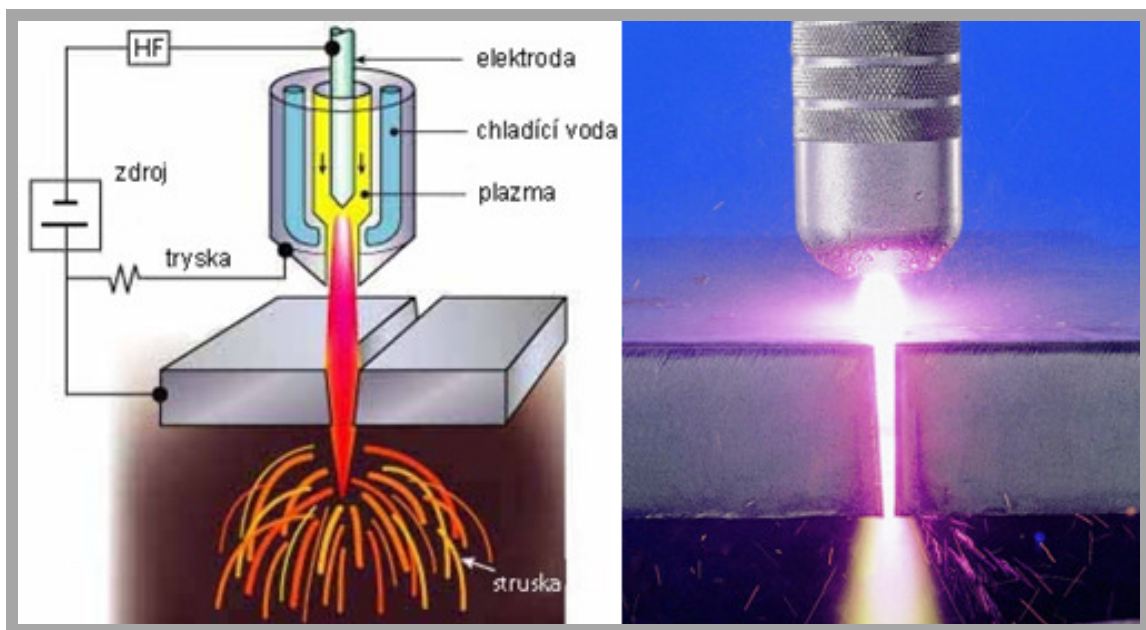


Obr. 6 CNC pálicí stroj se čtyřmi hořáky

1.3 ŘEZÁNÍ PLAZMOU

Při řezání paprskem plazmy je základní materiál postupně odtavován a odpařován paprskem plazmy, vystupujícím vysokou rychlostí z plazmového hořáku. Plazma je směs volných elektronů, pozitivně nabitých iontů neutrálních atomů. Má vysokou teplotu – 10 000 °C až 30 000 °C. [2] Tryska je chlazena kolující vodou, a při některých procesech se dokonce řezaný materiál umísťuje pod vodu. Voda chrání trysku před roztečením, brání hluku a nepříjemnému dýmu. Složení plynu, který proudí do trysky a který je následně obloukem zahříván, se liší podle použití, ale nejčastěji se používají argon, dusík, vodík, kyslík a jejich směsi. [3]

Výsledná řezná hrana je při použití této metody kvalitnější než u řezání plynem, řez je proveden rychleji, ovlivněná oblast řezu je menší. Řez je však finančně náročnější.



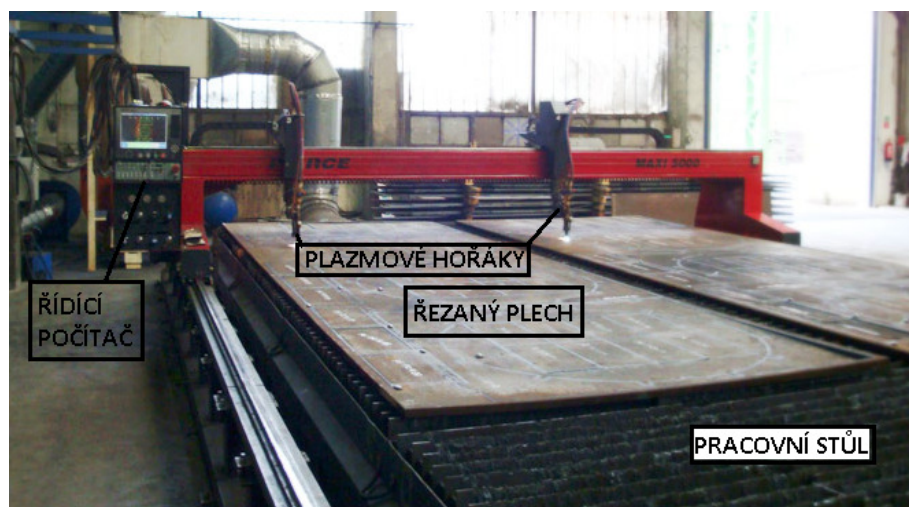
Obr. 7 Schéma a ukázka trysky pro řezání plazmou [3]

Řezací stroje můžeme rozdělit na ruční nebo CNC řezací stroje. Nespornou výhodou ručních řezacích strojů je jejich mobilita díky kompaktním rozměrům.



Obr. 8 Plazmová ruční řezačka Fronius TransCut 300

Výhodou CNC řízených řezacích plazmových strojů je možnost řezání složitých tvarů s vysokou rozměrovou přesností. Lze však řezat pouze rovinné díly.



Obr. 9 CNC řezací plazmový stroj PIERCE MAXI 5000

1.4 MECHANICKÉ ŘEZÁNÍ

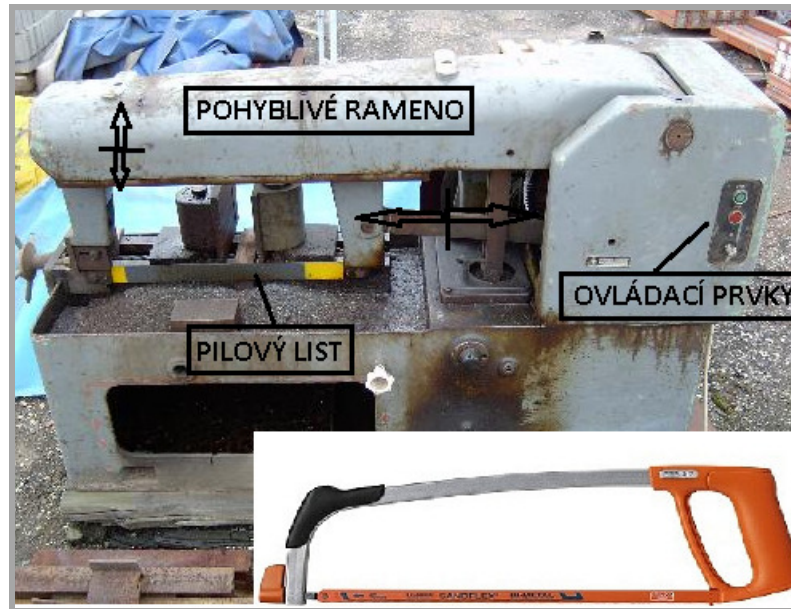
Princip mechanického dělení materiálu spočívá v oddělování třísek základního materiálu nástrojem, který je tvrdší než řezaný materiál. Pro řezání profilové oceli (např. trubek, kulatiny, pásové oceli) bývá jako nástroj používán pilový list nebo pilový kotouč. V tomto případě se jedná o dělení strojní nebo ruční:

1) Kotoučovou pilou, - princip tohoto způsobu řezání spočívá v opačné rotaci dvou pilových kotoučů. Díky tomuto je zajištěno plynulé vtahování řezaného materiálu do místa řezu. Proti ručnímu řezání pilou s jedním pilovým kotoučem se jedná o bezpečnější řezací zařízení.



Obr. 10 Ruční kotoučová pila MATRIX

2) **Rámovou pilou**, - hlavní řezný pohyb (přímočarý vratný) vykonává pilový list, který je poháněn unášečem v převodové skříní. Pohyblivé rameno zajišťuje přítlak na řezanou součást pomocí vlastní váhy.



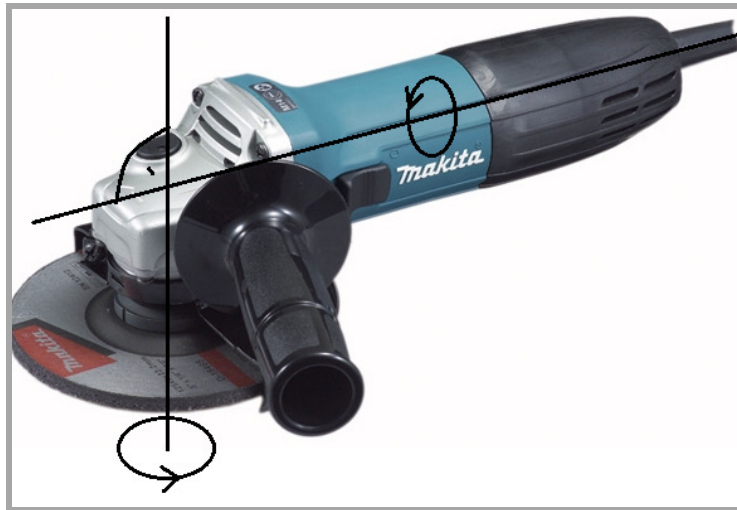
Obr. 11 Rámová pila strojní/ruční

3) **Pásovou pilou**, - řezný pohyb zajišťuje pilový pás, který je v kruhovém tvaru. Je napnut mezi pohonem a otočným bodem. V místě pracovního prostoru dochází ke kontinuálnímu dělení materiálu.



Obr. 12 Pásová pila strojní

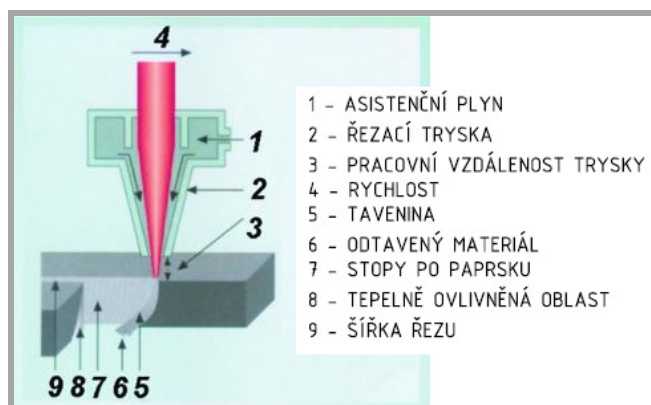
Pro dělení polotovarů se využívá ručního dělení úhlovou bruskou, kde nástrojem je řezný nebo brusný kotouč. Rozdíl mezi brusným a řezným kotoučem spočívá v jeho síle – 0,8 mm až 3 mm pro řezné kotouče a 4 mm až 7 mm pro kotouče brusné. Pojem úhlová bruska vyplývá z přenosu otáčivého pohybu. Rotorová hřídel je umístěna souběžně s osou těla brusky a přenos rotačního pohybu je zajištěn kuželovým soukolím v úhlu 90°.



Obr. 13 Úhlová bruska Makita

1.5 ŘEZÁNÍ LASEREM

Princip řezání laserem spočívá v odebrání základního materiálu pomocí úzkého paprsku monochromatického světla, soustředěného na velmi malou plochu. V místě dopadu paprsku dochází k přeměně světelného záření na tepelnou energii o hustotě energie řádově až $10^8 \text{ W}\cdot\text{mm}^{-2}$. V místě řezu je teplota okolo $10\,000 \text{ }^\circ\text{C}$, což postačuje k odtavení nebo odpaření materiálu v místě řezu. [2]



Obr. 14 Princip metody řezání laserem

Technologie řezání laserovým paprskem v dnešní době není ještě moc rozšířena kvůli vysokým nákladům na řez. Povrch řezu je však kvalitativně lepší než při řezání plynem nebo plazmou.



Obr. 15 CNC řezací laserový stroj

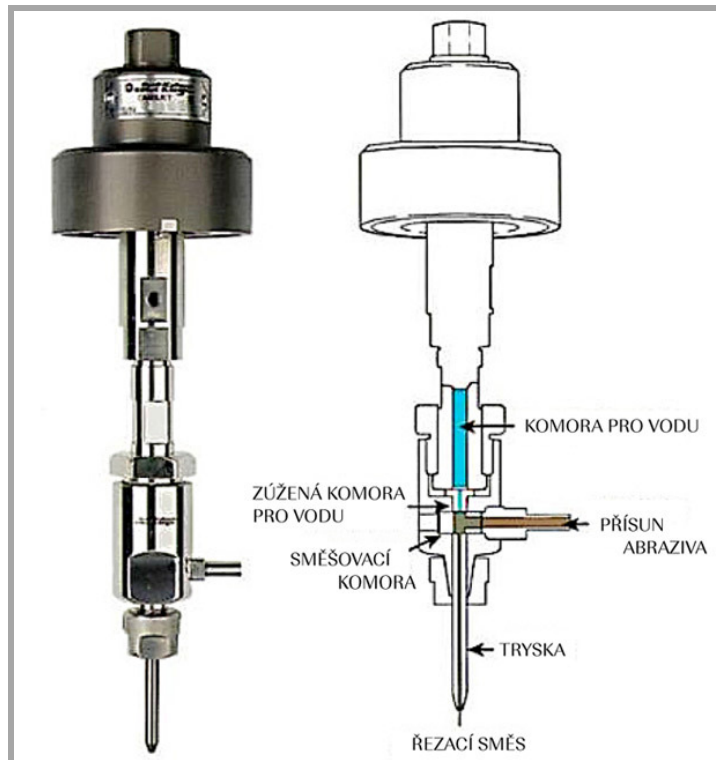
1.6 ŘEZÁNÍ VODNÍM PAPERSEM

Princip řezání vodním paprskem spočívá v odbrušování základního materiálu abrazivem, které je unášeno kapalinou. Základem řezacího stroje je vysokotlaké čerpadlo a multiplikátor. Pomocí nich generujeme tlak až 400 MPa (4 000 bar), který je přiváděn potrubím k řezací hlavě. V řezací hlavě je směšovací komora, kde proud kapaliny o vysokém tlaku a rychlosti strhává abrazivo. Takto vytvořený paprsek dopadá na řezaný materiál, kde jej zrnka abraziva s velkou kinetickou energií vybrušují.

Velkou výhodou této metody dělení materiálu je skutečnost, že oblast řezu není teplotně ovlivňována. Teplota při řezání se pohybuje okolo 40 °C. Další nespornou výhodou je možnost řezání jakýchkoliv materiálů, včetně nevodivých.

Nevýhodou je nevyhnutelný styk řezaného materiálu s vodou. V současnosti tato metoda stále není příliš rozšířena kvůli své finanční náročnosti.

Na obrázku 16 se nachází detailní pohled na řezací trysku se směšovací komorou.



Obr. 16 Řezací tryska



Obr. 17 Ukázka řezu vodním paprskem

2 VÝROBNÍ A PŘEDVÝROBNÍ OPERACE

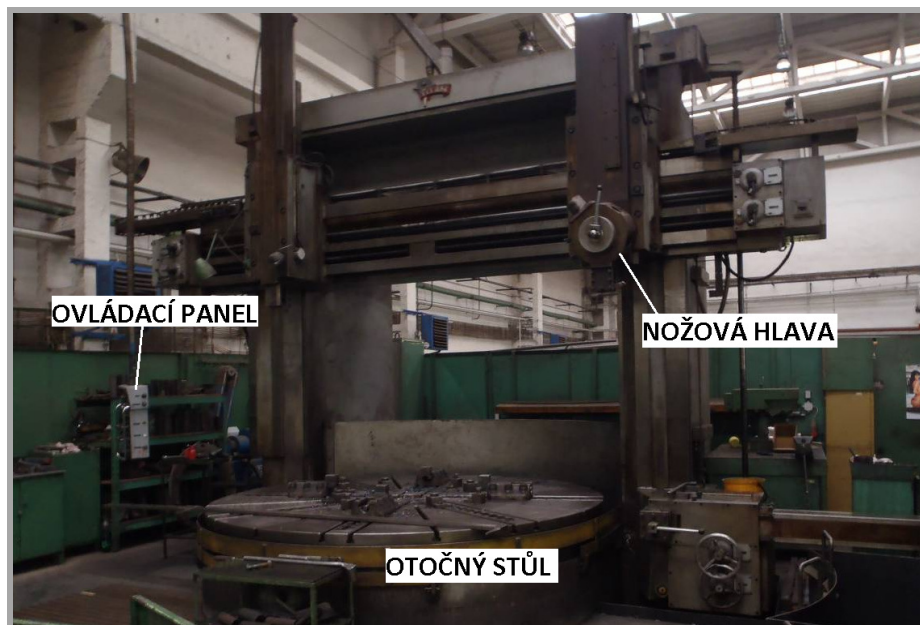
Polotovary získané výše uvedenými způsoby dělení jsou ploché výpalky, výřezy či výstřížky. Takový dílec zpravidla není finální výrobek, ale pouze polotovar. Pro konečný tvar dílce je tedy potřeba využít některou z řady výrobních operací. Nejčastěji používané operace obrábění jsou např. soustružení, frézování, vrtání, broušení. Další operace, jako jsou např. ohýbání nebo skružování, jsou zpravidla přípravné operace pro svařování.

V následujících podkapitolách jsou jednotlivé operace popsány podrobněji. Výrobních operací existuje celá řada. Ke každé výrobní operaci je nutné vypracovat výrobní výkres nebo například technologický postup. Tímto jsou jasně definovány všechny požadované rozměry.

2.1 SOUSTRUŽENÍ

Při výrobě větších výrobků se klasické soustružení nepoužívá. Je použito jen pro výrobu součástí menších rozměrů, jako jsou návarky a rotační části nádob.

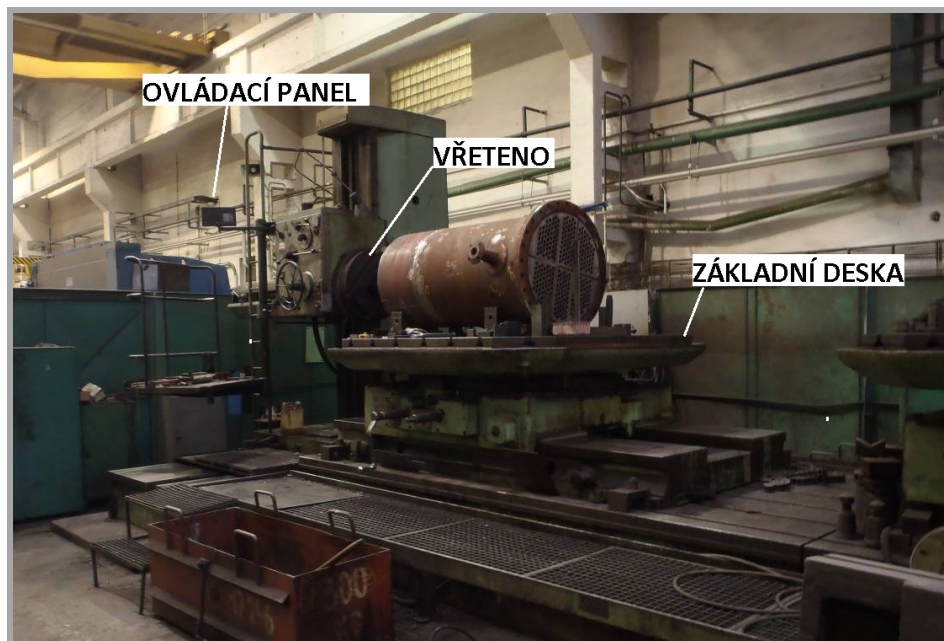
Ve velké míře se využívají karuselové soustruhy, a to díky možnosti soustružení dílců větších rozměrů. Na obrázku 18 je vyobrazen karuselový soustruh značky TITAN s možností upnutí dílce o průměru 3 000 mm a výšce 2 000 mm.



Obr. 18 Karuselový soustruh

2.2 FRÉZOVÁNÍ

Stejně jako u klasického soustružení, není klasické frézování při výrobě tlakových nádob využíváno ve velké míře. Nejpoužívanější je horizontální vyvrtávačka (viz obr. 19). Při svařování dílů tlakových nádob vzniká v místech svarů velké vnitřní pnutí, které má za následek deformace některých částí. Například při přivaření příruby k válcovému plášti dojde vlivem pnutí k deformaci příruby, což je z hlediska těsnosti nepřijatelné. Proto je nutné frézovat těsnicí plochy příruby, jak je vidět na obrázku 19. Na tuto skutečnost je nutné myslet při stanovení technologických přídatků (kapitola 6.1).



Obr. 19 Horizontální vyvrtávačka

Na obrázku 19 je horizontální vyvrtávačka, kde je možné upnout díl či výrobek do rozměru 2 000 mm x 1 500 mm, délky 5 000 mm a hmotnosti na základnu stroje až 20 000 kg.

2.3 VRTÁNÍ

Vrtání lze rozdělit do tří základních skupin dle použitého vrtacího stroje:

- 1) Ruční vrtačky
- 2) Strojní vrtačky
- 3) Vrtačky řízené počítačem.

První skupina není ve strojní výrobě téměř používána. Uplatnění má zejména na montážních pracích. Zbylé dvě skupiny jsou rozšířeny dle možností výrobního podniku. Vrtáním se zhotovují díry kruhového tvaru. Nástrojem je vrták, který koná hlavní řezný pohyb (rotační).



Obr. 20 Vrtačka ZAS VO-61

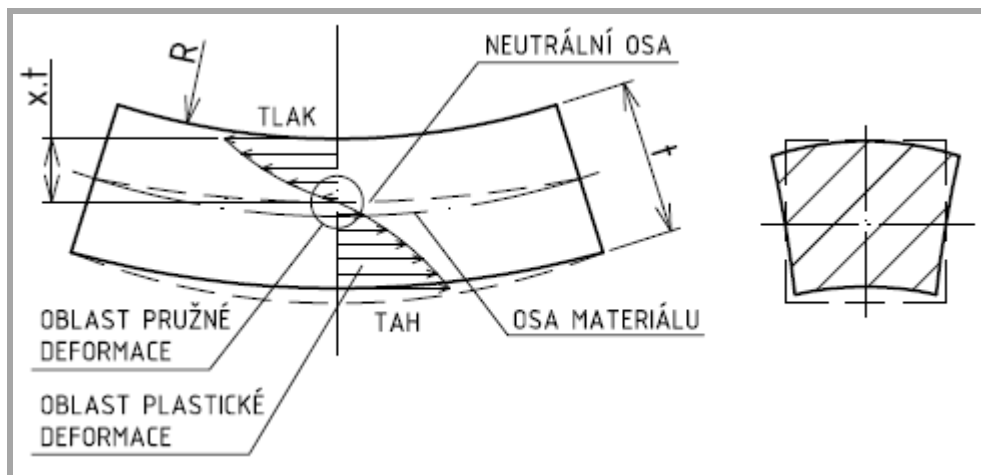
2.4 OHÝBÁNÍ

Ohýbání je operace prováděná převážně zastudena. Při ohybu dochází k elasticko-plastické deformaci ohýbaného materiálu. Na velikost deformace má vliv jakost materiálu, tloušťka v místě ohybu a směr vláken v materiálu. [1]

Orientace vláken v materiálu, vzniklých při výrobě, je rozhodující pro životnost a únosnost ohýbané součásti. Osa ohybu by měla být kolmá na směr vláken materiálu nebo minimálně pod úhlem 30° . [4]

Charakteristickým znakem při ohýbání je změna tvaru plochy ohybu. Při ohýbání polotovarů užších se příčný průřez mění daleko víc než u širokých. Při ohybu širokých polotovarů dochází k zeslabení tloušťky, ale příčný průřez se téměř nemění.

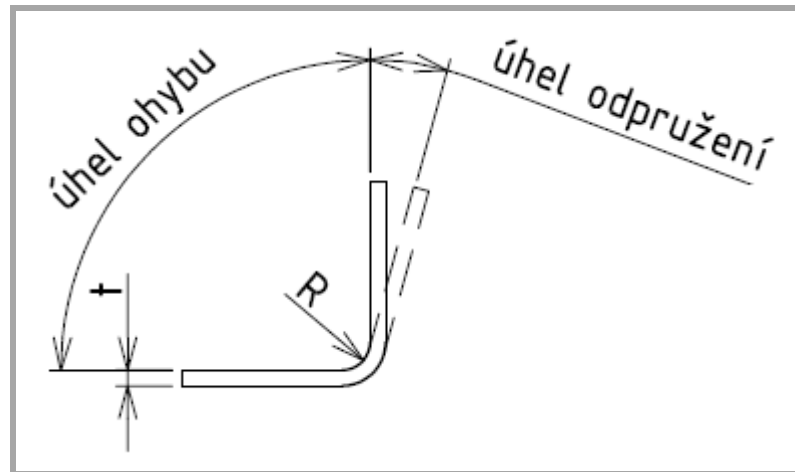
Při ohybu působí v příčném průřezu ohybové a tlakové napětí. V místě neutrální osy se nachází beznapěťový stav, což je přechod tahového a tlakového napětí. Tato osa je důležitá pro výpočet výchozí délky polotovaru, a to pomocí koeficientu ohybu (x).



