



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 STROJE PRO KOMPLETACI ROZVADĚČE PLYNU V PLYNOVÉM GRILU

DESIGN OF SINGLE-PURPOSE ASSEMBLY MACHINE FOR ASSEMBLY OF GAS DISTRIBUTOR IN GAS GRILL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Procházka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2020



Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Petr Procházka
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
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 stroje pro kompletaci rozvaděče plynu v plynovém grilu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem je vytvoření konstrukce jednoúčelového montážního stroje, určeného pro montáž trysek a víček na tělo rozvaděče. Rozvaděč slouží pro rozvod plynu v plynovém grilu. Diplomant provede kritický rozbor požadované montážní a výrobní operace. Určí posloupnost jednotlivých montážních technologií a pracovní cyklus stroje, který následně rozdělí do jednotlivých operací. Provede základní konstrukční výpočty a vytvoří vlastní konstrukci jednoúčelového stroje v 3D modelu. Vytvoří výkresovou dokumentaci u zvolených dílů, sestav. Zadání diplomové práce je řešeno ve spolupráci s ProCad Technik s. r. o.

Cíle diplomové práce:

- Analýza současného stavu v oblasti řešení problematiky.
- Rozbor montážního procesu a volba vhodného uspořádání technologií, cyklů.
- Návrh variantního řešení konstrukce, vyhodnocení variant.
- Konstrukce jednoúčelového stroje v 3D modelu vybrané varianty.
- Potřebné konstrukční výpočty.
- Vytvoření výkresové dokumentace u zvolených dílů, sestava, komentář k výkresové dokumentaci.
- Analýza rizik stroje, zabezpečení bezpečného chodu stroje.
- Kalkulace návratnosti investice.
- Závěr a kritické vyhodnocení dosažených výsledků, doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

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

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 vytvoření konstrukce jednoúčelového montážního stroje pro montáž sestavy rozvaděče plynu v plynovém grilu. Jedná se o horní část plynového varného grilu, která se skládá z nerezové desky a hořáků. Hořáky jsou tři typy, jeden malý, dva střední a jeden velký. Každý se skládá z hliníkového těla, trysky, zapalovací elektrody a pojistky proti úniku plynu. Před samotnou konstrukcí jsou určeny variantní řešení uspořádání montážních operací. Z nich je pak vybráno, multikriteriální váhovou metodou, to nejvhodnější. Konstrukce montážní linky je vytvořena v 3D modelovacím programu s provedením nutných konstrukčních výpočtů. Ke konstrukci je také vytvořena výkresová dokumentace u zvolených sestav a dílů. Nedílnou součástí práce je i analýza rizik a zabezpečení běžného chodu stroje. Analýza rizik je vytvořena pro běžný provoz stroje. Na závěr jsou spočítány náklady pořízení celé montážní linky a vyhodnocení návratnosti investice za pořízení stroje.

ABSTRACT

Objective of this thesis is creating the construction of one-purpose assembly machine for combination of gas switchboard in gas grill assembly, which is top part of the gas cooking grill, consisting of stainless steel plate and burners. There are three types of burners, one small type, two medium types and one big type. Each consists of aluminium body, nozzle, ignition electrode and gas leakage protection fuse. Prior to construction itself, variant solutions of the assembly operations arrangement are designated. From those, the most appropriate one is chosen based on multicriteria weighting method. Construction of assembly line is created using 3D modelling program with necessary design calculations. For selected assemblies and parts, a drawing documentation has been created. Risk analysis and security of the machine's normal operation is an integral part of the thesis. Risk analysis is created for the machine's normal operation. In conclusion, the costs of purchasing the assembly line are calculated and the return of the investment for purchasing the machine is assessed.

KLÍČOVÁ SLOVA

Horní část plynového varného grilu (desky), tělo hořáku, pojistka proti úniku plynu, zapalovací elektroda, tryska, pojistný kroužek, jednoúčelová montážní linka, 6-ti osý robot, scara robot, manipulátor, vibrační kruhový zásobník, pneumatický válec, otočný stůl.

KEYWORDS

The upper part of the gas cooking grill (plate), burner body, gas leakage protection, ignition electrode, nozzle, security ring, single-purpose assembly line, 6-axis robot, scara robot, manipulator, vibrating ring hopper, pneumatic cylinder, rotary table.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROCHÁZKA, Petr. *Konstrukce jednoúčelového montážního stroje pro kompletaci rozvaděče plynu v plynovém grilu*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124605>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Radek Knoflíček.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl by jsem poděkovat panu doc. Ing. Radkovi Knoflíčkovi Dr. za velice cenné rady, připomínky k mé diplomové práci. Především by jsem rád vyzdvihnul rychlost komunikace pana Knoflíčka, i při velkém množství odeslaných emailů.

