

Návrh a příprava aparatury glovebox

Lukáš Doležel

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Doležel**
Osobní číslo: **T17761**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh a příprava aparatury glovebox**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování rešerše na zadané téma
2. Provedení návrhů možného řešení
3. Realizace samotné přípravy vybraného řešení
4. Zhodnocení funkčních parametrů a ekonomické stránky realizovaného řešení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. KADLEC, Karel, Miloš KMÍNEK a Pavel KADLEC. Měření a řízení chemických, potravinářských a biotechnologických procesů. Ostrava: Key Publishing, 2017. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-807-4182-846.
2. CETL, Tomáš a Václav PAPEŽ. Konstrukce a realizace elektronických obvodů. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2463-6.
3. ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2533-0.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Michal Sedlačík, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

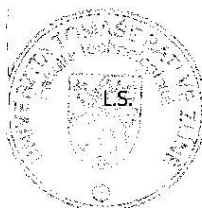
2. ledna 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

24. května 2019

Ve Zlíně dne 10. května 2019

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: Doležel Lukáš

Obor: Technologické zařízení

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 23.5.2019

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 nevydělečně 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 nahlázení 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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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 dílo:

(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 užit 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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem aparatury rukavicového boxu. Rukavicový box obsahuje prvky z elektrických, řídicích, pneumatických a mechanických systémů. Zařízení má za úkol umožnit práci s předměty v inertní atmosféře. Návrh rukavicového boxu řeší jeho možné řešení s ohledem na budoucí aplikaci v reálném provozu laboratoře.

Klíčová slova: Rukavicový box, nádoba, ventil, pneumatický systém, programovatelný logický automat, řízení procesu, inertní atmosféra.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the structural design of the glove box apparatus. The glove box includes elements from electrical, control, pneumatic and mechanical systems. The device is designed to allow work with objects in an inert atmosphere. The design of glove box solves possible solution with regard to future application in the real laboratory operation.

Keywords: Glove box, vessel, valve, pneumatic system, programmable logic controller, , process control, protective atmosphere.

Chci poděkovat v první řadě panu doc. Ing. Michalu Sedláčkovi Ph.D. za možnost pracovat na projektu a za jeho vlídný přístup. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Pavlu Navrátilovi Ph.D. a jeho studentům za pomoc s programováním řídicího procesu zařízení.

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 APARATURA RUKAVICOVÉHO BOXU	13
1.1 NÁDOBA.....	13
1.2 VAKUOVÉ VÝVĚVY	14
2 MATERIÁLY PLÁŠTĚ NÁDOBY	15
2.1 KOVY	15
2.1.1 Oceli pro svařované konstrukce	15
2.1.1.1 Povrchové úpravy	15
2.1.2 Korozivzdorné oceli	16
2.1.3 Slitiny hliníku.....	16
2.2 TRANSPARENTNÍ TERMOPLASTY	16
2.2.1 Polymethylmethakrylát	16
2.2.2 Polykarbonát	17
3 TECHNOLOGICKÉ OBRÁBĚCÍ METODY	18
3.1 SOUSTRUŽENÍ.....	18
3.2 FRÉZOVÁNÍ	18
3.3 VRTÁNÍ	18
3.4 ŘEZÁNÍ.....	19
3.4.1 Řezání pásovou pilou	19
3.4.2 Řezání laserem	19
4 SPOJE.....	20
4.1 SVAŘOVÁNÍ.....	20
4.1.1 Svary	20
4.1.2 Obloukové svařování	20
4.1.2.1 Obloukové svařování s tavící se elektrodou	20
4.1.2.2 Obloukové svařování s netavící se elektrodou	21
4.2 ŠROUBOVÉ SPOJE.....	21
5 PNEUMATICKÁ VÝSTROJ NÁDOBY	22
5.1 ARMATURY	22
5.1.1 Redukční ventil	22
5.1.2 Ovládací ventil	22
5.1.3 Přetlakový ventil	23
5.1.4 Přerušovač vakua	24
5.2 MANOMETR.....	24
5.3 TLAKOVÉ SNÍMAČE	25
5.4 STAVOVÁ ROVNICE IDEÁLNÍHO PLYNU	26
6 ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ	27

6.1	KONSTRUOVÁNÍ ELEKTRICKÉHO OBVODU	27
6.2	VODIČE	27
6.2.1	Vodiče silové.....	28
6.2.2	Vodiče pro sdělovací techniku	28
6.3	TOTAL STOP	28
6.4	JISTIČ A POJISTKA	29
6.5	PROUDOVÝ CHRÁNIČ	30
6.6	ELEKTRICKÝ ZDROJ	30
6.7	ŘÍZENÍ	31
6.7.1	Programovatelný logický automat (Programmable logic controller).....	31
6.8	LED OSVĚTLENÍ	32
7	DIMEZOVÁNÍ NÁDOBY	33
7.1	METODA KONEČNÝCH PRVKŮ	33
7.2	EXPERIMENT	33
8	ZHODNOCENÍ STUDIJNÍ ČÁSTI	34
II	PRAKTICKÁ ČÁST	35
9	CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	36
9.1	ZADANÉ POŽADAVKY PRO APARATURU:.....	36
10	KONSTRUKCE NÁDOBY	37
10.1	MATERIÁL	37
10.2	TECHNOLOGICKÉ PROCESY	37
10.3	ZÁKLADNA	38
10.4	VÍKO	42
10.5	SYSTÉM UZAVÍRÁNÍ.....	43
10.6	SESTAVA NÁDOBY	45
11	PNEUMATICKÝ SYSTÉM.....	46
11.1	ODVÁDĚNÍ A DODÁVÁNÍ PLYNU DO NÁDOBY.....	46
11.2	ROZVODY PLYNŮ	46
11.3	SNÍMAČ TLAKU A VAKUOMANOMETR.....	46
11.4	ELEKTROPNEUMATICKY SPÍNANÝ VENTIL	47
11.5	VÝVĚVA	48
11.6	REDUKČNÍ VENTIL	48
11.7	PROSTUPY PRO ČERPÁNÍ OCHRANNÉ ATMOSFÉRY Z NÁDOBY	49
12	ELEKTRICKÝ SYSTÉM	50

12.1	OSVĚTLENÍ A ZÁSUVKY UVNITŘ NÁDOBY	50
12.2	PROGRAMOVATELNÝ LOGICKÝ AUTOMAT	50
12.2.1	Měřicí členy a ovládání	51
12.2.2	Akční členy	52
12.3	ZDROJ A NAPÁJENÍ Z ELEKTRICKÉ SÍTĚ	53
12.4	ROZVADĚČ	54
12.5	BEZPEČNOST	55
12.5.1	Jištění a proudový chránič	55
12.5.2	Ochranné vodiče	55
13	BEZPEČNOČNOST NÁDOBY	56
13.1	POJISTNÝ PŘETLAKOVÝ VENTIL	56
13.1.1	Stanovení zaručeného výtoku argonu (ČSN 13 4309-3)	56
13.2	POJISTNÝ PODTLAKOVÝ VENTIL	59
13.3	ZMĚNA OBJEMU NÁDOBY PŘI POUŽÍVÁNÍ RUKAVIC	59
14	ŘÍZENÍ	61
14.1	OVLÁDACÍ PRVKY A VIZUÁLNÍ PRVKY ŘÍZENÍ	61
14.2	MÓD „STAND BY“	62
14.3	PROGRAM „ARGON“	63
14.4	PROGRAM „BALANCE“	63
14.5	PROGRAM „AIR“	64
15	DIMENZOVÁNÍ	65
15.1	POLYKARBONÁTOVÁ DESKA VÍKA	65
15.2	ZÁKLADNA	66
15.3	PANTY	68
15.4	BEZPEČNOSTNÍ ÚCHYTY PROTI PÁDU	69
16	EKONOMICKÁ ROZVAHA	71
	ZÁVĚR	73
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	74
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
	SEZNAM TABULEK	83
	SEZNAM PŘÍLOH	84

ÚVOD

Rukavicový box je soustava zařízení určená pro práci s předměty v ochranné atmosféře, pro které je běžná atmosféra nežádoucí. Jedná se o hermeticky uzavřenou nádobu, v které pomocí cirkulace dochází ke změně obsahu atmosféry uvnitř boxu. Při procesu cirkulace se odstraňuje zejména kyslík (O_2) a voda (H_2O). [3]

Využívá se výhradně v laboratořích, kde je nutno pro správný průběh experimentu udržet stabilní atmosférické podmínky. Při práci v ochranné atmosféře se volí mezi přetlakem a podtlakem. Přetlak uvnitř boxu je zvolen v případech, kdy je třeba chránit předmět. Podtlak je volen pro ochranu obsluhy. [3]

Po stranách boxu bývají umístěny přechodové komory sloužící pro vkládání a vyjímání předmětů a pomůcek do nebo z vnitřních prostor boxu. V přední části boxů se nalézají gumové rukavice, za pomoci kterých probíhá manipulace s předměty uvnitř boxu a zároveň jsou dostatečně těsné a neprodyšné, aby izolovaly vnější a vnitřní atmosféru. [3]

Cílem této práce je navrhnout a realizovat jednoduchý rukavicový box, který umožní provádění přípravného míchání směsi v uzavřené atmosféře v laboratořích Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 APARATURA RUKAVICOVÉHO BOXU

Rukavicový box je zařízení, určené pro práci s předměty v atmosféře inertních plynů. Největší využití těchto zařízení je v medicínském průmyslu, chemických laboratořích a dalších odvětvích, kde je zapotřebí podmínek, které je rukavicový box schopen nabídnout. [3,6]

Rukavicové boxy jsou hermeticky uzavřené nádoby používané k práci s předměty ve vytvořeném malém podtlaku nebo nízkém přetlaku. Podtlak zabezpečuje ochranu obsluhy a používá se při většině úkonů. Přetlak uvnitř rukavicového boxu zabezpečuje ochranu produktu.[3]



Obr. 1: Rukavicový box s přechodovou komorou[6]

Cirkulaci plynů uvnitř nádoby, kde probíhá experiment, zajišťuje vývěva a zdroj stlačeného inertního plynu. Na vývěvu a zdroj stlačeného inertního plynu mohou být napojeny další zařízení a filtry. [3,6]

1.1 Nádoba

Průběh cirkulace plynů v nádobě zabezpečují pneumatické prvky, které jsou umístěny na nádobě a vnikají do nádoby přes navařovací hrdla. Přední část nádoby je vyrobena z transparentního polymerního materiálu, v kterém jsou vytvořeny otvory s přírubami a na nich upevněny rukavice určené pro manipulaci s předměty uvnitř nádoby. Přední strana boxu je odnímatelná, nebo otevíratelná. Na straně nádoby se nalézá přechodová komora, přes kterou jsou dovnitř, či ven přesunovány předměty potřebné při běžném užívání rukavicového boxu. [6]

Do nádob jsou standardně přivedeny zásuvky pro připojení elektrických zařízení uvnitř nádoby. Osvětlení vnitřního prostoru nádoby zajišťují LED pásy, nebo jiné úsporné svítidla s dlouhou životností a spolehlivostí.[6]

1.2 Vakuové vývěvy

Odsávání plynu probíhá za pomoci vakuové vývěvy. Vývěva vytváří v nádobě podtlak a mění složení vnitřní atmosféry, kde vyčerpává vzduch, který je nahrazován inertním plynem dodávaným z tlakové láhve přes soustavu pneumatických prvků. Běžně se v laboratorní technice využívá rotačních vakuových vývěv. Tyto vývěvy mají možnost odsávat jednotky až stovky litrů plynu za sekundu a dosahují mezního stavu 3 a 0,2 Pa absolutního tlaku. Rotační vývěvy jsou vyráběny jako olejové, rtuťové, nebo suché.[6,12,24]



Obr. 2: Rotační olejová vývěva RV3 [12]

2 MATERIÁLY PLÁŠTĚ NÁDOBY

Rozmanitost použitelných materiálů na trhu oplývá mnoha možnostmi. Při volení materiálu pro nádobu je třeba vybírat s většího spektra. Materiály vhodné pro použití jsou z řad kovů a plastických hmot. Uvažování při výběru materiálu obnáší zhodnocení všech namáhání a požadavku na chemickou odolnost.

2.1 Kovy

Kovové materiály jsou stěžejním materiálem pro tlakové nádoby. Vlastnosti kovových materiálů (závislé na teplotě prostředí): [13]

- a) Pevnost – Odolnost materiálu při mechanickém namáhání
- b) Houževnatost – Hodnota plastické deformace materiálu při působení práce na těleso
- c) Tvrdost – Odpor kladení materiálu proti vniku cizího tělesa

2.1.1 Oceli pro svařované konstrukce

Svařitelnost ocelí lze hodnotit podle obsahu uhlíku a legujících prvků. U tlakových nádob jde především o možnost mezi materiály vytvořit kvalitní svar. Volba samotné oceli závisí zároveň na pevnostních vlastnostech a houževnatosti materiálu. Materiál svařence lze dále opatřit ochranou proti korozi. Běžně se volí nátěr, nebo povrchová úprava. [7]

2.1.1.1 Povrchové úpravy

Cílem povrchové úpravy je nanést na povrch svařence tenkou vrstvu zinku, nebo niklu. Tato vrstva poskytne větší chemickou odolnost materiálu. Povrchové úpravy se rozdělují podle základního způsobu nanášení povlaku: [14,21]

- a) **Mechanický** – Povlak se nanáší za pomoci tlaku (vhodný pro pokovování s požadavkem na tlustší povlak) [21]
- b) **Fyzikální** – Povlak se nanáší při fyzikálních procesech. Běžně se používá u svařenců žárové zinkování. Kov je ponořen do roztaveného kovu, který po vytažení a tuhnutí na materiálu zanechá ochranný povlak [21]
- c) **Chemický a elektrický** – Za pomoci elektrolýzy se nanáší povrch na svařenec. Svařenec je připojený jako katoda nebo anoda a při zahájení elektrolýzy se na jeho povrch začne nanášet povlak (galvanické pokovování) [21]

2.1.2 Korozivzdorné oceli

Pro použití na nádobu rukavicového boxu je korozivzdorná ocel relativně vhodnou variantou. Díky legujícímu prvku chromu dostává chemickou odolnost proti korozi. Na povrchu materiálu vzniká vrstva Cr_2O_3 . Pro svařování se musí použít speciální metody. Při nedostatku kyslíku vzniká ve svarech mezikrystalová koroze. Přidáním legujícího prvku titanu se mezikrystalové korozi zamezuje. [7]

2.1.3 Slitiny hliníku

Slitiny hliníku jsou lehké materiály s chemickou odolností proti korozi. Na povrchu materiálu vzniká vrstva Al_2O_3 . Samotný hliník je měkký a tvárný. Pro zlepšení jeho vlastností pro konstrukční účely jsou přidávány legující prvky. Svařitelnost materiálu vyžaduje speciální metody svařování. [7]

2.2 Transparentní termoplasty

Amorfní uspořádání makromolekul dává termoplastům transparentní vlastnosti. Pro aplikaci na průhledné části tlakové nádoby vyhovují materiály ze škály transparentních termoplastů. Jako vyhovující materiály jsou tedy vhodné polymethylmethakrylát (PMMA) a polykarbonát (PC). [32,33]

2.2.1 Polymethylmethakrylát

Polymethylmethakrylát je polymer se zcela amorfní strukturou. Jako zcela amorfní polymer dosahuje vysoké transparentnosti je odolný vůči vodě a povětrnosti. Velkou nevýhodou PMMA je jeho snadné poškrábání a jeho vlastnost nosit elektrostatický náboj. Pro odstranění těchto nevýhod se k PMMA přidává styren, či akrylonitril. V kopolymeru PMMA se styrenem dochází ke zvýšení odolnosti proti poškrábání a zvyšuje se i modul pružnosti. K těmto výhodám však přibývá nevýhoda, kdy kopolymer v důsledku vlastností styrenu při povětrnosti žloutne. V kombinaci s akrylonitrilem se problém se žloutnutím neobjevuje a zvětšuje se modul pružnosti s mezí pevnosti. Tyto vlastnosti jsou vykoupeny cenou materiálu. [33]

2.2.2 Polykarbonát

Polymerací dianu a fosgenu vzniká zcela amorfní materiál PC. Mez pevnosti a pružnosti se pohybuje na podobných hodnotách jako kopolymer PMMA se styrenem. Výhodou PC jsou jeho elektroizolační vlastnosti, velký teplotní rozsah použití, chemická odolnost, povětrnostní stabilita a rozměrová stabilita. PC je lehce obrobitelný. Hodí se na konstrukční dílce a kryty.[32]

3 TECHNOLOGICKÉ OBRÁBĚCÍ METODY

Obrábění je proces, při kterém dochází k odebírání materiálu z polotovaru za účelem změny jeho rozměrů a tvaru do finální podoby obrobku. K odebírání materiálu dochází během řezného procesu, kdy břit odebírá částice z obrobku za pomoci řezání. Proces obrábění je regulovaný a probíhá za daných rychlostí, kde samotnou podstatou řezání je řezná rychlost a rychlost posuvu. [8]

Plochu obráběných částí obrobku identifikujeme dle parametrů k daným plochám:[8]

- a) Úchylka rozměru
- b) Úchylka tvaru
- c) Úchylka polohy
- d) Struktura povrchu (drsnost)
- e) Vlastnosti povrchové vrstvy (vady a napětí v povrchové vrstvě po obrábění)

3.1 Soustružení

Metoda obrábění využívána k vytváření rotačních součástí. Čepy, pneumatické armatury a další různé součástky jsou vytvářeny metodou soustružení. Hlavní řeznou rychlost provádí upnutý obrobek a rychlost posuvu většinou provádí upnutý nástroj (soustružnický nůž). Výhodou soustružení je efektivita obrábění rotačních výrobků. [8]

3.2 Frézování

Obráběcí metoda schopná dosáhnout téměř jakéhokoli tvaru součástí. Odebírání materiálu provádí nástroj (fréza) s přerušovaným odebíráním a posuvný pohyb samotný stroj. Posuvné pohyby jsou individuálně měnitelné. Trajektorie směru odebírání je přizpůsobena obrobku. [8]

3.3 Vrtání

Obrábění metodou vrtání slouží k vytváření průchozích a neprůchozích děr na obrobku. Nástrojem používaným při vrtání je vrták zpravidla s dvěma břity. Řezná rychlost je dána průměrem vrtáku a rychlostí otáčení. Po dokončení vrtání je možno povrch děr finalizovat za pomoci výhrubníku, nebo výstružníku. [8,23]

3.4 Řezání

Řezání je základní a rozšířená metoda pro dělení materiálů. Jedná se o jednoduchou mechanickou formu dělení a z hlediska nákladů je výhodná. [26]

3.4.1 Řezání pásovou pilou

Při řezání pásovou pilou provádí řez nekonečný pilový pás. Břity tohoto pásu odřezávají materiál. [26]



Obr. 3: Pásová pila [26]

3.4.2 Řezání laserem

Laserovou technologii řadíme mezi tepelné metody dělení materiálu. Laserová technologie řezání materiálů funguje na základě fotonů, které společně s plynem přiváděným do řezu roztaví materiál a následně dochází k vytvoření průchozího otvoru, nebo řezu. Tato technologie je velmi přesnou technologií spíše orientovanou pro menší tloušťky řezaných materiálů. Řezat za pomoci laseru je možné kovy, plasty a další materiály. [27,28]



Obr. 4: Řezání laserem [26]

4 SPOJE

4.1 Svařování

Svařování se řadí mezi nerozebíratelné spoje. Jednoduchá technologie, jak propojit dvě nebo více součástí do jednoho svařence. Materiály se vybírají se svařitelnými vlastnostmi. Uhlík a další legující prvky negativně ovlivňují možnost vytvoření kvalitního svaru. U nádob jsou doporučovány materiály lehce svařitelné a metody svařování, aby došlo k solidnímu těsnému svaru, udržení mechanických vlastností ve svaru a byla zaručena životnost nádoby. [9,17]

4.1.1 Svary

Tupý svar – Použití při svařování součástí ležících v jedné rovině. V mezeře mezi součástmi se vytvoří svar tvaru I, Y, V, U. U větších tloušťek profilů lze využívat svary z obou stran

Koutový svar – Může být použit u přeplátovaných součástí, součástí kolmo k sobě orientovaných a součástí rohových[17]

4.1.2 Obloukové svařování

Průběh svařování probíhá za působení tepla z odporu elektrického oblouku. Teplo natavuje materiál součástí i přídavný materiál. Zdroj elektrické energie je připojen jedním koncem k součásti (anoda). Na druhém konci je připojena elektroda (katoda). [17]

4.1.2.1 Obloukové svařování s tavicí se elektrodou

Svařování probíhá v inertních plynech (MIG), nebo v aktivních plynech (MAG).