Obr. 21 Průběh napětí a posunutí neutrální osy

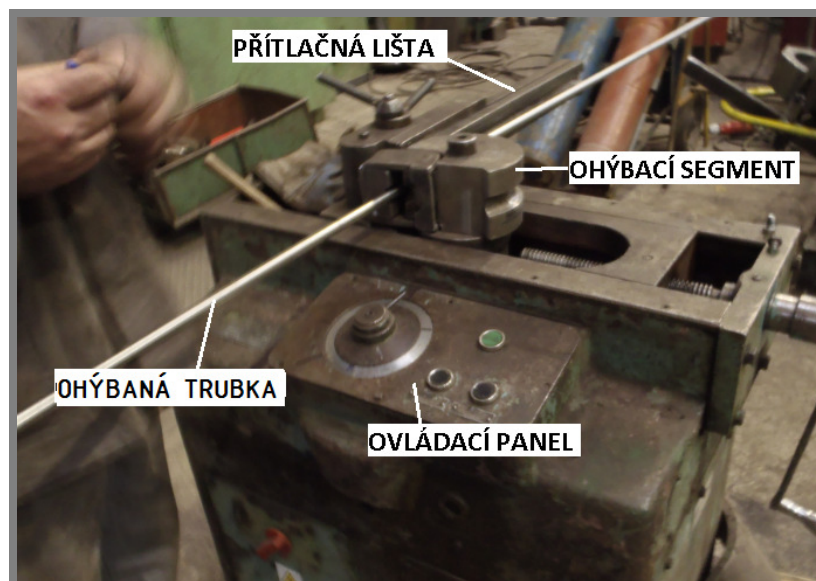
Koeficient ohybu x má zásadní vliv na výpočet délky polotovaru při větší tloušťce základního materiálu. V praxi je nejčastěji používán koeficient $x = 0,44$.

Dalším specifikem technologie ohýbání je odpružení ohnuté části. Jak je patrné z následujícího obrázku, při ohýbání musíme vynaložit sílu na překonání pružné a následně plastické deformace. Po odlehčení zatěžující síly plastické deformace zůstanou a pružné deformace se vrátí. Proto součást musíme ohnout o požadovaný úhel a úhel odpružení.



Obr. 22 Úhel odpružení

Při ohýbání trubek musí být použit ohýbací segment. Jedná se o dílec, který má po obvodě vysoustruženou drážku dle rozměru ohýbané trubky. Trubka je vložena do této drážky a přitlačena lištou. Díky tomuto nedojde při ohybu dutého profilu k jeho zploštění.



Obr. 23 Ohýbačka trubek a profilů

2.5 SKRUŽOVÁNÍ

Skružováním se připravují polotovary kruhových tvarů. Mohou to být například části tlakových nádob, a to ať kruhové, nebo kuželové. Jedná se o průběžný ohyb pomocí rotujících válců, kde spodní válece slouží jako podpěra a horní válec se postupně přitlačuje a vytváří skruž.

Na obrázku 24 je vyobrazena skružovačka se třemi válci a v pozadí se nachází skružovačka profilů.



Obr. 24 Skružovací válce, skružovačka profilů

Pro skružování může být použita skružovačka se třemi nebo čtyřmi válci. Čtyřválcovou skružovačkou lze plát plechu skružit bez přídavku. Čtvrtým válcem se konec plechu přitlačí dle potřeby do požadovaného tvaru. V případě tříválcové skružovačky zůstávají technologické přídavky na stranách podle osové vzdálenosti válců.

Na obrázku 25 až 27 je uveden postup skružování válcového pláště z korozivzdorné oceli. Výsledný průměr po svaření a kalibraci bude $\varnothing 700$ mm a síla stěny 5 mm.



Obr. 25 Skružování válcového pláště – nakružení konců

Skružování je ve většině případů přípravná operace pro svařování. Při skružování válcových a kuželových plášťů je nejdříve tabule plechu skružena na požadovaný průměr a je nachystána na svaření podélného svaru. Při svařování vzniká velké vnitřní napětí a díky tomu dochází v místě svaru k deformaci kruhového tvaru. Proto je plášť ustaven ještě jednou do válců, na tzv. kalibraci prokružováním.



Obr. 26 Skružování válcového pláště

Při uzavírání kruhového tvaru zůstávají neskržené konce plechu ve vzdálenosti cca 40 mm. Tyto konce budou skruženy až po zavaření podélného svaru. Toto lze provádět maximálně do tloušťky 16 mm.



Obr. 27 Skružování válcového pláště - vykulacení

2.6 SVAŘOVÁNÍ

Svařování je pro plechové díly jedna z předních výrobních operací. Jedná se o vytvoření nerozebíratelného spoje za působení vysoké teploty. Ve výrobě tlakových nádob můžeme svařování rozdělit do čtyř skupin dle metod svařování.

- 1) **Metoda 111** – jedná se o ruční svařování obalovanou elektrodou. Průměr elektrody je volen dle tloušťky svařovaného materiálu (1,6 mm – 8 mm). Doporučený svařovací proud je uveden výrobcem na obalu elektrod. Vhodná velikost proudu má zásadní vliv na jakost provedeného svaru. [1]

Volba vhodného obalu a jádra elektrody závisí na svařovaném materiálu. Při hoření oblouku vzniká na tavenině struska, která chrání svarovou lázeň před působením atmosféry a zajišťuje pozvolnější vychladnutí svarové housenky. Po ochlazení bývá mechanicky odstraňována.



Obr. 28 Ukázka svařování metodou 111 [6]

Na obrázku 29 je ukázka specifikace obalované elektrody OK 48.00. Jedná se o katalogové vlastnosti. Uvádí se oblast použití, chemické složení, mechanické vlastnosti a doporučené hodnoty pro nastavení svařovacího stroje.

OK 48.00

OK 48.00 je bazická elektroda všeobecného použití s nízkonahyňavým obalem pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Svarový kov je houževnatý a odolný proti praskavosti. Je použitelná pro všechny polohy svařování a dovoluje vysokou rychlost při svařování ve svislé poloze zdola nahoru.

Svařovací proud, A
DC+/(C)

Features


Specifications

Klasifikace	Schválení	Typické chemické složení čistého svarového kovu	Typické mechanické vlastnosti čistého svarového kovu	Průměr, mm	1,6	2,0	2,5
SFA/AWS A5.1	ABS	C 0,06	Mez kluzu, MPa 445	Délka, mm	300	300	350
E7018	DB	Si 0,5	Pevnost, MPa 540	Napětí na oblouku, V	24	22	23
EN ISO 2560-A	DNV	Mn 1,2	Tažnost, A4 % 29	Svařovací proud, A	30-55	50-80	80-111
E 42 4 B 42 H5	GL	P 0,02	Tažnost, A5 % 29	Množství svar. kovu kg/kg elektrod	0,59	0,63	0,65
	LR	S 0,015	Zkouška vrubové houževnatosti, V-vrub	Počet elektrod/kg svarového kovu	192	119	62,5
	VdTUV		Zkušební teplota, °C	Výkon naváření kg svar. kovu/hod hoření oblouku	0,38	0,6	1,0
	CE		Nárazová práce, J	T - doba hoření elektrody, s		50	56
	BV						
	PRS						
	RS						

Teplota přesušení, °C
350

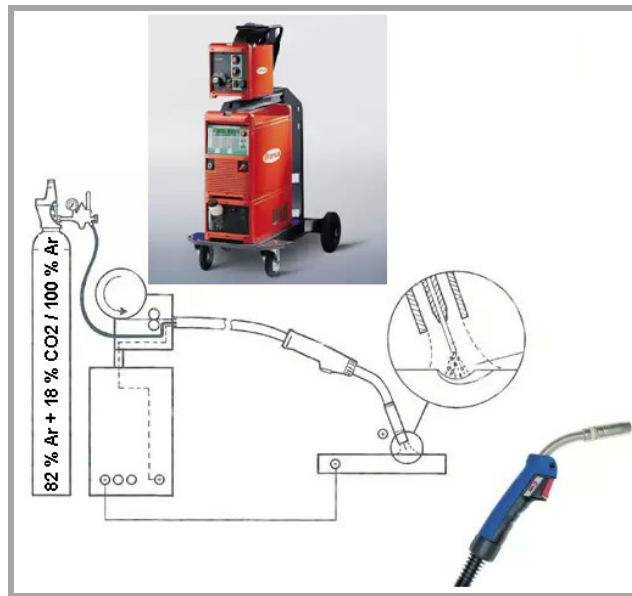
Doba přesušení, h
2

Výtěžnost
125%



Obr. 29 Technická data elektrody ESAB - OK 48.00 [6]

- 2) **Metoda 135** – jedná se o poloautomatické svařování v ochranné atmosféře – MIG / MAG. Rozdíl je v použití různého plynu pro vytvoření ochranné atmosféry. V praxi je nejčastěji používána směs pro svařování uhlíkové oceli - 82% Ar + 18% CO₂, zvaná „corgon“. Přídavný drát se pohybuje od průměru 0,6 mm do 1,6 mm. Metodu svařování MIG a MAG je možné plně automatizovat použitím robotů.



Obr. 30 Schéma svařování MIG / MAG

- 3) **Metoda 141** – jedná se o svařování netavící se wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře (TIG). Jako plyn v ochranné atmosféře je nejčastěji používán argon, výjimečně helium nebo různé směsi plynů. V praxi je tato metoda nejčastěji používána pro svařování nerezových materiálů.

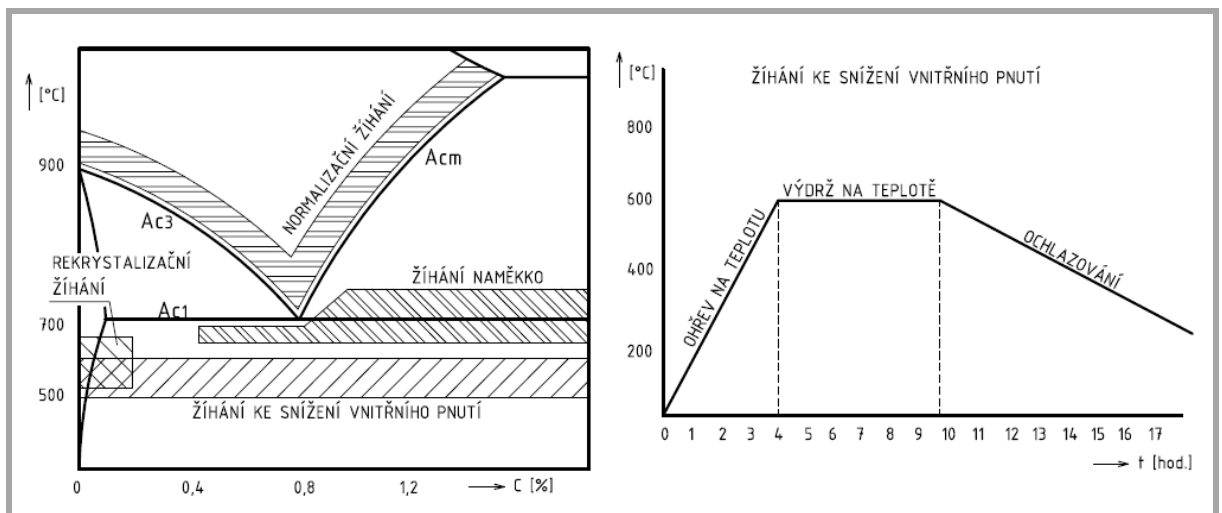


Obr. 31 Ukázka svařování metodou 141

- 4) **Metoda 121** – jedná se o automatické svařování pod tavidlem. Přídavný materiál v podobě drátu, je automaticky přiváděn do svarové mezery, zasypané vrstvou tavidla. Tavicí se lázeň je chráněna před oxidací okolní atmosférou. [1] Při svařování pod tavidlem dosahujeme větších závarů, metoda je vhodná od tloušťky 3 mm základního svařovaného materiálu. Dosahuje mnohonásobně vyšší produktivity než předešlé metody, zejména při svařování silnějších materiálů.

2.7 ŽÍHÁNÍ

U všech uvedených metod svařování je vysoce tepelně ovlivněna oblast svaru. Při svařování materiálů o větší tloušťce nebo při vysoké koncentraci svarových spojů na jednom místě vzniká velké vnitřní napětí, proto bývá nutné součást po svaření žíhat. Nejčastěji se používá žíhání ke snížení vnitřního pnutí. Jedná se o žíhání bez rekrystalizace. Jde o ohřev materiálu na teplotu okolo 600 °C, výdrž na této teplotě 1 – 10 hod. dle síly materiálu a ochlazování. Ochlazování probíhá nejdříve v peci pozvolna na cca 300 °C a následně proběhne dochlazení na vzduchu.



Obr. 32 Žíhání ke snížení vnitřního pnutí

3 CÍL PRÁCE

Z velké řady výrobních a předvýrobních operací byly představeny ty, které jsou v praxi nejrozšířenější, při výrobě součásti z plechu. Samotná výroba takové součásti je specifická v tom, že existuje několik možností výroby. Volba technologického postupu závisí na možnostech výrobního podniku a finanční náročnosti výroby. Musí být zvolen správný kompromis mezi cenou a kvalitou s ohledem na funkci zařízení.

Tlakové nádoby jsou zařízení určená pro skladování kapalných nebo plyných látek nebo pro výměnu tepla mezi dvěma různými médii apod. Jedná se o výrobek, který má plášť vyrobený z plechu. Uzavření pláště je řešeno s ohledem na funkci zařízení. Plechové díly jsou v takové výrobě spojovány výhradně svařováním. Metody svařování jsou vysvětleny v kapitole 2.6.

Na každém výrobku se nacházejí funkční plochy a rozměry, které mají větší přesnost a musí být dodrženy kvůli správné funkci a možnosti montáže navrhovaného zařízení. Pro splnění těchto požadavků je nutné uvažovat s technologickými přídávky a do technologického procesu zařazovat například obrábění. Tyto technologie výroby jsou uvedeny na praktických případech se všemi zvyklostmi výroby tlakových zařízení.

V praktické části je popsána výroba reboileru od návrhu a konstrukčního řešení, po konečnou finalizaci výrobku.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 NÁVRH TLAKOVÉ NÁDOBY

Výroba tlakových nádob je velice specifickým odvětvím. V běžném životě se s nimi setkáváme denně. Jedná se například o hasicí přístroje a všechny skladovací nádoby plynů. Při hlubším zkoumání je možné zjistit, že takové nádoby se v hojné míře vyskytují v potravinářském, chemickém i petrochemickém průmyslu. Při nesprávné výrobě nebo montáži, hrozí veliké nebezpečí, které může mít fatální následky na zdraví obslužného personálu, v lepším případě pouze na majetku. Proto, musí výroba striktně dodržovat všechny normy a legislativní požadavky.

Při návrhu tlakové nádoby musí zákazník předložit všechny požadavky na toto procesní zařízení. Provozní medium z velké části určuje jakost materiálu. Pro agresivní látky bývá použit nerezový materiál, v případě vysoce agresivních materiálů je možné použít nekonvenčních materiálů, například titan. Pro neagresivní látky (například voda), bývá použito obvyklých uhlíkových ocelí pro tlakové nádoby. Dalším určujícím prvkem konstrukce nádoby jsou procesní podmínky (provozní přetlak, provozní teplota a požadované výstupy). Pod požadovanými výstupy se rozumí například účinnost chladičoho výměníku. Po zvážení všech těchto aspektů vzniká návrh tlakové nádoby, procesního zařízení.

Po projekčním návrhu musí být proveden pevnostní výpočet. Celý výpočtový algoritmus a požadavky na výpočet, jsou dány normou ČSN 690010-4 nebo EN 13445. Je možné pro početní řešení využít software, ale existují pouze dva, (PVESS a Saint´Ambrogio) které splňují jak výpočtové požadavky, tak požadavky legislativní. Při návrhu nádoby pomocí metody konečných prvků lze vycházet pouze pro konstrukční představu, pro konečné provedení musí být metoda konečných prvků ověřena výpočtem dle 97/23/EC (PED), ČSN 690010, EN 13445.

V příloze P I je vyobrazen výpočet válcového pláště reboileru, provedený ve výpočtovém programu PVESS .

Výstupem pevnostního výpočtu jsou určené dimenze všech součástí tlakového zařízení, které jsou vstupními podmínkami pro následnou konstrukci.

Na obrázku 33 byla do programu vložena vstupní data, která musí být známá od zákazníka. Výpočtové koeficienty jsou výpočtovým programem vyplňovány automaticky nebo je možné tyto data zjistit z normy ČSN 690010. V příloze P1 jsou vypočítány hodnoty pro válcový plášť. Data je nutné vyhodnotit, je-li provedená tloušťka plechu vyhovující. V tomto případě je provedená síla stěny 8 mm a minimální výpočtová je přitom 2,669 mm + 3 mm technologický přídavek. Provedení pláště je tedy vyhovující.

Další zjištěné údaje jsou důležité při konstrukci reboileru a musí být dodrženy. Minimální vzdálenost neovlivňujících se otvorů je limitní hodnota pro určování osové vzdálenosti hrdel. Při konstrukci zařízení je nutné tyto rozměry porovnat s požadavky zákazníka.

Při nutnosti umístit hrdla blíže, než je dovoleno výpočtem, je nezbytné hrdlo vyztužit límcem. Při výrobě límce se jedná o výrobu mezikružní nejčastěji o tloušťce stejné, jako je základní plech pláště.

5 TECHNICKÁ DOKUMENTACE

5.1 Výkresová dokumentace

Technická výkresová dokumentace pro tlakové nádoby obsahuje určitá specifika, která jsou charakteristická pro toto odvětví (viz kapitola 5.2). Na začátku tvorby výkresové dokumentace musí být známý typ tlakové nádoby nebo zařízení. V našem případě se bude jednat o výměník reboilerového typu (dále jen reboiler).



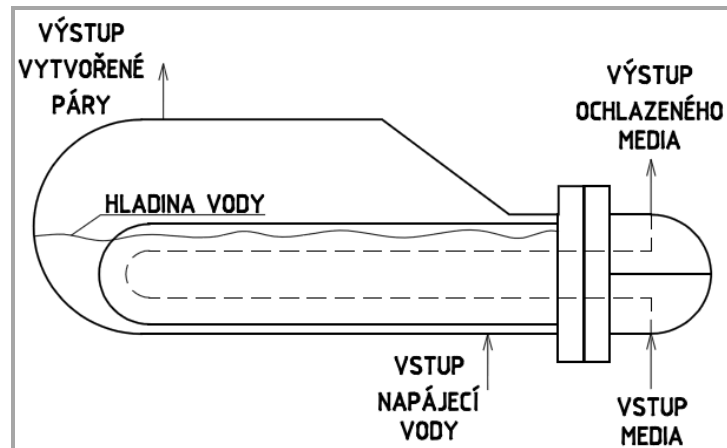
Obr. 33 Reboiler

Je to procesní zařízení, které při svém pracovním cyklu tvoří páru. Jedná se o případ, kdy vstupní medium příliš horké (pro představu cca 200 °C) a je nezbytné dosáhnout nižší výstupní teploty (cca 150 °C). Vstupní napájecí voda je teploty nižší než obě teploty chlazeného média a po teplotní výměně se přemění na páru, která je odváděna tlakovým potrubím do soustavy závodního rozvodu. Výška hladiny napájecí vody v reboileru může být regulována automaticky podle stavu hladiny a teploty výstupního media pomocí přívodního ventilu s automatickým pohonem. Zařízení, které vyrábí páru je ve své podstatě parní kotel, který musí být bezpodmínečně opatřen pojistným ventilem. Ten je nastaven na hodnotu maximálního dovoleného přetlaku.

Na obrázku 34 je znázorněno pracovní schéma reboileru. Skládá se ze tří hlavních částí, a to plášť, trubkový svazek neboli „U“ vlásenka a komora (Obr. 35). Podle množství přepá-

žek

v komoře je zřejmé o kolika-chodý výměník se jedná. Pod pojmem chod se rozumí, kolikrát vstupující tekutina projde přes ochlazovací medium. V našem případě se jedná o dvouchodý výměník a ochlazovací medium je voda.



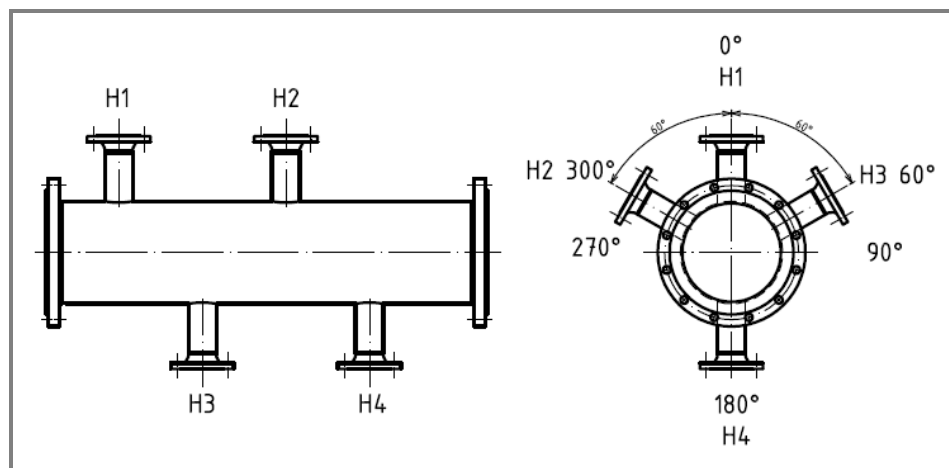
Obr. 34 Pracovní schéma reboileru



Obr. 35 „U“ vlásenka

5.2 Specifika výkresové dokumentace

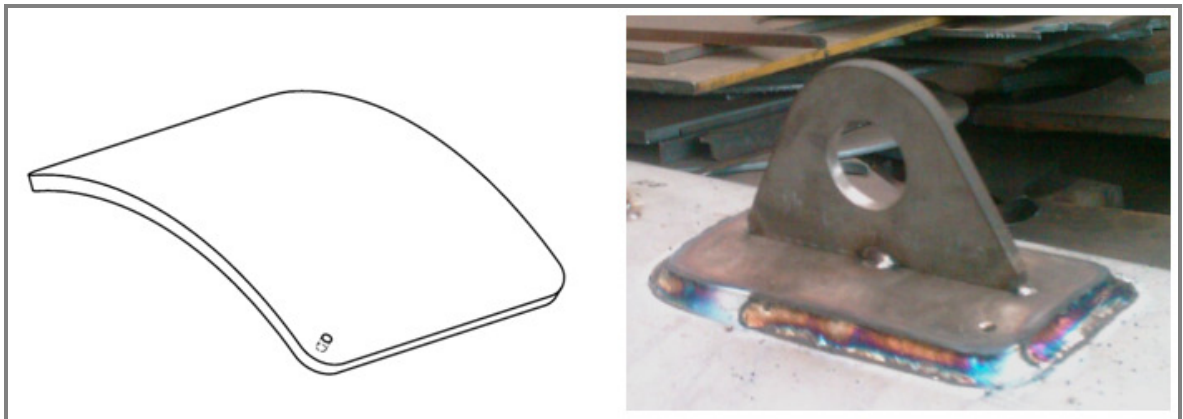
Výkresová dokumentace různých odvětví má svá určitá specifika. U tlakových a netlakových nádob se zejména jedná o zobrazení na výkrese. Jak je vidět na obrázku 36, nárys výměníku je zakreslen se všemi hrdly na horní nebo dolní straně aparátu. Ve skutečnosti jsou tato hrdla otočena jinak. Je to z důvodu jednoduchého zobrazení a zjednodušení výkresu. Tzn. nárys pohled není určující pro polohu hrdel; polohu hrdel určuje pravý bokorys. Na čelním pohledu jsou označeny hlavní osy a osy hrdel, které leží mimo hlavní osy. Další odlišností od klasického zobrazení je, že se nezapisují se úhly hlavních os dle kartézského souřadnicového systému. Pro úhlové označení polohy hrdel a označení hlavních os se používá - shora 0° a číslování po směru hodinových ručiček.



Obr. 36 Orientace hrdel nádoby

Další zvláštností a zvykem je skutečnost, že není možné, aby byl nosný nebo závěsný prvek (závěsné oko, podstavec) navařen přímo na plášť tlakové nebo netlakové nádoby. Všechny tyto součásti musí být přivařeny přes podložný plech (viz obr. 37). Podložný plech zajišťuje rovnoměrné rozložení působících sil na skořepinu pláště. Jedná se většinou o obdélníkový plech ve stejné tloušťce, jako je tloušťka základního pláště, a ve stejné materiálové jakosti. Při svařování vznikne díky deformacím a teplotním rozdílům v místě mezi pláštěm a podložným plechem vysoký vnitřní přetlak.

Tomuto musí být zamezeno a to nejčastěji vyvrtáním otvoru \varnothing 6 mm do rohu podložného plechu. Další možnost odpouštění tlaku je vynechat cca 10 mm obvodového svaru, ale tato možnost není většinou využívána.



Obr. 37 Podložný plech

Na výkrese sestavení celého zařízení je nad razítkem vždy uvedena tabulka hrdel a tabulka nebezpečnosti. V tabulce hrdel jsou uvedeny všechna hrdla na celém zařízení, jejich dimenze, název nebo určení, norma připojovacího prvku jako jsou příruby, návarky apod. a do poznámky je vhodné psát připojovací rozměr a dimenze trubky hrdla.

V tabulce nebezpečnosti musejí být uvedena všechna media, které se mohou v zařízení vyskytovat, a musí být vyplněna jejich charakteristika např. dle chemických tabulek.

Tabulka 4 Požadavky razítka výkresu tlakové nádoby

TABULKA HRDEL						
H1	50	16	1	Určení / funkce hrdla	EN 1092-1/B1/11	TR \varnothing 60,3x3,6/ \varnothing 125,4x \varnothing 18
OZNAČENÍ	DN	PN	KS	NÁZEV	NORMA	D _i / D _s ; počet x d
	Označení hrdla na výkrese.	Jmenovitá světlost hrdla.	Jmenovitý tlak. Dimenzuje se o řád vyšší, než provozní.			Dimenze trubky hrdla a připojovací rozměr příruby.
					Prováděcí norma. V tomto případě se jedná o krkovou přírubu s hrubou těsnící lištou.	

TABULKA NEBEZPEČNOSTI				
	JEDOVATÉ	ZÁPALNÉ	VÝBUŠNÉ	ŽÍRAVÉ
PROVOZNÍ MEDIUM	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE

Dalším úsekem razítka výkresu sestavení jsou technické údaje. Tabulka se vyplňuje pro každý prostor. Například u reboileru je prostor pláště, prostor trubek a prostor otápeční komory. Údaje na výkresu jsou důležité jak pro výrobu, tak pro následné kontroly, revize nebo opravy.