Dále by jsem rád poděkoval firmě ProCad Technik, Stasto za cenné rady a spolupráci při tvorbě konstrukce stroje.

Poděkování také patří firmě VSP-Engineering s.r.o za možnost využití modelačního software PTC Creo Parametric 6.0.

Také by jsem rád poděkoval celé rodině a přítelkyni za podporu během celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana doc. Ing. Radka Knoflíčka Dr. literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.6. 2020

.....
Procházka Petr

Obsah

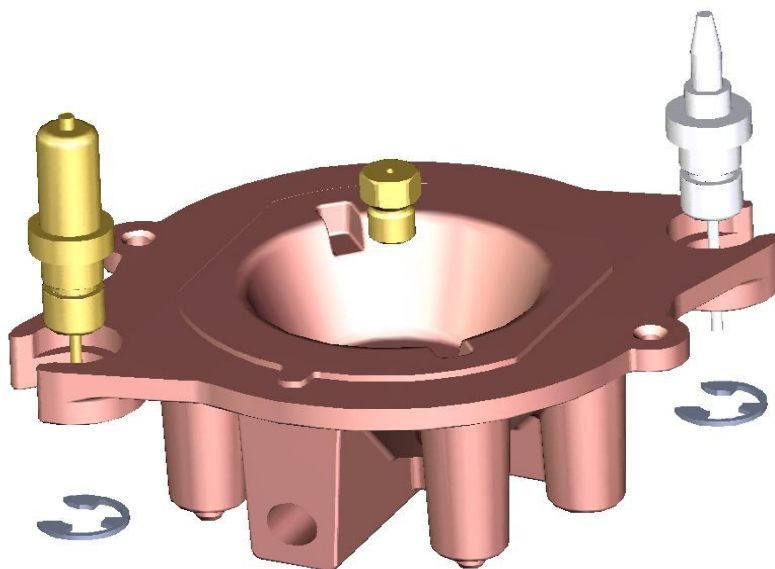
1 .Úvod.....	11
2 .Analýza současného stavu poznání v oblasti řešené problematiky.....	13
2.1 Varné grily (desky).....	13
2.2 Rozdělení varných desek.....	13
2.3 Konstrukce plynového varného grilu.....	17
3 .Rozbor montážního procesu a volba vhodného uspořádání technologií, cyklů.....	21
4 .Návrh variantního řešení konstrukce, vyhodnocení variant.....	23
4.1 Montážní postup č.1.....	23
4.2 Montážní postup č.2.....	25
4.3 Vyhodnocení variant montážních postupů.....	28
4.3.1 Ganttovy diagramy montážních postupů.....	28
4.3.2 Váhová multikriteriální analýza.....	33
5 .Konstrukce jednoúčelového stroje v 3D modelu vybrané varianty.....	35
5.1 VD1 Zásobník hliníkových těl hořáků.....	35
5.2 VD2 Zásobník pojistek proti úniku plynu.....	50
5.3 VD1, VD4, VD7, VD8 Otočný stůl 4-polohový.....	54
5.4 VD3, VD6 Vibrační zásobník pojistného kroužku.....	62
5.5 VD4 Manipulátor (robot) pro založení pojistek proti úniku plynu.....	65
5.6 VD5 Zásobník zapalovacích elektrod.....	79
5.7 VD7 Manipulátor (robot) pro založení zapalovacích elektrod.....	86
5.8 VD8 Manipulátor pro založení hořáků.....	90
5.9 VD9 Manipulátor (robot) pro založení plechové nerezové desky.....	99
5.10 VD10 Šroubovák pro přišroubování desky k hořákům.....	104
5.11 VD11 Vibrační zásobníky a podavače trysek hořáků.....	111
5.12 VD12 Manipulátor pro zašroubování trysek hořáků.....	114
5.13 Výstupní OK pásový dopravník.....	119
5.14 Celková konstrukce montážní linky.....	120
6 .Potřebné konstrukční výpočty.....	123
6.1 Výpočet kuličkového šroubu VD1.....	123
6.2 Výpočet momentu setrvačnosti 4-polohového otočného stolu.....	123
6.3 Výpočet momentu setrvačnosti 2-polohového otočného stolu.....	124
7 .Vytvoření výkresové dokumentace u zvolených dílů, sestava, komentář k výkresové dokumentaci.....	126
7.1 Výkresy pneumatických schémat.....	126
7.2 Výkresová dokumentace zvolených dílů a sestav.....	127
8 .Analýza rizik stroje, zabezpečení bezpečného chodu stroje.....	128
8.1 Analýza rizik stroje.....	128
8.1.1 Identifikace relativního nebezpečí.....	128
8.1.2 Analýza významných nebezpečí.....	130
8.1.3 Přehled závažných identifikovaných nebezpečí.....	132
8.1.4 Formuláře odhadu a snížení rizik.....	133
8.2 Zabezpečení bezpečného chodu stroje.....	137
9 .Kalkulace návratnosti investice.....	145
9.1 Kalkulace ceny stroje.....	145

