

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

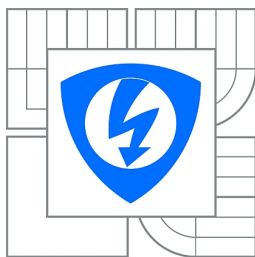
NÁVRH OPTIMALIZACÍ ZAVÁŽECÍHO ZAŘÍZENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

OLIVER KRŠIAK

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Oliver Kršiak

ID: 147668

Ročník: 3

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Návrh optimalizací zavážecího zařízení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Analýza současného stavu zavážecího zařízení se zaměřením na jeho slabá místa a použité materiály.
2. Návrh nového způsobu propojení jednotlivých částí zařízení.
3. Návrh optimalizací provozních netěsností včetně použitých materiálů.
4. Návrh nahrazení použitých materiálů za materiály cenově dostupnější nebo lépe technologicky zpracovatelnější při současném zachování nízké indukované aktivity.
5. Analýza možnosti prodloužení přenášené vzdálenosti, možnosti přesného měření doby průletu vzorku, optimalizace rychlosti transportu vzorku.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 30.5.2014

Vedoucí práce: Ing. Jan Varmuža

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

KRŠIAK, O. *Návrh optimalizací zavážecího zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 61 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Varmuža.

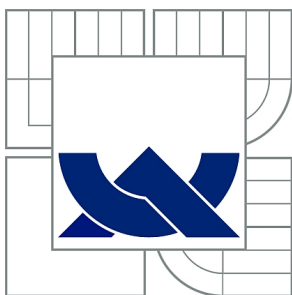
PREHLÁSENIE

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobností a/alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúceho autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. Díl 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.

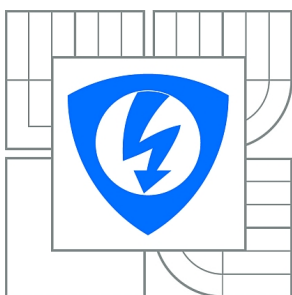
.....

POĎAKOVANIE

Touto cestou chcem vyjadriť poďakovanie vedúcemu bakalárskej práce Ing. Janovi Varmužovi za odbornú pomoc pri vedení bakalárskej práce a tiež Ing. Karlovi Katovskému, Ph.D. za objasnenie problematiky a odbornú pomoc pri riešení práce.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

NÁVRH OPTIMALIZACÍ ZAVÁŽECÍHO ZAŘÍZENÍ

OPTIMIZATION SUGGESTIONS OF THE LOADING DEVICE.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

OLIVER KRŠIAK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN VARMUŽA

BRNO 2014

ABSTRAKT

Práca sa zaoberá analýzou súčasného stavu zaväzacieho zariadenia so zameraním na jeho slabé miesta a použité materiály a návrh nového spôsobu prepojenia častí zariadenia, tiež návrhu spôsobu utesnenia jednotlivých častí a voľbe materiálov s nízkou indukciou aktivity. Ďalej sú tu zobrazené a popísané niektoré spôsoby spojenia potrubí a ich použitie. Tiež sa tu nachádzajú zobrazené a popísané druhy tesnení. V práci je vypracovaná analýza vhodných materiálov v podmienkach reaktoru bolo potrebné vypracovať analýzu prvkov vybraných zliatin a ich reakcie na pomalé tepelné neutróny a rýchle neutróny. Na základe tejto analýzy a iných vlastností boli vybrané príslušné zliatiny. V poslednej časti práce je v krátkosti obsiahnutá aj téma predĺženia zariadenia, či spôsob merania rýchlosti transportu.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: Zaväzacie zariadenie, potrubie, príruha, tesnenie, žiarenie, hliníkové zliatiny

ABSTRACT

The thesis deals with the contemporary status of a loading device, specially focusing on its weak points and used materials and a design of a new way of connecting parts of the device. It also concerns the means of sealing each individual parts and the choice of materials with low induction of radioactivity. There are shown and described some ways of connection of pipelines, where this is used, in the thesis. In the thesis there are also described various types of sealants. For proper material application in the reactor environment, it was necessary to conduct an analysis of components of chosen alloys and their reaction to slow heat neutrons and fast neutrons. Based on this analysis and other properties, the right alloys were chosen. In the last part of the thesis, there is briefly included the topic of prolonging devices and the way of measuring the speed of transport.

KEY WORDS: Loading device, pipe, flange, sealing, radiation, aluminum alloys

OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV	10
ZOZNAM TABULIEK.....	12
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....	13
1 ÚVOD	14
2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU ZARIADENIA	15
3 POTRUBIE A SPOJE POTRUBÍ.....	18
3.1 POTRUBIE	18
3.1.1 HLAVNÉ ČASTI POTRUBIA	19
3.1.2 URČENIE POTRUBIA	19
3.2 SPOJE POTRUBIA A ICH ROZDELENIE	21
3.2.1 PRÍRUBOVÉ SPOJE	21
3.2.2 TYPY PRÍRUB.....	23
3.2.3 SKRUTKOVANÉ SPOJE	26
3.2.4 BAJONETOVÉ SPOJE	26
3.3 NÁVRH NOVÉHO SPÔSOBU PREPOJENIA JEDNOTLIVÝCH ČASTÍ ZARIADENIA.....	27
4 NÁVRH OPTIMALIZÁCIÍ PREVÁDZKOVÝCH NETESNOSTÍ	29
4.1 VÝBER TESNIACEHO MATERIÁLU	29
4.1.1 KOMPATIBILITA S TEKUTINOU.....	30
4.1.2 TEPLOTA	31
4.1.3 VNÚTORNÝ TLAK	32
4.1.4 ŠPECIFICKÉ HEADISKÁ	32
4.2 RTJ TESNENIA (PRE PRSTENCOVÝ TYP PRÍPOJKY).....	33
4.2.1 TYP R.....	33
4.2.2 TYP RX	33
4.2.3 TYP BX	34
4.3 ŠPIRÁLOVO VINUTÉ TESNENIA	34
4.4 DOSKOVÉ TESNENIA.....	36
4.5 PLETENÉ GRAFITOVÉ TESNENIA	37
4.6 ŠTANDARDNÉ TESNENIA	37
4.7 PLOCHÉ GUMOVÉ TESNENIA	37
4.8 REALIZÁCIA UTESNENIA JEDNOTLIVÝCH ČASTÍ ZARIADENIA.....	37
5 NÁVRH NAHRADENIA POUŽITÝCH MATERIÁLOV S NÍZKOU INDUKCIU AKTIVITY.....	41
5.1 NÁVRH MATERIÁLU POTRUBIA	41
5.1.1 HLINÍKOVÁ ZLIATINA EN-AW 6060	41
5.1.2 HLINÍKOVÁ ZLIATINA EN-AW 6061	42
5.1.3 HLINÍKOVÁ ZLIATINA EN-AW 6063	42
5.2 NÁVRH MATERIÁLU PRÍRUB.....	43
5.2.1 HLINÍKOVÁ ZLIATINA EN AW-5083	43
5.2.2 HLINÍKOVÁ ZLIATINA EN-AW 2017	43
5.2.3 HLINÍKOVÁ ZLIATINA EN AW-5754	44

5.3 PRVKOVÁ ANALÝZA	44
5.4 VOEBA MATERIÁLU POTRUBÍ A PRÍRUB	45
5.5 VOEBA MATERIÁLU TESNENÍ.....	46
6 ANALÝZA MOŽNOSTI PREDĹŽENIA TRANSPORTU , MERANIA RÝCHLOSTI , OPTIMALIZÁCIA RÝCHLOSTI	47
6.1 PREDĹŽENIE PRENÁŠANEJ VZDIALENOSTI	47
6.2 MERANIE RÝCHLOSTI VZORKY	47
6.2.1 ANEMOMETER.....	48
6.2.2 KANÁLOVÉ ČIDLO RÝCHLOSTI VZDUCHU	48
6.2.3 LASEROVÁ ZÁVORA	49
6.3 OPTIMALIZÁCIA RÝCHLOSTI TRANSPORTU	49
7 ZÁVER.....	50
POUŽITÁ LITERATÚRA	52
PRÍLOHY	54
PRÍLOHA A - REAKCIA TYPU N, GAMA	54
PRÍLOHA B - REAKCIA TYPU N, P	55
PRÍLOHA C - REAKCIA TYPU N, ALFA.....	56
PRÍLOHA D - REAKCIA TYPU N,2N	57
PRÍLOHA E – NÁČRT VNÚTORNÉHO POTRUBIA SO VSTUPOM A PIESTNEJ ČASTI	58
PRÍLOHA F – NÁČRT VNÚTORNÉHO KONCOVÉHO POTRUBIA A JEHO ZAKONČENÍ.....	59
PRÍLOHA G – NÁČRT VONKAJŠIEHO KONCOVÉHO POTRUBIA.....	60
PRÍLOHA H – CELKOVÝ POHĽAD NA ZAVÁŽACIE ZARIADENIE	61

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 2-1 Súčasný nárys zariadenia	15
Obr. 2-2 Zobrazenie umiestnenia tesnenia.....	16
Obr. 2-3 Rýchlospojka.....	16
Obr. 2-4 Zobrazenie piestu v zariadení.....	17
Obr. 2-5 Miesto prepojenia menšieho potrubia	17
Obr. 3-1 Prírubový spoj [4]	21
Obr. 3-2 Prstencový typ prípojky	22
Obr. 3-3 Kuželovitý typ prípojky.....	22
Obr. 3-4 Plochý typ prípojky.....	23
Obr. 3-5 Príruba s privareným čelom [4]	23
Obr. 3-6 Príruba s privarenou objímkou [4]	24
Obr. 3-7 Dvakrát privarená príruha [4]	24
Obr. 3-8 Príruba s vyčnievajúcim prípravkom [4]	25
Obr. 3-9 Príruba s otočným prstencom [4]	25
Obr. 3-10 Skrutkovaný spoj [7].....	26
Obr. 3-11 Bajonetový spoj.....	26
Obr. 3-11 Realizácia zakončenia vonkajšieho potrubia	27
Obr. 3-12 Realizácia zakončenia vnútorného potrubia	28
Obr. 3-12 Umiestnenie vnútorného potrubia do vonkajšieho	28
Obr. 4-1 Zdroje fugitívnych emisií [4]	29
Obr. 4-2 Tesnenie typu R [4].....	33
Obr. 4-3 Tesnenie typu RX [4]	34
Obr. 4-4 Tesnenie typu BX [4]	34
Obr. 4-5 Zloženie špirálovo vinutého tesnenia [4]	35
Obr. 4-6 Umiestnenie tesnenia v spoji potrubia [4]	36
Obr. 4-7 Zloženie grafitového tesnenia [4]	37
Obr. 4-8 Umiestnenie tesnení v spoji potrubí.....	38
Obr. 4-9 Tesnenie a spoj v reze.....	38
Obr. 4-10 Prierez tesnenia typu R [5].....	39
Obr. 4-10 Zobrazenie koncovej zostavy vnútorného potrubia v reze.....	40
Obr. 4-11 Piestna časť v reze.....	40
Obr. 6-1 Kanálové čidlo vzduchu [23].....	48

<i>Obr. 6-2 Laserová závora [24]</i>	49
--	----

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. 3-1 Rýchlosť prúdenia látok v potrubí [2]</i>	20
<i>Tab. 4-1 Klasifikácia tesnosti [4]</i>	30
<i>Tab. 4-2 Kompatibilita tesnenia s tekutinou [4]</i>	30
<i>Tab. 4-3 Odolnosť tesniacich materiálov [4]</i>	31
<i>Tab. 4-4 Použitie špirálovo vinutého tesnenia [4]</i>	35
<i>Tab. 4-5 Teplotné limity materiálov [4]</i>	35
<i>Tab. 4-6 Rozmery normalizovaných a použitých tesnení [5]</i>	39
<i>Tab. 5-1 Zloženie vybraných hliníkových zliatin pre potrubia [10] [11] [12]</i>	42
<i>Tab. 5-2 Úprava vybraných hliníkových zliatin [10] [11] [12]</i>	43
<i>Tab. 5-3 Zloženie vybraných hliníkových zliatin pre príruby [14] [15] [16]</i>	44

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

- d – vnútorný priemer potrubia (m)
v – rýchlosť prúdenia látky (m.s^{-1})
 Q_v – objem látky pretekajúci potrubím za jednotku času ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)
S – obsah prierezu potrubia, v ktorom sa pohybuje látka (m^2)
 ρ – hustota prúdiacej látky (kg.m^{-3})
3D – 3 dimenzionálny
CR – Polychloroprénová guma (Chloroprene Rubber)
DIN – nemecký štandardizačný úrad (Deutsches Institut für Normung)
DN – menovitá svetlosť (Diameter Nominal) (mm)
FF – plochý typ prípojky (Flat Face)
FFKM – Perfluóroelastomér
FKM – Fluóroelastomér
HCl – kyselina chlorovodíková
ID – vnútorný priemer (Internal Diameter)
NBR –nitrilová guma (Nitrile Rubber)
OD – vonkajší priemer (Outer Diameter)
PEEK – Polyéterketón
PN – menovitý tlak (Pressure Nominal) (MPa)
PTFE – Polytetrafluóretylén
RF – kužeľovitý typ prípojky (Raised Face)
RTJ - Prstencový typ prípojky (Ring Type Joint)
SO – dvakrát privarená príruha (Slip-On Weld)
SW – príruha s privarenou objímkou (Socket Weld)
WN – príruha s privareným čelom (Weld Neck)

1 ÚVOD

Použitie ionizujúceho žiarenia sa v súčasnosti používa rôznych dôležitých odvetviach, ako sú napríklad zdravotníctvo alebo elektrotechnológia. V zdravotníctve sa vo veľkom množstve využívajú rádiofarmaká, čo predstavuje kontrastnú látku, ktorá sa využíva pri diagnostických metódach alebo pri rádioterapii, kedy sa pomocou ionizujúceho žiarenia správnou aplikáciou ničia bunky nádorov. V elektrotechnológii sa ionizujúce žiarenie využíva na dopovanie polovodičových prvkov. Aby sa použitie ionizujúceho žiarenia rozširovalo vo všetkých odvetviach, je dôležité vykonávať experimenty s rôznymi látkami a ich reakciami na ionizujúce žiarenie. Iba sledovaním týchto premien a príslušnými výpočtami je možné napredovať v spoznávaní nových vlastností látok zapríčinených ionizujúcim žiarením. Pre testovanie látok je určené zaväzacie zariadenie, ktorého úlohou je v krátkom časovom úseku dopraviť testovanú látku do reaktora a naspäť z reaktora. Jedná sa o zariadenie valcovitého tvaru, ktoré sa bude vkladať do horizontálneho kanálu reaktora.

Cieľom tejto práce je namodelovanie predpokladanej konečnej podoby zaväzacieho zariadenia s navrhnutím vhodného prepojenia jednotlivých častí pri zachovaní funkčnosti, navrhnutie účinného utesnenia potrebných častí, vytvorenie analýzy rozpadu izotopov prvkov obsiahnutých v možných použitých materiáloch a na jej základe rozhodnúť o vhodnosti použitého materiálu. V poslednom rade bude nasledovať návrh doplnkových zariadení pre presnejšie ovládanie zaväzacieho zariadenia.

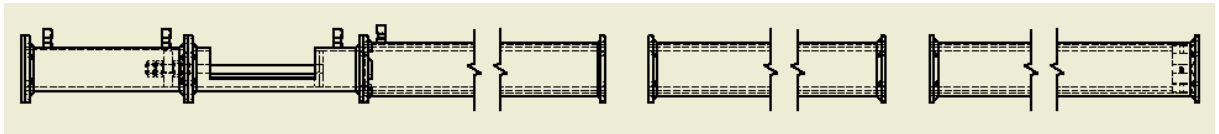
V práci sa nachádza vstup do problematiky zaväzacieho zariadenia, opis jeho konštrukcie a nedostatkov, ktoré sú predmetom riešenia tejto práce, popis jednotlivých druhov prepojení potrubí ich grafické zobrazenie a popis tesnení používaných v praxi. Po zhodnotení informácií bude nasledovať výber vhodného typu prepojenia a k nemu tesnenie príslušného tvaru.

Pri zohľadnení podmienok, v ktorých sa bude zariadenie používať, je vytvorená prvková analýza navrhnutých zliatin a zvolené adekvátne materiály s nízkou indukciou aktivity. Je zohľadnená skutočnosť, že niektoré prvky, ktorých polčasy rozpadu výrazne ovplyvňujú dobu vyžarovania celej zliatiny, majú vplyv tiež na mechanické spracovanie zliatiny.

Ďalej budú navrhnuté prídavné zariadenia, ktorých úlohou je zefektívniť celkové použitie zaväzacieho zariadenia.

2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU ZARIADENIA

Zariadenie je momentálne navrhnuté ako 3D (3 dimenzionálny) model v programe AutoCAD Inventor 2011. Celé zariadenie je poskladané z viacerých komponentov do jednej zostavy. Má valcovitý tvar po celej dĺžke zostavy kvôli možnosti vloženia do kanálu skúšobného reaktora, pretože skúšobný kanál reaktora má tiež valcovitý tvar. Priemer kanála skúšobného reaktora je približne do 80 mm. Je rozložiteľné na tri potrubia kvôli možnosti transportu. Prvá časť zariadenia sa skladá z dvoch kratších potrubí a jedného dlhšieho. Obe kratšie potrubia majú rovnaký priemer.



Obr. 2-1 Súčasný nárys zariadenia

Prvé kratšie potrubie je na jednej strane uzatvorené odmontovateľnou zaslepovacou stenou, ktorá je primontovaná skrutkami s maticami o privarenú prírubu. Je odmontovateľná, pretože po demontáži je sprístupnený priestor pre vloženie piestu. Zároveň sa na vrchnej časti tohto potrubia nachádzajú dva prípravky k pripevneniu rýchlospojok tlakových hadíc od zdroja stlačeného vzduchu.

Piest sa skladá z piestnej tyče, dvoch piestníc a štyroch dištančných matíc. Piestna tyč je prevedená ako závitová tyč so závitom po celej dĺžke a jej dĺžka je približne od zadnej zaslepovacej steny až po začiatok otvoru v druhom krátkom potrubí. Na začiatku závitovej tyče (na strane pri zaslepovacej stene) je umiestnená piestnica, ktorej poloha je zaručená pomocou umiestnených dištančných matíc. Poloha piestnice nesmie byť jednej roviny s príivodom stlačeného vzduchu, pretože by došlo k znemožneniu pohybu piestu.

