

# Konstrukce lisovacích kleštin.

## Bakalářská práce

KTS - B074

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Ondřej Stehno**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jaroslav Kopal, CSc.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej Stehno**  
Osobní číslo: **S14000476**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní inženýrství**  
Název tématu: **Konstrukce lisovacích kleštín.**  
Zadávací katedra: **Katedra textilních a jednoúčelových strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

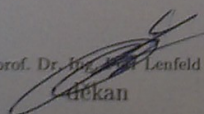
1. Proveďte rozbor možnosti těsného spojení stěn skládaného nanovlákného filtru.
2. Navrhněte jednoduché stříhací zařízení pro oddělení potřebné délky skládaného filtru pro následné spojení.
3. Navrhněte lisovací kleštiny s pneumatickým pohonem na spojení stěn kruhového nanovlákného filtru.
4. Nakreslete sestavu zařízení a výrobní dokumentaci.

Rozsah grafických prací: výkresová dokumentace  
Rozsah pracovní zprávy: 25 stran formát A4  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

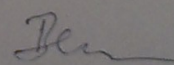
- [1] PEŠÍK, Lubomír. Části strojů: stručný přehled. Díl 2 / Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-608-3.  
[2] BOHÁČEK, F. a kol: Části a mechanismy strojů III. Převody. Brno: Vysoké učení technické, 1982.  
[3] JULIŠ, K., BREPTA, R.: Mechanika I. díl. Statika a kinematika. Technický průvodce 65. SNTL Praha 1986.  
[4] BRÁT, V., ROSENBERG, J., JÁČ, V.: Kinematika. SNTL/ALFA Praha 1987.  
[5] ČERNOCH, Svatopluk. Strojně technická příručka. Vyd. 11. Praha: SNTL/SVTL, 1959.  
[6] Patentní spisy - řešerše.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kopal, CSc.  
Katedra textilních a jednoúčelových strojů  
Konzultant bakalářské práce: doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.  
Katedra textilních a jednoúčelových strojů  
Datum zadání bakalářské práce: 2. února 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 2. února 2016

prof. Dr. Ing. Lenfeld  
děkan



prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.  
vedoucí katedry



V Liberci dne 2. února 2015

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá návrhem stříhacího zařízení pro oddělení potřebné délky skládaného filtru. Tento dokument také popisuje návrh lisovacích kleštín, které spojují stěny kruhového nanovláknového filtru kovovými svorkami.

V teoretické části byla popsána výroba nanovláknového filtru. Část teoretické kapitoly byla věnována možnostem spojení stěn skládaného filtru.

Hlavní část práce se zabývá samotným návrhem lisovacích kleštín za pomoci pneumatických válců. Rozměry lisovacích kleštín byly navrženy na základě experimentálního měření síly potřebné ke stlačení kovové svorky. Navrženo bylo také podávací zařízení svorky a uchycení filtru v pozici, ve které bude svorka stlačena.

**Klíčová slova:** Lisovací kleštiny, svorka, filtr, síla, nanovlákn

## **Annotation**

This bachelor's thesis deals with a design of a cutter device for separating the needed length of a pleated filter. It also describes a design of crimping tongs used to connect the walls of a circular nanofiber filter with a metal clamp.

The theoretical chapter describes a production process of the nanofiber filter. Portion of this chapter is dedicated to various options of a pleated filter's walls connections.

The main chapter of the thesis deals with the crimping tongs's design using pneumatic cylinders. Tongs' dimensions are based on an experimental measurement of the force required to press the metal clamp. It also includes a design of a clamp feeder and mounting of the filter in a position, where the clamps are pressed.

**Keywords:** Crimping tongs, clamp, filter, force, nanofibre

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval panu Ing. Jaroslav Kopal, CSc. za cenné rady, připomínky a vedení při zpracování této bakalářské práce.

V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali a pomáhali.

## Obsah:

Seznam zkratk .....	7
1 Nanovlákná .....	8
1.1 Úvod .....	8
1.2 Výroba nanovláken .....	9
2 Nanovláknenné filtry .....	10
2.1 Výroba vzduchových filtrů.....	10
2.1.1 Skládání filtru .....	10
2.1.2 Fixace filtru.....	11
2.1.3 Metody výroby filtračních vložek.....	12
3 Spojení stěn nanovláknenného filtru.....	13
3.1 Možnosti spojení.....	13
3.1.1 Sesazení dvou ploch pomocí lepidla .....	13
3.1.2 Sesazení dvou ploch pomocí lepicí pasty .....	14
3.1.3 Sesazení dvou ploch pomocí samolepicí pásky.....	14
3.1.4 Sesazení dvou ploch pomocí kovové svorky .....	15
4 Návrh lisovacích kleštin .....	16
4.1 Popis celkového zařízení .....	16
4.2 Konstrukční řešení sevření kovové svorky .....	17
4.3 Lisovací kleštiny.....	18
4.3.1 Určení zdvihu.....	20
4.3.2 Experimentální měření síly.....	21
4.4 Návrh kleštin a kontrola svarů .....	23
4.4.1 Návrh čepu .....	23
4.4.2 Návrh spojovací tyče .....	24
4.5 Návrh založení nanovláknenného filtru .....	26
4.6 Podávání kovových svorek .....	28
4.7 Volba pneumatických válců .....	29
5 Návrh stříhacího zařízení filtru .....	30
6 Závěr .....	32
7 Seznam příloh .....	33
Seznam použité literatury a zdrojů .....	34

## Seznam zkratek

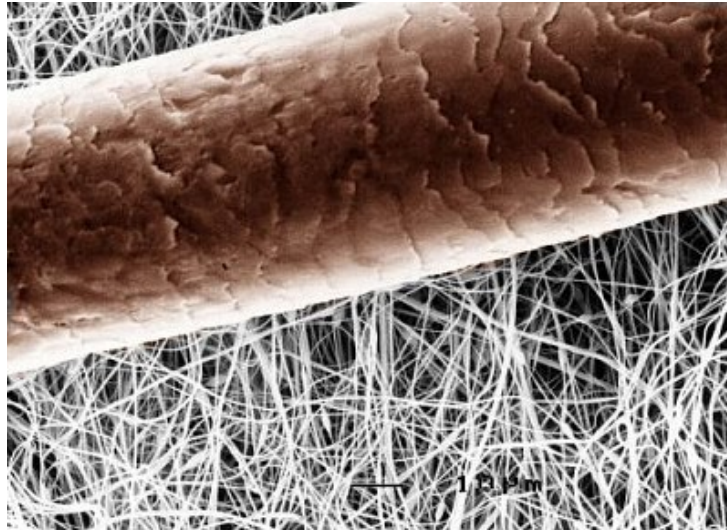
$\tau_D$	dovolené napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_{DSV}$	dovolené napětí ve svaru	[MPa]
$\tau$	napětí v koutovém svaru	[MPa]
$\sigma_{Dt}$	dovolené napětí v tlaku	[MPa]
$\sigma_{KR}$	kritické napětí	[MPa]
Re	mez kluzu	[MPa]
p	tlak	[MPa]
$p_D$	dovolený tlak	[MPa]
F	síla	[N]
$F_D$	naměřená síla	[N]
$F_{KR}$	kritická síla	[N]
d	průměr	[m]
$s_{min}$	délka čepu	[m]
A	průřez tyče	[m]
$l_{SV}$	délka svaru	[m]
$l$	výpočtová délka svaru	[m]
a	výška svaru	[m]
E	rameno od působící síly	[m]
$\lambda$	štíhlost	[-]
$k_v$	bepečnost	[-]
c	součinitel pro snížení napětí	[-]
$\alpha$	převodní součinitel svaru	[-]
$k_p$	bezpečnost svaru	[-]
	mikrometr $\mu\text{m}$	$[\mu\text{m}]$



# 1 Nanovláknna

## 1.1 Úvod

Za nanovláknna se obecně považují vlákna s průměrem menší než 1  $\mu\text{m}$ , což je přibližně tisícinou tloušťky lidského vlasu. Porovnání můžeme vidět na obrázku 1.



*Obr. 1 – Porovnání nanovláknna s lidským vlasem [1]*

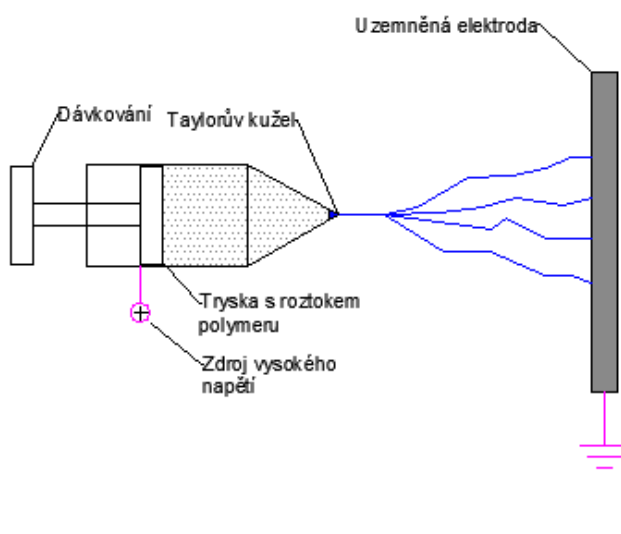
S rozvojem nanovláken a jejich výrazných vlastností, došlo k vývoji sacího filtru pro masky záchraných pracovníků. Model se skládá ze dvou přírub, do nichž je vložena filtrační nanovláknenná vložka (obr. 2). Spodní příruba je na bajonetový uzávěr.



