

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Trhačka krimpovaných spojů

Sezimovo Ústí, 2016

Autor: Roman Kuklík



ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Roman Kuklík**
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy
Název práce: **Trhačka krimpovaných spojů**
Anglický název práce: **Tensile testing crimped joint**

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte návrh trhacího zařízení, které změří sílu potřebnou k utržení krimpovaného spoje.
2. Vytvořte funkční prototyp trhacího zařízení.
3. Ověřte správnou funkci trhacího zařízení a výsledky zdokumentujte.
4. Sestavte návod na obsluhu trhacího zařízení.
5. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.


Doporučená literatura:

- [1] MERKLE, D., SCHRADER, B., THOMES, M. Základy hydrauliky: Učebnice Festo Didactic, Denkendorf v Praze, 2002.
- [2] KOL. AUT.: *Sensors*. Festo, Esslingen 2012.
- [3] PAVLOK, B.: *Hydraulické prvky a systémy*. VŠB – Technická univerzita, Ostrava 2001.
- [4] Automation Technology: Pneumatic and electrical components. Festo, Esslingen 2014.


Vedoucí práce: Bc. et Bc. Miroslav V. Hospodářský, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí
Odborný konzultant práce: Ing. Tomáš Vančura, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí
Oponent práce: Ing. Ladislav Hovorka, Medical Technologies CZ, a. s., Benešov

Datum zadání absolventské práce: **1. 9. 2015**

Datum odevzdání absolventské práce: **6. 5. 2016**


Bc. et Bc. Miroslav V. Hospodářský
(vedoucí práce)





Ing. František Kamlach
(ředitel školy)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Sezimově Ústí dne 3.5.2016


podpis

Poděkování

Děkuji především vedoucímu absolventské práce Bc. et Bc. Miroslavu V. Hospodářskému za jeho trpělivost, cenné rady a čas, který věnoval mé práci. Dále bych chtěl poděkovat firmě Medical Technologies, a.s. za spolupráci a za čas, který mi věnovali. V neposlední řadě děkuji svým blízkým za podporu během studia.

Anotace

Tato absolventská práce se zabývá návrhem a výrobou trhacího zařízení nakrimpovaných spojů. Nejprve je vytvořen virtuální 3D model a výkresová dokumentace trhacího zařízení. Následně je provedena montáž vyrobených a zakoupených pneumatických prvků. Vyrobené trhací zařízení je následně podrobena měření a získané hodnoty jsou porovnány s dosud známými výsledky.

Klíčová slova: trhací zařízení, krimpování, nakrimpované spoje, testovací zařízení, pneumatické prvky.

Annotation

This graduation thesis deals with the design and manufacture of a device that tears crimped connections. At first it is created a virtual 3D model and necessary drawing of the device. Followed with an assembly of manufactured and purchased pneumatic components. A working tear device is then subsequently subjected to measurements and the values obtained are compared with widely known results.

Key words: blasting equipment, crimp, crimped connections, testing device, pneumatic components

Obsah

Seznam obrázků	vii
Seznam tabulek	viii
1 Úvod	1
2 Princip trhacího zařízení a návrh 3D modelu	3
2.1 Princip trhacího zařízení	4
2.2 Tvorba 3D modelu a výkresové dokumentace	5
2.3 Části trhacího zařízení	6
3 Výroba trhacího zařízení	7
3.1 Vyrobené části trhacího zařízení	8
3.1.1 Základní deska	9
3.1.2 Upínací deska	9
3.1.3 Držák pásoviny	10
3.1.4 Stabilizační deska	11
3.1.5 Upínací svěrák	11
3.1.6 Pásovina s výřezy	13
3.2 Zakoupené pneumatické prvky a siloměr	13
3.2.1 Pneumatický dvojčinný motor	14
3.2.2 Pneumatický 3/2 rozvaděč ovládaný tlačítkem	15
3.2.3 Pneumatický 5/2 rozvaděč	16
3.2.4 Příslušenství pneumatických prvků	16
3.2.5 Siloměr	18
4 Provedená měření	19
4.1 Měření a získané hodnoty	19

4.2 Porovnání naměřených hodnot	20
5 Závěr	21
Literatura	22
A Obsah přiloženého CD/DVD	I
B Použitý software	II
C Časový plán Absolventské práce	III
D Rozpočet projektu	IV
E Návod k obsluze	V
F Výkresová Dokumentace	VII

Seznam obrázků

2.1	Klidový stav zařízení	4
2.2	Zařízení v trhacím stavu	5
2.3	Části trhacího zařízení	6
3.1	Reálná sestava trhacího zařízení	7
3.2	Přehled jednotlivých částí trhačky	8
3.3	Základní deska	9
3.4	Znázornění virtuálního a reálného modelu desky	10
3.5	Znázornění virtuálního a reálného modelu držáku pásoviny	10
3.6	Znázornění virtuálního a reálného modelu stabilizační desky	11
3.7	Znázornění virtuálního a reálného modelu svěráku	12
3.8	Znázornění virtuálního a reálného modelu pásoviny s výřezy	13
3.9	Upínací deska k pneumotoru	14
3.10	Znázornění virtuálního a reálného modelu dvojčinného pneumotoru	14
3.11	Upínací deska k tlačítku	15
3.12	Znázornění virtuálního a reálného modelu tlačítka	15
3.13	Znázornění virtuálního a reálného modelu 5/2 rozvaděče	16
3.14	škrticí ventil	17
3.15	Příslušenství pneumatických prvků	17
3.16	Znázornění virtuálního a reálného modelu siloměru	18
4.1	Krimpovaný spoj	19

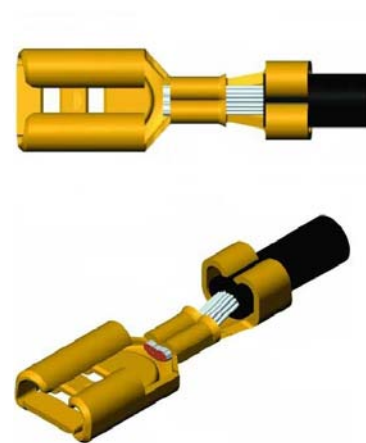
Seznam tabulek

4.1	Porovnávání naměřených hodnot	20
4.2	Trhací síla krimpovaných spojů	20
D.1	Finanční rozpočet projektu	IV

Kapitola 1

Úvod

Ve dnešním světě elektrotechniky jsou stále více využívány nakrmpované spoje, které nahrazují například spoje pájené. Jedná se tedy o způsob trvalého napojení konektoru na vodič bez použití pájení. Za pomoci speciálních tzv. krimpovacích kleští je konektor namáčknut pod vysokým tlakem na konec vodiče, čímž je vytvořen vodivý spoj. Během této operace dochází k tzv. tavení za studena (CONNECTIVITY, 2016). Avšak není pravidlem, že každý tento spoj je dobře nakrmpován. Při krimpování může dojít k chybám, které mají různé následky, jako například horší elektrickou vodivost nebo špatnou mechanickou pevnost spoje. Pro zjištění mechanické pevnosti se používá trhací zařízení, které změří trhací sílu těchto nakrmpovaných spojů.



Na trhu je nepřehledné množství trhacích zařízení, které se pohybují cenově okolo statisíc korun. Firma Medical Technologies, a.s. používá krimpované spoje víceméně ve všech svých zdravotnických přístrojích, které vyrábí. Autor této práce byl firmou požádán, aby navrhl a vyrobil trhací zařízení k testování nakrmpovaných spojů. Pro realizaci tohoto zařízení byly vybrány pneumatické prvky. Takto realizované trhací zařízení je unikátní, a nejedná se tak o zkopírovaný výrobek.

