



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

KONSTRUKCE JEDNOÚČELOVÉHO MONTÁŽNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO AUTOMOBILNÍ PRŮMYSL

DESIGN OF SINGLE PURPOSE ASSEMBLY DEVICE FOR AUTOMOTIVE INDUSTRY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Denk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Tůma, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Marek Denk**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Tůma, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Konstrukce jednoúčelového montážního zařízení pro automobilní průmysl

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukce jednoúčelového stroje pro nanášení tmelu a montáž dílů světlometu osobního automobilu. Jedná se o konkrétní zadání montážního pracoviště ve spolupráci s firmou ProCad Technik s.r.o. Parametry montážního zařízení budou dále specifikovány v práci.

Cíle diplomové práce:

Rozbor problematiky z hlediska zadaných parametrů.
Systémový rozbor řešené problematiky.
Provedení nutných konstrukčních výpočtů.
Tvorba detailního CAD modelu v libovolném software.
Výkresová dokumentace vybraných dílů.
Závěr a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3.
Röhm: driven by technology [online], 2018. [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: www.roehm.biz
GMT: ...in pursuit of perfection [online], 2018 [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: www.gmt.co.in
Hainbuch: workholding technology [online], 2018 [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: www.hainbuch.com
Kitagawa [online], 2018 [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: www.kitagawa.global/en

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

.....
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

.....
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je návrh a konstrukce jednoúčelového montážního zařízení pro automobilní průmysl. Montovanou součástí je část světlometu osobního automobilu skládající se z chladiče, desky plošných spojů a reflektoru vzájemně spojených šrouby. Výsledkem práce je detailní 3D model jednoúčelového stroje zhotovený v programu Creo Parametric a výkresová dokumentace navrženého zařízení.

ABSTRACT

The subject of this master's thesis is a design of a single-purpose assembly machine for automotive industry. The assembled component is a part of a headlight of a passenger car consisting of a heatsink, a PCB and a reflector which are mutually connected by screws. The result of the thesis is detailed 3D model of the single-purpose machine made in Creo Parametric software and drawing documentation of the designed machine.

KLÍČOVÁ SLOVA

jednoúčelový stroj, montážní stroj, poloautomatický stroj, světlomet osobního automobilu

KEYWORDS

single-purpose machine, assembly machine, semi-automatic machine, headlight of a passenger car

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DENK, M. *Konstrukce jednoúčelového montážního zařízení pro automobilní průmysl*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2020, 119 s., Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Tůma, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Tůmovi Ph.D. za cenné rady, připomínky a odborné vedení při psaní této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat Dušanu Fendrichovi a kolegům ze společnosti ProCad Technik s.r.o. za znalosti a zkušenosti získané během naší spolupráce a za ochotný přístup a užitečné rady při tvorbě návrhu.

V neposlední řadě bych také rád poděkoval své rodině za podporu během celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jiřího Tůmy Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26.6.2020

.....

Denk Marek

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	ROZBOR PROBLEMATIKY DLE ZADANÝCH PARAMETRŮ	17
2.1	Specifikace zadání	17
2.1.1	Popis zařízení.....	17
2.1.2	Seznam montovaných dílů a variant.....	17
2.1.3	Montážní proces	19
2.1.4	Jednotlivé technologické celky.....	20
2.1.5	Rozpis montážních a kontrolních úkonů	24
2.1.6	Ostatní zadané parametry a požadavky	25
2.2	Pracovní postup.....	27
2.2.1	Automatický montážní cyklus	30
2.3	Návrh variant konstrukčního řešení montážního stroje	32
3	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	35
3.1	Paletka.....	35
3.1.1	Popis konstrukčního řešení	35
3.1.2	Seznam použitých komponent.....	40
3.2	Otočný stůl.....	40
3.2.1	Popis konstrukčního řešení	40
3.2.2	Stanovení pracovního času	44
3.2.3	Seznam použitých komponent.....	44
3.3	Načítání DMC kódu.....	45
3.3.1	Popis konstrukčního řešení	45
3.3.2	Stanovení pracovního času	46
3.3.3	Seznam použitých komponent.....	46
3.4	Nanášení tmelu	47
3.4.1	Popis konstrukčního řešení	47
3.4.2	Stanovení pracovního času	51
3.4.3	Seznam použitých komponent.....	52
3.5	Zásobníky tmelu	53
3.5.1	Popis konstrukčního řešení	53
3.5.2	Seznam použitých komponent.....	55
3.6	Čištění, kontrola trysky	55
3.6.1	Popis konstrukčního řešení	55
3.6.2	Stanovení pracovního času	57
3.6.3	Seznam použitých komponent.....	57
3.7	Manipulátor DPS	57
3.7.1	Popis konstrukčního řešení	57
3.7.2	Stanovení pracovního času	59
3.7.3	Seznam použitých komponent.....	60
3.8	Jednotka automatického šroubování	61
3.8.1	Popis konstrukčního řešení	61
3.8.2	Stanovení pracovního času	65
3.8.3	Seznam použitých komponent.....	65
3.9	Šroubovací šablona	66
3.9.1	Popis konstrukčního řešení	66
3.9.2	Stanovení pracovního času	67

3.9.3	Seznam použitých komponent	68
3.10	Blokování NOK dílů.....	68
3.10.1	Popis konstrukčního řešení.....	68
3.10.2	Stanovení pracovního času.....	71
3.10.3	Seznam použitých komponent	73
3.11	Rám stroje.....	74
3.11.1	Popis konstrukčního řešení.....	74
3.11.2	Seznam použitých komponent	78
4	CELKOVÉ USPOŘÁDÁNÍ STROJE	81
5	VIZUALIZACE PRACOVNÍHO CYKLU	89
6	ČASOVÝ HARMONOGRAM PRACOVNÍHO CYKLU	99
7	VÝROBA, MONTÁŽ A OŽIVENÍ STROJE.....	103
8	ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	105
9	ZÁVĚR.....	107
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	109
11	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	113
11.1	Seznam zkratek.....	113
11.2	Seznam symbolů.....	113
11.3	Seznam obrázků.....	113
11.4	Seznam tabulek.....	116
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	119

1 ÚVOD

Osobní automobily jsou nedílnou součástí běžného života většiny lidí. Avšak nebylo tomu tak vždy. Automobil býval výsadou omezené skupiny obyvatel, a to až do příchodu Fordových závodů, které zavedly trend masové výroby a tím i potřebu automatizace, která trvá dodnes. Výrobní závod se skládá z řady jednotlivých montážních stanic, které jsou skládány do výrobních buněk. Každý z těchto strojů musí být přesně navržen pro daný úkol včetně všech potřebných kontrol a musí být schopný pracovat v daném cyklovém čase s co nejmenším počtem zmetkových kusů. Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi rozsáhlý a náročný proces, jsou montážní stroje většinou konstruovány a vyráběny subdodavatelem. Jedním z těchto strojů se zabývá i tato diplomová práce.

Při návrhu jednoúčelového stroje hraje velkou roli fakt, že se často vyrábí pouze jeden kus, který je zároveň i prototypem. Zkušenosti, ze kterých konstruktér při návrhu vychází, jsou oproti velkosériově vyráběným strojům poněkud omezené, neboť u strojů neprobíhá dlouholetý vývoj a optimalizace výrobních procesů. Přesto musí stroj pracovat spolehlivě, bezpečně a musí splňovat veškeré požadavky stanovené zákazníkem při dané životnosti. Zároveň musí brát konstruktér ohled na časový fond, neboť každé zdržení vede k opoždění výroby, montáže, elektrické instalace, oživení a testování a tím i ke zvýšení celkových nákladů. V horším případě může dojít k penalizaci zákazníkem pro opožděné dodání a způsobené ztráty. S tím také souvisí množství dodatečných konstrukčních úprav, které by bylo mělo být co nejnižší a stroj by měl být funkčně navržen na první pokus. Konstruktér zodpovídá za technologii výroby součástí tak, aby byla snadná, rychlá a levná při zachování veškeré funkčnosti. Odlévané součásti nebo součásti, pro jejichž výrobu je třeba specializovaného nářadí nebo forem se v této oblasti strojírenství prakticky nevyskytují a nejzastoupenějším výrobním procesem je třískové obrábění, které může doplněno například elektroerozivním obráběním. Vhodné je využití možností ohýbání plechu, kdy je součást nejprve vypálena a poté tvářena na ohraňovacím lisu. Také výpočty a pevnostní analýzy jsou při návrhu používány pouze v nezbytných případech, neboť je často ekonomičtější zvolit mírně naddimenzovanou součást nežli se několik hodin zabývat optimalizací dílu. Zisku u jednoúčelových strojů tedy není dosaženo velkosériovou výrobou, nýbrž kvalitní a ekonomickou konstrukcí.

2 ROZBOR PROBLEMATIKY DLE ZADANÝCH PARAMETRŮ

2.1 Specifikace zadání

2.1.1 Popis zařízení

Zadáním diplomové práce je konstrukce poloautomatického jednoúčelového montážního zařízení určeného k montáži dílů světlometu osobního automobilu, které jsou zobrazeny na Obr. 1). Jedná se o samostatně stojící stanici, která bude začleněna do výrobní linky kompletních světlometů. Výrobní linka bude v práci zmíněna pouze okrajově, neboť kromě zástavbových omezení nemá na konstrukci stroje žádný vliv. Účelem stroje je montáž chladiče, desky plošných spojů a reflektoru, jejichž výsledná sestava v následném procesu slouží jako základ pro montáž dalších komponent.

2.1.2 Seznam montovaných dílů a variant

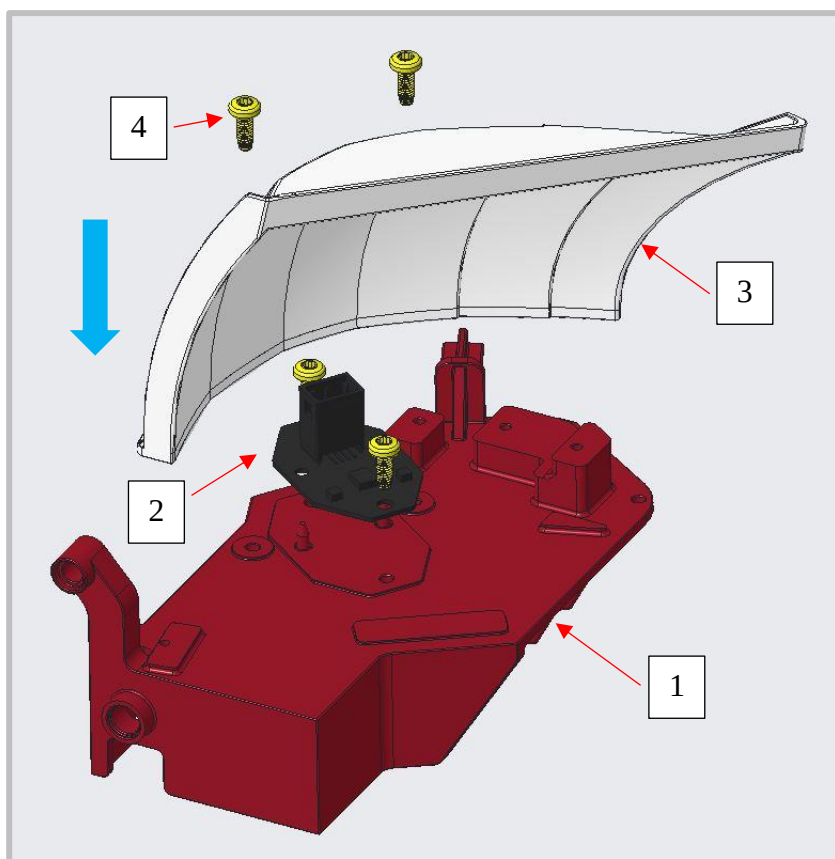
Výsledným výrobkem je pravá nebo část světlometu osobního automobilu sestávající celkem ze sedmi dílů. Rozpis dílů jednotlivých sestav se nachází v tabulce Tab. 1) a rozložený stav pravé varianty je zobrazen na Obr. 1). Rozdíl mezi pravou a levou variantou je tom, že jsou ozrcadlením jedna druhé skrz rovinu procházející středem os šroubů určených k přišroubování desky plošných spojů (dále jen DPS) k chladiči. DPS je osazena LED modulem, který emituje světelné záření a je tedy zcela nezbytná pro správnou funkci světlometu. Pravou a levou variantu montovaných komponent zobrazuje Obr. 2). Z tabulky Tab. 1) je patrné, že DPS a šrouby M3x10 jsou společné pro obě varianty.

Tab 1) Rozpis dílů jednotlivých sestav

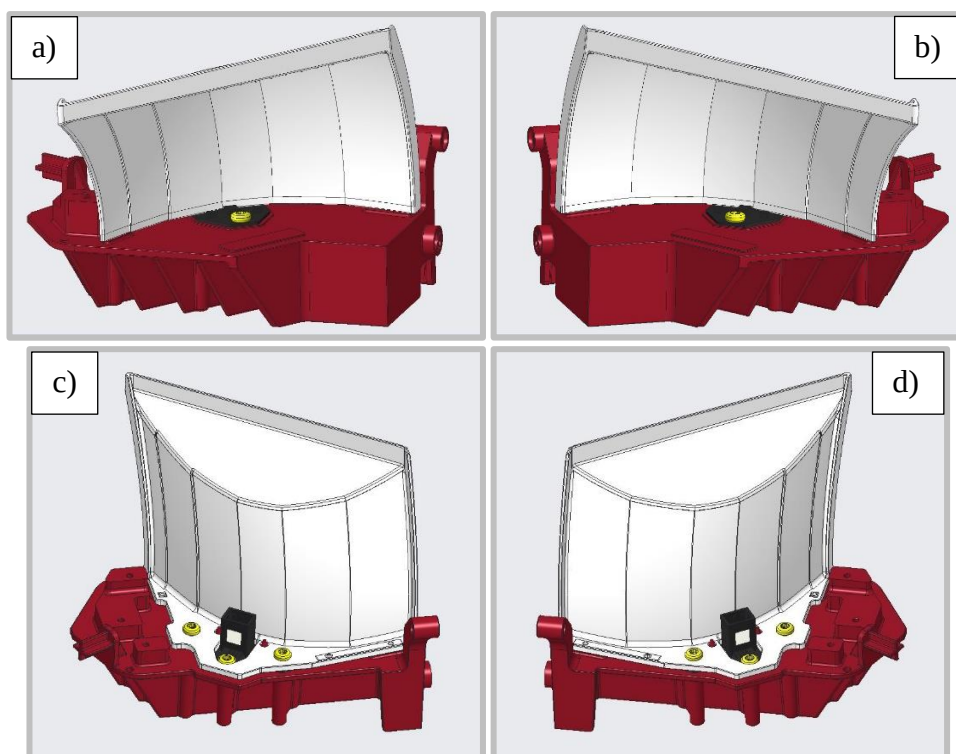
Pravá varianta	Chladič pravý (1x)	DPS (1x)	Reflektor pravý (1x)	Šroub M3x10 (4x)
Levá varianta	Chladič levý (1x)	DPS (1x)	Reflektor levý (1x)	Šroub M3x10 (4x)

Seznam montovaných dílů:

1. Chladič
2. DPS
3. Reflektor
4. Šroub M3x10



Obr. 1) Montovaný výrobek (levá varianta) v rozloženém stavu



Obr. 2) Varianty výrobku: a), c) pravá, b), d) levá

Materiálem chladiče je slitina hliníku, DPS je tvořena izolační sklolaminátovou deskou s plastovým konektorem, reflektor je plastový a šrouby ocelové, ale nikoliv korozivzdorné. Tyto vlastnosti jsou důležité hlavně během manipulačních úkonů, neboť na nich závisí hmotnost komponent, otěruvzdornost a možnost jejich uchopení a přidržení pomocí magnetických nástrojů.

2.1.3 Montážní proces

Směr montáže jednotlivých komponent v sestavě je znázorněn modrou šipkou na Obr. 1). Proces jejich montáže je podrobněji popsán níže.

Načtení datamatrix kódu DPS

Před započítím montážního procesu je nutné načíst datamatrix kód (DMC) umístěný na konektoru DPS. Tímto kódem je montovaný celek jednoznačně identifikován v systému a jsou k němu přiřazeny informace týkající se celého procesu výroby, a to nejen v této stanici. Pomocí tohoto kódu je možné dohledat historii kontrol ve výrobě, případně zamezit vzniku zmetku, například v případě, že by operátor odložil NOK kus do bedny s OK kusy a tím se součást opět dostala do montážního procesu na jiné pracovní stanici.

Nanesení teplovodného tmelu na chladič

První montážní operací je založení DPS na chladič, ale ještě před tímto úkonem je nutné na styčnou plochu nanést dvousložkový teplovodný tmel, který slouží k lepšímu odvodu tepla z DPS. Také poskytuje tenkou dilatační vrstvu zamezující případnému poškození DPS vlivem tepelné roztažnosti, protože po dotažení šroubů bude vůle nulová. Tmel je nanášený bodově na konkrétní místa popsaná detailněji v následující části.

Založení DPS na chladič

DPS je založena na plošku s teplovodným tmelem. Polohování zajišťují dva přesné otvory DPS a dva kolíky chladiče.

Přišroubování DPS

V tomto kroku dojde k připevnění DPS k chladiči pomocí dvou šroubů M3x10 daným utahovacím momentem, který zajistí optimální rozptýlení teplovodného tmelu.

Založení reflektoru na chladič

Reflektor je založen na chladič a polohován stejným způsobem jako DPS, tj. dvěma otvory na dva kolíky chladiče.

Přišroubování reflektoru

Závěrečnou fází je přišroubování reflektoru k sestavě dvěma šrouby M3x10 na daný utahovací moment. DPS nesmí být při procesu poškozena šroubem, bitem či jinými částmi šroubováku.

2.1.4 Jednotlivé technologické celky

Montážní stroj může být rozdělen do několika jednotlivých technologických celků, které jsou na sobě vzájemně nezávislé, ale dohromady tvoří výrobní technologii. V následujících řádcích budou požadavky zákazníka na tyto dílčí části popsány a vysvětleny podrobněji. Některé drobné a detailní požadavky, které přímo souvisí s použitím konkrétních součástí, budou zmíněny v kapitole Konstrukční řešení.

Důležitým faktorem při návrhu zařízení je fakt, že se v budoucnu počítá s jeho přestavbou na novější typ světlometu. Ten bude sdílet mnoho společných prvků se současným typem, tudíž se technologie použité při jeho montáži příliš nezmění. Co se však změnit může jsou jeho rozměry, tvar a umístění jednotlivých komponent. Tento požadavek tedy výrazně ovlivňuje některé použité komponenty a výsledná řešení.

Rám

Základem stroje bude rám z hliníkových profilů společnosti Bosch Rexroth osazený dílčími technologiemi. Maximální rozměry stroje mohou být 2500 x 1800 x 1400 mm (výška x šířka x hloubka). Rám bude stát na patkách Bosch Rexroth o průměrech 44, 58 nebo 90 mm. Součástí rámu bude veškeré krytování a potřebné bezpečnostní, signalizační, zobrazovací a ovládací prvky.

Otočný stůl

Přesun součástí mezi jednotlivými technologiemi bude zajišťovat automaticky řízený čtyřpolohový otočný stůl osazený základními přípravky. První poloha bude sloužit k zakládání chladiče a DPS před začátkem automatického cyklu a po jeho skončení k založení a ručnímu přišroubování reflektoru, následně bude smontovaný celek odebrán. Ve druhé poloze dojde k načtení datamatrix kódu a nanesení tmelu. Třetí pozice bude určena k manipulaci DPS na chladiči a čtvrtá k jejímu přišroubování.

Zakládací přípravky

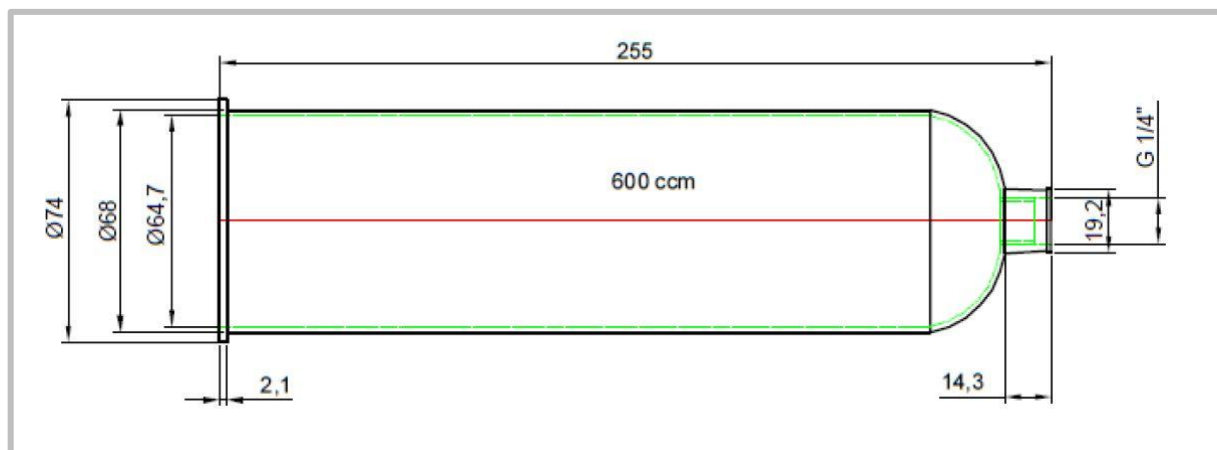
Jedná se o výměnné paletky umístěné ve všech polohách otočného stolu. Vzhledem k tomu, že se jedná o typizovaný prvek v celém výrobním závodu, musí být základní deska paletky o rozměrech 200 x 140 mm (š x v), 300 x 200 mm nebo 400 x 300 mm a tloušťce 12 mm. Paletka musí být snadno, rychle a beznástrojově vyměnitelná za jinou pomocí jednoho pracovníka obsluhy. Důvodem je, že se na mnohých stanicích montuje více variant zařízení, a proto jsou často přestavovány. Paletky musí být vybaveny identifikací, která zamezí uvolnění nesprávného typu paletky do montážního procesu. Každé paletce bude přidělen vlastní kód, který musí být společně se jménem dodavatele, typem světlometu a pořadovým číslem paletky viditelně vygravírovaný na povrchu základové desky. Stejně tak musí být viditelně vygravírováno písmeno P nebo L podle toho, zda jsou lůžka určena pro pravý nebo levý typ světlometu. Též je nutno zajistit, aby stroj rozpoznal, zda je založená paletka správná. Na paletkách budou umístěny RFID čipy k zápisu dat a zakládací lůžka vyrobené z korozi-vzdorné ocele. Hmotnost zakládacích přípravků nesmí přesáhnout 10 kg.

Načítání datamatrix kódu

Konektor DPS obsahuje DMC kód o velikosti 7 x 7 mm, který bude načten čtečkou ze seznamu preferovaných dodavatelů a veškerá data týkající se konkrétní montované sestavy budou uchovávána v systému.

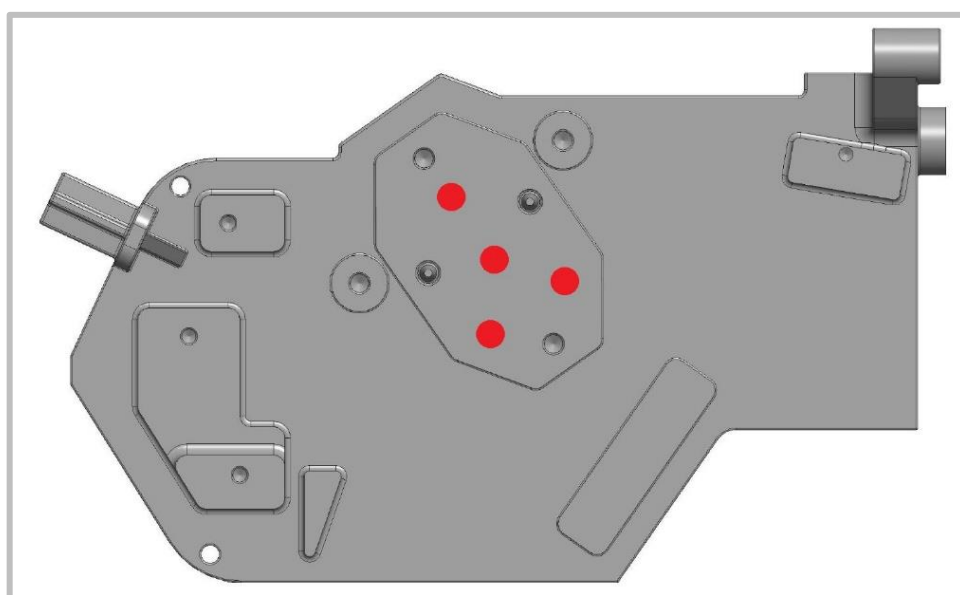
Nanášení teplovodného tmelu

Používaný tmel je na dvousložkové bázi, kdy jsou jednotlivé složky dodávány ve dvou oddělených kartuších a v trysce dávkovače smíšený a následně aplikovány. Systém aplikace tmelu může být dodán společností ViscoTec nebo PreeFlow, neboť jejich systémy jsou použity na již realizovaných projektech a je ověřena bezproblémová funkčnost pro daný typ tmelu, který je používán i zde. Dodavatelské řešení se skládá ze samotného dávkovače tmelu, zásobníků tmelu pro patřičný rozměr kartuší a řídicího systému. Kartuše, na kterou bude systém navržen je zobrazena na Obr. 3).



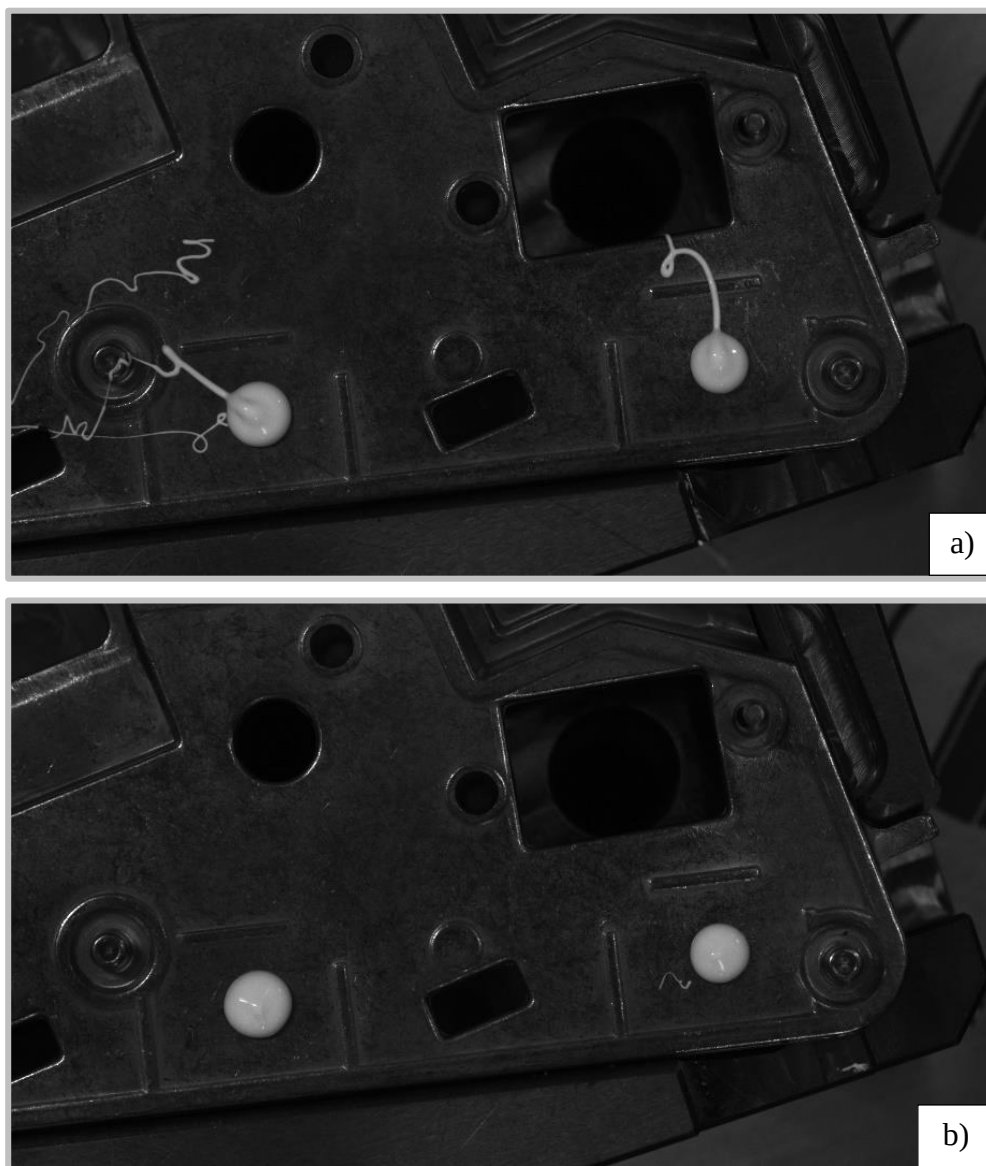
Obr. 3) Rozměry kartuše

Samotné nanášení tmelu na chladič bude realizováno tříosým manipulátorem nebo robotem. Tmel bude nanášen v jednotlivých kapkách na místa zobrazené na Obr. 4). Osy manipulátoru budou elektricky řízené, jednak z důvodu technologie, kdy je nutné trysku od kapky odtrhnout tak, aby nedošlo k „tažení“ tmelu, jednak z důvodu přestavby. Pohybu odtržení se věnuje samostatná část technického zadání, která zde nebude dále zmíněna, neboť se jedná o záležitost programování elektrických os.



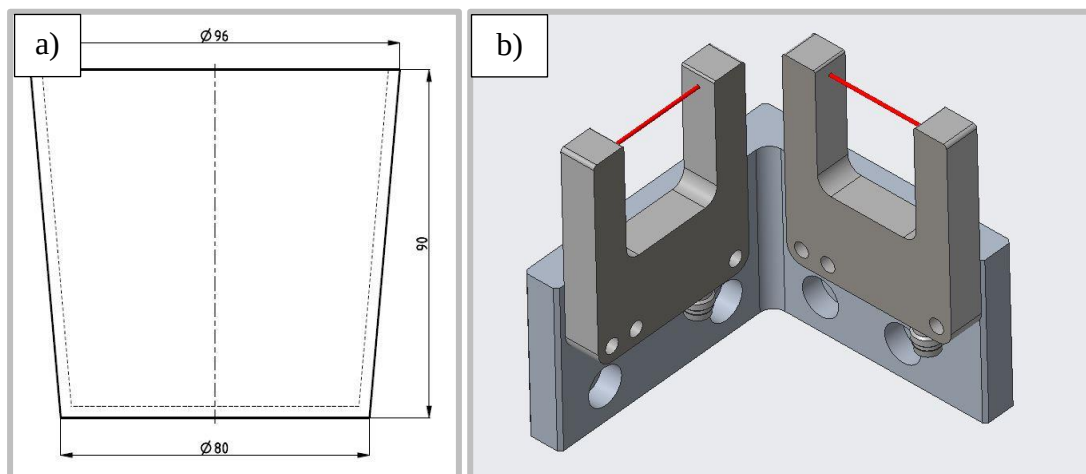
Obr. 4) Místa nanášení tmelu

Tvar a poloha nanesených kapek bude kontrolována kamerovým systémem od preferovaných dodavatelů. Fotky OK a NOK kapek budou dodány zákazníkem pro účely testování a naprogramování kamerového systému. Ilustrační fotky z kamerové kontroly jsou zobrazeny na Obr. 5).



Obr. 5) Kontrola nanesení tmelu a) NOK, b) OK

Vzhledem k tomu, že po několika cyklech dojde k zanesení vnějších ploch hrotu trysky tmelem, je nutné trysku očistit. K tomu bude sloužit zařízení odstraňující tmel z trysky pomocí stlačeného vzduchu do kelímku dle Obr. 6) a). Trysku je po očištění nutno zkontrolovat, neboť se může stát, že dojde k poškození hrotu trysky nebo již nebylo možné zaschlý tmel odstranit. K tomu budou sloužit dvě na sebe kolmé optické závory, které hrot trysky danou rychlostí protne. Senzory změří čas přerušení paprsku a tím se odhalí případný větší rozměr hrotu. Schéma kontrolního zařízení je znázorněno na Obr. 6) b). Čas potřebný k čištění a kontrole trysky není započítáván do cyklového času, neboť k této operaci dochází jednou za několik cyklů nebo při negativní kontrole nanesení tmelu.

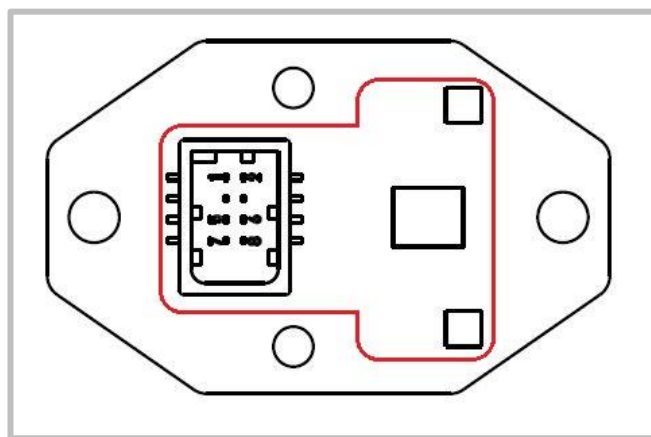


Obr. 6) a) rozměry kelímku, b) zařízení pro kontrolu trysky

Také množství nanášeného tmelu bude v daných intervalech kontrolováno a kalibrováno. Kalibrace je možná měřením objemu nebo hmotnosti nanášené kapky. Nicméně hmotnostní kalibrace je snazší a probíhá nanášením určitého množství kapek tmelu na podložku umístěné na kalibrované váze. Tato váha pak bude součástí stroje a musí se nacházet jak v dosahu obsluhy, tak v dosahu manipulátoru či robota, neboť kontrola neprobíhá zcela automaticky z důvodu výměny podložky, kterou zajišťuje servisní technik. Z tohoto důvodu není čas kalibrace započítáván do cyklového času stroje.

Manipulace DPS

Na Obr. 7) jsou zobrazena místa, na kterých se nachází prvky elektrického obvodu a není možné jejich využití pro uchopení DPS. Osy manipulátoru budou pneumatické a musí být detekováno založení DPS na chladič.



Obr. 7) Prvky elektrického obvodu

Šroubování DPS

Automatické šroubování DPS na chladič bude realizováno automatickým šroubovákem od společnosti Stöger s automatickým zásobníkem šroubů. Šroubovák bude umístěn na manipulátoru z elektrických os a jeho rozsah pokryje prostor paletky z důvodu budoucí přestavby. Kontrola přišroubování proběhne tím, že šroub bude utažen na daný moment (1 Nm) nastavený řídicím systémem a také kontrolou hloubky zašroubování.

Šroubování reflektoru

Založení a přišroubování reflektoru bude probíhat manuálně. Před samotným přišroubováním bude k reflektoru přisunuta šroubovací šablona, jejímž úkolem je zabránit poškození DPS šroubem nebo bitem a navést šrouby na správné místo tak, aby se minimalizovala chyba operátora.

Použitý ruční elektrický šroubovák bude od společnosti Atlas Copco nesoucí označení ETD M250 ABL, který bude připevněn k vyvažovači. Kontrola přišroubování proběhne tím, že šroub bude utažen na daný moment (0,7 Nm) nastavený řídicím systémem.

Blokování NOK dílů

V případě NOK vyhodnocení cyklu budou součásti mechanicky zablokovány proti vyjmutí z lůžek. Vyjmutí bude možné až pod manuálním odblokováním operátorem na řídicím panelu a potvrzení NOK kusu.

2.1.5 Rozpis montážních a kontrolních úkonů

Navrhované montážní zařízení bude pracovat v poloautomatickém režimu. Úkony, které budou probíhat plně automaticky a úkony prováděné manuálně obsluhou byly stanoveny zákazníkem a jsou rozepsány níže. Veškeré potřebné kontroly nutné ke smontování funkčních dílů musí být provedeny za pomoci senzorů či kamer, aby se eliminovala chyba lidského faktoru. Všechny požadované kontroly jsou taktéž rozepsány níže.

Úkony prováděné manuálně obsluhou stroje před začátkem automatického cyklu

- Založení správného typu chladiče a DPS do lůžka

Úkony prováděné manuálně obsluhou stroje po skončení automatického cyklu (OK díl)

- Založení správného typu reflektoru na smontovanou sestavu
- Stisknutí příslušného tlačítka pro přisunutí šroubovací šablony (pohyb automatický)
- Přišroubování reflektoru
- Stisknutí příslušného tlačítka pro oddálení šroubovací šablony (pohyb automatický)
- Odebrání hotového dílu a založení do bedny na OK kusy

Úkony prováděné manuálně obsluhou stroje po skončení automatického cyklu (NOK díl)

- Odebrání NOK dílu po odblokování na ovládacím panelu a založení do bedny s NOK kusy

Úkony prováděné v automatickém režimu

- Načtení DMC
- Nanesení teplovodného tmelu
- Čistění a kontrola trysky dávkovače tmelu (pouze v případě nutnosti)
- Založení DPS na chladič
- Přišroubování DPS
- Automatické přisunutí šroubovací šablony po stisknutí příslušného tlačítka obsluhou (pouze v případě OK dílu)
- Automatické oddálení šroubovací šablony po stisknutí příslušného tlačítka obsluhou (pouze v případě OK dílu)

- Zablokování NOK dílu tak, aby nebylo možné jeho vyjmutí z lůžka (pouze v případě NOK dílu)

Kontroly

- Kontrola správného typu všech výměnných přípravků
- Kontrola přítomnosti a založení správného typu součástí
- Načtení a kontrola datamatrix kódu na DPS
- Kontrola nanesení teplovodného tmelu
- Kontrola množství tmelu v zásobnících
- Kontrola trysky dávkovače tmelu
- Kalibrace dávký tmelu
- Kontrola založení DPS na chladič
- Kontrola přišroubování DPS
- Kontrola množství šroubů v zásobníku automatického šroubováku
- Kontrola založení správného typu reflektoru
- Kontrola přišroubování reflektoru

Nutno podotknout, že některé z těchto kontrol zahrnuje dodavatelské řešení nakupovaných celků, proto budou dále zmíněny pouze okrajově.

2.1.6 Ostatní zadané parametry a požadavky

Montážní stroj bude navržen pro roční časový fond 50 týdnů, 5 dní v týdnu, 2 směny za den a 7,5 hodiny za směnu (tj. 450 minut). Výrobní produkce za jednu směnu čítá 1012 kusů při 90% využití stroje (10% pracovní doby je vymezeno na prostoje způsobené strojem) bez přeseřizování na jiný typ. Zařízení bude za provozu obsluhováno jedním operátorem a čas cyklu nesmí přesáhnout 24 vteřin. Shrnutí základních parametrů ukazuje tabulka Tab 2).

Zákazník také stanovuje požadavky na flexibilitu zařízení. Ta je důležitá pro využití stroje při montáži jiných variant dílů. Přeseřizování musí být možné bez použití speciálního nářadí, pokud možno za použití rychloupínacích prvků. Čas přeseřizování montážní stanice musí být nižší než 20 minut jedním servisním technikem. Řídicí systém stroje musí po změně programu montáže automaticky zkontrolovat, zda byly vyměněny všechny potřebné součásti, aby nedošlo k případné kolizi technologických celků při případném opomenutí jejich výměny. Vyměnitelné nářadí a přípravky budou značeny štítky či popisem pro jednoduchou vizuální identifikaci obsluhou stroje, stejně tak bude vyměnitelné nářadí kontrolováno automaticky, a to jedním z následujících způsobů: kódováním v konektorech, RFID, kombinací odbavení snímačů nebo kamerovou kontrolou barevného značení či tvaru.

Manipulační a pracovní prostor linky musí být řešen ergonomicky pro stojící obsluhu. Montážní stanice musí být vybavena dostatečným osvětlením pracovního a manipulačního prostoru. Veškeré popisy ovládacích prvků stroje (spínače, tlačítka, regulátory atd.) musí být permanentní a v českém jazyce. Navržené uživatelské rozhraní musí být před započátkem výroby odsouhlaseno zákazníkem a musí být v dosahu operátora.

Uživatelské prostředí bude obsahovat ovládací panel, průmyslový LCD monitor, průmyslovou klávesnici, čtečku karet a ovládací panely konkrétních technologií, bude-li to nutné. Stroj také musí být vybaven barevným majákem pro signalizaci stavu výroby okolním zaměstnancům. Ovládací panel musí být dobře přístupný obsluze a musí obsahovat všechny potřebné ovládací prvky. Na monitoru pak bude zobrazeno grafické znázornění stavu procesů,

zobrazení chybových hlášení, zobrazení počítadla OK, NOK kusů a času, zobrazení výrobního režimu linky, zobrazení kontrol, naměřených hodnot, zobrazení časů jednotlivých technologických celků a zobrazení nastavení jednotlivých stanic a procesů. Ovládací panely nesmí zasahovat do pracovního prostoru obsluhy.

Zařízení a části stroje, která vyžadují pravidelnou údržbu s intervalem kratším nežli jeden rok nebo údržbou vázanou na pracovní hodiny, budou nastavena tak, aby řídicí systém stroje automaticky hlídal servisní intervaly.

Požadavky na ochranu životního prostředí jsou dány příslušnými zákonnými požadavky a vnitřními směrnici zákazníka. Bezpečnost práce se pak řídí příslušnými zákony. Kompilované znění technických požadavků na výrobky lze nalézt na webových stránkách Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

Vhodné krytování stroje by mělo být z průhledného materiálu, aby bylo vidět do procesu montáže. Pokud to nebude možné, například z důvodu kamerových kontrol, je nutné navržené řešení konzultovat se zákazníkem. Krytování musí být navržené tak, aby umožňovalo snadný přístup k částem stroje z důvodu kontrol, čištění a údržby.

Barevné provedení stroje bude v barvě RAL 7035.

Stroj musí být koncipován tak, aby byla elektrická, pneumatická a další zařízení umístěna přímo na rámu stroje. Technologická řešení musí být navržena tak, aby byla dobře přístupná pro údržbu a opravy. Pokud to nebude možné a některé zařízení bude muset být umístěno mimo stroj, je nutné toto řešení konzultovat se zákazníkem.

Zástavbové rozměry stroje a příslušenství musí být co nejmenší, ale zároveň musí zajistit dobrý přístup k zařízení pro údržbu a nastavení procesu montáže.

Hlučnost zařízení nesmí přesáhnout 80 dB.

Tlak vzduchu v systému je 6 barů, elektrická síť disponuje napětím 400 V s frekvencí 50 Hz.

Stroj bude vybaven řídicím systémem Siemens a komunikační sběrnici ProfiNet.

Zákazník stanovuje seznam preferovaných dodavatelů různých typů zařízení. Pro pneumatické systémy jsou to společnosti Festo a SMC, senzoriku, bezpečnostní a signalizační prvky zajišťuje Balluff a Sick, kamerové systémy pak Keyence a Smartek Vision. Elektrické osy a manipulátory mohou být od firem Bosch Rexroth, Matis nebo Hiwin. Elektrické motory dodávají Bosch Rexroth, Siemens či Schneider. Robotická řešení připadají na společnosti Kuka nebo ABB. Výše bylo zmíněno, že dodavatelem systému aplikace tmelu bude ViscoTec, resp. PreeFlow, automatický šroubovák zajistí společnost Stöger a ruční elektrický šroubovák AtlasCopco.