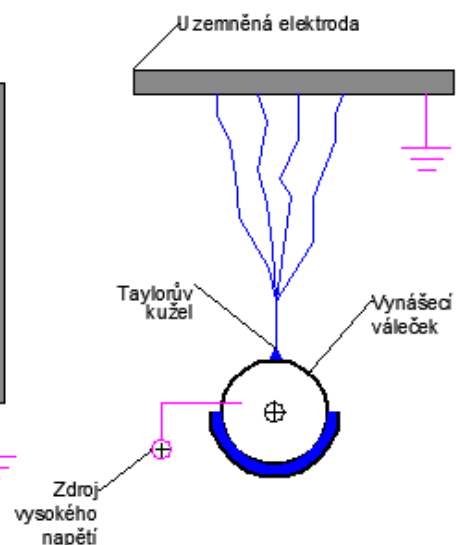
*Obr. 2 – Nanovláknenný filtr*

## 1.2 Výroba nanovláken

Nejznámější princip výroby nanovláken je elektrostatické zvlákňování tzv. elektrosinning. V této metodě je roztok pomocí dávkovacího zařízení vytlačen z trysky, která zároveň plní funkci elektrody elektrostatického pole. Působením elektrostatického pole dochází k vytažení vlákna směrem k druhé elektrodě a následnému rozštěpení na jemná vlákna. Díky tomu, že jejich měrný povrch je natolik velký, tak se vlákna před dopadem na druhou elektrodu stihnou vysušit (obr. 3). U této metody je výrobnost 0,1 až 1 g.hod<sup>-1</sup> a proto byla vyvinuta metoda Nanospider. Principem této metody je elektroda ve tvaru válečku brodícího se v polymerním roztoku. Polymer je válečkem vynášen blíže k druhé elektrodě a na hladině polymeru se samovolně vytvářejí skupiny Taylorových kuželů. Další postup výroby je totožný s předchozí metodou (obr. 4). Výrobnost této metody je přibližně 1 až 5 g.min<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>. [2]



Obr. 3 – Metoda elektrosinning



Obr. 4 – Metoda Nanospider

## 2 Nanovláknenné filtry

Filtr slouží k zachycení nečistoty ve formě pevných látek (prachové částice, viry atd.), kapalných látek a plyných látek. U filtru je důležité, jak moc má filtrační látka velké vzduchové mezery, neboť čím jsou vzduchové mezery menší, tím menší částice může filtr zachytit. To znamená, že efektivita filtru je dána průměrem vlákna a jejich hustotou. Použijeme-li tedy za filtrační látku netkanou textilií, kterou tvoří nanovláknna, dosáhneme tím největší možné účinnosti.

Filtrační vložka je vyrobena z netkané textilie, která se skládá z 5 vrstev. První vrstvu tvoří polypropylen, na který se nanese vrstva nanovláken, jenž je překryta další vrstvou polypropylenu. Předposlední vrstvu tvoří práškové pojivo, které je překryto poslední vrstvou polypropylenu (obr. 5)

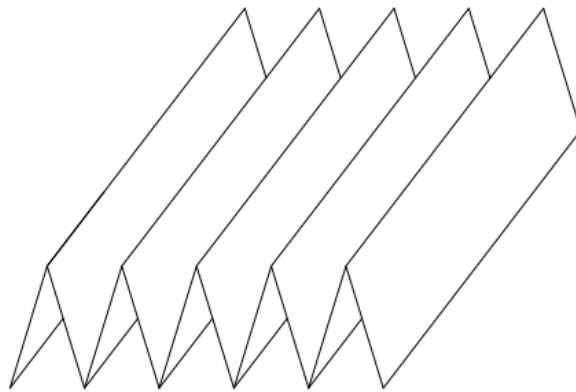


Obr. 5 – Složení filtrační vložky

### 2.1 Výroba vzduchových filtrů

#### 2.1.1 Skládání filtru

Filtrační textilie jsou složeny do podoby harmoniky. Vzduchové filtry se vyrábějí tak, že se odvíjí filtrační textilie z role a ta je protahována skrz dva drážkované válce, které tlakem vytvoří v textilii podélné drážky, které zaručí po složení filtrační textilie do podoby harmoniky (obr. 6), že se nebudou jednotlivé vrstvy textilie dotýkat, a tím bude zaručen průchod vzduchu. Tento způsob je nejjednodušší a z hlediska velké filtrační plochy a dobré tuhosti filtru je tvar harmoniky nejefektivnější. Tím, že se jednotlivé vrstvy papíru nedotýkají, je splněna podmínka, že všude bude jen jedna vrstva textilie, což zaručuje nejlepší možnou prodyšnost. [3]

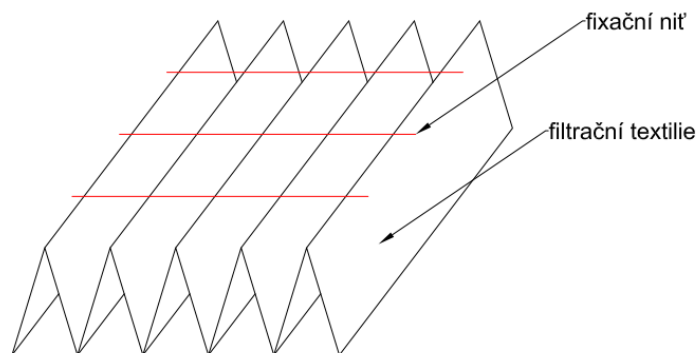


Obr. 6 – Složený filtr

### 2.1.2 Fixace filtru

Aby měl filtr potřebnou geometrii a při manipulaci se neporušil, musí se filtrační textilie fixovat. Tato fixace musí být co nejjednodušší, aby neovlivnila vlastnosti filtru a byla málo nákladná.

Fixace se realizuje pomocí působení tepla během vlastního tváření textilie, kdy se použije fixační medium. Jako fixační medium je použita niť pokrytá polymerní vrstvou, která po zahřátí slouží jako pojivo nitě s filtrační textilií (obr. 7). Tato metoda zaručuje minimální ztrátu filtrační plochy fixací. [3]



Obr. 7 – Fixace pomocí nitě

### 2.1.3 Metody výroby filtračních vložek

Pro zajištění geometrie fixační vložky je navrženo několik způsobů výroby. U všech způsobů musí být mechanismus zahříván, a to z důvodu fixace textilie.

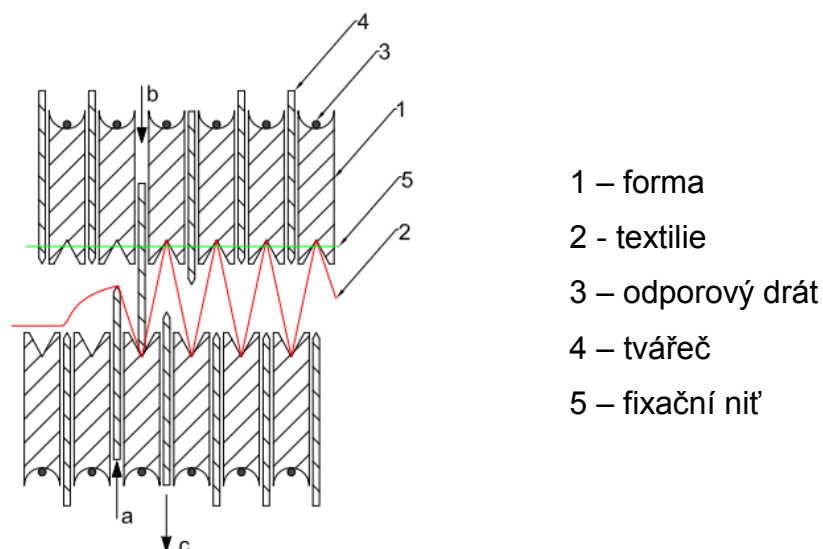
#### 2.1.3.1 Výroba lisováním

U této metody vznikají jednotlivé ohyby textilie postupně, zároveň vzniká i fixace. Nejprve dojde k uchycení textilie, aby došlo k jejímu vtahování během ohýbání jen z volné strany, a tím se neporušovala zhotovená část. Poté dochází k lisování a tím vzniku profilu. Tím, že ohybnice a ohybník jsou ohřívány, dochází i k fixaci. Tato metoda má velkou nevýhodu v nízké produktivitě. [3]

#### 2.1.3.2 Výroba komplexním skládáním

Tato metoda spočívá ve výrobě celé filtrační složky včetně fixace najednou. Tato výroba vychází z metody lisování. Textilie vjede do výrobní jednotky a pomocí tvářeců, které se pohybují pomocí pneumatických pístů, dochází k tváření i fixaci textilie. Tím, že s tvářecí pohybují pneumatické písky, je prodleva pro vyvolávání spoje programovatelná řídicí jednotkou. Velkou výhodou je snadné nastavení fixační doby. A proto se tato metoda používá pro výrobu filtrů.

