VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKCE SVAŘOVACÍCH A TESTOVACÍCH PŘÍPRAVKŮ PRO TLAKOVÉ NÁDOBY

DESIGN OF WELDING AND TESTING TOOLS FOR PRESSURE VESSELS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE **RADEK KVAPIL**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE **doc. Ing. JAN BRANDEJS, CSc.**
SUPERVISOR

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Radek Kvapil

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Konstrukce svařovacích a testovacích přípravků pro tlakové nádoby

v anglickém jazyce:

Design of Welding and Testing Tools for Pressure Vessels

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh svařovacích a testovacích přípravku pro tlakové nádoby s těmito parametry: Svařovací a testovací přípravky budou navrženy dle požadavku firmy PV-Czech pro svařování robotem a zkoušky v testovacím boxu.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)
1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Varianty konstrukčního řešení
5. Optimální konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Bibliografie

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva, výkresy sestavení
Typ práce: konstrukční
Účel práce: výzkum a vývoj

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, J. E., MISCHKE, Ch. R., BUDYNAS, R. G. Konstruování strojních součástí. Překlad 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 14. 11. 2012

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením svařovacích a testovacích přípravků pro tlakové nádoby. Cílem je vytvořit jednoduché konstrukční řešení. Návrh musí zajistit snadnou montáž pro případ korekce některé z části sestavy. Práce obsahuje ukázky konstrukčního řešení pro jiné typy nádob, návrh konstrukčního řešení pro zadané nádoby, výkresovou dokumentaci, postup při svařování a testování v těchto přípravcích.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tlaková nádoba, svařovací přípravek, testovací přípravek

ABSTRACT

Bachelor's thesis is focused on design of welding and testing jigs for pressure vessels. The aim of this project is to create simple design. The design must ensure easy installation in case some of the correction of the report. Thesis includes design examples for other types of vessels, structural design solutions for the specified vessels, drawings, procedure of welding and testing in these jigs.

KEY WORDS

Pressure vessel, welding jig, testing jig

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KVAPIL, R. *Konstrukce svařovacích a testovacích přípravků pro tlakové nádoby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 37 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma *Konstrukce svařovacích a testovacích přípravků pro tlakové nádoby* jsem vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jana Brandejse, CSc. a uvedl v seznamu veškerou použitou literaturu.

V Brně dne: _____

_____

Radek Kvapil

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Janu Brandejsovi, CSc. za jeho vstřícnost a odborné vedení, firmě PV-Czech, že mi umožnila pracovat na tomto projektu. Dále děkuji své rodině za vytvoření podmínek pro tvorbu a své přítelkyni za podporu během tvorby bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD **13**
1. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ **14**
1.1 Přehled výrobců 14
1.1.1 POMAR CZ s.r.o. 14
1.1.2 PANNONTECH Bohemia s.r.o. 14
1.1.3 VANĚK, s.r.o. 15
1.1.4 Vítkovice cylinders a.s. 15
1.2 Culobel 16
1.3 Typy tlakových nádob 17
1.3.1 Základní dělení 17
1.4 Současný způsob výroby tlakových nádob 20
2. ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE **19**
2.1 Provozní požadavky 19
2.1.1 Požadavky kladené na svařování 19
2.1.2 Požadavky kladené na testování 20
3. VARIANTY KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ **21**
3.1 Volba materiálu pro svařovací přípravky 21
3.2 Způsob polohování pláště vůči víkům nádoby a dosedacímu kříži 22
3.2.1 Přivaření dosedacího kříže na víčko 22
3.2.2 Přivaření manipulačního háku na víčko 23
3.2.3 Způsob polohování pláště 23
3.2.4 Poloha víček vůči plášti 24
3.3 Přesná poloha měděných vývodů 25
3.4 Možnost dodatečné korekce rozměrů 25
3.5 Volba materiálu testovacího zařízení 25
3.6 Způsob uchycení a těsnění výstupních trubek 25
3.7 Natlakovaní nádoby 27
3.8 Volba materiálu upínací části 28
3.9 Volba těsnícího materiálu 28
4. OPTIMÁLNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ **29**
4.1 Výběr materiálu svařovacích přípravků 29
4.2 Nastavení dílů do patřičné polohy a jejich zajištění 29
4.3 Korekce rozměru 30
4.4 Materiál testovacích přípravků 30
4.5 Těsnění vývodů 31
4.6 Tlakovaní nádoby 31
4.7 Těsnící materiál 31
4.8 Pneumatické válce 32
5. DISKUZE **33**
6. ZÁVĚR **34**
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ **35**
8. SEZNAM OBRÁZKŮ **36**
9. SEZNAM PŘÍLOH **37**

ÚVOD

Současné trendy výrovy směřují stále více k maximální automatizaci, tomu napomáhá také neustálý vývoj řídicí techniky a robotů. Důvody jsou jednoduché, mnohonásobně zvýšená efektivita v důsledku větší rychlosti a přesnosti práce strojů než lidí. Ve strojírenství se však mnohdy jedná o kusovou, nebo málo sériovou výrobu, zde je plná automatizace neekonomická díky vysokým pořizovacím nákladům na automatické výrobní linky, také díky dlouhým časům na seřízení a vyladění výrobní linky. Proto se firmy uchylují k polo-automatizaci, která spočívá ve spolupráci člověka se strojem, jednoduše řečeno, člověk vloží polotovary do různých přípravků, stroj provede operaci a člověk vymění obrobený kus za další polotovar. Stejně je tomu i při výrobě tlakových nádob, kde pro řádově tisícové série nemá důvod investovat finance i čas do plně automatizované výrobní linky.
Cílem této bakalářské práce je návrh konstrukčního řešení svařovacích a testovacích přípravků pro tři typy nádob dle zadání firmy PV-Czech, tak aby minimalizovaly čas na přípravu výroby, ulehčily práci operátorovi, a zároveň byly vhodné pro užití ve svařovacích a testovacích boxech, kterými je firma vybavena. Svařovací přípravky musí byt navrženy tak, aby svařenec splňoval kritéria přesnosti a bylo možné jednoduché vyjmutí svařence z přípravku. Zároveň musí být brán ohled na to, že nádoby jsou testovány tlakem vzduchu pod vodou kvůli bezpečnosti.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1.1 Přehled výrobců

1.1.1 POMAR CZ s.r.o.

Česká společnost zabývající se výrobou svařovaných ocelových nádob, nádrží a také výrobou potrubních dílů. Historie firmy sahá do poválečných let, ale na trhu samostatně působí od roku 1994. Firma vyrábí ocelové tlakové nádoby pro průmysl v souladu s direktivitou PED (Pressure Equipment Directive). Firma má vlastní konstrukční oddělení, které navrhuje nádoby dle norem:

EN 13445, PED
AD Merkblätter – AD2000, PED
ČSN 690010

Obr. 1-1 Model tlakové nádoby firmy POMAR [1]

1.1.2 PANNONTECH Bohemia s.r.o.

Firma se prezentuje výrobou od malých nerezových nádrží až po kotle na spalování biomasy. Zakládá na bohaté tradici. Vyrábí celky pro energetiku, stavebnictví a těžební průmysl. Od oblasti arktického Ruska, po ropný průmysl v Surinamu.

Obr. 1-2 Válcová část tlakové nádrže **[2]**

1.1.3 VANĚK, s.r.o.

1.1.3

Ryze česká firma založena roku 1991 vyrábí vysoce kvalitní tlakové nádoby a tlaková zařízení. Zaměřuje se na sériovou i kusovou výrobu tlakových nádob dle zákazníkových požadavků. Nádoby jsou určeny pro všechny druhy médií v širokém rozsahu teplot i tlaků. Jsou vyráběny z uhlíkových, ušlechtilých ocelí, případně pogumované nebo zinkované. Mimo tlakové nádoby firma také vyrábí výměníky tepla, a to trubkové, které jsou určeny pro nepřímou výměnu tepla mezi dvěma médii. Dále také vyrábí vzduchojemy silničních a kolejových vozidel, které jsou používány pro pneumatické brzdy a pomocná zařízení.