Periferní zařízení jako zásobníky montovaných dílů nebo bedny OK a NOK kusů nejsou předmětem dodávky a řeší je zákazník po dodání stroje.

Tab 2) Základní parametry jednoúčelového stroje

Základní rozměry:	2500 x 1800 x 1400 mm (v x š x h)
Obsluha za provozu:	1 operátor
Obsluha pro přestavení:	1 servisní technik
Čas výrobního cyklu:	24 s/ks (1012 ks/směna)
Čas přestavení:	20 minut
Počet montovaných variant výrobku:	2 (viz kapitola 2.1.2)
Řídicí systém a komunikace:	Siemens, ProfiNet

V parametrech nejsou zmíněny požadavky na rozsah dodávky, elektrickou a softwarovou instalaci stroje, revizní požadavky, analýzu rizik, prohlášení o shodě, manuály pro obsluhu, instrukce pro údržbu, návody na přeseřizování, certifikáty o kalibraci, rozměrové protokoly o měření měřidel a vzorových kusů, seznam kritických dílů, seznam spotřebního materiálu, elektrická, pneumatická a hydraulická schémata apod., neboť nejsou předmětem závěrečné práce.

2.2 Pracovní postup

Vzhledem k tomu, že stroj může být osazen různými typy paletek pro různé varianty montovaných součástí, je nutné použít správný typ paletky. To samé platí i ostatní výměnné přípravy na různých technologických celcích. Před započítáním vlastního montážního cyklu je tedy nutná přítomnost servisního technika, který se postará o výměnu přípravků a zvolení příslušného výrobního programu na ovládacím panelu. Na základě senzorů systém pozná, zda přípravy odpovídají danému programu a vše je připraveno pro vlastní výrobní cyklus.

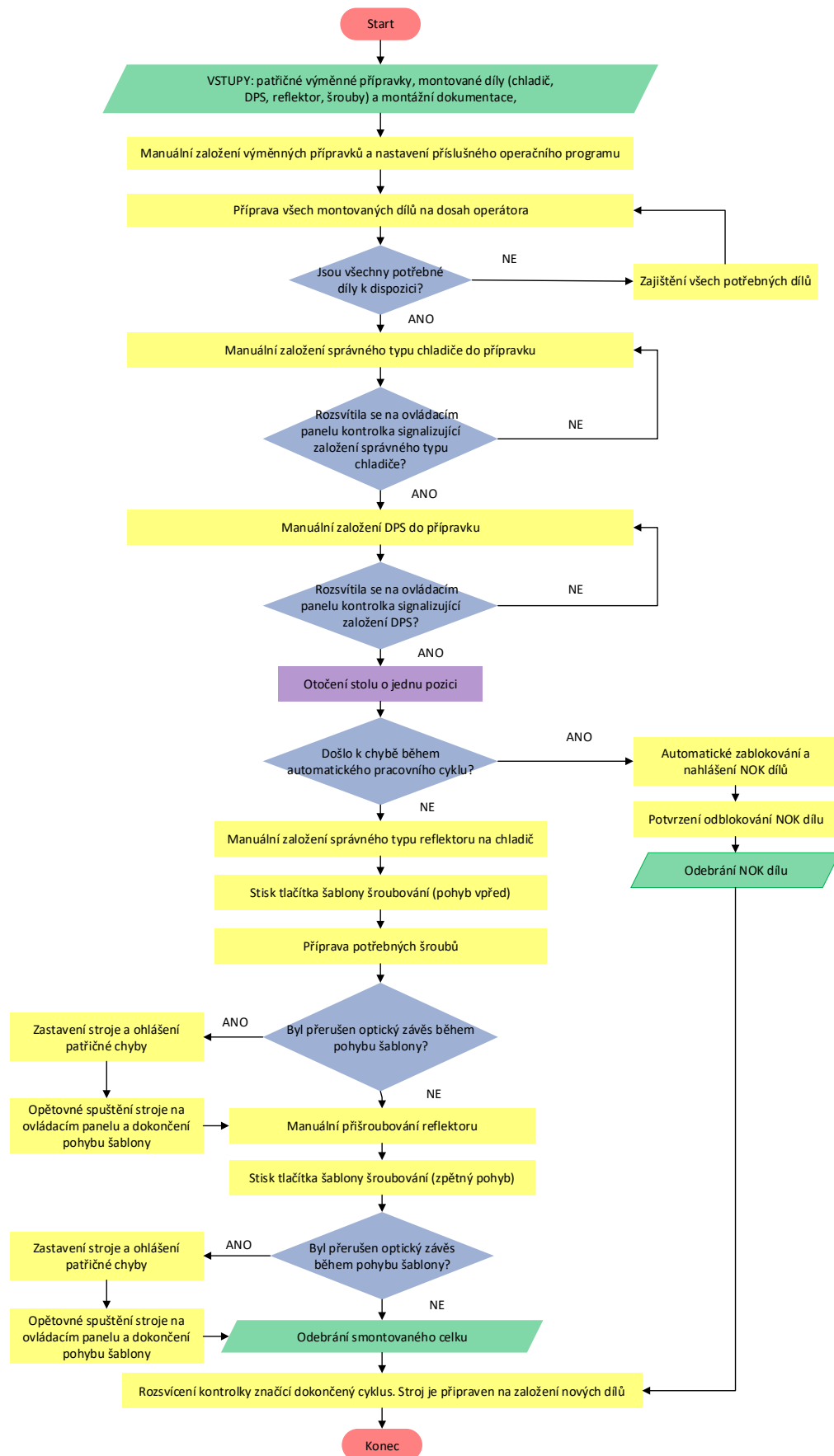
Mezitím si obsluha stroje přichystá veškeré potřebné díly pro montáž. Když je stroj připravený, rozsvítí se na ovládacím panelu příslušná kontrolka. Operátor následně založí správný typ chladiče a DPS, což vede k následnému rozsvícení příslušných zelených kontrolky. Pokud by byl založen nesprávný typ součástí nebo by došlo k založení již smontované sestavy, rozsvítí se příslušná červená kontrolka a ani po stisknutí tlačítka pro započítání cyklu nebude možné stroj spustit. V případě, že je vše v pořádku, je stroj spuštěn a dojde k otočení stolu o 90° ve směru hodinových ručiček. Během pohybu strojních částí v prostoru operátora nesmí být přerušen optický závěs, jinak dojde k zastavení stroje. To platí během všech fází cyklu.

V případě, že automatický proces proběhl bez chyby a součást je vyhodnocena a signalizována jako OK, operátor manuálně založí příslušný typ reflektoru na smontovaný díl. Po založení se rozsvítí příslušná kontrolka a je možné spustit pohyb šroubovací šablony příslušným tlačítkem. V mezidobě si operátor připraví dva šrouby M3x10. Po signalizaci ukončení pohybu šroubovací šablony se deaktivuje optický závěs a aktivuje ruční elektrický šroubovák. Nyní obsluha přišroubovuje reflektor k chladiči. Pokud proběhl proces úspěšně, rozsvítí se příslušná kontrolka a operátor stiskne tlačítko aktivující zpětný pohyb šablony. Opět nesmí být přerušen optický závěs. Následně dojde k odebrání hotového dílu obsluhou a jejímu založení do bedny s OK kusy. Pokud bylo šroubování vyhodnoceno jako NOK, deaktivuje se ruční šroubovák, na ovládacím panelu se zobrazí příslušná chyba a ani po stisknutí tlačítka pro

zpětný pohyb šablony její pohyb nezapočne. Následně musí obsluha potvrdit NOK kus na ovládacím panelu, odebrat díl a založit jej do bedny s NOK kusy.

Pokud byl automatický cyklus vyhodnocen jako NOK, dojde k zablokování smontovaných dílů v lůžku a stroj nahlásí patřičnou chybu. Obsluha poté musí chybu potvrdit na ovládacím panelu, čímž dojde u uvolnění NOK kusu v lůžku. Ten je následně odebrán a založen do bedny s NOK kusy.

Pracovní postup popsany výše je znázorněn vývojovým diagramem na Obr. 8).



Obr. 8) Vývojový diagram pracovního postupu

2.2.1 Automatický montážní cyklus

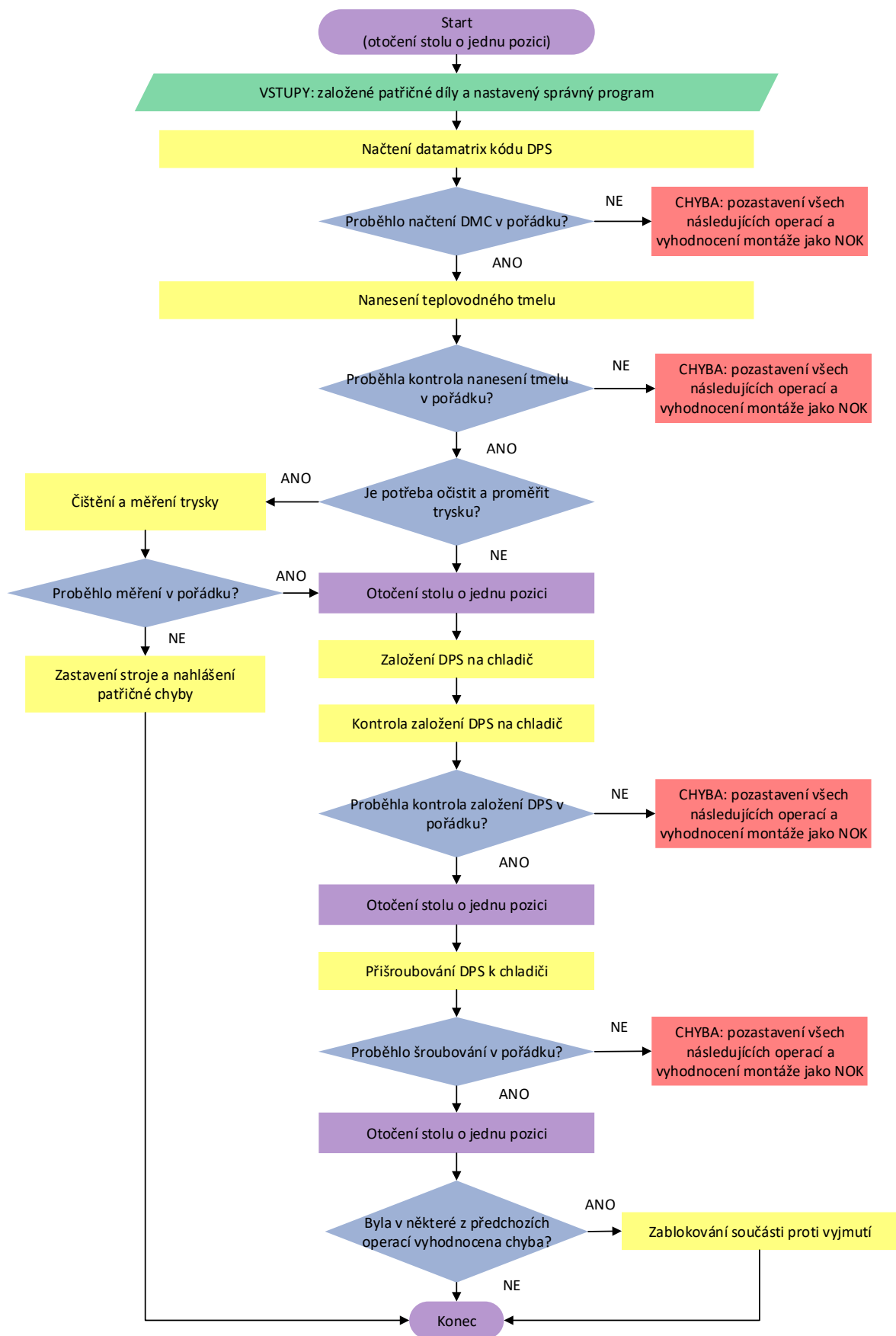
Po spuštění automatického cyklu dojde k otočení stolu o 90°. Tím se založené díly dostanou do druhé pozice. První operací je načtení DMC na DPS. V případě chyby dojde k signalizaci a veškeré následující operace jsou pro tento díl pozastaveny. Pokud je kód v pořádku, je možné přistoupit k nanesení tmelu. Tomu předchází kontrola množství tmelu v zásobnících. V případě, že množství tmelu kleslo pod určité množství, dojde k rozsvícení oranžové kontrolky na ovládacím panelu. Pokud již došel, stroj se zastaví a nahlásí chybu. Při dostatečné zásobě dojde k nanesení několika kapek robotem. Ihned po nanesení každé kapky dojde k její kamerové kontrole. V případě, že by došlo k chybě, dojde k signalizaci a pozastavení následujících operací. Každých několik cyklů nebo po negativním výsledku kamerové kontroly je nutné očistit a zkontrolovat trysku dávkovače. První operací je vždy čištění, následuje kontrola. Pokud tryska kontrolou neprošla, dojde k zastavení stroje a ohlášení nutnosti výměny trysky za novou. V tomto případě je také nutná nová váhová kalibrace (popsána v kapitole 3.6). Při úspěšném vyhodnocení všech kontrol čeká stroj na spuštění automatického cyklu.

Otočením o dalších 90° se součásti dostávají do třetí pozice určené k založení DPS na chladič. Zde proběhne manipulace DPS a následná kontrola. V případě vyhodnocení kontroly založení jako NOK dojde k signalizaci chyby a pozastavení následujících operací. Pokud je kontrola v pořádku, stroj čeká na spuštění automatického cyklu.

Čtvrtá poloha je určena k automatickému přišroubování DPS. Před samotným šroubováním je nutné zkontrolovat přítomnost šroubů v automatickém zásobníku. Pokud dochází ke snížení množství šroubů, rozsvítí se oranžová kontrolka na ovládacím panelu. Když šrouby dojdou, je montážní proces zastaven a je nahlášena chyba. Samotná kontrola přišroubování DPS probíhá dotažením dvou šroubů na příslušný utahovací moment s kontrolou hloubky zašroubování. Pokud toho není dosaženo, je signalizována chyba a následně přišroubování reflektoru není umožněno.

Po otočení do výchozí polohy je součást v lůžku zablokována blokovacím zařízením, pokud neprošla alespoň jednou z předchozích kontrol. Systém ohlásí NOK díl a čeká na potvrzení. Po potvrzení na ovládacím panelu je součást odblokována a je ji možné vyjmout. V případě OK kusu systém vyčkává na založení reflektoru a spuštění pohybu šroubovací šablony.

Automatický montážní cyklus popsáný výše je znázorněn vývojovým diagramem na Obr. 9).



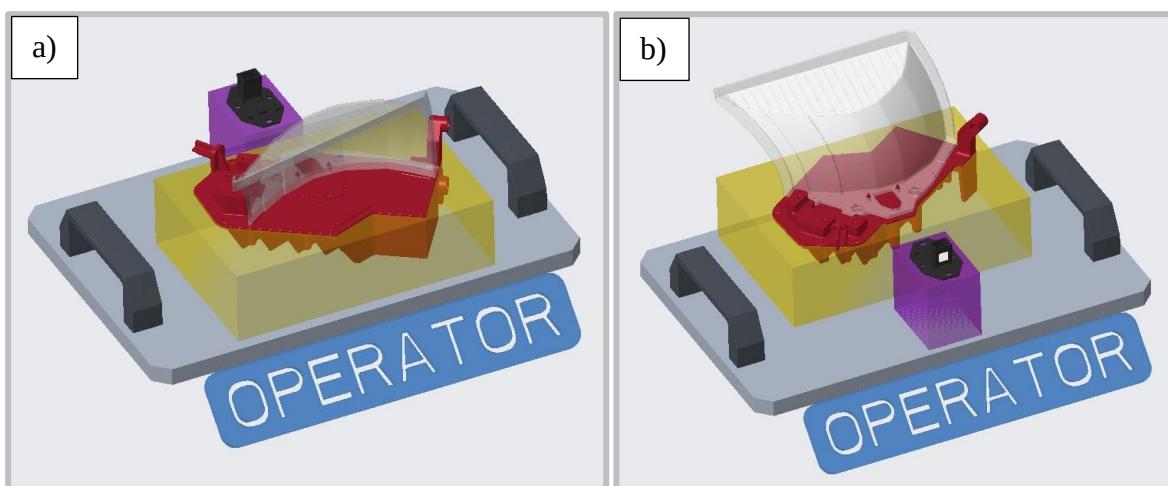
Obr. 9) Vývojový diagram automatického cyklu

2.3 Návrh variant konstrukčního řešení montážního stroje

V této podkapitole jsou popsány způsoby předběžného řešení a jsou analyzovány a rozebírány důsledky jednotlivých koncepcí tak, jak nad nimi bylo v první fázi návrhu uvažováno. Vzhledem k nepřehlednému množství různých variant řešení jsou vizualizovány pouze některé z nich. Nicméně tyto vizualizace plně zobrazují a vystihují nejdůležitější kritéria pro finální výběr nejvhodnější koncepce.

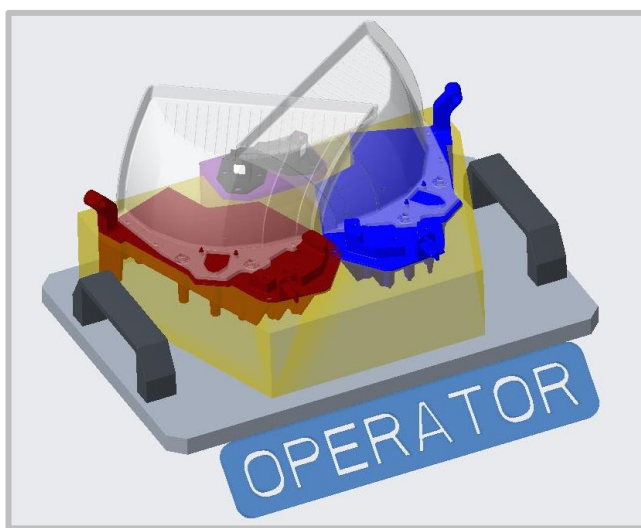
Nejvýraznějším prvkem, který ovlivní strukturu, počet i umístění veškerých technologií je poloha základacích přípravků (lůžek) na paletce. Jak již bylo zmíněno výše, do lůžek se bude zakládat pravý nebo levý typ chladiče spolu s DPS. Reflektor pro založení na chladič žádné lůžko nepotřebuje.

Datamatrix kód je ve druhé poloze stolu načítán čtečkou, což znamená, že je vhodné DPS orientovat kódem v radiální směru k ose stolu, a to buď do středu otáčení nebo směrem k obsluze. V prvním případě může být čtečka umístěna na neotočné části stolu, v případě druhém mezi otočnou deskou a manipulátorem či robotem. Orientace DPS přímo ovlivňuje orientaci chladiče, potažmo orientaci reflektoru, které mohou být založeny v obou směrech. Nanášení tmelu je na tomto faktoru nezávislé vzhledem k obrazci nanášených bodů (viz výše), stejně tak kamerová kontrola. Založení DPS na chladič spolu s jejím přišroubováním jsou taktéž nezávislé. Nicméně velice důležitá je orientace reflektoru, který bude přišroubován manuálně. Pokud by byla vnitřní plocha, která odráží světlo, orientována směrem k obsluze, tak by konstrukce šroubovací šablony byla podstatně snazší. Šablona by mohla být umístěna blíže rámu stroje a nebyla by tolik vynesena do prostoru. Na druhou stranu by se značně ztížilo založení reflektoru do správné pozice, protože by obsluha nemusela vidět na polohovací kolíky. Šroubování by také probíhalo přes reflektor, což je jednak složité a jednak se značně zvyšuje riziko zmetku. Tato varianta je tedy pro obsluhu značně nepohodlná. První pozice je z hlediska časové náročnosti zásadní pro dodržení stanoveného cyklu stroje, proto bude orientace dílů volena, pokud to bude proveditelné, tak, aby reflexní plocha směřovala do stroje. Na Obr. 10) jsou zobrazeny varianty různé orientace dílů v přípravcích. Obr. 10) a) zobrazuje pravou variantu světlometu s DPS a reflektorem orientovanou směrem do stroje, na Obr. 10) b) je pak vidět varianta levá, jenž je orientována směrem k obsluze.



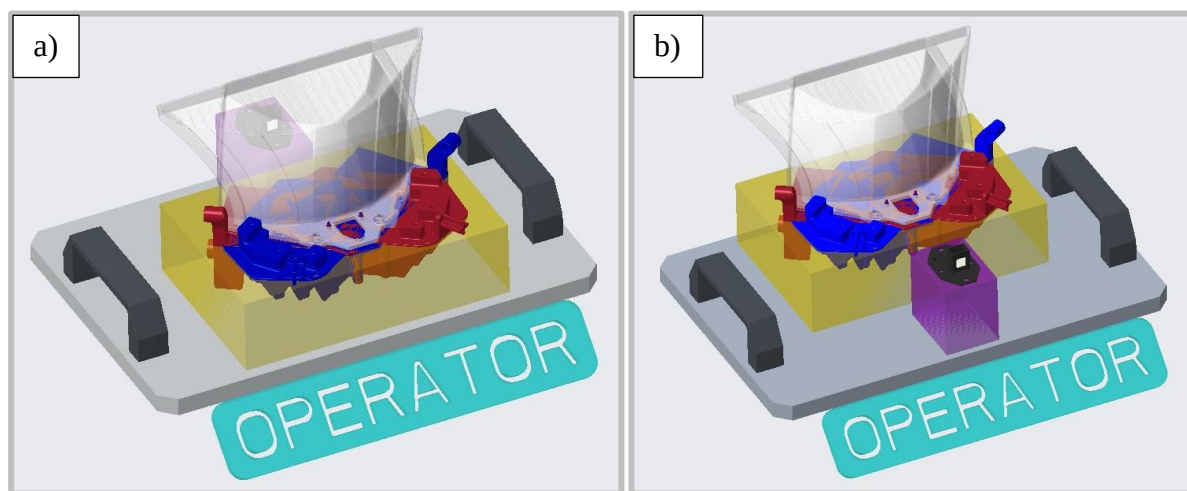
Obr. 10) a) pravá varianta s DPS orientovanou směrem do stroje, b) levá varianta s DPS orientovanou směrem k obsluze

Dále je nezbytné určit, zda je možné osadit paletku lůžky pouze pro pravý nebo levý typ, popřípadě pro obě varianty zároveň. Na první pohled je zjevné, že paletka s obsahující obě varianty je snazší jak z hlediska výroby (vyrobí se pouze čtyři paletky a ne osm), tak z hlediska času na přeseřizení, kdy by v tomto případě nebylo nutné paletky měnit vůbec. Další výhodou je úspora místa vyhrazeného pro skladování výměnných přípravků. Řešení s jednou paletkou je tedy vhodnější. Nicméně záleží, zda je možné umístit lůžka na jednu paletku tak, aby se oba typy chladičů do omezeného prostoru vměstnaly. Další otázkou jsou technologie spojené s DPS, neboť lůžka pro DPS budou potřeba dvě – pro pravý i levý typ zvlášť. Zde dochází k několika problémům. Prvním je načítání kódu. Zorné pole i hloubka ostrosti čtečky jsou značně omezené, proto by bylo nezbytné použití dvou čteček nebo jedné čtečky pneumaticky přesuvné (automatické zaostřování je nevhodné, neboť životnost mechanické části se pohybuje při daném vytížení v řádu týdnů). A to pouze v případě, že by nedošlo k mírnému úhlovému natočení obou DPS vůči sobě. Poté by bylo řešení ještě mnohem složitější. Druhou překážkou je manipulace DPS, protože manipulátor bude podstatně složitější, aby dokázal přesunout DPS ze dvou poloh. O natočení DPS nemluvě. To také může vést k nutnosti použití výměnných přípravků, což se negativně projeví na přeseřizovacím čase, množství senzorů potřebných k identifikaci výměnného nářadí a prostoru vyhrazenému výměnnému příslušenství. Z hlediska automatického šroubování k žádnému většímu problému nedochází, a to z důvodu usazení šroubováku na dvou lineárních osách, kdy je změna typu pouze otázkou příslušného programu. Větší překážku pak představuje blokování NOK dílů, které by bylo podstatně větší, aby pokrylo oba typy chladičů. Případně bude muset být dvakrát, pro každý typ chladiče zvlášť. Se stejným problémem se potýká i šablona šroubování, která bude buď výrazně masivnější a větší, nebo bude dvakrát. Poslední velkou překážkou je přehlednost pro operátora. Paletka i lůžka budou sice popsány, ale to nemusí nutně zabránit neúmyslnému nevhodnému založení součástí, zejména pak DPS. A zde vyvstává potřeba mnohem kvalitnějšího a složitějšího kontrolního systému správného založení. V porovnání s předchozí variantou oddělených palet pro pravý a levý typ se tento návrh nakonec jeví jako méně vhodný. Na Obr. 11) je zobrazena jedna z mnoha variant uspořádání lůžek pro oba typy na jedné paletce. Jak je vidět, bylo nutné použít speciálního dvoupozicového lůžka pro DPS a ta je ještě navíc úhlově natočena. Pozice reflektorů je pro ruční šroubování také velice nevhodná a celkový estetický vzhled řešení není příliš uhlazený.



Obr. 11) Návrh lůžka pro oba typy montovaného výrobku

Koncept jedné paletky může být i nadále vhodný, pokud se zohlední společné rysy obou chladičů. Tímto rysem může být ploška pro DPS, která je identická pro oba typy a když se chladiče vhodně umístí, tyto plochy se překryjí. To by umožňovalo konstrukci univerzálního lůžka, která je však značně složitější. Nicméně pokud by bylo možné jej navrhnout a vyrobit, tak se jedná o nejvhodnější variantu. Lůžko DPS by bylo shodné pro pravý i levý typ, tudíž i kontrola založení a čtečka pro načtení kódu by byla potřeba pouze jedna. Stejně tak pozice nanášení tmelu, manipulátor DPS či pozice automatického šroubování. Blokování NOK kusů by mělo být schopno zamezit odebrání obou typů součástí v jedné poloze, a i šablonu šroubování bude možné zkonstruovat univerzálně. Tato koncepce využívá výhod všech výše zmíněných návrhů a zároveň eliminuje výrobní náklady i čas nutný k přeseřízení stroje na nulu. Obrázek Obr. 12) zobrazuje součásti v univerzálním lůžku. Ve variantě a) je lůžko DPS umístěno blíže ke stroji, v případě b) blíže k obsluze.



Obr. 12) a) DPS umístěna směrem do stroje, b) DPS umístěna směrem k obsluze

Z obrázků výše plyne, že závěrem je ještě nutné rozhodnout umístění lůžka DPS vůči univerzálnímu lůžku chladičů, jak již bylo naznačeno výše. To může být umístěno vpravo, vlevo, nahoře či v dolní části paletky. Pravá ani levá verze není vhodná jednak z estetického hlediska a jednak z pohledu obsluhy, která bude mít méně prostoru u model paletky. Pozice blíže obsluze je vhodnější pro zakládání DPS, a navíc je lůžko před šablonou šroubování, která tudíž nebude omezovat v založení a nebude tolik vyložená do prostoru. Také čtecí vzdálenost DMC kódu bude nižší. Na druhou stranu to znamená, že chladič s reflektorem se budou zakládat dále od obsluhy, stejně tak ruční šroubování nebude tolik ergonomické a komfortní. V případě manipulátoru nanášení tmelu bude přejíždět nad lůžkem DPS, což by mohlo vést k jeho znečištění a také bude více přesazený nad desku otočného stolu. V případě použití robota na tomto faktoru nezáleží, stejně tak v případě manipulátoru DPS a automatického šroubování. Zhodnocení kladů a záporů ukazuje variantu vzdálenější obsluze jako vhodnější řešení.

Je zřejmé, že možností a kombinací pozic, orientací a vzájemného umístění lůžek je mnoho. Avšak pro další návrh stroje bude na základě výše popsání rozboru a možností uvažováno rozmístění s univerzálním lůžkem, reflektorem orientovaným směrem do stroje a lůžkem DPS umístěným dále od obsluhy, které je znázorněno na Obr. 12) a).

3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Tato kapitola se podrobně věnuje rozboru jednotlivých technologických celků. Uspořádání kapitoly víceméně odpovídá chronologickému návrhu stroje, nicméně je nutno podotknout, že v praxi je řešen celý stroj najednou. To znamená, že prvním krokem je hrubé načrtnutí všech podsestav, které jsou v dalších krocích souběžně zpracovávány až do finální podoby. Proto se může stát, že při popisu konkrétních prvků budou zmíněny součásti a sestavy zmíněné dále v textu.

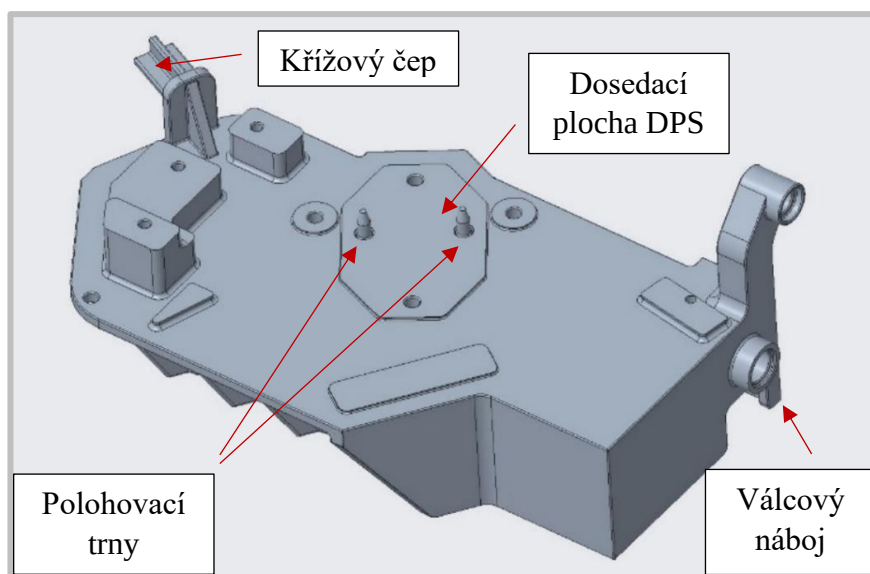
3.1 Paletka

3.1.1 Popis konstrukčního řešení

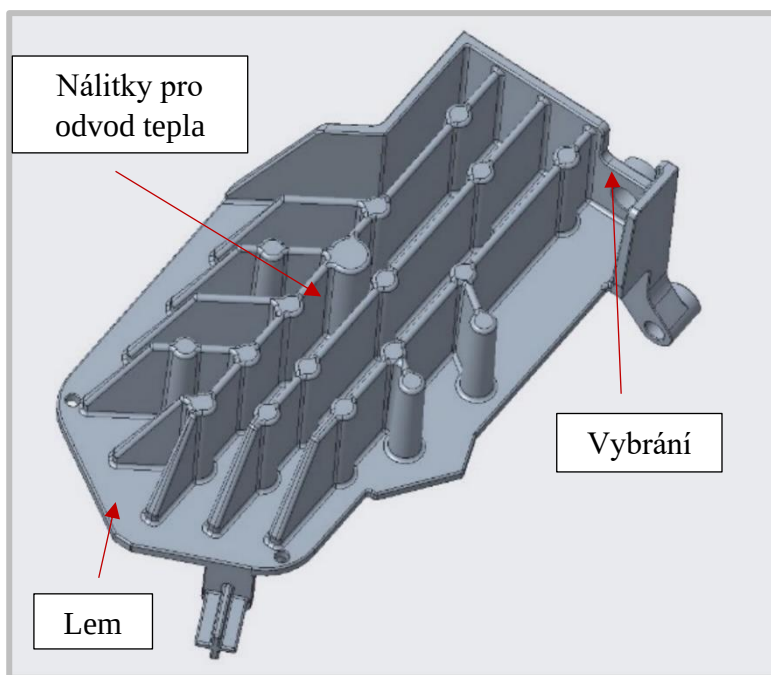
Paletka je výměnný přípravek osazený lůžky, sloužící k zakládání montovaných součástí, konkrétně chladiče a DPS. Umístění lůžek na paletce je popsáno v předchozí kapitole.

Z možných velikostí základové desky byl zvolen rozměr 300 x 200 mm, do kterého se se lůžka i s ostatními náležitostmi dají bez větších obtíží umístit. Univerzální lůžko chladiče, je navrženo tak, aby založenému chladiči odebíralo pět stupňů volnosti a jediný možný směr pohybu byl v ose Z (tj. vzhůru). Při návrhu polohovacích ploch chladiče byly zvoleny ty prvky, které jsou na originálním výkresu dodaného zákazníkem přesně tolerovány vůči polohovacím kolíkům pro DPS a reflektor. Jejich využití zajistí nejpresnější možnou polohu v lůžku a tím i snížení rizika problémů v následujících operacích. Pokud by byly využity netolerované rozměry, mohlo by dojít k vůlím při založení blížícím se až jednomu milimetru, což je pro přesnost montáže nepřijatelné. Tyto vůle by byly dány volnou tolerancí netolerovaných rozměrů, výrobních tolerancí samotného lůžka a vůlí nutnou pro založení chladiče. Při využití přesných prvků se poté zakládací vůle pohybují řádově okolo 0,2-0,3 mm. Stejným způsobem je pak navrženo i lůžko DPS.

Následující obrázky popisují tvarové prvky chladiče, které jsou zásadní pro návrh univerzálního lůžka. Pohled shora je na Obr. 13) a zdola na Obr. 14).

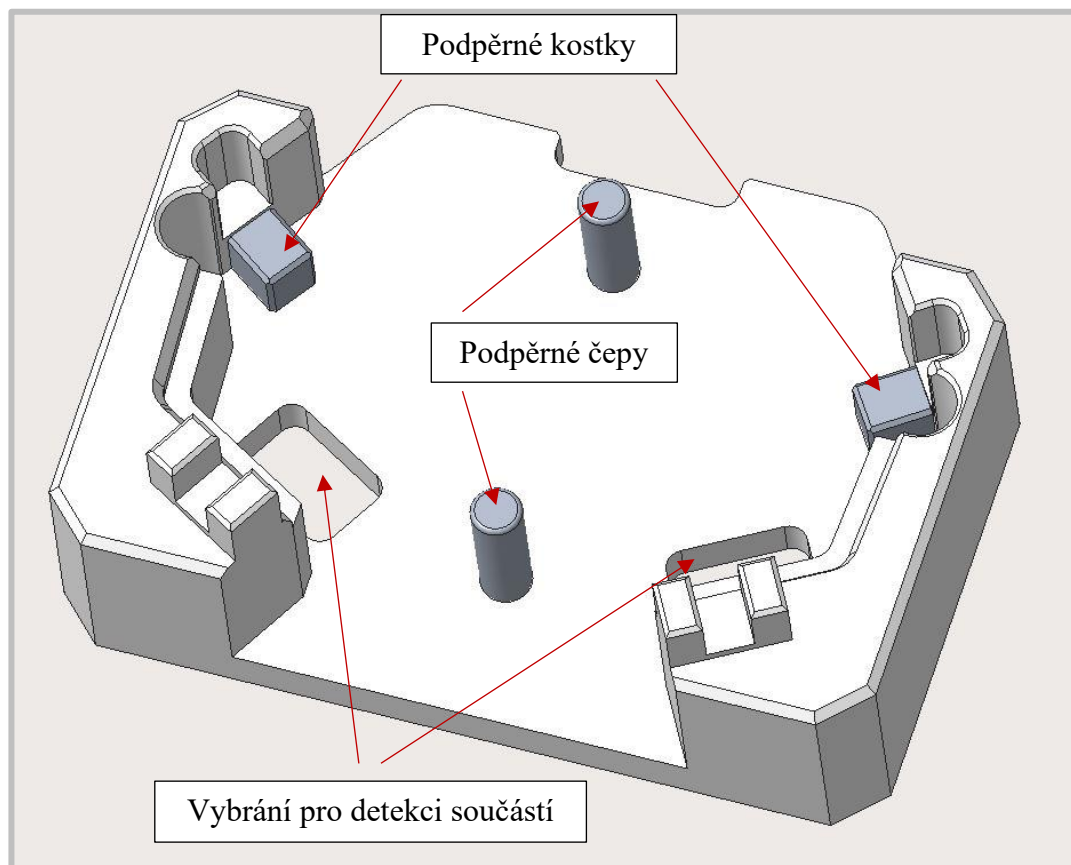


Obr. 13) Popis prvků chladiče (pohled shora)

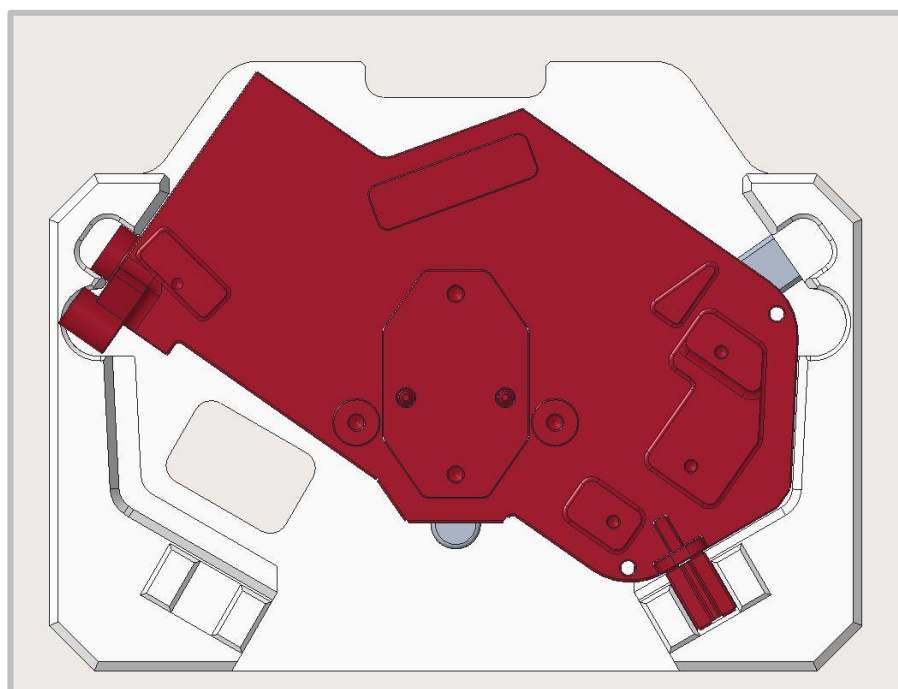


Obr. 14) Popis prvků chladiče (pohled zdola)

Na jedné straně je chladič polohován za křížový čep a v ose Z je omezen osazením lemu, které dosedá na lůžko (viz Obr. 15) a Obr. 16)). Na straně druhé je pozice zajištěna válcovým nábojem, který ale není využit pro omezení v ose Z z důvodu možného poškození otlučením při zaklání a působením sil při šroubování. Spodní část chladiče není možné pro polohování využít, neboť se na ní nacházející nálitky a obecně se jedná o velmi nepřesnou plochu. Proto je využito vybrání v čele chladiče, které je tolerováno k dosedací ploše DPS. Tím by se měl minimalizovat případný sklon chladiče, který bude v rámci této plochy při přepočítání na rozdíl v milimetrech zanedbatelný. V místě vybrání je umístěna podpěrná kostka, jejíž přesné polohy vůči lůžku je dosaženo použitím středících pouzder. Střed chladiče je podepřen dvěma čepy, které zabraňují možnému vymezení vůlí a natočení chladiče v případě působení sil při šroubování. Také omezují prostor pro založení nesprávného dílu, vylučují šanci odebrání chladiče po zablokování NOK kusu nebo založení chladiče do nesprávné polohy. Přesná pozice čepů v lůžku je taktéž určena středícími pouzdry. Ostatní části lůžka, které nejsou určeny pro polohování, jsou odlehčeny. Důvodem je, že by musely být přesně vyrobeny, neboť by mohlo dojít k zapolohování chladiče na tyto plochy, což je nežádoucí. Dalším důvodem je umožnění samotného založení, protože zde musí být vytvořen prostor pro prsty operátora. Ve spodní části lůžka se nacházejí otvory, které slouží pro detekci pravého nebo levého typu chladiče optickými senzory. Poloha samotného lůžka vůči základové desce paletky je opět dána středícími pouzdry. Materiálem lůžka je nerezová ocel 17 029, která bude zakalena pro zvýšení otěruvzdornosti a funkční i polohovací plochy budou následně zaleštěny.

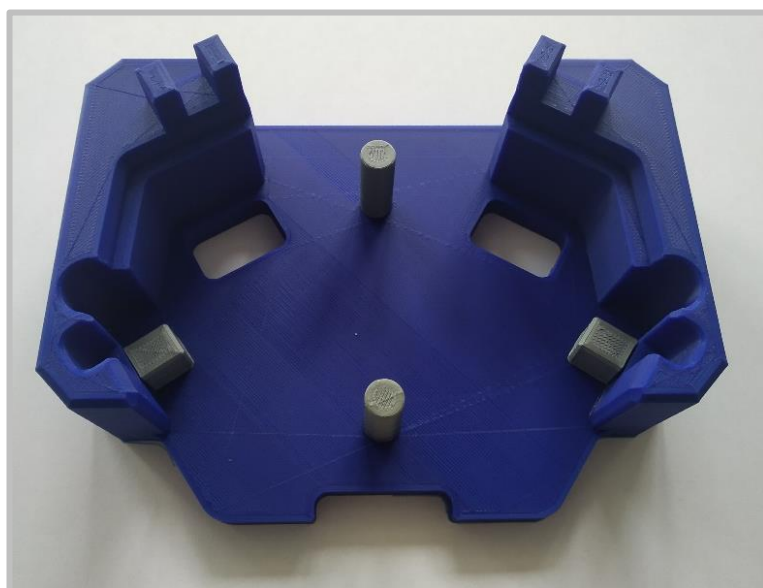


Obr. 15) Univerzální lůžko



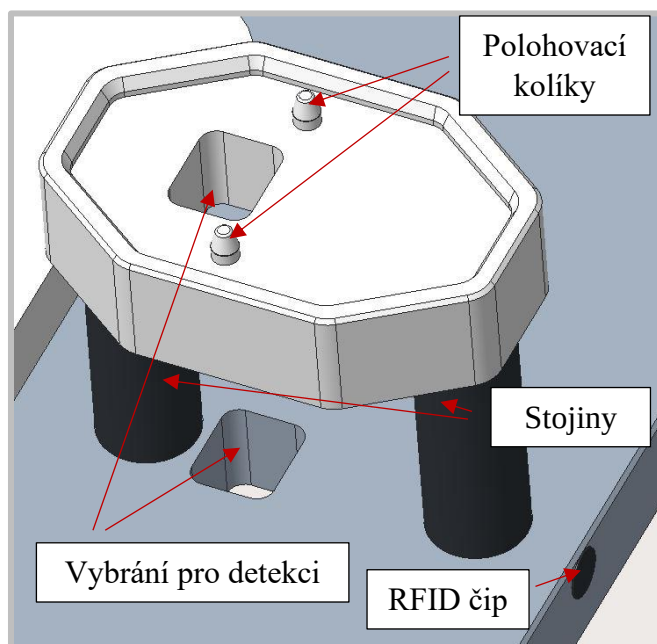
Obr. 16) Založený chladič

Univerzální lůžko chladiče bylo následně vytisknuto na 3D tiskárně (viz Obr. 17)) a byla ověřena jeho funkčnost, ergonomie i vhodnost způsobu polohování.