Cílem této práce je vytvořit virtuální 3D model trhacího zařízení krimpovaných spojů, vytvořit výkresovou dokumentaci a vyrobit jednotlivé díly k tomuto zařízení. Poté provést montáž vyrobených dílů a zakoupených pneumatických prvků. Dalším krokem je měřit jednotlivé druhy nakrmpovaných spojů a získané hodnoty porovnat s dosud známými hodnotami, které poskytla firma Medical Technologies, a.s. Následně vytvořit návod na obsluhu tohoto trhacího zařízení.

Struktura této práce, která je psaná v $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ ¹ (SCHENK, C., 2009) je následující. V kapitole 2 je stručně vysvětlen pojem krimpování, popsán princip trhacího zařízení a shrnuta tvorba 3D modelu. Kapitola 3 se zabývá výrobou trhacího zařízení a popisem jednotlivých součástí. Všechna provedená měření, která byla potřeba ke správné funkci tohoto zařízení, čtenář najde v kapitole 4, ve které je mimo jiné provedeno porovnání naměřených hodnot s dosud známými výsledky. V závěru, v kapitole 5 práce, čtenář nalezne shrnutí práce a zhodnocení dosažených výsledků.

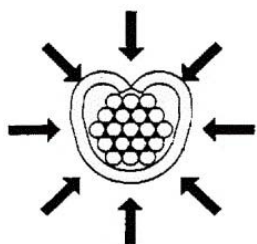
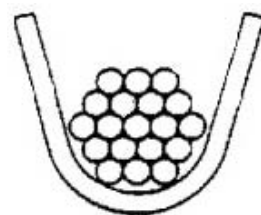
V přílohách pak čtenář najde ostatní náležitosti této práce. Obsah příloženého CD/DVD v příloze A. Dále pak použitý software v příloze B, časový plán absolventské práce v příloze C, rozpočet projektu v příloze D a výkresovou dokumentaci jednotlivých vyrobených dílů v příloze F. Pro pracovníky, kteří budou používat toto zařízení, autor vytvořil Návod k obsluze E.

¹ $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$, je rozšíření systému \LaTeX , což je kolekce maker pro \TeX . \TeX je ochranná známka American Mathematical Society. LaTeX čti [latech].

Kapitola 2

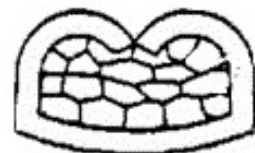
Princip trhacího zařízení a návrh 3D modelu

V této kapitole se čtenář dozví informace o krimpování a nakrimpovaných spojích. Dále bude čtenáři představeno trhací zařízení nakrimpovaných spojů. Na následujících stránkách se čtenář stručně seznámí s principem autorem vyrobeného trhacího zařízení, které je realizováno pomocí pneumatických prvků. Na obrázcích, které provázejí tuto stránku, je vidět proces krimpování ve třech krocích. Uložení vodiče do kontaktu, stlačení a následná deformace vodiče je základní princip nakrimpovaných spojů.



Krimpování je spojování elektrického nebo jiného vodiče s kontaktem. Vodič se vloží do svorky (kontaktu) a ta je za vysokého tlaku zdeformována. Dochází tak k tavení za studena, čímž se prakticky odstraní všechna prázdná místa v kontaktu. Touto technikou je dosaženo zaručené mechanické pevnosti a elektrické vodivosti celého nakrimpovaného spoje. U těchto spojů se nezvyšuje riziko koroze, protože se nejedná o mokrý proces. Pro tuto techniku není potřeba používat lepidla nebo pájecí pasty. Jedná se o velmi spolehlivý a poměrně jednoduchý způsob spojování vodiče s kontaktem.

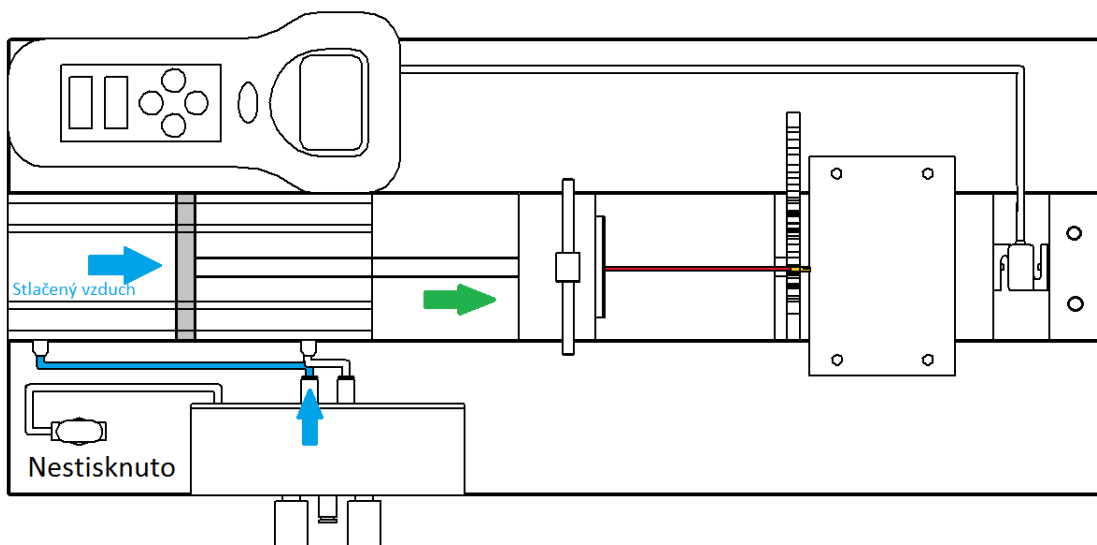
Pro krimpování se používá speciální nástroj, který se nazývá krimpovací kleště. Krimpovací kleště jsou speciálně vyrobeny pro tento účel. Při vyvinutí minimálního tlaku kleště dostatečně silně stlačí materiál, a tím se docílí pevného a trvalého spojení, které se v dnešním světě elektrotechniky využívá stále častěji. Například datové kabely využívané celosvětově pro připojení k internetové síti jsou popsáním způsobem nakrimpovány.



2.1 Princip trhacího zařízení

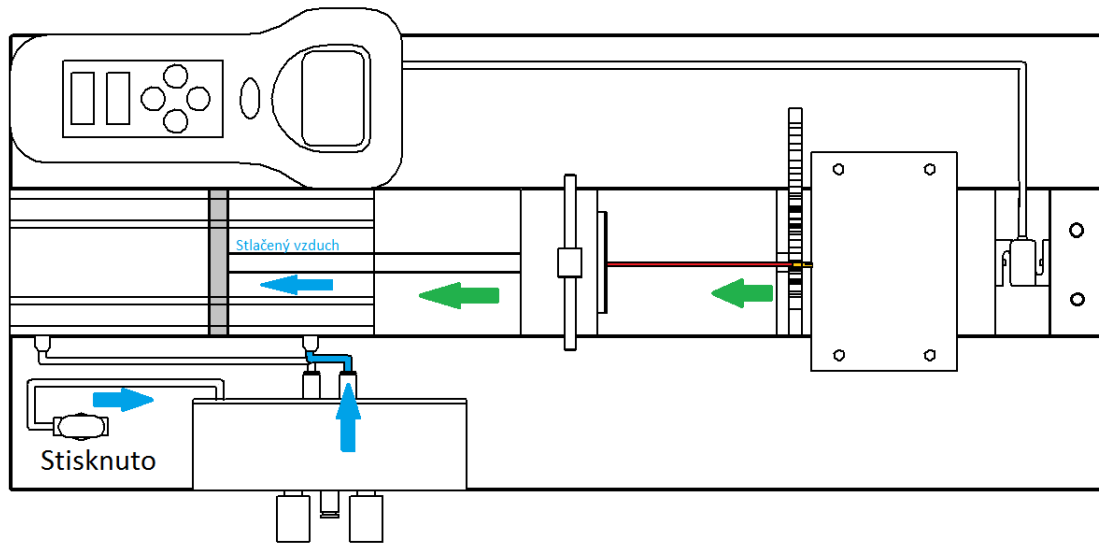
V následujících schématech je uveden princip trhacího zařízení nakrimpovaných spojů. Do svěráku se upne za jeden konec nakrimpovaný spoj a druhý konec, na kterém je nakrimpován kontakt, se zasekne do příslušného výřezu. Nakrimpovaný spoj je nyní připraven k trhací zkoušce.

