

Konstrukční návrh modernizace natáčečky matic

Bc. Martin Groš

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Groš**
Osobní číslo: **T18303**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukční návrh modernizace natáčečky matic**

Zásady pro vypracování

- analýza současného stavu (zhodnocení technického stavu a úrovně automatizace, analýza výkonu zařízení vs. roční potřeba natáčení)
- návrh modernizace a automatizace, odhad nákladů a návratnosti
- konstrukční návrh vodících lišt pro nové výrobky (rozšíření výrobního portfolia)

Forma zpracování diplomové práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. KOLÍBAL, Zdeněk. *Technologičnost konstrukce a retrofitting výrobních strojů*. V Brně: VUTIUM, 2010, 335 s. ISBN 978-80-214-3765-4.
2. ZELENKA, Antonín, Milan HANINGER a Vratislav PRECLÍK. *Projektování procesů obrábění a montáží*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, 190 s. ISBN 80-01-02013-4.
3. MÁDL, Jan, Martin VRABEC a Antonín ZELENKA. *Technologičnost konstrukce: obrábění a montáže*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 136 s. ISBN 8001032884.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Michal Sedlačík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 10. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem modernizace stroje zvaného natáčečka matic. Teoretická část postupně řeší problematiku šroubových spojů, čepů, kolíků, svařování a způsobů automatizace. Dále byl proveden popis současného stavu pracoviště a jeho úskalí. Praktická část se zaměřuje na konstrukci nového způsobu uchycení a vyhození šroubů a vytvoření nového zásobníku. Konstrukce modelů a sestav je řešena v programu Autodesk Inventor 2017.

Klíčová slova: Šrouby, Automatizace, Pneumatika, Konstrukce, Modernizace

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the constructional design of modernization of a machine. The theoretical part gradually deals with the problematics of screw connections, plugs, welding and ways of automation. In addition, it includes a description of the current state of workplaces and their drawbacks. The practical part deals with the construction of a new way of attaching and disposing screws and the creation of a new tank. Construction of models and compositions are done in the Autodesk Inventor 2017 program.

Key words: Screws, Automation, Pneumatic System, Construction, Modernization

PODĚKOVÁNÍ

Tímto způsobem bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Michalovi Sedlačikovi, Ph.D. a všem, kteří mi pomohli s vytvořením této práce, především Ing. Miroslavovi Macháčovi. Děkuji všem za ochotu a čas, který mi dlouhodobě věnovali a cenné rady, které mi předali v průběhu tvorby této práce.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	11
2 TEORIE ŠROUBOVÁNÍ	12
2.1 ŠROUBOVÉ SPOJE.....	12
2.1.1 Závity	12
2.1.1.1 Metrický závit	14
2.1.2 Typy šroubů, matic a podložek	15
2.1.2.1 Tvary šroubů	16
2.1.2.2 Tvary matic	17
2.1.2.3 Tvary podložek	17
2.2 MATERIÁL ŠROUBŮ A MATIC	18
2.3 SPOJE S VYUŽITÍM TVARU.....	19
2.3.1 Kolíky.....	19
2.3.2 Čepy	20
2.4 SPOJE S VYUŽITÍM MATERIÁLU.....	21
2.4.1 Svarové spoje	21
3 AUTOMATIZACE	22
3.1 PNEUMATICKÉ AKČNÍ ČLENY.....	22
3.1.1 Pohony.....	22
3.1.1.1 Lineární pohony	23
3.2 ROZVADĚČE A VENTILY.....	24
3.2.1 Rozvaděče	24
3.2.2 Ventily.....	26
3.3 ČIDLA.....	26
4 SOUČASNÝ STAV PRACOVIŠTĚ	27
4.1 RUČNÍ NATÁČENÍ	28
4.1.1 Monotonie práce.....	29
4.2 POPIS STROJE.....	30
4.2.1 Pravá strana	30
4.2.2 Levá strana	34
5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
6 CÍLE PRÁCE	41
7 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU.....	42
7.1 MOŽNOSTI VÝROBY.....	42
7.1.1 Ruční výroba	42
7.1.2 Poloautomatická výroba.....	44

7.2	NUTNÉ KONSTRUKČNÍ ZMĚNY	45
7.3	ŘEŠENÉ ŠROUBY	46
7.3.1	Spojkové šrouby	47
7.3.2	Hákový šroub M22xL	48
8	ZMĚNA UPNUTÍ A VYHOZENÍ	49
9	ZÁSOBNÍK	59
10	CENOVÁ KALKULACE MODERNIZACE	69
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM TABULEK	77
	SEZNAM PŘÍLOH	78

ÚVOD

V posledních letech stále častěji slyšíme o nedostatku pracovních sil na trhu práce. Řešením tohoto problému by mohla být automatizace stávajících procesů, pomocí které by šlo dosáhnout vyšší efektivity výroby. Tato práce se bude zabývat konstrukčním návrhem modernizace stroje zvaného natáčečka matic ve firmě Šroubárna Kyjov, spol. s r.o.

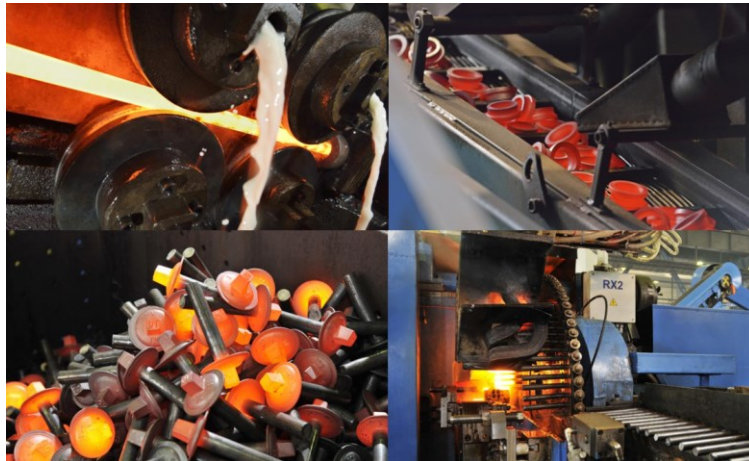
Teoretická část práce se postupně zabývá řešením problematiky šroubových spojů, dále pak také ostatních způsobů spojení, kterých je v této práci využito, jako jsou například kolíky, čepy a svarové spoje. V závěru jsou popsány možnosti automatizace procesu pomocí pneumatiky a popis stávajícího pracovního prostředí.

Praktická část postupně probere jednotlivé konstrukční úpravy, pomocí nichž se podaří dosáhnout rozšíření výrobního sortimentu a automatizace celého procesu. Součástí této práce jsou i modely jednotlivých komponent a výkresová dokumentace.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Jak už bylo řečeno v úvodu, tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem modernizace stroje firemně označovaného jako natáčka matic. Tento stroj se ve firmě Šroubárna Kyjov, spol. s r.o. využívá ke spojení vyrobených šroubů a matic. Šroubárna Kyjov je firma založená roku 1950 zaměřená na výrobu spojovacích materiálů a výkovků pro železnice, stavebnictví, strojírenství, důlní a automobilový průmysl. Nejvýznamnější část produkce představuje výroba pražcových, svěrkových a konstrukčních šroubů a matic. Dále také výroba součástí pro speciální použití jako jsou nýty, čepy, kotevní šrouby, háky a další. Tuto výrobu obstarávají vysokovýkonné tvářecí linky určené pro tváření za tepla i za studena, které jsou z velké části zkonstruované a vyrobené interně ve firmě. [6]



Obr. 1 Výroba za tepla [6]

V posledních letech dochází k nárůstu výroby výkovků pro automobilový průmysl, výroba váček a přesně obráběných dílů, jako jsou například polotovary ložisek. Takto zaměřený sortiment výroby a dlouhodobá pozice na trhu umožnila firmě získat zákazníky nejenom v Evropě, ale po celém světě. K dnešnímu dni lze najít výrobky společnosti Šroubárna Kyjov, spol. s r.o. ve více než dvaceti zemích. Samotný podíl exportu do zahraničí přesáhl 85 % veškeré výroby. [6]



Obr. 2 Obrobené ložiskové kroužky [6]

2 TEORIE ŠROUBOVÁNÍ

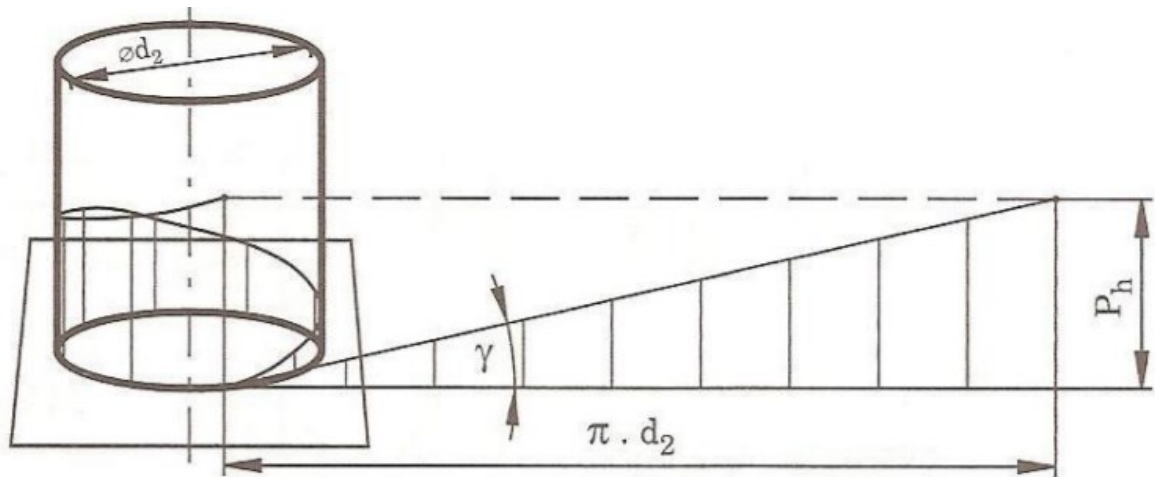
Protože šrouby budou hrát velkou roli v této diplomové práci, je dobré si na úvod objasnit princip fungování takových šroubů, jejich parametry a základní vlastnosti. Šroubová spojení jsou jednou z nejrozšířenějších a nejčastěji používaných technologií spojování součástí. Jedná se o tzv. rozebíratelné spoje, tudíž je umožněna opětovná montáž a demontáž spojů. Další výhodou je možnost spojovat dva a více materiálů rozdílných vlastností, jako jsou například dřevo a kov. V neposlední řadě patří mezi výhody šroubových spojení jejich jednoduchost, vysoká spolehlivost a konstrukční rozmanitost. [1]

2.1 Šroubové spoje

Šroubové spoje patří mezi univerzální konstrukční prvky, které se hojně využívají pro spojování konstrukcí, jejich jednotlivých částí a dílů. Jak už bylo řečeno, jedná se o rozebíratelné spoje, které lze demontovat, aniž by došlo k porušení spojovaných a spojovacích součástí. Podle funkce můžeme dělit šrouby spojovací, pohybové a speciální. Spojovací šrouby slouží pro pevná spojení dvou a více součástí a k jejich případné opětovné demontáži. Naopak pohybové šrouby slouží k přenosu otáčivého pohybu na posuvný pohyb, případně naopak posuvný pohyb na pohyb otáčivý. Šrouby pro speciální účely mohou být například stavěcí šrouby, případně šrouby závěsné. Většinou se šroubový spoj skládá ze šroubu, matice a jedné, případně více podložek. V některých případech může být matice nahrazena závitem vyřezaným přímo v jedné ze spojovaných částí. Samotná podložka také není nutná ve všech případech a často se může vynechat. Šroubové spoje patří ke spojům se silovým stykem, spojované části jsou pevně sevřeny mezi hlavou šroubu a maticí, čímž dochází k přenosu sil působících hlavně v ose šroubu, může však docházet i k přenosu sil kolmo na osu šroubu. Veškeré rozměry, tvary, typy, mechanické vlastnosti, třídy pevnosti a značení všech dílů šroubových spojů jsou normalizovány dle příslušných norem např. ČSN ISO 5408. [1] [2]

2.1.1 Závity

Závit je funkční část jak šroubu, tak i matice, které společně realizují spojení součástí. Závit je tvořen závitovým profilem navinutým na šroubovici vzniklé navinutí pravoúhlého trojúhelníku na válcové jádro d_2 se stoupáním P_h . [2] [3]



Obr. 3 Princip závitu na válcové ploše [3]

Výpočet stoupání závitu:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P_h}{\pi * d_2} [\text{rad}] \quad (1)$$

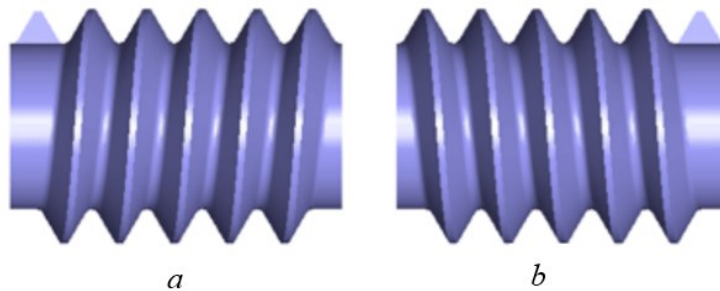
$$P_h = n * P [\text{mm}] \quad (2)$$

γ [rad]	úhel stoupání závitu
P_h [mm]	stoupání závitu
n [-]	počet chodů závitu
P [mm]	rozteč závitu
d_2 [mm]	střední průměr závitu

Jednotlivé závity se od sebe liší a lze je od sebe rozlišovat dle tří kritérií:

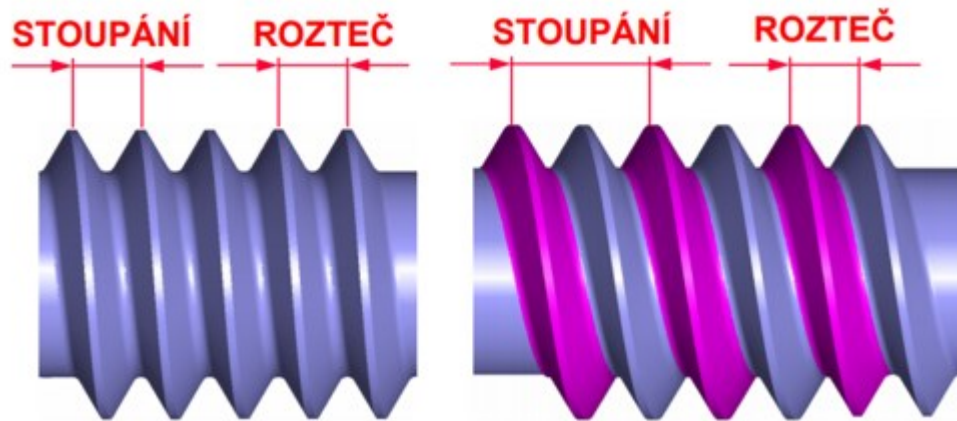
1. Podle smyslu otáčení

- Právě závity
- Levé závity



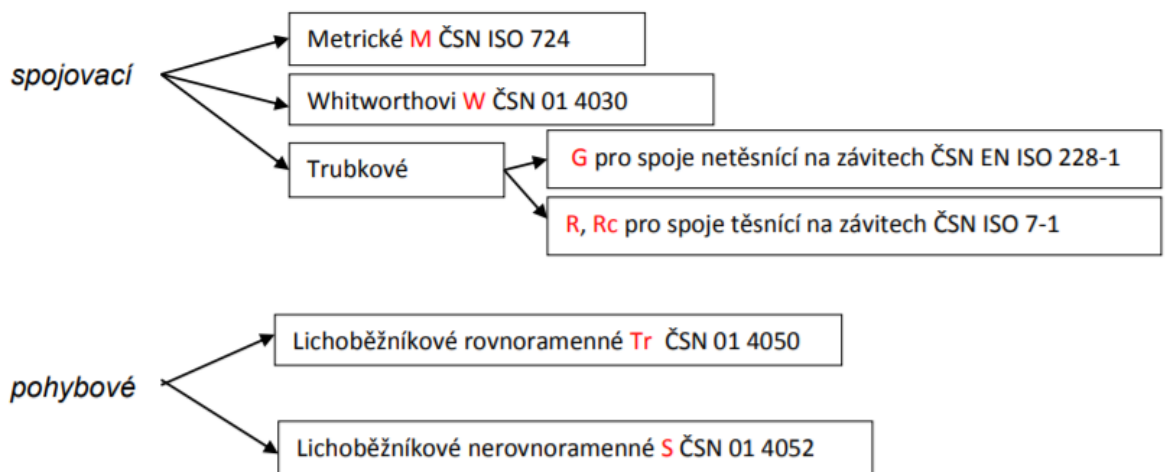
Obr. 4 Rozdíl mezi a) levým a b) pravým závitem [5]

2. Podle počtu šroubovic
 - Jednochodé závity
 - Vícechodé závity



Obr. 5 Jednochodé a vícechodé závity [5]

3. Podle tvaru závitového profilu

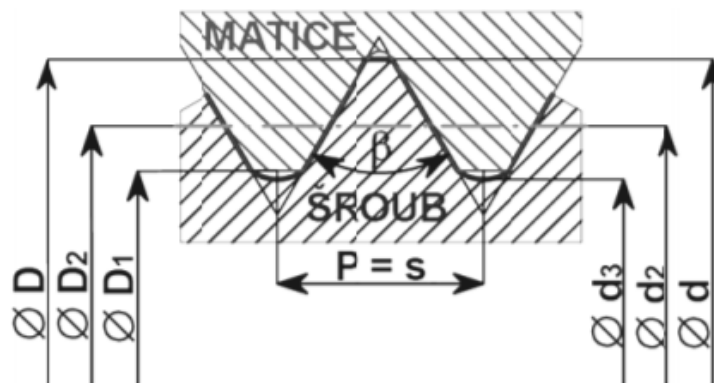


Obr. 6 Rozdělení podle tvaru závitového profilu [4]

2.1.1.1 Metrický závit

Metrický závit je bezesporu nejčastěji používaným druhem závitu. Krom toho všechny šrouby určené k natočení matic ve stroji, stejně jako všechny šrouby použité při konstrukci v praktické části této diplomové práce mají metrický závit, proto je důležité znát jeho základní parametry stejně jako jeho značení. Metrický závit se značí pomocí písmena (M) a je

tvořen rovnostranným trojúhelníkem o vrcholovém úhlu 60° se zaříznutým hřbetem a zaobleným dnem [3]



d – jmenovitý průměr závitu šroubu, D – jmenovitý průměr závitu matice, d_1 – malý průměr závitu šroubu, D_1 – malý průměr závitu matice, d_3 – nejmenší průměr závitu šroubu, d_2 – střední průměr závitu šroubu, D_2 – střední průměr závitu matice, P – rozteč závitu, s – stoupání závitu, β – úhel profilu závitu

Obr. 7 Základní rozměry závitu [8]

Metrické závity lze rozdělit podle stoupání na závity hrubé řady a jemné řady. Šrouby hrubé řady jsou nejrozšířenější a nejčastěji se používají pro všeobecná běžná spojení (např. M20). Šrouby jemné řady mají menší stoupání závitu a hojně se využívají především v leteckém a automobilovém průmyslu, v jemné mechanice a elektrotechnice. Jejich označení obsahuje kromě velkého průměru závitu také stoupání (např. M 12 x 1,5).[3]

Důležitým faktorem, podle kterého lze posuzovat závit šroubů, je podmínka samosvornosti. Samosvorný šroub je takový šroub, u kterého nedojde působením osové síly k otočení matice. Veškeré spojovací šrouby proto musejí být samosvorné, naopak nesamosvorné šrouby využívají těchto vlastností dále a používají se u některých mechanismů. Nesamosvorné šrouby lze většinou rozeznat značně velkou roztečí závitu. [9]

Podmínka samosvornosti:

$$\alpha < \varphi \rightarrow \text{závit je samosvorný}$$

$$\alpha > \varphi \rightarrow \text{závit je nesamosvorný}$$

α úhle stoupání závitu,

φ třecí úhel.

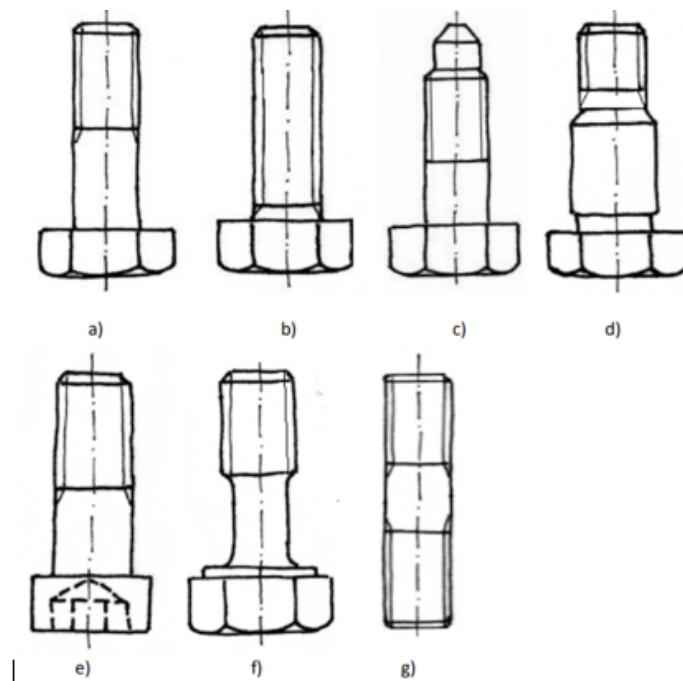
2.1.2 Typy šroubů, matic a podložek

Šrouby a šroubové spoje lze dělit podle jejich tvaru a účelu například na standardní šroubové spoje, jako jsou šroubové spoje s šroubem a maticí, šroubový spoj s šroubem a závitěm ve spojovací desce nebo například závrtné šrouby. Dále lze dělit na speciální šroubové spoje, jako jsou základové, rozpěrací, napínací či závěsné šroubové spoje. [3] [8]

2.1.2.1 Tvary šroubů

Normy předepisují veškeré tvary a rozměry jednotlivých šroubů a matic. Jednotlivé šrouby se pak dají dělit například podle tvaru hlavy, který se může lišit podle požadavků, které jsou na takovýto šroub kladeny. Nejčastěji využívanými jsou šrouby s šestihrannou hlavou, která poskytuje dobré vedení pro klíč při utahování. Pokud je potřeba dodržet menší vzdálenosti mezi jednotlivými šrouby nebo nesmí šroub vyčnívat ze součásti, pak se s výhodou volí šroub s válcovou hlavou. V některých případech je také vhodné využít šrouby s drážkou na hlavě. Takovéto šrouby se utahují šroubovákem, a proto se jedná především o menší šrouby s malými rozměry závitu a malými utahovacími silami. [8] [9]

Také tvar dřívku hraje velkou roli a jejich podoba může být rozmanitá. Kromě samotných délek dřívků se může měnit i jejich funkce. Například lícované šrouby slouží k zachycení příčných sil nebo udržení přesné vzájemné polohy součástí. U závrtných šroubů dochází k nahrazení hlavy dřívkem, čímž lze zabránit otáčení při utahování a uvolňování matice. Stavěcí šrouby se pak používají například pro zajištění polohy náboje na hřídeli. [8] [9]

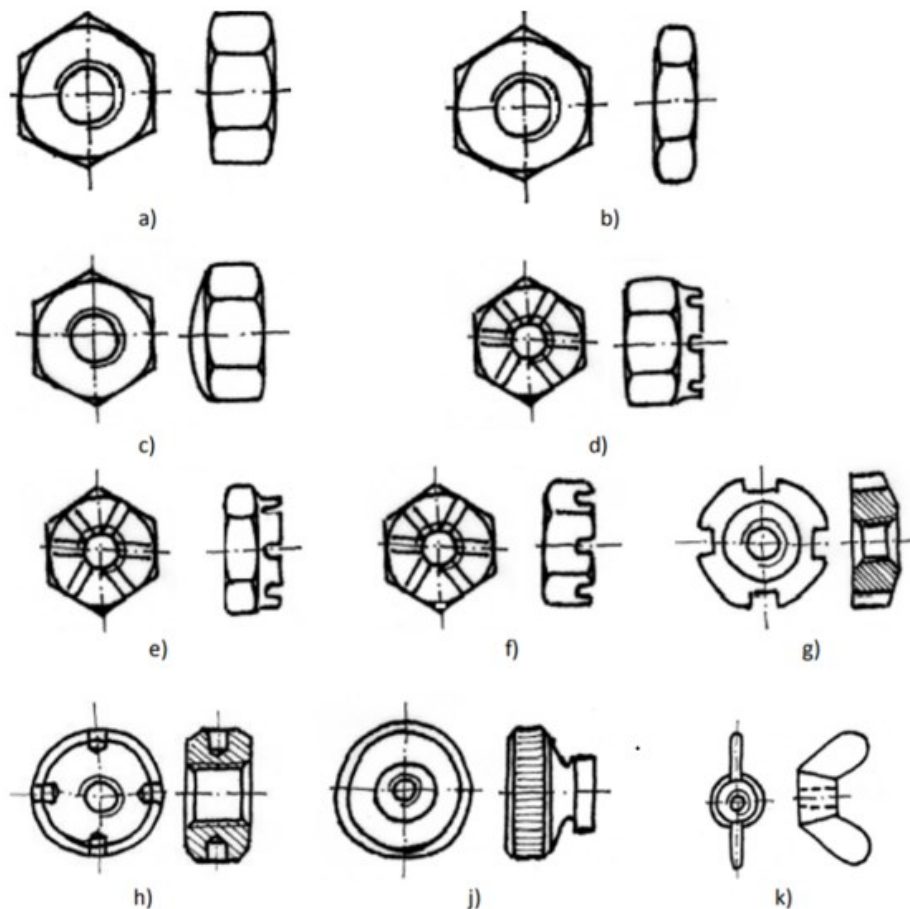


a) Šrouby se šestihrannou hlavou, b) Šrouby se šestihrannou hlavou a závitem u hlavy, c) Šrouby se šestihrannou hlavou a čípkem, d) Lícované šrouby se šestihrannou hlavou, e) Šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem f) Šrouby se šestihrannou hlavou (pružné), g) Závrtné šrouby

