

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

Bc. Jiří Vaníček

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh automatické šroubovací stanice pro výrobu zámkových  
systémů automobilů

Bc. Jiří Vaníček

Diplomová práce

2013

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Vaniček**  
Osobní číslo: **D11847**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**  
Název tématu: **Návrh automatické šroubovací stanice pro výrobu zámkových systémů automobilů**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

1. Úvod
2. Současný stav problematiky šroubování
3. Návrh automatické šroubovací stanice
4. Zhodnocení
5. Závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:


- [1] LEINVEBER, Jan. Strojnické tabulky. 1. vyd. Úvaly: ALBRA, 2003, 865 s.  
ISBN 80-864-9074-2.  
[2] DEPRAG SCHULZ GMBH & CO. Deprag - Betriebsanleitung:  
Schraubeinheit. 2012.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: 15. února 2013  
Termín odevzdání diplomové práce: 23. května 2013

  
prof. Ing. Bohumil Čulek, CSc.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2013

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

*V Pardubicích dne 23.5.2013*

*Jiří Vaníček*

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych velmi rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Miroslavu Tesařovi, CSc. z Dopravní fakulty Jana Pernera a dále celému kolektivu z oddělení Manufacturing Engineering firmy Kiekert-CS za odborné konzultace a svůj čas, který mi vždy ochotně věnovali.

Tato diplomová práce vznikla v rámci řešení projektu "IVINTEP - Inženýrské vzdělávání jako interakce teorie a praxe", reg. č. CZ.1.07/2.2.00/15.0352.

## ANOTACE

Tato práce je zaměřena na řešení automatického šroubovacího zařízení použitého při výrobě zámkových systémů osobních a lehkých užitkových automobilů. V první části práce je obecně popsána problematika šroubování. V další části je pak rozebrán vlastní návrh automatické šroubovací stanice a jeho realizace.

## KLÍČOVÁ SLOVA

šroub; šroubování; automatická stanice; automobilový zámkový systém

## TITLE

Design of automatic screw station for the production of automotive latch systems

## ANNOTATION

This work is focused on the design of automatic screw equipment used in the production of automotive latch systems for cars and light commercial vehicles. In the first part is generally described screwing problems. The next section analyzes the custom engineered design and its implementation.

## KEYWORDS

screw; screwdriving; automatic station; automotive latch systems

# Obsah

1. Úvod .....	10
2. Teorie šroubování .....	11
2.1. Šrouby a šroubové spoje .....	11
2.1.1. Základní dělení .....	11
2.1.2. Základní druhy spojovacích šroubových spojů .....	12
2.1.3. Druhy závitů .....	16
2.1.4. Materiály šroubů .....	18
2.2. Technologie šroubování .....	18
2.2.1. Manuální šroubování .....	18
2.2.2. Strojní šroubování .....	20
2.2.3. Technologie zásobování .....	22
2.2.4. Tvrdé a měkké šroubování .....	24
3. Současný stav problematiky šroubování .....	25
3.1. Montážní linka .....	25
3.2. Současný stav pracoviště .....	29
3.3. Šroubovací bod a montážní prvek .....	30
4. Návrh automatické šroubovací stanice .....	33
4.1. Mechanická a elektronická část .....	34
4.1.1. Rám .....	34
4.1.2. Soustava posuvných desek .....	36
4.1.3. Šroubovací jednotka s automatickým podáváním šroubů .....	39
4.1.4. Doprník a prvky zajištění procesu .....	45
4.2. Pneumatická část .....	48
5. Realizace a zhodnocení .....	51
5.1. Vlastní provedení .....	51
5.2. Shrnutí funkce stroje .....	55
5.3. Přínosy automatizace .....	55
5.4. Komplexní zhodnocení .....	56
6. Závěr .....	58
7. Použité zdroje .....	59



## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Maticový šroub.....	13
Obrázek 2 – Válcové a kuželové zahloubení <sup>[3]</sup> .....	13
Obrázek 3 – Závrtný šroub .....	14
Obrázek 4 – Příklady zajištění <sup>[3]</sup> .....	15
Obrázek 5 – Šrouby pro zvláštní účely <sup>[3]</sup> .....	15
Obrázek 6 – Příklady šroubových spojů <sup>[4]</sup> .....	16
Obrázek 7 – Základní rozměry profilu závitu.....	16
Obrázek 8 – Profily hlav šroubů <sup>[8]</sup> .....	19
Obrázek 9 – Ruční pneumatický šroubovák <sup>[11]</sup> .....	21
Obrázek 10 – Šroubovací vřeteno <sup>[11]</sup> .....	22
Obrázek 11 – Dávkovač šroubů <sup>[11]</sup> .....	23
Obrázek 12 – Měkké a tvrdé šroubování <sup>[9]</sup> .....	24
Obrázek 13 – Layout EOL Ford Transit <sup>[18]</sup> .....	25
Obrázek 14 – WT.....	26
Obrázek 15 – Montážní linka s pásovým dopravníkem .....	27
Obrázek 16 – Centrální systém řízení dopravníku.....	28
Obrázek 17 – Ruční pracoviště.....	29
Obrázek 18 – Zámek Ford Transit umístěný na WT .....	31
Obrázek 19 – Model použitého šroubu s drážkou Torx.....	31
Obrázek 20 – Model části šroubovacího nástavce Torx.....	32
Obrázek 21 – Model navrženého rámu stanice.....	34
Obrázek 22 – Profil ITEM.....	35
Obrázek 23 – Model navržené soustavy posuvných desek.....	37
Obrázek 24 – Model šroubovacího modulu.....	39
Obrázek 25 – Přítlak šroubováku <sup>[6]</sup> .....	40
Obrázek 26 – Model prvků systému pro přívod šroubů .....	41
Obrázek 27 – Funkce pouzdra s čelistmi <sup>[6]</sup> .....	41
Obrázek 28 – EC elektromotor <sup>[6]</sup> .....	42
Obrázek 29 – Samostatné šroubovací vřeteno s řídicí jednotkou <sup>[11]</sup> .....	43
Obrázek 30 – Vibrační podavač <sup>[11]</sup> .....	45
Obrázek 31 – Model části dopravníku s prvky zajištění procesu .....	46

Obrázek 32 – Model vstupní jednotky vzduchu .....	49
Obrázek 33 – Model ventilového terminálu .....	50
Obrázek 34 – Model konečného návrhu stanice .....	51
Obrázek 35 – Kompletní automatická stanice .....	53
Obrázek 36 – Programové prostředí .....	54
Obrázek 37 – Grafika ovládacího panelu .....	54

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Rozsah pohybu.....	38
--------------------------------	----

# 1. Úvod

Šroubování je v automobilovém průmyslu základní metodou spojování, podobně jako například nýtování a svařování. Primární výhodou šroubování je možnost rychlé montáže a demontáže spoje, a to i opakovaně. Dále se vyznačuje možností spojit téměř jakékoliv materiály a není tak výrazně omezeno jako například svařování, které je díky častému nahrazování kovových materiálů různými modifikacemi plastů při výrobě velmi omezené. Šroubování navíc tepelně neovlivňuje okolní oblast spoje a v neposlední řadě jej lze poměrně jednoduše automatizovat.

Zadání a následná tvůrčí činnost je realizována v rámci studentské praxe ve spolupráci s firmou Kiekert-CS, která má v České republice největší výrobní závod automobilových zámkových systémů. Firma spadá pod globální společnost Kiekert, která byla založena v roce 1857 v německém Heiligenhausu, kde se také nachází hlavní vedení společnosti. Kiekert-CS zaujímá výsadní postavení jako zaměstnavatel pardubického regionu a má důležitou roli v místním hospodářství. Hlavní položkou výrobního portfolia nejsou pouze zámky bočních dveří ve formě samostatných jednotek, ale i celistvé montážní moduly a zámky zadních dveří. V současné době, mimo jiné, firma plně využívá šroubové spoje při výrobě zámkových systémů pro evropský i světový trh. Příkladem největších odběratelů zámků jsou automobilky koncernu Volkswagen, Ford nebo Daimler.

Šroubovým spojům a technologii šroubování obecně je věnována první část této diplomové práce. Jsou zde rozebrány například základní druhy šroubových spojů, jejich vlastnosti a způsoby šroubování. Další část se zabývá poznatky z montážní linky a samozřejmě vlastním návrhem zařízení, tedy rozborem jednotlivých komponentů a popisem jejich hlavní úlohy pro funkčnost celého systému. Závěr pak patří zhodnocení realizace projektu navrženého zařízení.

Diplomová práce je vedena snahou o využití poznatků získaných během studia a v rámci praxe, převážně poznatků materiálových a konstrukčních, aplikovaných na vlastní řešení problému. Její přínos a užitek je zejména pro potřeby firmy Kiekert-CS. Díky tomuto konceptu je možné automatický stroj realizovat a implementovat jej do výrobní linky místo stávajícího ručního pracoviště. To vše kvůli požadavkům na zajištění procesu sériové výroby, řízení kvality i spolehlivosti a z dlouhodobějšího hlediska pro úspory finančních prostředků.

## 2. Teorie šroubování

Na úvod je vhodné si objasnit principy šroubových spojů, základní vlastnosti a parametry šroubů i technologii šroubování používanou v praxi. Šroubová spojení se uplatňují ve všech technických oblastech. Je to jedna z nejčastějších a nejrozšířenějších technologií spojování součástí. Jak již bylo zmíněno v úvodu, jedná se o spojení výhodná zejména z hlediska opětovné montáže a demontáže a spojování různých druhů materiálů (kov, dřevo, plast, apod.). Dalším faktorem je zcela jistě jednoduchost, vysoká spolehlivost i konstrukční rozmanitost.

### 2.1. Šrouby a šroubové spoje

Šroub je obecně závitový prvek složený z válcového nebo kónického dřívku a hlavy šroubu. Na dřívku je obvykle „šroubově navinutý“ závit. Ten lícuje s odpovídající šroubovicí v materiálu, do kterého se šroub zašroubovává, nebo je v průchozí díře a stažen maticí. Závit může být v předvrtané díře již vyroben anebo se přímo při šroubování v díře vyřezává. Hlava je speciálně tvarovaná tak, aby bylo možné použít šroubováku nebo klíče k utahování nebo uvolňování šroubu. Po svém úplném zašroubování se opírá o spojovanou součást nebo o podložku a vyvíjí permanentní tlak na spojení nebo upevnění. Přítlak na opěrné ploše hlavy odpovídá utahovacímu momentu, který je nutné použít pro zašroubování.

Rozměry, mechanické vlastnosti, třídy pevnosti a značení jednotlivých dílů šroubových spojů, tedy šroubů, podložek, matic i pojistek, a jejich typy, jsou **normalizovány** dle příslušných norem, například ČSN nebo ISO. Stejně tak jsou normou předepsány i otvory pro příslušné šrouby. Základní přehled lze nalézt například ve Strojnických tabulkách – viz. zdroj [1].

#### 2.1.1. Základní dělení

Podle účelu, ke kterému jsou šrouby určeny, je rozdělujeme na šrouby spojovací a upevňovací, a šrouby pohybové. **Spojovací a upevňovací šroubová spojení** zajišťují pevné spojení nebo trvalou polohu dvou i více součástí s možnými rozdílnými materiálovými i mechanickými vlastnostmi. Jedná se převážně o rozebíratelná nepohyblivá spojení. Jejich výhodou je jednoduchost a spolehlivost, přenos různých zatížení v podobě sil a momentů

či snadná rozebíratelnost. Nevýhodou je složitější a nákladnější výroba například oproti kolíkovým, čepovým nebo nýtovým spojům. Používají se také ke speciálním účelům jako uzavírací, nastavovací, měřicí, zátkové apod. **Pohybové šrouby** (někdy také nazývané hnací) mění rotační pohyb se stálou osou rotace na přímočarý posuvný pohyb. Uplatňují se především jako mechanismus u zvedáků, stahovacích přípravků, vřetenových lisů, úchopných hlavic manipulátorů či vedení.

Dále můžeme rozlišovat typy spojů z hlediska konstrukčního. **Tvarový spoj** je spoj, kde se síla z jedné součásti na druhou přenáší tvarovou spojovací součástí, tj. lícovaným šroubem, který je tak namáhán především na smyk (stříh) a spojované součásti na otláčení. **Silový spoj** vzniká utažením šroubu před vlastním zatížením a vyvolává ho osová síla předpětí ve šroubu i spojovaných součástech. Jde o montážní předpětí zajišťující potřebnou silovou vazbu stykových ploch. Ve spoji součástí vzniká tření (tangenciální síla). Jde v podstatě o tvarový spoj s předpětím, kde nejsou vůle a mohou se tak přenášet velká zatížení. Dosahuje se zde velkých osových sil malými silami obvodovými.

*„V případě předepjatých spojů jde v podstatě o to, aby konstrukční uzel, který z důvodů materiálových, výrobních nebo montážních byl navržen jako složený, se za provozu choval jako prakticky celistvý kompaktní útvar. Správně předepjatý spoj pak tvoří i za provozu celek se zaručeným silovým dotykem v dosedacích plochách s neměnnou polohou jednotlivých částí.“* [2]

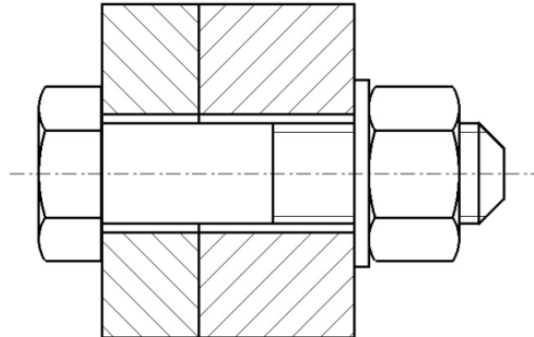
Rozdělit šroubové spoje podle zatížení lze na spoje zatížené silou v ose šroubu nebo silou kolmou k ose šroubu. Typ spoje a způsob zatížení je pak důležitý zejména z hlediska pevnostních výpočtů pro danou konstrukci. [2]

### 2.1.2. Základní druhy spojovacích šroubových spojů

Rozeznáváme tři hlavní skupiny spojovacích šroubů – maticové, závrtné a šrouby pro zvláštní účely.

Jak již bylo zmíněno v úvodu o šroubech, tj. že se šrouby skládají z hlavy a dříku, platí pro základní **šrouby maticové** (obrázek 1). Dřík šroubu je hladký a válcový, na jednom konci opatřen závitem. Na druhém je obvykle hlava. V některých případech má závit na obou koncích nebo po celé délce. V tom případě se jedná o tzv. šroub kolíkový. Hlavy maticových šroubů jsou nejčastěji šestihranné, čtyřhranné nebo válcové s vnitřním šestihranem, kuželové zápusné s přímou nebo křížovou drážkou apod. Jsou tak speciálně upravené pro příslušné

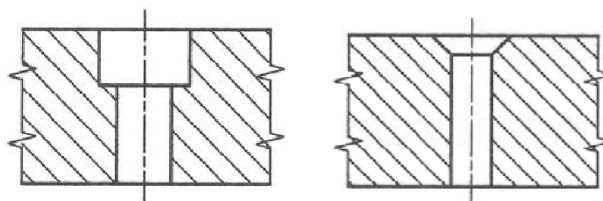
nástroje sloužící k utažení těchto šroubů ve spoji (viz. kapitola 2.2.1.). Výška hlavy bývá obvykle 0,7x velký průměr dřívku šroubu. Přechod hlavy do dřívku šroubu je zaoblený nebo kuželový, aby se snížila koncentrace napětí.



Obrázek 1 – Maticový šroub

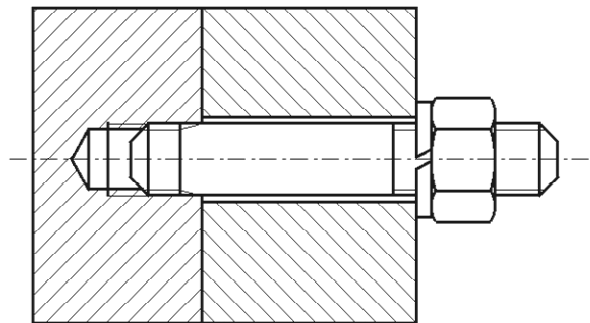
Matice jsou nejčastěji šestihranné nebo čtyřhranné, existují ale i speciální tvary (matice korunové, křídlaté, uzavřené). Výška standardní matice je obvykle 0,8x velký průměr závitu. U často uvolňovaných a utahovaných matic se vyrábí tzv. matice zvýšené (1,5x velký průměr závitu) a naopak u méně namáhaných se vyrábí jako matice snížené (0,5x velký průměr závitu). Hrany jsou sraženy kuželovou plochou. Pro výhodnější rozložení tlaků na větší plochu, zvláště u spojování měkkých materiálů, se používají podložky. Bývají vyrobeny z plechu, nebo z tyče či trubky různého materiálu. Jejich dalším účelem je zamezení odírání materiálu pod maticí nebo hlavou šroubu a vymezení vůle.

Díry pro šrouby jsou nejčastěji vrtané nebo prostřihnuté či v odlitcích přímo odlité. Šrouby, které procházejí dírou volně, mají průměr dřívku shodný s vnějším průměrem závitu. Naproti tomu lícované šrouby mají průměr dřívku oproti vnějšímu průměru závitu zesílený. Příslušná norma definuje velikost děr podle jmenovitého průměru závitu a řady provedení. U lícovaných šroubů je obvyklé uložení H7/k6. Hrany otvorů pro šrouby mají být sraženy, aby nedocházelo k zařiznutí otřepů do přechodu mezi hlavou šroubu a dřívkem, a tím ke zvýšení koncentrace napětí. Pro šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem se používá zahloubení válcové, pro šrouby se zápusťnou hlavou zahloubení kuželové.



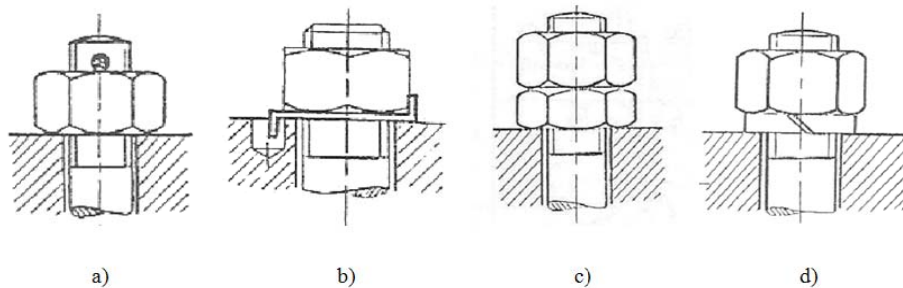
Obrázek 2 – Válcové a kuželové zahloubení <sup>[3]</sup>

**Závrtné šrouby** (obrázek 3) mají na obou koncích dřívku závit. Na válcovém dřívku jsou obvykle dvě malé plošky pro zašroubování a dotažení klíčem. Hloubka závitových děr a délka zašroubovaného závitu závisí na jmenovitém průměru závitu a spojovaném materiálu. Některé technické podklady zohledňují i pevnostní třídu použitých šroubů a stoupání závitu. Tento typ šroubu je vhodné použít tam, kde potřebujeme šetřit vnitřní závit konstrukčních dílů, protože v tomto případě nedochází k opotřebování vnitřních závitů třením při dotahování. Používá se například u motorů – připojení hlavy motoru k bloku válců, připojení jednotlivých přírub apod.