Druhé kratšie potrubie je k prvému pripevnené prírubami pomocou skrutkových spojov s maticami. V potrubí v mieste medzi prírubami vedie stena s kruhovým otvorom v strede. Otvorom vedie piestna tyč a zabezpečuje jej vertikálnu polohu. Na konci piestnej tyče je umiestnená druhá piestnica. Zároveň sa tu nachádza prípravok k pripevneniu rýchlospojky a výrez v potrubí, ktorý je určený pre vkladanie a vyberanie kapsule s testovanou látkou.

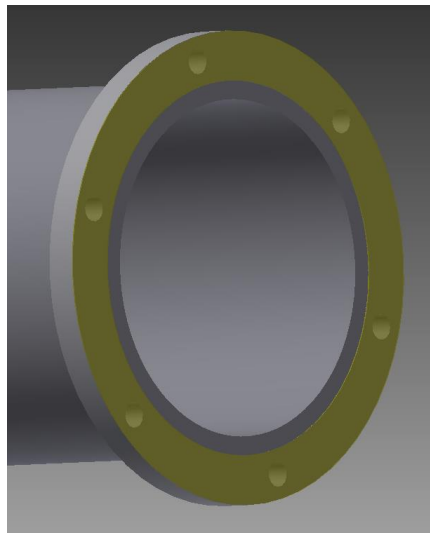
Dlhšie potrubie je ku kratšiemu pripevnené opäť prírubami pomocou skrutkových spojov s maticami. Jeho priemer je obmedzený priemerom vstupného kanálu do testovacieho reaktora. Pokračuje v ňom potrubie s rovnakým priemerom ako u oboch doterajších častí avšak táto časť zariadenia obsahuje aj potrubie s väčším priemerom ako doterajším, v ktorom je umiestnené potrubie s menším priemerom. Rozdiel v priemeroch oboch potrubí vytvára priestor, tunel, ktorý sa ťahne až k úplne zadnej časti zariadenia. Hneď za prírubou je na väčšom potrubí umiestnený prípravok pre pripojenie rýchlospojky, ktorý privádza stlačený vzduch do tunela.

Stredné dlhšie potrubie je tiež pripevnené prírubami pomocou skrutiek. Nemá nijakú zvláštnu funkciu okrem predĺženie zariadenia o potrebnú časť, tiež je tvorené dvoma v sebe uloženými potrubiami s rôznymi priermi.

Posledné potrubie je k strednému pripevnené rovnako prírubami pomocou skrutiek. Zadná časť je uzavretá zaslepovacou stenou, na ktorej sú privarené dištančné zarážky. Ich úlohou je zabezpečiť vertikálnu polohu potrubia s menším priemerom, aby bol vytvorený priestor pre prúdenie stlačeného vzduchu a aby bolo potrubie s menším priemerom oddelené od zadnej zaslepovacej steny.

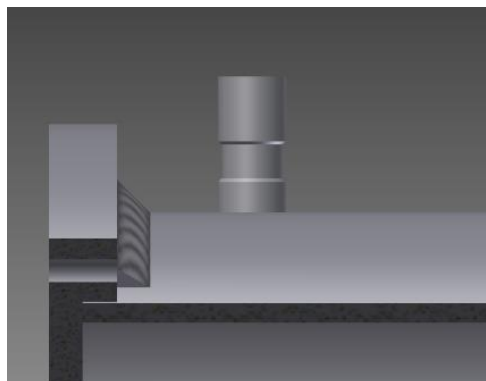
Zariadenie je namodelované len ako hrubý model, ktorý neobsahuje všetky časti zaistujúce funkčnosť. Je potrebné zaistiť tlakovú tesnosť zariadenia, pretože pohyb piestu a doprava kapsule s testovanou látkou zabezpečuje stlačený vzduch privádzaný do rôznych miest zariadenia. Pri prípadnej netesnosti jednotlivých častí by nebola zaistená spoľahlivá a presná opakovateľnosť zavádzania vzoriek.

Príruby zabezpečujú pevné spojenie potrubných častí zariadenia. Sú privarené o konce jednotlivých potrubí a spojené skrutkovým spojom s maticou. Priľnavosť kovových stien prírub nie je taká dokonalá, aby zabezpečila vzduchovú tesnosť spoja. Preto je potrebné príruby vybaviť tesnením príslušného tvaru s vlastnosťami vyhovujúcimi pri použití v takomto druhu zariadenia. Je potrebné brať do úvahy pomer ceny ku odolnosti proti pôsobeniu ionizujúceho žiarenia.



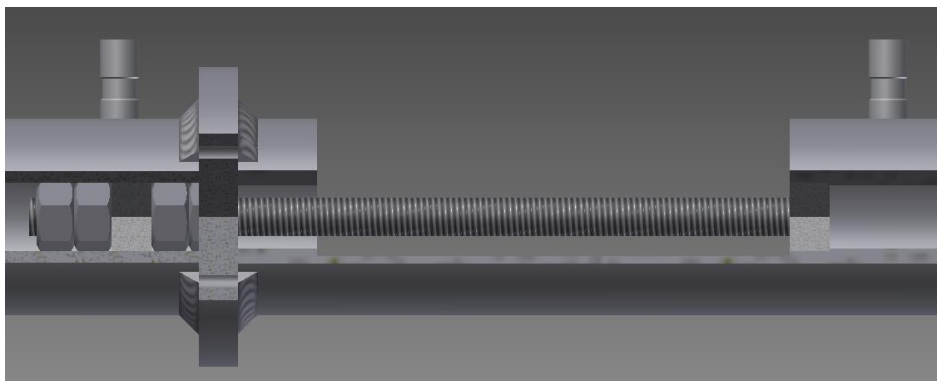
Obr. 2-2 Zobrazenie umiestnenia tesnenia

Prípravky pre pripojenie rýchlospojek sú valcovité súčiastky s príslušným tvarom zabezpečujúce vzduchotesný prívod stlačeného vzduchu do zariadenia. Taktiež musia byť vybavené krúžkovým tesnením umiestneným medzi prípravkom a potrubím za závitom prípravku.



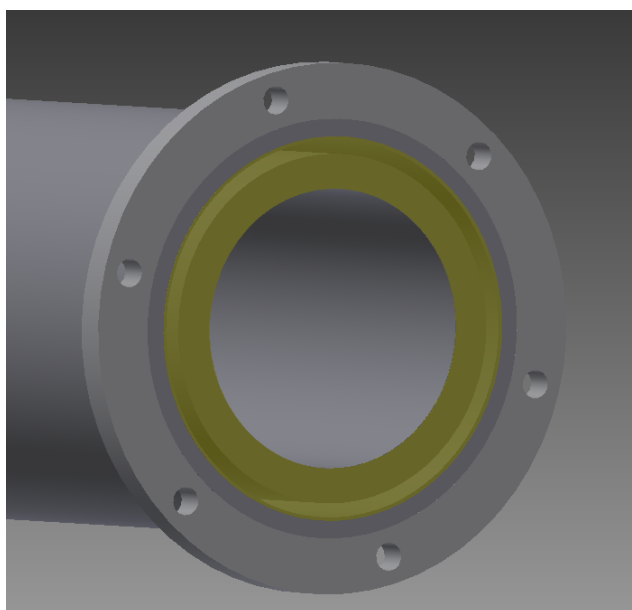
Obr. 2-3 Rýchlospojka

Piestnice umiestnené na závitovej tyči, nie sú vzduchotesne vložené do potrubia zariadenia. Pri činnosti je možné, že sa piest dostane do medzipolohy. Tento stav je zapríčinený unikajúcim vzduchom medzi piestom a potrubím. Preto je potrebné zabezpečiť tesnosť piestu vybavením piestníc kruhovými tesneniami. Opäť musíme brať do úvahy, že materiál musí byť odolný voči pôsobeniu ionizujúceho žiarenia.



Obr. 2-4 Zobrazenie piestu v zariadení

Najväčším momentálnym nedostatkom tohto zariadenia je nedoriešené spojenie potrubí s menším priemerom. Dôvodom je malý priestor pre vloženie spájacieho prvku ako je napríklad príruha a následne manipulácia pri spájaní dvoch prírub, pretože priestor (kanál) medzi potrubiami je nedostatočný.



Obr. 2-5 Miesto prepojenia menšieho potrubia

3 POTRUBIE A SPOJE POTRUBÍ

Táto kapitola sa bude venovať všeobecne potrubiam, druhom používaných prepojení a voľbe vhodného spôsobu prepojenia jednotlivých častí zariadenia. Je potrebné vychádzať z podmienok vhodne určených pre takýto typ zariadenia. To znamená, že prepojenie musí byť čo najjednoduchšie konštrukčne realizované, teda zloženie zariadenia do funkčného celku by nemalo vyžadovať špeciálne prípravky či dlhý pracovný čas. Ďalej musí byť rozoberateľné, keďže bolo spomenuté, že zariadenie musí byť uskladniteľné do určeného prepravného zariadenia, čo predstavuje prepravný kufor špeciálne vyrobený pre toto zariadenie. V neposlednom rade musí byť spoj odolný voči prepúšťaniu tlaku vzduchu z vnútra zariadenia. Ak by došlo na niektorom zo spojov k úniku vzduchu, hrozilo by, že by bola ohrozená spoľahlivosť a presnosť opakovateľnosť zavážania vzoriek.

3.1 Potrubie

Potrubie je technické zariadenie resp. špecializovaný dopravný prostriedok, ktorý sa skladá z tesne spojených rúr a trubiek. Je obvykle určené k dopravovaniu kvapalín, plynov alebo rôznych sypkých materiálov. Potrubím je však možné prepravovať aj miniatúrne predmety, napríklad potrubná pošta. [1]

Potrubia najčastejšie delíme [2]:

- Podľa druhu prepravovanej látky, ktorá prúdi v potrubí:
 - Plynové – plynovody
 - Vzduchové- vzduchovody
 - Parné – parovody
 - Vodné – vodovody
- Podľa funkcie, na ktorú sa potrubie používa:
 - Sacie
 - Výtlačné
 - Napájacie
 - Vypúšťacie
 - Chladiace
- Podľa prevádzkového tlaku:
 - Podtlakové
 - Nízkotlakové
 - Vysokotlakové

3.1.1 Hlavné časti potrubia

Sú potrebné pri každom druhu dlhého potrubia a v každom prípade [2]:

- Rúry
- Vzájomné spoje rúr a časti spojov rúr s inými časťami potrebného zariadenia
- Tvarovky, ktoré sú určené pre vytvorenie zmeny smeru prietoku či zmeny prietokového prierezu
- Kompenzátory určené k tepelnej dilatácii potrubia
- Uloženie a prichytenie potrubia
- Zariadenie na odvzdušňovanie potrubia a odvádzanie vylúčených látok pri uvádzaní do prevádzky, pri chode alebo pri odstavení

Základné požiadavky na potrubia [1]:

- Tesnosť
- Pevnosť z hľadiska tepelnej dilatácie
- Chemická odolnosť voči prepravovanej látke a vonkajšiemu prostrediu
- Odolnosť proti oteru
- Čo najmenšie tlakové straty

3.1.2 Určenie potrubia

Pre určenie potrubia sú okrem druhu dopravovanej látky najdôležitejšie tri údaje [3]:

- Menovitý tlak PN (Pressure Nominal) je označenie skupiny pretlakov vnútri potrubia pri teplotách do 200°C. Uvádza sa ako desaťnásobok tlaku v MPa.
- Menovitá svetlosť DN (Diameter Nominal) je približný vnútorný priemer potrubia uvádzaný v mm.
- Pracovný stupeň udáva prevádzkovú teplotu dopravovanej kvapaliny alebo plynu. Základný stupeň je I a označuje teplotu v rozmedzí 0-200°C. Pre teploty pod bodom mrazu sa pracovné stupne označujú A – C.

Pre určenie vhodnej svetlosti potrubia DN je rozhodujúce požadované dopravované množstvo látky. Pri výpočte sa vychádza z rovnice kontinuity, ktorá vyjadruje, že vstupujúce množstvo látky sa musí rovnať výstupnému [3]:

$$Q_m = Q_{v1} \cdot \rho_1 = Q_{v2} \cdot \rho_2 \text{ (kg} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (3.1)$$

$$Q_v = S \cdot v \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}^2, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (3.2)$$

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (kg} \cdot \text{m}^{-3}, \text{kg}, \text{m}^3) \quad (3.3)$$

Kde Q_m – hmotnostný prietok ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)

Q_{v1} – objemový prietok jednej látky ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

Q_{v2} – objemový prietok druhej látky ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

ρ_1 – hustota jednej látky (kg.m^{-3})

ρ_2 – hustota druhej látky (kg.m^{-3})

S – prierez potrubia (m^2)

v – rýchlosť prúdenia látky (m.s^{-1})

m – hmotnosť prúdenej látky (kg)

V – objem prúdenej látky (m^3)

Všeobecne teda platí vzorec pre hmotnostný prietok upravený pre kruhový prierez:

$$Q_m = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot v \cdot \rho \quad (\text{kg.s}^{-1}, \text{m}, \text{m.s}^{-1}, \text{kg.m}^{-3}) \quad (3.4)$$

Kde d – priemer potrubia (m)

ρ – hustota prúdiacej látky (kg.m^{-3})

Z toho vnútorný priemer bude rovný:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v \cdot \rho}{\pi \cdot v \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{Q_v}{v}} \quad (\text{m}, \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{kg.m}^{-3}, \text{m.s}^{-1}) \quad (3.5)$$

Kde Q_v – objem látky pretekajúci potrubím za jednotku času ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

S – obsah prierezu potrubia, v ktorom sa pohybuje látka (m^2)

V našom prípade však nenavrhujeme vonkajší ani vnútorný priemer potrubia. Vnútorný priemer je vymedzený priemerom kapsule, ktorá sa bude do zariadenia vkladať. Jej priemer je 17 mm a dĺžka 58 mm. Vonkajší priemer je vymedzený priemerom kanála v testovacom reaktore, do ktorého sa bude zariadenie vkladať. Vnútorný priemer potrubia je 54 mm, vonkajší priemer je 60 mm. Nás by skôr zaujímala informácia o rýchlosti prúdenia látky v . [3]

Uvedme príklady najčastejších rýchlostí prúdenia potrubím:

Tab. 3-1 Rýchlosť prúdenia látok v potrubí [2]

Látka	Druh potrubia	Rýchlosť v potrubí (m.s^{-1})
voda	vodovody - hlavné napájacie potrubie	1,0 – 2,0
	vodovody – mestská vodovodná sieť	0,5 – 1,2
	vodné potrubie v elektrárnach	1,0 – 2,0
	nafta, benzín, oleje a pod.	0,5 – 2,0
para	potrubia na vykurovaciu paru	10 – 15
	diaľkové parovody	20 – 40
vzduch	vzduchovody	15 - 25

3.2 Spoje potrubia a ich rozdelenie

Základné rozdelenie spojov potrubí, ktoré na seba nadväzujú je:

Rozoberateľné spoje:

- Prírubové
- Skrutkované
- Bajonetové

Nerozoberateľné spoje:

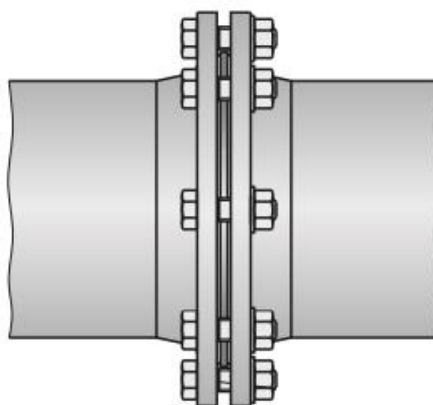
- Hrdlové
- Zvárané
- Lepené

Keďže podmienka pre zariadenie bola stanovená, aby spoj bol rozoberateľný, nerozoberateľnými spojmi sa nebudeme ďalej zaoberať. [4]

3.2.1 Prírubové spoje

Prírubový spoj sa javí ako zdanlivo jednoduchý druh spojenia dvoch potrubí ale jeho nevýhoda je pomerne zložité utesnenie. Správny výber materiálov, aplikácia výrobných postupov v kombinácii so zručnosťou osoby poverenej na spracovanie materiálu sú nevyhnutné pre zabezpečenie spoľahlivosti tohto druhu spojenia. Hlavné chyby spoja sú zapríčinené zlým výberom tesnenia, či použitím nesprávnych svorníkov (skrutky s maticami).

Existuje viacero typov prírub, ktoré sa rozlišujú tvarom či materiálom. Tieto parametre sa volia podľa použitia potrubia. Je veľmi dôležité správne zvoliť určitý typ príruby, aby jej funkcia bola spoľahlivá. [4]



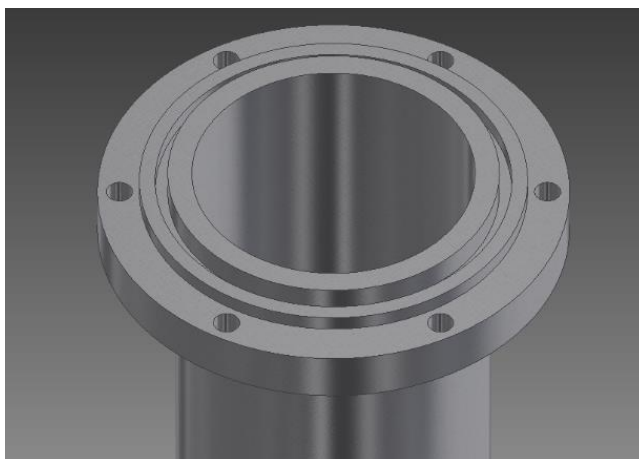
Obr. 3-1 Prírubový spoj [4]

3.2.1.1 Prstencový typ prípojky (Ring Type Joint - RTJ)

Vyskytujú sa na najnamáhanejších druhoch potrubí, napríklad na vysokotlakových potrubíach. Na tomto type príruby musí byť použité kovové tesnenie.