Obr. 17) Vytisknuté univerzální lůžko chladiče

Lůžko DPS, zobrazené na Obr. 18), po vnějším i vnitřním okraji kopíruje tvar součásti. Vnitřní hrana je zkosena tak, aby umožnila snazší založení. Polohování DPS je za pomoci dvou kolíků navrhnutých podle polohovacích kolíků na chladiči a ve spodní části lůžka se nachází otvor sloužící pro detekci součásti pomocí optického senzoru. Výška umístění DPS je shodná s výškou její polohy na chladiči, což znamená, že pro manipulaci v ose Z bude stačit dvoupolohový pneumatický válec. Lůžko samotné stojí na dvou válcových stojinách, neboť je zbytečné a složité, aby bylo vyráběno z jednoho kusu materiálu. Dosažení přesné polohy vůči univerzálnímu lůžku chladiče a základové desce paletky je opět dosaženo za pomoci středících pouzder. Materiálem lůžka je nerezová ocel 17 029, která bude zakalena pro zvýšení otěruvzdornosti a funkční i polohovací plochy budou následně zaleštěny.

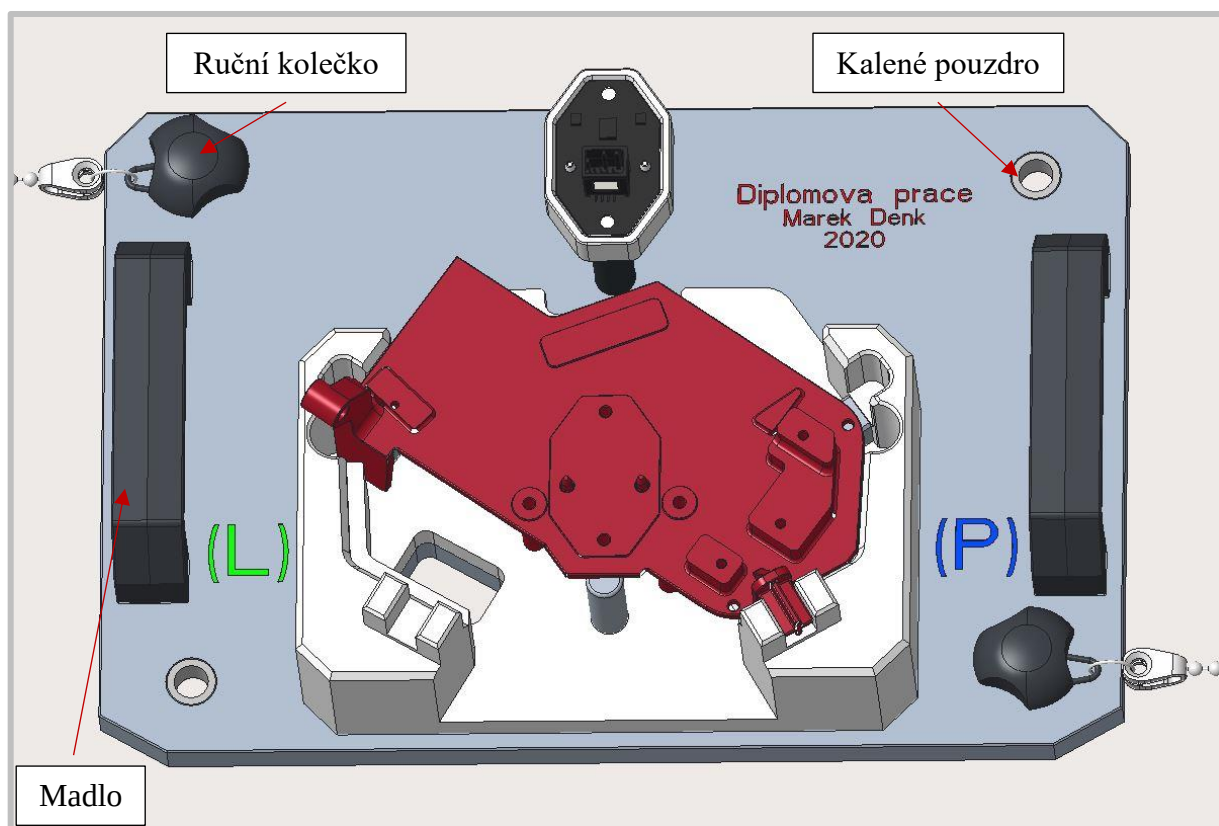


Obr. 18) Lůžko DPS na paletce

Samotná základová deska paletky je na desku otočného stolu polohována pomocí dvou naváděcích čepů. Vzhledem k tomu, že je základová deska vyrobena z duralu, jsou otvory pro čepy osazeny kalenými pouzdry, aby nedošlo k vymačkání a deformaci děr vlivem opakovaných výměn. Beznástrojového rychloupínání je dosaženo použitím páru ručních koleček se závitem M6 a řetízkem k připevnění k desce otočného stolu z důvodu zamezení jejich ztráty. Vybrání v desce umožňují detekci založení součástí v lůžkách. Obsluha bude moci uchytit paletku při manipulaci za dvě plastová madla. Písmena (L) a (P) poté značí část lůžka určeného pro pravý nebo levý typ chladiče. Písmena se na univerzálním lůžku nenacházejí proto, protože jejich velikost je dána zákazníkem. Tudiž by lůžko muselo být větší, což by znamenalo mírně vyšší pořizovací náklady na materiál, ale hlavně zvýšení váhy výměnného přípravku a degradaci designu. Na desce je také vygravírován kód paletky, jméno dodavatele, typ světlometu a pořadové číslo paletky. Tyto informace jsou však důvěrné, proto byly pro ilustraci nahrazeny za text vztahující se k diplomové práci. Základová deska bude pro zvýšení estetického efektu eloxována a následně budou nápisy s kódem paletky atd. zvýrazněny červeně, písmeno (L) zeleně a písmeno (P) modře. V čele paletky se nachází RFID čip (datový nosič) BIS00UE dle požadavku zákazníka. Ten bude mimo jiné využit také pro zjištění přítomnosti paletky a detekci správného typu paletky, čímž odpadne nutnost jiného způsobu rozpoznávání či kódování.

Hmotnost celé paletky se pohybuje okolo šesti kilogramů, čímž je splněn požadavek váhy nižší nežli 10 kg.

Celková sestava paletky je vyobrazena na Obr. 19).

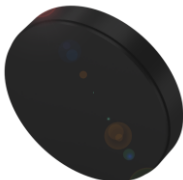


Obr. 19) Celková sestava paletky osazená součástmi

3.1.2 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě paletky jsou shrnuty v tabulce Tab 3), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje. V této ani v následujících tabulkách nebudou záměrně uváděny spotřební díly, například naváděcí čepy či závitové vložky a součásti jim podobné.

Tab 3) Použité komponenty

Součást	Popis
BIS00UE 	Datový nosič HF • frekvence: 13,56 MHz • rozměry: Ø6x1 • typ paměti: EEPROM • uživatelská data: 160 Byte [1]

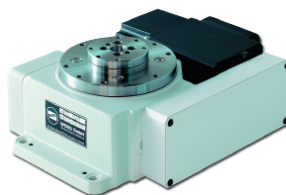
3.2 Otočný stůl

3.2.1 Popis konstrukčního řešení

Základem této podsestavy je otočný stůl TC-150T se čtyřmi polohami. Jeho návrh je založený na předběžných odhadech zatížení otočnou deskou a paletkami s jistým naddimenzováním, které byly zaslány dodavateli pro posouzení. Vstupní parametry zahrnovali specifikaci otočné desky (Ø770 mm, tloušťka 15 mm, materiál Al), počtu stanic (4), zatížení jedné stanice (6 kg) a těžiště nástavby na průměru (570 mm). Dále byla vybrána barva (RAL 7035), montážní poloha (standardní – osa stolu v ose Z, podstava na zemi), umístění motoru (bočně, uvnitř) a parametry týkající se pohonu a řízení jako frekvence spínání (3 cykly/min), připojovací napětí (3 x 400 V/50 Hz), napětí na brzdě (24 V), varianta stykače (elektronický stykač), typ řízení otočného stolu (EF2 určený pro Siemens) nebo řídicí karta (Weiss TS 004 E). Tyto informace byly zaslány dodavateli, který je následně vyhodnotil, provedl posouzení vhodnosti použití této řady stolů a vypočítal čas, nutný pro otočení o 90° spolu s přesností polohování na maximálním průměru otočné desky. Vypočtené výsledky jsou zobrazeny na Obr. 20).

TC150T, 4, h

Dělení: 4
Rychlostní stupeň: h
Čas taktu: 1,33 sec
Celkový čas taktu: 1,48 sec
Max. zatížení: 6,4 kgm²
dvojnásobný: ano
Hmotnost otočného stolu: 24 kg
Přesnost: +/- 30"
Přesnost při d=770mm: +/-0,056 mm

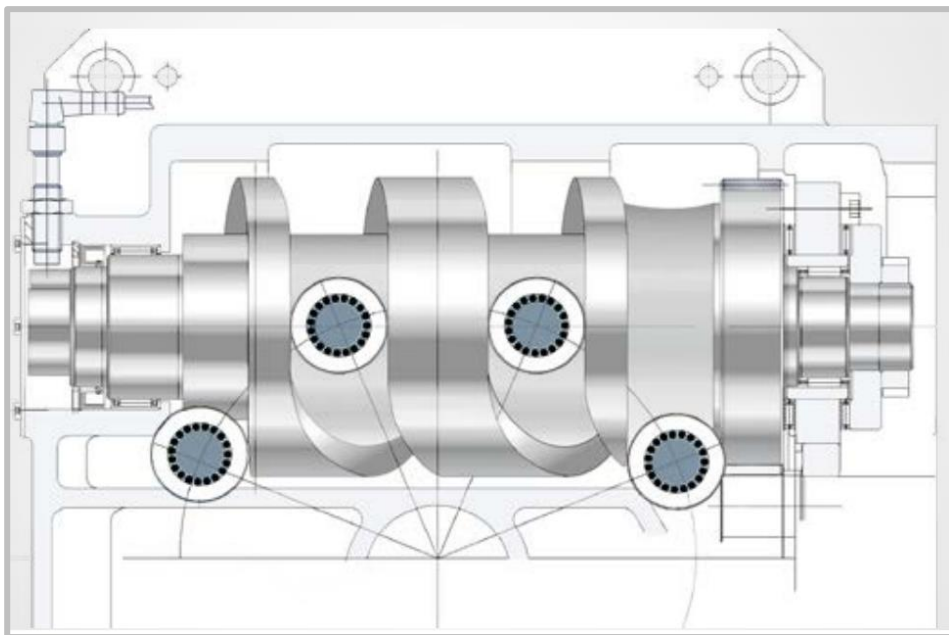


Průměr desky:	770,0 mm	Motor:	56L8	Měnič:	---
Zatížení (kg):	42,7 kg	Napětí motoru:	230/400V 50Hz	Siemens EF2:	EF2037 (0.37 kW)
Zatížení (kgm ²):	3,35 kgm ²	Číslo motoru:	507-568142102	Brzdny odpor:	---
		Pozice motoru:	DP1: bočně uvnitř		
		Napětí na brzdě:	24V, 25W		
		Příkon motoru:	0.04 kW		
		Motor-otáčky:	610 Ot./min		
		Proud motoru:	0.6/0.35 A		
		Hmotnost motoru:	6.0 kg		

Obr. 20) Výpočtový protokol TC-150T

Z protokolu je patrné, že celkové zatížení stolu je přibližně 43 kg a zatížení se pohybuje okolo 3,35 kg/m². Také byl vybrán konkrétní motor pro pohon stolu spolu s jeho dalšími specifikacemi. Nejdůležitějším parametrem je však celkový čas taktu, který má hodnotu 1,48 s. V dalším návrhu proto bude počítáno a uvažováno s hodnotou 1,5 vteřiny. Pokud by čas nebyl vyhovující, bylo by nutné použít stůl z vyšší řady TC-220, který by provedl jeden takt za 0,76 vteřiny.

Pohyb otočného stolu probíhá pomocí globoidní vačky (Obr. 21)), v jejíž drážkách se pohybují čepy, které jsou součástí pohyblivé části stolu. Drážky vačky a v nich pohybující se čepy jsou velice přesně vyrobeny a slícovány tak, aby zaručovaly mírný přesah. To znamená, že zařízení je zcela bezvůlové, a proto je možné na Ø770 mm dosáhnout tak přesného polohování, které je v podstatě závislé pouze na řízení motoru. Vačka také určuje průběh rychlosti otočné části, tudíž je možné k pohonu využít i asynchronního motoru namísto servopohonu, který by jinak musel být řízen S-křivkou. Začátek i konec otáčení je tedy pozvolný, zatímco ve střední poloze je rychlost nejvyšší. Tento způsob zaručuje, že nedojde k rázům či velkým dynamickým silám během rotace, a tudíž není nutné součástí během pohybu jakýmkoliv způsobem upínat. Přenos krouticího momentu z motoru na vačku je realizována ozubeným řemenem (viz Obr. 22)).



Obr. 21) Globoidní vačka s čepem v různých polohách [2]



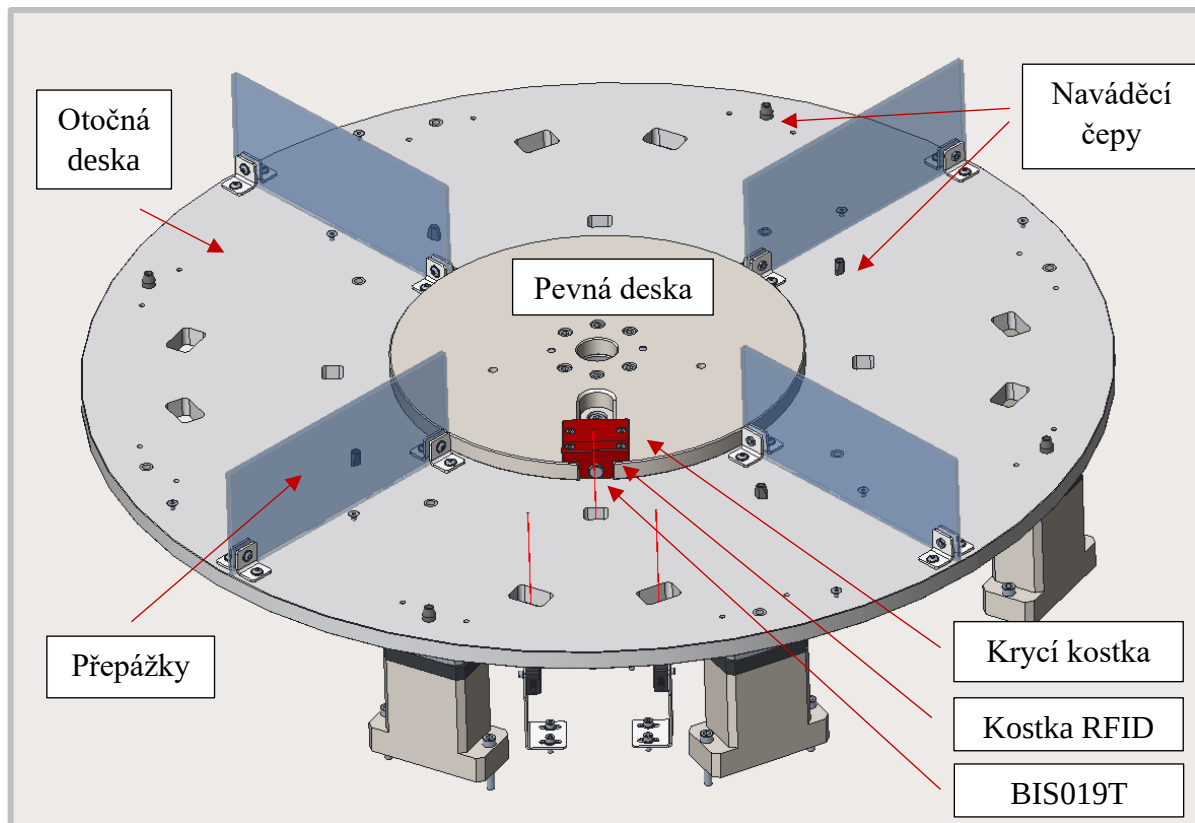
Obr. 22) Řez otočným stolem série TC [2]

Na otočné části stolu se nachází duralová deska o $\varnothing 770$ mm a tloušťce 15 mm (viz. Obr. 23)). V desce se nacházejí naváděcí čepy pro polohování paletky, otvory pro optické paprsky detekce dílů a také ocelové závitové vložky pro ruční kolečka. Hliníkové závitové vložky nejsou využity z toho důvodu, že by mohlo dojít k jejich předčasnému opotřebení. Jednotlivé sekce otočného stolu jsou poté odděleny průhlednými přepážkami z polykarbonátových desek.

Ve středu stolu se nachází pevná neotočná deska. Na tu je možno připevnit různé technologie či součásti rámu a krytování. Zároveň je zde možnost na ni přivést elektrické či pneumatické připojení otvorem ve středu otočného stolu. V drážce desky je pak umístěna čtecí a zapisovací hlava RFID BIS019T, která byla navržena v konfigurátoru dodavatele vzhledem k požadovaným parametrům. S ohledem na velice omezené zástavbové prostory byl zvolen válcový tvar hlavy M12x1. Přichycena k desce je skrze kostku RFID. Vzhledem k omezenému

místu bude hlava připojena úhlovým konektorem. Prostor mezi kostkou RFID a krytováním je zakryt krycí kostkou.

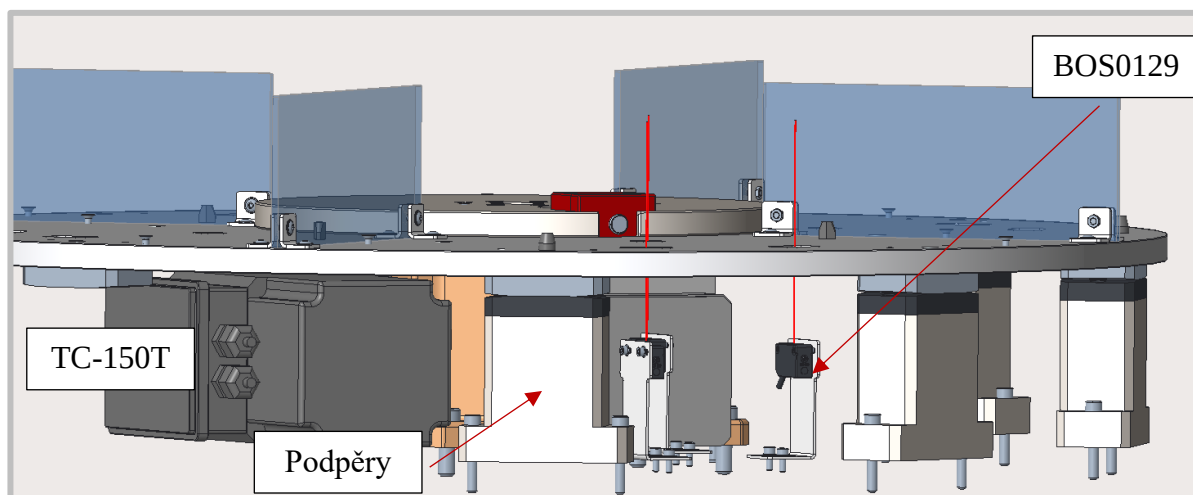
Materiál obou desek i kostek je dural. Součásti budou pro lepší vzhled stroje eloxovány, přičemž kostky budou eloxovány červeně.



Obr. 23) Sestava otočného stolu (pohled shora)

V základací pozici a v pozici automatického šroubování jsou umístěny podpěry (viz Obr. 24)). Jejich účelem je zamezit poškození otočného stolu působením axiálních sil. V případě první pozice se jedná zejména o neúmyslné opření se o desku operátorem, v případě čtvrté jde o charakter samotného šroubování. Na otočné desce i na podpěrách se nachází kalené, s minimální vůlí slícované broušené destičky, které v případě potřeby zabrání průhybu desky.

Součástí této podsestavy jsou také senzory určené k detekci a kontrole založení DPS a obou variant chladiče. Zvoleny byly difúzní senzory BOS0129 s dosahem 40-200 mm kvádového pouzdra se seřaditelnou spínací vzdáleností. Výhodou difúzních senzorů je to, že fungují nezávisle na barvě či povrchu materiálu a také na rozdíl od optických závor nepotřebují přijímač či odrazku, neboť je optický paprsek odrážen přímo daným předmětem. Zvolené senzory jsou spínacího typu, což je z důvodu požadavku na detekci přítomnosti součásti. Ve chvíli, kdy dojde k založení dílu, snímač sepne a vyšle nadřazenému řídicímu systému hodnotu 1. Z toho plyne, že pokud je lůžko prázdné, senzor drží hodnotu 0 a není možné zahájit pracovní cyklus. Pokud by došlo k poruše snímače, snímač bude vykazovat hodnotu 0 i při založení dílu, tudíž by nebylo možné zahájit pracovní cyklus bez patřičné opravy servisním technikem. Senzory jsou umístěny na plechových držácích, které umožňují jejich nastavení ve dvou směrech. Ve třetím směru dochází k nastavení spínací vzdálenosti přímo na snímačích.



Obr. 24) Sestava otočného stolu (pohled zespodu)

3.2.2 Stanovení pracovního času

Čas potřebný k otočení stolu je stanoven protokolem z Obr. 20), tj. 1,5 vteřiny. Sensorika ani RFID technologie cyklový čas nijak neovlivní, neboť tyto procesy mohou probíhat současně s jinými operacemi.

Dílčí pracovní časy jednotlivých technologických celků jsou v kapitole 6 zpracovány do Ganttova diagramu a je stanoven finální cyklový čas.

3.2.3 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě otočného stolu jsou shrnuty v tabulce Tab 4), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje.

Tab 4) Použité komponenty

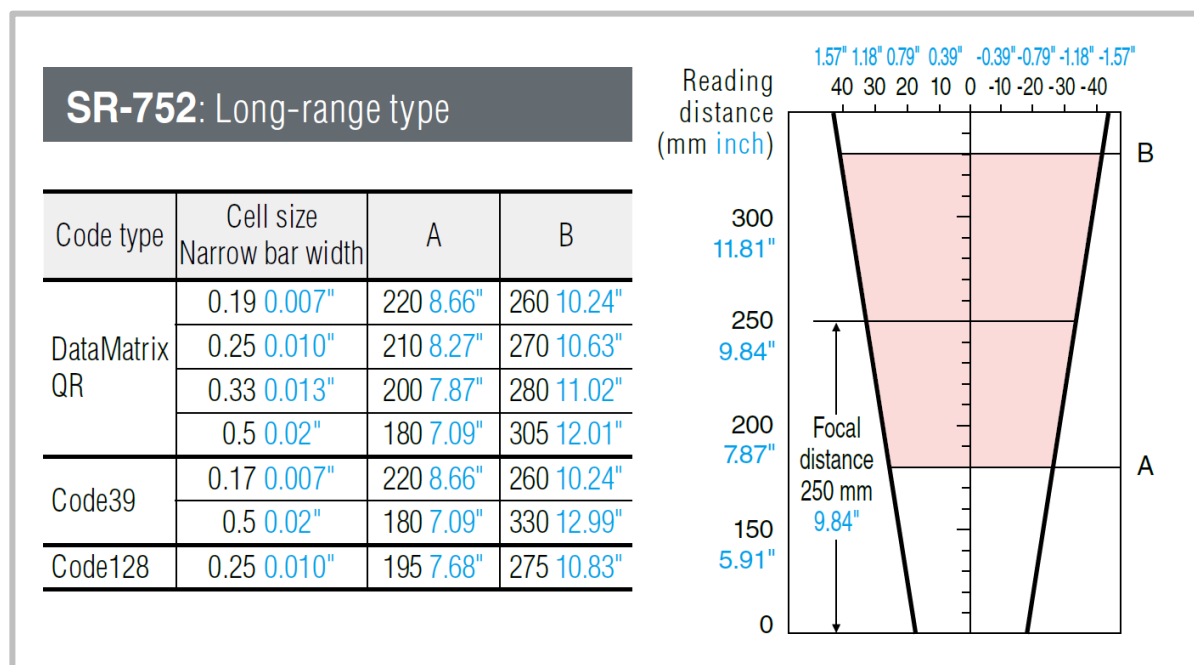
Součást	Popis
	Otočný stůl - dělení: 4 - rozměry: 351 x 245 x 126 mm - hmotnost: 24 kg - přesnost: $\pm 30''$ - přesnost $d=770\text{mm}$: $\pm 0,056\text{ mm}$ [2]
	HF hlava čtení/zápis s integrovanou vyhodnocovací jednotkou - frekvence: 13,56 MHz - rozměry: $\text{Ø}12 \times 65$ - připojení: konektor M12x1, 4-pólový - rozhraní: I-O link 1.1 [3]

BOS0129	Difúzní snímač se zatemněným pozadím
	• dosah: 40-200 mm • rozměry: 10,8 x 32,7 x 19,5 mm • rozhraní: PNP spínací kontakt • připojení: kabel, 2 m • provozní napětí: 10-30 V DC
	[4]

3.3 Načítání DMC kódu

3.3.1 Popis konstrukčního řešení

Načítání kódu je poměrně jednoduchá technologie složená pouze ze čtečky kódu a jejího držáku. Celková velikost DMC kódu je 7x7 mm včetně nepotíštěné klidné zóny oddělující kód od podkladu. Samotný kód má rozměry 5,4 x 5,4 mm s velikostí matrice 16x16. Zde bude uložena informace složená ze řetězce znaků a čísel, který je řídicí systém schopen dekodovat na konkrétní parametry a data dle předem daného klíče. Pro návrh vhodného typu čtečky je nutné znát velikost jednoho bodu matrice, která je rovna podílu rozměru kódu a velikosti matrice. Výsledná hodnota je tedy rovna 0,3375 mm. Dalším parametrem nutným pro výběr konkrétního zařízení je vzdálenost zařízení od DPS. Z předběžného modelu umístění lůžka DPS na paletce a velikosti desky otočného stolu plyne čtecí vzdálenost minimálně 183 mm. Na základě těchto parametrů byla z katalogového listu společnosti Keyence předběžně zvolena čtečka SR-725: Long-range type. Parametry popisující zorné pole, ohniskovou vzdálenost a hloubku ostroty na základě velikosti jednoho bodu matrice jsou znázorněny na Obr. 25).

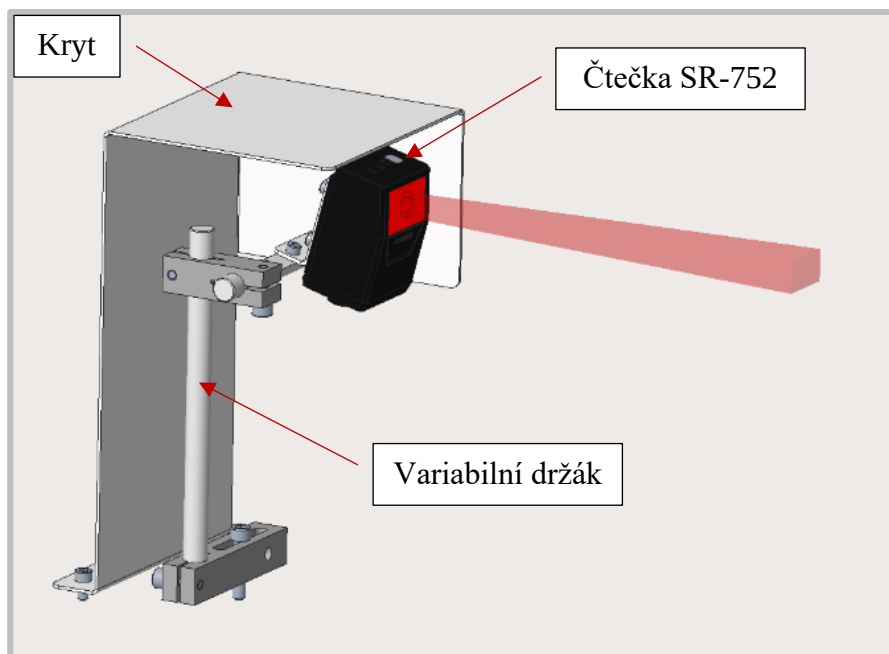


Obr. 25) SR-752: Long-range type [5]

Z Obr. 25) je tedy patrné, že při použití tohoto typu čtečky je minimální vzdálenost DMC kódu 200 mm a maximální vzdálenost 280 mm. Vzhledem k počítané okolní zástavbě byla zvolena předběžná hodnota 220 mm.

Před samotným dokončením této podsestavy proběhla konzultace a praktický test této aplikace s obchodním zástupcem dodavatele. Proběhlo celkem deset načtení ze vzdálenosti 220 mm dvou vzorových kusů DPS dodaných zákazníkem. Testování se odehrávalo v kanceláři za běžných světelných podmínek při absenci přímého slunce. Všech deset načtení proběhlo bez obtíží a na jejich základě byla čtečka uznána za vhodnou.

Na Obr. 26) je čtečka umístěna na variabilním držáku, který umožňuje její polohování ve všech třech osách včetně rotace. Proti případnému znečištění tmelem je nad horní částí a částí, orientovanou směrem k technologii čištění trysky umístěn krycí plech, který však vzhledem k variabilitě držáku nebrání případnému dostavení polohy.



Obr. 26) Sestava čtečky DMC kódu

3.3.2 Stanovení pracovního času

Načítání DMC kódu probíhá současně s kamerovou kontrolou přítomnosti šroubů v chladiči, která je popsána v následujícím technologickém celku. Kamerová kontrola je ve výsledku delší, proto je časová náročnost těchto úkonů zmíněna až v podkapitole 3.4.

3.3.3 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě načítání DMC kódu jsou shrnuty v tabulce Tab 5), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje.

Tab 5) Použité komponenty

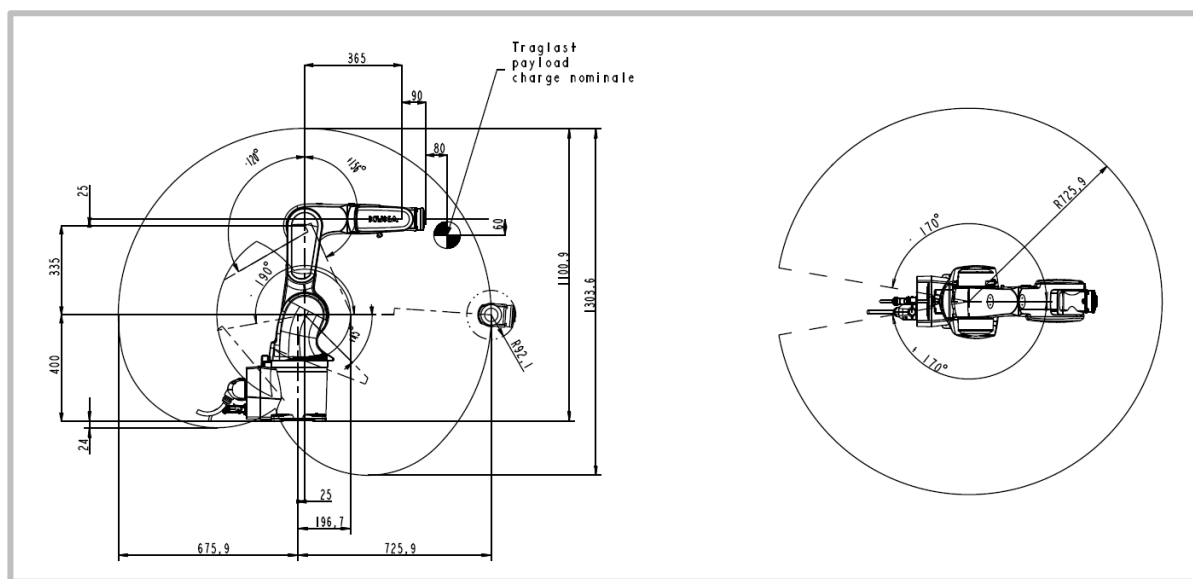
Součást	Popis
Keyence SR-752 	Čtečka datamatrix kódů (Long-range type) • dosah: 200-280 mm • rozměry: 47 x 46,4 x 37,5 mm • rozlišení: 752 x 480 px • ohnisková vz.: 250 mm • zorné pole: 65 x 41 mm při 250 mm [5]

3.4 Nanášení tmelu

3.4.1 Popis konstrukčního řešení

Ze specifikace zadání plyne, že dvousložkový teplovodný tmel bude nanášen buď manipulátorem nebo robotem. V první fázi návrhu bylo počítáno se tříosým manipulátorem osazeným dávkovačem tmelu, který by byl schopný svým rozsahem obsáhnout celý prostor paletky i s prostorem vyhrazeným pro čištění a kontrolu trysky a váhovou kalibraci. Manipulátor však nabyl poměrně velkých rozměrů, neboť se v prostoru před paletkou počítalo se čtečkou DMC kódu, kterou by ovšem šlo za cenu jistých konstrukčních úprav připevnit na manipulátor. Největší překážkou pak byla dostupnost nádoby určené ke sběru tmelu po čištění trysky a přístup k váze určené k váhové kalibraci kapky tmelu. Zásadním kritériem pro finální rozhodnutí však byla informace dodatečně dodaná zákazníkem o prvcích, které se mohou vyskytovat na příští generaci světlometů. Na novém typu chladiče by totiž mohlo dojít k situaci, kdy se bude tmel nanášet okolo podstavy válce. Vzhledem ke tvaru trysky tato operace není možná za použití tříosého manipulátoru, proto byl koncept změněn ve prospěch robota. Čtečka kódu proto může být umístěna způsobem popsáním v předchozí podkapitole, stejně tak ostatní technologie spojené s nanášením tmelu je možné umístit do podstatně většího prostoru.

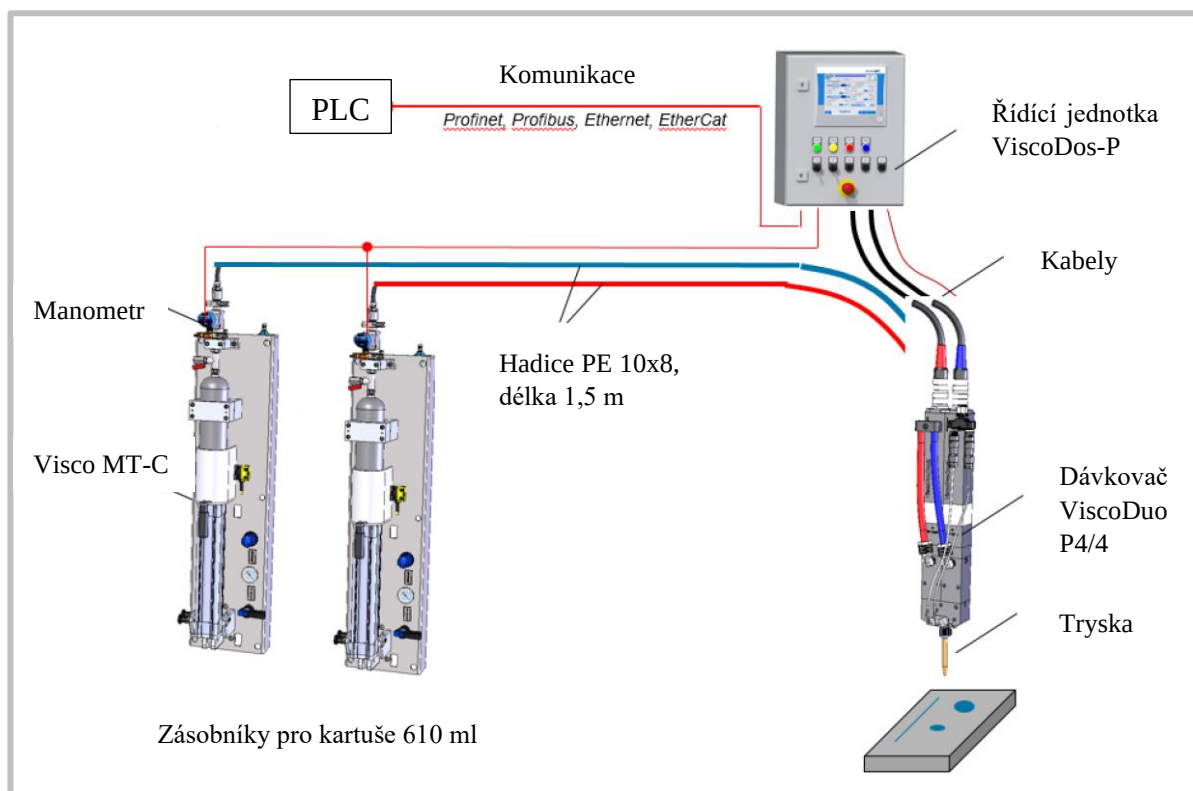
Vzhledem k omezenému zástavbovému prostoru byl zvolen poněkud menší robot KUKA KR6 R700-2, jehož volbu schválil i zákazník. Maximální dosah robota činí 726 mm, největší zatížení na šesté ose je 6,6 kg a opakovatelnost se pohybuje v řádu dvou desetin milimetru. Celková váha čítá přibližně 53 kg, čemuž musí následně odpovídat rám stroje. Celkový přehled o rozměrech a rozsazích jednotlivých os nabízí Obr. 27).



Obr. 27) KUKA KR6 R700-2 [6]

Ze dvou nabízených možností dodavatelů pro aplikaci tmelu bylo zvoleno řešení společnosti ViscoTec a to na základě nabídnuté ceny kompletního řešení (viz Obr. 28)). To zahrnuje samotný dávkovač ViscoDuo-P4/4, dva zásobníky tmelu a řídicí jednotku. Zásobníky a řídicí jednotka jsou umístěny v samostatné podsestavě, proto jsou popsány až v podkapitole 3.5. Z Obr. 28) je patrné, že k dávkovači jsou přivedeny elektrické kabely z řídicí jednotky a

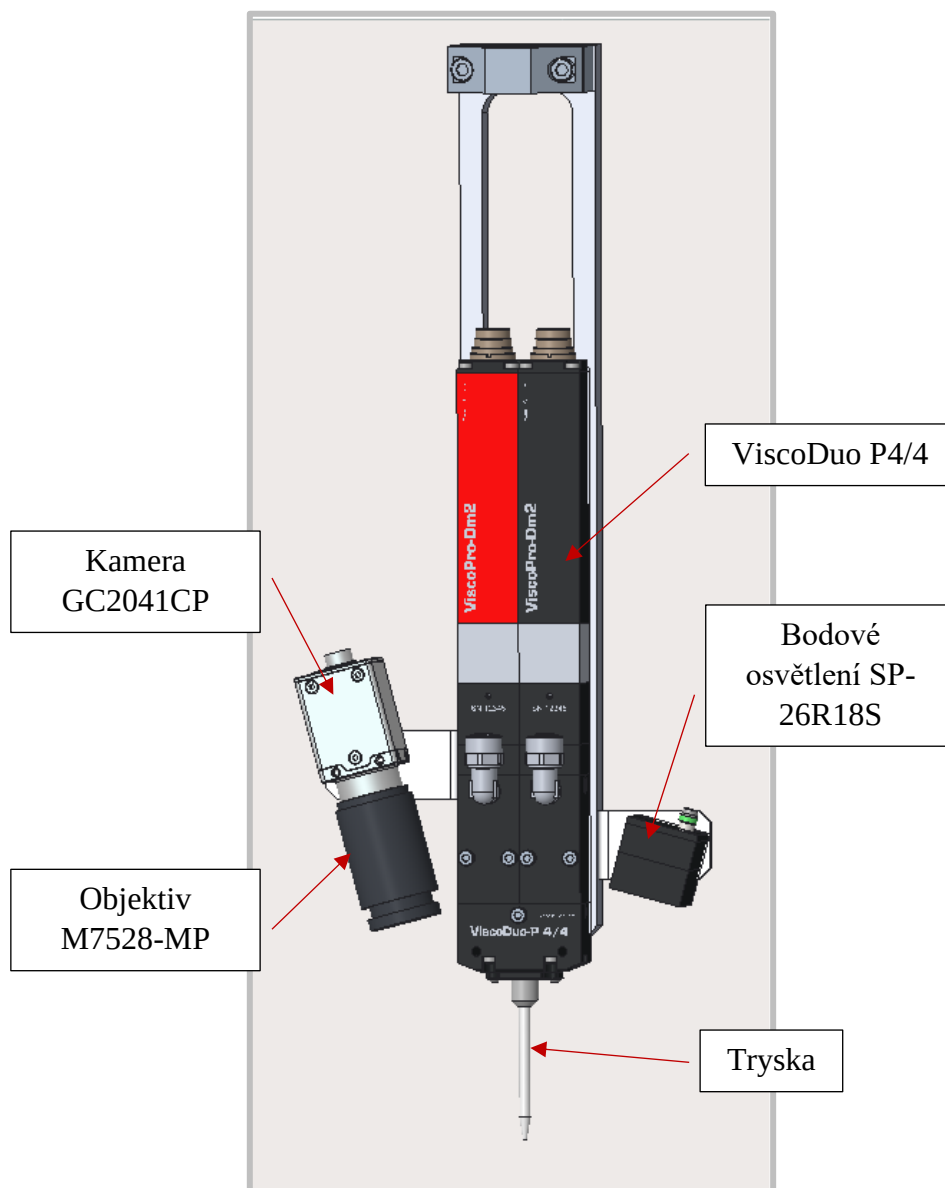
hadice s tmelen od dvou zásobníků. Řídící jednotka pak ovládá jak zásobníky, tak dávkovač a sama komunikuje s nadřazeným systémem stroje, tedy s PLC.



Obr. 28) Systém nanášení tmelu

Dvousložkový dávkovač ViscoDuo-P4/4 umožňuje míšení dvou komponent stejných i rozdílných viskozit v trysce umístěné ve spodní části zařízení. Tryska funguje na principu statického mixéru, díky kterému dojde ke smíšení složek za průchodu tělem trysky a tím i jejich vzájemné reakci těsně před vlastní aplikací na chladíč. Poměr mísících se složek je možné nastavit dle potřeby změnou rychlosti průtoku v levé nebo pravé části dávkovače, kdy každá část je vyhrazena jedné složce. Poměr směřovaných složek může nabývat hodnot od 1:1 až do 1:10. Dávkovač také umožňuje omezený zpětný tok tmelu, což výrazně snižuje riziko odkápnutí nebo tažení. Systém zajišťuje konstantní objem jedné dávky i při změně vnějších či vnitřních faktorů, jimiž jsou například změna teploty nebo mírná změna hustoty či viskozity vlivem nové várky tmelu. Dávkovač má rozměry 54,03 x 330,6 x 27 mm a jeho hmotnost činí 1,2 kg. Rychlou a beznástrojovou výměnu trysky zajišťuje její bajonetové připojení k tělu dávkovače.

Dávkovač je na šestou osu robota připevněn skrz desku, která je protažena za konektory dávkovače, kde se nachází dvě součásti s polokruhovým výřezem. Jejich úkolem je fixace kabelů a hadic tak, aby nedošlo k jejich volnému pohybu v prostoru stroje. Podstavu dávkovače zobrazuje Obr. 29). Způsob přivedení energie a tmelu k dávkovači a kameře se světlem (viz dále) bude skrz prověšení. K rámu stroje bude svazek přívodů připojen pomocí kluzného závěsu a karabiny (viz kapitola 3.11) tak, aby se mohl relativně volně pohybovat s robotem k pozici čištění a kontroly trysky a váhové kalibraci. Přívodní kabely jsou voleny robotické, a to z důvodu vyšší odolnosti při pohybu.