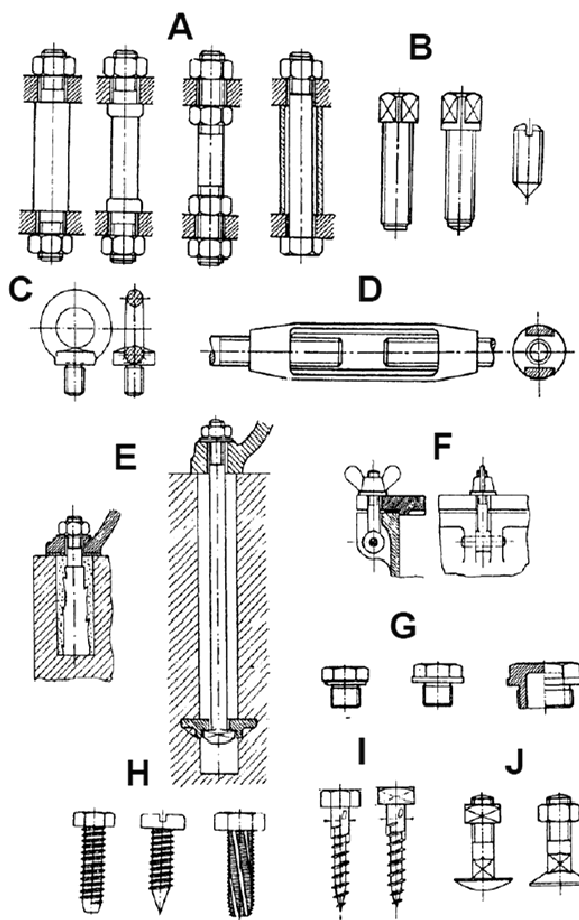
Obrázek 3 – Závrtný šroub

Pro zamezení uvolňování šroubu a matice, ke kterému dochází například otláčením stykových ploch při utahování nebo účinkem chvění, či přímo proti jejich ztrátě, se používá různých zajištění. V principu existují zajištění mechanické a zajištění třecí. Mechanické neboli také závorové pojištění je řešeno například závlačkami (obrázek 4a), pojistnými podložkami s jazýčkem nebo nose (obrázek 4b), případně sdruženými podložkami z měkkého plechu. Jazýčkové podložky mají jazýček ohnutý přes hranu sevřené části a po dotažení se část podložky ohne k boku matice. Při silovém pojištění strojních součástí zvyšujeme tření mezi maticí nebo hlavou šroubu a spojovaným materiálem zpravidla vloženou součástí. Zajištění třecí se provádí tzv. přítužnou maticí – kontramaticí (obrázek 4c) nebo pružnou, ozubenou či vějířovou podložkou (obrázek 4d). Existuje ještě varianta pojištění tzv. materiálovým stykem. Takové pojištění je nerozebíratelné běžným způsobem odpovídajícím šroubovému spoji, jelikož se ke šroubu nebo matici přidává materiál – svářením, pájením nebo lepením.



Obrázek 4 – Příklady zajištění <sup>[3]</sup>

Přehled speciálních šroubů pro zvláštní účely je na obrázku 5. Jde o šrouby různých tvarů se závitovou částí. Názvy jsou odvozeny od účelu jejich použití.



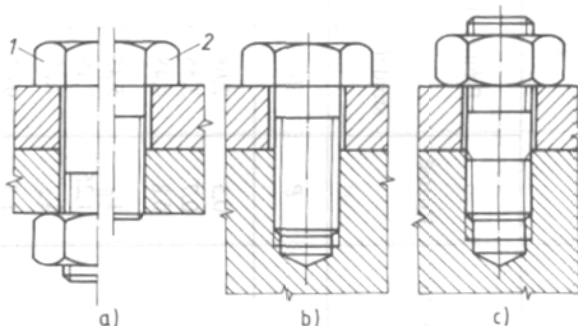
A – rozpěrné, B – stavěcí, C – závěsné, D – napínací, E – základové, F – sklopné, G – zátkové  
H – závitorezné, I – závrtné do měkkých materiálů, J – maticové do kování

Obrázek 5 – Šrouby pro zvláštní účely <sup>[3]</sup>

Příklady základních spojovacích šroubových spojů jsou znázorněny na obrázku 6. V případě obrázku 6a jde o spoj průchozím šroubem s hlavou a maticí (varianta 1) anebo samostatný zašroubovaný šroub (varianta 2). Na obrázku 6b je spoj závrtným šroubem



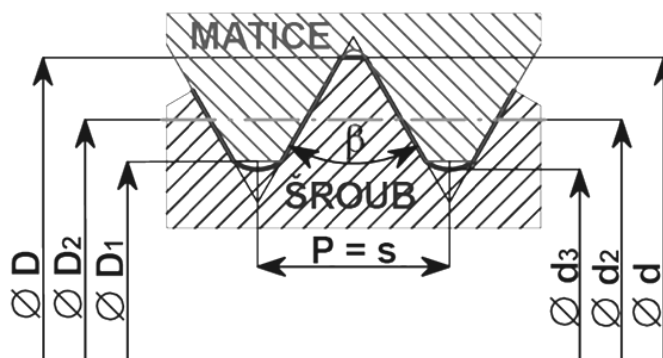
s hlavou ve slepé díře. Šroub je do spodní části zašroubován, horní částí prochází s vůlí. Obrázek 6c znázorňuje spoj závrtným šroubem s maticí, kde šroub je zašroubován do spodní části až po konec výběhu, horní součást je na něj nasazena s vůlí a přitažena maticí. [3, 4]



Obrázek 6 – Příklady šroubových spojů [4]

### 2.1.3. Druhy závitů

Nejdůležitější částí šroubů jsou závity (šroubovice). Ty jsou tvořeny šroubovými plochami s určitým počtem chodů. Závity lze jednoduše rozdělit na vnější (šroub) a vnitřní (matice nebo spojovaná součást). Většina závitů je normalizována dle příslušných norem ČSN nebo ISO. Liší se od sebe především svým profilem. Na obrázku 7 jsou znázorněny hlavní parametry běžného závitu. Na základě jmenovitého průměru a stoupání závitu, ale také podle délky šroubu či druhu spojovaného materiálu a zatížení, se navrhuje tvary a rozměry šroubového spoje.



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,  $\beta$  – úhel profilu závitu

Obrázek 7 – Základní rozměry profilu závitu

Nejčastěji používaným závitem je závit metrický (M). Jeho profil je vytvořen rovnostranným trojúhelníkem (s vrcholovým úhlem  $60^\circ$ ) se seříznutým hřbetem a zaobleným dnem. Rozeznáváme metrické závity hrubé a jemné; jemné mají menší stoupání a tomu odpovídá i menší hloubka závitu. Hodí se pro krátké závity, závity na tenkostěnných trubkách a na stavěcích šroubech u málo namáhaných šroubů, naopak v automobilovém a leteckém průmyslu u šroubů s vysokou pevností. V běžné technické praxi je nejpoužívanější řada hrubých závitů. Obvyklý je pravý závit (ve směru hodinových ručiček). Opačný levý závit se používá pouze ve zvláštních případech (označení LH).

Dalším typem, který se u nás však již nepoužívá, je Whitworthův závit (W). Základním profilem závitu je rovnoramenný trojúhelník s vrcholovým úhlem  $55^\circ$ . Rozměry má v palcích, stoupání se udává počtem závitů na 1". Pro spojení trubek, armatur, vedení apod. se používá tzv. trubkový závit (G). Může být buď válcový, nebo kuželový (kužel 1:16). Míry jsou také v palcích, ale jmenovitý rozměr udává světlost trubky, nikoliv velký průměr závitu.

U pohybových šroubů se uplatňují lichoběžníkové závity, které mohou být rovnoramenné, tzv. trapézové (TR) nebo nerovnoramenné, tzv. pilové (S) s vrcholovým úhlem obvykle  $30^\circ$ . Jsou vyráběny jako vícechodé, což znamená několik šroubovic ve vzdálenosti rozteče závitu za účelem většího stoupání, a tím menšího tření. Pro pohybové šrouby pak existují ještě méně používané závity, například čtvercové, oblé nebo kuličkové.

Závity šroubů lze posuzovat mimo jiné z hlediska samosvornosti. Samosvorný šroub se působením osově síly nebude v matici otáčet. Spojovací normalizované šrouby jsou vždy samosvorné. Nesamosvorné šrouby se naopak působením síly otáčet mohou, což je vhodné například při speciálním použití jako mechanismus u ručních šroubováků. Takové se vyznačují na první pohled značně velkou roztečí závitu.<sup>[3]</sup>

**Podmínka samosvornosti:**

$\alpha < \varphi \rightarrow$  závit je samosvorný,

$\alpha > \varphi \rightarrow$  závit je nesamosvorný,

kde  $\alpha$  je úhel stoupání závitu a  $\varphi$  je třecí úhel.

#### **2.1.4. Materiály šroubů**

Základní spojovací šrouby se vyrábějí tvářením za studena a válcováním závitů u tzv. hrubých šroubů nebo třískovým obráběním u tzv. přesných (lícovaných) šroubů. Možností je i kombinace technologií s obráběním významných ploch.

Podle účelu použití se pro šrouby a matice používají různé materiály. Jedny z nejběžnějších jsou šrouby z uhlíkových nebo případně nízkolegovaných ocelí. U běžně namáhaných normalizovaných šroubů jde o oceli třídy 11 (11 343, 11 373, 11 500 apod.), u vysoce namáhaných spojů především o oceli třídy 12, 13 a 15 (například 12 050, 13 240, 15 230). Pro šrouby z uhlíkových ocelí se za účelem prodloužení životnosti spoje k jejich ochraně používá různých povrchových úprav, často galvanické či žárové zinkování v různých odstínech. Mohou být také černěny, fosfátovány, niklovány nebo chromovány. V mnoha průmyslových oblastech se používají chromniklové austenitické korozivzdorné oceli. Lze využívat například i šrouby v plastovém provedení nebo v elektrotechnice a jemné mechanice šrouby mosazné či hliníkové.<sup>[3]</sup>

### **2.2. Technologie šroubování**

Šroubovací procesy je možné kategorizovat podle několika kritérií. Nabízí se dělení na manuální, kde je mechanická práce procesu realizována výhradně lidskou energií, nebo na strojní poloautomatické a automatické, kde je čerpána zejména z elektrických či pneumatických zdrojů.

#### **2.2.1. Manuální šroubování**

U ručního šroubování, kde se šroubovací proces utahování nebo povolování vykonává jen lidskou energií, se využívají mechanické nástroje, jako jsou maticové klíče pro matice a tvarové hlavy šroubů (klíče čelist'ové, zavřené, hákové, nástrčné).

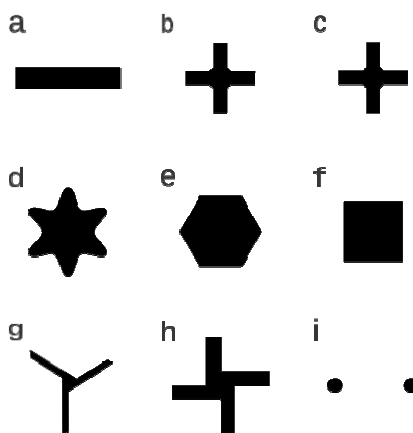
Z převážné většiny se však používají ruční šroubováky či šroubovací nástavce (tzv. bity) pro přenos síly na samotné šrouby. Ten se uskutečňuje tvarovým stykem v jejich hlavě. Každý z takových šroubů je v hlavě opatřen specifickým profilem, který odpovídá i profilu šroubováku nebo bitu. Velmi rozšířené jsou profily s plochou drážkou, křížovou drážkou, šestihranné a čtyřhranné. Existuje však ještě mnoho dalších.

Plochá drážka je základním a nejjednodušším profilem vůbec. Chybějící vycentrování však způsobuje vyklouzávání bitu ze šroubu a je tak nevhodné pro strojní šroubování. K působení síly dochází pouze na dvou protilehlých vnějších hranách. Tento tvar není příliš vhodný k přenášení vysokých krouticích momentů.

U křížových drážek se rozlišují dva základní typy – Phillips a Pozidriv. Phillips tvoří dva pravouhle zkrřížené profily s drážkou. Ve srovnání s klasickým drážkovým tvarem má zkrřížená verze lepší šroubovací vlastnosti. Více záběrových ploch podstatně usnadňuje zašroubování šroubu. Pozidriv je dalším stupněm vývoje křížového profilu. Tvar tvoří dva kříže přesazené o 45°. Příkladový kříž je konstruován užší než druhý a také má menší hloubku. Má výhodnější záběrovou plochu.

Inbus patří k neznámějším a nejrozšířenějším profilům. Jde o šestiúhelník s bočními plochami, jejichž vzájemný sklon je 120°. Při přenosu síly je díky přítomnosti ostrých hran vrubový účinek velmi vysoký, výsledkem toho může být i deformace šroubu.

Novější typy jsou například „hvězdicové“ profily Torx (dále popsány v kapitole 3.3.) nebo bezpečnostní profily Torq-set, Tri-wing či Spanner, které mají poměrně specifický tvar, a není možné takovéto šrouby běžným způsobem uvolnit.



a – plochá drážka, b – Phillips, c – Pozidriv, d – Torx, e – šestihran Inbus,  
f – čtyřhran, g – Tri-wing, h – Torq-set, i – Spanner

Obrázek 8 – Profily hlav šroubů [8]

Šroubovací nástavce i čepele šroubováků pro profesionální použití se ve strojní výrobě vyrábějí především z ocelí legovaných titanem, kobaltem, chromem a molybdenem technologií přesného kování, kterou lze zajistit přesnost požadovaného tvaru. Po následném kalení je dosažen vynikající poměr mezi tvrdostí a houževnatostí. Tvrdost hrotů dosahuje

obvykle až 65 HRC. Hroty bývají také ošetřeny proti korozi a ke zvýšení tvrdosti například vrstvou titannitridu. Existuje také povrstvení velmi tvrdými diamantovými částicemi, které dále zvyšují odolnost proti opotřebení i životnost a zároveň redukují vysmekávání z hlavy šroubu. [9]

### 2.2.2. Strojní šroubování

U strojního šroubování jsou šroubovací procesy šroubových spojů řešeny poloautomaticky (s ruční obsluhou) nebo zcela automaticky, a to převážně pomocí elektricky nebo pneumaticky ovládaných strojů a zařízení s nastavitelným rozsahem utahovacích momentů, otáček a dalších parametrů. To zajišťuje optimální vlastnosti spojů, aby nedocházelo k dílčím či celkovým poškozením. Uplatňují se především v automatizovaných výrobních linkách nebo komplexních montážních zařízeních.

U poloautomatických šroubováků se utahovací moment vytváří nejčastěji akumulátorovým, elektrickým nebo pneumatickým zdrojem. Ty jsou ručně ovládané, a do jejich čelistí (sklíčidel) s rychlovýměnnou vložkou se umísťuje hlava s příslušným šroubovacím nástavcem nebo přímo samotný dřík bitu opatřený šestihranem pro přesné usazení. Oproti mechanickému ručnímu šroubování zajišťují daleko větší opakovatelnou přesnost utahování. Konceptně jsou řešeny přímo pro ergonomické uchopení do ruky – šroubováky přímé, pistolové nebo úhlové, a bývají umístěny na stativěch pro vyrovnávání váhy nebo na otočných či teleskopických ramenech, apod.

Pneumatická provedení šroubováků jsou vybavena spojku a při dosažení nastavené hodnoty krouticího momentu nebo při dosažení nastavené hloubky zašroubování nezávisle na krouticím momentu včas odpojí motor. Všechny pneumatické šroubováky mají jako pohon lamelový motor na tlakový vzduch. Elektrické šroubováky fungují díky elektronicky komutovaným (bezkartáčovým) motorům. Při svých malých rozměrech dosahují relativně velkého výkonu a dynamiky, přičemž mají tichý a plynulý chod. Šroubování je možné podle typu šroubováku spustit buď přitlakem přímo o šroub, který se vyvine přirozeným pohybem v jeho svislé ose, nebo v případě potřeby řádného záběru mezi nástrojem a šroubem stisknutím tlačítka či páčky.

Některé typy, především šroubováky elektrické, lze programově řídit díky připojení k řídicí jednotce. V rozsahu výkonu takového šroubováku je pak možné individuálně přizpůsobit utahovací momenty, dobu čekání, počty otáček i směr otáčení dle zadaného

šroubování. Přesné řízení, jakož i dokumentování vybraných procesních parametrů, umožňuje integrované snímání krouticího momentu a úhlu natočení, a zajišťuje tak nejvyšší zabezpečení procesu. U určitých způsobů řízení se potřebná doba pro šroubování porovnává s minimální a maximální zadanou dobou. Jestliže se hodnoty vypínání a šroubování nacházejí v zadaném rozmezí, následuje kladné hlášení. Tak se zajistí, že byl proces šroubování proveden řádně, a že nebyl ukončen předčasně například z důvodu chyby materiálu dílu nebo šroubu, případně brzkým zdvihnutím z místa šroubování, dvojitým přiložením na stejný šroub nebo překroucením šroubu.

Méně časté je pak využití tzv. impulzních šroubováků, které jsou vybaveny hydraulickou jednotkou. V ní je růst krouticího momentu regulován regulátorem, a to počtem impulzů za minutu a množstvím přepouštěného oleje. Jejich výhodou je nízká hladina hluku a malé vibrace.

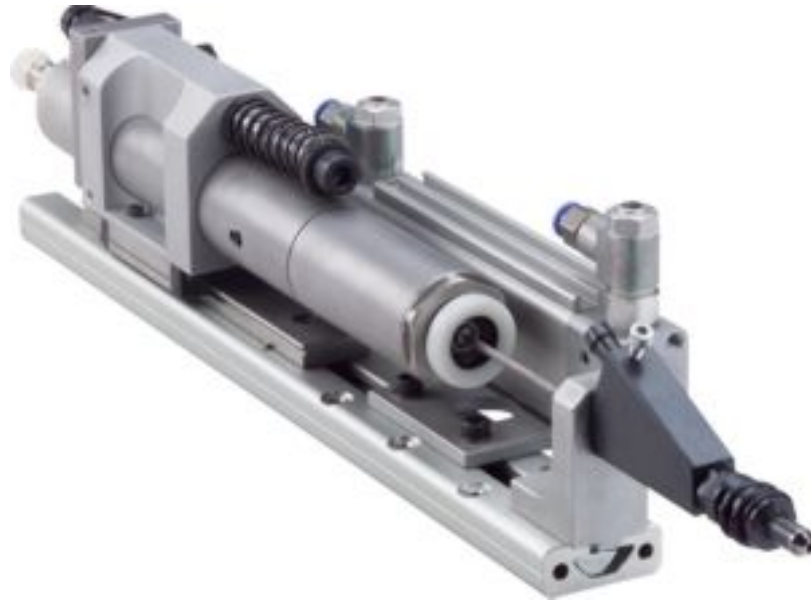


Obrázek 9 – Ruční pneumatický šroubovák <sup>[11]</sup>

Pro plně automatické šroubovací stanice či zařízení se ve většině případů používají vestavná šroubovací vřetena s pneumatickým pohonem a velmi přesnými vypínacími spojkami pro odpojení motoru při dosažení nastavené hodnoty krouticího momentu. Pracují s jednoduchým vzduchovým lamelovým motorem.

Při požadavku na rozdílný utahovací moment se však častěji využívají elektrická šroubovací vřetena s programovatelným průběhem šroubování a s přímou funkcí kontroly pro nejvyšší zajištění procesu (více v kapitole 4.1.3.). Ty umožňují volné naprogramování utahování s rozsahem krouticích momentů obvykle 0,05 – 1000 Nm (dle konstrukčního typu).

Zástavná šroubovací vřetena vycházejí svými mechanismy z ručních šroubováků, avšak oproti nim dosahují daleko větších krouticích momentů a umožňují zástavby do montážních stanic a zařízení díky svým přídatným prvkům. Další výhodou je relativní bezúdržbovost a bezobslužnost zařízení. Díky svým kompaktním rozměrům je možné je umístit i na různé průmyslové roboty, které svými parametry a inteligentním naprogramováním umožňují přirozené pohyby v mnoha osách. Lze tak s nimi šroubovat v méně dostupných místech a v různých polohách.