Tesnenie je prevedené kontaktom:

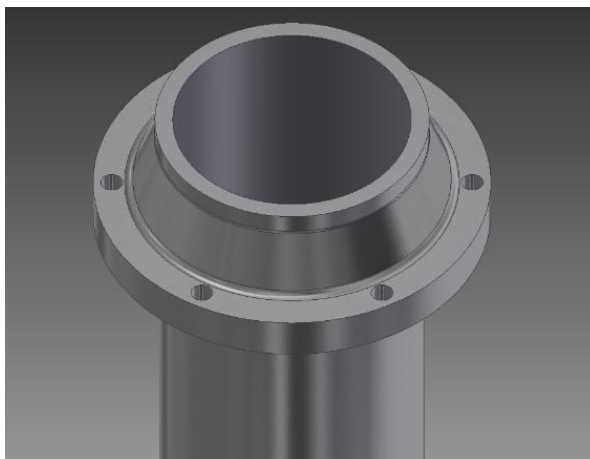
- kov na kov vložené do drážky medzi prírubami. Čelá oboch prírub neprichádzajú do kontaktu, udržiava sa medzi nimi medzera vymedzená tesnením.
- čelo na čelo kedy sa tiež vloží do drážky medzi príruby kovové tesnenie ale príruby sa dotýkajú. Ak sa nedotýkajú, takýto typ príruby sa nesmie uviesť do prevádzky. [4]



Obr. 3-2 Prstencový typ prípojky

3.2.1.2 Kužeľovitý typ prípojky (Raised Face - RF)

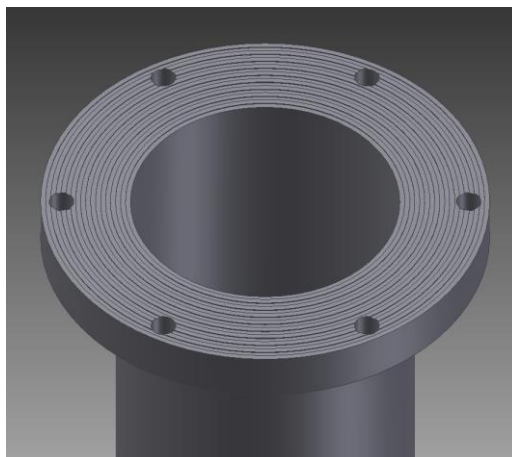
Medzi RF príruby sa používa ploché nekovové tesnenie alebo kovové pre špeciálne aplikácie, ktoré zapadá do skrutiek na príрубе. Čelo na RF príрубе je kužeľovitého zužujúceho sa tvaru. Ak sú drážky príliš hlboké, potom je nutné príruby silno pritiahnuť aby relatívne mäkké tesnenie tesnilo. Tu je dôležitá povrchová úprava príruby a odstránenie nedostatkov, ktoré by zapríčinili netesnosť. Povrchová úprava príruby závisí na type tesnenia, ktoré sa použije. [4]



Obr. 3-3 Kužeľovitý typ prípojky

3.2.1.3 Plochý typ prípojky (Flat Face - FF)

Nekovové tesnenie je tiež stlačené plochami, veľmi zriedka sa používa kovové tesnenie. Nachádza sa medzi sústredenými ryhovanými plochami prírub a to po celej ploche príruby. Takéto príruby sa používajú na bežné, najmenej náročné aplikácie ako je nízky tlak vody kanalizácie a to najmä pri použití liatiny, cuniferu (zliatina medi a niklu) alebo bronzovej zliatiny kde je veľká tesniaca plocha, na ktorú sa rozkladá celé zaťaženie príruby a znižuje sa tak ohyb celej príruby. [4]



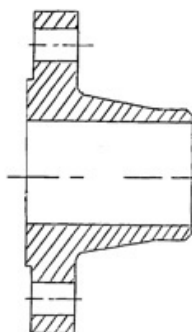
Obr. 3-4 Plochý typ prípojky

3.2.2 Typy prírub

Spôsob, akým je príruha pripojená k potrubiu definuje jej typ. Najčastejšie uchytienie príruby k potrubiu je zvarom. V niektorých prípadoch je príruha voľne uložená a jej utesnenie k potrubiu je realizované skrutkovým spojom s inou prírubou.

3.2.2.1 Príruba s privareným čelom (Weld-Neck - WN)

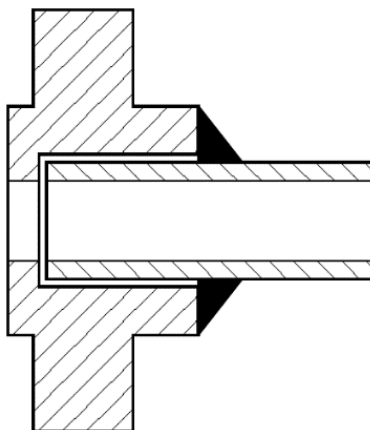
WN príruby sú natupo privarené k potrubiu. Sú typické pre použitie v náročných podmienkach, teda pri vysokých tlakoch a / alebo nebezpečných kvapalinách. Tupý zvar môže byť kontrolovaný röntgenom alebo ultrazvukom v priebehu výroby, čiže sa jedná o spoľahlivý zvar. V mieste zvaru nevzniká materiálové napätie. [4]



Obr. 3-5 Príruba s privareným čelom [4]

3.2.2.2 Príruba s privarenou objímkou (Socket Weld - SW)

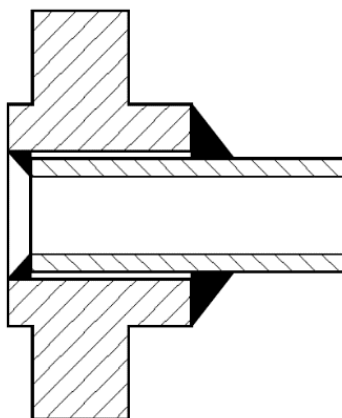
SW príruby sú často používané pri vysokom tlaku ale majú obmedzenú menovitú svetlosť potrubia na 1 1/2 palca. Potrubie je privarené k náboju príruby SW. Tento zvar nie je možné účinne kontrolovať röntgenom. Preto je veľmi dôležité najprv správne bodovaním privariť náboj a potom dokončiť kútovým zvarom. [4]



Obr. 3-6 Príruba s privarenou objímkou [4]

3.2.2.3 Dvakrát privarená príruha (Slip-On Weld - SO)

Používajú sa pri nízkotlakových potrubíach, ako sú požiarne vodovody, vodné chladenie, atď. Potrubie je dvakrát zvarané a to na náboji a na otvore príruby. Opäť test röntgenom je opäť len veľmi zložito realizovateľný. [4]

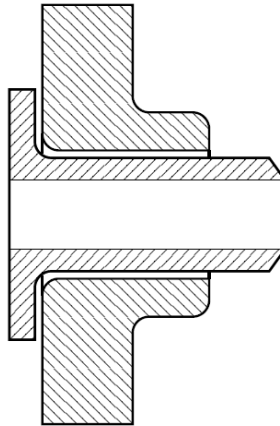


Obr. 3-7 Dvakrát privarená príruha [4]

3.2.2.4 Príruba s vyčnievajúcim prípravkom (Composite Lap Joint)

Skladá sa z dvoch častí a to zo špecifického ukončovacieho prípravku, ktorý je privarený k potrubiu a z prstenca príruby, ktorý je nasunutý na prípravku. Tento typ spoja sa zvyčajne vyrába z cuniferu alebo z vysoko legovanej ocele. Zliatinový prípravok s prírubovým prstencom, vyrobený

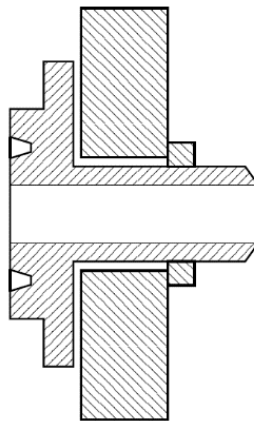
z pozinkovanej ocele, je lacnejší ako kompletná zliatinová príruha. Príruba má zväčšenú plochu pre umiestnenie plochého tesnenia. [4]



Obr. 3-8 Príruba s vyčnievajúcim prípravkom [4]

3.2.2.5 Príruba s otočným prstencom (Swivel Ring)

Rovnako, ako u Composite Lap Joint príruby, je ukončovací prípravok privarený k potrubiu. Otočný prstenec sedí na náboji a umožňuje priskrutkovanie k druhému prstencu. Tento druh príruby sa bežne používa v podmorských aplikáciách, kde otočný krúžok uľahčuje zarovnanie prírub. Príruba je utesnená pomocou RTJ kovového tesnenia. [4]



Obr. 3-9 Príruba s otočným prstencom [4]

3.2.3 Skrutkované spoje

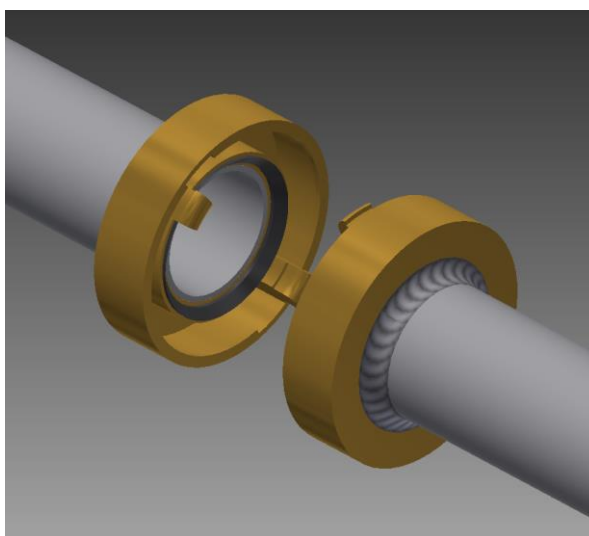
Používajú sa pre bezpečné prepojenie jednotlivých častí, ako sú rúrky alebo potrubia pomocou dvoch závitových dielov. Komponenty, ktoré majú byť pripojené, sa nemusia rotačnou polohou navzájom prispôbovať. Tento druh spojenia sa používa do veľkosti DIN 40, čo je 1 ½ palca (3,8cm). [6]



Obr. 3-10 Skrutkovaný spoj [7]

3.2.4 Bajonetové spoje

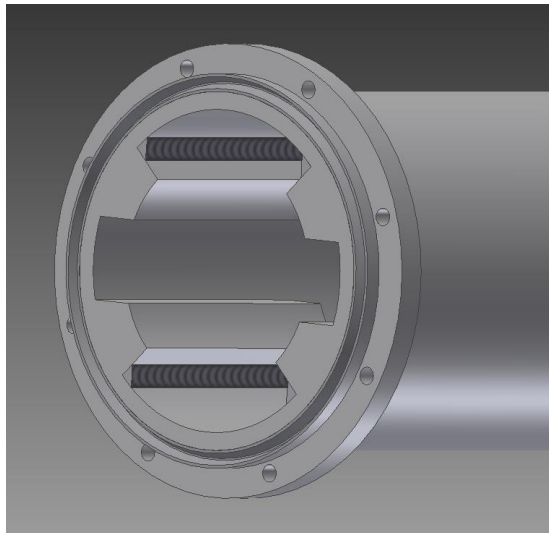
Je to upevňovací mechanizmus, ktorý sa skladá z valcovej samčej strany s jedným alebo viacerými radiálnymi čapmi a samičia časť s príslušnými drážkami zodpovedajúce tvaru L a spruhami k udržaniu týchto dvoch častí uzamknutých do seba. Drážky sú v tvare písmena L s krátkym segmentom na konci ramena. Čap zapadne do L ramena, otáča sa až kým nezapadne do segmentu. V tejto polohe mu spruhy zabráňujú voľnému otáčaniu a dislokácii zo segmentu. Používa sa napríklad v hasičskej technike kde sa kladie dôraz na rýchle a tesné prepojenie hadíc navzájom či so zdrojom vody. [8]



Obr. 3-11 Bajonetový spoj

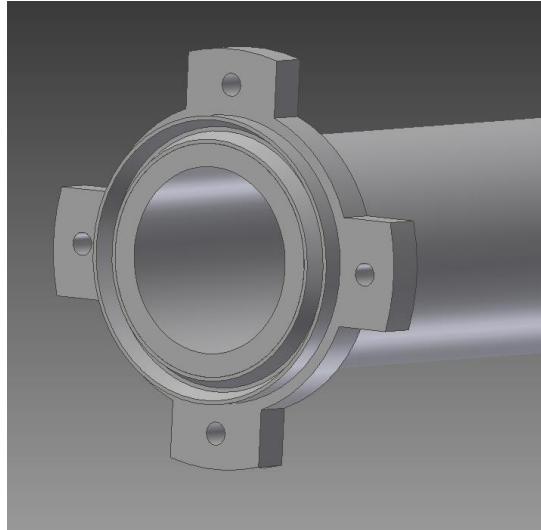
3.3 Návrh nového spôsobu prepojenia jednotlivých častí zariadenia

V predošlej kapitole boli uvedené a znázornené existujúce spôsoby prepojenia potrubí a rúr, ktoré majú svoje špecifické použitie. V našom prípade však nie je možné použiť skrutkovaný alebo bajonetový spoj. Čo sa týka bajonetového pripojenia, je nevhodné ho použiť na potrubie s väčším priemerom v prípade, že by bolo napevno navarené na potrubí a tým by nebolo možné ho upevniť bez radiálneho pohybu. Tento pohyb je neprípustný, pretože vnútri potrubia budú vytvorené prípravky, ktoré budú zabezpečovať polohu menšieho potrubia. Toto potrubie musí byť už v dobe montáže vonkajšieho potrubia pripravené na prevádzku. Dôvod nevhodnosti skrutkového spoja je potreba otáčať potrubím pri montáži čo nie je možné pri väčšom potrubí. Pre menšie potrubie by bolo toto spojenie konštrukčne vhodné no nie je zaručená tesnosť spoja. Preto pre vonkajšie potrubie bude použité prírubové spojenie typu RTJ s privareným prstencom na potrubí. Podľa popisu 3.2.1.1 ide o spojenie používané vo vysokotlakových potrubíach, to znamená, že sa uňho kladie dôraz na účinné utesnenie.



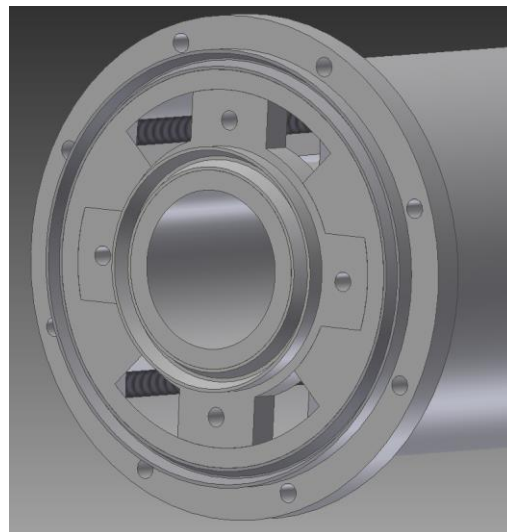
Obr. 3-11 Realizácia zakončenia vonkajšieho potrubia

V prípade menšieho potrubia by bolo možné použiť aj bajonetové spojenie v prípade, že by prstenec bajonetu mohol byť prerušený v miestach kde by vystupovali z väčšieho potrubia prípravky pre zaistenie polohy menšieho potrubia. To by však narušilo funkciu bajonetového spojenia. Musíme brať do úvahy fakt, že v bajonetovom prstenci by museli byť miesta pre prúdenie vzduchu. Takže nakoniec bude opäť zvolené prírubové spojenie typu Ring Type s privareným špeciálne upraveným prstencom.



Obr. 3-12 Realizácia zakončenia vnútorného potrubia

Tvar prstenca bude prispôsobený prípravkom vystupujúcim z vonkajšieho potrubia pre zabezpečenie polohy a tiež pre voľné prúdenie vzduchu.



Obr. 3-12 Umiestnenie vnútorného potrubia do vonkajšieho

Všetky příruby, či už velká příruba alebo malá špeciálna príruba, a tiež vodiace prípravky sú zvárané húsenkovým kúťový zvarom. Vodiace prípravky sú privarené len z jednej strany aby zvary netvorili prekážku pri vsúvaní vnútorného potrubia so špeciálnou prírubou.

4 NÁVRH OPTIMALIZÁCIÍ PREVÁDZKOVÝCH NETESNOSTÍ

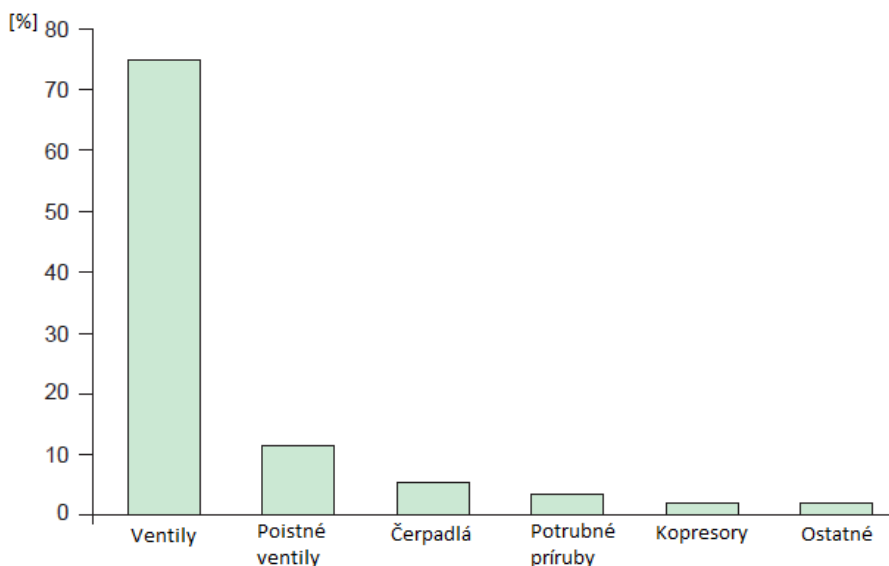
V tejto kapitole bude popísaná problematika týkajúca sa tesniacich prostriedkov, používaných materiálov a použitia vhodných tesnení. Na zariadenie je potrebné použiť tesnenia rôznych tvarov pre rôzne veľkosti prírub alebo piestu. Musí byť zvolené tesnenie z materiálu, ktorý má čo najmenšiu schopnosť produkovať rádioaktívne izotopy emitujúce ionizujúce žiarenie.

4.1 Výber tesniaceho materiálu

Ak by bolo vhodné použiť spojovacie príruby, ktoré majú normované rozmery, použijeme tesniace materiály vyplývajúce z noriem. Pri voľbe materiálu tesnenia sa vychádza z parametrov pracovného média a prostredia, v ktorom je tesnenie použité.