MIG – Svařování probíhá v lázni inertních plynů s kovovou elektrodou. Mezi tyto plyny řadíme argon, nebo hélium. Metoda MIG metalurgicky neovlivňuje svar.

MAG – Svařování probíhá v lázni aktivních plynů s kovovou elektrodou. Mezi tyto plyny patří nejčastěji CO₂ a směsi CO₂ a argonu, kyslíku a dalších prvků. Metoda MAG metalurgicky ovlivňuje svar.

Metody obloukového svařování s tavicí se elektrodou jsou využívány pro svařování běžných ocelí bez většího množství legujících prvků a uhlíku. [17]

4.1.2.2 Obloukové svařování s netavicí se elektrodou

Metoda TIG (WIG) je metodou pro svařování ocelí a slitin s netavnou elektrodou v lázni inertního plynu (argon). Oblouk vzniká mezi materiálem a wolframovou elektrodou. Do svaru je přidáván drát, který tvoří přídavný materiál pro svar. Metoda TIG je kvalitní svařovací technikou a nese s sebou mnoho výhod oproti ostatním svařovacím metodám. Tato metoda je schopna svařovat i vysoce legované materiály a slitiny hliníku. Nevýhodou svařování metodou TIG je časová a ekonomická náročnost provedení svarů. [17,18]

4.2 Šroubové spoje

Šroubový spoj je tvořen ze dvou hlavních součástí, kde na sobě jedna součást nese vnější závit a druhá vnitřní závit. Šroubové spoje jsou jednou z nejdůležitějších propojovacích možností dvou materiálů. Výhodou těchto spojů je dostatečně pevné spojení a zároveň spoj zůstává rozebíratelný. [9]

Šroubové a závitové spoje se dělí dle spojení na dva druhy: [9]

- a) Spojení pomocí dalších elementů (šrouby, matice)
- b) Spojení samotných součástí je realizováno propojením navzájem jedné do druhé (šroubení, kohouty a ostatní armatury)

5 PNEUMATICKÁ VÝSTROJ NÁDOBY

5.1 Armatury

Armatury záměrně ovlivňují průběh toku plynů. Mezi armatury lze řadit kohouty, redukční ventily, pojistné ventily, ovládané ventily a další. [39]

Vlastnosti armatur:

- a) **Přepravená látka** – Dopravované médium
- b) **Jmenovitý tlak (PN)** – Maximální přípustný tlak v armatuře [MPa]
- c) **Jmenovitá světlost (DN)** – Udává přibližný vnitřní průměr potrubí [mm]
- d) **Jmenovitý průtok (QN)** – Udává průtok plynu v normativních jednotkách podle DIN 1343[Nm³/hod]

5.1.1 Redukční ventil

K redukci parametrů toku plynu jsou používány redukční ventily, které omezují průtok plynu a tlak plynu na výstupu. Redukce toku plynu nastavuje stabilní průběh dodávání plynu do nádoby. Na redukčním ventilu je umístěn manometr, nebo průtokoměr, který udává výstupní tlak, popřípadě průtok daného plynu ventilem. [20,39]



Obr. 5: Redukční ventil tlakových lahví [20]

5.1.2 Ovládací ventil

Ovládací ventily řídí přívod plynu do nádoby. Uvnitř ventilu jsou vytvořeny cesty, které jsou funkčně připraveny pro otevírání a zavírání pomocí šoupátka. Počty otvorů a počet poloh udávají čísla přiřazená u označení ventilu. Ventily mohou být ovládaný ručně, elektromagneticky, pneumaticky, nebo elektropneumaticky. [19,39]

Existují dva druhy funkce ventilu: [19]

- a) **Monostabilní ventil** – Uvnitř ventilu je vratná pružina, která vrací šoupátko ventilu do základní polohy. Ventil přestaví pozici do druhé polohy při příchodu signálu. Při ukončení signálu se vrací šoupátko opět do základní polohy.
- b) **Bistabilní ventil** – Ventil je ovládán dvěma signály. První signál přesouvá šoupátko ventilu do první polohy a setrvává v ní, dokud nepřijde signál, který šoupátko ventilu přestaví do druhé polohy.

Monostabilní ventily mají dvě možnosti ustanovení základní polohy: [19]

- a) **NC (normally closed)** – Ventil je v základní poloze uzavřen
- b) **NO (normally open)** – Ventil je v základní poloze otevřen



Obr. 6: Pneumatically řízený 3/2 ventil [19]

5.1.3 Přetlakový ventil

Pojistné přetlakové ventily jsou bezpečnostním prvkem zabraňujícím dosažení vyšší hodnoty přetlaku, než na který je nádoba navržena. Při otevření ventilu dochází k odvodu plynu mimo nádobu, čímž je snížen tlak v nádobě. Ventil musí mít dostatečný průtok. Pokud by ventil nebyl schopný vypouštět větší množství plynu, než které je přiváděno, došlo by ke zvýšení přetlaku nad kritickou hodnotu a tím k poškození nádoby. Otevření ventilu je nastaveno výrobcem na požadovaný přetlak a ventil je na tento otevírací tlak zaplombován. Výpočty průtoků pojistných ventilů podléhají normě ČSN 13 4309. [37,38]



Obr. 7: Pojistný přetlakový ventil [38]

5.1.4 Přerušovač vakua

V nádobách dimenzovaných na podtlak se běžně do konstrukce přidávají vyrovnávací ventily. V případě práce v rukavicových boxech se podtlak používá běžně a k jeho dosažení se umístí do konstrukce přerušovač vakua. Bezpečnostní mechanický ventil se otvírá v případě poklesu podtlaku pod hodnotu, na kterou je nádoba navržena. Ventil se otevře a dojde ke snížení podtlaku v nádobě přísunem vzduchu z vnější atmosféry. Ventil musí mít dostatečný průtok. Pokud by ventil nebyl schopen dodávat větší množství plynu, než které je odváděno, došlo by k překročení kritické hranice podtlaku a tím k poškození nádoby. Otevření ventilu je nastaveno výrobcem na požadovaný podtlak a ventil je na tento podtlak zaplombován. [11]



Obr. 8: Přerušovače vakua [11]

5.2 Manometr

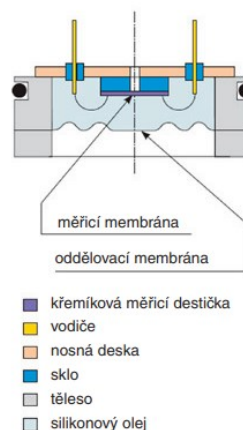
Manometr měří hodnotu tlaku v nádobě. V situaci běžných změn přetlaku na podtlak jsou na nádobu umísťovány vakuomanometry. Ty dokáží měřit tlak v nádobě během přetlaku, i

podtlaku. Manometry podléhají ČSN 25 7201. Tlakoměr nesmí být přímo napojen do nádoby a musí být před ním uzavírací armatura pro prověření jeho funkčnosti. [15]

5.3 Tlakové snímače

Snímač tlaku s elektrickým výstupem slouží k vyslání analogového signálu v závislosti na deformaci membrány podle tlaku. Snímače jsou navrženy na principech piezorezistivních, kapacitních, indukčních, nebo piezoelektrických. [16,34]

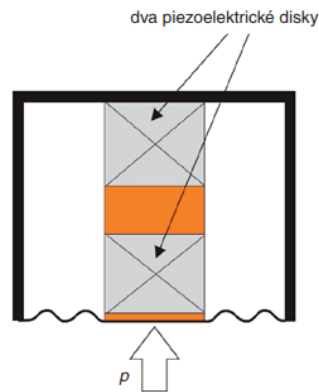
- a) **Piezorezistivní** – Principem měření je vztah odporu a deformace monokrystalické destičky (membrány) z křemíku s vytvořenými cestičkami z akceptorů. Výhodou snímačů na tomto principu je dlouhodobá stabilita, malá hystereze a velký využitelný signál. Nevýhodou se stává malá odolnost proti agresivním měřeným látkám a vlhkosti.



Obr. 9: Snímač tlaku piezorezistivní [34]

- b) **Kapacitní** – Principem měření je deformace membrány, která slouží jako elektroda a je v dané vzdálenosti oddělena dielektrikem od vedlejších ploch, které slouží jako další elektrody. Deformací membrány mění vzdálenost mezi elektrodami a mění se kapacita mezi elektrodami.
- c) **Indukční** – Podobný princip jako u kapacitních metod měření. Elektrody jsou ve snímači nahrazeny cívkami. S deformací membrány se mění indukčnost na cívkách.
- d) **Piezoelektrické** – Princip měření zakládá na vzniku elektrického náboje při deformaci dvojčete (plošky vytvořené např. z krystalů křemene a titaničitanu barnatého). Výhodou snímačů na tomto principu jsou malé rozměry snímače a možnost měření dynamicky se měnících změn tlaku díky časové konstantě měření v milisekundách.

Nevýhodou je nemožnost měřit statické hodnoty tlaku kvůli rychlé ztrátě náboje z plošek.



Obr. 10: Piezoelektrická dvojice [34]

5.4 Stavová rovnice ideálního plynu

Ideální plyn má předpoklad dle prvního zákona termodynamiky, který udává předpoklad rovnoměrného rozložení částic plynu v každé objemové jednotce v prostoru. Stavová rovnice ideálního plynu vyjadřuje závislost tlaku (p), objemu (V) a teploty (T). [40]

Stavová rovnice ideálního plynu:

$$\frac{p_0 * V_0}{T_0} = \frac{p * V}{T} \quad (1)$$

Kde: p_0 - absolutní počáteční tlak [MPa]

V_0 - počáteční objem [m^3]

T_0 - počáteční teplota [K]

p - konečný tlak [MPa]

V - konečný objem [m^3]

T - konečná teplota [MPa]

6 ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ

6.1 Konstruování elektrického obvodu

Konstruování elektrických obvodů nese mnoho konstrukčních záležitostí. Samotný obvod není jedinou součástí konstrukce, které se musí konstruktér věnovat. V návrhu je nutno uvažovat nad druhem a konstrukcí rozvaděče, ovládacího systému a dalších náležitostí. [1]

Obecná charakteristika – soubor dat stručně popisující možnosti použití zařízení a jeho funkce (určeno pro spotřebitele) [1]

Technické údaje – soubor dat detailně popisující vlastnosti zařízení, funkční elektrické vlastnosti, podmínky použití a ostatní fyzikální vlastnosti [1]

Krytí elektrických zařízení – ochrana rozvaděče a ostatní elektroniky zařízení. Krytí je značeno např. IP 24. První číslo říká, jak velké těleso, nebo částice může vniknout do krytého prostředí a druhé číslo značí vodotěsnost [1]



Obr. 11: Rozvodnice [40]

6.2 Vodiče

Vodiče slouží při propojování elektronických součástek a vytváření obvodů. Existuje velká škála druhů vodičů. [1]

Vodiče obvodu: [1]

- a) Vodič L (vodič fáze)
- b) Vodič N (střední vodič)
- c) Vodič PE (ochranný vodič)

- d) Vodič PEN (vodič s funkcí ochranného vodiče i středního vodiče)

Vodiče rozdělujeme do čtyř kategorií: [1]

- a) Vodiče silové
- b) Vodiče pro sdělovací techniku
- c) Vodiče pro vinutí (cívky, transformátory a motory)
- d) Vodiče pro vysokofrekvenční vedení (vysokofrekvenční signály)

6.2.1 Vodiče silové

Silové vodiče jsou používány v obvodech elektrických zařízení, která jsou připojena k elektrické síti a jsou těmito vodiči napájena. Jádru vodiče může být tvořeno jako plné, nebo složené a průřezy jádra se pohybují mezi desetiny až setinami mm². Materiál jádra je z mědi, nebo hliníku a samotné jádro je izolováno izolačním pláštěm. Vyrábí se v provedeních jako jednožilové, vícežilové, kabely a vodiče zvláštních konstrukcí. [1]

6.2.2 Vodiče pro sdělovací techniku

Vodiče určené pro sdělovací techniku jsou voleny pro obvody s nízkým napětím. Jádra těchto vodičů jsou vyráběna z mědi a samotné jádro je plné, nebo složené o průřezech setin až 2 mm². Jádru je izolováno jednovrstvým pláštěm. Vodiče pro sdělovací techniku mají podobné vlastnosti jako silové vodiče. Rozdíl je v kroucení vodičů uvnitř kabelů, kdy vodiče pro sdělovací techniku jsou krouceny navíc oproti silovým vodičům v párech a až následně poté tyto páry mezi sebou. [1]

6.3 Total stop

Bezpečnostní mechanický vypínač upevněný na zařízení zajišťující ukončení dodávky elektrické energie při požáru, nebo jiné nebezpečné situaci. Total stop musí být snadno dostupný a viditelný. Tlačítko total stop je provedeno v červené barvě s okolním krytem v barvě žluté. [10]



Obr. 12: Tlačítko total stop [10]

6.4 Jistič a pojistka

Samočinný vypínač (jistič) v době protékání dlouhodobě zvýšeného proudu obvodem, nebo při náhlém zvýšení proudu (zkrat) nad jmenovitou proudovou propustnost, na kterou je jistič vyroben, rozpojí obvod. Po rozepnutí jističe a opravení závady je možnost jistič sepnout. Jističe se vyrábí v různých jmenovitých proudových propustnostech a čtyřech vypínacích charakteristikách. Vypínací charakteristiky jsou popisem vlastnosti jističe, jaký odběr nadproudu je schopen unést při startu jištěného zařízení. [4]



Obr. 13: Jistič [4]

Vypínací charakteristiky: [5]

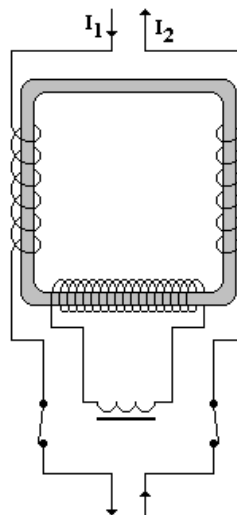
- a) A - Jištění polovodičů (vypíná malé nárazové nadproudy)
- b) B – Jištění vedení (vypíná při 3-5 násobku jmenovitého proudu)
- c) C – Jištění motorů (vypíná při 5-10 násobku jmenovitého proudu)
- d) D – Jištění pro zařízení s velkými startovacími odběry proudu (vypíná při 10-20 násobku jmenovitého proudu)

Pojistky oproti jističům zabezpečují obvod pouze proti zkratu. Přetěžování obvodu se na drátu v pojistce projeví zvýšenou teplotou, ale drát se nepřepálí, dokud nedojde k prudké-

mu navýšení odběru proudu. Tepelnou ochranou se od sebe jističe a pojistky odlišují. Pojistky se vyrábějí dle průměrů a maxima propustného proudu. Zapojení pojistek k propojení obvodu se realizuje přes pojistkové svorky, nebo pojistkové moduly. Pojistky jsou vhodné pro jištění stejnosměrných obvodů, kde mají větší spolehlivost. [4]

6.5 Proudový chránič

Proudový chránič zajišťuje ochranu rozepnutím obvodu při ztrátě proudu protékajícím obvodem. Jedná se o diferenciální transformátor. V chrániči jsou vytvořeny celkově tři cívky. První cívka je napojena na vodič L (vodič fáze) a druhá na vodič N (střední vodič). Obě cívky vytváří v okolí magnetické pole, ale každá opačně orientované. V době kdy protéká vodiči L a N stejné napětí se elektromagnetická indukce vynuluje. V momentu, kdy dojde ke ztrátě proudu v obvodu, se na třetí cívce vytvoří napětí za pomoci elektromagnetické indukce a dojde k rozepnutí obvodu přes relé. [35]



Obr. 14: Proudový chránič [35]

6.6 Elektrický zdroj

Zdroj napětí je důležitou součástí elektrického obvodu, v kterém má úlohu přeměny napětí z rozvodné sítě na napětí pro daný obvod spotřebiče. Zdroje jsou vyráběny ve více provedeních jako AC/AC, AC/DC, nebo DC/DC, kde AC slouží jako zkratka střídavého proudu a DC jako zkratka stejnosměrného proudu. Parametry zdrojů na výstupu a vstupu zdroje jsou určovány dle obvodu, který budou napájet a sítě/akumulátoru, ze kterého bude probíhat dodávání elektrické energie. Parametry zdrojů jsou hodnoty napětí, proudu, výkonu a frekvence. [1]

Zdroje dělíme do dvou základních variant: [1]