Obr. 8 Některé vybrané druhy šroubů dle ČSN [8]

2.1.2.2 Tvary matic

Matic se mohou obdobně jako šrouby lišit tvarem, a to podle toho, k jakému účelu se používají. Nejčastěji používané jsou pak šestihranné matice, méně často se pak vyskytují matice čtyřhranné a matice se speciálními tvary (korunové, křídlové, rýhované). Výška standardní matice je pak 0,8x průměr závitu. U více namáhaných součástí je možné se setkat výškou 1,5x průměr závitu. Naopak u méně namáhaných součástí se používají tzv. matice snížené, tj. 0,5x průměr závitu. Hrany matic bývají nejčastěji sraženy kuželovou plochou. [3] [9]



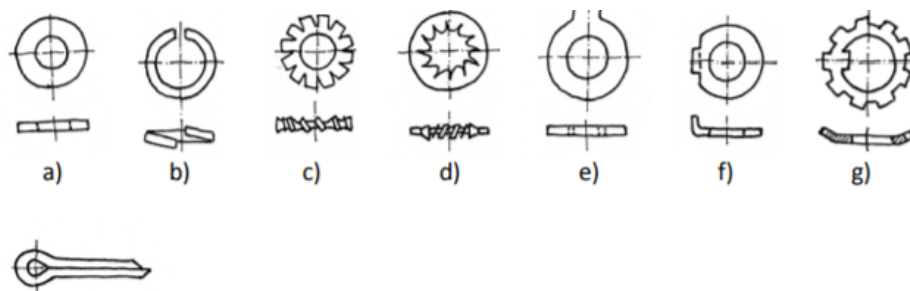
a) Šestihranná matice b) Šestihranná matice nízká c) Šestihranná matice uzavřená d) Korunová matice
e) Korunová matice nízká f) Korunová matice g) Upínací a stahovací kruhová matice se zářezy na obvodě h) Kruhová matice se zářezy na obvodě i) Rýhovaná matice k) Křídlová matice

Obr. 9 Některé vybrané druhy matic dle ČSN [8]

2.1.2.3 Tvary podložek

Podložky se vkládají pod matice, případně hlavy šroubů. Ne ve všech případech je nutno použít podložku i přesto že mají pozitivní vliv na šroubový spoj. Zmenšují tlak matice nebo hlavy šroubu na dosedací plochu, vyrovnávají nerovnosti a sklon dosedací plochy, zabraňují odírání spojových součástí, pojistné a pružné podložky také slouží k zajištění matice proti

uvolnění. Velkou výhodou je také využití podložek v případech, kdy šroub prochází drážkou případně dírou s velkou vůlí. [9] [12]



a) Podložka b) Podložka pružná c) Vějířová podložka s vnějším ozubením d) Vějířová podložka s vnitřním ozubením matice e) Pojistná podložka s jazyčkem f) Pojistná podložka s nosem g) Pojistná podložka typ MP h) Závlačka

Obr. 10 Některé vybrané druhy podložek dle ČSN [8]

2.2 Materiál šroubů a matic

Nejčastěji používaným materiálem pro výrobu šroubů a matic jsou oceli různých tříd pevnosti s ohledem na účel spoje, druh namáhání a provedení. Mechanické vlastnosti takovýchto šroubů jsou předepsány normou EN ISO 898. Pro spojovací šrouby jsou vhodnější oceli vyšších mezí pružnosti. Nejčastěji se používají uhlíkové oceli S195T, případně ušlechtilé uhlíkové oceli C35. Pro vysoce namáhané šrouby, které jsou například vystaveny vysokým teplotám, se volí ušlechtilé slitinové oceli S355J0WP. [9] [12]

Třída pevnosti se u šroubů udává dvěma čísly např. 4.6:

- Pokud je první číslo vynásobeno stem, je získána pevnost v tahu R_m [MPa],
- Pakliže je první číslo vynásobeno desetinasobkem druhého čísla, je získána mez kluzu R_e [MPa].

Tab. 1 Pevnostní třídy šroubů

ŠROUB			SPOJ
Třída pevnosti	Pevnost v tahu R_m [MPa]	Mez kluzu R_e [MPa]	Namáhání spoje
4.6	400	240	Nízké
4.8	400	320	Nízké
5.8	500	400	Nízké
6.8	600	480	Nízké
8.8	800	640	Střední
10.9	1000	900	Vysoké
12.9	1200	1080	Velmi vysoké

2.3 Spoje s využitím tvaru

2.3.1 Kolíky

Kolíky jsou často považovány za nejstarší a nejjednodušší způsob spojení součástí. Kolíky se často využívají k pevnému nebo pohyblivému spojení dvou součástí, případně k zachycení střížných sil působící na šrouby. Lze je použít i ke spojení hřídele s nábojem a centrování dvou součástí. Kolíky bývají v jedné nebo více spojovaných součástech usazeny s předpětím. [8] [14] [3]

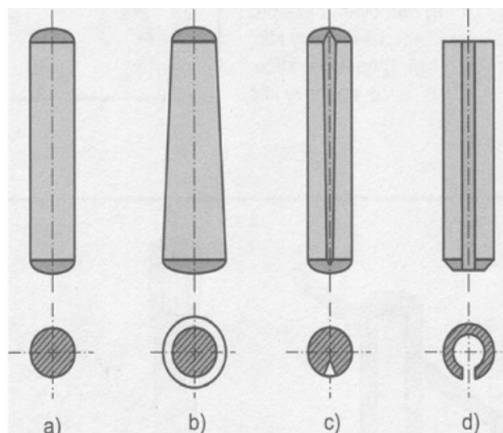
Tento spoj je zaručen pomocí:

- Přesahu kolíku oproti díře,
- Kuželovým tvarem kolíku,
- Deformací kolíku. [14]

Kolíky jsou považovány za rozebíratelné spoje, avšak při častější montáži a demontáži dochází ke snížení jejich spolehlivosti. Mezi časté důvody využití kolíků patří jejich nízká cena a jednoduchost a normalizované tvary. [8] [14] [3]

Kolíky se dělí na:

- a) Válcové,
- b) Kuželové,
- c) Rýhované,
- d) Pružinové. [14]



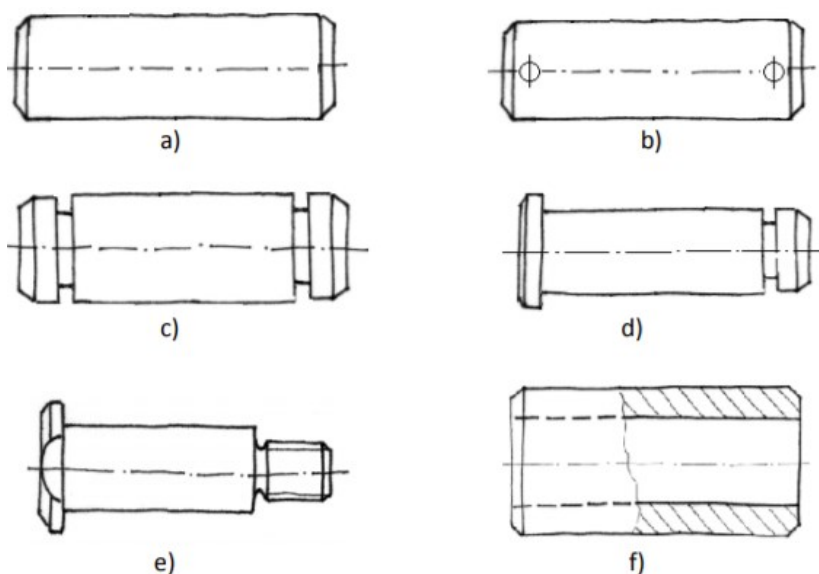
Obr. 11 Druhy kolíků [19]

2.3.2 Čepy

Čepy se využívají k rozebíratelnému kloubovému spojení např. táhel nebo vidlic. Čepy jsou vlastně takové tlustší kolíky, které však svojí funkcí mohou nahrazovat krátké hřídele. Při vzájemném pohybu je nutno čepy pravidelně mazat, a proto jsou některé čepy opatřeny mazacími kanálky. Aby byla zmenšena váha čepu, jsou některé čepy větších průměrů vyrobeny duté. [8] [14]

Čepů existuje spousta druhů a variant, mezi které patří například:

- a) Hladký čep,
- b) Hladký čep s otvory pro závlačku,
- c) Hladký čep s drážkou pro pojistný kroužek,
- d) Čep s hlavou a drážkou pro pojistný kroužek (případně otvorem pro závlačku),
- e) Čep s hlavou a závitovým koncem,
- f) Dutý čep. [8]



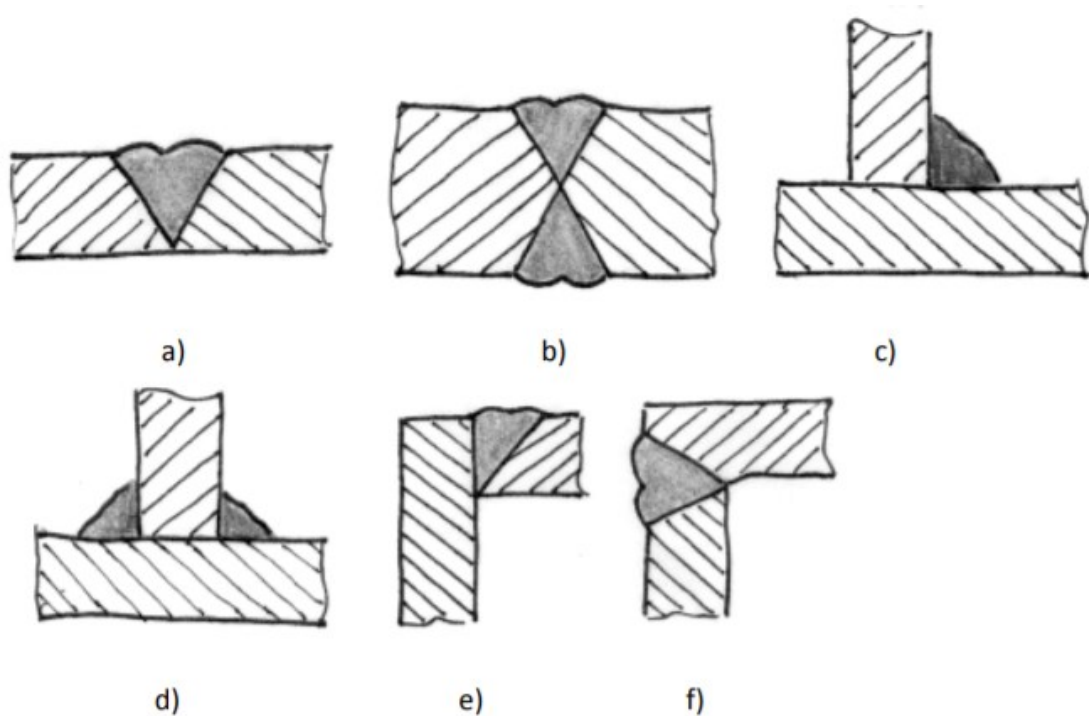
Obr. 12 Druhy čepů [8]

Čepy je nutno zajistit proti podélnému posunutí. K těmto účelům slouží závlačky, pojistné třmenové kroužky, pojistné kroužky (Seegerovými pojistkami), matice na závitovém konci, kuželové kolíky, stavěcí kroužky, přídržky nebo stavěcími šrouby. [1] [14]

2.4 Spoje s využitím materiálu

2.4.1 Svarové spoje

Svarové spoje jsou nejčastěji používané nerozebíratelné spoje ve strojírenství. Charakterizujeme je jako nerozebíratelný spoj s materiálovým stykem vytvořený působením tepla či tlaku s možností použití přídavného materiálu stejného nebo podobného složení jako jsou svařované součásti. Nejčastějším materiálem pro svařování jsou nízkouhlíkové oceli, svařovat se však dá například nerezová ocel, plast nebo hliníkové slitiny. Svařování je poměrně levná a jednoduchá metoda výroby například nových strojů a součástí, kterou lze také využít při opravách. Využívá se především pro kusovou nebo malo-sériovou výrobu, u velkých sérií výroby se může svařování projevit jako méně efektivní a tedy být nahrazeno jinou metodou výroby. Výhodou svařovaných konstrukcí je menší hmotnost konstrukce (oproti šroubovaným nebo nýtovaným konstrukcím), dokonalá těsnost, možnost automatizace procesu a opravitelnost vad. Kvalita svarových spojů je podmíněna svařitelností materiálů. Například u ocelí s rostoucím obsahem uhlíku svařitelnost klesá. Dalšími nevýhodami jsou často nutná úprava stykových ploch (očištění, odmaštění), tvorba trhlin a pórů v důsledku vzniklého vnitřního pnutí a také větší nároky na zaškolení pracovníků. [7] [9]



Obr. 13 Typy svarových spojů [8]

3 AUTOMATIZACE

V dnešní době dochází k neustálenému rozvoji průmyslu a elektroniky. Tím častěji jsou však kladeny požadavky na spojení těchto odvětví tvorbou automatických systémů, které díky své výkonosti, přesnosti, spolehlivosti a ekonomičnosti mohou převzít úkony dříve prováděné lidmi. Automatizaci lze považovat jako další krok po mechanizaci. Při mechanizaci výroby dojde k přenesení práce na zařízení, které usnadní výrobu. U automatizace dochází ke snížení potřeby přítomnosti člověka při výkonu pracovních činností. Prvky, kterými tohoto automatizace dosahuje, obecně označujeme jako automatizační prostředky, kdy tento pojem zahrnuje veškeré nástroje, konstrukční prvky a vybavení, které se využívá v automatizaci. Jejich nesporné výhody a všeobecný tlak na automatizaci výroby zapříčinil vznik širokého sortimentu automatizačních prostředků, které lze rozdělit na: [13]

- Akční členy a pohony (pneumatické, hydraulické, elektrické, kombinované),
- Prostředky pro zdroj informací (senzory, čidla),
- Prostředky pro přenos informací (sběrnice, zesilovače, převodníky),
- Prostředky pro zpracování informací (logické obvody, regulátory, programovatelné automaty). [13]

3.1 Pneumatické akční členy

Akčními členy lze nazvat všechny prvky, které slouží k využití zpracovávané informace. Pomocí těchto členů dochází k nastavení velikosti akční veličiny. Nejčastějšími představiteli akčních členů jsou pohony a regulační orgány. [13]

3.1.1 Pohony

Pneumatické pohony lze dále dělit podle výstupního signálu na spojité (proporcionální) a nespojité (dvoupolohové). Podle dráhy pohybu jejich výstupní části rozlišujeme na posuvné, kyvné a rotační, případně jejich kombinaci (např. kombinace posuvný a kyvný pohyb). Podle chování v čase lze tyto dále rozdělit na statické (výstupní poloha se proporcionálně mění s ovládacím signálem) a astatické (výstupní poloha se mění konstantní rychlostí). [13] [15]

Fungování pneumatických i hydraulických pohonů je značně podobné. Pohony jsou ve své podstatě duté válce, ve kterých se pohybuje píst hnaný kapalinou nebo stlačeným vzduchem. I přes tyto podobnosti mají pneumatické pohony nějaké výhody a nevýhody oproti hydraulickým pohonům, na které je dobré brát zřetel při jejich volbě.

Výhody pneumatických motorů oproti hydraulickým:

- Snadné připojení na centrální rozvod,
- Rychlé pohyby,
- Bezpečné ve výbušných prostředích,
- Vhodné pro velký teplotní rozsah,
- Nedochozí k poškození motoru při přetížení,
- Čistota provozu.

Nevýhody pneumatických motorů oproti hydraulickým:

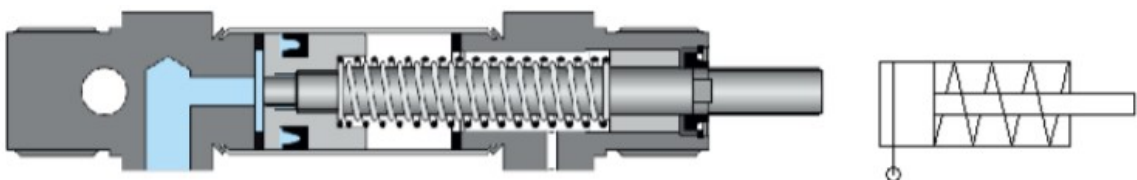
- Obtížná regulace polohy,
- Nerovnoměrnost pohybu při pomalých rychlostech,
- Stlačitelnost media.

3.1.1.1 Lineární pohony

Lineární pohony jsou průmyslově hojně využívány, slouží pro přemísťování, zvedání, podávání výrobků. Pohony lze dělit do dvou základních skupin:

- Jednočinné válce,
- Dvojčinné válce.

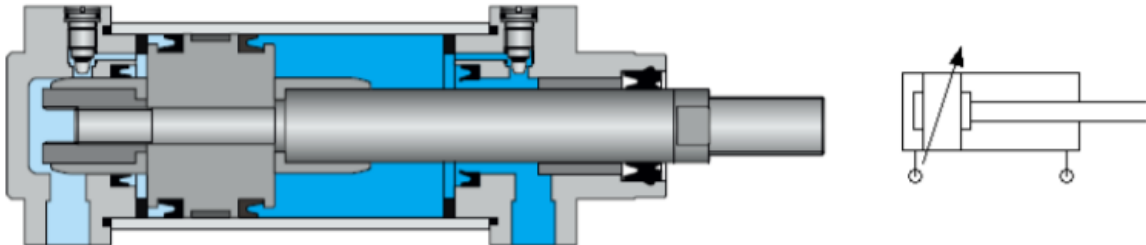
U jednočinných válců je práce vykonána tlakovou silou působící na plochu pístu v jednom směru. V opačném směru dochází k návratu pístu do základní polohy pomocí pružiny. Existují dvě varianty takových válců, které se rozlišují podle toho, jestli je pístnice v základní poloze zasunutá nebo vysunutá. Nejčastějším využitím jednočinných válců jsou podavače a vyhazovače. Výhodou je menší spotřeba stlačeného vzduchu oproti dvojčinným válcům, nevýhodou je menší síla pružiny a také zpravidla větší délka válce způsobená dorazy, které zabraňují dosedání závitů pružiny. [13] [15]



Obr. 14 Řez jednočinným válcem a jeho schématická značka [16]

U dvojčinného válce dochází ke střídavému působení síly na píst podle směru přísunu stlačeného vzduchu. Dvojčinné pneumatické válce se využívají v případech, kde je potřeba

vykonat práci i při zpětném chodu pístu do výchozí polohy. Síla působící při zasouvání pístu zpět do výchozí polohy je o něco menší než síla působící při vysouvání. Tento jev je způsoben skutečností, že stlačený vzduch při tomto pohybu může působit jen na plochu, která je zmenšená o plochu průměru pístnice. [13] [15]



Obr. 15 Řez dvojčinným válcem a jeho schématická značka [16]

3.2 Rozvaděče a ventily

Pneumatické řídicí obvody se skládají ze signálních (senzory), řídicích (rozvaděče, ventily) a výkonných (pohony) členů. Rozvaděče a ventily jsou zařízení sloužící k řízení nebo regulaci rozběhu, zastavení, změně činnosti, tlaků nebo průtoku média. [13] [15]

3.2.1 Rozvaděče

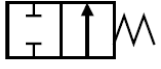
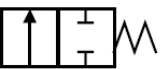
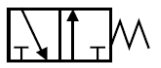
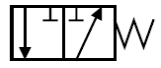
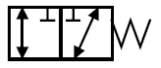
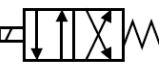


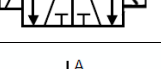
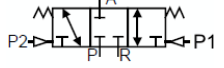
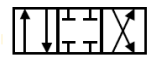

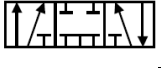


Rozvaděče se využívají ke změně směru proudu stlačeného vzduchu. Podle polohy rozvaděče se určuje, do kterých uzlů směřuje stlačený vzduch a do kterých ne. Hlavním parametrem rozváděčů je počet cest, přesněji počet jeho vstupů, výstupů a počet poloh jeho nastavení. Tato hodnota se udává zlomkem, kdy číselník udává počet vnějších přípojů a jmenovatel počet stavů (poloh). Například 3/2 znamená třicestný dvoupolohový ventil. Monostabilní rozvaděče s pružinou (2/2 a 3/2) se dále rozlišují podle stavu v klidové poloze na uzavřený NC (normally closed) a otevřený NO (normally open). Rozvaděče se také rozlišují na bistabilní a monostabilní. Monostabilní rozvaděč se po přerušení signálu vrací do základní polohy, zatímco bistabilní rozváděč nemá žádnou takovouto předem definovanou základní polohu a zůstane v poloze dané posledním přijatým impulzem. Podle konstrukce lze rozlišit rozváděče na ventilové a šoupátkové. [13] [15]

Pro ovládání rozdělujeme rozvaděče na:

- Ručně ovládané (pedálem, pákou, tlačítkem),
- Mechanicky ovládané (dříkem, pružinou, kladkou, pákou),

- Elektricky ovládané (elektromagnetem s jednou cívkou, elektromagnetem se dvěma cívkami s navzájem opačným vinutím),
- Pneumaticky ovládané (přímé: zvýšením tlaku nebo rozdílem tlaků, nepřímé: předzesilovačem zvýšením či poklesem tlaku).

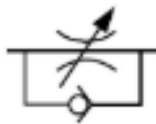
Tab. 2. Schématické značení ventilů [17]

	2/2 otevřený
	2/2 zavřený
	3/2 v základní poloze otevřený
	3/2 v základní poloze zavřený
	3/2 v základní poloze otevřený/zavřený (volitelně)
	4/2 monostabilní
	4/2 bistabilní
	5/2 monostabilní
	1 5/2 bistabilní
	1 3/3 se střední polohou uzavřenou
	4/3 se střední polohou uzavřenou
	4/3 se střední polohou odvětranou
	5/3 se střední polohou uzavřenou
	5/3 se střední polohou odvětranou
	5/3 se střední polohou zavzdušněnou

3.2.2 Ventily

Jednocestné ventily jsou prvky sloužící především k zamezení proudění tlakového vzduchu v jednom směru při zachování průtoku ve směru druhém. Při působení tlaku vzduchu na ventil dojde k otevření zpětného ventilu a stlačený vzduch může v tomto směru bez obtíží proudit, při opačném směru proudění však nedojde k otevření ventilu a proud vzduchu zůstane zamezen. Těchto vlastností se také využívá u jednocestných škrťacích ventilů, které slouží pro regulaci proudění tlakového vzduchu v jednom směru a zamezení proudění ve směru druhém. [13] [15]

Dalším druhem ventilů jsou rychloodvzdušňovací ventily, které slouží pro co nejrychlejší odvedení vzduchu z komory pneumatického válce. Aby byl ventil co nejvíce účinný a zajistil co možná největší rychlost pístu, bývá zpravidla umístěn co nejbližší pneumatickému válci. [13] [15]



Obr. 16 Schéma jednocestného škrťacího ventilu [17]

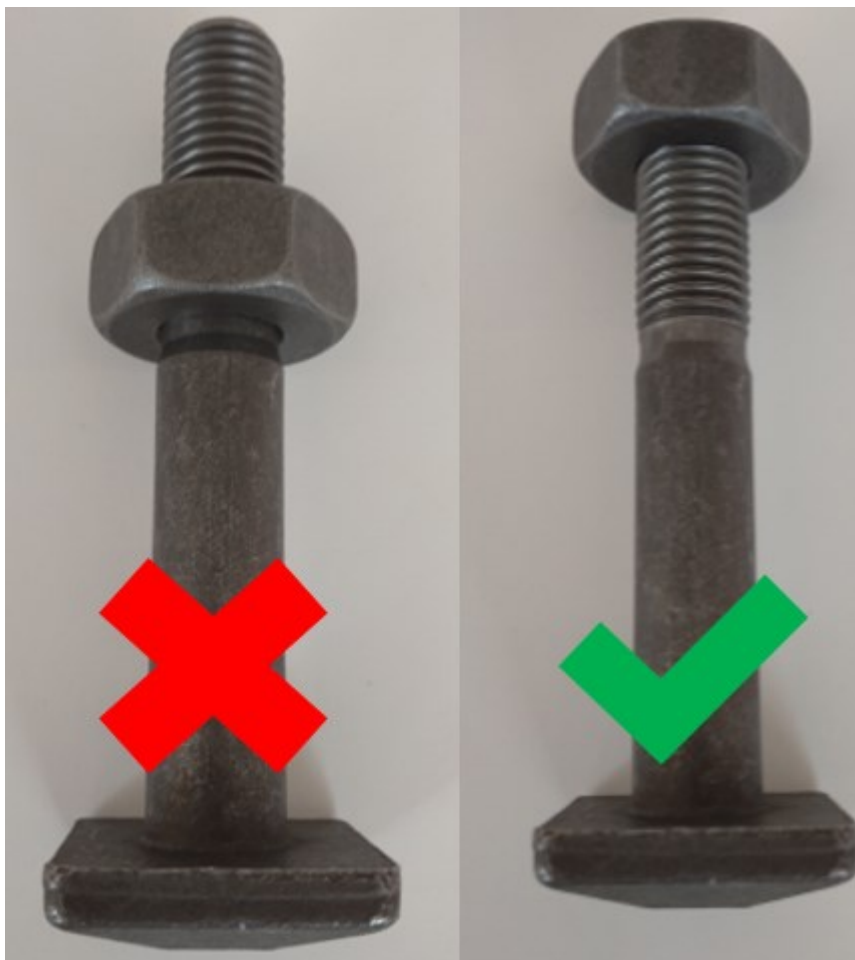
3.3 ČIDLA

Čidla jsou nenahraditelné součásti, jejichž hlavním úkolem je získání a zpracování údajů měřených veličin a stavů, elektrických (napětí, výkon, proud) nebo neelektrických veličin (síla, hmotnost, kroutící moment, tlak, rychlost, zrychlení, délka, úhel, tloušťka, vodivost, množství, teplota, tlak, průtok, vlhkost). Pro takto širokou škálu operací existuje velké množství speciálních čidel, nejčastěji jsou využívána následující: [13] [15]

- Přibližovací čidla (jsou umístěna na stěnách válců a snímají magnetické pole permanentního magnetu umístěného v pístu válce),
- Indukční čidla (bezkontaktně reagují na přiblížení elektricky vodivých materiálů),
- Čidla polohy (nepřetržitě snímají pohyb pístu),
- Optická čidla (využívají se od rozeznání barev, identifikaci výrobku jejich velikostí až po určení vzdálenosti). [18]

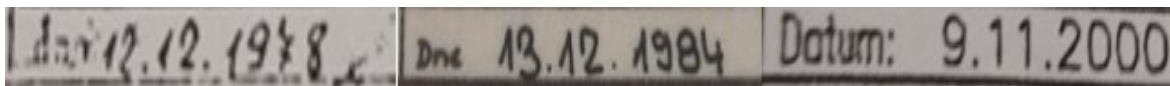
4 SOUČASNÝ STAV PRACOVIŠTĚ

Jak už bylo řečeno v úvodu, natáčečka matic je firemní označení pro jednoúčelový stroj sloužící pro našroubování matice na šroub. Tento stroj neslouží k vytvoření utaženého šroubového spoje, ale pouze ke spojení šroubu a matice (Obr. 17) a to především proto, aby se dal spoj snadno rozebrat, dále také pro jednodušší pozdější manipulaci, a především pro následný prodej, při kterém se prodávají jako celek, nikoliv šrouby a matice zvlášť.