Obr. 1-3 Ukázka tlakové nádoby firmy VANĚK [3]

1.1.4 Vítkovice cylinders a.s.

1.1.4

Jedná se o divizi firmy VITKOVICE MACHINERY GROUP. Tato divize produkuje tlakové ocelové nádoby pro přepravu a skladování plynů pro užití ve stavebnictví, potravinářství, průmyslu, zdravotnictví, hasicí technice a také jako dýchací přístroje.
V posledních letech začala firma vyrábět také nádoby pro stlačený zemní plyn pro pohon vozidel a tlakové zásobníky pro plnící stanice na stlačený zemní plyn.
Vítkovice cylinders využívají mimo výrobu z trubek také technologii zpětného protlačování. Tato divize každoročně vyprodukuje více než 500 000 ocelových lahví, které vyváží do celého světa.

Obr. 1-4 Nádrž na zemní plyn (CNG) [4]

1.2 CULOBEL Pressurised

Roku 2005 přesunula firma Culobel část své výroby z Belgie do České republiky, na severní Moravu. Ve městě Frýdlant nad Ostravicí, v malé hale s 15 zaměstnanci, několika lisy a svařovacím robotem přivezeným z Belgie, začala firma produkovat především lisované výrobky. Dodnes se firma modernizovala, rozrostla o několik divizí, získala certifikát ISO-9001 a zaměstnává více než 150 zaměstnanců. Jedná se o nejvýznamnější a nejrychleji rostoucí divizi belgické společnosti CULOBEL n.v. Firma nabízí širokou paletu nádob a nádrží pro různé účely. Zaměřuje se na sériovou produkci, je ale také schopna dodat standardizované nádrže. Další divizí, která je úzce spjatá s divizí Pressurized je Subcontrecting, část firmy zabývající se především lisováním kovů. Využívá know-how, vytvořené v průběhu desetiletí na belgickém trhu. Divize Subcontracting se profiluje jako flexibilní a dlouhodobý partner pro zákazníky. Je schopna zajisti mimo lisování kovů, také povrchovou úpravu, balení a přepravu. 4. 10. 2007 byla oficiálně otevřena výrobní hala v Číně. Tato divize produkuje výrobky nejen na Asijský trh, ale také do Evropy.

Obr. 1-5 Tlakové nádoby firmy CULOBEL [5]

1.3 Typy tlakových nádob

1.3.1 Základní dělení

Nádoby jsou rozděleny podle způsobu použití.

- **Tlakové nádoby stabilní**

  Jsou trvale spojeny se zdrojem tlaku.

  - Akumulační nádoby

    Slouží k akumulaci energie neboli uchovávání ohřáté vody v topných systémech. Používají se pro topné systémy, solární techniku, tepelná čerpadla a jiné zařízení pro ohřev vody.
  - Expandéry

    Tlakové nádoby sloužící k uvolnění tlaku z vysokotlaké páry a odvodu kondenzátu. Jsou opatřeny hrdly pro vstup a výstup páry, výstup kondenzátu, pro pojistný ventil, měření a regulaci.
  - Filtry

    Stojaté válcové nádoby s tryskovým dnem. Filtry je možno opatřit náplní pískovou, kodexovou nebo náplní aktivního uhlí.
  - Ohřívače vody

    Slouží pro ohřev a akumulaci teplé užitkové vody.
  - Větrníky

    Slouží jako zásobní a vyrovnávací nádrže v systémech rozvodu vody.
  - Vzdušníky

    Nejčastěji používány jako zásobárny stlačeného vzduchu pro kompresory.
  - Výměníky tepla

    Tepelné výměníky jsou aparáty určeny pro nepřímou výměnu tepla mezi dvěma médii.
  - Kalníky

    Kalníky chrání teplovodní kotle, výměníky tepla, otopná tělesa rozvody před korozí shromažďováním kalů a nečistot. Zvyšují spolehlivost armatur. Umisťují se před zdroj tepla.
  - Sítové filtry

    Slouží k odfiltrování hrubých nečistot z průmyslových chemikálií. Filtry jsou opatřeny sítovým košem, který je možno vyjmout a vyčistit.
  - Zásobníky kondenzátu

    Používají se převážně v kotelnách. Slouží pro uskladnění vody, kondenzátu, případně různých chemikálií mají také použití v kompresorových stanicích.
- **Tlakové nádoby mobilní**

  Se zdrojem tlaku jsou spojeny pouze při plnění.

  - Láhve

    Nádoby s objemem do 130 litrů, nejčastěji zásobníky plynů, mají vždy stejný tvar a nezaměnitelné připojení.
  - Sudy

    Nádoby s objemem mezi 100 a 800 litry.

- Cisterny
  Ostatní nádoby na plyny, zpravidla větších objemů, bývají pevně spojeny s podvozkem.
- Kryogenické nádoby
  Tepelně izolované nádoby pro zkapalněné plyny s objemem do 1000 litrů.

Tlakové nádoby můžeme také rozdělit na dva typy, podle toho zda mají vak, nebo nemají.
Dále lze nádoby dělit dle materiálu a způsobu povrchové úpravy.

1.4 Současný způsob výroby tlakových nádob

Firma má na každý typ nádoby, svařovací a testovací přípravek. Modely nádob D8811, D8812 a D8813 jsou nové typy nádob, které se ještě nevyráběly. Doposud bylo vyrobeno jen několik málo prototypů. Všechny byly vyrobeny na svařovací stolici, kde byly vývody přesně uchyceny pomocí upínek a sváry byly provedeny ručně. Testování takto svařených nádob bez testovacích přípravků je téměř nemožné, provádí se univerzálními hlavicemi, které vývody utěsní. Tento způsob testování je zdlouhavý a proto nevhodný pro sériové zakázky. Navíc tato výroba je nepřesná, velmi zdlouhavá a tudíž i poměrně nákladná. Žádá si po maximální automatizaci. To je důvod, proč je potřeba vyrobit svařovací a testovací přípravky.

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

2.1 Provozní požadavky

2.1.1 Požadavky kladené na svařovací přípravky

Základní požadavek je ten, že nádoby D8811 se budou svařovat v samostatném přípravku, zatímco nádoby D8812 a D8813 se budou svařovat v jednom přípravku, toto je z důvodu úspory materiálu použitého na přípravcích. Toto umožňuje fakt, že vývody z těchto dvou typu nádob jsou umístěny dosti podobně. Další z požadavků je ten, že musí byt brán zřetel na operátora a na hmotnost nádoby, tudíž svařovací přípravek musí byt navržen tak, aby byla manipulace se svařenou nádobou co nejjednodušší, aby ji operátor musel zvedat jen minimálně. Přestože je nádoba svařována, firma požaduje poměrně velkou přesnost polohy tenkostěnných měděných výstupních trubek, které nesmí být deformovány, vůči kříži, na kterém nádoba stojí. Svařovací přípravky musí být navrženy tak, aby tuto přesnost zaručovaly. Firma požaduje také konstrukční řešení takové, aby umožňovalo dodatečnou korekci některých rozměrů, pokud by došlo k úpravě polohy výstupních trubek. Při návrhu musí být zohledněna také teplotní délková roztažnost materiálu, protože při sériovém svařování dochází k ohřevu cca 40 °C, tato hodnota byla zjištěna měřením. Proto musí být proveden výpočet, zda při tomto roztažení budou rozměry ještě v tolerancích. Dalším z problémů je volba materiálu, který úzce souvisí s konstrukčním řešením. Svařovací přípravky musí být dosti tuhé, nejlépe také lehké kvůli manipulaci se samotnými přípravky, a také musí byt zohledněno, že při technologii svařování dochází k rozstřiku malých kuliček kovu, které mají vysokou teplotu a mohou se k některým materiálům připékat.