Obrázek 10 – Šroubovací vřeteno <sup>[11]</sup>

### 2.2.3. Technologie zásobování

S automatizovanými systémy šroubování úzce souvisí problematika dávkovačů a dopravníků pro přívod šroubů k vedeným šroubovákům. Existuje více možností řešení pro konkrétní šroubovací systémy. Dopravníky i dávkovače slouží samozřejmě také jako zásobníky určitého množství dodávaných montážních prvků. Mimo šroubů lze podávat i jiné spojovací a zajišťovací prvky, jako například kolíky, podložky, matice, nýty apod.

Dávkovače šroubů se používají k automatické přípravě (řazení) šroubů do místa jejich odebrání ručními šroubováky či vestavnými šroubovacími vřeteny. Jsou vhodné pro odebrání a šroubování šroubů v předem určených neměnných místech. V principu oddělují šrouby ze zásobníku a připravují je do polohy a místa k jejich odebrání. Vyslání signálu umožňuje kontrolu polohy pro odebrání šroubů prostřednictvím nadřazeného řídicího systému. Je třeba zmínit, že dávkovače přicházejí v úvahu v menších výrobních sériích a u méně složitých systémů, kde není rentabilní a díky malému zástavbovému prostoru možné použití větších zařízení pro přívod šroubů – podavačů. Dávkovače mají jednoduché kolejničky a speciálně tvarované vodící plechy, které lze vhodně nastavit pro různé druhy šroubů. „Vyzobávání“ šroubů je realizováno pomocí magnetických dříků šroubováků nebo pomocí přídavného přísávání šroubů.



Obrázek 11 – Dávkoč šroubů <sup>[11]</sup>

Pro složitější a často využívané stacionární šroubovací systémy se jako zařízení pro podávání šroubů preferují vibrační dopravníky (více v kapitole 4.1.3.) anebo zdvihací kolejnicové dopravníky, případně méně často vakuové vývěvy. V zásobníku kolejnicového dopravníku naplněném díly se uvede do pohybu výkyvná kolejnice se segmentovým tvarem, který odpovídá podávaným dílům. Na této kolejnici se díly řadí a posunují vlastní vahou při výkyvu kolejnic. Dopravovány mohou být samozřejmě šrouby i další spojovací prvky. Protože jsou díly v zásobníku v klidu, dosahuje se zde velmi šetrné dopravy dílů, při které nedochází k opotřebení dílů a provoz dopravníku je tak téměř bezhlučný.

Při nasazení zařízení pro přívod šroubů musí být ve všech případech zdvihový pohyb šroubováku s dříkem veden tak, aby se uvolnil šroub z přívodního kanálu. Tento zdvihový pohyb se vyvolá automaticky, pomocí řízení v zařízení pro přívod šroubů po "nastřelení" šroubu do prostoru vnitřního kanálu v hlavici (náustek a pouzdro s čelistmi) před dříkem šroubováku, nezávisle na obsluze. Dřík šroubováku se pak při šroubování obvykle přisunuje přímo nad hlavu šroubu.

K automatickému doplňování dílů do zařízení pro přívod těchto dílů se mohou využívat tzv. pásové zásobníky. Uplatňují se velmi často s vibračními dopravníky. V praxi jsou totiž takové dopravníky se šroubovicí, tak jako každý jiný vibrační systém, silně závislé na velikosti vibrující hmoty. Je proto vhodné zachovat konstantní rozložení po celou dobu provozu, což pásové zásobníky plně zabezpečují. To platí především u malých zařízení s malou vibrující membránou.

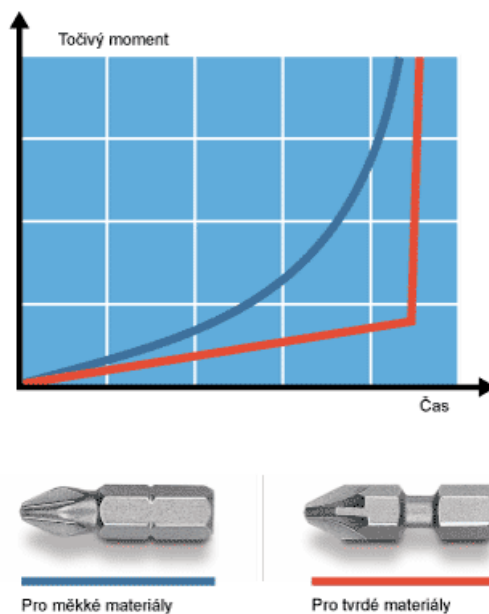


## 2.2.4. Tvrdé a měkké šroubování

Obecně můžeme rozlišit dva typy šroubování. Měkké šroubování se týká šroubových spojů v měkkých materiálech, jako je například dřevo, plast nebo tenký plech. Může se jednat i o šroubování tvrdých kovů, avšak za použití pérové podložky pod šroubem. Během šroubování krouticí moment plynule narůstá a nevyskytují se žádné momentové špičky. Nedochází většinou ani k namáhání bitu přílišným rázem. O tvrdém šroubování lze hovořit u šroubových spojů tvrdých materiálů (kovů) s předem proříznutým závitem nebo se závitořeznými šrouby, většinou u šroubování metrických šroubů. Krouticí moment se zde skokově zvýší ke konci šroubování.

Pro srovnání lze z hlediska utahovacího momentu a úhlu dotažení rozlišovat také tvrdý a měkký spoj. Tvrdý spoj se utahuje úplným utahovacím momentem s dotahovacím úhlem zhruba  $30^\circ$  po dosažení těsného kontaktu. U měkkého spoje je nutno pro dosažení úplného utahovacího momentu provést ještě několik kompletních otáček.

Na obrázku 12 je průběh měkkého a tvrdého šroubování zobrazen, příkladně tomu jsou ukázány i dva typy šroubovacích nástavců vhodné právě pro tyto druhy šroubování. <sup>[9]</sup>

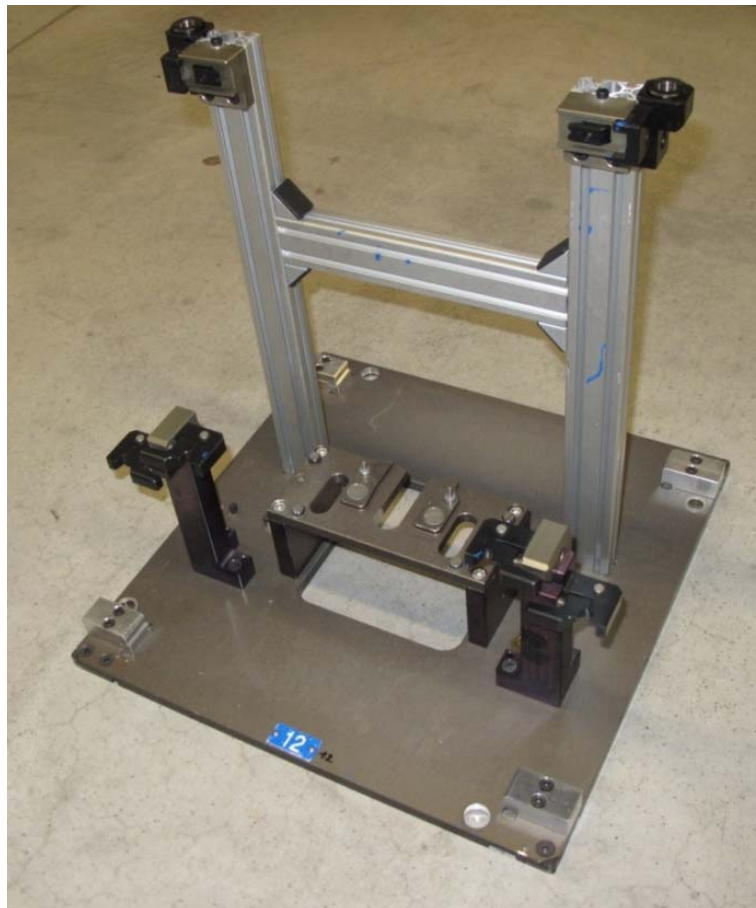


Obrázek 12 – Měkké a tvrdé šroubování <sup>[9]</sup>



Mimo nýtovacích a šroubovacích automatických strojů je na celé lince také řada mazacích a odebíracích strojů, laserů nebo koncových testerů, které tedy ve většině případů nevyžadují žádnou lidskou obsluhu. U některých operací, kde automatický stroj není z určitých hledisek rentabilní, jsou úkony prováděny manuálně na ručních pracovištích. Příkladem těch jsou některá pracoviště pro přípravu, zakládání a montáž dílů či právě pracoviště pro šroubování.

Pohyb rozpracovaných sestav zámkových systémů je realizován pomocí pásového dopravníku od firmy Stein, který má danou trajektorii díky dvěma pohyblivým se podélným pásům a bočnímu vedení. Jednotlivé díly zámku se pak umísťují a kompletují na vozíčkách, dále také nazývané jako tzv. WT (Werkstückträger), které se pomocí dopravníku přesouvají.



Obrázek 14 – WT

WT slouží jako přípravek definující polohu jednotlivých dílů zámku. Standardně je navrženo symetricky, tedy jako „pravolevé“, protože již základní zámky Ford Transit se vyrábějí v pravé a levé variantě (pro pravé a levé dveře automobilu). Rozměry vozíku jsou 400 x 400 mm. To je dáno typem a rozměry dopravníku. Při navrhování všech zakládacích přípravků, tedy i WT, se uplatňují metody Poka-Yoke (z japonštiny – zabránění pochybení).

Jejich základním principem jsou technická opatření pro nezaměnitelnost prvku (dílu) na jiné místo a jiným způsobem při vlastním zakládání a montáži pochybením pracovníka ve výrobním procesu. Zastavení WT na požadovaném místě pro další operaci je realizováno systémem snímačů a pneumaticko-mechanických zarážek na dopravníku.



Obrázek 15 – Montážní linka s pásovým dopravníkem

Výhodou tohoto typu linky je vzájemná komunikace mezi pásovým dopravníkem a příslušnými WT, z čehož vyplývá globální řízení linky. Ve vozících jsou uloženy datové nosiče v podobě čipů, které obsahují identifikační systém s technologií RFID (Radio Frequency Identification), který slouží k bezkontaktní komunikaci na krátkou vzdálenost. Při průjezdu WT nad čtecí hlavou, která je umístěna před strojem v dopravníku, je přečteno a sděleno unikátní číslo uložené v datovém nosiči řídicímu systému dopravníku. Je tak zřejmé, kdy a kde se konkrétní vozík nachází a co je třeba na něm provést za montážní či kontrolní úkon. Díky tomu je i určeno, který typ zámku je na WT založen. Celý systém komunikace je řízen centrálně řídicím systémem dopravníku. Informace z něj jsou dále posílány do dílčích jednotek umístěných ve stojnách dopravníku. Ty jsou umístěné v podstatě před každým automatickým strojem, který má vlastní elektronické řízení. Z něj jsou poté data posílána paralelní datovou komunikační sběrnicí přímo do řídicí jednotky stroje. Paralelní

komunikační sběrnice je oproti sériové rychlejší, a to díky tomu, že vysílá data (bity) současně, zatímco sériový kanál posílá bity postupně jeden za druhým. Na základě nastavení v centrálním systému pak vykonávají stroje patřičnou pracovní činnost.



Obrázek 16 – Centrální systém řízení dopravníku

Montážní linka je taktovaná na určitou časovou konstantu. Takt je čas na jednotku produkce, který udává nejpomalejší operace, tzv. úzké místo. Každé pracoviště má v podstatě určené rozmezí doby provedení jednotlivých montážních operací. Tyto časy musí být synchronizovány, aby byla výroba na lince co nejefektivnější. V případě linky Ford Transit se jedná o plánovaný celkový takt 10,65 sekundy, což zjednodušeně znamená, že za každých 10,65 sekundy musí být zkompletován jeden zámkový systém na této konkrétní lince.

Nevýhodou tohoto linkového uspořádání je potřeba velkého množství přípravků a vozíků. Další nevýhodou bývá i zastavení celé výroby na lince při poruše na jedné z výrobních stanic. Nespornou výhodou je však rychlost, plynulost a lépe zvládnutelná plánovatelnost výroby, s čímž souvisí i způsoby zásobování a skladování jednotlivých dílů i hotových výrobků.

### 3.2. Současný stav pracoviště

Úkolem zmiňovaného ručního šroubovacího pracoviště na koncové montážní lince EOL je připevnění krytu zámku samořezným šroubem. V tomto případě je zde využito lidské obsluhy – operátora, který ručně ovládá pneumatický šroubovák s přednastaveným utahovacím momentem. Výhodou zde je, že operátor nemusí nijak rozlišovat zámkové systémy pravé a levé a je tak schopen šroubovat v podstatě jakoukoliv modifikaci zámku.

Základem pracoviště je stůl, který je umístěn za dopravníkem a z části zasahuje i do jeho pracovní oblasti. Ovšem tak, aby nezasahoval do pohybujícího se WT. Slouží zde k připevnění otočného ramene s balancérem, na kterém je zavěšen ruční pneumaticky ovládaný šroubovák Minimat-F bez řídicího systému od firmy DEPRAG, a informační tabule s popisem pracoviště a pracovním postupem montáže. Jeho další funkcí jsou pak odkládací prostory pro pracovníka. Pro samotnou technologii šroubování však nemá stůl až takový význam. Některé konstrukční prvky lze totiž řešit připevněním přímo k dopravníku. Takovéto uspořádání je však nastaveným standardem firmy.



Obrázek 17 – Ruční pracoviště

Po příjezdu a zastavení vozíku se založeným rozpracovaným zámkovým systémem si operátor připraví šroub do otvoru ve vrchním krytu zámku, poté pohybem šroubováku a jeho přitlačením k hlavě šroubu automaticky spustí proces šroubování. Po zašroubování předepsaným utahovacím momentem, který je nastaven mechanicky přímo šroubovákem prostřednictvím stavěcího šroubu, pracovník pomocí nášlapného pedálu odbavuje WT k další zastávce na dopravníku. Tento pedál je taktéž řízen pneumaticky a v podstatě ovládá zářezky pro zastavení WT na dopravníku.

Obecně vliv operátora na kvalitu výrobku není zanedbatelný, což v některých případech bývá značná nevýhoda. Často je nutno řešit případy neshod způsobené právě obsluhou pracoviště. Je tak nutné přijímat různá opatření a aplikovat prvky pro zvýšení kontroly výrobního procesu. Někteří z operátorů přistupují k výrobním prostředkům značně nešetrně a o samotný výsledek své práce nemívají velký zájem. Mnohdy si snaží ušetřit práci právě na úkor kvality montáže výrobku a zvyšují tak chybovost procesu. Problém může vzniknout například při vynechání dílčího procesu, což zjednodušeně znamená, že operátor neprovede zašroubování šroubu a vozík tak opustí tuto zastávku bez provedení operace. Další nevýhodou bývá nedodržení předepsaného taktu.

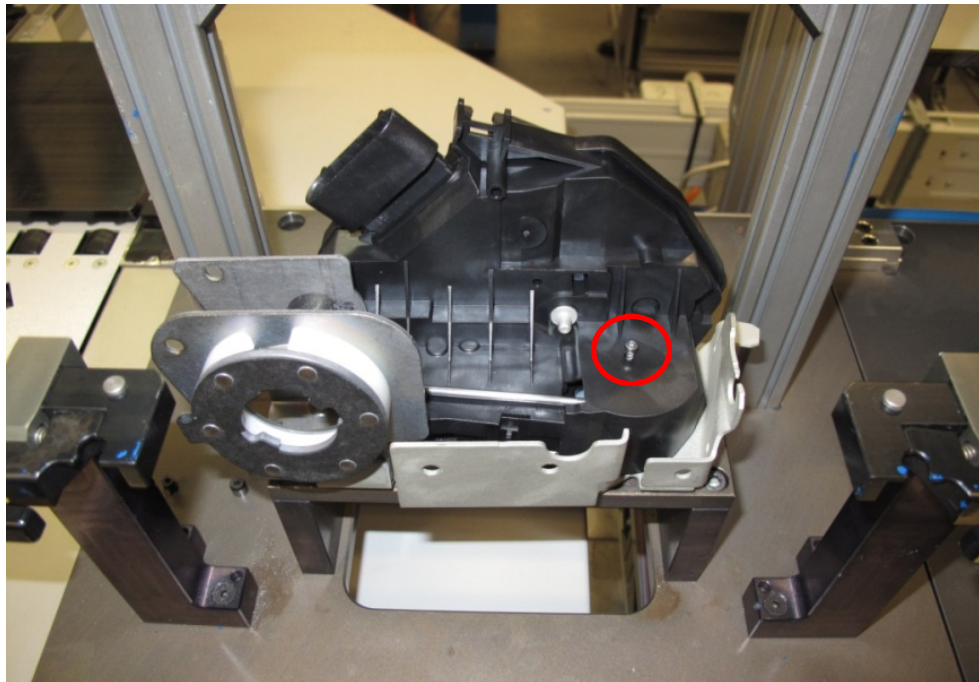
I proto je cílem nahrazení tohoto pracoviště stanicí automatickou, kde je zajištěna procesní jistota, rychlost a přesnost výroby v daném taktu. Automatizace montážního zařízení, která je schopna navýšit a ještě více zkvalitnit stávající objem výroby a současně zabezpečit a kontrolovat především parametry šroubování, je v tomto případě nezbytná pro zachování způsobilosti procesu montáže.

### **3.3. Šroubovací bod a montážní prvek**

Ať už při zastávce v ručním pracovišti nebo nově nahrazené automatické stanici je a stále bude úkolem připevnit a zajistit v daném bodě vrchní plastový kryt zámku bočních dveří pomocí samořezného šroubu. V tomto případě se šroub zařezává do plastové části nosného skeletu.

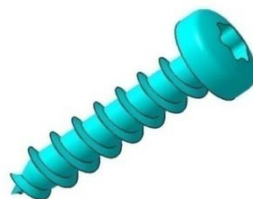
Zámkový systém Ford Transit existuje v mnoha modifikacích, přičemž šroubovací bod je vždy zachován ve stejné pozici. Toto šroubovací místo je ovšem pro pravou a levou variantu zámku umístěno zrcadlově podle středové osy vozíku, na kterém je tento zámek založen. Při montáži na WT tak přeci jen vzniká problém s rozdílnými místy pro šroubování. Vzdálenost mezi středy otvorů v zámcích při přesunu je **90,2 mm**. Podstatnou nevýhodou je

v případě WT Ford Transit také jeho výška, která omezuje manipulovatelnost v prostoru nad zámek. Toto omezení je dáno vysokými profily, které jsou nutné pro uchycení dlouhých bowdenů vedoucích ze zámku. To v případě ručního šroubování operátorem není zapotřebí nijak řešit. Naopak u nové automatické stanice je tomu uzpůsoben celý šroubovací mechanismus.



Obrázek 18 – Zámek Ford Transit umístěný na WT

V případě zámků Ford Transit je montážním prvkem samořezný šroub do plastu z nízkouhlíkové oceli. Ten je dále kalen do hloubky zhruba 0,1 mm s následnou finální zinko-niklovou povrchovou úpravou. Jeho parametry (průměr dřívku 3 mm se stoupáním závitu 1,5 mm, délka dřívku 13 mm, průměr hlavy 5 mm a výška hlavy 2 mm) jsou navrženy dle výkresu (příloha A). Půlkulatá hlava je opatřena drážkou Torx T10 pro snadnou montáž. Utahovací moment šroubu předepsaný pro tento zámek je  $0,55 \pm 0,05 \text{ Nm}$ , z čehož vyplývá, že maximální moment je 0,6 Nm. Utahovací moment, který by nezpůsobil žádné poškození, pro tento typ šroubu s drážkou T10, je pak maximálně 4,5 Nm.