Fugitívne emisie

Zvýšená pozornosť s ohľadom na zdravie a životné prostredie vedie k vzniku nových a prísnejších štandardných postupov a právnych predpisov. Cieľom je znížiť emisie do cieľovej úrovne, ktorá je založená na najlepších dostupných technológiách. Tieto ciele majú tendenciu sa do budúcnosti zvyšovať. Veľké spoločnosti si konkurujú vo vývoji kvalitnejších produktov. Nadväzujúc na to sa zvyšujú štandardy a sprísňuje legislatíva. Jedná sa najmä o spoločnosti venujúce sa petrochemickému priemyslu. [4]



Obr. 4-1 Zdroje fugitívnych emisií [4]

Tab. 4-1 Klasifikácia tesnosti [4]

Klasifikácia tesnosti	Označenie	Množstvo priesaku na milimeter priemeru tesnenia
Základné	T2	0,2 mg/s.mm
Štandardné	T2	0,002 mg/s.mm
Tesné	T3	0,00002 mg/s.mm

4.1.1 Kompatibilita s tekutinou

Tesnenie by samozrejme nemalo byť ovplyvnené tekutinou, ktorú tesní v celom rozsahu prevádzkových podmienok. Tabuľka chemickej odolnosti zobrazuje odolnosť bežných spojovacích materiálov voči rôznym chemikáliám. [4]

Tab. 4-2 Kompatibilita tesnenia s tekutinou [4]

Označenie	Hodnotenie	Význam
1	vyhovujúce	Vyhovujúce v relatívne vysokej koncentrácii chemických látok
2	uspokojivé	Vyhovujúce iba v prípade nízkej teploty a/alebo nízkej koncentrácii chemických látok
3	dostatočné	Funkčnosť závisí na požadovanej životnosti a koncentrácii chemickej látky
4	nedostatočné	Neodolné voči chemickým látkam - nepoužiteľné
5	neznáme	Údaje nie sú k dispozícii

Tab. 4-3 Odolnosť tesniacich materiálov [4]

	Elastomérové tesniace materiály				Konštrukčné plastové materiály	
Kód materiálu	CR	NBR	FKM	FFKM	PEEK	PTFE
Chemická povaha	Polychloro- prénová guma	Nitrilová guma	Fluóro- elastomér	Perfluóro- elastomér	Polyéter- ketón	Polytetra- fluóretylén
Obchodné meno	NEOPRÉN	BUNA-N	VITON	KARLEZ	VITREX	TEFLÓN
Voda	2	2	2	1	1	1
Para	3	3	1	1	1	1
Oxid uhličitý	2	1	2	1	1	1
Minimálna pracovná teplota (°C)	-45	-30	-20	0	-190	-190
Maximálna pracovná teplota (°C)	100	90	200	230	250	290

4.1.2 Teplota

Zvolené tesnenie by malo mať primeranú životnosť v závislosti od teploty pracovného prostredia. Tesniace materiály sú navrhnuté tak, aby boli pri zaťažení v stlačenom stave pre dosiahnutie počiatočnej tesnosti. Aby však bolo možné udržať tento stav, tesnenia musia byť odolné voči toku či pretekaniu, aby sa zabránilo strate povrchového napätia skrutky. Táto vlastnosť je veľmi dôležitá a je jedna z najjednoduchších metód odlíšenia kvalitných tesnení od nekvalitných. Pri teplotách 23 °C až 25,5 °C je väčšina tesnení účinných a tesných ale akonáhle začne teplota stúpať nad 100°C je nutné sa sústrediť na prípadné netesnosti.

Pre všetky aplikácie, ale hlavne pre aplikácie v nízkych teplotách, je nutné dodržať nasledujúce body [4]:

- Pri inštalácii musí byť tesnenie dokonale suché (tesnenia by mali byť skladované na suchom mieste).
- Požadované zaťaženie príruby by malo byť aplikované pri teplote 23 °C až 25,5 °C.

4.1.3 Vnútorný tlak

Tesnenie musí byť vhodne zvolené pre maximálny skúšobný vnútorný tlak. Tento skúšobný tlak často býva viac ako dva krát väčšia hodnota ako je tabuľková hodnota tesnenia pri izbovej teplote.

Pri použití vo vákuu je nutné použiť tesnenia so zvláštnymi požiadavkami [4]:

- Pre hrubé vákuum, čo je 760 torr až 1 torr (1 torr = 133,322 Pa) sa používa plochá guma alebo tesnenie zo stlačených azbestových vlákien.
- Pre vysoké vákuum, čo je 1 torr až $1 \cdot 10^{-7}$ torr sa používajú gumené "O" krúžky alebo lisované obdĺžnikové tesnenia.
- Pre veľmi vysoké vákuum, pod $1 \cdot 10^{-7}$ torr je nutné použiť špecializované tesnenie.

4.1.4 Špecifické hľadiská

Existuje mnoho faktorov, ktoré sú, okrem spomenutých, veľmi dôležité pri výbere správneho typu a materiálu tesnenia. Ak sú v prevádzkových podmienkach zahrnuté časté tepelné alebo tlakové cykly, potom musí byť tesnenie dostatočne pružné, aby odolávalo možným pohybom potrubia a dostatočne pevné, aby odolávalo mechanickému zaťaženiu. Správna voľba tesnenia je dôležitá pre aplikáciu v rôznych podmienkach. Tesnenie vytvára tesnosť medzi dvoma prírubami a zabezpečuje aby nedochádzalo k úbytku tlaku v tomto spoji.

Dôležité faktory pri výbere tesnenia [4]:

- a) Vibrácie – ak je potrubie vystavené nadmerným vibráciám, potom musí tesnenie odolávať spojeným mechanickým účinkom.
- b) Erozívne médiá – niektoré médiá, ktoré obsahujú pevné látky obsiahnuté v kvapalinách, môžu pomaly narušovať tesnenie a to môže viesť ku skráteniu životnosti pod úroveň predpokladu. V takých prípadoch je veľmi dôležitá správna voľba materiálu tesnenia a jeho rozmerov.
- c) Nebezpečenstvo kontaminácie kvapaliny – v niektorých prípadoch použitia tesnení sa na tesniaci materiál naplavujú chemikálie obsiahnuté v tekutine. Typickými príkladmi sú tesnenia v potrubíach pitnej vody, krvnej plazmy, farmaceutických chemikálií, jedla, piva a pod.
- d) Korózia príruby - niektoré kovové príruby sú náchylné na praskanie spôsobené koróziou, napríklad austenitické nerezové ocele. Ak sa ale použijú ako tesniaci materiál, je potrebné overiť, že neprídu do styku s chemickými nečistotami, ktoré môžu vyvolať korózie. Medzi nečistoty patria napríklad chloridové ióny.
- e) Integrita – ak má súdržnosť tesnenia zásadný význam, napríklad pri utesnení vysoko toxických látok, výber tesnenia môže byť ovplyvnený požiadavkou na zvýšenú bezpečnosť. Napríklad použiť špirálovo vinuté tesnenie s vonkajším poistným krúžkom, ktoré je tvorené lisovanými azbestovými vláknami.

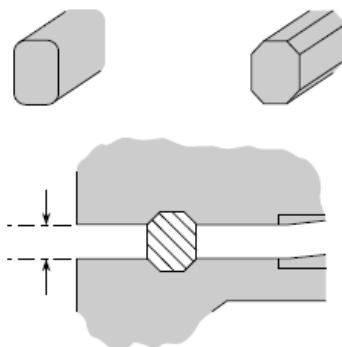
- f) Ekonomika – aj keď tesnenia sú pomerne lacná záležitosť, je nutné ho zvoliť tak aby nedochádzalo ku častému opotrebovaniu, čo by viedlo k zvýšeniu nákladov na prevádzku potrubia.

4.2 RTJ tesnenia (pre prstencový typ prípojky)

RTJ tesnenia sú realizované ako kované krúžky, ktoré sú umiestnené do vytvorenej drážky RTJ príruby. Sú obvykle používané pre vysokotlakové aplikácie. Tesnenie je typu kontaktu kov-na-kov medzi tesnením a prírubou. Tieto pevné kovové krúžky majú vynikajúcu tesnosť a odolnosť voči teplotným a tlakovým zmenám ak sú správne nasadené. Krúžky a drážky musia mať plochy ošetrované od nečistôt či od nežiadúcich výstupkov. Existujú štyri bežne dostupné typy RTJ tesnení: Typy R, RX, BX, a AX. Najčastejšie používané sú typu R. [4]

4.2.1 Typ R

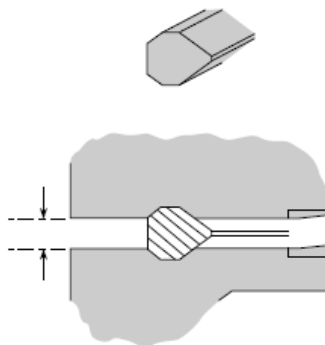
Tento typ sa vyrába v dvoch prevedeniach, v oválnom alebo osemuholníkovom, kde oválny tvar bol prvotný pre RTJ a z neho modifikovaný osemuholníkový, ktorý poskytuje lepšie utesnenie. Je nutné dbať na to, aby bol použitý správny tvar pre príslušnú prírubu. Typ R môže byť použitý buď na prírubu typu FF alebo tiež na prírubu typu RF prstencového typu prípojky. [4]



Obr. 4-2 Tesnenie typu R [4]

4.2.2 Typ RX

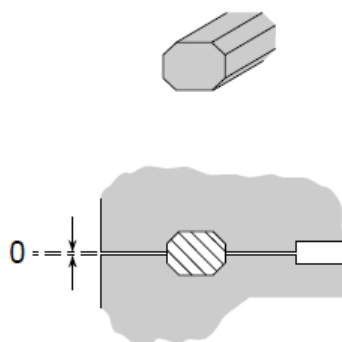
Používa sa pre efektívnejšie utesnenie ako v prípade typu R, je odolné voči vibráciám, rázovým zaťaženiám, napríklad vo plynových vrtných žriedlách. Asymetrický prierez zabezpečuje, že sa tesnosť samočinne posilňuje. Vonkajšie skosenie prstenca vytvára prvotný kontakt s drážkami v prírubách a to vytvára tesnosť proti drážke vonkajšieho povrchu. [4]



Obr. 4-3 Tesnenie typu RX [4]

4.2.3 Typ BX

Stredný priemer prstenca je o niečo väčší, než je stredný priemer drážky v prírubе. Táto aplikácia tlakom vytvorí napätie pod tesnením. Typ BX je nezameniteľný s tesnením typu R alebo RX. Drážka, ktorá je určená pre BX tesnenie, je rozmerovo iná ako pre tesnenie R a RX. Ak je tento typ správne namontovaný, tak vzdialenosť stien prírub je nulová. [4]



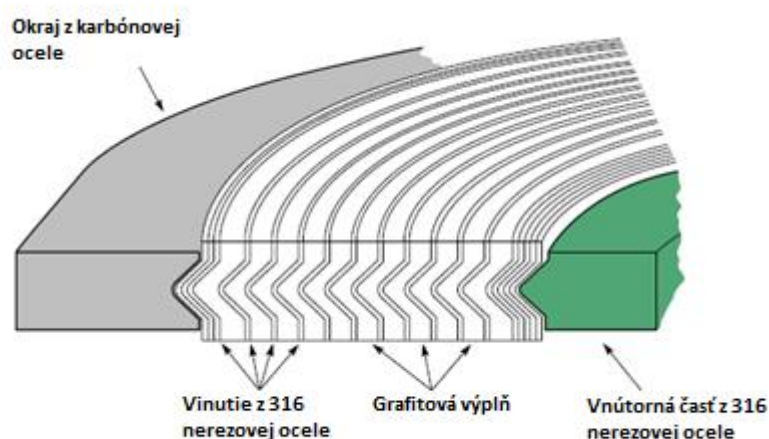
Obr. 4-4 Tesnenie typu BX [4]

4.3 Špirálovo vinuté tesnenia

Štandardné špirálovo vinuté tesnenia sa môžu medzi rôznymi výrobcami značne líšiť preto je odporúčané tieto tesnenia odoberať od renomovaných dodávateľov. Väčšina špirálovo vinutých tesnení sa v súčasnej dobe vyrába ako vinutie z 316 nerezovej ocele s grafitovou výplňou. Tieto tesnenia majú vnútorný krúžok tiež z 316 nerezovej ocele a vonkajší vodiaci krúžok z uhlíkovej ocele ale v niektorých prípadoch môže byť vonkajší krúžok z nerezovej ocele, aby bola posilnená odolnosť proti korózií z vonkajšieho prostredia. [4]

Tab. 4-4 Použitie špirálovo vinutého tesnenia [4]

Menovitá hrúbka tesnenia	Odporúčaná stlačená hrúbka
3,2 mm	2,3 – 2,5 mm
4,5 mm	3,2 – 3,4 mm
6,4 mm	4,6 – 4,9 mm
7,2 mm	4,8 – 5,0 mm



Obr. 4-5 Zloženie špirálovo vinutého tesnenia [4]

Tieto tesnenia sú vybavené vnútorným vodiacim krúžkom ktorý:

- Poskytuje dodatočný tesniaci prvok.
- Obmedzuje bočný tok tesnenia smerom k otvoru.
- Pôsobí ako tepelná a antikorózna bariéra, ktorá chráni tesnenie a prírubu.

Vyplneným prstencového priestoru medzi tesnením a prírubou znižuje turbulentné prúdenie kvapaliny alebo možnosť hromadenia pevných látok a tým prípadnej korózií. Použitie tesnenia s vnútornými krúžkami zvyšuje zaťaženie skrutkových spojov. [4]

Tab. 4-5 Teplotné limity materiálov [4]

Materiál výplne	Teplotný limit
Špeciálny Kanadský azbest	550°C
PTFE	260°C
Grafit	550°C
Keramika	800°C

Sekcia špirálového vinutia

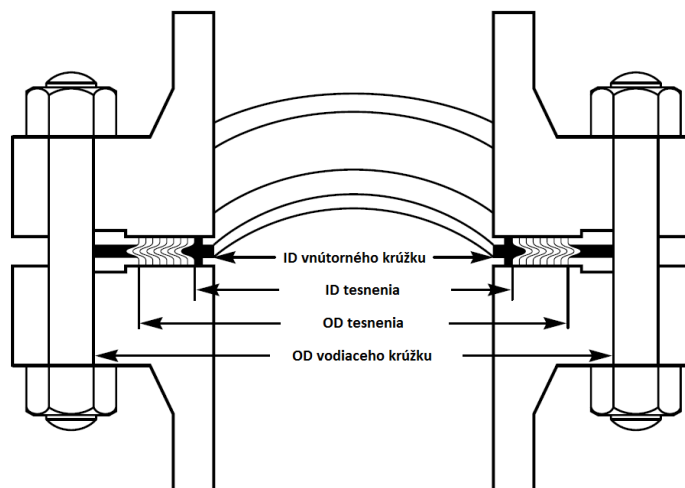
Táto časť tesnenia vytvára tesnenie medzi prírubami. Je vyrobené zo špirálového vinutia, ktoré je vopred pripravený kovový pás, s výplňovým materiálom okolo kovového trňa. Za normálnych okolností sú vonkajšie a vnútorné priemery vystužené niekoľkými ďalšími kovovými závitmi bez výplne. Keď je táto časť stlačená, kombinuje tesniaci účinok kovu vinutia a výplňového materiálu. [4]

Vnútorný kovový krúžok

Jeho úlohou je vymedzenie priestoru tesnenia z vnútornej strany. Tiež pôsobí ako ochrana proti nadmernému stlačeniu špirálového vinutia a tým jeho deformácii a poškodenie jeho funkcie. Vnútorný krúžok tiež vyplňa prstencový priestor medzi otvorom príruby a ID (internal diameter = vnútorný priemer, obdobne OD – outer diameter = vonkajší priemer) sekcie špirálového vinutia a tým minimalizuje turbulencie kvapalín v tomto mieste a zabraňuje erózií prírub. Špirálové vinutie by sa nikdy nemalo dostať do priameho styku s prúdiacou kvapalinou. ID vnútorného krúžku by mal byť v jednej rovine s otvorom príruby, ktorý musí byť skontrolovaný ešte pred zoskrutkovaním prírub. [4]

Vonkajší kovový krúžok

Funguje ako posledná časť tesnenia a tiež ako ochrana proti prasknutiu tesnenia. Takisto centruje tesnenie na plochu príruby. Špirálovo vinuté tesnenie by malo byť vycentrované na príрубе pomocou vonkajšieho krúžku opierajúceho sa o skrutky. Ak tomu tak nie je, bolo zvolené nesprávne tesnenie a musí byť zamenené. [4]



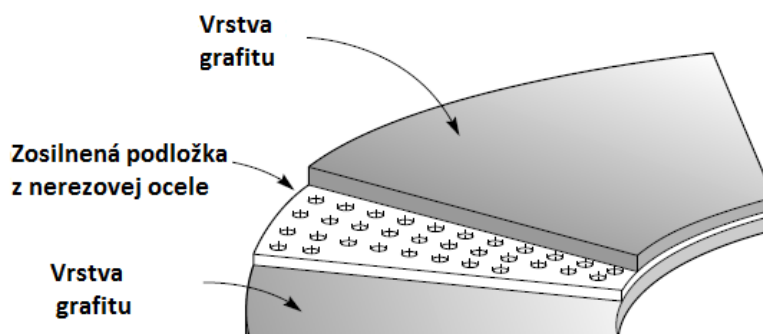
Obr. 4-6 Umiestnenie tesnenia v spoji potrubia [4]

4.4 Doskové tesnenia

Sú určené pre aplikácie s nízkym tlakom. Zvyčajne sa používajú pre RF príruby ako samocentrovacie ploché krúžkové tesnenia ale sú tiež používané pre FF príruby kde je nutné vyplniť tesnením celú plochu príruby. [4]

4.5 Pletené grafitové tesnenia

Tento typ tesnení nahradil používané azbestové tesnenia. Namiesto azbestu obsahuje vložku z nerezovej ocele, ktorá je vložená medzi dvoma vrstvami grafitu. Ak tesnenie nepasuje presne na prírubu, je možné ho upraviť. Tento typ tesnenia je známy ako pletené tesnenie. Tesnenie je nelepivé, najmä na nerezové ocele. Nerezová výstuž zvyšuje pevnosť materiálu v ťahu, nosnosť a manipulačné vlastnosti. To tiež zlepšuje odolnosť voči prasknutiu pri cyklických zaťaženiach. U väčších typov tesnení môžu byť použité dve nerezové vložky pre väčšiu tuhosť a jednoduchšiu manipuláciu. Pracovná teplota je od $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+450\text{ }^{\circ}\text{C}$, vyrába sa ako doska s rozmerom $1 \times 1\text{ m}$ alebo $1 \times 1,5\text{ m}$. Použitie obyčajného grafitového tesnenia sa neodporúča v systémoch s okysličenou morskou vodou. [4]



Obr. 4-7 Zloženie grafitového tesnenia [4]