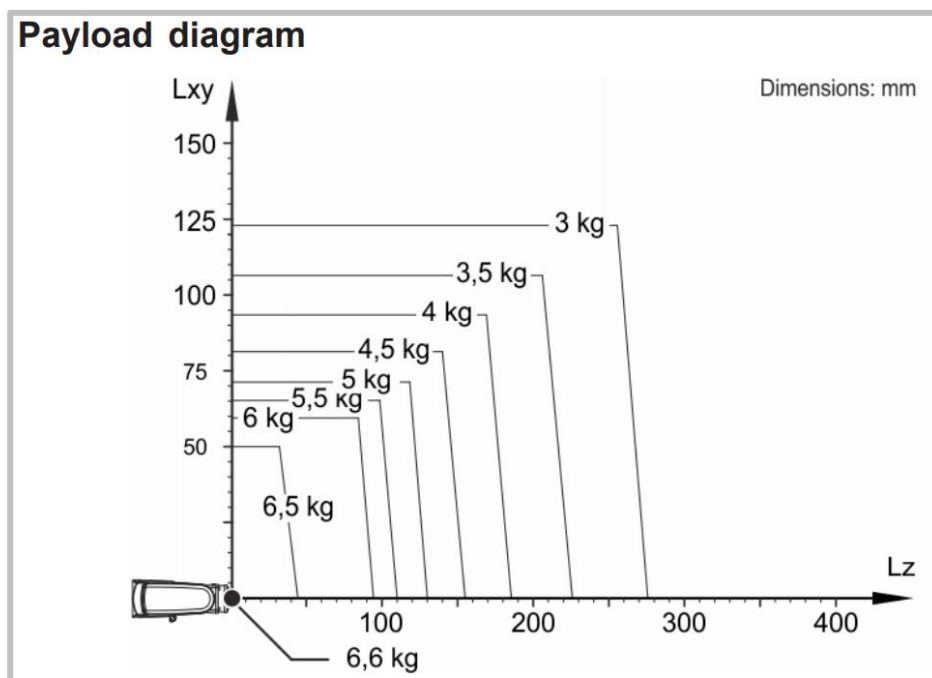
Obr. 29) Podsestava dávkovače tmelu

Z Obr. 29) je patrné, že je koncový efektor osazen také kamerovou kontrolou a osvětlením. Parametry určené ke kontrole naneseného tmelu byly spolu s podklady od zákazníka předány dodavateli kamerového systému, který v laboratorních podmínkách simuloval předpokládané pracovní prostředí a provedl příslušné testy. Ty byly provedeny za denního světla, nicméně bylo vyloučeno přímé sluneční záření. Při testování u okna docházelo k rušivým elementům a kamerová kontrola nebyla spolehlivá. Dodavatel proto silně doporučil zakrytování horní části stroje neprůhledným materiálem. Navržená kamerová kontrola sestává z kamery Smartek Vision GC2041CP, objektivu Computar M7528-MP a bodového osvětlení Smart View SP-26R18S. Kamera je připojena do systému skrz konektor M12x1 a ethernetový kabel. Její hmotnost je 82 g a hmotnost objektivu činí 113 g. Bodové osvětlení, připojené konektorem M8x1 váží 136 g. Ostatní důležité parametry jsou uvedeny v Tab 7). Kamera i osvětlení jsou připevněny pomocí držáků umožňující jejich natočení tak, aby se jejich osy protnuly pod hrotem trysky. Samotná kontrola probíhá tak, že se červené bodové osvětlení o

vlnové délce 625 nm na okamžik rozsvítí a v té chvíli dojde k sepnutí kamery. Kombinací vhodného světla, kamery a objektivu jsou eliminovány nežádoucí vlivy okolí a je pořízena dostatečně kvalitní fotka. Software poté na základě několika kontrolních nástrojů vyhodnotí přítomnost kapky, její polohou, velikost a také tvar.

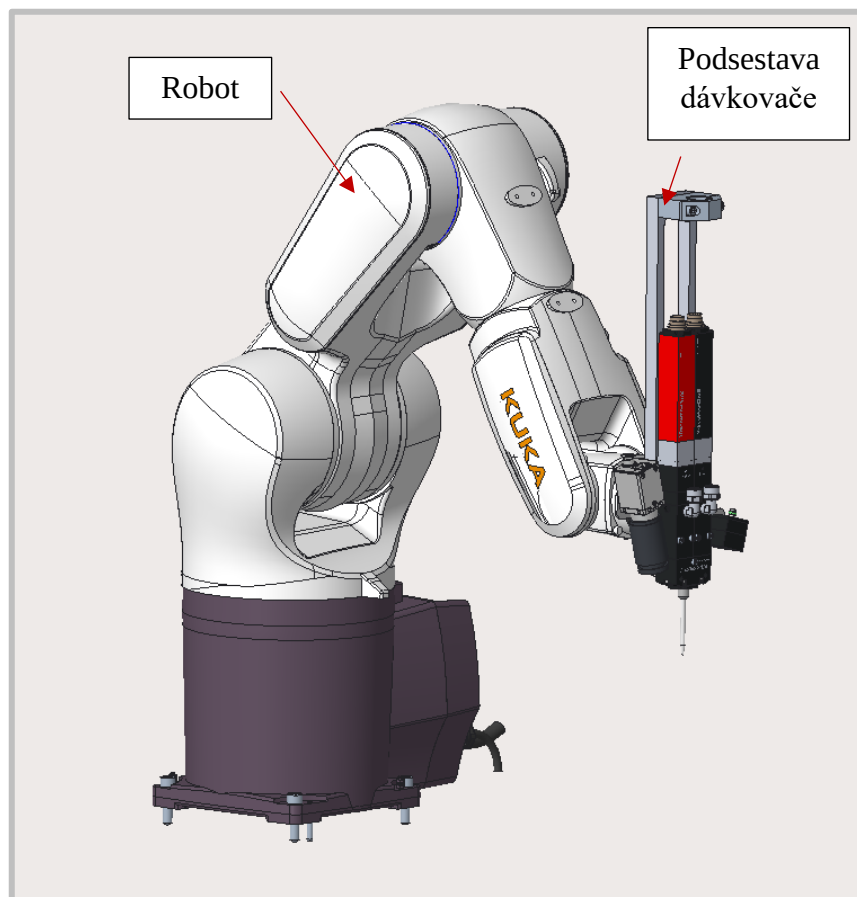
Senzorické systémy stroje musí být schopny bezpečně určit, že do stroje nebyla založena špatná součást nebo součást již smontovaná. K tomu slouží snímače popsané v kapitolách 3.2 a 3.11, nicméně ty nejsou schopny detekovat přítomnost šroubů v chladiči. Příklad, kdy by nebyla přišroubována ani DPS ani reflektor, ale šrouby by byly přítomny, by teoreticky nikdy neměl nastat, neboť jsou součásti dodávány odděleně. Ale pokud by náhodou došlo k tomu, že obsluha ručně šrouby zašroubuje a poté založí takto upravený chladič do stroje, bude případný problém detekován kamerou. Vzhledem k vysoké nepravděpodobnosti výskytu této chyby není nutnost kontrolu umístit ihned do zakládací pozice, ale je využit již existující systém. Tato kontrola proběhne ihned po otočení stolu, současně s načítáním kódu čtečkou, čímž nedojde ke zbytečnému zvýšení pracovního času. Dodavatel kamerového systému provedl testování za stejných podmínek jako v případě tmelu a byl schopen přítomnost či absenci šroubů bezpečně určit.

Na základě hmotností použitých komponent je možné ověřit únosnost robota. Veškeré vyráběné díly dohromady váží přibližně 740 g. Při zohlednění hmotností dodávaných komponent se celková hmotnost pohybuje okolo 2,27 kg. Zahrnutím spojovacích součástí a kabeláže je pro další návrh uvažována hmotnost 3,5 kg. Zátěžový diagram z Obr. 30) zobrazuje vliv vyložení koncového efektoru na únosnost robota. V tomto případě je vyložení v rovině L_{xy} téměř nula vzhledem k relativní symetrii kamery vůči bodovému světlu, a vyložení v ose L_z je přibližně 23 mm. Z toho vyplývá, že je robot dostatečně dimenzovaný.



Obr. 30) Diagram zatížení KUKS KR6 R700-2 [7]

Po navržení tohoto technologického celku byl robot umístěn do pracovního prostoru a byl ověřen dosah a případné kolize ve všech potřebných polohách. Sestava robota je zobrazena na Obr. 31).



Obr. 31) Sestava robota

3.4.2 Stanovení pracovního času

V této části návrhu byl pracovní čas odhadnut na základě zkušeností programátora robotů, který již aplikace podobného charakteru realizoval. Veškeré časy jsou shrnuty v Tab 6). Základním předpokladem je, že robot je při otočení stolu v pozici, kdy může bez dalšího pohybu provést kontrolu přítomnosti šroubů v chladiči. V tabulce je také stanoven pracovní čas čištění a kontroly trysky spolu s váhovou kalibrací. Konstrukční řešení tohoto celku je popsáno v kapitole 3.6, nicméně pro snazší představu o pohybech robota jsou časy zmíněny již nyní. V tabulce jsou odlišeny použitím kurzívy.

Tab 6) Časy jednotlivých úkonů

Pracovní úkon	Čas
Kontrola přítomnosti šroubů v chladiči (a souběžné načtení DMC kódu)	1 s
Nanesení jednoho bodu tmelu	3 s
Kamerová kontrola nanesení jednoho bodu pasty (včetně pohybu robota)	2 s
Návrat robota do výchozí pozice	0,5 s
<i>Čištění trysky (příjezd robota, čištění, odjezd ke kontrole hrotu trysky)</i>	4 s
<i>Kontrola hrotu trysky (několik průjezdů předem danou rychlostí)</i>	6 s
<i>Návrat robota do výchozí pozice</i>	1 s
<i>Váhová kalibrace (příjezd, nadávkování 10-ti bodů, ustálení váhy, odjezd)</i>	24 s

Z tabulky vyplývá, že cyklus nanesení a kontroly tmelu trvá celkem 21,5 vteřiny, čištění a kontrola trysky celkem 11 vteřin a váhová kalibrace 24 vteřin. Vzhledem k tomu, že čištění a kontrola trysky s váhovou kalibrací jsou operace probíhající mimo stanovený rámec cyklového času, je pracovní čas stále v zadaných mezích.

3.4.3 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě nanášení tmelu jsou shrnuty v tabulce Tab 7), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje.

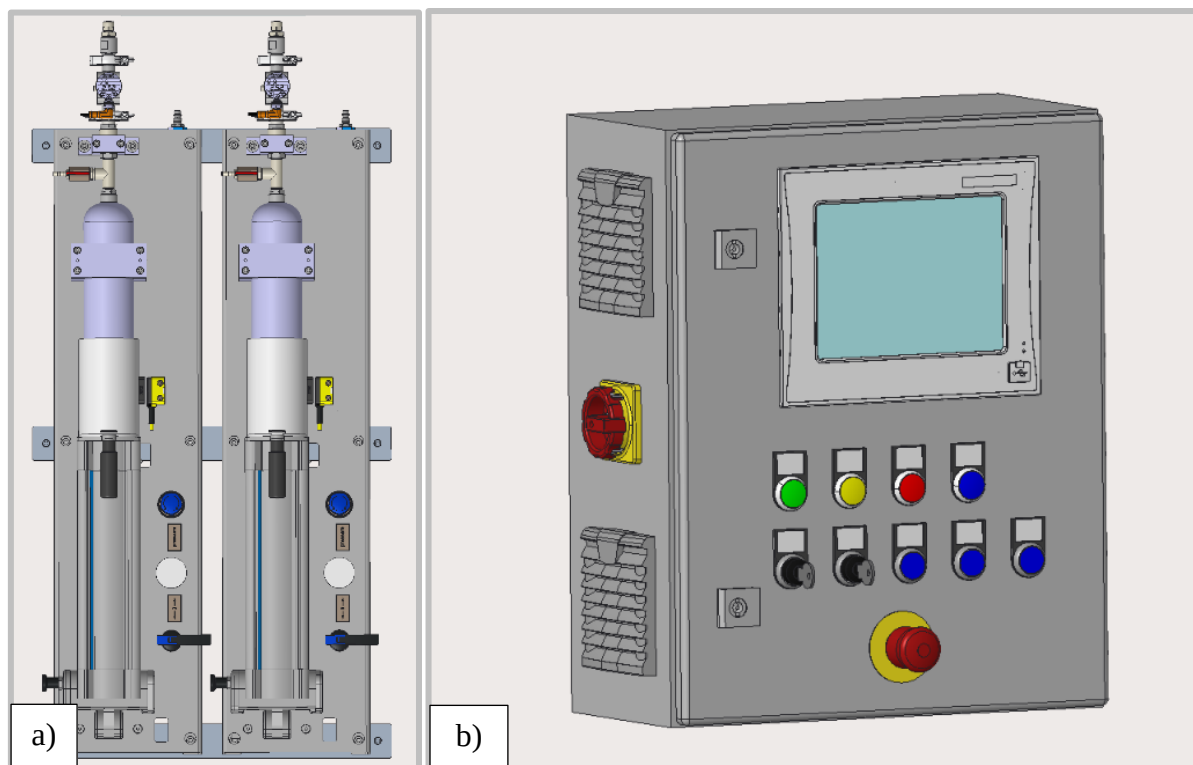
Tab 7) Použité komponenty

Součást	Popis
	Šestiosý robot • dosah: 726 mm • únosnost: 6,6 kg • opakovatelnost: $\pm 0,02$ mm • rozměr podstavy: 208 x 208 mm • hmotnost: cca 53 kg [7]
	Dvousložkový dávkovač • rozměry: 54,03 x 330,6 x 27 mm • hmotnost: 1,2 kg • provozní teplota: +10 až +80° • směšovací poměr: 1:1 až 1:10 • připojení trysky: bajonetový princip
	Kamera • rozměry: 35 x 35 x 48 mm • hmotnost: 82 g • typ: barevná • rozlišení: 2048 x 1536 px • připojení: konektor M12x1, ethernet [8]
	Objektiv • rozměry: Ø35 x 57,75 mm • hmotnost: 113 g • ohnisková vz.: 75 mm • clona: F2,8 – F16 • připojení: C-mount [9]
	Bodové osvětlení červené • rozměry: 32,3 x 32 x 32 mm • hmotnost: 136 g • aktivní plocha: Ø26 mm • vlnová délka: 625 nm • připojení: konektor M8x1 [10]

3.5 Zásobníky tmelu

3.5.1 Popis konstrukčního řešení

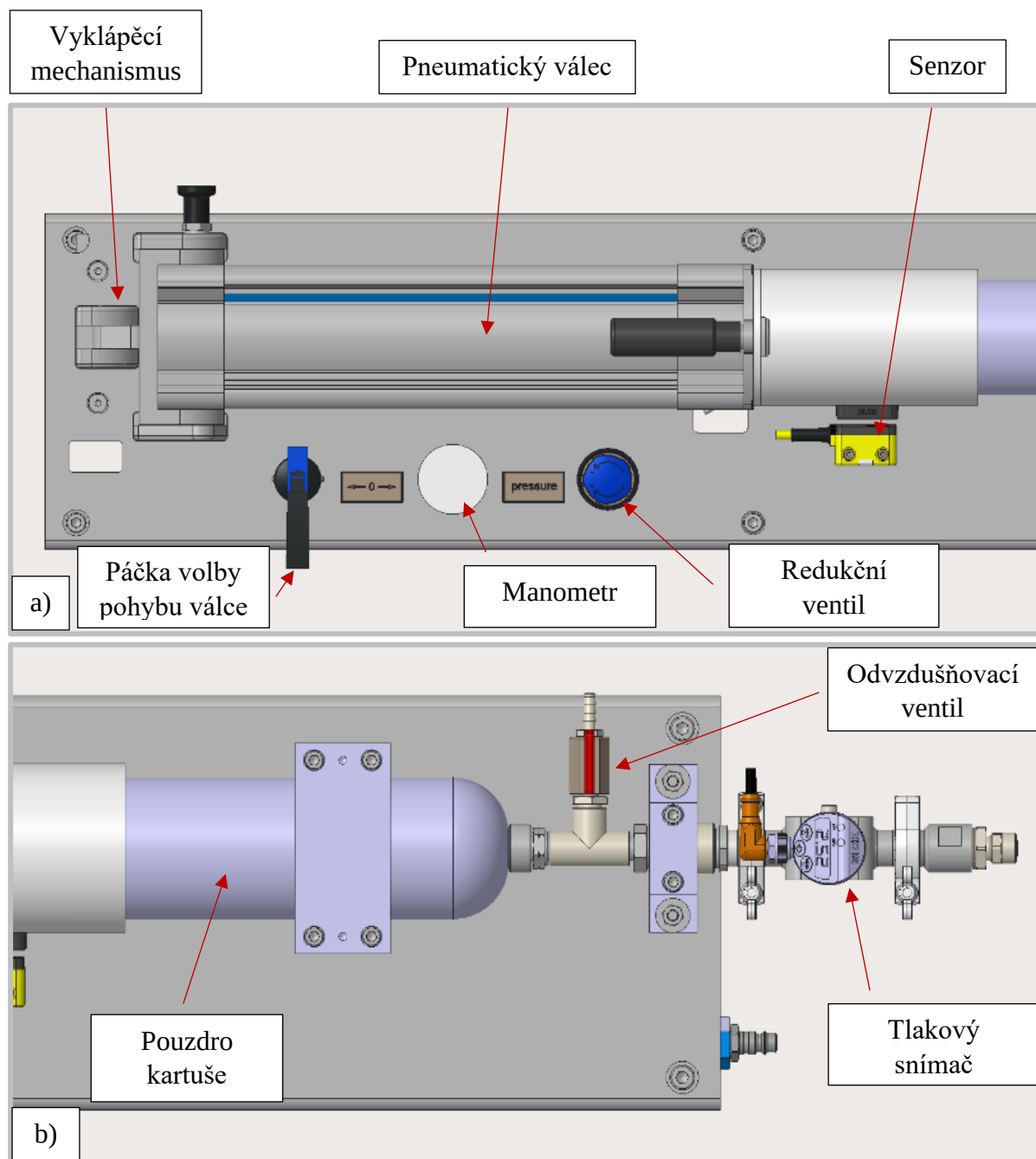
Podsestava zásobníků tmelu obsahuje dva zásobníky ViscoMT-C určené pro daný typ kartuše, řídicí panel dávkovacího systému ViscoDos-P a díly nutné k připojení zásobníků na rám. Zásobníky jsou spolu s řídicím panelem zobrazeny na Obr. 32).



Obr. 32) a) Zásobníky ViscoMT-C, b) řídicí panel ViscoDos-P

Zásobník, zobrazený na Obr. 33), funguje na principu pneumického vytlačování tmelu z kartuší směrem k dávkovači. Na základové desce zásobníku je otočně uchycen pneumatický válec DSBC-80-250-PA-N3 s průměrem pístu 80 mm (s teoretickou silou 3016 N při pohybu vpřed při 6 barech) a zdvihem 250 mm. Válec je osazen tlačným trnem, který silově působí na píst v kartuši, čímž dochází k vytlačování tmelu. Dále je osazen párem škrťících ventilů umožňujících regulaci množství vzduchu proudícího do válce a magnetickými senzory polohy pístu. Rotační uložení válce umožňuje jeho vyklopení a tím i snadnou výměnu kartuše. Nejprve se odjistí zajišťovací kolík a poté je za madlo válec vyklopen o 25°. Omezení koncových poloh je realizováno omezovacím kolíkem a také gumovým dorazem. Na krytu tlačného trnu, který mechanicky zabráňuje přístupu k pohyblivé části zařízení, je umístěn protikus senzoru detekující správnou polohou válce. Samotný senzor je pak přišroubován k základové desce. Kartuše je založena do pouzdra a spojena s odvzdušňovacím ventilem skrze šroubení. Odvzdušnění musí proběhnout po každé výměně kartuše, jinak by mohlo dojít k průchodu vzduchové bubliny až k dávkovači, a tudíž k výrobě zmetku. Odvzdušňovací ventil je umístěn ihned za kartuší, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám tmelu. Následně je do okruhu zapojen tlakový snímač, který kontroluje, zda tlak neklesl pod minimální možnou hladinu či nepřekročil maximální. Na základové desce je také umístěn redukční ventil pro nastavení správného tlaku vzduchu, manometr znázorňující reálný tlak (jedná se o tlak vzduchu proudícího do

pneumatického válce, nikoliv o tlak v okruhu tmelu zmíněný výše) a páčka sloužící k nastavení tří možností pohybu válce. První poloha znamená vytlačování tmelu, druhá zastavení pohybu a třetí návrat pístu do výchozí polohy.



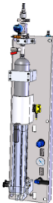
Obr. 33) a), b) Popis zásobníků tmelu

Zásobníky jsou vedle sebe umístěny tak, aby k nim měla obsluha snadný přístup a zároveň aby neomezovaly ostatní technologie a byly co nejblíže robotu kvůli délce hadic a množství tmelu v nich hromaděného.

3.5.2 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě zásobníků tmelu jsou shrnuty v tabulce Tab 8), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje.

Tab 8) Použité komponenty

Součást	Popis
	Zásobník tmelu - rozměry: 215 x 1067 x 260 mm - pracovní tlak: 6 bar - řídící jednotka: ViscoDos-P - hmotnost: cca 13 kg
	Řídící panel - rozměry: 400 x 500 x 210 mm - hmotnost: cca 15 kg

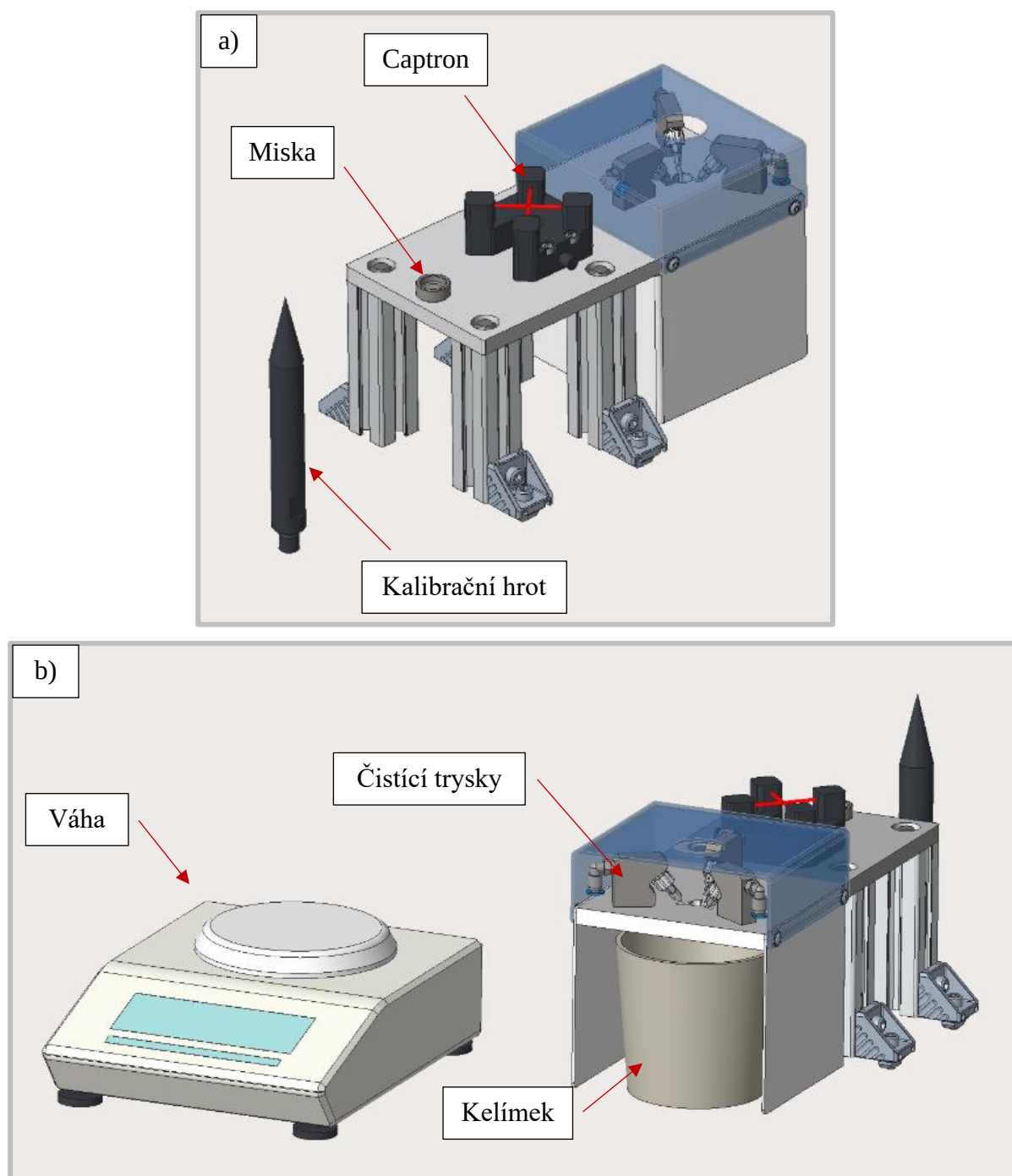
3.6 Čištění, kontrola trysky

3.6.1 Popis konstrukčního řešení

Čištění a kontrola trysky (viz Obr. 34)) je spíše podpůrná technologie stojící samostatně mimo otočný stůl. Jejím základem je deska připevněná pomocí čtyř profilů a úhelníků k základové desce celého stroje. Na ní se nachází tři kostky ve vzájemném úhlu 120°, do nichž je šroubením přiveden stlačený vzduch a pomocí trysek směřován do kruhového otvoru, kam robot zasune trysku dávkovače. Pod otvorem se nachází nádoba (kelímek) na zbytky tmelu o rozměrech udaných zákazníkem. Prostor, kde dochází k čištění, je směrem ke stroji zakrytován tak, aby nemohlo dojít k případnému znečištění zařízení, a naopak směrem k obsluze otevřen, aby bylo možné vyměnit nádobu.

Pro kontrolu trysky je nutné využít dva vzájemně kolmé paprsky, které tryska svým pohybem přeruší. Původní návrh obsahoval dvě oddělené vidlicové jednocestné závory, jejichž paprsky se neprotínaly, jak je tomu u finálního řešení, tudíž musela tryska protnout nejprve jeden paprsek a až poté druhý. S ohledem na zástavbové rozměry a snížení času kontroly je ve finálním řešení použita měřicí jednotka Captron OGLW2-40T-2PS6 kompaktní konstrukce určená k měření všech tří os. Výhodou je, že měření probíhá v jednom bodě, kde se protínají paprsky, a tak dochází ke snížení času nutného pro kontrolu.

Před měřicí jednotkou se nachází miska se silikonem, do kterého se mírně vtlačí tryska dávkovače při delší nečinnosti stroje. Pokud by tryska zůstala na vzduchu, mohlo by dojít k zatuhnutí tmelu a tím k nutnosti trysky vyměnit, odvzdušnit a zkalibrovat. Na základové desce stroje se také nachází kalibrační hrot robota.



Obr. 34) Čištění a kontrola trysky a) pohled zepředu, b) pohled zezadu

Součástí této podsestavy je i váha Vibra ALE 223R, určená ke kalibraci množství tmelu. Jedná se přesnou laboratorní váhu o maximální váživosti 220 g s dělením 0,01 g a opakovatelností 0,001 g. Vzhledem k nutnosti přesného měření je váha vybavena systémem odolným vůči elektromagnetickému i elektrostatickému rušení a změnám teploty. Uživatelské rozhraní zahrnuje LCD displej s podsvícením. Z hlediska času je výhodná krátká doba stabilizace, která činí pouhých 1,6 vteřiny. Váha je dodávána s ochranným krytem, který však bude v případě potřeby odebrán ze zástavbových důvodů. Váha bude postavena volně na základové desce stroje tak, aby byla jak v dosahu robota, tak i v dosahu obsluhy.

3.6.2 Stanovení pracovního času

Potřebné časy k provedení patřičných úkonů jsou uvedeny v podkapitole 3.4.2 v Tab 6) a jsou odlišeny kurzívou.

3.6.3 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě čištění a kontroly trysky jsou shrnuty v tabulce Tab 9), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje.

Tab 9) Použité komponenty

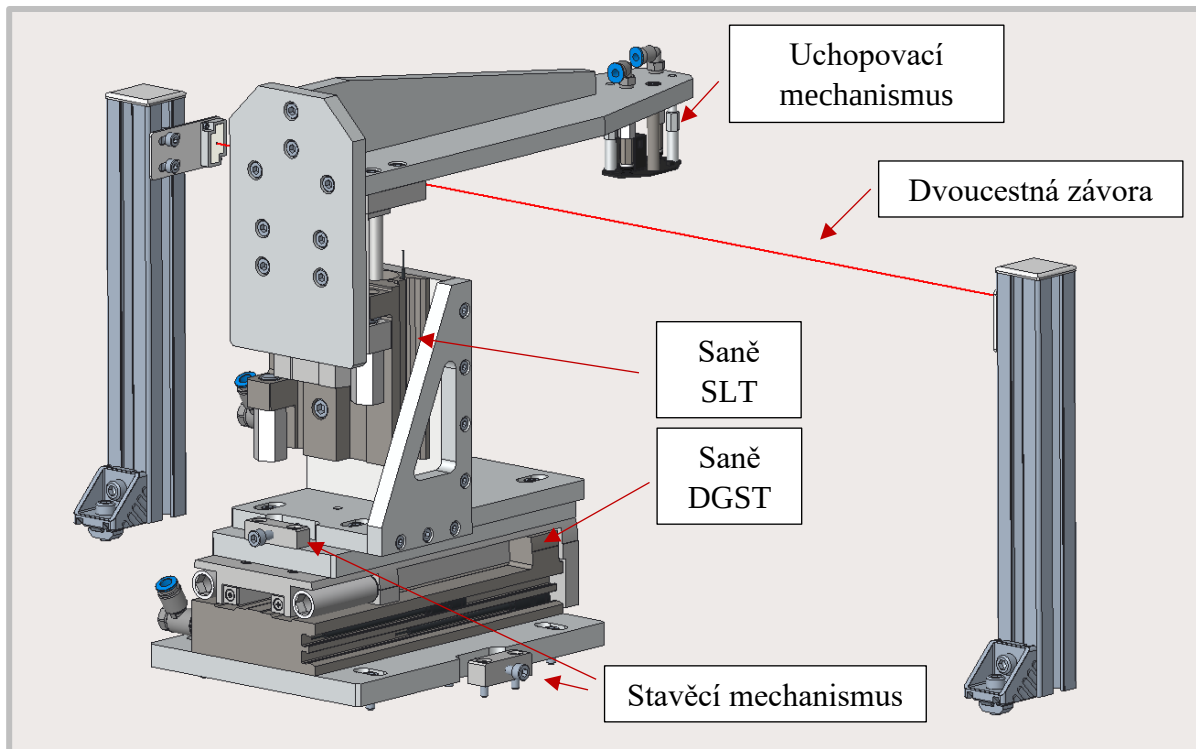
Součást	Popis
	Adaptér trysky - rozměry: Ø11,1 x 15.6 mm - materiál: polypropylen - vnější závit: M6 - připojení trysky: bajonetový princip - hmotnost: 9 g [11]
	Tryska - rozměry: Ø6.4 x 28 mm - materiál: polypropylen - připojení: bajonetový princip - vnitřní průměr: Ø1.3 mm - hmotnost: 5 g [12]
	Měřicí jednotka - rozměry: 60 x 60 x 34 mm - rozlišení: 0,2 mm - typ: 2x PNP spínací kontakt - druh světla: červené, 650 nm - připojení: konektor M8x1 [13]
	Přesná laboratorní váha - rozměry: 180 x 230 x 75 mm - váživost: 220 g - dělení: 0,01 g - opakovatelnost: 0,001 g - připojení: 1 x RS 232, USB [14]

3.7 Manipulátor DPS

3.7.1 Popis konstrukčního řešení

Manipulátor DPS (viz Obr. 35)) není narozdíl od jednotek nanášení tmelu a automatického šroubování řešení univerzálně pomocí elektricky řízených os z důvodu snadné přestavby stroje. Příčinou je to, že se jedná o poměrně malý manipulátor, který je přesně navržen pro konkrétní typ DPS a bylo by náročné ho navrhovat univerzálně bez znalosti nových dílů. Pokud přihlídneme k cenové relaci lineárních os a motorů spolu s případným zástavbovým prostorem,

jeví se jako vhodnější řešení použití menšího specializovaného manipulátoru na pneumatickém principu. Při přestavbě se poté navrhne zcela nový manipulátor, pro nějž však bude možné využít díly a komponenty již stávajícího řešení.



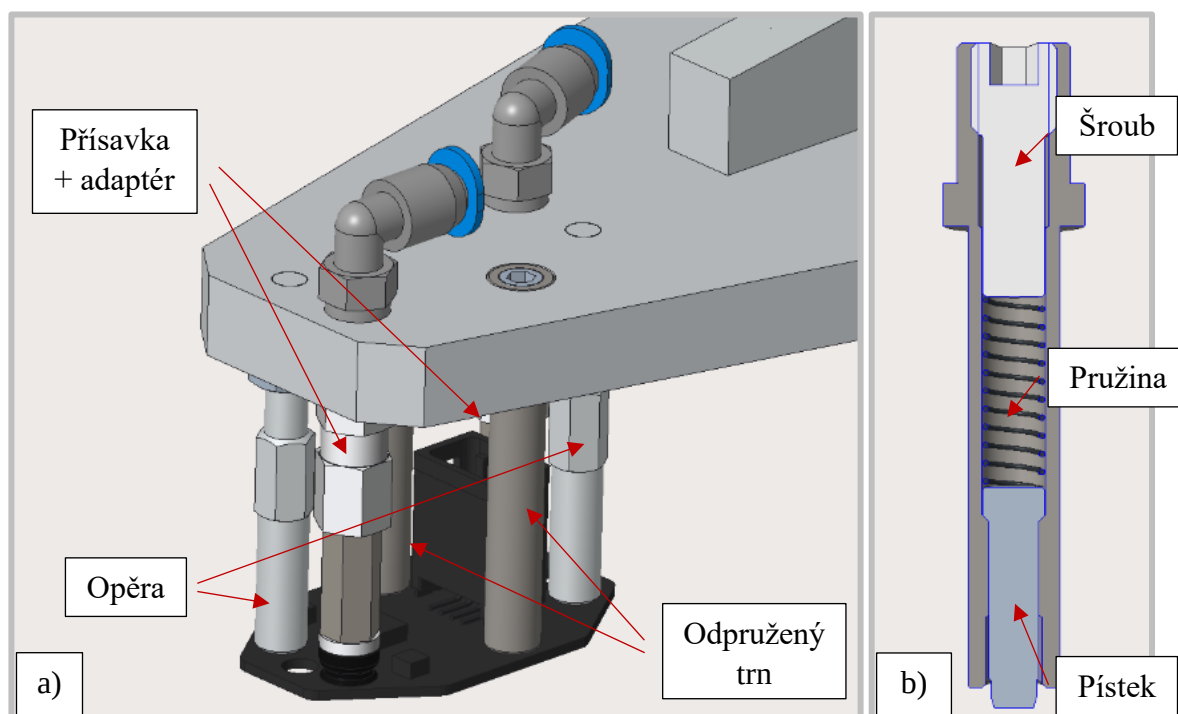
Obr. 35) Manipulátor DPS

Lůžko chladiče i DPS bylo navrženo tak, aby manipulace probíhala pouze v jednom směru a podstava DPS leží ve stejné rovině jak v lůžku, tak i na chladiči. Vzdálenost mezi počáteční a založenou polohou je 99 mm. Podélný pohyb manipulátoru zajišťuje pohon se saněmi. Toto řešení bylo zvoleno z důvodu jednoduchosti, nízkého zástavbového prostoru a finální ceny. Alternativním řešením by bylo použití válce typu DSNU či podobných s pohyblivou deskou umístěnou na lineárním vedení vybavenou externími koncovými dorazy a tlumením. Tato alternativa je poměrně složitá, zástavbově nepříznivá a s největší pravděpodobností i dražší.

Použitým pohonem v radiálním směru (vzhledem k otočné desce) je DGST-20-100-PA se zdvihem 100 mm s nastavitelným tlumením na obou stranách pohybu, který je usazen na desce umožňující tangenciální stavění manipulátoru ke slícování podélné roviny manipulátoru a DPS. Pro pohon v ose Z byl zvolen taktéž pohon se saněmi, jedná se však o SLT-20-40-PA se zdvihem 40 mm a nastavitelným tlumením stejně jako v předchozím případě. Shodně jsou pak voleny průměry pístů, a to 20 mm. Vzhledem k téměř nulovému zatížení bylo možné využít i jednu z nižších řad, nicméně výsledný vzhled manipulátoru by byl poněkud subtilní. Oba pohony jsou vzájemně spojeny konzolou nacházející se na desce umožňující dostavení manipulátoru v radiálním směru pro případ, že by z hlediska výrobních a montážních tolerancí nebylo možné tento směr nastavit oním zbývajícím jedním milimetrem ze zdvihu DGST. V žebří konzoly se nachází vybrání z důvodu přístupnosti k magnetickým senzorům polohy. K saním SLT je připojena druhá konzola, která je zároveň osazena mechanismem pro uchopení

DPS. Oba dva pneumatické pohony jsou osazeny šroubením pro přívod vzduchu a magnetickými snímači pro detekci koncových poloh.

Způsob uchopení DPS je popsán na Obr. 36) a). Vzhledem k nízké hmotnosti desky je využito dvou vakuových přísavek ZP2-TB06EUGS-H5 o průměru 6 mm. Ty jsou přes adaptér uchyceny k ventilu pro udržení vakua ZP2V-B5-07. Shora je pak přiveden tlakový vzduch šroubením QSMML M5-4. Protože je přísavka poddajná, je DPS opřena o dva stavitelné trny, kterými je možné seřídit vzdálenost DPS od spodní plochy přísavky a zajistit pevnou pozici v ose Z. Během pohybu by teoreticky mohlo dojít k pohybu desky na přísavkách a opěrných trnech, proto je DPS polohována dvěma odpruženými trny zobrazenými v řezu na Obr. 36) b). Odpružený trn se skládá z tělesa, v němž je po pružině uložen pístek, který se při kontaktu s polohovacími trny lůžka a chladiče zasune do tělesa a naopak při zvedání DPS zaujme místo v polohovacích otvorech, čímž zabrání pohybu DPS během manipulace. Pružina je předepnuta pomocí upraveného stavěcího šroubu.



Obr. 36) a) Uchopení DPS, b) odpružený trn

Součástí této sestavy je také kontrola založení pomocí dvoucestné optické závory BOS012E. Jedná se o spínací kontakt, protože je detekována přítomnost dílu. Logika použití spínacího typu je popsána v podkapitole 3.2.1. Světelný paprsek se odráží od odrazky BAM00UM zpět k přijímači. Snímač i odrazka jsou pomocí držáků připojeny k profilům, které umožňují jejich nastavení ve dvou směrech. Třetí směr není třeba stavět vzhledem k dosahu optického paprsku.

3.7.2 Stanovení pracovního času

Pro stanovení času nutného k vykonání pohybu pneumatického pohonu lze ve většině případů použít simulační program, který je dostupný na webových stránkách společnosti Festo. Avšak řady DGST a SLT tvoří výjimku a nejsou v simulaci dostupné, proto byl ohledně časové náročnosti úkonů vznesen dotaz na technickou podporu dodavatele. Odpovědí byl čas cyklu (tj.

dopředný i zpětný pohyb saní) 5,3 vteřin pro DGST a 3,2 vteřin pro SLT při nastavení škrťících ventilů do střední polohy. Výsledná rychlost se tudíž může různit dle nastavení škrťících ventilů v reálném provozu, nicméně pro vyvození předběžných závěrů jsou tyto hodnoty dostačující.

Po dosažení polohy pro uchopení DPS je počítáno s prodlevou 0,5 vteřiny pro sepnutí ventilu a stejná prodleva je brána v potaz i v případě založení na chladič. Čas pro kontrolu založení je vzhledem k charakteru optického senzoru minimální. Připočtením získaných hodnot od technické podpory se celkový čas založení rovná 12,7 vteřinám a nachází se hluboko po zadaným limitem.

3.7.3 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě manipulátoru DPS jsou shrnuty v tabulce Tab 10), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje. Zmíněny nejsou komponenty jako šroubení, pružina, odrazka či magnetické senzory, neboť jejich další popis je vcelku zbytečný.