Obrázek 19 – Model použitého šroubu s drážkou Torx



Je třeba poznamenat, že TORX® je ochranná známka společnosti vynálezce. Jde o hvězdicovitý profil hřídele s šesti zaoblenými výstupky. Je všeobecně velmi vhodný právě pro systémy montáže v automatizované výrobě. Pomocí něj se dá, ve srovnání s klasickými modely šroubů, přenášet vyšší točivý moment při vynaložení stejné síly, aniž by došlo k poškození šroubu či šroubovacího nářadí. Takto dosažené prodloužení životnosti šroubu i šroubováku je výsledkem menších radiálních sil, což je dáno tím, že šroub nepotřebuje tak velký přítlak při šroubování jako například křížový profil s drážkou. <sup>[10]</sup>

Torx dále neumožňuje sklouzávání nářadí při montáži, jak tomu může být u drážkového profilu, což usnadňuje právě strojní montáž a zabezpečuje vyšší bezpečnost práce a menší poškození hlavy šroubu či šroubovacího nástavce. Ve srovnání s profilem s vnitřním šestihranem má velmi malou vůli s protikusem a nedochází tak k „přeskakování“ šroubováku či bitu. Výsledkem je značně vylepšený silový záběr. Nebezpečím pro šroub je výskyt vysokého vrubového účinku při utahování šroubu. Ten se vyskytuje hlavně u šestihranných profilů. Vrubový účinek u této geometrie je však velmi malý díky absenci ostrých hran. <sup>[10]</sup>



Obrázek 20 – Model části šroubovacího nástavce Torx

## 4. Návrh automatické šroubovací stanice

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout automatickou šroubovací stanici pro montážní linku Ford Transit jako náhradu již zmíněného ručního pracoviště.

Již při konstrukčním návrhu nového výrobního zařízení je nutné zvážit vhodnost některých řešení. Automatickou stanicí pro šroubování lze koncepčně navrhnout jako robotickou ruku s přípevněným šroubovacím vřetenem, která dokáže zabezpečit více různých pohybů v různých směrech. I takovéto „automaty“ se na lince v současnosti nacházejí. Uplatňují se však u šroubování více šroubů v různých místech na zámku při jedné zastávce WT. Automatické šroubovací roboty lze považovat za vrchol automatizace. V tomto případě je však dána jedna konkrétní poloha šroubovacího bodu a je zřejmé, že robotická ruka by zde byla zbytečně nákladným řešením.

Při návrhu stanice byl brán zřetel právě na již zmiňovaný šroubovací bod, respektive šroubovací místo levého a pravého zámku. Možností, jak problém řešit, tak mimo jiné zůstávalo umístění dvou šroubovacích vřeten nad každé místo šroubování anebo pouze jedno posuvně uložené šroubovací vřeteno s možností jeho přestavení. Po rozumném uvážení bylo rozhodnuto pro jeden šroubovací modul. Základem stroje se stala elektricky řízená šroubovací jednotka s automatickým podáváním šroubů od firmy DEPRAG.

Automatické montážní zařízení lze již při návrhu teoreticky rozložit na jednotlivé základní skupiny, především na mechanickou, pneumatickou, elektrickou a programovou část. Práce je zaměřena především na návrh a přípravu mechanické a pneumatické skladby stroje, přičemž elektrická a programová část je úkolem dalších pracovníků firmy. Proto je tedy následující obsah zaměřen primárně na návrh a popis mechanických konstrukčních prvků a pneumatických komponentů potřebných pro plnou provozuschopnost automatické šroubovací stanice. Jsou zde rozebrány základní funkční principy celků i jednotlivých dílů.

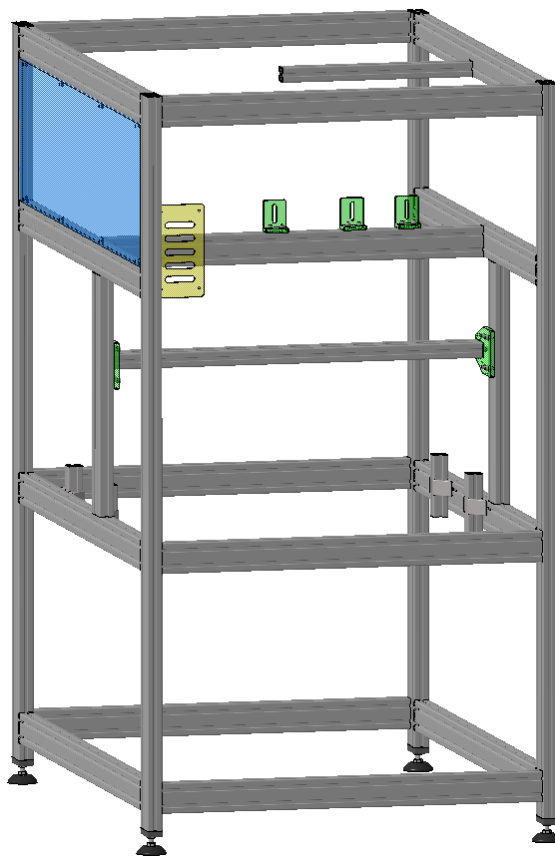
Některé použité konstrukční prvky v návrhu (a posléze i v realizaci) stroje jsou zavedeným standardem firmy Kiekert-CS a jsou odebírány od vybraných dodavatelů. Mechanický návrh je zpracován pomocí velmi nákladného licencovaného CAD softwaru CATIA V5 pro 3D modelování a konstruování. Kompletní modelová a výkresová dokumentace jednotlivých navržených dílů a sestav, včetně kusovníků a plánů je umístěna v příloze J (DVD-ROM).

## 4.1. Mechanická a elektronická část

Při samotném návrhu je vhodné začít od základní funkční podstaty. Je vhodné si rozvrhnout koncepci stanice, řešit jednotlivé celky samostatně a skládat je „stavebnicovým“ systémem. Mechanický celek se skládá z nosného rámu stanice s upevněným dopravníkem, soustavy posuvných desek pro upevnění a umožnění pohybu předem vybraného modulu elektrického šroubovacího vřetene a dalších komponentů důležitých pro zajištění samotné funkce a kvality procesu. Elektronické komponenty jsou nutné pro zajištění samotného procesu šroubování a jeho kvality.

### 4.1.1. Rám

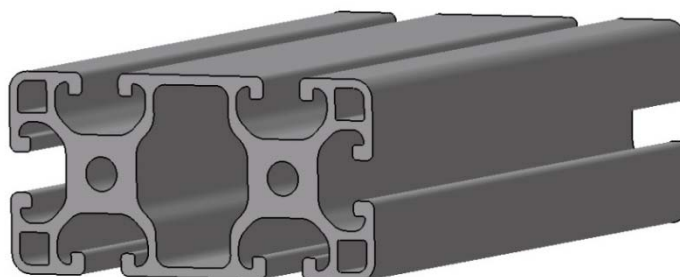
Celá automatická šroubovací stanice je založena na konstrukci rámu, ke kterému se připevňuje část pásového dopravníku a jako celek je konstrukce vsazena do montážní linky. Rám slouží samozřejmě jako nosná část celého šroubovacího mechanismu a je k němu mimo jiné připevněno mnoho pneumatických i elektronických prvků řízení a ovládání.



Obrázek 21 – Model navrženého rámu stanice

Důležité jsou jeho rozměry, které jsou navrženy s ohledem na vnitřní i vnější prostor. Vnitřní prostor je důležitý zejména pro funkci a volný pohyb umístěného šroubovacího mechanismu, a pro přístup k jeho údržbě a seřízení. Rozměry hlavního rámu jsou 1000 x 1500 x 2000 mm (délka x šířka x výška).

Základem rámu stanice jsou nosné hliníkové profily firmy ITEM. Na obvodovou konstrukci jsou z katalogu vybrány tvarované odlehčené profily ITEM 8 80 x 40 mm, na pomocné příčky se uplatnily profily ITEM 8 40 x 40 mm. Jejich mechanické parametry plně postačují k tomu, aby unesly zatížení od přimontovaných prvků. Tyto profily jsou dimenzovány dle parametrů a způsobu zatížení na stovky až tisíce kilogramů. Při spojení profilů šrouby s dostatečným předpětím tak může docházet pouze k vlastnímu zatížení od sil a momentů způsobených „zavěšenou“ hmotou, přičemž obvykle nedochází k velkým průhybům ani ke zkroucení. Při realizaci stroje jsou všechny tyto profily v základním obvodovém rámu provrtány a sešroubovány, nejsou tedy primárně určeny pro časté přestavování. Pro některé stavitelné části se používají upevňovací trojúhelníkové spojky, které při povolení umožňují posuv přímo v drážkách tvarovaného nosníku. Celý hlavní rám je uložen na čtyřech výškově stavitelných patkách.



Obrázek 22 – Profil ITEM

Pro zajištění bezpečnosti provozu a nemožnosti zasahovat při šroubování do vlastní mechaniky stroje, je celá stanice navržena s opláštěním průhlednými plastovými výplněmi o tloušťce 8 mm, přičemž přední a zadní kryt je otvíratelný pro snadnou údržbu a pro možné seřízení šroubovacího modulu či všech ostatních prvků. Pokud by došlo k otevření dveří za chodu stanice, dojde automaticky k jejímu zastavení. Tím je eliminováno nebezpečí zranění lidské obsluhy. K tomu slouží bezpečnostní koncový spínač od firmy SCHMERSAL. V případě přerušení obvodu otevřením dveří se odpojuje pneumatika stroje, dochází tak k zastavení přívodu vzduchu. V některých případech může být ovlivněna a zablokována funkce elektrického obvodu.

Uvnitř obvodového rámu je navržena konstrukce pro uchycení soustavy posuvných desek se šroubovákem. V podstatě se jedná o dva nosné profily. Jeden je umístěn jako spojnice dvou protilehlých stěn a druhý vsazen do navržených držáků pro „vynesení“ blíže k dopravníku. Tyto držáky jsou dále uchyceny k bočním vsazeným profilům. Konstrukce je připravena tak, aby osa šroubovacího vřetene vycházela do osy šroubu. Celou tuto konstrukci lze samozřejmě posouvat a nastavovat právě díky připevňovacím trojúhelníkovým spojkám, ačkoliv toto nastavování tímto způsobem není nijak nutné, jelikož vše lze jednoduše přizpůsobit posunem samotného dopravníku. Na vrchním profilu jsou připraveny tři navržené hliníkové držáky, ke kterým se upíná vrchní část soustavy posuvných desek.

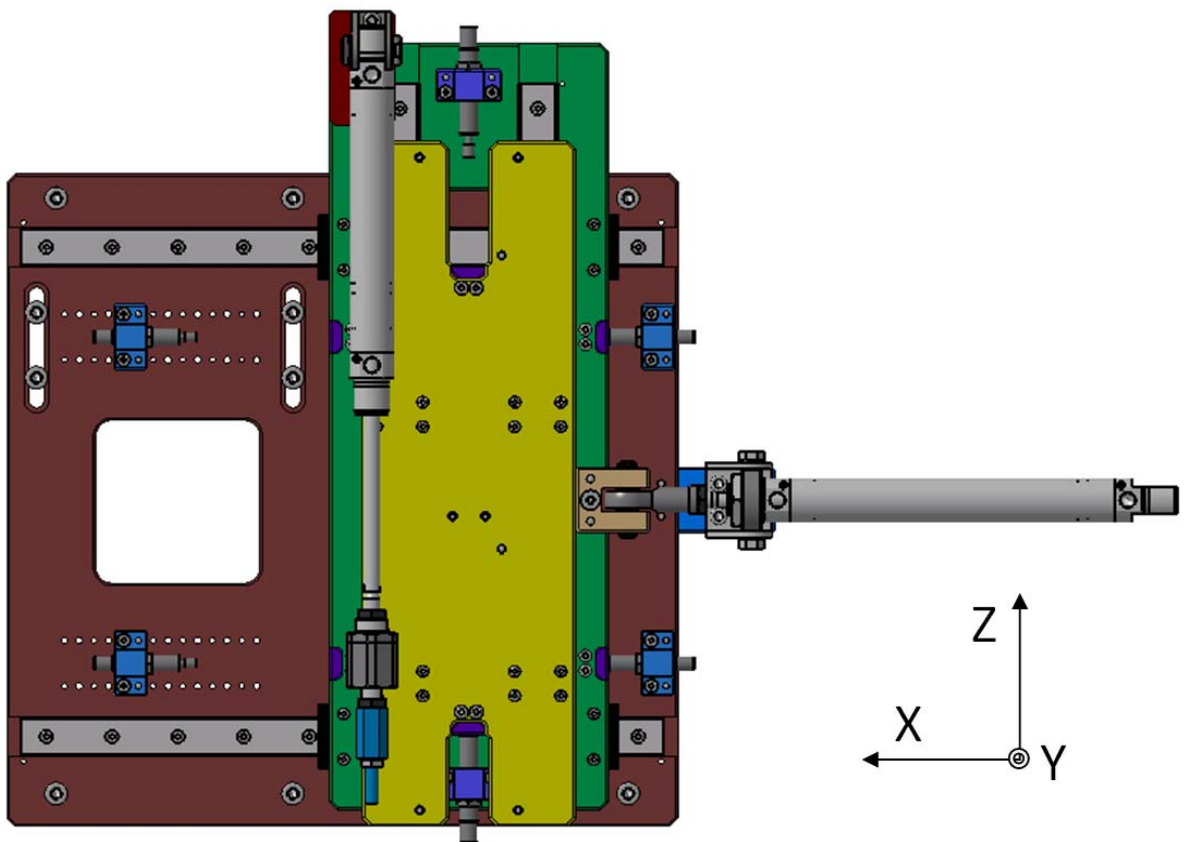
Jak již bylo zmíněno, k rámu je také zapotřebí připevnit některé prvky elektroniky a pneumatiky. Primárním článkem je elektrický rozvaděč s ovládacím dotykovým panelem řízení SIEMENS Simatic. Pro uchycení jednotlivých komponentů rozvodu vzduchu a elektriky, nutných pro plně funkční provoz stanice, slouží vložená přišroubovaná deska na straně umístěného rozvaděče. Na vrchním profilu rámu je pak umístěn barevný semafor, který při vlastním chodu stanice rozlišuje jeho provozní stavy. Základní semafor má dvě barvy. Zelená značí bezchybný provoz stroje v automatickém režimu. Červená naopak znamená, většinou v souvislosti s vzniklou chybou při šroubování, zastavení provozu stanice. Někdy bývá semafor doplněn o barvu oranžovou, ta pak značí nestandardní stav zařízení. Příkladem může být manipulace ve stroji či jeho manuální nastavování při zapnutém zdroji elektřiny a přívodu vzduchu (při testování stanice).

#### **4.1.2. Soustava posuvných desek**

Od předem zvoleného elektrického šroubovacího modulu se odvíjí celý návrh soustavy posuvných desek. Z použití jediné šroubovací jednotky pro šroubování dvou rozdílných míst vyplývá nutnost umožnit posuv jednotky k jednotlivým šroubovacím bodům. Díky již zmíněné symetrii zámků je nutné umožnit především pohyb šroubováku z levé strany do pravé a naopak (dle souřadného systému na obrázku 23 se jedná o osu X). Pro konstrukční složitost WT je dále nutné zajistit také zdvih nahoru a dolů (osa Z), přičemž malou část toho pohybu zajišťuje samotné šroubovací vřeteno. Posun vpřed a vzad (osa Y) při důkladném počátečním nastavení konstrukce či dopravníku není nutné dále zajišťovat. Pro to vše je navržena soustava posuvných desek, která zmíněné pohyby umožňuje, přičemž slouží

k bezpečnému upevnění samotného šroubovacího modulu. Celá sestava je připevněna k připravené vnitřní konstrukci rámu.

Primárními částmi modulu jsou navrženy tři hliníkové desky, každá s patřičnými rozměry, přičemž základní deska je upevněna právě ke konstrukci v rámu, částečně na hliníkové držáky a částečně přímo k nosným profilům pomocí šroubů v předpřipravených otvorech, a slouží jako nosný prvek celého modulu. Na této desce jsou paralelně uložena dvě vhodně dlouhá kuličková lineární vedení HRW od firmy THK, která jsou výrobcem dimenzována pro namáhání maximálním momentem více než 100 Nm v každém směru. K těmto vedením se připevňuje druhá deska, která slouží pro uchycení dalších dvou lineárních vedení, v podstatě stejných jako v předešlém případě, jen s modifikovanou délkou. Na ni je pak přišroubována deska třetí. Ta slouží pro upevnění elektrické šroubovací jednotky. Lineární vedení tak slouží právě pro vzájemný pohyb těchto desek jak v ose X, tak v ose Z. Jejich základem jsou dva vozíky obsahující ocelové kuličky a ocelová vodící lišta, na kterou jsou tyto vozíky nasazeny. Vodící lišta tedy funguje jako vedení, a to díky svému tvarovanému profilu umožňujícímu pohyb kuliček.



Obrázek 23 – Model navržené soustavy posuvných desek

V případě modifikace zámku, nebo při potřebě uplatnění stanice pro vertikální šroubování na jiném typu zámku, je soustava desek mechanicky navržena tak, aby umožňovala nastavení svých posuvů, tedy i nepřímého posuvu šroubovací jednotky. Jejich rozsah v jednotlivých osách, tedy maximálních posuvy a aktuálně nastavené posuvy pro zámky Ford Transit, je dán v tabulce 1.

Tabulka 1 – Rozsah pohybu

Pohyb v ose	Aktuální rozsah	Maximální rozsah
<b>X</b>	90,2mm	165mm
<b>Z</b>	80mm	100mm
<b>Y</b>	Nastavitelné vnitřními profily a dopravníkem	

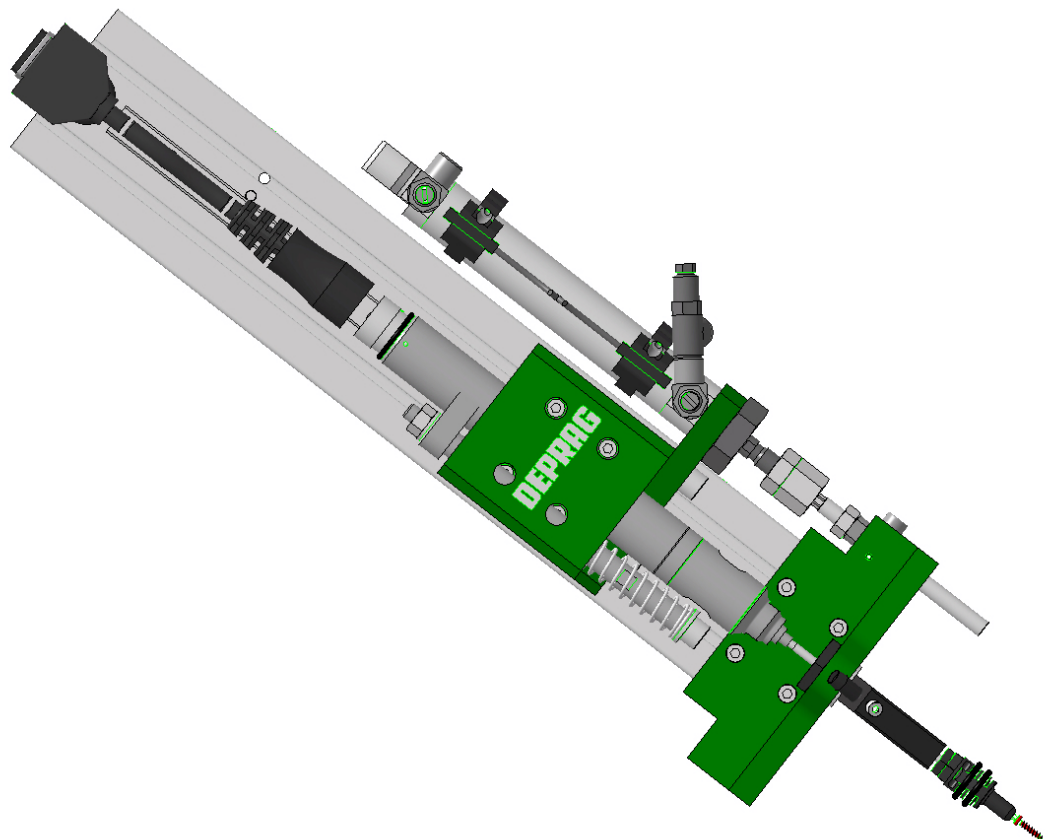
Pohyb desek je omezen hydraulickými dorazy s tlumiči nárazu od firmy FESTO, díky nimž lze zmíněný rozsah pohybů nastavovat. Dorazy jsou našroubovány svým jemným závitem do navržených držáků, které se samostatně díky šroubům a kolíkům připevňují k předem připraveným lícovaným otvorům a závitům v deskách. Těchto otvorů je v základní desce předpřipraveno více pro zvýšení rozsahu pohybu a samozřejmě pro snazší nastavení. Samotné tlumiče pak při přesunu desek narážejí na tvrdé dorazové kostky připevněné ve tvarovém vybrání v hliníkových deskách.