- a) Zdroj napětí – dodává do obvodu konstantní napětí
- b) Zdroj proudu – dodává do obvodu konstantní proud

Stejnoseměrný elektrický výkon/příkon: [1]

$$P = U * I \quad (2)$$

Kde: P – elektrický výkon [W]

U – elektrické napětí [V]

I – elektrický proud [A]

6.7 Řízení

Automatizační řízení procesů se stává nedílnou součástí technologických procesů ve strojích a zařízeních. Technologické zařízení označované jako „regulovaná soustava“ se skládá z prvků regulátorů, měřících členů a akčních členů. Dohromady tyto prvky tvoří regulační obvod. Přístroje pro měření tlaku využívají fyzikální principy od sebe rozlišitelné podle převodu tlaku na výstupní signál. [25]

6.7.1 Programovatelný logický automat (Programmable logic controller)

Programovatelný logický automat (PLC) využívá k řízení výpočetní metody a logické metody. Naprogramované funkce opakovaně probíhají a na základě výsledků těchto logických výpočtů PLC udává výstupní signál, nebo zaznamenává výsledky. Tyto výsledky a jejich průběh uvnitř automatu jsou závislé na vstupních signálech. Signály vstupů mohou být analogové, nebo digitální. [29,30]



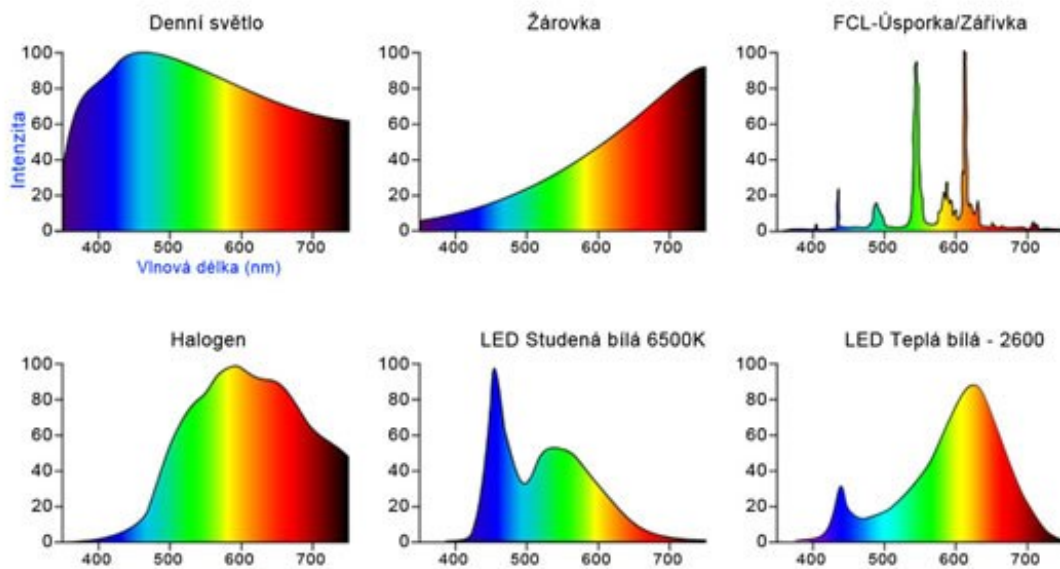
Obr. 15: PLC Tecomat foxtrot CP-1005 [30]

6.8 LED osvětlení

LED (Světlo vyzařující dioda) jsou optoelektrické polovodičové zdroje záření, které při průchodu elektrické proudu převádějí elektrickou energii na optickou. LED diody přináší mnoho výhod, z nichž jsou nejdůležitější úspora energie, dlouhá životnost, účinnost a odolnost. Třída spotřeby energie se řadí do A a vyšších úsporných kategorií. [1,2]

Parametry LED svítidel: [2]

- Svítivost** – udává hustotu světelného toku [lm]
- Příkon** – určuje spotřebu energie světelného zdroje [W]
- Teplota chromatičnosti (Barevná teplota)** – veličinou je popsána šíře spektra světelného zdroje udávající se v Kelvinech (K).



Obr. 16: Teplota chromatičnosti [2]

7 DIMEZOVÁNÍ NÁDOBY

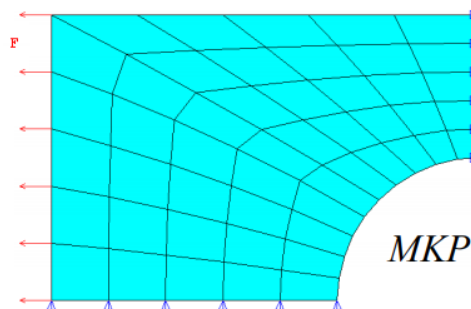
Výrobek zatěžují účinky při procesu a váha jeho samotného. Tyto účinky působí na součásti výrobku a je třeba jim přizpůsobit materiál a rozměr u součástí, které jsou zatěžovány. Přizpůsobení rozměrů k danému namáhání se určí z výsledného napětí v zkoumaném výrobku s povoleným napětím pro daný materiál. [36]

7.1 Metoda konečných prvků

Metoda konečných prvků (FEM) zakládá na rozdělení zkoumané součásti na mnoho malých částí (elementů). Elementy jsou tvořeny z uzlů. Dle dimenze, ve které je součást řešena, se volí tvar elementu samotné sítě. Metoda FEM má široké využití, a lze s ní dimenzovat předměty různorodých tvarů. Metodou jsou zkoumány posunutí uzlů v součásti zatížené vnějšími silami. Na základě posunutí a znalosti materiálu je určeno napětí a deformace v uzlech. [31]

Postupné kroky návrhu s použitím FEM: [31]

- a) Vytvoření zkoumaného modelu
- b) Definice materiálu
- c) Rozdělení modelu na elementy (síťování) a volba elementu
- d) Definice okrajových podmínek modelu a zatížení
- e) Výpočet
- f) Vyhodnocení výsledků



Obr. 17: Rozdělení modelu na elementy MKP [31]

7.2 Experiment

Destruktivní zkouška tlakových nádob, které se testují na roztržení. Test probíhá za pomoci dodávání stlačeného vzduchu do nádoby, dokud nedojde ke zborcení/roztržení její konstrukce. Tato metoda se volí jako poslední možnost návrhu nádob. Pokud lze nádobu dimenzovat pomocí vzorců, nebo analýzy, jsou voleny přednostně tyto metody. [22]

8 ZHODNOCENÍ STUDIJNÍ ČÁSTI

Teoretická část bakalářské práce byla zaměřena na literární podklady okruhů, které jsou vhodné pro navrhování aparatury rukavicového boxu. Zařízení tohoto určení není běžným produktem, o kterém by byla zpracována dostupná literatura pro přesné řešení jeho návrhu a realizace. Obecně proto byly shrnuty okruhy, které jsou použitelné k vytvoření tohoto zařízení. Čerpané informace jsou čerpány z různých zdrojů ve spektru možného využití pro zařízení tohoto charakteru.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je návrh jednoduché aparatury rukavicového boxu bez přechodové komory, dle zadaných požadavků. Účelem této bakalářské práce je vytvořit ekonomicky únosnější alternativu vůči komerčně dostupným rukavicovým boxům pro výzkumné laboratoře Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Praktická část se bude zabývat kompletním návrhem aparatury rukavicového boxu z hlediska materiálového, konstrukčního, elektrického, procesního a logických funkcí tohoto systému.

9.1 Zadané požadavky pro aparaturu:

Obecné požadavky:

- a) Dosáhnutí co největší těsnosti nádoby
- b) Dostatečná bezpečnost pro umístění do výukových laboratoří
- c) Medium dodávané do systému aparatury je argon
- d) V aparatuře bude využita olejová rotační vývěva DVP DB.2D
- e) Nosnost dna nádoby 50 kg
- f) Podtlak pro práci v zařízení do -10 kPa relativního tlaku

Rozměry vnitřního prostoru nádoby:

- a) Výška – minimálně 1150 mm
- b) Šířka – minimálně 750 mm
- c) Hloubka – minimálně 450 mm

Vybavení vnitřního prostoru nádoby:

- a) 4x přípojka napětí 230 VAC
- b) Osvětlení
- c) Držáky linie (ocelové tyče kruhového průřezu)

Strana obsluhy (přední strana):

- a) Dva vstupy pro pryžové rukavice
- b) Materiál průhledné částí víka z antistatického transparentního polymeru

10 KONSTRUKCE NÁDOBY

Hlavním členem aparatury rukavicového boxu je jeho nádoba, do které bude dodáván argon. U nádoby se preferuje těsnost otvorů, aby docházelo k co nejmenší propustnosti vzduchu z okolí do vytvořené ochranné atmosféry uvnitř nádoby.

10.1 Materiál

Vhodný materiál pro nádobu rukavicového boxu byl možný ze tří možností. Vybírat bylo možno z oceli s následnou povrchovou úpravou, korozivzdorné oceli, nebo slitin hliníku. Ohled při výběru materiálu byl kladen na svařitelnost, chemickou odolnost, mechanické vlastnosti a ekonomičnost. Jako vhodný materiál se volí ocel s následnou povrchovou úpravou. Ocel lze oproti ostatním materiálům svařovat běžnými metodami a ekonomicky vychází jako nejlevnější varianta s ohledem na celkový průběh výroby nádoby rukavicového boxu.

Materiálem ocelových profilů byl zvolen S355NL. Jedná se o svařitelnou, nelegovanou, konstrukční ocel. Ocel je vhodná pro konstrukce, nosné prvky a tlakové nádoby. Profily jsou normalizačně válcovány.

Materiálem ocelových plechů byl zvolen P355NL. Jedná se o svařitelnou, nelegovanou konstrukční ocel. Ocel je vhodná pro pláště tlakových nádob. Plechy jsou normalizačně válcovány.

Po svaření součástí aparatury proběhne žihání pro snížení vnitřního pnutí, otryskávání a následně potažení součástí aparatury vrstvou zinku při galvanickém zinkování. Ochrana v podobě slabé vrstvy zinku na povrchu materiálu chemicky ochrání konstrukci před vznikem koroze a dodá konstrukci příjemný vzhled povrchu.

V případě přední průhledné desky víka byla zvolena polykarbonátová deska Makrolon mono 2UV. Jde o průhlednou desku vyráběnou extrudováním s UV filtrem a antistatickými vlastnostmi.

10.2 Technologické procesy

Železné součásti budou svařovány metodou MIG, kterou umožňují materiálové vlastnosti vybraných materiálů. Řezání tvarů plechů, opěrných destiček uzavíracího systému, pantů víka a PC desky provede laserový řezací stroj. Technologie laseru pomůže vytvořit velmi

přesné geometrie rozměrů. Pant základny a usazení kloubu bude obrábět frézka. Držáky lišty ventilů a profily víka budou vrtány. Tyče pro držáky linie, lišta pro upevnění zásuvek a bezpečnostní úchytky budou ohýbány na ohýbacím stroji. Řezání profilů bude provedeno pásovou pilou.

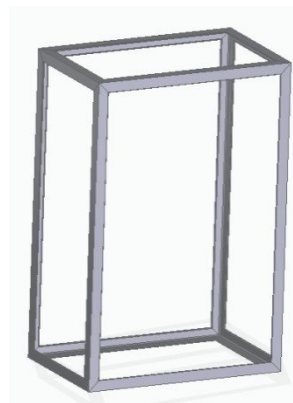
10.3 Základna

Základna je v aparatuře základní svařovanou sestavou, která na sobě nese pneumatickou výstroj nádoby, elektroinstalaci a otevíratelné víko.

Svařovaná sestava základny se skládá z:

- a) Rámu
- b) Plechů s otvory pro pneumatické prostupy a prostupu pro elektrickou průchodku
- c) Upevňovacích prvků
- d) Části pantu základny
- e) Drážky pro těsnění uzavíracího systému
- f) Bezpečnostních úchytek

Rám (Obr. 18) nádoby tvoří ocelové úhelníky. Jedná se o nosnou konstrukci pro plášť, usazení kloubů systému uzavírání, držáky pro stavěcí nohy a drážku pro těsnění. Strany konců úhelníků jsou řezány pod úhlem 45° . Úhelníky se mezi sebou svaří v rozích tupým svarem. Vzniklé svary se z vnějších stran a vnitřní strany umístění dna obrousí pro následnou operaci svařování rámu s pláštěm.

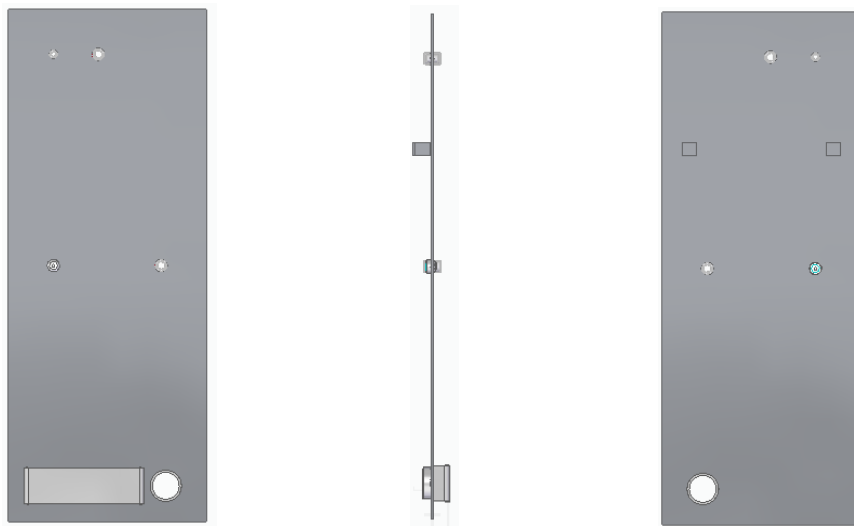


Obr. 18: Rám základny

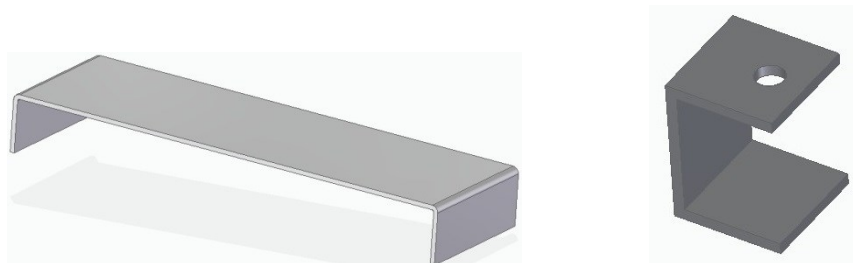
Plášť základny se skládá z pěti plechů. Každý plech nádoby se přizpůsobuje prvkům a účelu dle stran, na které se přivaří. Dno a vrchní plech jsou při svařování podsestav základny holé bez děr a navařovaných součástí. Liší se od sebe pouze velikostí z důvodu uložení na

konstrukci, kde dno se uloží zevnitř konstrukce na úhelníky a následný svar vyplní mezeru mezi plechem a úhelníkem.

Svařenec levé strany pláště základny (Obr. 19) obsahuje v plechu pět děr. V pravém horním rohu a ve střední části jsou díry určeny pro navařovací hrdla pneumatického systému. V levém spodním rohu laser vytvoří díru a do ní se navaří trubka sloužící dále pro umístění vzduchotěsné průchodky elektrických vodičů. Plech na sobě nese v horní polovině dva přivařené držáky (Obr. 20) pro upevnění lišty ventilů. Držáky se vyrobí z U profilů s dírou pro připevnění upínané součásti. Na vnitřní straně se přivaří lišta pro upevnění zásuvky (Obr. 20) s odstupem ode dna nádoby. Tento odstup zamezí případnému vniku tekutiny do kontaktní vzdálenosti k zásuvkám.

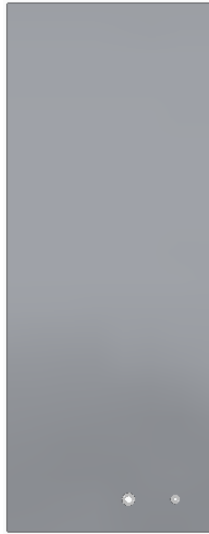


Obr. 19: Svařenec levé strany pláště základny



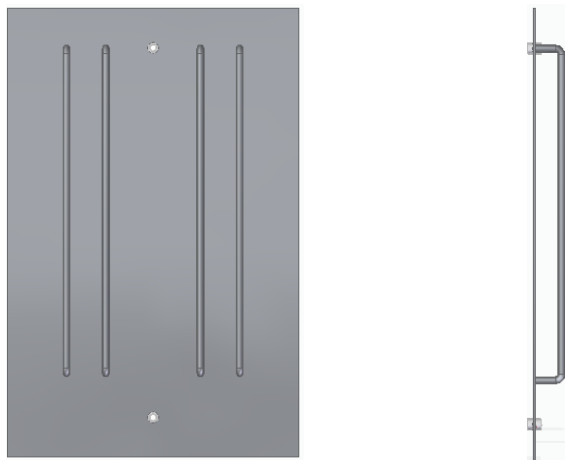
Obr. 20: Lišta upevnění zásuvek (vlevo) a držák listy ventilů (vpravo)

Plech pravé strany pláště základny (Obr. 21) obsahuje dvě díry v levém spodním rohu pro navařovací hrdla pneumatického systému.



Obr. 21: Plech pravé strany základny

Svařenec zadní strany pláště základny (Obr. 22) obsahuje v plechu dvě díry pro navařovací hrdla pojistných ventilů. Na plech se přivaří držáky linie sloužící k upevnění svěrných držáků pro chemické procesy při používání rukavicového boxu. Polotovar pro tyto držáky je ocelová kruhová tyč.



Obr. 22: Svařenec zadní strany pláště základny

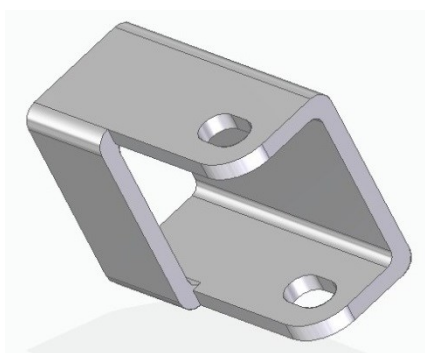
Finální svařování sestavy základny spojuje prvky rámu a pláště. V této části svařování se na rám přivařují i držáky pro stavěcí nohy (Obr. 23) na spodní část nádoby, usazení kloubů (Obr. 23) pro systém uzavírání nádoby a část pantu základny (Obr. 24). Výroba držáků stavěcích nohou proběhne z U profilu, usazení kloubů z čtvercového plného profilu a panty z obdélníkového dutého profilu. Tvar držáku pro stavěcí nohu se řeže tak, aby kopíroval plochou částí spodní stranu rámu, kde se ponechávají dva výstupky, které kopírují stranu

rámu. Středem plochy mezi výstupky prochází díra určená pro šroub stavěcí nohy. Stavěcí nohy budou použity v případě, kdy bude nádoba umístěna na běžném stole, který se nachází v laboratořích Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. V případě, že bude varianta umístění nádoby na stole laboratoře nevyhovující, je možné následně nechat vytvořit podstavný rám z profilů, na který bude možnost upnout nádobu přes držáky stavěcích nohou šroubovým spojem.