Na obr. 2.1 je zobrazen klidový stav zařízení. Tlačítko neboli pneumatický 3/2 rozvaděč ovládaný tlačítkem není zmáčknuto. Na řídicí vstup 14 do 5/2 rozvaděče nepřichází stlačený vzduch. Rozvaděč je nastaven ve výchozí poloze a prochází jím stlačený vzduch na výstup 2. Z tohoto výstupu vzduch proudí do zadního vstupu pneumatického dvojčinného motoru. Stlačený vzduch tlačí na plochu pístu pneumotoru a je vysunut do přední pozice, ve které setrvává.



Obrázek 2.1: Klidový stav zařízení

Na obrázku obr. 2.2 je zobrazen trhací stav zařízení. Tlačítko, neboli pneumatický 3/2 rozvaděč ovládaný tlačítkem, je zmáčknuto, 5/2 rozvaděč je přenastaven do druhé polohy a rozvaděčem prochází stlačený vzduch na výstup 4. Z tohoto výstupu vzduch proudí do předního vstupu pneumatického dvojčinného motoru. Stlačený vzduch tlačí na opačnou plochu pístu a ten je navrácen do výchozí pozice. Zároveň dochází k úniku vzduchu ze zadní části válce. Po přerušení signálu z tlačítka je 5/2 rozvaděč pomocí pružiny navrácen do výchozí pozice a opakuje se princip klidového stavu tohoto zařízení.



Obrázek 2.2: Zařízení v trhacím stavu

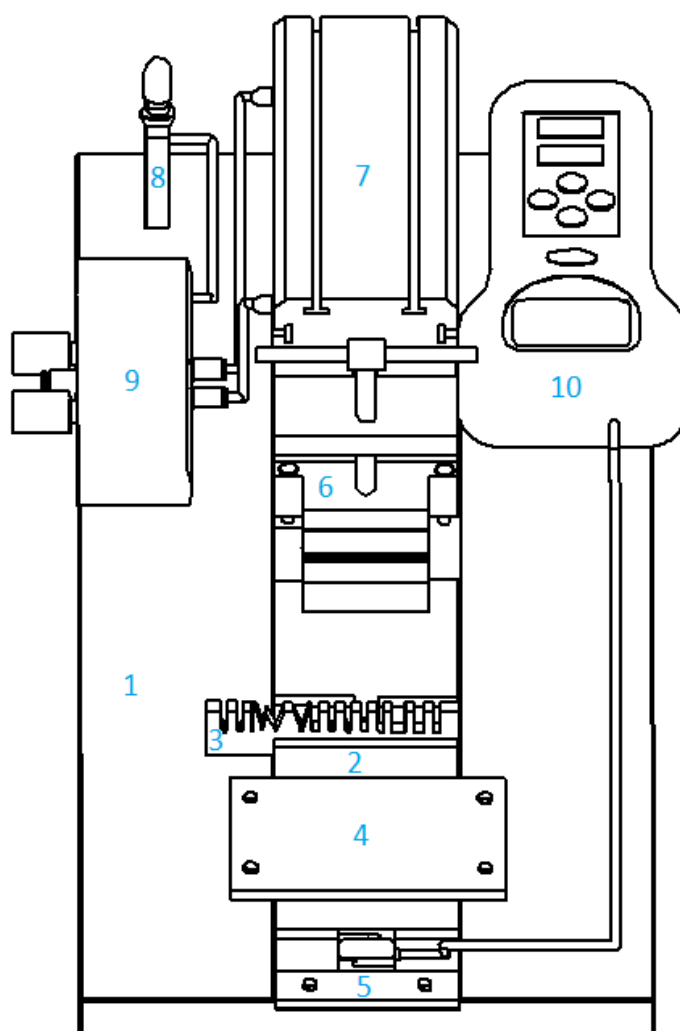
2.2 Tvorba 3D modelu a výkresové dokumentace

Virtuální model je používán pro odsimulování jeho činnosti a pro vytvoření celkové představy zařízení. V této práci nebylo třeba simulovat průběh činnosti zařízení, protože se jedná o poměrně jednoduchý typ činnosti. K tvorbě takového modelu jsou využívány různé programy, jako například Cinema 4D, Solid Works nebo Solid Edge ST6, který byl autorem použit pro zhotovení virtuálního 3D modelu trhacího zařízení. Nejprve byl vytvořen nový pracovní list, na který byla následně nakreslena skica. Ta byla poté vytažena do 3D pohledu, který se upravoval až do finální verze. Tímto způsobem byly vytvořeny všechny prvky, které byly následně sestaveny, čímž vznikla finální sestava. Z jednotlivých 3D modelů prvků byly vytvořeny pomocí funkce CreateDrawing výkresy, které byly následně okótovány a poté z nich byly vyrobeny reálné díly. Většina komponentů tohoto zařízení byla vyrobena autorem ve Vyšší odborné škole, Střední škole, Centru odborné přípravy, Sezimovo Ústí. Výkresy držáku pásoviny a stabilizační desky byly odeslány do firmy Nitara, s.r.o.¹ ke zhotovení. Veškeré výkresy jsou vyobrazeny v příloze F.

¹Firma Nitara - (<https://www.nitara.cz/>)

2.3 Části trhacího zařízení

Trhací zařízení nakrimpovaných spojů bylo sestaveno z následujících prvků. Základnu tohoto zařízení tvoří duralová deska, na které se nacházejí zbylé komponenty. Ty se skládají z vyrobených dílů, které byly převážně vyrobeny ve Vyšší odborné škole, Střední škole, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, a zakoupených dílů, které byly zakoupeny z firem Festo a M & B Caliber. Mezi díly, které byly vyrobeny, patří upínací deska, držák pásoviny, stabilizační deska, pásovina, kostka k 3/2 rozvaděči ovládanému tlačítkem a svěrák. Mezi zakoupené díly patří pneumatický dvojčinný válec, 5/2 rozvaděč monostabilní, 3/2 rozvaděč ovládaný tlačítkem, škrticí ventily a siloměr.