Obr. 17 Požadované spojení šroubu a matice

Momentálně dostupný stroj je poněkud staršího data výroby. Nelze však přesně uvést, ve kterém roce byl stroj uveden do provozu, jelikož i spousta původní výkresové dokumentace chybí a je k nedohledání. U některých součástí sahá doba vytvoření jejich dokumentace do 20. století přesněji do roku 1978. Jiné části stroje jsou podle technické dokumentace o několik let mladší a byly navrženy roku 1984. Poslední skupinu tvoří výkresy z let 2000 až 2004. Pravdou je, že stroj byl z velké části vytvořen a poskládan z několika součástí používaných v jiných strojích a během let na něm došlo k spoustě úprav dle tehdejších požadavků. Téměř všechny části stroje byly vyrobeny ve firmě.



Obr. 18 Data konstrukce původního stroje

4.1 Ruční natáčení

Přestože je tento problém ohledně spojení šroubů a matic dlouhodobý, není v současné chvíli vyřešen pro širší sortiment šroubů a matic. V podstatě se dá říct, že stávající poloautomatický stroj lze použít pouze na šrouby pod firemním označením K0922xx, kdy se jedná o různé varianty hákového šroubu M22xL. Všechny ostatní typy šroubů a matic se musí spojovat ručně.



Obr. 19 Hákový šroub M22x55 K092231 s šestihrannou maticí

Výhody ručního natáčení:

- Lehká změna výroby,
- Není potřeba zaškolení pracovníků,

Nevýhody ručního natáčení:

- Zdlouhavý a pomalý proces,

- Potřeba více zaměstnanců oproti strojnímu natáčení,
- Monotonie práce,
- Vyšší cena za kus.

V dnešní době je už ruční natáčení naprosto nedostačující. Jedná se o velmi zdlouhavý a pomalý proces, který musí při stále se zvyšující výrobě dělat více zaměstnanců a v dlouhodobém měřítku je neudržitelný. Díky těmto vlastnostem je třeba změnit systém výroby. Přechodem této práce na poloautomatickou nebo automatickou výrobu by se mohlo ušetřit spousta hodin práce a nákladů s tím spojených. Mezi další nevýhody ručního natáčení patří také negativní fyzické a psychické tlaky na zaměstnance s touto činností spojenými.

4.1.1 Monotonie práce

Monotonie práce může mít negativní vlivy na pracovníky. Dochází k ovlivňování jejich psychiky a může způsobovat celou řadu negativních jevů, jako jsou například poruchy vnímání, snížení fyzického výkonu, snížení pozornosti, snížení přesnosti výkonu a větší chybovost, menší motivaci pro práci, nezájem, otupění, únavu, ospalost, pocit nudy, bolesti svalů a různých částí těla. [10]

Monotonie práce se rozděluje podle dvou kritérií na:

- Časové trvání a délka pohybu (cyklu),
- Počet opakování jednotlivých cyklů v průběhu jedné směny.

Za monotónní práci považujeme takovou pracovní činnost, při které dochází ke střídání maximálně pěti pracovních operací v časovém intervalu pěti minut. Takovouto úkolovou monotonií rozumíme provádění stále se opakujících činností. [10] [11]

Samotné komplikace vznikají i stejnou polohou těla při práci, která se často nemění a vznikají bolesti krční páteře, hlavy, kyčlí, pánve, dolních končetin. Pakliže je takováto činnost vykonávána v sedě, hrozí poruchy páteře a přetěžování měkkých tkání. [10] [11]

Nutno však dále podotknout, že ne všichni lidé musejí monotonii práce vnímat negativně. Některým jedincům může tato práce vyhovovat a negativní vlivy na ně nepůsobí nebo je nijak nevnímají. [10]

4.2 Popis stroje

V současné době je stroj navržen jako poloautomatický stroj, u kterého je automaticky vyřešeno zásobování maticemi pomocí vibračního zásobníku a ručním kladením šroubů do zásobníku pro šrouby. Jak je už tedy patrné, stroj samotný si lze rozdělit na dvě části, a to na část levou, ve které dochází k přívodu šroubů a jejich uchycení, a část pravou, ve které dochází k přívodu matic posunutím do natáčecí hlavy a jejich roztočení.

Levá strana: zásobník na šrouby

Pravá strana: přívod matic

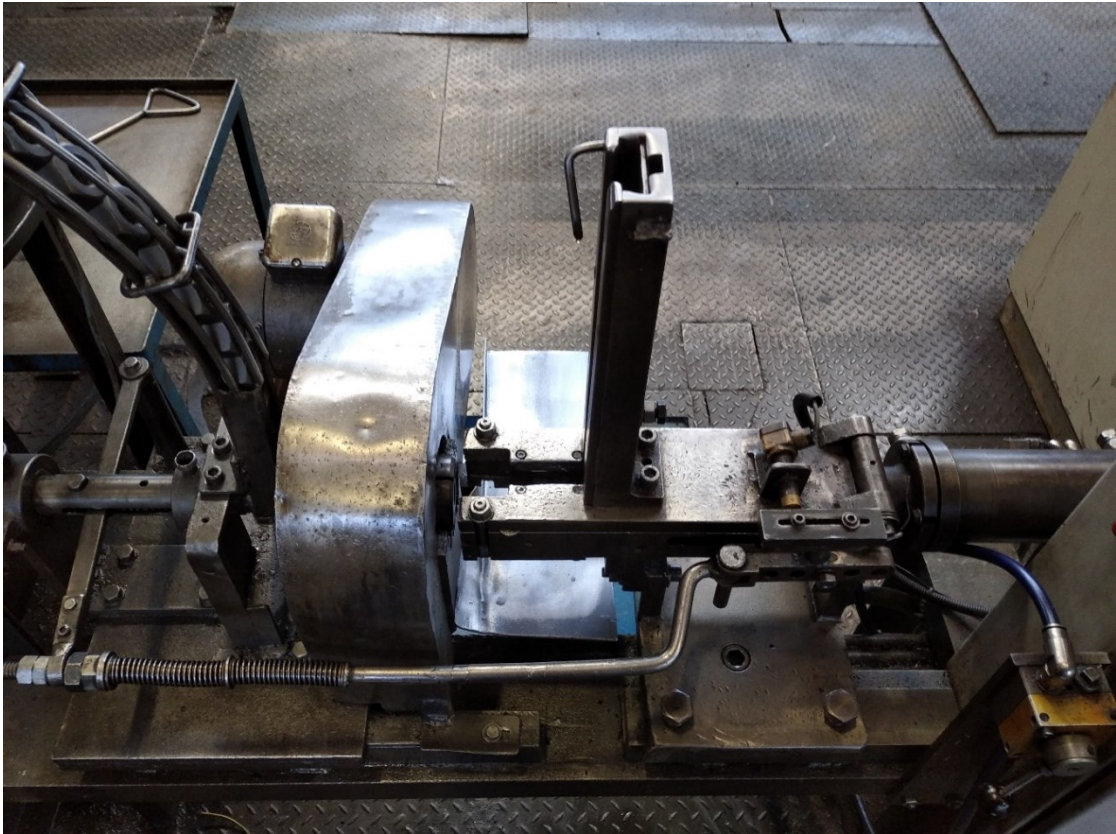


Obr. 20 Natáčečka matic

4.2.1 Pravá strana

Jak bylo také uvedeno, pravá strana stroje slouží k zásobování stroje maticemi a jejich přesunu do správné polohy. Dobrou zprávou je, že tento systém je v současném stavu dobře zvládnut a nebude potřeba žádných úprav.

Zásobování matic funguje pomocí bubnového vibračního zásobníku, ze kterého jsou matice přemístěny pomocí vedení přímo do pracovního stroje. Ve vedení se matice postupně skládají na sebe. Dá se tedy říci, že matice stojí v zásobníku na sobě viz Obr. 21.

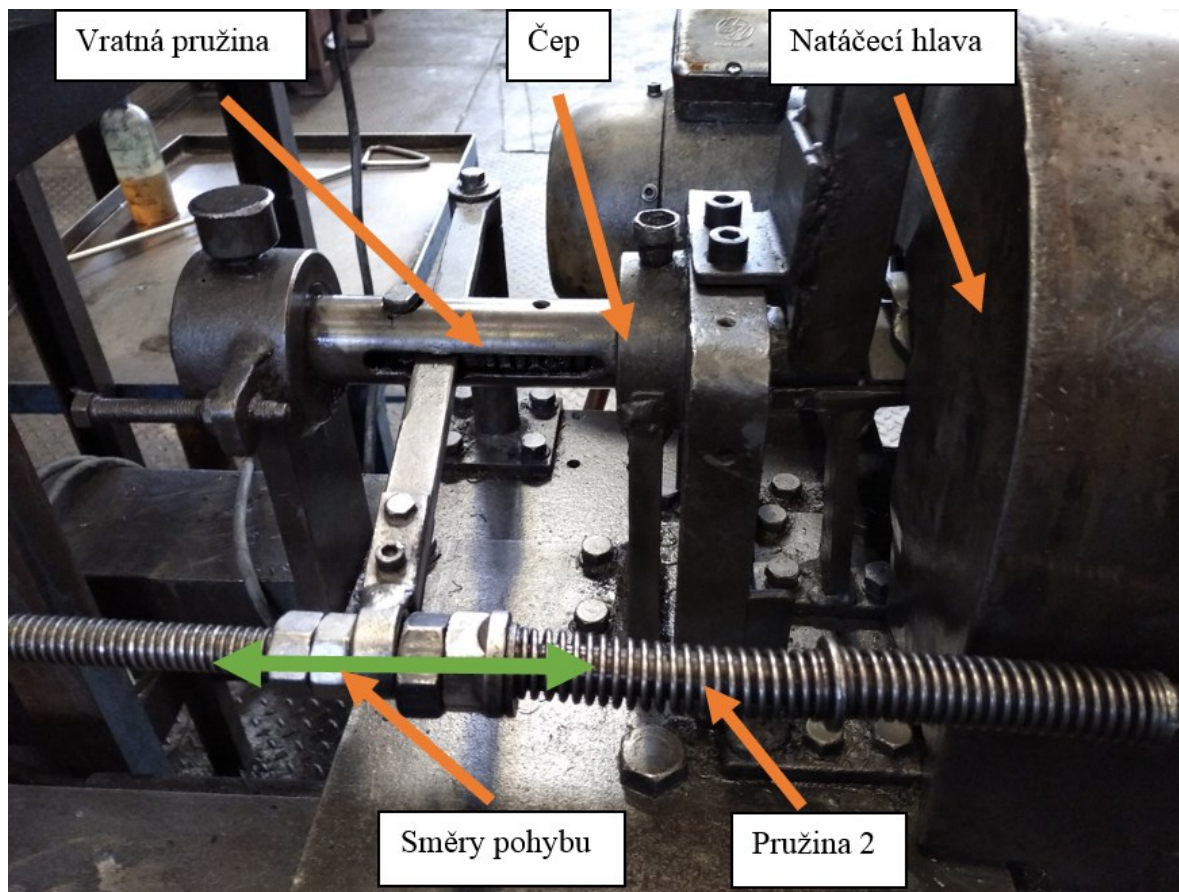


Obr. 21 Přívod matic

Jakmile se matice dostane do správné polohy, je pomocí čepu vtačena do natáčecí hlavy, ve které se matice řadí za sebe. Celý tento pohyb je řešen pomocí pneumatického válce, který je umístěn v pravé části stroje. O tomto válci a jeho dalších funkcích bude diskutováno později. Pro představu (Obr. 22) v okamžiku, kdy se pneumatický válec vrací do výchozí polohy, je využito tohoto pohybu, který se pomocí tyče přenesou z levé strany stroje na pravou. V tomto místě je využito uvedeného pohybu k tomu, aby byl posunut čep umístěný v ose matic v zásobníku, který zajistí, že se poslední matice posune do natáčecí hlavy. Protože dráha čepu je kratší než dráha pneumatického válce, je zpětný chod zaručen pružinou umístěnou v ose čepu a zároveň druhou pružinou která je umístěna tyčí. Tato pružina se při pohybu válce dopředu stlačuje, čím kompenzuje rozdílnou délku drah jedlových prvků.

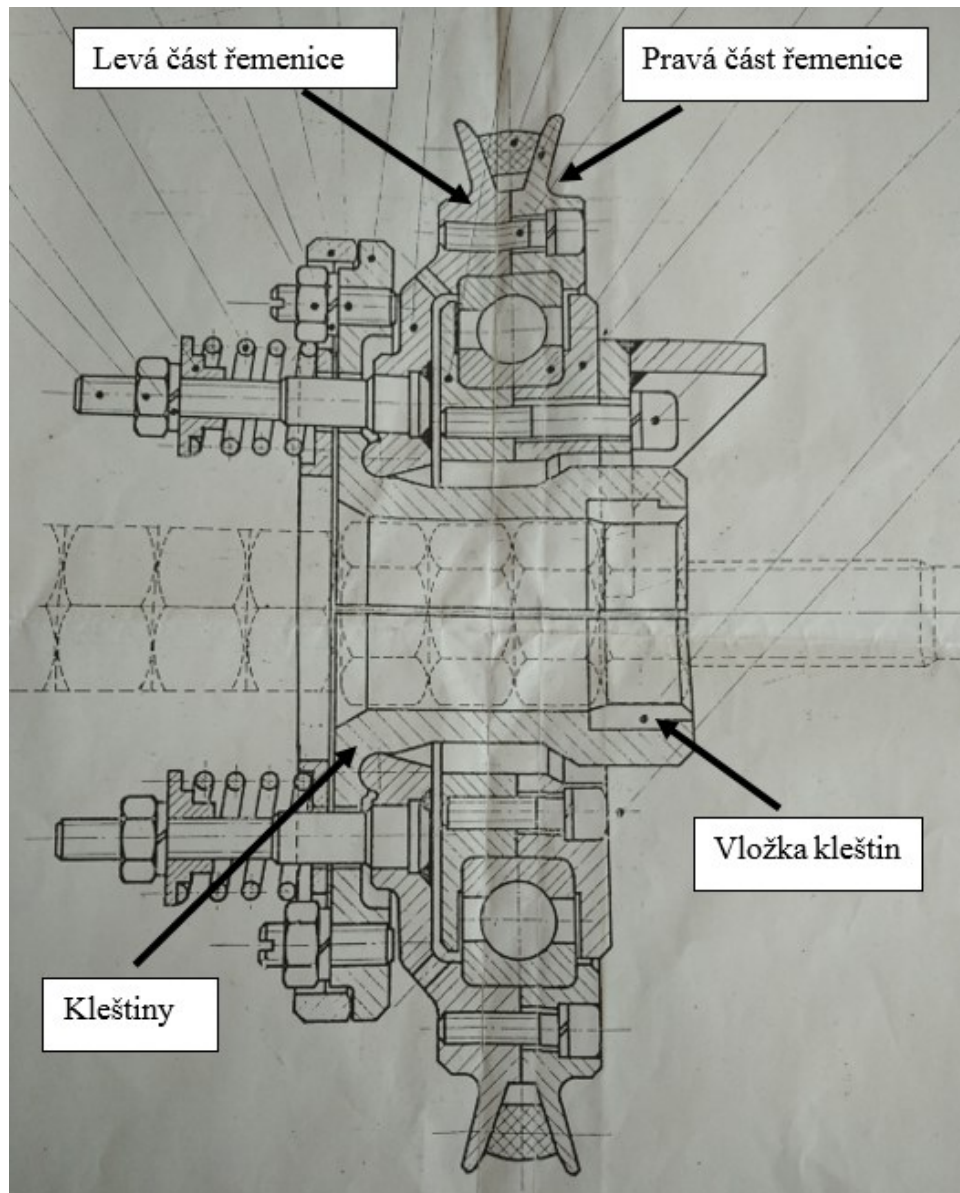
Tímto krokem jsou dopraveny matice do natáčecí hlavy, ve které se řadí matice za sebou a jsou postupně tlačeny dopředu. Natáčecí hlava je poměrně složitá součást, jejímž úkolem je dodat maticím otáčivý pohyb, který zaručí, že dojde k jejich našroubování. Bohužel k součástí tvořícím celou hlavu nelze dohledat technickou dokumentaci a fakt, že je stroj denně používán, zabraňuje jejímu rozebrání a přeměření jednotlivých součástí pro vytvoření

přesného modelu. Dobrou zprávou však zůstává skutečnost, že tato součást byla původně navrhnutá tak, aby dokázala pracovat s různými druhy šestihřanných matic.



Obr. 22 Změna pohybu matic

Princip fungování natáčecí hlavy je založen na elektromotoru, který lze vidět na Obr. 20 – 22. Tento motor pomocí řemenového převodu přenáší rotační pohyb na natáčecí hlavu. Samotná hlava je složena z pevné a rotační části. Pevná část zaručuje připevnění celé součásti k pracovnímu stolu a uložení pro kuličkové ložisko. Rotační část se skládá ze dvou částí řemenice, ke kterým jsou pomocí čepů a pružin připevněny kleštiny. Takové uložení umožňuje lehké natáčení kleštin a tím zaručuje jistou volnost, která pomáhá správnému nachycení matice na šroub. Samotné matice jsou pak uloženy za sebou v kleštinách. Na konci kleštin je pak umístěna vložka kleštin, které zaručí, že v tomto bodě dojde k pevnějšímu uchopení matic, aby nedošlo k jejímu protočení. Jak kleštiny, tak vložky kleštin jsou vyměnitelné a lze je dle potřeby měnit, pakliže je zapotřebí předělat stroj na jiný typ matice.



Obr. 23 Sestava natáček hlavy

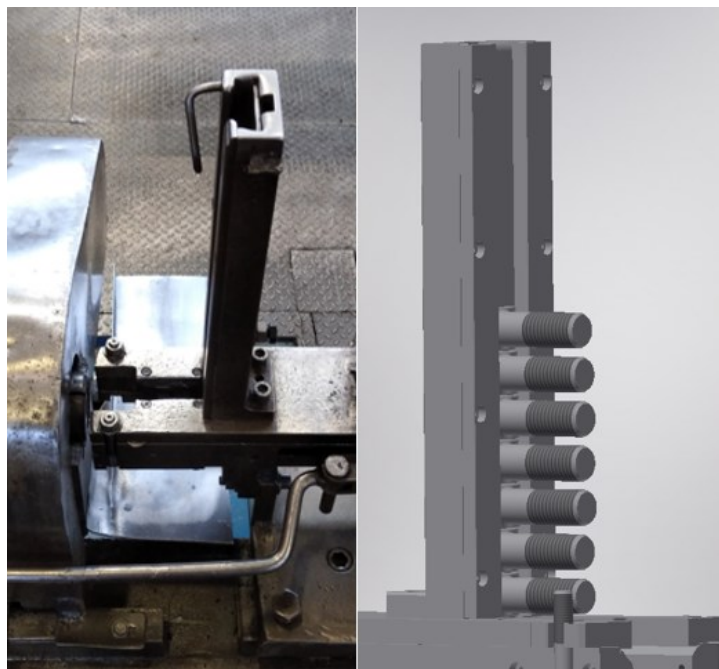
Jistou nevýhodou je skutečnost, že k některým šroubům jsou dodávány místo matic šestihraných tzv. matice diskové. Tyto matice není možno pomocí tohoto stroje natočit. V počátečních řešeních praktické části této diplomové práce byla snaha navrhnout takové změny, které by umožnily zpracovávat i tyto matice. Komplexnost nutných úprav však zdaleka ztěžují konstrukci celého stroje, a to až do takové míry, že by bylo mnohem jednodušší začít návrhem konstrukce úplně nového stroje. Více o těchto problémech bude diskutováno v praktické části.



Obr. 24 Šestihranná matice vs. disková matice

4.2.2 Levá strana

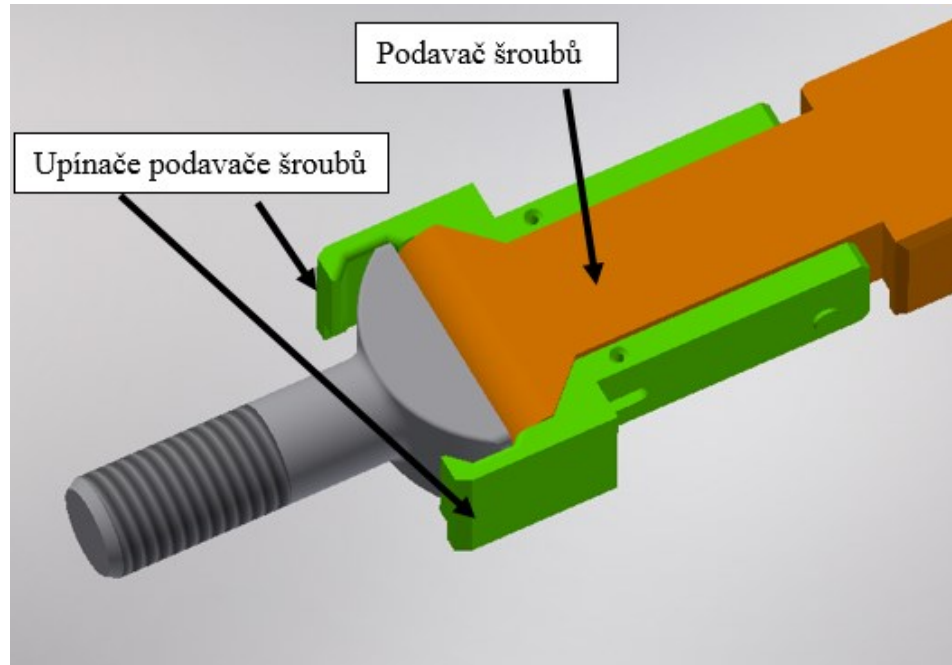
Levá strana slouží k zásobování stroje šrouby, jejich pevnému uchycení a přesunutí směrem k natáčecí hlavě. Jako zásobník zde slouží součást na Obr. 25. Do tohoto zásobníku jsou obsluhou ručně vkládány šrouby. Šrouby v zásobníku jsou obdobně jako matice naskládány na sobě.



