



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

JEDNOÚČELOVÝ STROJ PRO PŘEDMONTÁŽ PODSESTAVY ZÁMKU

SINGLE PURPOSE MACHINE FOR LATCH SUBASSEMBLY ASSEMBLY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Martin Dušek
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
Akademický rok:	2020/21

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 bakalářské práce:

Jednoúčelový stroj pro předmontáž podsestavy zámku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Předmětem BP je návrh konstrukce automatického jednoúčelového stroje pro předmontáž zkrutné pružiny do výlisku plastového ozubeného kola. Bude se jednat o plně automatické zařízení se vstupními podavači sypaných dílů a výstupem do KLT boxu s kapacitou pro minimálně 2 hodin bezobslužného provozu. Zařízení bude navrženo pro výrobu pravých a levých variant produktu v taktu 6 sekund. Změna výroby mezi typy nepřesáhne 10 min. Součástí práce není návrh podávání a orientace dílů do montáže, pouze definice technických parametrů požadavků na podavače. Zadání BP je řešeno ve spolupráci se společností Inprotec s. r. o. Brno.

Cíle bakalářské práce:

Úvod do problematiky výroby zámků a projekce jednoúčelových strojů (JÚS).

Systémová analýza problému, stanovení požadavků na montáž podsestavy zámku.

Návrh možných variant řešení (konceptů).

Technicko–ekonomické zhodnocení a výběr nejvhodnější varianty.

Rozpracování podsestavy montáže z hlediska konstrukčně–technologické.

Vypracování potřebných výpočtů, souvisejících s návrhem nového JÚS.

Vyhotovení sestavních a podsestavních výkresů nového JÚS a komentář k nim.

Vyhodnocení dosažených výsledků a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

PROKEŠ, Josef a Jiří VOSTROVSKÝ. Hydraulické a pneumatické mechanismy, 1. vyd. 275 s., Praha:SNL; 1988. ISBN 80-03-00665-1.

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů IV.0. Praha: MM publishing, 2018. MM speciál. ISBN 978-80-906310-8-3.

KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.

JOSEPH Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem jednoúčelového stroje pro předmontáž podsestavy automobilového zámku. Rešeršní část popisuje problematiku výroby automobilových zámků s představením jednoúčelových strojů a jejich hlavních komponent. Praktická část provází návrhem automatizované stanice montující zkrutnou pružinu do plastového výlisku.

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with design of single purpose machine for car latch subassembly assembly. Research part describes issue of production of car locks with the introduction of single purpose machines and their main components. The practical part is accompanied by the design of automated station assembling a torsion spring into a plastic molding.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jednoúčelový stroj, výrobní proces, automatizovaná montáž, podsestava automobilového zámku

KEYWORDS

Single purpose machine, manufacturing process, automatic assembly, subassembly of latch assembly

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DUŠEK, Martin. *Jednoúčelový stroj pro předmontáž podsestavy zámku*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132042>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, 2021. 63 s. Vedoucí práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce, doc. Ing. Radku Knoflíčkovi za vedení a užitečné připomínky při tvorbě bakalářské práce, dále Ing. Josefovi Vincencovi a Ing. Radomilu Pavelkovi za umožnění návštěvy firmy Kiekert pro potřeby zpracování rešeršní části, Ing. Josefu Vincencovi, Ing. Janu Vincencovi, Ing. Ondřejovi Seidlerovi a Ing. Luděkovi Pospíšilovi za rady a věcné připomínky při zpracování praktické části práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne

.....

Martin Dušek

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	ÚVOD DO PROBLEMATIKY VÝROBY ZÁMKŮ A PROJEKCE JEDNOÚČELOVÝCH STROJŮ (JÚS)	13
2.1	Současný stav poznání automobilových zámků	13
2.2	Hlavní funkce automobilového zámku	13
2.2.1	Bezpečnost	13
2.2.2	Přístupnost	14
2.3	Hlavní díly v zámku	14
2.4	Výrobní proces automobilového zámku	15
2.4.1	Výrobní logistika	15
2.4.2	Výroba	16
2.4.3	Výstupní kontrola	16
2.5	Úrovně výroby	16
2.5.1	Manuální výroba	17
2.5.2	Poloautomatizovaná výroba	17
2.5.3	Automatizovaná výroba	17
2.6	Jednoúčelové stroje	17
2.6.1	Příklady vystupujících prvků v JÚS	17
3	SYSTÉMOVÁ ANALÝZA PROBLÉMU, STANOVENÍ POŽADAVKŮ NA MONTÁŽ PODSESTAVY ZÁMKU	22
3.1	Systémová analýza problému	22
3.1.1	Vstup	22
3.1.2	Montáž	22
3.1.3	Kontrola	22
3.1.4	Výstup	22
3.1.5	Bezpečnost	22
3.2	Stanovení okrajových podmínek pro konstrukci stanice	24
3.2.1	Rozložení pracoviště	24
3.2.2	Výrobci	24
3.2.3	Natažení pružiny	25
3.2.4	Rám stroje	25
3.3	Analýza současného pracoviště	26
3.4	Požadavky na provoz stanice	26
4	NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT ŘEŠENÍ	27
4.1	Manipulační nástroj	27
4.2	Manipulace s pružinou	28
4.3	Manipulace s plastovými výlisky mezi stanovišti	30
5	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ A VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY	33
5.1	Metoda multikriteriálního hodnocení	33
6	ROZPRACOVÁNÍ PODSESTAVY MONTÁŽE Z HLEDISKA KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ	35
6.1	Zásobování součástkami	35
6.2	Montáž	35
6.3	Manipulace s montovaným dílem	37

6.4	Kontrola natažení pružiny	38
6.5	Manipulátor smontovaných podsestav	40
6.6	Doprava do OK KLT boxů.....	41
6.7	Výstupní část OK a NOK dílů.....	42
6.8	Stůl stanice.....	43
6.9	Krytování stanice.....	44
6.10	Pneumatická část stanice	45
6.11	Kompletní stanice.....	46
7	VYPRACOVÁNÍ POTŘEBNÝCH VÝPOČTŮ, SOUVISEJÍCÍCH S NÁVRHEM NOVÉHO JÚS.....	49
7.1	Výpočet průměru válce pro zdvih montážní hlavice.....	49
7.2	Výpočet potřebného počtu KLT boxů pro OK sestavy	50
7.3	Zobrazení cyklu v časové ose.....	51
8	VYHOTOVENÍ SESTAVNÍCH A PODSESTAVNÍCH VÝKRESŮ NOVÉHO JÚS A KOMENTÁŘ K NIM	53
9	VYHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	54
9.1	Vyhodnocení výsledků	54
9.2	Doporučení pro praxi.....	54
10	ZÁVĚR.....	55
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
12	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, TABULEK A OBRÁZKŮ.....	59
12.1	Seznam zkratk a symbolů	59
12.2	Seznam tabulek.....	59
12.3	Seznam obrázků.....	60
13	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

1 ÚVOD

Jednoučelové stroje nacházejí využití v různých odvětvích průmyslu. Jedním z takových průmyslů je automobilový průmysl. Zde mají využití především v automobilových závodech, kde slouží k výrobě a montáži hlavních komponent vozidla. Do vozidel se montují různé přidružené komponenty, které jsou dodávány z celého světa od různých výrobců.

Mezi takové komponenty se řadí například automobilový zámek. Výroba takového zámku je důmyslně propracovaný výrobní proces, kde se hojně využívá zařazení právě jednoučelových strojů, které napomáhají automatizované výrobě za cílem zvýšit efektivitu výrobního procesu.

V rešeršní části práce je rozebrána problematika výroby automobilového zámku, jeho hlavní funkce, proces výroby a projekce jednoučelových strojů, které se při výrobě zámků používají.

Konstrukční částí práce je návrh jednoučelového stroje na předmontáž podsestavy automobilového zámku podle zadaných požadavků firmou Kiekert, která se výrobou automobilových zámků zabývá. Zadání bakalářské práce bylo realizováno ve spolupráci s firmou Inprotec s.r.o.

2 ÚVOD DO PROBLEMATIKY VÝROBY ZÁMKŮ A PROJEKCE JEDNOÚČELOVÝCH STROJŮ (JÚS)

2.1 Současný stav poznání automobilových zámků

Jeden ze základních bezpečnostních prvků automobilu je automobilový zámek, který se nachází ve všech bočních dveřích automobilu, pod kapotou v přední části vozu a v pátých dveřích v zadní části vozu. Zámek viz Obr. 2-1 je velice komplikovaná součást, na kterou jsou kladeny velké požadavky, ať už z hlediska zabezpečení, tak i z hlediska komfortu při používání. [1]



Obr. 2-1: Zámek bočních dveří TSS1 [2]

2.2 Hlavní funkce automobilového zámku

2.2.1 Bezpečnost

Hlavní funkcí zámku je držení dveří v zavřené poloze. Tato funkce musí být dodržena při různých situacích. Například pokud dojde k autonehodě, zámek musí držet dveře zavřené, jinak by se významně snížila pevnost karoserie. Dále má zámek v zadních dveřích dětskou pojistku, která zablokuje možnost otevřít dveře vnitřní klikou. V neposlední řadě musí být zámek zabezpečen tak, aby se dal otevřít pouze příslušnými nástroji, a to buď fyzickým klíčem nebo vyslaným rádiovým signálem do jednotky vozidla, která zámek odemkne.

2.2.2 Přístupnost

Zámek se ovládá pomocí mechanických táhel, dále elektrickým DC motorem, který je ovládán elektricky pomocí signálů vyslaných buď z klíčku do jednotky vozu nebo tlačítka umístěných uvnitř vozu. [1]

Základní operace zámku: [1]

Mechanické operace, které nepotřebují zdroj elektrické energie.

- otevírání vnější klikou
- otevírání vnitřní klikou
- odemykání/zamykání klíčem
- odemykání/zamykání vnitřní pákou nebo nouzové zamykání
- dětská pojistka v zadních dveřích

Vedlejší operace: [1]

Operace, které rozšiřují využití zámku, a to z hlediska zabezpečení nebo komfortu ovládání dveří.

- centrální elektrické zamykání/odemykání
- dvojitě otevření
- dvojitě zavření
- silové otvírání
- silové dovírání

Firma Kiekert patřící mezi lídry výrobců automobilových zámků neustále vyvíjí a inovuje nové způsoby odemykání a otevírání dveří. Například bezdotykové otevírání dveří, kde se pouhým přiložením ruky ke dveřím dveře automaticky otevřou. Další inovací je i poháněné otevírání dveří, kde uživatel nemusí vyvíjet téměř žádnou sílu na otevírání dveří.

2.3 Hlavní díly v zámku

Na první pohled se může zdát, že je automobilový zámek jednoduchá součást, ale za jeho fungováním stojí kombinace pohybů pákových mechanismů a mechanismů ozubených soukolí.

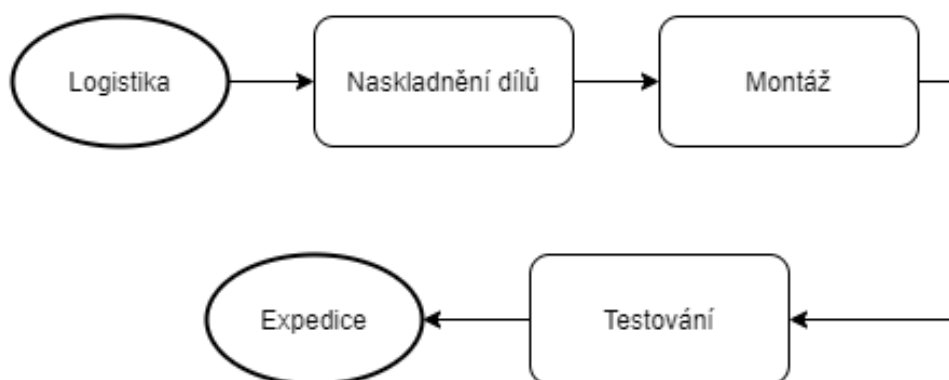
Automobilový zámek se skládá převážně z ocelových a plastových pák, mosazných nebo plastových ozubených kol či šneků. Ozubená kola a další pohyblivé rotující součástky jsou uloženy na ocelových čepech. Některé čepy jsou také využívány jako spojovací prvky, kde se po deformování jejich konců pevně spojí spojované součástky. Krytování bývá převážně z plastu a v místech s vyšším namáháním jsou kryty ocelové. V zámku jsou ve velké míře využívány různé typy pružin s převážným zastoupením zkrutných pružin. Pružiny vrací různé součástky do výchozích poloh, či slouží jako podpory. Některé pákové či ozubené mechanismy udávají do pohybu stejnosměrné elektrické motory. Ty se starají o odemykání či zamykání zámku. [1] Všechny výše zmíněné díly jsou ukázány na Obr. 2-2.



Obr. 2-2: Kiekert E Latch [3]

2.4 Výrobní proces automobilového zámku

Výrobním procesem se rozumí postupná přeměna od vstupního materiálu skrze výrobní zařízení až ke konečnému produktu. [4] Pro potřeby této práce je průběh pro přehlednost rozdělen do pěti modulů viz Obr. 2-3.



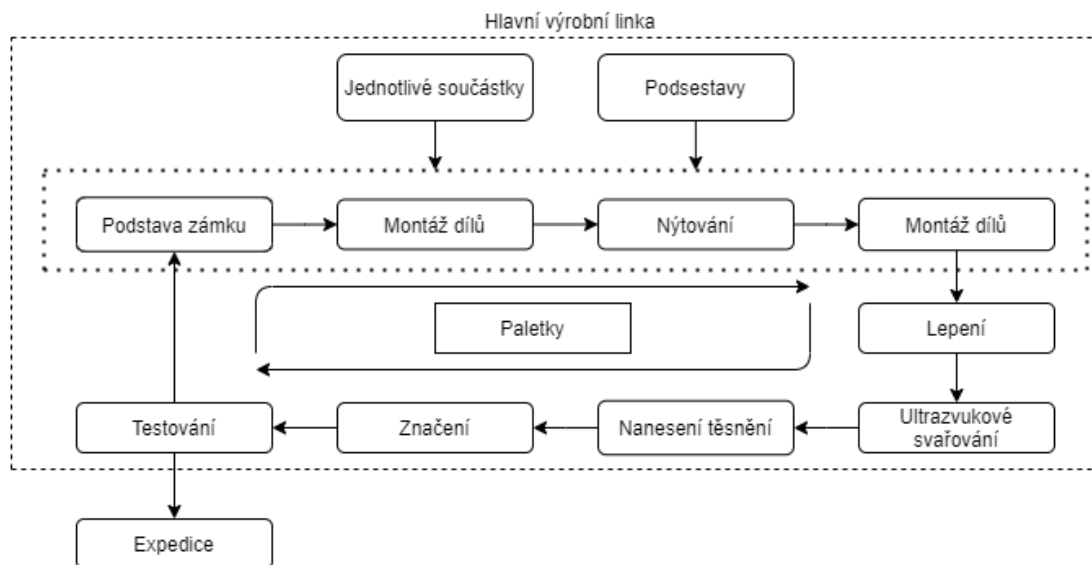
Obr. 2-3: Schéma výrobního procesu

2.4.1 Výrobní logistika

Výrobní logistika organizuje průběh výroby. Jakmile je zadán automobilový zámek do výroby, je zorganizováno naskladnění potřebných dílů pro danou sestavu zámku a následný pohyb těchto dílů k výrobním linkám. Pro skladování dílů jsou využívány automatizované skladové systémy, kde jsou dodané díly zapsány do databáze. Tyto databáze jsou řízeny například systémem SAP, který se stará o efektivní chod výroby.

2.4.2 Výroba

Jedná se o velkosériovou výrobu, která probíhá na hlavní výrobní lince. Zde jsou seřazena jednotlivá stanoviště, kde se na každém z nich koná jeden úkon a tvoří tak jeden velký na sebe navazující řetězec. Stanoviště jsou tvořena převážně jednoúčelovými stroji nebo pracovníky konající montážně složitou práci. Na hlavní lince jsou sestavy zámku montovány na systému paletek, které se pohybují v uzavřeném okruhu. Pro přehlednost bylo vytvořeno schéma viz Obr. 2-4, na kterém jsou zobrazeny jednotlivé procesy.



Obr. 2-4: Příklad montážní linky zámku

V průběhu výroby vstupují do hlavní výrobní linky samostatné díly dodané od různých výrobců či podsestavy, které jsou kompletovány jednoúčelovými stroji mimo hlavní výrobní linku. Jedním takovým jednoúčelovým strojem se zabývá praktická část bakalářské práce. Dále probíhá spojování jednotlivých dílů nýtováním, ultrazvukovým svařováním nebo lepením, a tím se postupně tvoří celá sestava zámku. V průběhu montáže jsou po hlavní lince rozmístěny kontrolní stanice, kde se kontroluje správná montáž. Konečným procesem montáže zámku je nanesení těsnění. Takto dokončená sestava pokračuje na výstupní kontrolu. Po kontrole je zámek označen unikátním výrobním číslem a připraven na expedici.

2.4.3 Výstupní kontrola

Výstupní kontrola je umístěna vždy na konci hlavní linky. Zde je kompletně smontovaný zámek podroben testování funkčnosti. Testují se veškeré funkce zámku, kde se měří vyvíjené síly ovládaných táhel. Kontrola je podroben každý vyrobený zámek, aby se co nejvíce snížila pravděpodobnost výskytu poruchy.

2.5 Úrovně výroby

Ve výrobním procesu automobilových zámků je využíváno různých úrovní výroby. Tyto úrovně jsou rozděleny na manuální, poloautomatizovanou a automatizovanou výrobu, které se liší efektivitou, variabilitou a produktivitou.