9.2	Výpočet taktu, kapacitních požadavků stroje.....	149
9.3	Výpočet návratnosti investice.....	149
10	Závěr a kritické vyhodnocení dosažených výsledků, doporučení pro praxi.....	152
10.1	Závěr.....	152
10.2	Kritické vyhodnocení dosažených výsledků.....	153
10.3	Doporučení pro praxi.....	153
11	Seznam použitých zdrojů.....	154
12	Seznam obrázků, tabulek a vzorců.....	158
12.1	Seznam obrázků.....	158
12.2	Seznam tabulek.....	162
12.3	Seznam vzorců.....	162
13	Seznam příloh.....	163

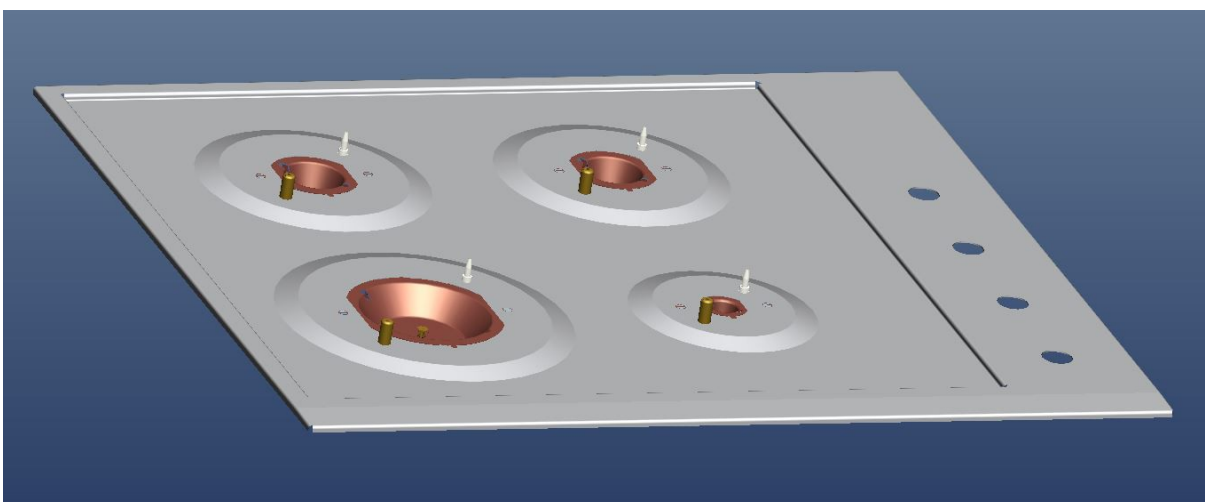
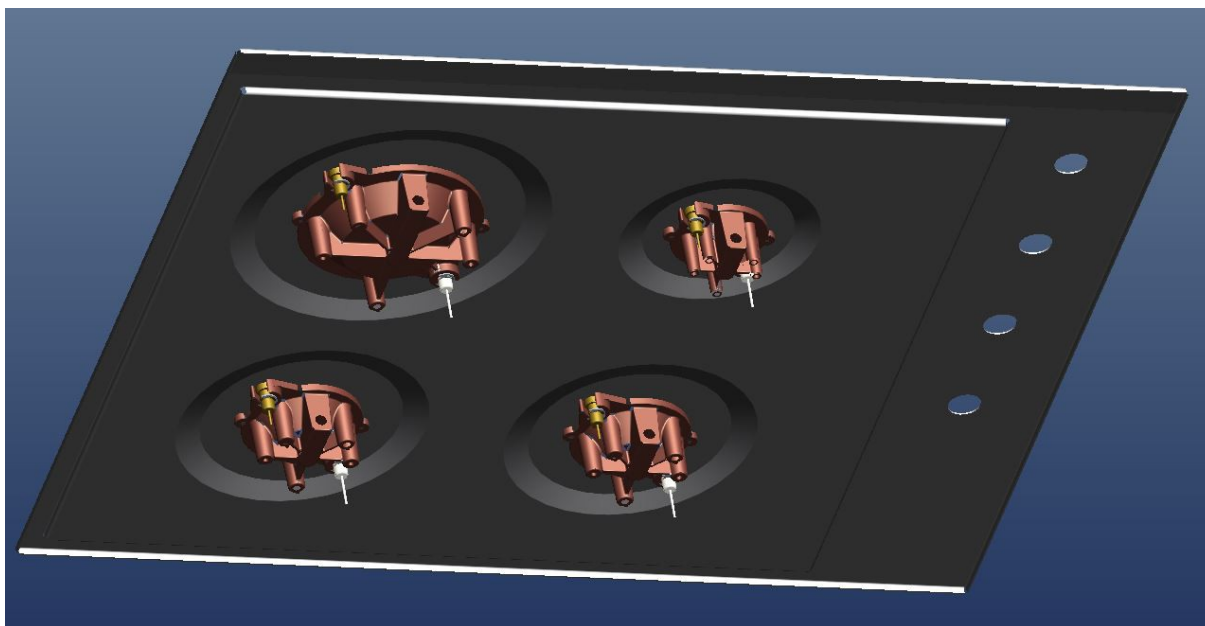
1. Úvod