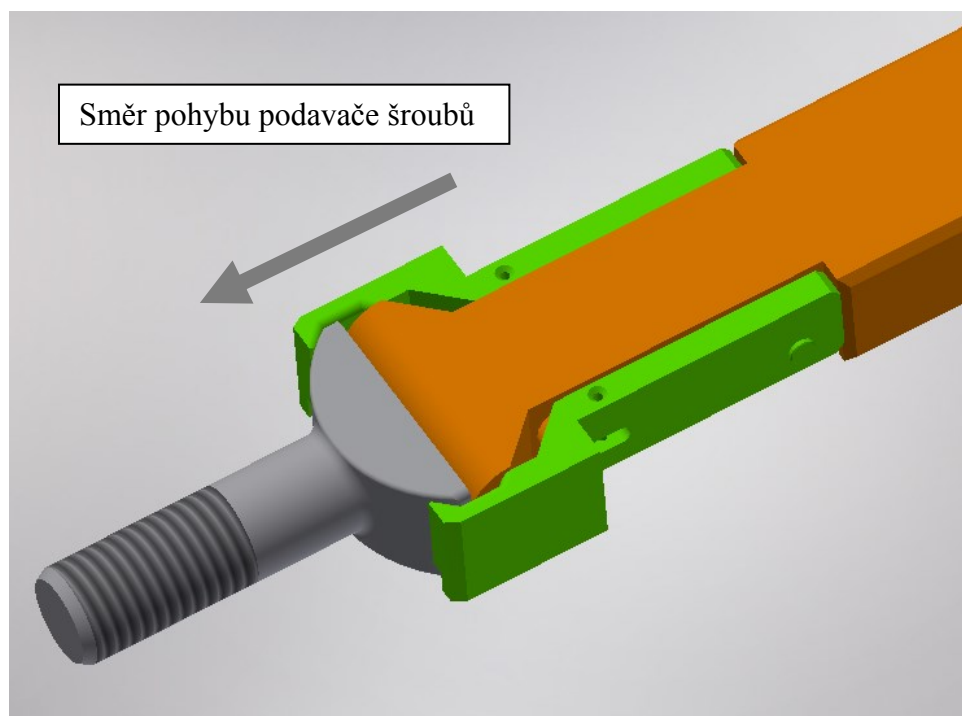
Obr. 25 Zásobník na šrouby

Jakmile šroub spadne do pracovní plochy je uchopen mezi dva upínače (Obr. 26). Následně, když se začne podavač šroubů pomocí pneumatického válce pohybovat dopředu, dojde

za pomoci pružiny, která je umístěna ve spodní části podavače šroubů, k přitlačení a sevření šroubu mezi upínači a podavačem šroubů. Takto uchycený šroub posléze směřuje pomocí pneumatického válce směrem do natáčecí hlavy.

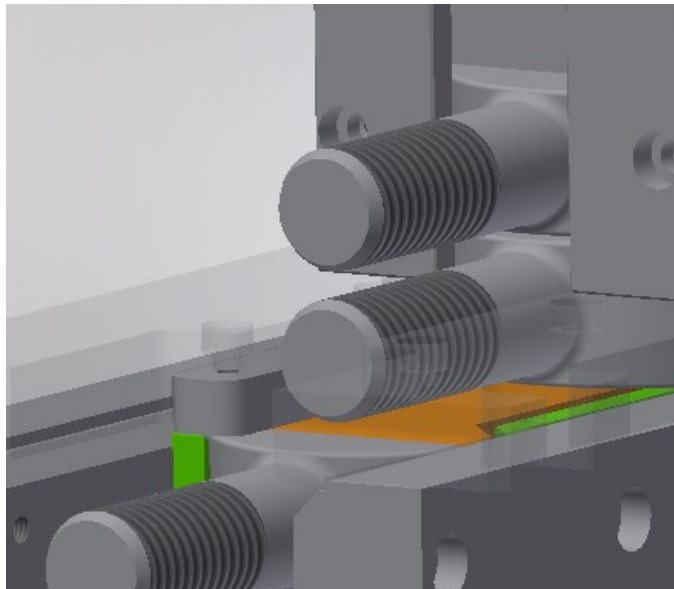


Obr. 26 Nesevřený šroub



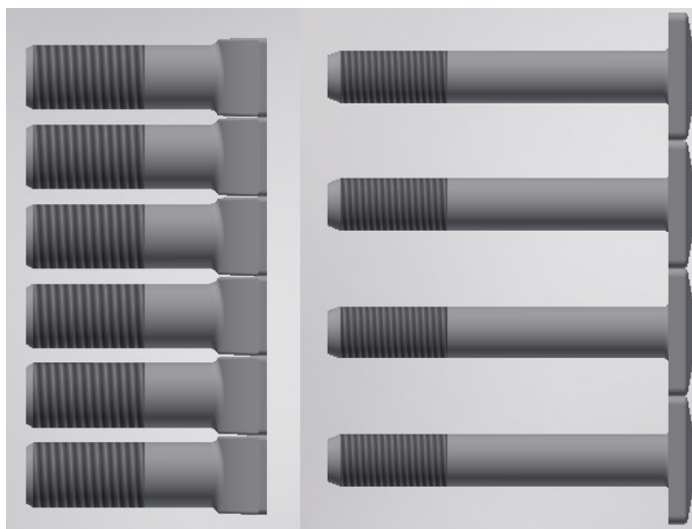
Obr. 27 Sevřený šroub

V tomto bodě je nutné podotknout, že uvedený systém není vhodný pro šrouby jiného tvaru. V zásobníku jsou tyto šrouby umístěny jeden na druhém, a když dojde k uchycení šroubu a posunu směrem k natáčecí hlavě, tak stojí všechny šrouby na těle podavače šroubů.



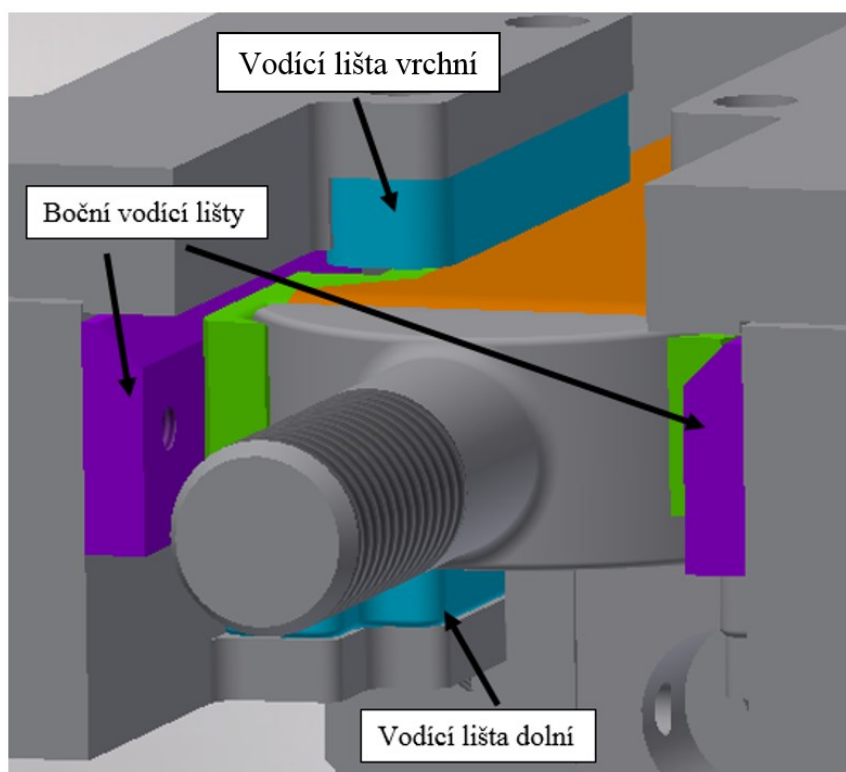
Obr. 28 Šrouby v zásobníku opřené o podavač šroubů

Protože hákové šrouby M22xL mají velkou plochu hlavy, nedochází zde k žádnému velkému zasekávání. To však nebude platit například pro šroub s čtyřhrannou hlavou M18xL, který má menší plochu hlavy, na které by mohly stát další šrouby, a zároveň mnohem delší tělo šroubu, které ho bude svou vahou převažovat. U takového šroubu by s velkou pravděpodobností docházelo k zasekávání šroubů v zásobníku, a proto zde bude potřeba navrhnout jiné řešení.



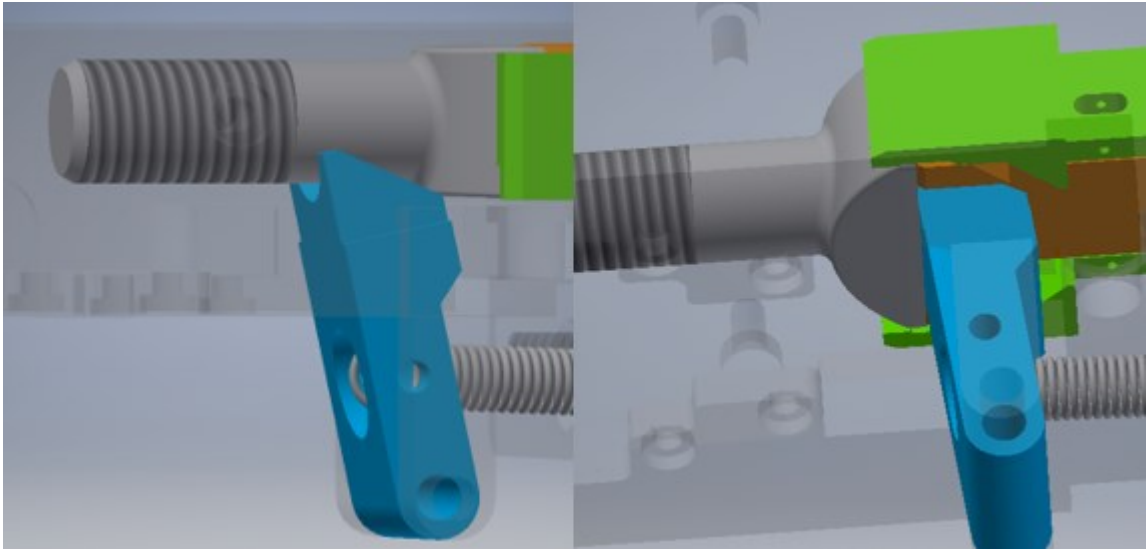
Obr. 29 Rozdíl mezi hákovým šroubem M24 a šroubem s 4hr. hlavou M18

Předtím, než konec šroubu najede do natáčecí hlavy, kde dojde k našroubování matice, je jeho přesná poloha v upínačích korigována dvěma lištami. Spodní lišta je umístěna na ústí podavače, zatímco vrchní je umístěna na víku podavače. Dále jsou na stěnách umístěny další dvě boční vodící lišty, které slouží k podepření upínačů, aby nedošlo k jejich rozevření při našroubování matice.



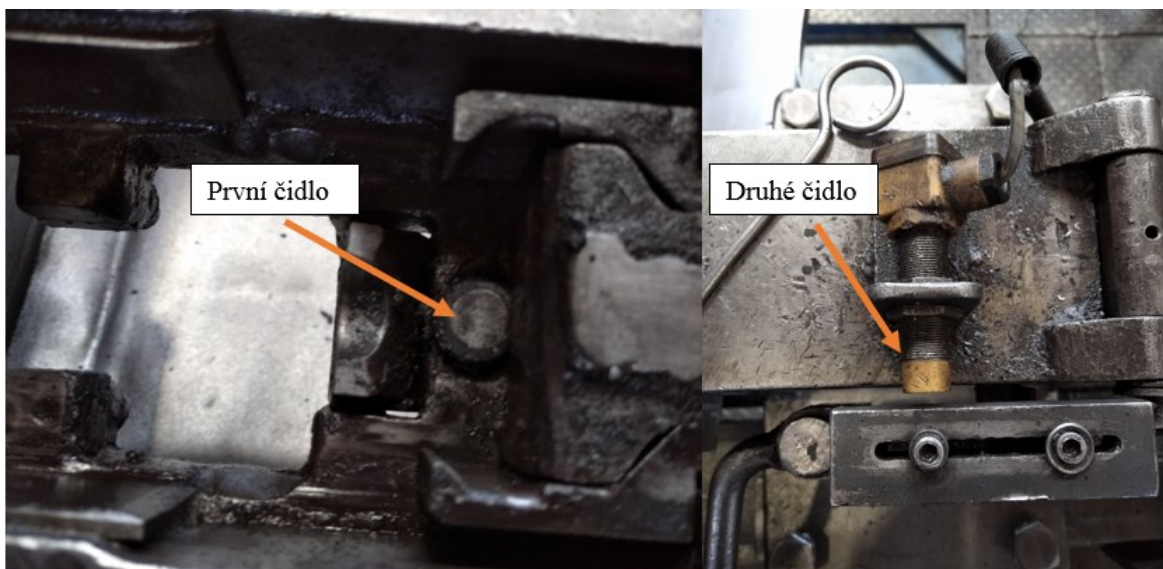
Obr. 30 Vodící lišty

Aby se šroub nepřevážil, předtím než dojde k jeho pevnému sevření v upínačích, je zesponu podepřen vyhazovačem. Ten zde slouží k dvojímu účelu. Nejprve podepře šroub, aby se nepřevážila a byl dobře uchycen do upínačů. Posléze při pohybu podavače do něj narazí tělo šroubu, čímž dojde k vyklonění vyhazovače z dráhy podavače šroubů. Poté, co se šroub dostane za jeho pozici, dochází k opětovnému vrácení do původní polohy pomocí pružiny. Jakmile je na šroub navinuta matice, podavač šroubů se začne vracet do původní polohy. Tímto pohybem dojde k narazení hlavy šroubu do těla vyhazovače (Obr.31). Šroub je díky tomuto nárazu vyražen ze sevření upínačů a padá dolů do bedny. Samotný podavač šroubů se vrátí do původní polohy, ze zásobníku do něj spadne další šroub a celý cyklus se opakuje.



Obr. 31 Vyhazovač

Celý výše popsáný cyklus je řízen pomocí dvou čidel. První indukční přibližovací čidlo je umístěno na spodní straně zásobníku. Jakmile se podavač šroubů vrátí do původní polohy a ze zásobníku do něj spadne další šroub, dojde k sepnutí čidla, pneumatický válec se dá znovu do pohybu a cyklus se opakuje. Druhé je indukční čidlo, pomocí kterého se dá určovat, do jaké délky se vysune pneumatický válec, čehož se dá dobře využít při nastavení pro šrouby různých délek. Jakmile nastavitelná lišta, která je přímo spojena s podavačem šroubů, vyjede z dráhy čidla, dojde k jeho sepnutí a pneumatický válec se začne pohybovat zpět.



Obr. 32 První čidlo (spuštění cyklu), druhé čidlo (nastavení délky vysunutí pístu)

5 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část diplomové práce se zabývala popisem studované problematiky. Nejprve došlo k představení zadavatele této práce, firmy Šroubárna Kyjov, spol. s r.o. Velkou roli v diplomové práci hrají šrouby a šroubové spoje, a proto je teorii šroubování, závitům, šroubům, maticím a podložkám věnována značná část teoretické práce. Dále jsou zde popsány další druhy spojů, které budou využity v praktické části práce jako jsou čepy, kolíky a svarové spoje. Součástí je také kapitola zabývající se automatizací výroby pomocí pneumatiky. V závěru teoretické části je popsán samotný stoj a jeho současná funkce a některé jeho nedostatky.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE PRÁCE

Praktická část diplomové práce si klade za cíl vytvoření konstrukčního návrhu modernizace natáčečky matic dle požadavků zadavatele (Šroubárna Kyjov, spol. s r.o.). Základem práce je shrnutí v jakém stavu se současný stroj nachází. Tato kapitola se bude zabývat výrobními možnostmi současného stroje, množstvím vyrobených kusů a nárůstem výroby v posledních letech. Dále zde budou popsána úskalí současné konstrukce, která budou muset být v novém návrhu změněna. V závěru první kapitoly budou popsány zadané šrouby, jejichž výrobu by měly konstrukční změny stroje umožnit. V dalších kapitolách by měly být popsány jednotlivé konstrukční úpravy stroje, jako jsou např. změna upnutí a vyhození šroubů a návrh nového zásobníku šroubů. Provedené změny mají mít za cíl odstranit některé nedostatky stávající konstrukce a navrhnout řešení, které by umožnilo rozšíření výrobního sortimentu. Součástí praktické části je také vypracování výkresové dokumentace navržených řešení a finanční zhodnocení navržených úprav.

7 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Tato kapitola bude zaměřena na současné problémy a nedostatky stávající konstrukce. Také zde bude rozhodnuto o podobě nově navržených úprav, zvolení šroubů a matic, na které se návrh zaměří. Veškerá rozhodnutí budou podložena daty výroby z několika posledních let.

7.1 Možnosti výroby

V současné stavu se využívá jak ručního, tak poloautomatického natáčení. To má však svá mnohá úskalí, která nejsou vhodná pro další rozšiřování výroby, a nedají se dlouhodobě udržovat. Pro snadnější orientaci je v Tabulce 3 uvedeno množství vyrobených kusů v několika posledních letech. Z tabulky je patrný každoroční nárůst výroby, o němž se dá předpokládat, že s velkou pravděpodobností bude v následujících letech pokračovat.

Tab. 3 Meziroční nárůst výroby

Období	Počet kusů	Váha kompletu [kg]
2017	696 628	366 989
2018	867 122	464 345
2019	1 458 966	728 268

7.1.1 Ruční výroba

Z celkového počtu natočených kusů v roce 2019 bylo 830 358 kusů natáčeno ručně. A právě úpravou natáčecího stroje o možnost výroby i těchto šroubů by se dalo docílit velkého navýšení kapacity výroby, úspor času i financí. V Tabulce 4 jsou uvedeny jednotlivé šrouby a matice zpracovávané v roce 2019, kdy pro zachování přehlednosti jsou šrouby a matice uvedeny pouze pod rozměry svých závitů, délkách těl a tvarů matic.

Z tabulky lze také zjistit, že v některých případech jsou použity matice diskové. O těchto maticích byla již krátká zmínka v teoretické části. Bohužel současný stav stroje a jeho princip fungování neumožňuje práci s těmito druhy matic. Původním záměrem této práce byl návrh řešení nastíněného problému, ten se však v praxi ukázal jako velice komplikovaný při zachování stávajícího charakteru stroje. Proto se jevílo jako mnohem smysluplnějším řešením vymyslet úplně od znovu celý stroj nebo minimálně celý způsob dopravy matic, způsobu jejich uchycení a roztočení. Uvedené řešení ovšem není v souladu s finančními a časovými požadavky.

Tab. 4 Souhrn ručního natáčení za rok 2019

Šroub	Počet kusů	Maticе	Typ Maticе
M24x120	10 049	M24	Šestihranná
M24x80 ŽZ	62 062	M24 GZ	Šestihranná
M20x125	61 324	M20	Šestihranná
M24x90	33 969	M24	Šestihranná
M24x110	16 721	M24	Šestihranná
M24x50	6 012	M24 FOS	Disková
M24x68	40 080	M4 FOS	Disková
M20x110	32 235	M20	Šestihranná
M20x90	6 072	M20 FOS	Šestihranná
M22x60 GZ	169 758	M22 GZ	Šestihranná
M22x70 GZ	122 172	M22 GZ	Disková
M22x90	5 037	M22 FOS	Šestihranná
M22x90 ŽZ	501	M22 GZ	Šestihranná
M20x135	9 165	M20	Šestihranná
M20x125	122 422	M20	Šestihranná
M24x140	60 429	M24	Šestihranná
M24x150	14 048	M24 FOS	Disková
M24x140	28 134	M24 FOS	Disková
M24x130	10 070	M24 FOS	Disková
M20x130	80 121	M18	Šestihranná
M22x150	2 040	M22	Šestihranná
Celkem	830 358		

Ostatně s uvedeným problémem již bylo osloveno několik specializovaných společností zabývajících se automatizací výroby. Jejich navržená řešení samozřejmě není možno v této práci s ohledem na obchodní tajemství komentovat ani uvádět odhadované ceny zprovoznění navržených strojů. Lze však tuto část shrnout tak, že pro navržení univerzálního stroje, který by splňoval všechny zadané požadavky, je třeba dlouhodobější práce. Ty by s sebou nesly mnohonásobně vyšší náklady, než realizace navržených úprav obsažených v této práci, což

není v současné době reálné. Dalším důvodem, proč není řešení daného typu matic v této práci realizováno, je jeho výsledný dopad. V roce 2019 bylo natočeno 220 516 kusů s diskovými hlavami. Tento počet odpovídá přibližně 25 % celkové ruční výroby. Uvedené číslo se může zdát jako nezanedbatelné, vezme-li se však v úvahu celkové množství ručně natáčených matic, komplexnost úprav a předpokládaná doba implementace univerzálního stroje, tak lze dospět k závěru, že navržení změn, které by umožnily výrobu zbylých 75%, může být jistým mezistupněm, který do velké míry uleví dnešním požadavkům ruční výroby a umožní nárůst celkové výroby v dalších letech při dosažení menšího počtu nutných odpracovaných směn s touto činností. Z dlouhodobého hlediska se určitě více uplatní nový univerzální stroj, jeho implementace do výroby však může zabrat delší dobu. Vyřešením některých problémů pomocí menších úprav se tak jeví jako výhodné pro zlepšení výroby v několika následujících měsících či letech.

Tab. 5 Souhrn diskových matic za rok 2019

Šroub	Počet kusů	Matice	Typ Matic
M22x70 GZ	122 172	M22 GZ	Disková
M24x50	6 012	M24 FOS	Disková
M24x68	40 080	M4 FOS	Disková
M24x130	10 070	M24 FOS	Disková
M24x140	28 134	M24 FOS	Disková
M24x150	14 048	M24 FOS	Disková
Celkem	220 516		

7.1.2 Poloautomatická výroba

V současné době odpovídá podíl poloautomatické výroby 43 % celkové výroby. Za rok 2019 to tak bylo 628 608 vyrobených kusů. Uvedený počet je však značně nedostatečný. Nejlépe se rozdíl mezi ruční a poloautomatickou výrobou dá vyčíslit na počtu směn potřebných k jejich výrobě. Ruční natáčení je o něco více rozsáhlé a odpovídá 57 % celkové výroby. Tohoto množství se dá dosáhnout přibližně za 338 směn. Zatímco u poloautomatické se zbylých 43 % podaří vyrobit za přibližně 65 směn. Nutno podotknout, že firma využívá třisměnný provoz. Jedna směna tak odpovídá osmi hodinám včetně doby na zákonnou přestávku (30 min). Přesný počet vyrobených kusů za směnu se může dosti lišit především u ručního

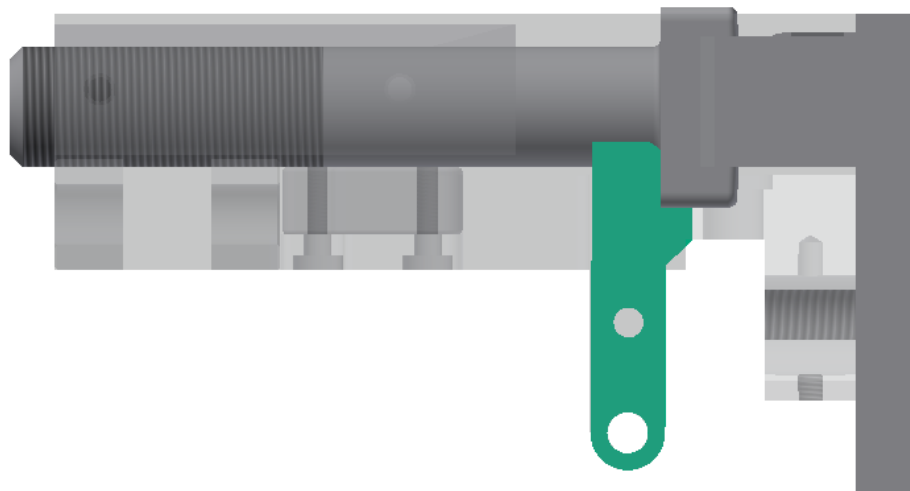
natáčení. Momentálně se však počítá přibližně 2459 kusů/směnu u ručního natáčení a 9629 kusů/směnu u poloautomatického natáčení.

Tab. 6 Souhrn poloautomatického natáčení za rok 2019

Šroub	Počet kusů	Matice	Typ Matice
M22x60	21 158	M22 FOS	Šestihranná
M22x60 ŽZ	56 225	M22 ŽZ	Šestihranná
M22x55	510 207	M22 FOS	Šestihranná
M22x65	41 018	M22 FOS	Šestihranná
Celkem	628 608		

7.2 Nutné konstrukční změny

V této práci bude postupně navrženo několik úprav stroje, které umožní rozšíření výrobního sortimentu. Veškeré úpravy je možné rozlišit do několika kategorií. Na použité součásti nezměněné, lehce změněné upravitelné dle nových požadavků, upravené s využitím nutné další výroby a úplně nové. Při tomto návrhu bylo dbáno na jednoduchost potřebných změn, nízké výrobní náklady komponent a snadnou implementaci. Počet nakupovaných dílů tak bude minimální, kdy velké množství potřebných součástí bude vyrobitelných s využitím vlastního strojního vybavení společnosti. Mezi hlavní úskalí současné konstrukce patří nemožnost uchopení šroubů jiných geometrií, proto bude nutno vymyslet způsob, který by to umožnil. S tímto přímo souvisí změna vyhadzovacího systému, který bude muset být vyřešen zcela odlišně v porovnání se stávajícím stavem. Ve stávajícím řešení je vyhadzovač pevně připevněn na spodní straně stroje. Při dopadu šroubu do zásobníku slouží také jako podpěra těla šroubu, aby nedošlo k jeho převrácení. Tato konstrukce však zcela nemůže fungovat pro šrouby větších délek případně větších tloušťek hlavy. U uvedených šroubů by změnou polohy těžiště došlo k převržení šroubu při dopadu ze zásobníku. Ani změna připevnění vyhadzovače nevyřeší tento problém. Pokud by šlo posunout polohu vyhadzovače podle délky šroubu, vznikl by jiný problém. Při zpětném chodu pístu by tělo šroubu narazilo do vyhadzovače příliš brzy, a to například v době, kdy by ještě část šroubu byla v natáčecí hlavě, případně v době, kdy se hlava šroubu nachází v pozici nad spodními vodíci lištami, na kterých by celý šroub zůstal viset a nevypadl by ze stroje do bedny. Nakonec ani tvar samotného vyhadzovače není ideální pro šrouby se zaoblenou hlavou, u kterých by s velkou pravděpodobností nedošlo ke správnému vyhození díky malé ploše, na kterou by působil.