2.5.1 Manuální výroba

Jedná je o nejjednodušší úroveň výroby, kde výrobní činnost vykonává člověk. Využívá se pro procesně komplikované operace, například zakládání pružin. Díky vysoké variabilitě se dá využít například jako dočasná náhrada nefunkčního pracoviště. Se zvyšujícími se požadavky na konstantní efektivitu je tato úroveň postupně nahrazována automatizovanou výrobou popsanou v kapitole 2.5.3.

2.5.2 Poloautomatizovaná výroba

Poloautomatizovaná výroba je nadstavbou manuální výroby, kde je stále nutná přítomnost člověka s tím rozdílem, že výrobní činnost koná stroj, jež obsluhuje člověk, který například mění zpracovávaný materiál. Stroje pracující na této úrovni jsou obvykle používány pro jeden účel. Z toho plyne, že stroje nejsou nijak variabilní. Možné příklady použití jsou různé montáže podsestav nebo jednoduché operace, jako například smršťování tlumícího obalu bovdeny zámku.

2.5.3 Automatizovaná výroba

Za nejvyšší úroveň výroby se dá považovat automatizovaná výroba, kde výrobní činnost koná stroj samostatně. Tyto stroje jsou používány jak na hlavní výrobní lince, tak i mimo ni. Ve velké míře se zde používají průmysloví roboti, které se vyznačují velkou variabilitou, efektivitou a přesností.

2.6 Jednouúčelové stroje

Jednouúčelové stroje se využívají napříč různými průmysly, ať už se jedná o automobilový, výrobní, zdravotnický, chemický, či vojenský průmysl. Z důvodu velice širokého zastoupení pojmu jednouúčelového stroje bude jeho využití vymezeno převážně ve výrobě automobilových zámků. V průběhu výroby automobilového zámku je použita řada druhů strojů. Hlavní zastoupení mají právě jednouúčelové stroje. Jak již název napovídá, jednouúčelové stroje jsou využívány pro jeden úkon, například zalisování čepu do plastu. Tyto stroje mohou být poloautomatizované, kde hlavní úkon koná stroj automaticky, ale stále je potřebná přítomnost operátora, který například mění zpracovávaný materiál. Tyto stanice jsou využívány hlavně v procesech, kde je plná automatizace příliš komplikovaná, nákladná nebo se nedá uskutečnit. Další úroveň je plně automatizovaná stanice, kde je provoz stanice řízen programem. Tyto stanice se jen plní materiálem a vystupují z nich hotové výrobky. Důležitou roli tvoří množství různých typů snímačů, které systému dodávají potřebnou zpětnou vazbu. Stroj by neměl pracovat „slepě“, protože pak může hrozit kolize a následné poškození stroje nebo možné zranění obsluhy v okolí stanice.

2.6.1 Příklady vystupujících prvků v JÚS

S postupným technologickým vývojem také stoupá množství využitelných prvků, které se podílí na práci stroje. Ve volbě prvků je vždy kladen důraz na bezpečnost, funkcionalitu, životnost, cenu a využívaný materiál. Výběr jednotlivých prvků záleží na prostředí, kde stroj bude provozován, s jakými výrobky přijde do styku, na výkonnosti stroje a mimo jiné i na možnostech zákazníka.

Pohony

V jednoúčelových strojích se využívají různé typy pohonů. Pohony mohou být pneumatické, hydraulické a elektrické, jejich volba záleží na jednotlivých funkcích stroje.

Tab. 2-1: Výhody a nevýhody pohonů

	Pneumatické	Hydraulické	Elektrické
Výhody	vysoká pohybová rychlost, jednoduchá konstrukce, nízká cena	velké zdvižné a upínací síly, dobrá polohovatelnost	přesné polohování, dobré polohovací rychlosti, jednoduchá montáž
Nevýhody	špatná polohovatelnost, Citlivost na ztráty tlaku, nízké zdvižné a upínací síly	nízká pohybová rychlost, Ekologicky závadný (prosaky)	cena

Průmysloví roboti

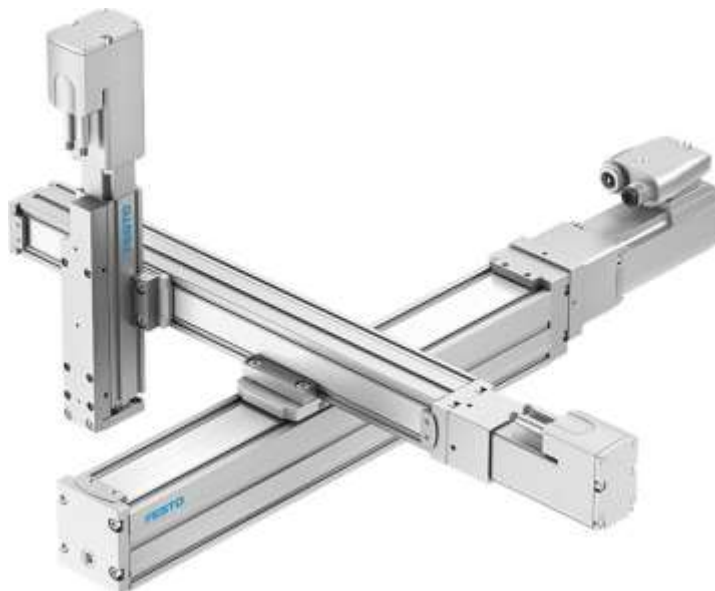
Nejužívanějšími manipulátory jsou průmysloví roboti, které mají velmi široké využití. Jejich nepřekonatelnou výhodou je variabilita, programovatelnost, rychlost a přesnost. Jistým omezením je vysoká pořizovací cena, ta ale s rostoucí poptávkou po automatizaci výroby průběžně klesá. Typy průmyslových robotů jsou rozděleny podle základního kinematického řetězce, který je odvozen od základních spojení kinematických dvojic. Základní průmysloví roboti jsou typu TTT (3x translační pohyb), jež se vyznačují svislým pohybem koncového členu a obsluhují prostor tvaru kvádru, dále typu RTT (1x rotační a 2x translační pohyb), jež nemají ovládanou svislou osu koncového členu. Svislý pohyb je na hlavní nosné ose, obsluhují prostor tvaru válce. Další typem je typ RRT (2x rotační a 1x translační pohyb), který obsluhuje kulový prostor. Od tohoto typu je odvozen průmyslový robot typu „SCARA“. Posledním základním typem je uspořádání RRR (3x rotační pohyb), který také obsluhuje kulový pracovní prostor, ale pomocí tří rotačních kinematických dvojic, jeho příklad je uveden na Obr. 2-5 [5].



Obr. 2-5: Průmyslový robot typu RRR od výrobce KUKA

Manipulátory

Manipulátor v jednoúčelových strojích nachází využití v jakékoliv manipulaci s výrobkem. Manipulátory mohou být elektrické či pneumatické. Elektrické manipulátory využívají pro manipulaci servomotory nebo krokové motory. Jejich velkou výhodou jsou dosahované přenosové rychlosti. Jejich příklad je ukázán na Obr. 2-6. Pneumatické manipulátory jsou konstrukčně jednoduché, neboť využívají kombinace pneumatických válců a jejich hlavní výhodou je nízká pořizovací cena.



Obr. 2-6: Elektrický manipulátor [6]

Dopravníky

Dopravníky se v jednoúčelových strojích využívají na transportaci výrobků na delší vzdálenosti. Hojně využívanými dopravníky v jednoúčelových strojích jsou pásové dopravníky viz Obr. 2-7, které vynikají jednoduchou zástavbou a regulací. Dále se využívají i méně standartní typy dopravníků. Příkladem je vibrační dopravník, který je poháněn vibračním pohonem, jeho nevýhodou je omezení pouze pro horizontální dopravu a obtížná počáteční optimalizace pro přesouvání materiál.



Obr. 2-7: Pásový dopravník SB50 [7]

Zásobníky

Zásobníky nacházejí využití v mnoha aplikacích, kde je potřeba dávkovat a konkrétně orientovat zásobované díly, díky tomu se používají převážně v automatizovaných stanicích. Nejvíce využívanými typy jsou vibrační zásobníky, jejich příklad využití je na Obr. 2-8, dále rotační zásobníky a méně využívanými jsou zásobníky bubnové.



Obr. 2-8: Vibrační systém pro podávání zálisků [8]

Snímače

Snímač slouží jako zpětná vazba pro kontrolovaný prvek. Například snímání polohy, teploty, vlhkosti a pohybu. Ve strojích nacházejí využití na pohonech, kde snímají jednotlivé polohy, dále pro jakékoliv operace, kde je potřeba detekovat přítomnost dílu. Příklady používaných snímačů jsou indukční, ultrazvukové, kapacitní, optoelektronické a magnetické. Předními výrobci jsou firmy Balluff, Turck a SICK.



Obr. 2-9: Reflexní optické závory [9]

Bezpečnostní prvky

Každý stroj musí splňovat bezpečnostní předpisy, aby nedošlo k úrazu operátora. Stroj tak bývá opatřen různými bezpečnostními prvky, jako například optoelektronickými branami, které se využívají v otevřených částech stroje (není přítomno krytování), jejichž ukázka je na Obr. 2-10. Dále každý stroj musí obsahovat nouzové tlačítko v praxi označované jako „Total stop“, které slouží k nouzovému zastavení stroje v případě ohrožení bezpečnosti, kdy zastaví veškeré pohyby stroje. Mezi bezpečnostní prvky se také řadí oplocení využívané v případech, kdy se například průmyslový robot hýbe ve volném prostoru a je potřeba tento pracovní prostor zabezpečit tak, aby tam člověk nemohl vstoupit či natáhnout končetinu.



Obr. 2-10: Optická brána [10]

3 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA PROBLÉMU, STANOVENÍ POŽADAVKŮ NA MONTÁŽ PODSESTAVY ZÁMKU

3.1 Systémová analýza problému

Pro správné řešení návrhu stanice je nutné brát do úvahy možné problémy, které mohou nastat během činnosti stroje. Vzhledem k široké oblasti vystupujících prvků je uplatněn tzv. systémový přístup. Tento přístup dává do souvislosti řešení komplexních problémů s jednotlivými částmi, které jsou problémem ovlivněny. Nutností pro využití systémového přístupu je stanovení oblasti zájmu, kde je tato oblast vnímána jako množina prvků s přesně definovaným účelem. Vazby mezi jednotlivými prvky dále určují výsledné vlastnosti oblasti. [11]

3.1.1 Vstup

Hlavním problémem, který vzniká při vstupu do stroje, jsou neorientované díly. Další komplikací je tvar jednotlivých dílů, hrozí například vzájemné propletení pružin do sebe. V neposlední řadě zde zasahuje lidský faktor, kde obsluha promíchá orientaci dílů.

3.1.2 Montáž

Montáž zahrnuje veškerou manipulaci s díly. Například při procesu natahování je nutné vzít do úvahy proměnlivé chování pružiny. Při tomto procesu vznikají největší síly, takže je nutné přidržovat druhý protikus vůči pohybu, kde nesmí být díl jakkoliv poškozen přidržováním.

3.1.3 Kontrola

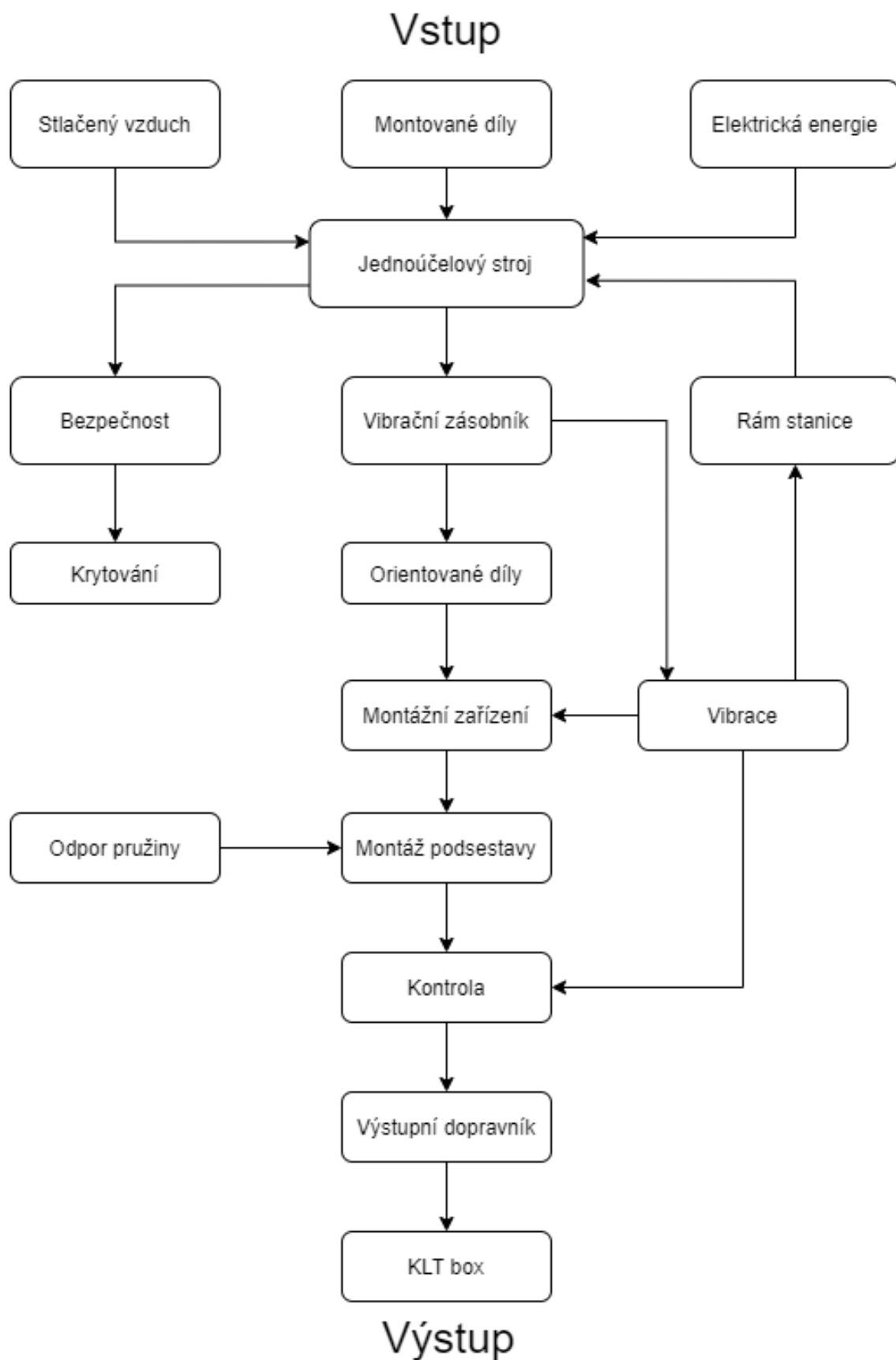
Kontrola musí být velmi spolehlivá, protože je nepřípustné, aby byl špatný díl vyhodnocen jako správný. Hlavním problémem kontroly založení napnuté pružiny je hloubka a velikost kontrolních bodů, kde se vyhodnocují pouze malé přesahy ramen pružiny. Dále je nutné brát do úvahy jak levé, tak i pravé díly, kdy pro zachování dlouhodobé spolehlivosti je nutné, aby obsluha nemusela nijak zasahovat do kontrolní části stroje při změně orientace dílů.

3.1.4 Výstup

Ve výstupní části stroje je potřeba zohlednit potřebnou zásobu beden KLT pro minimálně čtyřhodinový provoz bez potřeby odebrání beden ze stroje. Podle množství potřebných beden se bude odvíjet návrh vhodného zásobníku. Při naplnění zásobníku musí stroj dát signál obsluze.

3.1.5 Bezpečnost

Stroj musí být zabezpečen tak, aby nedošlo k poranění obsluhy. Bezpečnost stroje se řídí podle norem, kde například obsluha nesmí mít možnost zasáhnout kteroukoliv končetinou do vnitřní části stroje v režimu automatického provozu.