Tabulka 5 Technické údaje výkresu tlakové nádoby

TECHNICKÉ ÚDAJE		Rozděleno dle prostoru, např. plášť / trubky
PROVOZNÍ ÚDAJE	PRACOVNÍ PŘETLAK MEDIA (bary)	Tlak kterého medium dosahuje při běžném provozu.
	PRACOVNÍ TEPLOTA MEDIA (°C)	Teplota kterou medium dosahuje při běžném provozu.
	PRACOVNÍ LÁTKA SKUPINA	Např. voda, dále skupina se určí pro nebezpečné nebo škodlivé látky - skupina 1 a pro vodu skupina 2.
	NEJVYŠŠÍ DOVOLENÝ PŘETLAK (bary)	Maximální tlak, při kterém je zařízení bezpečné.
	ZKUŠEBNÍ PŘETLAK (bary)	Zkušební tlak pro tlakovou zkoušku.
	VÝPOČTOVÝ PŘETLAK (bary)	Tlak s kterým bylo uvažováno při pevnostním výpočtu.
	NEJVYŠŠÍ DOVOLENÁ TEPLOTA (°C)	Maximální teplota, při které je zařízení bezpečné.
	VÝPOČTOVÁ TEPLOTA (°C)	Teplota s kterou bylo uvažováno při pevnostním výpočtu.
	TEPLOSMĚNNÁ PLOCHA (m ²)	Uvádí se u trubkových výměníků.
	OBJEM PROSTORU (litry)	
	POČET PRACOVNÍCH CYKLŮ	
	KOROZNÍ / TECHNOLOGICKÝ PŘÍDAVEK (mm)	
ČÍSLO PEVNOSTNÍHO VÝPOČTU		
VÝROBA - PŘEJÍMKA	PROVÁDĚCÍ PŘEDPISY	např. ČSN 69 0010, NV26/2003Sb.
	KATEGORIE NÁDOBY DLE ČSN 690010-2.1	Musí být provedena kategorizace nádoby / prostoru dle uvedených norem a předpisů.
	KATEGORIE NÁDOBY DLE N.V.26-2003 Sb / MODUL	
	OSVĚDČENÍ O SHODĚ ČÍSLO	Prohlášení shody výrobku výrobcem.
	PLÁN INSPEKČÍ A KONTROL	Je-li vypracován.
	KOEFICIENT SVARU	Dle použitých postupů a materiálů. (hodnota 0 až 1)
	POSTUPY SVAŘOVÁNÍ	ČSN EN 15614
	SVÁŘEČI - PŘEDPIS / Č.V.ROZMÍSTĚNÍ ZNAČEK	ČSN EN 287.1
	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ - ROZSAH/PŘEDPIS	
ZKOUŠKY	DT - MECHANICKÉ, METALOGRAFICKÉ ZKOUŠKY	
	NDT - ROZSAH DLE NORMY	
	NDT - PROVÁDĚCÍ NORMY	

V tabulce ostatních údajů jsou vyplněny údaje o zakázce, materiálovém provedení a hmotnosti (důležité pro přepravu, montáž) a tepelné izolaci.

Následuje razítko, kde je uvedeno měřítko výkresu, tolerance hran, rozměrové tolerance pro svařence včetně třídy přesnosti, promítání, autorská práva, kdo výkres kreslil, kdo kontroloval a kdo schválil, název výkresu, číslo výkresu, formát listu, poznámka, případně revize. V razítku musí být uvedeno číslo kusovníku.

Tabulka 6 Ostatní údaje a razítko výkresu tlakové nádoby

OSTATNÍ ÚDAJE											
MATERIÁLOVÉ PROVEDENÍ	TRUBKY HRDEL	Jakost materiálu.									
	TRUBKY SVAZKU			ŠROUBY / MATICE	ISO 4017/4032 / 8.8						
	PŘEPÁŽKY				ČSN 13 1520 / 12 050.6						
	TRUBKOVNICE				ČSN 13 1530 / 12 040.6						
	PLÁŠŤ, DNO										
ZAKÁZKOVÉ ÚDAJE	OZNAČENÍ NÁDOBY			MONTÁŽ	HMOTNOST CELÉ NÁDRŽE		kg				
	PROJEKČNÍ VÝKRES				HMOTNOST PŘI TLAKOVÉ ZKOUŠCE		kg				
	VÝROBNÍ ČÍSLO				PROVOZNÍ HMOTNOST						
	ROK VÝROBY				IZOLACE TEPELNÁ	ROZSAH	100 %				
	ZAKÁZKA ČÍSLO					TLOUŠŤKA	100 mm				
	ZÁKAZNÍK / MÍSTO URČENÍ										
Poznámka:					Měřítko:	Hrany:	Přesnost:	např. EN 13920-C			
					1 : 1	±0,3	Promítání:				
					Zadavatel:					CHRÁNĚNO DLE ISO 16016	
					Datum					Jméno	Podpis
					Kreslil				Hurtík		
					Kontroloval						
					Schválil						
					Č. sestavy						
					Kusovník						
Stav	Začíná	Datum	Jméno		Akce: Pojmenování projektu						
					Název:						
					REBOILER						
					Číslo výkresu:					1/1	
					DP/2012-01					A0	

Na výkrese sestavení jsou jednotlivé díly opatřeny pozicí, která navazuje na určitý řádek v kusovníku. V tabulce 7 je uvedena pozice 1. Jedná se o válcový plášť o vnějším průměru 500 mm, délce 1000 mm a síle stěny 8 mm. Na dalším řádku je uveden polotovár, který je nutný pro výrobu bez technologických a výrobních přídatků. V tomto případě se jedná o plechový přístřih. EN 10028-7 je rozměrová norma pro ploché výrobky z oceli pro tlakové účely, -7 znamená, že se jedná o korozivzdornou ocel, to je i patrné z materiálové jakosti 1.4541. Kilogramová váha je uvedena čistá, bez přídatků. Kolonka atest je důležitá pro objednání a doložení materiálu. EN 10204 je norma určující druhy dokumentů kontroly. Všechny součásti zatížení vnitřním nebo vnějším přetlakem jsou požadovány s atestem

materiálu se všemi náležitostmi (více v kapitole 7). Podstavce, závěsné oka apod. jsou předepisovány pro kontrolu 2.2 nebo 2.1. Jedná se o prohlášení shody nebo o zkušební zprávu a takto předepsané materiály se nemusí dokládat v konečné dokumentaci. V poznámce může být uvedeno např. číslo výrobního výkresu, pokud je nutný.

Tabulka 7 Ukázka popisu pozic v soupisu komponentů (kusovníku)

1	PLÁŠŤ Ø500x8-1000 P8x1000x1542 čistý rozměr	1	EN 10028-7	1.4541	97	3.1 EN 10204	
POZ.	NÁZEV - NORMA ROZMĚR	KS.	MATERIÁLOVÁ NORMA	MATERIÁL	HMOT kg.	ATEST	POZNÁMKA VÝKRES

Ukázka celé výkresové dokumentace reboileru je k dispozici v přílohách P II až P X.

5.3 Průvodní technická dokumentace

Žádné tlakové zařízení nemůže být uvedeno do provozu bez kontroly pověřenou osobou (dle legislativy ČR) a bez průvodní technické dokumentace. Její obsah se liší dle náročnosti a kategorie nádoby (viz kapitola 7). V průvodní technické dokumentaci musí být jasně a nezeměnitelně uvedeno, o jaké zařízení se jedná, jeho technologické označení a zařazení v technologickém celku.

Obsah průvodní technické dokumentace (dále jen PTD)

Prohlášení shody výrobce. Jedná se o dokument, kde výrobce prohlašuje shodu konstrukce výrobku s objednávkou a správnosti provedení. Tento dokument zaručuje kvalitu výrobku a shodu se všemi legislativními požadavky.

Dokumentace autorizované osoby (dále jen AO). V PTD jsou zařazeny dokumenty, které vypracuje kontrolní orgán – AO. Více v kapitole č. 7.

Listy pasportu. K PTD jsou přiřazeny listy pasportu, kde se zapisují následné kontroly a zkoušky zařízení v celém životním cyklu zařízení. Pod pojmem pasport se rozumí stejný doklad tlakové nádoby jako zdravotní karta u člověka.

Návod na obsluhu. V návodu na obsluhu musí být popsán bezpečný postup manipulace s tlakovým zařízením. V případě nedodržení těchto pokynů může dojít k zničení nádoby nebo dokonce ke zranění obslužného personálu. Chybná manipulaci s takovým zařízením,

kteřá je v rozporu s návodem na obsluhu, znamená ztrátu záruky na výrobek garantované výrobcem.

Výkresová dokumentace. Do PTD je zařazen sestavný výkres celku, který obsahuje všechny informace o zařízení a udává jasnou představu pro montáž tlakové nádoby do technologického celku. Další podsestavy a výrobní výkresy v dokumentaci zařazeny nejsou.

Kontrolní dokumentace. V kontrolní dokumentaci je umístěn protokol rozměrové kontroly. V případě svařovaných výrobků z plechu musí tento protokol splňovat požadavky kontroly pro svařované konstrukce, které předepisuje norma ČSN EN 13920. Tato norma předepisuje mezní úchyly úhlových a délkových rozměrů. Skupiny přesnosti jsou rozděleny do čtyř kategorií. Kategorie pro výrobní přesnost musí být uvedena na výkrese svařence.

Dokumentace svařování. V této části PTD musí být uvedena svařovací mapa, svařovací plán, schválené svařovací postupy WPQR, postupy provedení svarových spojů WPS, certifikáty svařovacího personálu a výkres rozmístění svářečů. Všechny požadavky na tyto dokumenty jsou uvedeny v kapitole č. 7.

Dokumentace nedestruktivní kontroly svarových spojů (dále jen NDT). Jsou zde zařazeny osvědčení osob provádějící NDT, výkres který určuje požadavky na provedení NDT, a samotné protokoly NDT. Více je uvedeno v kapitole č. 7.

Materiál. V této části jsou zařazeny atesty od použitých základních a přídavných materiálů. Všechny atesty musí obsahovat určující materiálová specifika, která jsou blíže uvedeny v kapitole č. 7.

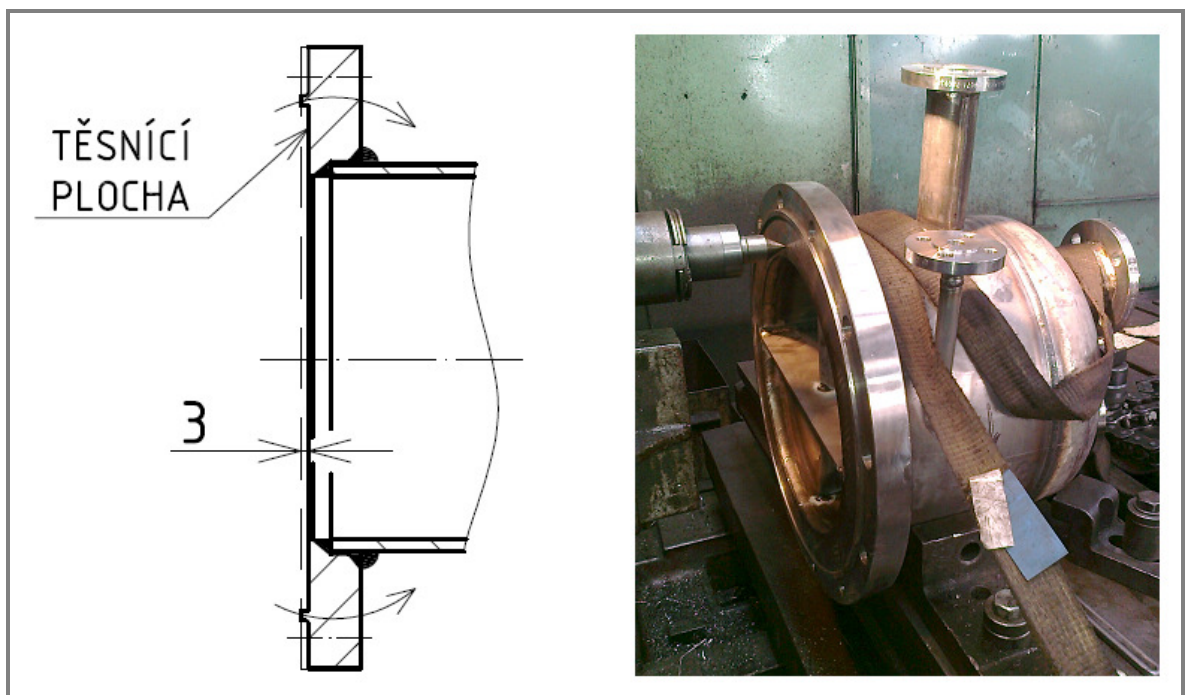
Povrchová úprava. V této části PTD jsou uvedeny všechny protokoly o provedených materiálových úpravách výrobku. U uhlíkových ocelí se jedná o protokol o otryskání a nátěru a u nerezových výrobků se jedná o protokol o pasivaci.

6 TECHNOLOGIE VÝROBY

6.1 Technologické přídávky

Při výrobě tlakových nádob je použito výhradně svařování, jako metoda spojování polotovárů z plechu. Při svařování vzniká v materiálu velké pnutí, a tím dochází k deformaci svařovaných dílů. Na tuto skutečnost musí technolog pamatovat pro stanovení technologických přídavek. Zvláště důležité jsou připojovací rozměry, které kvůli těmto deformacím musí být následně obrobena po svaření. Technologické přídávky na obrábění jsou stanoveny na základě zkušeností technologa.

Při výrobě reboileru bylo použito nerezového plechu jakosti 1.4541 o tloušťce 8 mm na plášť středního dílu a na válcový plášť komory byl použit materiál jakosti 1.4541 a 1.4571 o síle 6 mm. Krkové příruby byly použity normalizované dle EN 1091-2 o jakosti 1.4541 a 1.4571. Nenormalizované příruby byly vyrobeny z výpalku plechu o tloušťce 50 mm a následně obrobena konvenčními metodami, jako je soustružení a vrtání. Byl zvolen technologický přídavek 3 mm na těsnící plochu, který bude obroben na horizontální vyvrtávače po svaření příruby s válcovým pláštěm.



Obr. 38 Deformace příruby při svařování

Trubky hrdel byly použity normalizované dle EN 10216-5, jakosti 1.4541 a 1.4571. Na střední díl reboileru bylo použito normalizované klenuté dno dle DIN 28011, jakosti 1.4541, a na komoru 1.4541 a 1.4571.

6.2 Volba technologie výroby

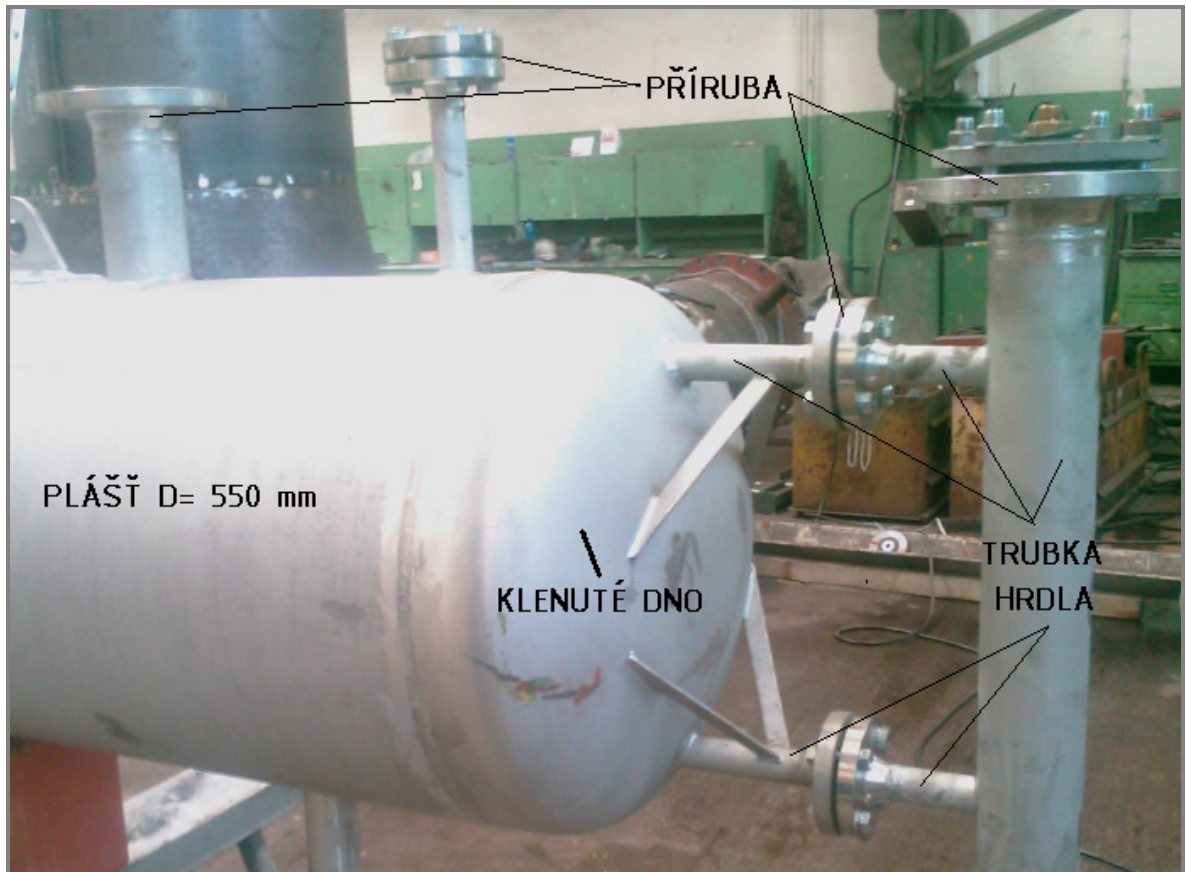
Při výrobě válcových plášťů je použito technologie skružování plechových přístřihů. Důvodem zvolení tohoto postupu je výrobní možnost a cena dílu. Jedná se o plášť $\varnothing 550 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ a $\varnothing 360 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ – pro výrobu takových dílů je skružování jediná možnost. Při výrobě pláště $\varnothing 355,6 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ a $\varnothing 406,4 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ se jedná o normalizované průměry trubek, však stěna by musela být větší. Pro $\varnothing 355,6 \text{ mm}$ začíná výrobní řada trubek na tloušťce 8 mm a trubka $\varnothing 406,4 \text{ mm}$ na tloušťce 8,8 mm. Z výpočtové tloušťky byla určena síla 6 mm, takže je zbytečné používat silnější stěnu. Dalším kritériem pro volbu je dostupnost a cena nerezových trubek. V těchto rozměrech a jakostech 1.4571 (tab. 1) jsou dodací lhůty velmi dlouhé (10 – 16 týdnů) a musel by být odebrán minimálně 1 běžný metr trubky. Pro náš případ je potřeba oba kusy asi 200 mm; nevyužitá část by zůstala ve skladu. Z tohoto důvodu byla zvolena technologie skružování plechového přístřihu o tloušťce 6 mm a jakosti 1.4541 a 1.4571. Plášťové díly jsou uvedeny v přílohách (výkresy svařence).



Obr. 39 Válcový a kuželový plášť

Chemické příruby byly vyrobeny z plechového výpalku, přičemž bylo využito možnosti koupit pouze vypálené mezikruží $\varnothing 520$ mm / $\varnothing 335$ mm z plechu o tloušťce 45 mm a jaksoti 1.4571 a 1.4541.

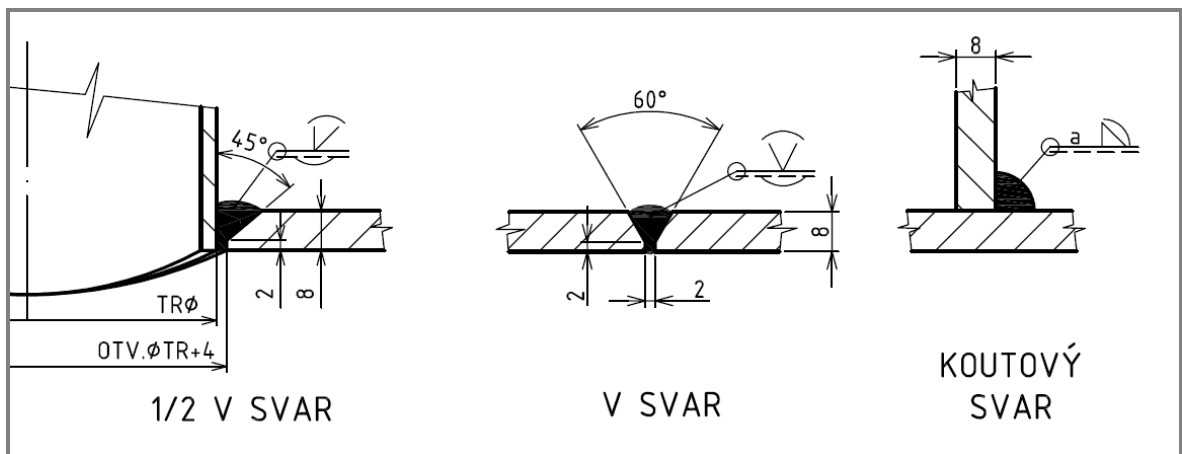
Byly použity normalizované polotovary - klenuté dna, trubky a krkové příruby o rozměrech uvedených v kusovníku – viz přílohy (kusovník).



Obr. 40 Použité normalizované díly a část pláště

6.3 Úkosy pro svary

Pro provedení svarového spoje musí být na polotovaru z plechu vytvořen úkos pro svařování. Geometrie úkosu závisí na typu svarového spoje a na tloušťce polotovaru. V případě výroby reboileru bylo použito tří základních typů svarových spojů a to tupý V svar, přechodový půl V svar a koutový svar.



Obr. 41 Úprava svarových hran

6.4 Metody svařování

Volba metody svařování byla limitována jakostí materiálu. Jelikož je reboiler nerezový s výjimkou podstavců, bylo použito pro výrobu metody 141 (přídavný materiál – OK TIGROD 12.61) a metody 111 (OK 63.30). Podstavce byly svařeny metodou 135 (OK ARISTOROD 12.50) a pro přivaření podložního plechu podstavce k plášti byla použita metoda 111 a přechodová elektroda OK 67.15.

Přechodová elektroda slouží pro svaření uhlíkové oceli s ocelí korozivzdornou. Nejčastěji se jedná o vaření podstavců k podložním plechům, kde podložný plech musí mít stejnou jakost jako plášť; podstavce se obvykle vyrábí z běžné uhlíkové oceli (např. S235JR) kvůli nižším nákladům.

Při svařování nerezavějících ocelí obalovanou elektrodou plní ochrannou funkci svarové lázně vytvořená struska na povrchu svarového kovu. Následným odstraněním strusky je svarový spoj hotov.

U metody 141 je způsob svařování do velké míry odlišný a náročnější na ochranu svarové lázně a tuhnoucího svarového kovu. Pro vytvoření ochranné atmosféry bývá použito argonu, který musí být ze strany svářeče i ze strany kořenové vrstvy.



Obr. 42 Postup ochrany kořene svarové lázně

Při svařování podélného svaru pláště je nezbytné vnitřní prostor utěsnit a naplnit argonem ještě před svařováním. Tímto je ochráněn kořen svaru. Ochranu strany od svářeče zajišťuje argon foukaný svařovacím hořákem.



Obr. 43 Svařování pláště (metoda 141)

7 KONTROLA

7.1 Stanovení kategorie tlakové nádoby

Výroba tlakových nádob podléhá legislativním požadavkům České republiky. Kritéria pro jejich kontrolu stanovuje normy ČSN 690010, ČSN 690015 a nařízení vlády 26/2003 Sb. U každého vyráběného zařízení musí být stanovena kategorie dle ČSN 690010 a NV26/2003Sb. a následně stanovený modul kontroly. Posuzují se všechny pracovní prostory výměníku a kontrola je provedena dle nejpřísnější kategorie. V případě reboileru uvedeného v praktické části této práce se jedná o kategorii 4 dle ČSN 690010 a dle NV26/2003Sb. se jedná o kategorii IV., modul G. Tato kategorizace znamená, že musí být k tlakové zkoušce a na kontrolu dokumentů přizvána autorizovaná osoba. Autorizovaná osoba 1017 vypracuje na zařízení inspekční zprávu, kontrolní zprávu, vystaví ES certifikát a nesmazatelně označí zařízení značkou CE.

ES CERTIFIKÁT
JEN PRO INFORMACI

ovidenční číslo
o ES ověření celku (modul G) podle směrnice 97/23/ES provedené zákonem č. 22/1997 Sb. v platném znění a NV č. 26/2003 Sb. vydaný výrobcí:

Uvedený výrobce
Tlakového zařízení

na tlakové zařízení:

Název:

Prostory:
Pracovní tlak:
Zkušební tlak:
Výpočtová teplota
Objem :
Tekutina:

**Údaje vyplněné na základě
provozních a konstrukčních
podmínek reboileru.**

Místo výroby:
Výrobní číslo:

Rok výroby:

Tímto osvědčujeme, že výsledky zkoušek provedených na uvedeném tlakovém zařízení splňují požadavky
směrnice Evropského parlamentu a Rady 97/23/ES
provedené zákonem č. 22/1997 Sb. v platném znění a NV č. 26/2003 Sb.
Podrobnosti uvádí Inspekční zpráva ev č. 05.586.481 ze dne 2012-02-08, která je nedílnou součástí tohoto certifikátu. Tlakové zařízení je označeno vyobrazenou značkou:

CE 1017

Tento certifikát se vydává pro účely vydání prohlášení o shodě výrobku s výše uvedeným technickým předpisem.


za notifikované místo
NB 1017

JEN PRO INFORMACI

TUV[®]

Obr. 44 ES certifikát

7.2 Rozměrová kontrola svařenců

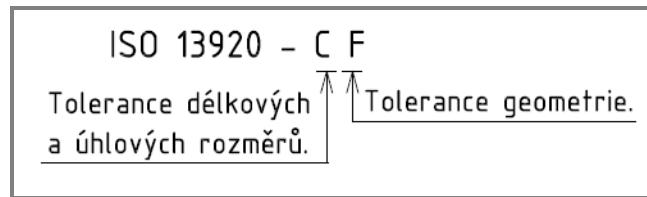
Při výrobě svařovaných celků je nutná mezioperační a konečná kontrola. Tato kontrola rozměrů a geometrických úchylek je provedena pracovníkem oddělení řízení jakosti. Je vypracován protokol o měření, v němž jsou uvedeny rozměry udávané ve výkresu a skutečné rozměry po vyrobení zařízení. Tyto informace jsou důležité především pro organizaci provádějící montáž výrobku.