Obr. 23: Držák pro stavěcí nohu (vlevo) a usazení kloubu (vpravo)

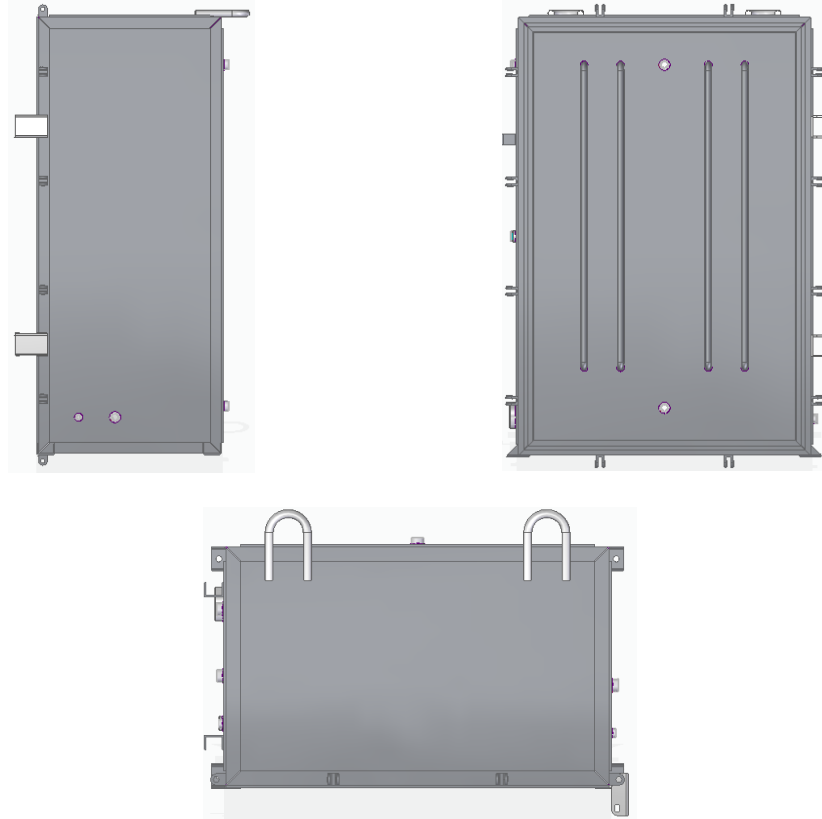
Část pantu základny obsahuje plochu na spodní straně pro přivaření k rámu základny a její geometrie je navržena tak, aby umožňovala otevření víka o dostatečný úhel. V této části pantu se vytvoří drážka, díky které je možné volit při případných netěsnostech uzavíracího systému vyššího, či nižšího těsnění v drážce těsnění.



Obr. 24: Pant základny

V rozích spodní části svařované sestavy základny (Obr. 25) jsou umístěny držáky pro stavěcí nohy. Svary držáků stavěcích nohou se nacházejí na spodní části rámu a na boční části rámu. Usazení kloubu se nachází na všech stranách základny. Na stranách výšky základny čtyřikrát a na stranách šířky základny dvakrát. Umístění pantů je na právě straně základny. Lišty tvořící drážku pro uzavírací systém kopírují vnitřní a vnější stranu přední části rámu. Na vrchní části základny zajišťují stabilitu zařízení dva bezpečnostní úchyty ohnuté z oce-

lové kruhové tyče, kdy tyto bezpečnostní úchyty jsou určeny k připnutí nádoby pomocí řetízků ke stěně laboratoře. Pod horním úhelníkem rámu na přední straně se připevní hliníková lišta pro uložení LED pásky přilepením k úhelníku oboustranně lepicí páskou.



Obr. 25: Pohledy svařované sestavy základny

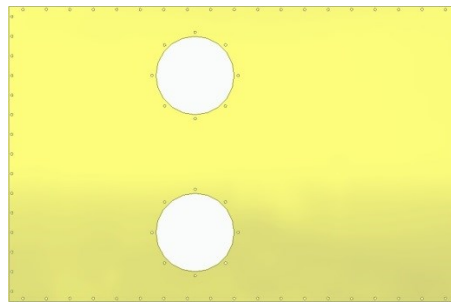
10.4 Víko

Svařovaná sestava rámu víka (Obr. 26) se skládá z čtyř T profilů s předvrtanými otvory pro prvky uzavíracího systému, madlo, PC desku a část pantu. Profil T u svařované součásti doléhá do drážky vytvořené na přední části základny. Vnitřní strana rámu bude po svařování obroušena, aby mohlo dojít při spojení rámu a víka k rovnoměrnému dolehnutí ploch.



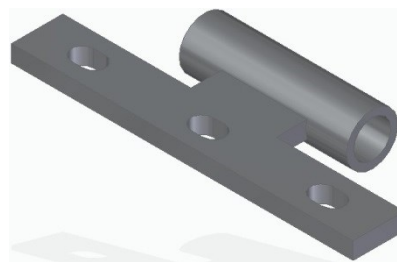
Obr. 26: Rám víka

Polykarbonátová deska (Obr. 27) slouží jako průhledná stěna přední části pláště nádoby. Uchycena je k rámu víka šroubovými spoji. Ve středu desky jsou vyřezány dva otvory pro přírubby rukavic. Kolem otvorů jsou vyvrtány díry pro šroubové spoje upevňující přírubby rukavic.



Obr. 27: PC deska

Část pantu na straně víka (Obr. 28) se svaří z ocelové trubky a obrobku z plechové oceli. V plechové oceli se vytvoří drážky pro šrouby, které budou eliminovat případnou nepřesnost pozice přivaření protikusu pantu na základně.

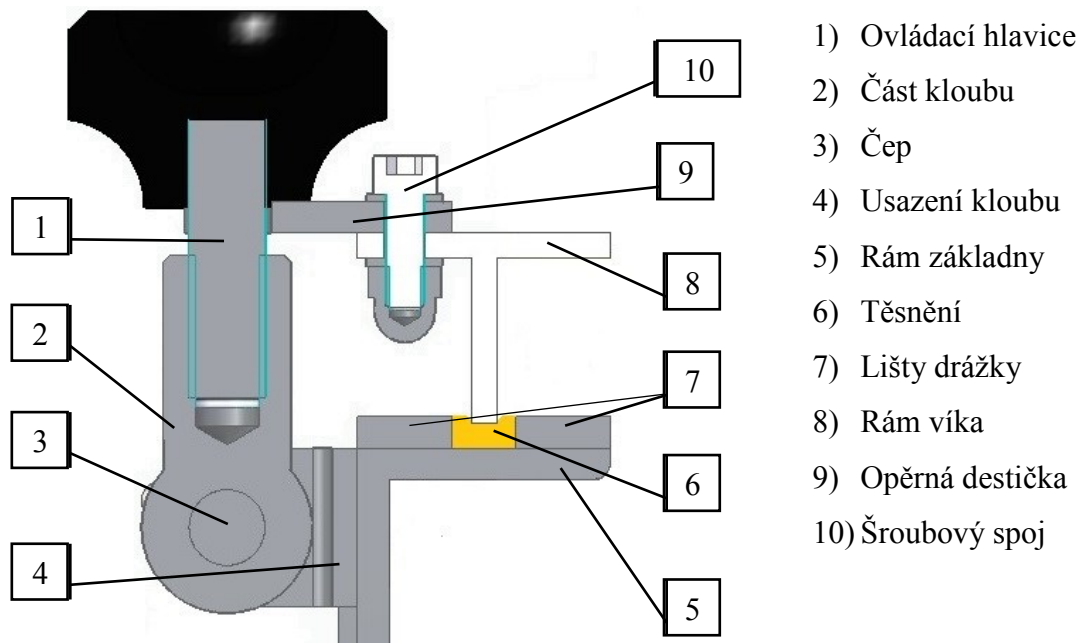


Obr. 28: Pant strany víka

10.5 Systém uzavírání

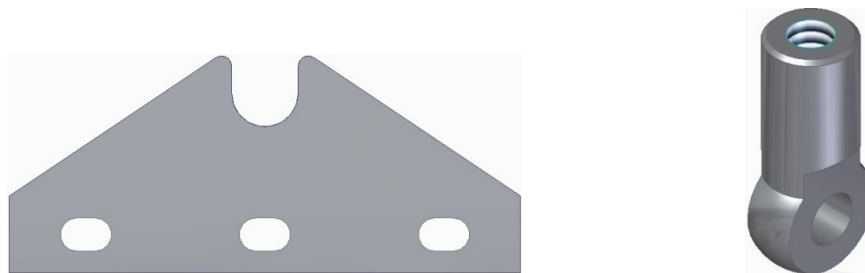
Systém uzavírání (Obr. 29) otevíratelné části nádoby je jeden z nejdůležitějších prvků tohoto zařízení. Systém v sobě nese ovladatelnost a jednoduchost demontáže neprodyšného

spojení víka a základny. Těsnost systému uzavírání vytváří T profil rámu víka, který je dotažením systému vtlačen do těsnění.



Obr. 29: Řez systému uzavírání

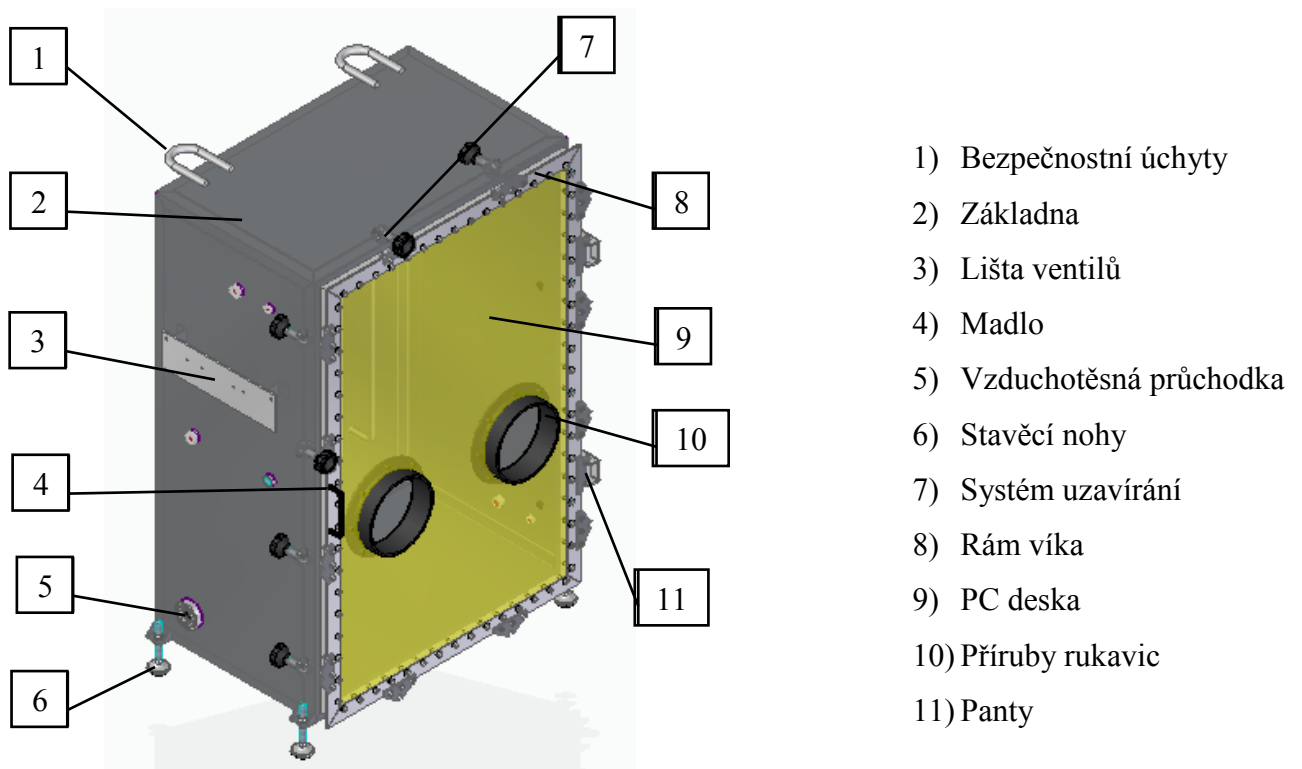
Opěrná destička (Obr. 30) slouží v uzavíracím systému jako opěrný bod ovládací hlavice. Destičku a rám víka spojuje šroubový spoj, pro který jsou v destičce vytvořeny drážky pro šrouby, které budou eliminovat případnou nepřesnost pozice přivařených usazení kloubu na základně. Otevřený otvor na konci destičky umožňuje kompletní rozpojení uzavíracího systému povolením ovládací matice z části kloubu (Obr. 30) a následným odkloněním ovládací matice s částí kloubu do strany kolem osy čepu kloubu mimo opěrnou destičku. Čep s hlavou prochází částí kloubu a jeho usazením, kde je na konci zajištěn podložkou a závlačkou.



Obr. 30: Opěrná destička (vlevo) a část kloubu (vpravo)

10.6 Sestava nádoby

Sestava nádoby (Obr. 31) tvoří ucelenou část konstrukce rukavicového boxu. V přední části nádoby je PC deska připevněna k rámu víka šroubovými spoji. Z důvodu dosažení co nejvyšší těsnosti je šroubový spoj tvořen ze šroubu, dvou podložek vyrobených z termoplastického elastomeru a uzavřené matice. V místě dotyku PC desky a rámu víka je třeba pro vyšší těsnost využít tmel, popřípadě slabé pěnové těsnění. Stejný způsob utěsnění bude uplatněn i u přírub rukavic.



Obr. 31: Sestava nádoby

Základnu a víko spojují panty propojené čepem s hlavou na konci zajištěném podložkou a závlačkou. Stavěcí nohy jsou nastaveny do dostatečné výšky, aby mohlo dojít k rozpojení systému uzavírání. Nastavenou výšku na stavěcích nohách udržují matice s podložkami opírající se o držák nohou.

Vzduchotěsná průchodka dává zařízení možnost zavedení vodičů elektrické energie do vnitřních prostor nádoby. Průchodky toho typu se především využívají pro utěsnění prostupů přípojek do staveb. V našem případě lze tuto průchodku využít k utěsnění prostupu do nádoby. Vzduchotěsná průchodka má zaručenou plynotěsnost do 0,15 MPa relativního tlaku.

11 PNEUMATICKÝ SYSTÉM

System dopravy plynů v nádobě probíhá přes vytvořený pneumatický okruh.

11.1 Odvádění a dodávání plynu do nádoby

Pro efektivnější odvádění a dodávání plynů budou uvnitř nádoby z prostupů rozváděny plyny do vyšších a nižších míst nádoby polyethylenovými hadičkami. K připevnění hadiček se využijí držáky linie na zadní straně nádoby. Využije se rozdílu hustot argonu a vzduchu. Argon se svojí větší hustotou má tendenci držet se dole a vzduch nad ním. V případě výměny vnitřní atmosféry vzduchu za argon bude hadička přívodu argonu umístěna ke dnu a hadička odvádění vzduchu bude umístěna k vrchu nádoby.

Vývěva má na tlak v nádobě vliv v podobě snižování tlaku a elektropneumatický ventil má vliv v podobě zvyšování tlaku. Prvky odvádění a dodávání plynu nemají stejný průtok a proto bude dále nutno tento rozdíl řídit pomocí řízení, které bude vypínat, nebo spínat jednotlivé prvky, aby byl proces vyvážený.

11.2 Rozvody plynů

Rozvádění plynu v pneumatickém systému mezi jednotlivými prvky tvoří z části kovové šroubení a z části polyethylenové hadičky. Procesní prostupy pro pneumatický systém jsou umístěny na levé straně pro přívod plynu a měření tlaku uvnitř nádoby. Na pravé straně se prostupy použijí pro odsávání za pomoci vývěvy a k samovolnému vypouštění. Ke každému prostupu se přidávají manuálně uzavíratelné kulové ventily. Obsluze umožňují zastavení průtoku plynu přímo u nádoby. U měřících prvků umožňují kontrolu funkčnosti měřidel. Pospojování vstupů a výstupů pneumatického systému bude provedeno hadičkami přes hadicová hrdla, nebo šroubení s převlečenou maticí.

11.3 Snímač tlaku a vakuomanometr

Odsávání a dodávání plynu v nádobě se řídí na základě relativního tlaku uvnitř nádoby. Na snímači se v závislosti podle tlaku uvnitř nádoby projeví deformace deformačního členu na piezorezistivním principu s analogovým signálem na výstupu v podobě napětí. Dle hodnoty napětí snímače program řízení otevírá, nebo uzavírá elektropneumaticky řízený ventil. Stejně tak vypíná, či zapíná vývěvu.

Zvolené parametry snímače relativního tlaku:

- a) Rozsah (–20 až 20 kPa)
- b) Přetížitelnost (100 kPa)
- c) Výstup (1 až 6V, třívodič)
- d) Přesnost (0,5 %)
- e) Připojení tlaku (G 1/2“ DIN 3852)

Snímač tlaku se pro požadované rozsahy nevyrábí standardně. Z tohoto důvodu je navrhnutá výroba atypického snímače tlaku, dle požadovaných parametrů, pod označením DMP 331 110 9999 (–20 až 20 kPa) 6 5 100 100 1 000 od výrobce JSP Industrial controls.

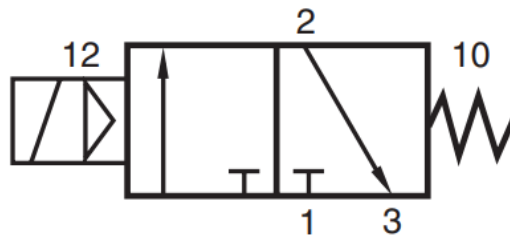
Vakuomanometr umožňuje obsluze kontrolovat průběžně relativní tlak v nádobě. Potřebný rozsah vakuomanometru je –30 až 30 kPa. Od firmy JSP Industrial controls byl zvolen vakuomanometr s parametry:

- a) Průměr skříně (100 mm)
- b) Rozsah (–100 až 60 kPa)
- c) Připojení (G 1/2“)

Materiály měřidel, které přichází do přímého styku s plynem v nádobě, není třeba zohledňovat a postačí standardní materiál. Vzduch a argon nebudou materiál měřidla, který je ve styku s plynem, poškozovat.