Plynové varné grily (desky) jsou nedílnou součástí většiny domácností a restauračních zařízení. Po těchto výrobcích je velká poptávka a mnoho z dodavatelů se předhání v konkurenčním boji. Každý výrobce se snaží zlepšovat design, funkčnost, spolehlivost a současně snižovat cenu (náklady na výrobu). S tím je také spojeno zlepšení efektivity výroby. Jednou z možností je automatizování výrobních procesů. Poptávka po automatizovaných montážních i výrobních linkách roste ruku v ruce s rozvojem technologií. Touto problematikou se zabývá i tato práce.

Cílem je navrhnout a sestavit montážní proces části plynového varného grilu. Podle daného procesu bude také tvořena konstrukce jednoúčelového montážního stroje. Plynový varný gril se sestává z horní desky a čtyř hořáků. Na horní desku se montuje jeden malý hořák, dva střední hořáky a jeden velký hořák. Každý hořák je sestaven z těla hořáku, plynové trysky, zapalovací elektrody, bezpečnostní pojistky.



Obr.1) Sestava středního hořáku



Obr.2) Sestava horní části plynového varného grilu (pohled ze spodní strany)

Obr.3) Sestava horní části plynového varného grilu (pohled z horní strany)

Při manipulacích s dílem horní části grilu je nutné dávat pozor na poškození dílů. Jedná se o designovou součást. Horní deska je z nerezového plechu, který je lesklý a nesmí na něm zůstat žádné otisky ani škrábance. Pozor je také nutné dávat na poškození konektoru a kabelu, který vede ze zapalovacích elektrod a bezpečnostních čidel.

2. Analýza současného stavu poznání v oblasti řešené problematiky

2.1 Varné grily (desky)

Varné grily jsou nedílnou součástí každé domácnosti. Principem varného grilu je přeměna chemické, či elektrické energie na teplo. To slouží k přípravě nejrůznějších pokrmů. Bývají často integrovány do varné trouby. Tomuto celku varného grilu a trouby se říká „sporák“. Samostatné varné ploše s menším počtem hořáků se říká „vařič“.

Historicky nahradily sporáky kamna. Ty nejčastěji fungovaly na principu přímého hoření dřeva. To však nebylo tak efektivní, bezpečné a pohodlné oproti dnešním sporákům. Po spálení dřeva navíc zůstával popel, který dělal nepořádek v kuchyni. Moderní sporáky fungují na principu přeměny elektrické energie a zemního plynu na teplo. Varná plocha obsahuje na horní ploše vždy plynové hořáky, nebo elektrické plotny určené pro vaření.

2.2 Rozdělení varných desek

Litinový varný gril – Spadá pod kategorii elektrických varných grilů. Gril bývá často z nerezů, ovšem varné plotýnky bývají z litiny. Nejčastěji mají mechanické ovládací přepínače. Patří mezi nejlevnější varné grily. Litinová plotýnka drží velmi dlouho teplotu i po vypnutí varného grilu. Jedná se také většinou o robustní konstrukci. Litinové varné grily se v dnešní době moc nepoužívají, je to především kvůli tomu, že mají velkou spotřebu elektrické energie. Velkou nevýhodou je špatná regulace teploty. Z dlouhodobého hlediska trpí na korozi. [1]

Výhody:

Velmi nízká pořizovací cena.

Kvůli robustní konstrukci dobrá odolnost.

Nevýhody:

Velká spotřeba energie.

Špatná regulace teploty.

Pomalé rozehřívání a chládnutí plotýnek.