Tolerance pro tlakové nádoby určuje norma EN 13445, kde jsou uvedeny jen základní tolerance funkčních rozměrů. Ve většině případů určena rozměrová přesnost dle ČSN EN ISO 13920 – Všeobecné tolerance svařovaných konstrukcí.

Tabulka 8 Mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů dle ISO 13920 [7]

Mezní úchytky délkových rozměrů											
Rozsah jmenovitých rozměrů l (mm)											
Toleranční třída	2 až 30	nad 30 do 120	nad 120 do 400	nad 400 do 1 000	nad 1 000 do 2 000	nad 2 000 do 4 000	nad 4 000 do 8 000	nad 8 000 do 12 000	nad 12 000 do 16 000	nad 16 000 do 20 000	nad 20 000
Mezní úchytky t (mm)											
A	±										
B	±										
C	±										
D	±										
Mezní úchytky úhlových rozměrů											
Toleranční třída	Rozsah jmenovitých rozměrů l (mm) (délka nebo kratší rameno úhlu)										
	do 400			nad 400 do 1000			nad 1000				
	Mezní úchytky $\Delta\alpha$ (stupně a minuty)										
A	±										
B	±										
C	±										
D	±										
Vypočtené a zaokrouhlené mezní úchytky t (mm/m) ¹⁾											
A	±										
B	±										
C	±										
D	±										
¹⁾ Údaj uvedený v (mm/m) odpovídá tangente mezní úchytky. Násobí se délkou v (m) kratšího ramene úhlu.											

Na výkrese svařence musí být uvedena vždy toleranční třída. Skladba předpisu na výkrese je na obrázku 45.



Obr. 45 Zápis tolerance

Požadovaná rozměrová přesnost se tedy určí dle tolerančních tříd uvedených v tabulce 8 a 9. Pokud není uvedena toleranční třída na výkrese za normou ISO 13920, pak výroba provedena v toleranční třídě D H.

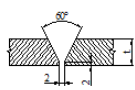
Tabulka 9 Mezní úchytky geometrie dle ISO 13920 [7]

Tolerance přímosti, rovinnosti a rovnoběžnosti										
Rozsah jmenovitých rozměrů v mm (vztaheno k delší straně povrchu)										
Toleranční třída	nad 30 do 120	nad 120 do 400	nad 400 do 1 000	nad 1 000 do 2 000	nad 2 000 do 4 000	nad 4 000 do 8 000	nad 8 000 do 12 000	nad 12 000 do 16 000	nad 16 000 do 20 000	nad 20 000
Tolerance t (mm)										
E										
F										
G										
H										

7.3 Dokumenty pro svařování

Svařovací plán

Svařovací plán je dokument uvádějící všechny potřebné informace pro zhotovení nerozebíratelných spojů svařováním. Každý typ svaru je rozepsán na jednom řádku. Musí zde být uvedena geometrie svarů a potřebná úprava svarových hran, tloušťka a jakost svařovaného materiálu, typ přídatného materiálu a ochranného plynu, poloha a metoda svařování a v neposlední řadě doporučené nastavení svařovacího zařízení. Svařovací postup je vypracován s návazností na svařovací postup WPQR , na zkoušky svářecího personálu a je schválen svařovacím technologem.

WELDING PLAN										No. DP-001				Page - 1 Of - 1
Title: Reboiler			Subject			Contractor			Customer		Supplier Hurtik			
Production no.			Drawing No. DP-001			Job No. 2012			Order No		WPQR – EN 15614-1 (EN 288.3) Welders – EN 287.1			
Weld Type Weld numb	Joint form	Weld Type Thickenes Diameter	Base Material	Weld metal Type designation Trade name Shielding Gas	Weld factor	Weld Posit.	Weldingproce	Layer/ Current (A)	Welding sequence	Intepass	Preheat Temper. (°C)	Postweld d heat Treatme nt (°C)	WPS Welding procedure Qualif. Rec. Welders	
W1		t=6 t=8	1.4541 1.4571	EN 14343 - G19 12.3 LSi φ 2,4 (Ok Autrod 316LSi) ESAB EN 439 - II (Ar 100%)	0,85	PA PA PA	141 141 141	1-50-70 2-70-90 3-70-90	1.root counter 2.filler Layer 3.filler Layer	---	---	---	DP-001 WPQR Welders	
Supplier stamp			Date								Rav	Alter.	Name	Date

Obr. 46 Svařovací plán

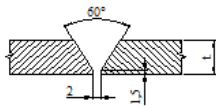
Specifikace postupu svařování WPS

WPS jsou důležitou součástí certifikovaných systémů řízení jakosti a to jak obecných, tak zaměřených na provádění svarových spojů a na svařování jako takové. Jsou podkladem pro provádění svarových spojů a pro tvorbu svařovacích plánů. U svarového spoje nelze dokonale vyzkoušet jeho kvalitativní provedení jinou než destruktivní zkouškou, např. tahová zkouška – končí přetržením zkoušeného materiálu. Proto se provádí jeden zkušební svarový spoj, který je při zkouškách zničen a postup je zaznamenán do protokolu – WPS. Při dalším provedení svarového spoje dle tohoto dokladu, lze předpokládat shodnou kvalitu.

Specifikace postupu svařování - Welding procedure specification (WPS)
EN 15609- 1

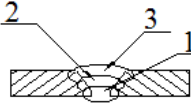
Místo (Place)
 Cíle dokladu WPS (Procedure of Welding N.)
 Cíle dokladu WPQR (WPQR n.) DP-001
 Výrobce (Manufacturer)
 Metoda svařování (Welding process) acc EN ISO 4863 141
 Druh svazu (Joint type, welding type) Tupý - groove - V
 Výkres (Drawing)
 Způsob přípravy (Edge preparation) Mechan - Broušení (grinding)
 Acc. EN ISO 9692.1 Chem - odmaštění - (Chem - degreasing)
 Základní materiál Parent metal 1.4341
 Svařování tloušťka (Plate thickness (mm)) 6; 8
 Vnější průměr (Pipe Out. diameter (mm))
 Poloha svařování (Welding position) EN ISO 6947 PA

Tvar spoje - Joint Desing



t=4
t=5

Postup svařování - Sequence of Welding



Svarová vrstva - (layer)	1	2	6						
Metoda svařování - Welding process	141	141	141						
Průměr přídativního drátu - Dim. Filler material (mm)	φ 2,4	φ 2,4	φ 2,4						
Svařovací proud - Welding amperage (A)	50-70	70-90	70-90						
Svařovací napětí - Welding voltage (V)	20	20	20						
Druh proud polarita - Type of Welding current polarity	DC -	DC -	DC -						
Rychlost podávání drátu - Travel speed (m.min-1)	--	--	--						
Rychlost posuvu jezdce - Welding speed (cm.min)	--	--	--						
Teplotní příkon - Heat input kJ/cm	--	--	--						

Nádavný materiál - Filler material : EN 14343 - G19 12 3 LSi φ 2,4 (Ok Autrod 316LSi)
 Nečistota - Crystalline
 Ochranný plyn svářeč - Marking of gas / welding flux EN 439 -I1 (Ar)
 Ochranný plyn Shielding gas EN 439 -I1 (Ar)
 Ochrana kořene - Backing gas
 Průtok plynu - Gas nominal flow rate
 Ochranný plyn - Shielding 15 l/min
 Ochrana kořene - Backing 15 l/min
 Wolframová elektroda druh průměr Type and diameter wolfram electrode VT 20 - ø 1,6
 Údaje o drážkování a postřel. kořene Gouging data / Shielding of root
 Teplota předchozího - pos Preheat apparatus-tem 150°C
 Teplota interpass -Interpass temperature :
 Dehtev - posthead
 Teplotní zpracování po svařování - Post-weld heat treatment (PWHT)
 Doba teplota postup - Time, temperature, method :
 Rychlost ohřevu a chlazení - Heating and cooling rate :
 Vylučení elektrody - Electrode extension -
 Předek ochrann. plynu - Pre. Blow. Shield. gas : 5
 Dehtev ochrann. plynu - After Blow. Shield. gas : 3
 Další informace - Note information
 Rozkyv max šířka kroucení Weaving :
 Rozkyv amplituda - Weaving amplitude :
 Frekvence - Weaving frequency :
 Doba předlohy -Dwell time :
 Údaje pro polohu svařiv. Data for pulse welding :
 Vzdálenost kontaktního špičky od pracovního kovu Distance of contact welding torch tip from of working metal :
 Průměr trysky - Diameter of jet :
 Úhel nastavení hořáku :
 Adjus. angle of torch :
 Doba náběhu svař. proudu - Welding current Start-up time :
 Doba poklesu svař. proudu - Welding current fall time :

Obr. 47 WPS

Schválení postupu svařování

Jedná se o doklad vystavený na základě provedené zkoušky svarového spoje v provedení, které je uvedeno v rozsahu platnosti na obrázku 48. Certifikaci provádí inspekční organizace TÜV SÜD, Czech. Tento certifikát opravňuje výrobce k provádění svarových spojů dle rozsahu platnosti. Hlavním znakem pro kontrolu je použitá metoda svařování, skupina materiálu a rozsah tloušťek a průměrů.

WPQR – DP-001 dokládá možnost provedení tupého svarového spoje - V metodou 141 a 111u základního materiálu skupiny 8.1, tedy nerezového, a to do tloušťky plechu 16 mm a od průměru 108,5 mm. Pro svařování podélných a obvodových svarů pláště reboileru je tento postup vyhovující.

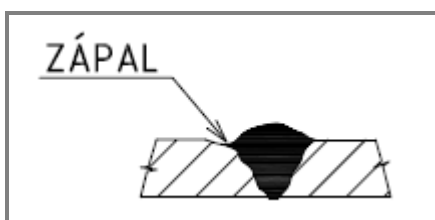
INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT - SCHVÁLENÍ POSTUPU SVAŘOVÁNÍ (WPQR)		SCHWEISSVERFAHREN - PRÜFUNGSBESCHEINIGUNG / WELDING PROCEDURE APPROVAL TEST CERTIFICATE / vydáný inspekčním orgánem č. 4002 akreditovaným CIA	
JEN PRO INFORMACI		 Czech	
Inspekční certifikát číslo: Prüf-Nr.: Inspection No:	DP-001	Zakázka číslo: Auftrags-Nr.: Reference No.:	Stran Seite Page
		1 ze von of 3	
<p>INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT - SCHVÁLENÍ POSTUPU SVAŘOVÁNÍ (WPQR) SCHWEISSVERFAHREN - PRÜFUNGSBESCHEINIGUNG / WELDING PROCEDURE APPROVAL TEST CERTIFICATE / vydáný inspekčním orgánem č. 4002 akreditovaným CIA</p>			
Zkušební orgán: Prüfstelle: Inspecting Authority:		Značka: Zeichen: Sign:	
Výrobce/Adresa: Hersteller / Anschrift: Manufacturer / Address:		Doklad výrobce číslo: Beleg-Nr. des Herstellers: Manufacturer's Reference No.:	
Předpis / zkušební norma: Vorschrift/Prüfnorm: Code/Testing Standard:	OP E 540-035, ČSN EN ISO 15614-1, směrnice 97/2/EC resp. NV 26/2003 Sb.	Datum svařování: Datum der Schweißung: Date of Welding:	
ROZSAH PLATNOSTI - GELTUNGSBEREICH - RANGE OF APPROVAL			
Metoda svařování: Schweißprozess: Welding Process:	141 a 111	Typ spoje: Nahtart: Joint Type:	BW Svar V - trubka
Základní materiál: Werkstoffgruppe: Parent Metal Group:	1.4541 Group 8.1 CR 15608	Tloušťka zákl. mat. [mm]: Dicke [mm]: Parent Metal Thickness [mm]:	8,0 mm 3,0 až 16,0 mm
Druh přídavného mat. / Zusatzwerkstoff/Bezeichn. / Filler Metal Type/Designation:	OK Tigrod 16.11 a OK 61.85	Vnější průměr [mm]: Außendurchmesser [mm]: Pipe Outside Diameter [mm]:	219,0 mm >108,5 mm
Ochranný plyn / ochrana kořene: Schutzgas / Wurzelchutz: Shielding Gas / Backing Gas:	I1 EN ISO 14715	Druh proudu: Stromart: Type of Welding Current:	=/- a =/+
Poloha svařování: Schweißpositionen: Welding Positions:	PA	Tavidlo: Pulver: Flux:	---
Provozní teplota: Betriebs Temperatur: Working Temperature:	Jako základní materiál, resp. přídavný materiál. (Wie Grundwerkstoff bzw. Zusatzwerkstoff / As base material and filler metal respectively)		
Předehřev: Vorwärmung: Preheat:	---		
Teplelné zprac. po svařování nebo stárnutí: Wärmenachbehandlung: Post Weld Heat Treatment:	---		
JINÉ ÚDAJE - SONSTIGE ANGABEN - OTHER INFORMATION			
Podrobnosti o zkoušce svaru a specifikace postupu svařování (WPS):			
<ul style="list-style-type: none"> • Postup svařování výrobce • WPAR WPS-26/98 			
Potvrzuje se, že zkušební svary byly uspokojivě připraveny, svařovány a zkoušeny, v souladu s podmínkami výše uvedených předpisů, resp. zkušebních norem. (Hiermit wird bestätigt, daß die Prüfungsschweißungen in Übereinstimmung mit den Anforderungen der vorbezeichneten Vorschriften bzw. Prüfnormen zufriedenstellend vorbereitet, geschweißt und geprüft wurden. / Certified that test welds were prepared, welded and tested satisfactorily in accordance with the requirements of the code or the testing standard indicated above.)			
Místo: Ort: Location:	Ostrava	Datum vystavení: Datum der Ausstellung: Date of issue:	Jméno a podpis: Name und Unterschrift: Name and Signature:
JEN PRO INFORMACI		 Zkušební organizace: Prüfstelle: Inspecting Authority:	

Obr. 48 Schválení postupu svařování

7.4 Nedestruktivní kontrola

Nedestruktivní kontrola je jedinou možností, jak kontrolovat provedené svarové spoje. Jedná se o nedestruktivní zkoušky, takže výrobek není při kontrole nijak poškozen. Nejčastěji používané metody kontroly jsou:

Vizuální kontrola je prováděna u všech svarových spojů tlakových nádob, tedy ve 100% rozsahu. Předmětem této kontroly je zjistit vady, týkající se geometrie svarové housenky. Může se jednat o velké nebo naopak nedostatečné převýšení svaru, o chudý (tenký) svár nebo také se může jednat o zápal.



Obr. 49 Zápal u V svaru

Radiografická zkouška je prováděna na svarové spoje u materiálu všech jakostí. Rozsah provedení zkoušky prozářením je ve většině případů stanoven normou ISO 5817 (pohybuje se od 5 do 100%). V dalších případech jsou rozsahy zkoušek na svarových spojích předepsány zákazníkem. Princip této nedestruktivní metody zkoušení je prozáření místa svarového spoje rentgenovým zářením. Možné indikace jsou zaznamenány na filmový snímek, který je následně vyvolán. Tyto zkoušky jsou určeny k zjišťování vnitřních vad materiálu. Jedná se o stejný postup, jako při použití lékařského rentgenu. Z tohoto důvodu je zapotřebí ochránit personál provádějící tyto zkoušky i pracovníky, kteří se pohybují v okolí.

Kapilární zkouška je prováděna na materiálech všech jakostí. Zjišťují se případné trhliny v materiálu, a to tak, že zkoušený díl je nastříkán penetračním sprejem (červené barvy např.), následuje opláchnutí vodou a nastříkání transparentním sprejem, který vytvoří bílý matný povrch. Při vzniku trhliny je penetrační sprej usazen v materiálu a zůstane tam i po opláchnutí. Při následném nástřiku transparentní látky prosákne na povrch, kde vytvoří červené skvrny. Tyto zkoušky jsou nejčastěji používány na ohýbané trubky, kde hrozí vznik těchto trhlin. Jedná se o zkoušku povrchových vad.

Magnetická zkouška je používána pouze na feritické oceli. Ve většině případů se jedná o uhlíkové materiály. Princip spočívá v umístění magnetického pole na jednu stranu zkoušeného materiálu, druhá strana je posypána kovovým práškem. Při zapnutí magnetického pole se kovové třísky přesunou na místa magnetických siločar. V případě vady je okem patrný shluk ocelového prachu na jednom místě nebo naopak volné místo. Tato metoda je určena pro zjišťování povrchových vad.

Zkouška ultrazvukem je nedestruktivní kontrola případných vnitřních vad materiálu. Zkoušený materiál je přejížděn vysílačem a přijímačem ultrazvukových vln. V případě vadného echa (odraz zachycený přijímačem) je zjištěna chyba zkoušeného výrobku. Například při výrobě přírub z plechu je nutné zkoušet ultrazvukem každý kus nebo zkusit celý plech, který bude na výrobu použit. V těchto případech je velká pravděpodobnost výskytu vady tzv. duplicity materiálu. Tento stav vzniká při válcování plechu, kdy jsou na sobě dvě nespojené vrstvy.

7.5 Kontrola materiálů

Pro výrobu součástí z plechu, jako je tlaková nádoba, je nezbytné použití materiálů, které mají prokazatelné vlastnosti a kvalitu. Výrobce hutního materiálu provádí zkoušky výrobných polotovarů a vystavuje atest, kterým zaručuje kvalitu jeho výrobku. Takové zajištění kvality je stanoveno normou EN 10204. Atesty pro tlakové nádoby jsou předepsány v soupisu položek pro výkres sestavy, jak je uvedeno v tabulce 7, kolonka atest. V tabulce 10 je ukázka atestu pro krkovou přírubu.

Tyto dokumenty slouží jako podklady ke kontrole vstupního materiálu do výroby a zároveň jsou předávány s vyrobeným zařízením konečnému zákazníkovi.

Materiálové atesty musejí obsahovat vypovídající informace o polotovaru. V první řadě se jedná o materiálovou normu a prováděcí normu, jakost materiálu a dimenzi kupovaného polotovaru. V tabulce 10 je uvedena prováděcí norma EN 1092-1, číslo 11 označuje, že se jedná o přírubu krkovou, B1 značí hrubou těsnící lištu a rozměry DN jsou jmenovitá světlost, PN jmenovitý dovolený přetlak. Číslo tavby je charakteristické číslo jedné výrobní várky a musí být vždy přenášeno při dělení (např. při dělení plechu). V dalším sloupci je uvedena jakost materiálu a materiálová norma pro P245GH. Pro každý materiál je určující chemické složení, které je specifické pro každou jakost a právě materiálová norma určuje kritéria hodnocení. Doplňující mechanické zkoušky jsou prováděny na zkušebních kusech výrobní várky a slouží pro kontrolu také vzhledem k materiálové normě.

Tabulka 10 Atest krkové příruby

INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT ČSN EN10204 3.1														
INSPECTION CERTIFICATE , ABNAHMEPRUFZEÜGNIS														
ZÁKAZNÍK , CUSTOMER , BESTELLER							OBJEDNÁVKA , ORDER No. , BESTELL Nr.							
TGH RENOVA s.r.o.							DODACÍ LIST , DELIVERY NOTE , ZUSTELLUNGSSCHEIN							
ID	Ks Number Stückzahl	Název výrobku , Product , Gegenstand										Tavba Heat No. Schmelze	Material/TDP Werkstoff	
	24	Krková příruba EN1092-1 11/B1/DN15/21,3 PN40											P245GH EN 10222-2	
		Prováděcí norma					Dimenze							
		Typ												
Chemické složení (%) , Chemical composition (%) , Chemische Zusammensetzung (%)														
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	N	Mo	V	Nb	
0,180	0,710	0,250	0,018	0,015	0,200			0,025						
Mechanické hodnoty , Mechanical values , Mechanischen Werte														
Mez kluzu Re [MPa] Rp 0,2% Rp 1,0%		Pevnost Rm [MPa]		Tažnost A [%]		Kontrakce Z [%]		Teplota [°C]		Vrbová houževnatost KCU [J/cm ²]		Nárazová práce KV [J]		Tvrđost HB
365		515		26,00		48,00		0				60 63 66		175
Poznámky, Note , Bemerkung :														

8 ZHODNOCENÍ

V tabulce 11 je uvedeno několik použitých polotovarů při výrobě reboileru. Pro každý polotovar je uvedena cena za nerezové a uhlíkové provedení. Austenitické oceli jsou několikrát dražší, jak je patrné z tabulky 11. (Tabulka 11 souvisí s výkresovou dokumentací v příloze P II až P X.)

Tabulka 11 Srovnání cen nerezových a uhlíkových materiálů

Polotovar	Nerezový materiál		Uhlíkový materiál	
	Jakost	Cena / MJ	Jakost	Cena / MJ
Plech tl. 3	1.4541	2 072,- /m ²	P265GH	643,- /m ²
Plech tl. 4	1.4541	2 963,- /m ²	P265GH	700,- /m ²
Plech tl. 6	1.4571	5 520,- /m ²	P265GH	1 050,- /m ²
Plech tl. 8	1.4541	5 504,- /m ²	P265GH	1 401,- /m ²
Trubka ø33,7x3,2	1.4541	1 010,- /bm	P235GH	93,- /bm
Trubka ø48,3x3,2	1.4541	847,- /bm	P235GH	232,- /bm
Trubka ø60,3x3,6	1.4541	1 500,- /bm	P235GH	191,- /bm
Trubka ø88,9x6,3	1.4541	2 032,- /bm	P235GH	260,- /bm
Příruba DN25/PN16	1.4541	847,- /ks	P245GH	95,- /ks
Příruba DN40/PN16	1.4541	1 134,- /ks	P245GH	125,- /ks
Příruba DN50/PN16	1.4541	1 710,- /ks	P245GH	158,- /ks
Příruba DN80/PN16	1.4541	1 920,- /ks	P245GH	219,- /ks

Pro zhotovení pláště komory bylo možné využít buď provedení z trubky, nebo svařením ocelové skruže. V tabulce 12 je uvedena cenová náročnost výroby pláště v nerezovém i uhlíkovém provedení.

Tabulka 12 Cenová náročnost výroby pláště komory

	1.4541	P265GH
Trubka ø355,6x12,7	12 000,-	3 150,-
Trubka ø406,4x12,7	15 000,-	3 550,-
Svařená skruž ø355,6x6	2 195,-	950,-
Svařená skruž ø406,4x6	2 675,-	1 040,-

ZÁVĚR

Při výrobě tlakových nádob je nutné dodržovat všechny požadované předpisy. Na tuto skutečnost musíme pamatovat už při komunikaci se zákazníkem. Po konstrukčním návrhu zařízení a pevnostním výpočtu je vypracována výkresová dokumentace. V této fázi je již důležité, aby spolupracoval konstruktér s technologem výroby a zásobovacím oddělením.

V příloze P I je vidět, že plášť komory je možné vyrobit plechu nebo trubky o síle 6 mm. Zákazník určil materiálové provedení z austenitické oceli. V tabulce 12 je uvedeno, že plášť provedený z trubky $\varnothing 355,6 \times 12,7 \text{ mm} - 200 \text{ mm}$ bude stát 12 000 Kč. Nabízená tloušťka trubky 12,7 mm je dána výrobním programem výrobců trubek a dostupností na trhu. Trubka se silou stěny 6 mm není na trhu běžně dostupná, a proto je takové provedení zbytečně nákladné. Při skružení nerezového plechu tloušťky 6 mm a následném svaření vychází plášť na 2 195 Kč. V tomto případě je zvolení správné výrobní technologie zásadní. Po výrobě zařízení a zpracování průvodní technické dokumentace je zařízení připraveno k předání zákazníkovi.