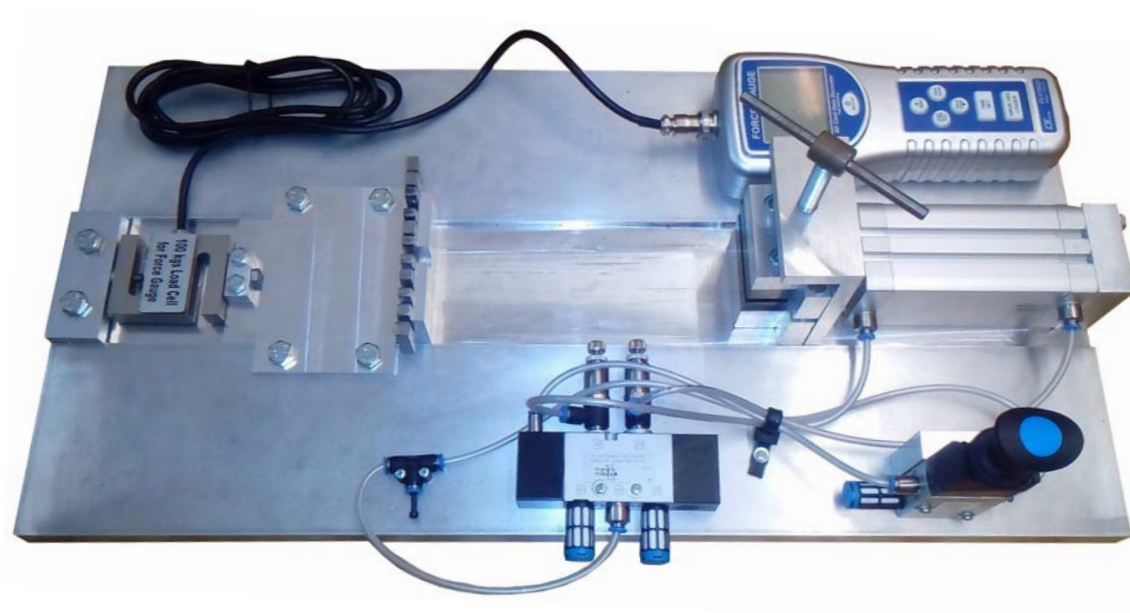


Obrázek 2.3: Části trhacího zařízení

Kapitola 3

Výroba trhacího zařízení

V této kapitole je popsána a znázorněna výroba jednotlivých částí trhacího zařízení, které byly použity na tuto práci. Jednotlivé části trhacího zařízení jsou znázorněné jako virtuální model a reálný prvek. Výkresovou dokumentaci všech součástí čtenář nalezne v příloze F. Vzorem pro výrobu trhacího zařízení byla trhací zařízení, která je možno zakoupit od specializovaných firem. Nicméně ceny podobných trhaček se pohybují v naprosto nesrovnatelných cenových relacích. Trhačka vyrobená autorem práce je zobrazena na následujícím obrázku.

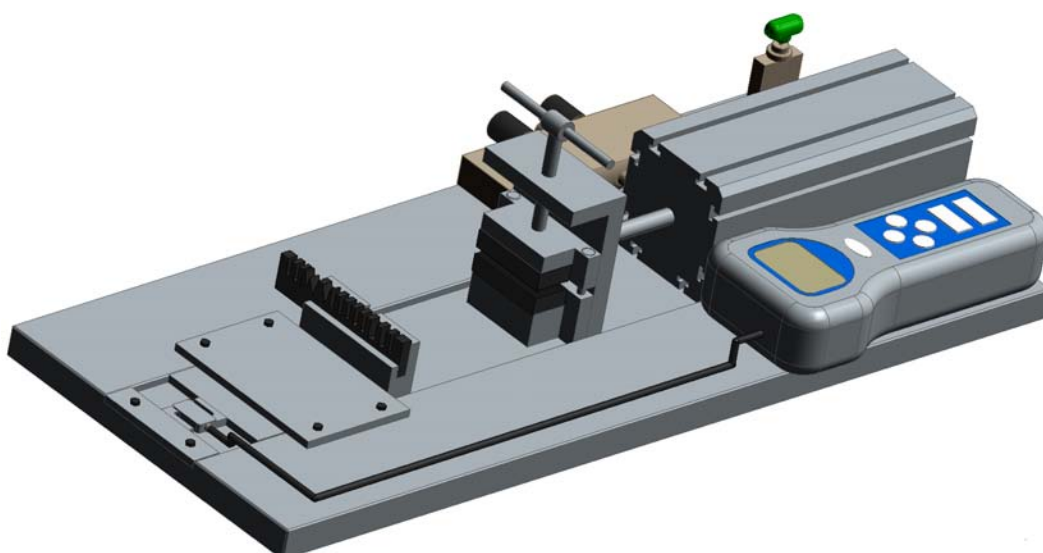


Obrázek 3.1: Reálná sestava trhacího zařízení

3.1 Vyrobené části trhačího zařízení

Zvolené materiály na výrobu

Výroba modelu trhačky nakrimpovaných spojů, kterou se tato práce zabývá, nebyla jednoduchou záležitostí, jak by se na první pohled mohlo zdát, vzhledem k tomu, že veškeré části trhačího zařízení kromě pneumatických prvků a siloměru jsou vlastní výroby. Při plánování výroby jednotlivých částí bylo zapotřebí klást důraz na výběr použitých materiálů. Důležitými vlastnostmi použitých materiálů je tvrdost, pružnost a hmotnost materiálu. Vzhledem k síle působící na materiál při testování a využívání trhačky je jakákoli deformace materiálu nežádoucí. Nejvíce zastoupený materiál zvolený pro výrobu součástí trhačího zařízení je letecký dural. Letecký dural je velmi lehký a snadno obrobitelný materiál. Základní deska, držák pásoviny, svěrák, stabilizační deska a kostka byly vyrobeny z duralu, protože vlastnosti leteckého duralu odpovídají požadavkům investorské firmy Medical Technologies¹. Jednou z podmínek firmy Medical Technologies byla hmotnost výsledného modelu. Jelikož bude model přenositelný, je nutné nepřekročit "rozumnou" hmotnost výsledného modelu. Čelisti svěráku a pásovina byly vyrobeny z oceli třídy 14220. Ocel byla vybrána vzhledem k její tvrdosti. Následně byly tyto ocelové části zakaleny a chemicky upraveny černěním, čímž bylo dosaženo pěkného vzhledu a především větší odolnosti proti korozi.

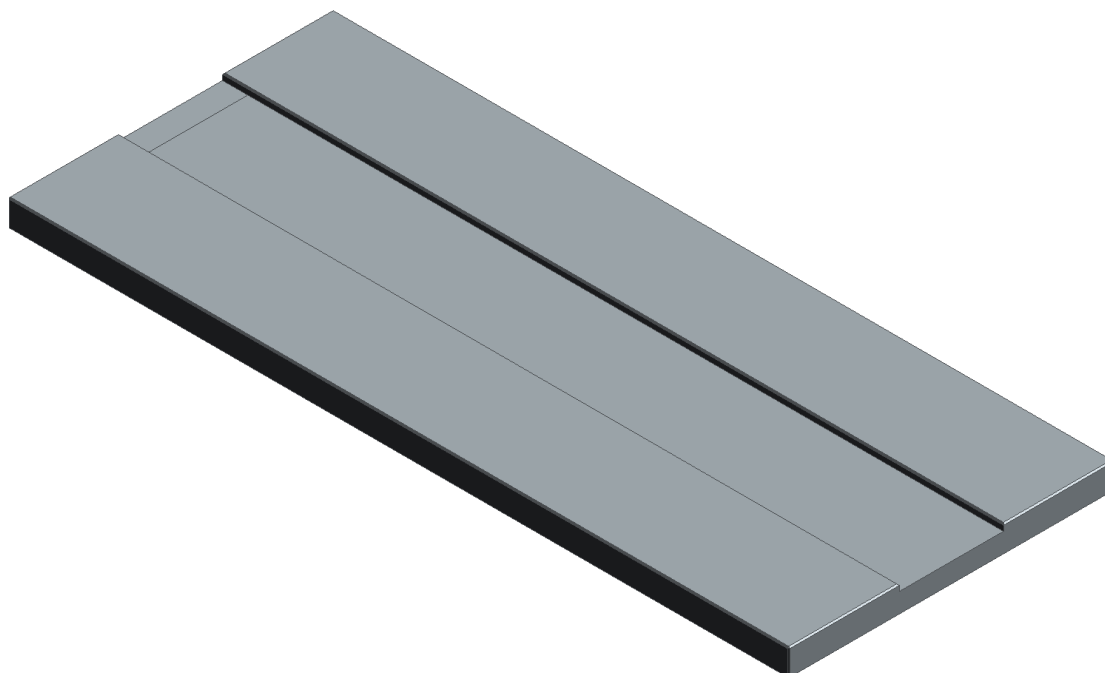


Obrázek 3.2: Přehled jednotlivých částí trhačky

¹Firma Medical Technologies - (<http://www.medtechnik.cz//>)

3.1.1 Základní deska

Základní deska z leteckého duralu byla obrobena na rozměry 600x300x20 mm. V jejím středu byla vyfrézována drážka se šířkou 80 mm a hloubkou 5,5 mm. Tato drážka slouží jako vodící kolejnice pro svěrák a držák pásoviny. Byla vyfrézována ve Vyšší odborné škole, Střední škole, Centru odborné přípravy Sezimovo Ústí. Všechny ostatní úpravy, jako je vrtání otvorů, srážení hran a leštění povrchu desky, provedl autor sám. Na této základní desce se nachází celá sestava trhacího zařízení.