4.6 Štandardné tesnenia

V štandardných neuhl'ovodíkových sústavách, kde je teplota pod $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v prípade zaslepovacích tesnení, by mala byť použitá vysokokvalitná nitrilová guma obsahujúca zosilnenú vrstvu s nevdychnutelnými sklenými vláknami. [4]

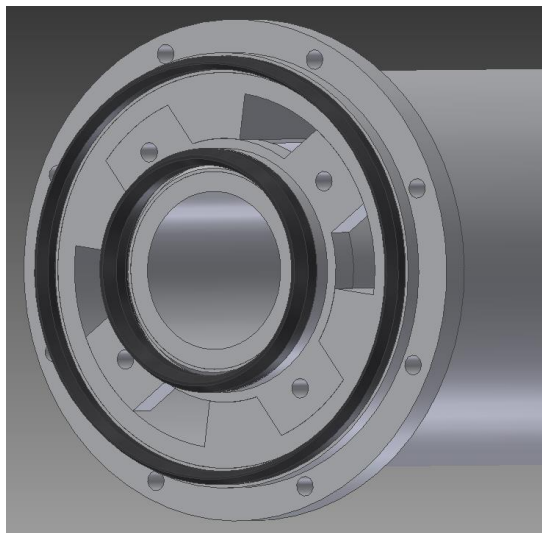
4.7 Ploché gumové tesnenia

Tieto tesnenia sa bežne vyskytujú v najmenej nebezpečných a agresívnych podmienkach, ako je rozvodná sústava vody s nízkym tlakom. Gumové tesnenia majú obmedzené použitie kvôli tepelnej, tlakovej a chemickej odolnosti. Sú tiež náchylné na netesnosť v prípade vystavenia nadmernému zaťaženiu pri skrútkovaní alebo pri opakovanej hydroskúške. Zvyčajne majú plný tvar a sú umiestňované na ploché líca prírub. Z rôznych dostupných druhov gúm sa najčastejšie používa neoprén, z ostatných je to prírodný kaučuk, Viton a Nitril. [4]

4.8 Realizácia utesnenia jednotlivých častí zariadenia

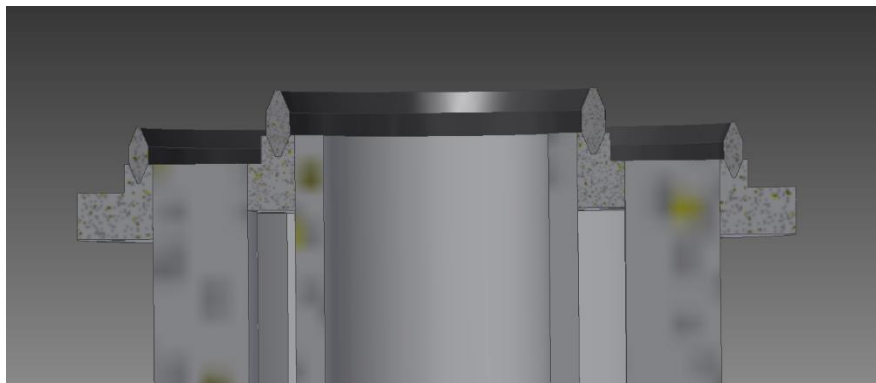
Cieľom predošlej kapitoly bolo oboznámiť s problematikou tesnení používaných k utesneniu potrubí s rôznymi pracovnými látkami, či prevádzkovými teplotami. Každý typ tesnenia má svoje prevádzkové obmedzenia a ich výber sa musí voliť podľa typu použitej príruby. Na zariadení bolo

použitých niekoľko typov tesnení. Pre prepojenie jednotlivých potrubí bolo zvolené prepojenie typu RTJ (Ring Type Joint) preto je nevyhnutné použiť príslušné tesnenie, ktoré zodpovedá tvaru RTJ príruby.



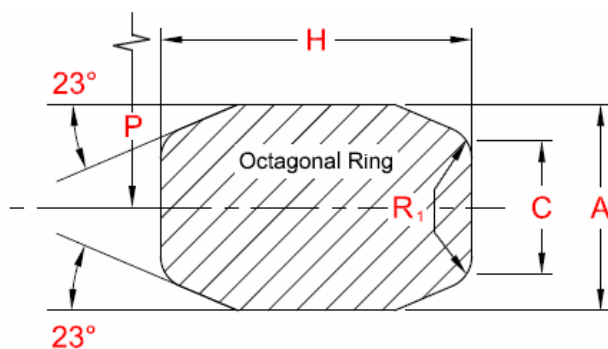
Obr. 4-8 Umiestnenie tesnení v spoji potrubí

Na obe príruby, to je aj na prírubu menšieho aj väčšieho potrubia je použité RTJ tesnenie. Tento druh utesnenia je používaný pre najnáročnejšie aplikácie, v ktorých sa ale používajú kované krúžky. V tomto prípade bude vhodné použiť aj materiál pre štandardné tesnenia, pretože zariadenie nebude vystavené vysokým teplotám ani tlakom. Za týchto predpokladov je možné použiť klasickú nitrilovú gumu, ktorá je aj cenovo dostupnejšia ako kované krúžky.



Obr. 4-9 Tesnenie a spoj v reze

Na obrázku v reze vidno, že je použité tesnenie s osemuholníkovým prierezom, čo je jedna z možností pre použitie RTJ prepojenia a jedná sa o typ R. Pri zoskrutkovaní oboch prírub dôjde k miernej deformácii tesnenia, čo vyvinie ešte lepšiu tesnosť v drážkach. Keďže priemer veľkej príruby je obmedzovaný priemerom kanála v reaktore a tým aj ďalšie priemery potrubí a menšej príruby, a tesnenie musí dokonale priliehať v drážke príruby, je nutné vytvoriť unikátne tesnenie požadovaného tvaru a rozmerov. Tesnenia s normalizovanými rozmermi by do prírub nepasovali. Pre porovnanie sú poskytnuté tabuľky navrhnutých rozmerov (vyznačené) a normalizovaných rozmerov tesnení.

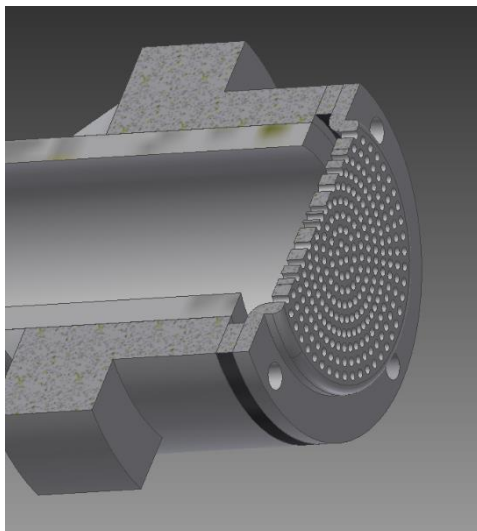


Obr. 4-10 Prierez tesnenia typu R [5]

Tab. 4-6 Rozmery normalizovaných a použitých tesnení [5]

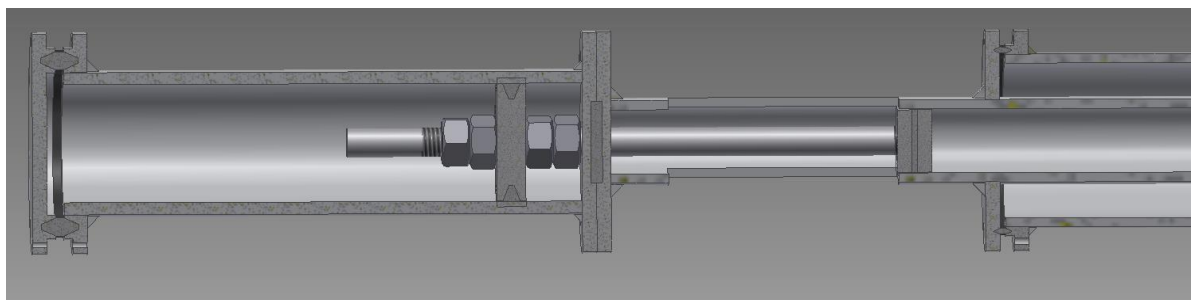
Tesnenie č.	Priemer od osi tesnenia P (mm)	Šírka A (mm)	Výška H (mm)	Šírka C (mm)	Priemer R1 (mm)	Trieda
Malá príruha	33,50	2,50	7,1	0,55	-	-
R-11	34,14	6,35	9,7	4,32	1,5	1/2 300-600
R-17	57,15	7,95	12,7	5,23	1,5	1,1/4 150
Piestna záslepka	58,00	6,00	13,0	1,76	-	-
R-18	60,33	7,95	12,7	5,23	1,5	1,1/4 300-1500
Veľká príruha	63,00	2,00	6,0	0,30	-	-
R-19	65,10	7,95	12,7	5,23	1,5	1,1/2 150

Na poslednej časti menšieho potrubia je privarená príruha, ktorej úlohou je zapadnúť do drážok privarených vo vonkajšom potrubí a tým zaistiť polohu vnútorného potrubia tak, aby sa neotáčalo a aby sa vnútorné potrubie neposunulo až na koncovú záslepku, čo by znemožnilo privod tlaku vzduchu. Na tejto príruhe je primontované sitko, ktoré zabraňuje tomu, aby sa kapsula nedostala z menšieho potrubia von. Cez dierky v sitku prúdi vzduch, ktorý dostane kapsulu naspať do prednej časti.



Obr. 4-10 Zobrazenie koncovej zostavy vnútorného potrubia v reze

Na obrázku je vyobrazená predná časť zariadenia, teda predná záslepka, ktorá uzatvára piestne potrubie, ďalej sa tu nachádza samotný piest, vodiaca príruha pre piestnu tyč, otvor na vkladanie kapsule a nakoniec prechodová príruha, ktorá je jednak privarená na menšom potrubí a jednak je pripevnená k prírubu väčšieho potrubia. Predná záslepka je utesnená rovnako tesnením typu R z nitrilovej gumy. Medzi dvoma časťami vodiacej príruby je vložené kruhové tesnenie s otvorom, cez ktoré vedie piestna tyč, a ktoré zabraňuje prechodu vzduchu z piestneho valca smerom do časti pre vkladanie kapsule. Medzi prechodovou prírubou a prírubou väčšieho potrubia je rovnako tesnenie typu R z nitrilovej gumy. Piestny krúžok, ktorý sa nachádza v piestnom potrubí, je utesnený tesnením typu R zakončené plochou. Medzi piestnymi krúžkami, ktoré sa nachádzajú v priestore pre vkladanie kapsule, je vložené kruhové tesnenie. Pritiahnutím dvoch tesniacich krúžkov k sebe bude tesnenie vytlačené smerom von a tým vytesní priestor medzi krúžkami a potrubím.



Obr. 4-11 Piestna časť v reze

5 NÁVRH NAHRADENIA POUŽITÝCH MATERIÁLOV S NÍZKOU INDUKCIOU AKTIVITY

Táto kapitola je venovaná návrhu a zvoleniu prijateľného materiálu pre jednotlivé časti zariadenia. Zvolené materiály musia spĺňať určité parametre a to hlavne odolnosť proti ionizujúcemu žiareniu, nakoľko toto žiarenie výrazne ovplyvňuje vlastnosti materiálov. Zapríčiňuje ich znehodnotenie a starnutie, čím výrazne zasahuje do správnej činnosti zariadenia.

Vplyv žiarenia na kovy a zliatiny vytvára medzery v mriežke inak dokonalého kryštálu. Tým vzniknú v mriežke dilatácie, ktoré majú za následok zníženie hustoty materiálu a tým vzniká možnosť vniknutia cudzej látky, napríklad vlhkosti. Tá zapríčiňuje koróziu materiálu, ktorá výrazne oslabuje tento materiál. Plastické vlastnosti kovov sú tiež výrazne ovplyvnené. Medzi postihnuté vlastnosti patrí medza sklzu, medza pevnosti v ťahu, ťažnosť, dlhodobé únavové namáhanie, tvrdosť, či odolnosť proti nárazu. Všeobecne platí, že kovy vykazujú zníženie plasticity a tvárnosti ale zvýšenie tvrdosti po ožiarení.

Vplyv žiarenia na polyméry zapríčiňuje tvorbu nových chemických väzieb s ireverzibilnými účinkami. Vo všeobecnosti sa zmeny prejavujú vo vzhľade, chemických a fyzikálnych stavoch a mechanických, elektrických, či tepelných vlastnostiach. Avšak nie všetky vlastnosti polyméru sú ovplyvniteľné rovnakou dávkou žiarenia. Odolnosť voči ožiareniu závisí od chemickej štruktúry materiálu, pretože žiarenie pôsobí na polymér neovplyvňuje celý chemický systém ale často je lokalizovaný iba na konkrétne väzby.

Lepidlá sú tiež pomerne náchylné na poškodenie ožiarení aj keď sú vyrobené na organickej báze. Neutrónové, gama aj beta žiarenie spôsobujú poškodenie úmerné absorbovanej dávke. Účinky žiarenia na lepidlá ovplyvňujú ich pevnosť v šmyku a pevnosť v ťahu.

Z polymérových materiálov patria elastoméry medzi najcitlivejšie na poškodenie ožiarení. Ich vlastnosti v ťahu alebo stlačenie závisí od konfigurácie molekúl s dlhým reťazcom. Poškodenie elastomérov je spôsobené štiepením reťazca a chemickou reakciou s látkami v životnom prostredí, najmä s kyslíkom. Poškodenie z ožiarenia je závislé na teplote a je väčšie na vzduchu ako vo vákuu. Navyše typ a stupeň poškodenia je často závislá na statickom alebo dynamickom zaťažovaní počas ožarovania. Zmeny v zložení a v druhu vytvrdzovania elastoméru môžu významne zmeniť jeho odolnosť voči žiareniu. [9]

5.1 Návrh materiálu potrubia

V tejto podkapitole sú uvedené najčastejšie hliníkové zliatiny používané pre výrobu potrubí s krátkym popisom a tabuľkou s percentuálnym zložením.

5.1.1 Hliníková zliatina EN-AW 6060

Je zliatina strednej pevnosti a tepelne spracovateľná s pevnosťou nižšou ako 6061. Má veľmi dobrú odolnosť proti korózii a veľmi dobrú zvárateľnosť, navyše dobre tváriteľná za studena. Je bežne použiteľná aj pre veľmi zložené profily a má veľmi dobrú reakciu na eloxovanie, čo je chemicko – technologický proces úpravy, pri ktorom vznikne na povrchu chemická vrstva oxidu,

čo zvyšuje odolnosť proti korózii, oteruvzdornosť a celkovú kvalitu povrchu. Používa sa na výrobu rámov okien, dverí, rebríky, chladičové profily, elektronické moduly, prvky stavebných strojov a potrubia na rôzne účely. [10]

5.1.2 Hliníková zliatina EN-AW 6061

Je strednej až vysokej pevnosti a tepelne spracovateľná. Má veľmi dobrú odolnosť proti korózii a veľmi dobrú zvárateľnosť aj keď pevnosť zvaru je nižšia. Má strednú odolnosť proti únave, dobrú tvárnosť za studena a nie je vhodná pre veľmi zložité profily. Je tiež vhodný na eloxovanie. Používa sa zvyčajne pre ťažké nákladné štruktúry ako osobné železničné vozne, rámy kamiónov, stavba lodí, mosty, letecké aplikácie, potrubia, stožiare, či kotly. [11]

5.1.3 Hliníková zliatina EN-AW 6063

Je strednej pevnosti, zvyčajne používaná ako architektonická zliatina. Bežne sa používa v zložitých profiloch. Má dobrú povrchovú úpravu, vysokú odolnosť proti korózii, ľahko sa zvara a tiež je vhodná na eloxovanie. Používa sa na architektonické aplikácie, rôzne profily, okenné rámy, dvere, či zavlažovacie potrubia. [12]

Tab. 5-1 Zloženie vybraných hliníkových zliatin pre potrubia [10] [11] [12]

Prvok	6060 [%]	6061 [%]	6063 [%]
Hliník, Al	97,8	95,8 – 98,6	98,5
Magnézium, Mg	0,35 – 0,6	0,8 – 1,2	0,45 – 0,9
Kremík, Si	0,3 – 0,6	0,4 – 0,8	0,4
Železo, Fe	0,1 – 0,3	0,7	0 – 0,35
Zinok, Zn	0,15	0,25	0 – 0,1
Titán, Ti	0,1	-	0 – 0,1
Meď, Cu	0,1	0,15 – 0,4	0 – 0,1
Chróm, Cr	0,05	0,04 – 0,35	0 – 0,1
Mangán, Mn	0,1	max 0,15	0 – 0,1
Cena (CZK)	176	475,7	501,2
Dĺžka 1830 mm	rúra 32x29 mm	rúra 33x30 mm	rúra 33x30mm

Tab. 5-2 Úprava vybraných hliníkových zliatin [10] [11] [12]

	6060	6061	6063
Zváranie plameňom	Dobré	Dobré	Výborné
Zváranie oblúkom	Veľmi dobré	Veľmi dobré	Výborné
Spájkovanie	Dobré	Dobré	Dobré
Sprac. za studena	Dobré	Dobré	Priemerné
Obrobiteľnosť	Prijateľné	Prijateľné	Priemerné
Eloxovanie	Veľmi dobré	Prijateľné	Prijateľné

5.2 Návrh materiálu prírub

Príruby sa budú vyrábať z tabúl z hliníkových zliatin s hrúbkou 8 mm. Použitá zliatina sa musí rovnako podrobiť prvkovej analýze, mala by mať čo najnižšiu schopnosť indukcie ionizujúceho žiarenia a tiež dobrú obrobiteľnosť, pretože bude určená na zhotovenie prírub.