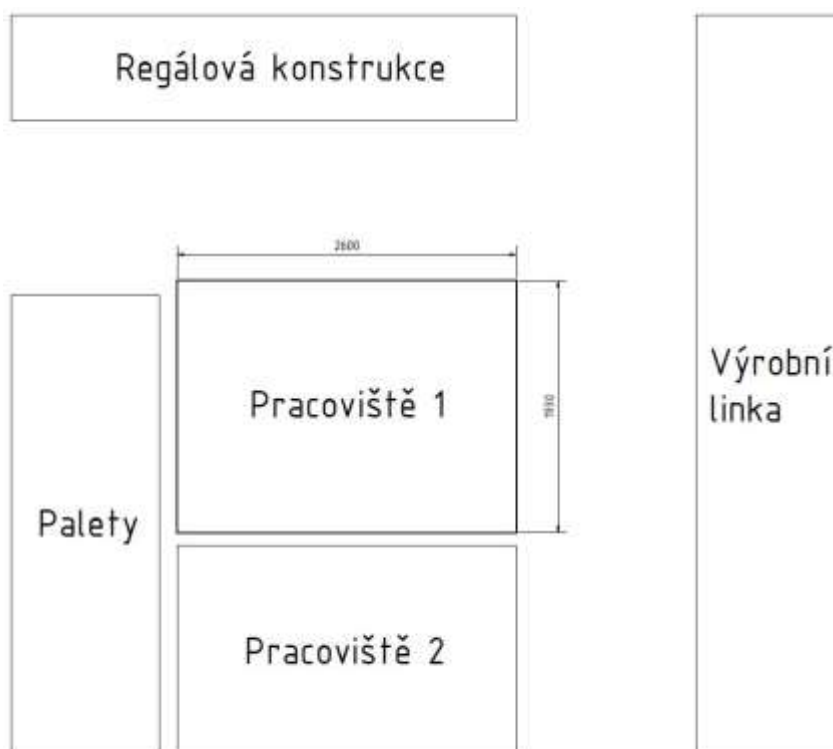


Obr. 3-1: Schéma systémové analýzy

3.2 Stanovení okrajových podmínek pro konstrukci stanice

3.2.1 Rozložení pracoviště

Na Obr. 3-2 je zobrazeno umístění pracoviště ve výrobní hale zákazníka. Jsou stanoveny maximální rozměry stanice. Pohledem na rozložení je patrné, že ovládací panel, dále vstupní a výstupní část pro montované díly, musí být směřovány na neobsazené strany pracoviště pro bezproblémovou obsluhu stanice. [12]



Obr. 3-2: Rozložení pracovní plochy

3.2.2 Výrobci

Dle preferencí zákazníka je potřeba při návrhu brát ohled i na výrobce klíčových komponent, které jsou používány v ostatních stanicích zákazníka. V případě, že nějaký člen přestane fungovat, může ho zákazník pohotově nahradit, jelikož má naskladněné náhradní díly od stejné firmy. Mezi klíčové komponenty patří například robotické manipulátory či pneumatické pohony. Ve firmě Kiekert se nejvíce používají robotické manipulátory firmy Kuka, Yaskawa a Stäubli. Pro komponenty z oblasti pneumatiky je preferovaná firma Festo.

3.2.3 Natažení pružiny

Požadované natažení pružiny je zobrazeno na Obr. 3-3. Vyznačené body zobrazují, že ramena pružiny musí být v pozici pod výčnělkem, který zabraňuje vysmeknutí pružiny z plastového výlisku.



Obr. 3-3: Správně smontovaná podsestava

3.2.4 Rám stroje

Pevnost rámu stroje je potřebné dimenzovat s ohledem na jeho činnost. Jednoúčelový stroj je nutné umístit na stavitelné nohy, které umožní stabilně ustavit stanici na betonové podlaze. Minimální požadavek na rozmezí úpravy pracovní výšky je +/- 80 mm. [12]



Obr. 3-4: Možnosti použitelných nohou [12]

3.3 Analýza současného pracoviště

V současném pracovišti vystupuje jeden operátor, který ručně montuje a natahuje pružinu pomocí vyrobeného ručního nástroje. Díly se dodávají v krabicích KLT. Z důvodu zvýšení efektivity, zákazník poptává automatizovanou stanici, která bude díly automaticky montovat a odkládat do krabic KLT. [12]



Obr. 3-5: Nástroj a montované díly [12]

3.4 Požadavky na provoz stanice

Stanice slouží k automatické montáži podsestavu složenou ze dvou dílů. První díl je kovová zkrutná pružina a druhý díl je plastový výlisek. Oba díly jsou levé i pravé orientace, kde se montují vždy díly jedné orientace. Montáž zahrnuje vložení kovové pružiny do plastového výlisku a následné napnutí pružiny. Po kompletaci montáže následuje kontrola správného uložení pružiny. Pokud během procesu kontrola vyhodnotí špatné založení pružiny, je díl vyhodnocen jako špatný (NOK) a je vložen do bedny (dále KLT box) určené pro NOK díly, která je zavřená za uzamykatelnými dveřmi v pracovním prostoru stanice. Stanice je samostatná. Vstupní materiál operátor sype do zásobníku stroje, výstupní materiál stroj odkládá neorientovaně do KLT boxu, který odebírá operátor stroje. Zásoba dílů vystačuje na 4 hodiny výroby bez nutnosti doplňování a odebírání materiálu. Takt stroje je 6 sekund. [12]

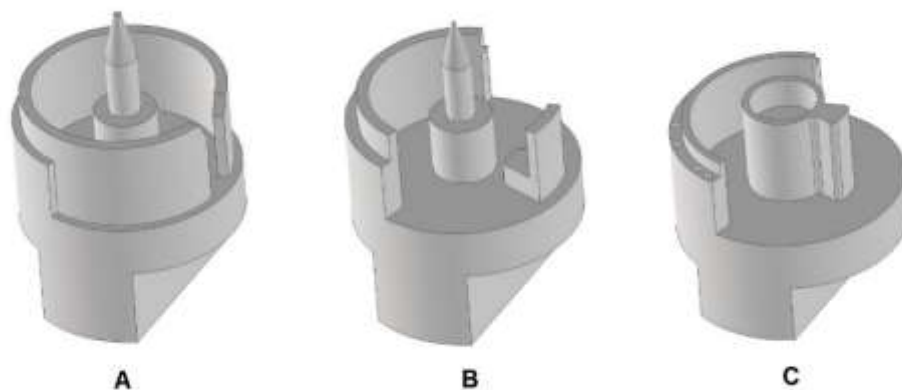
4 NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT ŘEŠENÍ

Při návrhu variant řešení je brán především ohled na jednoduchost zástavby a seřizování jednotlivých pracovních prvků, přístupnost k jednotlivým komponentům a dále na cenu komponent.

Z důvodu složitosti sestavy se různé varianty řeší v konstrukčních uzlech, kde vzájemnou kombinací nejvhodnějších variant bude zkonstruován celý stroj. Při návrhu stroje jsem postupoval od základní problematiky, tedy od způsobu montáže pružiny do plastového výlisku a následně k dalším sekcím stroje.

4.1 Manipulační nástroj

Problematika návrhu vhodného nástroje je převážně v možnostech uchopení pružiny, prostor ve výlisku, do kterého se pružina zakládá a vhodný tvar nástroje pro spolehlivé napnutí pružiny. Tvar nástroje musí umožňovat manipulaci jak s levotočivou, tak i s pravotočivou pružinou. Proto jsou všechny navrhované varianty symetrické kolem jedné roviny. Pro všechny nástroje je nutné pružinu předem zorientovat do určité polohy, jelikož rameno pružiny bude v mezeře. Veškeré varianty nástrojů byly vytištěny pomocí 3D tiskárny a zkoumalo se chování pružiny a nástroje ve výlisku. Průběžným iteračním procesem se docílilo tří různých variant viz Obr. 4-1, kde každá má své výhody a nevýhody.



Obr. 4-1: Varianty nástrojů

Varianta A

Nástroj uchopí pružinu límcem, který má o 0,5 mm větší vnější průměr, než je vnitřní průměr pružiny, tím se pružina lehce roztáhne a bude držen pomocí napjatosti drátu pružiny. Nástroj má naváděcí kolík, který vycentruje plastový výlisek, aby nedošlo ke kolizi s nástrojem či pružinou. Nevýhodou tohoto řešení je stav po natažení pružiny a následné vytažení nástroje, kde se vnitřní průměr pružiny zmenší, a tím vzniká větší síla na nástroj. Hrozí, že pružina zůstane na nástroji a vyvlíkně se ze západky na výlisku. Tento problém je možné minimalizovat snížením drsnosti plochy, která má styk s pružinou.

Varianta B

Nástroj pracuje velice podobně jako výše zmíněná varianta A s tím rozdílem, že je zde místo otvoru v okruží jazýček, prakticky je to inverzní varianta varianty A. Vzniklý volný prostor mírně redukuje vyvíjenou sílu na nástroj a nástroj by měl lépe vyklouznout z pružiny. Během testování bylo zjištěno, že se jazýček ohýbá směrem do středu nástroje a nástroj kolidoval s výstupkem na plastovém výlisku. Vzhledem k počtu montovaných kusů by mohlo dojít postupnému ohnutí jazýčku nebo k lomu vlivem cyklické únavy.

Varianta C

Třetí nástroj řeší problém s vyvíjenou silou pružiny a následným vytažením nástroje. Ovšem tato varianta přichází o schopnost uchopit pružinu roztažením. Tento problém řeší devět malých neodymových magnetů, které pružinu vlivem magnetické síly přichytí k nástroji. Testováním se zjistilo, že je natahování pružiny mnohem snadnější, pružina se mohla snáze deformovat, a tím přispívala k hladkému natahování. Ovšem velký problém přináší uchycení pomocí magnetů, kdy jakákoliv nečistota na magnetech způsobila radikální pokles přitahující síly. Jelikož u dodávky pružin není zajištěno úplné očištění, mohl by se nástroj časem zanést nečistotami, což by způsobilo nízkou úspěšnost uchopení pružiny.

Po zhodnocení všech výhod a nevýhod byla zvolena varianta A.

4.2 Manipulace s pružinou

Oba díly k manipulátoru vstupují v pozici, kde je axiální osa ve vertikální poloze, tudíž je kolmá na dno lůžka. Při výběru vhodného způsobu manipulace bylo uvažováno o třech variantách. Jejich volba se odvíjela od pořizovací ceny, složitosti konstrukce a jednoduchosti nastavení.

V první variantě je použit elektrický manipulační systém, kde je pro posun použita kombinace krokových motorů a řemenového převodu. Samotnou montáž koná pro docílení vyššího momentu krokový motor s převodovkou. Výhodou je možnost zakoupení již hotového manipulačního systému nabízeného například firmou Festo, jehož příklad je zobrazen na Obr. 4-2. Tyto systémy se dají jednoduše nakonfigurovat podle zvolených parametrů a jejich konfigurátor obsahuje i simulaci, kde se vyhodnotí vhodné pohony a mimo jiné i vytížení systému. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena.



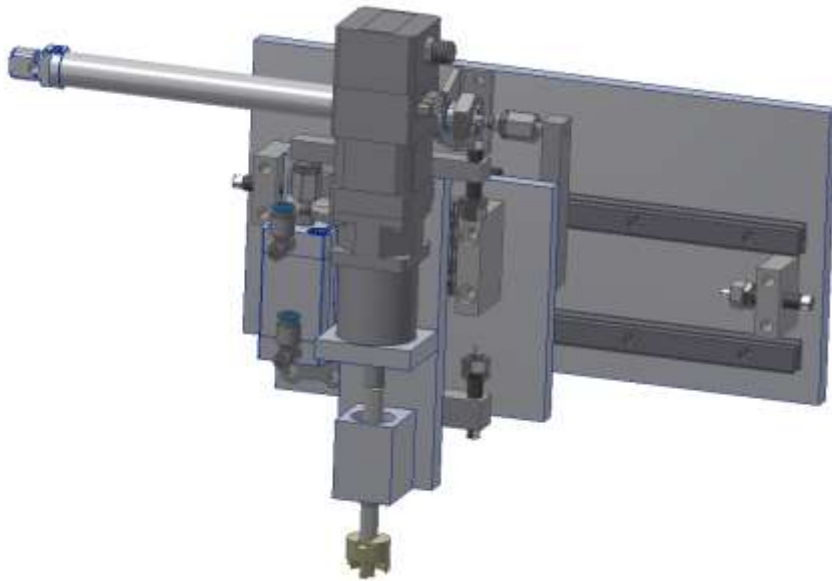
Obr. 4-2: Přímochařý portál 2D [13]

V druhé variantě je použit průmyslový robot typu SCARA. Tento typ robota je vhodný zejména díky tomu, že má tři hlavní osy rovnoběžné s axiální osou obou montovaných dílů a jednu osu pro vertikální posuv. Průmyslový robot přináší velké výhody v možnosti velmi přesného seřízení pohybů a rychlostí. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena.



Obr. 4-3: Yaskawa SG400 [14]

Ve třetí variantě je použit pneumatický manipulační systém vlastní konstrukce zobrazený na Obr. 4-4. Jsou použity dva pneumatické pohony pro pohyb ve dvou osách. V koncových polohách jsou tlumiče s pevným dorazem. Montáž probíhá opět pomocí krokového motoru s převodovkou. Výhodou je převážně nízká pořizovací cena oproti výše zmíněným variantám. Nevýhodou je omezená možnost nastavení, jelikož každý pohon má jen dvě polohy, tudíž i nastavení rychlosti bude omezeno na dvě možnosti díky škrťicím ventilům na výstupech pohonů.

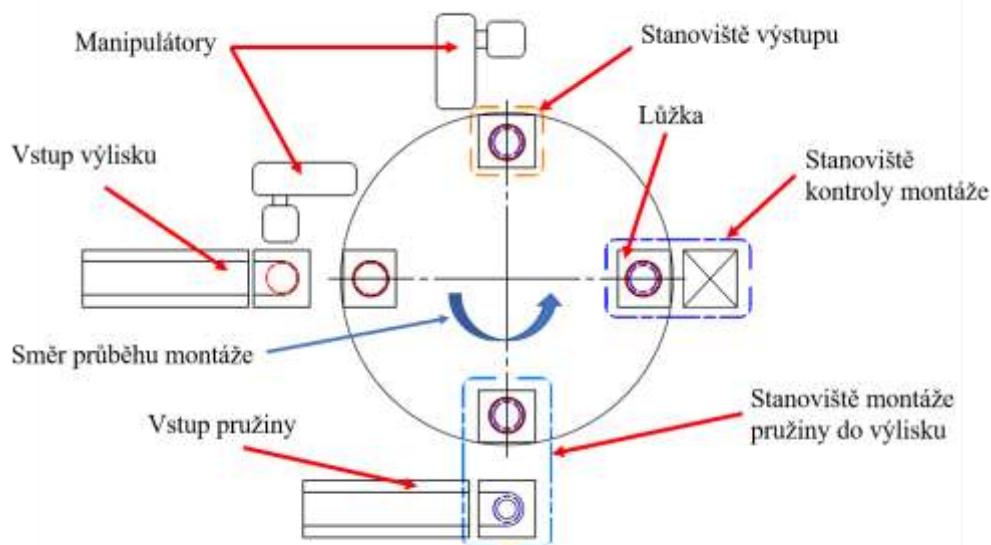


Obr. 4-4: Pneumatický manipulační systém

4.3 Manipulace s plastovými výlisky mezi stanovišti

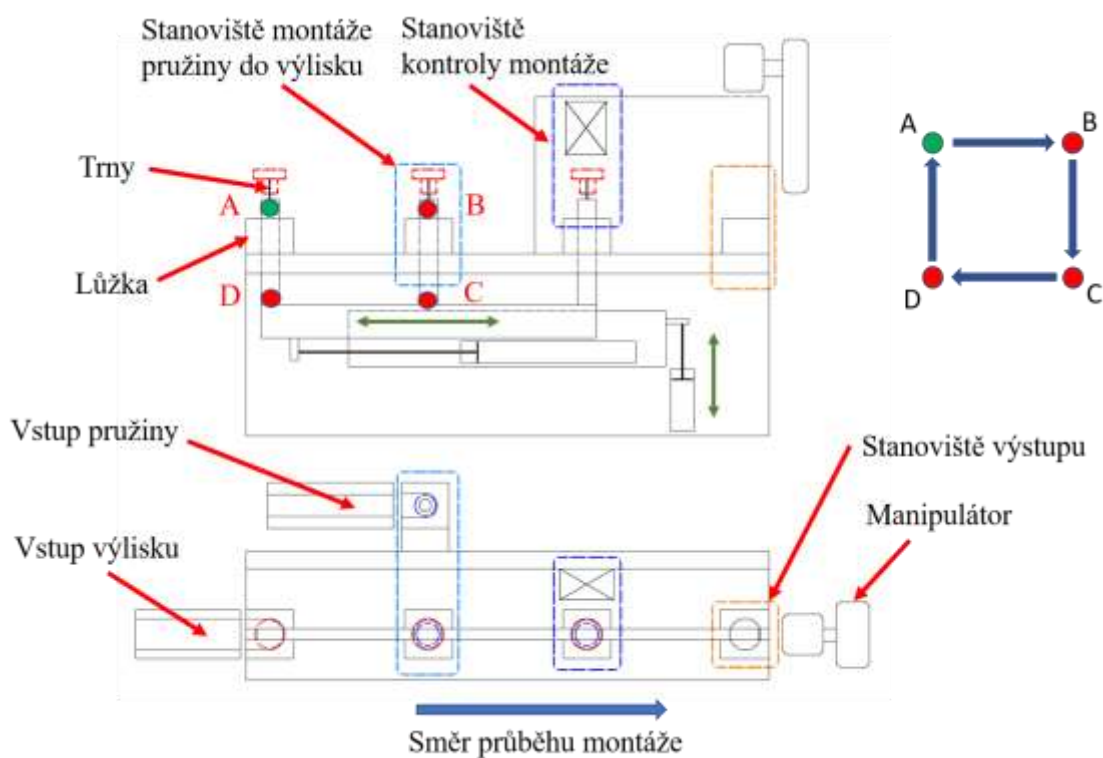
Zvolený typ manipulace může podstatně ovlivnit výsledný takt celého stroje. Dalším volebním faktorem je komplikovanost spojená s přesunem i množstvím problémů, které mohou nastat během operace přesunu jednotlivých dílů mezi stanovišti. Je opět vybíráno ze tří variant, kde se volba řídí převážně výše zmíněnými parametry a pořizovací cenou.

V první variantě se jedná o využití otočného polohovacího stolu. Tyto stoly mají stálý takt. Velkou výhodou je, že pokud je otočný stůl vybaven i aretačními lůžky, pak je možné provádět operace montáže, přesunu, kontroly a odbavení přímo na polohovacím stole. Umístění dílu do lůžek může být provedeno pomocí jednoduchého manipulátoru stejně tak i odebrání v konečné operaci. Nevýhodnou je vysoká pořizovací cena.