V kapitolách 1 až 3, které tvoří teoretickou část diplomové práce, jsou uvedeny potřebné znalosti technologií výroby pro toto odvětví. Praktická část, tedy kapitoly 4 až 8, popisují konkrétní postup výroby výměníku reboilerového typu. Výkresová dokumentace k tomuto zařízení je uvedena v přílohách.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Dvořák, M. a kol. *TECHNOLOGIE II*. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2004. ISBN 88-214-2683-7.
2. KOČMAN, K.-PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
3. BŘICHNÁČ, P. Plazmové technologie [online]. *Aldebaran Bulletin*. Aldebaran Group for Astrophysics, 2004, r. 2, č. 20. ISSN 1214-1674. [cit. 2011-12-13]. Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_20_plt.html.
4. LENFELD, P. *Technologie II* [online]. Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní. [cit. 2011-12-10]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm.
5. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střižné vůle – Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha : Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1975. MDT 621.979.07.
6. ESAB. *Svařování a pálení Česká Republika* [online]. [cit. 2011-12-22]. Dostupné z: <http://www.esab.cz/cz/cz/news/image-archive.cfm>.
7. ČSN EN ISO 13920. *Svařování – Všeobecné tolerance svařovaných konstrukcí – Délkové a úhlové rozměry – Tvar a poloha*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 62342.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MIG	Metal Inert Gas
MAG	Metal Active Gas
TIG	Tungsten Inert Gas
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
PTD	Průvodní technická dokumentace
NDT	Nedestruktivní kontrola
AO	Autorizovaná osoba
CE	Značka shody
WPQR	Schválený svařovací postup
WPS	Specifikace postupu svařování

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Náhled normy ČSN 22 6015 [5].....	14
Obr. 2 Strojní nůžky.....	15
Obr. 3 Schéma stříhání kotoučovými noži.....	16
Obr. 4 Ruční pálicí hořák.....	17
Obr. 5 Přenosný řezací stroj.....	18
Obr. 6 CNC pálicí stroj se čtyřmi hořáky	18
Obr. 7 Schéma a ukázka trysky pro řezání plazmou [3]	19
Obr. 8 Plazmová ruční řezačka Fronius TransCut 300.....	20
Obr. 9 CNC řezací plazmový stroj PIERCE MAXI 5000	20
Obr. 10 Ruční kotoučová pila MATRIX	21
Obr. 11 Rámová pila strojní/ruční	22
Obr. 12 Pásová pila strojní.....	22
Obr. 13 Úhlová bruska Makita.....	23
Obr. 14 Princip metody řezání laserem.....	23
Obr. 15 CNC řezací laserový stroj.....	24
Obr. 16 Řezací tryska.....	25
Obr. 17 Ukázka řezu vodním paprskem	25
Obr. 18 Karuselový soustruh	26
Obr. 19 Horizontální vyvrtávačka.....	27
Obr. 20 Vrtačka ZAS VO-61	28
Obr. 21 Průběh napětí a posunutí neutrální osy	29
Obr. 22 Úhel odpružení	30
Obr. 23 Ohýbačka trubek a profilů	30
Obr. 24 Skružovací válce, skružovačka profilů	31
Obr. 25 Skružování válcového pláště – nakružení konců.....	32
Obr. 26 Skružování válcového pláště	32
Obr. 27 Skružování válcového pláště - vykulacení.....	33
Obr. 28 Ukázka svařování metodou 111 [6].....	34
Obr. 29 Technická data elektrody ESAB - OK 48.00 [6].....	35
Obr. 30 Schéma svařování MIG / MAG.....	36
Obr. 31 Ukázka svařování metodou 141.....	36

Obr. 32 Žihání ke snížení vnitřního pnutí.....	37
Obr. 33 Reboiler	42
Obr. 34 Pracovní schéma reboileru.....	43
Obr. 35 „U“ vlásenka.....	43
Obr. 36 Orientace hrdel nádoby	44
Obr. 37 Podložný plech.....	45
Obr. 38 Deformace příruby při svařování.....	50
Obr. 39 Válcový a kuželový plášť	51
Obr. 40 Použité normalizované díly a část pláště	52
Obr. 41 Úprava svarových hran	53
Obr. 42 Postup ochrany kořene svarové lázně	54
Obr. 43 Svařování pláště (metoda 141)	54
Obr. 44 ES certifikát	55
Obr. 45 Zápis tolerance.....	57
Obr. 46 Svařovací plán	58
Obr. 47 WPS	59
Obr. 48 Schválení postupu svařování	60
Obr. 49 Zápal u V svaru.....	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Příklady normalizovaných polotovarů	12
Tabulka 2 Značení uhlíkových materiálů.....	13
Tabulka 3 Značení korozivzdorných materiálů	13
Tabulka 4 Požadavky razítka výkresu tlakové nádoby	45
Tabulka 5 Technické údaje výkresu tlakové nádoby	46
Tabulka 6 Ostatní údaje a razítko výkresu tlakové nádoby	47
Tabulka 7 Ukázka popisu pozic v soupisu komponentů (kusovníku)	48
Tabulka 8 Mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů dle ISO 13920 [7]	56
Tabulka 9 Mezní úchytky geometrie dle ISO 13920 [7].....	57
Tabulka 10 Atest krkové příruby	63
Tabulka 11 Srovnání cen nerezových a uhlíkových materiálů	64
Tabulka 12 Cenová náročnost výroby pláště komory	64

SEZNAM PŘÍLOH

P I	Výpočet válcového pláště
P II	Reboiler
P III	Kusovník (5 lisů)
P IV	Komora I
P V	Komora II
P VI	Vlášenska
P VII	Trubkovnice
P VIII	Podstavce
P IX	Excentrický přechod
P X	Ocelová konstrukce

PI

P V E S S
pevnostni vypocet tlakovych nadob

ARCHIV c. : PROGRAM:
VALCOVE CASTI NADOB CSN 69 0010-4-05
(vydani 1.1.1991 + zmena 1 + zmena 2 + zmena Z3)
- ostatni pouzite normy cast 2-1,4-1,4-2,4-3,4-12,4-20
SCHVALENI PVES SOD: CUBP 22.08.1989 SUBP 14.11.1989
3629/I/89/15.12 2,2-1621/1989-Ce
test : 1.2001

DISTRIBUCE PROGRAMU :
POCITAC/JAZYK : PC DOS / F77-C-MASM88
ZODPOVIDAJICI ORGANIZACE :
licence c. : lic.00901572 verze : D/2000 revize : 9.01

ZAKAZKA :
NAZEV NADOBY / UZLU :
VYKRES / POZICE :
POL. — VSTUPNI DATA

1 TYP KONSTRUKCE
- HLADKA VALCOVA SKOREPINA

1. DNO / OKRAJOVA VYZTUHA SKOREPINY:
- KLENUTE/KULOVE DNO (OBR.1)

2. DNO / OKRAJOVA VYZTUHA SKOREPINY:
- KUZELOVE DNO BEZ LEMU (OBR.1)

ZATIZENI

11	VNITRNI VYPOCTOVY PRETLAK	p	(MPa)	1.0000
13	VNITRNI ZKUSEBNI PRETLAK	pZ	(MPa)	1.6400
23	TEPLOTA PRACOVNI LATKY	tM	(°C)	144.0
24	VYPOCTOVA TEPLOTA	t	(°C)	220.0
26	POCET ZAPOCITATELNYCH CYKLU ZATIZENI (cast 4.20)	N	(-)	.1001E+04
27	ROZKMIT PRACOVNIHO PRETLAKU (cast 4.20)	delta p	(MPa)	.6000

MATERIAL - SVARY - UNAVOVE CHARAKTERISTIKY

31 MATERIAL PLASTE ZADANO
1.4541 AUSTENIT.OCEL PLECH TL.<= 10 mm

- INTERPOLOVANE UDAJE Z MATERIALOVEHO LISTU

- VYPOCTOVE HODNOTY (°C), (MPa) :

teplota	mod.pruz.	pevnost	kluz	kluz	pevnost v teceni	tecani
E	Rm	Rp1.0	Rp0.2	Rm/10E5	Rp1/10E5	
220.0	.0000E+00	520.0	182.0	.0	.0	.0
20.0	.0000E+00	520.0	240.0	.0		

- TABELOVANE HODNOTY (°C), (MPa) :

220.0	.0000E+00	520.0	182.0	.0	.0	.0
20.0	.0000E+00	520.0	240.0	.0		

- SOUCINITELE BEZPECNOSTI (cast 4.2) (-) :

- provoz : nB = 2.40 nT = 1.50 nD = .00 nP = .00 nU = 2.400
- zkouska : nTZ = 1.10 nUZ = 1.800

- DOVOLENE NAMAHANI-PROVOZ	vyp.tepl.	(°C)	220.0
(cast 4.2/4.3)	[sigma]	(MPa)	121.33
- DOVOLENE NAMAHANI-ZKOUSKA	[sigma]Z	(MPa)	218.18
- MEZ KLUZU MATERIALU - 20 °C	Re20;Rp20	(MPa)	240.00
- MEZ PEVNOSTI MATERIALU - 20 °C	Rm	(MPa)	520.00

41	SOUCINITELE HODNOTY PODELNEHO SVARU PLASTE (tab)	fiP	(-)	.85
42	SOUCINITELE HODNOTY OBVODOVEHO SVARU PLASTE (tab)	fiT	(-)	.85
51	SOUCINITELE MISTNICH NAPETI PLASTE (cast 4.20)	eta	(-)	1.50
52	SOUCINITELE DRUHU SVAROVEHO SPOJE (cast 4.20)	ksi	(-)	1.00

ROZMERY

61	VNITRNI PRUMER SKOREPINY	D	(mm)	534.00
62	PRIDAVKY K TLOUSTCE STENY SKOREPINY (cast 4.2)			
-	PRIDAVEK NA KOROZI A EROZI	ci1	(mm)	.000
-	PRIDAVEK NA ZAPORNOU VYROBNI ODCHYLKU	ci2	(mm)	.500
-	TECHNOLOGICKY PRIDAVEK	ci3	(mm)	.500
-	CELKOVY PRIDAVEK	ci	(mm)	1.000
63	PROVEDENA TLOUSTKA STENY SKOREPINY (obr.1,2)			
		s	(mm)	8.000
77	CELKOVY PRIDAVEK K TLOUSTCE STENY NEVYZTUZENEHO HRDLA/OTVORU	cs	(mm)	1.000

*** VYPOCTENE HODNOTY ***

- VYPOCET VYHOVUJE PODMINKAM PLATNOSTI CSN 69 0010 cast 4.5

- CELKOVY DOVOLENY PRETLAK

- PROVOZ	[p]	(MPa)	2.669
- ZKOUSKA	[p]Z	(MPa)	4.799

*** UNAVOVA ANALYZA ***

- DOVOLENY POCET CYKLU (cast 4.20) [N] (-) .1000E+10
(pro plast bez uvazovani nevyztuzenych otvoru)

**** INFORMACNI UDAJE ****

- VYPOCTOVA TLOUSTKA STENY SKOREPINY BEZ PRIDAVKU PRO ZATIZENI

- VNITRNI PRETLAKEM

- PROVOZ	sR	(mm)	2.6015
- ZKOUSKA	sRZ	(mm)	2.3716

- MINIMALNI VZDALENOST NEOVLIVNUJICICH SE OTVORU BEZ
LIMCOVYCH VYZT.NA HLADKEM PLASTI b min (mm)

122.278

- MAXIMALNI PRUMER OTVORU UMISTENEHO MIMO SVAR, KTERY NEVYZADUJE
VYZTUZENI (pro zatizeni vnitrim pretlakem) (4.12)

- PROVOZ	d=min{ d0-2*cs ; D }	(mm)	287.54
- ZKOUSKA	dZ=min{ d0Z-2*cs ; D }	(mm)	325.07

22	TEPLOMĚROVÁ JÍMKA M27x2/M20x1,5-160	1	ON 027210-991	17 248	0,9	3.1 EN 10204	(www.jsp.eu)
21	TĚSNĚNÍ POD TEPLOMĚROVOU JÍMKU ø33/ø25x2	1		Cu			
20	NÁVAREK N1 ø40-100	1	EN 10272	1.4541	0,6	3.1 EN 10204	
19	VZPĚRA HRDLA H3,H12,H13 PLO 20x4x195	5	EN 10058	1.4541	0,7	2.2 EN 10204	
18	PŘÍRUBA HRDLA H3 DN15/PN16/11/B1	1	EN 1092-1	1.4541	0,8	3.1 EN 10204	
17	TRUBKA HRDLA H3 TRø21,3x2,5-166	1	EN 10216-5	1.4541	0,2	3.1 EN 10204	
16	VZPĚRA HRDLA H10,H11 PLO 20x4x203	4	EN 10058	1.4541	0,5	2.2 EN 10204	
15	PŘÍRUBA HRDLA H8,H9,H10,H11 DN25/PN16/11/B1	4	EN 1092-1	1.4541	5,2	3.1 EN 10204	
14	TRUBKA HRDLA H10,H11 TRø33,7x3,2-154	2	EN 10216-5	1.4541	0,7	3.1 EN 10204	
13	TRUBKA HRDLA H8,H9 TRø33,7x3,2-166	2	EN 10216-5	1.4541	0,8	3.1 EN 10204	
12	PŘÍRUBA HRDLA H14 DN40/PN16/11/B1	1	EN 1092-1	1.4541	2,2	3.1 EN 10204	
11	TRUBKA HRDLA H14 TRø48,3x3,2-162	1	EN 10216-5	1.4541	0,6	3.1 EN 10204	
10	PŘÍRUBA HRDLA H6 DN50/PN16/11/B1	1	EN 1092-1	1.4541	2,5	3.1 EN 10204	
9	TRUBKA HRDLA H6 TRø60,3x3,6-160	1	EN 10216-5	1.4541	0,8	3.1 EN 10204	
8	PŘÍRUBA HRDLA H4,H5 DN80/PN16/11/B1	2	EN 1092-1	1.4541	11,8	3.1 EN 10204	
7	TRUBKA HRDLA H4,H5 TRø88,9x3,6-160	2	EN 10216-5	1.4541	2,4	3.1 EN 10204	
6	PŘÍRUBA CHEMICKÁ ø515/ø344-40	1	EN 10028-7	1.4541	36,3	3.1 EN 10204	
5	LUB 3; ø360x8-109 P8x109x1103 (č.r.)	1	EN 10028-7	1.4541	7,6	3.1 EN 10204	
4	EXCENTRICKÝ PŘECHOD ø360x8/ø550x8-249	1	EN 10028-7	1.4541	24,7	3.1 EN 10204	PŘÍLOHA P IX
3	DNO KLENUTÉ ø550x8	1	DIN 28013	1.4541	24	3.1 EN 10204	
2	LUB 2; ø550x8-1985 P8x1700x1985 (č.r.)	1	EN 10028-7	1.4541	213,5	3.1 EN 10204	
1	LUB 1; ø550x8-1860 P8x1700x1860 (č.r.)	1	EN 10028-7	1.4541	197	3.1 EN 10204	
POZ.	NÁZEV - NORMA ROZMĚR	KS.	MATERIÁLOVÁ NORMA	MATERIÁL	HMOT. kg.	ATEST	POZNÁMKA VÝKRES

Poznámka:



Měřítka:	Hrany:	Přesnost:	-
--		Promítání:	
CHRÁNĚNO DLE ISO 16016			

Zadavatel:			
Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE			
Název:			
KUSOVNÍK			
Číslo výkresu:		00	1/5
PŘÍLOHA P III		REVIZE	A4

	Datum	Jméno	Podpis
Kreslil	2012	Hurtík	
Kontroloval			
Schválil			
Č.sestavy	PŘÍLOHA P II		
Kusovník			
Stav	Změny	Datum	Jméno

45	NÝT A4-10	4	ISO 1051				
44	TOVÁRNÍ ŠTÍTEK 1x120x150	1					
43	PODLOŽKA TOVÁRNÍHO ŠTÍTKU P4x150x460	1	EN 10028-7	1.4541	2,2	3.1 EN 10204	
42	VODÍCÍ LYŽINY P3x48x4000	2	EN 10028-7	1.4541	11	2.1 EN 10204	
41	ZÁVĚSNÉ OKO P8x90x145	2	EN 10028-7	1.4541	1	2.2 EN 10204	
40	PODLOŽNÝ PLECH ZÁVĚSNÉHO OKA P8x100x190; (R275)	2	EN 10028-7	1.4541	2,3	3.1 EN 10204	
39	TĚSNĚNÍ HRDLA H14 DN40x2	1	KLINGERSILL				
38	POJISTNÝ VENTIL / HRDLO H14 DN40/ PO-0,6	1	P12 217 040		12		
37	PODLOŽKA VĚJÍŘOVITÁ PRO ŠROUB M12	8	DIN 6789A				
36	MATICE ŠESTIHRANNÁ M12	4	ISO 4032		0,1		
35	ŠROUB SE ŠESTIHRANNOU HLAVOU M12x50	4	ISO 4017		0,1		
34	TĚSNĚNÍ HRDLA H8,H9 DN25x2	2	KLINGERSILL				
33	PŘÍRUBA ZASLEPOVACÍ HRDLA H8,H9 DN25/PN16/05/B1	2	EN 1092-1	1.4541	2,2	3.1 EN 10204	
32	PODLOŽKA VĚJÍŘOVITÁ PRO ŠROUB M16	24	DIN 6789A				
31	MATICE ŠESTIHRANNÁ M16	12	ISO 4032		0,1		
30	ŠROUB SE ŠESTIHRANNOU HLAVOU M16x60	12	ISO 4017		0,1		
29	TĚSNĚNÍ HRDLA H5 DN80x2	1	KLINGERSILL				
28	PŘÍRUBA ZASLEPOVACÍ HRDLA H5 DN80/PN16/05/B1	1	EN 1092-1	1.4541	4,6	3.1 EN 10204	
27	TLAKOMĚR M20x1,5/ 0-600 kPa	1	03313 AZ				
26	KONDEZAČNÍ SMYČKA M20x1,5	1	AN 13 7530 /C	1.4541			
25	TĚSNĚNÍ POD KONDEZAČNÍ SMYČKU 2	1		Cu			
24	NÁVAREK N2 ø40-120	1	EN 10272	1.4541	0,6	3.1 EN 10204	
23	TEPLOMĚR M20x1,5/0-300°C	1		1.4541			

Poznámka:



Měřítka:

--

Hrany:



Přesnost:

-

Promítání:



CHRÁNĚNO DLE ISO 16016

Zadavatel:

Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE

Název:

KUSOVNÍK

Číslo výkresu:

PŘÍLOHA P III

00

2/5

REVIZE

A4

	Datum	Jméno	Podpis
Kreslil	2012	Hurtík	
Kontroloval			
Schválil			
Č.sestavy	PŘÍLOHA P II		
Kusovník			
Stav	Změny	Datum	Jméno

69	PŘEPÁŽKA P6x330x343	1	EN 10028-7	1.4571	5,3	3.1 EN 10204	
68	PŘÍRUBA HRDLA H12,H13 DN15/PN16/11/B1	2	EN 1092-1	1.4541	1,3	3.1 EN 10204	
67	TRUBKA HRDLA H12,H13 TRØ21,3x2,5-157	2	EN 10216-5	1.4541	0,4	3.1 EN 10204	
66	VNĚJŠÍ TRUBKA HRDLA H7 TRØ60,3x3,6-167	1	EN 10216-5	1.4541	0,9	3.1 EN 10204	
65	PŘÍRUBA HRDLA H7 DN25/PN16/11/B1	1	EN 1092-1	1.4571	1	3.1 EN 10204	
64	VNITŘNÍ TRUBKA HRDLA H7 TRØ33,7x3,2-167	1	EN 10216-5	1.4571	0,4	3.1 EN 10204	
63	VNĚJŠÍ TRUBKA HRDLA H1,H2 TRØ88,9x3,6-109	2	EN 10216-5	1.4541	1,7	3.1 EN 10204	
62	PŘÍRUBA HRDLA H1,H2 DN50/PN16/11/B1	2	EN 1092-1	1.4571	5	3.1 EN 10204	
61	VNITŘNÍ TRUBKA HRDLA H1,H2 TRØ60,3x3,6-107	2	EN 10216-5	1.4571	1,1	3.1 EN 10204	
60	PŘÍRUBA CHEMICKÁ Ø515/Ø343,6-40	1	EN 10028-7	1.4571	36,3	3.1 EN 10204	
59	DNO KLENUTÉ VNĚJŠÍ Ø406,4x6	1	DIN 28013	1.4541	9,3	3.1 EN 10204	
58	PLÁŠŤ KOMORY VNĚJŠÍ; Ø406,4x6-202 P6x202x1255,6(č.r.)	1	EN 10028-7	1.4541	12	3.1 EN 10204	
57	DNO KLENUTÉ VNITŘNÍ Ø355,6x6	1	DIN 28013	1.4571	7,4	3.1 EN 10204	
56	PLÁŠŤ KOMORY VNITŘNÍ; Ø355,6x6-210 P6x210x1096(č.r.)	1	EN 10028-7	1.4571	10,9	3.1 EN 10204	
55	KOMORA I PODSESTAVA	1		1.4541 / 1.4571	93		PŘÍLOHA P IV
54	ŽEBRO P8x172x302	2	EN 10028-2	S235JR	6,5	2.1 EN 10204	
53	STOJINA II. P8x400x570	1	EN 10028-2	S235JR	14,3	2.1 EN 10204	
52	STOJINA I. P8x400x570	1	EN 10028-2	S235JR	14,3	2.1 EN 10204	
51	PLECH PODLOŽNÝ P8x200x585	2	EN 10028-7	1.4541	14,7	3.1 EN 10204	
50	PODSTAVCE PODSESTAVA	1+1		1.4541 / S235JR	50		PŘÍLOHA P VIII
48,9	NEOBSAZENO						
47	NEOBSAZENO						
46	NEOBSAZENO						

Poznámka:



Měřítka:

--

Hrany:



Přesnost:

-

Promítání:



CHRÁNĚNO DLE ISO 16016

Zadavatel:

Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE

Název:

KUSOVNÍK

Číslo výkresu:

PŘÍLOHA P III

00

3/5

REVIZE

A4

	Datum	Jméno	Podpis
Kreslil	2012	Hurtík	
Kontroloval			
Schválil			
Č.sestavy	PŘÍLOHA P II		
Kusovník			
Stav	Změny	Datum	Jméno

92	PŘÍRUBA ZASLEPOVACÍ DN25/PN16/05/B1	1	EN 1092-1	1.4541	1,2	3.1 EN 10204	
91	PŘÍRUBA KRKOVÁ DN25/PN16/11/B1	1	EN 1092-1	1.4541	1,3	3.1 EN 10204	
90	KUŽEL STAVOZNAKU DN80/DN25-50	1	EN 10272	1.4541	2	3.1 EN 10204	
89	PŘÍRUBA HRDLA H10,H11 DN25/PN16/11/B1	2	EN 1092-1	1.4541	2,6	3.1 EN 10204	
88	TRUBKA HRDLA H10,H11 TRØ33,7x3,2-81	2	EN 10216-5	1.4541	0,6	3.1 EN 10204	
87	PŘÍRUBA K NAPOJENÍ MaR DN80/PN16/11/B1	1	EN 1092-1	1.4541	5,9	3.1 EN 10204	
86	PLÁŠŤ TRØ88,9x3,2-592	1	EN 10216-5	1.4541	4	3.1 EN 10204	
85	KOMORA II PODSESTAVA	1			18		PŘÍLOHA P V
84	NEOBSAZENO						
83	NEOBSAZENO						
82	MATICE ŠESTIHRANNÁ M12	6	ISO 4032		0,1		
81	LYŽINY PLO 10x25x3850	2	EN 10058	1.4541	15,1	2.2 EN 10204	
80	PŘEPÁŽKA P6 / Ø338	5	EN 10028-7	1.4541	13,6	2.2 EN 10204	
79	TRUBKA ROZPĚRNÁ TRØ20x2,6-744	30	EN 10216-5	1.4541	25	2.2 EN 10204	
78	TYČ VODÍCÍ Ø12-3786	6	EN 10060	1.4541	20,2	2.2 EN 10204	
77	TRUBKA TEPLSMĚNNÁ TRØ20x2-8272	5	EN 10216-5	1.4571	36,7	3.1 EN 10204	
76	TRUBKA TEPLSMĚNNÁ TRØ20x2-8317	12	EN 10216-5	1.4571	88,6	3.1 EN 10204	
75	TRUBKA TEPLSMĚNNÁ TRØ20x2-8388	11	EN 10216-5	1.4571	82	3.1 EN 10204	
74	TRUBKA TEPLSMĚNNÁ TRØ20x2-8459	10	EN 10216-5	1.4571	75,1	3.1 EN 10204	
73	TRUBKA TEPLSMĚNNÁ TRØ20x2-8530	9	EN 10216-5	1.4571	68,2	3.1 EN 10204	
72	TRUBKA TEPLSMĚNNÁ TRØ20x2-8600	4	EN 10216-5	1.4571	30,5	3.1 EN 10204	
71	TRUBKOVNICE Ø434-50	1	EN 10028-7	1.4571	45,4	3.1 EN 10204	PŘÍLOHA P VII
70	VLÁSENKA PODSESTAVA	1		1.4541 / 1.4571	500		PŘÍLOHA P VI

Poznámka:



Měřítko: --	Hrany: 	Přesnost: -
		Promítání:
CHRÁNĚNO DLE ISO 16016		

Zadavatel:			
Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE			
Název: KUSOVNÍK			
Číslo výkresu:		00	4/5
PŘÍLOHA P III		REVIZE	A4

	Datum	Jméno	Podpis
Kreslil	2012	Hurtík	
Kontroloval			
Schválil			
Č.sestavy	PŘÍLOHA P II		
Kusovník			
Stav	Změny	Datum	Jméno

POZNÁMKY:

- 1) V KUSOVNÍKU JSOU UVÁDĚNY ČISTÉ ROZMĚRY. PŘI OBJEDNÁVÁNÍ POLOTOVARU ROZMĚRY ZVĚŠTIT O VÝROBNÍ TOLERANCE A TECHNOLOGICKÉ PŘÍDAVKY.
- 2) POVRCHOVÁ ÚPRAVA:
 - NEREZOVÉ ČÁSTI BUDOU PASIVOVÁNY
 - ČÁSTI Z UHLÍKOVÉ OCELI - PŘÍPRAVA POVRCHU OTRYSKÁNÍM NA STUPEŇ SA2 1/2, KRYCÍ NÁTĚR / 30 μm
- 3) PLÁŠŤ, KOMORU A VLÁSENKU NESMAZATELNĚ OZNAČIT