5.2.1 Hliníková zliatina EN AW-5083

Je strednej pevnosti, veľmi dobre chemicky odolná, nevytvrdzovateľná. Vyznačuje sa veľmi dobrou odolnosťou proti korózii. Zvarené spoje sú takmer rovnako odolné proti korózii. V mäkkom stave je ťažšie obrábatel'ná, no v tvrdšom stave vyhovujúca. Má veľmi dobrú plasticitu v mäkkom stave. Je známa pre vynikajúci výkon v extrémnych podmienkach. Je vysoko odolná proti pôsobeniu morskej vody a priemyselnému chemickému prostrediu. Zliatina tiež zachováva výnimočnú pevnosť po zváraní. Má najvyššiu pevnosť z rady tepelne neošetrených zliatin ale nie je vhodná pre použitie v teplotách nad 65 °C. [13]

5.2.2 Hliníková zliatina EN-AW 2017

Je dobre trieskovo obrábatel'ná so strednou pevnosťou, málo chemicky odolná, náchylná na tvorbu trhlín pri zváraní, senzitivna k medzikryštalickej korózii. Tvárnosť je znížená vo vytvrdenom stave, dobrá za tepla a vyhovujúca po žíhaní alebo kalení. Zvýšenie jej pevnosti sa docieli vytvrdením za studena. Používa sa ako materiál pre výrobu súčiastok a konštrukčných prvkov dopravných prostriedkov, zvlášť skrutkovaných konštrukcií, lopatky chladiacich ventilátorov, či listy vrtule. [13]

5.2.3 Hliníková zliatina EN AW-5754

Je dobre leštiteľný, stredne pevný, s veľmi dobrou odolnosťou proti korózii, tropickým podmienkam a morskej vode. Charakterizuje ho veľmi dobrá chemická odolnosť. Je veľmi dobre zvariteľný všetkými spôsobmi, pričom zvarené spoje sú korózne odolné takmer rovnako ako základný materiál. Obrobiteľnosť reznými nástrojmi v mäkkom stave je nevyhovujúca, no v tvrdšom stave je vyhovujúca. Plasticita v mäkkom stave je veľmi dobrá, v polotvrdom je vyhovujúca. Používa sa na stredne namáhané konštrukcie, ktoré musia odolávať proti korózii. Využíva sa v potravinárskom a chemickom priemysle, ako konštrukčný materiál dopravných prostriedkov, vo vonkajšej či vnútornej architektúre. Typické použitie je vo výrobe potrubí, nádob na tekutiny, nosné konštrukcie. [13]

Tab. 5-3 Zloženie vybraných hliníkových zliatin pre príruby [14] [15] [16]

Prvok	5083 [%]	2017 [%]	5754 [%]
Hliník, Al	93,2	91,5 – 95,5	95,8
Magnézium, Mg	4,4 – 4,9	0,4 – 0,8	2,6 – 3,2
Kremík, Si	max 0,4	0,2 – 0,8	0,4
Železo, Fe	max 0,4	max 0,7	0,4
Zinok, Zn	max 0,25	0,15	-
Titán, Ti	max 0,15	0,1	-
Meď, Cu	max 0,1	0,15 – 0,4	-
Chróm, Cr	0,05 – 0,25	0,1	-
Mangán, Mn	0,4 – 1	0,4 – 1	0,5

5.3 Prvková analýza

Pri výbere správneho materiálu, ktorý je najvhodnejší pre použitie do prostredia aktívnej zóny, bolo potrebné vypočítať polčasy rozpadu jednotlivých izotopov.

Najprv bola vykonaná analýza obsahu jednotlivých zliatin a určenie prímеси obsiahnuté v zliatine. Prvky sú uvedené v tabuľke Tab. 5-3. Zvolené zliatiny obsahujú autentické prvky ale odlišujú sa v percentuálnom zastúpení. Podľa príslušnej databázy [17] boli každému prvku, obsiahnutom v zliatine, priradené stabilné izotopy aj s informáciou o percentuálnom zastúpení v prírodnej zmesi. Zariadenie bude určené pre aplikáciu v jadrových reaktoroch, v ktorých v najväčšom počte prebiehajú reakcie s tepelnými neutrónmi a reakcie s rýchlymi neutrónmi. To znamená, že pre tieto izotopy budú popísané len vybrané reakcie. V prípade pomalých tepelných neutrónov sa jedná len o jednu reakciu a to o radiačný záchyt neutrónov – absorpciu. Je to proces, pri ktorom neutrón vnikne do reakcie a z reakcie sa uvoľní gama žiarenie, označuje sa (n, gama). Táto reakcia má za následok zmenšenie nukleónového čísla o 1 pri zachovaní rovnakého protónového čísla. Tým vznikne nový izotop, pre ktorý sa odčíta z tabuliek polčas rozpadu. Predpokladá sa, že do desiatich polčasov rozpadu, v niektorých prípadoch aj skôr, aktivita výrazne poklesne. Tabuľka pre izotopy vybraných prvkov je vypracovaná v Príloha A.

Rovnaký je postup je zvolený aj pri počítaní polčasu rozpadu po reakcii s rýchlymi neutrónmi, akurát v tomto prípade prebiehajú viaceré reakcie a pre každý izotop sa počítajú zvlášť. V úvode boli brané nasledujúce reakcie:

- Vniknutie neutrónu, uvoľnenie protónu (n, p) – protónové číslo sa zmenší o 1, nukleónové číslo sa nemení, Príloha B
- Vniknutie neutrónu, uvoľnenie alfa žiarenia (n, α) – protónové číslo sa zmenší o 2, nukleónové číslo sa zmenší o 3, Príloha C
- Vniknutie neutrónu, uvoľnenie dvoch neutrónov ($n, 2n$) – protónové číslo sa nemení, nukleónové číslo sa zmenší o 1, Príloha D

V poslednej fáze boli doplnené informácie o účinnom priereze reakcií, ktoré vyjadrujú pravdepodobnosť vzniku reakcie. Tieto informácie boli doplnené z [18]. Izotopy materiálu, ktoré majú účinný priemer rádovo jednotky barnov a menej, je možné použiť v reaktoroch s nízkym výkonom.

Barn (zn. b) je jednotka účinného prierezu. V sústave SI má význam plochy. Vyjadruje mieru pravdepodobnosti, že dôjde k interakcii medzi jadrom nachádzajúcim sa v poli s veľkosťou 1 barn a kolmo dopadajúcim neutrónom, ktorý túto plochu zasiahne. $1 \text{ barn} = 10^{-28} \text{ m}^2$. [19]

Na základe doposiaľ zhromaždených údajov je možné vybrať materiál pre zhotovenie potrubí a tiež prírub. Je potrebné zhodnotiť ktorý prvok má aký prínos pre konkrétnu zliatinu a zhodnotiť jeho použitie na základe trvania polčasu rozpadu.

Meď – zvyšuje pevnosť vytvrdením, je však znížená odolnosť proti korózii. Meď rozširuje interval tuhnutia, preto môže dôjsť k vzniku riedín a trhlín za tepla, no prispieva k obrobitelnosti.

Horčík – zvyšuje pevnosť vytvrdením. So zvyšujúcim množstvom horčíka v zliatine sa zvyšuje pevnosť. Znižuje však tvárnosť, ale neznižuje odolnosť proti korózii.

Chrómov – zvyšuje žiarupevnosť a odstraňuje nežiadúci účinok železa a prispieva k transformácii ihlicovitej železnej fázy na menej škodlivú fázu.

Mangán – zvyšuje odolnosť proti korózii, zvyšuje pevnosť, zjemňuje zrno a kompenzuje nepriaznivý účinok železa. Vďaka jeho účinku sa železo vylučuje vo forme kompaktnejších zlúčenín v kastrovitom tvare.

Železo – tvorí bežnú nečistotu v zliatinách. Väčšinou je cieľom ho zo zliatiny odstrániť, pretože má nepriaznivý vplyv na pevnostné a plastické vlastnosti a súčasne znižuje odolnosť proti korózii. Všeobecne sa považuje za škodlivý prvok, ktorý vytvára tvrdé a krehké intermetalické zlúčeniny. [20]

5.4 Voľba materiálu potrubí a prírub

Pri zohľadnení zloženia hliníkových zliatin triedy 6xxx (AlSiMg), teda zliatiny 6060, 6061 a 6063, a tiež triedy 5xxx a 2xxx, teda AlCu4Mg (Dural) a pri porovnaní obsadenia jednotlivých prvkov v materiáloch sa javí zliatina EN AW-6063 vlastnosťami a prvkami ako najvhodnejšia pre výrobu potrubí zariadenia. Obsahuje takmer najvyšší podiel čistého hliníka, má dobrú povrchovú úpravu, je veľmi dobre zvárateľná. Obsahuje horčík, ktorý zvyšuje jej pevnosť, má takmer najnižší podiel železa a tiež má najnižší obsah prvkov s najdlhším polčasom rozpadu. Pri absorpcii je to mangán (max 0,1%), meď (max 0,1%), zinok (max 0,1%) navyše s nízkym účinným prierezom reakcie, železo (max 0,35%), kremík (0,4%) s nízkym účinným prierezom reakcie. Z dôvodu nízkeho obsahu mangánu má tento materiál horšiu obrobitelnosť ale pre zhotovenie potrubí je vyhovujúci aj vďaka dobrej zvariteľnosti.

Pri výbere materiálu vhodného pre zhotovenie prírub a ostatných častí zariadenia je vhodné použiť Dural s označením EN AW-2017 s pomerne vysokým obsahom hliníka, nízkym obsahom mangánu a s vyhovujúcou tvárnosťou po žíhaní alebo kalení. Nedostatkom tejto zliatiny je zložitejšie zváranie a to zváranie trením alebo elektrónolúčovým zváraním.

5.5 Voľba materiálu tesnení

V predošlej kapitole bola zmienka o použití nitrilovej gummy ako tesniaceho materiálu. Je tiež známa ako Buna-N, Perbunan alebo NBR. Patrí do skupiny nenasýtených kopolymérov. Aj keď jej fyzikálne a chemické vlastnosti sa menia v závislosti od zloženia polyméru v nitrile, táto forma syntetického kaučuku je vo všeobecnosti odolná proti oleju, kyselinám, pohonným hmotám a ďalším chemickým látkam. Platí, že čím viac nitrilu sa nachádza v polyméry, tým vyššia je odolnosť proti olejom ale nižšia pružnosť materiálu. Je odolnejší ako prírodný kaučuk. Používa sa v jadrovom priemysle na výrobu nelatexových jednorazových rukavíc, automobilové prevodové remene, hadice, O krúžky, tesnenia, guferá, klinové remene, syntetická koža, valce tlačiarňí, či káblové plášte. NBR latex môže byť tiež použitý pre prípravu lepidiel. Pri tomto materiály nie je potrebné sa zaoberať polčasom rozpadu, pretože je predvídateľné, že je oveľa kratší ako v prípade prvkov hliníkových zliatin. [21]

6 ANALÝZA MOŽNOSTI PREDĹŽENIA TRANSPORTU , MERANIA RÝCHLOSTI , OPTIMALIZÁCIA RÝCHLOSTI

Posledná časť je venovaná možným vylepšeniam a príslušenstvu zariadenia, ktoré by prispievali k všestrannejšiemu využitiu. Pod týmto pojmom je možné si predstaviť použitie v reaktore, ktorého vzdialenosť začiatku kanála od zdroja vyžarovania je väčšia ako je pôvodná dĺžka zariadenia. Medzi prídavné funkcie zariadenia by malo patriť zariadenie na meranie rýchlosti pohybu vzorky vnútri potrubia aby bolo možné určiť dobu transportu vzorky z konca zariadenia v aktívnej zóne až po piestnu časť. Toto opatrenie by prispelo k presnejšiemu určeniu polčasu rozpadu testovanej vzorky, pretože by sa určil čas, kedy vzorka opustila aktívnu zónu. Aby sa pri zavážaní predišlo zničeniu zavážanej kapsule, je potrebné sa vyvarovať tvrdým nárazom kapsule o pevné časti zariadenia, hlavne pri zavážaní kapsule do aktívnej zóny. Prípadne je nutné optimalizovať rýchlosť zavážania vzorky pomocou tlaku vzduchu tak, aby pri náraze nedošlo k zničeniu kapsuly. Pri transporte kapsule v smere od aktívnej zóny k piestnej časti by bolo teoreticky možné vložiť penový nárazový tlmič, ktorý zabránil stretu kapsule s piestom a tým by sa predchádzalo jej poškodeniu.

6.1 Predĺženie prenášanej vzdialenosti

Aby bolo zariadenie použiteľné pre rôzne typy reaktorov, ktoré sa líšia vzdialenosťou otvoru kanála od zdroja žiarenia, je potrebné prispôbiť zariadenie tak, aby bolo schopné dopraviť testovanú látku čo najbližšie k zdroju. To je možné docieľiť predĺžením zariadenia, s čím by bola spojená aj zmena tlaku vzduchu vstupujúceho do zariadenia pre zachovanie určitej rýchlosti transportu. Realizácia predĺženia zariadenia by spočívala vo vložení ďalších medzikusov medzi prvú a poslednú časť zariadenia podľa potreby. Bolo by možné zhotoviť väčšie množstvo medzikusov s rôznymi dĺžkami aby bolo možné sa priblížiť čo najbližšie k zdroju vyžarovania. To by však zvýšilo celkové náklady na výrobu. V prípade napojenia ďalších predĺžovacích častí by bolo najprv vhodné otestovať, či nedôjde k porušeniu konštrukcie vplyvom hmotnosti zariadenia.

6.2 Meranie rýchlosti vzorky

Z dôvodu presnejšieho určenia polčasu rozpadu testovanej látky by bolo prínosné vybaviť zariadenie systémom merania rýchlosti transportu vzorky. Dôležitý je čas, za ktorý sa vzorka dostane z aktívnej zóny k meraciemu prístroju, pretože premena prvkov začne v okamihu kedy vzorka opustí aktívnu zónu. Pre zložitejšiu aplikáciu by mohlo teoreticky zariadenie na meranie rýchlosti nepriamo spolupracovať s ventilom prívodu vzduchu a pri rýchlom zavážaní prevažne ťažších vzoriek pribrzdiť kapsulu so vzorkou na konci zariadenia tak, že by ventil vpustil malé množstvo vzduchu proti pohybu vzorky aby nedošlo k zničeniu kapsule. V skutočnosti však nie je

dôvod aby vzorka putovala do aktívnej zóny vysokou rýchlosťou. Dôležitejšia je rýchlosť pri privádzaní vzorky v opačnom smere.

6.2.1 Anemometer

Je nástroj, ktorý spoľahlivo dokáže merať rýchlosť prúdenia vzduchu, alebo objem prúdiaceho vzduchu. Niektoré druhy používajú rotujúce lopatky, ktoré merajú rýchlosť vzduchu na základe rýchlosti otáčok. Iné využívajú tzv. horúce hroty alebo termistory, ktoré porovnávajú malé zmeny odporu a vyhodnotia ho ako rýchlosť prúdenia vzduchu. [22]

6.2.2 Kanálové čidlo rýchlosti vzduchu

Meria rýchlosť prúdenia vzduchu vo vzduchotechnických kanáloch. Výstupné napätie je signál priamo úmerný rýchlosti prúdenia. Používa sa na snímanie prúdenia vzduchu v zariadeniach s premenným prietokom, regulácie množstva vzduchu, alebo ako bezpečnostný prvok zvlhčovačov a elektro ohrevov. [23]



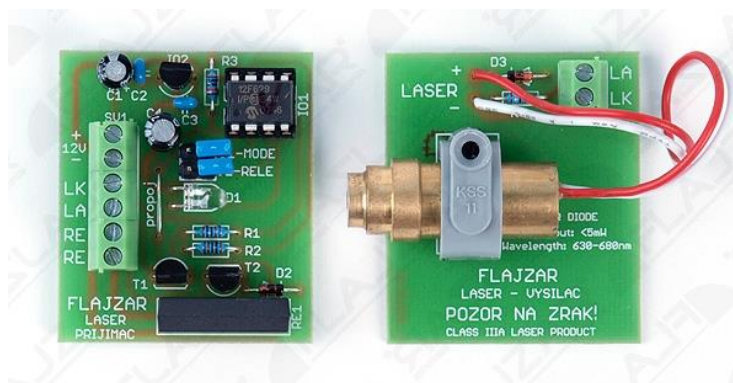
Obr. 6-1 Kanálové čidlo vzduchu [23]

Čidlá obidvoch uvedených prístrojov by museli byť umiestené v priestore medzi vonkajším a vnútorným potrubím. Predlžovacie prvky by museli byť na vstupe do potrubia vybavené tesnením, aby neovplyvnili vzduchotesnosť zariadenia. Obdobné meracie prietokové zariadenie by mohlo byť umiestené na privodnej hadici.

Použitie týchto druhov meračov by slúžilo k orientačnej hodnote rýchlosti, pretože doba prúdenia vzduchu by bola veľmi krátka a je otázne, či by zariadenie stihlo vyhodnotiť situáciu. V skutočnosti by sa nameraná rýchlosť iba približovala skutočnej rýchlosti, ktorou by sa vzorka pohybovala, pretože tá má svoju hmotnosť a rýchlosť jej pohybu by bola určite menšia ako rýchlosť prúdenia vzduchu.

6.2.3 Laserová závora

K najpresnejšej metóde merania priamo rýchlosti vzorky by bolo použitie laserovej závory. Vtedy by bolo potrebné umiestniť laser aj fotodiódu dovnútra menšieho potrubia. Princípiálne, pri prelete vzorky cez laserovú závoru sa preruší svetlo dopadajúce na fotočlánok. Potom pomer dĺžky testovacej kapsuly ku dobe prerušenia svetelného signálu je rovná rýchlosti preletu testovacej kapsuly v tomto úseku. Zariadenie by muselo byť opatrené vhodným umiestnením a tienením aby sa predišlo disfunkcii spôsobenej ionizujúcim žiarením.



Obr. 6-2 Laserová závora [24]

6.3 Optimalizácia rýchlosti transportu

Aby bol dosiahnutý čo najmenší možný čas transportu vzorky z aktívnej zóny k prednej časti zariadenia, je potrebné pracovať s príslušným tlakom vzduchu, ktorý by dodal kapsuly potrebnú rýchlosť. Treba však brať ohľad na to, že kapsula je vyrobená z plastu a je dutá. To znamená, že pri silnejšom zaobchádzaní by mohlo dôjsť k rozbitiu kapsule či už pri zavážaní o sitko na konci zariadenia alebo pri návrate vzorky z aktívnej zóny by sa mohla rozbiť o zavážací piest. Preto je potrebné regulovať rýchlosť transportu vzorky pomocou regulácie tlaku vzduchu privedeného do zariadenia. Bolo by potrebné tiež použiť prívod vzduchu, na ktorom by bolo možné ešte pred vpustením vzduchu do zariadenia sledovať pod akým tlakom bude uvoľnený.

7 ZÁVER

Úlohou tejto bakalárske práce bolo navrhnúť zmeny a optimalizácie zaväzacieho zariadenia. Medzi navrhované zmeny patrí nový spôsob prepojenia jednotlivých častí zariadenia, voľba tesniacich prvkov vhodného tvaru a tiež materiály, ktoré by sa na jednotlivé časti zariadenia mohli použiť pri zachovaní nízkej schopnosti indukcie aktivity. Model zariadenia bol pred aplikáciou optimalizácií v podobe hrubého náčrtu, kde sa ešte nenachádzali niektoré dôležité prvky ako prepojovacie prvky vnútorných potrubí, či tesniace prvky alebo vhodne prevedená zadná časť zariadenia.