Obr. 33 Nevyhovující řešení vyhazovače

Dalším úskalím také zůstává způsob zásobování šroubů, kdy ve stávajícím zásobníku šrouby stojí na sobě. U šroubů s větší délkou těla a menší plochou hlavy tak může docházet k zaseknutí v zásobníku. Toto by nebyl až tak velký problém, pokud by se to stalo v místech, kam může případná obsluha stroje dosáhnout a šroub popostrčit. Pakliže by šroub byl další na řadě a v podstatě stál na těle podavače šroubů, mohlo by takovéto křížení způsobit zaseknutí celého stroje. Dalším úskalím zmíněného řešení je fixní výška těla podavače šroubů, kdy v případech, kdy je rozměr hlavy šroubu jiný než u původního šroubu, by patrně docházelo k zasekávání šroubů, což si vyžaduje nutné tvarové a rozměrové kompromisy při navrhování geometrií nových upínačů. Z důvodu uvedených faktorů bude nutno navrhnout jiný způsob dávkování šroubů se zásobníku.

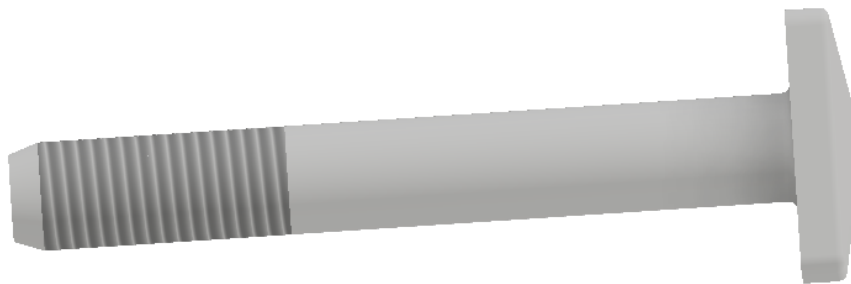
7.3 Řešené šrouby

O samotných šroubech byla v této práci už několikrát řeč, avšak až do této chvíle nebylo vysvětleno, o jaké šrouby se přesně jedná. V zásadě se dá říct, že se jedná o šest druhů šroubů v různých tvarových a délkových variantách. Předpokladem je provést takové úpravy v konstrukci stroje, aby tento bylo možno použít pro všech šest typů šroubů, a zároveň dodržet co nejmenší počet vyměnitelných součástí, které se při přestavbě stroje na jiný druh šroubů, budou muset měnit. Tři z těchto šroubů jsou v zásadě svou obdobou, kdy se pouze nepatrně mění jejich tvar. Do budoucna je pravděpodobné, že přibudou další šrouby, které se budou od těchto stávajících lehce odlišovat. Správným návrhem je možné docílit toho, že se v případě rozšíření sortimentu o šrouby obdobných tvarů bude muset provést pouze nepatrné

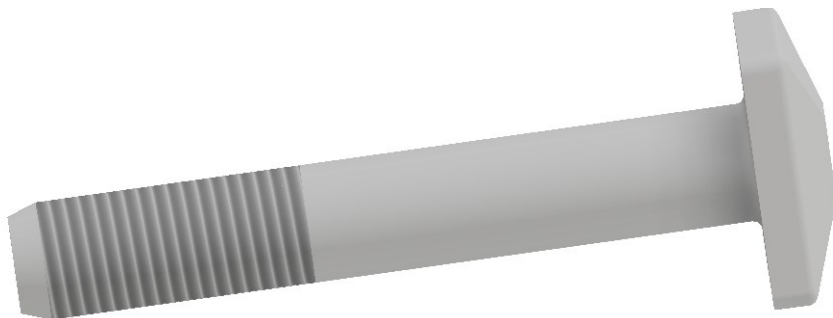
množství změn. Funkčně se samotné šrouby obvykle využívají při stavbě železnic jako součásti pro upevnění železničního svršku.

7.3.1 Spojkové šrouby

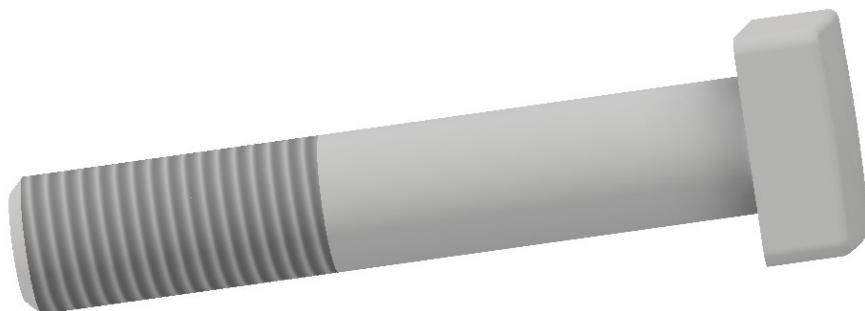
Jak už název napovídá, spojkové šrouby slouží pro spojení kolejnic přes tzv. spojky. Těchto šroubů je celkově pět druhů. První tři jsou obdobné šrouby s čtyřhrannou hlavou lišící se pouze nepatrně dle tvaru hlavy, dále zde spadají tzv. šroub s T hlavou (značen K302407) a nakonec Spojkový šroub M22xL (značen K082220).



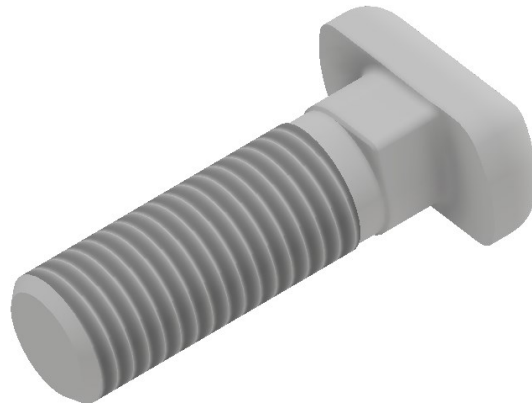
Obr. 34 3D model spojkového šroubu se čtyřhrannou hlavou M18xL



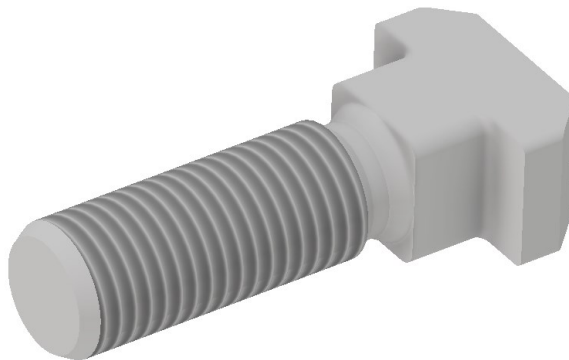
Obr. 35 3D model spojkového šroubu se čtyřhrannou hlavou M20xL



Obr. 36 3D model spojkového šroubu se čtyřhrannou hlavou M24xL



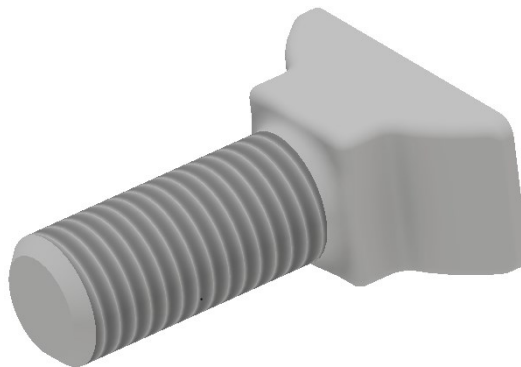
Obr. 37 3D model spojkového šroubu M22xL



Obr. 38 3D model spojkového šroubu s hlavou T M24xL

7.3.2 Hákový šroub M22xL

Tento typ šroubů se nejčastěji používá pro upevnění železničního svršku. Jednotlivé typy tohoto šroubu se od sebe nepatrně liší. Jako typový šroub si lze uvést šroub pod firemním označením K092231, který lze považovat jako univerzální a navržení správných úprav lze docílit výroby všech šroubů tohoto typu dle jednoho nastavení. Pro obdobný typ šroubu je původně stroj navržen, a pro tento šroub nebude tedy nutné do stávajícího řešení zapracovávat řadu změn.

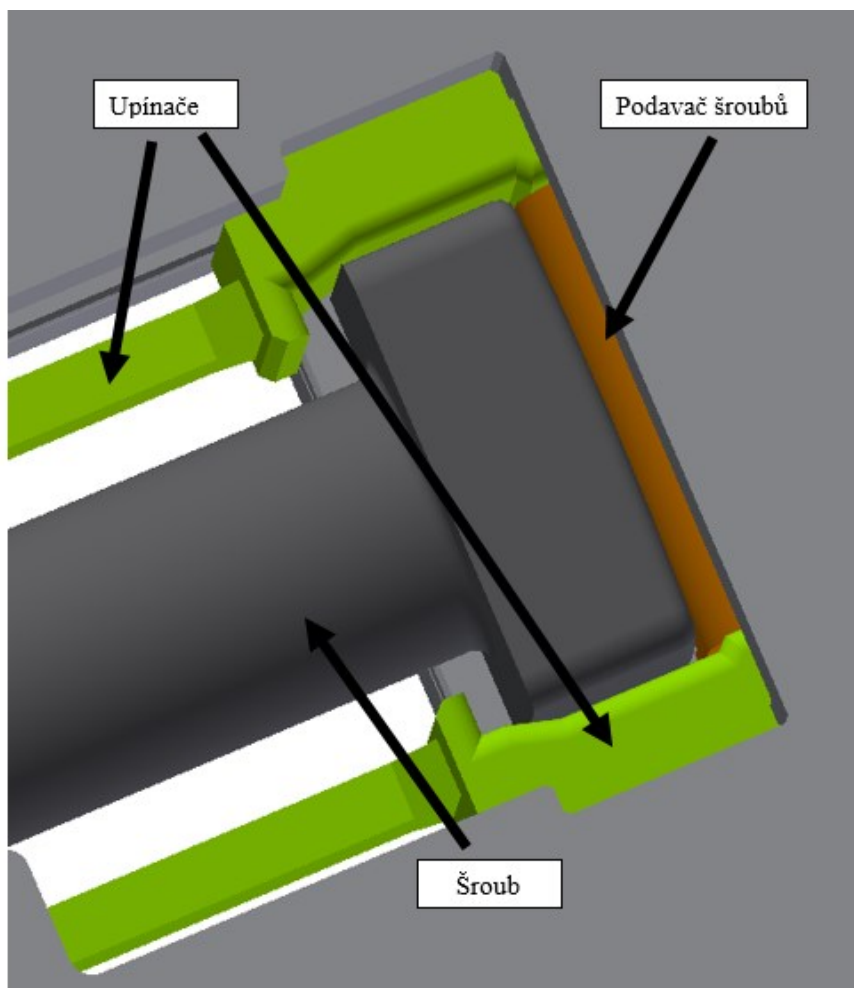


Obr. 39 3D model hákového šroubu M22xL

8 ZMĚNA UPNUTÍ A VYHOZENÍ

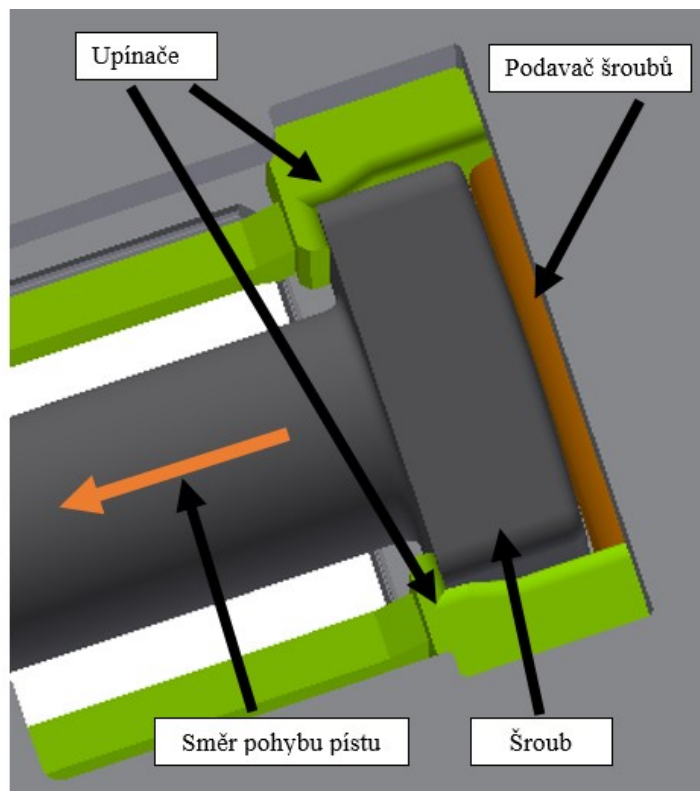
Pro možnost zpracovávání všech zadaných šroubů byl navržen nový mechanismus, který zaručuje jak upnutí šroubu, tak i jeho vyhození. Celý tento proces bude podrobně popsán na modelovém příkladu šroubu s čtyřhrannou hlavou M24x130. Obdobně funguje tento mechanismus u všech ostatních šroubů, všechny potřebné úpravy a nové součásti, kterých se bude muset využít při změně na jiný typ šroubu, budou postupně uvedeny a vysvětleny.

Oproti původní konstrukci nebyly ve způsobu upnutí šroubu provedeny přílišné změny, jelikož mechanismus funguje velice podobně. Šroub padá do dutiny vytvořené mezi dvěma upínači a tělem podavače šroubů.



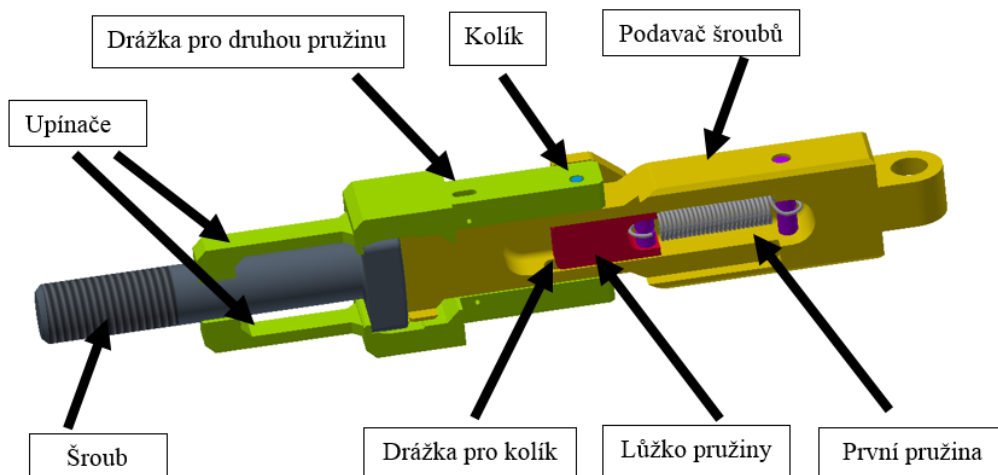
Obr. 40 Volný šroub v pracovním prostředí

V momentě, kdy šroub spadne do pracovního prostředí, dojde k sepnutí čidla umístěného na dně pracovního prostředí, které dá signál pneumatickému válci. Při dopředném pohybu pístu dojde k sevření šroubu mezi tělem podavače šroubů a upínači.



Obr. 41 Pevně uchycený šroub v pracovním prostředí

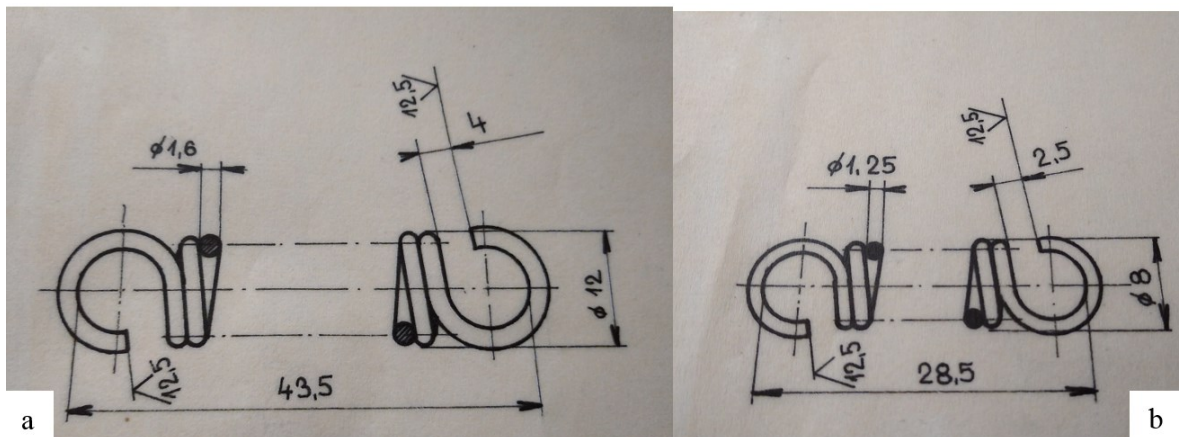
Toto uchycení zaručují dvě tažné pružiny umístěné na podavači šroubů. Celé to funguje díky tomu, že se při pohybu pístu přestanou konce upínačů opírat o stěnu základny stroje. Tím umožní první pružině přitlačení čelistí upínačů směrem k podavači šroubů a sevřít tak v mezeře hlavu šroubu. Tato pružina je pomocí kolíků připevněna na jedné straně k podavači šroubů a na druhé k součásti zvané lůžko pružiny, které se pohybuje v drážce vytvořené na spodní části podavače šroubů, a je spojena s upínači pomocí kolíku. Pro zaručení pohybu upínačů jsou na stěnách podavače vytvořené dvě drážky, ve kterých se může kolík pohybovat.



Obr. 42 Stlačení pomocí pružin

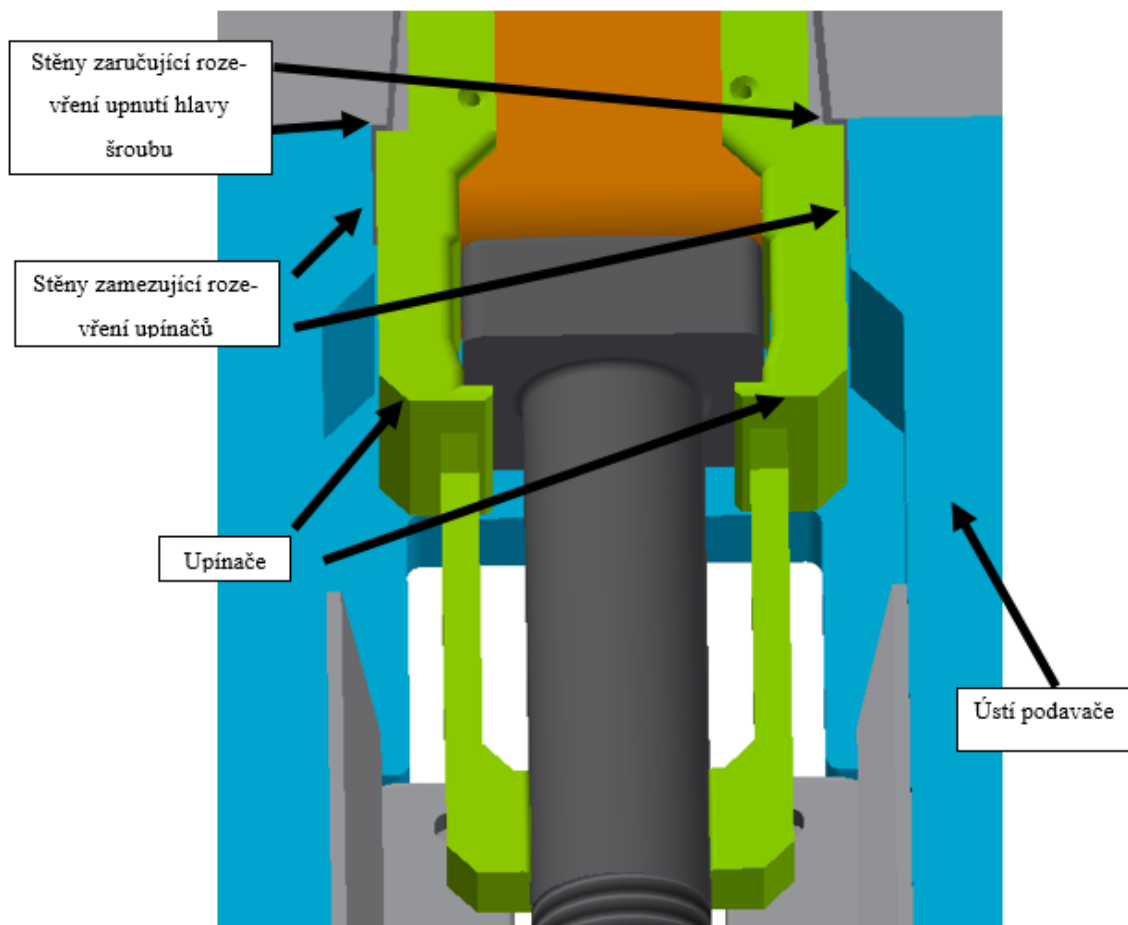
Druhá pružina je umístěna v drážce vytvořené v těle podavače šroubů. Na každém konci je připevněna k jednomu upínači pomocí šroubků, kdy tato slouží k tomu, aby svou silou přitlačovala upínače k sobě a nedošlo k jejich rozevření.

Zvolené pružiny jsou ponechány z původního stroje. Jedná se o dvě tažné pružiny o průměru 8 a 12 mm, které jsou interně vyráběny. Tyto pružiny se dlouhodobě hojně využívají v několika dalších strojích, tudíž v případě nutnosti výměny jsou vždy dostupné náhradní.

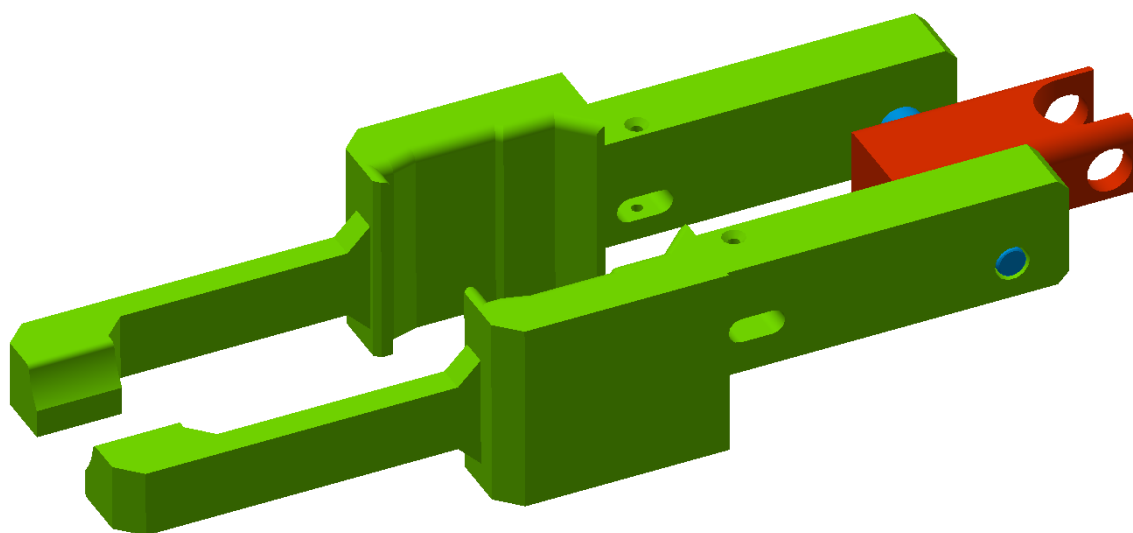


Obr. 43 Rozměry pružin a) první pružina $\text{Ø}12$ mm a b) druhá pružina $\text{Ø}8$ mm

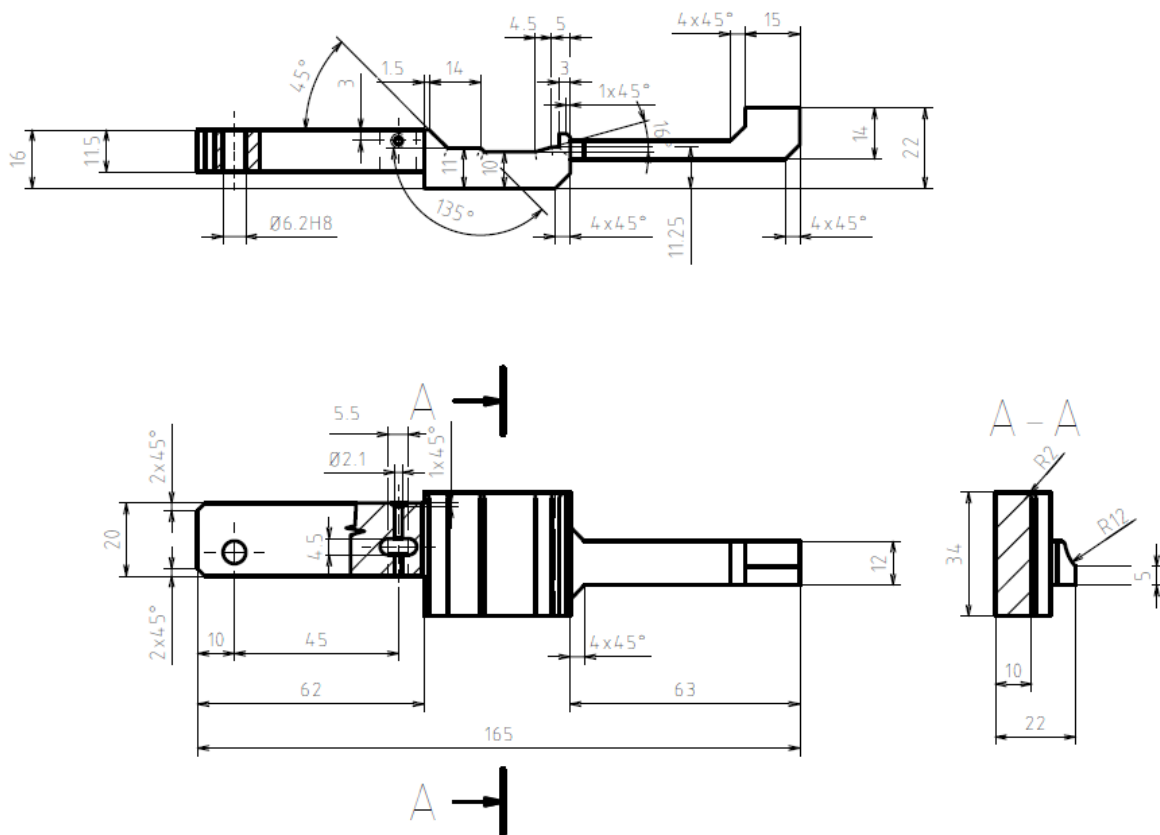
Při dopadu šroubu do pracovního prostředí nejsou nadále šrouby podepřeny pomocí vyhazovače. Tato součást je v novém návrhu kompletně nahrazena. Podepření šroubů je nyní zajištěno pomocí upínačů. Ty jsou oproti původním rozšířeny o nové lišty začínající v místech, kde původní upínače končily. Na koncích těchto lišt jsou vytvořena zaoblení, která společně se svým protikusem vytvoří geometrii, která zachytí padající šrouby. Délka těchto lišt je pevně dána a nejde měnit. Jejich přesné uložení, tvar a délka závisí na typu zpracovávaného šroubu. Uvedené řešení umožňuje zpracování vícero druhů šroubů s výměnou pouze upínačů, které se vzájemně budou lišit podle zpracovávaného šroubu. Pro některé typy a délky šroubů lze využít jedny upínače a není nutno vyrábět nové. Aby se zabránilo rozevření upínačů při dopadu nového šroubu do pracovního prostředí, jsou jejich stěny opřeny o stěnu součásti zvané ústí podavače. Na obr. 45. lze také vidět stěny zaručující již zmíněné sevření a rozevření hlavy šroubu. Při pohybu pístu zpět do výchozí polohy dojde k opření stěn upínače o tyto plochy. Tím se zamezí jejich další pohyb, zatímco tělo podavače šroubů se ještě posune. Daným krokem dojde k vytvoření prostoru pro nový šroub. Opětovné sevření je zaručeno pomocí první pružiny.