Průběh operace je znázorněn na schématu (obr. 8), kde tvářec „a“ zpracovává textílii, tvářec „b“ provádí fixaci a tvářec „c“ se vrací do původní polohy. [3]



Obr. 8 – Výrobní mechanismus

### 3 Spojení stěn nanovláknenného filtru

Následující kapitoly se budou zabývat možnostmi spojení dvou stěn filtru, což se provádí mimo jiné pomocí lepidel, lepících past, samolepících pásek a kovové svorky.

#### 3.1 Možnosti spojení

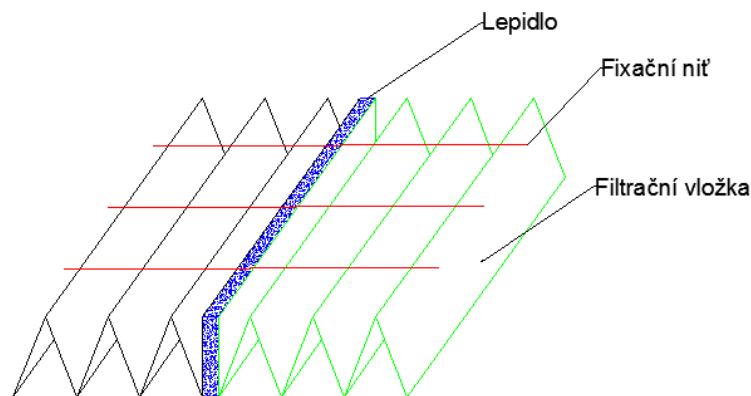
Pro spojení stěn nanovláknenného filtru byly vyzkoušeny různé možnosti spojení a to tyto:

- Sesazení dvou ploch filtru k sobě pomocí:
  - Vteřinového lepidla
  - Lepící pasty
  - Samolepící pásky
  - Kovové svorky
- Navléknutí dvou konců filtru do sebe

##### 3.1.1 Sesazení dvou ploch pomocí lepidla

Ke spojení dvou ploch filtru se používá kyanoakrylát, což je třída organických sloučenin využívaných pro jejich rychle tvrdnoucí vlastnosti (sekundová či vteřinová lepidla).

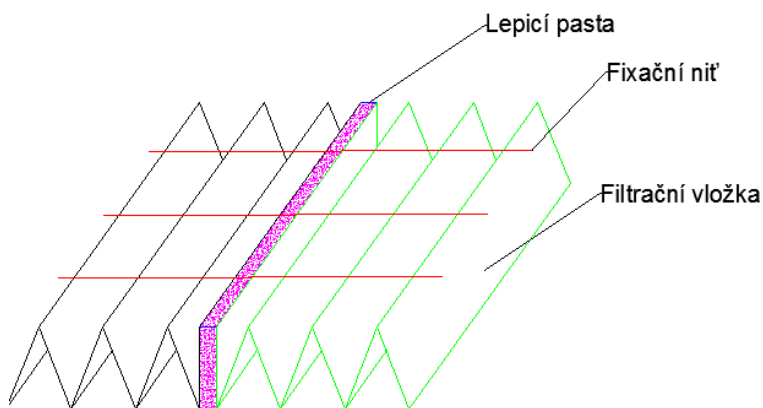
Toto spojování má mnoho nevýhod a úskalí. Prvním problémem je, že není možné nanosení lepidla pouze na dvě plochy filtru, který chceme spojit. Tím, že jsou vteřinová lepidla řídká, dochází při nanosení lepidla k nasávání lepidla do dalších částí filtru, což způsobuje porušení filtrační látky, která byla použita. V našem případě se jedná o netkanou textilií tvořenou nanovláknem. Tímto dojde ke znehodnocení a ztrátě účinnosti filtru. Další problém při lepení nastává v rychlosti lepení. Tím, že vteřinová lepidla rychle zasychají, musí se s nimi rychle pracovat, aby došlo ke ztvrdnutí až při přimáčknutí dvou ploch filtru. Zde nastává další problém, a to ten, že k přimáčknutí filtru k sobě použijeme např. kleště, které se mohou přilepit k filtru, a při odtrhnutí může dojít k porušení spoje. Při lepení musí být také zajištěn stejnoměrný a opakovatelný nános lepidla. To zajistí dávkovací zařízení, které je ovšem zpravidla drahé, což je další nevýhoda tohoto způsobu lepení.



Obr. 9 – Spojení pomocí lepidla

### 3.1.2 Sesazení dvou ploch pomocí lepicí pasty

U tohoto spoje je problém v nanášení pasty na plochy filtru. Pro tento způsob není k dispozici žádné dávkovací zařízení, které by umožnilo nanesení přesného množství lepicí pasty a následné snadné rovnoměrné rozetření po nanášené ploše. Výhodou lepení lepicí pastou od lepení vteřinovým lepidlem je, že lepicí pasty odstraňují navlhavost, což je schopnost látky přijímat vlhkost z prostředí. Asi největší problém u této metody je zajištění trvanlivého spoje, jelikož lepicí pasty nemají takovou pevnost a výdrž jako lepidla vteřinová.

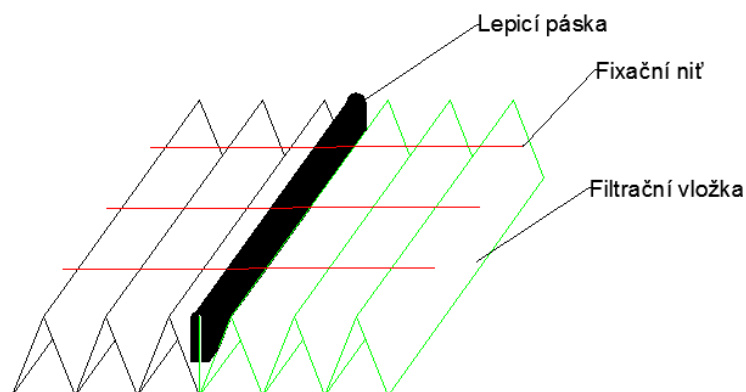


Obr. 10 – Spojení pomocí lepicí pasty

### 3.1.3 Sesazení dvou ploch pomocí samolepicí pásky

Samolepicí pásky se vyznačují relativně trvanlivým spojem, ale samotná příprava před slepením je složitá a to z důvodu, že pásky jsou dodávány v kotoučích. Páska se nejdříve musí z kotouče odmotat a nastříhat na pásky dané šířky, což se provádí obtížně a to proto, že páska z jedné strany lepí a dochází

k nalepení např. na nůžky nebo ruce a k následné deformaci pásky a jejímu znehodnocení. Celkově se tedy samolepicí pásky vyznačují špatnou manipulací z důvodu lepivosti jedné strany. Spoj není trvanlivý a hrozí možnost rozlepení pásky.



Obr. 11 – Spojení pomocí lepicí pásky

### 3.1.4 Sesazení dvou ploch pomocí kovové svorky

Spoj pomocí kovové svorky je nejvýhodnější z dosud uvedených metod a to jak z důvodu možnosti automatizace procesu, tak z trvanlivosti spoje. Spoj se provádí pomocí kovové svorky, která má tvar „véčka“. Lze použít různé materiály svorky o tloušťce 0,2 – 0,3 mm a to např. hliník nebo mosaz, které se vyznačují dobrou tvárností.

Zmáčknutí, se provádí buď ručně pomocí kombinovaných kleští, nebo pomocí lisovacích kleštin s pneumatickým pohonem, jejichž návrhem se zabývá tato bakalářská práce.



Obr. 12 – Spojení pomocí svorky



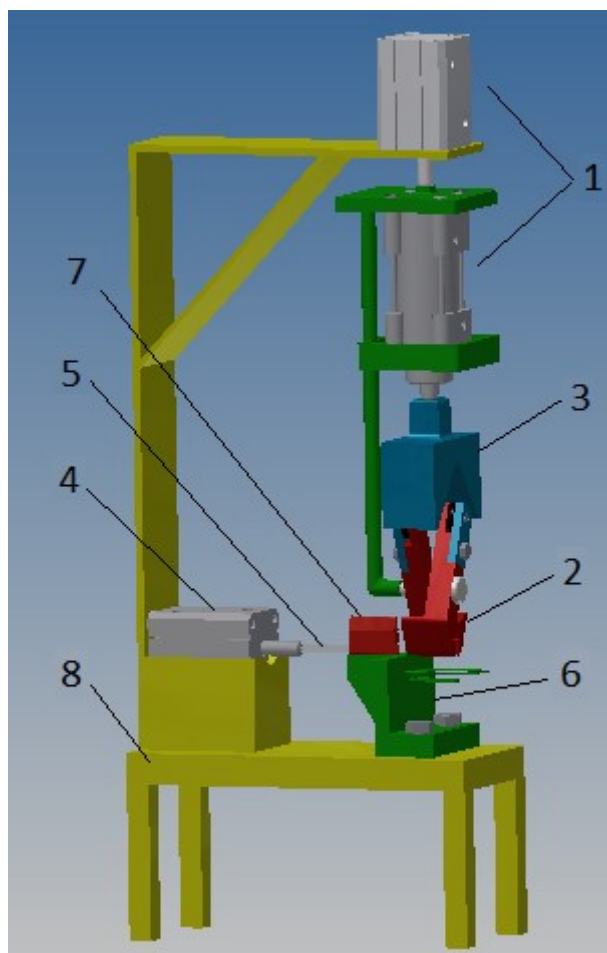
## 4 Návrh lisovacích kleštín

Cílem této práce je navrhnout lisovací kleštiny s pneumatickým pohonem na spojení stěn kruhového nanovlákného filtru. Sevření lisovacích kleštín bude zajištěno pomocí svěrače a pneumatického pístu, který zajistí požadovaný zdvih a sevření. Lisovací kleštiny mají za úkol spojit dvě stěny kruhového nanovlákného filtru pomocí kovové svorky.