Obrázek 3.3: Základní deska

3.1.2 Upínací deska

Deska z leteckého duralu byla obrobena na rozměry 80x30x7 mm. V horní části byly skrze celý materiál vyvrtány 2 otvory o průměru 9 mm. Slouží jako pevný bod, od kterého je odtahován snímač siloměru. V boční části ve středu tohoto prvku byl vyvrtán otvor a vyříznut závit M5 pro upnutí snímače siloměru. Do základní desky byly autorem vyvrtány otvory a vyříznuty závity M8. Následně byla upínací deska, na úplném konci vyfrézované drážky, spojena se základní deskou šrouby M8 se šestihrannou hlavou. U této části bylo potřeba, aby byla co možná nejpevnější, protože je nejvíce namáhána. Na

následujícím obr. 3.4(a) je zobrazen virtuální model desky vytvořený v softwaru Solid Edge. Na obr. 3.4(b) je zobrazena reálná část tohoto prvku. Autorovi této práce bylo umožněno vyrobit tuto součást ve Vyšší odborné škole, Střední škole, Centru odborné přípravy Sezimovo Ústí.



(a) virtuální model upínací desky

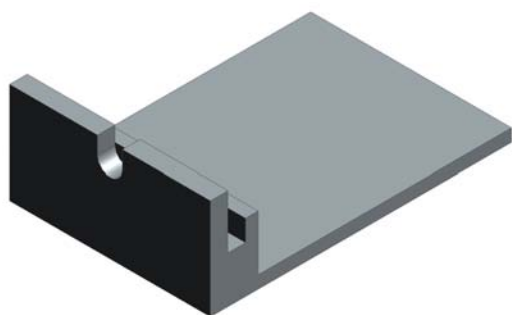


(b) reálné zobrazení upínací desky

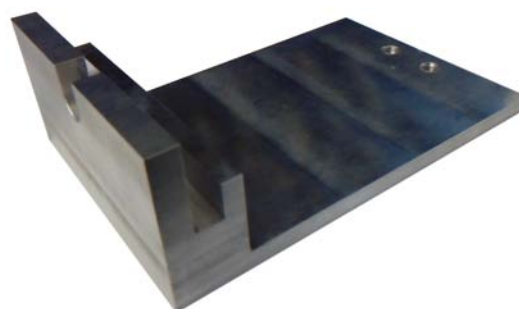
Obrázek 3.4: Znázornění virtuálního a reálného modelu desky

3.1.3 Držák pásoviny

Držák pásoviny z leteckého duralu byl vyroben na zakázku dle výkresu ve firmě Nitara, s.r.o. Jak už nadpis napovídá, jedná se o držák pásoviny, který byl vložen do vyfrézované drážky v základní desce. V zadní části byl vyvrtán otvor a následně vyříznut závit M5, který slouží k připojení druhého konce snímače siloměru. V přední části byla vyfrézována drážka o šířce 7 mm, do které byla vložena pásovina s výřezy.



(a) virtuální model držáku pásoviny

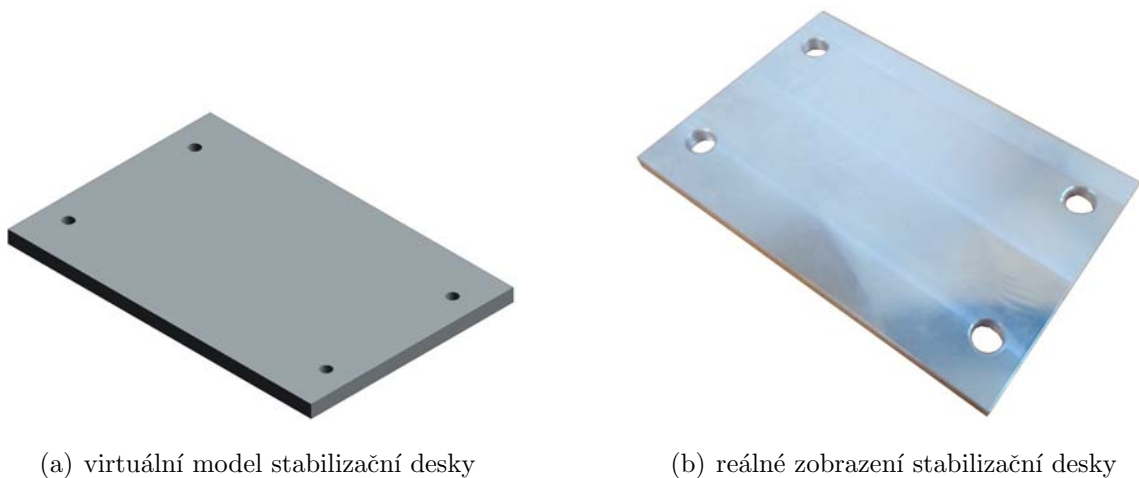


(b) reálné zobrazení držáku pásoviny

Obrázek 3.5: Znázornění virtuálního a reálného modelu držáku pásoviny

3.1.4 Stabilizační deska

Stabilizační deska z leteckého duralu byla vyrobena na zakázku dle výkresu. V rozích této desky byly vyvrtány otvory pro šrouby M8. Autorem byly do základní desky vyvrtány otvory a vyříznuty závity M8 a následně byly tyto dvě desky vzájemně spojeny. Stabilizační deska slouží ke stabilizování držáku pásoviny. Pokud by tato deska nebyla přidána, došlo by pravděpodobně k vychýlení držáku pásoviny a následně by se mohl zdeformovat snímač siloměru, což by bylo nežádoucí.