Obr.4) Vestavný litinový varný gril

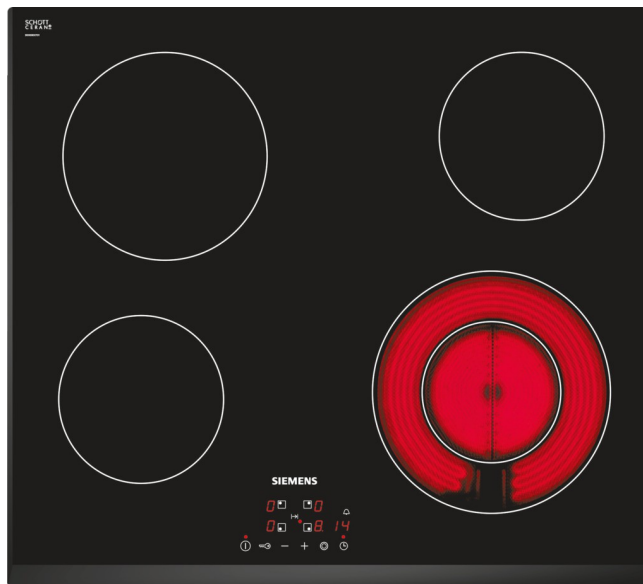
Sklokeramický varný gril – Tyto varné grily se vyznačují úsporností a praktičností. Teplo proudí vždy do dna hrnce a neuniká do stran. Varné desky grilu jsou velmi rychle rozežřáté. Rozežřátí poznáme podle rozžhavené spirály pod sklokeramickým povrchem. Tento povrch také velmi rychle chladne, díky čemuž nedochází v takovém množství k úrazu popálením. Sklokeramický povrch je velmi hladký, takže je velmi snadné z něj umýt nečistoty. Moderní desky mívají dotykové ovládání. [1]

Výhody:

Nízká spotřeba energie.
Rychlý ohřev i chládnutí.
Inteligentní ovládání, často s časovačem.
Snadný úklid grilu.
Moderní design.

Nevýhody:

Vyšší pořizovací cena.
Sklokeramika není tak odolná.
Většinou delší doba vaření.



Obr.5) Vestavný Sklokeramický varný gril [2]

Indukční varný gril – Jedná se o nejmodernější způsob vaření. Indukční varné grily jsou nejbezpečnějším způsobem vaření. Princip indukce funguje jen se speciálními hrnci, které mají feromagnetické dno. Teplo vzniká elektromagnetickou indukcí po kontaktu dna hrnce a plotýnky. Vzhledem k tomu, že je ohřívána pouze plocha, na níže je umístěn hrnec, je tento varný gril velmi úsporný a efektivní. Po odejmutí hrnce dojde k samovolnému vypnutí indukce. Indukční varný gril je mírně hlučný, kvůli větráku pro odvod tepla pod deskou grilu. V některých případech začne vibrovat i hrnec, umístěný na desce. V novějších varných grilech jsou také duální zóny (rozdělené plotny). Mývají také dotykové ovládání s inteligentními funkcemi. [1]

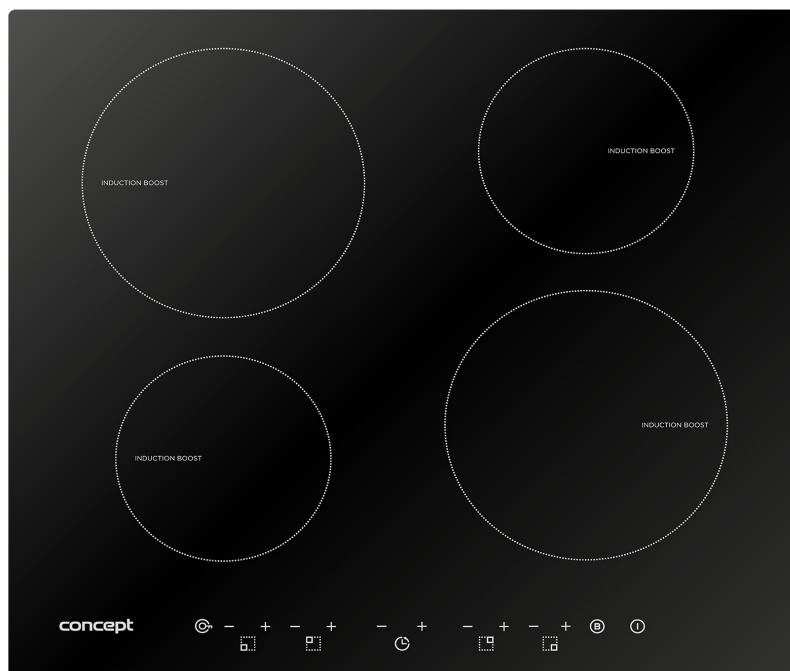
Výhody:

Velmi velká úspora energie.
Velká bezpečnost.
Velmi rychlé vaření.

Rychlý ohřev i chládnutí.
Moderní design.
Dotykové inteligentní ovládání, často s časovačem.

Nevýhody:

Velká pořizovací cena.
Vyšší hlučnost.
Nutnost nádobí vhodného pro indukci.