Obr. 44 Podepření šroubů pomocí upínačů

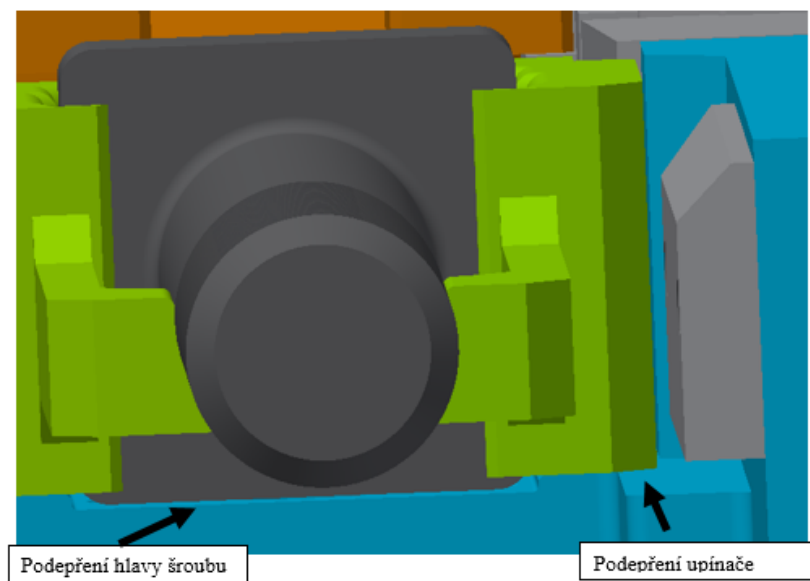


Obr. 45 Detail spojení upínačů pro šroub M24x130



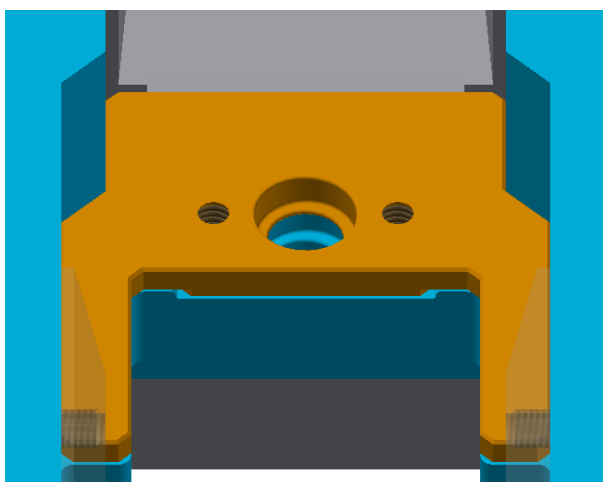
Obr. 46 Geometrie upínače pro šroub M24x130

Správná výška umístění šroubu v pracovním prostředí je zaručena dvěma způsoby. Kromě samotných upínačů, které podepřou tělo šroubu, je také potřebné navrhnout podepření hlavy. Aby se šroub správně potkal s maticí, je nutno zajistit, že se hlava šroubu usadí ve správné výšce. Ta může být značně rozdílná v závislosti na typu hlavy, například u čtyřhranných hlav je jejich výška 40 mm, zatímco u hákového šroubu je 27 mm. Tento problém lze vyřešit poměrně jednoduše, kdy šrouby s čtyřhrannou hlavou dopadají přímo na ústí podavače, což zajišťuje správnou výšku těchto šroubů. O samotné ústí podavače se pak také opírají upínače, čímž se zabrání jejich prohýbání při velkém vysunutí.



Obr. 47 Podepření hlavy šroubů

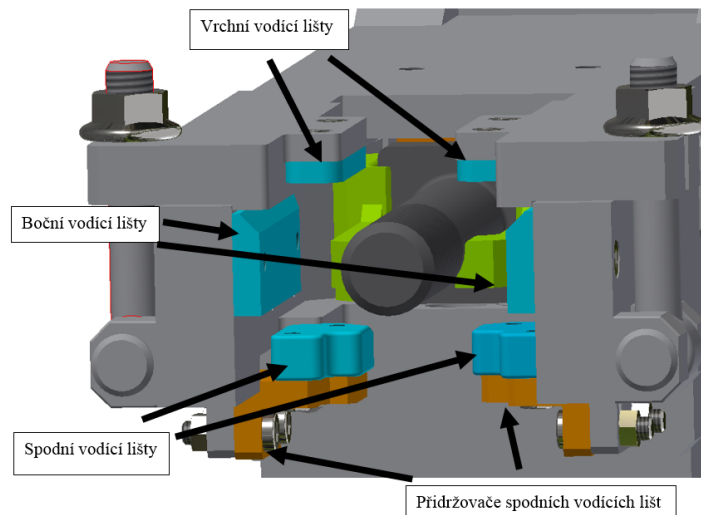
U všech ostatních šroubů se tohoto docílí vložením podložek na ústí podavače, čímž se zaručí podložení hlav šroubů jiných velikostí. Toto umožní měnit rozměry upínačů v závislosti na velikosti šroubů. Podložky jsou k ústí podavače připevněny dvěma šrouby. Při přidání nové podložky je také nutno přemístit čidlo. Původní čidlo bylo umístěno v silikonovém pouzdře na ústí podavače. Stejná dutina se vytvoří na podložkách, při přestavbě stroje bude tedy nutno čidlo i pouzdro vytáhnout a přidělat podložku, do které bude čidlo uloženo. Pro řešení šrouby je potřeba vytvořit dvě podložky. První je pro spojkový šroub M22xL a šroub s T hlavou M24xL, které mají hlavy o stejné výšce 24 mm. Druhá podložka je hákový šroub M22xL, který má výšku hlavy 27 mm.



Obr. 48 Podložka hlavy

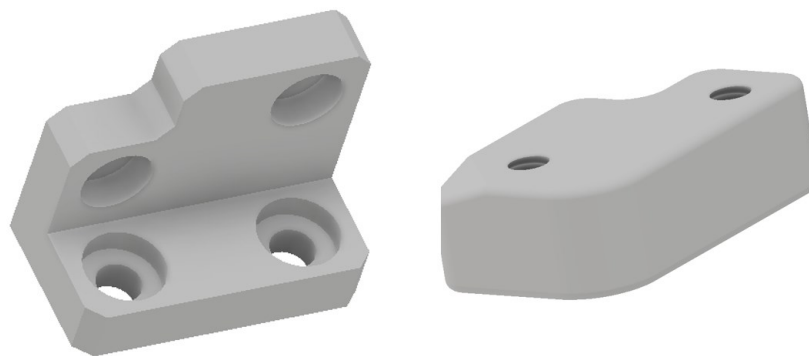
Správně umístěný a sevřený šroub se pak posune směrem k natáčecí hlavě. Než se však potká s maticí je nutno zajistit, aby nedošlo k rozevření upínačů v důsledku sil vzniklých

šroubováním matice. Toto se zajistí obdobně jako u původního stroje pomocí dvojice bočních lišt.



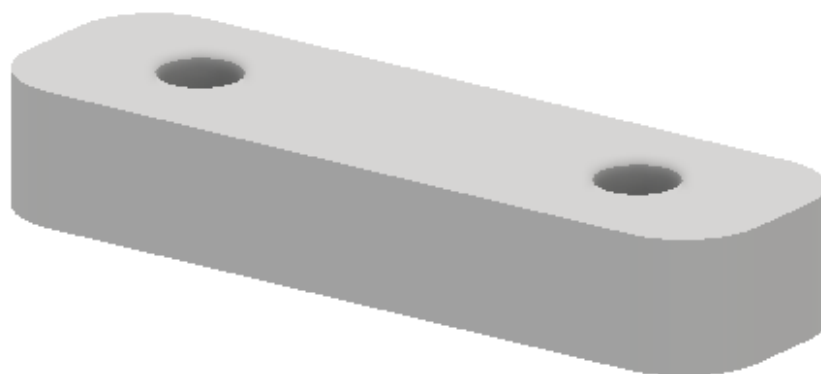
Obr. 49 Rozmístění vodících lišt

Spodní vodící lišty jsou připevněny na přidržovačích, které umožňují jednoduchou změnu nastavené výšky. Přidržovače jsou pomocí dvojice šroubů fixovány k ústí podavače. Pakliže bude potřeba předělat stroj na šrouby s jinou výškou hlavy, stačí pouze přešroubovat přidržovače. Na součásti ústí podavače jsou připraveny díry odpovídající výškám hlav šroubů. Díky změnám v upnutí a podepření šroubů by mohlo docházet k malému vysunutí hlavy šroubu z upínače, pro tento případ jsou náběhové hrany spodní lišty zkosené.



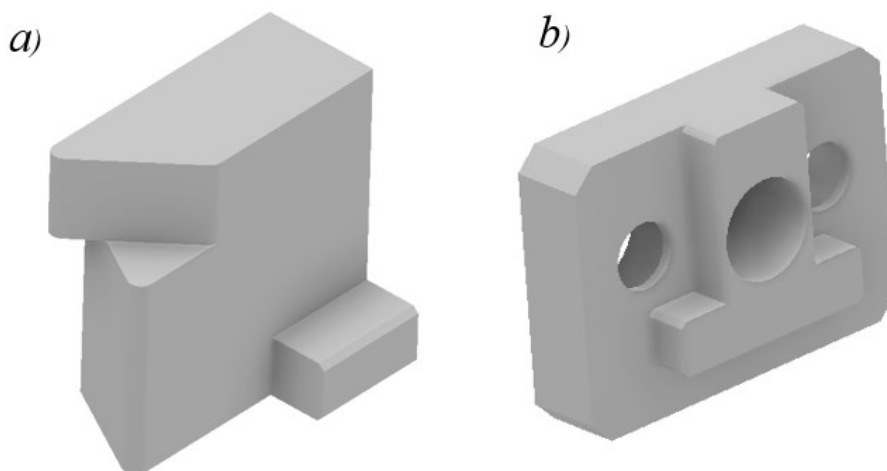
Obr. 50 Přidržovač a spodní vodící lišta

U vrchních vodících lišt není pro obdobné řešení dostatek prostoru. Pro čtyřhranné šrouby je vrchní vodící lišta přišroubována přímo na víko stroje. Změna polohy vodících lišt se zde řeší pomocí rozpěrek. Ty se vkládají mezi víko a vrchní vodící lištu. S přidáním rozpěrky je však nutno vyměnit původní šrouby za šrouby odpovídajících délek.



Obr. 51 Rozpěrkaovací lišty pro šrouby s výškou hlavy 24 mm

Poté, co dojde k našroubování matice na šroub, se pomocí signálu druhého čidla začne stále ještě pevně uchycený šroub vracet zpět do původní polohy, kdy pokračuje až do místa, kde mu zablokují cestu dvě západky. Ty jsou umístěny v drážkách vytvořených na bočních stěnách základny stroje a pomocí nich je zajištěno rozevření upínačů, čímž dojde k vyhození šroubu. Poté, co se západka nasune do drážky, dojde k uzavření drážky uzavíracími krytkami, které jsou pomocí dvou šroubů fixovány na základnu stroje.

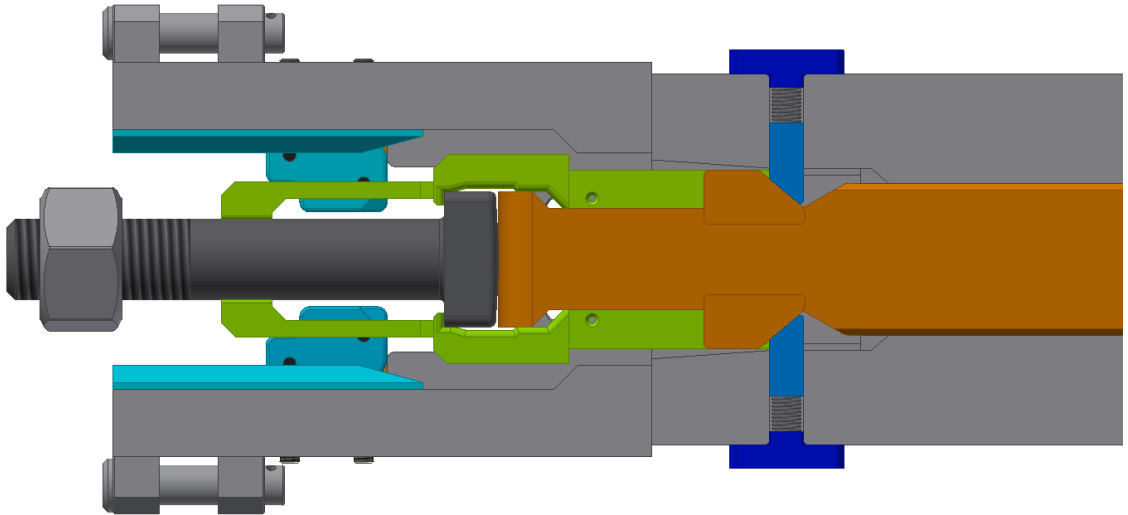


Obr. 52 a) západka a b) uzavírací krytka

Mezi krytkami a základnou je sevřena tlačná pružina. Ta zajistí, že bude západka neustále tlačena na stěnu podavače šroubů. Tato pružina byla vybrána z online katalogu firmy SODEMANN-Pružiny.cz. V Tab. 7 jsou zobrazeny charakteristiky této pružiny.

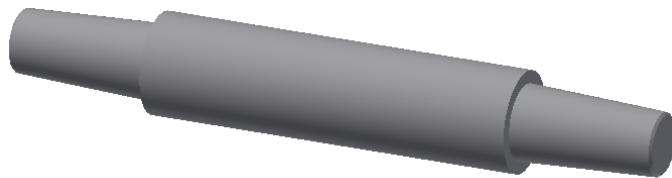
Tab. 7 Parametry pružiny od firmy SODEMANN [20]

Průměr drátu d (mm)	Vnější průměr D_e (mm)	Vnitřní průměr D_i (mm)	Délka bez zatížení L_0 (mm)	Max. délka při zatížení L_n (mm)	Maximální zdvih S_n (mm)	Maximální zatížení F_n (N)	Tuhost pružiny R (N/mm)
0,90	9,00	7,20	25,00	16,09	8,91	7,40	0,83

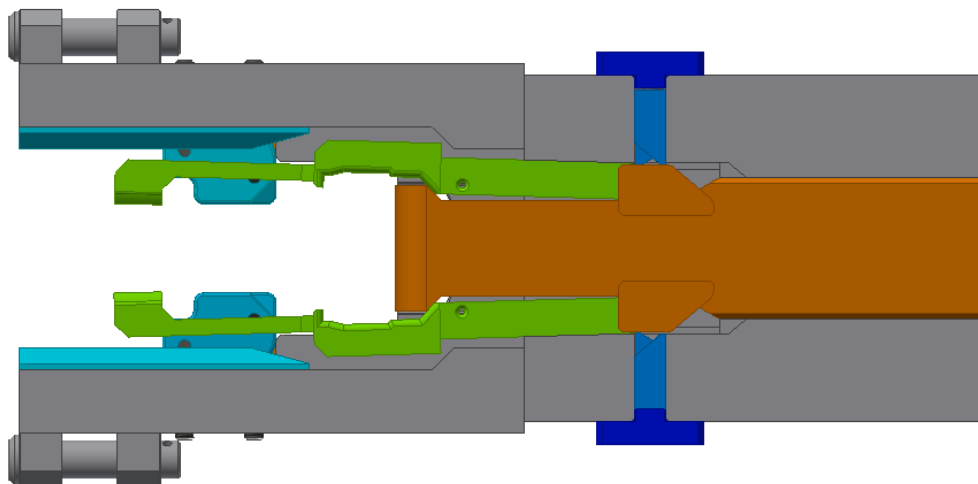


Obr. 53 Funkce západek

Při zpětném pohybu pístu narazí konce upínačů do západek. Tím dojde k zastavení pohybu upínačů a podavač šroubů se přitom bude neustále pohybovat. V důsledku tohoto pohybu dojde k uvolnění sevření šroubu mezi upínači a podavačem šroubů a zároveň dojde k rozevření čelistí upínačů působením šikmých ploch podavače šroubů. Díky tomu nebude nadále šroubu a matici nic zabraňovat vypadnout dolů do bedny. Další podmínkou, která umožní takovéto rozevření, jsou kuželové konce kolíku.

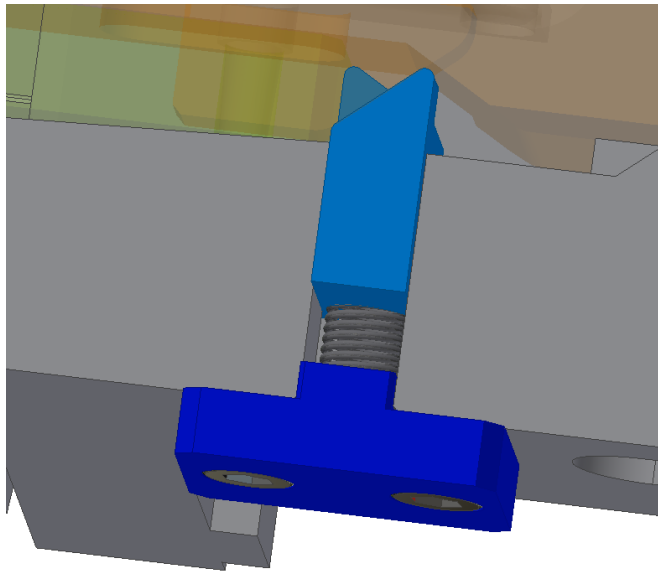


Obr. 54 Kolík upínačů



Obr. 55 Rozevření upínačů

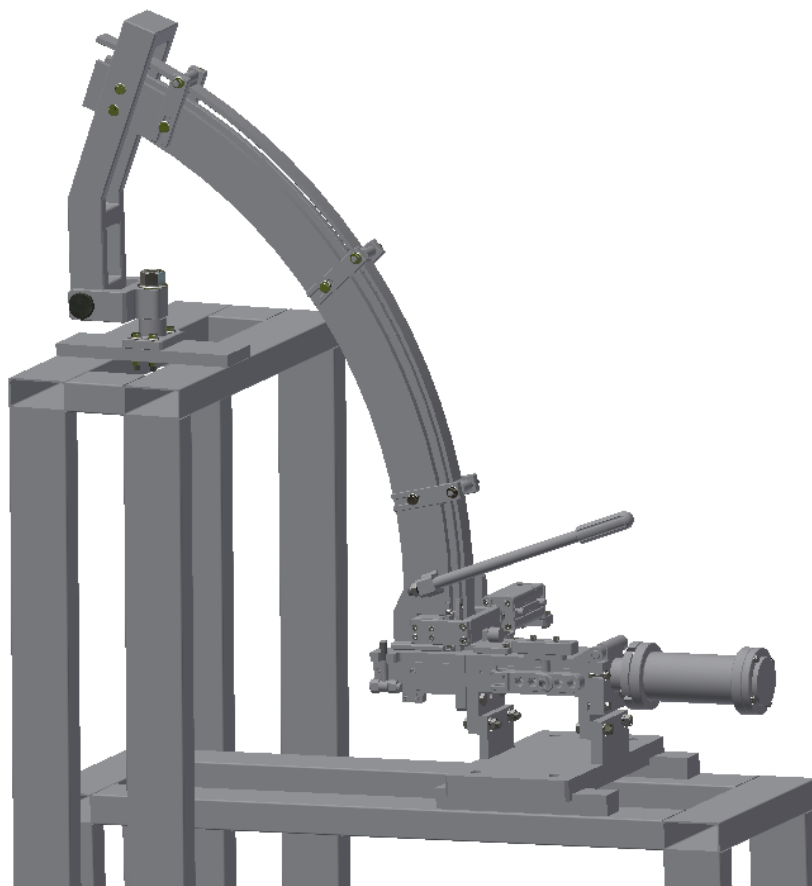
Poté, co dojde k vyhození šroubu, je nutno umožnit opětovné sevření čelistí. To je zaručeno pomocí šikmé plochy umístěné na vrchní straně podavače šroubů. Ten svým pohybem postupně zatlačí západky, které přestanou držet upínače ve fixní poloze. V tento moment už nic nebrání opětovnému sevření čelistí pomocí dvou tažných pružin popsanych v úvodu tohoto cyklu. Výše je tedy popsán systém, který umožní uchycení různých typů a délek šroubů bez výraznějších změn ve stávající konstrukci stroje. Pro přestavbu stroje na jiné typy šroubů je nutno vyměnit pouze několik součástí a upínače, které musejí být pro každý typ šroubu odlišné.



Obr. 56 Detail funkce západky

9 ZÁSOBNÍK

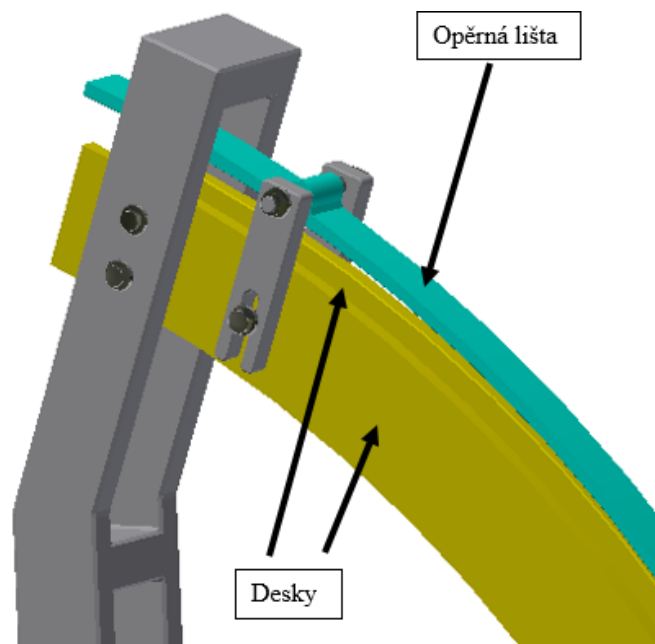
Nový návrh zásobníku se původnímu příliš nepodobá. Nově navržený zásobník je připraven na připojení k automatickému přívodu šroubů obdobně, jako je tomu u matic, například pomocí bubnových vibračních dopravníků. Zásobník je postaven na stole zásobníku, kdy se jedná o svařenec vyrobený z jáklů o rozměrech 50×100 mm různých délek. Poloha stolu je těsně nad stávajícím přívodem matic, do kterého nezasahuje. Současný návrh však dále neřeší, jaký přesný dopravník zde bude zvolen, ani kde přesně by byl usazen, a to z důvodu absence potřebné informace v době přípravy návrhu zásobníku.