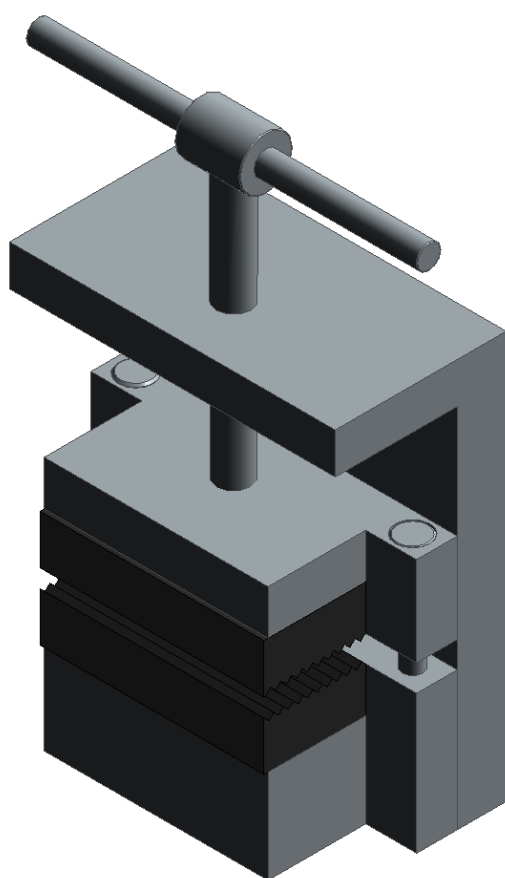


Obrázek 3.6: Znázornění virtuálního a reálného modelu stabilizační desky

3.1.5 Upínací svěrák

Upínací svěrák byl vyroben autorem této práce ve Vyšší odborné škole, Střední škole, Centru odborné přípravy Sezimovo Ústí. Skládá se z několika částí a je pevně připojen k pneumatickému dvojčinnému pneumotoru. Celý svěrák je tudíž pohyblivý a za účelem menší hmotnosti byl vyroben především z leteckého duralu. Čelisti a závitová tyč byly vyrobeny z oceli. Čelisti byly se spodní a vrchní částí svěráku spojeny šrouby M6. Do vrchní a spodní části byly vyvrtány otvory a do nich byly následně vloženy vodičí kolíky. Do vrchní části svěráku byl vyvrtán otvor o průměru 8 mm, do kterého byla vložena osoustružená tyč M10 s vytvořeným zápichem pro jisticí šroub. Ze strany této díry byl vyvrtán otvor a následně vyříznut závit M2, do kterého byl namontován šroub M2 zastávající funkci jisticího šroubu. Kvůli svírání a rozevírání vrchní části svěráku byla zhotovena z leteckého duralu součást tvaru L, která byla pevně spojena se spodní částí svěráku. Ve

vrchní části tohoto dílu byl vyvrtán otvor a následně vyříznut závit M10, do kterého byla našroubována závitová tyč. Na horní části této tyče bylo vysoustruženo osazení o průměru 8 mm a o délce 10 mm. Poté byla vyrobena klička, zhotovená z oceli. Doprstřed kličky byl vyvrtán otvor o průměru 8 mm, poté byla klička nasazena na závitovou tyč a do boční strany byl vyvrtán otvor a vyříznut závit M3, pro sešroubování těchto dvou částí. Klička byla autorem práce vyleštěna za pomoci brusného papíru a nalakována, aby nedocházelo ke korozi. Klička byla spojena se závitovou tyčí stavěcím šroubem M3 s otvorem pro imbusový klíč.



(a) virtuální model upínacího svěráku



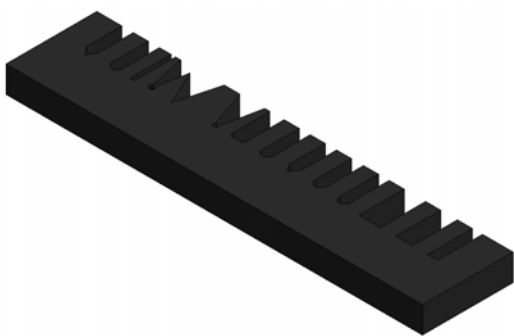
(b) reálné znázornění upínacího svěráku

Obrázek 3.7: Znázornění virtuálního a reálného modelu svěráku

Při výrobě a montáži svěráku se vyskytly menší chyby, které autor vzápětí vyřešil. Jednalo se především o špatně vyvrtané díry a náhlou korozi kličky, která nebyla nalakována. Při montáži se autor potýkal především se špatně zvolenou délkou šroubů a s obtížnou montáží čelistí na svěrák.

3.1.6 Pásovina s výřezy

Pásovina byla vyrobena z oceli. Byla obrobena na rozměry 110x30x7 mm. Výřezy byly vytvořeny autorem podle určitých druhů nakrimpovaných spojů. Každý výřez byl vytvářen na určitý druh kontaktu, je tedy zapotřebí správně zvolit jednotlivý výřez na testování určitého druhu nakrimpovaného spoje. Tyto výřezy slouží k zaháknutí nakrimpovaného spoje. Pásovina byla nasazena do drážky na držák pásoviny. Není pevně spojená s držákem pásoviny, proto je manipulace s touto pásovinou opravdu jednoduchá.



(a) virtuální model pásoviny s výřezy



(b) reálné zobrazení pásoviny s výřezy

Obrázek 3.8: Znázornění virtuálního a reálného modelu pásoviny s výřezy

3.2 Zakoupené pneumatické prvky a siloměr

Na následujících stránkách práce se čtenář seznámí se všemi pneumatickými prvky, které byly zakoupeny a použity pro tvorbu trhacího zařízení, které je předmětem této práce. Všechny pneumatické prvky byly zakoupeny od firmy Festo². Firma Festo je předním celosvětovým dodavatelem automatizační techniky, byla založena roku 1925. Od tohoto roku zásobuje svět automatizačními prvky, mezi které patří také prvky popsané na následujících stránkách práce. Pro potřeby této práce byl zakoupen pneumatický dvojčinný pneumotor, pneumatický 5/2 rozvaděč, pneumatický 3/2 rozvaděč ovládaný tlačítkem a škrticí ventily a hadice. Siloměr byl zakoupen ve firmě M & B Caliber Ivančice³.

²Firma Festo - (<https://www.festo.cz/>)

³Firma M & B Caliber - (<https://www.mbcaltibr.cz/>)

3.2.1 Pneumatický dvojčinný motor

Pneumatický dvojčinný motor je navržen tak, aby dokázal vyvinout sílu 750 N. Princip tohoto pneumotoru je jednoduchý. Po přivedení stlačeného vzduchu na první vstup tohoto dvojčinného motoru dojde k vyjetí pístnice. Po přivedení stlačeného vzduchu na druhý vstup dojde k opětovnému zajetí pístnice do výchozí polohy (FESTO, 2016). Na obr. 3.10(a) je znázorněn virtuální model tohoto pneumatického pohonu a na obr. 3.10(b) je znázorněn reálný pneumatický prvek.

Pro upnutí tohoto pneumotoru byla vyrobena duralová deska, která byla obrobena na rozměry 54,5x54,5x20 mm. Byla pevně spojena se základní deskou šrouby M8 s hlavou pro imbusový klíč. pneumotor byl na tuto desku přišroubován šrouby M5.



Obrázek 3.9: Upínací deska k pneumotoru



(a) virtuální model dvojčinného pneumotoru



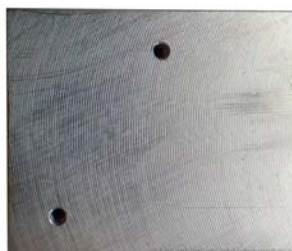
(b) reálné znázornění dvojčinného pneumotoru

Obrázek 3.10: Znázornění virtuálního a reálného modelu dvojčinného pneumotoru

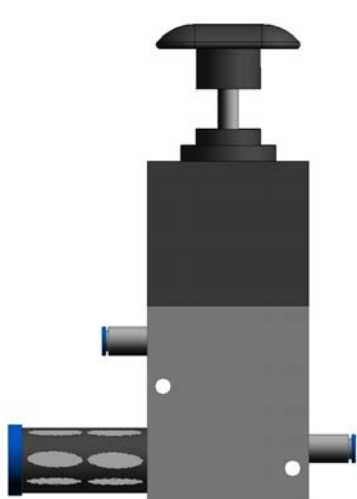
3.2.2 Pneumatický 3/2 rozvaděč ovládaný tlačítkem

Jedná se o třícestný dvoupolohový rozvaděč ovládaný tlačítkem, které ovládá přímo uživatel. Po zmáčknutí a držení tlačítka dojde k přepnutí cesty a stlačený vzduch je vyslán dále do obvodu. V tomto případě je vyslán na vstup pneumatického 5/2 rozvaděče. Po uvolnění tlačítka je cesta navracena do výchozí polohy a stlačený vzduch je blokován (FESTO, 2016). Na obrázku obr. 3.12(a) je znázorněn virtuální model tohoto rozvaděče a na obrázku obr. 3.12(b) je znázorněn reálný pneumatický prvek.