	CELKOVÁ HMOTNOST				1234		
107	PODLOŽKA VĚJÍŘOVITÁ 21	24	DIN 6798A		0,1		
106	MATICE ŠESTIHRANNÁ M20	24	ČSN 13 1530	12 040.6	0,8	2.2 EN 10204	
105	ŠROUB SVORNÍKOVÝ M20-180	12	ČSN 13 1520	12 050.6	5,3	2.2 EN 10204	
104	TĚSNĚNÍ $\phi 434 \times 2$	1	KLINGER				
103	TĚSNĚNÍ $\phi 434 / \phi 346 \times 2$	1	KLINGER				
102	PODLOŽKA VĚJÍŘOVITÁ PRO ŠROUB M12	16	DIN 6789A				
101	MATICE ŠESTIHRANNÁ M12	8	ISO 4032		0,1		
100	ŠROUB SE ŠESTIHRANNOU HLAVOU M12x50	8	ISO 4017		0,1		
99	TĚSNĚNÍ DN25x2	2	KLINGERSILL				
98	KOHOUT VYPOUŠTĚČÍ S OVLÁDACÍ PÁKOU DN15/PN16 - G 1/2" / 302 G 12-5i	1	SCHWER F.				
97	NÁTRUBEK PRO ODKALENÍ TR $\phi 21,3 \times 3,2-56$	1	EN 10216-5	1.4541	0,1	3.1 EN 10204	
96	PODLOŽKA VĚJÍŘOVITÁ PRO ŠROUB M12	8	DIN 6789A				
95	MATICE ŠESTIHRANNÁ M12	4	ISO 4032		0,1		
94	ŠROUB SE ŠESTIHRANNOU HLAVOU M12x50	4	ISO 4017		0,1		
93	TĚSNĚNÍ DN25x2	1	KLINGERSILL				

Poznámka:



Měřítka:

--

Hrany:



Přesnost:

-

Promítání:



CHRÁNĚNO DLE ISO 16016

Zadavatel:

Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE

Název:

KUSOVNÍK

Číslo výkresu:

PŘÍLOHA P III

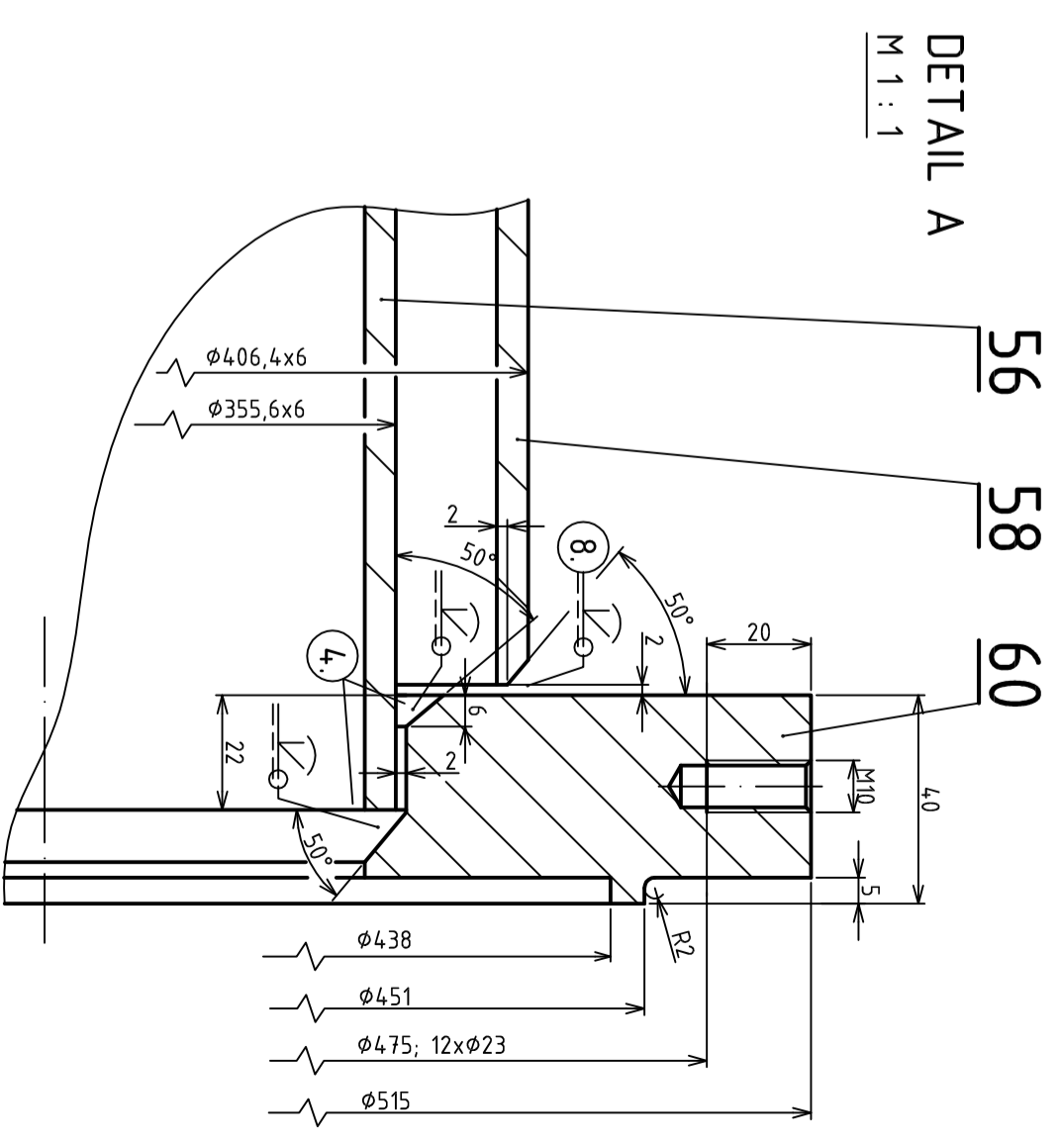
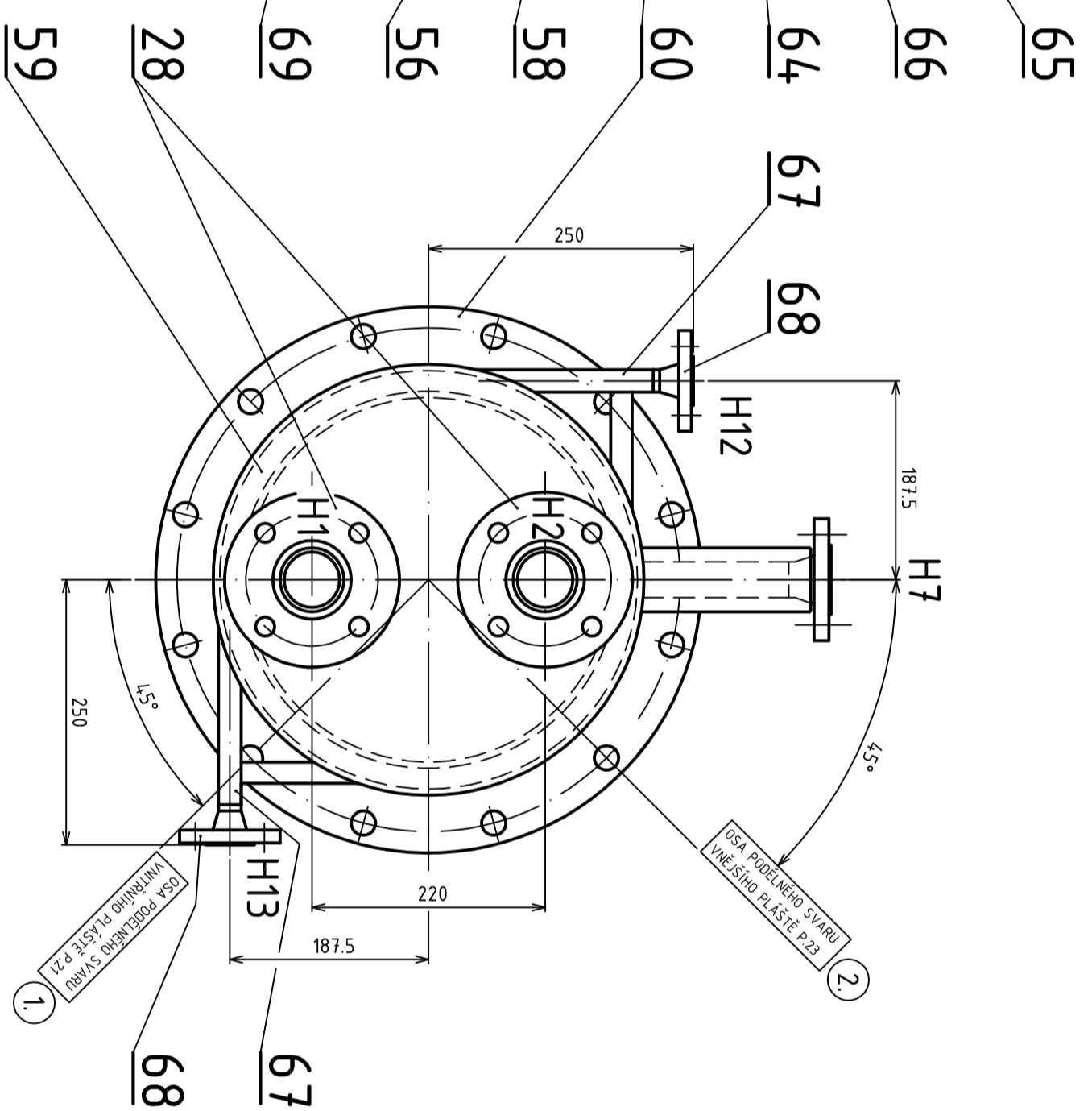
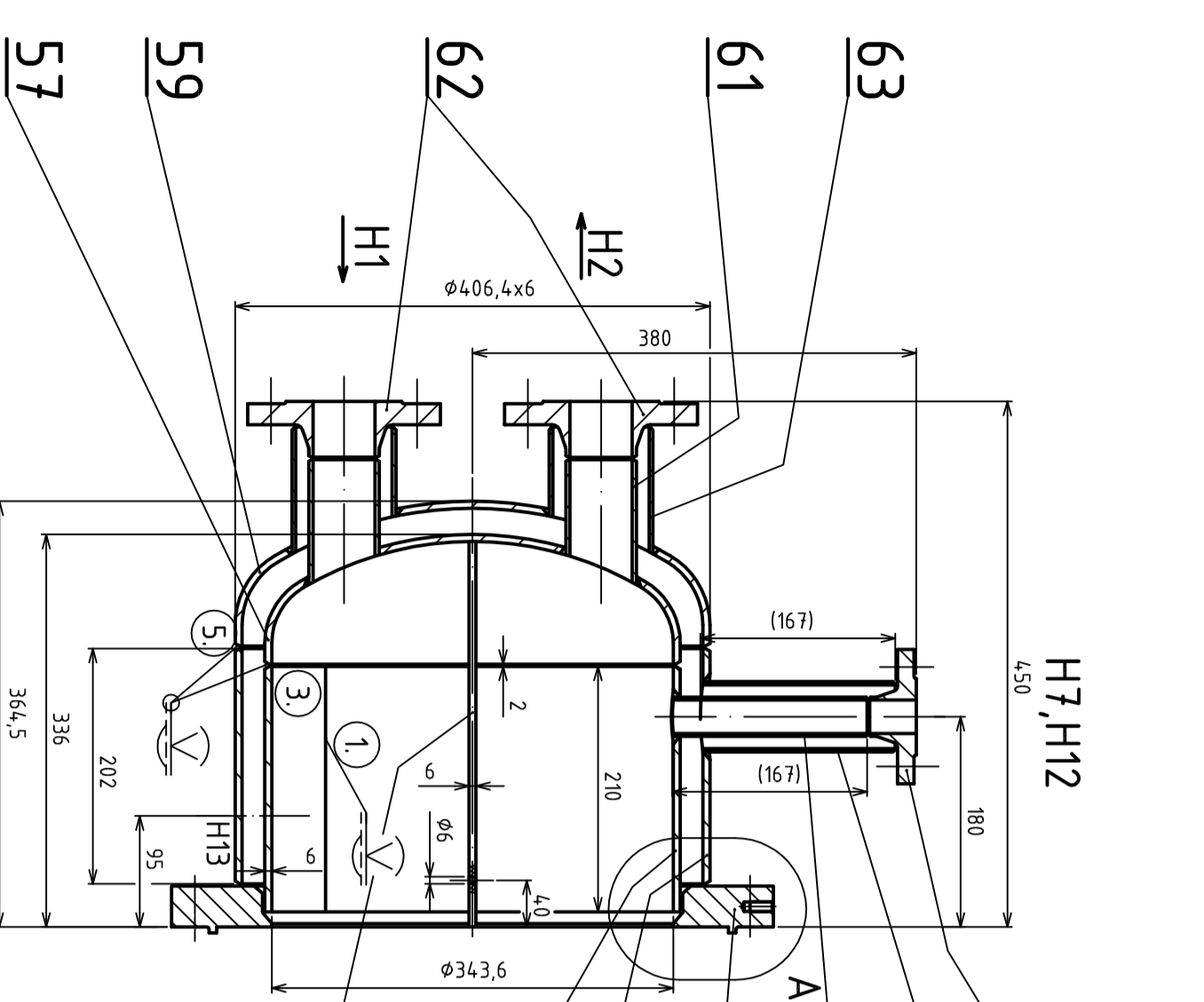
00

5/5

REVIZE

A4

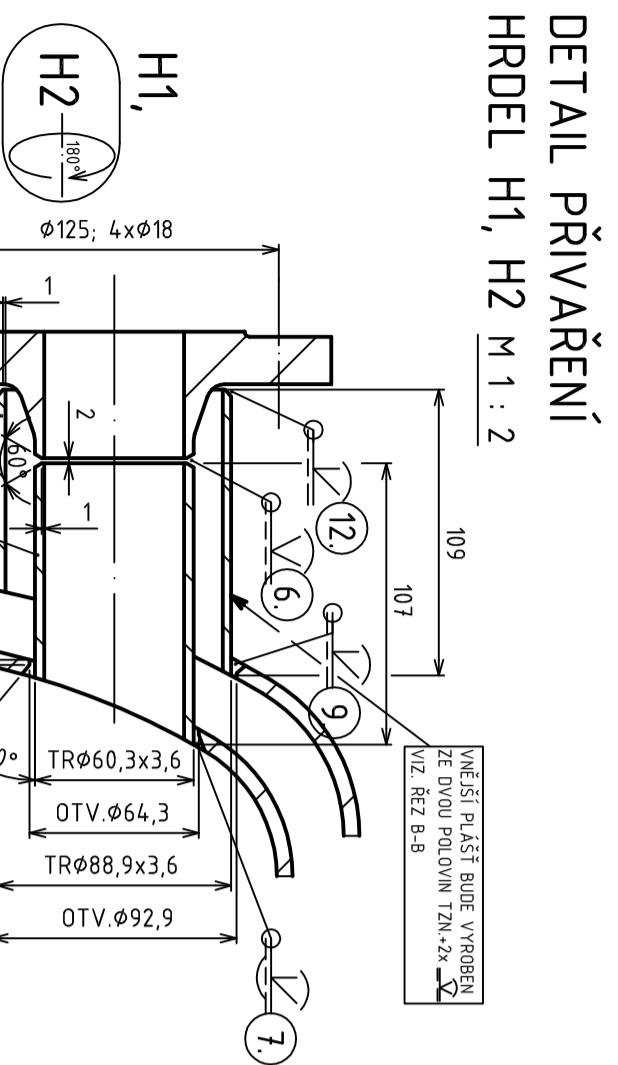
	Datum	Jméno	Podpis
Kreslil	2012	Hurtík	
Kontroloval			
Schválil			
Č.sestavy	PŘÍLOHA P II		
Kusovník			
Stav	Změny	Datum	Jméno



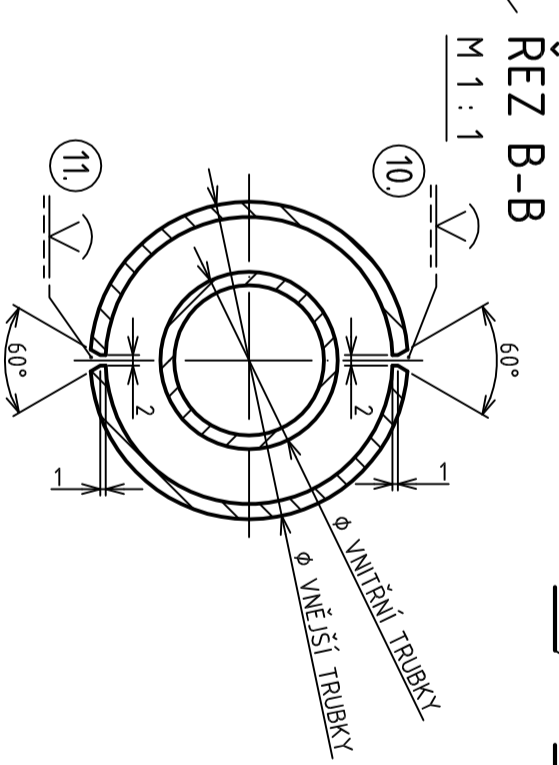
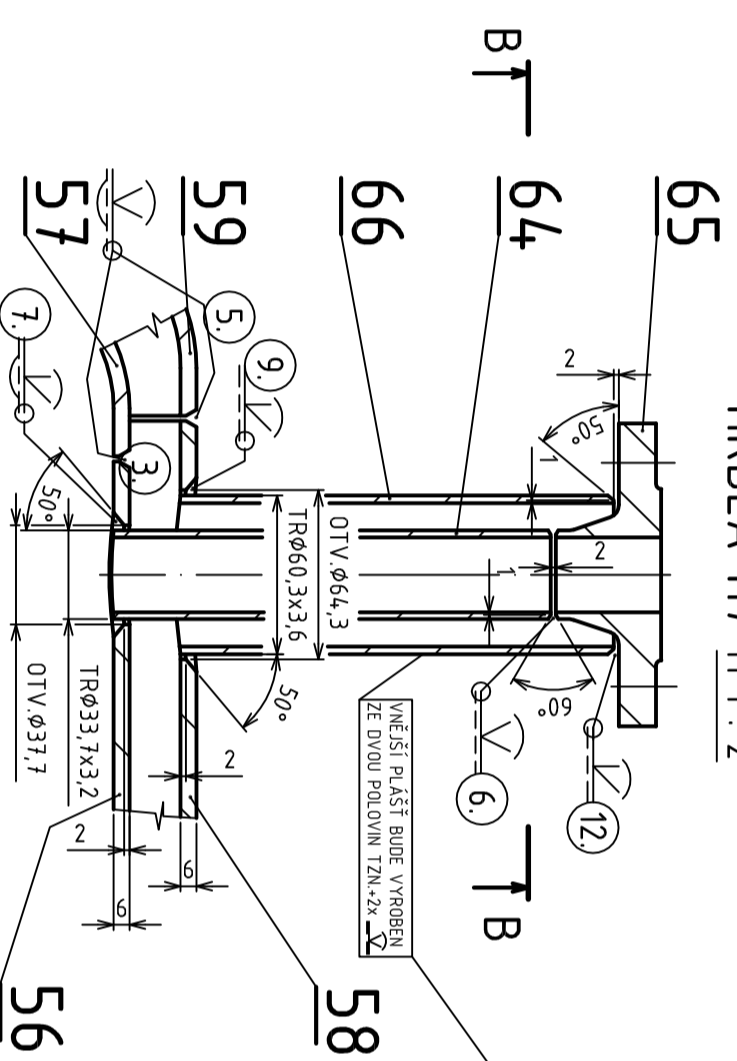
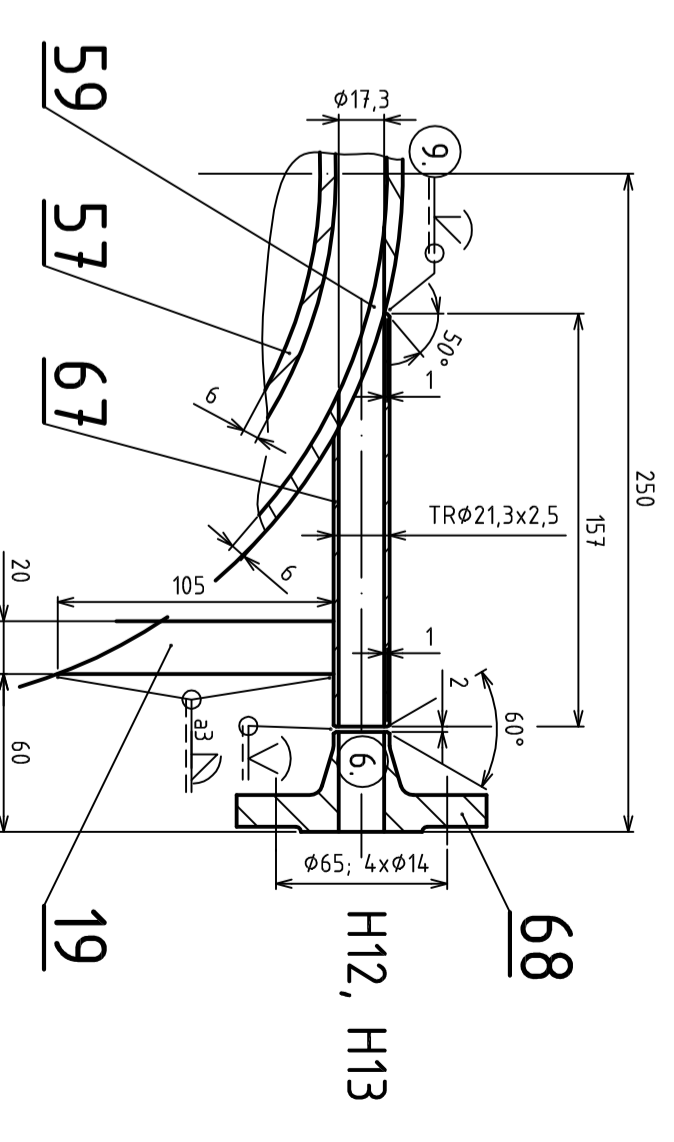
DETAIL PODÉLNÉHO SVARU M 1:1

DETAIL OBVODOVÉHO SVARU M 1:1

DETAIL PŘIVÁŘENÍ HRDEL H12, H13 M 1:2



DETAIL PŘIVÁŘENÍ HRDLA H7 M 1:2



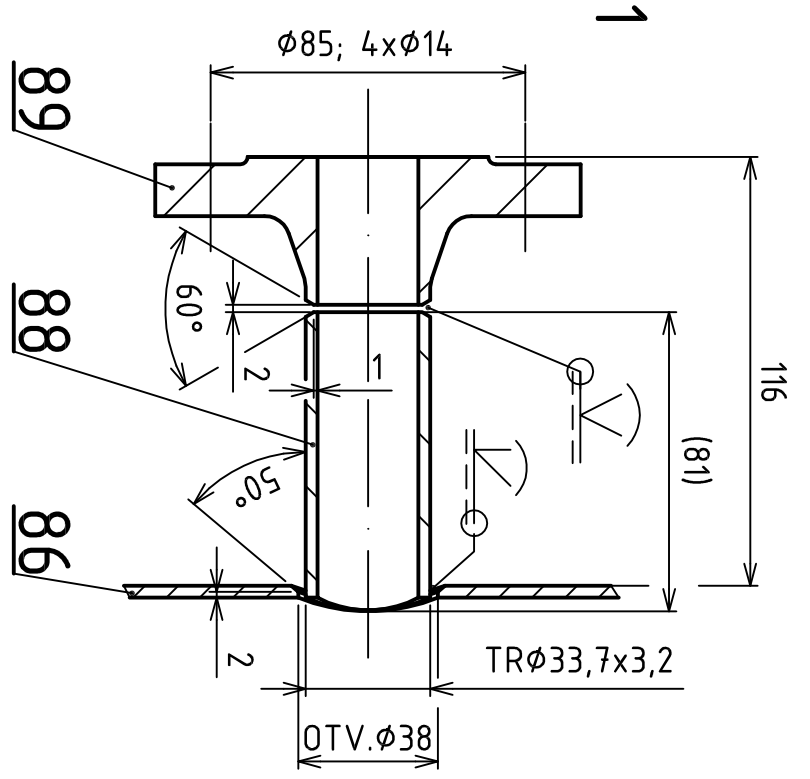
- 1 - 12) DOPORUČENÝ SLED PROVEDENÍ SVAROVÝCH SPOJŮ
K TOKU VÝKRESU JE NEDÍLNOU SOUČÁSTÍ VÝKRES SESTAVENÍ P II S TECHNICKÝMI ÚDAJI A KUSOVNÍK P III