Na základě těchto požadavků vzniklo několik problémů, které je nutno vyřešit.

- Volba materiálu pro svařovací přípravky
- Svaření dosedacího kříže a víka nádoby
- Způsob polohování pláště vůči víkům nádoby
- Přesný způsob polohování výstupních měděných trubek
- Návrh tak, aby měl svařovací robot dostatek prostoru pro zhotovení svaru
- Možnost dodatečné korekce některých rozměrů

2.1.2 Požadavky kladené na testovací přípravky

Požadováno je zhotovení testovacích přípravků, v nichž bude probíhat nedestruktivní zkouška. Z bezpečnostních důvodů probíhá zkouška v testovacím zařízení pod vodou. Nádoby jsou testovány tlakem vzduchu 6 MPa. Základním problémem je způsob utěsnění měděných tenkostěnných trubek vystupujících z nádoby. Firma požaduje návrh pro bezpečnější uchycení a utěsnění výstupních trubek, než které doposud používá. Výstupní trubky nesmí být deformovány, proto je potřeba použít pro těsnění měkkých materiálů. Současně musí být možnost jednoduché výměny tohoto materiálu. Při návrhu uchycení a utěsnění trubek musí byt bráno v potaz, že jednou z výstupních trubek bude nádoba plněna na požadovaný testovací tlak. Dále požaduje, přidání bezpečnostního prvku na testovací zařízení, který by eliminoval škody způsobené roztržením nádoby.

Na základě těchto požadavků vzniklo několik problémů, které je nutno vyřešit.

- Volba materiálů testovacího zařízení
- Způsob uchycení a těsnění výstupních trubek
- Natlakovaní nádoby
- Volba materiálu upínací části
- Volba těsnícího materiálu
- Bezpečnostní prvek

3 VARIANTY KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

3.1 Volba materiálu pro svařovací přípravky

Při volbě materiálu je nutno zohlednit základní požadavky kladené na svařovací přípravky a to jsou:

- Tuhost přípravku
- Teplotní délková roztažnost
- Přichycení odskakujících kovových kuliček od svarů
- Možnost dodatečné korekce některých rozměrů
- Hmotnost
- Opotřebení

Do řešení připadají v úvahu tři typy materiálu, a to:

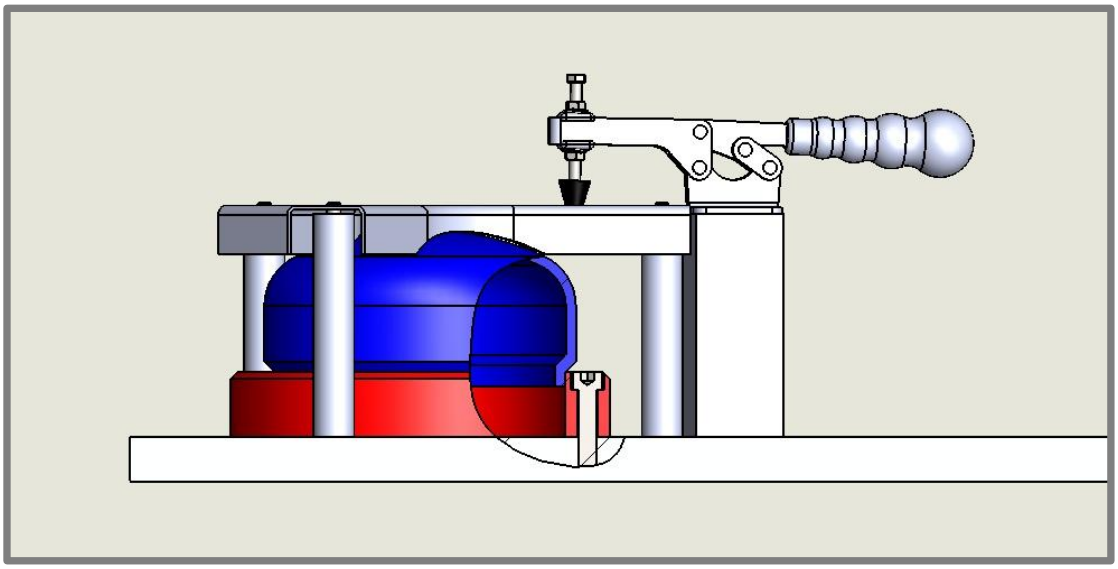
- Konstrukční oceli třídy 11
- Korozivzdorná ocel
- Slitiny hliníku

Mezi hlavní výhody konstrukčních ocelí patří dobrá obrobitelnost, u většiny dobrá, až zaručená svařitelnost, vysoká mez pevnosti, která by zvýšila tuhost přípravku. Ovšem konstrukční ocel má také řadu nevýhod. Na tyto oceli se také jednoduše připéká rozstřik svarového materiálu. Vysoká hmotnost, která by musela být kompenzována konstrukčním řešením, pravděpodobně jäklovou konstrukcí, takováto konstrukce by značně ztížila případnou korekci rozměrů. Mezi nevýhody této oceli patří také náchylnost ke korozi, ke které by ve vlhkém prostředí určitě docházelo.
Korozivzdorné oceli by měly zamezit případnému vzniku koroze, ale toto není stoprocentně zajištěno, pokud by takováto nerezová ocel přicházela pravidelně do styku s ocelí, která nemá vlastnost zabránění vzniku koroze. Problémem je také rozstřik svařovacího materiálu, který se na tuto ocel přichytí, ovšem oproti konstrukční oceli třídy 11 je tato přilnavost snížena. Problémem je také vysoká hustota nerez oceli a tudíž také vysoká hmotnost přípravku. Dalším problémem je také vysoká cena nerez oceli, která by rapidně zvedla cenu celého přípravku. Mezi velké problémy těchto ocelí patří také špatná obrobitelnost. Jednou z výhod této oceli je odolnost vůči opotřebení často zatížených ploch.
Mezi další alternativu materiálu patří konstrukční slitiny hliníku, ty sice ve většině případů nedosahují pevnostních hodnot jako konstrukční a korozivzdorné oceli, ovšem díky výrazně menší hustotě je možno použít robustnější konstrukci a tím zajistit tuhost svařovacího přípravku. Odolnost vůči přichycení žhavého rozstřiku patří nesporně také mezi dobré vlastnosti těchto materiálu. Jednou z nevýhod je nezaručená svařitelnost některých slitin, toto se však kompenzuje výbornou obrobitelností a v případě volby tohoto materiálu by se muselo jednat o montovanou konstrukci, která by zaručila jednoduchou výměnu, nebo úpravu některých dílů a tím zajistila dodatečnou korekci rozměrů. Mezi nevýhody hliníku ovšem patří výrazně větší teplotní dilatace. Koeficient teplotní délkové roztažnosti těchto slitin dosahuje až dvojnásobné hodnoty jako koeficient oceli.

3.2 Způsob polohování pláště vůči víkům nádoby a dosedacímu kříži

3.2.1 Přivaření dosedacího kříže na víčko

Dříve než se budou svařovat samotná víka k plášti je nutno na tyto víka přivařit dosedací kříž na jedno a manipulační hák na druhé. Určení polohy dosedací plochy kříže musí být velmi přesné vůči lemu víka, neboť právě k této ploše jsou vztahovány všechny rozměry nádoby. Pro tento případ se nabízí pouze jedno řešení a to přivařit kříž k víku dříve než se bude spolu svařovat víko s pláštěm. Tato operace proběhne tak, že se vloží víko do mezikruží, tak že dosedne na odsazenou hranu, poté se na něj položí kříž, který zároveň dosedne na tři podpěry, tato poloha se zajistí vodorovnou upínkou 120UZ firmy JC-Metal. Přítlačná síla upínky F_P=1000 N je dostatečná pro zajištění polohy než dojde k samotnému svaření. Na Obr. 3-1 lze vidět návrh uložení dosedacího kříže a víka. Částečný řez znázorňuje dosednutí osazení víka, které je zhotoveno na rolovacím stroji do mezikruží.