Pro upnutí tohoto rozvaděče byla vyrobena duralová deska, která byla obrobena na rozměry 50x42x15 mm. Byla pevně spojena se základní deskou šrouby M8 s hlavou pro imbusový klíč. Rozvaděč byl na tuto desku přišroubován šrouby M3.



Obrázek 3.11: Upínací deska k tlačítku



(a) virtuální model tlačítka

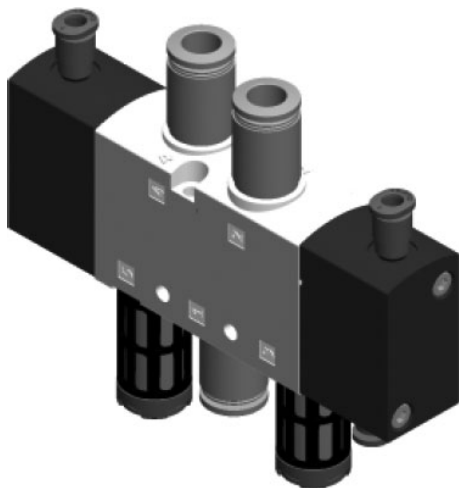


(b) reálný model tlačítka

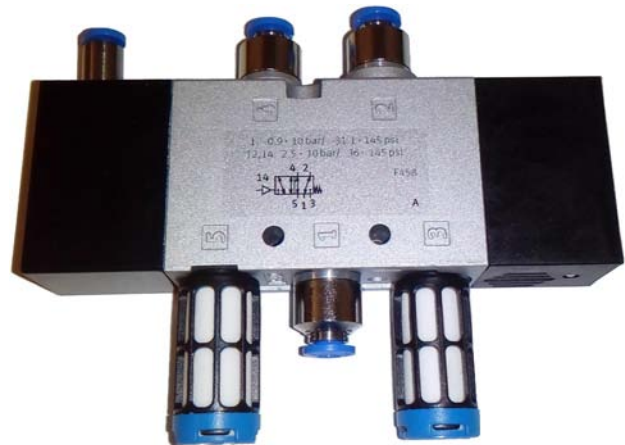
Obrázek 3.12: Znázornění virtuálního a reálného modelu tlačítka

3.2.3 Pneumatický 5/2 rozvaděč

Jedná se o pneumatický 5/2 rozvaděč neboli 5/2 monostabilní rozvaděč. To znamená, že jde o pěticestný dvoupolohový rozvaděč, který se navrácí do výchozí polohy pomocí pružiny. Princip tohoto rozvaděče je následující. Po přivedení stlačeného vzduchu na vstup je dosaženo přepnutí cesty stačeného vzduchu. Stlačený vzduch je rozvaděčem vysílán do dalšího prvku, v tomto případě je vysílán přes škrticí ventil do dvojčinného pneumotoru. Při poklesu tlaku na vstupu tohoto rozvaděče dojde pomocí pružiny k navrácení cesty do výchozí polohy a rozvaděč přestává vysílat stlačený vzduch dále do obvodu (FESTO, 2016). Na obr. 3.13(a) je znázorněn virtuální model tohoto rozvaděče a na obr. 3.13(b) je znázorněn reálný pneumatický prvek.



(a) virtuální model 5/2 rozvaděče



(b) reálné znázornění 5/2 rozvaděče

Obrázek 3.13: Znázornění virtuálního a reálného modelu 5/2 rozvaděče

3.2.4 Příslušenství pneumatických prvků

Do příslušenství pneumatických prvků byly zahrnuty škrticí ventily, které slouží k omezení průtoku stlačeného vzduchu obvodem. Jeden z těchto ventilů je znázorněn na obrázku obr. 3.14 jako reálný prvek. Dalším příslušenstvím jsou hadice, kterými proudí stlačený vzduch. Jedná se o hadice firmy Festo o průměru 4 mm. V této práci bylo použito nástrčné šroubení ve tvaru T. Slouží pouze k rozvětvení obvodu do dvou směrů. Toto nástrčné šroubení je vyobrazeno na obrázku obr. 3.15(a). Dále byly použity tlumiče hluku, které nebyly součástí balení zakoupených rozvaděčů, a musely se tedy dokoupit.

Tyto tlumiče, jak název napovídá, slouží k tlumení hluku, který je vydáván odfuky z pneumatických rozvaděčů. Jeden z těchto tlumičů je vyobrazen na obrázku obr. 3.15(b).



Obrázek 3.14: škrticí ventil



(a) nástrčné šroubení



(b) tlumič hluku

Obrázek 3.15: Příslušenství pneumatických prvků

Tlumič hluku je komponenta nacházející se v každé pneumatické sestavě. Je však důležité zmínit, že sestava je zcela funkční i bez této komponenty, instalují se pouze pro větší komfort obsluhy.

Na následující stránce se čtenář seznámí možná s nejdůležitější částí trhacího zařízení, což je siloměr.

3.2.5 Siloměr

Siloměr byl zakoupen od firmy M & B Caliber. Jedná se o typ FG-6100 SD, který má měřicí rozsah do 100 kg v tahu či tlaku. Přístroj disponuje funkcí Peak Hold, a tudíž může měřit špičkovou hodnotu silového tahu i tlaku. Před začátkem měření stačí stisknout tlačítko PEAK a během měření se uloží špičková hodnota a zobrazí se na display siloměru (M & B CALIBER, 2016). Součástí balení byl i snímač siloměru. Siloměr je umístěn na základní desce tak, aby jej bylo možné odejmout z důvodu výměny baterií. Zajímavé je, že siloměr je jednoznačně nejdražší část modelu. Cena siloměru FG-6100 SD je k nahlédnutí v příloze D.



(a) virtuální zobrazení siloměru



(b) reálné zobrazení siloměru

Obrázek 3.16: Znázornění virtuálního a reálného modelu siloměru

Kapitola 4

Provedená měření

V této kapitole se čtenář dozví informace o provedeném měření nakrimpovaných spojů. Tyto nakrimpované spoje byly dodány firmou MedicalTechnologis, a.s. Autor této práce provedl testování těchto spojů na vyrobeném zařízení a následně získané hodnoty porovnal s dosud známými výsledky, čímž ověřil správnou funkčnost přístroje.

4.1 Měření a získané hodnoty

Na samotném začátku měření musel autor dopravit trhací zařízení do Vyšší odborné školy, Střední školy, Centra odborné přípravy Sezimovo Ústí. V této instituci mu bylo umožněno připojit zařízení na obvod stlačeného vzduchu a zahájit měření. Jak postupovat při testování nakrimpovaných spojů najde čtenář v návodu k obsluze v příloze E. Po odzkoušení několika dodaných spojů byly naměřené hodnoty zaneseny do tabulky, viz tab. 4.1. Z této tabulky lze vyvodit, že naměřené hodnoty jsou vyšší než požadované hodnoty firmy. Lze tedy usoudit, že všechny dodané nakrimpované spoje byly správně nakrimpovány. V tab. 4.2 jsou pro zpřesnění zaneseny minimální hodnoty trhací síly pro každý průřez vodiče. Tyto hodnoty jsou v souladu s normou pro testování 16h of IEC 60512. Na obr. 4.1 byl pro lepší představu znázorněn nakrimpovaný spoj, který musí mít minimální trhací sílu 310 N.