Tab 10) Použité komponenty

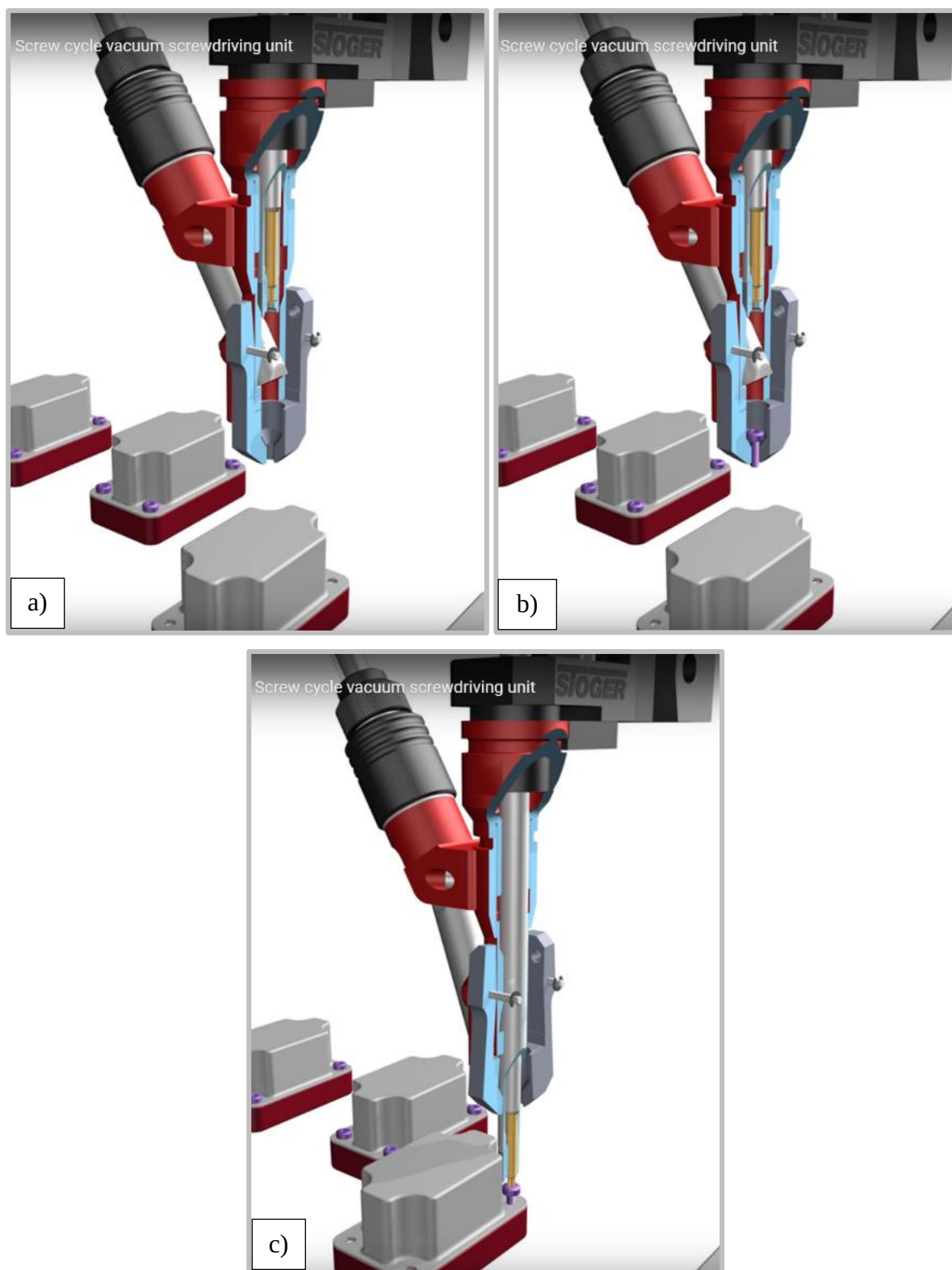
Součást	Popis
	Pohon se saněmi • průměr pístu: 20 mm • zdvih: 100 mm • tlumení: pružné tlumící kroužky/desky • snímání poloh: magnetické snímače • typ pohonu: dvojčinný [15]
	Pohon se saněmi • průměr pístu: 20 mm • zdvih: 40 mm • tlumení: pružné tlumící kroužky/desky • snímání poloh: magnetické snímače • typ pohonu: dvojčinný [16]
	Přísavka • rozměry: Ø6.7 x 10 mm • připojení: M5 • materiál: vodivá silikonová pryž • typ: plochý • plocha přísavky: Ø6 mm [17]
	Ventil pro udržení vakua • rozměry: Ø8 x 20 mm • vnější připojení: M5 • vnitřní připojení: M5 • velikost otvoru: Ø0,7 mm [18]

BOS012E 	Dvoucestná optická závora • dosah: 0-4 m • rozměry: 10,8 x 43,5 x 19,5 mm • rozhraní: PNP spínací kontakt • připojení: konektor M8x1 • provozní napětí: 10-30 V DC [19]
--	---

3.8 Jednotka automatického šroubování

3.8.1 Popis konstrukčního řešení

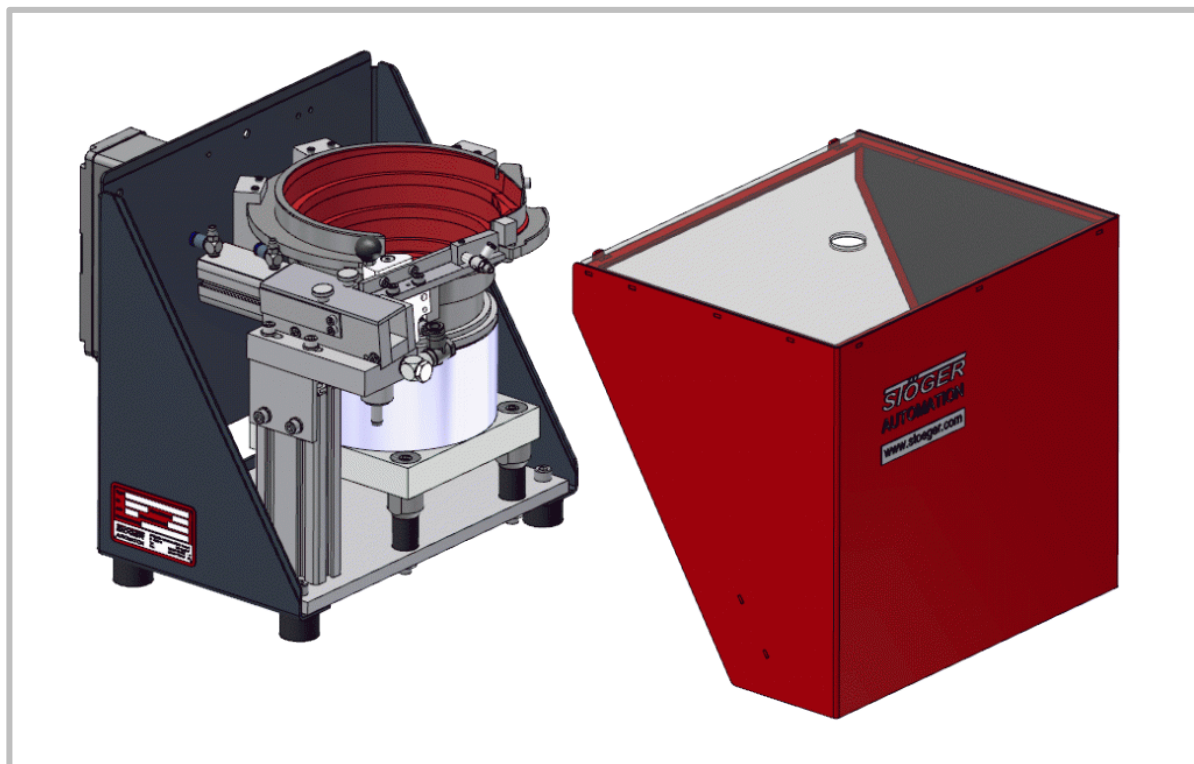
Jednotka automatického šroubování slouží k připojení DPS na chladič pomocí šroubováku Stöger umístěném na dvouosém manipulátoru kvůli usnadnění budoucí přestavby. Třetí, elektricky řízená osa v tomto případě není potřeba, neboť mírné přenastavení v ose Z je možné pomocí samotného šroubováku, případně lze dodatečně vyrobit závity na desce šroubováku. Návrh kompletního systému automatického šroubováku byl konzultován s dodavatelem, který si vyžádal potřebné podklady jako tvar, délka a materiál šroubů, montážní poloha, informace o případné zástavbě v okolí místa šroubování, cyklový čas, 3D modely součástí, minimální vzdálenost čela šroubováku od plochy, na kterou dosedá hlava šroubu a mnoho dalších. Společnost Stöger také dodává automatické zásobníky šroubů, které byly taktéž předmětem dodavatelského řešení spolu s řídicí jednotkou. Dodavatel zvážil a vyhodnotil veškeré informace a nabídl řešení uzpůsobené této konkrétní aplikaci a konkrétnímu typu šroubu vycházející z automatického šroubováku řady SVS 2001 zobrazeném na Obr. 39). Hmotnost šroubováku se pohybuje kolem 10 kg a jeho rozměry jsou 1082 x 56 x 166 mm včetně motoru Bosch. Rozsah krouticího momentu je od 0,2 do 4,5 Nm, který pokrývá požadavek zákazníka na utahovací moment 1 Nm. Princip udržení šroubu na bitu je v tomto případě magnetický, a to díky materiálu šroubu. Pokud by se tento způsob ukázal jako nevhodný, je možné integrovat vakuový přidržovač šroubů, který se běžně používá pro nemagnetické materiály. Samotný šroubovák sestává z výklopných čelistí, které jsou v zavřené poloze staženy pryžovým kroužkem, systémem pro přivedení šroubu do čelistí a motorem poháněným vřetenem, které je pomocí pneumatického válce axiálně pohyblivé po lineárním vedení. Průběh šroubování je zobrazen na Obr. 37) a popsán v následujících řádcích. Do čelistí je skrz hadici přiveden šroub, který dosedne na kuželovou plochu. Následně je vřeteno osazené magnetickým bitem přisunuto pomocí pneumatického válce k hlavě šroubu, kde dojde k sepnutí motoru a osazení bitu do hlavy šroubu. Tlačnou silou pneumatického válce dojde k vyklopení čelistí do stran a šroub s bitem na lineárním vedení sjíždějí k chladiči. Po dosažení nastavené polohy dojde k synchronizace otáček v závislosti na posuvu a šroub je zašroubováván. Po dosažení nastaveného krouticího momentu (potažmo i polohy) dojde k zastavení šroubování a pneumatický válec vrací vřeteno do výchozí polohy, aby uvolnil prostor pro přivedení dalšího šroubu do čelistí.



Obr. 37) Šroubování a) výchozí stav, b) nabití šroubu, c) zašroubování [20]

Součástí dodávky je také vibrační zásobník vycházející z řady ZSE 1800 (viz Obr. 38)), který automaticky zajišťuje přívod šroubů do čelistí šroubováku a zároveň signalizuje výstrahu, pokud dojde k nedostatku šroubů. Samostatně stojící zásobník je umístěn ve volném prostoru

stroje poblíž manipulátoru. Řídící jednotka eControl 3051 je osazena na rámu stroje způsobem snadno dostupným a viditelným pro obsluhu stroje.



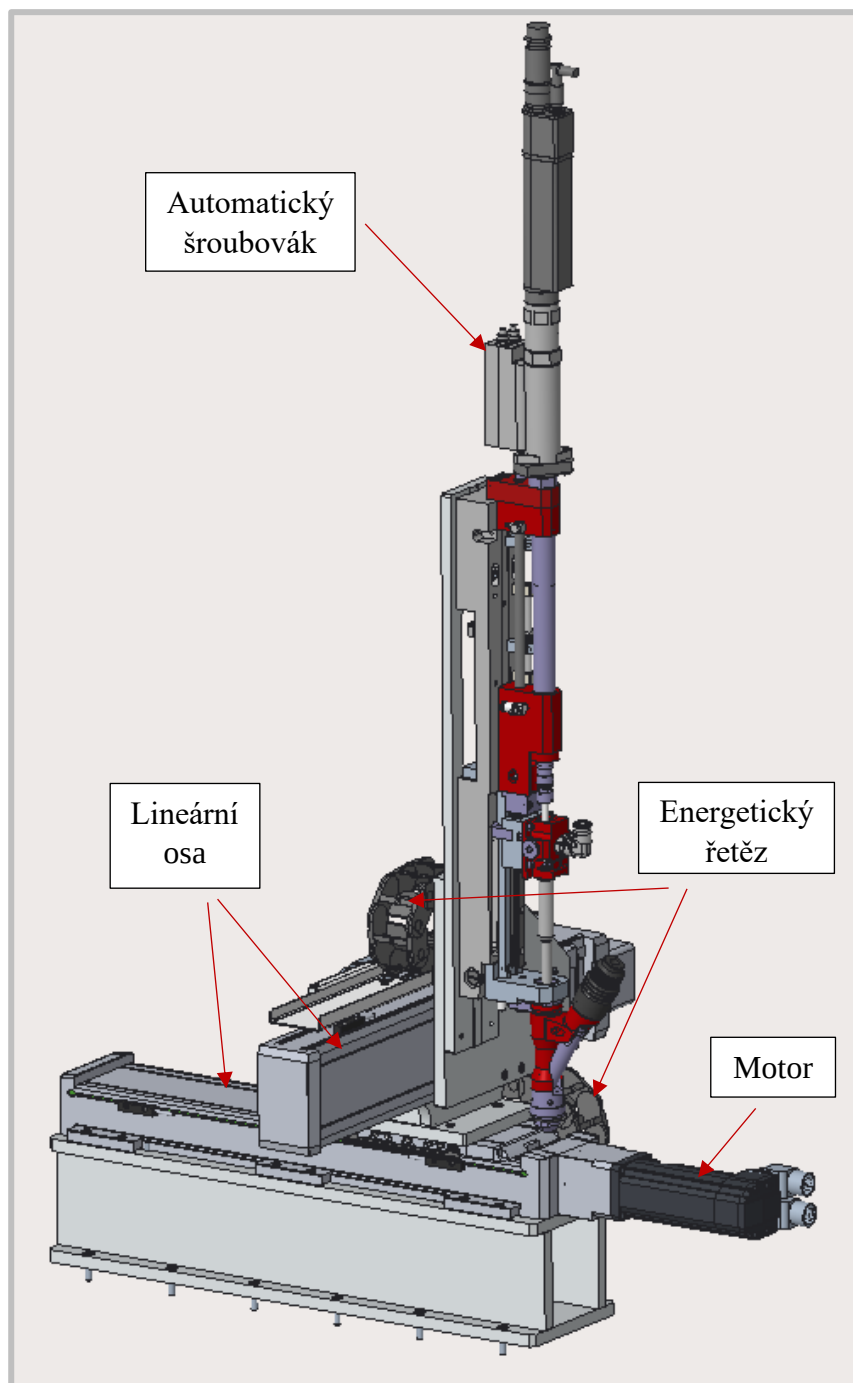
Obr. 38) Vibrační zásobník ZSE 1800 [21]

Na základě zástavbového prostoru a rozměrů s hmotností šroubováku byl také navržen manipulátor. Jako další vstupní parametry byly stanoveny rozsahy pohybů jednotlivých os, které v podélné (tangenciální) ose dosáhly hodnoty 250 mm a v příčné (radiální) 200 mm. Tato plocha bezpečně pokrývá prostor paletky, kde by se v budoucnu mohla vyskytovat DPS jakéhokoliv tvaru. Doba nutná k dosažení koncových poloh předběžně odpovídá 3 vteřinám. Pro oba směry byly vybrány lineární osy HT100S od společnosti Hiwin s kuličkovým šroubem o stoupání 5 mm. Následně byly osy předběžně zapracovány do zástavby manipulátoru a tento koncept, obsahující základní rozměry a polohu těžiště byl odeslán dodavateli, který provedl ověření vhodnosti použití vytipovaných komponent. Výpočtové protokoly pro obě osy popisují přílohy *Návrh osy HT100S – 200 mm* a *Návrh osy HT100S – 250 mm*.

Protokoly obsahují všechny zadané parametry, vypočtené hodnoty a výstupní grafy točivého momentu osy i motoru, kritické rychlosti kuličkového šroubu a celkového profilu pohybu. Nejdůležitější zprávou je fakt, že navržené osy jsou pro danou aplikaci vhodné a mohou být pro danou aplikaci použity. Z protokolů lze dále vyčíst teoretickou životnost kuličkového šroubu a lineárního vedení os. V případě podélné osy je životnost vedení 44 000 km a životnost KŠ vyšší než 50 000 km, pro příčnou osu je pak životnost v obou případech vyšší než 50 000 km. Vzhledem k současné charakteristice pohybu se jedná o naddimenzované řešení. Protokoly taktéž uvádějí typ motoru, potřebného pro pohon os. V obou případech byl shodně zvolen motor BSH0552T od společnosti Schneider Electric.

Výsledný návrh manipulátoru je zobrazen na Obr. 39). Společnost Hiwin nabízí několik možností připojení motorů k lineární ose. Pro podélnou osu byl zvolen způsob přímého

připojení, neboť zde není omezení zástavbovým prostorem a jedná se o cenově nejvýhodnější variantu. V případě příčné osy je použita předloha s ozubeným řemen, neboť by při použití přímého řešení trčel motor mimo rám stroje. Motor je orientován k upínací ploše osy jako jistá protiváha ke šroubováku. Konektory motorů Schneider je možno o 180° otočit, tudíž jejich výsledná orientace bude určena až při montáži a pozice na Obr. 39) je nezávazná. Detailnější pohled na sestavu nabídne kapitola 4.



Obr. 39) Automatické šroubování

Základ této stanice tvoří stojan, složený ze čtyř desek určujících potřebnou pozici manipulátoru v ose Z, na němž je pomocí upínek Hiwin připojena podélná osa. Podélná osa je

osazena konzolou, k níž je upínkami uchycena příčná osa nesoucí šroubovák. Jedno žebro konzoly je odlehčené kvůli prostoru pro motor. Vzájemné polohy součástí vůči sobě je dosaženo použitím středících pouzder a kolíků. Z důvodu nutnosti přivedení kabeláže na pohybující se součásti manipulátoru je ke každé ose připojen energetický řetěz navržený pro daný zdvih a předpokládaný průřez kabeláže. V případě spodní osy byl vybrán typ E14.3.0480 od společnosti Igus, v případě druhém typ E14.3.038.0 o menší ploše průřezu. Poloměr ohybu energetických řetězů byl stanoven na základě informací získaných z katalogových listů kabeláže energetickými řetězy vedené.

3.8.2 Stanovení pracovního času

Pracovní čas byl stanoven na základě informací od dodavatelů lineárních os a systému automatického šroubování a je shrnut v Tab 11).

Tab 11) Časy jednotlivých úkonů

Pracovní úkon	Čas
Zašroubování jednoho šroubu M3x10 včetně kontroly zašroubování	3 s
Automatické nabití šroubu probíhá souběžně se šroubováním	0 s
Přejezd manipulátoru	0,5 s

Z tabulky vyplývá, že automatický cyklus šroubování trvá celkem 7 vteřin i s návratem do výchozí polohy, což je čas hluboko po zadaným limitem.

3.8.3 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě jednotky automatického šroubování jsou shrnuty v tabulce Tab 12), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje.

Tab 12) Použité komponenty

Součást	Popis
	Lineární osa s kuličkovým šroubem • zdvih: 200 a 250 mm • opakovatelnost: $\pm 0,02$ mm • standardní zatížení: 40 kg • max. síla posuvu: 2 044 N • max. rychlost: $0,8 \text{ ms}^{-1}$ [22]
	Servomotor • točivý moment: 0,9 Nm • otáčky: $6\,000 \text{ min}^{-1}$ • max. otáčky: $9\,000 \text{ min}^{-1}$ • brzda: ne • krytí: IP 50 [23]

SVS 2001 	Automatický šroubovák • rozměry: 1082 x 56 x 166 mm • hmotnost: cca 10 kg • přesnost umístění: 0,2 mm na osu závitu • kapacita: 30 ks/min • krouticí moment: 0,2 – 4,5 Nm [24]
ZSE 1800 	Vibrační zásobník • rozměry: 321 x 324 x 254 mm • hmotnost: cca 8 kg • max. Ø šroubu: 8 mm • Ø vibrační misky: 180 mm • hlučnost: < 78 dB [21]
eControl 3051 	Řídicí jednotka • rozměry: 314 x 171 x 295 mm • hmotnost: cca 4 kg [25]

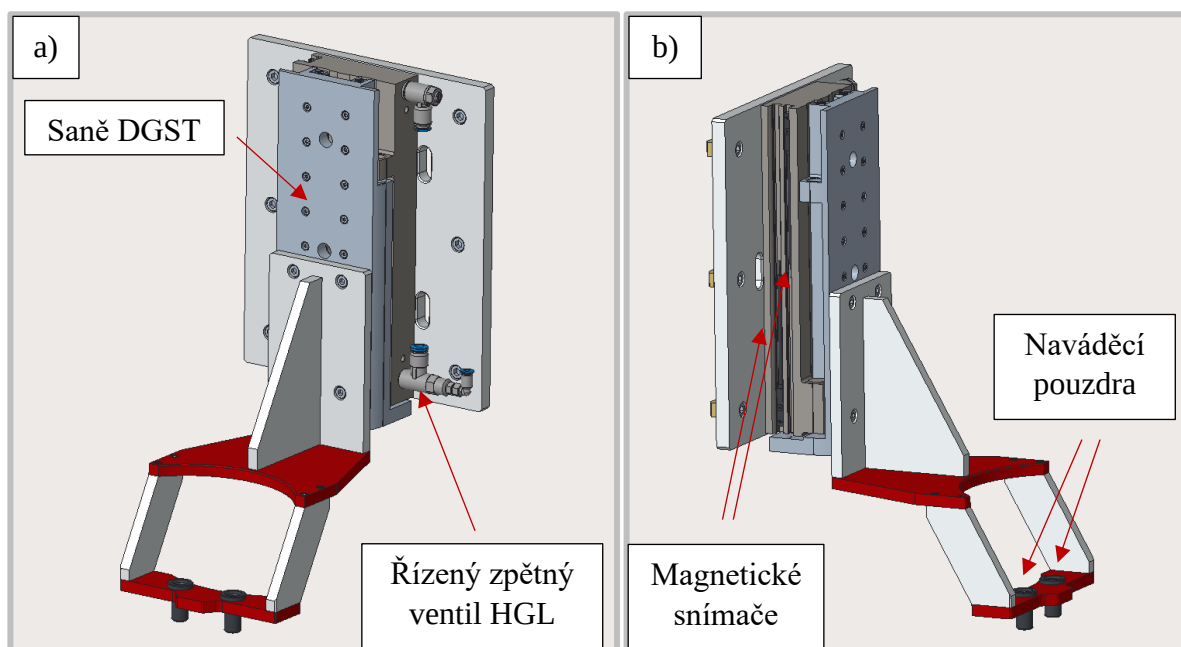
3.9 Šroubovací šablona

3.9.1 Popis konstrukčního řešení

Úkolem šablony šroubování je zabránit poškození DPS a navést šrouby do správné polohy. Vzhledem k nutnosti prostoru pro zakládání dílů do lůžek i pro založení samotného reflektoru je nutné, aby šablona byla pohyblivá a do dané polohy najela pouze v určité části pracovního cyklu. Způsobů, jakými toho může být docíleno, je vícero. Šablona může lineárně sjíždět v ose Z, což ovšem znamená, že zdvih pohonu musí být takový, aby bylo bezproblémově možné zakládání dílů v horní poloze šablony. Z toho vyplývá, že zdvih bude muset být poměrně velký a také naváděcí pouzdra budou muset být vcelku předsazená do prostoru obsluhy. Alternativním řešením je použití kyvného pohonu, kdy bude šablona otočena o 90° pro dosažení pracovní pozice. Toto řešení poskytne takřka neomezený zakládací prostor ve střední části paletky, kde dochází ke šroubování, nicméně kyvný pohon musí být umístěn zprava nebo zleva vzhledem k šabloně. Tím dojde ke značnému omezení prostoru pro ruku držící šroubovák na levé či pravé straně, čímž vyvstává otázka, zda by tato varianta byla vhodná jak pro leváky, tak i pro praváky. Dalšími, avšak na první pohled méně vhodnými či zbytečně složitými variantami mohou být šablony kombinující oba výše zmíněné způsoby či šablony umístěné po bocích pracovního prostoru. Pro další návrh byla zvolena první varianta s lineárním pohybem v ose Z, kterou je možno navrhnout symetricky.

Základem sestavy, zobrazené na Obr. 40), je pohon se saněmi DGST-20-125-E1A se zdvihem 125 mm, průměrem pístů 20 mm a tlumením pomocí elastomerů bez možnosti nastavení zdvihu. Tento typ pohonu byl zvolen ze stejného důvodu jako u manipulátoru DPS, neboť není nutné skládat jednotku z jednotlivých komponent. Stavění zdvihu není v tomto případě potřeba, neboť na poloze v zasunutém stavu naprosto nezáleží a při vysunutém stavu

zůstane mezi reflektorem a naváděcím pouzdem vůle 0,5-1 mm. Šablonu je také možno dostavit přímo v drážkách profilů, ke kterým je uchycena a kdyby přeci jenom vyvstala nutnost přidavného tlumení, saně jsou připraveny k upevnění přidavných tlumících elementů. Velikost pohonu byla zvolena spíše na základě celkového výsledného vzhledu sestavy než na požadavcích únosnosti. Síla potřebná k pohybu je vzhledem ke hmotnosti součástí minimální a zatížení se blíží nule, protože šablona není určena k podepření rukou operátora. Nicméně kdyby náhodou došlo k neplánovanému kontaktu obsluhy se šablonou, je tento typ saní dostatečně tuhý a odolný. Saně jsou osazeny magnetickými senzory pro snímání krajních poloh, ve směru výsuvu je umístěn škrťací ventil a ve směru opačném řízený zpětný ventil HGL-1/8-QS-6. Řízený zpětný ventil je charakteristický tím, že je do něj přiveden tlakový vzduch dvěma hadicemi, přičemž jedna je řídicí. Řídicí tlakový vzduch otevírá ventil pro pracovní vzduch a v případě, že dojde k poruše stroje a vzduch takzvaně spadne (resp. ventily nejsou nadále ovládány a může dojít k odvětrání), dojde k uzavření průtoku vzduchu ventilem, čímž se zabrání samovolnému pádu či sjetí šablony vlivem gravitačních sil. Pohon je upevněn na základové desce, ve které jsou otvory pro zavedení kabelů a hadic do vnitřního prostoru stroje.



Obr. 40) Šablona šroubování a) pohled zprava, b) pohled zleva

Samotná šablona je pak navržena tak, aby operátoru poskytovala dostatečný manipulační prostor a zároveň aby nedošlo ke kolizi s ostatními technologiemi nebo s reflektorem. Veškeré součásti jsou vyrobeny z duralu a pomocí středících pouzder vzájemně zapolohovány, pouze zalisovaná naváděcí pouzdra jsou ocelová a následně kalená pro zvýšení odolnosti a otěruvzdornosti. Duralové součásti budou eloxovány pro zvýšení estetického dojmu stroje. Pozice šablony vůči reflektoru je patrná z obrázků v kapitole 5.

3.9.2 Stanovení pracovního času

Pracovní čas byl stejně jako v kapitole 3.7 určen technickou podporou dodavatele. Vzhledem k předpokládanému časovému vytížení první pozice byl kladen důraz na minimální čas dopředného i zpětného pohybu. Rychlost pohybu saní není limitována, neboť se obsluha stroje bude nacházet za optickým závěsem. Při uvážení všech dostupných informací a parametrů při

návrhu stroje byl celkový čas obou pohybů určen na 3,96 vteřiny, avšak pro další návrh bude počítáno s hodnotou 4,4 vteřiny, která zahrnuje desetiprocentní odchylku od získané hodnoty.

3.9.3 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě šablony šroubování jsou shrnuty v tabulce Tab 13), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje.

Tab 13) Použité komponenty

Součást	Popis
	Pohon se saněmi • průměr pístu: 20 mm • zdvih: 125 mm • tlumení: elastomerové tlumiče • snímání poloh: magnetické snímače • typ pohonu: dvojitý [15]
	Řízený zpětný ventil • připojení 1: G1/8 • připojení 2: nástrčné Ø6 mm • připojení 3: M5 • provozní tlak: 0,5-10 bar [26]

3.10 Blokování NOK dílů

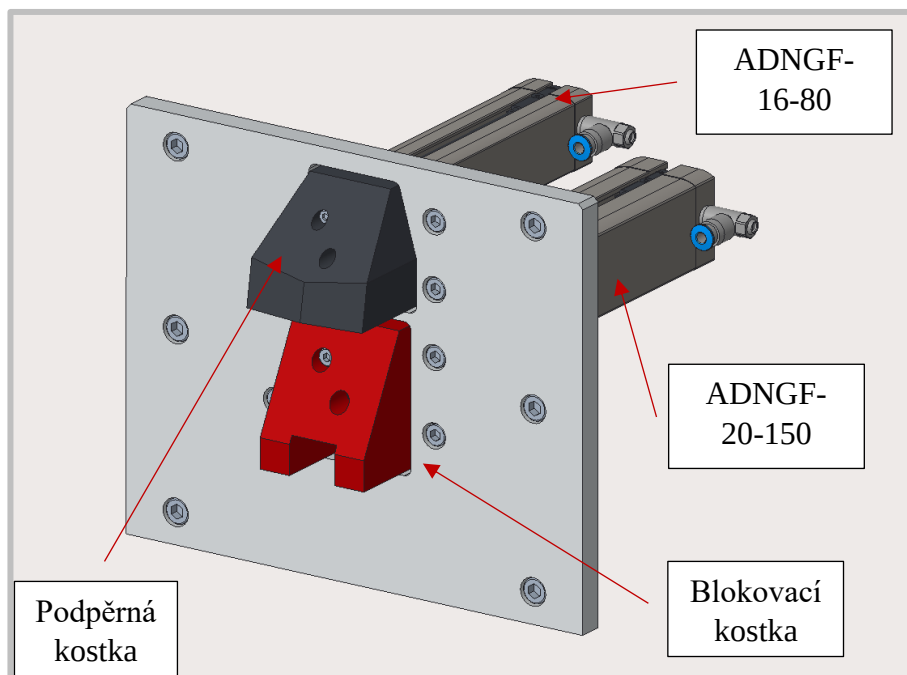
3.10.1 Popis konstrukčního řešení

Blokovací mechanismus slouží k zabránění vyjmutí zmetkových součástí z lůžka. Způsobů, kterými lze docílit požadovaného výsledku, je několik. Základem je umístění blokovací kostky či jiné součásti nad chladič, otázkou však zůstává, z jakého směru bude vysunuta. Nejjednodušším řešením by bylo využití šablony šroubování, nicméně to by mohlo mást obsluhu, proto musí být řešení samostatné. Teoreticky by bylo možné osadit paletku otočnými upínkami od společnosti Festo, nicméně toto řešení je velmi nevhodné z hlediska nutnosti přívodu energií na otočnou část stolu. Otočné upínky je také možné navrhnout mechanicky, kdy bude pohyb realizován pneumatickým válcem umístěním pod otočným stolem a skrze tlačný trn pohybovat upínkou, která bude součástí paletky. Zmíněná řešení však nejsou příliš vhodná, proto se nabízí lineární či rotační pohyb z čela, případně ze stran paletky. Problém rotačního pohybu je v tom, že kyvný pohon by byl umístěn v pracovním prostoru operátora. Z lineárních pohybů se jako nejvhodnější jeví ten, který je umístěn v čele stroje.

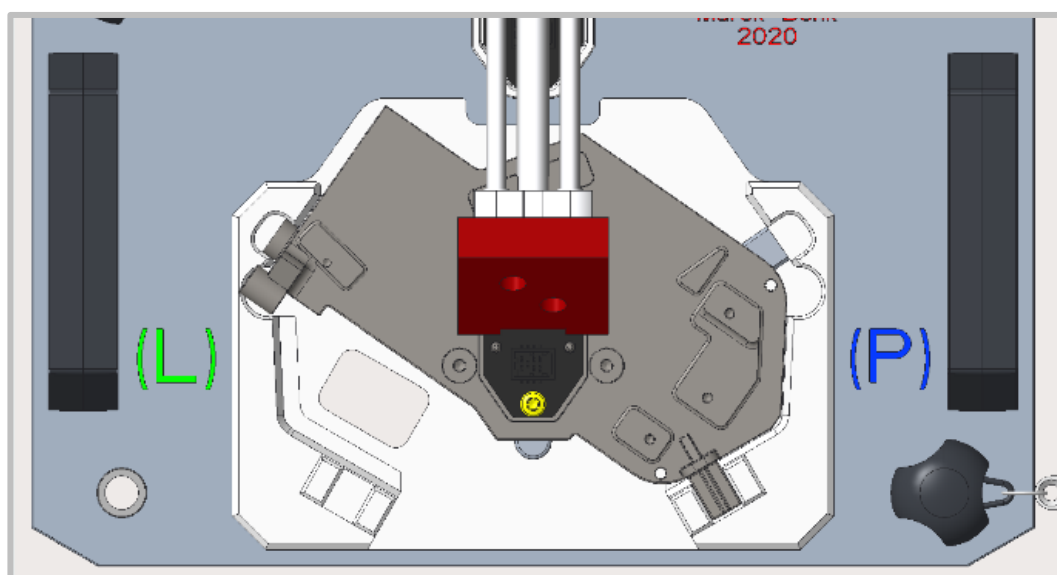
Dalším faktorem, který podstatně ovlivnil návrh této podsestavy, je těžiště reflektoru. To se sice nachází v prostoru, kde jsou i dosedací plochy, nicméně leží v jeho okrajové části. Při neopatrném založení, případně při nechtěném dotyku reflektoru by mohlo dojít k jeho překocení a tím i ke znemožnění šroubování či k výrobě NOK kusu. Proto bude do návrhu začleněn opěrný mechanismus, který případnému převrácení zabrání.

Blokovací mechanismus zobrazený na Obr. 41) je realizován pomocí pneumatického válce ADNGF-20-150-P-A s průměrem pístu 20 mm, zdvihem 150 mm a tlumením pružnými

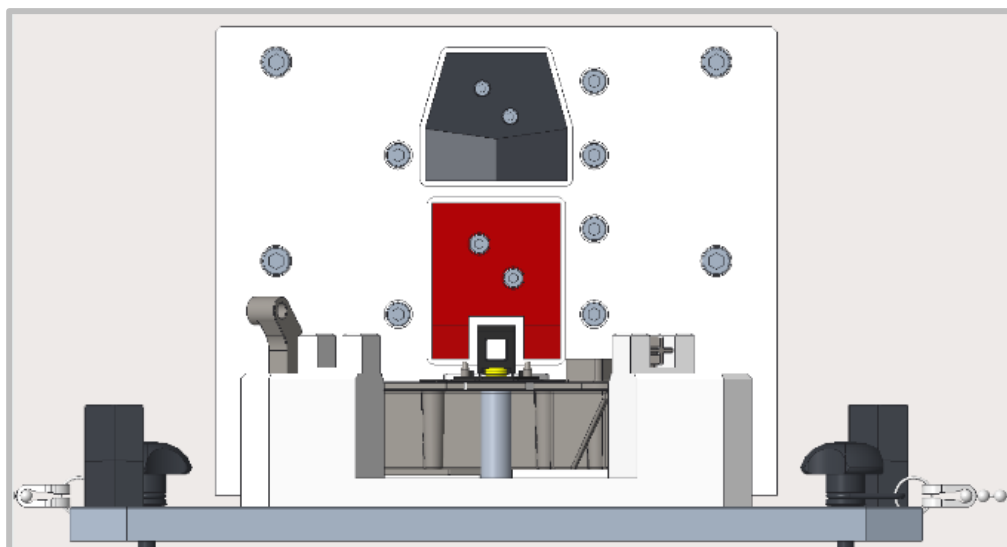
kroužky na obou stranách. Zdvih není nikterak nastavitelný, ani se nedojíždí na doraz, neboť v tomto případě není jakákoliv vyšší přesnost polohování potřeba. Válce ADNGF jsou charakteristické dvěma vodícími tyčemi, které zabraňují natočení pístnice během pohybu. Vzhledem k tomu, že zatížení válce je téměř nulové, byla velikost zvolena na základě celkového vzhledu sestavy, neboť při použití nižší řady válců se blokovací mechanismus jeví poněkud subtilní. Válec je připojen k základové desce pomocí ocelového držáku a je osazen duralovou blokovací kostkou. Ta je navržena tak, aby se ve vysunuté poloze nacházela přibližně ve střední části chladiče (viz Obr. 42) a Obr. 43)) a zároveň je ve střední části vybrána kvůli možnosti selhání načtení DPS, které by pak zůstalo založené v lůžku DPS až do ukončení cyklu.



Obr. 41) Blokovací mechanismus

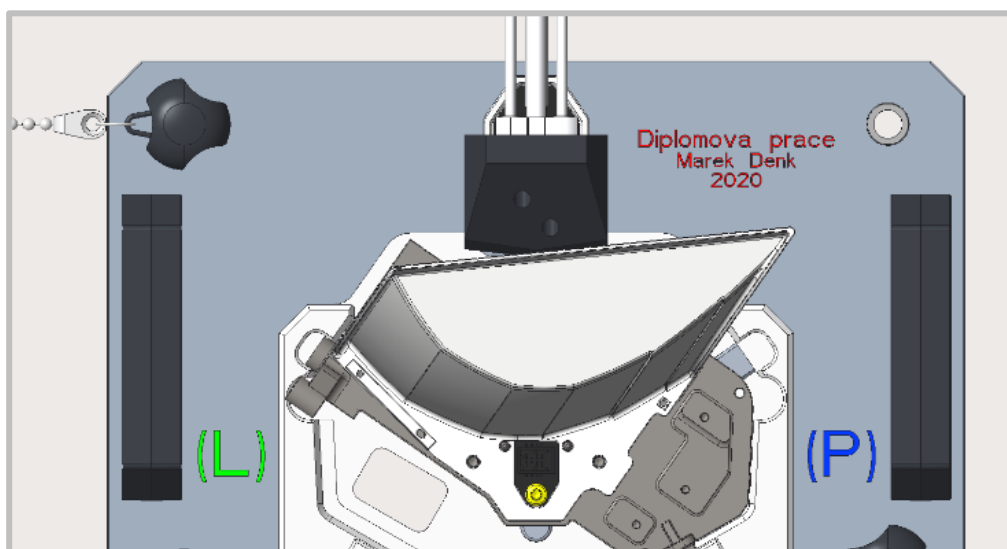


Obr. 42) Zablokování chladiče – pohled shora

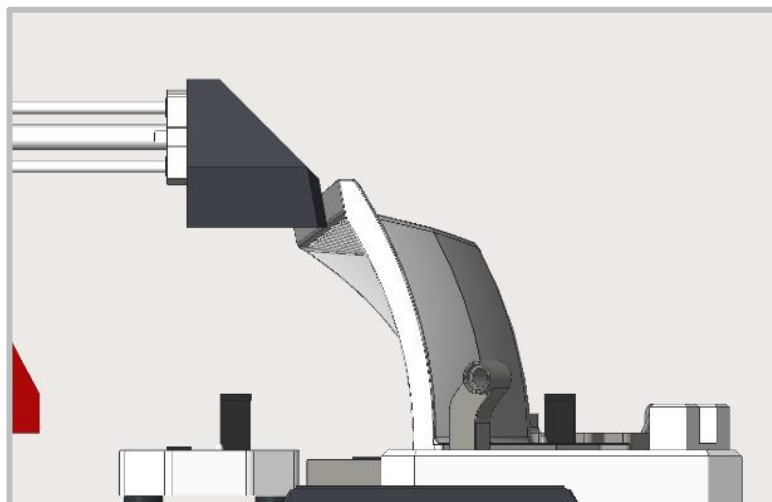


Obr. 43) Zablokování chladiče – pohled z čela

Základem podpěrného mechanismu je pneumatický válec ADNGF-16-80-P-A s průměrem pístu 16 mm, zdvihem 80 mm a tlumením pružnými kroužky na obou stranách. Válec je připojen k základové desce stejným způsobem jako ADNGF-20-150-P-A a je osazen podpěrnou kostkou vyrobenou z materiálu POM-C černé barvy. Je to z toho důvodu, že reflektor je také plastový, a tudíž se případný kontakt plast na plast jeví jako vhodnější nežli plast na kov. Další výhodou je, že je možné součásti snadno upravit při testovacím provozu. Stejně jako v předchozím případě není možné nastavit zdvih, proto bude podpěrná kostka následně upravena a vymezena pro dosažení optimální vůle. Podepření reflektoru je zobrazeno na Obr. 44) a Obr. 45).



Obr. 44) Podepření reflektoru – pohled shora



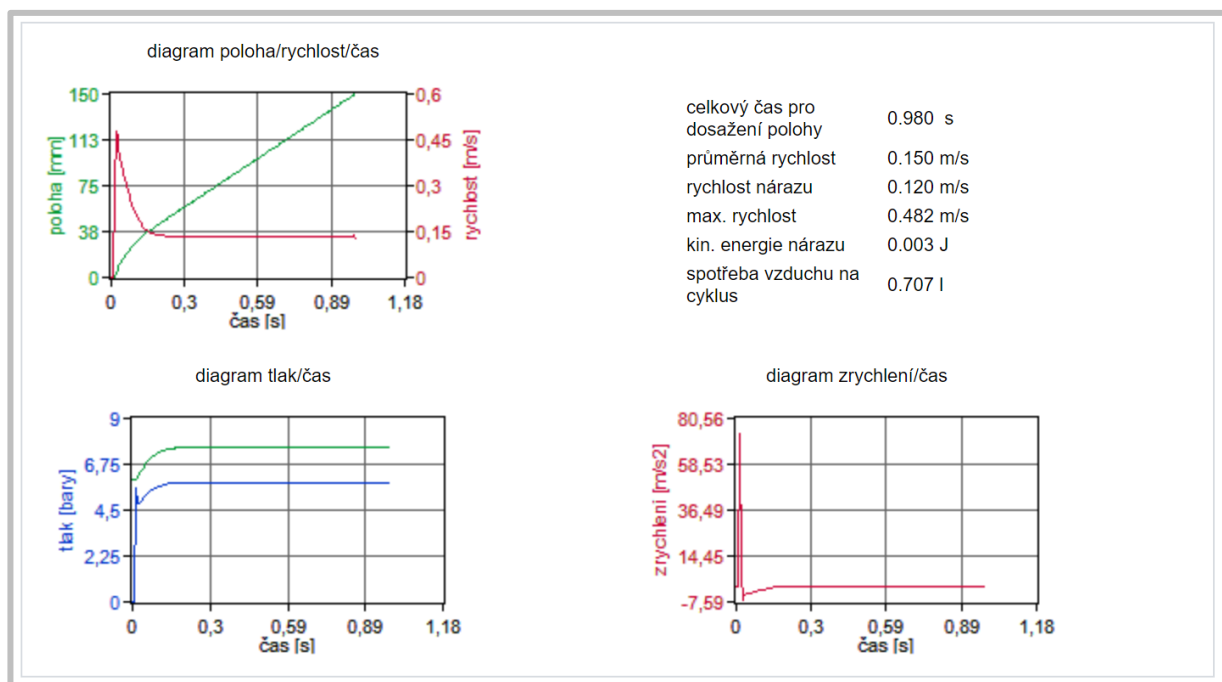
Obr. 45) Podepření reflektoru – pohled z boku

Oba pneumatické válce jsou osazeny magnetickými senzory pro snímání poloh a škrticími ventily. Základová deska i blokovácí kostka budou eloxovány, přičemž blokovácí kostka na červeno.

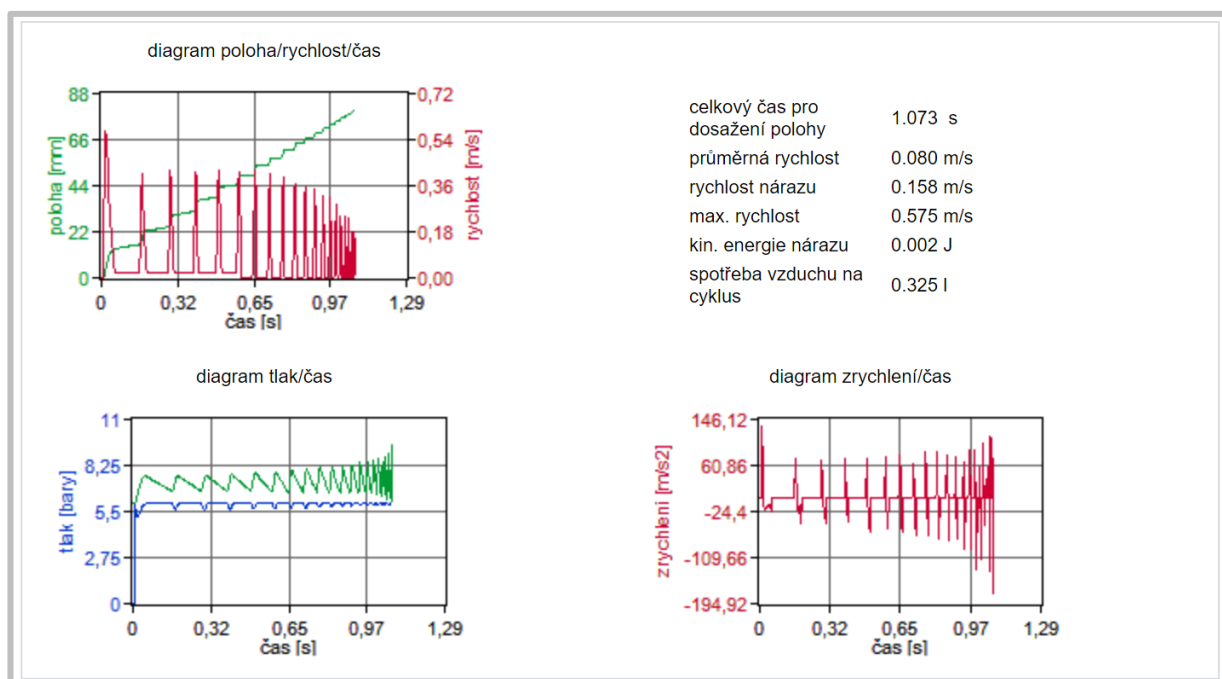
3.10.2 Stanovení pracovního času

Pro výpočet pracovního času byl použit simulační nástroj od společnosti Festo. Pro válec ADNGF-20-150-P-A byla zadána pohybovaná hmotnost 0,15 kg a byly upraveny délky hadic tak, aby přibližně odpovídaly reálné situaci. Ostatní parametry, například tlak v systému 6 barů, zůstaly beze změny. Nutno podotknout, že simulační program uvažuje škrticí ventil ve střední poloze, tj. střední hodnotu průtoku vzduchu. Škrticí ventil bude definitivně nastaven až při oživování stroje, proto je vypočtená hodnota spíše orientační. Výsledný graf znázorňující závislosti polohy a rychlosti v čase, tlaku v čase a zrychlení v závislosti na čase je zobrazen na Obr. 46). Mezi dalšími vypočtenými parametry je čas pro dosažení polohy, který činí 0,98 vteřiny, průměrná rychlost, kinetická energie nárazu nebo spotřeba vzduchu na cyklus. Pro další úvahy však bude využita pouze hodnota doby potřebné pro dosažení koncové polohy.