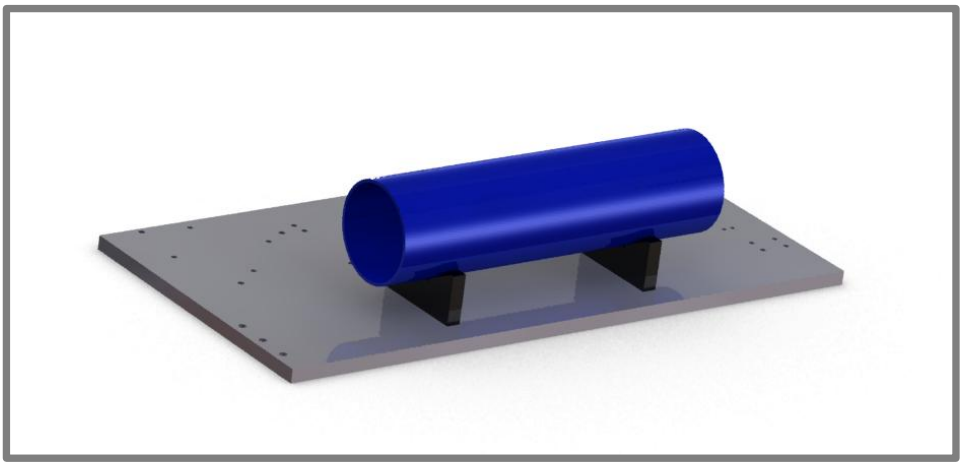
Obr. 3-1 Uložení víčka s dosedacím křížem

3.2.2 Přivaření manipulačního háku na víčko

Navzdory tomu, že se jedná pouze o manipulační hák určený k manipulaci při provádění povrchové úpravy, je dle zadání výkresu nutno dodržet tolerance. K řešení tohoto problému se nabízí dvě možnosti a to zaprvé přivařit hák k víku dříve než se bude umisťovat a svařovat víko k plášti, nebo zadruhé až po tom, co se víko přivaří k plášti.

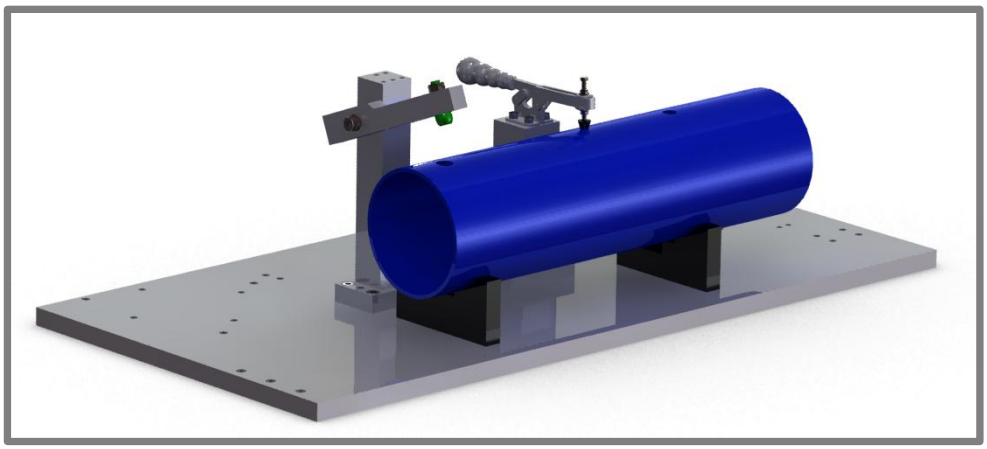
3.2.3 Způsob polohování pláště

Plášť je v testovacím přípravku položen do prizmat (viz. Obr. 3-2), tímto je zajištěná přesná poloha osy pláště.



Obr. 3-2 Uložení pláště v prizmatech

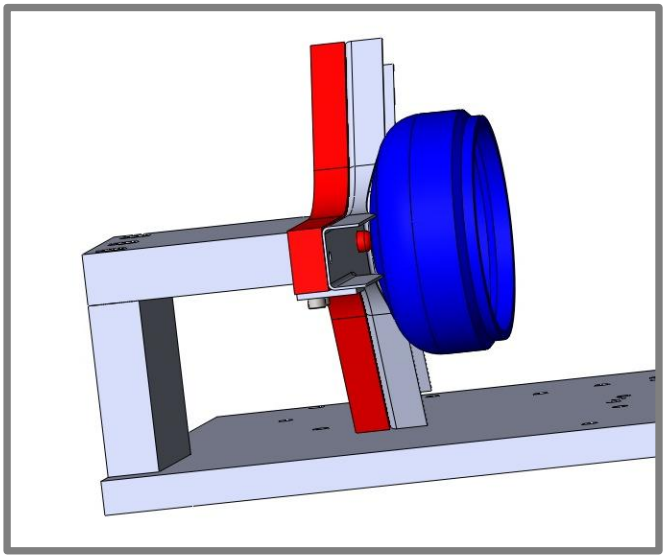
Nyní je nutno zajistit posunutí a natočení pláště. Nabízí se možnost přitlačení nádoby na doraz, ovšem po tomto doražení by bylo nutno zajistit ještě natočení, proto je vybráno polohování pomocí ramene se středícím prvkem. Toto rameno s čepem určí přesnou polohu díry v plášti, do které se později nasune měděná výstupní trubka. Je nutno také zajistit tuto polohu. To je provedeno pomocí vodorovné upínky, jedná se o nakoupený díl 130UZ firmy JC-Metal. Tato upínka má dostatečně dlouhé rameno, aby byla schopna přitlačit barel v místě nad osu vertikálně dolů. Výrobce udává přítlačnou sílu upínky F_P=2800 N, která je dostatečná k zajištění proti posunutí a natočení pláště, avšak nedochází k deformaci pláště. Umístění vodorovné upínky a ramene se středícím čepem lze vidět na Obr. 3-3.



Obr. 3-3 Zajištění polohy a přichycení pláště

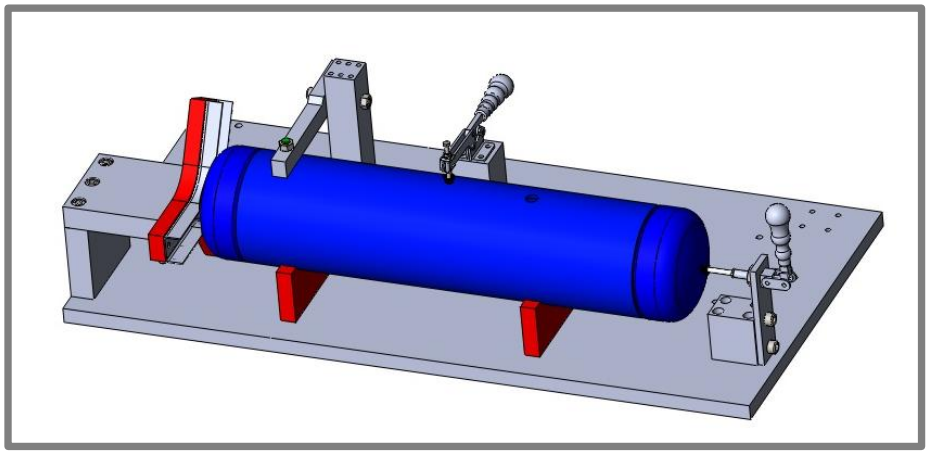
3.2.4 Poloha víček vůči plášti

Jelikož je nutné určit přesnou polohu kříže vůči celé nádobě a měděným vývodům je vhodné určit polohu víka s křížem právě přes dosedací plochu tohoto kříže. K tomuto se nabízí využití díry, která je umístěna přesně v ose kříže. Využití této díry k určení přesné polohy viz Obr. 3-4.