Obr. 57 Pracovní prostředí

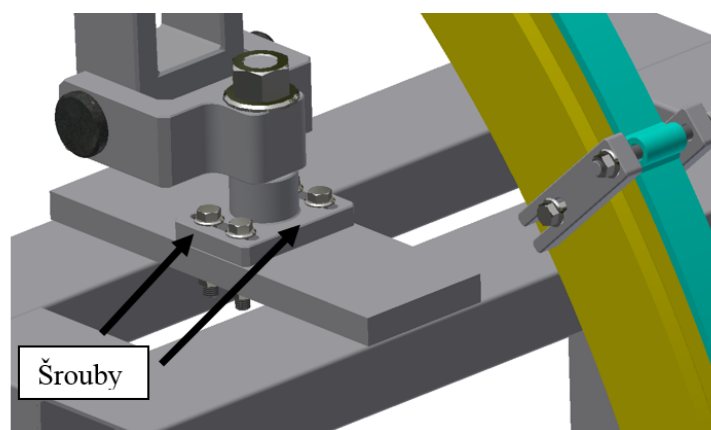
Zásobník bude vyroben ze dvou symetrických zahnutých desek, po jejichž hranách jsou dopravovány šrouby do stroje. Aby nedošlo k vypadnutí šroubů, je zde opěrná lišta, o niž se opírají hlavy šroubů, čímž je zabráněno vypadnutí šroubu. Tato lišta je pevně připevněna ke stroji pomocí dvou šroubů a nelze tedy měnit její polohu. Kompenzace různých výšek hlav je zaručena pomocí změny vzdálenosti desek od lišty. Uvedené řešení umožňuje měnit nastavení zásobníku podle potřeby šroubů. Celá sestava je mezi sebou sešroubována z důvodu, aby se dala lehce změnit. Například vzdálenost desek mezi sebou je 28 mm, to je

dostačující na to, aby došlo k vypadnutí šroubů ven. V případě, že by se do budoucna vyskytl šroub s menší velikostí hlavy, lze tuto vzdálenost lehce změnit přidáním několika podložek. Zásobník je oproti původnímu zakřiven, to by mělo pomoci, aby nedocházelo k zaseknutí šroubů. V případě, že by k tomu došlo, nespadne žádný šroub do pracovního prostředí, cyklus se přestane opakovat a stroj se defacto zastaví, čímž podá obsluze informaci, že došlo k poruše.

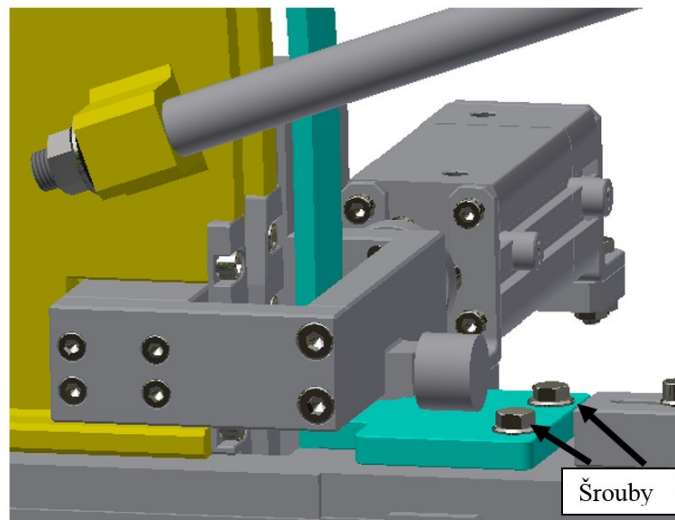


Obr. 58 Přívod šroubů

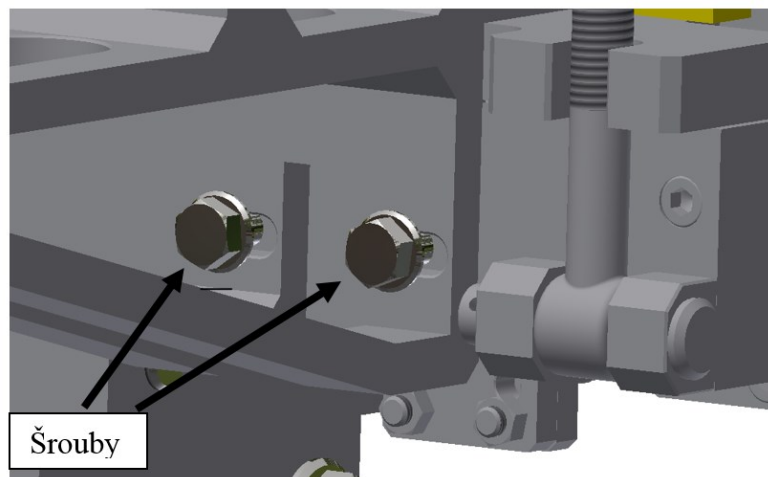
Celý zásobník je pak pevně připevněn ke stolu pomocí čtveřice šroubů. Tyto šrouby jsou umístěné v drážce, která umožní posun při případné změně na jinou výšku hlavy šroubu. Na druhé straně je zásobník připevněn taktéž čtyřmi šrouby. První dva již zmíněné zaručují přesnou polohu lišty přišroubováním k víku, zbylé dva jsou pak umístěny na straně stroje s připevněním zásobníku přímo k ústí podavače.



Obr. 59 Přišroubování ke stolu

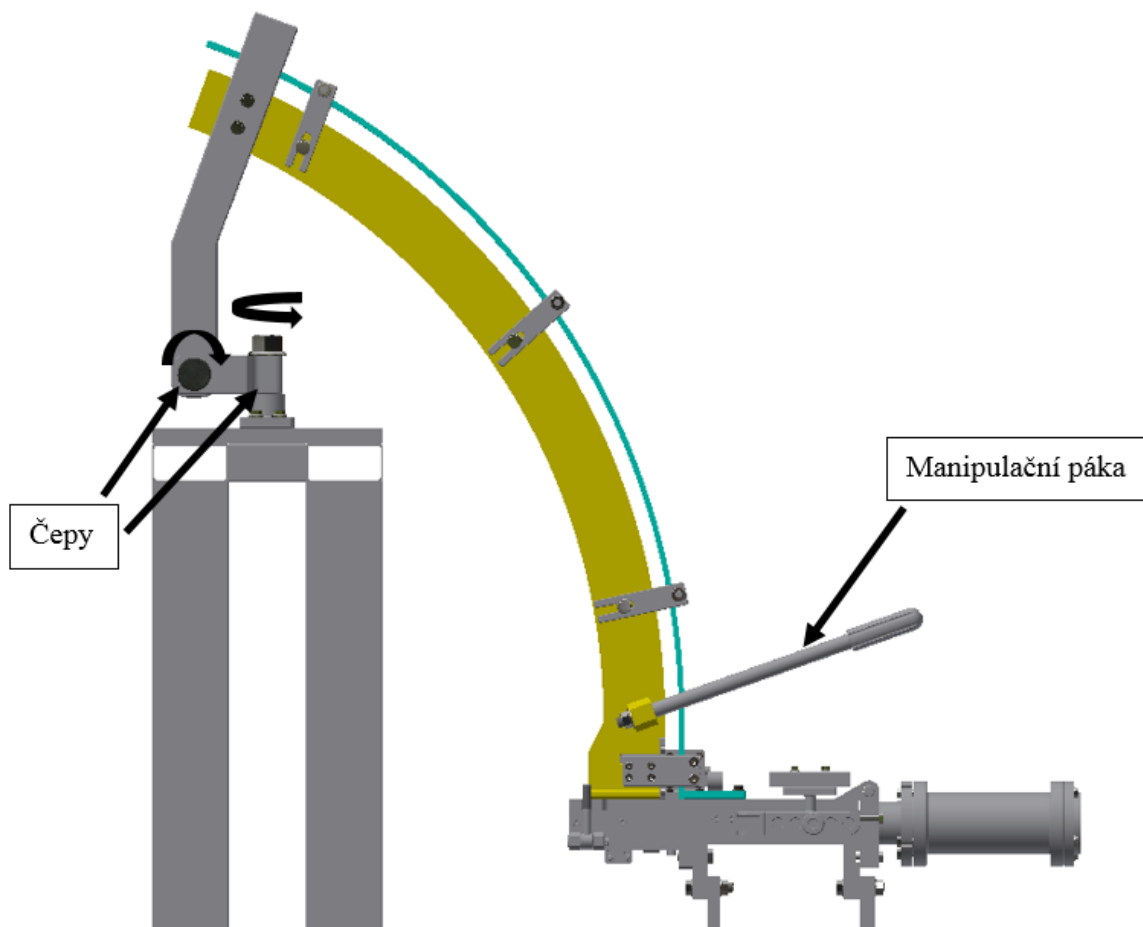


Obr. 60 Přišroubování na víko



Obr. 61 Přišroubování k ústí podavače

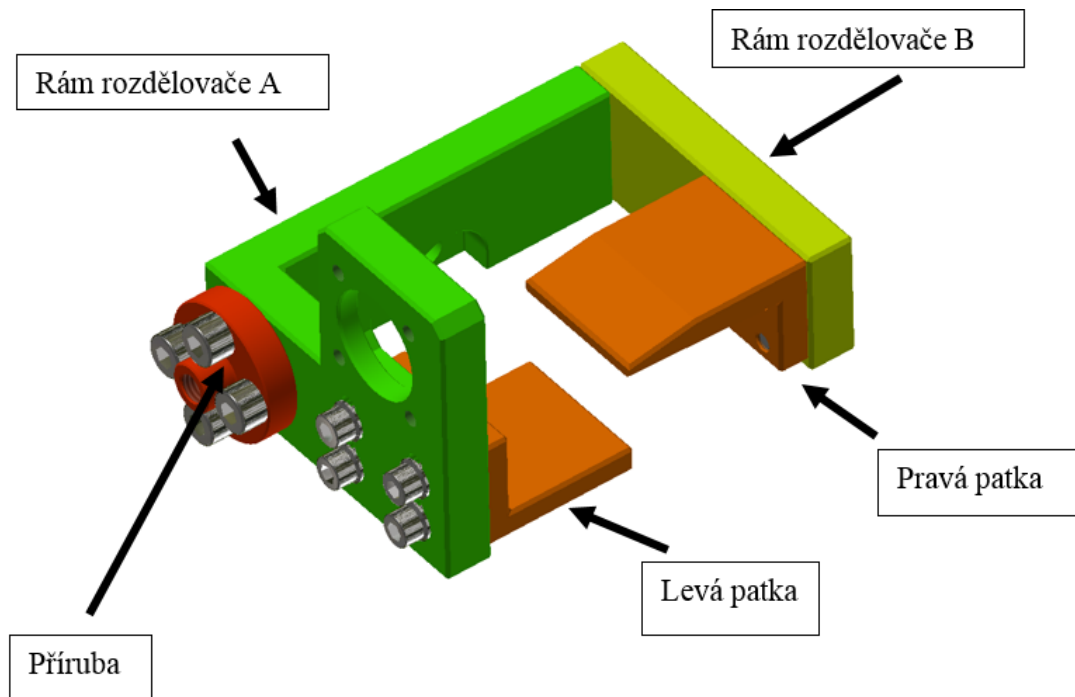
Při údržbách, přestavbách, či poruchách bude nutné zásobník oddělat. Takto navržený zásobník je přímo opřen o víko stroje a bez jeho odstranění není možné stroj rozdělat. Vzhledem k navrženým změnám ve způsobu upnutí je nutné zajistit, aby šlo lehce manipulovat se zásobníkem. K těmto účelům slouží dva čepy, které zaručí vertikální a rotační pohyb zásobníku. Po odmontování čtyř šroubů spojujících zásobník se strojem lze pomocí páky celý zásobník zdvihnout a otočit do míst kde nebude bránit dalším potřebným činnostem. Páka je přišroubována přímo k jedné z desek zásobníku.



Obr. 62 Manipulace se zásobníkem

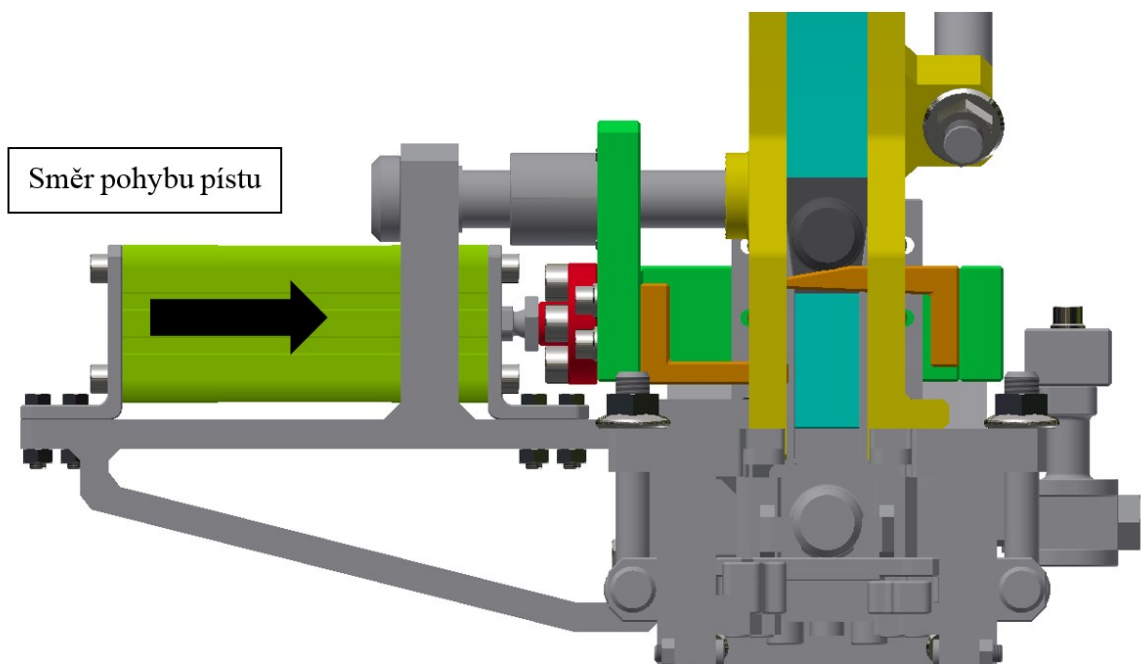
Šrouby se v zásobníku skládají na sebe, nejsou však již nadále opřeny o tělo podavače šroubů. Jejich správnou polohu určuje rozdělovač. Pod tímto názvem se skrývá sestava několika součástí sloužící pro dávkování šroubů do stroje, kromě toho také zaručuje udržení ostatních šroubů v zásobníku. Jeho pohyb je řízen pomocí pneumatického válce připevněného přímo k zásobníku.

Nosný rám rozdělovače je vytvořen spojením dvou součástí. Ty jsou k sobě přišroubovány pomocí dvou šroubů, kdy z pevnostního hlediska by bylo pravděpodobně výhodnějším řešením tyto součásti svařit. Spojení šrouby však zaručuje jednodušší montáž, a proto je zde zvoleno. Celý rám je poté pomocí příruby připevněn k pístu pneumatického válce. Samotné šrouby jsou usazeny na patkách rozdělovače. Pravá i levá patka jsou napevno přišroubovány k rámu. U levé patky lze měnit polohu v závislosti na průměru šroubu díky předem vytvořeným díram na rámu odpovídajícím průměrům jednotlivých šroubů.



Obr. 63 Rozdělovač

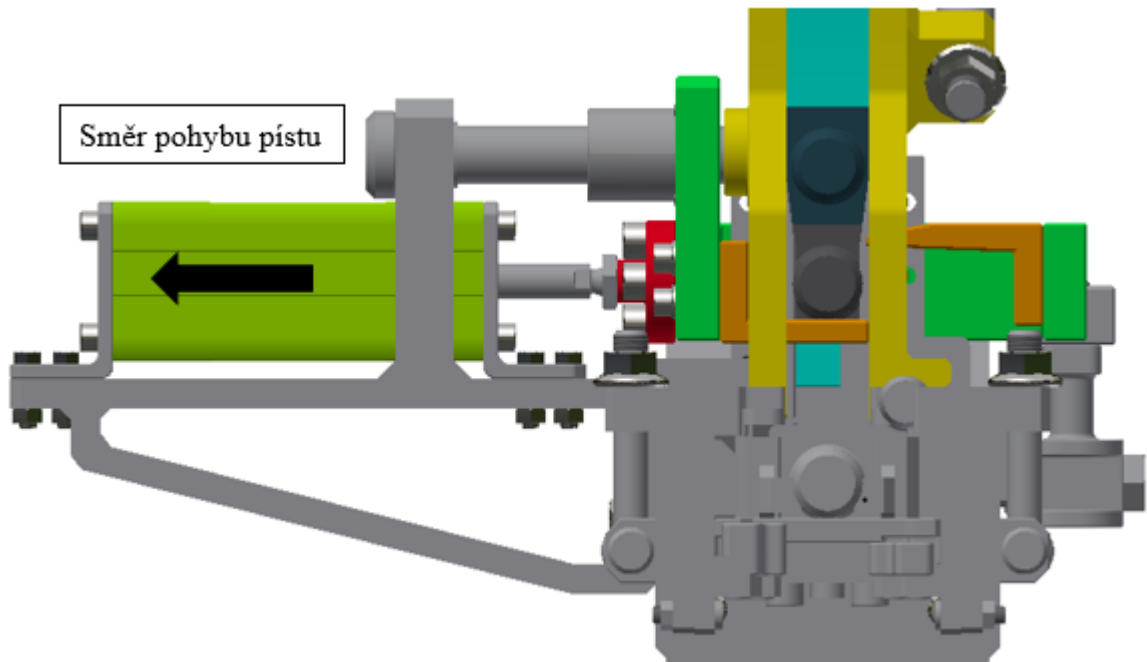
Funkce rozdělovače je poměrně jednoduchá. Šrouby v zásobníku dopadají na pravou patku, která jim zabrání v dalším pohybu. Pohybem pístu dojde k tomu, že se pravá patka vysune a jeden šroub spadne dolů. Dopadne však na patku levou, která se pomocí stejného pohybu vysunula.



Obr. 64 Funkce rozdělovače při dávkování šroubu

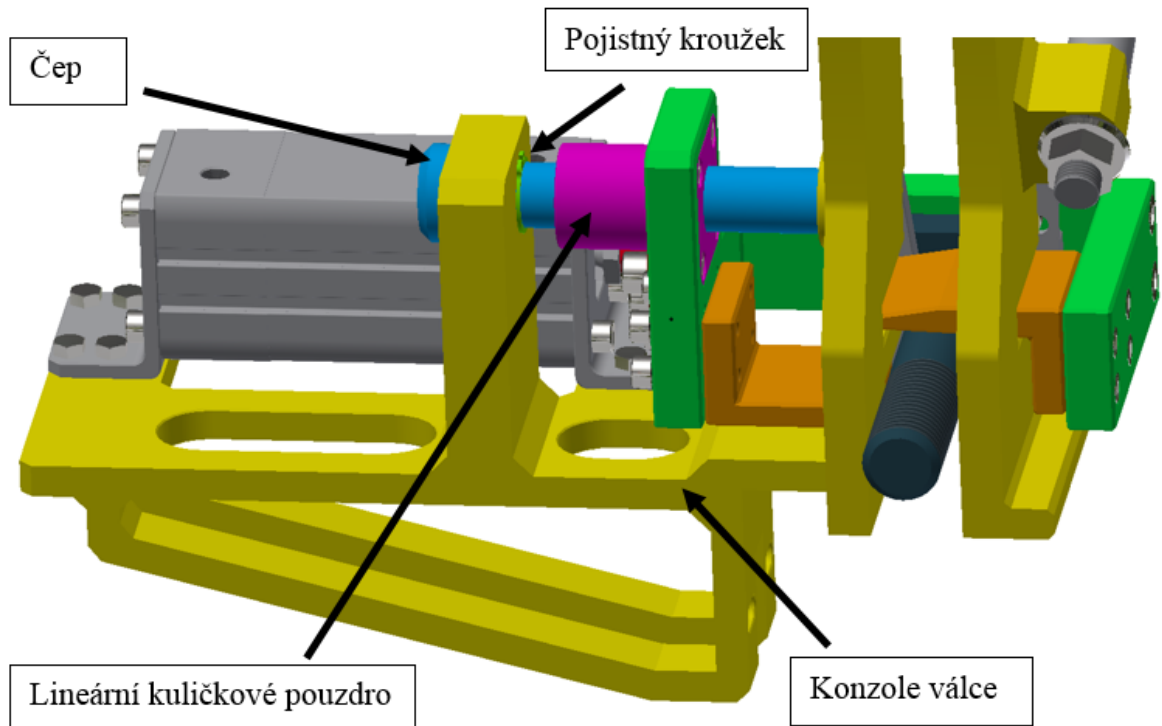
Zásobník je v takovémto stavu připraven na automatický provoz. V momentě, kdy dojde k vrácení se podavačů do původní polohy, dojde k sepnutí prvního čidla rozdělovače. Píst se

začne vracet, jeden šroub padá dolů do pracovního prostředí, zatímco další jsou přidrženy pravou patkou. Jakmile se píst kompletně vrátí, dojde k sepnutí druhého čidla rozdělovače, to zajistí, že se píst začne zpět vysouvat. Pravá patka zajíždí a posune šrouby na levou patku. Celý tento cyklus probíhá současně s cyklem uchopení šroubu.

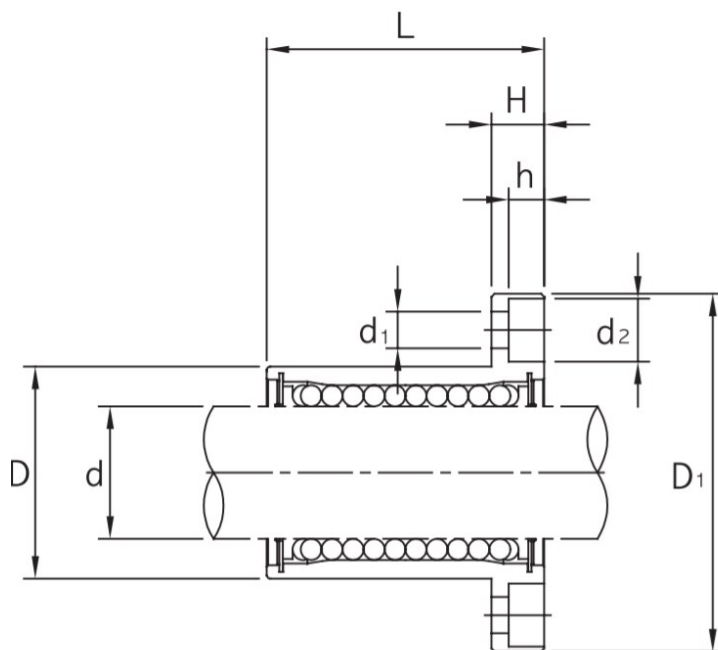


Obr. 65 Funkce rozdělovače při přípravě na další cyklus

Působení váhy šroubů na píst pneumatického válce by mohlo způsobit jeho prohnutí. K zamezení působení těchto vlivů slouží čep umístěný mezi konzolí válce a levou deskou zásobníku, který je proti vysunutí zajištěn pojistným kroužkem. Po čepu se pohybuje lineární kuličkové kluzné pouzdro s čtvercovou přírubou, které je pomocí šroubu připevněno do dutiny rámu rozdělovače. Tímto dojde k přenesení působící váhy na konstrukci zásobníků. Zvolené lineární kuličkové pouzdro označené jako LMEK 20 bylo vybráno z katalogu firmy MATIS. Konzole válce je svařená součástka sloužící především k upnutí pneumatického válce, dále se na ní také nacházejí drážky pro šrouby připevňující zásobník k ústí podavače šroubů.