TGH
Renova s.r.o.
Perženná

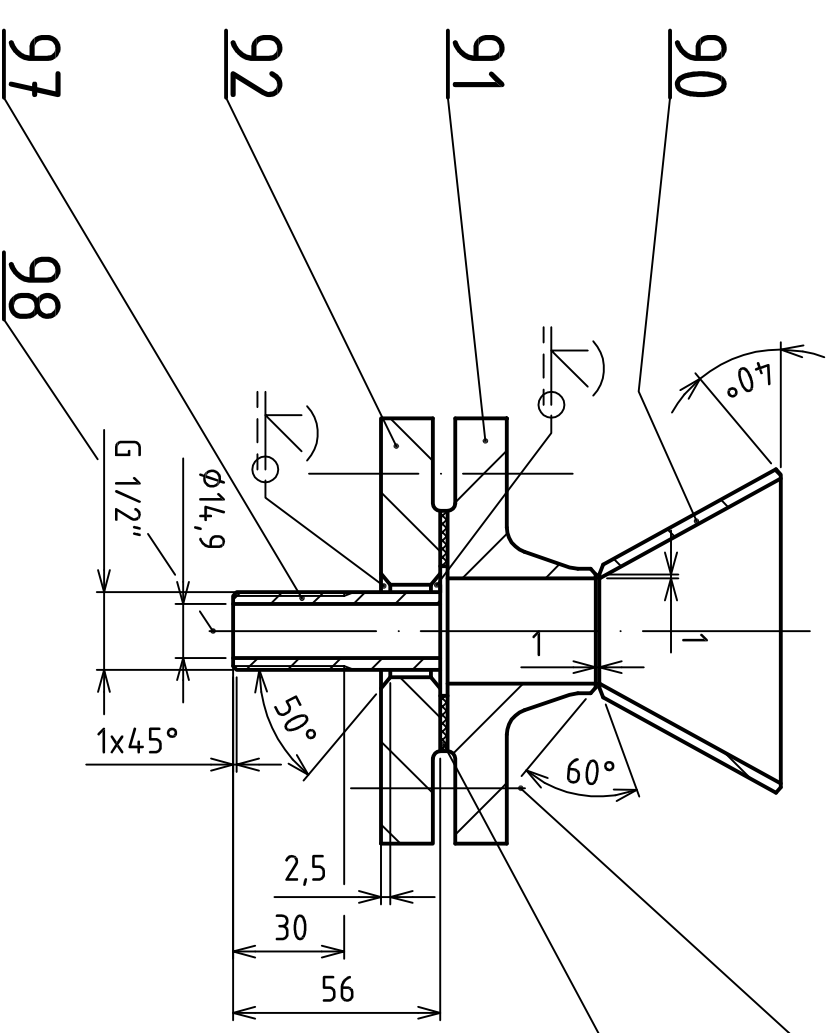
Stav	Změna	Datum	Jméno	Podpis	Popis

Tisk výkresu: KOMORA I
PRÍLOHA P IV
REVIZE: 00
AI

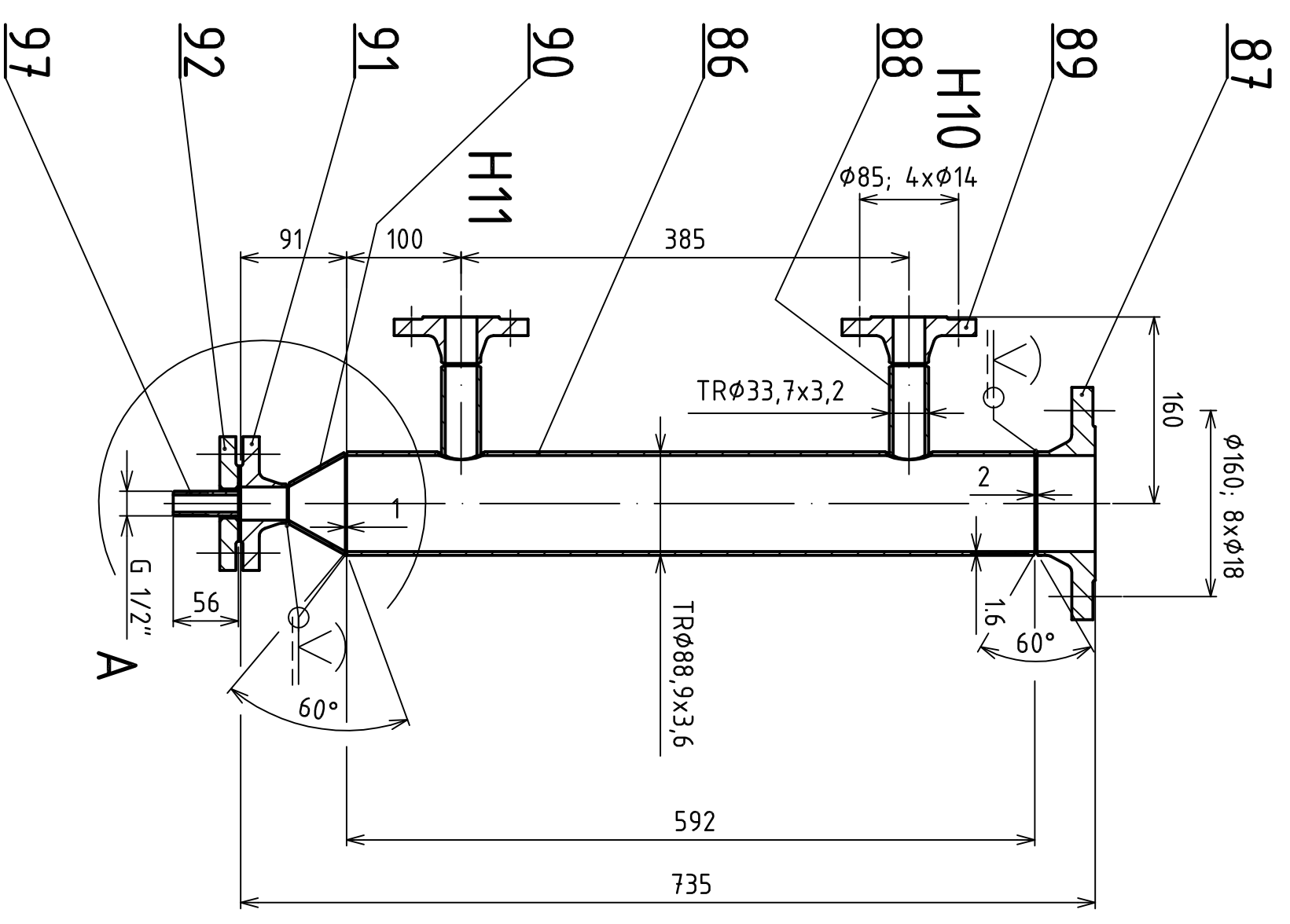
DETAIL
HRDLA
H10, H11
M 1 : 2



DETAIL A
M 1 : 2



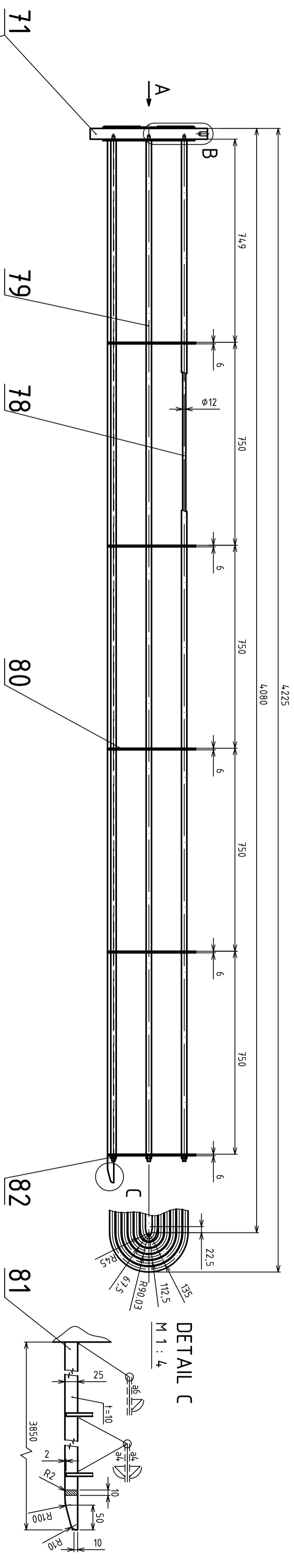
94, 95, 96



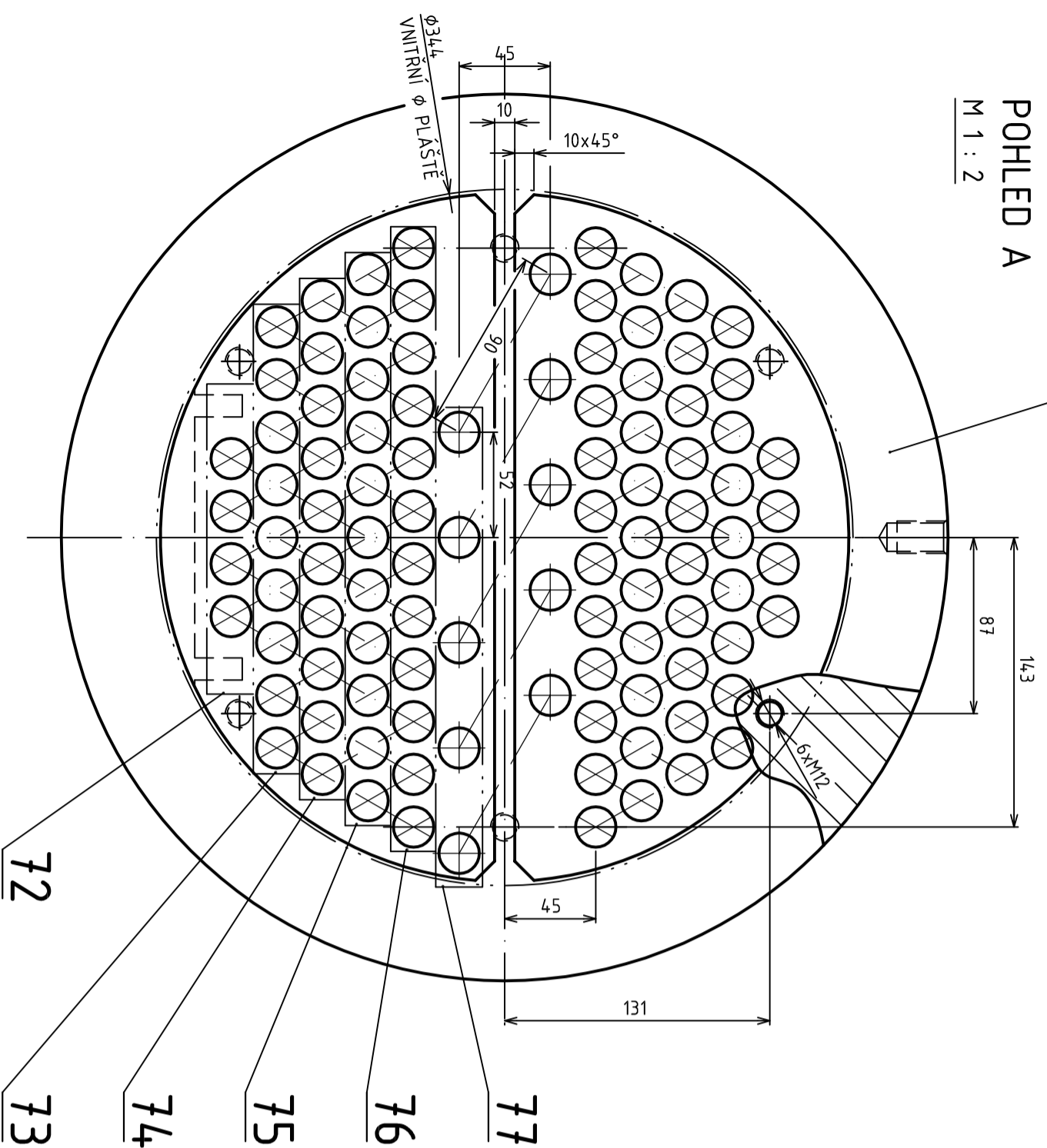
Poznámka:

Měřítko:	1 : 5	Hrany:	±0,3	Přesnost:	ISO 13 920 - C, G
Prostředí:		Chráněno dle:	ISO 16016		

Zadavatel:		Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE		Název: KOMORA II	
Kreslil:	2012	Jméno:	Hurtík	Podpis:	<i>[Signature]</i>
Kontroloval:		Číslo výkresu:	PŘÍLOHA P V	REVIZE:	00 1/1
Schválil:		Číslo výkresu:	PŘÍLOHA P III	REVIZE:	A3
Čestný:					
Kusovník:					
Stav:	Změny	Datum	Jméno		

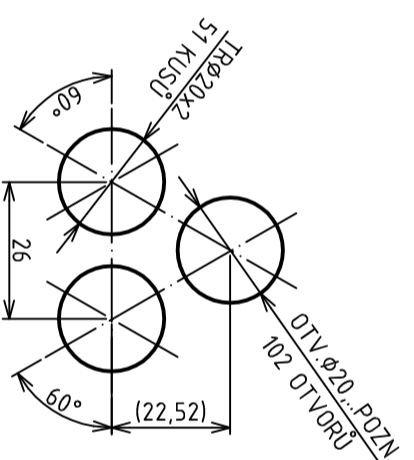


POHLED A
M 1 : 2



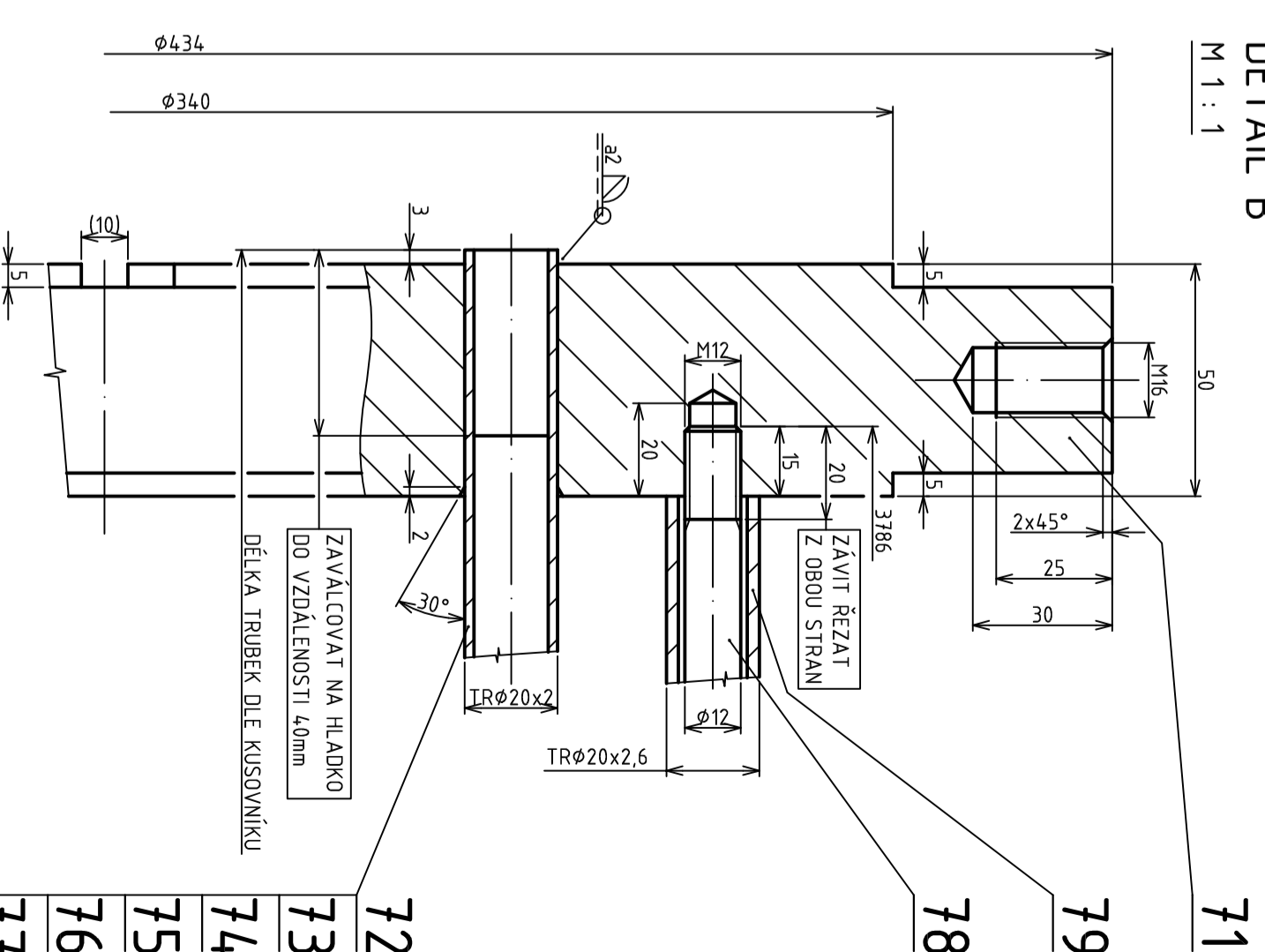
POZICE	DĚLKA L1	DĚLKA L2	ROZVINITÁ DĚLKA - L	OHYB R	H	POČET KUSŮ	VAHA JEDNOHO KUSU [kg]
72	4,223	4,24	86,00	135	270	4	7,6
73	4,200	35,4	85,30	112,5	225	9	7,6
74	4,178	28,3	84,59	90	180	10	7,5
75	4,155	21,2	83,88	67,5	135	11	7,4
76	4,133	14,1	83,17	45	90	12	7,4
77	4,110	14,1	82,72	4,5	90	5	7,4

SÍŤ VRTÁNÍ OTVORŮ
M 1 : 1

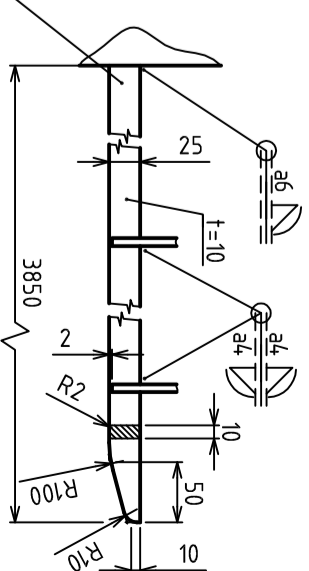


POZNÁMKA:
PO PŘEMĚŘENÍ REPREZENTATIVNÍHO VZORKU TRUBEK VYSTRUŽIT DĚRY NA JEDNOTNÝ PRŮMĚR, TAK ABY BYLY VĚTŠÍ NEŽ NEJVĚTŠÍ NAMĚŘENÝ PRŮMĚR TRUBKY x.
TRØx + 0,1^{-0,1}

DETAIL B
M 1 : 1



DETAIL C
M 1 : 4



K TOWUTOU VÝKRESU JE NEDÍLNOU SOUČÁSTÍ VÝKRES SEŠTAVENÍ P II
S TECHNICKÝMI ÚDAJI A KUSOVNÍK P III

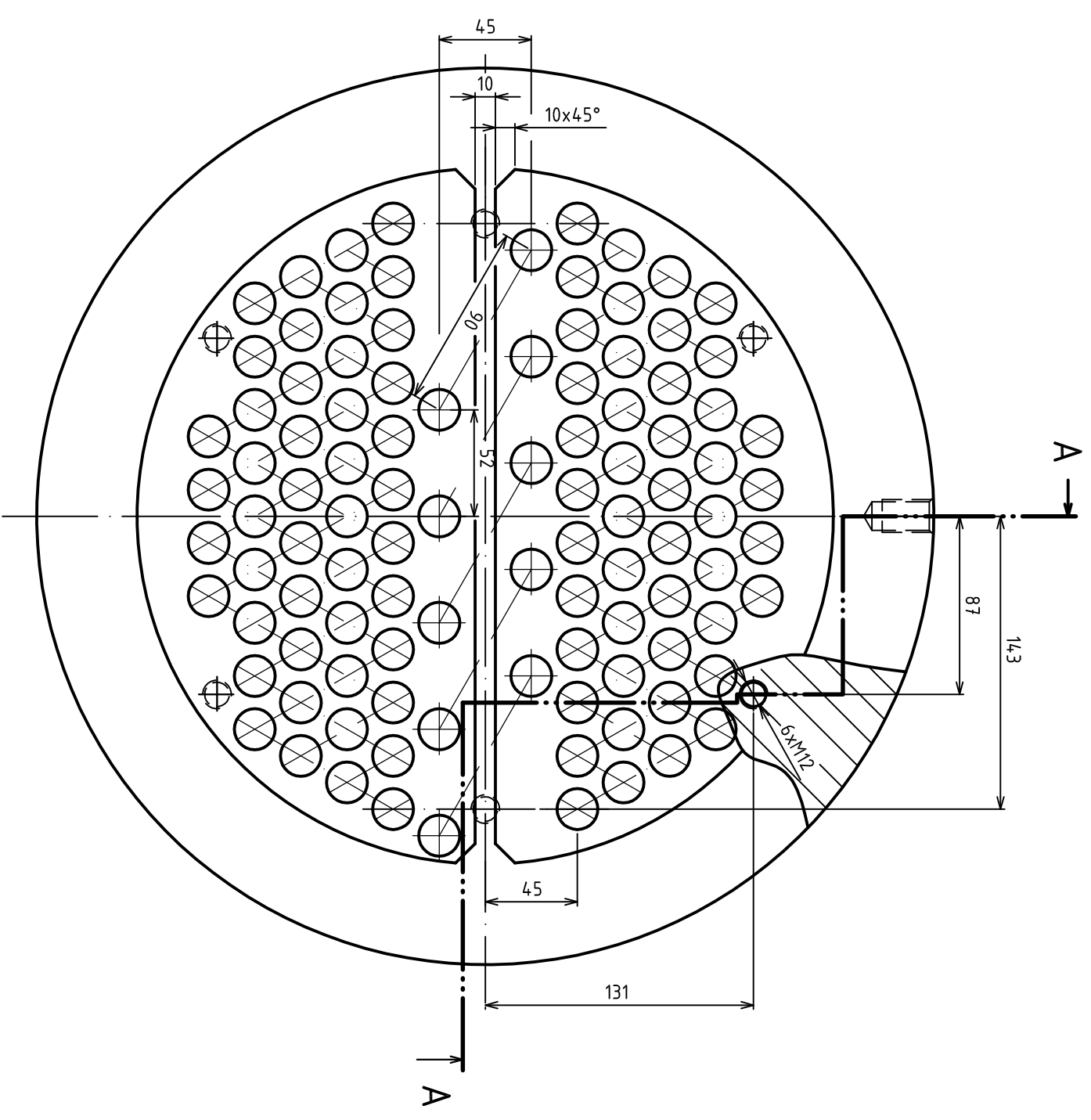
TGH
Renova s.r.o.

Stav	Změna	Datum	Jméno	Podpis	Průběh	Průběh

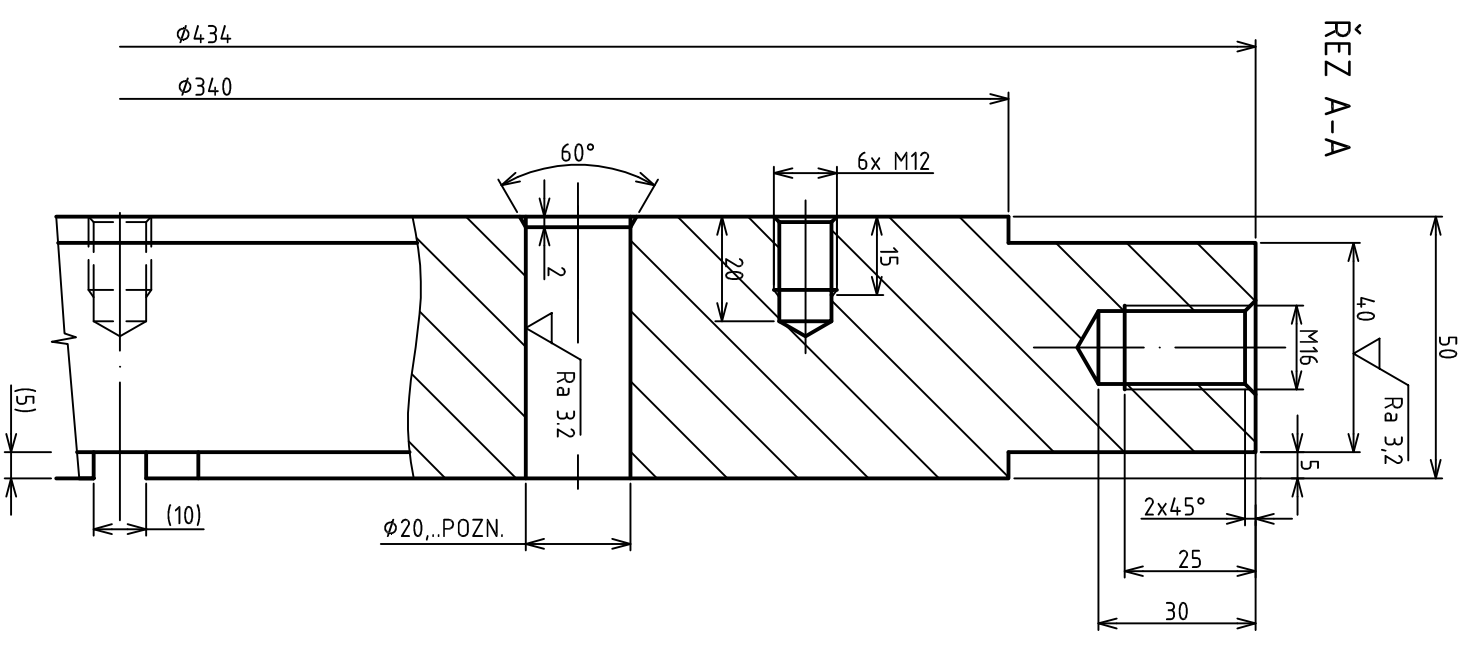
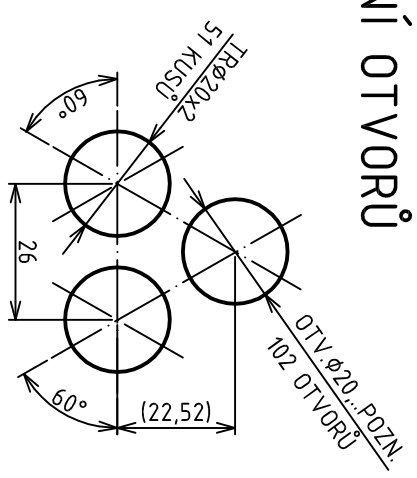
VLÁSENKA
PRÍLOHA P VI
REVIZE 00
1/1

Měřítka: 1 : 8
Hraní: ±0,3
Přeměsti: ISO 13 290 - CG
Přeměsti: ISO 13 290 - CG
CHRAŇENO DLE ISO 18016