Práca obsahuje uvedenie do problematiky návrhu spojovacích prvkov potrubí, ich rozdelenie, vlastnosti a použitie. V prípade zaväzacieho zariadenia bolo potrebné navrhnúť spoje potrubí tak, aby bolo možné spojiť aj vnútorné potrubia, ku ktorým je obmedzený prístup. Na základe kritéria, že zariadenie musí byť kvôli možnému transportu rozoberateľné, bolo vybrané rozoberateľné prírubové spojenie prstencového typu (RTJ – Ring Type Joint), ktoré vyniká svojou tesnosťou spomedzi ostatné typy. Tento typ spojenia by bol použitý aj na vnútorné potrubie. Z dôvodu obmedzení spôsobenými nedostatočným priestorom medzi otvorom potrubia a priemerom veľkej príruby, budú musieť byť vytvorené príruby s unikátnymi rozmermi. Aby sa predišlo nekontrolovanému pohybu vnútorného potrubia vnútri vonkajšieho, boli oba konce vnútorného potrubia vybavené vystred'ovacím krížom, ktorý sa zasúva do drážok vonkajšieho potrubia. Kvôli vybaveniu vnútorného potrubia týmto krížom bol zmenšený priemer potrubia, čo však nie je brané ako negatívum, pretože sa priblíži k priemeru kapsule, čo vylepší účinnosť pri transporte stlačeným vzduchom.

Pri voľbe správnych tesniacich prvkov je potrebné zohľadňovať rôzne aspekty použitia. Problematika voľby tesniacich prvkov je tiež v práci obsiahnutá. Zameriava sa na vplyvy pracovnej látky, či prostredia, v ktorom sa nachádza. Pri výbere tvaru tesnenia je potrebné vychádzať z použitého spojovacieho prvku, teda príruby, aby tesnenie účinne tesnilo. Bolo zvolené RTJ tesnenie typu R. Jedná sa o prstencové tesnenie s prierezom osemuholníka. Nemohli byť použité tesnenia s normalizovanými rozmermi, pretože musia byť prispôbené tvaru a rozmerom prírub. Rozmery použitých a normalizovaných tesnení sú uvedené v Tab. 4-6. Pre rôzne časti je potrebné použiť rozmerovo a tvarovo rôzne tesnenia, iné sú použité v pieste ako v prírubách, či na koncovom sitku.

Pri voľbe vhodných materiálov je potrebné brať do úvahy dôležitý aspekt a to, že zariadenie sa bude umiestňovať do aktívnej zóny reaktoru. Preto boli vybrané niektoré jednoducho dostupné zliatiny hliníka, ktoré by mohli vyhovovať požiadavkám použitia. Samozrejme, bolo potrebné výber správnych materiálov podložiť analýzou. Preto boli vytvorené tabuľky reakcií na pomalé tepelné neutróny (reakcia n,γ) a rýchle neutróny (n,p), (n,α), ($n,2n$). V reaktore sa najviac vyskytujú reakcie pomalých tepelných neutrónov. V tabuľke sú uvedené polčasy rozpadu jednotlivých izotopov obsiahnutých v prvkoch tvoriace hliníkové zliatiny. Podľa pravidla, ktoré vyjadruje, že po desiatich polčasoch rozpadu aktivita izotopu výrazne klesne, bola vypočítaná doba desiatich polčasov rozpadu. Podľa tabuľky pre reakciu s pomalými tepelnými neutrónmi je možné konštatovať, že prvky obsahujúce mangán vo vyššom množstve je vhodné použiť iba v prípade, že

by zariadenie po experimente mohlo byť uložené po dobu viac, ako 26 hodín na mieste, kde by sa aktivita postupne znižovala. Za povšimnutie určite stojí aj polčas rozpadu zinku preto by bolo vhodnejšie, keby sa v použitom materiály nenachádzal. Pri pohľade na tabuľky pre reakciu s rýchlymi neutrónmi, ktoré sú rozdelené podľa typu reakcie, opäť je možné pozorovať, že najdlhší polčas rozpadu majú mangán, meď a zinok. Za povšimnutie však stojí aj kremík, ktorý však nemá až také veľké percentuálne zastúpenie v zliatinách. V kapitole 5.3 sa nachádzajú informácie aký vplyv majú jednotlivé prvky na zliatinu. Vylúčenie mangánu zo zliatiny znamená zníženie odolnosti proti korózii a zníženie tváriteľnosti materiálu. No aj napriek tomu je možné zvoliť pre konštrukciu potrubí hliníkovú zliatinu 6063 zo skupiny silumínov, ktorá má výbornú odolnosť proti korózii, ľahko sa zvára a je vhodná tiež na eloxovanie. Navyše má nízku schopnosť indukcie aktivity. Je potrebné však tiež zvážiť cenu týchto materiálov. Podľa tabuľky Tab. 5-1 je možné zistiť, že zliatina EN AW-6060 má niekoľkonásobne nižšiu cenu ako ostatné dve zliatiny a jej obsah prvkov nie je až taký odlišný. Ak by sa rozhodovalo z ekonomického hľadiska, tak je vhodnejšie voliť práve túto zliatinu. Pre zhotovenie prírub a častí piestu je vhodné použiť duralovú hliníkovú zliatinu 2017, ktorá má ale vyšší obsah mangánu a tým ma aj lepšiu tváriteľnosť a je lepšia na spracovanie. Pre zliatiny navrhnuté na výrobu ostatných častí zariadenia nebolo možné získať ceny. Za predpokladu, že polyméry majú nižšiu schopnosť indukovať aktivitu je vhodné pre zhotovenie tesnení použiť nitrilovú gumu, ktorá je chemicky odolná aj proti kyselinám a tiež sa využíva na výrobu ochranných prostriedkov v jadrovom priemysle.

Pre všestrannejšiu aplikáciu záväžacieho zariadenia by bolo vhodné vyrobiť ďalšie predlžovacie diely, ktoré by sa vkladali medzi prvú a poslednú časť zariadenia. Pod pojmom všestrannejšia aplikácia sa rozumie použitie v reaktoroch, ktorých zdroj žiarenia je vo väčšej vzdialenosti ako je cca 3 metre. Ďalšou súčasťou zariadenia, ktorá by pomohla k testovaniu látky, je zariadenie na meranie rýchlosti pohybu vzorky. Ideálne by bolo aplikovať laserovú závoru do vnútorného potrubia, pomocou ktorej by sa dala určiť doba transportu vzorky z konca zariadenia na začiatok. Pre reguláciu rýchlosti vzorky by bolo nápomocné regulovať tlak vzduchu prúdiaceho do zariadenia. Toto by bolo možné pomocou malej tlakovej nádoby s tlakomerom.

V práci boli uvedené návrhy riešení prepojenia potrubí, konštrukčné riešenie zakončenia vnútorného potrubia, návrh tesniacich prvkov a tiež boli zvolené vhodné materiály pre použitie v podmienkach aktívnej zóny reaktora. Nasledovné kroky k realizácii záväžacieho zariadenia by viedli k vytvoreniu technickej dokumentácie podľa zhotoveného modelu a následnému skonštruovaniu.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] HAVLÍK, J., SZLACHTA, T.: Základy strojnictví I. Ostrava: VŠB – TU 2003, 2. vydání
- [2] POTRUBIA A ARMATURY. [Http://aladin.elf.stuba.sk/](http://aladin.elf.stuba.sk/) [online]. 2006 [cit. 2014-05-26].
Dostupné z:
http://aladin.elf.stuba.sk/Katedry/KMECH/slovakversion/Predmety/ELEKTRARNE_I/prednasky/prednaska6/prednaska6.htm#ak
- [3] Stavba a provoz strojů 1 - Potrubí a armatury: Distanční text. [Http://www.spssol.cz/](http://www.spssol.cz/) [online]. 2008 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.spssol.cz/~vyuka/PREDMETY/SPS/potrubi_a_armatury.pdf
- [4] NAYYAR, Mohinder L. Piping handbook. 7th ed. New York: McGraw-Hill, c2000, 1 v. (various pagings). Series in mechanical engineering (McGraw-Hill). ISBN 00-704-7106-1.
- [5] Dimensions & Tolerances Type R Ring Gaskets ASME B16.20 to be used with RTJ flanges ASME B16.5 & B16.47 series A. [Http://www.wermac.org/](http://www.wermac.org/) [online]. 2008 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://www.wermac.org/gaskets/dim_gaskets_r_rtj.html
- [6] KVT GmbH Kirchzarten: Gewinde DIN 11851. KVT GmbH Kirchzarten [online]. 2006 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.k-vt.de/din118510.html?&L=0>
- [7] File: Verschraubung 4072.jpg. [Http://commons.wikimedia.org/](http://commons.wikimedia.org/) [online]. 2007 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/Verschraubung_4072.jpg
- [8] Bayonet lampholders = Douilles à baïonnette. Ed. 3.1. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2011. ISBN 978-288-9126-088.
- [9] NUCLEAR AND SPACE RADIATION EFFECTS ON MATERIAL. [Http://www.barringer1.com/](http://www.barringer1.com/) [online]. 1970 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.barringer1.com/mil_files/NASA-SP-8053.pdf
- [10] Aluminium Alloy - Commercial Alloy - 6060 - T6 Extrusions. [Http://www.aalco.co.uk/](http://www.aalco.co.uk/) [online]. 2014 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.aalco.co.uk/datasheets/Aluminium-Alloy-6060-T5--Extrusions_144.ashx
- [11] Aluminium Alloy - Commercial Alloy - 6061 - T6 Extrusions. [Http://www.aalco.co.uk/](http://www.aalco.co.uk/) [online]. 2014 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.aalco.co.uk/datasheets/Aluminium-Alloy-6061-T6-Extrusions_145.ashx
- [12] Aluminium Alloy - Commercial Alloy - 6063 - '0' Extrusions. [Http://www.aalco.co.uk/](http://www.aalco.co.uk/) [online]. 2014 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.aalco.co.uk/datasheets/Aluminium-Alloy-6063-0-Extrusions_160.ashx
- [13] HLINÍKOVÉ PLECHY A PÁSY. [Http://www.alfun.cz/](http://www.alfun.cz/) [online]. 2014 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/sortiment/hlinik/plechy-a-pasy>
- [14] Aluminium Alloys - Aluminium 5754 Properties, Fabrication and Applications, Supplier Data by Aalco. [Http://www.azom.com/](http://www.azom.com/) [online]. 2005 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2806>
- [15] Aluminium Alloys - Aluminium 5083 Properties, Fabrication and Applications, Supplier Data by Aalco. [Http://www.azom.com/](http://www.azom.com/) [online]. 2005 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2804>

-
- [16] Aluminum 2017 Alloy (UNS A92017). [Http://www.azom.com/](http://www.azom.com/) [online]. 2013 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=8721>
- [17] WWW Table of Radioactive Isotopes: Nuclide search. Decay data search [online]. 1999 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/nucSearch.asp>
- [18] THERMAL NEUTRON CAPTURE CROSS SECTIONS RESONANCE INTEGRALS AND G-FACTORS. I N D C INTERNATIONAL NUCLEAR DATA COMMITTEE [online]. 2003 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://cds.cern.ch/record/747981/files/34020739.pdf>
- [19] Reaktorová fyzika I: Neutronové účinné průřezy [online]. ČVUT, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Praha, [cit. 2014-05-26].
- [20] BOLIBRUCHOVÁ, Dana., TILLOVÁ, Eva.. Zlievarenské Zlatiny Al – Si. 2005, Žilinská univerzita, Žilina. ISBN 80-8070-485-6.
- [21] Rubber Selection - A Guide to Outline Properties. [Http://www.merl-ltd.co.uk/](http://www.merl-ltd.co.uk/) [online]. 2014 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: http://www.merl-ltd.co.uk/2003_materials/rubber12.shtml#nbr
- [22] HVAC ASSESSMENT HANDBOOK. [Http://www.tsi.com/](http://www.tsi.com/) [online]. 2013 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: http://www.tsi.com/uploadedFiles/_Site_Root/Products/Literature/Handbooks/2980245C-HVAC-Handbook-2013-web.pdf
- [23] Kanálové čidlo rychlosti vzduchu. Domat control system [online]. 2006 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: http://domat-int.com/wp-content/uploads/domat_klgf1_cz.pdf
- [24] Laserová závora - venkovní provedení. [Http://www.flajzar.cz/](http://www.flajzar.cz/) [online]. 2013 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: http://www.flajzar.cz/data/images/649_0.jpg

PRÍLOHY

Príloha A - Reakcia typu n, gama

Prvok	Stabilný izotop (Obsah v prírodnej zmesi)	Vzniknutý izotop	Polčas rozpadu	10x polčas rozpadu	Povaha rozpadu	Gama žiarenie		Účinný prierez reakcie
						E γ [keV]	I γ [%]	
Al	Al-27 (100%)	Al-28	2,24 min	22,4 min	β^-	1778,969	100	231 $\pm$ 3*
Mg	Mg-24 (79%)	Mg-25	-	-	-	-	-	53,6 $\pm$ 1,5*
	Mg-25 (10%)	Mg-26	-	-	-	-	-	200 $\pm$ 5*
	Mg-26 (11%)	Mg-27	9,458 min	1 h 35 min	β^-	843,74	71,8	38,6 $\pm$ 6*
Si	Si-28 (92%)	Si-29	-	-	-	-	-	177 $\pm$ 5*
	Si-29 (4,67%)	Si-30	-	-	-	-	-	119 $\pm$ 3*
	Si-30 (3,1%)	Si-31	2 h 37 min	26 h 13 min	β^-	1266,12	0,07	107 $\pm$ 2*
Fe	Fe-54 (5,8%)	Fe-55	2,73 r	27 r 110 d	ϵ	125,95	1,3E-7	2,25 $\pm$ 0,18
	Fe-56 (92%)	Fe-57	-	-	-	-	-	2,59 $\pm$ 0,14
	Fe-57 (2,2%)	Fe-58	-	-	-	-	-	2,48 $\pm$ 0,30
	Fe-58 (0,3%)	Fe-59	44 d 12 h	1 r 80 d	β^-	1099,251	56,5	1,30 $\pm$ 0,03
Zn	Zn-64 (48,6%)	Zn-65	244 d 6 h	6 r 253 d	$\epsilon + \beta^+$	1115,546	50,6	1,1 $\pm$ 0,1
	Zn-66 (27,9%)	Zn-67	-	-	-	-	-	0,62 $\pm$ 0,06
	Zn-67 (4,1%)	Zn-68	-	-	-	-	-	9,5 $\pm$ 1,4
	Zn-68 (18,8%)	Zn-69	56,4 min	9 hod 24 min	β^-	318,71	0,0012	0,072 $\pm$ 0,004
	Zn-68 (18,8%)	Zn-69 ^m	13,76 h	5 d 17 h 36 min	IT, β^-	438,63	94,77	-
Ti	Ti-46 (8%)	Ti-47	-	-	-	-	-	0,59 $\pm$ 0,18
	Ti-47 (7,3%)	Ti-48	-	-	-	-	-	1,52 $\pm$ 0,11
	Ti-48 (73,8%)	Ti-49	-	-	-	-	-	7,88 $\pm$ 0,25
	Ti-49 (5,5%)	Ti-50	-	-	-	-	-	1,79 $\pm$ 0,12
	Ti-50 (5,4%)	Ti-51	5,76 min	57,6 min	β^-	320,0824	93	0,179 $\pm$ 0,003
Cu	Cu-63 (69%)	Cu-64	12 h 42 min	5 d 7 h	$\epsilon + \beta^+, \beta^-$	1345,84	0,473	4,52 $\pm$ 0,02
Cu	Cu-65 (30,8%)	Cu-66	5,12 min	51,2 min	β^-	1039,231	9	2,17 $\pm$ 0,03
Cr	Cr-52 (83,8%)	Cr-53	-	-	-	-	-	0,76 $\pm$ 0,06
	Cr-53 (9,5%)	Cr-54	-	-	-	-	-	18,2 $\pm$ 1,5
	Cr-54 (2,37%)	Cr-55	3,497 min	34 min 58 s	β^-	1528,3	0,037	-
Mn	Mn-55 (100%)	Mn-56	2 h 35 min	25 h 47 min	β^-	846,771	98,9	13,36 $\pm$ 0,05

(*) – množstvo vyjadrené v milibarn

Príloha B - Reakcia typu n, p

Prvok	Stabilný izotop	Vzniknutý izotop	Polčas rozpadu	10x polčas rozpadu	Povaha rozpadu	Gama žiarenie	
						E γ [keV]	I γ [%]
Al	Al-27 (100%)	Mg-27	9,458 min	1 hod 35 min	β^-	843,74	71,8
					β^-	1014,42	28
Mg	Mg-24 (79%)	Na-24	14,959 h	6 d 5,5 h	β^-	1368,633	100
					β^-	2754,028	99,944
	Mg-24 (79%)	Na-24 ^m	20,2 ms	202 ms	IT, β^-	472,202	100
	Mg-25 (10%)	Na-25	59,1 s	9 min 51 s	β^-	974,72	14,95
					β^-	585,03	13
					β^-	389,7	12,68
	Mg-26 (11%)	Na-26	1,071 s	10,72 s	β^-	1808,65	99
Si	Si-28 (92%)	Al-28	2,24 min	22,4 min	β^-	1778,969	100
	Si-29 (4,67%)	Al-29	6,56 min	1 hod 5 min	β^-	1273,367	90,6
	Si-30 (3,1%)	Al-30	3,6 s	36 s	β^-	2235,24	65
					β^-	1263,23	40
					β^-	3498,37	32
Fe	Fe-54 (5,8%)	Mn-54	312,3 d	8 r 202 d 23 h	$e^+\beta^+$, β^-	834,848	99,976
	Fe-56 (92%)	Mn-56	2 h 35 min	25 h 47 min	β^-	846,771	98,9
					β^-	1810,772	27,2
					β^-	2113,123	14,3
	Fe-57 (2,2%)	Mn-57	85,4 s	14 min 14 s	β^-	122,0614	13,9
	Fe-58 (0,3%)	Mn-58	3 s	30 s	β^-	14,413	10,56
Zn	Zn-64 (48,6%)	Cu-64	12 h 42 min	5 d 7 h	$\epsilon + \beta^+$, β^-	2433,05	1,2
	Zn-66 (27,9%)	Cu-66	5,12 min	51,2 min	β^-	1345,84	0,473
	Zn-67 (4,1%)	Cu-67	2 d 13 h 50 min	24 d 18 h 18 min	β^-	1039,231	9
					β^-	184,577	48,7
	Zn-68 (18,8%)	Cu-68	31,1 s	5 min 11 s	β^-	93,311	16,1
	Zn-68 (18,8%)	Cu-68 ^m	3,75 min	37,5 min	β^-	1077,35	64
Ti	Ti-46 (8%)	Sc-46	83,79 d	2 r 107 d 16 h	IT, β^-	1260,97	12,5
					IT	525,9	73
		Sc-46 ^m	18,75 s	3 min 7,5 s	IT	84,6	70
	Ti-47 (7,3%)	Sc-47	3,3492 d	33 d 12 h	IT	111,3	17,2
	Ti-48 (73,8%)	Sc-48	43,67 h	18 d 5 h	β^-	1120,545	99,987
					β^-	889,277	99,984
					IT	142,528	62
	Ti-49 (5,5%)	Sc-49	57,2 min	9 h 32 min	β^-	159,377	68,3
					β^-	1312,096	99,5
					β^-	983,517	99,3
Cu	Cu-63 (69%)	Ni-63	100,1 r	1001 r	β^-	1037,599	97,6
					β^-	1761,971	0,05
					β^-	1761,971	0,05
	Cu-65 (30,8%)	Ni-65	2,5172 h	1 d 1 h 9 min	β^-	1553,768	100
Cr	Cr-52 (83,8%)	V-52	3,743 min	37 min 26 s	β^-	1121,124	99,5
	Cr-53 (9,5%)	V-53	1,61 min	16 min 6 s	β^-	523,792	88,7
					β^-	-	-
Mn	Mn-55 (100%)	Cr-55	3,497 min	34 min 58 s	β^-	1481,84	24
					β^-	1115,546	15,43
Cr	Cr-52 (83,8%)	V-52	3,743 min	37 min 26 s	β^-	1434,068	100
					β^-	1006,14	90
					β^-	1289,59	10
Mn	Mn-55 (100%)	Cr-55	3,497 min	34 min 58 s	β^-	1528,3	0,037