11.4 Elektropneumaticky spínaný ventil

Korigovat průběh procesu dodávání plynu do nádoby umožňuje elektropneumatický spínaný ventil. V nádobě zařízení při procesu bude vytvořen podtlak a plyn bude dodáván přes elektropneumatický ventil ve stlačené podobě, aby nedošlo k nechtěnému stálému plnění nádoby z přímo vedeného vstupu do nádoby. Ventil bude určovat, kdy bude plyn do nádoby dodáván. Je zvolen elektropneumatický spínaný 3/2 ventil NC G 1/4“ (Obr. 32) od společnosti Poličské strojírny. Ventil obsahuje dvě možné ustálené polohy. Při dodání elektrické energie se přestaví ventil do sepnuté polohy a zprůchodní cestu plynu ze vstupu 1 na výstup 2. V okamžiku zastavení přísunu elektrické energie do cívky ventilu pružina přenastaví ventil do zavřené polohy 3. Poloha 3 je uzavřena zátkou.



Obr. 32: Polohy elektropneumaticky spínaného 3/2 NC ventilu

11.5 Vývěva

Model vývěvy je již zahrnut v zadání práce. Jedná se o rotační olejovou vývěvu. Připojení vývěvy je provedeno přes hadicové hrdlo s předsazeným kulovým kohoutem na prostupu levé části nádoby poblíž dnu.

Vlastnosti vývěvy:

- a) Průtok $2\text{m}^3/\text{hod}$

11.6 Redukční ventil

Do nádoby se plyn dodává ze zdroje argonu (tlaková lahev). Na tlakové lahvi má umístění první redukční ventil. Tento ventil umožňuje nastavit hranici tlaku proudícího z tlakové lahve. Je třeba myslet, na změnu parametrů, které mohou nastat změnou ventilu na lahvi, a proto má pneumatický systém nádoby vlastní redukční ventil. Redukční ventil ustálí průběh dodávání a umožní obsluze nastavit vhodnou hranici tlaku pro dodávání daného plynu. V nádobě by mohl velký tlak společně s průtokem zapříčinit uvolnění hadičky, která rozvádí plyn v nádobě, a tím poškodit předměty uvnitř nádoby. Redukční ventil upevněný na nádobě je volen Regulátor tlaku DR 1/4 od společnosti Poličské strojírny.

Podstatné vlastnosti redukčního ventilu tlakové lahve:

- a) Pracovní rozsah absolutního tlaku 0,1 až 1 MPa
 b) Jmenovitý průtok (\dot{Q}_n) 30 Ndm³/min argonu
 c) Připojovací závit výstupu G 1/4"

Podstatné vlastnosti redukčního ventilu nádoby:

- a) Pracovní rozsah tlaku 0,05 až 0,4 MPa
 b) Pracovní rozsah vstupního tlaku 0,1 až 1 MPa

11.7 Prostupy pro čerpání ochranné atmosféry z nádoby

Průběh odvádění ochranné atmosféry je navržen s odlišným průběhem dodávání plynu. Odvádět ochrannou atmosféru bude vývěva. Kulový kohout na přívodu argonu se uzavře a plyn bude do nádoby samovolně dodáván z okolí přes prostup s kulovým kohoutem umístěným vedle prostupu dodávání argonu. Pro možnost, kdy by bylo třeba ochrannou atmosféru z nádoby vypustit samovolně (bez použití vývěvy) se ve spodní části vedle prostupu vývěvy nachází prostup s kulovým kohoutem. Pro samovolné vypouštění z nádoby se otevřou oba tyto kohouty a argon postupně vyteče z nádoby ven.

12 ELEKTRICKÝ SYSTÉM

Správná funkce zařízení závisí na elektrickém systému. Elektrický systém pracuje na dvou hodnotách napětí. Pod napětím 230VAC jsou napájeny zásuvky uvnitř nádoby, vývěva a signálka ukazující chybu řízení. Pod napětím 24 VDC je napájeno PLC, osvětlení, elektropneumatický ventil, snímač tlaku, tlačítka řízení a signalizační žárovky řízení. Hlavní prvky elektrického systému jsou uloženy v rozvaděči.

12.1 Osvětlení a zásuvky uvnitř nádoby

Viditelnost uvnitř nádoby zvyšuje svítící LED pásek. Umístění pásku se nalézá v hliníkové liště pod vrchním úhelníkem rámu na přední straně. LED pásek 24HQ12096 je vhodnou variantou pro osvětlení nádoby. Odstín denní bílé bude kvalitně osvětlovat vnitřní prostory nádoby a ponechá dobrou rozlišitelnost barev nasvícených objektů uvnitř nádoby. Délka pásku 0,7 m.

Zásuvky se připevní na předpřipravenou lištu. Zásuvky mají krytí IP 44 a jsou umístěny s odstupem ode dna.

Přívodní kabeláž pro zásuvky a LED osvětlení vede přes vzduchotěsnou průchodku. Přichycen po délce kabelu na nádobu je realizováno pomocí samolepících úchytů na kabely.

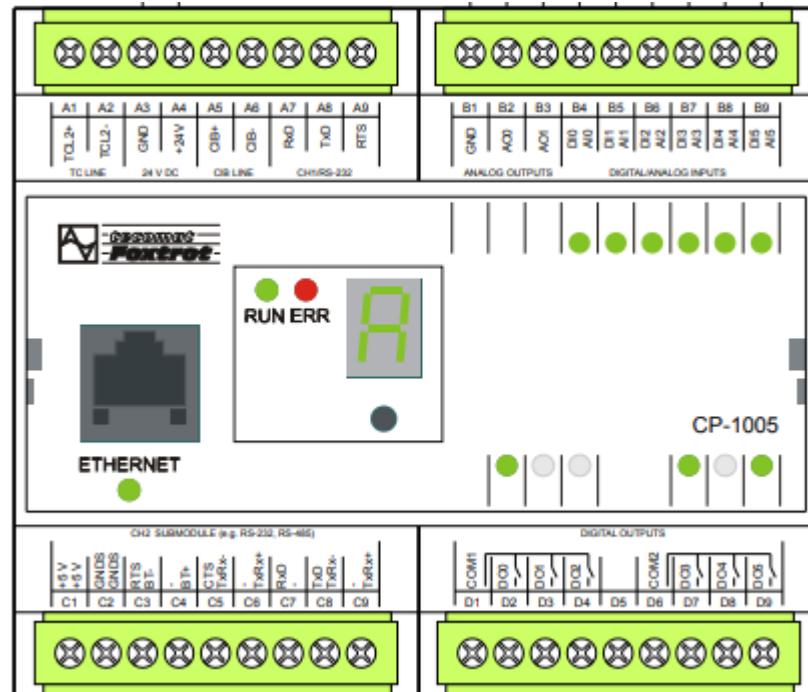
12.2 Programovatelný logický automat

Vhodným PLC pro zařízení se stal Tecomat Foxtrot CP-1005. PLC CP-1005, který byl vybrán z důvodu dostupné možnosti naprogramování s pomocí studentů Fakulty aplikované informatiky, která má možnost tento výpočetní prvek naprogramovat s dostupným bezplatným softwarem Mosaic. Reléové výstupy PLC umožní přímé řízení všech ovládaných spotřebičů v zařízení. V budoucnu lze zařízení rozšířit, při potřebě, o ovládací modul (HMI) přes RS 232, nebo případně realizovat připojení rozšiřujícího modulu s dalšími relé výstupy pro připojení dalších spotřebičů.

Parametry Tecomat Foxtrot CP-1005:

- | | |
|--------------------|--|
| a) Napájení | 24 VDC, příkon 3W max. 8W |
| b) Vstupy | 6x analogové/digitální vstupy s volitelnou funkcí vstupu |
| c) Výstupy | 2x analogové výstupy |
| | 6x reléové výstupy s galvanickým oddělením |

- d) Ethernet 10/100 Mbit, konektor RJ-45
- e) Sériové kanály RS 232
Kanál pro rozšiřující moduly



Obr. 33: PLC Tecomat Foxtrot CP-1005 [30]

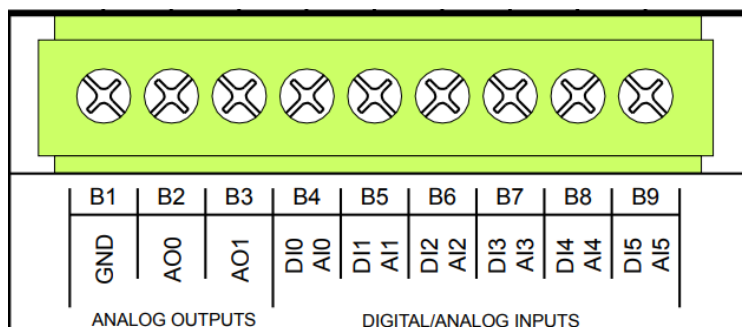
12.2.1 Měřicí členy a ovládání

O měření tlaku při procesu výměny vnitřní atmosféry nádoby se stará snímač relativního tlaku. Výstupem snímače je třetí vodič, který do PLC na analogový vstup (AI0) posílá napětí od 1 až 6 V. Nastavený rozsah pro hodnoty na PLC je 0 až 10 V. Zvolený rozsah napětí snímače umožňuje zavést do programu PLC podmínku, která bude hlídat, zda je snímač bez poruchy. Pokud napětí snímače klesne pod 1 V, PLC vyhodnotí tuto situaci jako poruchu tlakového snímače a znemožní spuštění procesu.

Kalibrace snímače relativního tlaku se stanoví v laboratořích Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně při realizaci rukavicového boxu. Z grafu měření kalibrace se vytvoří lineární závislost napětí na relativním tlaku snímače.

Pro možnost volby procesního programu jsou připojeny k vstupům PLC přepínač s aretací a tlačítko bez aretace umístěné na rozvaděči. Tlačítko a přepínač jsou připojeny na zdroj a při stisknutí tlačítka nebo při přepnutí přepínače do jedné z poloh (přepínač typu

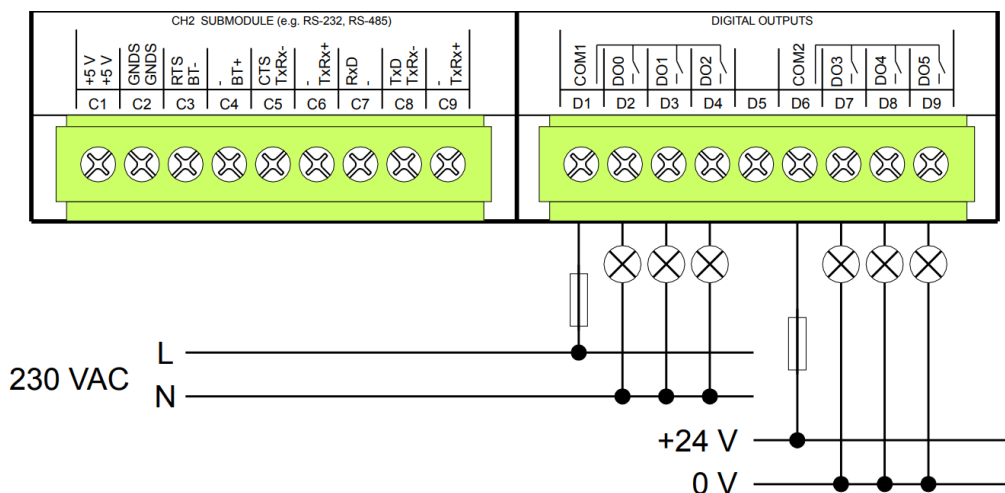
ON/OFF/ON) vzniká a zaniká digitální signál přicházející na digitální vstupy PLC (Tlačítko DI2; Přepínač DI3 a DI4).



Obr. 34: Digitální a analogové vstupy CP-1005 [30]

12.2.2 Akční členy

Reléové vstupy jsou vázány ve dvou skupinách (DO0 – DO2; DO3 – DO5). Každá skupina obsahuje COM, na který je přiváděna elektrická energie pod určitým napětím a z něj je elektrická energie následně předávána přes relé na spotřebič. V případě rozvaděče zařízení rukavicového boxu přivádí zdroj z elektrické sítě na COM1 napětí 230 VAC. Spotřebičem skupiny COM1 je vývěva (DO0) a červená signálka (DO2). Vývěva bude do obvodu zařízení připojována přes spínanou zásuvku napětí 230 VAC, která bude umístěna na straně rozvaděče. Na COM2 přivádí elektrický zdroj napětí 24 VDC a zde jsou spotřebiči zelené/oranžové signálky (DO4 a DO5) a elektropneumatický spínaný ventil (DO3). Úloha signálek spočívá ve zprehlednění zvoleného procesního programu probíhajícího aktuálně v PLC a zobrazování chyb procesu.



Obr. 35: Náznorné schéma zapojování spotřebičů na reléové výstupy CP-1005 [30]

12.3 Zdroj a napájení z elektrické sítě

Zdroj pro napájení prvků elektrickou energií pod napětím 24 VDC je doporučeno zvolit tak, aby jeho výkon byl využit maximálně z 80% jeho reálného výkonu. Pokud by byl zdroj zatěžován na hranici jeho reálného výkonu, mohlo by dojít k výraznému snížení jeho životnosti. Mezi spotřebiče napájené zdrojem patří a jejich parametry a příkon, jsou (1):

$$\begin{aligned} \text{a) Tlakový snímač} & \quad I = 7 \text{ mA}; U = 24\text{V} \\ P_T = U * I = 24 * 0,007 = 0,168\text{W} & \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Signálky (2x)} & \quad I = 20 \text{ mA}; U = 24\text{V} \\ P_V = U * I = 24 * 0,02 = 0,48\text{W} & \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Tlačítko} & \quad I = 5\text{mA}; U = 24\text{V} \\ P_S = U * I = 24 * 0,005 = 0,12\text{W} & \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Přepínač} & \quad I = 5\text{mA}; U = 24\text{V} \\ P_P = U * I = 24 * 0,005 = 0,12\text{W} & \quad (6) \end{aligned}$$

$$\text{e) Cívka elektropneumatického ventilu} \quad P_C = 4,5 \text{ W}$$

$$\text{f) LED osvětlení} \quad P_O = 9,6\text{W/m (6,72W)}$$

$$\text{g) PLC} \quad P_{PLC} = 8\text{W}$$

V součtu:

$$\begin{aligned} P_{Celk} &= P_T + 2 * P_V + P_S + P_P + P_C + P_O + P_{PLC} = \\ &= 0,168 + 2 * 0,48 + 0,12 + 0,12 + 4,5 + 6,72 + 8 = 20,588 \text{ W} \end{aligned} \quad (7)$$

Minimální potřebný výkon zdroje:

$$P_Z = \frac{P_{celk}}{0,8} = \frac{20,588}{0,8} = 25,735 \text{ W} \quad (8)$$

Doporučeným zdrojem pro napájení 24VDC je zdroj od výrobce OMRON pod označením S8VK-C06024. Zdroj obsahuje ochrany proti nárůstu napětí, přetížení a zkratu. Výrobce udává účinnost zdroje 88% a výkon 60W.

$$P_R = 0,88 * 60 = 52,8 \text{ W} \quad (9)$$

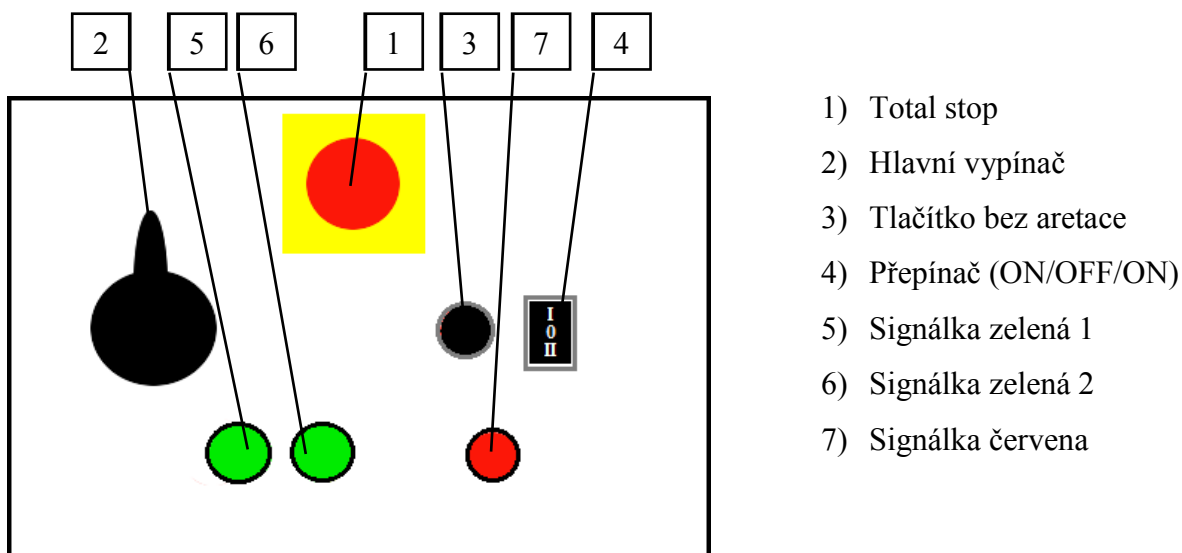
Reálný výkon zdroje dává do budoucna možnost rozšíření o prvky, které jsou napájeny pod napětím 24VDC, nebo v případech, kdy bude třeba provést náhradu (výměna poškozeného spotřebiče za spotřebič jiné značky) při opravě vadného spotřebiče.

12.4 Rozvaděč

Centrálním bodem elektrického systému v zařízení je rozvaděč. Uvnitř rozvaděče se nalézají bezpečnostní elektrické prvky, řízení, napájení spotřebičů a na jeho konstrukci jsou umístěny ovládací a kontrolní prvky. Nástin obvodů v této práci je pouze ilustrativní a slouží k předložení základních informací funkčnosti elektrického obvodu pro výrobce rozvaděče. Aby mohla být reálná myšlenka uvedení zařízení do provozu v laboratořích Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, musí být rozvaděč s obvody navržen a sestaven specializovaným výrobcem rozvaděčů, který opatří tento rozvaděč náležitostmi, se kterými splní požadavky revize. Prozatím tedy nejsou stanoveny přesné rozměry rozvaděče, řazení elektrických prvků na DIN lištách, vlastnosti vodičů a bezpečnostní prvky.