K pohybu jednotlivých desek, jedné v ose X a druhé v ose Z, slouží dva pneumatické válce FESTO dle norem ISO 6432. Pro posuv v ose Z, tedy pro možnost přísunu a odsunu celého šroubovacího modulu k šroubovacímu místu, byl navržen jednoduchý vzduchový válec s nízkým vnitřním třením typu DSNU 25/125. První číslo označení udává vnitřní průměr válce a druhá hodnota maximální délku výsunu pístnice v milimetrech. Těleso válce obsahuje pružné dorazy, avšak bez vyššího stupně vnitřního tlumení v krajních polohách. To není v podstatě zapotřebí, ačkoliv i takové typy válců existují, jelikož samotné utlumení je dáno právě již zmíněnými nastavitelnými dorazy s tlumičem na základní desce. Pro pohyb v ose X našel uplatnění delší válec stejného typu DSNU 25/160. Těleso válce i samotná pístnice je z ušlechtilé nerezové nemagnetické oceli, a to z důvodu uvnitř uloženého magnetu na pístnici. Ten slouží pro snímání krajních poloh pomocí indukčních čidel připevněných z vnější strany válce. Pokud by bylo těleso z magnetických materiálů, byla by funkčnost indukčních čidel snížena či úplně znemožněna. Delší z válců je uchycen k základní desce

pomocí předního kyvného uložení, které umožňuje určitou vůli, což je při ovládání vzduchem a určitém stupni pružení velmi výhodné. Na pístnici delšího válce je přišroubovaná kloubová hlavice, která je přes čep v úchytu připojena k druhé posuvné desce. Kratší válec pro svislý pohyb je ve své zadní části uchycen pomocí tvarované patky k navrženému hliníkovému držáku. Na závit pístnice je zde našroubována pružná spojka a přes závitovou redukci je připevněna k nosné části šroubovacího modulu. Oba válce silově plně postačují. Dle katalogu výrobce při provozním tlaku 6 barů dosahují teoretické síly až 300 N v pohybu vpřed. Maximální provozní tlak těchto válců je 10 barů a rychlost pístnice bez zátěže až 100 mm/s.

#### 4.1.3. Šroubovací jednotka s automatickým podáváním šroubů

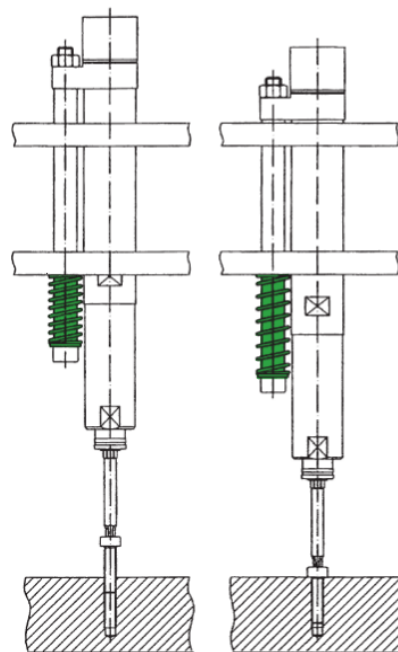
Nejpodstatnějším článkem celé automatické šroubovací stanice je zvolené vestavné šroubovací vřeteno s typovým označením 1S-SFM-N-K-SZG od firmy DEPRAG ovládané externí řídicí jednotkou. Jedná se o elektrický šroubovák EC-SERVO tvořený jako kompaktní modul navržený pro volně programovatelné utahování šroubů momentem 0,05 až 20 Nm. Jeho základní pracovní zdvih je díky integrované části systému přívodu šroubů 100 mm.



Obrázek 24 – Model šroubovacího modulu



Základem šroubovacího modulu je tvarovaná deska z hliníkového profilu s centrálně upevněným kuličkovým lineárním vedením, které umožňuje posuv na něm pomocí pevného držáku uchyceného elektrického vřetene. K tomuto pohybu slouží standardně dodávaný pneumatický válec DSNU 25/100 od firmy FESTO, který má v tomto případě ve svém tělese pružné dorazy a tlumení, čímž také vymezuje délku posuvu. Slouží v podstatě ke krátkému přisunu samotného šroubovacího vřetene se šroubovacím nástavcem blíže k „přistřelenému“ šroubu. Jedním koncem je válec připojený k pevnému přídržnému vedení elektrického vřetena a druhým koncem k držáku náustku přiváděných šroubů. Tento držák je dále uchycen pevně k nosné desce šroubovacího modulu. Válec má v podstatě stejné parametry jako již zmíněné válce pro posuvy desek, takže je ovládán vzduchem o maximálním možném tlaku 10 barů, přičemž vyvine teoretickou sílu 300 N při 6 barech. Samotný vestavný vřetenový šroubovák je vybaven bočním vodítkem čepu a pružiny. Mechanicky nastavitelná pružina slouží jako odpružení a zároveň vymezuje přítlačnou sílu.



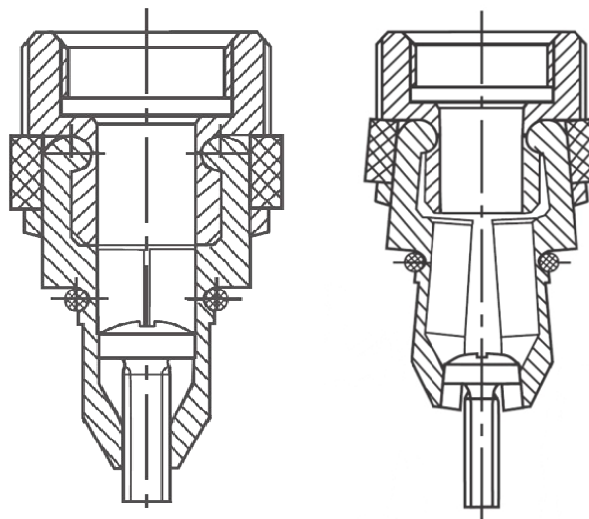
Obrázek 25 – Přítlak šroubováku <sup>[6]</sup>

Do vřetene se vsazuje šroubovací nástavec tvořený dlouhým dřikem s hlavou pro příslušný samořezný šroub s torxovou drážkou. Délka celého nástavce je 152 mm. Prochází kluzně skrz náustek s vnitřním kanálem o průměru 6 mm, do kterého jsou volně přiváděny proudem vzduchu šrouby z vibračního dopravníku, do pouzdra (objímky) s čelistmi, kde se přivedené šrouby zachycují v přímé poloze a jsou tak plně připravené pro zašroubování. Tyto dvě zmiňované součásti jsou zde důležitými prvky přívodního

systemu šroubů vibračního dopravníku. Zdvihový pohyb šroubováku se vyvolá automaticky po "nastřelení" šroubu do prostoru vnitřního kanálu v objímce. Dřík šroubováku se při šroubování přisunuje přímo nad hlavu šroubu. Tlakem na něj se přes kuželovou plochu rozvírají čelisti, ze kterých šroub posléze volně vyklouzne a je dále šroubován. Šroub se již nemůže z polohy v čelistech posunout zpět do kanálu náustku. Čelisti mohou mít různou délku pro lepší zpřístupnění ke šroubovacímu místu. V tomto případě je zvolena objímka s krátkými čelistmi o délce 10 mm.



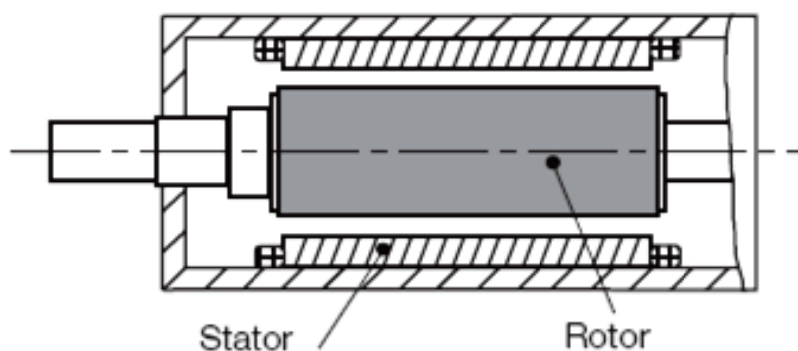
Obrázek 26 – Model prvků systému pro přívod šroubů



Obrázek 27 – Funkce pouzdra s čelistmi <sup>[6]</sup>

Primárním pohonem elektrického šroubováku je elektronicky komutovaný (EC) elektromotor, jehož předností je bezúdržbový provoz prakticky bez opotřebení dílů, a to především díky systému bez uhlíkových kartáčů. Má zabudovaný rotor z jednoho permanentního magnetu s uzemněním, který zajistí konstantní magnetický tok v motoru, a stator s odpovídajícím vinutím. Komutátor má funkci usměrňovače, střídavé napětí indukované ve vinutí statoru se mění na napětí stejnosměrné. Komutaci neboli přepínání

jednotlivých cívek statoru zajišťují výkonové prvky modulu řídicí elektroniky. Statorové cívky musejí být spínány tak, aby proud, který jimi protéká, byl kolmý na směr magnetického pole rotoru, a to pro maximální krouticí moment motoru. Pro elektronickou komutaci proudu se snímá poloha rotoru pomocí Hallových snímačů. Nasazení tohoto motoru zajišťuje vynikající dynamiku procesu utahování a dosahuje špičkových krouticích momentů při zachování malých rozměrů. Jejich velkou výhodou je i tichý a plynulý chod. Integrovaný snímač hodnot krouticích momentů a úhlů pootočení hlavy šroubu umožňuje přesné řízení a regulaci procesu utahování a dokumentování jeho vybraných parametrů. [12]



Obrázek 28 – EC elektromotor [6]

Elektrické vestavné šroubovací vřeteno umožňuje volné naprogramování procesu utahování šroubových spojů. V daném rozmezí výkonu tohoto šroubovacího vřetena se nechá naprogramovat hodnota utahovacího momentu, počet otáček, úhel natočení, velikost časových prodlev a směr otáčení vřetena individuálně a podle požadavku na šroubový spoj přímo pro Ford Transit. Je zajímavostí, že u vřeten, která pojiždějí a utahují více šroubových spojů v jednom cyklu, mohou být naprogramovány a realizovány u jednotlivých šroubů rozdílné parametry utažení. Celá vlastní jednotka řízení a ovládání šroubováku AST 10 je připojitelná k běžné elektrické síti, tedy k napětí 230 V a frekvenci 50 Hz. Obsahuje standardní programy pro šroubování, jejichž parametry lze přizpůsobit přímo přes funkční tlačítka na jednotce pro příslušný případ šroubování. Jednotka zobrazování informací a prvků obsluhy integrovaná do řídicí jednotky slouží k zobrazování pracovních režimů a výsledků šroubování, a dále povoluje přímé změny parametrů šroubování ve výrobním procesu bez propojení s PC. Informace ukládá do vnitřního paměťového systému.

Pro dosažení co nejefektivnějšího šroubování a zajištění kvalitního procesu lze průběh šroubování řešit různou šroubovací politikou. Ta je v případě zámků Fordu Transit dána jednoduchou strategií tak, že utahování probíhá pouze jednostupňově. To znamená, že je

určen jednotný utahovací moment se stejnými otáčkami po celý proces dílčího šroubování. Důvodem je především čas pro samotné šroubování, který je dán s ohledem na již zmíněný takt linky i samotného stroje hodnotou 3 sekund. Do této doby je nutné zvládnout celý proces, tedy provést samotné zašroubování a dotažení. Jednotlivé podmínky šroubování se zadávají přímo do jednotky řízení šroubováku, která umí zaznamenávat i větší množství programových sekvencí. Utahovací moment je nastaven na hodnotu 0,55 Nm, a to s ohledem na maximální utahovací moment 0,6 Nm. Udává se i spodní hranice, v tomto případě 0,5 Nm. Je tak zajištěno maximální rozpětí, ve kterém se může šroub v pořádku zašroubovat. V jiném případě by jednotka ohlásila chybu. Otáčky šroubováku ( $350 \text{ min}^{-1}$ ) jsou zde pro celý cyklus konstantní.

Existují i programem tvořené vícestupňové strategie šroubování, které lze vhodným způsobem nahrát do řídicí jednotky. Zvyšují kvalitu a provedení šroubového spojení, avšak velmi často prodlužují dobu samotného procesu. Velmi častá je strategie dvoustupňová. To znamená, že pro začátek šroubování jsou většinou nastaveny vysoké otáčky od nulového utahovacího momentu. Při dosažení navoleného utahovacího momentu v průběhu vlastního šroubování se otáčky sníží až několikanásobně, a tím se zajistí přesnost tohoto momentu při dotažení. Možností je i šroubování více šroubů jedním šroubovákem s rozdílnými vlastnostmi utahování. Znamená to, že lze nastavit rozdílné parametry například pro každé dílčí šroubování, které je potřebné vykonat při jednom příjezdu WT.



Obrázek 29 – Samostatné šroubovací vřeteno s řídicí jednotkou <sup>[11]</sup>

Důležitým článkem pro dosažení vysoké produktivity a trvalé pohotovosti automatického montážního zařízení je systém pro přívod montážních dílů. Jako podavač jednotlivých šroubů pro každé dílčí šroubování je předem zvolen vibrační dopravník 0611-EP, součinný s elektrickým šroubovákem, od firmy DEPRAG. Jde o zařízení pro přívod šroubů a funguje samozřejmě i jako zásobník šroubů. Je standardně připojen k systémovému vzduchu o tlaku 6 bar a také ke zdroji elektrické energie pro umožnění pohybu elektromagnetu a pro nastavení vlastního řídicího systému. Šroub je unášen právě proudem vzduchu plastovou hadicí až do náustku na šroubovacím modulu před šroubovací bit, kde je narovnán do přímé polohy a poslán níže do objímky s čelistmi. Zde je šroub zachycen a připraven k zašroubování.

Zařízení pro přívod šroubů funguje v principu tak, že vibrační elektromagnet generuje ve spojení se svazkem pružin a s vestavěným regulátorem mikropohyb v hrnci podavače, a tím dochází k posunování podávaných šroubů po šroubovici (spirále). Šroubovice je ve formě pružné membrány o vrchním průměru 200 mm a navazuje na ní oddělovač jednotlivých kusů. Tam je šroub zachycen a tlakovým vzduchem unášen hadicí až do náustku. Pro systémovou informaci, zdali šroub opustil vlastní zařízení, se uplatňuje průletové indukční čidlo, které je umístěno na vstupní části hadice. Stejně čidlo je i před výstupem z hadice. Je tak hlídán pohyb šroubu a systém má stálou kontrolu a informaci pro řešení případné chyby.

Pro zvlášť vysoké dopravní výkony, např. pro rychlé zásobování více odběrných míst, je možné použít vibrační dopravník s dvojitou šroubovicí, tzn. s více drahami pro posuv dílů. Ten v tomto případě není zapotřebí. Pro optimální funkci podavače by měl být dopravní hrnec zaplněn šrouby maximálně do poloviny jeho hloubky, protože takovéto dopravníky se šroubovicí jsou silně závislé na velikosti vibrující hmoty, tak jako každý podobný vibrační systém. Je proto vhodné zachovat konstantní rozložení po celou dobu provozu. Dvojnásob to platí především u malých zařízení s malou membránou. Objem prostoru zásobníku nad membránou je v tomto případě 0,75 l. Těleso samotného podavače je ze všech stran uzavřené, čímž přispívá ke snížení hladiny hluku a je ustaveno před pásovým dopravníkem vedle šroubovací stanice na profilových stojkách a kolečkách pro možnost přesunutí, například při doplňování šroubů.

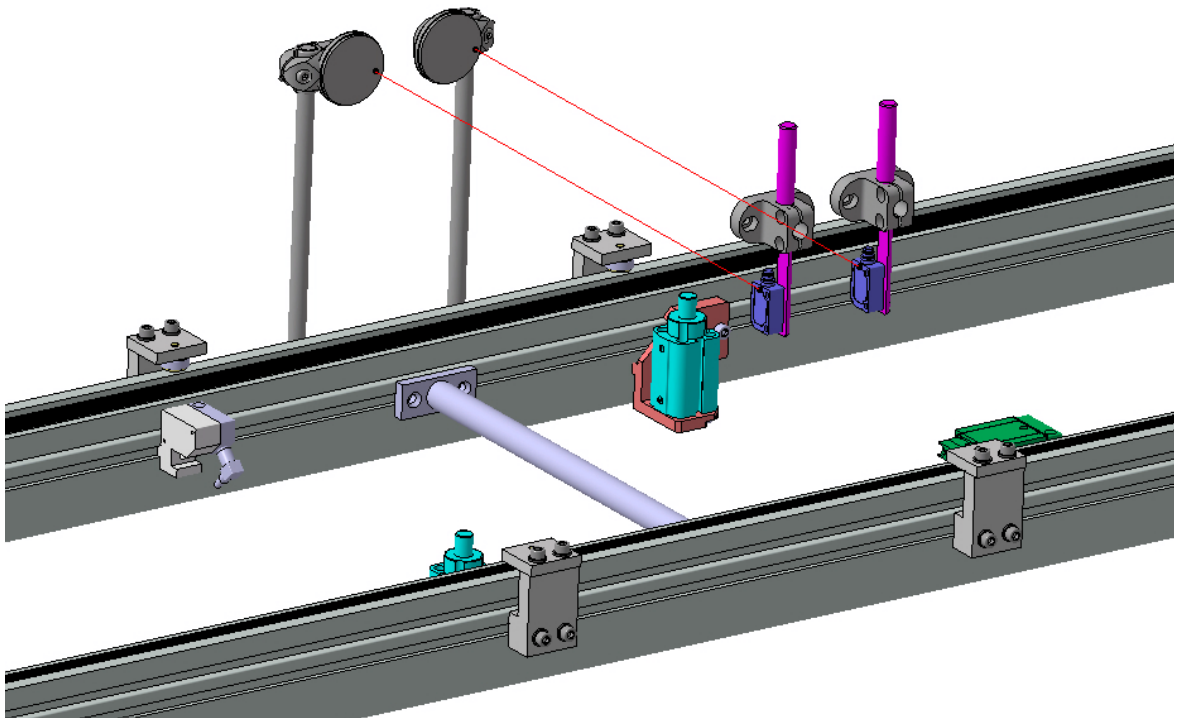


Obrázek 30 – Vibrační podavač <sup>[11]</sup>

#### 4.1.4. Dopravník a prvky zajištění procesu

Jak již bylo zmíněno, linka Ford Transit využívá pásového dopravníku Stein pro vozík o rozměru 400 x 400 mm. Část pásového dopravníku je ve stanici umístěna zhruba uprostřed ve výšce necelého jednoho metru a je stavitelná ve všech třech základních osách díky uložení na čtyřech krátkých patkách připevněných k rámu trojúhelníkovými příložkami umožňujícími posuv v drážkách profilu. K tomuto dvoumetrovému modulu jsou uchyceny navržené prvky vedení a pneumaticky ovládaného zastavení a zajištění WT. K přesnému navedení vozíku do místa zastávky šroubování slouží firmou standardizovaná čtyři kuličková ložiska, připevněná po dvou ke každé straně dopravníku pevnými příložkami. Pro zastavení vozíku slouží pneumaticky ovládaná pracovní zarážka (tzv. pracovní stopper) od firmy ASUTEC. Ty se používají standardně u všech strojů umístěných na lince. Zarážky jsou aktivovány v souvislosti s diagonálně (vůči stopperu) umístěnými indukčními snímači přímo na dopravníku v závislosti na aktuální poloze vozíku (například při přejezdu vozíku). V něm je vyfrézována podélná drážka a na konci je vložena destička, díky které snímač reaguje až po přejetí celého vozíku do nastavené konkrétní polohy pro šroubování.