Príloha C - Reakcia typu n, alfa

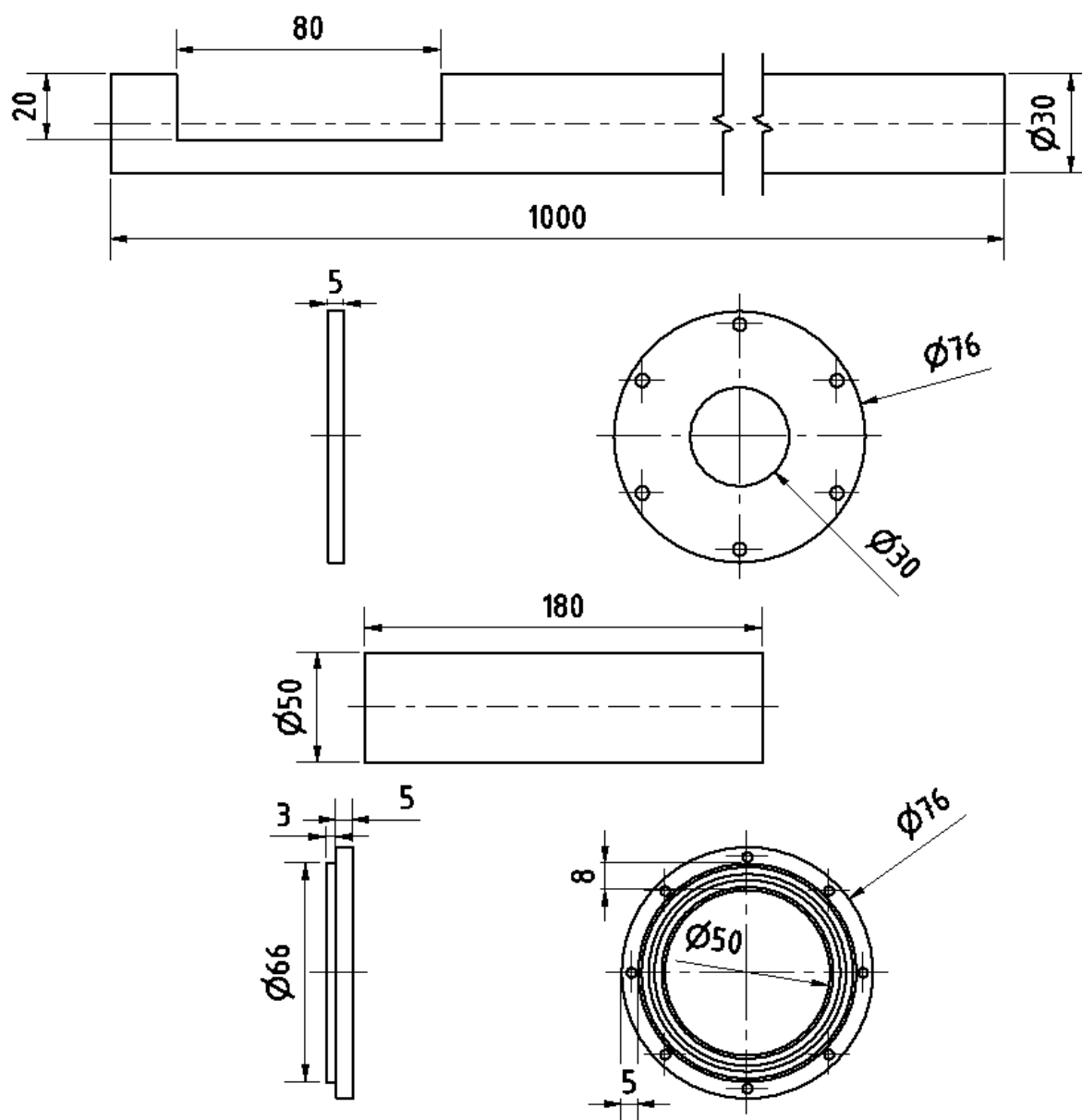
Prvok	Stabilný izotop	Vzniknutý izotop	Polčas rozpadu	10x polčas rozpadu	Povaha rozpadu	Gama žiarenie	
						E γ [keV]	I γ [%]
Al	Al-27 (100%)	Na-24	14,959 h	6 d 5 h 30 min	β^-	1368,633	100
					β^-	2754,028	99,944
		Na-24m	20,2 ms	202 ms	IT, β^-	472,202	100
Mg	Mg-24 (79%)	Ne-21	-	-	-	-	-
	Mg-25 (10%)	Ne-22	-	-	-	-	-
	Mg-26 (11%)	Ne-23	37,24 s	6 min 12 s	β^-	439,986	33
Si	Si-28 (92%)	Mg-25	-	-	-	-	-
	Si-29 (4,67%)	Mg-26	-	-	-	-	-
	Si-30 (3,1%)	Mg-27	9,458 min	1 h 35 min	β^-	843,74	71,8
Fe					β^-	1014,42	28
	Fe-54 (5,8%)	Cr-51	27,7025 d	277 d 36 min	ϵ	320,0824	10
	Fe-56 (92%)	Cr-53	-	-	-	-	-
	Fe-57 (2,2%)	Cr-54	-	-	-	-	-
	Fe-58 (0,3%)	Cr-55	3,497 min	34 min 58 s	β^-	1528,3	0,037
Zn	Zn-64 (48,6%)	Ni-61	-	-	-	-	-
	Zn-66 (27,9%)	Ni-63	100,1 r	1001 r	β^-	-	-
	Zn-67 (4,1%)	Ni-64	-	-	-	-	-
	Zn-68 (18,8%)	Ni-65	2,5172 h	1 d 1 h 9 min	β^-	1481,84	24
Ti					β^-	1115,546	15,43
	Ti-46 (8%)	Ca-43	-	-	-	-	-
	Ti-47 (7,3%)	Ca-44	-	-	-	-	-
	Ti-48 (73,8%)	Ca-45	162,61 d	4 r 166 d 2 h	β^-	12,4	3,0E-6
	Ti-49 (5,5%)	Ca-46	-	-	-	-	-
Cu					β^-	1297,09	71
	Cu-63 (69%)	Co-60	5,2714 r	52 r 260 d 15 h	β^-	1332,501	99,9856
					β^-	1173,237	99,9736
		Co-60 ^m	10,467 min	4 d 8 h 38 min	IT, β^-	58,603	2
	Cu-65 (30,8%)	Co-62	1,5 min	15 min	β^-	1172,9	84
					β^-	2301,8	14,7
					β^-	1128,9	11,1
	Cu-65 (30,8%)	Co-62 ^m	13,91 min	2h 19 min	β^-	1172,9	98
					β^-	1163,4	68
					β^-	2003,48	18,6
Cr	Cr-52 (83,8%)	Ti-49	-	-	-	-	-
	Cr-53 (9,5%)	Ti-50	-	-	-	-	-
Mn	Mn-55 (100%)	V-52	3,743 min	37 min 26 s	β^-	1434,068	100

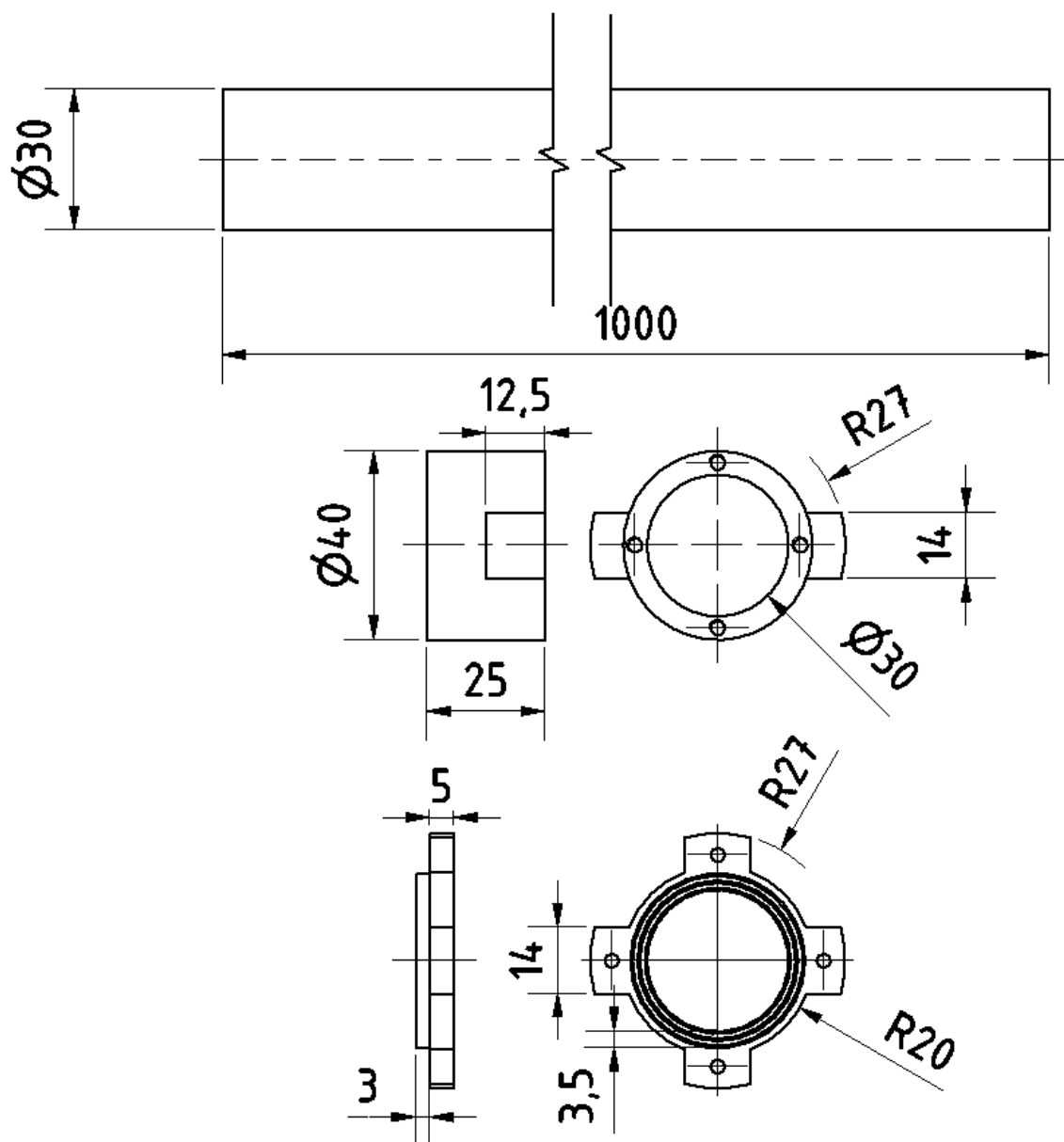
Príloha D - Reakcia typu n,2n

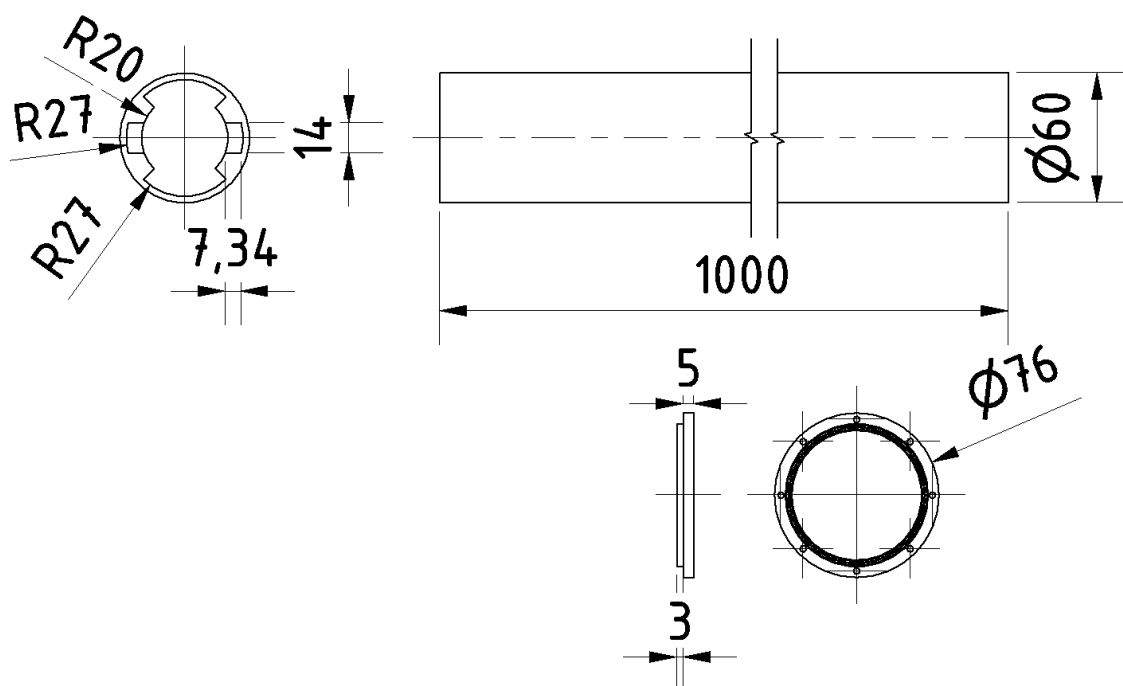
Prvok	Stabilný izotop	Vzniknutý izotop	Polčas rozpadu	10x polčas rozpadu	Povaha rozpadu	Gama žiarenie	
						E _γ [keV]	I _γ [%]
Al	Al-27 (100%)	Al-25	7,183 s	1 min 12 s	ε + β ⁺	1611,711	0,79
Mg	Mg-24 (79%)	Mg-22	3,857 s	38,57 s	ε + β ⁺	583,09	100*
					ε + β ⁺	73,97	59,5
	Mg-25 (10%)	Mg-23	11,317 s	1 min 53 s	ε + β ⁺	439,986	8,2
	Mg-26 (11%)	Mg-24	-	-	-	-	-
Si	Si-28 (92%)	Si-26	2,234 s	22,34 s	ε + β ⁺	829,42	21,9
	Si-29 (4,67%)	Si-27	4,16 s	41,6 s	ε + β ⁺	2211	0,18
	Si-30 (3,1%)	Si-28	-	-	-	-	-
Fe	Fe-54 (5,8%)	Fe-52	8,275 h	3 d 10 h 45 min	ε + β ⁺	168,688	99,2
	Fe-54 (5,8%)	Fe-52 ^m	45,9 s	7 min 39 s	ε + β ⁺	929,5	100
					ε + β ⁺	869,9	93
					ε + β ⁺	621,7	51
					ε + β ⁺	2037,6	50
					ε + β ⁺	1414,1	48
	Fe-56 (92%)	Fe-54	-	-	-	-	-
	Fe-57 (2,2%)	Fe-55	996 d 11 h	27 r 110 d	ε	125,95	1,28E-7
	Fe-58 (0,3%)	Fe-56	-	-	-	-	-
Zn	Zn-64 (48,6%)	Zn-62	9,186 h	3 d 19 h 52 min	ε + β ⁺	596,56	26
					ε + β ⁺	40,84	25,5
	Zn-66 (27,9%)	Zn-64	-	-	-	-	-
	Zn-67 (4,1%)	Zn-65	244 d 6 h	6 r 253 d	ε + β ⁺	1115,546	50,6
	Zn-68 (18,8%)	Zn-66	-	-	-	-	-
Ti	Ti-46 (8%)	Ti-44	63 r	630 r	ε	67,875	94,4
	Ti-47 (7,3%)	Ti-45	184,8 m	1 d 6 h 48 min	ε + β ⁺	720,22	0,154
	Ti-48 (73,8%)	Ti-46	-	-	-	-	-
	Ti-49 (5,5%)	Ti-47	-	-	-	-	-
	Ti-50 (5,4%)	Ti-48	-	-	-	-	-
Cu	Cu-63 (69%)	Cu-61	3,333 h	1 d 9 h 20 min	ε + β ⁺	282,956	12,2
	Cu-65 (30,8%)	Cu-63	-	-	-	-	-
Cr	Cr-52 (83,8%)	Cr-50	>1,8E+17 r	>1,8E+18 r	εε	-	-
	Cr-53 (9,5%)	Cr-51	27,7025 d	277 d 36 min	ε	320,0824	10
Mn	Mn-55 (100%)	Mn-53	3,74E+6 r	3,74E+7 r	ε	597	100

(*) – relatívna intenzita

(-) – izotop je stabilný

Príloha E – Náčrt vnútorného potrubia so vstupom a piestnej časti

Príloha F – Náčrt vnútorného koncového potrubia a jeho zakončení

Príloha G – Náčrt vonkajšieho koncového potrubia

Príloha H – Celkový pohľad na zaväžacie zariadenie