Při návrhu lisovacích kleštín se musela zohlednit velikost kleštín, a to hlavně jejich spodní část (čelisti). Tyto čelisti se musely v pracovní poloze vejít mezi dvě stěny nanovlákného filtru a také mezi dva vodící dráty, které jsou určeny pro zavěšení nanovlákného filtru. Dále se musel navrhnout držák pro zavěšení filtru a také podavač kovových svorek ze zásobníku do polohy, kde se bude moci svorka zmáčknout.

### 4.1 Popis celkového zařízení

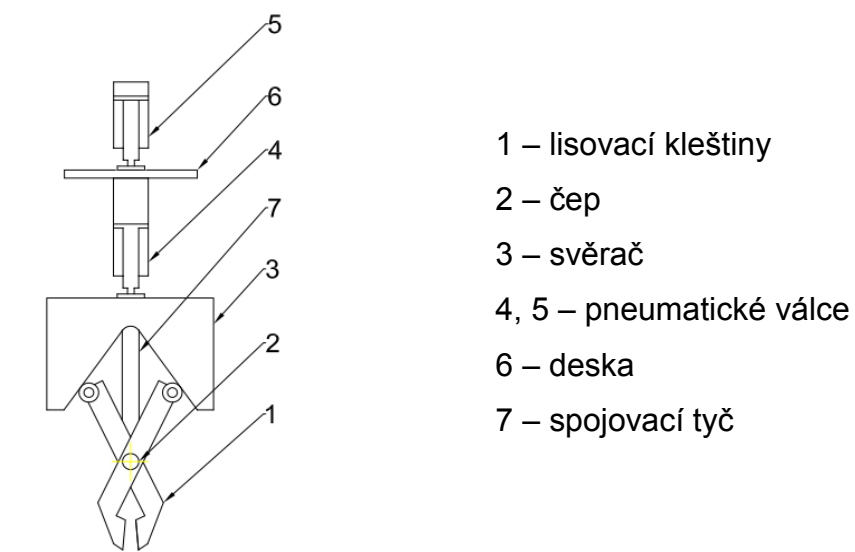
Celková sestava (obr. 13) je tvořena stolem (8), podávacím zařízením a zařízením určeným k sevření svorky. Část určená k sevření svorky je tvořena dvěma pneumatickými písty (1), kleštinami (2) a svěračem (3), princip sevření je popsán v kapitole 4.2. Podávací zařízení zajišťuje přísun svorek ze zásobníku mezi kleštiny (viz kapitola 4.6). Tato část je tvořena pneumatickým pístem (4) na jehož konec je našroubován podavač, který má tvar trojúhelníku, jehož strany odpovídají rozměrům kovové svorky (5). Dále je v této části opěrná deska (6), pro uchycení filtru (viz kapitola 4.5) a uložení zásobníku svorek (7).



Obr. 13 – Celková soustava

## 4.2 Konstrukční řešení sevření kovové svorky

Konstrukce sevření kovové svorky vychází z jednoduchého sevření kleštin pomocí svěrače dle schématu (obr. 14).

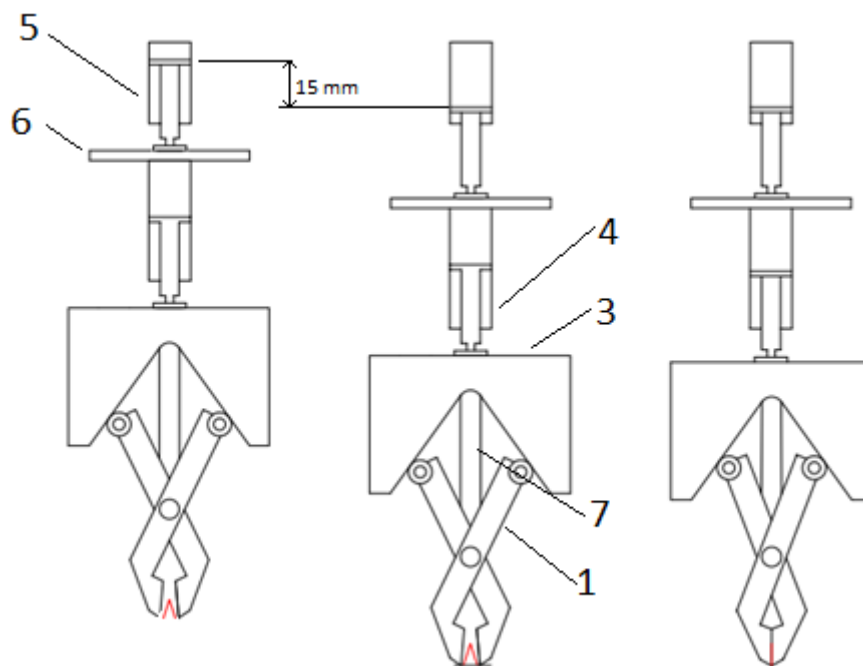


Obr. 14 – Popis schématu

Princip celého mechanismu spočívá ve třech polohách. První poloha je v horní pozici (obr. 15. a), kde se čeká na uchycení nanovláknenného filtru na držák a dodání kovové svorky ze zásobníku mezi kleštiny.

Poté pomocí horního pneumatického válce celá soustava společně s kleštinami a svorkou sjede dolů o 15 mm do druhé polohy, kde je už zavěšen filtr (obr. 15. b). K tomuto posuvu dojde pomocí desky (6), která je spojena s pneumatickým pístem (5) a posune pneumatický válec (4), svěrač (3) a kleštiny (1), které jsou posunuty díky spojovací tyči (7), která je pevně spojena k desce (6).

V posledním kroku, kleštiny sevřou kovovou svorku dostatečně velkou silou, tak aby došlo k pevnému spojení filtru s kovovou svorkou (obr. 15. c). K tomuto sevření kleštin dojde pomocí pneumatického válce (4) a svěrače (3) tím, že píst působí silou na svěrač, který se pohybuje směrem dolů, zatímco kleštiny jsou drženy spojovací tyčí stále ve stejné výšce. Při tomto pohybu dochází ke styku mezi svěračem a kleštinami, a tím dojde k sevření kleštin.



Obr. 15. a

Obr. 15. b

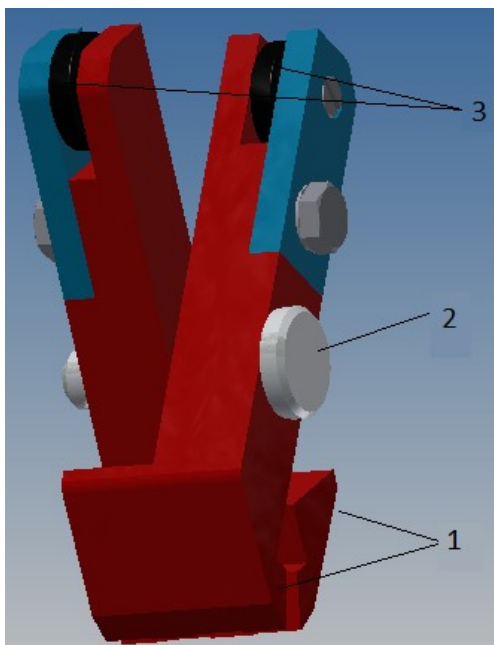
Obr. 15. c

### 4.3 Lisovací kleštiny

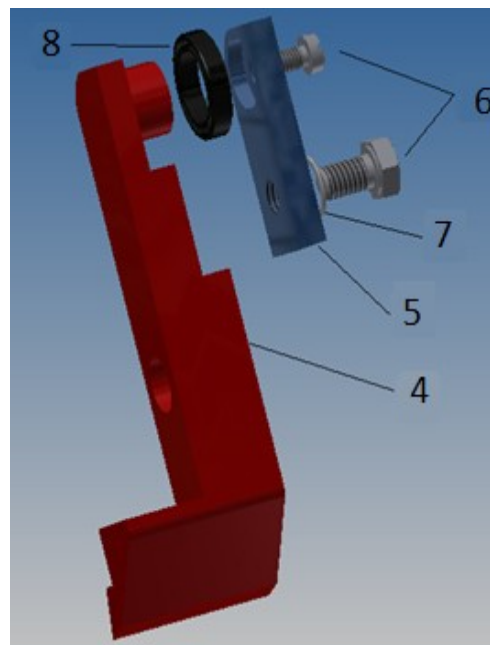
Lisovací kleštiny dle obrázku 16, se skládají ze dvou samostatných kleštin (1), dvou ložisek (3) a čepu (2). Spojení kleštin je pomocí čepu

o  $\varnothing$  10 mm, který je zasazen do otvoru v kleštinách. Princip sevření byl popsán v předchozí kapitole.