Rozvaděč může být umístěn vedle nádoby na stůl, nebo připevněn na stěnu vedle nádoby. Volbu umístění je vhodné volit dle prostorů laboratoře, aby byly ovládací prvky a total stop bezprostředně přístupné. Toto umístění dále ovlivňuje váha a rozměry navrženého rozvaděče od výrobce. Upřednostňované umístění rozvaděče je na stěně laboratoře.

Total stop, ovládací prvky a kontrolky by měly být umístěny na přední straně otevíratelných dveří přední strany rozvaděče. K osazeným prvkům na přední straně rozvaděče je dále nutno nalepit funkční popisky prvků.



Obr. 36: Možné umístění ovládacích prvků na rozvaděči

Mezi pojistkou vývěvy a vývěvou bude vytvořen rozebíratelný spoj vodičů v podobě jednofázové zásuvky napětí 230 VAC na pravé straně rozvaděče v případě umístění na zed'. V případě umístění rozvaděče na stůl se umístí zásuvka na levé, nebo zadní straně rozvaděče.

12.5 Bezpečnost

Bezpečnost elektroinstalace zařízení musí být důkladná, aby byla zajištěna ochrana prvků obvodu a obsluhy. Bezpečnost elektroinstalace se soustřeďuje především na proudové ochrany, dále pak na vyrovnání potenciálů mezi okolním prostředím a všemi vodivými prvky zařízení.

12.5.1 Jištění a proudový chránič

Jištění elektronického systému začíná od prvního vstupu do rozvaděče, až po jištění jističí a pojistkami samotných spotřebičů. Jistící prvky dodá do návrhu výrobce rozvaděče tak, aby byl obvod samočinně rozpojen při zkratu, nadměrném odebrání proudu, nebo ztrátě proudu z obvodu. Na přívodu elektrické energie ze sítě do rozvaděče výrobce umístí za hlavní vypínač proudový chránič.

Výrobce PLC udává maximální protékající proud z relé na spotřebič o hodnotě 3 A a pro celou skupinu relé napájenou přes COM maximální protékající proud 10 A. Na tuto skutečnost bude výrobce upozorněn a bude mu předána informace o PLC s dokumentací, aby nedošlo k poškození PLC.

12.5.2 Ochranné vodiče

Ochranné vodiče v rozvaděči budou pospojovány a propojeny přes zemnicí vodič rozvaděče elektrické energie z rozvodné sítě budovy a k zemnicímu vodiči samotných laboratoří, který je vytvořený jako druhé zemnění.

V případě zvolení materiálu skříně rozvaděče z vodivého plechu je třeba uzemnit i samotný rozvaděč pomocí obou uzemnění pospojováním s nádobou.

13 BEZPEČNOST NÁDOBY

Bezpečnost nádoby proti poškození tlakem obstarávají dva ventily. Tlak uvnitř nádoby se pohybuje v podtlaku i přetlaku. Zvolený je jeden ventil přetlakový a jeden podtlakový. Ventily při dosažení tlaku nastaveného na daném ventilu otevírají průchod plynu. Plyn se následně odvádí z nádoby, nebo je do ní přiváděn. Tím je zabráněno přesažení nebezpečných hranic tlaku, na které je nádoba dimenzována

13.1 Pojistný přetlakový ventil

Přetlakový ventil se stará o zamezení možnosti zvýšení tlaku v nádobě přes nebezpečnou hranici. Při práci s rukavicovým boxem se běžně přetlak vyskytovat nebude, ale je třeba myslet na možnou poruchu řízení, nebo samotného elektropneumatického ventilu, který by mohl zapříčinit zvýšení přetlaku na nebezpečnou hranici. Minimální možný nastavený otevírací tlak na ventilu je 0,02 MPa relativního tlaku. Průtok přetlakového ventilu musí být větší, než průtok přívodu argonu.

Výrobce redukčního ventilu používaného na tlakových lahvích udává jmenovitý průtok $\dot{Q}_{nz} = 30 \text{ Ndm}^3/\text{min}$ ($\dot{Q}_{nz} = 1,8 \text{ Nm}^3/\text{hod}$). Při dosažení horní hranice povoleného tlaku v nádobě může dojít ke třem variantám složení odváděného plynu přes pojistný ventil. Může se jednat o čistý vzduch, směs argonu se vzduchem nebo čistý argon. Ověření, zda ventil vyhovuje, se určí pro stav odvádění argonu a odvádění vzduchu.

Pro stanovení zaručeného výtoku ventilu budou použity vztahy z ČSN 13 4309-3. Ventil je volen od výrobce Herose typ 06205 s připojením G 1/2" a světlostí (DN) 12 mm. G 1/2" se světlostí 12 mm je nejmenší ventil s možností nastavení hodnoty otevíracího tlaku na 0,02 MPa relativního tlaku.

Výrobce tohoto ventilu udává jmenovitý průtok plně otevřeného pojistného ventilu $\dot{Q}_{nv} = 30 \text{ Nm}^3/\text{hod}$. Zaručený průtokový součinitel α_w výrobce udává až od otevíracího relativního tlaku 0,3 MPa.

13.1.1 Stanovení zaručeného výtoku argonu (ČSN 13 4309-3)

Důležité v první řadě je, zda jde o kritický, nebo podkritický výtok.

Kritický výtok:

$$\frac{p_2}{p_1} \leq \left(\frac{2}{x+1}\right)^{\frac{x}{x-1}} \quad (10)$$

Kde: p_1 - skutečný absolutní tlak na vstupu při plném otevření ($p_1 = p_0 + \Delta p_{\max}$) (0,13 MPa)

p_2 - skutečný absolutní protitlak na výstupu při plném otevření (0,1013 MPa)

p_0 - otevírací tlak ventilu (0,12 MPa)

Δp_{\max} - tlak při plném otevření (0,01 MPa)

x – izoentropický exponent (pro vzduch 1,4; pro argon 1,65)

Podkritický výtok:

$$\frac{p_2}{p_1} > \left(\frac{2}{x+1}\right)^{\frac{x}{x-1}} \quad (11)$$

Vzduch

$$0,779 > 0,528$$

Argon

$$0,779 > 0,49$$

V obou případech se tedy jedná o podkritický výtok.

K výpočtu zaručeného výtoku argonu je třeba znát zaručený výtokový součinitel. Součinitel bude vyjádřen z rovnice pro výpočet zaručeného výtoku s využitím známého výtoku vzduchu.

Zaručený výtok pro pojistné ventily pro plyny při podkritických vtocích:

$$Q_z = 10 * A_0 * \alpha_w * p_1 * C * K_2 * \sqrt{\frac{M}{Z_{kr} * T}} \quad (12)$$

Kde: Q_z – zaručený výtok (vzduch 38,88 kg/hod) [kg/hod]

A_0 – průtočný průřez ventilu (113,1 mm²) [mm²]

α_w – zaručený výtokový součinitel [-]

C – funkce izoentropického exponentu (z tabulky 2 ČSN 13 4309-3 => vzduch = 2,7; argon = 2,855) [-]

K_2 – korekční součinitel pro podkritické výtoky (tabulky 4 ČSN 13 4309-3 => vzduch = 0,845; argon = 0,8155) [-]

M – molová hmotnost (vzduch = 28,964 kg/kmol; argon = 39,94 kg/kmol) [kg/kmol]

Z_{kr} – kritický kompresibilní faktor (obrázek 2 ČSN 13 4309-3 => vzduch = 0,985; argon = 0,97)[-]

T – absolutní teplota na vstupu pojistného ventilu (273,15 K) [K]

Výpočet zaručeného průtokového součinitele vyjádřený z (12):

$$\alpha_w = \frac{Q_{zv}}{10 \cdot A_0 \cdot p_1 \cdot C \cdot K_2 \cdot \sqrt{\frac{M}{Z_{kr} \cdot T}}} \quad (13)$$

$$\alpha_w = \frac{38,88}{10 \cdot 113,1 \cdot 0,13 \cdot 2,7 \cdot 0,845 \cdot \sqrt{\frac{28,964}{0,985 \cdot 273,15}}} = 0,353 \quad (14)$$

Kde: \dot{Q}_{zv} – zaručený výtok vzduchu [kg/hod]

Výpočet zaručeného průtoku argonu ventilem podle (12):

$$Q_{za} = 10 \cdot 113,1 \cdot 0,353 \cdot 0,13 \cdot 2,855 \cdot 0,8155 \cdot \sqrt{\frac{39,94}{0,97 \cdot 273,15}} = 46,91 \text{ kg/hod} \quad (15)$$

Kde: \dot{Q}_{za} – zaručený výtok argonu [kg/mol]

$$Q_{na} = \frac{Q_{za}}{\rho} = \frac{46,91}{1,759} = 26,67 \text{ Nm}^3/\text{hod} \quad (16)$$

Kde: \dot{Q}_{na} – jmenovitý průtok argonu [Nm³/hod]

ρ – hustota argonu [kg/m³]

Průtok ze zdroje argonu je maximálně 1,8 Nm³/hod. Vypočtený průtok pojistného ventilu musí být větší než průtok dodávaného plynu ze zdroje. Proto musí platit:

$$Q_{na} > Q_{nz}; 26,67 > 1,8 \quad (17)$$

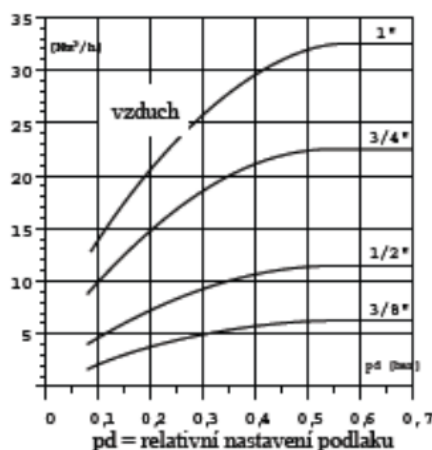
$$Q_{nv} > Q_{nz}; 30 > 1,8 \quad (18)$$

Pojistný ventil vyhovuje pro využití v aparatuře jako bezpečnostní člen zamezující překročení nebezpečné hranice při přetlaku.

13.2 Pojistný podtlakový ventil

Pojistný podtlakový ventil výrobce označuje jako přerušovač vakua. Jeho hlavní úloha spočívá ve znemožnění překročení nebezpečné hranice podtlaku v nádobě. Překročení hranice podtlaku, než na kterou je nádoba dimenzována, by mohla poškodit zařízení. Maximální podtlak nastavený pro nádobu je zvolen $-0,02$ MPa relativního tlaku. Plynem dodávaným přes pojistný podtlakový ventil je vzduch z okolí. Dodáváním plynu do nádoby dochází ke snižování podtlaku v nádobě.

Výrobce ventilu je zvolena firma Ejmaflex. Firma nabízí přerušovače vakua, pod označením M795 připevněné přes trubkový kuželový závit. Velikost přerušovače vakua je stanovena dle grafu znázorňujícího jmenovité průtoky v závislosti na otevíracím podtlaku.



Obr. 37: Jmenovitý průtok daných velikostí přerušovačů vakua v závislosti na otevíracím podtlaku (bar)

Vývěva má průtok při odvádění plynu $2 \text{ m}^3/\text{hod}$. Jmenovitý průtok vývěvy závisí na tlaku plynu v nádobě. V okamžiku, kdy klesne hodnota absolutního tlak v nádobě z $0,1$ MPa na $0,08$ MPa, se zároveň sníží hustota plynu v nádobě. Při odvádění plynu vývěva odsává při jmenovitém průtoku $1,6 \text{ Nm}^3/\text{hod}$.

Dle grafu byl zvolen přerušovač vakua o velikosti R $1/2''$ se jmenovitým průtokem přívodu plynu o hodnotě $7,5 \text{ Nm}^3/\text{hod}$. Velikost ventilu je volena i s ohledem na budoucí možnou výměnu vývěvy s větším průtokem odvádění plynu.

13.3 Změna objemu nádoby při používání rukavic

Při práci s předměty v ochranné atmosféře nádoby se mění její objem. Přesněji v okamžiku, kdy jsou rukavice vtlačeny dovnitř nádoby, nebo naopak vytaženy ven. Ob-

sluha zařízení při vsunutí rukavic dovnitř nádoby zmenší objem nádoby o objem rukavic. Naopak při vytahování rukou z rukavic vytáhne zároveň i rukavice a objem nádoby se tímto zvětší. Změna objemu způsobí změnu tlaku uvnitř nádoby. Ideální hodnota podtlaku v nádobě, při které bude prováděna práce s předměty uvnitř nádoby, je stanovena na $p_p = 0,095$ MPa absolutního tlaku.

Objem rukavic byl stanoven za pomoci vody a odměrného válce. Voda vylitá do odměrného válce z rukavic měla objem 12 l ($V_R = 0,012$ m³). Výpočet středního tlak pro práci s plyny

Objem nádoby:

$$V_N = v * \check{s} * h = 1,2 * 0,8 * 0,5 = 0,48 \text{ m}^3 \quad (19)$$

Kde: V_N – objem nádoby [m³]

v – výška nádoby (1,2 m) [m]

\check{s} – šířka nádoby (0,8 m) [m]

h – hloubka nádoby (0,5 m) [m]

Objem s rukavicemi uvnitř nádoby:

$$V_u = V_N - V_R = 0,48 - 0,012 = 0,468 \text{ m}^3 \quad (20)$$

Kde: V_u – Objem s rukavicemi uvnitř nádoby [m³]

V_R – Objem rukavic [m³]

Objem s rukavice mimo nádobu:

$$V_m = V_N + V_R = 0,48 + 0,012 = 0,492 \text{ m}^3 \quad (21)$$

Kde: V_m = Objem s rukavicemi mimo nádobu

Změna tlaku podle izotermické stavové rovnice ideálního plynu:

$$p_k = \frac{p_p * V_m}{V_u} = \frac{0,095 * 0,492}{0,468} = 0,0998 \text{ MPa} \quad (22)$$

Kde: p_p – absolutní hodnota původního tlaku [MPa]

p_k – absolutní hodnota tlaku při vsunutí rukavic [MPa]

Změna tlaku v nádobě, kterou způsobuje vnik rukavic, bude ošetřena v řízení pomocí procesního programu „Balance“, který se postará o vyrovnání tlaku na hodnotu 0,095 MPa absolutního tlaku.

14 ŘÍZENÍ

Logická část systému řízení obstarává v zařízení ovládání akčních členů na základě vyhodnocených signálů měřících členů v PLC. Řízení obsahuje volbu mezi čtyřmi programy. Jednotlivé programy se volí přes ovládací prvky a stav aktuálně zvoleného programu je zobrazován vizuálně na rozvaděči.

14.1 Ovládací prvky a vizuální prvky řízení

Pro ovládání procesních programů aparatury slouží dva ovládací prvky. První prvek je v podobě tlačítka bez aretace (S1). Tlačítko posílá signál na digitální vstup DI2. Prvním stlačením tlačítka S1 ($S1 = 1$) dochází ke spuštění procesního programu a druhým stisknutím ($S1 = 2 = 0$) stejného tlačítka dochází k vypnutí procesního programu. Při novém startu (zapnutí) zařízení je hodnota $S1 = 0$.

Jako druhý prvek ovládacího systému je přepínač. Přepínač s aretací poloh (označení P1) má tři polohy ON/OFF/ON (poloha a; poloha 0; poloha b). Připojení přepínače je provedeno na dva digitální vstupy. Poloha 0 nevysílá žádný digitální signál. Lze označit digitální vstupy vztažené k ON polohám přepínače jako $P1a = DI3$ a $P1b = DI4$. Poloha přepínače volí procesní program.

Vybírat je možno mezi třemi procesními programy „Balance“, „Argon“ a „Air“. Těmto programům předchází mód „Stand by“.

V naprogramovaném PLC jsou vytvořeny podmínky, které jsou plněny dle kombinací zapsaných digitálních signálů v proměnných. Splněné podmínky dále určují průběh řízeného procesu. První předřazená podmínka se týká hodnot analogového signálu tlakového snímače (označení T1). V této podmínce je zohledněna možnost poruchy snímače a proto v případě, kdy analogový signál snímače bude menší než 1 V ($T1 < 1V$), nebude při stlačení tlačítka S1 provedena akce v podobě spuštění procesního programu. Pokud dojde ke splnění této podmínky během probíhajícího programu „Balance“, probíhajícího programu „Argon“, nebo probíhajícího programu „Air“, dojde k přerušení procesního programu a systém se přepne do módu „Stand by“, dokud nedojde k opravě, nebo výměně tlakového snímače.

Kombinace ovládacích logických prvků a reakce řízení:

- a) $T1 < 1V \Rightarrow$ Žádná reakce ovládacích prvků, zrušení průběhu procesního programu

- b) $T1 > 1 V ; S1 = 0 \Rightarrow$ „Stand by“
 c) $T1 > 1 V ; S1 = 1; P1a = 0; P1b = 0 \Rightarrow$ „Argon“
 d) $T1 > 1 V ; S1 = 1; P1a = 1; P1b = 0 \Rightarrow$ „Balance“
 e) $T1 > 1 V ; S1 = 1; P1a = 0; P1b = 1 \Rightarrow$ „Air“

Na zařízení jsou dále tři vizuální prvky, které ukazují aktuální stav, ve kterém se zařízení nachází. Jedná se o tři signálky (V1, V2 a V3). Signálky V1 a V2 slouží k vizuální kontrole zvoleného programu. Dle kombinací značí aktuální stav procesního programu zařízení.

Signálka V3 je spíše bezpečnostním prvkem. Při rozsvícení této signálky se předává obsluze informace, že v řízení zařízení se vyskytuje nějaká chyba. Pro zjištění chyby má program PLC vytvořený seznam s vypsányými chybami, které nastali v minulosti, a lze z tohoto souboru dle posledních zápisů zjistit, o jaký problém se jedná.