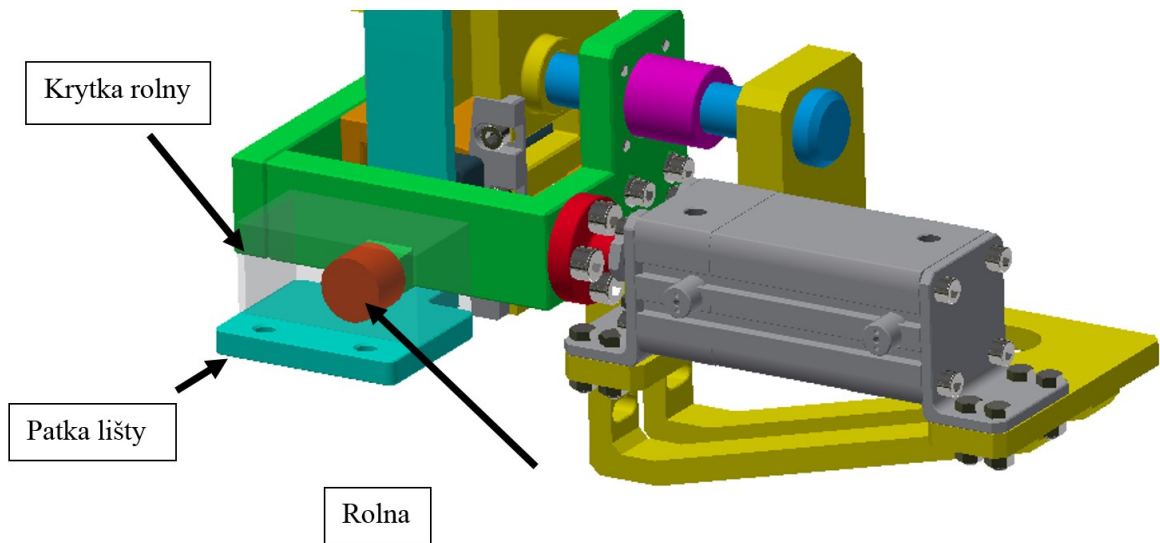
Obr. 66 Podepření pístu



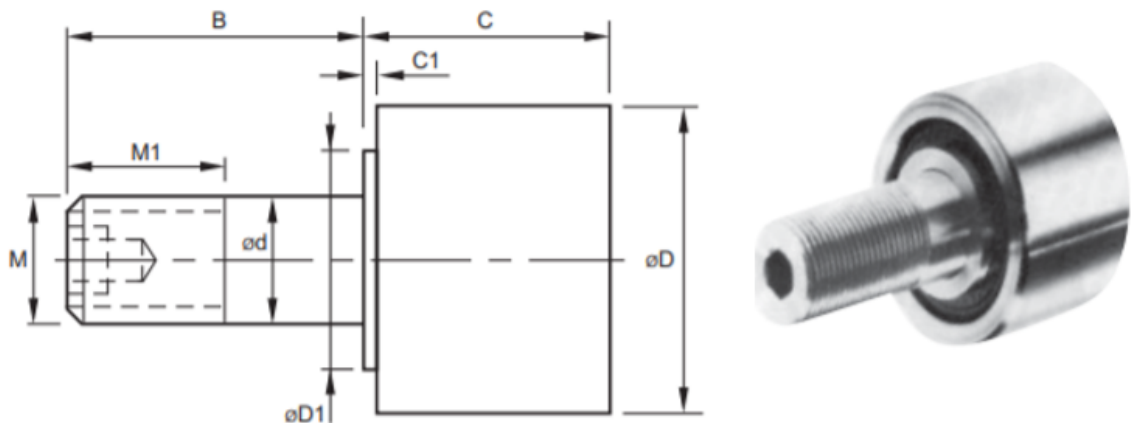
Obr. 67 Lineární kuličkové pouzdro s kruhovou přírubou [22]

Uvedené zajištění by nezaručilo správné rozložení sil a píst by byl stále dosti namáhán, především když by obsah zásobníku stál na pravé patce rozdělovače. K zabránění tohoto jevu byla na rám rozdělovače připevněna podpurná centrická rolna. Tato rolna se bude odvalovat

po patce lišty zásobníku, aby nedošlo k poranění, je celá rolna zakryta krytkou připevněnou k patce lišty zásobníku. Zvolená rolna je značena jako HPC26 a je dodávána firmou MATIS.

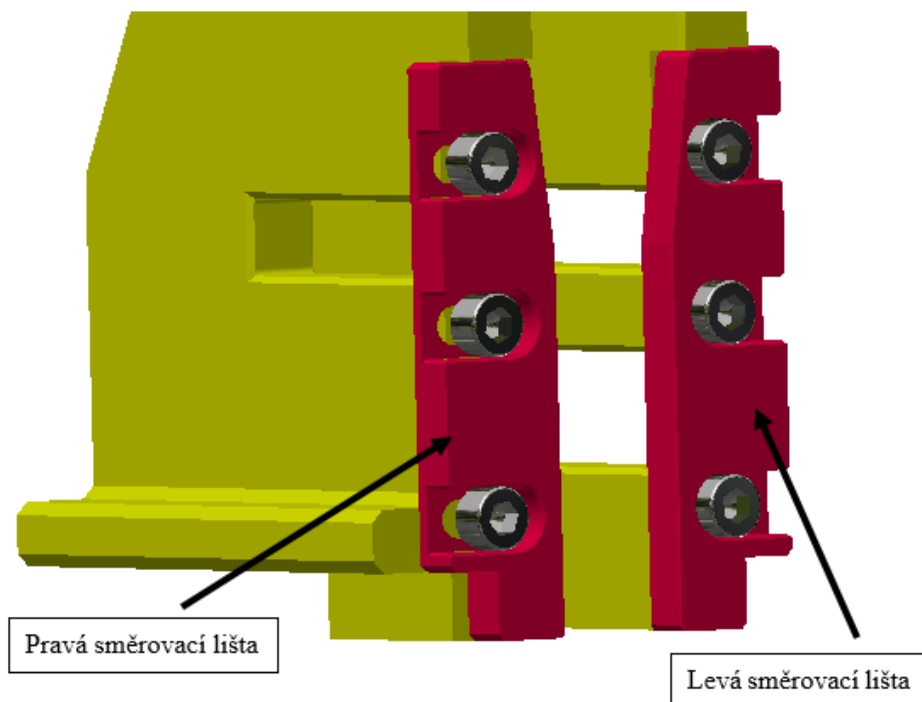


Obr. 68 Podepření pístu pomocí rolny



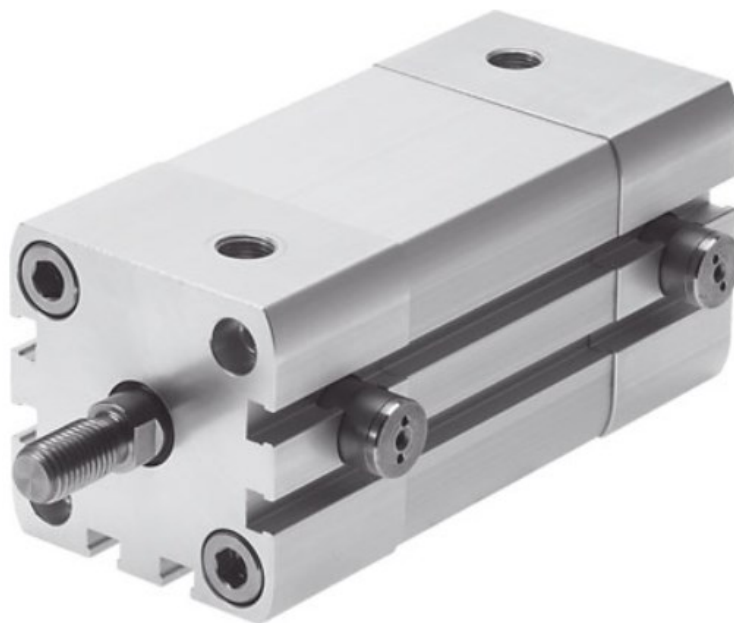
Obr. 69 Podpůrná centrická rolna HPC26 [21]

Pro přesnější nasměrování šroubu do pracovního prostředí je na konci desek přidělena dvojice směrovacích lišt. Pro lepší chod je v zásobníku umožněna jistá volnost pohybu šroubu mezi deskami, ta je však již nežádoucí v momentě, kdy má šroub spadnout mezi upínače.



Obr. 70 Směrovací lišty

Jako akční člen byl zvolen pneumatický kompaktní válec série ADN-40-EL- od firmy Festo vyrobený dle normy ISO 21287. Jedná se o dvojčinný pneumatický válec o šířce stěny válce 54 mm, průměru pístní tyče 40 mm a zdvihu 45 mm. Při provozním tlaku 6 barů dosahuje vysouvací síly 754 N. Závitové přípoje jsou G1/8.

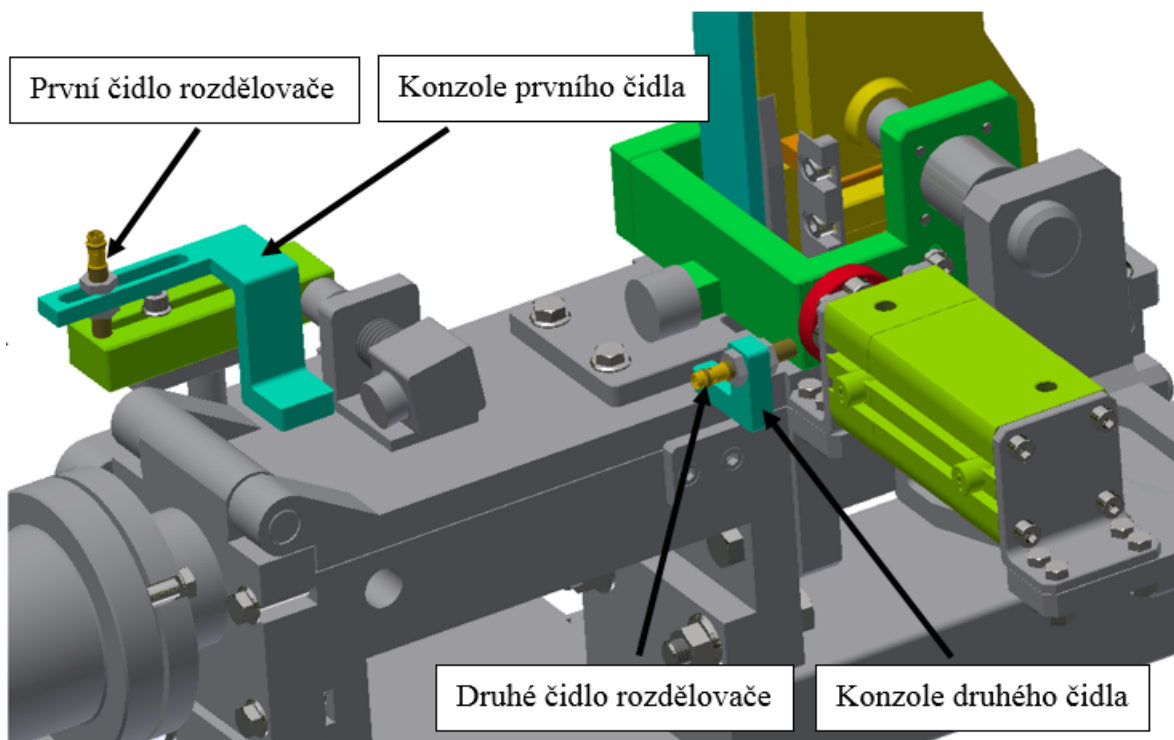


Obr. 71 Pneumatický válec ADN-40-45-ELB-P-A [23]

Řízení tohoto válce bude zaručeno dvojicí indukčních čidel taktěž od firmy Festo. Konkrétně se bude jednat o čidla SIEN-M8B-NO-S-L, která odpovídají normě EN 60947-5-2. Jmenovitá spínací vzdálenost je udávána 1,5 mm, zaručená spínací vzdálenost odpovídá 1,21 mm.



Obr. 72 Čidlo SIEN-M8B-NO-S-L [24]



Obr. 73 Umístění čidel rozdělovače

10 CENOVÁ KALKULACE MODERNIZACE

Celkové náklady modernizace zařízení natáčečky ve společnosti Šroubárna Kyjov, spol. s r.o. se poměrně složitě odhadují, jelikož ceny součástí jsou u externích dodavatelů značně proměnlivé. A zároveň není prozatím zřejmé, které součásti je možno vyrobit interně ve firmě. Cena pneumatického válce se pohybuje přibližně kolem 3 000 Kč, ostatní komponenty cca 5 000 Kč. Cena nakoupených tyčí plochých a jiných profilů cca 6 000 Kč. Nejdražší položkou pak pravděpodobně bude tvorba všech upínačů, které se budou obrábět z nástrojové oceli. Po započtení práce jsou odhadovány celkové náklady modernizace přibližně na 70 000 Kč. Změnou funkce zásobníku dojde sice k mírnému zpomalení stávajícího poloautomatického cyklu výroby. Pokud se však podaří zavést navržené úpravy natáčečky ve výrobním procesu, může se celková výroba urychlit o desítky pracovních směn. Například v roce 2019 by odhadované zkrácení výroby dosahovalo až 150 směn. Návratnost by se pak pravděpodobně pohybovala okolo čtvrt roku. Reálné náklady však budou, jak již bylo zmíněno, závislé na vlastních výrobních možnostech společnosti Šroubárna Kyjov, spol. s r.o.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vytvoření konstrukčního návrhu modernizace stroje zvaného natáčečka matic používaného ve firmě Šroubárna Kyjov, spol. s r.o.

Teoretická část se zabývá řešením problematiky šroubových spojů, dále pak také ostatních způsobů spojení, kterých je v této práci využito, jako jsou například kolíky, čepy a svarové spoje. V závěru jsou popsány možnosti automatizace procesu pomocí pneumatiky a popis stávajícího pracovního prostředí.

Praktickou část diplomové práce pak lze rozdělit do čtyř kapitol nazvané jako požadavky modernizace, změna upnutí a vyhození, návrh zásobníku, odhad ceny výroby.

V první kapitole byly představeny data výroby v posledních třech letech, kdy na těchto byla vysvětlena potřeba modernizace stávajícího stroje. Podle uvedených údajů byl zvolen další postup v praktické části. Některé typy matic byly pro svoji komplexnost vyřazeny a dále nebyly v praktické části řešeny. Všechny důvody těchto rozhodnutí jsou podrobně vysvětleny. V dalším kroku byla představena hlavní úskalí konstrukce stávajícího stroje, postupně zde byly vyjmenovány všechny hlavní problémy, které se musejí změnit, aby bylo docíleno rozšíření výrobního sortimentu stroje. V závěru uvedené kapitoly jsou představeny všechny nově řešené šrouby, které by měl stroj zvládnout zpracovávat.

Následující kapitola praktické části se pak zaměřuje na změnu způsobu upnutí a vyhození šroubu z pracovního prostředí. Postupně zde jsou popsány všechny navržené úpravy zaručující rozšíření sortimentu výroby. Na jednom modelovém šroubu je pak předveden a popsán celý cyklus výroby krok po kroku. Řešení se podařilo docílit změnami několika původních součástí stroje, a to především tvaru a funkce upínačů. Ty zde slouží ke správnému upnutí i vyhození šroubu z pracovního prostředí. Nicméně se pro každý typ šroubu musí vytvořit nová dvojice upínačů.

Další kapitola obsahuje návrh nového zásobníku, který by měl sloužit pro automatickou výrobu. Nový zásobník pak dbá na to, aby byl lehce upravitelný v případě potřeby zpracování jiných typů šroubů. Přívod šroubu do pracovního prostředí je řešen pomocí mechanismu ovládaného jedním pneumatickým válcem. V této kapitole jsou popsány jednotlivé zvolé komponenty.

V závěru práce byl proveden hrubý odhad ceny realizace provedených změn. Dále byl proveden odhad zrychlení výrobního procesu a návratnost takovéto investice.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN isbn978-80-248-1290-8.
- [2] POSPÍŠIL, František. *Závitová a šroubová spojení: určeno [též] studentům*. Praha: SNTL, 1968. Řada strojírenské literatury.
- [3] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojíního inženýra*. Praha: Computer Press, 1999. ISBN 80-7226-055-3.
- [4] MAKONOVA, Šárka. *Šroubové spoje-výklad* [online], 2015. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z. https://pospolu.rvp.cz/ucebni-materialy?file_id=99&do=getFile
- [5] LINKEOVÁ, Ivana a František Novák. *Výkresová dokumentace*. Praha, 2004, ISBN 80-86786-01-3.
- [6] Šroubárna Kyjov, spol s.r.o. [online], 2020. [cit. 2020-02-03]. Dostupné z. <https://www.sroubk.cz>
- [7] GANESH BABU, K. a K. SRITHAR. *Design of Machine Elements*. tata McGraw-Hill Education, 2010. ISBN 0070672849, 9780070672840
- [8] ŠLUPINA, Miloš. *Stroje ve strojírenství* [online], 2020. [cit. 2020-02-02]. Dostupné z. http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U36_Spoje_ve_strojirenstvi.pdf
- [9] SVOBODA, Pavel. *Základy konstruování. Vyd. 3., upr. a dopl.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-7204-633-1.
- [10] ŽÍDKOVÁ, Zdeňka. *Monotonie v pracovním procesu, České pracovní lékařství*, 4, 2005
- [11] ŽÍDKOVÁ, Zdeňka. *Monotonie v praxi. Bezpečnost a hygiena práce* 6/2006 S. 23 -28
- [12] ŘEŘÁBEK, Antonín. *Stavba a provoz strojů 1: pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2006. ISBN isbn80-86960-02-1.
- [13] *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.

- [14] MÁLIK, Ladislav a Štefan MEDVECKÝ. *Části a mechanismy strojov*. V Žiline: Žilinská univerzita, 2003. ISBN 80-8070-043-5.
- [15] BENEŠ, Pavel. *Automatizace a automatizační technika*. Vyd. 2. Brno: Computer Press, 2003. ISBN isbn80-7226-248-3.
- [16] Katalog, Základy elektropneumatiky, Festo Didactic GmbH & Co., Denkendorf (EN). (CD) Festo, 2000
- [17] Pneumatické značky. [online], 2020. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z. <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/pneumaticke-znacky>
- [18] Katalogový list FESTO SENSORS [online], 2019. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_050000
- [19] KONVIČNÁ, Iveta. *Kolíkové spoje*. [online], 2018. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z. http://www.sossoukyjov.cz/data/file/Strojnictvi/VY_32_INOVACE_5c/VY_32_INOVACE_5c05.pdf
- [20] Katalogový list SODEMANN tlačné pružiny [online], [cit. 2020-04-04]. Dostupné z. <https://www.sodemann-pruziny.cz/produkty/tlacne-pruziny>
- [21] Katalogový list podpůrné rolny centrické [online], [cit. 2020-04-05]. Dostupné z. <https://www.matis.cz/cs/produkt/hpc-podpurne-rolny-centricke>
- [22] Katalogový list součást LMEK s čtvercovou [online], [cit. 2020-04-05]. Dostupné z. <https://www.matis.cz/cs/produkt/hpc-podpurne-rolny-centricke>
- [23] Katalogový list pneumatický válec ADN-40-45-ELB-P-A [online], [cit. 2020-04-05]. Dostupné z. https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_ADNEL
- [24] Katalogový list čidlo SIEN-M8B-NO-S-L [online], [cit. 2020-04-05]. Dostupné z. https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_SEIN

FOS	Fosfátované	
ŽZ	Žárový Zinek	
GZ	Galvanický Zinek	
γ	Úhel stoupání závitu	[rad]
P_h	Stoupání závitu	[mm]
n	Počet chodů závitu	[-]
P	Rozteč závitu	[mm]
d_2	Střední průměr závitu	[mm]
d	Průměr drátu pružiny	[mm]
D_e	Vnější průměr pružiny	[mm]
D_i	Vnitřní průměr pružiny	[mm]
L_0	Délka pružiny bez zatížení	[mm]
L_n	Max. délka pružiny při zatížení	[mm]
S_n	Max. zdvih pružiny	[mm]
F_n	Max. zatížení pružiny	[N]
R	Tuhost pružiny	[N/mm]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Výroba za tepla [6]	11
Obr. 2 Obrobené ložiskové kroužky [6]	11
Obr. 3 Princip závitů na válcové ploše [3]	13
Obr. 4 Rozdíl mezi a) levým a b) pravým závitem [5]	13
Obr. 5 Jednochodé a vícechodé závity [5]	14
Obr. 6 Rozdělení podle tvaru závitového profilu [4]	14
Obr. 7 Základní rozměry závitů [8]	15
Obr. 8 Některé vybrané druhy šroubů dle ČSN [8]	16
Obr. 9 Některé vybrané druhy matic dle ČSN [8]	17
Obr. 10 Některé vybrané druhy podložek dle ČSN [8]	18
Obr. 11 Druhy kolíků [19]	19
Obr. 12 Druhy čepů [8]	20
Obr. 13 Typy svarových spojů [8]	21
Obr. 14 Řez jednočinným válcem a jeho schématická značka [16]	23
Obr. 15 Řez dvojčinným válcem a jeho schématická značka [16]	24
Obr. 16 Schéma jednocestného škrtkového ventilu [17]	26
Obr. 17 Požadované spojení šroubu a matice	27
Obr. 18 Data konstrukce původního stroje	28
Obr. 19 Hákový šroub M22x55 K092231 s šestihrannou maticí	28
Obr. 20 Natáčečka matic	30
Obr. 21 Přívod matic	31
Obr. 22 Změna pohybu matic	32
Obr. 23 Sestava natáčečích hlav	33
Obr. 24 Šestihranná matice vs. disková matice	34
Obr. 25 Zásobník na šrouby	34
Obr. 26 Nesevřený šroub	35
Obr. 27 Sevřený šroub	35
Obr. 28 Šrouby v zásobníku opřené o podavač šroubů	36
Obr. 29 Rozdíl mezi hákovým šroubem M24 a šroubem s 4hr. hlavou M18	36
Obr. 30 Vodící lišty	37
Obr. 31 Vyhazovač	38
Obr. 32 První čidlo (spuštění cyklu), druhé čidlo (nastavení délky vysunutí pístu) ...	38

Obr. 33 Nevyhovující řešení vyhazovače	46
Obr. 34 3D model spojkového šroubu se čtyřhrannou hlavou M18xL	47
Obr. 35 3D model spojkového šroubu se čtyřhrannou hlavou M20xL	47
Obr. 36 3D model spojkového šroubu se čtyřhrannou hlavou M24xL	47
Obr. 37 3D model spojkového šroubu M22xL	48
Obr. 38 3D model spojkového šroubu s hlavou T M24xL	48
Obr. 39 3D model hákového šroubu M22xL.....	48
Obr. 40 Volný šroub v pracovním prostředí	49
Obr. 41 Pevně uchycený šroub v pracovním prostředí.....	50
Obr. 42 Stlačení pomocí pružin	50
Obr. 43 Rozměry pružin a) první pružina Ø12 mm a b) druhá pružina Ø8 mm	51
Obr. 44 Podepření šroubů pomocí upínačů.....	52
Obr. 45 Detail spojení upínačů pro šroub M24x130	52
Obr. 46 Geometrie upínače pro šroub M24x130.....	53
Obr. 47 Podepření hlavy šroubů.....	54
Obr. 48 Podložka hlavy	54
Obr. 49 Rozmístění vodících lišt	55
Obr. 50 Přidržovač a spodní vodící lišta	55
Obr. 51 Rozpěrka vodící lišty pro šrouby s výškou hlavy 24 mm	56
Obr. 52 a) západka a b) uzavírací krytka	56
Obr. 53 Funkce západek	57
Obr. 54 Kolík upínačů	57
Obr. 55 Rozevření upínačů	57
Obr. 56 Detail funkce západky	58
Obr. 57 Pracovní prostředí.....	59
Obr. 58 Přívod šroubů	60
Obr. 59 Přišroubování ke stolu.....	60
Obr. 60 Přišroubování na víko	61
Obr. 61 Přišroubování k ústí podavače	61
Obr. 62 Manipulace se zásobníkem	62
Obr. 63 Rozdělovač.....	63
Obr. 64 Funkce rozdělovače při dávkování šroubu.....	63
Obr. 65 Funkce rozdělovače při přípravě na další cyklus	64
Obr. 66 Podepření pístu.....	65

<i>Obr. 67</i> Lineární kuličkové pouzdro s kruhovou přírubou [22]	65
<i>Obr. 68</i> Podepření pístu pomocí rolny	66
<i>Obr. 69</i> Podpůrná centrická rolna HPC26 [21]	66
<i>Obr. 70</i> Směrovací lišty	67
<i>Obr. 71</i> Pneumatický válec ADN-40-45-ELB-P-A [23]	67
<i>Obr. 72</i> Čidlo SIEN-M8B-NO-S-L [24]	68
<i>Obr. 73</i> Umístění čidel rozdělovače	68

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Pevnostní třídy šroubů</i>	18
<i>Tab. 2. Schématické značení ventilů [17]</i>	25
<i>Tab. 3 Meziroční nárůst výroby</i>	42
<i>Tab. 4 Souhrn ručního natáčení za rok 2019</i>	43
<i>Tab. 5 Souhrn diskových matic za rok 2019</i>	44
<i>Tab. 6 Souhrn poloautomatického natáčení za rok 2019</i>	45
<i>Tab. 7 Parametry pružiny od firmy SODEMANN [20]</i>	56

SEZNAM PŘÍLOH**PI Výkresová dokumentace:**

– Sestava zásobník	DP-001-A3
– Sestava podavač šroubů	DP-002-A3
– Sestava natáčečka	DP-003-A3
– Lišta zásobníku	DP-004-A4
– Deska pravá	DP-005-A3
– Deska levá	DP-006-A3
– Spojovací deska	DP-007-A4
– Čep kloubu	DP-008-A4
– Kloub	DP-009-A4
– Podpěra zásobníku	DP-010-A4
– Konzole válce	DP-011-A4
– Rám rozdělovače A	DP-012-A4
– Rám rozdělovače B	DP-013-A4
– Patka rozdělovače levá	DP-014-A4
– Patka rozdělovače pravá	DP-015-A4
– Směrovací lišta-levá	DP-016-A4-A
– Příruba rozdělovače	DP-017-A4
– Upínač levý	DP-018-A4-A
– Podavač šroubů	DP-019-A3
– Kolík upínačů	DP-020-A4
– Víko natáčečky	DP-021-A3
– Ústí podavače	DP-022-A3
– Základna natáčečky	DP-023-A3
– Víko natáčečky	DP-021-A3
– Uzávěr západky	DP-024-A4
– Západka pravá	DP-025-A4-A
– Přidržovač levý	DP-026-A4-A
– Podložka ústí podavače 24	DP-027-A4

PII Soubory:

- Diplomová práce
- Sestava stroje