Obr. 3-4 Určení polohy kříže s víčkem pomocí čepu

Když je takto určená poloha podstavy, je možno položit plášť na prizmata a nasunout na lem víčka. Dále přiložit druhé víčko, které se musí zajistit. Pro zajištění druhého víčka je nejlépe zvolit nakoupený díl přímá upínka 340 nebo 350 firmy JC-Metal. Jedná se o dva nejnižší typy z řady přímých upínek této firmy s přítlačnou silou F_P=1000 N respektive F_P=2500 N.



Obr. 3-5 Jednoznačně určena poloha a zajištěny všechny díly

3.3 Přesná poloha měděných vývodů

3.3

Přesná poloha vývodů měděných trubek je podle zadání jedna z nejdůležitějších věcí. Nejen že je nutné stanovit přesnou polohu, ale také je nutné zajistit stanovení polohy, tak aby nedošlo k poškození tenkostěnných měděných vývodů. Pro splnění těchto podmínek je nutné navrhnout způsob uložení trubky. Uložení a následné zajištění polohy trubky musí být navrženo, tak aby tako operace nezabírala mnoho času. Z tohoto důvodu je ideální zvolit pro zajištění polohy opět manuální upínku s přiměřenou přítlačnou silou. Kvůli nebezpečí deformace je ideální, aby se tato síla rozložila do co největší plochy, proto je zvoleno uložení trubky v čelisti, ve které je vybrání přesně podle tvaru trubky. Při návrhu zajištění polohy musí být dbáno na materiál svařovacího přípravku a provedena kontrola teplotní roztažnosti, neboť u slitin hliníku může docházet už při malém rozdílu teplot k výrazné změně délkových rozměrů, která by mohla zapříčinit, že se poloha výstupní trubky dostane mimo tolerované rozmezí hodnot.

3.4 Možnost dodatečné korekce rozměrů

3.4

S ohledem na tento požadavek je vhodné volit spíše montovanou konstrukci svařovacího přípravku, než svařovanou. Hlavní výhodou montované konstrukce je možnost úpravy nebo úplné náhrady jednotlivých dílů, aniž by se muselo zasahovat do konstrukce řezáním. V případě svařované konstrukce by tato úprava rozměrů byla poměrně složitější. Nejspíše by muselo dojít k řezání některých částí, které by se musely zpět znovu přivařit. Při takovémto způsobu úprav muže dojít k nežádoucím nepřesnostem.

3.5 Volba materiálu testovacího zařízení

3.5

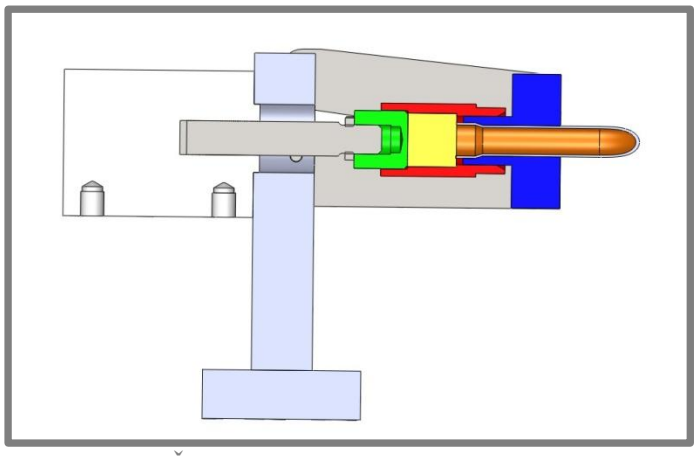
Z důvodu testování tlakových nádob pod vodou je jednoduché vyřadit materiály podléhající korozi. Styk zkorodovaných ploch by mohl způsobit vznik koroze tlakových nádob což je nežádoucí z důvodu bezpečnosti. V úvahu tedy připadají korozivzdorné materiály, tedy nerez oceli a slitiny hliníku. Stejně jako je tomu u svařovacích přípravků je i zde nutno vzít v potaz cenu materiálu, hmotnost, skloubit tuhost přípravku s pevnosti materiálu.

3.6 Způsob uchycení a těsnění výstupních trubek

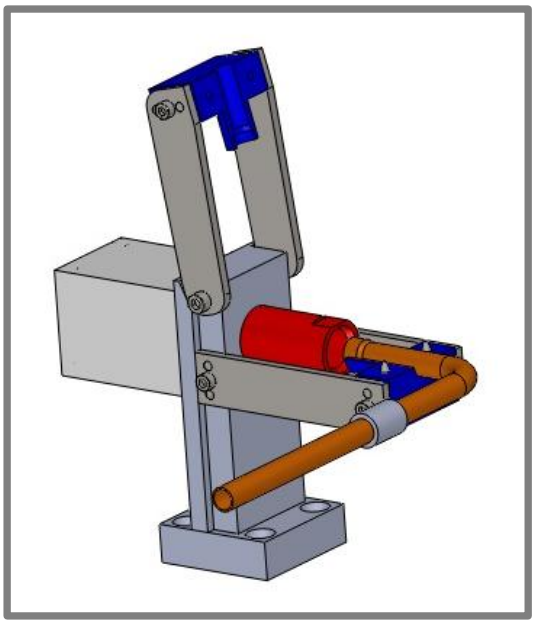
3.6

Ideálním řešením je přitlačit na hrdlo výstupní trubky nějaký měkký materiál, který je schopen hrdlo utěsnit. Díky vysokému testovacímu tlaku je síla působící na tuto těsnící látku poměrně vysoká, proto je realizován přítlak těsnící látky k hrdlu pomocí pneumatických válců. Nutno navrhnout průměr válce, tedy sílu, kterou bude válec působit proti směru síly, která je vyvolána tlakem v nádobě. Musí být brán také ohled na to, že přebytečná síla od válce se rozkládá na dosedací plochu hrdla a může tak způsobit deformaci trubky. Z tohoto důvodu je nevhodné volit předimenzované válce.

Na obrázcích 3-6a a 3-6b lze vidět jeden z konstrukčních návrhů těsnění hrdla výstupní měděné trubky.



Obr. 3-6a Řez uzavřeného těsnícího mechanismu

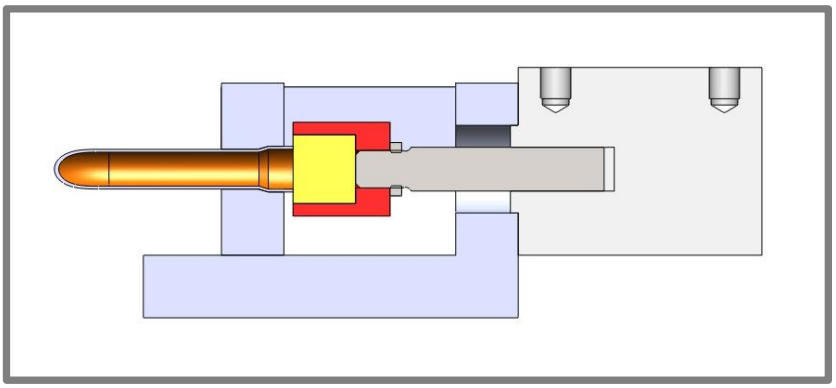


Obr. 3-6b Náhled na otevřený těsnící mechanismus

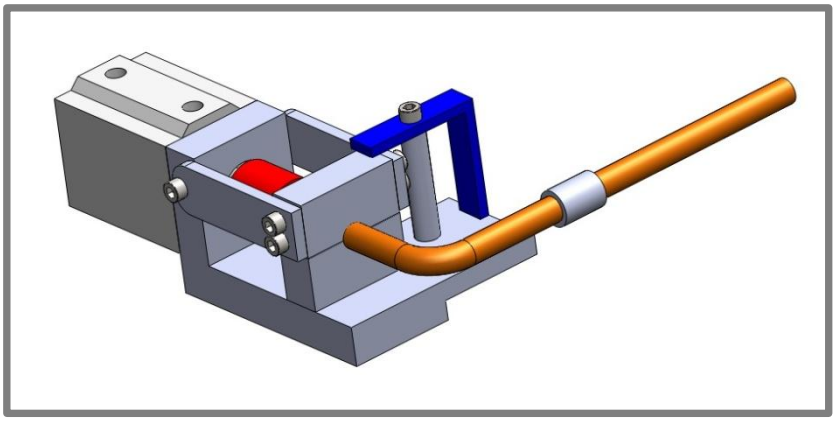
Popis obrázků 3-6a a 3-6b

Modrá – upínací čelisti
Žlutá – těsnící hmota
Červená – převlečný válec
Zelená – redukční matka zároveň sloužící jako doraz těsnící hmoty
Bílá, světle šedá – pneumatický válec