Kombinace signálek pro dané programy:

- a) Mód „Stand by“ \Rightarrow Nesvíí žádná signálka
 b) Program „Argon“ \Rightarrow Svítí signálka V1
 c) Program „Balance“ \Rightarrow Svítí signálka V2
 d) Program „Air“ \Rightarrow Svítí signálka V1 i V2
 e) Chyba programu \Rightarrow Svítí signálka V3

14.2 Mód „Stand by“

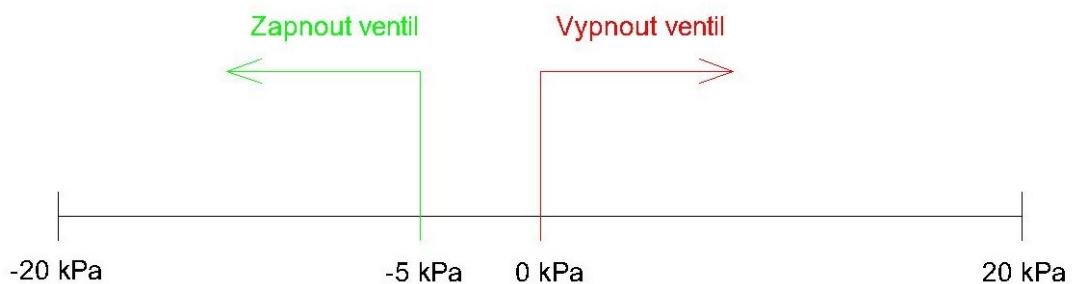
V tomto módu jsou veškeré akční členy zařízení nečinné. V zásadě se jedná o nečinný režim, při kterém jsou všechny reléové výstupy PLC rozpojeny a v zařízení tím pádem neprobíhají žádné procesní úkony.

Mód „stand by“ nastává v případech ($S1 = 0$):

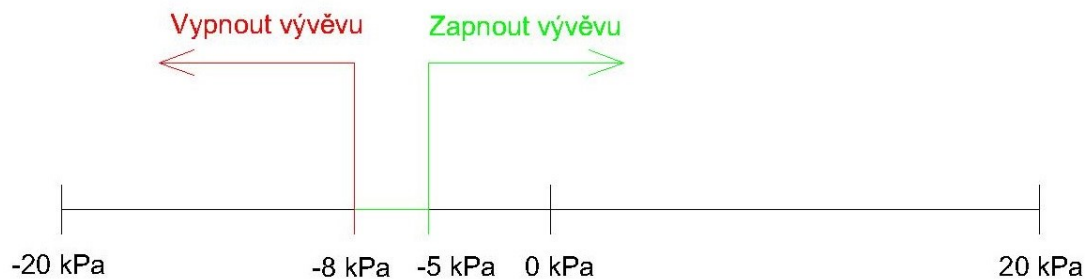
- a) Po zapnutí/restartu zařízení
 b) Při sudých stisknutích tlačítka S1 ($S1 = 2 = 0$)
 c) Změna polohy přepínače z polohy aktuálně probíhajícího procesního programu na polohu jiného procesního programu (při $S1 = 1$; P1a přepnuto z 1 na 0, nebo P1b přepnuto z 1 na 0 a opačně)

14.3 Program „Argon“

Tento program je pro účelnost zařízení nejdůležitější. Při procesu pod tímto programem dochází v zařízení k postupné výměně složení vnitřní atmosféry nádoby. Proces pro úkon postupné výměny atmosféry využívá elektropneumatického ventilu a vývěvy. Řízení ventilu a vývěvy je založeno na aktuálním tlaku uvnitř nádoby dle vyznačených mezí (obrázek). Hodnotu tlaku v nádobě předává řízení tlakový snímač.



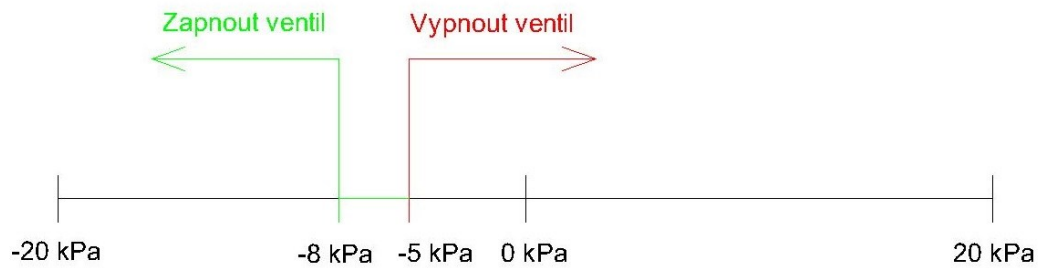
Obr. 38: Meze spínání ventilu pro procesní program "Argon" na ose rozsahu snímače tlaku



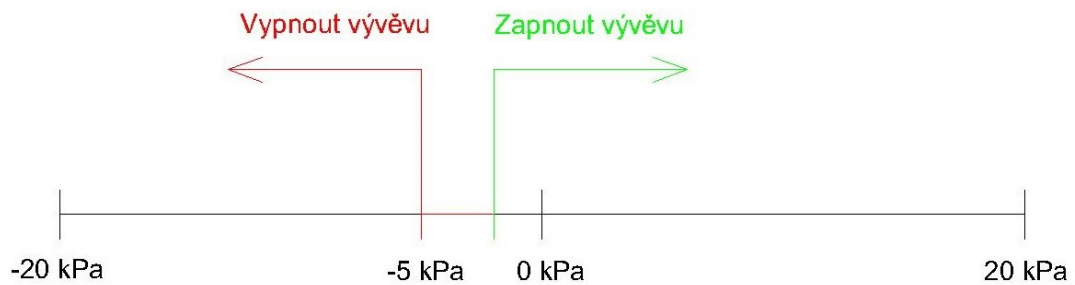
Obr. 39: Meze spínání vývěvy pro procesní program „Argon“ na ose rozsahu snímače tlaku

14.4 Program „Balance“

Při procesním programu „Balance“ dochází k hlídání spodních a horních mezí tlaku uvnitř nádoby. Jedná se o klidový režim, který je určen pro využití při stavu, kdy je nádoba naplněna ochranným plynem. Stará se o vyvážení tlaků k hodnotě požadovaného tlaku (-5 kPa) v nádobě. Tlaková vývěva má za úkol snižovat tlak v nádobě a tlakový ventil naopak zvyšovat tlak v nádobě na požadovanou hodnotu tlaku.



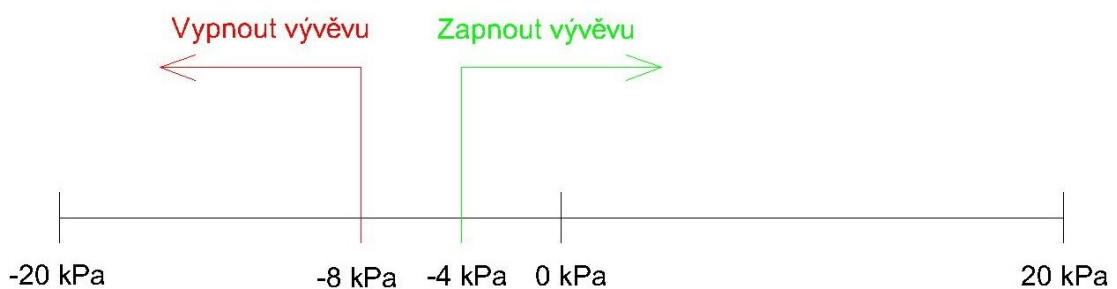
Obr. 40: Meze spínání ventilu pro procesní program „Balance“ na ose rozsahu snímače tlaku



Obr. 41: Meze spínání vývěvy pro procesní program „Balance“ na ose rozsahu snímače tlaku

14.5 Program „Air“

Program „Air“ slouží k odvádění ochranné atmosféry z nádoby. V programu je spínána pouze vakuová pumpa a elektropneumatický ventil zůstává po celý průběh procesního programu „Air“ nečinný. O vyrovnávání tlaku v nádobě se stará otevřený prostup nádoby určený, pro dodávání vzduchu z okolí nádoby.



Obr. 42: Meze spínání vývěvy pro procesní program "Air" na ose rozsahu snímače tlaku

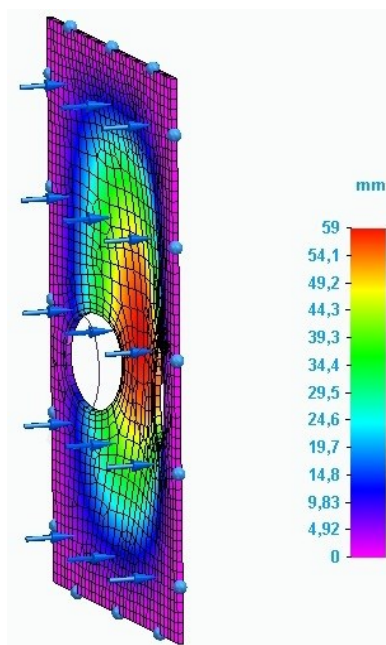
15 DIMENZOVÁNÍ

Nádoba má nyní vyřešeny ovládací procesy plynů, elektroinstalaci a konstrukci. Nyní je třeba dimenzovat nádobu tak, aby byla schopna snášet zatížení tlakem a její vlastní váhou. Analýza součástí nádoby a jí samotné je prováděna v programu Solid edge a Femap s pomocí řešiče NX Nastran.

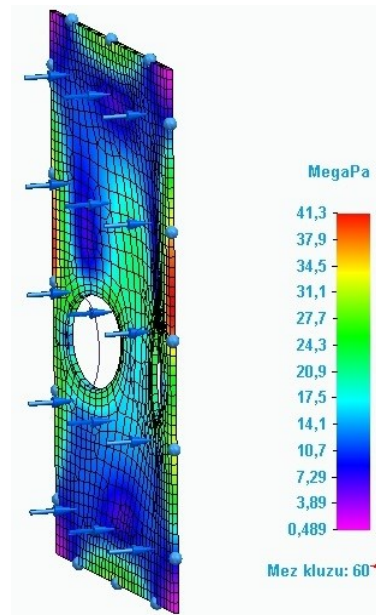
15.1 Polykarbonátová deska víka

Jelikož je PC deska víka vyrobena z jiného materiálu, než z jakého je vyrobena nádoba, musí se deska víka dimenzovat zvlášť. Pro desku je vytvořena plocha s otvory, které se v desce nacházejí pro příruby rukavic. Pojistný přetlakový ventil se plně otevře při 0,03 MPa relativního tlaku a přerušovač vakua při $-0,03$ MPa relativního tlaku. Plocha desky se tedy zatíží tlakem 30 kPa.

Dle materiálového listu pro Makrolon mono 2UV byly zjištěny mechanické vlastnosti materiálu a byly zadány do programu plošné statické simulace.



Obr. 43: Posunutí na PC desce o tloušťce 12 mm



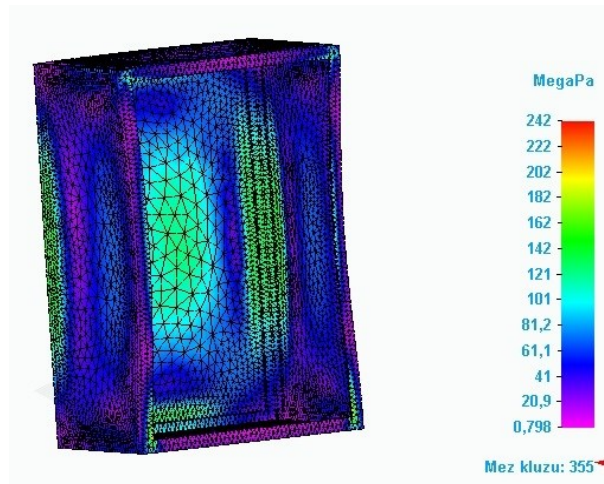
Obr. 44: Redukované napětí na desce o tloušťce 12 mm

Z výsledků analýzy je patrné, že tloušťka stěny 12 mm vyhovuje. Tato tloušťka zajistí přední desce únosnost i při nejvyšším možném zatížení tlakem a zároveň odolnost proti možnosti nárazu. Otvory uprostřed desky jsou určeny pro příruby rukavic, kdy tyto příruby desku dále značně vyztuží.

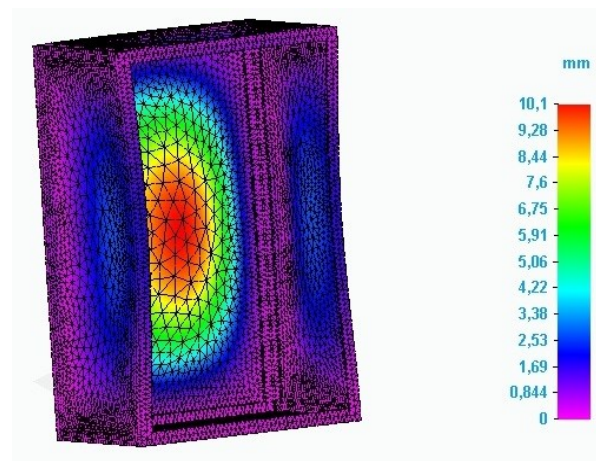
15.2 Základna

Další dimenzovanou součástí je základna. Tlak v ní může dosáhnout maximálních hodnot 30 kPa například při poruše PLC. Pro analýzu základny je vytvořen náhradní model, který má tloušťku pláště 5 mm. Základna je zatížena přetlakem i podtlakem 30 kPa a dno nádoby je zatíženo silou 1000 N. Tato síla simuluje hmotnost předmětů uložených v nádobě.

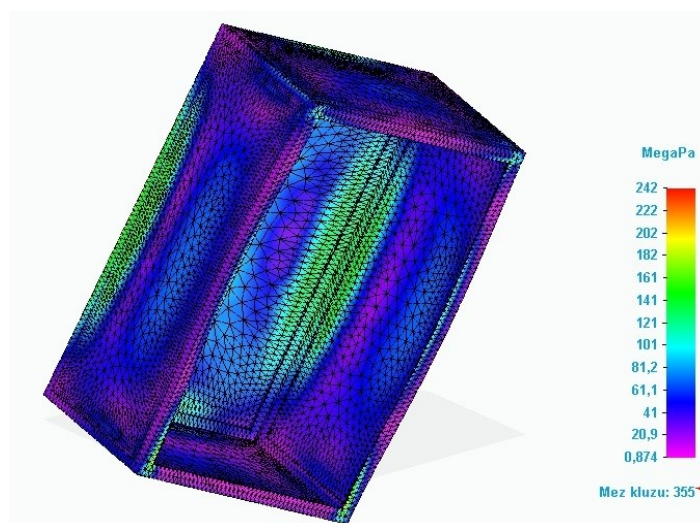
Dle materiálového listu pro S355NL a P355NL byly zjištěny mechanické vlastnosti materiálů a byly zadány do programu statické simulace.



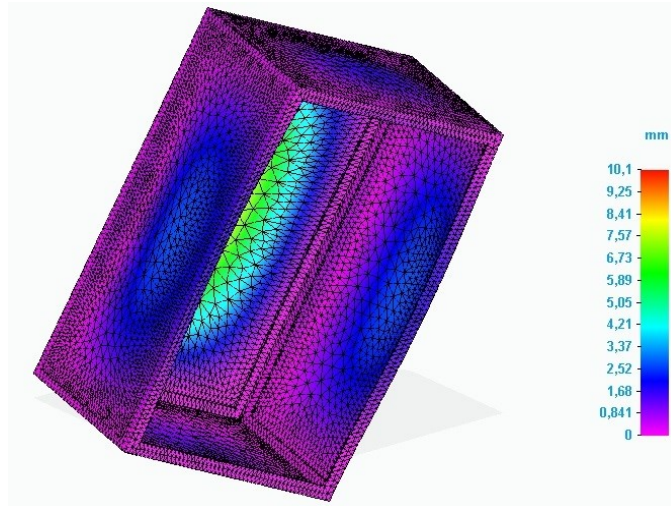
Obr. 45: Výsledné redukované napětí při analýze nádoby zatížené podtlakem



Obr. 46: Posunutí při analýze nádoby zatížené podtlakem



Obr. 47: Výsledné redukované napětí při analýze nádoby zatížené přetlakem

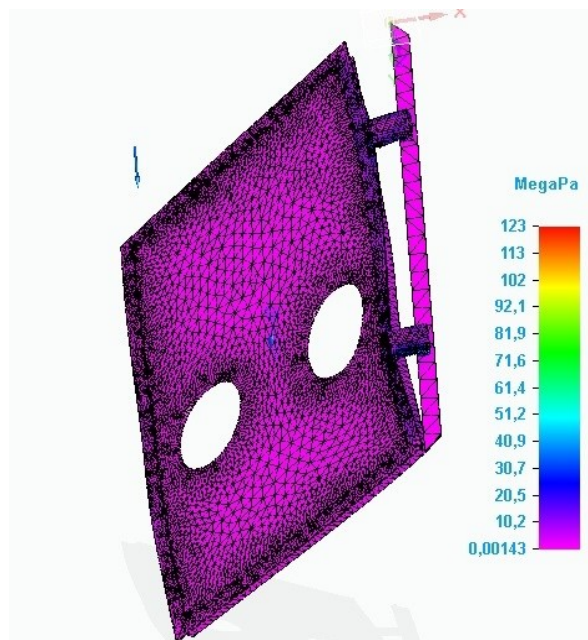


Obr. 48: Posunutí při analýze nádoby zatížené přetlakem

Mez kluzu pro tento materiál S355NL a P355NL je 355 MPa. Materiál a konstrukce nádoby jsou tedy dostatečné.

15.3 Panty

K pantům včetně víka je vhodné provést analýzu, která simuluje moment, kdy je víko otevřeno a například obsluha se o víko zachytí při uklouznutí. Na horní stranu T profilu víka je umístěno zatížení 1000 N, což odpovídá přibližně 100 kg.



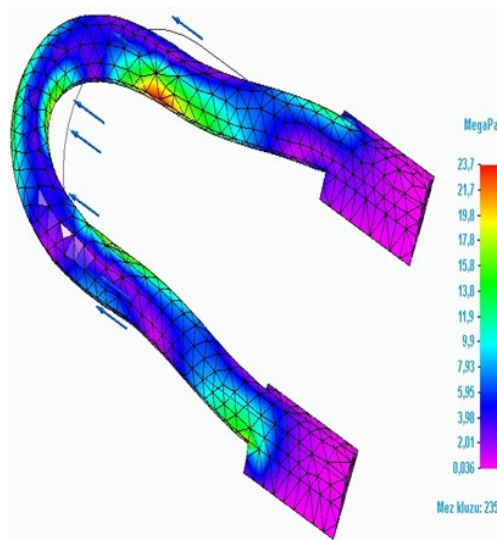
Obr. 49: Redukované napětí na pantech při zatížení

Zhodnocením výsledku analýzy lze říci, že konstrukce pantu vyhovuje.