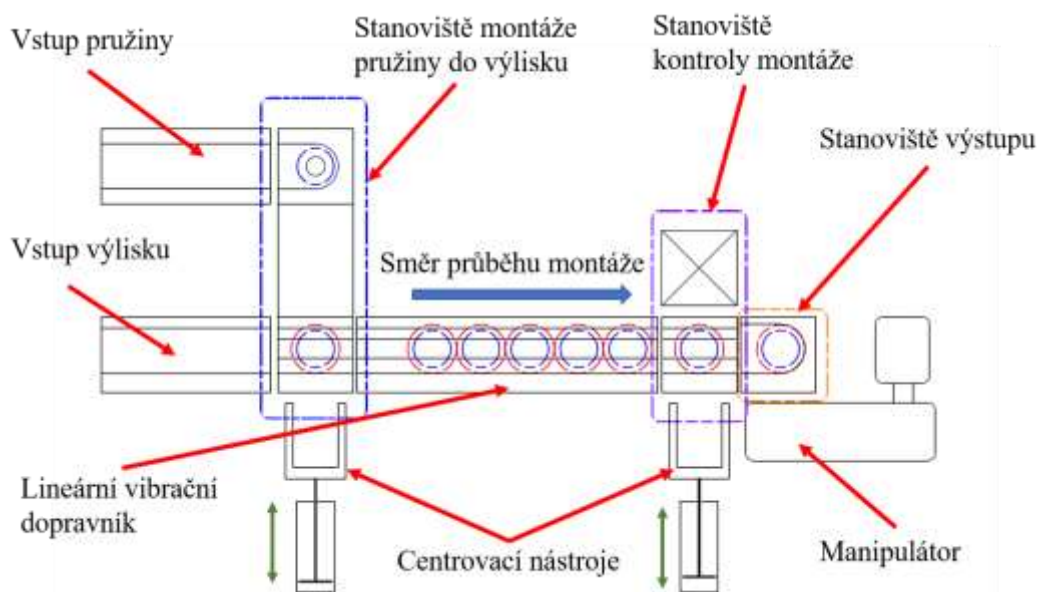
Obr. 4-5: Schéma první varianty

Druhou variantou je konstrukce automatického podavače viz Obr. 4-6. Tato konstrukce se skládá z nepohyblivých lůžek pro jednotlivé operace se stejnou roztečí na jedné celistvé desce. Samotný přesun dílů je uskutečněn pomocí manipulačních trnů, které zespodu zvedají díl a přesunují ho do následujícího lůžka. Pohyb prvního trnu je vyznačen pomocí čtyř bodů zobrazených na Obr. 4-6, kde zelený bod je počátek pohybu. Pohyblivá konstrukce se skládá ze dvou pneumatických pohonů, kde jeden pohon díly zvedá a druhý přesouvá. Vždy, jakmile je díl přesunut do dalšího lůžka, trny se vrátí do původní polohy a proces se opakuje. Toto řešení vyniká stálým taktem jako u varianty s otočným polohovacím stolem, ale za nižší pořizovací cenu. Nevýhodou této konstrukce je náchylnost na jakékoliv rozměrové nepřesnosti. Lůžka musí být navržena tak, aby do nich díl pokaždé přesně zapadl, ale zároveň aby šly díly lehce vytáhnout.



Obr. 4-6: Schéma druhé varianty

Třetí variantou je využití vibračního lineárního dopravníku. Tento typ dopravníku umožňuje přesun dílů po vibrační liště ve zvolené orientaci. Řešení se skládá ze tří stanovišť, montáže, kontroly a odebrání. Ve stanovišti montáže a kontroly je výlisek zajištěn centrovacím nástrojem. Výhodou tohoto řešení je, že pro vstup dílů není zapotřebí použití manipulátoru, protože jsou díly vytlačeny dalšími díly. Výhodou je také nízká pořizovací cena samotného lineárního dopravníku a potřebných komponent pro funkčnost varianty. Nevýhodou tohoto řešení, je nutnost přítomnosti dostatečného množství dílů na dopravníku, při malém množství dílů přítomných na liště dopravníku se díly přestanou vzájemně vytlačovat. Dále pro funkčnost vibračního dopravníku jsou nutné dostatečné vůle, aby se mohl výlisek lehce pohybovat. Tyto vůle mohou mít negativní vliv na přesnost polohy výlisku při montáži a kontrole.



Obr. 4-7: Schéma třetí varianty

Tab. 4-1: Přibližné ceny variant pro manipulaci s pružinou

	Ceny variant
Elektrický manipulační systém Festo	210 000 Kč
Průmyslový robot Yaskawa SG400	260 000 Kč
Pneumatický manipulátor	40 000 Kč

Tab. 4-2: Přibližné ceny variant pro manipulaci s výliskem

	Ceny variant
Polohovací stůl Festo	130 000 Kč
Automatický manipulátor	80 000 Kč
Lineární vibrační dopravník	40 000 Kč

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ A VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY

V technicko-ekonomickém zhodnocení se uvažuje se třemi kombinacemi navržených variant montáže a manipulace s díly, které byly představeny v kapitole 4.

5.1 Metoda multikriteriálního hodnocení

Pro výběr vhodné varianty bylo využito bazické bodovací metody. Tato metoda se řadí mezi multikriteriální metody hodnocení, kde se řešené varianty posuzují podle různých vlastností (označena T_1 až T_5), která jsou společná pro všechny varianty a stanoví si je uživatel dle vlastního uvážení. Posuzovaná kritéria jsou vyčíslitelná, tudíž je jejich vyhodnocení jednoznačné. [15]

Konkrétní varianta je hodnocena jak z hlediska technického, tak i z hlediska ekonomického. Obě tato hlediska poté vystupují jako konkrétní hodnoty pro danou variantu, které se posléze porovnávají s hodnotami dalších variant.

Stanovení hodnocených vlastností

1. Jednoduchost konstrukce
 - Je sledována složitost návrhu a výroby a také možnost výskytu problémů při vykonávání jednotlivých úkonů.
2. Přesnost polohy
 - Nejvyšší prioritou je přesná poloha montovaného dílu, a to z důvodu malých vůlí mezi zkrutnou pružinou a plastovým výliskem.
3. Plynulost pohybů
 - Plynulostí pohybů je sledována hlavně stálost dávkování dílů při přemísťování mezi stanovišti.
4. Variabilita
 - Pro případ, že by stroj měl montovat jiné díly, než na které byl původně navržen.
5. Cena

Pro vyhodnocení těchto vlastností je stanovena bodovací stupnice reprezentující kvalitativní nebo kvantitativní hodnoty.

Bodovací stupnice

- t1. Velmi slabé
- t2. Vyhovující
- t3. Dobré
- t4. Velmi dobré
- t5. Výborné

Dále je jednotlivým vlastnostem přiřazena váha (důležitost).

Hodnocení manipulace s díly mezi stanovišti

- Varianta 1: Polohovací otočný stůl a robot typu SCARA
 - Kombinace s nejvíce výhodami
- Varianta 2: Automatický podavač s pneumatickým manipulátorem
 - Pneumatický manipulátor je možné připevnit přímo na automatický podavač a tím zajistit vysokou přesnost
- Varianta 3: Vibrační lineární dopravník s elektrickým manipulátorem
 - Umístění elektrického manipulátoru lze přizpůsobit stanovišti montáže

Tab. 5-1: Metoda multikriteriálního hodnocení

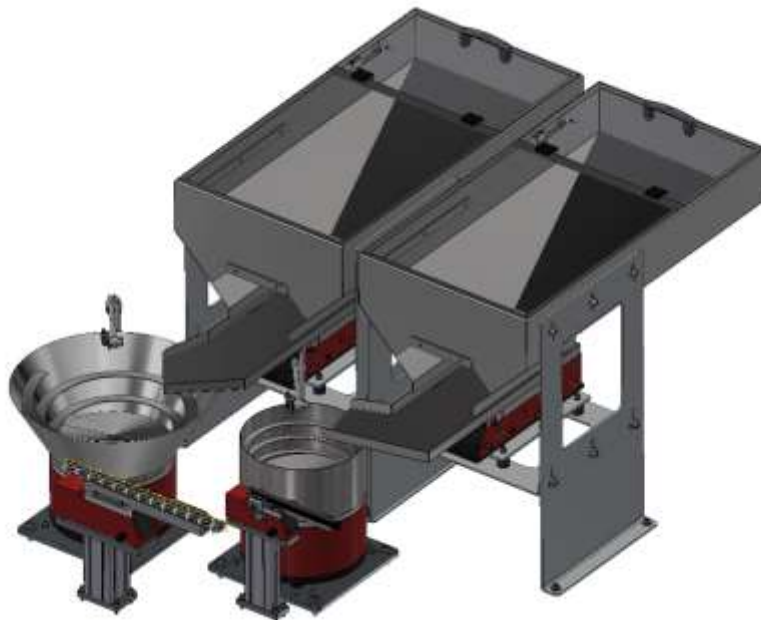
VLASTNOST-KRITÉRIUM	OZN.	Varianta 1			
		t _j	g _n	p _T	t _n
Jednoduchost konstrukce	T ₁	3	0,8	33,3	2,4
Přesnost polohy	T ₂	3	0,9	33,3	2,7
Plynulost pohybů	T ₃	4	0,8	25	3,2
Variabilita	T ₄	4	0,7	25	2,8
Cena	T ₅	2	0,8	50	1,6
					tau 0,5075
VLASTNOST-KRITÉRIUM	OZN.	Varianta 2			
		t _j	g _n	p _T	t _n
Jednoduchost konstrukce	T ₁	2	0,8	50	1,6
Přesnost polohy	T ₂	4	0,9	25	3,6
Plynulost pohybů	T ₃	4	0,8	25	3,2
Variabilita	T ₄	2	0,7	50	1,4
Cena	T ₅	4	0,8	25	3,2
					tau 0,6638
VLASTNOST-KRITÉRIUM	OZN.	Varianta 3			
		t _j	g _n	p _T	t _n
Jednoduchost konstrukce	T ₁	4	0,8	25	3,2
Přesnost polohy	T ₂	2	0,9	50	1,8
Plynulost pohybů	T ₃	2	0,8	50	1,6
Variabilita	T ₄	3	0,7	33,3	2,1
Cena	T ₅	3	0,8	33,3	2,4
					tau 0,5531

Podle výsledků technického hodnocení vychází jako nejvhodnější varianta číslo 2.

6 ROZPRACOVÁNÍ PODSESTAVY MONTÁŽE Z HLEDISKA KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ

6.1 Zásobování součástkami

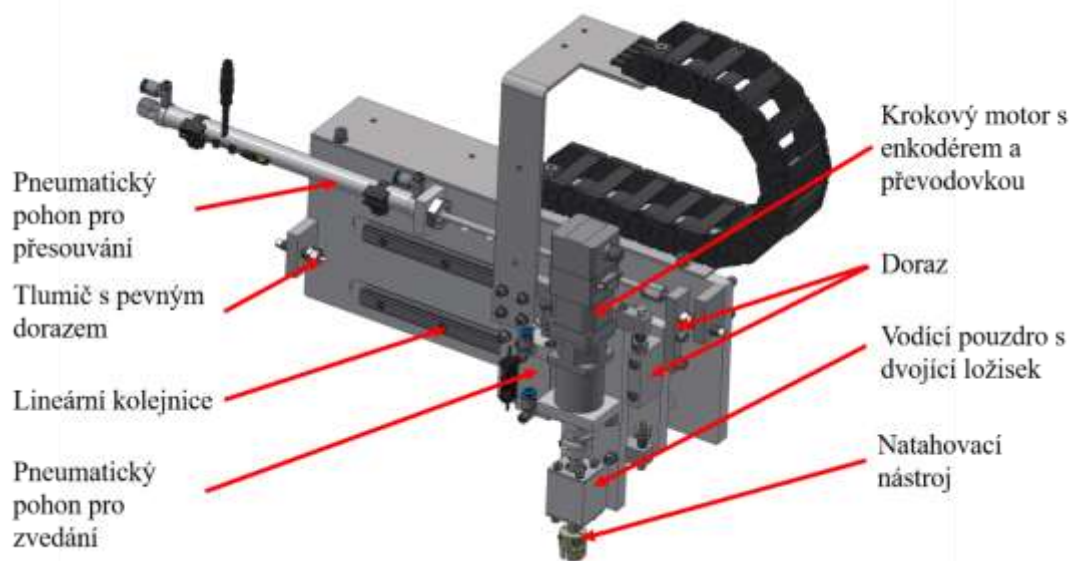
Montované díly se vhazují do dvou vibračních zásobníků, které jsou součástí stanice. První vibrační zásobník je určený pro plastové výlisky, který je orientuje do přesně určené výchozí odebírací polohy. Druhý vibrační zásobník je určený pro zkrutné pružiny. Zkrutné pružiny jsou orientovány pouze do polohy, kdy je osa pružiny kolmá na horizontální rovinu. Vibrační zásobníky ukázané na Obr. 6-1 nejsou součástí návrhu praktické části bakalářské práce, jelikož budou dodány firmou Advateq s.r.o., která se zabývá výrobou podavačů na zakázku. Jsou pouze stanoveny požadované orientace jednotlivých dílů, které mají být dopraveny do lůžek montážní sestavy.



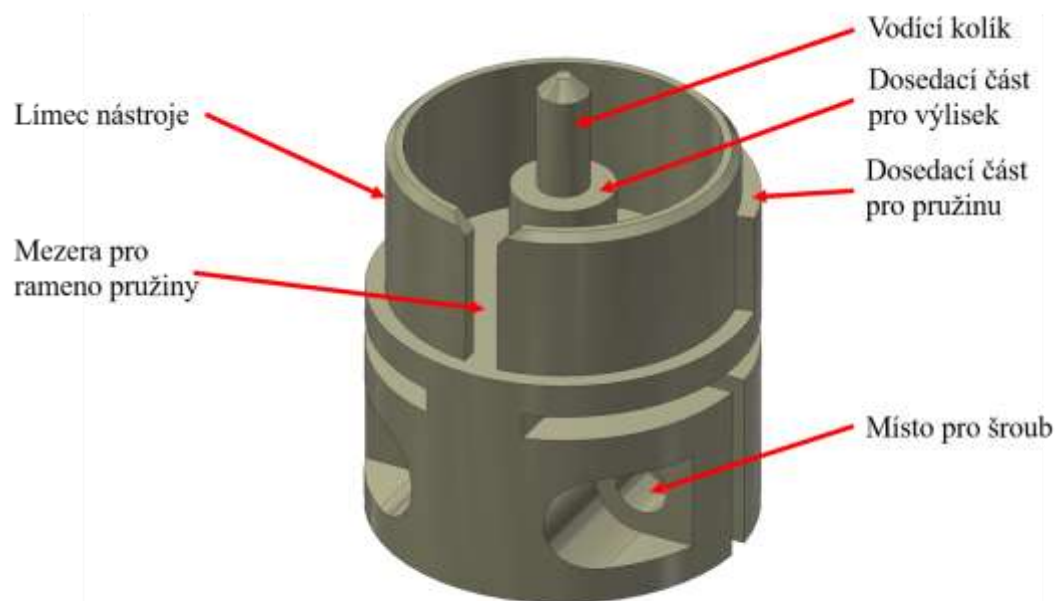
Obr. 6-1: Vibrační zásobníky

6.2 Montáž

Pro účel montáže byl na základě technicko-ekonomického zhodnocení zvolen pneumatický manipulátor. Skládá se ze dvou pneumatických válců, které zajišťují pohyb montážní hlavičky ve dvou směrech po lineárním vedení s vozíky. Jejich přesné zdvihy zajišťují nastavitelné dorazy opatřené tlumičem pro zmírnění rázů. Montážní hlavičku tvoří kombinace krokového motoru s převodovkou, hřídele a natahovacího nástroje varianty A viz Obr. 6-3 popsány v kapitole 4.1. Hřídel je z oceli C45 (12050) a natahovací nástroj z oceli 42CrMo4 (15142), který je dále tepelně upraven nitridováním pro zvýšení tvrdosti povrchu, aby byl nástroj co nejvíce odolný vůči vymačkávání při styku s pružinou. Krokový motor je opatřen enkodérem, který dává řídicímu bloku informaci o poloze rotoru. Pro zvýšení kroutícího momentu je použita převodovka. Hřídel je uchycena ve vodícím pouzdře dvojicí ložisek zajišťující pevnou základnu pro přesnou polohu a přesné otáčení nástroje při manipulaci s pružinou.