Další z možností jak zajistit utěsnění hrdla je zobrazena řezu na obrázku 3-7a. Zde není použito převlečného válce, což značně zjednoduší výrobu. Ovšem nastává zde problém s bezpečností, protože čelisti nejsou zajištěny proti otevření, proto musí být přidán bezpečnostní prvek, který zajistí polohu čelistí. V případě, že by se čelisti otevřely, mechanismus by přestal těsnit a došlo by k nehodě, proto je zde přidána pojistka (viz obr 3-7b).



Obr. 3-7a Způsob těsnění hrdla



Obr. 3-7b Zajištění čelistí proti otevření

3.7 Natlakovaní nádoby

3.7

Jediná možnost jak provést natlakovaní nádoby je přes hrdlo. Toto musí být provedeno s ohledem na to, že hrdlo musí být utěsněno. Proto se nabízí jediná možnost, provést těsnící hmotou tenkou plnící trubičku, která bude připojena k systému, který provede natlakovaní. Jediný požadavek firmy, ohledně plnění, stanovuje podmínku, že musí být možnost připojení přes závit G 1/8“.

3.8 Volba materiálu upínací části

V ani jednom z případů konstrukčního řešení těsnění se nejedná o případ, kdy je možno použít na všechny prvky těsnícího mechanismu stejný materiál. Na části sloužící jako podpora je vhodné použít lehký, levný a ne tak kvalitní materiál jako je potřeba použít např. na čelisti a válce. Také by bylo vhodné použít materiál s vyšší mezi pevnosti v tahu pro ramena, protože právě tyto díly, které slouží pro polohování a držení čelistí jsou cyklicky namáhány tahem.

V případě konstrukčního řešení těsnícího mechanismu s válcem přesahujícím přes osazení čelistí (viz Obr. 3-6a) je vhodné použití různých materiálů právě pro převlečný válec a redukční matku z důvodu možnosti zadírání závitu v případě stejného materiálu.

V případě konstrukce s jednoduchým válcem a pojistkou (viz Obr 3-7b) je nutné zvolit materiál pojistky takový, aby docházelo k minimálnímu opotřebení, v opačném případě by se zvětšovala vůle mezi pojistkou a čelistmi, což by v krajních případech mohlo způsobit rozevření natolik, že by se hrdlo přestalo těsnit. Pokud by toto nastalo při maximálním testovacím tlaku, došlo by k nehodě, která by měla za následek nejen zničení vývodu z nádoby, ale také poškození přípravku a testovacího boxu.

3.9 Volba těsnícího materiálu

Jedná se patrně o nejproblematičtější místo testovacího přípravku. Je nutno brát ohled na možnou deformaci hrdla výstupní trubky z nádoby, při naddimenzování přítlačných vzduchových válců a současně při volbě materiálu s „vysokou“ mezi pevnosti. K maximálním tlakům na průřez trubky dochází po utěsnění nádoby, před tím než je nádoba natlakovaná. V tuto chvíli musí dojít k deformaci těsnící hmoty dříve než k deformaci hrdla. Druhou hranicí, která nesmí být překročena, je minimální tvrdost. V případě maximálního tlaku těsnící hmoty na průřez výstupní trubky působí současně tato trubka stejným tlakem na těsnící hmotu. Pokud by povrch těsnící hmoty nebyl dostatečně tvrdý, došlo by k jeho porušení a ztrátě schopnosti těsnit. Do volby materiálu vstupuje také zvýšená teplota, která dosahuje sice jen maximální hodnoty 45 °C, ale v případě některých těsnících pryží a polyuretanů může byt ovlivněna tvrdost povrchu. Tato hodnota byla zjištěna měřením firmy PV-Czech. Firma má zkušenosti s používáním pryžových těsnících desek, tento materiál je ovšem nevhodný z důvodu ztráty těsnící schopnosti už při velmi malém opotřebení. Stávajícím materiálem, který firma používá pro těsnění je polyuretan s tvrdostí 70 ShA. S tímto materiálem však firma není spokojená, neboť musí docházet k jeho časté výměně z důvodu opotřebování, což prodlužuje celkové testovací časy.

4 OPTIMÁLNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

4.1 Výběr materiálu svařovacích přípravků

Hmotnost hliníkové konstrukce je díky nízké hustotě o 65% nižší než v případě výběru oceli pro přípravky. V případě výběru konstrukčního hliníku ENAW-5083 s modulem pružnosti $71*10^3$ MPa klesne tuhost celého přípravku o 65% oproti ocelovému přípravku. Toto si můžeme dovolit, protože při svařování nedochází k velkému silovému zatížení přípravků. Na základě tohoto zjištění je rozhodnuto o zamítnutí ocelové konstrukce. S ohledem na poměr ceny nerezové oceli a hliníku je vybrán jako materiál pro přípravky slitina hliníku ve spojení s deskovou montovanou konstrukci přípravku. Faktem je, také výrazně lepši obrobitelnost než u dalších dvou zmíněných materiálů. Hlavní nevýhodou hliníku je jeho teplotní délková roztažnost, ta v případě ENAW-5083 nabývá hodnoty $\alpha=23{,}9*10^{-6}$ K^{-1} [9]. U nádob D8811 a D8812 je vzdálenost od základní plochy ke konci vzdálenějšího vývodu l_{max1}=521 mm tolerována h_{min1}=1,5 mm. U nádoby D8813 je tato tolerance stejná, avšak vzdálenost od základní plochy ke konci vzdálenějšího vývodu je l_{max2}=621 mm. Díky lineární závislosti tepelné dilatace na délce lze kontrolní výpočet zjednodušit, a počítat pouze s nejvyšší hodnotou, tedy:

$$\Delta l_{max} = \alpha * l_{max2} * \Delta K$$
$$\Delta l_{max} = 2{,}39 * 10^{-5} * 621 * 40 = 0{,}59\ mm$$

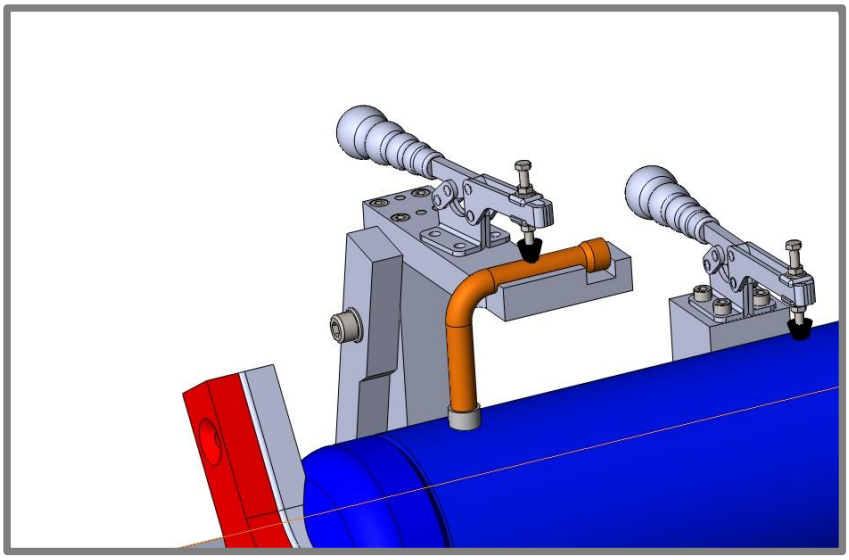
kde:

α – koeficient délkové teplotní roztažnosti hliníku
l_{max} – maximální vzdálenost od základny kříže po hrdlo nejvzdálenější trubky
ΔK – rozdíl teplot, hodnota dána firmou

Δl_{max}=0,59 mm, což je menší než minimální tolerance Δh_{min1}=1,5 mm.
Díky této jednoduché kontrole je zřejmé, že je možné použít tuto slitinu hliníku.