Obr.6) Vestavný indukční varný gril [3]

Plynový varný gril – Jedná se o nejpoužívanější metodu varných grilů. Velkou výhodou těchto grilů je snadná a rychlá regulace teploty. U plynových varných grilů je také zaručen okamžitý ohřev a nulové ztráty po vypnutí přívodu plynu. Oheň se zapaluje pomocí elektrické zapalovací elektrody. Plynový varný gril se připojuje na centrální přívod plynu, který je potřeba mít zavedený v domě. Alternativou přívodu plynu je také láhev s propan-butanem. Kvůli zapalovací elektrodě je potřeba gril připojit také do elektrické sítě domu. Plynové varné grily mají pro zvýšenou bezpečnost tepelnou pojistku, která kontroluje teplotu hořáku. Tato pojistka zastavuje přívod plynu při poklesu teploty. [1]

Výhody:

Nízká pořizovací cena.
U novějších je vyšší bezpečnost.
Snadná regulace teploty.
Rychlé rozezhřání.

Nevýhody:

Nutnost připojení plynu.
Špatný úklid plochy okolo hořáků.



Obr.7) Vestavný plynový varná gril [4]

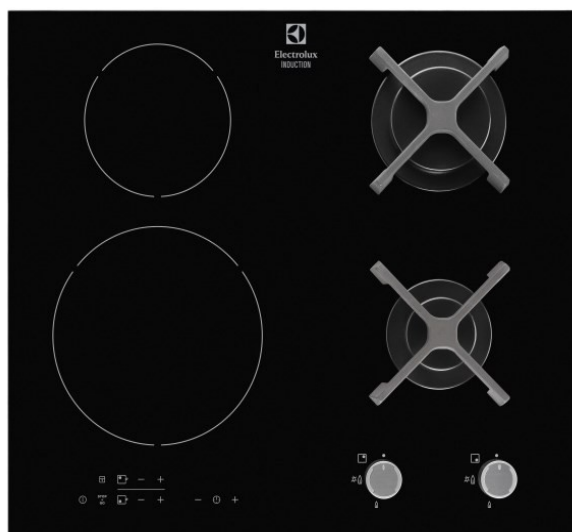
Kombinované varné grily – Tyto varné grily kombinují více fyzikálních principů ohřevu. Nejčastější kombinací je spojení výhod elektřiny a plynu. Častá kombinace je také sklokeramický a indukční gril, nebo také kombinace litinových a plynových plotýnek. [1]

Výhody:

Výhoda kombinace typů ohřevu.

Nevýhody:

Velká pořizovací cena.



Obr.8) Vestavný kombinovaný (indukční, plynová) varný gril [5]

2.3 Konstrukce plynového varného grilu

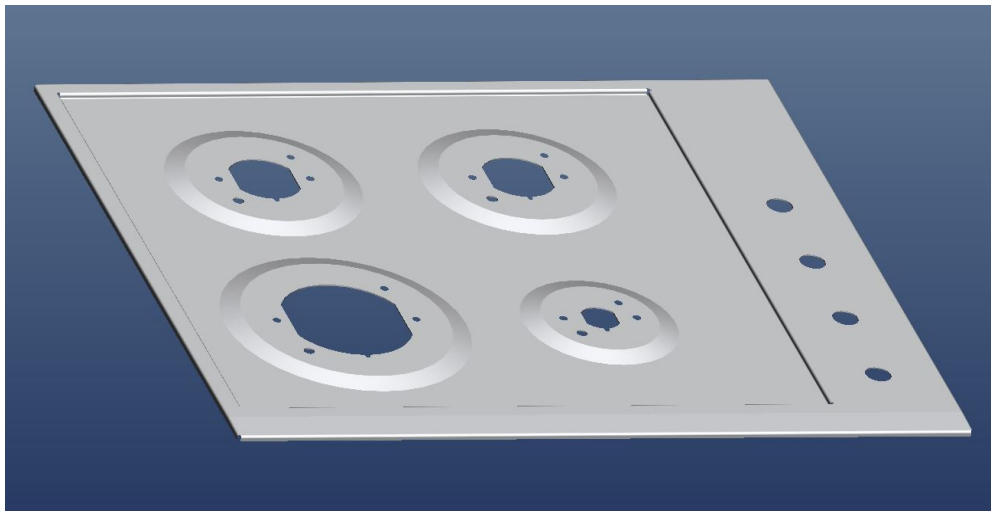
Plynový varný gril se skládá z horní a spodní části. Spodní plech slouží ke zpevnění a zakrytí funkčních částí. V horní části jsou přišroubovány hořáky, ze kterých vedou elektrické přípojky a plynová přípojka. Elektrická zařízení v horní části desky obsahují konektory, které se zasouvají do řídicího slučovače. Plynové přípojky jsou vedeny do rozdělovacího ventilu. Tento ventil je řízený slučovačem. Z plynového varného grilu vede vždy jen jedna plynová přípojka, která se připojuje do centrálního rozvodu plynu v domě.

Tato diplomová práce se týká výhradně montáže **horní části varného grilu**.