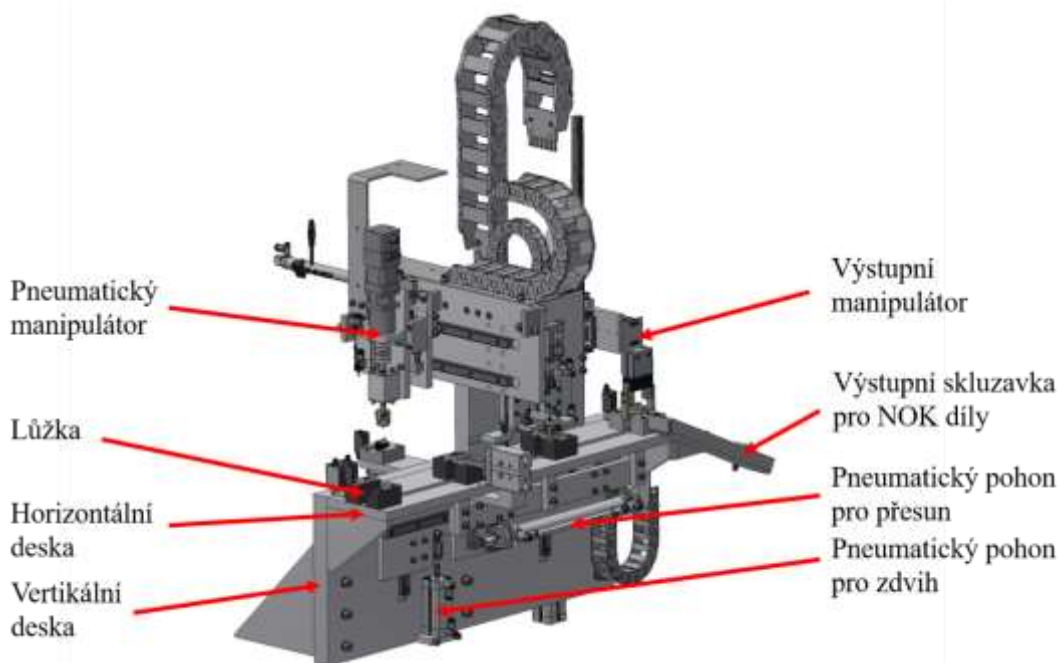
Obr. 6-2: Pneumatický manipulační systém



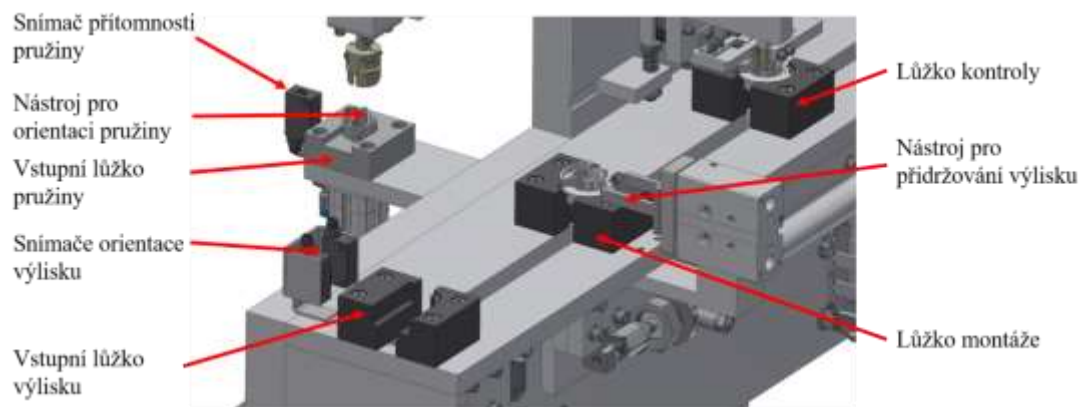
Obr. 6-3: Nástroj pro odebrání a natahování pružiny

6.3 Manipulace s montovaným dílem

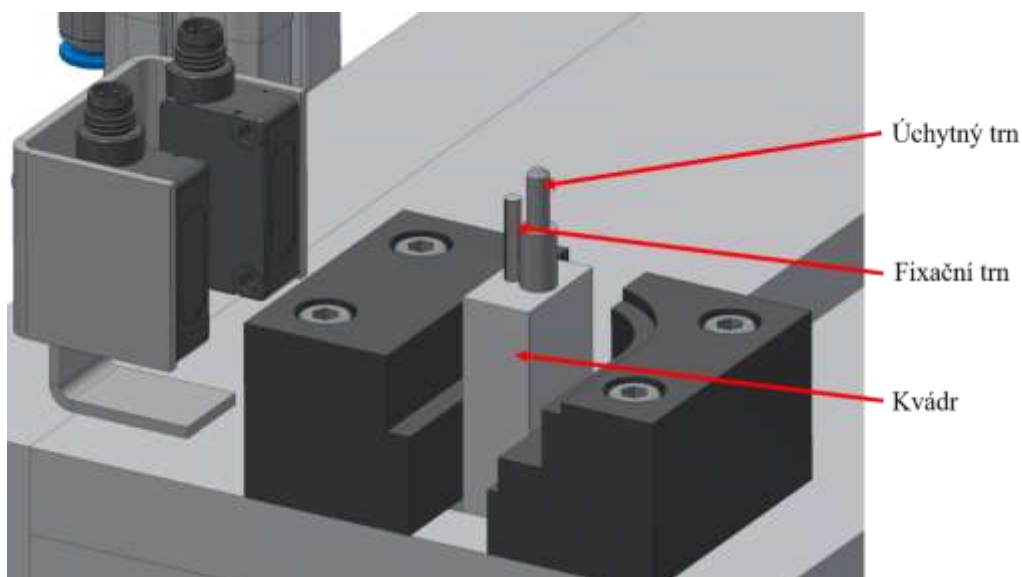
Pro přesouvání dílů mezi stanovišti je použit automatický podavač, jehož ukázka je na Obr. 6-4. Ten je sestaven ze dvou nosných hliníkových desek, které jsou k sobě kolmo spojeny. Spoj je opatřen kolíky pro snížení nepřesnosti umístění při montáži. Na svislé desce připevněn manipulační systém složený ze dvou pneumatických válců a lineárního vedení. Tento systém zajišťuje manipulaci s díly mezi lůžky, jeden pneumatický válec zvedá díl a druhý pneumatický válec přesouvá díl k následujícímu lůžku. Na tomto systému jsou na společné desce přidělané tři kvádry, procházející skrz vodorovnou desku, na kterých jsou přidělané dva trny viz Obr. 6-6. Tyto trny zajišťují uchycení a fixaci výlisku proti pootočení pro následnou manipulaci s plastovým výliskem. Dále je na desce připevněna kontrolní sestava pro kontrolu správného natažení pružiny v plastovém výlisku. Na opačné straně svislé desky je připevněno lůžko pro odebrání pružiny natahovacím nástrojem. Pod tímto lůžkem se nachází pneumatický pohon, na kterém je připevněn nástroj pro orientování pružiny do výchozí odebírací polohy. Horizontální deska je osazena čtyřmi lůžky, tudíž jsou zde čtyři pracovní stanoviště. Lůžka jsou vyrobena z kalené oceli a každé z nich je k desce připojeno pomocí šroubů a pro přesné usazení opatřeno dvojicí kolíků. Do prvního lůžka jsou dopravovány plastové výlisky z vibračního zásobníku v přesné orientaci. Zde proběhne kontrola varianty výlisku pomocí dvojice optoelektrických snímačů a posléze je díl uchycen trny a přesunut do následujícího lůžka. V této pozici je do výlisku vložena a následně natažena zkrutná pružina. Montážní lůžko je doplněno pneumatickým pohonem s vedením. Na tomto pohonu je připevněn nástroj, který přidržuje plastový výlisek při zdvihu montážní hlavice po natažení pružiny. Takto smontovaná podsestava je opět přesunuta do dalšího lůžka, kde proběhne kontrola natažení pružiny. V posledním stanovišti je podsestava uložena do lůžka, ze kterého je odebrána výstupním manipulátorem a přesunuta buď na skluzavku pro OK díly nebo je přesunuta na skluzavku pro NOK díly.



Obr. 6-4: Automatický podavač s manipulátorem



Obr. 6-5: Detail na montážní část

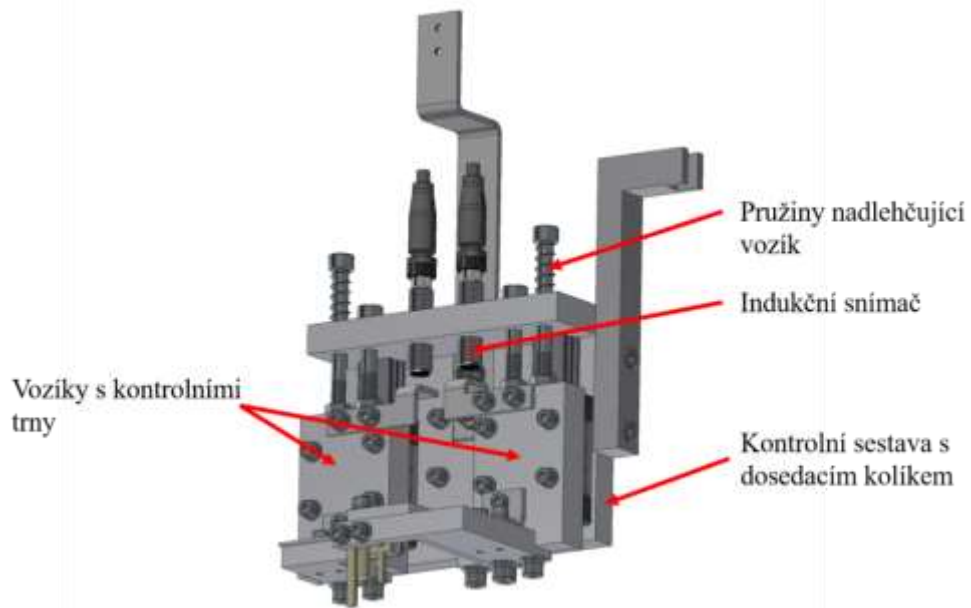


Obr. 6-6: Pohled na trny a kvádr

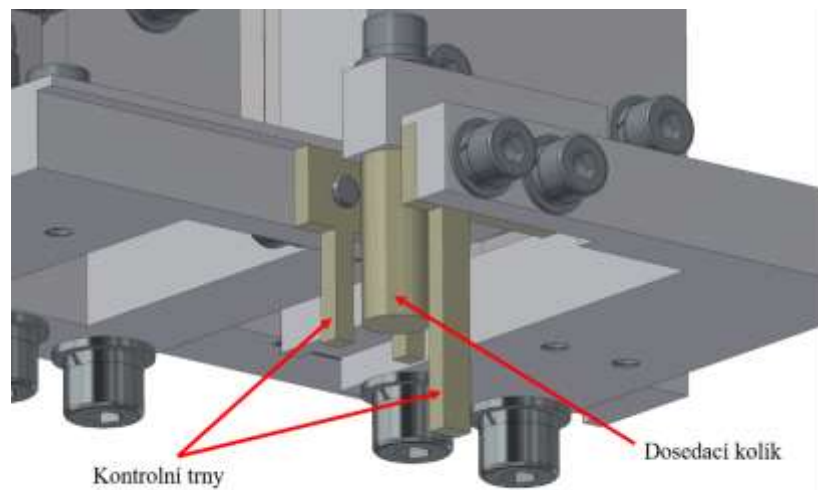
6.4 Kontrola natažení pružiny

Stanoviště kontroly natažení pružiny pracuje na principu diference mezi referenční a kontrolovanou hladinou. Sestava se skládá ze tří samostatně pohyblivých částí, kde hlavní pohyb vykonává celá kontrolní sestava, na které je připevněn dosedací kolík. Kolík udává referenční polohu měření, která je umístěna na plastovém výlisku, a sekundární pohyb konají dva vozíky, na kterých jsou připevněny kontrolní trny, jež se opírají o vyčnívající ramena pružiny zobrazené na Obr. 3-3.

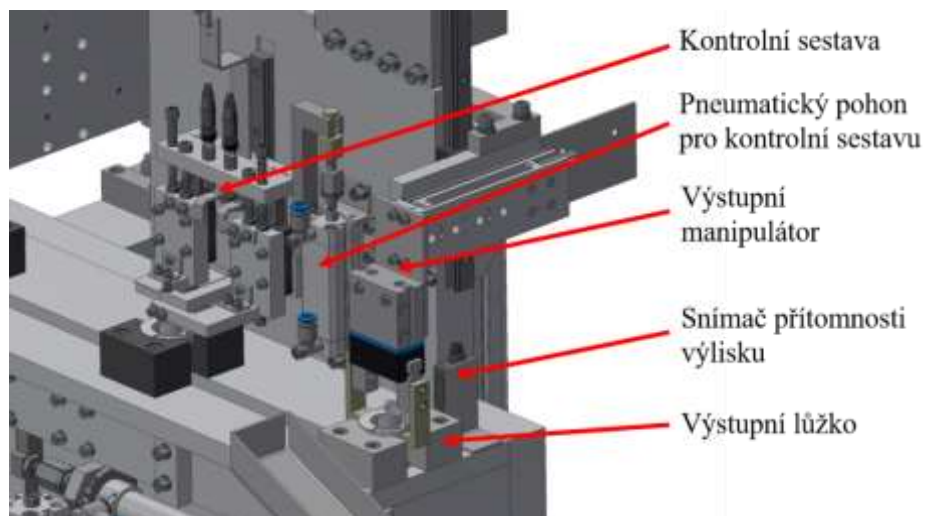
Kontrola založení pružiny začíná uložením plastového výlisku do lůžka. Následně je kontrolní stanice pomocí pneumatického pohonu přesunuta k výlisku až do momentu, kdy dosedací kolík dosedne na referenční plochu na výlisku. Současně dosedají i trny na ramena pružiny, což následně posune oba vozíky směrem k indukčním snímačům. Pokud oba snímače sepnou, tak je pružina správně natažena. V případě, kdy nejsou sepnuty oba snímače nebo pouze jeden, je taková montáž vyhodnocena jako špatná. Celá sestava a oba vozíky jsou nadlehčovány tlačnými pružinami. Je to hlavně z důvodu minimalizace působení hmotnosti kontrolní sestavy na výlisek, protože by takové tlakové působení mohlo poškodit výlisek či montovanou pružinu. Aby bylo možné sestavu takto nadlehčovat a současně sestavu přesouvat, je pneumatický pohon uchycen k sestavě tak, aby zde byla vůle.



Obr. 6-7: Kontrolní sestava



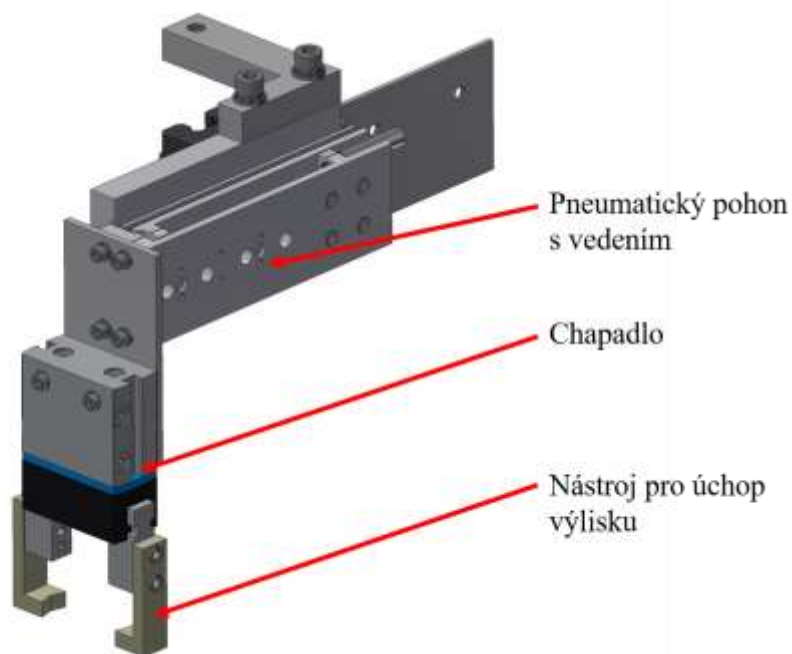
Obr. 6-8: Detail trnů



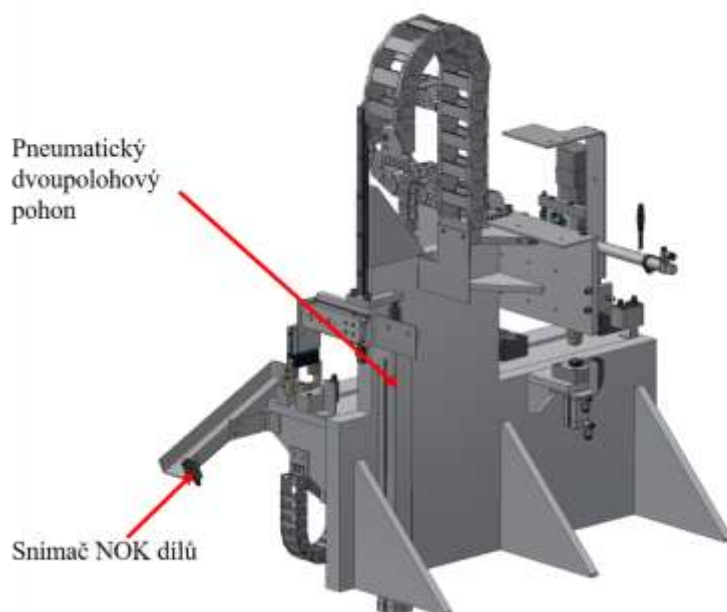
Obr. 6-9: Umístění kontrolní sestavy

6.5 Manipulátor smontovaných podsestav

Z výstupního lůžka podsestavy odebírá jednoduchý manipulátor. Ten se skládá ze tří pneumatických pohonů a úchopných nástrojů. První pohon je mechanické lineární chapadlo, které má na sobě připevněny úchopné nástroje. Druhým pohonem je pneumatický dvoupolohový pohon, který zvedá celou manipulační sestavu o 50 mm do úrovně nad výstupní skluzavku pro NOK díly nebo o 300 mm nad úroveň výstupní skluzavky pro OK díly. Třetím pohonem je pneumatický pohon se saněmi, který podsestavu přesune nad úroveň skluzavky. V této poloze chapadlo uvolní podsestavu, která spadne na skluzavku.