Z důvodu montáže kleštiny je samotné rameno tvořeno kleštinou (4), krytem (5), dvěma šrouby s podložkou (6, 7) a ložiskem (8). Postup montáže je naznačen na obrázku 17.



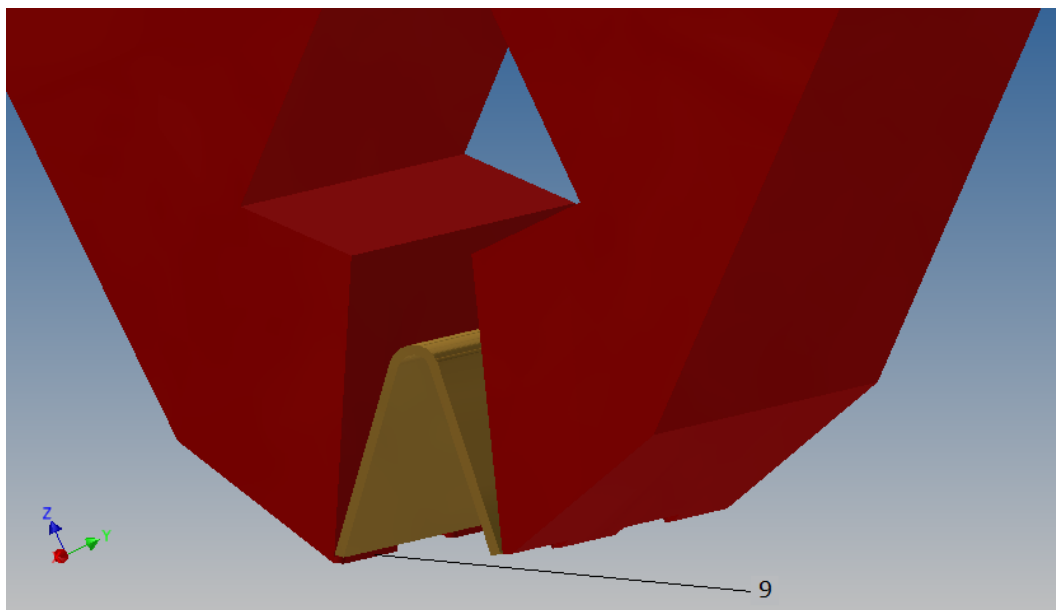
Obr. 16 – Kleštiny



Obr. 17 – Montáž kleštiny

Aby při sevření kleštin nedocházelo k dotyku mezi svěračem a hranou na ramenech kleštin, čímž by vzniklo velké smykové tření mezi těmito plochami a časem by došlo k opotřebení těchto ploch. Toto opotřebení by způsobilo při přednastaveném zdvihu na pneumatickém válci nesprávné sevření kleštin, a tím i špatné zmáčknutí kovové svorky. Tento problém byl vyřešen zabudováním ložisek s vnějším průměrem 19 mm, vnitřním průměrem 13 mm a šířkou 4 mm do obou ramen kleštin, čímž se zmenšilo smykové tření a nedochází k opotřebení kleštin ani svěrače.

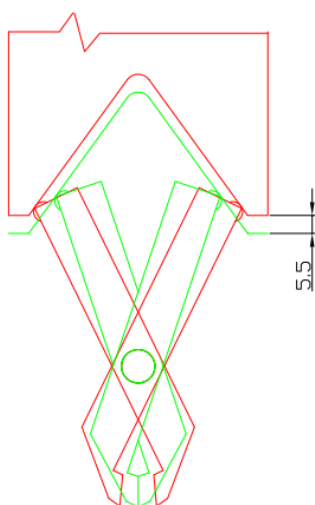
Dále jsou na každé z ploch čelistí dva výstupky (9) o rozměrech 8 x 0,2 x 0,15 mm. Aby nedošlo při sevření kleštin k porušení netkané textilie, byla navržena šířka výstupku 0,15 mm. (obr. 18).



Obr. 18 – Detail čelistí se svorkou

#### 4.3.1 Určení zdvihu

Dále bylo potřeba zjistit teoretický potřebný zdvih potřebný ke zmáčknutí svorky. Tento zdvih se buď může zjistit až po zkonstruování a následném odzkoušení, nebo alespoň orientačně pomocí programu Inventor, kde byly kleštiny a svěrač vymodelovány. Počáteční úhel sevření kleštin mezi čelistmi byl nastaven na  $10^\circ$ , poté se po vytvoření sestavy obě polohy vygenerovaly jako výkres a převedly do programu AutoCAD 2014, kde proběhlo porovnání obou poloh a změření rozdílné výšky – zdvihu (obr. 19).



Obr. 19 – Sevření kleštin

### 4.3.2 Experimentální měření síly

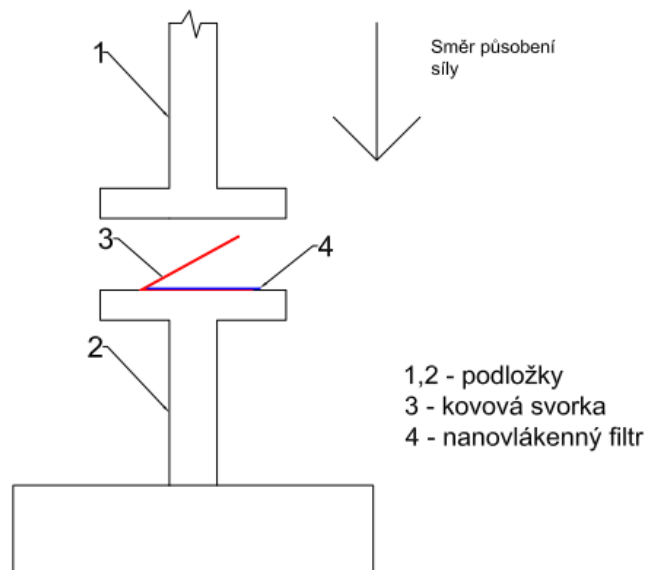
Důležitým bodem, bylo zjištění potřebné síly na sevření kovové svorky tak, aby mezi svorkou držel nanovláknový filtr. To bylo zjištěno pomocí experimentálního měření na stroji pro statické zkoušky. Na toto měření byl použit mosazný plech s rozměry 29 x 14 mm a tloušťky 0,3 mm. Tento plech byl v polovině ohnut. Poloměrem ohybu je 0,6 mm a úhel sevření svorky je 35°. Pro měření svěrné síly se použila svorka o šířce 29 mm a stranách 7 mm (obr. 20). Pro měření byl použit trhací stroj Hounsfield H 10 KT, software QMAT, který má rozsah 0 – 10 kN. Tento rozsah ale nestačil, a tak se použil stroj FP 100 – LabTestII, který má rozsah 0 - 100 kN.



*Obr. 20 – Mosazná svorka na měření*

- Postup měření:

Nejprve se nastavila potřebná síla na stroji tak, aby došlo ke zmáčknutí svorky, poté se kovová svorka (3) vložila mezi dvě podložky (1,2). Dále se mezi kovovou svorku vložil proužek textilie (4) a byl spuštěn stroj dle schématu (obr. 21).



Obr. 21 – Schéma postupu měření

Po zmáčknutí se zkontrolovalo, zda textilie držela ve svorce. Z počátku při zmáčknutí za použití menších sil docházelo k odpružení plíšku, a díky tomu nedržel proužek textilie mezi svorkou. Postupně se tak síla zvětčovala o 2 kN až byl úkol splněn, viz. tab 1.

Tab. 1 – Měření síly

Měření	síla [kN]	splněno	stroj
1	4	NE	Instron 4202
2	6	NE	
3	8	NE	
4	10	NE	
5	12	ANO	FP 100 - LabTestII
6	11	NE	

Měření číslo 1 až 4 bylo neúspěšné zatímco u měření číslo 5 už nedošlo k odpružení plíšku a textilie mezi svorkou držela. Aby bylo měření přesnější snížila se hodnota ze 12 kN na 11 kN (měření číslo 6) a pokus se opakoval. Tato síla však nevyhovovala, proto potřebná síla na sevření svorky je přibližně 12 kN.



Obr. 22 - Výsledné sevření

Toto měření bylo provedeno při použití mosazné svorky tloušťky 0,3 mm. V praxi se může rovněž používat např. mosazná svorka tloušťky 0,2 mm nebo hliníková téže tloušťky. Z toho vyplývá, že naměřená síla je větší než poté v praxi.