4.2 Nastavení dílů do patřičné polohy a jejich zajištění

Po zajištění polohy samotného pláště, které je popsáno v kapitole 3.2 je nutné zajistit přesnou polohu měděných trubek. Jak už bylo navrženo v kapitole 3.3, bude se jednat o uložení měděné trubky do jedné vybrané čelisti přesně podle tvaru hrdla a zajištění se provede pomocí vodorovné upínky (viz obr. 4.1). Pro zajištění je zvolena upínka 120UZ s přítlačnou silou F_p=1000 N, tato síla je dostatečná pro zajištění proti pohybu trubky avšak nezpůsobí její deformaci. Tento způsob zajištění je zvolen pro všechny vývody.



Obr. 4-1 Zajištění polohy výstupní měděné trubky

4.3 Korekce rozměrů

Jelikož je jako materiál zvolena konstrukční slitina hliníku a jedná se o montované přípravky je tento problém vyřešen. V případě nutnosti úpravy rozměrů je jednoduché daný díl odšroubovat a provést úpravu. Konstrukce je navržena tak, aby bylo možné odmontovat jednotlivé díly přímo ve svařovacím nebo testovacím boxu. Toto zkracuje dobu řešení případného problému.

4.4 Materiál testovacích přípravků

Jako materiál pro testovací přípravky je opět zvolen konstrukční hliník ENAW-5083. Tato slitina hliníku, hořčíku a manganu se vyznačuje výbornou korozivzdorností, což je vhodné, neboť k testování dochází pod vodou. Pro namáhané části jako jsou ramena, čelisti, převlečný válec a redukční matka (obr. 3.6a) je zvolen jako materiál nerez ocel a to ocel ČSN 17 022 [10]. Zvolená martenzitická ocel s vyšším obsahem uhlíku je vhodná ke kalení. Tato kalitelná nerez ocel je zvolena kvůli nutnosti různých materiálů převlečného válce a redukční matky. Musí byt zajištěna jednoduchá demontáž těchto dílů a to v případě stejného materiálu není zaručené, neboť může dojít k zadření. Tento problém různosti materiálu je vyřešen tak, že redukční matka je zakalena. Tím se změní její struktura povrchu a nedochází k zadrhávání při kontaktu s dalším materiálem.

4.5 Těsnění vývodů

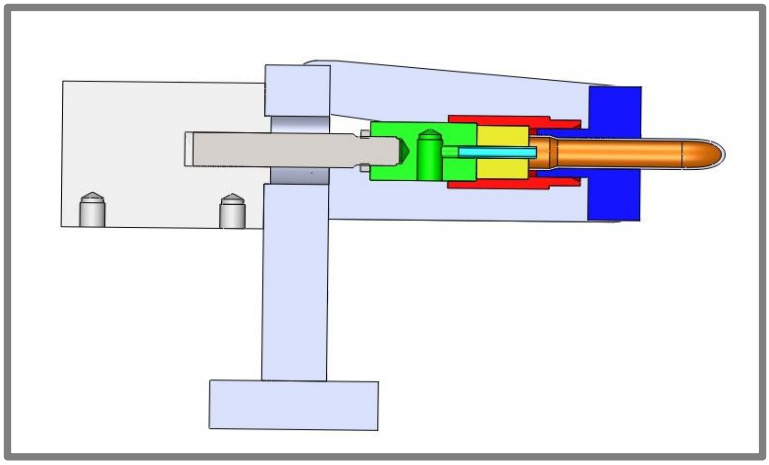
4.5

Na obrázcích 3-6b a 3-7b jsou zobrazeny dvě možnosti uchycení při těsnění. Z těchto dvou způsobů je vybrána konstrukce, kde je použit převlečný válec a to z důvodu bezpečnosti. V případě druhé konstrukce kdy je použita pojistka může nastat, že operátor zapomene tuto pojistku zajistit a při testování dojde k odtlačení hrdla od těsnící hmoty a tedy zničení celé trubky. Proto je zvolena právě první varianta, kde je zabráněno proti otevření čelistí převlečným válcem.

4.6 Tlakování nádoby

4.6

V kapitole 3.7 byl vznesen požadavek na připojení k rozvodu tlakového vzduchu přes válcový závit G 1/8“. Plnění je provedeno přes jednu těsnící hlavu (obr. 4-2). Na obrázku lze vidět tyrkysově modrá plnící trubice, na jejímž konci je naválcován závit. Trubice je našroubována do redukční matky a utěsněná teflonovou páskou. Jak je možno vidět na obrázku, tak v okolí plnící trubice je nebezpečné místo, neboť je zde výrazně méně těsnícího polyuretanu, právě zde bude docházet k největším deformacím.



Obr. 4-2 Utěsnění a tlakovaní nádoby

4.7 Těsnící materiál

4.7

Je vhodné volit polyuretanový materiál s tvrdostí vyšší než 70 ShA, proto je zvolen materiál polyuretan s vyšší tvrdostí. Tento materiál by měl být dostatečně tvrdý pro zvýšení životnosti a zároveň dostatečně měkký aby nedocházelo k deformaci hrdla trubky. Díky dlouholeté spolupráci firmy PV-Czech s firmou DANLY je zvolen polyuretanový materiál této firmy a to DANFLEX 80ShA [11]. Na obrázku 4-2 lze vidět kritické místo v blízkém okolí plnící trubky, tomuto problému nejde nijak předejít, proto je vhodné mít vyrobeno několik kusů těsnícího materiálu pro zrychlení výměny. V případě nedostatečného těsnění, což jde slyšet při prvním kroku plnění nádoby, kdy je nádoba nejdříve natlakovaná na tlak 20 bar je operátor povinen ukončit zkoušku a provést výměnu těsnícího materiálu. Pouze takto lze předejít trvalé deformaci, tudíž znehodnocení nádoby.

4.8 Pneumatické válce

Vhodná volba pneumatického válce je důležitá z hlediska životnosti těsnícího materiálu. Jelikož se u nádob vyskytuje několik průměrů výstupních trubek je nutno zvolit pneumatické válce s ideální silou. Volba je provedená tak, že je vypočítaná nutná sila pro utěsnění. Dále se vypočítá průměr pneumatického válce, který je schopen vyvinout stejnou silu a z katalogu je vybrán pneumatický válec s nejbližším vyšším průměrem. Síla tlaku vzduchu působícího na válce je vypočítána rovnici níže.

$$F = S * P_t, F = \frac{\pi * d^2}{4} * P_t$$

Kde:

F [N] - síla tlaku vzduchu
d [m] - vnitřní průměr trubky
P_t [Pa] - testovací tlak

Vychází se z Pascalova zákona, tudíž tlak vzduchu je v celém objemu nádoby konstantní. Nádoby jsou testovány tlakem 6 MPa. Do pneumatických válců je přiváděn tlak 0,7 MPa. Stejnou rovnici použijeme pro výpočet minimálního průměru pneumatického válce a do této rovnice dosadíme vztah pro výpočet síly F_t a upravíme do jednoduššího tvaru.

$$D = d * \sqrt{\frac{P_t}{P_n}}$$

Kde:

P_n [Pa] - Pracovní tlak pneumatického válce

Po dosazení hodnot dle ze zadaných výkresů byly vypočteny hodnoty a poté vybrány adekvátní válce z katalogu firmy Stránský a Petržík s.r.o. [12]. Pro testovací přípravek nádoby D8811 jsou to válce s krátkým zdvihem, průměrem pistu pro menší, respektive větší průměr trubky, 32 mm respektive 50 mm. pro testování nádob D8812 a D8813 je to pneumatický válec s průměrem pístu 40mm.
Pro rozvod vzduchu k pneumatickým válcům jsou zvoleny díly rovněž z katalogu této firmy.