Obr. 6-10: Výstupní manipulátor



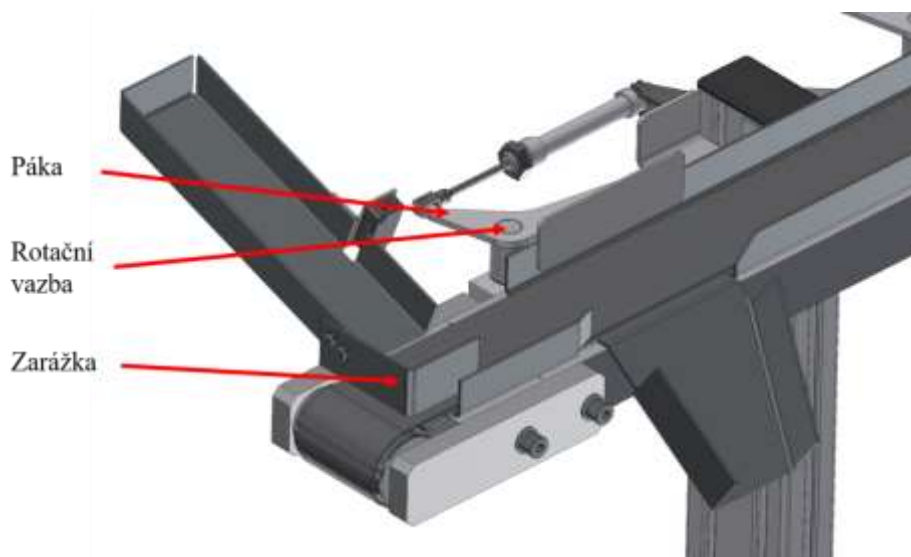
Obr. 6-11: Pohled na umístění výstupního manipulátoru

6.6 Doprava do OK KLT boxů

Jakmile je podsestava smontována a zkontrolována, je pomocí jednoduchého manipulátoru přesunuta buď na skluzavku vedoucí do NOK KLT boxu v případě špatně smontované podsestavy, nebo na skluzavku určenou pro OK díly napojenou na pásový dopravník viz Obr. 6-12, jestliže je podsestava smontována správně. Na skluzavce je umístěný optoelektrický snímač, který slouží jako počítadlo. Na dopravníku je navržen systém ovládaných vodících dvířek, které svádí podsestavy na skluzavky, jež vedou nad jednotlivé OK KLT boxy. Vodící dvířka jsou ovládána pomocí pneumatických pohonů a vždy po naplnění KLT boxu jsou uzavřeny, aby podsestava mohla pokračovat k následujícím vodícím dvířkům. Dvířka se řídí podle počtu smontovaných OK dílů. V poslední pozici svádí smontované podsestavy na skluzavku pouze ohnutý plech.



Obr. 6-12: Pásový dopravník s výstupními skluzavkami

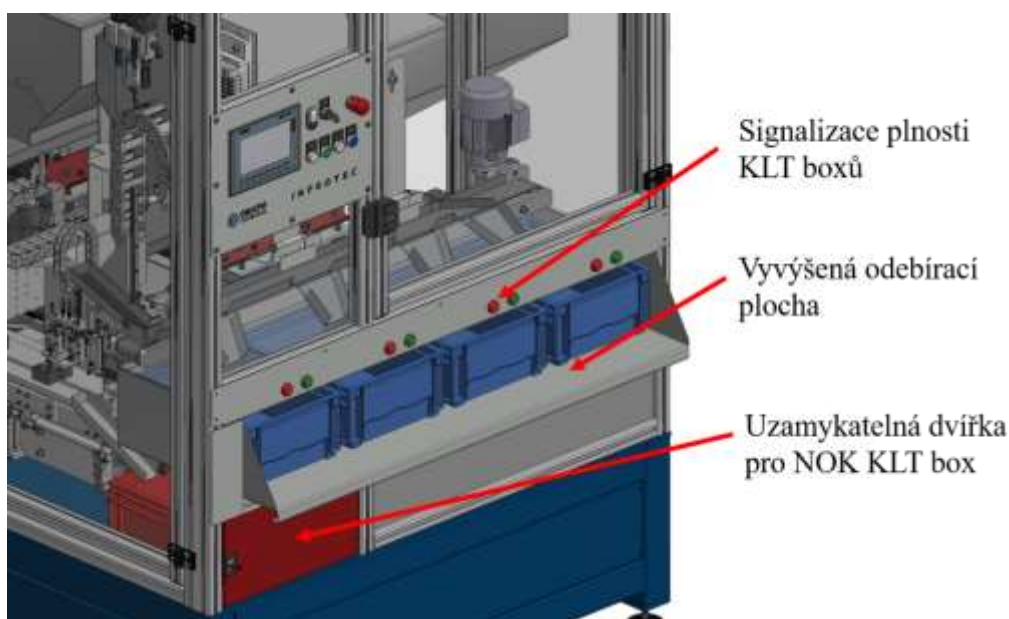


Obr. 6-13: Detail dopravníku

6.7 Výstupní část OK a NOK dílů

Ve výstupní části stroje jsou uloženy KLT boxy viz Obr. 6-15 pro smontované podsestavy. Tyto boxy se nacházejí na vyvýšené odebírací ploše zobrazeny na Obr. 6-14 v úrovni pasu, což odpovídá výšce přibližně 700 mm od země. Nad každou pozicí KLT boxu je umístěna dvojice indikátorů značící, zda je KLT box naplněný nebo jestli KLT box chybí.

KLT box pro špatně smontovanou sestavu (NOK díl) je umístěn pod vyvýšenou odebírací plochou. Podle požadavků zákazníka je NOK KLT box uzamknut v prostorech stanice, tak aby nedošlo k pomíchání OK a NOK boxů. Doprava do NOK KLT boxu je pomocí skluzavky, kde se na jejím konci nachází snímač, který kontroluje, zda NOK díl opravdu vypadl do NOK KLT boxu.



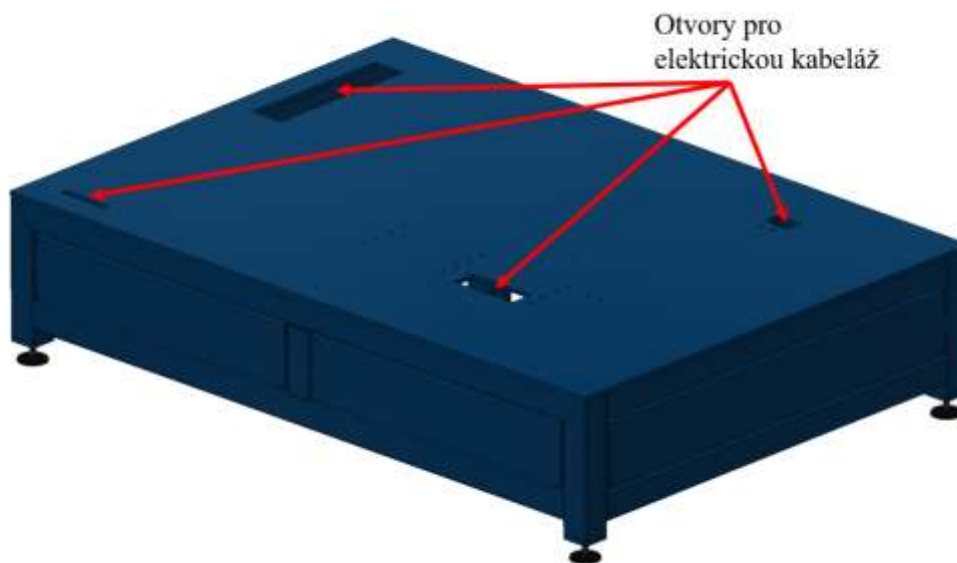
Obr. 6-14: Pohled na výstupní část stanice



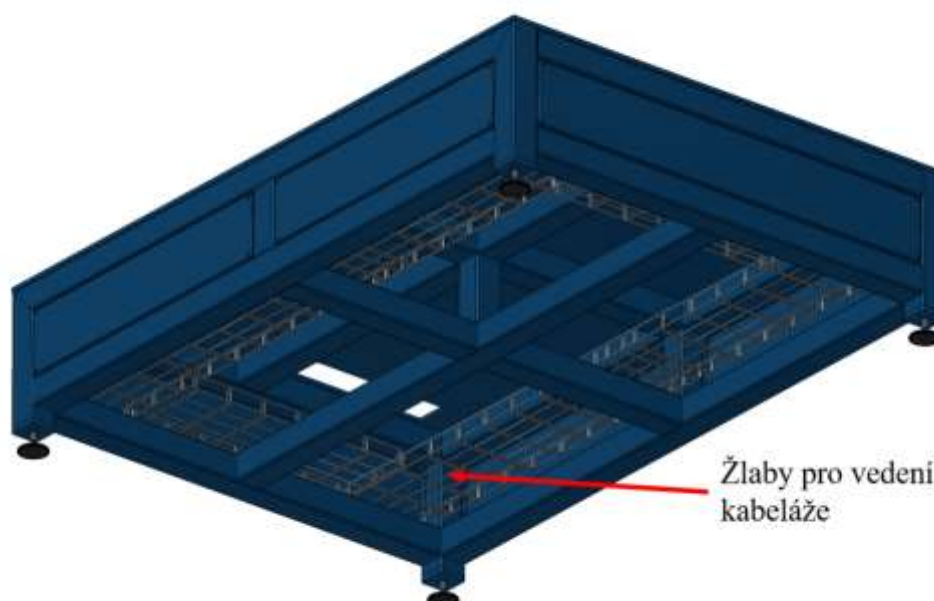
Obr. 6-15: RL-KLT 4147 [16]

6.8 Stůl stanice

Veškeré sestavy jsou umístěny na svařované ocelové konstrukci zajišťující tuhou základnu. Nosný rám tvoří ocelové jekly 80x80 s tloušťkou stěny 2 mm. Deska stolu zobrazená na Obr. 6-16, tvořící hlavní pracovní rovinu, je z ocelového plechu o tloušťce 12 mm a jsou v ní díry pro vedení elektrických kabelů. K desce jsou všechny sestavy pevně připevněny pomocí šroubů. Na pracovní ploše je mimo jiné umístěn i elektrický rozvaděč. V prostoru pod rovinou stolu jsou umístěny žlaby pro vedení kabeláže viz Obr. 6-17. Stůl je postaven na stavitelných nohách umožňující vyrovnání stanice na nerovné ploše.



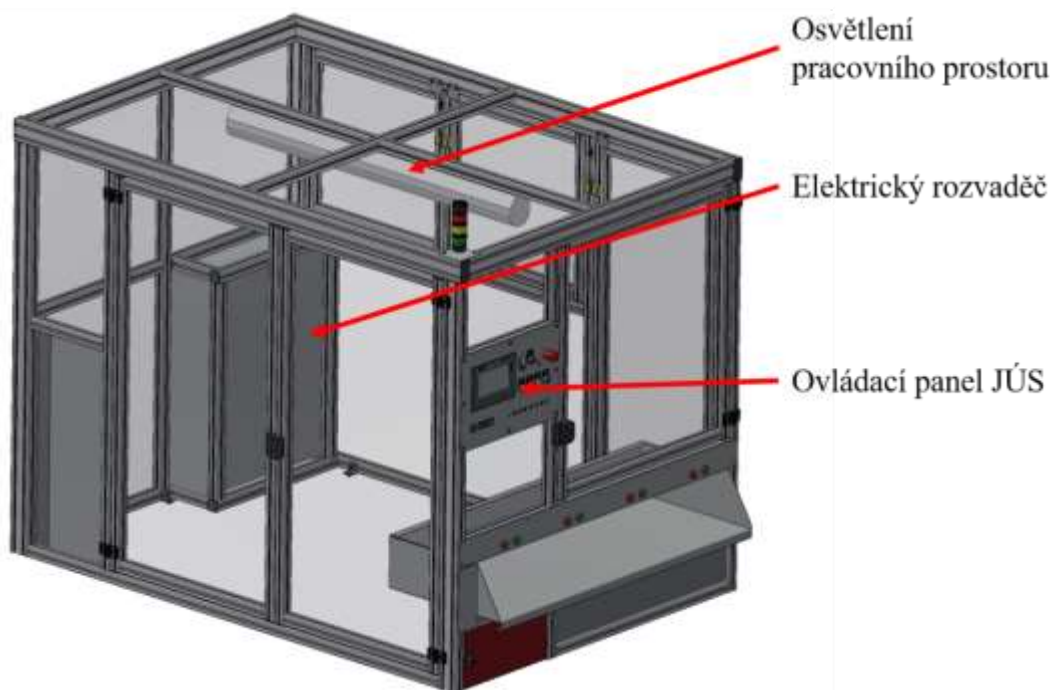
Obr. 6-16: Pohled na vrchní část stolu stanice



Obr. 6-17: Pohled na spodní část stolu stanice

6.9 Krytování stanice

Pracovní prostor je uzavřený z důvodu bezpečnosti. Krytování zobrazené na Obr. 6-18 tvoří hlavní rám složený z hliníkových profilů o rozměrech 80x40 mm od firmy ITEM s označením Profil 8 80x40 L. Volba hliníkových profilů je z důvodu snadné montáže a jednoduché výroby. Přístup do pracovního prostoru je umožněn pomocí dveří, vyrobených také z hliníkových profilů, ale o rozměrech 40x40 mm. Tyto dveře jsou opatřeny panty a úchopnými madly pro snadné otevírání. Na dveřích a hlavním rámu jsou připevněny snímače pro kontrolu otevřených dveří, jejich umístění je zobrazeno na Obr. 6-19. Prostor rámu dveří je vyplněn polykarbonátovým sklem, aby bylo možné sledovat proces výroby. Vnitřní prostor je dále osvětlen pomocí zářivky. Na rámu nad výstupní částí je taktéž připevněn plech, na kterém je umístěn HMI (human machine interface) a tlačítka pro ovládání stanice včetně tlačítka nouzového zastavení („Total stop“ tlačítko). Dále je zde připraveno místo pro umístění duálních digitálních regulátorů („DIGR“) pro řízení vibračních zásobníků. V rámu krytování je také umístěn elektrický rozvaděč.



Obr. 6-18: Pohled na krytování stanice



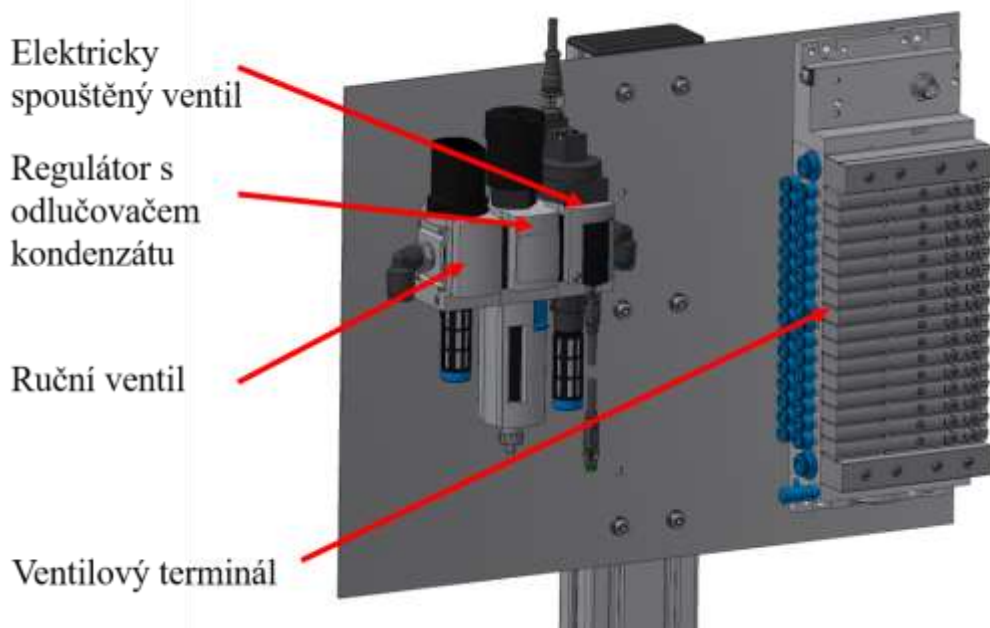
Obr. 6-19: Snímač SICK pro kontrolu otevřených dveří

6.10 Pneumatická část stanice

V prostorech stanice za automatickým podavačem s manipulátorem je na ocelovém plechu umístěna úpravná jednotka vzduchu, která se skládá z ručního ventilu, regulátoru s odlučovačem kondenzátu a elektricky spouštěného ventilu. Z úpravny je vzduch veden do ventilového terminálu ovládající pneumatické pohony. Každý pneumatický pohon má na výstupu osazen škrtící ventil, kterým je možné regulovat rychlost vysouvání.