#### 4.4 Návrh kleštin a kontrola svarů

##### 4.4.1 Návrh čepu

Čep slouží ke spojení pravé a levé kleštiny a je vyroben z oceli 11 600 a jsou pro ní dané tyto hodnoty [10]:

$$\tau_D = 105 - 145 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{dovolené napětí ve smyku}$$

$$p_D = 150 - 230 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{dovolený tlak}$$

$$F = F_D \cdot \sin 45^\circ = 12000 \cdot \sin 45^\circ = \underline{8485,3 \text{ N}} \quad (1)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_D}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8485,3}{\pi \cdot 145}} = \underline{8,6 \text{ mm}} \rightarrow 10 \text{ mm} \quad (2)$$

$$p = \frac{F}{s_{\min} \cdot d} \leq p_D \quad (3)$$

$$p = \frac{8485,3}{0,032 \cdot 0,01} = 26,52 \text{ MPa} \leq p_D \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$F$  – síla působící na čep [N]

$F_D$  – naměřená síla [N]



$d$  – průměr čepu [m]

$p$  – tlak působící na čep [MPa]

$s_{min}$  - nejmenší délka čepu ve spojovaných dílech

#### 4.4.2 Návrh spojovací tyče

Spojovací tyč má za úkol při sevření kleštin udržet kleštiny ve stálé poloze, při působení síly. Tyč je zatěžována na vzpěr. Byl zvolen kruhový průřez o průměru 10 mm. Tyč je vyrobena z oceli 11 500 a jsou pro ní dané tyto hodnoty [10]:

$\sigma_{Dt} = 68 - 95 \text{ MPa}$  .....dovolené napětí v tlaku

$\lambda = 60 - 100$  ..... štíhlost

$k_v = 1,7 - 2$  ..... bezpečnost

$c = 0,65$  .....součinitel pro snížení napětí

$$\sigma_{KR} = 335 - 0,62\lambda = 335 - 0,62 \cdot 100 = 273 \text{ MPa} \quad (4)$$

$$F_{KR} = \sigma_{KR} \cdot A = 273000000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} = 21441 \text{ N} \quad (5)$$

$$F = \frac{F_{KR}}{k_v} = \frac{21441}{2} = 10720 \quad (6)$$

$$F \leq \frac{A \cdot \sigma_{Dt}}{c} = \frac{\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \cdot 95000000}{0,65} = 11479 \text{ N} \rightarrow \text{vzpěr vyhovuje} \quad (7)$$

$\sigma_{Dt}$  - dovolené napětí v tlaku [MPa]

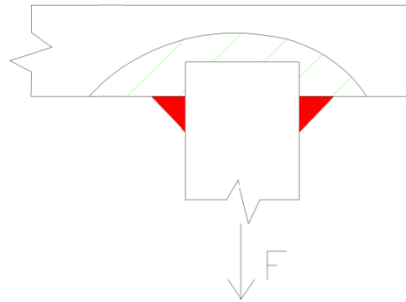
$A$  – průřez tyče

$F_{KR}$  – kritická síla

$F$  – dovolená zatěžující síla

- Kontrola svaru číslo 1:

Tento svar je namahán na tah.



Obr. 23 – Spoj spojovací tyče s deskou

Dle literatury [11, str. 68]:

$\alpha = 0,75 - 1,0$  .....převodní součinitel svaru

$k_p = 1,5$  .....požadovaná bezpečnost svaru

$R_e = 250 \text{ MPa}$  .....mez kluzu

$$l_{SV} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 0,005 = \underline{0,0314m} \quad (8)$$

$$l = l_{SV} - 2 \cdot a = 0,034 - 2 \cdot 0,004 = \underline{0,0234m} \quad (9)$$

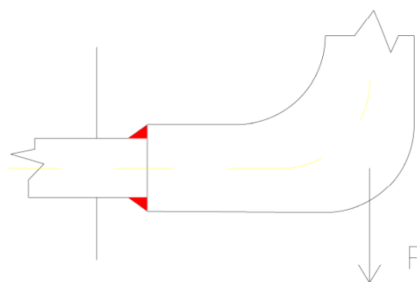
$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{8485,3}{2 \cdot 0,004 \cdot 0,0234} = \underline{45,3MPa} \quad (10)$$

$$\tau_{DSV} = \alpha_{\tau \perp} \cdot \frac{R_e}{k_p} = 0,75 \cdot \frac{250}{1,5} = \underline{125MPa} \quad (11)$$

$$\tau \leq \tau_{DSV} \rightarrow s \text{ var vyhovuje} \quad (12)$$

- Kontrola svaru číslo 2 [11]:

Tento svar je namahán na ohyb.



Obr. 24 – Spoj čepu se spojovací tyčí

$\alpha = 0,65$  .....převodní součinitel svaru

$k_p = 1,5$  .....požadovaná bezpečnost svaru

$$l = l_{SV} - 2.a = 0,0314 - 2.0,004 = \underline{0,0234m} \quad (13)$$

$$\tau_{DSV} = \frac{\alpha \cdot Re}{k_p} = \frac{0,65 \cdot 250}{1,5} = 108,3MPa \quad (14)$$

$$\tau = \frac{F}{2.a.l} \cdot \sqrt{1 + 36.e^2} = \frac{8485,3}{2.0,004.0,0234} \cdot \sqrt{1 + 36.0,025^2} = 62,5MPa \quad (15)$$

$\tau \leq \tau_{DSV} \rightarrow s$  var *vyhovuje*

$l_{SV}$  – délka svaru [m]

$l$  – výpočtová délka svaru [m]

$\tau$  – napětí v koutovém svaru [MPa]

$\tau_{DSV}$  – dovolené napětí ve svaru [MPa]

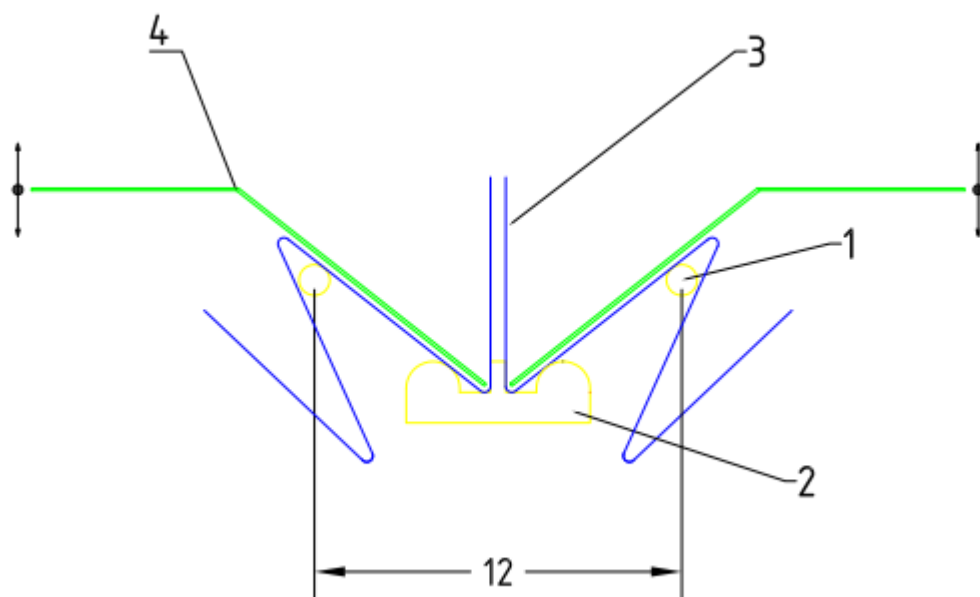
$a$  – výška svaru [m]

$e$  – rameno od působící síly [m]

#### 4.5 Návrh založení nanovlákného filtru

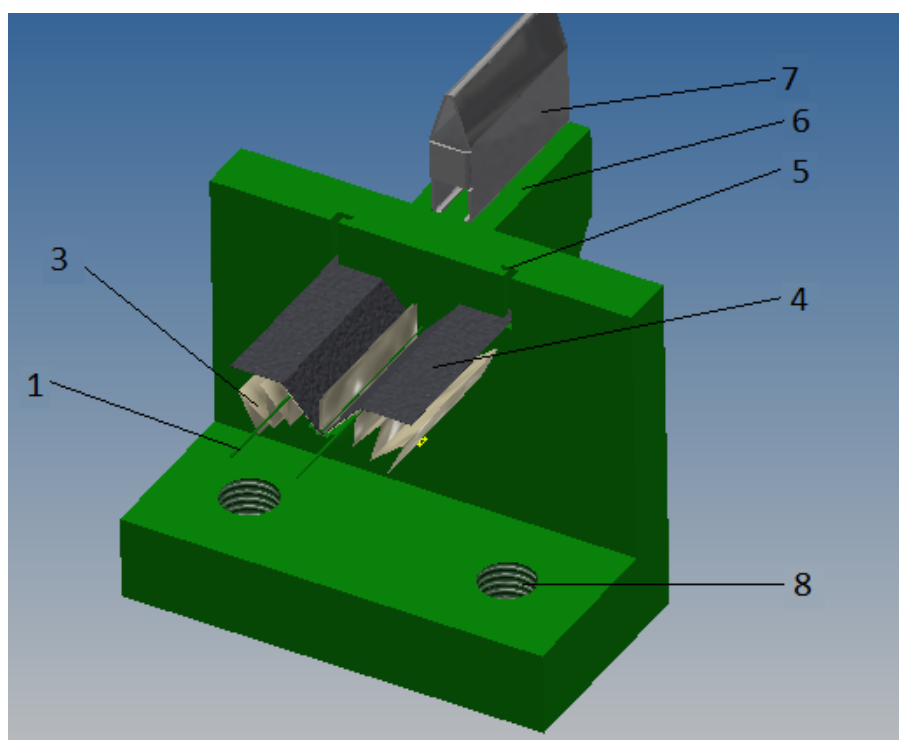
K návrhu uložení filtru bylo potřeba znát parametry filtru. Tento filtr má šířku 30 mm s roztečí skladů 3,5 mm a počet skladů 36.