Stejným způsobem pak byl vypočten čas nutný pro válec ADNGF-16-80-P-A. Pohybovaná hmotnost je v tomto případě pouhých 90 g. Ostatní parametry zůstaly stejné jako v předchozím případě. Z grafu zobrazeného na Obr. 47) vyplývá, že čas potřebný pro vysunutí je 1,1 s. Výhodou je, že tento válec cyklový čas nijak neovlivní, neboť se může, vzhledem ke své poloze vůči paletce, vysouvat již za pohybu otočného stolu.



Obr. 46) Simulace pracovního cyklu válce ADGF-20-150-P-A



Obr. 47) Simulace pracovního cyklu válce ADGF-16-80-P-A

3.10.3 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě blokování NOK dílů jsou shrnuty v tabulce Tab 14), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje. Zmíněny nejsou komponenty jako šroubení či magnetické senzory, neboť jejich další popis je vcelku zbytečný.

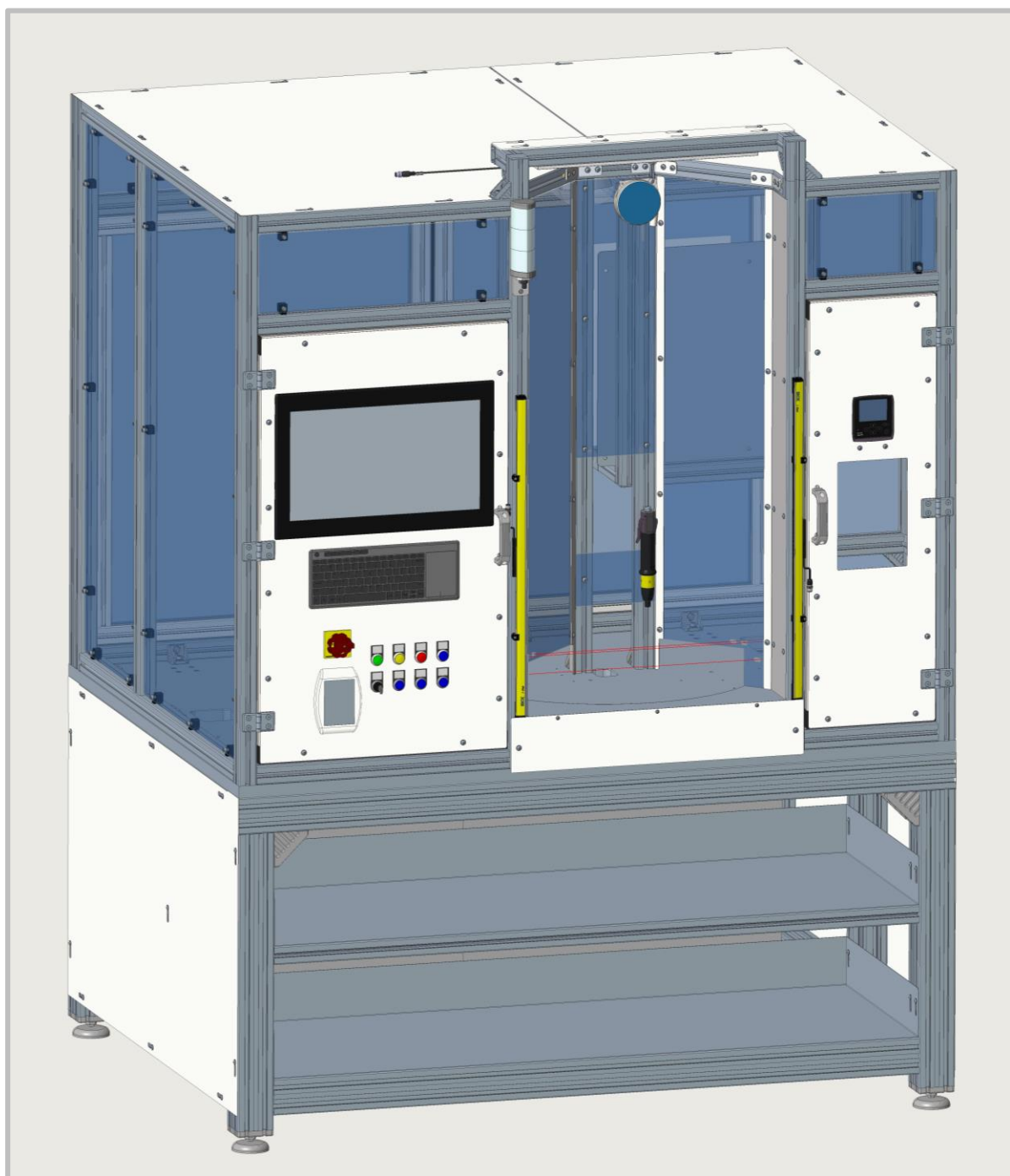
Tab 14) Použité komponenty

Součást	Popis
 ADNGF-20-150-P-A	Pohon s vedením • průměr pístu: 20 mm • zdvih: 150 mm • tlumení: pružné tlumicí kroužky/desky • snímání poloh: magnetické snímače • typ pohonu: dvojitý [27]
 ADNGF-16-80-P-A	Pohon s vedením • průměr pístu: 16 mm • zdvih: 80 mm • tlumení: pružné tlumicí kroužky/desky • snímání poloh: magnetické snímače • typ pohonu: dvojitý [27]

3.11 Rám stroje

3.11.1 Popis konstrukčního řešení

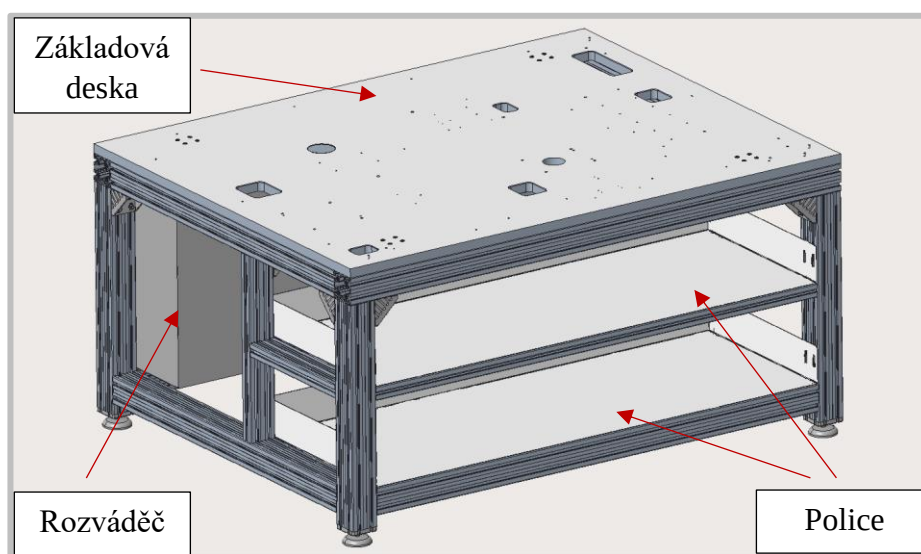
Rám stroje (viz Obr. 48)) sestává z několika dílčích podsestav, které jsou detailněji popsány níže. Celkové rozměry stroje, plynoucí z konstrukce rámu, jsou 2405 x 1800 x 1400 mm (v x š x h). Nutno podotknout, že rám nezahrnuje podpůrné konstrukce jako držáky výrobních postupů a návodů, obrázků vzorových OK i NOK kusů, rámy pro zásobníky vstupních dílů, smontovaných komponent i NOK kusů a podobně. Tyto záležitosti bude řešit následně zákazník na základě svých vnitřních norem a předpisů, a hlavně na základě okolní zástavby stroje.



Obr. 48) Rám stroje

Spodní část rámu

Spodní část rámu, zobrazená na Obr. 49), je základem celého stroje. Tvoří ji zejména profily 90 x 90 mm s několika profily 90 x 45 mm, které zajišťují dostatečnou pevnost a tuhost rámu. Celkovou tuhost také zvyšují použité úhelníky. V rohových svislých profilech jsou skrz typizované desky přišroubované stavitelné nohy s průměrem talíře 90 mm. Vzdálenost vodorovných profilů od země činí 90 mm. Důvodem je požadavek zákazníka, který stanovuje minimální vzdálenost 85 mm, neboť prostor pod strojem bude čištěn pomocí robotického vysavače, jehož výška je rovna 80 mm. Z čela, tj. ze strany obsluhy, jsou umístěny dvě plechové police sloužící k odkládání výměnných přípravků, případně čehokoliv jiného. V zadní části rámu je prostor pro hlavní elektrický rozváděč a také rozváděč robota. Přibližný nástin hlavního rozváděče je vyobrazen na Obr. 53), nicméně za výslednou podobu jsou zodpovědní elektrokonstruktéři.



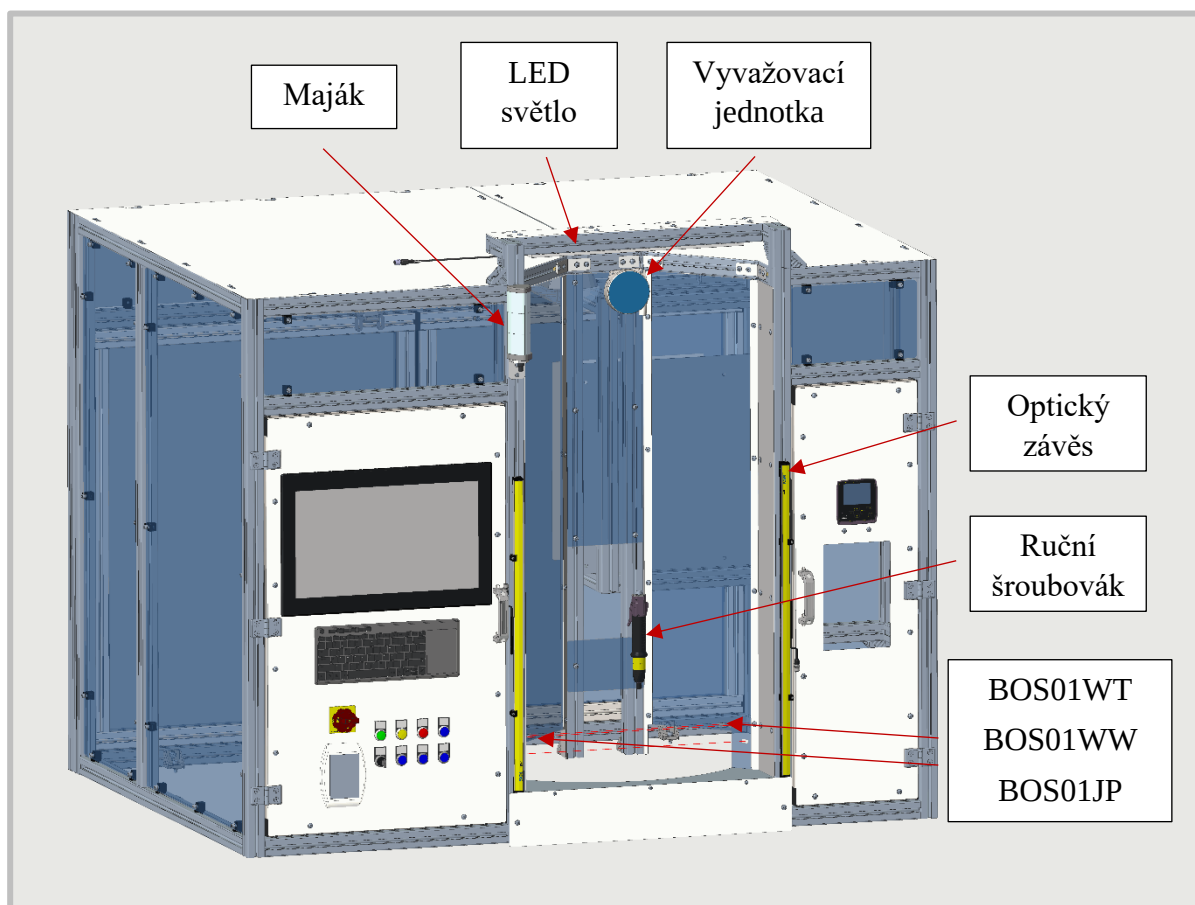
Obr. 49) Spodní část rámu

Rám je také osazen duralovou základovou deskou o tloušťce 30 mm. Ta je k rámu připojena pomocí čtyř úhelníků a polohována vůči rámu je pomocí čtyř kolíků, kdy dva kolíky vždy určují jednu rovinu. V desce se nacházejí veškeré potřebné prvky nutné k připojení technologií i horní části rámu a otvory, umožňující vedení kabeláže s pneumatikou spodní části stroje. V desce se také nacházejí nadbytečné závity a otvory pro středící pouzdra, a to z důvodu budoucí přestavby. Pokud by nebylo vhodné či možné využití stávajících prvků, je možné skrz tyto závity připevnit pomocnou desku osazenou navrženým konstrukčním řešením.

Horní část rámu

Na spodní části rámu je přišroubována pomocí úhelníků horní část, zobrazená na Obr 50). Ta je stejně jako v případě dolní části vůči základové desce zapolohována pomocí dvou párů kolíků. Převažujícím rozměrem použitých profilů je 45 x 45 mm s občasným využitím 90 x 45 mm. Rám je navržen tak, aby umožňoval připojení krytování a technologií umístěných v jiných sestavách jako jsou zásobníky tmelu, řídicí panel nanášení pasty či ovládací jednotka automatického šroubováku. Profily, které se nacházejí nad robotem a automatickým šroubovákem, budou uchyceny k rámu pouze pomocí úhelníků a nikoliv šrouby, jak je tomu zvykem. Důvodem je jejich osazení kluznými závěsy s karabinou od společnosti Bosch

Rexroth, které slouží přívodním kabelům a hadicím k možnosti zavěšení a pohybu v jednom směru. Vnitřní prostor je pak osvětlován zářivkou PRIMA 218 AC E se světelným tokem 2700 lm. K osvětlení pracovního prostoru operátora je pak využito průmyslové LED světlo WIL-555-W-M12G-0.3U-S s hodnotou světelného toku 1315 lm. Nad pracovním prostorem se také nachází vyvažovací jednotka připojená pomocí karabiny ke kluznému závěsu. Na vyvažovací jednotce je zavěšen elektrický šroubovák ETD M250 ABL V2 od společnosti Atlas Copco osazený magnetickým bitem. Jeho obsluha je velice snadná, pro spuštění stačí stisknout ovládací páčku a šroubovák se automaticky vypne ve chvíli, kdy je dosaženo nastaveného kroutícího momentu. Pro vyhodnocení šroubování jako OK musí být dosaženo utahovacího momentu právě dvakrát, jinak stroj nahlásí chybu. V případě, že by byl automatický cyklus vyhodnocen jako NOK a obsluha se přesto snažila započít šroubovací úkon, nebude šroubovák možno spustit.



Obr. 50) Horní část rámu osazená dveřmi

Pracovní prostor je zabezpečen optickým závěsem C4MT-07814ABB03FE0 od společnosti Sick s rozlišením 14 mm. Celková výška ochranného pole je rovna 780 mm a doba odezvy nižší nežli 17 ms. Optický závěs splňuje bezpečnostní normy SIL3 i SILCL3 a jeho životnost je 20 let. Samozřejmostí je tělo z hliníkové slitiny, odolnost proti vibracím a krytí IP 65. Stav stroje je okolí signalizován majákem BNI IOL-801-102-Z036 společnosti Balluff, který nabízí tři různě nastavitelné barevné segmenty. Výhodou tohoto majáku jsou různé režimy, například režim světelného pásu či režim flexi, které značně rozšiřují možnosti signalizace různých stavů oproti klasickým majákům se třemi nenastavitelnými světly.

Rám je také osazen třemi senzory detekujícími přítomnost reflektoru či DPS na chladiči před započítáním cyklu a před sjetím šroubovací šablony. Snímače BOS01JP jsou jednocestné optické závory spínacího či rozpínacího typu sloužící k určení přítomnosti reflektoru a DPS při startu automatického cyklu. Pokud by byla založena například již smontovaná součást, difúzní senzory BOS0129 zmíněné v kapitole 3.2 nejsou schopny tento jev rozpoznat. Logika použití spínacího typu již byla vysvětlena výše a je to z důvodu případné poruchy. Třetím snímačem je opět jednocestná optická závora složená z vysílače BOS01WT a přijímače BOS01WW spínacího typu. Jeden senzor BOS01JP bude nastaven jako rozpínací typ, neboť je v tomto případě potřeba detekovat nepřítomnost součásti. Přítomnost, potažmo i nepřítomnost reflektoru je detekována snímačem BOS01JP, nicméně pokud by došlo k jeho poruše, tak na základě logiky popsané výše dojde po ukončení automatického cyklu k vyhodnocení reflektoru jako založeného a systém by povolil operaci šroubování i bez jeho přítomnosti. Pravděpodobnost výskytu této situace je naprosto minimální, a to i s přihlédnutím k roli operátora, který by se musel taktéž zmýlit. Nicméně stroj musí být postaven tak, aby nedovolal vznik nedetekovaného zmetku. Jednocestné závory byly voleny z toho důvodu, že oproti dvoucestným závorám mají pouze jednu paprskovou osu. Pokud by byl zvolen typ s vysílačem i přijímačem v jednom těle, musel by být i otvor v krytování pro průchod paprsku podstatně větší, čímž by mohl nastat problém s bezpečností stroje.

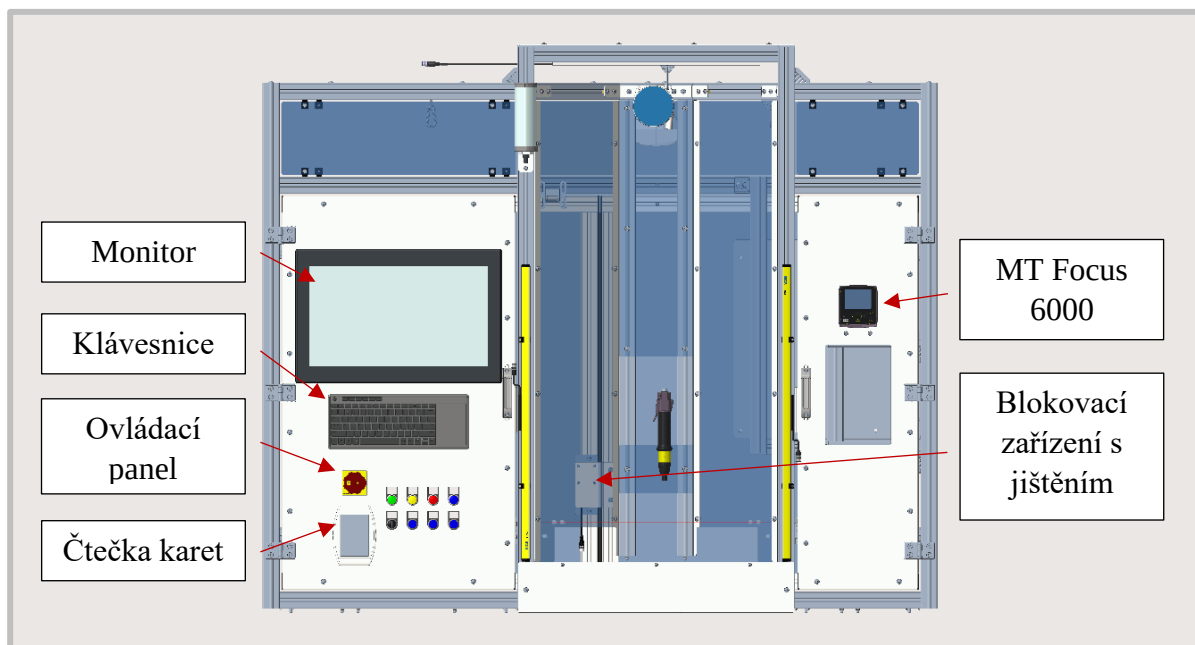
Krytování

Krytování stroje je z velké části tvořeno průhlednými polykarbonátovými deskami uchycenými k rámu pomocí upínek typu variofix. Horní část je zakryta neprůhlednými lakovanými plechovými kryty, a to z důvodu zabránění rušivých vlivů slunečního záření na kamerový systém. Stejným způsobem jsou zakrytovány i boky spodního rámu, neboť se pod strojem nachází rozváděče a kabeláž. Polykarbonátovými deskami uchycenými k rámu nerezovými lištami je také zabezpečen pracovní prostor obsluhy. Ty jsou opatřeny otvory, které umožňují průchod světelných paprsků jednocestných závor.

Dveře

Přístup k vnitřním částem stroje zajišťují dva páry dveří z čelní i zadní strany stroje. Boční části jsou nepřístupné, neboť, jak plyne ze zadání, bude stroj zakomponován do výrobní linky, a tudíž zde nebude přístup. Na Obr. 51) jsou zobrazeny čelní dveře. Na levé straně se nachází ovládací panel stroje spolu s nouzovým vypínačem, tlačítky a kontrolkami, čtečkou karet, průmyslovou klávesnicí a monitorem pro zobrazování stavů stroje, pokynů pro obsluhu, chybových hlášení, výsledků kontrol a podobně. V pravém křídle se pak nachází ovládací panel ručního šroubováku MT Focus 6000 a také otvor pro řídicí jednotku Stöger eControl 3051, která je připevněna k rámu. Dveře jsou zabezpečeny proti nedovolenému otevření blokovacím zařízením s jištěním MLP1-SMMA0AC společnosti Sick. Jedná se o dvě tělesa, kdy jedno je umístěno pevně na rámu a druhé je součástí dveří. Blokovací zařízení funguje na principu elektromagnetů, kdy v odjištěném stavu vyvíjí přídržnou sílu 25 N. Nicméně po uzamčení a přivedení napětí se zajišťovací síla rovná 500 N. Zařízení, stejně jako optický závěs, odpovídá normám SIL3 i SILCL3, životnost je vyčíslena na 20 let a krytí odpovídá standardu pro IP 67. Výplň dveří je lakovaný ocelový plech, který na jedné straně slouží k možnosti připojení všech prvků, a na straně druhé výrazně zpevňuje rám dveří, který by se jinak pod zátěží mohl výrazněji deformovat.

Dveře v zadní části jsou vyplněny polykarbonátovými deskami a v levém křídle je otvor pro ovládací panel ViscoDos-P. Ten, vzhledem ke své hmotnosti, není součástí dveří. Také by bylo velice nekomfortní ovládání panelu v otevřených dveřích při výměně zásobníků tmelu či podobných aplikacích. Způsob zajištění je stejný jako u dveří předních, kdy je jedna část blokovacího zařízení umístěna vždy na pravém a levém křídle. Rám je, mimo jiné, osazen dorazy zabráňujícími poškození dveří a technologií, pokud by došlo k jejich přetočení do vnitřního prostoru stroje.



Obr. 51) Horní část rámu (pohled z čela)

3.11.2 Seznam použitých komponent

Zmíněné komponenty, použité v sestavě rámu jsou shrnuty v tabulce Tab 15), kde jsou také uvedeny jejich základní parametry a technické údaje.

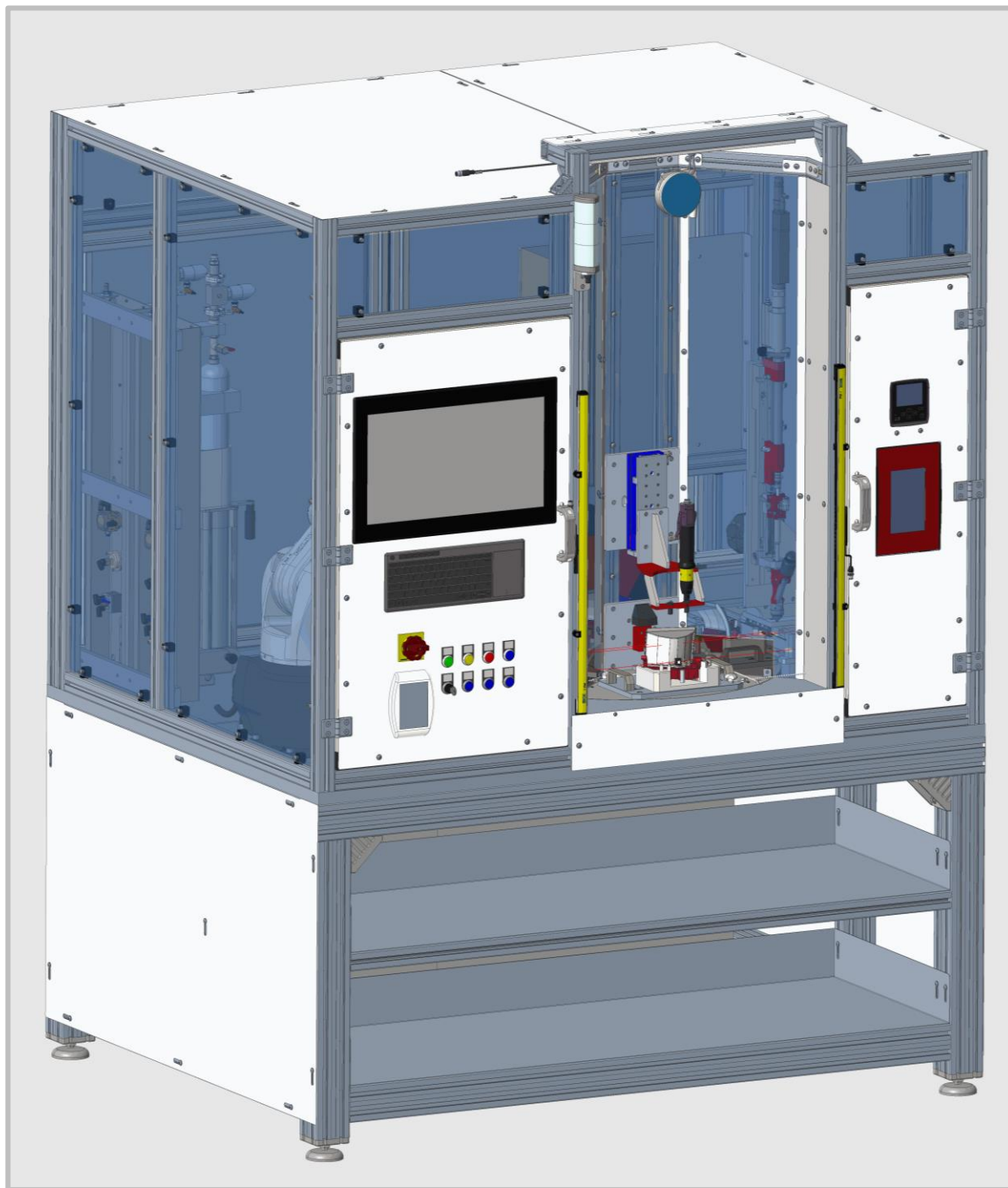
Tab 15) Použité komponenty

Součást	Popis
C4MT-07814ABB03FE0 	Bezpečnostní optický závěs - rozlišení: 14 mm - ochranné pole: 780 mm - dosah: 0-4 m - doba odezvy: ≤ 17 ms - připojení: konektor M12, 5-ti pinový [28]
MLP1-SMMA0AC 	Blokovací zařízení s jištěním - princip blokování: napětí pro zamčení - zajišťovací síla: 500 N - přidrzná síla: 25 N - připojení: konektor M12, 5-ti pinový - vypínací vzdálenost: 45 mm [29]

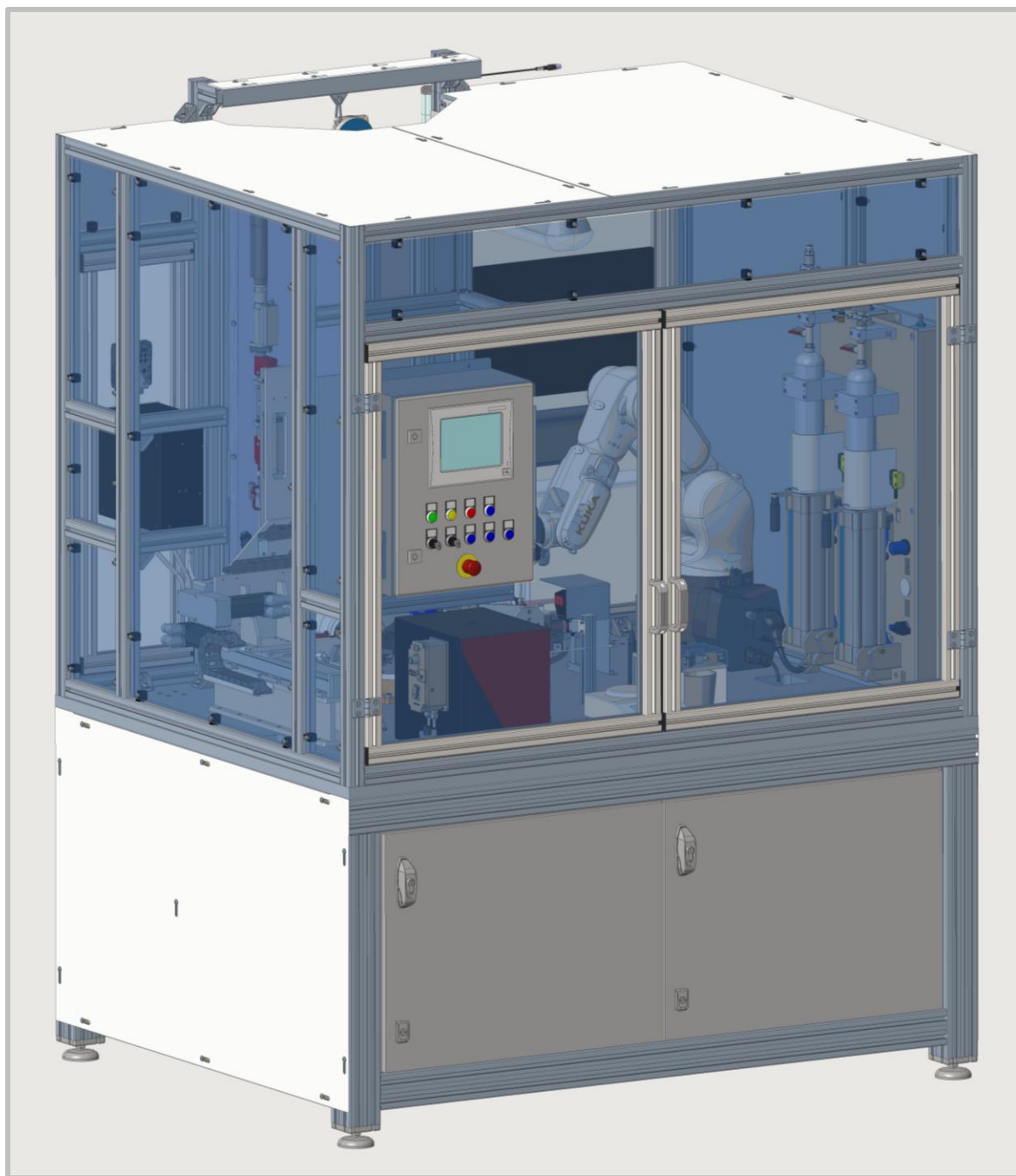
BOS01JP 	Jednocestná optická závora (vysílač i přijímač) • dosah: 0-30 m • rozměry: 10,8 x 43,5 x 19,5 mm • rozhraní: PNP spínací/rozpínací kontakt • připojení: konektor M8x1, 4-pólový • provozní napětí: 10-30 V DC [30]
BOS01WT 	Jednocestná optická závora (vysílač) • dosah: 0-8 m • rozměry: Ø12 x 60 mm • druh světla: LED červené • připojení: kabel, 2 m • provozní napětí: 10-30 V DC [31]
BOS01WW 	Jednocestná optická závora (přijímač) • dosah: 0-8 m • rozměry: Ø12 x 60 mm • rozhraní: PNP spínací kontakt • připojení: kabel, 2 m • provozní napětí: 10-30 V DC [32]
ETD M 250 ABL V2 	Elektrický ruční šroubovák • ovládání: push-to-start • délka: 240 mm • celková šířka: 43 mm • otáčky: 700 min⁻¹ • hmotnost: 0,65 kg [33]
MT Focus 6000 	Řídící jednotka • rozměry: 114 x 105 x 32 mm • hmotnost: cca 0,6 kg [34]

4 CELKOVÉ USPOŘÁDÁNÍ STROJE

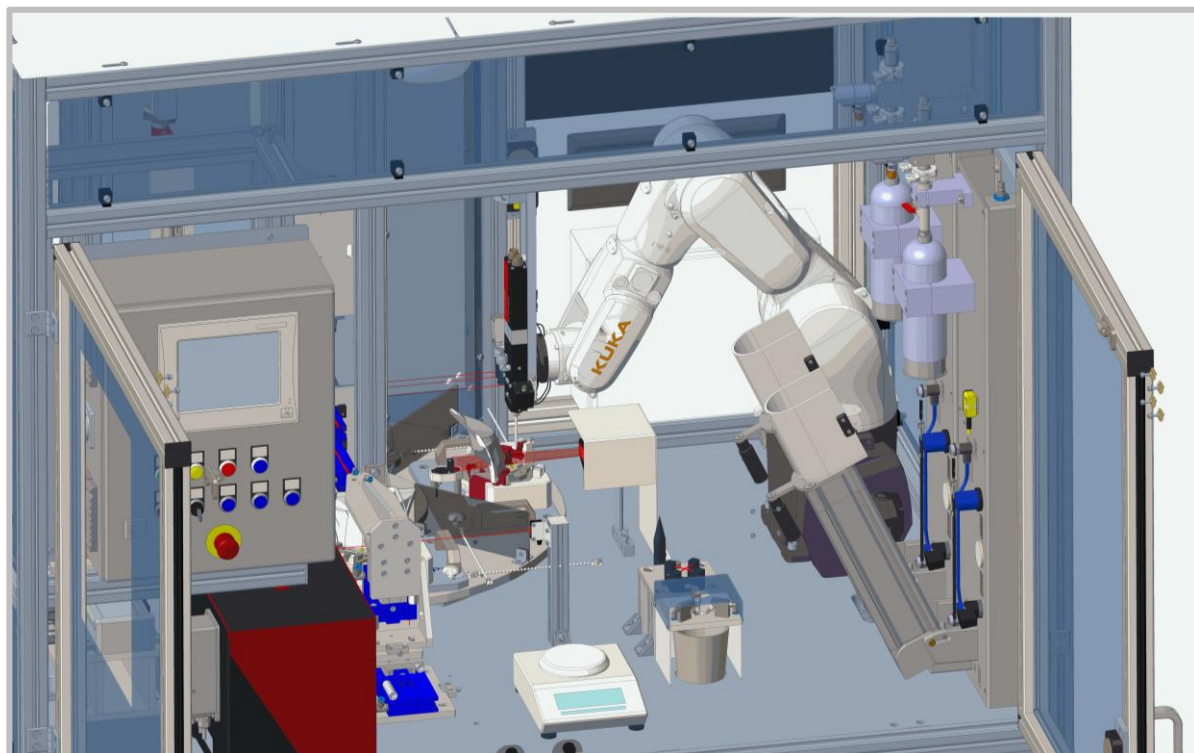
V předchozí kapitole byly podrobně popsány jednotlivé technologie, nicméně každá z nich samostatně. Tato kapitola nabídne stručný pohled na zkonstruovaný stroj jako celek souborem obrázků Obr. 52) až Obr. 62).



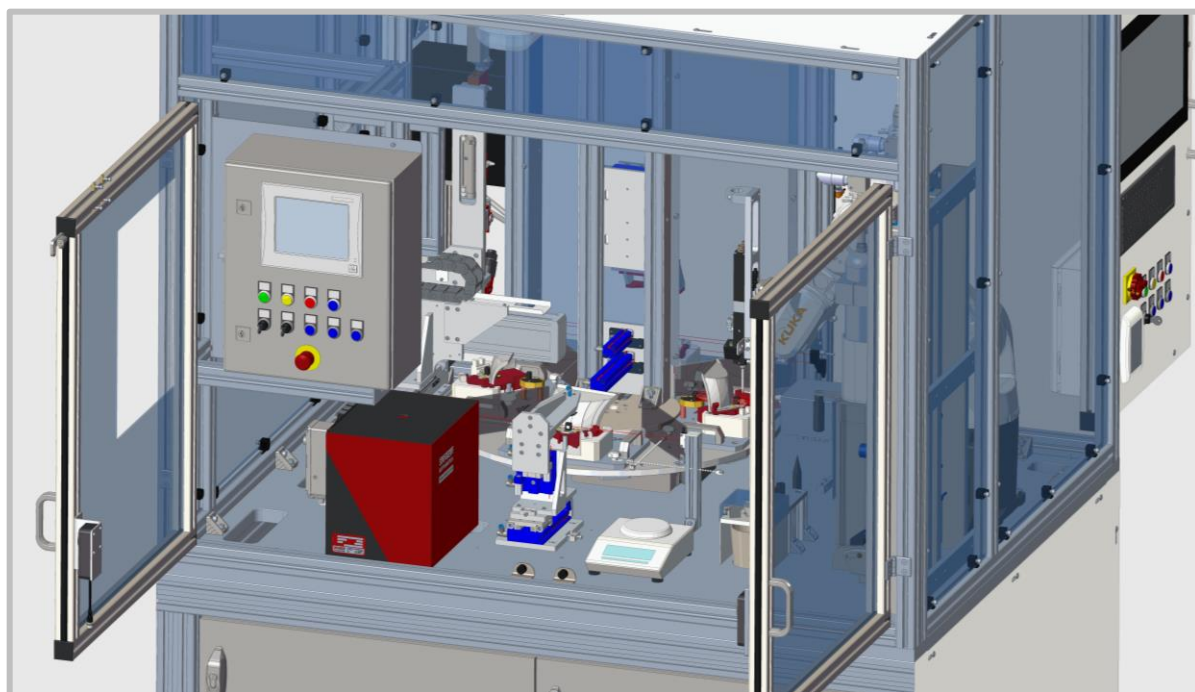
Obr. 52) Celkový pohled na stroj zepředu



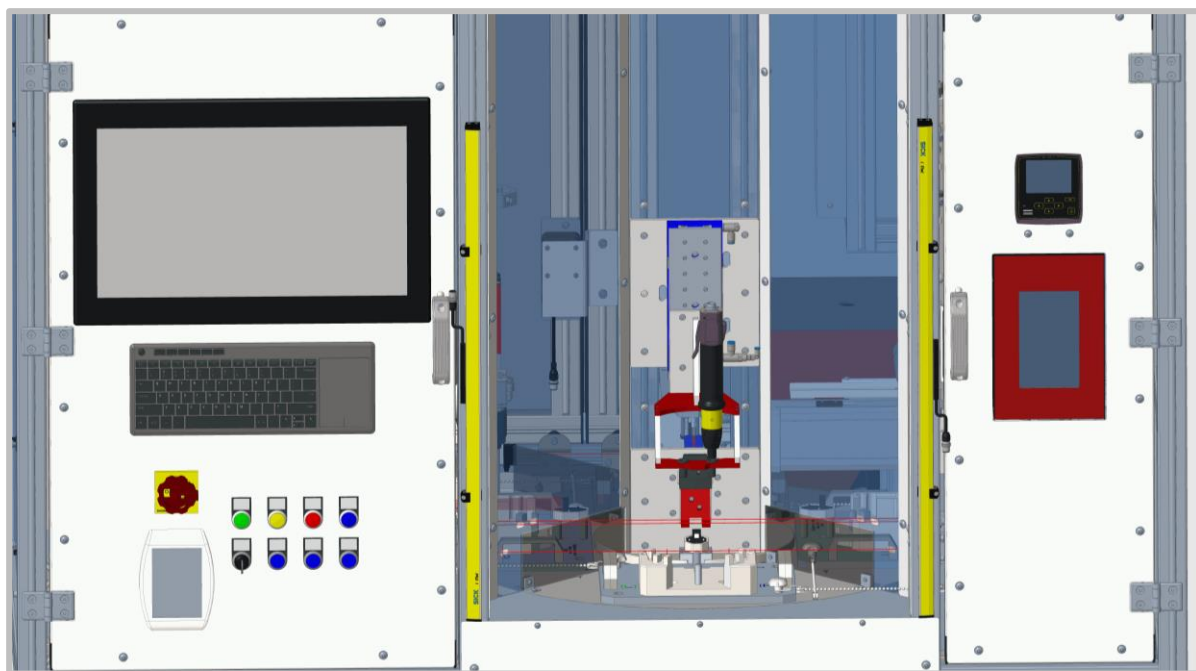
Obr. 53) Celkový pohled na stroj zezadu



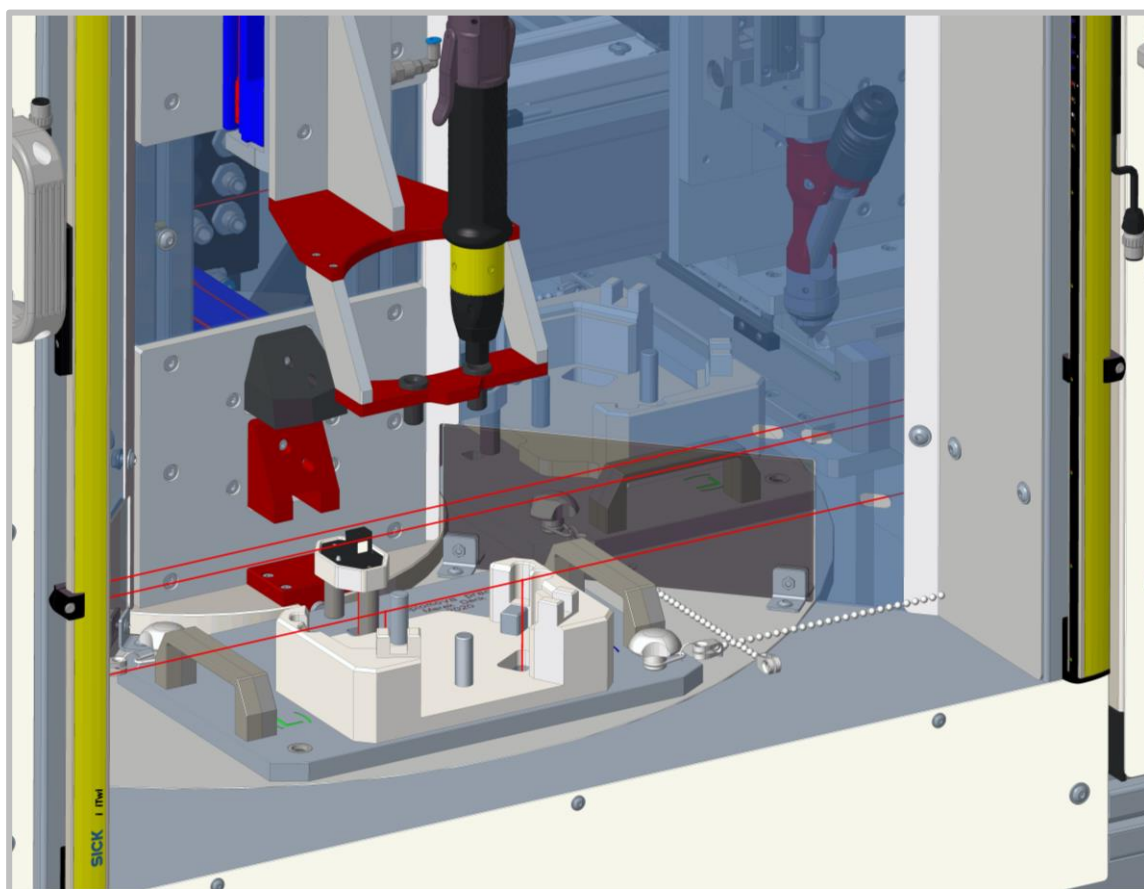
Obr. 54) Pohled do stroje otevřenými dveřmi směrem k robotu, zásobníky tmelu jsou v otevřené poloze, kdy dochází k výměně kartuší