Obr. 6-20: Sestava pneumatiky



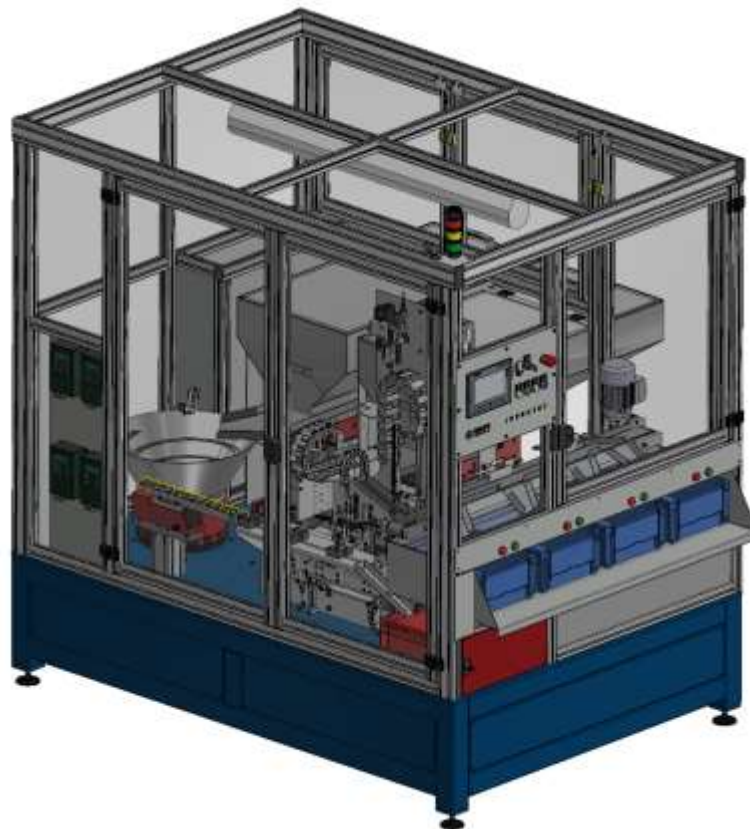
Obr. 6-21: Detail sestavy pneumatiky

6.11 Kompletní stanice

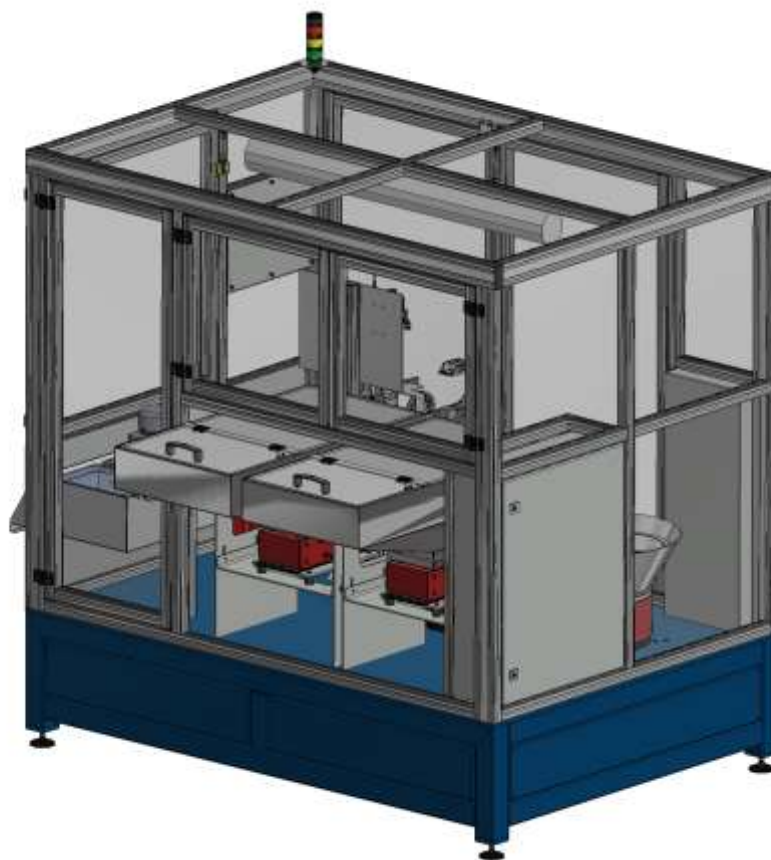
Stanice se skládá ze sestav popsaných v kapitolách 6.1-6.10. Celkové rozměry stanice jsou 2105 x 1750 x 2170 mm (délka x šířka x výška). Barva stanice je koncipována do modré barvy RAL 5010, kterou si stanovil zákazník.

Výrobní proces jednoúčelového stroje

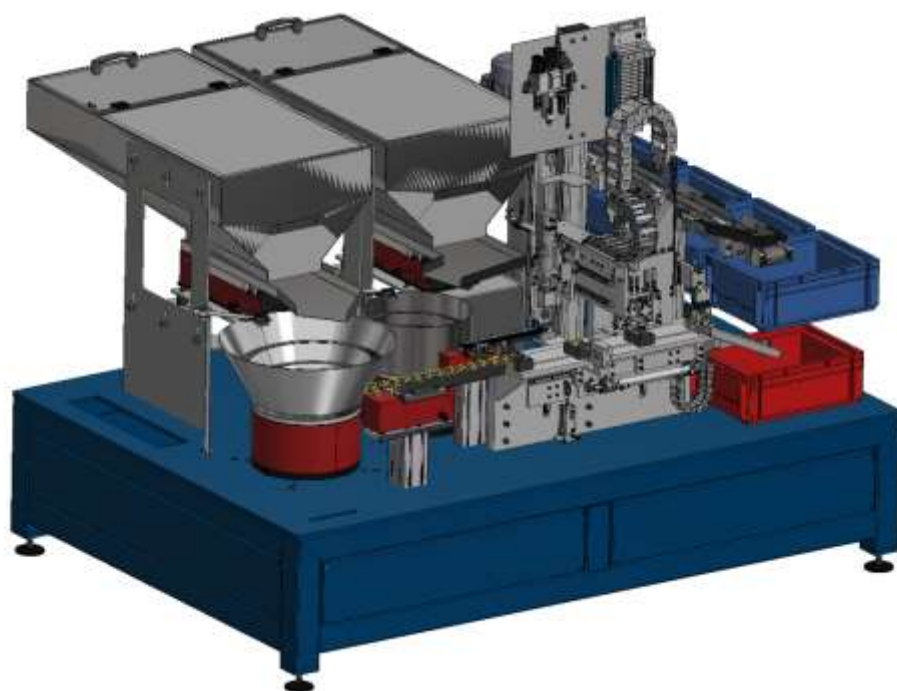
Operátor nasype do vibračních zásobníků plastové výlisky a zkrutné pružiny stejné orientace. Vibrační zásobníky srovnají díly do odebíracích orientací a dopraví je k odebíracím lůžkům. Zde automatický podavač přemístí díl do montážního lůžka. Zkrutná pružina je v odebíracím lůžku zorientována pomocí tvarového nástroje a následně je odebrána manipulátorem, který ji přemístí do plastového výlisku a následně natáhne. Manipulátor se vrátí zpět k odebíracímu lůžku zkrutných pružin. Podsestava plastového výlisku a zkrutné pružiny je dále přesunuta pomocí automatického podavače do následujícího lůžka. V této pozici je zkontrolována montáž pružiny pomocí trnů na kontrolní sestavě. Takto zkontrolovaná podsestava je přesunuta do posledního lůžka, kde ji odebírá jednoduchý manipulátor. V případě, je-li podsestava špatně smontovaná, přesune ji na skluzavku vedoucí do NOK KLT boxu. Pokud je podsestava smontována správně, manipulátor přesouvá podsestavu na skluzavku vedoucí na pásový dopravník. Na pásovém dopravníku jsou podsestavy postupně rozřazovány pomocí vodících dvířek, které podsestavu přesunou na skluzavky vedoucí nad OK KLT boxy. Těsně před naplněním posledního KLT boxu stanice upozorňuje na potřebu odebrat plné KLT boxy. Po naplnění posledního KLT boxu operátor vymění plné KLT boxy za prázdné a doplní vibrační zásobníky. Takto se proces opakuje.



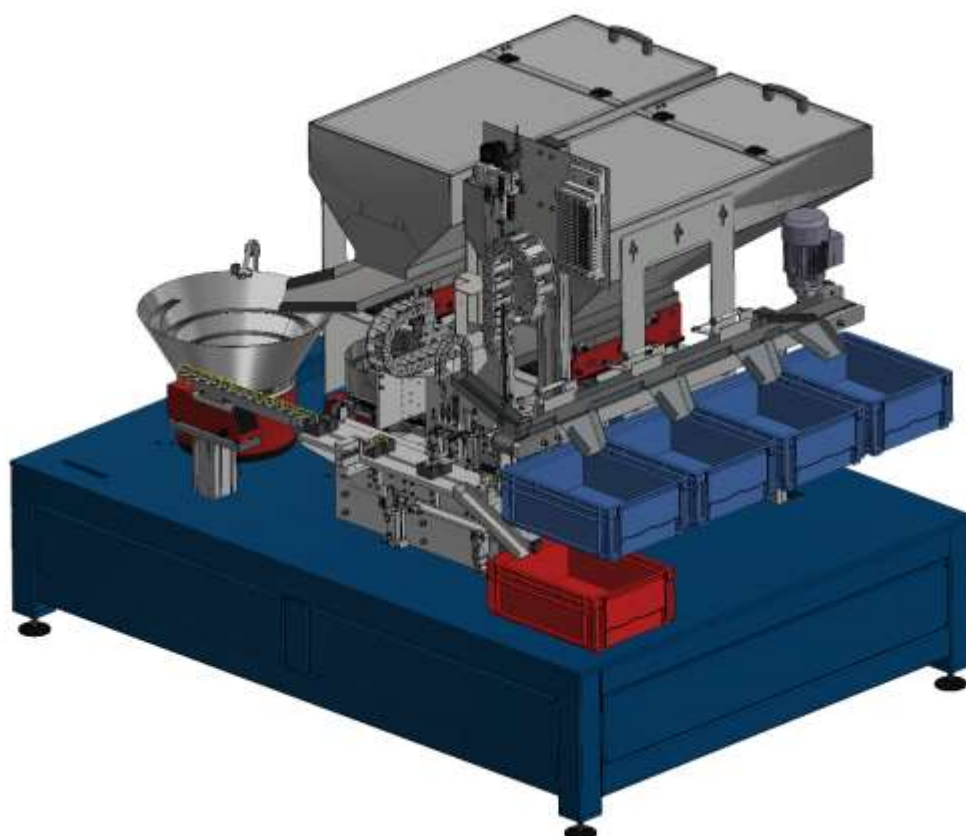
Obr. 6-22: Pohled na přední část kompletního JÚS



Obr. 6-23: Pohled na zadní část kompletního JÚS



Obr. 6-24: První pohled na vnitřní sestavy JÚS



Obr. 6-25: Druhý pohled na vnitřní sestavy JÚS

7 VYPRACOVÁNÍ POTŘEBNÝCH VÝPOČTŮ, SOUVISEJÍCÍCH S NÁVRHEM NOVÉHO JÚS.

7.1 Výpočet průměru válce pro zdvih montážní hlavice

Pro zdvih montážní hlavice je potřeba zvolit odpovídající průměr pístu ve válci pneumatického pohonu. Montážní hlavice má jeden stupeň volnosti ve svislém směru, z toho plyne, že pneumatický pohon zvedá hmotnost celé montážní hlavice.

Postup výpočtu

Vzorec pro výpočet tlaku je definován působící silou na plochu, kde plocha S v řešeném výpočtu zastupuje plochu pístu a síla F zastupuje tíhovou sílu montážní hlavice.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot F_g}{\pi \cdot d_p^2}$$

Z tohoto vzorce se vyjádří průměr d_p .

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot F_g}{\pi \cdot p}}$$

Výpočet tíhové síly

Hmotnost montážní hlavice:

$$m = 1,8 \text{ kg}$$

Gravitační zrychlení:

$$g = 9,81 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

Tíhová síla

$$F_g = m \cdot g = 1,8 \cdot 9,81 = 17,658 \text{ N}$$

Dosazení do vzorce pro výpočet průměru d_p

Tlak v pneumatickém systému: $p = 6 \text{ bar} = 0,6 \text{ MPa}$

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot F_g}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17,658}{\pi \cdot 0,6}} = 6,12 \text{ mm}$$

Pro výkonnostní rezervu je tento výsledek vynásoben koeficientem 3.

$$d_p = 6,12 \cdot 3 = 18,36 \text{ mm}$$

Takto se postupuje ve firmě Inprotec s.r.o pro řešení standartních aplikací pneumatických pohonů. Požadovaný průměr pístu je porovnán s nabídkou pneumatických pohonů od firmy Festo, která nabízí nejbližší vyšší průměr 20 mm.

Zvolen pneumatický pohon od firmy Festo s průměrem pístu 20 mm.

7.2 Výpočet potřebného počtu KLT boxů pro OK sestavy

Stanice dle požadavků musí pracovat 4 hodiny bez potřeby přítomnosti operátora, proto je nutné přizpůsobit objemy zásobníků a počty výstupních OK KLT boxů. Dle taktu stroje se stanoví počet vyrobených sestav během čtyř hodin, dále se navrhne takzvaná obálka, která reprezentuje zjednodušený tvar smontované podsestavy. Objem vyrobených obálek (sestav) se vydělí objemem KLT boxu, což určí potřebný počet KLT boxů.

Takt stanice: 5 s

Doba provozu: 4 h

Počet kusů za minutu

$$\frac{60s}{5s} = 12 \text{ kusů}$$

Počet vyrobených podsestav za 4 hodiny provozu s taktom 5 sekund

$$\frac{60s}{5s} \cdot 60min \cdot 4h = 2880 \text{ kusů}$$

Obálka je tvaru válce, vzhledem ke komplikovanému tvaru výlisku jsou rozměry určeny přibližně.

Průměr obálky: $d_o = 30 \text{ mm}$

Výška obálky: $v_o = 18 \text{ mm}$

Vnitřní rozměry KLT boxu: 346x265x109,6 mm

Objem obálky

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \cdot v_o = \frac{\pi \cdot 30^2}{4} \cdot 18 = 12723,45 \text{ mm}^3$$

Celkový objem vyrobených obálek (sestav)

$$V_C = V_o \cdot 2880 = 36643536,7 \text{ mm}^3$$

Objem KLT boxu

$$V_{KLT} = 346 \cdot 265 \cdot 109,6 = 10049224 \text{ mm}^3$$

Celkový počet potřebných KLT boxů pro OK sestavy

$$C_p = \frac{V_C}{V_{KLT}} = \frac{36643536,7}{10049224} = 3,64$$

Z výpočtu vychází potřebný počet KLT boxů 3,6. Po zaokrouhlení na celé vyšší číslo je celkový počet roven 4 kusům.

7.3 Zobrazení cyklu v časové ose

Zobrazení cyklu na časové ose slouží k vizualizaci taktu stroje. Jeden cyklus pro montážní část stroje je uveden na grafu níže. Jedná se o ganttův diagram, který zobrazuje jednotlivé operace při montáži pružiny do výlisku. Na grafu lze sledovat, v jakém časovém úseku se konají jednotlivé operace a dobu jejich trvání.

Doba trvání jednotlivých operací je zvolena tak, aby byl takt montáže 5 sekund. Jelikož časově nejnáročnější operací je osazení pružiny do výlisku a její následné natažení, tak je pro kontrolu taktu stroje počítána pouze tato část.

V případě vibračních dopravníků je doplňování konstantní. Pro výrobce vibračních dopravníků je důležitá informace počtu dodávaných kusů za minutu. Dle výpočtu v kap 7.1 je potřebný počet 12 kusů za minutu.

Pásový dopravník dopravující vyrobené podsestavy do KLT boxů také pracuje konstantní rychlostí.

Časové operace pro jednotlivé části montážního stanoviště:

Reakce systému: 0,1 sekundy

Pneumatický manipulátor:

Zdvih: $0,3 + 0,1 = 0,4$ sekundy

Přesun: $0,7 + 0,1 = 0,8$ sekundy

Pokles: $0,3 + 0,1 = 0,4$ sekundy

Součet času celého pohybu: 1,6 sekundy

Natažení pružiny: $1 + 0,1 = 1,1$ sekundy

Úchop pružiny: $0,3 + 0,1 = 0,4$ sekundy

Orientování pružiny:

Zdvih: $1 + 0,1 = 1,1$ sekundy

Pokles: $0,2 + 0,1 = 0,3$ sekundy

Součet času celého pohybu: 1,4 sekundy

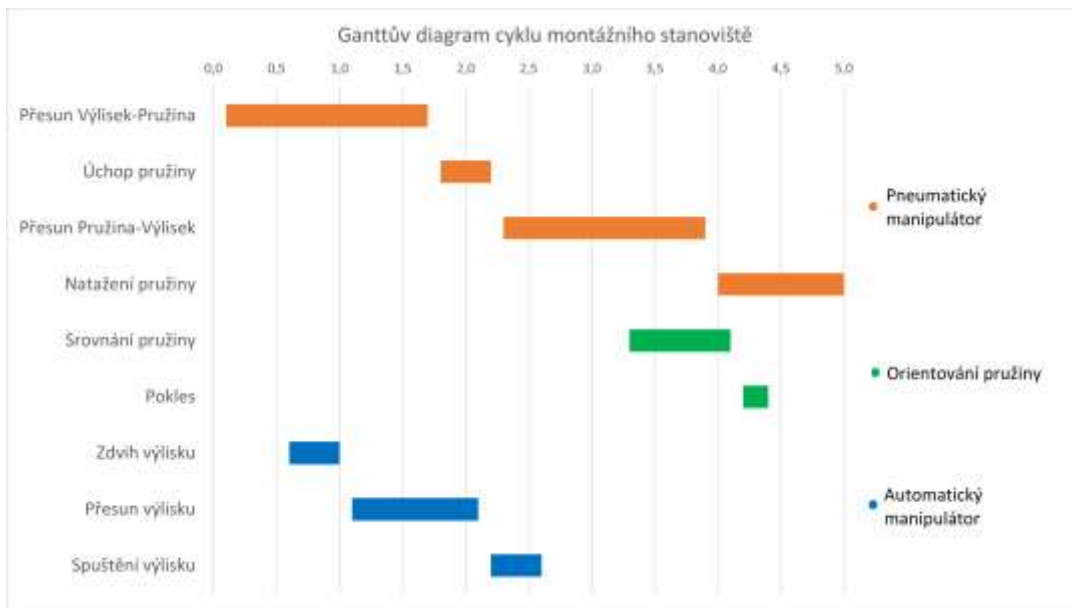
Automatický manipulátor:

Zdvih: $0,3 + 0,1 = 0,4$ sekundy

Přesun: $1 + 0,1 = 1,1$ sekundy

Pokles: $0,3 + 0,1 = 0,4$ sekundy

Součet času celého pohybu: 1,9 sekundy



Obr. 7-1: Ganttův diagram cyklu montážní pozice

8 VYHOTOVENÍ SESTAVNÍCH A PODSESTAVNÍCH VÝKRESŮ NOVÉHO JÚS A KOMENTÁŘ K NIM

V příloze bakalářské práce jsou umístěny sestavní a podsestavní výkresy. Vzhledem k tomu, že výkresy jsou na velkém formátu papíru, je na výkresy pouze odkazováno.