Pro přesné zajištění v poloze slouží dva na dopravníku na úhlopříčce umístěné centrovací válce s označením STA 20/15, taktéž od firmy FESTO, které jsou stejně tak ovládány vzduchem. Při své aktivaci pomocí vysouvaného pístku zajišťují vozík do dvou v něm připravených otvorů. Ke zpevnění modulové části dopravníku se někdy používá kovová vzpěra. Zde je umístěna zhruba mezi oběma šroubovacími body.



Obrázek 31 – Model části dopravníku s prvky zajištění procesu

Jelikož se má ve stanici šroubovat stejný typ šroubu a vrchní kryt je již předmontován z předchozích montážních pracovišť, není zapotřebí nijak detekovat případnou rozdílnost typů komponentů, u čehož bývá nutné použít automatizačních prostředků – složitějších snímačů nebo kamerových systémů, které musí mít zajištěnou správnou komunikaci s řídicím systémem stanice. V případě tohoto stroje postačí určení přítomnosti zámku po přijetí vozíku na pozici tak, aby v případě jeho nepřítomnosti nedošlo ke spuštění procesu, ale WT stanici volně opustilo. To lze běžně řešit dvěma způsoby – rozdílným počtem čidel dle typu řízení linky.

V návrhu je uplatněno dvou opticko-elektronických snímačů s reflexní optickou závorou BOS 6K od firmy BALLUFF. Tyto snímače jsou nastavitelné na konkrétní snímací vzdálenost (standardně až 3 m) podle požadovaných parametrů pro daný účel. Pro připevnění a nastavení samotných snímačů se použijí komponenty (jako jsou držáky nebo stavěcí tyčky)

od stejné firmy. Snímače používají červeného světla nebo přesnějšího laseru s potlačeným pozadím. Jako opticky aktivní zrcadlo se využívá specifická odrazka otáčející osu odraženého paprsku o 90°. Snímač obsahuje jak vysílač, tak přijímač paprsku. Vysílaný světelný signál se tak odráží od odrazky a v určitém vlnění se zase vrací zpět do přijímače. Tzn., že v takovém případě se v místě „průstřelu“ nenachází žádný objekt. Snímače i odrazky jsou připevněny na hliníkových tyčových držákách k vnitřní konstrukci rámu nebo k dopravníku. Slouží vlastně pro rozlišení levého a pravého zámku na WT. V případě přítomnosti některého z nich se podle signálu přenastavuje šroubovací vřeteno. Takto jsou snímače připravené pro řešení stroje, který by nekomunikoval s řízením dopravníku. Naopak při vzájemné komunikaci od vozíku přes dopravník až k samotnému stroji je dána jasná informace o typu zámku a podle toho je automaticky přenastavován i samotný šroubovák. V takovém případě, jako druhá varianta, by stačilo použít jeden snímač s odrazkou (směřovaný do jednoho společného bodu pro pravý a levý zámek) k pouhému určení přítomnosti zámku. Samotný snímač je aktivován těsně po zastavení vozíku na dané pozici.

Jednou z věcí, která bývá řešena navíc při realizace stroje, je osazení dopravníku tzv. předstoppery, tedy standardními pneumaticky ovládanými zarážkami, které se umísťují před vjezd do samotného stroje. Jsou potřebné z toho důvodu, že vozík se založeným zámkem je zachycen před vjezdem do stanice v případě, že je na dalším vozíku přímo ve stanici prováděn šroubovací úkon. Nedojde tak k „zahlcení“ stroje, ale v případě většího počtu WT odbavených v předchozí stanici či ručním pracovišti jsou tyto řazeny za sebe od tohoto předstopperu, ve směru odkud přijíždějí. Pokud je aktuálně šroubovaný vozík v pracovní zastávce odbaven, zarážka předstopperu se uvolní a čekající WT může vjet přímo do této zastávky pro šroubování.

S tím, že je celý proces šroubování kontrolován a řízen čidly a elektronickou jednotkou šroubováku, souvisí i tzv. N.i.O. (Nicht in Ordnung – není v pořádku) zastávka za hlavním šroubovacím místem, tedy na výjezdu ze stanice na konci dopravníku. V případě zjištění jakékoliv závady či vzniklém problému při šroubování se vozík z hlavní šroubovací pozice přesune do N.i.O. zastávky. Opět je zde stopper řízený v závislosti na signálu indukčního snímače umístěného na dopravníku, který vozík zastaví. Vše funguje v principu tak, že při zjištění chyby v procesu šroubování vozík opustí hlavní šroubovací pozici a je přesunut do této zastávky. Mezitím se na kontrolním panelu rozsvítí chybové hlášení o problému ve šroubování a rozsvítí se výstražné červené světlo na barevném semaforu stanice. Při zastavení vozíku je nutné odebrat vadný zámek a vložit jej do malé skříně



s červeným opláštěním (N.i.O boxu), umístěné na pravém boku (z čelního pohledu) stanice před dopravníkem, a dále odstranit chybové hlášení. Tento proces je zajištěn jedním opticko-elektronickým snímačem s reflexní závorou směřovaným do společného bodu pro oba zámky. Díky němu, a dalšímu podobnému snímači ve vstupu do N.i.O. boxu, je procesně zajištěno to, že vadný kus je bezpečně odebrán z fáze montáže. Pokud by vadný zámek nebyl z místa odebrán a posléze vložen do boxu, nemohl by vozík ze stanice odjet. Po zjištění příčiny závady, přijetí vhodného opatření a odmazání chybové hlášky, tak může být celý proces dalšího šroubování opětovně spuštěn a může pokračovat v dalších pracovních cyklech.

Je třeba zmínit, že chyba může nastat třeba i v samotných systémech stroje, jako například v posuvech válců, ve vyhodnocení informací od snímačů, v rozvodu vzduchu apod. V takovém případě by však WT do N.i.O. zastávky nevjelo, ale došlo by k zastavení celé stanice, dále k ohlášení chyby na display řídicího systému a rozsvícení červeného světla na semaforu.

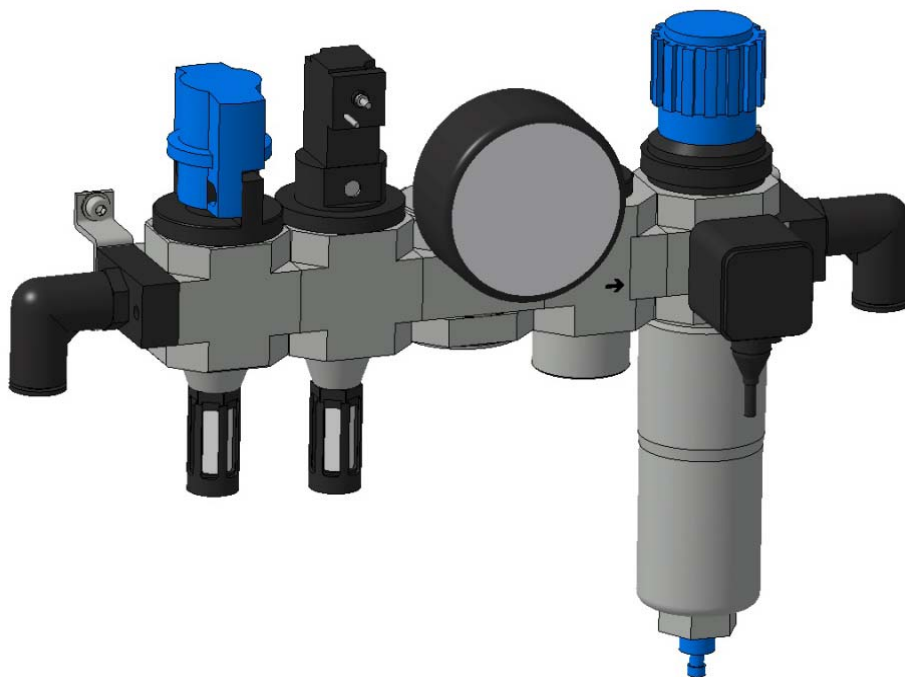
## **4.2. Pneumatická část**

Důležitou součástí šroubovací stanice je pneumatický rozvod pro jednotlivé vzduchem ovládané komponenty, které jsou nutné pro plynulý provoz zařízení. Jak již bylo zmíněno při popisu jednotlivých vzduchových válců pro ovládání modulu posuvných desek, celá montážní linka je centrálně připojena k rozvodu tlaku vzduchu o 6 až maximálně 6,5 barech. Veškeré pneumatické komponenty včetně hadic jsou zvoleny s vhodnými parametry od firmy FESTO. Pneumatické schéma je navrženo v programu FluidDraw a je vloženo jako příloha C.

Pro automatickou stanici je důležitá vstupní jednotka řízení rozvodu vzduchu a ventilový terminál pro jednotlivé akční komponenty. Oba tyto celky jsou připevněny na desce vložené v rámu stanice. Vstupní jednotka obsahuje vstupní mechanický a elektronický ventil s tlumičem pro odfuk vzduchu. K odfuku vzduchu dochází při deaktivaci pneumatického obvodu, nebo častěji při obráceném chodu některých komponentů, což se děje především u zpětných posuvů válců při jejich ustavování do základní polohy. Následujícím prvkem je rozdělovací blok, na který je napojen zásobník tlaku vzduchu, který je důležitý pro udržení požadované hodnoty tlaku zejména při jeho kolísání. To může být způsobeno především dlouhým rozvodným vedením pro přísun čerstvého vzduchu. Objem zásobníku

je 2 litry vzduchu a je výrobcem navržený pro maximální tlak 16 bar. Z tohoto rozvodného bloku je veden vzduch i do vibračního dopravníku pro systém podávání šroubů rychlým „přístřelem“.

Dalším důležitým prvkem je i redukční ventil s filtrem, který zajišťuje správný tlak 6 bar v pneumatickém systému stroje. Aktuální hodnota tlaku vzduchu je zobrazena na stupnici k redukčnímu ventilu připojeného analogového tlakoměru. Hned za ním následuje ventil s pomalým náběhem tlaku. Jak je patrné z názvu, slouží pro zajištění plynulého nárůstu tlaku při zapnutí přívodu vzduchu na vstupních ventilech tak, aby nedošlo k poškození komponentů rychlým rázem. Jedna z posledních částí vstupní jednotky je další rozdělovací blok, ze kterého je veden rozvod k elektronickému snímači systémového tlaku a do ventilového terminálu akčních členů.

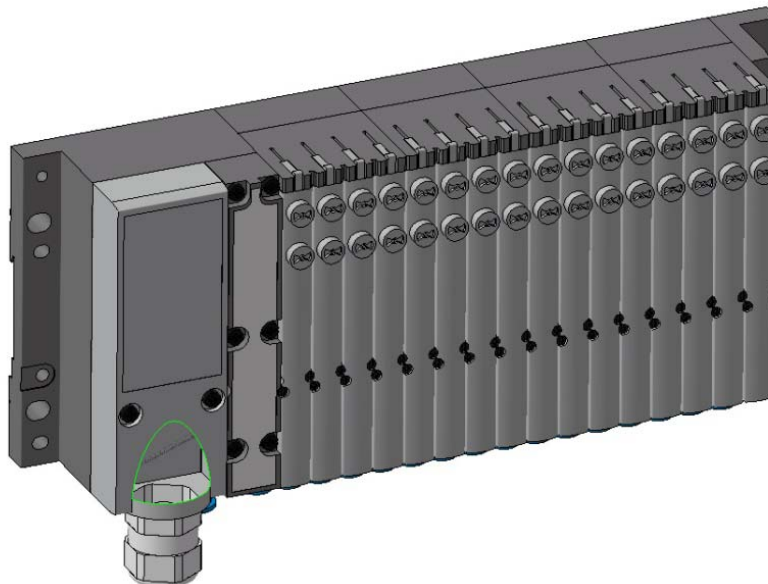


Obrázek 32 – Model vstupní jednotky vzduchu

Tento ventilový terminál obsahuje jednotlivé přepínací ventily, které při potřebě přepouštějí vzduch nezbytný k ovládání jednotlivých komponentů, a to pracovních a zajišťovacích válců nebo zářezek stopperů. Mezi tyto ventily a ovládané prvky, v tomto případě na výstupu z terminálu, jsou umístěny ještě jednocestné škrťací ventily.

Každý použitý ventil ve ventilovém bloku je tzv. bistabilní a obsahuje dvě samostatné cívky. To v praxi znamená, že je elektricky jak otvírán, tak i zavírán, a při odpojení od napětí zůstává v aktuální poloze. Existují i ventily tzv. monostabilní, které obsahují jednu cívku.

Ty jsou elektricky ovládány pouze pro jeden stav a v případě odpojení napětí se vrací zpět pomocí mechanického komponentu (nejčastěji pružinou). Celý blok je propojen s komunikační sběrnici a je tak řízen přímo řídicí jednotkou SIEMENS.

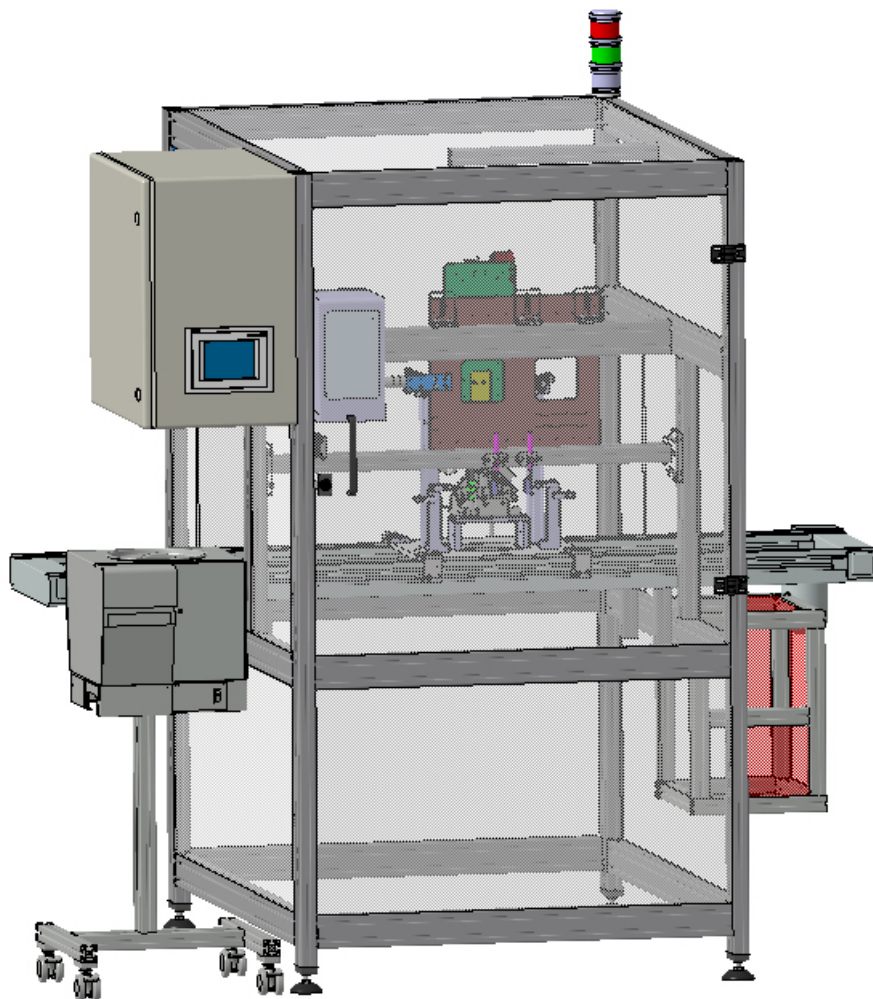


Obrázek 33 – Model ventilového terminálu

## 5. Realizace a zhodnocení

### 5.1. Vlastní provedení

Realizace automatické šroubovací stanice probíhala na základě kompletně zpracovaného konceptu (odpovídá modelu konečného návrhu stanice – obrázek 34) ve spolupráci s interní nástrojárnou přímo ve firmě Kiekert-CS. Mnoho navržených dílů bylo nutné vyrobit dle přiložených výrobních výkresů a některé již zmiňované komponenty v návrhu také objednat od vhodných dodavatelů. Podle sestavných výkresů a materiálového kusovníku s vypsányi komponenty byl pak stroj zkompletován, přičemž některé prvky stroje byly při realizaci oproti návrhu upraveny. Kompletní stroj byl odzkoušen a následně nainstalován do koncové montážní linky místo ručního pracoviště.



Obrázek 34 – Model konečného návrhu stanice

V rámci uskutečněných úprav se jedná především o finální volbu systému snímačů. Jak již bylo zmiňováno, stanice a celá montážní linka Ford Transit je řízena centrálně řídicím systémem dopravníku STEIN, a proto bylo při realizaci zvoleno jedno samostatné čidlo pro určení přítomnosti zámku. V tomto případě mají oba zámky při „napozicování“ na WT určité překrytí, tudíž je plně postačující právě jeden snímač nastavený do jejich společného bodu.

Opláštění stanice je dále standardně doplněno o přední a zadní průhledné plastové tunely, připevněné přímo k dopravníku malými hliníkovými profily, které pokrývají vstup a výstup stanice o délce zhruba půl metru. Vstupní část je v podstatě nad oblastí předstopperu a výstupní část zase nad prostorem pro N.i.O. zastávku. Proto je také zadní tunel opatřen dvířky pro přístup k zámku při odebírání N.i.O. kusů. Uplatnění také našly hliníkové žlaby pro vedení elektrické kabeláže a vzduchových hadic umístěné na rámu stanice.

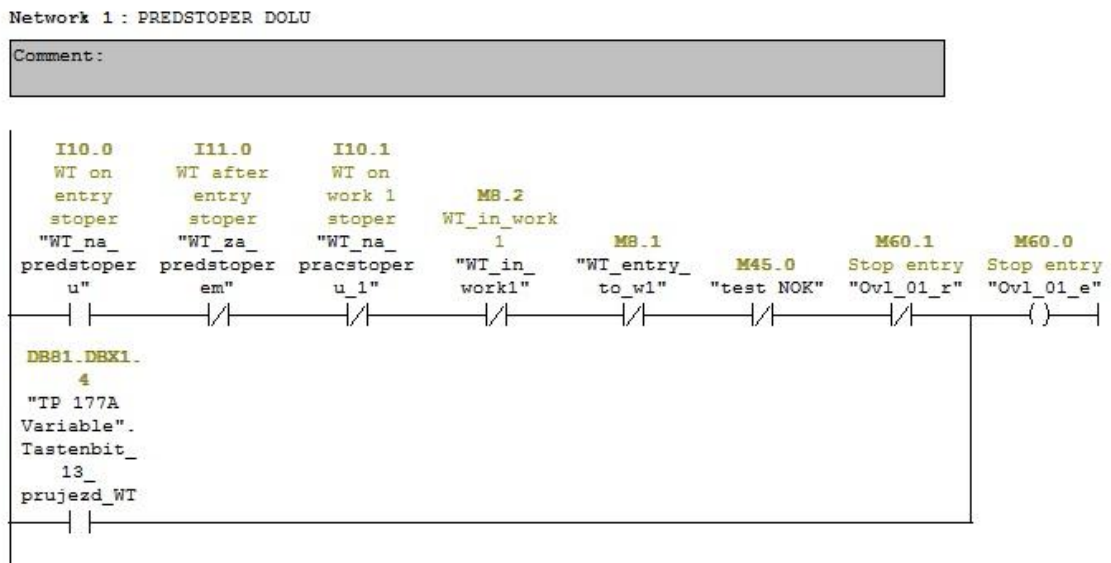
Z hlediska kompletace je pro zajištění plného provozu stroje mimo mechanických, elektronických a pneumatických celků zapotřebí elektrického rozvodu a také programového řízení a ovládání. Hlavní elektrický rozvod je sestaven v rozvaděči podle elektrického schématu. Slouží především pro vzájemné propojení všech elektrických a elektronických prvků a pro možnost vzájemného řízení a ovládání. Celé jeho napájení je připojeno k běžné elektrické síti s rozvodem 230 V. Rozvaděč však obsahuje transformátor, který převádí toto vysoké napětí na napětí bezpečné o velikosti 24 V. Součástí rozvaděče je také přepěťová ochrana s jističi či bezpečnostní relé pro včasnou deaktivaci stanice na základě informací od bezpečnostních koncových spínačů. Stejně tak jako u většiny elektrických rozvodů, které jsou nějakým způsobem teplotně zatíženy, je i tento chlazen proudem vzduchu od ventilátoru, který je umístěn uvnitř v zadní části skříně rozvaděče a je řízen na základě zjištěné teploty termostatem. Na vnější straně elektrického rozvaděče je pak umístěn hlavní zdrojový vypínač pro celou stanici, tlačítko pro nouzové vypnutí od zdroje (pro rychlé zajištění bezpečnosti v případě jakéhokoliv pochybení) a dále vypínač pro aktivaci samotného stroje.