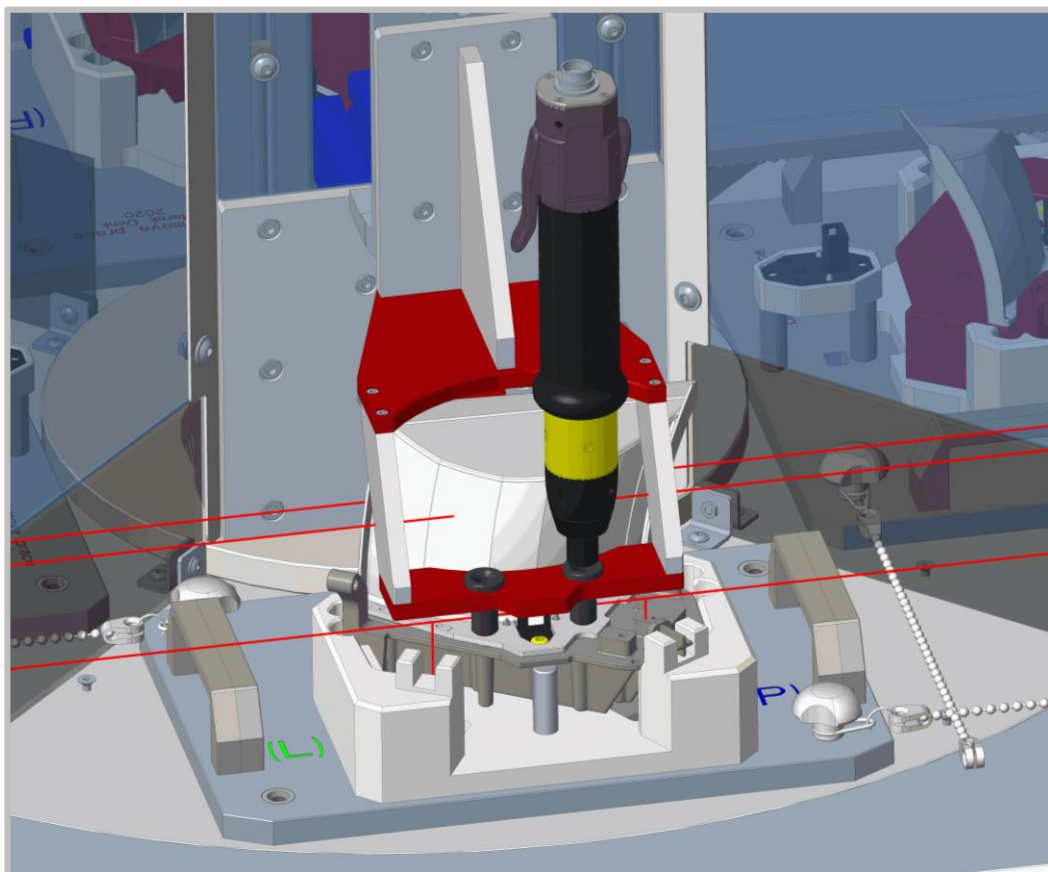
Obr. 55) Pohled do stroje otevřenými dveřmi směrem k automatickému šroubováku



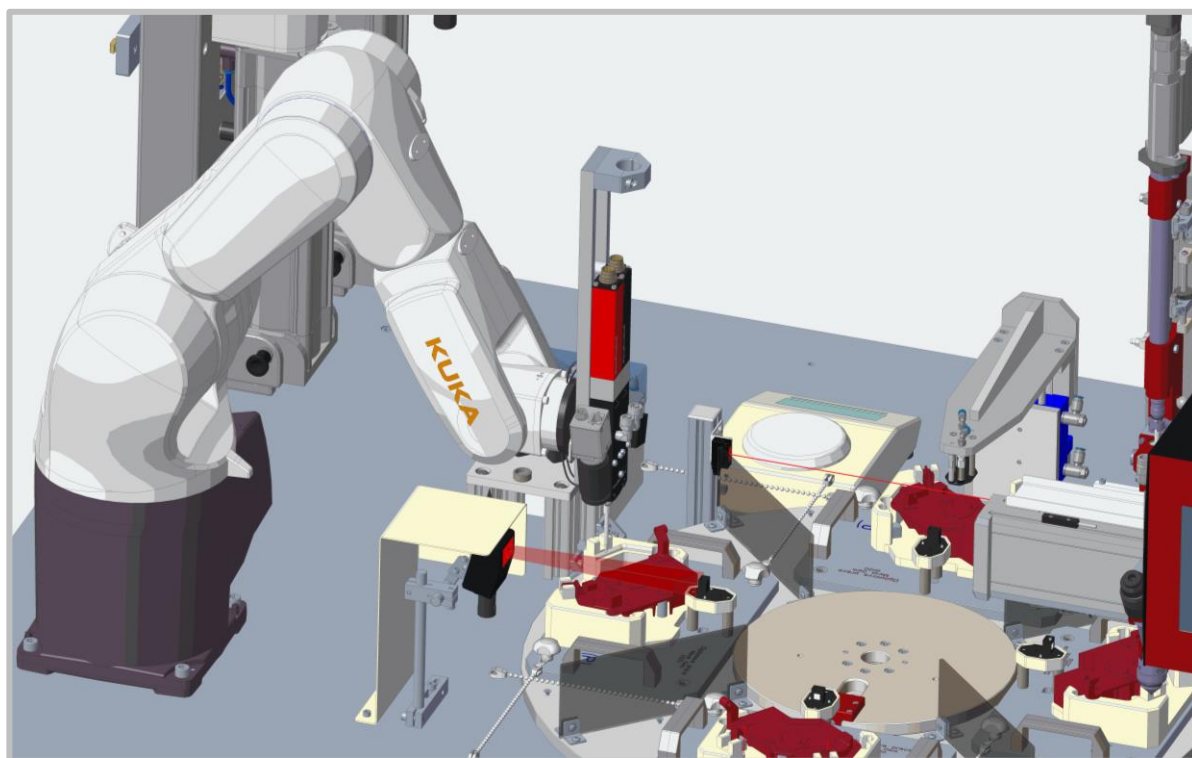
Obr. 56) Pohled do pracovního prostoru operátora ve fázi, kdy je založena DPS, chladič však nikoliv. Šablona šroubování se nachází v horní pozici a blokovací mechanismu s podpíracím mechanismem jsou v zasunuté poloze. Nad lůžkem jsou zřetelně viditelné tři optické paprsky snímačů BOS01WT, BOS01WW a BOS01JP.



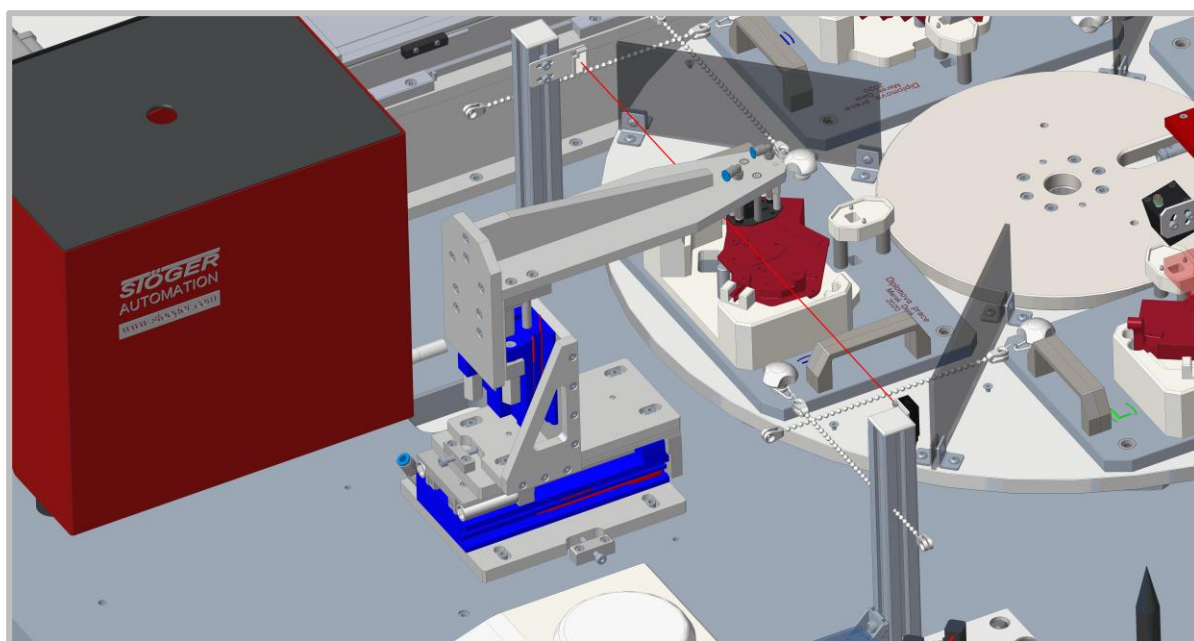
Obr. 57) Pohled na šablonu šroubování při zakládání dílů do lůžek



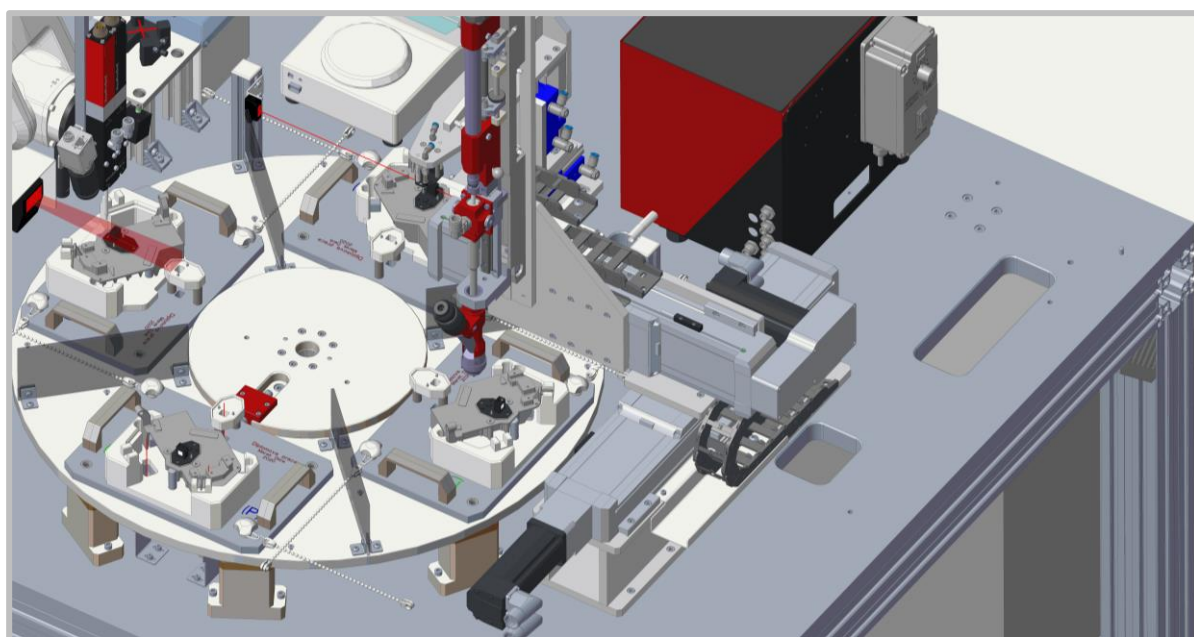
Obr. 58) Pohled na šablonu šroubování při šroubování



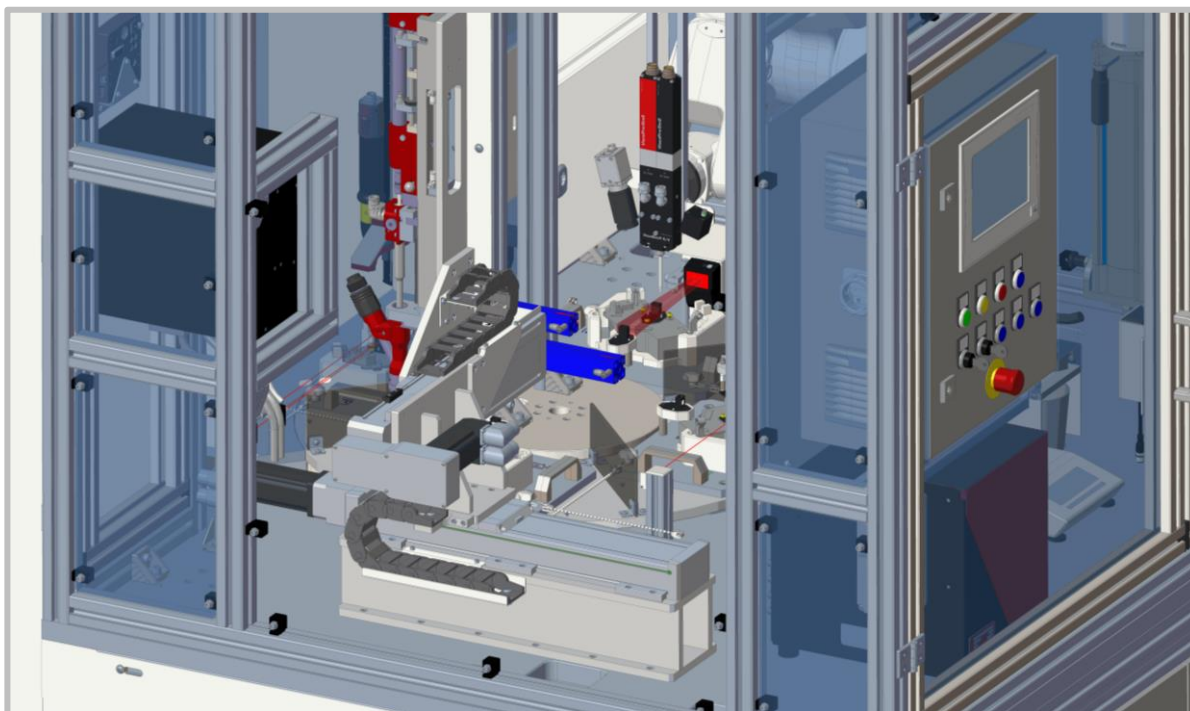
Obr. 59) Pohled na robota a čtečku (části rámu skryty pro lepší viditelnost)



Obr. 60) Pohled na manipulátor DPS (části rámu skryty pro lepší viditelnost)



Obr. 61) Pohled na automatický šroubovák (části rámu skryty pro lepší viditelnost)

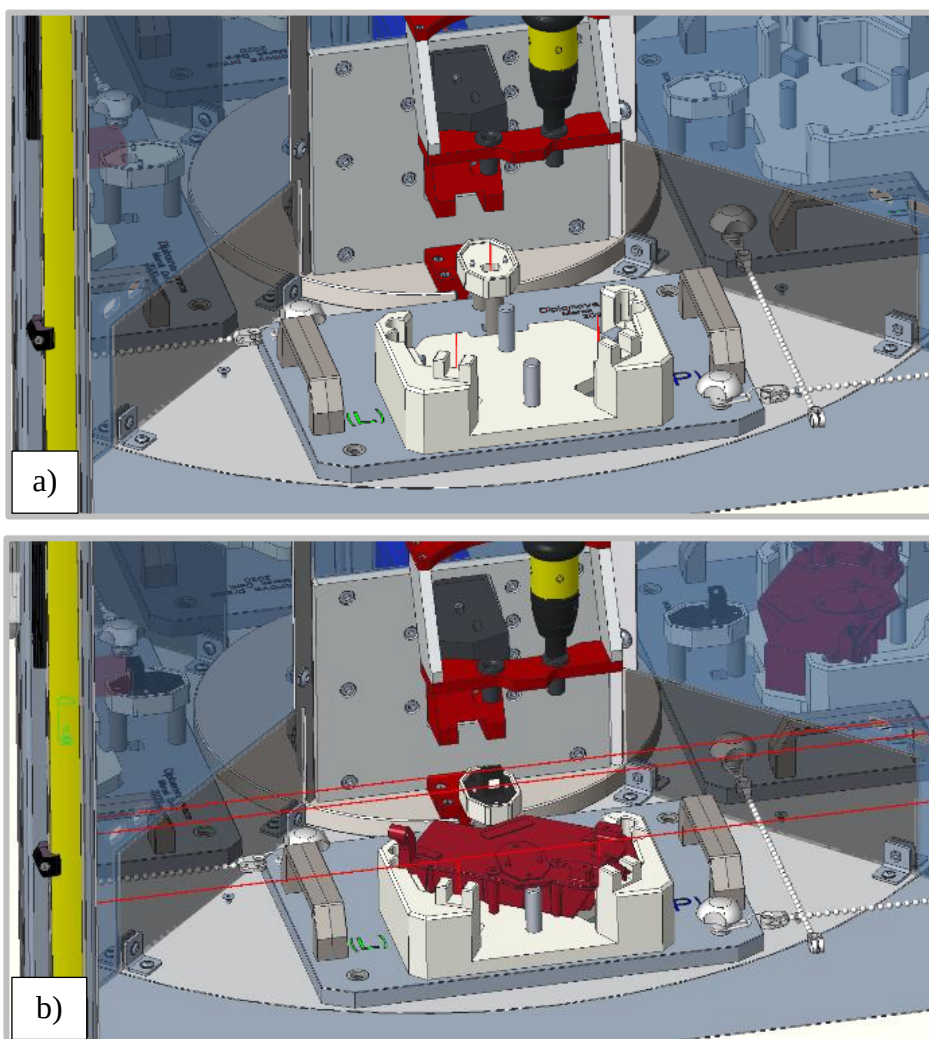


Obr. 62) Boční pohled na automatický šroubovák (polykarbonátová výplň skryta)

5 VIZUALIZACE PRACOVNÍHO CYKLU

Postup montáže a jednotlivé operace byly popsány a vysvětleny v předchozích kapitolách, nicméně pro názornou představu a pro snadnější pochopení časového rozvrhu popsaného v kapitole 6 je v této kapitole graficky zobrazen pracovní cyklus v chronologickém pořadí.

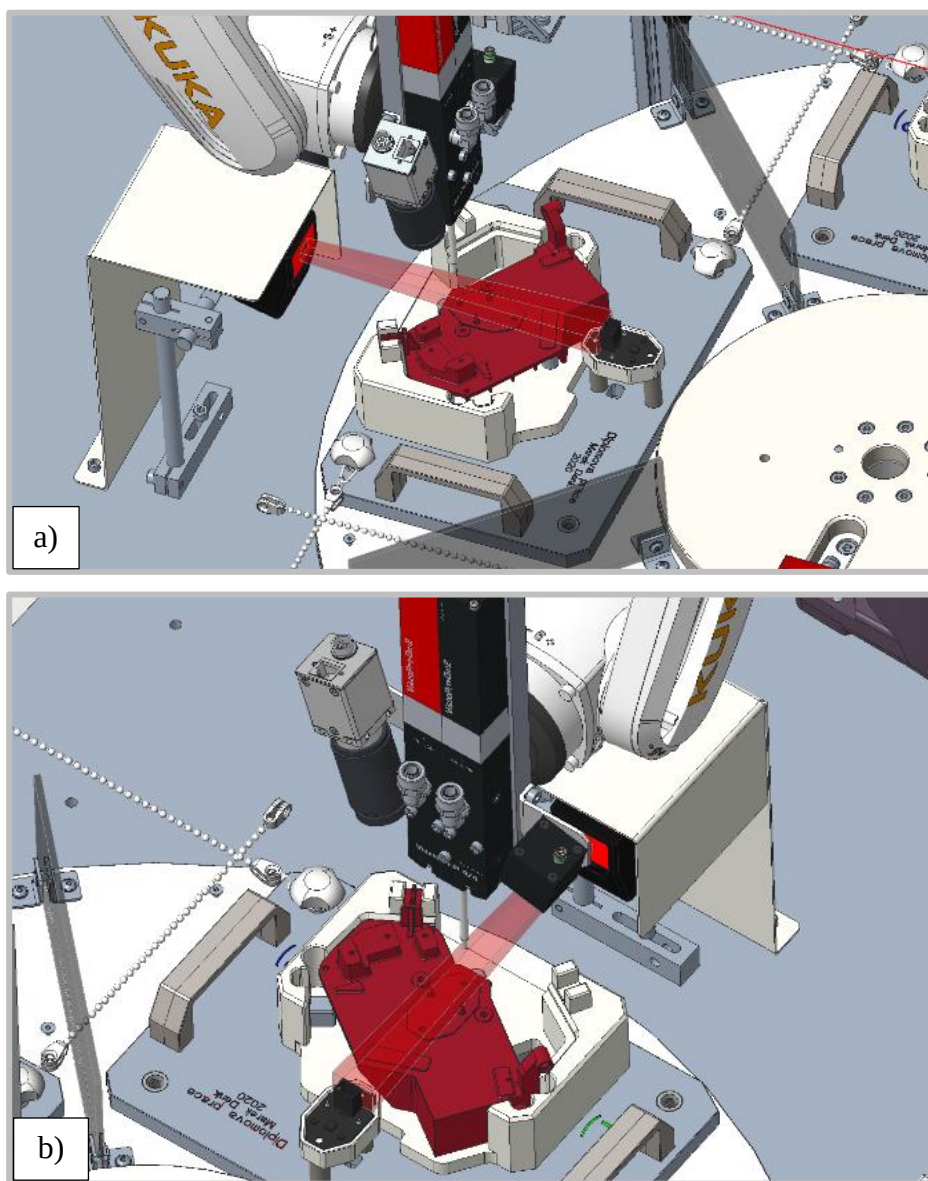
První operací je založení DPS a správného typu chladiče do lůžka (viz Obr. 63)). Založení komponent je kontrolováno senzory umístěnými po desku otočného stolu, založení již smontovaného celku kontrolují snímače umístěné po stranách pracovního prostoru obsluhy a správný stav je signalizován kontrolkou. Následně operátor stiskne příslušné tlačítko na ovládacím panelu, čímž dojde k otočení stolu o jednu polohu a spuštění automatického cyklu stroje. V případě založení nesprávných součástí není možné automatický cyklus spustit.



Obr. 63) Založení součástí do lůžka a) prázdné lůžko, b) správné součásti jsou založeny

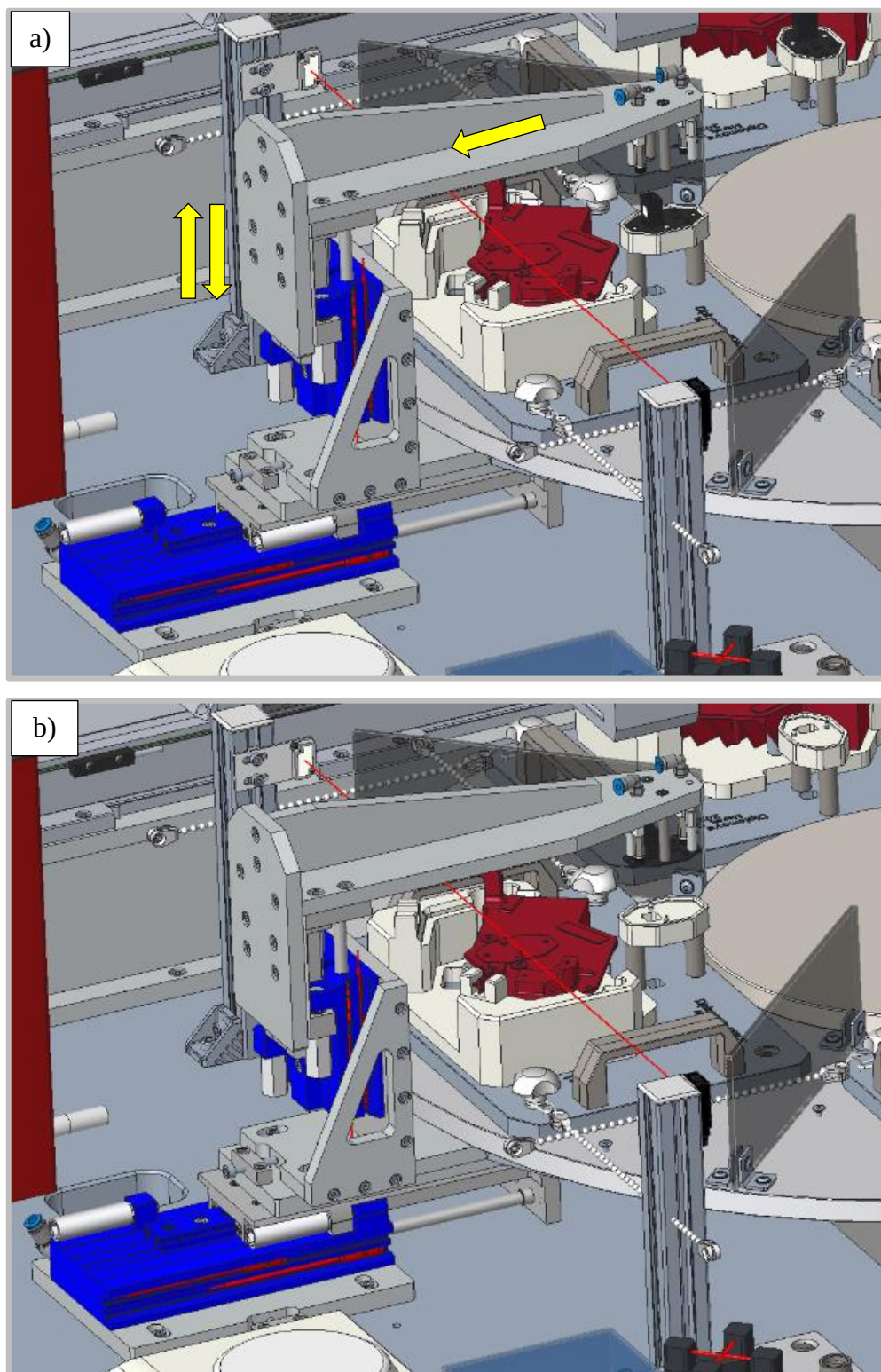
Okamžitě po dosažení druhé pozice dojde k současnému načtení DMC kódu a kamerové kontrole přítomnosti šroubů v chladiči (viz Obr. 64)). Pokud je alespoň jedna kontrola vyhodnocena negativně, následující operace jsou pozastaveny. V opačném případě začne robot s nanášením tmelu v daných bodech, kdy vždy nejprve nanese jednu kapku, najede s kamerou

do kontrolní pozice a za současného sepnutí světelného zdroje zaznamená a vyhodnotí tvar a velikost kapky. Následně přejede do pozice pro nanesení druhého bodu a cyklus se třikrát opakuje. Poté se robot vrátí do výchozí polohy. Zahájením automatického cyklu obsluhou dojde k otočení stolu do třetí pozice.

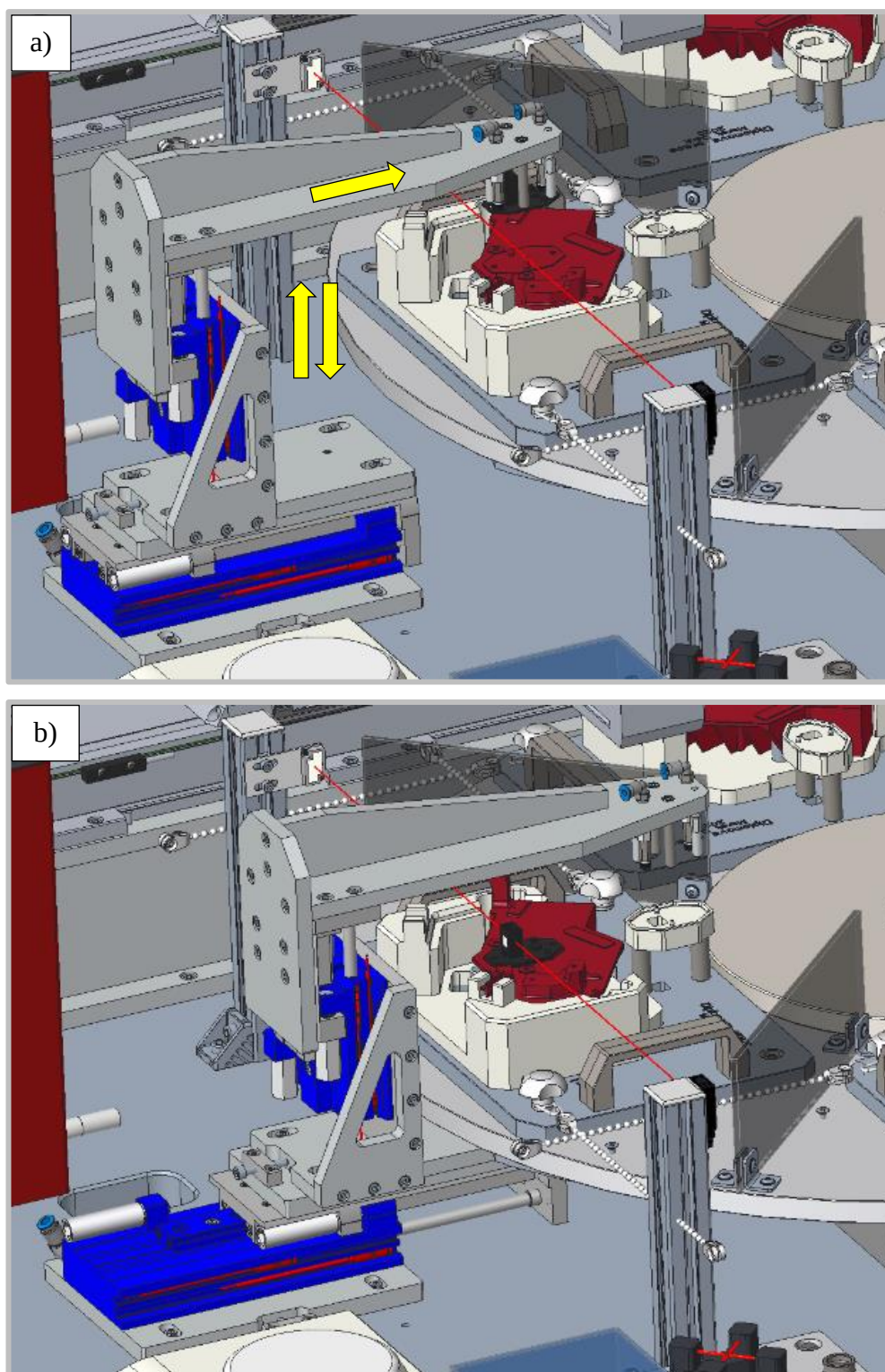


Obr. 64) a), b) Načtení datamatrix kódu, kamerová kontrola přítomnosti šroubů v chladiči, nanesení tmelu a kamerová kontrola nanesení tmelu

Ve třetí pozici dojde k přenesení a založení DPS z lůžka na chladič. Správnost operace je vyhodnocena dvoucestnou optickou závorou. V případě chyby dojde k pozastavení všech následujících operací a vyhodnocení kusu jako NOK. Postup manipulace je znázorněn na Obr. 65) a Obr. 66).

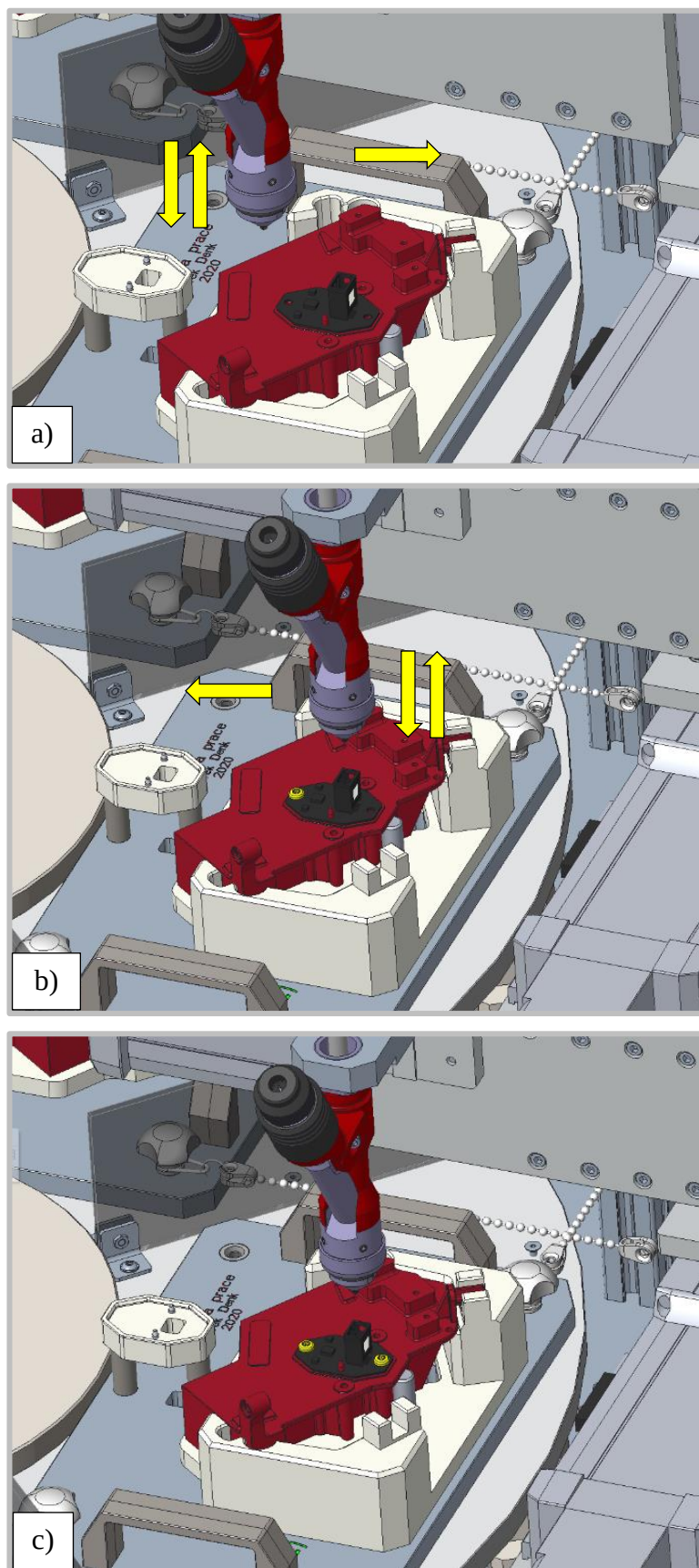


Obr. 65) a) Výchozí poloha manipulátoru, b) odebrání DPS z lůžka



Obr. 66) a) Přejetí do odkládací pozice, b) založení lůžka na chladič a návrat do výchozí pozice

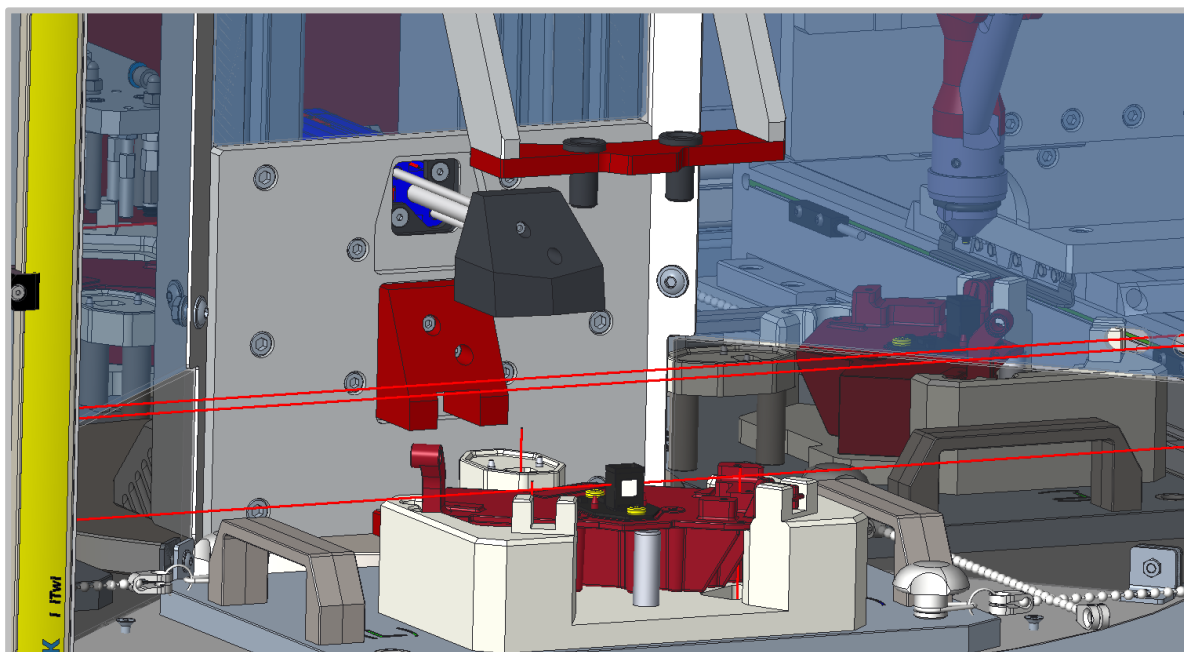
Po otočení stolu do čtvrté pozice dochází k přišroubování DPS k chladiči. Nabitý automatický šroubovák nejprve zašroubuje a vyhodnotí první šroub, poté přejede do druhé polohy, kde se proces opakuje. V případě, že obě operace byly vyhodnoceny jako OK, vrací se šroubovák do výchozí pozice. Postup šroubování je zobrazen na Obr. 67).



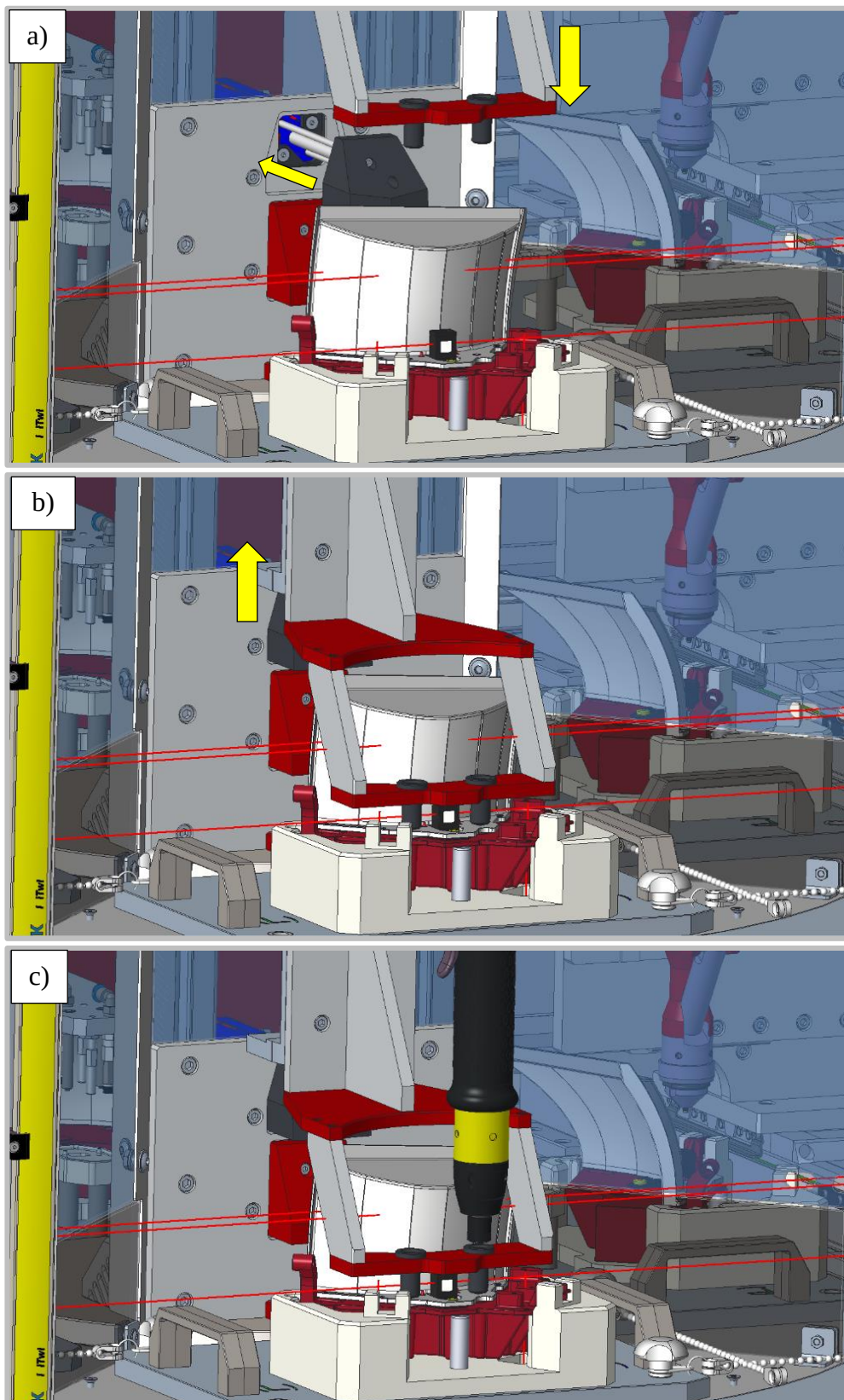
Obr. 67) a) Výchozí poloha šroubováku, zašroubování a kontrola prvního šroubu, přejetí do druhé pozice, b) zašroubování a kontrola druhého šroubu, c) návrat do výchozí polohy

Návratem součásti do zakládací pozice se cyklus dělí na dva různé scénáře, a to podle toho, zda byl automatický cyklus vyhodnocen jako OK či nikoliv. Nejprve bude na Obr. 68) až Obr. 70) popsán sled události pro případ, kdy nenastala chyba.