I-00010145 (Výkres sestavy stanice)

Na tomto výkrese je zobrazen pohled na kompletní stanici. Jsou zde vidět celkové rozměry stanice, dále pohled na sestavu vibračních zásobníků, automatického podavače s manipulátorem, výstupního pásového dopravníku, úpravnu vzduchu a rámu stanice.

I-00012257 (Výkres sestavy montážního manipulátoru)

Výkres zobrazuje pohled na sestavu montážního manipulátoru. Jsou zde vidět celkové rozměry montážního manipulátoru. Počítaný pneumatický pohon z kapitoly 7.1 je na výkrese označen pořadovým číslem 20. Na výkrese jsou vyznačeny hlavní komponenty, mezi které se řadí montážní hlavice popsaná v kapitole 6.2, druhý pneumatický pohon, magnetické snímače označené číslem 22 a 24, tlumič nárazu s pevným dorazem, lineární kolejnice a energetický řetěz.

I-00012259 (Výrobní výkres nosné desky manipulátoru)

Výroba nosné desky je určena pro obrábění na tříosé CNC frézce. Materiálem je hliník EN AW 5083. Rozměry jsou kótovány převážně ze dvou stran. Je to z důvodu dosažení maximální přesnosti, kdy si obráběč sondou označí dvě plochy a tím získá počátek souřadného systému, od kterého jsou kótovány všechny rozměry. Konce drážek pro lineární vedení jsou zaobleny na maximální možný rádius, aby se minimalizovalo potřebné množství obráběcích nástrojů.

I-00012255 (Výrobní výkres vodící hřídele)

Nosná hřídel je určena pro obrábění na soustruhu. Materiálem je ocel C45, která zajišťuje dostatečnou pevnost. Jedná se o jednoduchou součást, která se dá obrobit na jedno upnutí. Jelikož jsou na hřídeli nasazena dvě ložiska, je nutné zakótovat funkční části hřídele, aby byla zajištěna souosost. Tyto průměry hřídele jsou tolerovány pomocí geometrické tolerance celkového obvodového házení vztažené ke dvěma základnám, jež jsou vázány na osy jednotlivých válců.

I-00012262 (Výkres natahovacího nástroje)

Natahovací nástroj patří mezi nejkomplikovanější vyráběné díly. Technologie výroby zde není zcela jasná, jelikož se jedná o rozměrově malý díl z tvrdého materiálu 42CrMo4, který se následně povrchově upraví nitridováním, čímž se zvýší tvrdost povrchu. Zde se nabízí kombinace obrábění na pětiosé CNC frézce a elektrojiskrového obrábění pro nejmenší rozměry řádově 1,5-2 mm, jelikož frézy takových rozměrů mají krátkou pracovní část. Další možnou technologií je 3D tisk kovu, kdy se použije kov M300, který po tepelné úpravě dosahuje podobných hodnot tvrdosti jako ocel 42CrMo4 po nitridování.

9 VYHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

9.1 Vyhodnocení výsledků

Podle analýzy řešeného problému se navrhovaly části stroje tak, aby se zmíněných problémů vyvarovaly. Následný návrh jednoúčelového stroje se řídí požadavky zákazníka, kde byl kladen důraz na vhodnou konstrukci, která se snaží maximalizovat úspěšnost správné montáže. Díky metodě multikriteriálního hodnocení bylo zjištěno, že varianta 1, která měla nejvyšší variabilitu a u použitých komponent převažovaly výhody oproti zbylým variantám, kvůli jejich vysoké ceně se toho řešení nevyplatí. Dále pro optimalizaci tvaru natahovacího nástroje byly vytisknuty zkušební modely na 3D tiskárně a následně vyzkoušeno natahování zkrutné pružiny, kde se sledovalo chování pružiny při natahování. Byla snaha navrhnout jednoúčelový stroj tak, aby byl ke všem komponentám pohodlný přístup, a to jak z pohledu výroby samotného stroje, následného seřizování nebo přístupu obsluhy v případě problému ve výrobním procesu. Kupované komponenty jako například pneumatické pohony, snímače či vozíky lineárních vedení jsou standardně dodávány výrobcí, jelikož nestandardní díly mají obvykle dlouhé dodací lhůty nebo vysoké pořizovací ceny.

Výrobní proces je koncipován na takt 5 sekund. Důvodem této rezervy je, že pokud stroj nebude pracovat přesně podle návrhu, tak aby byl stále prostor například upravit rychlosti pohybů. Požadované časy přesunů pneumatických pohonů byly kontrolovány dle simulačního systému pneumatiky, který nabízí firma Festo na svých webových stránkách. Výsledky jsou přiloženy v příloze práce. Podle provedených výpočtů byl zvolen pneumatický pohon pro zvedání manipulační hlavy. V počtu potřebných KLT boxů je také dostatečná rezerva.

9.2 Doporučení pro praxi

Jednoúčelový stroj je navržen tak, aby nebylo nutné upravovat vnitřní komponenty při změně orientace dílu, což se řadí mezi velmi silné stránky tohoto řešení, jelikož se tím nerozhazují již seřizené komponenty a nejsou zde velké prodlevy mezi změnou orientace dílů. S tímto řešením je ale spojeno pár nevýhod. Stroj neumožňuje vyprázdnění zásobníku s pružinami. Tato operace se musí použít při změně orientace montovaných podsestav (výměna levé za pravou a naopak). To je možné vyřešit s dodavatelem vibračních zásobníků, že by na vibračním zásobníku pro pružiny byla další trasa umožňující tuto operaci. S orientací dílů je spojena další hrozba, kdy operátor do zásobníku nasype díly odlišných orientací. To je možné řešit opět na vibračních zásobnících, na které se umístí snímače, které budou kontrolovat orientace dílů vstupujících k automatickému podavači a v případě odlišnosti dílů stroj upozorní na špatně vhozené díly.

10 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh jednoúčelového stroje pro předmontáž podsestavy automobilového zámku tvořenou ze zkrutné pružiny a plastového výlisku. Tento stroj má nahrazovat současné pracoviště, kde operátor montuje podsestavy automobilového zámku ručně s užitím jednoduchého nástroje. Práce byla vytvořena ve spolupráci s firmou Inprotec s.r.o. v Brně.

V rešeršní části je představena problematika výroby automobilového zámku, kde je čtenář seznámen s výrobním procesem a úrovněmi výroby s ním spojené. Tématika následně přechází k představení jednoúčelových strojů a jejich hlavních komponent.

V následující kapitole je sepsána systémová analýza řešeného problému, kde bylo zapotřebí stanovit možná rizika, problémy a ovlivňující faktory, které mohou nastat při činnosti jednoúčelového stroje. V této kapitole jsou také představeny požadavky na konstrukci a funkci navrhovaného jednoúčelového stroje.

Následně jsou popsány možné varianty řešení zadané problematiky. V této kapitole jsou řešeny tři oblasti zájmu, kde se první oblast zabývala různými tvary natahovacích nástrojů. Druhá oblast se zabývala různými variantami montáže a manipulace s pružinou. Ve třetí oblasti byly představeny možné varianty manipulace s podsestavou zámku mezi jednotlivými stanovišti.

Varianty z druhé a třetí oblasti byly spojeny do tří celků, kde se pomocí metody multikriteriálního hodnocení vyhodnotil nejvhodnější celek, který se následně podrobně zpracoval. Rozhodovacími kritérii byla jednoduchost konstrukce, přesnost polohy, plynulost pohybů, variabilita a v poslední řadě cena. Nejvhodněji vyšla varianta s označením 2, kde je využit pneumatický manipulátor a automatický podavač.

Po vyhodnocení nejvhodnějších varianty následovalo rozpracování návrhu jednoúčelového stroje. Při samotném návrhu byl kladen důraz na přístup k jednotlivým sestavám z důvodu seřizování a údržby, ale také na pohodlnou obsluhu stroje operátorem. Stroj se skládá z dvojice vibračních zásobníků, dodávající montované díly v požadované orientaci, automatickým podavačem s pneumatickým manipulátorem, který montuje podsestavu zámku a pásovým dopravníkem, na kterém se rozřazují podsestavy do odebíraných KLT boxů.

Výpočetní část zahrnuje kontrolu průměru válce pro zdvih montážní hlavice. Dále bylo nutné stanovit potřebné množství KLT boxů pro umožnění čtyřhodinového provozu bez nutnosti doplňování a odebírání materiálu. Následně byly pro kontrolu výsledného taktu počítány doby trvání pohybů manipulátoru, montážní hlavice, nástroje pro orientaci pružiny a automatického podavače.

Následně jsou okomentovány vytvořené výkresy, které jsou přiloženy v příloze práce. Zde jsou okomentovány sestavy a díly zobrazené na výkresech se stanovením použité technologie výroby a použitý materiál.

Na závěr byly vyhodnoceny dosažené výsledky návrhu s doporučením pro praxi, kde se probraly silné a slabé stránky návrhu.

Budoucí rozvoj projektu se bude odvíjet po konzultaci se zákazníkem, který vyhodnotí konstrukci navrženého jednoúčelového stroje. V případě spokojenosti zákazníka bude projekt přeměrován do fáze výroby.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VINCENC, Josef. *Výrobní linka zámku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010, 54 s. Bakalářská práce. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Jiří Dvořáček.
- [2] Zámek bočních dveří TSS1. In: *Kiekert AG* [online]. Heiligenhaus: Kiekert AS, 2014 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://www.kiekert.com/en/products/power-opening-closing>
- [3] Kiekert E Latch. In: *Oneindustry automotive* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://automotive.oneindustry.one/files/2018/07/Kiekert-E-Latch-1.jpg>
- [4] BOTEK, Marek a Libor ADAMEC. *Sbírka příkladů z inženýrské ekonomiky a managementu*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2004. ISBN 80-708-0544-7.
- [5] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [6] Elektrický manipátor. In: *Elektroprůmysl* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: https://www.elektroprumysl.cz/images/stories/Kategorie/Automatizace/Festo/vsechno_elektricky_3.jpg
- [7] Pásový dopravník SB50. In: *BETZ s.r.o.* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: https://www.betz.cz/bosch/pasove-dopravniky/pasovy_dopravnik_SB50.jpg
- [8] Vibrační systém pro podávání zálisků. In: *Advateq* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://advateq.cz/static/e89a6f2e7ad25503ac1f1775c462ee60/JW-191212-23041.jpg>
- [9] Reflexní optické závory. In: *Balluff* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: https://app01.balluff.com/image-fit/290-0/fileadmin/user_upload/product_new/sensors/photoelectric-sensors/pic_products_sensors_photoelectric-sensors_retroreflective-sensors.jpg
- [10] Optická brána. In: *Automatizace.hw.cz* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: https://automatizace.hw.cz/files/styles/full/public/story_automat/10468/mlc_pouziti4.jpg
- [11] LACKO, Branislav. Systémový přístup. *Doc. Ing. Branislav LACKO, CSc.* [online]. [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: https://lacko.otw.cz/eseje/Systemovy_pristup.doc.pdf
- [12] ALEXA, J. *Lastenheft - zadání pro konstrukci a výrobu pracoviště*. Kiekert-CS, s.r.o. Jaselská 593 535 01 Přelouč, 2020.
- [13] Linear gantries. In: *Festo* [online]. [cit. 2021-05-18]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/de_de/data/doc_engb/pdf/en/dhsl-10_en.pdf
- [14] Yaskawa SG400. In: *Yaskawa* [online]. [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: https://www.cz.yaskawa.eu.com/Global%20Assets/Pictures/Products/Robotics/Robots/MOTOMAN-SG400_web.png

- [15] SOJÁK, Vojtěch. *Konstrukce dvouosého manipulátoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2015. Diplomová práce. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
- [16] RL-KLT 4147. In: *Auer-packaging* [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: https://www.auer-packaging.com/images/products/1920/RL-KLT-přepřavky-AUER--rl-kl_4147-5005_01.jpg

12 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, TABULEK A OBRÁZKŮ

12.1 Seznam zkratek a symbolů

JÚS	jednouúčelový stroj
DC	direct current (stejnoseměrný)
obr.	obrázek
SAP	systémy, aplikace, produkty ve zpracování dat
KLT	německý překlad euro kontejneru
OK	správně smontovaná sestava
NOK	chybně smontovaná sestava
3D	three-dimensional (trojrozměrný)
2D	two-dimensional (dvourozměrný)
PLC	programovatelný logický automat
DIGR	duální digitální regulátor
RAL	Říšský výbor pro dodací podmínky
p [Pa]	tlak v systému
F [N]	obecná síla
F_g [N]	gravitační síla
S [m ²]	plocha pístu pneumatického pohonu
d_p [mm]	průměr pístu pneumatického pohonu
m [kg]	hmotnost montážní hlavice
d_o [mm]	průměr válce obálky
v_o [mm]	výška válce obálky
V_o [mm ³]	objem obálky
V_C [mm ³]	celkový objem vyrobených obálek
V_{KLT} [mm ³]	objem KLT boxu
C_p [-]	počet potřebných KLT boxů

12.2 Seznam tabulek

Tab. 2-1: Výhody a nevýhody pohonů.....	18
Tab. 4-1: Přibližné ceny variant pro manipulaci s pružinou	32
Tab. 4-2: Přibližné ceny variant pro manipulaci s výliskem.....	32
Tab. 5-1: Metoda multikriteriálního hodnocení	34

12.3 Seznam obrázků

Obr. 2-1: Zámek bočních dveří TSS1 [2]	13
Obr. 2-2: Kiekert E Latch [3].....	15
Obr. 2-3: Schéma výrobního procesu	15
Obr. 2-4: Příklad montážní linky zámku	16
Obr. 2-5: Průmyslový robot typu RRR od výrobce KUKA	18
Obr. 2-6: Elektrický manipulátor [6]	19
Obr. 2-7: Pásový dopravník SB50 [7]	19
Obr. 2-8: Vibrační systém pro podávání zálišků [8].....	20
Obr. 2-9: Reflexní optické závory [9].....	20
Obr. 2-10: Optická brána [10].....	21
Obr. 3-1: Schéma systémové analýzy.....	23
Obr. 3-2: Rozložení pracovní plochy.....	24
Obr. 3-3: Správně smontovaná podsestava.....	25
Obr. 3-4: Možnosti použitelných nohou	25
Obr. 3-5: Nástroj a montované díly [12]	26
Obr. 4-1: Varianty nástrojů.....	27
Obr. 4-2: Přímočarý portál 2D [13]	29
Obr. 4-3: Yaskawa SG400 [14]	29
Obr. 4-4: Pneumatický manipulační systém	30
Obr. 4-5: Schéma první varianty.....	30
Obr. 4-6: Schéma druhé varianty	31
Obr. 4-7: Schéma třetí varianty.....	32
Obr. 6-1: Vibrační zásobníky	35
Obr. 6-2: Pneumatický manipulační systém	36
Obr. 6-3: Nástroj pro odebrání a natahování pružiny	36
Obr. 6-4: Automatický podavač s manipulátorem.....	37
Obr. 6-5: Detail na montážní část	38
Obr. 6-6: Pohled na trny	38
Obr. 6-7: Kontrolní sestava.....	39
Obr. 6-8: Detail trnů.....	39
Obr. 6-9: Umístění kontrolní sestavy.....	39
Obr. 6-10: Výstupní manipulátor.....	40
Obr. 6-11: Pohled na umístění výstupního manipulátoru	40
Obr. 6-12: Pásový dopravník s výstupními skluzavkami	41
Obr. 6-13: Detail dopravníku.....	41
Obr. 6-14: Pohled na výstupní část stanice.....	42
Obr. 6-15: RL-KLT 4147 [16].....	42
Obr. 6-16: Pohled na vrchní část stolu stanice.....	43
Obr. 6-17: Pohled na spodní část stolu stanice	43
Obr. 6-18: Pohled na krytování stanice	44
Obr. 6-19: Snímač SICK pro kontrolu otevřených dveří.....	45
Obr. 6-20: Sestava pneumatiky.....	45
Obr. 6-21: Detail sestavy pneumatiky	46
Obr. 6-22: Pohled na přední část kompletního JÚS.....	47
Obr. 6-23: Pohled na zadní část kompletního JÚS	47

Obr. 6-24: První pohled na vnitřní sestavy JÚS.....	48
Obr. 6-25: Druhý pohled na vnitřní sestavy JÚS	48

13 SEZNAM PŘÍLOH

[1]	I-00010145	Výkres sestavy stanice
[2]	I-00012257	Výkres sestavy montážního manipulátoru
[3]	I-00012259	Výrobní výkres nosné desky manipulátoru
[4]	I-00012255	Výrobní výkres vodící hřídele
[5]	I-00012262	Výkres natahovacího nástroje
[6]	Pneumatické schéma	Pneumatické schéma
[7]	Výsledky simulací	Vyhodnocené použité pohony Festo