Horní část plynového varného grilu

Horní část plynového varného grilu se skládá z těchto komponent:

- **1x Horní nerezová deska** – Plechový výlisek, který je hlavní částí sestavy. Na tuto desku se šroubují jednotlivé hořáky. Jedná se o designový prvek, který je po montáži varného grilu viditelný. Nesmí na něm být žádné škrábance, ani otisky. Plech je z nerezového materiálu o tloušťce 1 mm. Hmotnost výlisku je 2,22 kg.

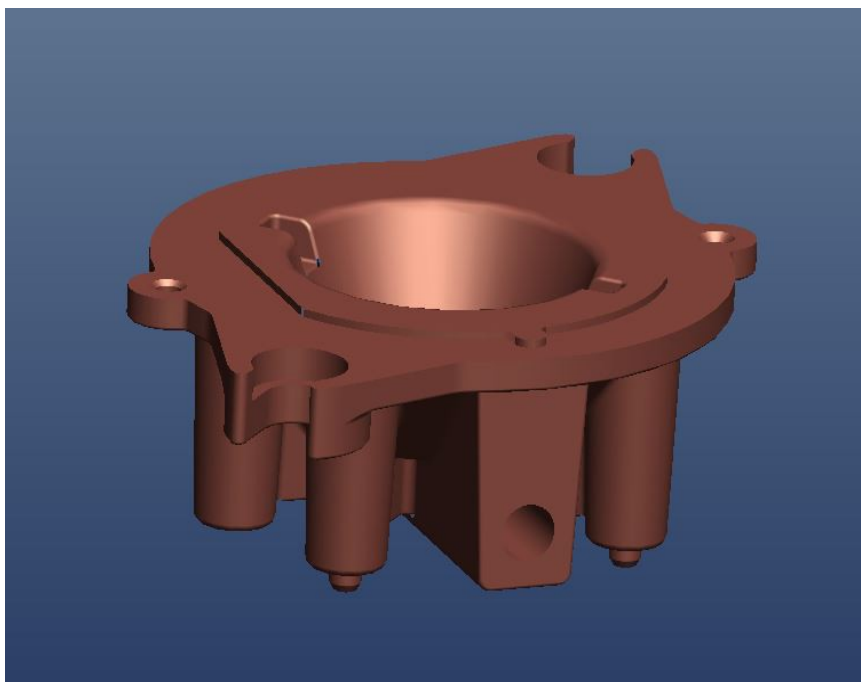


Obr.9) Horní nerezová deska

- **8x Šroub s kuželovou hlavou M3x6 (vnitřní imbus)**
- **1x malý, 2x střední, 1x velký hořák** – Jednotlivé hořáky se šroubují k desce dvěma šrouby. Slouží ke správnému rozptýlení plynu. Každá varná deska má různé velikosti hořáků.

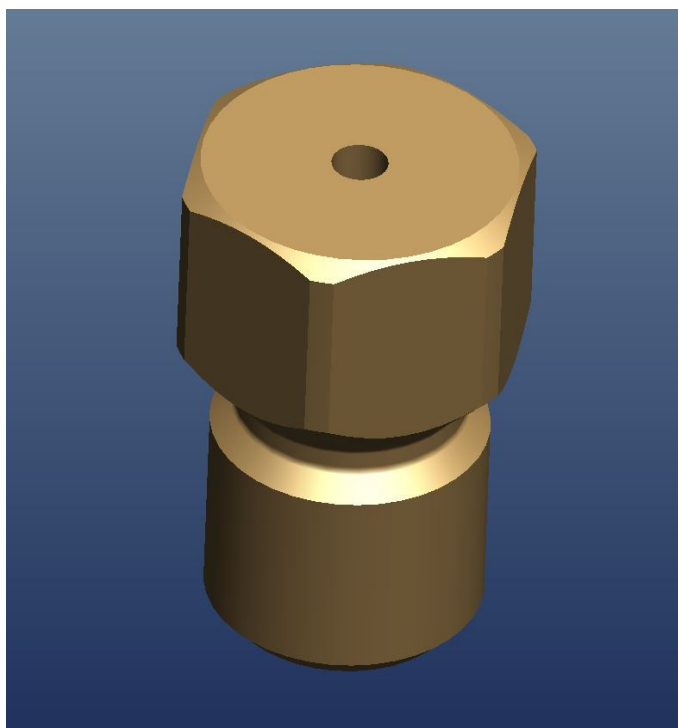
Každý plynový hořák obsahuje:

- Tělo hořáku – jedná se o hliníkový odlitek. Tento odlitek je velice členitý a má hrubý povrch. Jediné opracované plochy jsou ty, které se dotýkají horní nerezové desky. Tělo má také čepy a tvarové osazení, které slouží ke správnému zapozicování na desce. Tvary se lehce liší podle velikosti hořáku. V těle hořáku jsou také dvě závitové díry. Jedna z nich je M6 a slouží pro našroubování trysky a druhá je G1/8 pro našroubování hadice s přívodem plynu.