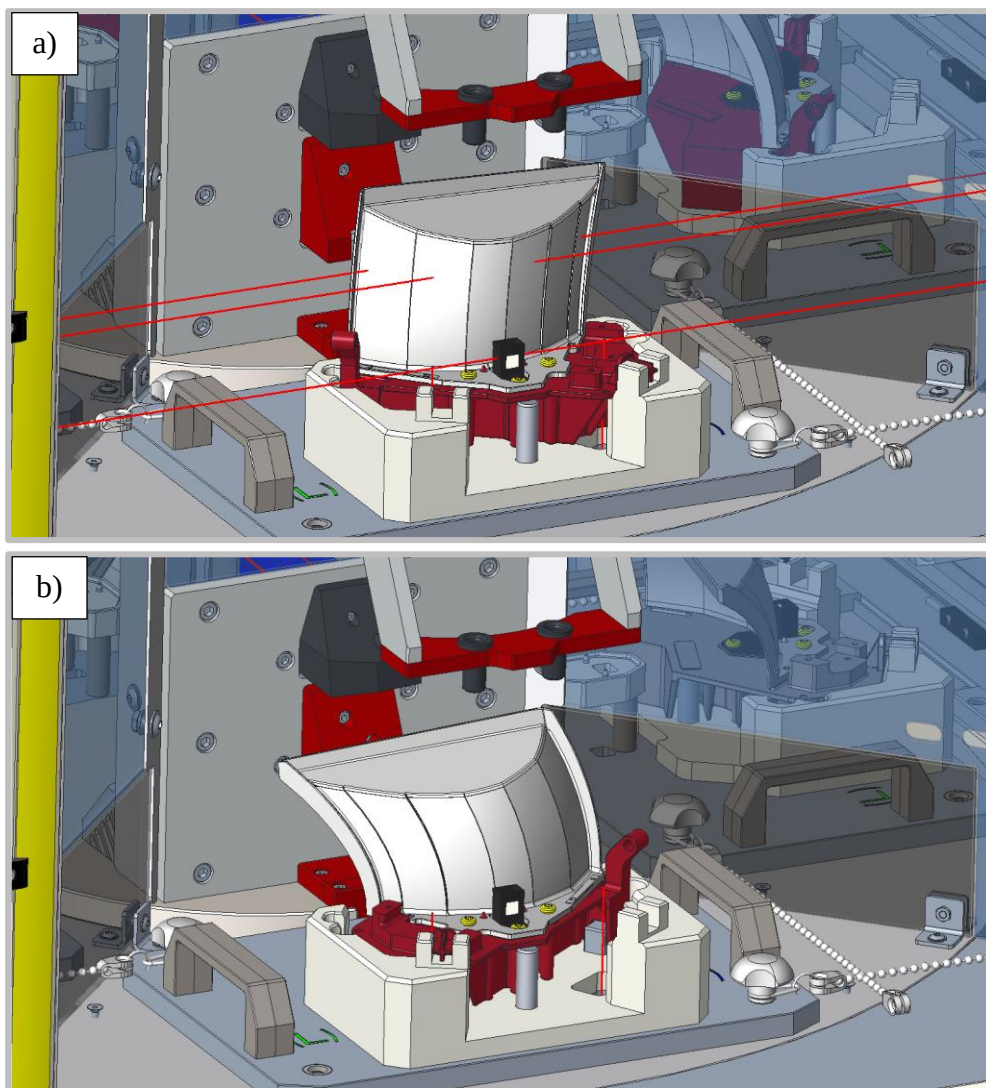
Zároveň s pohybem otočného stolu dojde k vysunutí opory reflektoru pro zakládání. Opora se nachází nad kryty otočného stolu, proto nemůže dojít ke kolizi součástí a zároveň se zkrátí časová náročnost operace. Poté bude možné manuálně založit reflektor, jehož přítomnost je kontrolována jednocestnou optickou závorou. Obsluha následně stisknutím tlačítka spustí pohyb šroubovací šablony, přičemž bude současně odjíždět opora reflektoru tak, aby nedošlo ke kolizi. Reflektor v této fázi podepřen být nemusí, neboť nehrozí jeho překocení obsluhou a nadále je fixován šablonou. Dosažení krajní polohy šablony je operátoru signalizováno patřičnou kontrolkou. Ten s již předpřipravenými šrouby manuálně přišroubuje reflektoru k sestavě. Pokud nedojde k vyhodnocení chyby ručním šroubovákem, je možné opětovným stiskem tlačítka sestavu uvolnit. Pokud by došlo k problému, šablona setrvá v dolní poloze, dokud není potvrzena chyba. Výsledný celek je v OK případě manuálně odebrán a založen do patřičné bedny.



Obr. 68) Součást ve stavu bezprostředně po otočení stolu, opora reflektoru připravena

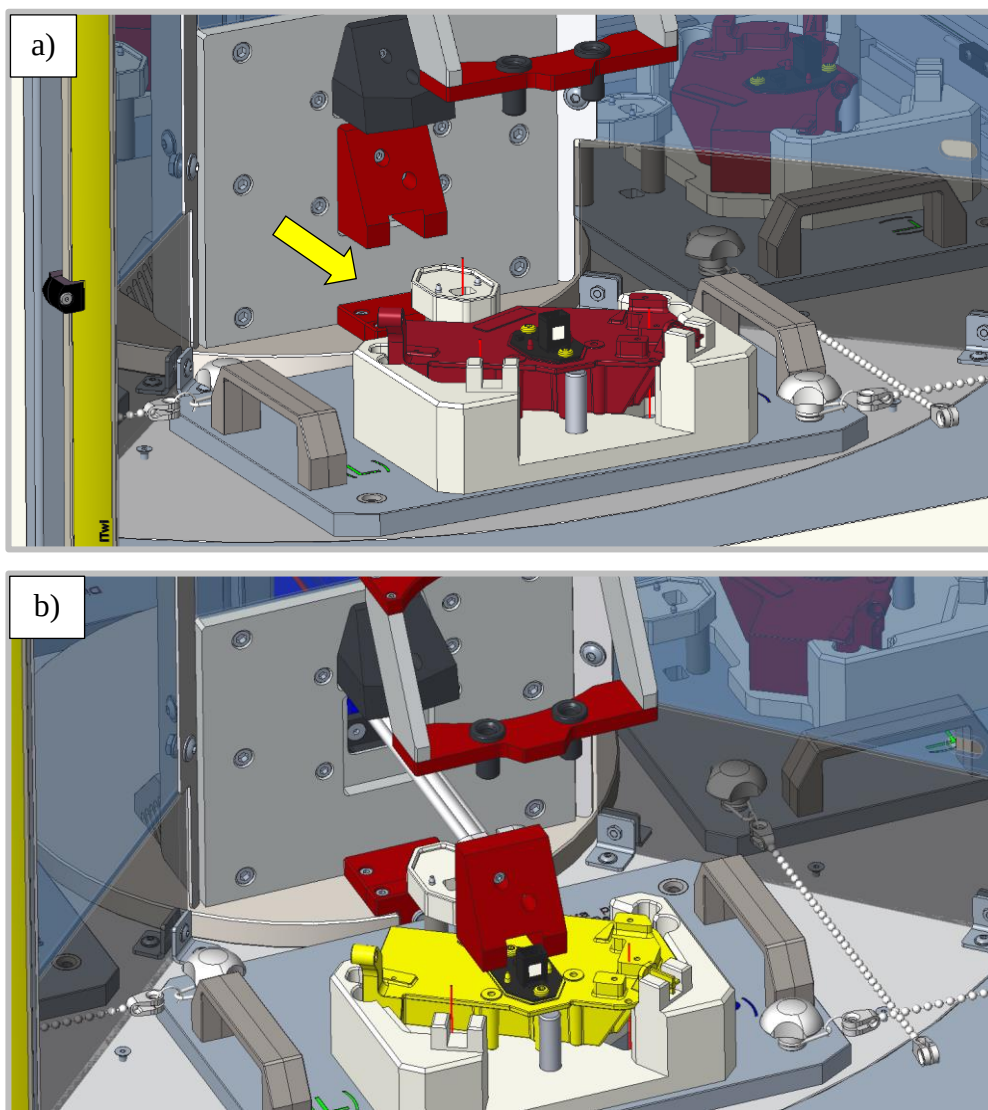


Obr. 69) a) Reflektor je založen, opora reflektoru uvolňuje prostor šabloně šroubování, b) šablona v pracovní pozici, obsluha může zahájit proces šroubování, c) manuální přišroubování reflektoru a následný návrat šablony do výchozí polohy



Obr. 70) Smontovaný celek připravený k odebrání a) pravá varianta, b) levá varianta

V případě, že by byl automatický cyklus vyhodnocen jako NOK, dojde bezprostředně po otočení stolu k zablokování sestavy v lůžku pomocí blokovacího mechanismu (viz Obr. 71)). Obsluha poté musí na ovládacím panelu potvrdit chybu, čímž dojde k odblokování součásti v lůžku a ta může být manuálně odebrána a založena do bedny s vadnými díly.



Obr. 71) a) Zablokování NOK kusu, b) zablokovaný NOK kus

6 ČASOVÝ HARMONOGRAM PRACOVNÍHO CYKLU

Stanovení dílčích pracovních časů technologických celků již bylo popsáno v kapitole 3. Tato kapitola poskytne souhrn všech hodnot zpracovaných do jednoho celku a také zohlední časy nutné k úkonům vykonávaných obsluhou stroje. Odhadnout časovou náročnost manuálních operací je poměrně nesnadná záležitost, neboť závisí na zručnosti obsluhy, pracovních podmínkách (vyšší teplota haly v letním období), subjektivních faktorech (vnitřní motivace, nálada, energie), počtu odpracovaných hodin a podobně. Taktéž je práce výrazně pomalejší při zaučování se na stroji než po týdnech praxe, kdy se celý proces člověku zautomatizuje. Při odhadu manuálních úkonů byly využity tabulky, ve kterých jsou popsány doby konkrétních úkonů (kolik času zabere krok o půl metru, zdvihnutí paže apod.), ale také vlastní intuice. Zcela přesný odhad při návrhu stroje není možný, a to z důvodu, že není jasná pozice zásobníků komponent a odkládacích beden, které si zákazník umístí sám.

Seznam všech dílčích úkonů je zpracován v tabulce Tab 16). Nicméně nejsou zahrnuty hodnoty a časy podpůrných aplikací, které probíhají současně s jinými operacemi (vytlačování tmelu ze zásobníků, nabíjení šroubů do automatického šroubováku) ani kontroly, které jsou realizovány pomocí optických senzorů (kontrola založení součástí do lůžek, kontrola založení DPS), neboť se jedná o velice rychlé procesy, které cyklový čas téměř neovlivní. Také není zahrnut případný čas na přeseřízení stroje a je vynechána váhová kalibrace, která neprobíhá zcela automaticky. Naopak jsou v tabulce zahrnuty aplikace spojené s tryskou dávkovače tmelu, které jsou pro přehlednost psány kurzívou a barevně zvýrazněny. Zvýrazněny jsou také operace prováděné manuálně a pro přehlednost také otočení stolu. Operace jsou chronologicky očíslovány, nicméně v závěru dochází k dělení na případy OK a NOK cyklu. První operace (založení komponent do lůžek) začíná v čase 17,6 vteřiny, neboť jako nulový čas je zvolen stav bezprostředně po otočení stolu. Důvodem je, že před založením součástí je nutné zpracovat díly, které již automatickým cyklem prošly. Tento způsob byl zvolen, protože se jedná o normální pracovní stav stroje.

Z tabulky je patrné, že časy některých pozic dosahují nebo se blíží maximálnímu cyklovému času 24 vteřin. Zda bude skutečná rychlost cyklu převyšovat žádanou hodnotu nebo bude naopak mírně stlačena tak závisí až na finálním nastavení škrtících ventilů při montáži, na naprogramování robota, lineárních os a ostatních zařízení při ožívování stroje a v neposlední řadě na obsluze stroje.

Hodnoty z tabulky jsou pro lepší přehlednost a porovnání délky jednotlivých operací zpracovány do Ganttova diagramu, který je možno najít v příloze *Ganttův diagram pracovního cyklu stroje*.

Tab 16) Časový rozvrh pracovního cyklu

Č.	Úkon	Výkonný člen	Start [s]	Konec [s]	Trvání [s]
1	Založení komponent do lůžek	Operátor	17,6	22,0	4,4
2	Spuštění automatického cyklu	Operátor	22,0	22,5	0,5
3	Otočení stolu o jednu pozici	TC-150T	22,5	24,0	1,5
4	Načtení DMC kódu a souběžná kontrola přítomnosti šroubů v chladiči	SR-752, KR6 R700-2	0,0	1,0	1,0
5	Nanesení prvního bodu tmelu	KR6 R700-2, ViscoDuo-P4/4	1,0	4,0	3,0
6	Kontrola nanesení prvního bodu tmelu	KR6 R700-2, GC2041CP	4,0	6,0	2,0
7	Nanesení druhého bodu tmelu	KR6 R700-2, ViscoDuo-P4/4	6,0	9,0	3,0
8	Kontrola nanesení druhého bodu tmelu	KR6 R700-2, GC2041CP	9,0	11,0	2,0
9	Nanesení třetího bodu tmelu	KR6 R700-2, ViscoDuo-P4/4	11,0	14,0	3,0
10	Kontrola nanesení třetího bodu tmelu	KR6 R700-2, GC2041CP	14,0	16,0	2,0
11	Nanesení čtvrtého bodu tmelu	KR6 R700-2, ViscoDuo-P4/4	16,0	19,0	3,0
12	Kontrola nanesení čtvrtého bodu tmelu	KR6 R700-2, GC2041CP	19,0	21,0	2,0
13	Návrat robota do výchozí pozice	KR6 R700-2	21,0	21,5	0,5
14	Prostoj a čekání na otočení stolu	-	21,5	22,5	1,0
15	Čištění trysky (příjezd robota, čištění, odjezd ke kontrole trysky)	KR6 R700-2	22,5	26,5	4,0
16	Kontrola trysky (několik přejezdů předem danou rychlostí)	KR6 R700-2	26,5	32,5	6,0
17	Návrat robota do výchozí pozice	KR6 R700-2	32,5	33,5	1,0
18	Otočení stolu o jednu pozici	TC-150T	22,5	24,0	1,5
19	Zasunutí saní SLT	SLT-20-40-A	0,0	1,6	1,6
20	Uchopení DPS	-	1,6	2,1	0,5
21	Vysunutí saní SLT	SLT-20-40-A	2,1	3,7	1,6
22	Zasunutí saní DGST	DGST-20-100-PA	3,7	6,4	2,65
23	Zasunutí saní SLT	SLT-20-40-A	6,4	8,0	1,6
24	Založení DPS	-	8,0	8,5	0,5
25	Vysunutí saní SLT	SLT-20-40-A	8,5	10,1	1,6
26	Vysunutí saní DGST	DGST-20-100-PA	10,1	12,7	2,65
27	Prostoj a čekání na otočení stolu	-	12,7	22,5	9,8
28	Otočení stolu o jednu pozici	TC-150T	22,5	24,0	1,5
29	Zašroubování prvního šroubu	SVS 2001	0,0	3,0	3,0
30	Přejezd manipulátoru	HT100S	3,0	3,5	0,5
31	Zašroubování druhého šroubu	SVS 2001	3,5	6,5	3,0
32	Návrat manipulátoru do výchozí pozice	HT100S	6,5	7,0	0,5
33	Prostoj a čekání na otočení stolu	-	7,0	22,5	15,5
34	Otočení stolu o jednu pozici	TC-150T	22,5	24,0	1,5

OK cyklus					
35	Založení reflektrou	Operátor	0,0	1,6	1,6
36	Spuštění pohybu šablony	Operátor	1,6	2,1	0,5
37	Příjezd šablony	DGST-20-125-E1A	2,1	4,3	2,2
38	Nabití a zašroubování prvního šroubu	Operátor	4,3	8,5	4,2
39	Nabití a zašroubování druhého šroubu	Operátor	8,5	11,7	3,2
40	Spuštění pohybu šablony	Operátor	11,7	12,2	0,5
41	Odjezd šablony	DGST-20-125-E1A	12,2	14,4	2,2
42	Odebrání a založení smontovaného celku do bedny s OK kusy	Operátor	14,4	17,6	3,2
NOK cyklus					
35	Zablokování NOK dílu	ADNGF-20-150-P-A	0,0	1,0	1,0
36	Potvrzení NOK dílu	Operátor	1,0	6,0	5,0
37	Odblokování NOK dílu	ADNGF-20-150-P-A	6,0	7,2	1,2
38	Odebrání a založení NOK dílů do bedny s NOK kusy	Operátor	7,2	12,9	5,7

7 VÝROBA, MONTÁŽ A OŽIVENÍ STROJE

Po dokončení konstrukční projekce stroje zákazník odsouhlasil předložený návrh a dodal několik drobných požadavků. Také provedl analýzu ergonomie pracoviště stroje, kde neshledal žádné problémy. Poté byla výkresová dokumentace s mírným zpožděním uvolněna do výroby, kde došlo k několika zanedbatelným problémům způsobených nezkušeností a občas i nepozorností konstruktéra, vždy se ale jednalo o snadno opravitelné chyby a nedošlo tak k nákladným výrobám zmetků ani k dalším časovým prostoje. Nedodržení daného termínu pro návrh stroje bylo dáno relativně krátkou praxí konstruktéra, nicméně výroba dokázala svůj termín splnit.

Následně byly smontovány jednotlivé technologické celky, kterými byl osazen rám stroje. Ani při montáži nedošlo k funkčním problémům, výrobní tolerance, drsnosti, materiály součástí apod. byly zvoleny vhodně, rám je dostatečně tuhý a masivní, stejně tak ostatní zástavba. Většina připomínek z montáže se týkala spíše způsobu seřizování jednotlivých technologií, což je ovšem záležitost pouze montážního procesu a funkci stroje po seřízení nijak neovlivní. Tyto nedostatky byly způsobeny nezkušeností konstruktéra v oblasti montáže a prvotního seřizování stroje. Po mechanickém sestavení stroje následovalo pneumatické a elektrické zapojení. Poloautomatická stanice byla osazena úpravou vzduchu a ventilovým terminálem, který se nachází pod panelem ViscoDos-P a na Obr. 61) vpravo nahoře je vidět otvor pro přívod potřebných hadic či kabelů ze spodní části rámu. Úprava vzduchu je umístěna v přední části rámu tak, aby byla přístupná obsluze bez otevírání dveří. Na základě pneumatického schématu, které je také součástí konstrukčního řešení (nikoliv však diplomové práce) byl přidán vlastní redukční ventil na jednotku čištění trysky a saně DGST-20-125-E1A sloužící pro pohyb šablony šroubování jsou napojeny na samostatný okruh z důvodu bezpečnosti. Elektrické zapojení proběhlo bez problémů (minimálně bez dodatečných konstrukčních zásahů), místo vyhrazené pro kabely i otvory v základové desce byly dostatečné, velikost rozváděče byla předem konzultována s elektrikáři i programátory, tudíž zde problém také nenastal. Veškeré pneumatické a elektrické prvky byly následně označeny štítky a bylo vypracováno elektrické schéma stroje.

Programování stroje byl poměrně složitý úkol, neboť je zde mnoho technologických celků osazeno technologiemi, které musí být vhodně řízeny a propojeny, musí vzájemně komunikovat a bezproblémově fungovat. Po zdárném oživení stroje následoval testovací provoz, při kterém bylo provedeno posouzení rizik externí osobou a bylo vydáno potvrzení o shodě. Bezpečnost stroje není v této práci zmiňována, neboť by se na toto téma dala vypracovat práce samostatná, nicméně při konstrukčním návrhu byl brán zřetel na zákonné požadavky o bezpečnosti strojů, stejně tak byly brány v potaz vnitřní bezpečnostní normy dodavatele i zákazníka.

V testovacím provozu byly také nastaveny finální hodnoty řídicích parametrů elektrických os a robota, nastaveny byly i veškeré škrtící ventily. Čas automatického cyklu v testovacím provozu přesahoval zadaných 24 vteřin, nicméně to bylo z důvodu zaběhnutí stroje, v reálném provozu byly poté parametry zvýšeny a stroj se pod danou hranici dostal. Manuální obsluha stroje však dosahovala mnohem horších výsledků, než předpokládal časový rozvrh. Čas se pohyboval řádově okolo 30 vteřin, což bylo dáno tím, že si obsluha stroje ještě

neautomatizovala manuální úkony a celý montážní proces. V reálném provozu lze očekávat výrazné snížení doby trvání těchto úkonů.

8 ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Konstrukční řešení bylo víceméně zhodnoceno v předchozí části, proto tato kapitola nabídne několik poznatků získaných z provozu stroje.

Jak již bylo zmíněno, v testovacím provozu se cyklový čas pohyboval řádově okolo 30 vteřin. Tento čas se po instalaci stroje k zákazníkovi a po třech měsících zapracování obsluhy v ostrém provozu snížil na průměrných 23,6 vteřiny. Zda bude nebo nebude překročena hranice 24 vteřin v tomto případě závisí na konkrétních zaměstnancích a na směně, kdy ranní směny mají standardně lepší výsledky.

Po technické stránce věci nedošlo k žádným větším problémům, vyráběné součásti i nakupované celky se ukázaly býti dostatečně naddimenzované a tuhé, jediný větší problém nastává při čištění trysky. Ačkoliv je jednotka vybavena vlastním redukčním ventilem, stlačený vzduch unášející zbytky tmelu v kelímku vytváří poměrně velký přetlak a tmel je tak rozstříkován mimo kelímek. Ačkoli bylo s touto možností částečně počítáno (kelímek je z pěti stran zakrytován, a i trysky jsou navíc chráněny polykarbonátovým krytem), tak dochází k velkému znečištění vnitřního prostoru stroje, a to nejen v otevřeném směru. Situace byla vyřešena tak, že se před otevřenou stěnu postavil externí kryt fungující na principu labyrintového těsnění, který dokáže větší část nečistot zadržet. Nicméně se nejedná o řešení elegantní a je nutné tento problém při konstrukci podobných strojů vyřešit. Východiskem může být umístění čistící jednotky do prostoru, pod kterým se nenachází elektrický rozváděč, vytvoření otvoru v základové desce a umístění sběrné nádoby mimo pracovní prostor. Do stroje by pak mohla být vyvedena pouze trubka, která by ústila v již zmiňované nádobě. Úskalím může být přístup k nádobě, kterou je nutné čas od času vyčistit. Nicméně tyto otázky mohou být vyřešeny až pro konkrétní případ nového stroje a v nové rozvaze.

V době dokončování diplomové práce je zařízení již přestavěno na nový typ světla. Přestavba proběhla bez větších problémů, zařízení bylo víceméně připraveno. Jediný větší nedostatek tkvěl v otočné desce, na které jsou umístěny paletky. Přítomnost součástí je kontrolována optickými snímači skrz otvory jak v otočné desce, tak v paletce. Paletka byla zkonstruována nová, nicméně otvory v otočné desce nebylo možné pro detekci použít, proto musela být deska demontována a znovu obráběna. To mělo za následek demontáž některých technologií a části rámu s krytváním, což bylo vzhledem k zapojené elektrické instalaci a pneumatice značně náročné. Nutno dodat, že při návrhu desky bylo s dodatečným obráběním desky počítáno, nicméně konstruktér v této fázi zcela opomněl rozvody kabelů a hadic.

Doporučením na závěr je proto myšlenka, že při jakémkoliv technickém návrhu, ať už se jedná o strojní či elektrickou konstrukci nebo i o návrh zařízení ze zcela jiných oborů, je nutné si vše důkladně, v klidu a s rozmyslem promyslet a do samotného modelování se pustit až s jasně daným konceptem.

9 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce byl návrh a konstrukční řešení jednoúčelového montážního zařízení pro automobilní průmysl. Montovaným celkem je část světlometu sestávající z chladiče, desky plošných spojů a reflektoru, které jsou vzájemně spojeny šrouby.

Úvod práce stručně shrnuje historii zavedení automatizované výroby a také požadavky kladené na jednoúčelové stroje spolu s požadavky kladené na jejich konstrukci.

Následuje rozbor problematiky dle zadaných parametrů, kde jsou představeny montované komponenty, proces montáže, požadavky na stroj i na čas strojního cyklu. Proces montáže je podrobněji rozepsán tak, jak ho specifikoval zákazník spolu s konkrétními nároky a požadavky na jednotlivé technologické celky. Na základě těchto informací byly navrženy vývojové diagramy pracovního postupu i automatického cyklu. Závěr kapitoly se věnuje rozboru konkrétních variant a dispozic stroje na základě vzájemného rozmístění vstupních součástí vůči jednotlivým technologiím i obsluze zařízení.

Třetí kapitola je věnována podrobnému rozboru zvoleného konstrukčního řešení včetně případných jiných možných řešení a je zdůvodněna volba řešení výsledného spolu s názornými obrázky. Tato část práce je rozdělena na jednotlivé části dle konkrétních technologických celků, kdy je u každého celku stanoven pracovní čas (pokud daná technologie cyklový čas jakýmkoliv způsobem ovlivňuje) a jsou vypsány hlavní nakupované součásti spolu s jejich parametry.

Ve čtvrté kapitole je čtenáři nabídnut pohled na celý stroj souborem obrázků kde již nejsou zobrazeny pouze jednotlivé technologické celky, ale i jejich vzájemná pozice a uspořádání.

Pátá kapitola je zaměřena na vizualizaci pracovního cyklu, která pro lepší přehlednost shrnuje montážní operace v chronologickém pořadí a nechybí ani grafické zobrazení.

V šesté kapitole je sestaven časový harmonogram pracovního cyklu, z něhož je patrná časová náročnost konkrétního úkonu a také výsledný cyklový čas stroje který ověřil, že je zařízení schopno splnit požadavky zákazníka. Všechny operace jsou shrnuty do Ganttova diagramu, který poskytuje lepší přehled o návaznosti operací a spolu časovým harmonogramem může sloužit jako pomůcka pro programátora.

Sedmá kapitola popisuje postup výroby, montáže a oživení stroje spolu s provedenými úkony, drobnými problémy a jejich řešením.

V poslední kapitole je popsán současný stav stroje a jeho zhodnocení s odstupem času. Závěrečný odstavec obsahuje doporučení pro jakéhokoliv konstruktéra, ale ve své podstatě i pro kolegy ze zcela jiných oborů, kteří čelí novým projektům a výzvám.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BALLUFF. *Datový nosič HF (13,56 MHz): BIS00UE* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0003/cg/G0304/product/F03401/variant/PV151700>
- [2] STASTO. *Rotary tables: Serie TC* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.stasto.cz/data.aspx?data=b2c5165d-ad48-41f1-9eab-74997a97d8f8>
- [3] BALLUFF. *HF hlavy čtení/zápis (13,56 MHz) s integrovanou vyhodnocovací jednotkou: BIS019T* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0003/cg/G0304/product/F03405/variant/PV3326886>
- [4] BALLUFF. *Difuzní snímače se zatemněným pozadím: BOS0129* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01340/variant/PV122311>
- [5] KEYENCE. *Ethernet-compatible 2D Code Reader, Long-distance Type: SR-752* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.keyence.com/products/vision/barcode/sr-750/models/sr-752/>
- [6] KUKA. *Download center* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.kuka.com/en-us/services/downloads?terms=Language:en:1;&q%20KR6%20R700-2>
- [7] KUKA. *KR 6 R700-2* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/KUKA%20Robotics%20PDFs/KR_6_R700-2.pdf
- [8] SMARTEK VISION. *Giganetix Series* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<http://www.rocketech.cc/doc/smartek/Giganetix%20Standard%20Series.pdf>
- [9] COMPUTAR. *M7528-MP* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
https://computar.com/resources/files_v2/437/M7528-MP_CS0508.pdf
- [10] SMART VIEW. *Krátká bodová světla* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
https://www.smartview.cz/files/lights/data_sheet/smartview_datasheet_shortspot_cs.pdf?1553961001
- [11] NORDSON. *VALVE FITTINGS/TIP ADAPTERS* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<http://www.precilube.com/efd/files/assets/common/downloads/page0068.pdf>
- [12] NORDSON. *Nordson 7018068 Optimum General Purpose Dispensing Needle, 15 ga, 1/2", Amber, 50/Box* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.eis-inc.com/dispensing-needle/p-5115-b>
- [13] CAPTRON. *OGLW2-40T-2PS6* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.captron.com/products/detail/oglw2-40t-2ps6/>
- [14] HEPNAR. *Přesná váha VIBRA ALE223R* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z:
<https://www.hepnar.cz/presna-vaha-vibra-ale223r-p1299>

- [15] FESTO. *Saně Mini DGST* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DGST_CZ.PDF
- [16] FESTO. *Mini slides SLT/SLS/SLF* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENGB/PDF/EN/SLT-SLS-SLF_EN.PDF
- [17] SMC. *Vacuum Pad* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: https://www.smc Pneumatics.com/pdfs/ZP2_AdapterandCupVerticalEntry.pdf
- [18] SMC. *Vacuum Saving Valve: ZP2V Series* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://content2.smcetech.com/pdf/ZP2V.pdf>
- [19] BALLUFF. *Reflexní optické závory: BOS012E* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01318/variant/PV122364>
- [20] STÖGER AUTOMATION. *Automatic screwdrivers* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.stoeger.com/en/automatic-screwdrivers-for-set-screws-threaded-bolts-others.html>
- [21] STÖGER AUTOMATION. *Product overview: Feed systems* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.stoeger.com/en/list-of-products/feed-systems.html>
- [22] HIWIN. *Lineární osa HT-S* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-osy/osy-s-kulickovym-sroubem/linearni-osy-hx-s/319_linearni-osa-ht-s
- [23] SCHNEIDER ELECTRIC. *AC servo motor BSH - 0.9 N.m - 6000 rpm - untapped shaft-without brake - IP50* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.se.com/ww/en/product/BSH0552T01A2A/ac-servo-motor-bsh---0.9-n.m---6000-rpm---untapped-shaft---without-brake---ip50/?range=2302-lexium-32-%26-motors>
- [24] STÖGER AUTOMATION. *STÖGER Schraub- und Montagetechnik* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: http://www.montageautomation.de/svs_vakuumschrauber.PDF
- [25] STÖGER AUTOMATION. *Downloads* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.stoeger.com/en/downloads.html>
- [26] FESTO. *Zpětné ventily H/HA/HB/HGL* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/HGL_CZ.PDF
- [27] FESTO. *Kompaktní válce ADNGF, přípojovací obrazec dle norem* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/ADNGF_CZ.PDF
- [28] SICK. *Bezpečnostní světelné závěsy miniTwin4 / 1 Twin-Stick* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-svetelne-zavesy/minitwin4/c4mt-07814abb03fe0/p/p123801?ff_data=JmZmX2lkPXAxMjM4MDEmZmZfbWFzdGVySWQ9cDEyMzgWMSZmZl90aXRrZT1DNE1ULTA3ODE0QUJCMDNGRTAmZmZfcXVlcnk9QzRNVc0wNzgXNEFCQjAzRkUwJmZmX3Bvcz0xJmZmX29yaWdQb3M9MSZmZl9wYWdlPTEuZmZfcGFuZVNpemU9MjM4MDEmZmZfb3JpZ1BhZ2VTaXplPTI0JmZmX3NpbWk9OTcuMA==

- [29] SICK. *Blokovací zařízení s jištěním MLP1* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/blokovaci-zarizeni/blokovaci-zarizeni-s-jistenim/mlp1/mlp1-smma0ac/p/p494248>
- [30] BALLUFF. *Jednocestné optické závory: BOS01JP* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01327/variant/PV122370>
- [31] BALLUFF. *Jednocestné optické závory: BOS01WT* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01327/variant/PV121097>
- [32] BALLUFF. *Jednocestné optické závory: BOS01WW* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01327/variant/PV121110>
- [33] ATLAS COPCO. *MicroTorque Handheld screwdrivers* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/industrial-technique/general/documents/brochures-leaflets/electric-assembly-tools-and-systems/2011%2001%20MicroTorque%20Handheld%20screwdrivers1.pdf>
- [34] ATLAS COPCO. *MT Focus 6000* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://servaid.atlascopco.com/AssertWeb/en-US/AtlasCopco/Catalogue/2868>

11 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

11.1 Seznam zkratek

Zkratka	Význam
2D	Two Dimensional (dvojměrný)
3D	Three Dimensional (trojměrný)
CNC	Computer Numerical Control (číslicově řízený počítač)
DMC	Datamatrix Code (maticový 2D kód)
DPS	Deska plošných spojů
LED	Light-Emitting Diode (elektroluminiscenční dioda)
PLC	Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)
ProfiNet	Process Field Net
STEP	Standard for the Exchange of Product model data (formát 3D modelů)

11.2 Seznam symbolů

Symbol	Význam
L_{xy}	Vyložení v rovině xy
L_z	Vyložení v ose z

11.3 Seznam obrázků

OBR. 1) MONTOVANÝ VÝROBEK (LEVÁ VARIANTA) V ROZLOŽENÉM STAVU	18
OBR. 2) VARIANTY VÝROBKU: A), C) PRAVÁ, B), D) LEVÁ	18
OBR. 3) ROZMĚRY KARTUŠE	21
OBR. 4) MÍSTA NANÁŠENÍ TMELU.....	21
OBR. 5) KONTROLA NANESENÍ TMELU A) NOK, B) OK	22
OBR. 6) A) ROZMĚRY KELÍMKU, B) ZAŘÍZENÍ PRO KONTROLU TRYSKY.....	23
OBR. 7) PRVKY ELEKTRICKÉHO OBVODU	23
OBR. 8) VÝVOJOVÝ DIAGRAM PRACOVNÍHO POSTUPU	29
OBR. 9) VÝVOJOVÝ DIAGRAM AUTOMATICKÉHO CYKLU.....	31

OBR. 10) A) PRAVÁ VARIANTA S DPS ORIENTOVANOU SMĚREM DO STROJE, B) LEVÁ VARIANTA S DPS ORIENTOVANOU SMĚREM K OBSLUZE.....	32
OBR. 11) NÁVRH LŮŽKA PRO OBA TYPY MONTOVANÉHO VÝROBKU ...	33
OBR. 12) A) DPS UMÍSTĚNA SMĚREM DO STROJE, B) DPS UMÍSTĚNA SMĚREM K OBSLUZE.....	34
OBR. 13) POPIS PRVKŮ CHLADIČE (POHLED SHORA).....	35
OBR. 14) POPIS PRVKŮ CHLADIČE (POHLED ZDOLA).....	36
OBR. 15) UNIVERZÁLNÍ LŮŽKO	37
OBR. 16) ZALOŽENÝ CHLADIČ.....	37
OBR. 17) VYTISKNUTÉ UNIVERZÁLNÍ LŮŽKO CHLADIČE	38
OBR. 18) LŮŽKO DPS NA PALETCE	38
OBR. 19) CELKOVÁ SESTAVA PALETKY OSAZENÁ SOUČÁSTMI	39
OBR. 20) VÝPOČTOVÝ PROTOKOL TC-150T	41
OBR. 21) GLOBOIDNÍ VAČKA S ČEPEM V RŮZNÝCH POLOHÁCH [2]	42
OBR. 22) ŘEZ OTOČNÝM STOLEM SÉRIE TC [2]	42
OBR. 23) SESTAVA OTOČNÉHO STOLU (POHLED SHORA).....	43
OBR. 24) SESTAVA OTOČNÉHO STOLU (POHLED ZE SPODU).....	44
OBR. 25) SR-752: LONG-RANGE TYPE [5]	45
OBR. 26) SESTAVA ČTEČKY DMC KÓDU.....	46
OBR. 27) KUKA KR6 R700-2 [6]	47
OBR. 28) SYSTÉM NANÁŠENÍ TMELU	48
OBR. 29) PODSESTAVA DÁVKOVAČE TMELU	49
OBR. 30) DIAGRAM ZATÍŽENÍ KUKS KR6 R700-2 [7]	50
OBR. 31) SESTAVA ROBOTA	51
OBR. 32) A) ZÁSOBNÍKY VISCOMT-C, B) ŘÍDÍCÍ PANEL VISCODOS-P.....	53
OBR. 33) A), B) POPIS ZÁSOBNÍKŮ TMELU	54
OBR. 34) ČIŠTĚNÍ A KONTROLA TRYSKY A) POHLED ZEPŘEDU, B) POHLED ZE ZADU	56
OBR. 35) MANIPULÁTOR DPS.....	58
OBR. 36) A) UCHOPENÍ DPS, B) ODPRUŽENÝ TRN.....	59
OBR. 37) ŠROUBOVÁNÍ A) VÝCHOZÍ STAV, B) NABITÍ ŠROUBU, C) ZAŠROUBOVÁNÍ [20]	62
OBR. 38) VIBRAČNÍ ZÁSOBNÍK ZSE 1800 [21]	63
OBR. 39) AUTOMATICKÉ ŠROUBOVÁNÍ.....	64

OBR. 40) ŠABLONA ŠROUBOVÁNÍ A) POHLED ZPRAVA, B) POHLED ZLEVA	
67	
OBR. 41) BLOKOVACÍ MECHANISMUS	69
OBR. 42) ZABLOKOVÁNÍ CHLADIČE – POHLED SHORA	69
OBR. 43) ZABLOKOVÁNÍ CHLADIČE – POHLED Z ČELA.....	70
OBR. 44) PODEPŘENÍ REFLEKTORU – POHLED SHORA.....	70
OBR. 45) PODEPŘENÍ REFLEKTORU – POHLED Z BOKU	71
OBR. 46) SIMULACE PRACOVNÍHO CYKLU VÁLCE ADGF-20-150-P-A	72
OBR. 47) SIMULACE PRACOVNÍHO CYKLU VÁLCE ADGF-16-80-P-A	72
OBR. 48) RÁM STROJE	74
OBR. 49) SPODNÍ ČÁST RÁMU	75
OBR. 50) HORNÍ ČÁST RÁMU OSAZENÁ DVEŘMI.....	76
OBR. 51) HORNÍ ČÁST RÁMU (POHLED Z ČELA)	78
OBR. 52) CELKOVÝ POHLED NA STROJ ZEPŘEDU	81
OBR. 53) CELKOVÝ POHLED NA STROJ ZE ZADU	82
OBR. 54) POHLED DO STROJE OTEVŘENÝMI DVEŘMI SMĚREM K ROBOTU, ZÁSOBNÍKY TMELU JSOU V OTEVŘENÉ POLOZE, KDY DOCHÁZÍ K VÝMĚNĚ KARTUŠÍ.....	83
OBR. 55) POHLED DO STROJE OTEVŘENÝMI DVEŘMI SMĚREM K AUTOMATICKÉMU ŠROUBOVÁKU	83
OBR. 56) POHLED DO PRACOVNÍHO PROSTORU OPERÁTORA VE FÁZI, KDY JE ZALOŽENA DPS, CHLADIČ VŠAK NIKOLIV. ŠABLONA ŠROUBOVÁNÍ SE NACHÁZÍ V HORNÍ POZICI A BLOKOVACÍ MECHANISMUS S PODPÍRACÍM MECHANISMEM JSOU V ZASUNUTÉ POLOZE. NAD LŮŽKEM JSOU ZŘETELNĚ VIDITELNÉ TŘI OPTICKÉ PAPRSKY SNÍMAČŮ BOS01WT, BOS01WW A BOS01JP.....	84
OBR. 57) POHLED NA ŠABLONU ŠROUBOVÁNÍ PŘI ZAKLÁDÁNÍ DÍLŮ DO LŮŽEK	84
OBR. 58) POHLED NA ŠABLONU ŠROUBOVÁNÍ PŘI ŠROUBOVÁNÍ	85
OBR. 59) POHLED NA ROBOTA A ČTEČKU (ČÁSTI RÁMU SKRYTY PRO LEPŠÍ VIDITELNOST)	85
OBR. 60) POHLED NA MANIPULÁTOR DPS (ČÁSTI RÁMU SKRYTY PRO LEPŠÍ VIDITELNOST)	86
OBR. 61) POHLED NA AUTOMATICKÝ ŠROUBOVÁK (ČÁSTI RÁMU SKRYTY PRO LEPŠÍ VIDITELNOST)	86
OBR. 62) BOČNÍ POHLED NA AUTOMATICKÝ ŠROUBOVÁK (POLYKARBONÁTOVÁ VÝPLŇ SKRYTA).....	87
OBR. 63) ZALOŽENÍ SOUČÁSTÍ DO LŮŽKA A) PRÁZDNÉ LŮŽKO, B) SPRÁVNÉ SOUČÁSTI JSOU ZALOŽENY	89

OBR. 64) A), B) NAČTENÍ DATAMATRIX KÓDU, KAMEROVÁ KONTROLA PŘÍTOMNOSTI ŠROUBŮ V CHLADIČI, NANESENÍ TMELU A KAMEROVÁ KONTROLA NANESENÍ TMELU.....	90
OBR. 65) A) VÝCHOZÍ POLOHA MANIPULÁTORU, B) ODEBRÁNÍ DPS Z LŮŽKA.....	91
OBR. 66) A) PŘEJETÍ DO ODKLÁDACÍ POZICE, B) ZALOŽENÍ LŮŽKA NA CHLADIČ A NÁVRAT DO VÝCHOZÍ POZICE	92
OBR. 67) A) VÝCHOZÍ POLOHA ŠROUBOVÁKU, ZAŠROUBOVÁNÍ A KONTROLA PRVNÍHO ŠROUBU, PŘEJETÍ DO DRUHÉ POZICE, B) ZAŠROUBOVÁNÍ A KONTROLA DRUHÉHO ŠROUBU, C) NÁVRAT DO VÝCHOZÍ POLOHY	93
OBR. 68) SOUČÁST VE STAVU BEZPROSTŘEDNĚ PO OTOČENÍ STOLU, OPORA REFLEKTORU PŘIPRAVENA.....	94
OBR. 69) A) REFLEKTOR JE ZALOŽEN, OPORA REFLEKTORU UVOLŇUJE PROSTOR ŠABLONĚ ŠROUBOVÁNÍ, B) ŠABLONA V PRACOVNÍ POZICI, OBSLUHA MŮŽE ZAHÁJIT PROCES ŠROUBOVÁNÍ, C) MANUÁLNÍ PŘÍŠROUBOVÁNÍ REFLEKTORU A NÁSLEDNÝ NÁVRAT ŠABLONY DO VÝCHOZÍ POLOHY	95
OBR. 70) SMONTOVANÝ CELEK PŘIPRAVENÝ K ODEBRÁNÍ A) PRAVÁ VARIANTA, B) LEVÁ VARIANTA	96
OBR. 71) A) ZABLOKOVÁNÍ NOK KUSU, B) ZABLOKOVANÝ NOK KUS....	97

11.4 Seznam tabulek

TAB 1) ROZPIS DÍLŮ JEDNOTLIVÝCH SESTAV.....	17
TAB 2) ZÁKLADNÍ PARAMETRY JEDNOÚČELOVÉHO STROJE.....	27
TAB 3) POUŽITÉ KOMPONENTY	40
TAB 4) POUŽITÉ KOMPONENTY.....	44
TAB 5) POUŽITÉ KOMPONENTY.....	46
TAB 6) ČASY JEDNOTLIVÝCH ÚKONŮ	51
TAB 7) POUŽITÉ KOMPONENTY.....	52
TAB 8) POUŽITÉ KOMPONENTY.....	55
TAB 9) POUŽITÉ KOMPONENTY	57
TAB 10) POUŽITÉ KOMPONENTY	60
TAB 11) ČASY JEDNOTLIVÝCH ÚKONŮ	65
TAB 12) POUŽITÉ KOMPONENTY	65
TAB 13) POUŽITÉ KOMPONENTY	68
TAB 14) POUŽITÉ KOMPONENTY.....	73
TAB 15) POUŽITÉ KOMPONENTY.....	78

TAB 16) ČASOVÝ ROZVRH PRACOVNÍHO CYKLU100

12 SEZNAM PŘÍLOH

Návrh osy HT100S – 200 mm

Návrh osy HT100S – 250 mm

Ganttův diagram pracovního cyklu stroje

Výkresová dokumentace:

DP-00-00-000K

DP-00-00-000

DP-01-01-001

DP-07-01-001

3D model ve formátu STEP