K založení filtru byla použita opěrná deska, na které jsou z jedné strany navařené dva dráty (1) o průměru 0,5 mm a délky 50 mm s roztečí 12 mm, které jsou určeny pro zavěšení filtru a opěrná podložka (2) o rozměrech 6 x 2 mm a délky 32 mm, která slouží pro opření dolních dvou hran filtru. V této podložce jsou podélně vyříznuté dvě drážky 1 x 1 mm, které slouží pro uložení filtru a zajistí, že dvě spojované plochy filtru budou navzájem rovnoběžné. Tyto drážky jsou od sebe 0,5 mm. Dále jsou ze shora na držáku vyrobeny dvě vodící drážky (5) hluboké 10 mm, které slouží pro uchycení přítlačného plechu (4). Uchycení filtru (3) bude probíhat tak, že se na drátky navlíkne filtr a dolní dvě hrany filtru se protáhnou drážkami, které jsou vytvořené na podložce (obr. 25). Následně se pomocí přítlačného plechu přimáčkne filtr do drážek na podložce a tím dojde k přesnému uložení filtru v držáku. Pohyb přítlačného plechu může být zajištěn např. pomocí pneumatických pístů



Obr. 25 – Schéma založení filtru

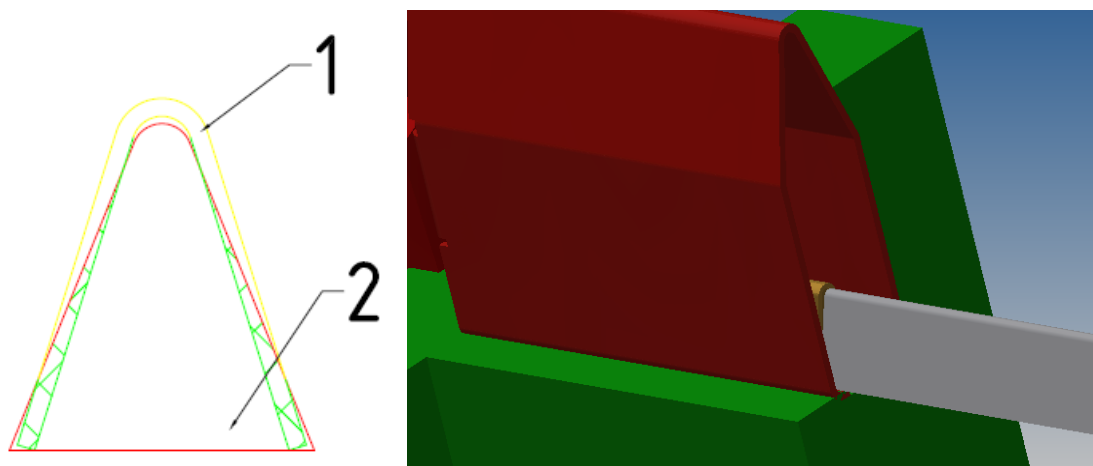
Z druhé strany opěrné desky je žebro pro uložení zásobníku s kovovými svorkami (6). V tomto žebro je ze shora vyfrézovaná drážka o rozměrech 7,5 x 1 mm a délky 30 mm, do které přijde zasadit zásobník (7). Ve spodní části desky jsou dva otvory se závitem pro uchycení desky ke stolu (8).



Obr. 26 – Opěrná deska s uloženým filtrem

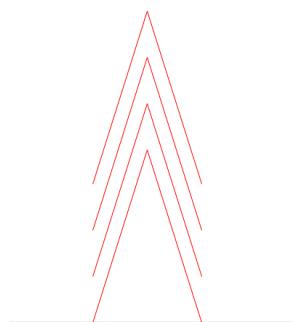
## 4.6 Podávání kovových svorek

Při tomto kroku se musí kovová svorka dostat ze zásobníku do polohy nad filtr a mezi kleštiny, které mají na čelistech výstupky, čímž dojde k zachycení svorky mezi kleštiny. K posuvu svorky (1) mezi kleštiny byl použit pneumatický válec s vnitřním závitem na konci pístu. Na tomto konci je našroubován nástavec (2), který má trojúhelníkový tvar a naráží do boků svorky. Plocha svorky, která je využívána na posuv, je vyšrafována (obr. 27).

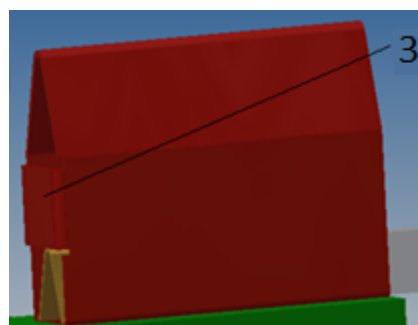


Obr. 27 – Schéma posuvu svorek

Tím, že svorky v zásobníku jsou naskládány na sebe (obr. 28), tak píst při pohybu narazí na spodní svorku a začne ji před sebou tlačít, až ji dopraví mezi kleštiny. Posun pístu je 42 mm. Aby při posuvu svorky nedocházelo k posuvu více svorek najednou (možnost „slepení“ svorek), je zásobník opatřen obrubou (3), která zabrání posuvu horních svorek (obr. 29). Poté se píst vrátí do původní polohy a díky tíhové síle se svorky v zásobníku posunou směrem dolů. Poté, co v dalším kroku proběhne dokončení operace (zmáčknutí svorky), se může tento proces opakovat až do vyprázdnění zásobníku. Ten se musí poté vyměnit.



Obr. 28 – Schéma uložení svorek v zásobníku

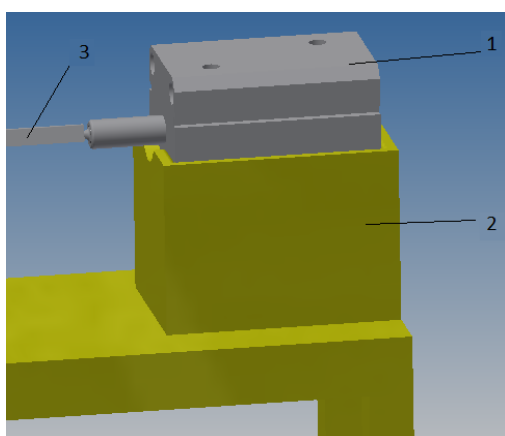


Obr. 29 – Zásobník s obrubou

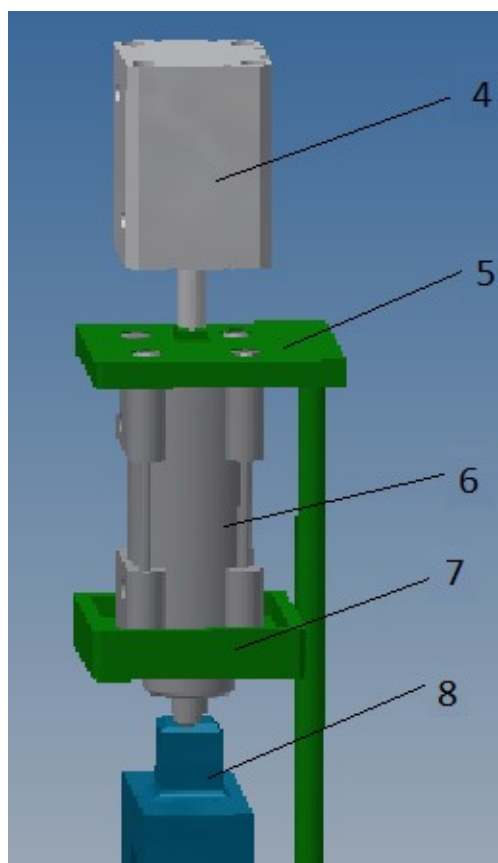
## 4.7 Volba pneumatických válců

Pneumatické válce byly voleny dle velikosti zdvihu a síly, kterou je zapotřebí vykonat. Pneumatické válce byly zvoleny od firmy FESTO. Pneumatické válce pro podávání svorek a pro přijetí do pracovní polohy (horní pneu. válec) byly voleny dle normy ISO 21287, válec pro sevření kleštin byl volen dle normy ISO 15552.