5 DISKUZE

Dle zadání a požadavků firmy PV-Czech byly navrženy svařovací a testovací přípravky. Jedním z problémů byla volba vhodného materiálů. Na základě posouzení vlastností navržených materiálů se jeví jako nejlepší materiál pro svařovací a testovací přípravky konstrukční slitina hliníku s obsahem prvků jako je hořčík a mangan, tedy ENAW-5083 v kombinaci s nerez ocelí, která je použitá na více namáhané části. Volba slitiny hliníku jako základního materiálu pro přípravky zde visela už od začátku práce a na základě porovnání byla tato hypotéza potvrzena. Při kontrole tepelné dilatace bylo provedeno zjednodušení, které vyplynulo z lineární závislosti na rozměrech. Toto zjednodušení by mohlo vnést chybu, ale díky vysoké rezervě v tolerancích lze vyloučit případné vystoupení hodnot mimo tolerančního pole. Problém s těsnícím materiálem zde nebyl tak úplně rozpitván jak by nejspíše měl. Pro vyřešení tohoto problému by mělo být provedeno měření, na základě kterého by byl vybrán vhodný materiál. Na základě konzultací a zkušeností firmy byl zvolen jako těsnící materiál polyuretan 80ShA.

6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navržení svařovacích a testovacích přípravků pro tlakové nádoby. V úvodu bylo zmíněno několik firem zabývajících se výrobou tlakových nádob a také typy tlakových nádob.
Na základě konzultací se zadávající firmou bylo v následující kapitole popsáno několik problémů, které bylo nutno vyřešit. V další kapitole je popsán podrobný náhled na problémy spolu s návrhy konstrukčního řešení. Nakonec byly z těchto návrhů vybrány nejoptimálnější řešení s ohledem na obtížnost výroby a ceny materiálů. Jeden z největších problémů práce, volba těsnícího materiálu, byl vyřešen po konzultacích a na základě zkušeností firmy. Tuto problematiku je možné dále rozvinou, muselo by být provedeno několik měření, na základě kterých by se rozhodlo, který z materiálu je nejvhodnější.
Firma, která se zabývá výrobou těchto nádob, stanovila několik požadavků. Všechny požadavky firmy byly splněny, a to i požadavek na dostatek místa pro svařovacího robota, tak aby byl schopen provést svar. Tento problém nebyl popisován v této práci, ale při konstrukčním návrhu byl tento požadavek brán v potaz.
Vyřešené problémy a kompletní výkresová dokumentace byly odevzdány firmě PV-Czech. Firma byla spokojena s řešením a zadala tento projekt do výroby. Na obrázcích v přílohách P1 - P5 jsou zobrazeny zhotovené testovací a svařovací přípravky. Od doby kdy byly tyto přípravky vyrobeny, už uběhlo mnoho dní, díky těmto přípravkům bylo zhotoveno několik sérií výrobků. Konstruktéři firmy PV-Czech přidali k testovacím přípravkům ještě bezpečnostní prvek, ten snižuje škody napáchané při roztržení nádoby. Tato konstrukce nebyla v požadavcích a tudíž i výpočet tohoto bezpečnostního prvku je nad rámec této bakalářské práce.
Jelikož všechny požadavky firmy byly splněny, není zde důvod pokračovat v zdokonalování těchto přípravků.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] Tlakové nádoby firmy POMAR. [online]. [cit. 12.4.2013]. Dostupné z: http://www.pomar.cz/index.php/cz/tlakove-nadoby

[2] Tlakové nádrže PANNONTECH. [online]. [cit. 12.4.2013]. Dostupné z: http://www.pannontech.cz/

[3] Tlakové nádoby VANĚK. [online]. [cit. 12.4.2013]. Dostupné z: http://www.vanektu.cz/

[4] Vítkovice CYLINDERS. [online]. [cit. 12.4.2013]. Dostupné z: http://www.vitkovicecylinders.cz/default/file/download/id/11346/inline/3

[5] Tlakové nádoby CULOBEL a.s. [online]. [cit. 12.4.2013]. Dostupné z: www.culobel.com/index.php?p=pressurised_vision

[6] SHIGLEY, J. E., MISCHKE, Ch. R., BUDYNAS, R. G. *Konstruování strojních součástí*. Překlad, 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s.

[7] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ, F. *Výběr z norem pro konstrukční cvičení*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2009. 224 s. ISBN: 978-80-7204-636-2

[8] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., DVOŘÁČEK, J., PROKEŠ, F. *Základy konstruování*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2009. 236 s. ISBN: 978-80-7204-633-1

[9] Alcom aval s.r.o. dodavatel hliníku. [online]. [cit. 19.4.2013]. Dostupné z: http://www.hlinik.cz/media/files/product/item/files-16/Hlin%C3%ADkov%C3%A9_plechy_a_desky_EN_AW-5083.pdf

[10] DALTEK group a.s. Velkoobchod hutním materiálem. [online]. [cit. 19.4.2013]. Dostupné z: http://www.daltek.cz/nerez/technicka_podpora_normy/10_prehled_jakosti.html

[11] Polyuretanový těsnící material. [online]. Dostupné z: http://www.danly.de/pdfs/Danflex_dt.pdf

[12] Pneumatické válce Stránský a Petržík. [online]. Dostupné z: http://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/pneumaticke-valce/dvojcinne-valce-menu/dvojcinne-valce-s-kratkym-zdvihem/

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1	Model tlakové nádoby firmy POMAR [1]	14
Obr. 1-2	Válcová část tlakové nádrže [2]	14
Obr. 1-3	Ukázka tlakové nádoby firmy VANĚK [3]	15
Obr. 1-4	Nádrž na zemní plyn (CNG) [4]	15
Obr. 1-5	Tlakové nádoby firmy CULOBEL [5]	16
Obr. 3-1	Uložení víčka s dosedacím křížem	22
Obr. 3-2	Uložení pláště v prizmatech	23
Obr. 3-3	Zajištění polohy a přichycení pláště	23
Obr. 3-4	Určení polohy kříže s víčkem pomocí čepu	24
Obr. 3-5	Jednoznačně určena poloha a zajištěny všechny díly	24
Obr. 3-6a	Řez uzavřeného těsnícího mechanismu	25
Obr. 3-6b	Náhled na otevřený těsnící mechanismus	25
Obr. 3-7a	Způsob těsnění hrdla	27
Obr. 3-7b	Zajištění čelistí proti otevření	27
Obr. 4-1	Zajištění polohy výstupní měděné trubky	30
Obr. 4-2	Utěsnění a tlakovaní nádoby	31

9 SEZNAM PŘÍLOH

9

Výkresy nádob

P1	D8811	3P282753(A)
P2	D8812	3P222911(G)
P3	D8813	3P283320(B)

Obrázky vyhotovených přípravků

P4	Svařovací přípravek D8811
P5	Svařovací přípravek D8811 s nádobou
P6	Testovací přípravek D8811
P7	Testovací přípravek D8812 s nádobou
P8	Všechny svařovací a testovací přípravky

Výkresy sestavení

P9	Svařovací přípravek D8811	W/D8811-0
P10	Svařovací přípravek D881x	W/D881x-0
P11	Vložka svařovacího přípravku D8811	W/D8812-0
P12	Vložka svařovacího přípravku D8813	W/D8813-0
P13	Testovací přípravek D8811	T/D8811-0
P14	Testovací přípravek D8812/D8813	T/D8812/13-0