Obrázek 4.1: Krimpovaný spoj

4.2 Porovnání naměřených hodnot

Tabulka 4.1: Porovnávání naměřených hodnot

Průřez vodiče [mm ²]	Požadované hodnoty [N]	Naměřené hodnoty [N]
0,22	20	21
0,5	60	62,2
0,82	90	106
2,5	235	292
4	310	360

Tabulka 4.2: Trhací síla krimpovaných spojů

Průřez vodiče [mm ²]	Průřez vodiče [AWG]	Trhací síla [N]
0,05	30	6
0,08	28	11
0,12	26	15
0,14		18
0,22	24	28
0,25		32
0,32	22	40
0,5	20	60
0,75		85
0,82	18	90
1,0		108
1,3	16	135
1,5		150
2,1	14	200
2,5		230
3,3	12	275
4,0		310
5,3	10	355
6,0		360
8,4	8	370

Kapitola 5

Závěr

V absolventské práci se autorovi podařilo splnit všechny části zadání práce. Prvním úkolem práce bylo navrhnout a vytvořit virtuální 3D model trhacího zařízení krimpovaných spojů. Druhým úkolem práce bylo vytvořit výkresovou dokumentaci a vyrobit jednotlivé díly k tomuto zařízení. Dalším úkolem práce bylo provést montáž vyrobených dílů a zakoupených pneumatických prvků. Nezbytnou součástí práce bylo měření jednotlivých druhů nakrimpovaných spojů a získané hodnoty porovnat s dosud známými hodnotami, které poskytla firma Medical Technologies, a.s. Posledním úkolem práce bylo vytvořit návod na obsluhu tohoto trhacího zařízení.

Cílem práce tedy bylo navrhnout a vyrobit trhací zařízení pro testování kvality nakrimpovaných spojů, následně zařízení otestovat a sepsat manuál pro zaměstnance firmy, kteří budou trhačku obsluhovat. Toto zařízení bylo vyrobeno na zakázku pro firmu Medical Technologies, a.s.

Po vytvoření 3D modelu (kapitola 2) a výkresové dokumentace (příloha F) jednotlivých dílů autor vyrobil některé součásti trhacího zařízení (základní desku, svěrák atd.) Více informací ohledně jednotlivých dílů v kapitole 3. Nezbytné pneumatické prvky byly zakoupeny od firmy Festo. Siloměr byl zakoupen od firmy M & B Caliber. Následujícím krokem byla montáž zařízení, při které autor narazil na nespočet překážek a "drobných" problémů, které obratem vyřešil. Po úspěšné montáži zařízení autor otestoval pevnost nakrimpovaných spojů, které poskytla firma Medical Technologies, a.s. Naměřené hodnoty autor porovnal s již známými hodnotami.

Vyrobené trhací zařízení je umístěno v zadavatelské firmě a je aktivně využíváno pro testování nakrimpovaných spojů. Firma Medical Technologies, a.s. díky tomuto zařízení ušetří desítky tisíc korun.

Literatura

CONNECTIVITY, T. (2016), *Příručka „základy krimpovací techniky“*.

FESTO (2016). [cit. 2016-04-10], <http://www.festo.cz/>.

M & B CALIBER (2016). [cit. 2016-04-11], <http://www.mbcaltbr.cz/>.

SCHENK, C. (2009), MiKTeX [online]. [cit. 2009-06-16], <http://www.miktex.org/>.

Příloha A

Obsah přiloženého CD/DVD

K této práci je přiloženo CD/DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v \LaTeX 2 ϵ
- Výkresová dokumentace a virtuální modely
 - Virtuální modely
 - Sestava
 - Výkresová dokumentace
- Kuklik_AP_2015.pdf – absolventská práce ve formátu PDF

Příloha B

Použitý software

Gimp 2.8.16 \langle <http://www.gimp.org/> \rangle

L^AT_EX 2 ϵ \langle <http://www.miktex.org/> \rangle

Solid Edge ST6 \langle <https://www.plm.automation.siemens.com/> \rangle

WinEdt 6.0 \langle <http://www.winedt.com/> \rangle

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo jeho licenci toho času vlastní Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a vytvořil tuto absolventskou práci.

Příloha C

Časový plán Absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
Návrh virtuálního modelu zařízení	1 měsíc	15.12.2015	15.12.2015
Výkresová dokumentace	2 týdny	15.1.2016	15.1.2016
Objednávka komponentů	3 týdny	27.01.2016	27.01.2016
Výroba jednotlivých dílů	1 měsíc	25.02.2016	25.02.2016
Montáž vyrobených a zokoupených dílů	2 týdny	25.03.2016	25.05.2016
Oživení zařízení	2 týdny	14.04.2016	14.04.2016
Testování zařízení	1 týden	20.04.2016	20.04.2016
AP: kapitola Úvod	1 měsíc	20.01.2016	20.01.2016
AP: kompletní text	2 měsíce		20.4.2016
AP: jazyková korektura	1 týden		28.04.2016

Příloha D

Rozpočet projektu

Následující tabulka uvádí finanční rozpočet modelu zahrnující nákupy jednotlivých součástí a zakázky realizované mimo školu. Ceny jsou uvedeny včetně DPH a obvykle včetně poštovného a balného.

Tabulka D.1: Finanční rozpočet projektu

Komponenta	Kusů	Cena za kus	Cena celkem
Pneumatický dvojitý motor	1	3285,-	3285,-
Pneumatický 3/2 rozvaděč	1	3303,-	3303,-
Pneumatický 5/2 rozvaděč	1	1842,-	1842,-
Škrtkový ventil	2	1446,-	2892,-
Siloměr	1	13 189,-	13 189,-
Drobný materiál	-	-	500,-
Výroba na zakázku	2	-	2226,-
Celkem	-	-	27 237,-

Příloha E

Návod k obsluze

Trhací zařízení slouží k testování nakrimpovaných spojů. Pomocí zabudovaného siloměru lze změřit maximální trhací sílu, při které ztratí spoj své vlastnosti a zdeformuje se. Toto zařízení pracuje na základě pneumatických prvků a siloměru.

Návod na přípravu přístroje

- Zařízení položte na pevnou pracovní plochu.
- Z nástrčného šroubení tvaru T vyjměte zátku a připojte hadici, která přivádí stlačený vzduch.
- Zapněte siloměr tlačítkem BACKLIGHT a stiskněte tlačítko PEAK (tato funkce znamená, že při testování siloměr zaznamená nejvyšší naměřenou hodnotu a tu zobrazí na display siloměru).
- Vynulujte siloměr pomocí tlačítka ZERO.
- Nyní je zařízení připraveno k testování.

Návod na upevnění nakrimpovaného spoje

- Na pásovině zvolte příslušný výřez, který odpovídá testovanému spoji.

- Nasaďte vodič do výřezu tak, aby se konektor zasekl o boční stranu pásoviny.
- Druhý konec vodiče vložte do svěráku, napněte ho a utáhněte čelisti svěráku.
- Nyní je nakrimpovaný spoj připraven k testování.

Postup při měření

- Stiskem a držením tlačítka se svěrák dá do pohybu směrem k pneumatickému dvojčinnému motoru.
- Jakmile dojde k vytržení vodiče z kontaktu, je nakrimpovaný spoj otestován.
- Uvolněte ruku z tlačítka a svěrák se pomalu vrátí do výchozí polohy.
- Po návratu svěráku do výchozí polohy můžete bez problému vyjmout vodič ze svěráku.
- Pro další testování stiskněte tlačítko ZERO na siloměru a opakujte tento postup.

Bezpečnost

- Zařízení nenechávejte ve vlhkém a prašném prostředí.
- Nevytahujte hadice ze zařízení, které je připojeno k obvodu se stlačeným vzduchem.
- Při testování nakrimpovaných spojů nesahejte na spoj ani do prostoru, kde se pohybuje svěrák.
- Při čištění zařízení nepoužívejte vodu (nejlepší je zařízení pouze ofouknout vzduchem nebo omést štětcem).
- Zhruba jednou za měsíc nastříkejte pod svěrák silikonový olej.

Příloha F

Výkresová Dokumentace