Pneumatický válec pro posuv svorky byl použit typ ADNP 20 – 40 IPA o zdvihu 40 mm a s vnitřním závitem (1). Válec je vložen do držáku, který je pevně spojen ke stolu (2). K pístu je našroubován nástavec pro posunutí svorky (3). Pro posuv do pracovní polohy byl použit válec typu ADNP 20 – 40 APA s vnějším závitem (4). K pístu je našroubována deska, která posouvá celou soustavu (5). Poslední válec typu DSBG 32 – 40 PPSA – N3 s vnějším závitem je určený pro sevření kleštin (6) a je upevněn k držáku (7) pomocí šroubů. K pístu je našroubován svěrač (8) sloužící k sevření kleštin.



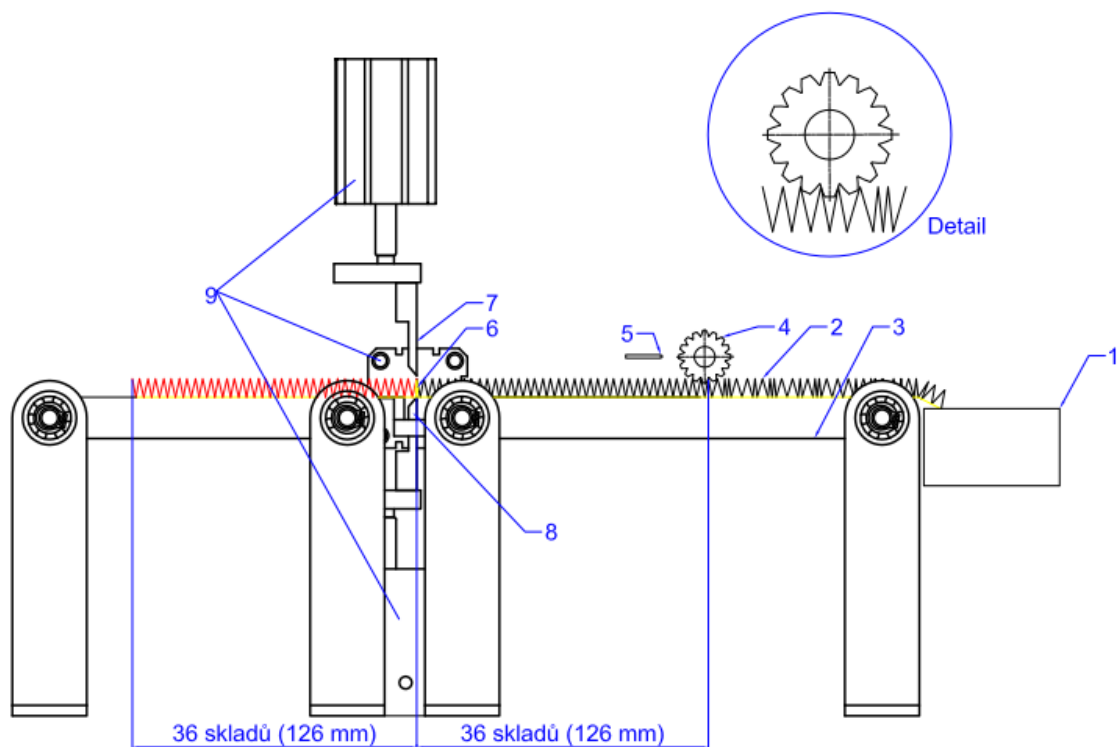
Obr. 30 – Válec pro posuv svorek



Obr. 31 – Válce pro posuv sevření

## 5 Návrh stříhacího zařízení filtru

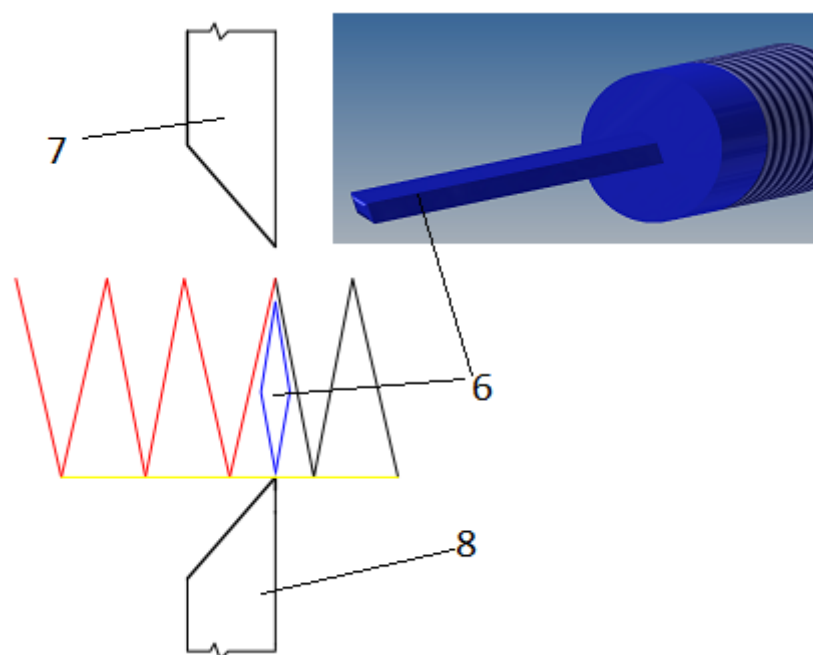
Nanovláknový filtr je skladován v bednách (1) o neurčité délce. Z bedny je filtr (2) dopravován pomocí dopravního pásu (3) k stříhacímu mechanismu. Filtr je zapotřebí stříhat na určitou délku. Tato délka je 126 mm (počet skladů 36 x rozteč skladu 3,5 mm). Na začátku není zajištěna stejná rozteč skladu. Pravidelnou rozteč filtru nám zajistí ozubené kolo (4) s 17 zuby. Tyto zuby mají tloušťku zubu 3,5 mm. Ozubené kolo je vloženo na hřídel, která je otáčena pomocí motoru. Ozubené kolo je v záběru s filtrem. Jeden zub se vždy dostane do záběru s jedním skladem a postupně při otáčení kola a posuvu filtru roztáhne sklad na požadovanou rozteč 3,5 mm. Při otočení 36 zubů dojde pomocí snímače (5) k zastavení ozubeného kola a dopravního pásu. Následně dojde ke stříhu filtru, který už má odpovídající počet skladů. Na začátku stříhacího procesu dojde při prvním zastavení kola ke stříhu naprázdno.



Obr. 32 – Střížný mechanismus

Po uvedených krocích dojde k samotnému stříhu filtru. Díky tomu, že filtr obsahuje fixační nitě je stříh obtížný a jen těžko lze provést stříh pomocí jedné

čepel. To znamená, že zvlášť se musí přestříhnout fixační niť a zvlášť netkaná textilie. To je vyřešeno pomocí středové čepel (6), která zajíždí mezi textilií a nitě. Dále pomocí dvou střížných nástrojů z čehož jeden stříhá textilií a druhý nitě. Středová čepel po zajištění do pracovní polohy plní opěrnou funkci a při stříhu nevykonává žádný pohyb. Poté dojde k samotnému stříhu, kdy horní střížný nástroj (7) stříhá netkanou textilií a pohybuje se směrem dolů, zatímco dolní střížný nástroj (8) stříhá fixační niť a pohybuje se směrem nahoru. Všechny pohyby jsou ovládány pomocí tří pneumatických pístů (9).



Obr. 33 – Detail střížného mechanismu



## 6 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout lisovací kleštiny, které by byly schopny spojit stěny kruhového nanovlákněného filtru. Nejdříve proběhlo experimentální měření síly potřebné k zmáčknutí mosazné svorky. Měřením se stanovila síla o velikosti 12 kN. Poté se navrhly kleštiny a celý ovládací mechanismus. Následně byla zhotovena výkresová dokumentace lisovacích kleštin.

Dále bylo navrženo stříhací zařízení pro oddělení potřebné délky filtru. Potřebná délka filtru se zajistila pomocí ozubeného kola, které zajistilo správný počet skladů. Po zastavení dopravního pásu dojde ke stříhu pneumaticky ovládanými čelistmi. Po dohodě s vedoucím práce se opustilo od výkresové dokumentace stříhacího zařízení.

## 7 Seznam příloh

P1	Sestava zařízení	–	B00
P2	Kleština pravá	–	B03
P3	Kleština levá	–	B04
P4	Svěrač	–	B05
P5	Držák filtru	–	B09
P6	Držák pístu 1	–	B10
P7	Držák pístu 2	–	B11
P8	Podavač svorek	–	B13
P9	Zásobník	–	B14
P10	Kryt	–	B15
P11	Svorka	–	B21

## Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] Obrázky nanovláken [online] 2015. Dostupné z internetu:  
<https://www.google.cz>
- [2] Výroba nanovláken [online] 2015. Dostupné z internetu:  
<https://www.google.cz>
- [3] Svoboda, David. Návrh mechanismu pro výrobu textilních filtračních vložek z netkané textilie tvořené nanovláknami. Liberec, 2012. Bakalářská práce. TU v Liberci
- [3] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: Strojnické tabulky. 3. doplněné vydání. Praha: Albra, 2006, 914 s.
- [4] PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled*. Vyd. 4., dopl. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010, 2 sv. (226, 236 s.).
- [5] Pneumatické píсты [online] 2015. Dostupné z internetu:  
[https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products)