Obrázek 35 – Kompletní automatická stanice

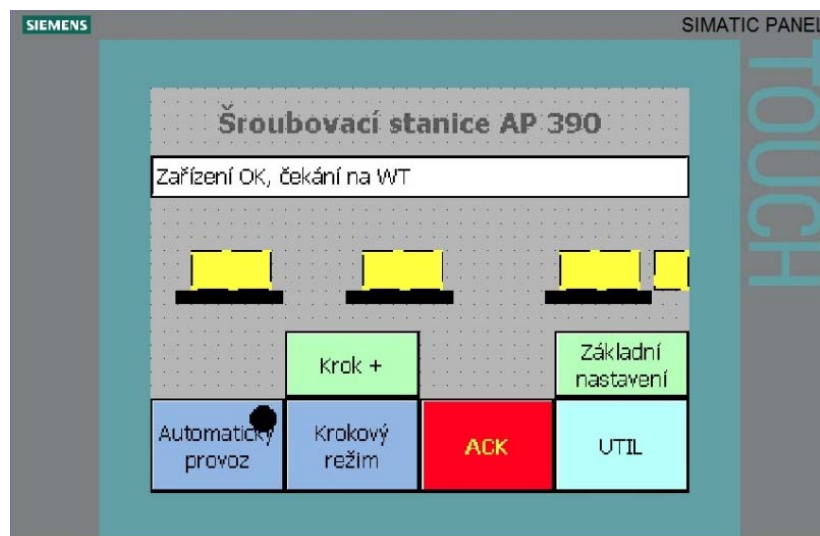
Pro rozpořívování celého automatického šroubováku je zapotřebí řídicího programu. Samotný systém řízení, bez řízení dílčího šroubovacího procesu, který je ovládán vlastní řídicí jednotkou, je dán jednotkou SIEMENS Simatic umístěnou také v elektrickém rozvaděči. K ní je mimo jiné připojen dotykový ovládací panel (Touch Panel) umístěný na čelní straně rozvaděče přímo pod vypínači. Řídicí jednotka je propojena síťovou (ethernetovou) komunikační sběrnici se vstupně-výstupním modulem, do kterého jsou dále mimo jiné připojeny všechny snímače, vlastní ventilový terminál nebo řízení dopravníku. Samotný řídicí program je tvořen programovacím jazykem v softwarovém prostředí STEP 7 také od firmy SIEMENS. Základem programu je tvorba jednotlivých účelných bloků. Ty lze zjednodušeně rozdělit na celky funkční, organizační, signalizační apod. Každý blok tak obsahuje konkrétní

problematiku dílčího procesu. Nadřazený těmto dílčím blokům je jeden hlavní celek, který si při vlastní funkci vyvolává tyto dílčí operace z jednotlivých bloků.



Obrázek 36 – Programové prostředí

Pro dotykový panel je programově navržena i vlastní grafika, díky které se při chodu stanice mohou zobrazovat jednotlivé systémové informace i funkční elementy pro nastavení a vlastní ovládání. Znázorněna je taky aktuální poloha vozíku v daných zastávkách. Tato grafika je tvořena v programu Simatic WinCC. Vhodný řídicí a ovládací program včetně použité grafiky dotykového panelu je pak nahrán právě do řídicí jednotky stroje.



Obrázek 37 – Grafika ovládacího panelu

## 5.2. Shrnutí funkce stroje

Popis funkce vychází z charakteristik komponentů i celků z návrhu. Dle předchozího tak lze princip činnosti předpokládat a toto shrnutí již zmíněné jen uceluje.

Je tedy zřejmé, že stanice obsahuje tři zastávky vymezené zářázkami na dopravníku, přičemž při správném chodu stroje a načasování příjezdu vozíku se založeným zámkem je důležitá pouze pracovní pozice, ve které je realizován samotný montážní proces – šroubování. Zastávka s předřazeným stopperem je potřebná pro zastavení vozíku a zabránění dalšímu pohybu v případě, že je v pracovní pozici jiné WT. K uvolnění předstopperu dojde, až když se vozík dostane bez problémů z pracovní zastávky. Naopak za pracovní pozicí se nachází zastávka N.i.O., která slouží pro odebrání zámků z vozíku při jeho zastavení po chybně provedené vlastní montáži šroubu.

Tím, že je celý systém řízen „dálkově“ dopravníkem, který díky paralelní komunikační datové sběrnici automat ovládá, je elektricky řízené šroubovací vřeteno umístěné na soustavě posuvných desek při potřebě přesunuto na vhodnou stranu na předem nastavené dorazy určující konečnou polohu pro daný případ zámkového systému (pozice pro pravý nebo levý zámek). Při příjezdu WT snímač automaticky určí, zda je na vozíku založen zámek. V případě pozitivního určení se spustí vlastní proces šroubování. Ten je zahájen „přistřelením“ šroubu do pracovní pozice před šroubovací nástavec umístěný v elektrickém šroubovacím vřetenu. Řídící jednotka šroubováku pak určuje vlastní počátek i samotný průběh šroubování s předem definovanými parametry utahování.

## 5.3. Přínosy automatizace

Jednou z největších výhod automatizace je zkrácení průběžné doby výroby, v tomto případě doby montáže. Tím se dá jednoduše navýšit množství a snížit cena vyrobených produktů. Snížení výrobních nákladů lze dosáhnout lepší organizací výrobního procesu, úsporami materiálu, úsporami skladovacích a výrobních ploch (například uplatnění metody Just in Time), snížením nákladů na nekvalitní výrobu a nižší zmetkovitostí, i například odstraněním drahé lidské práce. Je celkem logické, že minimalizace či úplné zrušení lidských zásahů ve výrobním procesu zvyšuje jeho přesnost, spolehlivost a také kvalitu. Ta dnes znamená velmi mnoho. Zákazníci (odběratelé) bývají ochotni připlatit vyšší cenu za kvalitní produkt, než třeba za výrobek, který bývá produkován především v rozvojových zemích



a požadovaných kvalit zdaleka nedosahuje, čímž neodpovídá tvrdým měřítkům testů a následně náročnému provozu. V oblasti automobilového průmyslu a výroby dveřních zámkových systémů to platí dvojnásob.

Neméně důležité je i to, že průmyslová automatizace umožňuje zavedení rozsáhlé operační i mezioperační kontroly bez nárůstu kontrolních pracovníků, například rychlým a přesným změřením parametrů, vyhodnocením zjištěných hodnot a provedením potřebného zásahu v reálném čase. S tím, jak roste složitost současných výrobních technologií, rostou i požadavky na jejich řízení, které si nelze představit bez potřebného informačního zabezpečení. Přesné, rychlé a objektivní informace jsou tak pro řízení nezbytné. Jasným příkladem zde může být právě systém řízení a kontroly šroubováku i celého šroubovacího procesu.

Automatizace mimo jiné také optimalizuje i stabilizuje montážní proces a zvyšuje produkci, přičemž dodržuje sjednané termíny a náklady. Rychle zhodnocuje všechny důležité stavy, a to sledováním významných trendů, automatickou identifikací výrobků, smysluplnou kontrolou pracovníků a dalšími činiteli zajišťujícími kvalitu výrobního procesu. <sup>[7]</sup>

#### **5.4. Komplexní zhodnocení**

Ekonomická problematika tohoto automatického zařízení je zcela jistě jedním ze stěžejních bodů při rozhodování o jeho záměně za stávající ruční pracoviště, protože v dnešní době je technická činnost s ekonomickou pevně svázána. Žádné propracované technické řešení totiž není možné realizovat, pokud nesplňuje základní bezpečnostní, ekologické a právě ekonomické požadavky. Opět je třeba zvážit finanční výhodnost a návratnost v kontextu celé montážní linky, kde je primárně počítáno s třisměnným provozem. Svým způsobem je již vyřešené ruční pracoviště nákladově lukrativní z toho pohledu, že do něj není nutná další zásadní investice tak, jako je tomu u nového automatického stroje. Výhodou stroje jsou však téměř nulové náklady na každodenní provoz, což u ručního pracoviště, kde je zapotřebí lidské obsluhy, která svým finančním ohodnocením samozřejmě provozní náklady zvyšuje, nelze zajistit.

Pro jednoduchou kalkulaci lze uvažovat roční náklady na jednoho zaměstnance zhruba 10.000 €, což v ročním třisměnném provozu výroby činí 30.000 € na jedno ruční pracoviště. Je tak zřejmé, že při celkových nákladech na kompletní pořízení automatické šroubovací stanice, které se pohybují kolem 40.000 €, se během horizontu několika měsíců vložená

investice do nového automatického zařízení vyrovnává a poté se vrací v podobě uspořené provozních nákladů. Za předpokladu desetiletého provozu montážní linky tak lze ušetřit i více než 250.000 €.

Z časového hlediska je vcelku zřejmé, že díky rychlosti a přesnosti v daném čase je automatická stanice výhodnější. I když toto hledisko je z obou pohledů velmi podobné, jelikož u obou pracovišť se jedná svým způsobem o pracoviště taktové a takt celé linky je dán tím nejslabším článkem. V případě ručního pracoviště je to dáno zmiňovaným taktovým časem 10,65 sekundy. Pro automatický šroubovací stroj je plánovanou strukturou určen dobou 7,65 sekundy, za které musí kompletní odbavení a montážní proces provést, přičemž technickými parametry by svůj úkol zvládl i o sekundy rychleji, což dokazuje i reálný stav při montáži jednotlivých kusů.

Z technického pohledu je velkou předností elektrických šroubováků zcela jistě zabezpečení jejich šroubovacího procesu díky řízení a kontrole šroubovacích parametrů vlastní řídicí jednotkou. Mimo jiné tak odpadá asi největší problém, kterým je zajištění přesnosti utahovacího momentu a kvalita provedení montáže při dané časové normě, a především to, že vůbec k samotnému zašroubování dojde, což v případě ručního šroubování primárně zaručit nelze. Výhoda stanice je zřejmá i z vyčlenění vlastního operátora ručního pracoviště v tom smyslu, že již není zapotřebí řešení mnoha případů neshod způsobených lidským faktorem, nehledě na zajištění vysoké procesní jistoty a již zmiňované rychlosti a přesnosti výroby.

## 6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a v případě úspěšného dokončení konceptu, na základě zpracované detailní modelové a výkresové dokumentace, i realizovat automatickou šroubovací stanici určenou pro připevnění plastového krytu zámku samořezným šroubem na montážní linku zámkových systémů Ford Transit. Po jejím reálném dokončení, nahrání příslušného softwaru a následnému zakomponování do montážní linky je ověřeno, že zařízení je plně funkční. S upřímnou radostí lze konstatovat, že v současné době je stanice již v plném provozu a zabezpečuje plynulou a kvalitní montáž.

Výhodou tohoto stroje jsou použité automatizační prvky s elektronicko-mechanickým řízením. Je tak zajištěno dodržení výrobního taktu, zvýšená výrobní spolehlivost a přesnost. Dle předpokladů lze mnoho mechanických i elektronických prvků stroje včetně vlastních parametrů šroubování do určité míry nastavovat a upravovat podle konkrétních potřeb, například při různých změnách a modifikacích zámkového systému. V případě potřeby lze zařízení použít jak pro montáž dvou šroubů v podélné rovině posuvu (dané konstrukcí posuvných desek) v maximálním možném rozsahu omezeném mechanickými dorazy, tak i pro šroub samostatný, kde je možné ustavit šroubovací modul natrvalo do jedné konkrétní polohy.

Stanovené konstrukční požadavky, jednoduchost a funkčnost, se při uplatnění zvoleného programově řízeného elektrického šroubováku s vibračním dopravníkem pro automatické podávání šroubů podařilo splnit. Výjimku tvoří snad jen poměrně složité konstrukční řešení soustavy posuvných desek právě pro uložení šroubovacího modulu, které je díky více částem časově náročnější na výrobu a vlastní sestavení.

Za největší přínos této diplomové práce považuji získání nových teoretických i praktických zkušeností z oblasti konstrukce, materiálů i technického kreslení, a díky absolvovanému školení v rámci praxe i dalších zkušeností z plošného a objemového modelování v profesionálním softwaru CATIA V5. Celou práci považuji za přínos i pro firmu Kiekert-CS, jelikož se jí tímto návrhem zařízení naskytly nové možnosti řízeného rozvíjení montáže a výroby zámkových systémů automobilů.

## 7. Použité zdroje

- [1] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1. vyd. Úvaly: ALBRA, 2003. ISBN 80-864-9074-2.
- [2] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: Spoje a části spojovací*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2002. 169 s. ISBN 80-010-2533-0.
- [3] ZACHARIÁŠ, Ladislav. *Části strojů II. díl*. 1. vyd. Praha: ČZU, 2002. ISBN 80-213-0355-7.
- [4] KŘÍŽ, Rudolf. *Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1996. ISBN 80-718-3024-0.
- [5] DEPRAG SCHULZ GMBH & CO, *Deprag – Betriebsanleitung: Schraubeinheit*. Amberg, 2012.
- [6] DEPRAG SCHULZ GMBH & CO, *Deprag – Schraubfunktionsmodule, Schraubenzuführsysteme*. Amberg, 2008.
- [7] LACKO, Branislav. *Současné bariéry většího využívání automatizace v ČR*. AUTOMA, 4. ročník, 1998.
- [8] Wikipedia: The free encyclopedia. *Torx*. [online]. 2001 – 2013. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: <http://de.wikipedia.org/wiki/Torx>
- [9] Toolshop. *Jak vybrat bit*. [online]. 2004 – 2013. [cit. 2013-01-01]. Dostupné z: <http://www.toolshop.mihu.cz/index.php?akc=novinka&novid=14>
- [10] Wiha: Premium Tools. *Profily šroubů*. [online]. 2013. [cit. 2013-02-01]. Dostupné z: <http://www.wiha.com/czech/ROOT/HOME/More/Profily-sroubu>
- [11] DEPRAG SCHULZ GMBH & CO. *Šroubovací technika* [online]. [cit. 2012]. Dostupné z: <http://www.deprag.com/cesky/>
- [12] ElektriKa.cz. *Komutace*. [online]. 1998 – 2013. [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://elektriKa.cz/terminolog/eterminologitem.2005-05-22.0782698837/view>
- [13] THK. *The Mark of Linear Motion* [online]. 2006 [cit. 2012]. Dostupné z: <http://www.thk.com/?q=cz/node/3624>
- [14] FESTO. *Průmyslová automatizace* [online]. 2000 – 2012 [cit. 2012]. Dostupné z: [http://www.festo.com/cms/cs\\_cz/index.htm](http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm)

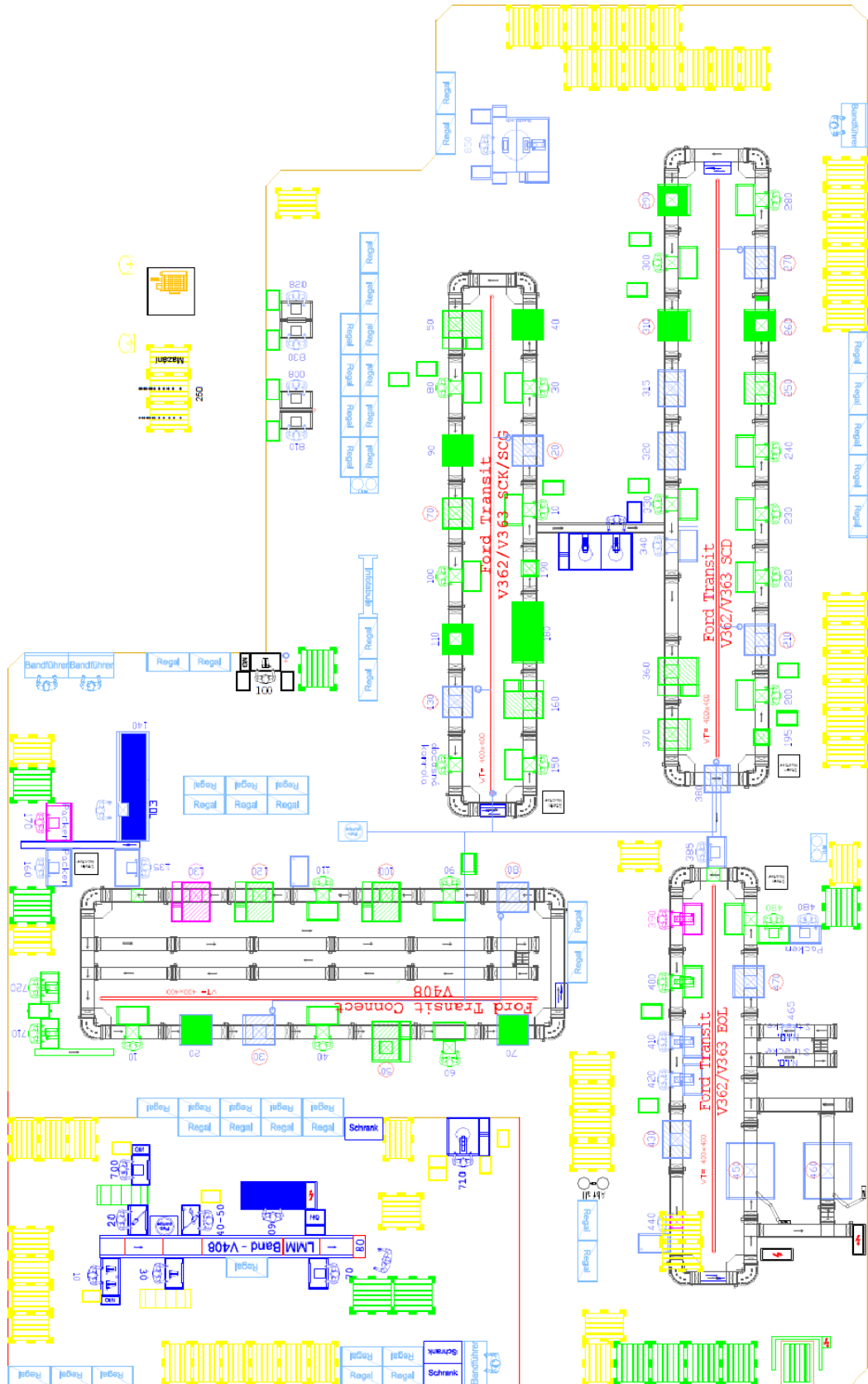
- [15] ITEM. *Building Kit Systems for Industrial Application* [online]. 2012 [cit. 2012]. Dostupné z: <http://www.item24.cz/en/home.html>
- [16] BALLUFF. *Senzor Worldwide* [online]. 2012 [cit. 2012]. Dostupné z: <http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/home.jsp>
- [17] MILDORF, Lukáš. *Štíhlá výroba v prostředí automobilového průmyslu*. [online]. 2008 [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: <http://katedry.fmfi.vsb.cz/639/qmag/mj54-cz.pdf>
- [18] Kiekert-CS: Manufacturing Engineering. *Interní dokumentace*. Přelouč, 2012 – 2013.