√ Ra 6,3 / √ Ra 3,2



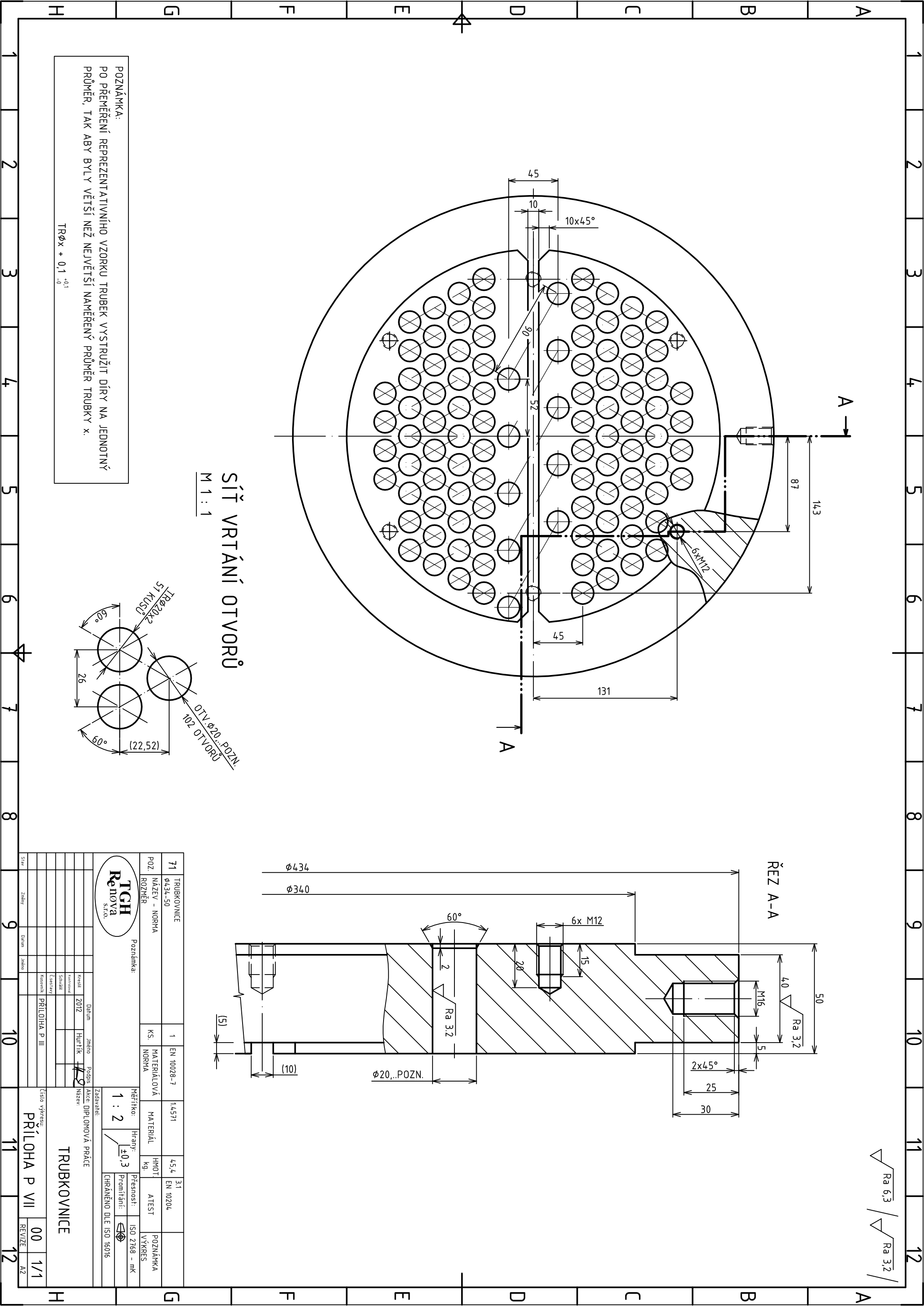
SÍŤ VRTÁNÍ OTVORŮ
M 1 : 1

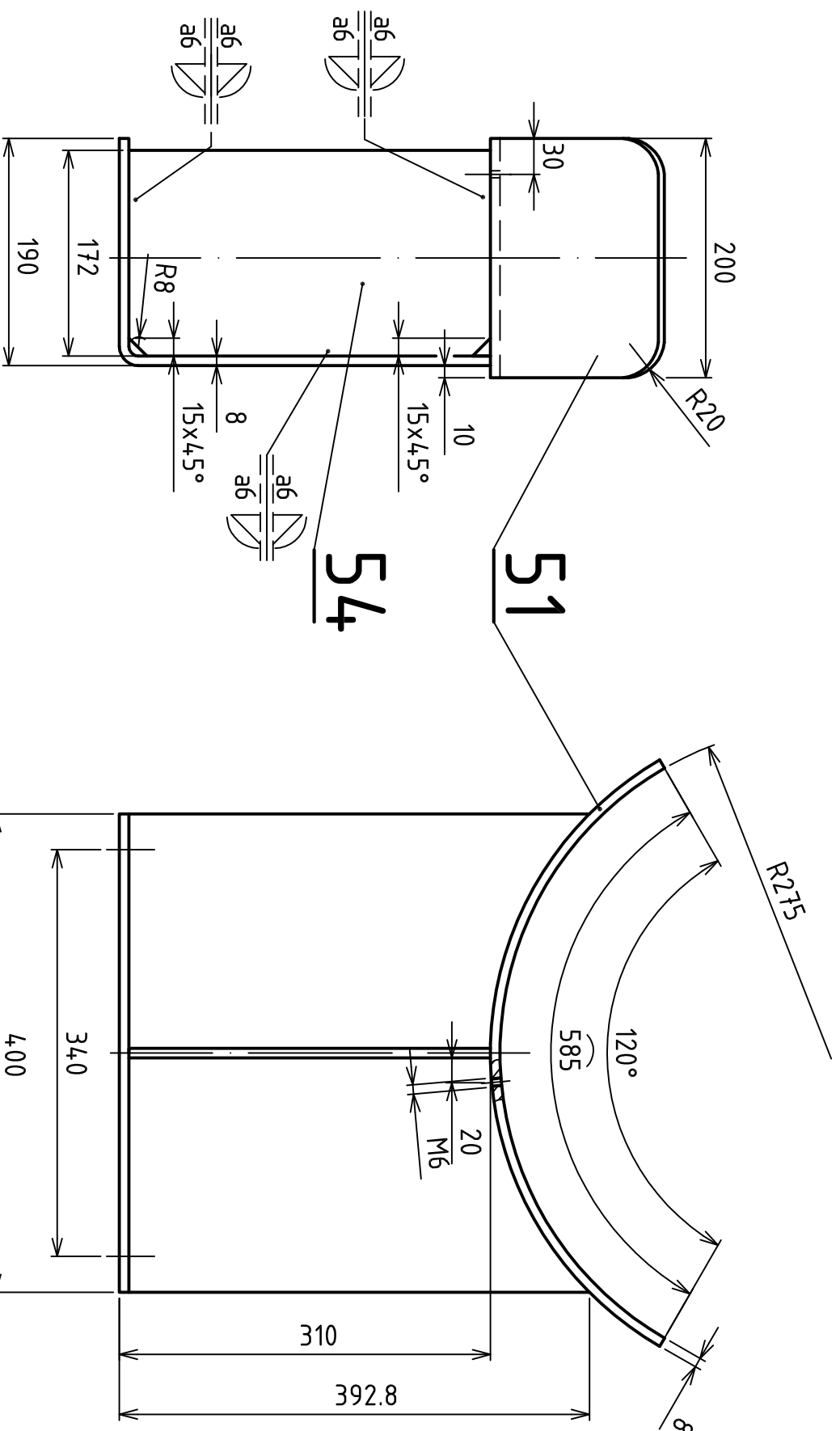


POZNÁMKA:
PO PŘEMĚŘENÍ REPREZENTATIVNÍHO VZORKU TRUBEK VYSTRUŽIT DÍRY NA JEDNOTNÝ PRŮMĚR, TAK ABY BYLY VĚTŠÍ NEŽ NEJVĚTŠÍ NAMĚŘENÝ PRŮMĚR TRUBKY X.
TRØx + 0,1^{+0,1}₋₀

71	TRUBKOVNICE	1	EN 10028-7	14,571	45,4	3,1	
POZ.	NÁZEV - NORMA	KS.	MATERIÁLOVÁ NORMA	MATERIÁL	HNOTI	ATEST	POZNÁMKA
	ROZMĚR				kg.	VYKRES	
Poznámka: Měřítko: Hrany: Přesnost: Promítní: ČHRÁNĚNO DLE ISO 16016							
1 : 2 ±0,3							
Zadavatel: Jméno: Podpis: Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE							
Datum: 2012 Hurčík: AZ							
Kreslil: Konečný: Surový: Č. sestavy: Kvalifik: PRÍLOHA P III							
Stav: Zobra: Datum: Jméno:							
Číslo výkresu: PRÍLOHA P VII							
REVIZE: 00 1/1							
AZ							

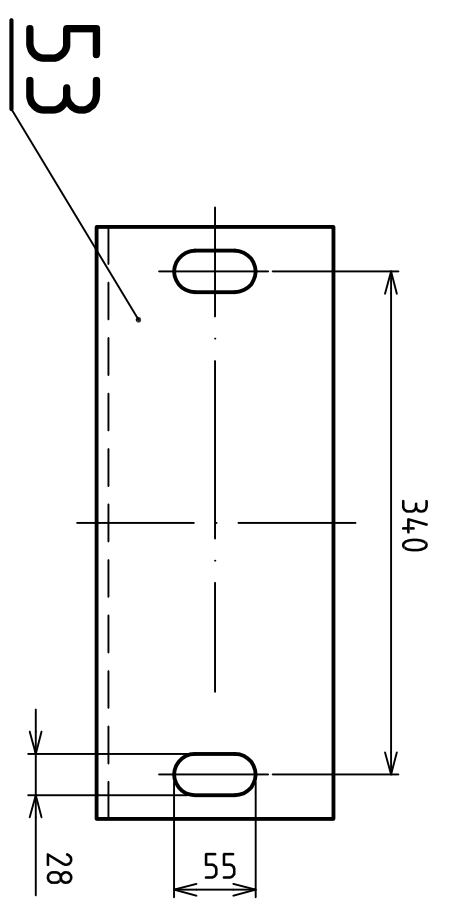
TRUBKOVNICE



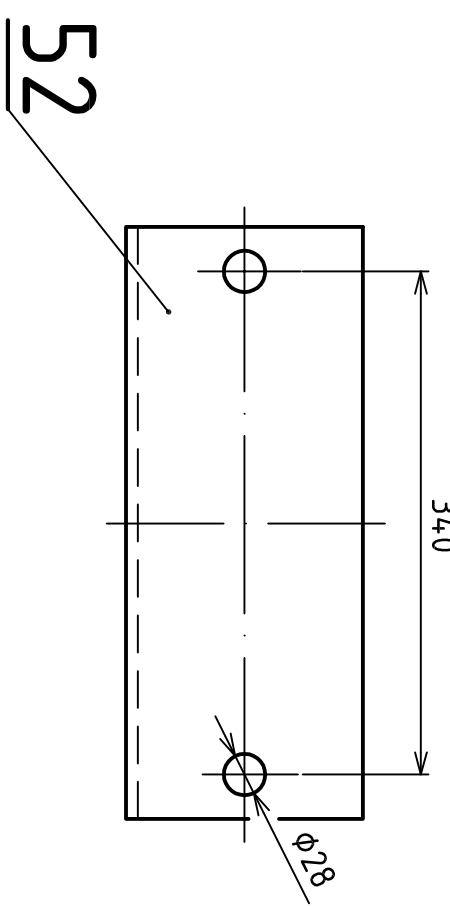


↑ A

POHLED A



POHLED A



POZ.	NÁZEV - NORMA ROZMĚR	KS.	MATERIÁLOVÁ NORMA	MATERIÁL	HMOT. kg.	ATEST	POZNÁMKA VÝKRES
54	ŽEBRO P8x172x302	2	EN 10028-2	S235JR	6,5	2:1 EN 10204	
53	STOJINA II. P8x400x570	1	EN 10028-2	S235JR	14,3	2:1 EN 10204	
52	STOJINA I. P8x400x570	1	EN 10028-2	S235JR	14,3	2:1 EN 10204	
51	PLECH PODLOŽNÝ P8x200x585	2	EN 10028-7	1,4541	14,7	3:1 EN 10204	



Poznámka:

Stav	Změny	Datum	Jméno

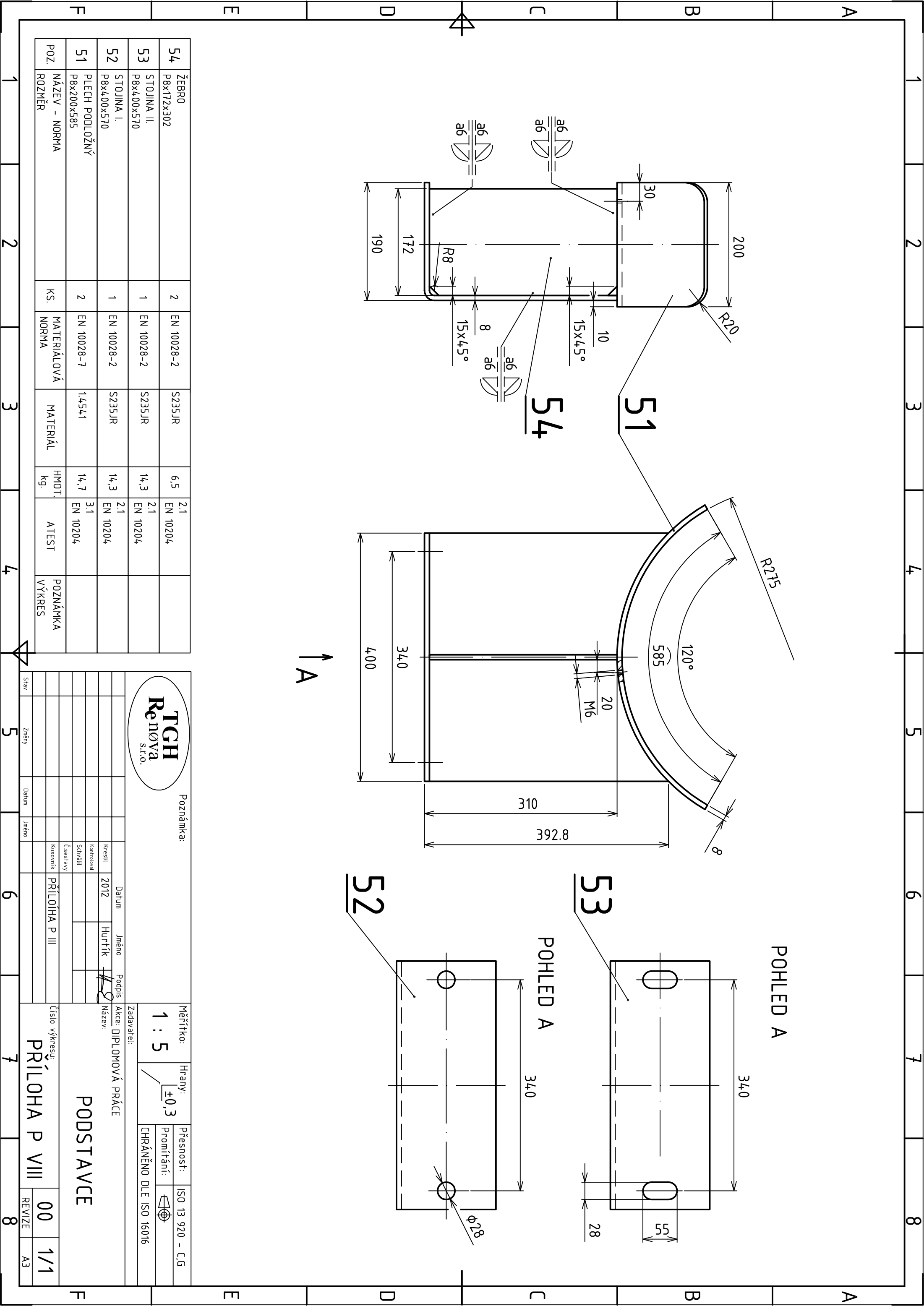
Měřítko:	Hrany:	Přesnost:	ISO 13 920 - C, G
1 : 5	±0,3	Promítání:	CHRÁNĚNO DLE ISO 16016

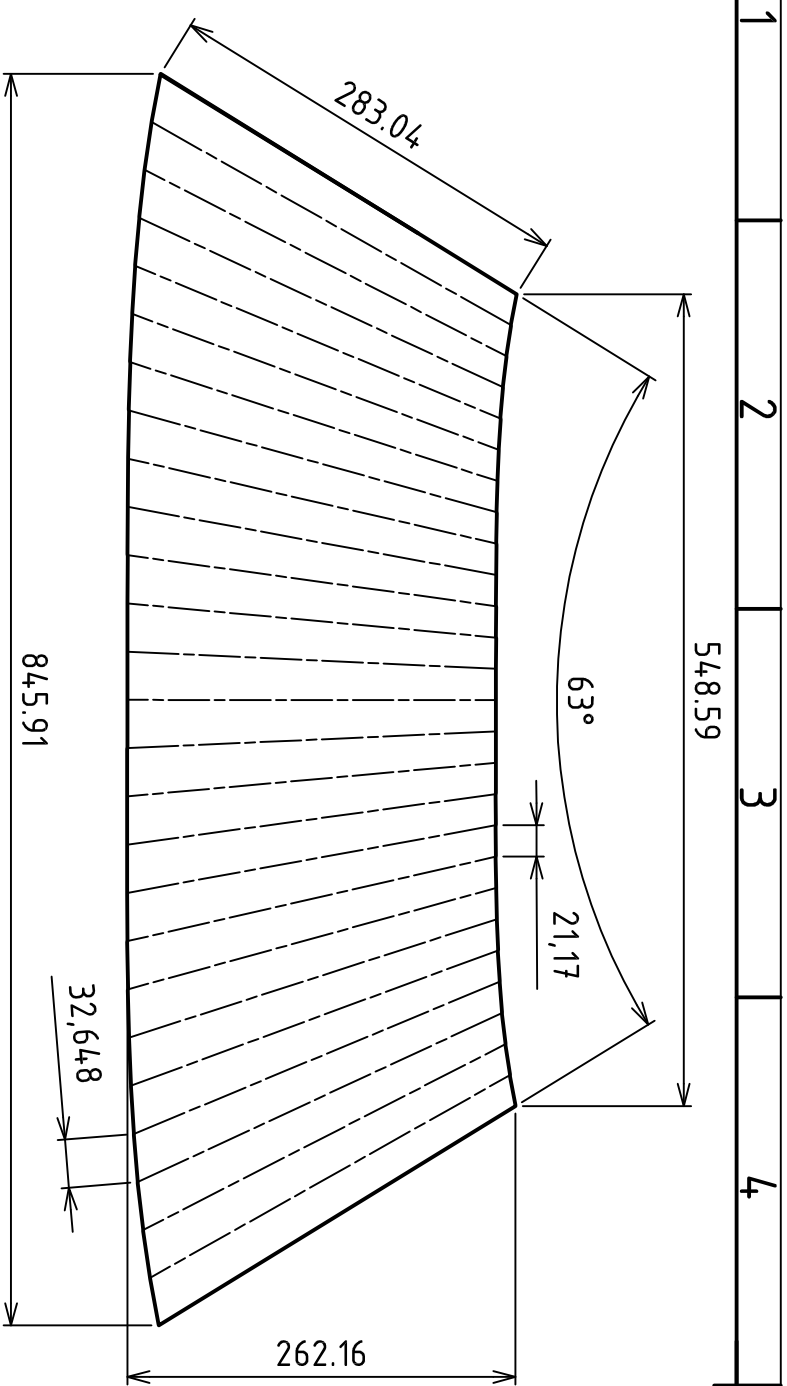
Zadavatel: Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE

PODSTAVCE

Číslo výkresu: PŘÍLOHA P VIII

REVIZE 00 1/1



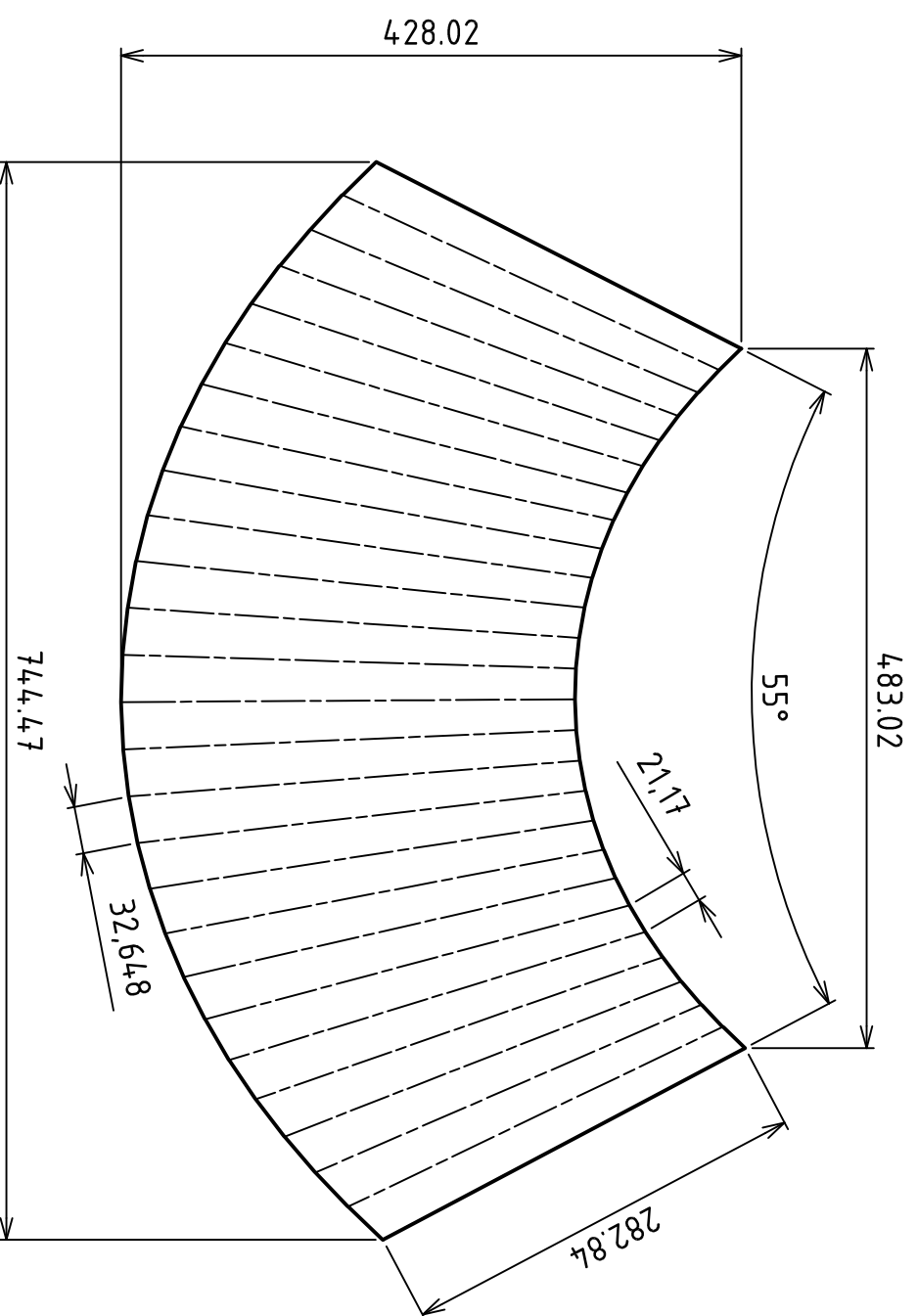
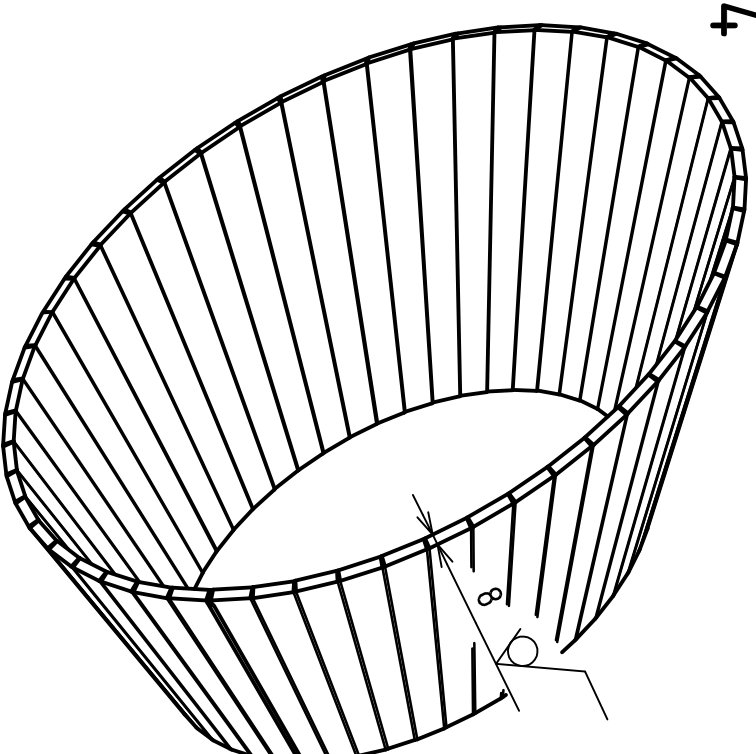


Ø360x8

52 dílků 21,17mm

Ra 12,5

Ø360x8 na Ø550x8
Kf=0,44



Ø550x8
52 dílků 32,648mm

4	EXCENTRICKÝ PŘECHOD Ø360x8/Ø550x8-249	1	EN 10028-7	1,4541	24,7	3,1	EN 10204	
POZ.	NÁZEV - NORMA ROZMĚR	KS.	MATERIÁLOVÁ NORMA	MATERIÁL	HMOT. kg.	ATEST	POZNÁMKA	
Poznámka:				Měřítko:	Hrany:	Přesnost:	ISO 13 920 - C, G	
				1 : 5	±0,3	Promítání:	ISO 13 920 - C, G	
				CHRÁNĚNO DLE ISO 16016				



Zadavatel:		Datum		Jméno		Podpis		Akce: DIPLOMOVÁ PRÁCE	
		2012		Hurtík					
Kreslil		Kontroloval		Schválil		Čestně vyhlášen		Kusovník	
				PRÍLOHA P III					
Stav		Změny		Datum		Jméno		Číslo výkresu:	
								PRÍLOHA P IX	
								00	
								1/1	
								REVIZE	
								A3	

EXCENTRICKÝ PŘECHOD

PRÍLOHA P IX