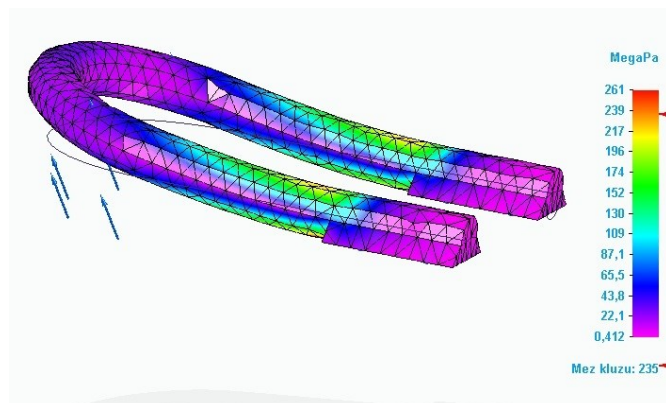
15.4 Bezpečnostní úchyty proti pádu

Výška nádoby je v poměru s hloubkou nádoby více než dvakrát větší. Pro zvýšení stability nádoby budou přivařeny na vrchní stranu nádoby pojistné úchyty proti pádu. Na úchyty bude možno připevnit řetízky, které budou připevněny do stěny. Držáky by bylo možno vykompenzovat vyrobením vhodného podstavce nádoby, ke kterému by byla nádoba pevně uchycena přes držáky stavěcích nohou a konstrukce podstavce by zabráňovala převrácení nádoby.

Držák je v analýze zatížen dvěma způsoby. V obou případech je hodnota zatížení 2000 N, což simuluje váhu nádoby, která bude za jeden držák pověšena. Hmotnost nádoby je reálně 180 kg. Zatížení v analýzách se liší směrem působení. První analýza má směr působení rovnoběžně s úchytem. U druhé analýzy je směr zatížení pod 60°.



Obr. 50: Redukované napětí na bezpečnostním úchyty při vodorovném zatížení



Obr. 51: Redukované napětí na bezpečnostním úchyty při zatížení pod úhlem 60°

Z výsledků je patrné, že úchyty jsou dostatečně pevné. Dle analýzy lze říci, že jeden držák je schopen nést celou váhu nádoby, ačkoliv v reálných podmínkách k této situaci nemůže dojít. Úchyty nejsou určeny k zajištění nádoby při transportu a nejsou určeny jako prvky pro zdvihání nádoby.

16 EKONOMICKÁ ROZVAHA

Hlavní snahou v této práci je vytvoření ekonomicky výhodnější verze aparatury rukavicového boxu, než v situaci, kdy se aparatura pořizuje od výrobce zabývajícím se výrobou aparatur pro práci s předměty v ochranné atmosféře.

Rukavicové boxy sériově vyráběné, které odpovídají požadavkům, které byly stanoveny v kapitole „Cíle bakalářské práce“, se pohybují od ceny 500 000 Kč.

V tabulce 1 jsou shrnuty mezisoučty finančních nákladů jednotlivých skupin systémů a jejich celkový součet.

Tab. 1: Mezisoučet nákladů na realizaci dle skupin

Skupiny	Součet
Hutní materiál	11 706,26 Kč
Mechanické a ovládací prvky	10 875,55 Kč
Pneumatické prvky	18 678,30 Kč
Elektroinstalace a řízení	41 012,00 Kč
Výrobní proces	19 500,00 Kč
Suma	101 772,11 Kč

Dle finančních nákladů, potřebných pro zhotovení aparatury rukavicového boxu, lze říci, že realizace tohoto zařízení přinese finanční úsporu oproti sériově vyráběným aparaturám.

V ekonomické rozvaze je nutné se zamyslet nad zhodnocením dle vlastností, které aparatura umožňuje.

Aparatura v této bakalářské práci má většinu vlastností téměř totožných s podobnými sériově vyráběnými aparaturami. Hlavní rozdíl mezi jednotlivými zařízeními jsou v řízení, filtraci vzduchu a přechodových komorách.

Řízení sériových aparatur umožňuje plné ovládání procesů a změny hodnot procesních programů. Řízení aparatury bakalářské práce je možno do budoucna také rozšířit o tuto možnost. Prostředí pro ovládání je již naprogramované. Pro tuto možnost ovládání už chybí pouze HMI modul. Cenové rozmezí tohoto modulu se nachází mezi 10 000 a 20 000 Kč.

Filtrace vzduchu v sériových aparaturách ošetřují vzduch dodávaný a odváděný z nádoby. Filtrace zvyšuje kvalitu atmosféry uvnitř nádoby.

Přechodové komory mají pro praktické využití rukavicového boxu velký význam. Především tyto komory zrychlují proces, kdy je třeba vyjmout, či vložit předměty do útroby ná-

doby. Myšlenka zřízení přechodových komor v aparatuře bakalářské práce byla navržena. K neuskutečnění komory vedlo zvýšení finančních nákladů na aparaturu. V případě realizace přechodové komory by bylo nutné rozšířit pneumatický systém a ostatní úkony.

Porovnávat přímou úměrou cenu zhotovené aparatury vůči sériově vyráběné aparatuře nelze. Lze říct, že aparatura, kterou se zabývá tato práce, vyjde ekonomicky výhodněji pro daný účel použití, dle zadaných požadavků, než sériově vyráběné aparatury.

Přesné finanční náklady navrhované aparatury lze vyčíslit až po zhotovení. Nyní je projekt aparatury rukavicového boxu ve fázi realizace.

ZÁVĚR

Bakalářská práce zobrazuje průběh návrhu zařízení specifického určení. Návrh aparatury rukavicového boxu procházel postupným vývojem, během kterého byla jeho podoba postupně měněna. Zprvu byla aparatura vykreslována v jednodušší podobě, kde se například elektroinstalace měla týkat pouze rozvodů uvnitř nádoby. Postupem přes určité fáze se dostal finální návrh do podoby, která byla představena v této bakalářské práci.

V teoretické části byly představeny okruhy, které aparatura rukavicového boxu prolíná. Protože se nejedná o běžné zařízení a výrobci aparatur pro práci s předměty v ochranné atmosféře svoje „know how“ odborně nepublikují, byly podklady k této práci čerpány z obecných zdrojů.

V praktické části byl postupně představován koncept navrhovaného řešení aparatury. Hlavní myšlenkou návrhu bylo vytvořit, co nejvíce těsnící bezpečnou nádobu s využitím běžných procesů a běžně dostupných součástí pro realizaci jedné aparatury. Myšlenka je postupně rozvíjena přes jednotlivé systémy, kdy se podařilo vytvořit finální podobu aparatury. Reálné vlastnosti navrhované aparatury bude možné zhodnotit až po její realizaci a následném uvedení do provozu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CETL, Tomáš a Václav PAPEŽ. *Konstrukce a realizace elektronických obvodů*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2463-6.
- [2] <https://ledme.cz/> [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: https://ledme.cz/textove-novinky/4_led-technologie-led-osvetleni.html
- [3] <https://www.jove.com/> [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <https://www.jove.com/science-education/10378/operating-the-glovebox>
- [4] REICHL, Jaroslav a Michal VŠETIČKA. [Http://fyzika.jreichl.com/](http://fyzika.jreichl.com/). *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/329-jistice>
- [5] Elektrický jistič. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_jisti%C4%8D
- [6] <https://docplayer.cz/> [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/20228068-Schlenkovske-techniky-i.html>
- [7] VOJTĚCH, Dalibor. *Kovové materiály*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-708-0600-1.
- [8] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-807-2047-222.
- [9] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2533-0.
- [10] *Elektrika.cz* [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/vypinani-energie-pri-pozarech-a-mimoradnych-udalostech>
- [11] www.maflex.cz [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <https://www.maflex.cz/prerusovac-vakua/m-795/>
- [12] www.activair.cz [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <https://www.activair.cz/cz/produkty-a-sluzby/vyvevy/rotacni-olejove-vyvevy/dvoustupnove-vyvevy/rv-dvoustupnove-vyvevy/rv3>
- [13] PELANT, Karel. *Základy strojnictví*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1993. ISBN 80-708-0172-7.

- [14] *Www.eurometal.cz* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <http://www.eurometal.cz/magazin/rozdil-mezi-zarovym-a-galvanickym-zinkovanim-detail-60>
- [15] *Util.oem.se* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: http://util.oem.se/pdf/Manometry-vseobecne_informace_2579074-308122.pdf
- [16] *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/961>
- [17] NĚMEC, Milan, Jan SUCHÁNEK a Jan ŠANOVEC. *Základy strojírenské technologie I*. 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-800-1060-568.
- [18] *www.svarbazar.cz* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2008011702>
- [19] *www.kompresory-vzduchotechnika.cz* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/n/ventily-prehled-sortimentu-jejich-funkce>
- [20] *www.messer.cz* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <https://www.messer.cz/redukcniventily>
- [21] KREIBICH, Viktor. *Teorie a technologie povrchových úprav*. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-010-1472-X.
- [22] *www.tlakinfo.cz* [online]. [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=1818>
- [23] *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1156>
- [24] *Vakuová technika: Získávání a měření vakua, využití vakuových technologií* [online]. 2008. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2008 [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: <https://fcht.upce.cz/sites/default/files/public/luva3059/vakuum-erben.pdf>

- [25] KADLEC, Karel, Miloš KMÍNEK a Pavel KADLEC. *Měření a řízení chemických, potravinářských a biotechnologických procesů*. Ostrava: Key Publishing, 2017. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-807-4182-846.
- [26] *Dělení materiálů* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/STT2-7_Deleni_materialu_RAJ.pdf
- [27] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [28] *Plazma, autogen nebo laser?* [online]. 21. Květen 2010 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.technikaatrh.cz/aktuality/plazma-autogen-nebo-laser>
- [29] *Programování PLC* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf
- [30] *Příručka projektování CFox* [online]. září 2016 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00416_01_cfoxrfoxprojektovani_cz
- [31] FUSEK, Martin a Radim HALAMA. *MKP a MHP* [online]. 2011 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/metoda_konecných_prvku_a_hranic_nich_prvku.pdf
- [32] *Ostatní termoplasty, popis termoplastů* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.koplast.cz/ostatni-termoplasty-popis-termoplastu/>
- [33] *Plexisklo - popis plexiskla* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.koplast.cz/plexisklo-popis-plexiskla/>
- [34] BEJČEK, Ludvík a Jan VACULÍK. *Snímače tlaku. Automa* [online]. 2011 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/42719.pdf
- [35] REICHL, Jaroslav a Michal VŠETIČKA. <http://fyzika.jreichl.com/>. *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/335-ochrana-pred-urazem-elektrickym-proudem>
- [36] SVOBODA, Martin. *Dimenzování strojních součástí. Automa* [online]. 2015 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10193116-Dimenzovani-strojnich-soucasti.html>
- [37] ČSN 13 4309. *Pojistné ventily*. Český normalizační institut, 1994.

- [38] *Pojistné ventily: Typ 06205* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.herose.cz/wp-content/uploads/06205v2.pdf>
- [39] *Potrubí a armatury. Automa* [online]. 2017 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: http://www.skola-auto.cz/wp-content/uploads/2017/10/MKP-Konzultace_V-VI.pdf
- [40] *Termodynamika II* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_2/F2_09.pdf
- [41] *Řešení na míru* [online]. 2018 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.famatel.cz/stranka/reseni-a-sluzby>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PMMA	Polymethylmethakrylát
PC	Polykarbonát
MIG	Svařování tavnou kovovou elektrodou v lázni inertního plynu
MAG	Svařování tavnou kovovou elektrodou v lázni aktivního plynu
TIG	Svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu
PLC	Programovatelný logický automat
NC	Uzavření ve výchozí pozici
NO	Otevřený ve výchozí pozici
AC	Střídavý proud
DC	Stejnoseměrný proud
LED	Elektroluminiscenční dioda
FEM	Metoda konečných prvků
UV	Ultrafialové záření
S1	Tlačítko bez aretace
P1	Přepínač s aretací
T1	Tlakový snímač
V1	Signálka 1
V2	Signálka 2
V3	Signálka 3
HMI	Rozhraní pro ovládací přístroje
G	Trubkový závit
R	Trubkový kuželový závit
IP	Stupeň krytí elektroinstalace
AI	Analogové vstupy PLC

DI	Digitální vstupy PLC
DO	Digitální reléové výstupy PLC
COM	Společná svorka přívodu elektrické energie pro digitální reléové výstupy PLC
ON	Zapnuto
OFF	Vypnuto
ČSN	Česká technická norma
L	Vodič fáze
N	Střední vodič
PE	Ochranný vodič
PEN	Vodič s funkcí ochranného i středního vodiče
P_T	Příkon snímače [W]
P_V	Příkon signálky 24 VDC [W]
P_S	Příkon tlačítka [W]
P_P	Příkon přepínače [W]
P_C	Příkon cívky [W]
P_O	Příkon osvětlení [W]
P_{PLC}	Příkon PLC [W]
P_{celk}	Příkon celkový [W]
P_Z	Výkon zdroje [W]
P_R	Reálný výkon zdroje [W]
\dot{Q}_{nz}	Jmenovitý průtok redukčního ventilu tlakové lahve [Nm ³ /hod]
\dot{Q}_{nv}	Jmenovitý průtok pojistného přetlakového ventilu pro vzduch [Nm ³ /hod]
p_1	Skutečný absolutní tlak na vstupu ventilu při plném otevření [MPa]
p_0	Otevírací tlak ventilu [MPa]
Δp_{max}	Potřebné zvýšení tlaku pro plné otevření z hodnoty otevíracího tlaku [MPa]

p_2	Skutečný absolutní protitlak na výstupu při plném otevření [MPa]
x	Izoentropický exponent [-]
\dot{Q}_z	Zaručený výtok [kg/hod]
A_0	Průtočný průřez ventilu [mm ²]
α_w	Zaručený výtokový součinitel [-]
C	Funkce izoentropického exponentu [-]
K_2	Korekční součinitel pro podkritické výtoky [-]
M	Molová hmotnost [kg/kmol]
Z_{kr}	Kritický kompresibilní faktor [-]
T	Absolutní teplota [K]
\dot{Q}_{zv}	Zaručený výtok vzduchu [kg/hod]
\dot{Q}_{za}	Zaručený výtok argonu [kg/hod]
\dot{Q}_{na}	Jmenovitý průtok pojistným přetlakového ventilu pro argon [Nm ³ /hod]
ρ	Hustota [kg/m ³]
p_p	Absolutní hodnota původního tlaku [MPa]
V_R	Objem rukavic [m ³]
V_N	Objem nádoby [m ³]
V	Výška nádoby [m]
\check{S}	Šířka nádoby [m]
H	Hloubka nádoby [m]
V_U	Objem s rukavicemi uvnitř nádoby [m ³]
V_M	Objem s rukavicemi mimo nádobu [m ³]
p_k	Absolutní hodnota tlaku při vsunutí rukavic

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Rukavicový box s přechodovou komorou [6]	13
Obr. 2: Rotační olejová vývěva RV3 [12]	14
Obr. 3: Pásová pila [26]	19
Obr. 4: Řezání laserem [26]	19
Obr. 5: Redukční ventil tlakových lahví [20]	22
Obr. 6: Pneumaticky řízený 3/2 ventil [19]	23
Obr. 7: Pojistný přetlakový ventil [38]	24
Obr. 8: Přerušovače vakua [11]	24
Obr. 9: Snímač tlaku piezorezistivní [34]	25
Obr. 10: Piezoelektrická dvojice [34]	26
Obr. 11: Rozvodnice [40]	27
Obr. 12: Tlačítko total stop [10]	29
Obr. 13: Jistič [4]	29
Obr. 14: Proudový chránič [35]	30
Obr. 15: PLC Tecomat foxtrot CP-1005 [30]	31
Obr. 16: Teplota chromatičnosti [2]	32
Obr. 17: Rozdělení modelu na elementy MKP [31]	33
Obr. 18: Rám základny	38
Obr. 19: Svařenec levé strany pláště základny	39
Obr. 20: Lišta upevnění zásuvek (vlevo) a držák listy ventilů (vpravo)	39
Obr. 21: Plech pravé strany základny	40
Obr. 22: Svařenec zadní strany pláště základny	40
Obr. 23: Držák pro stavěcí nohu (vlevo) a usazení kloubu (vpravo)	41
Obr. 24: Pant základny	41
Obr. 25: Pohledy svařované sestavy základny	42
Obr. 26: Rám víka	43
Obr. 27: PC deska	43
Obr. 28: Pant strany víka	43
Obr. 29: Řez systému uzavírání	44
Obr. 30: Opěrná destička (vlevo) a část kloubu (vpravo)	44
Obr. 31: Sestava nádoby	45
Obr. 32: Polohy elektropneumaticky spínaného 3/2 NC ventilu	48

Obr. 33: PLC Tecomat Foxtrot CP-1005 [30]	51
Obr. 34: Digitální a analogové vstupy CP-1005 [30]	52
Obr. 35: Náorné schéma zapojování spotřebičů na reléové výstupy CP-1005 [30]	52
Obr. 36: Možné umístění ovládacích prvků na rozvaděči	54
Obr. 37: Jmenovitý průtok daných velikostí přerušovačů vakua v závislosti na otevřacím podtlaku (bar)	59
Obr. 38: Meze spínání ventilu pro procesní program "Argon" na ose rozsahu snímače tlaku	63
Obr. 39: Meze spínání vývěvy pro procesní program „Argon“ na ose rozsahu snímače tlaku	63
Obr. 40: Meze spínání ventilu pro procesní program „Balance“ na ose rozsahu snímače tlaku	64
Obr. 41: Meze spínání vývěvy pro procesní program „Balance“ na ose rozsahu snímače tlaku	64
Obr. 42: Meze spínání vývěvy pro procesní program "Air" na ose rozsahu snímače tlaku	64
Obr. 43: Posunutí na PC desce o tloušťce 12 mm	65
Obr. 44: Redukované napětí na desce o tloušťce 12 mm	66
Obr. 45: Výsledné redukované napětí při analýze nádoby zatížené podtlakem	67
Obr. 46: Posunutí při analýze nádoby zatížené podtlakem	67
Obr. 47: Výsledné redukované napětí při analýze nádoby zatížené přetlakem	67
Obr. 48: Posunutí při analýze nádoby zatížené přetlakem	68
Obr. 49: Redukované napětí na pantech při zatížení	68
Obr. 50: Redukované napětí na bezpečnostním úchytu při vodorovném zatížení	69
Obr. 51: Redukované napětí na bezpečnostním úchytu při zatížení pod úhlem 60°	69

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Mezisoučet nákladů na realizaci dle skupin	71
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P1 – Cenový odhad

Příloha P2 – Výkresová dokumentace

Příloha P3 – Pneumatické schéma

Příloha P4 – CD obsahující:

- Cenový odhad
- Výkresovou dokumentaci
- Pneumatické schéma
- 3D model
- Bakalářská práce