## Seznam příloh

Příloha A – Výkres použitého šroubu <sup>[18]</sup> .....	62
Příloha B – Layout Ford Transit <sup>[18]</sup> .....	63
Příloha C – Schéma pneumatického rozvodu .....	64
Příloha D – Model WT .....	65
Příloha E – Model navržené stanice .....	66
Příloha F – Model šroubovacího modulu na posuvných deskách .....	68
Příloha G – Kompletní zámek Ford Transit.....	69
Příloha H – Realizovaná stanice .....	70
Příloha I – Vybrané konstrukční detaily stanice.....	72
Příloha J – Modelová a výkresová dokumentace (DVD-ROM)	

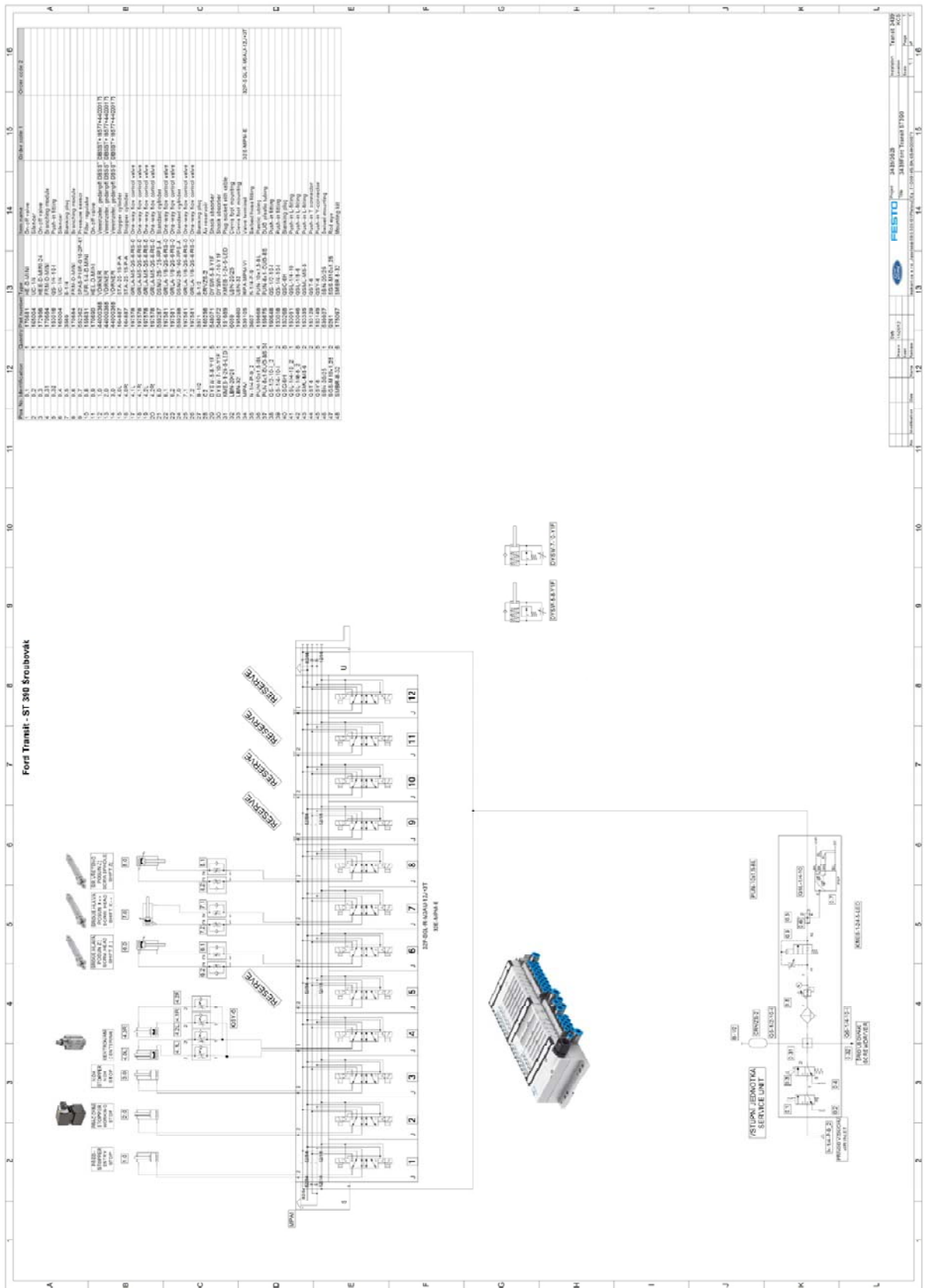


Příloha B – Layout Ford Transit<sup>[18]</sup>

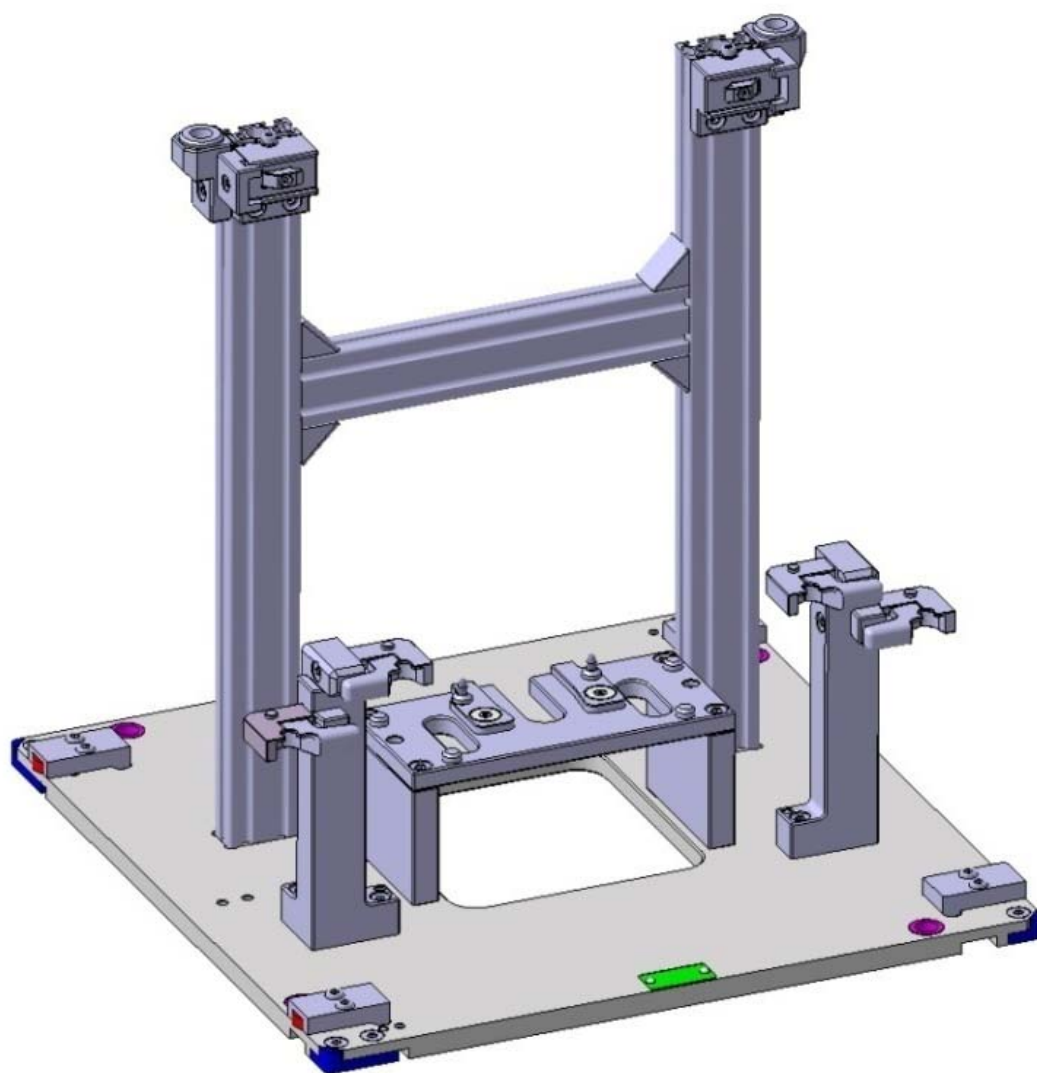




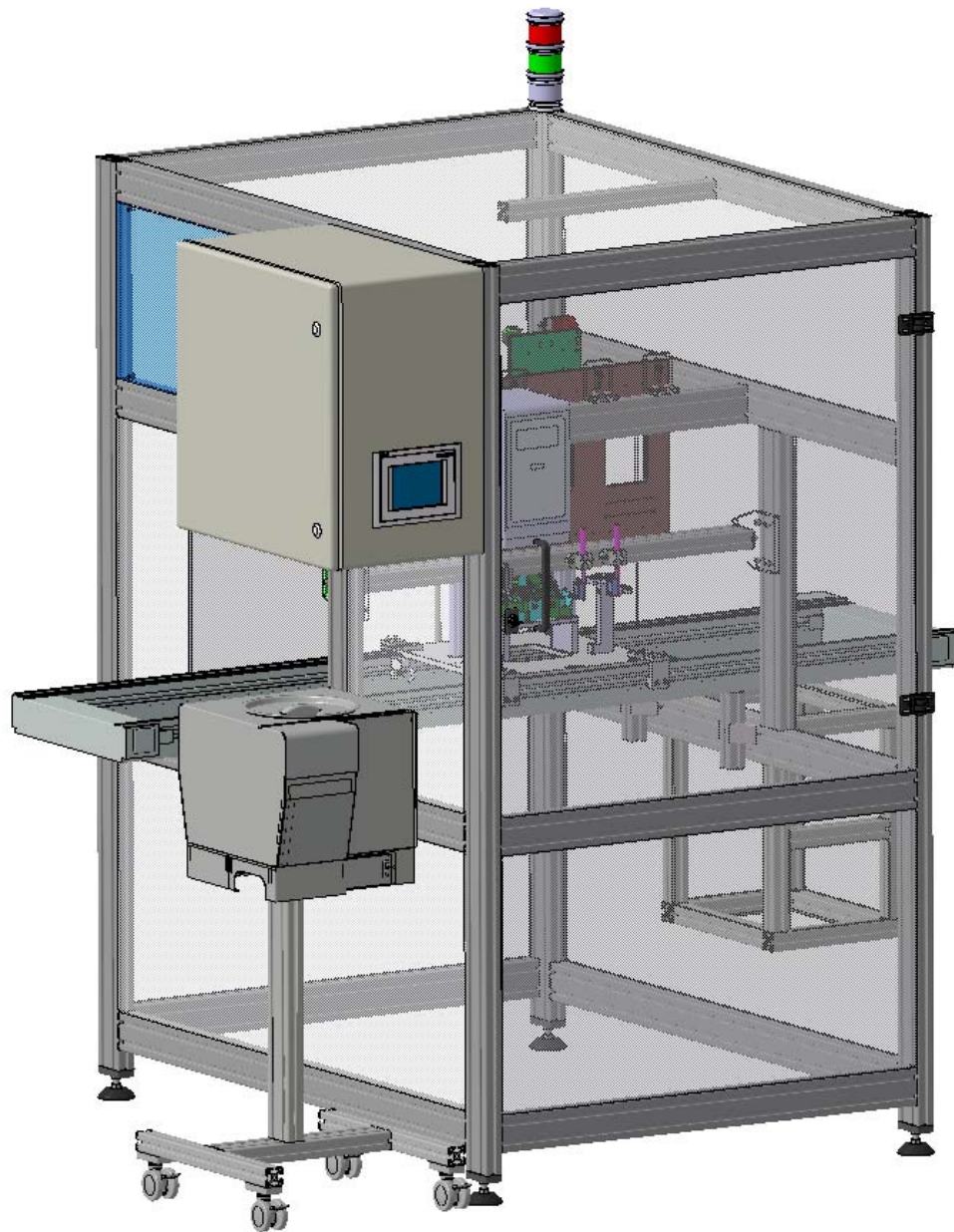
# Příloha C – Schéma pneumatického rozvodu

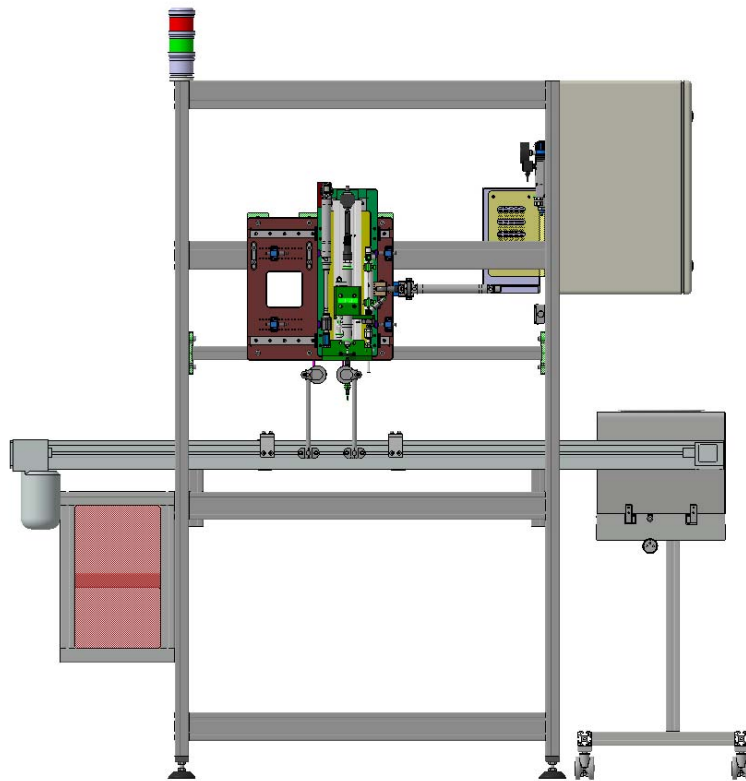
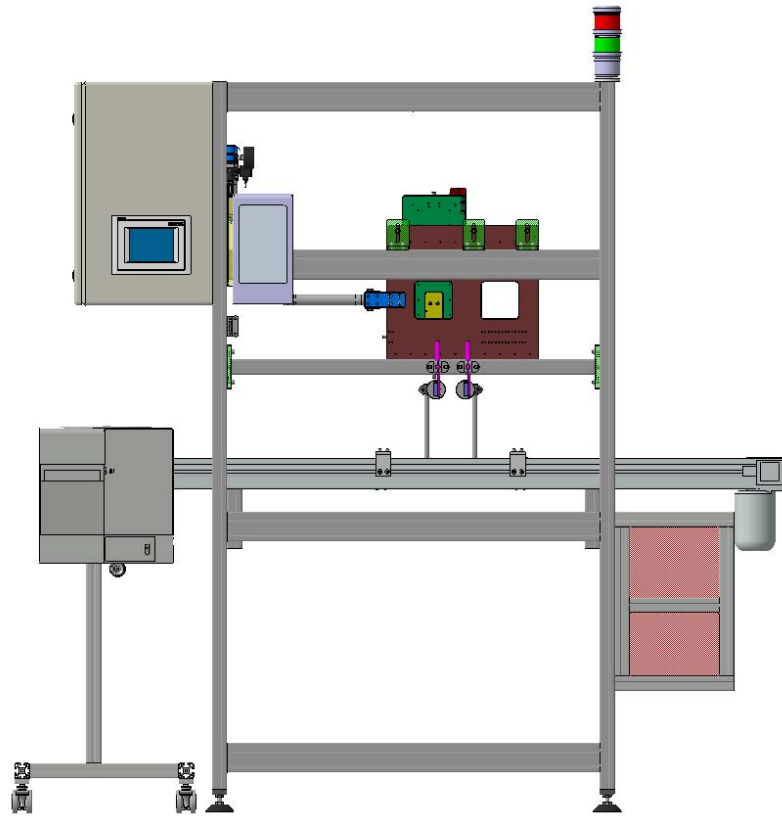


Příloha D – Model WT

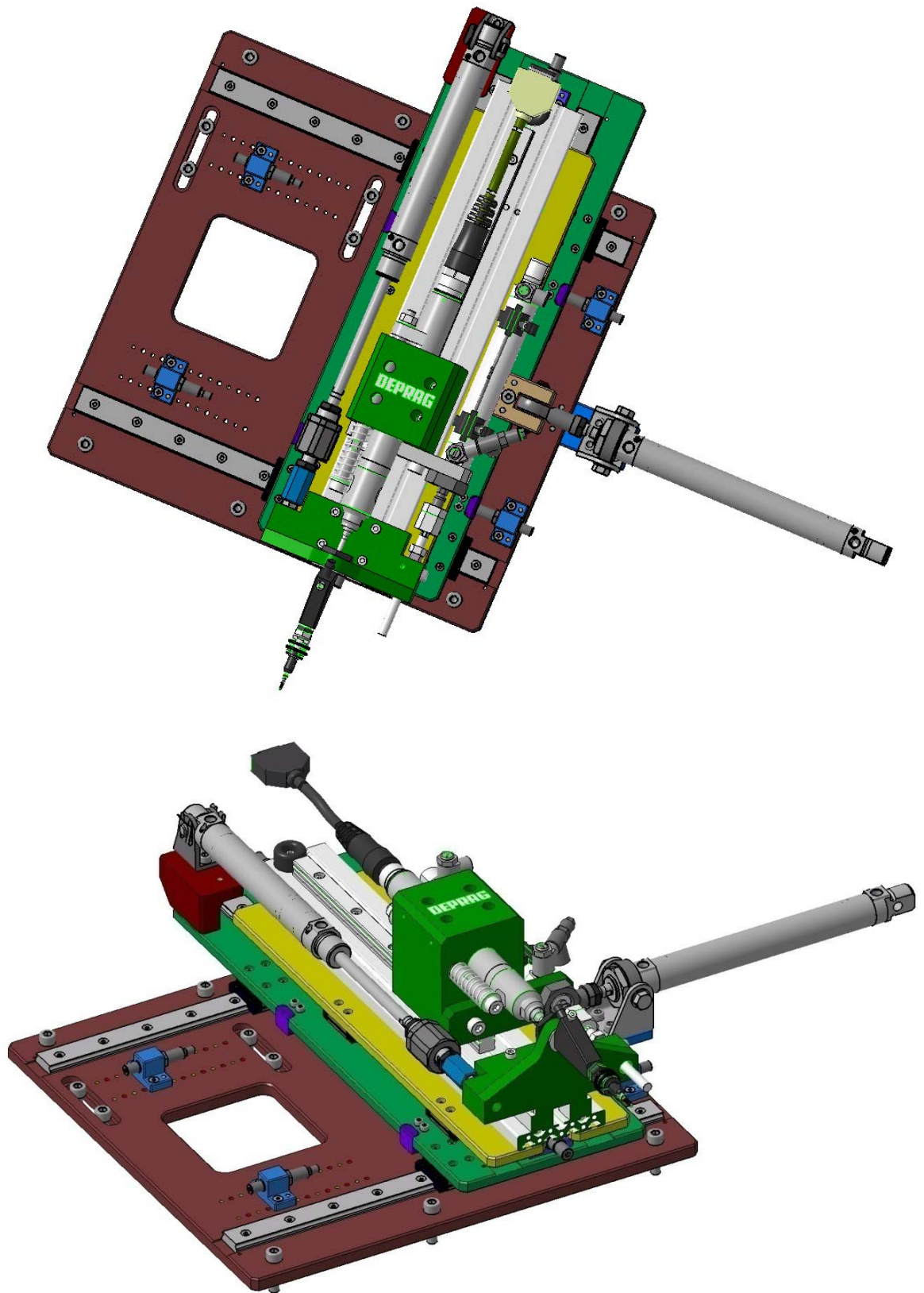


Příloha E – Model navržené stanice





Příloha F – Model šroubovacího modulu na posuvných deskách



Příloha G – Kompletní zámek Ford Transit



Příloha H – Realizovaná stanice







Příloha I – Vybrané konstrukční detaily stanice