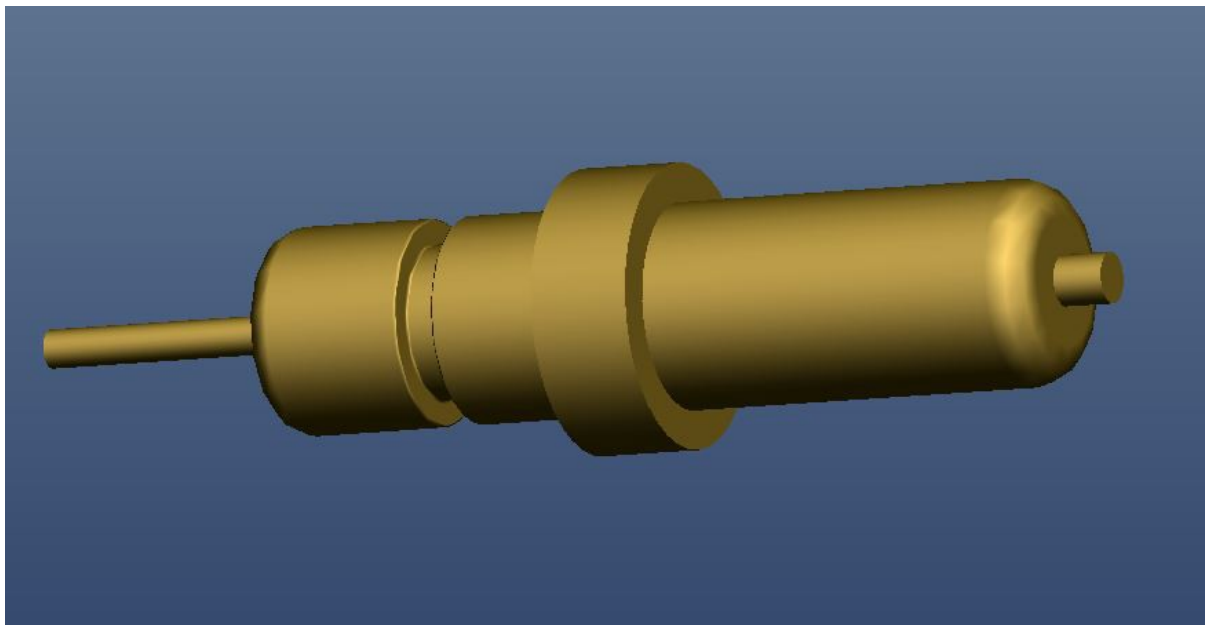
Obr.10) Hliníkové tělo hořáku (střední velikost)

- Tryska – slouží pro dávkování správného množství plynu do hořáku. Průměr jejího dávkovacího otvoru je různý podle velikosti hořáku. Materiál trysek je mosaz. Trysky mají vnější závit M6 a šroubují se za vnější šestihran, který je na klíč 7 mm.



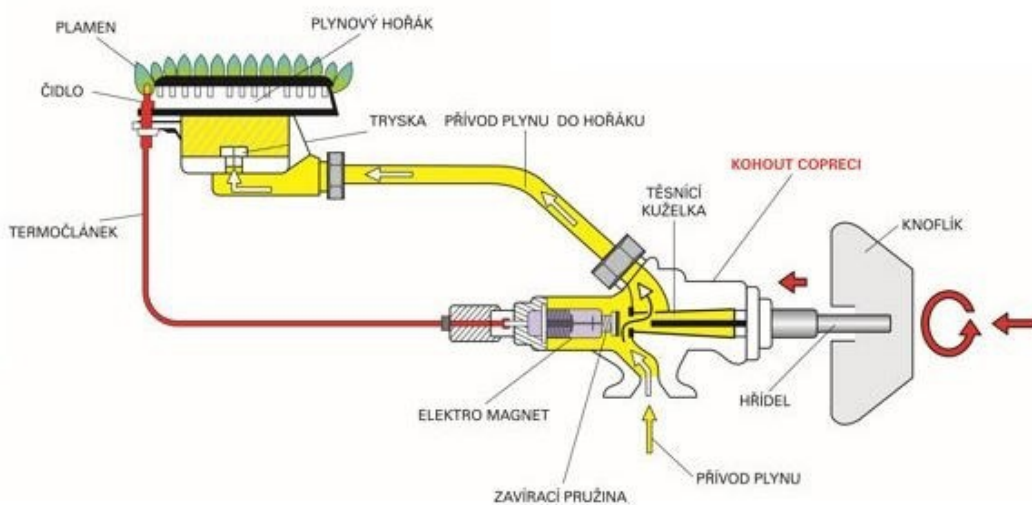
Obr.11) Mosazná tryška hořáku

- Zapalovací elektroda – tato elektroda je napájena elektrickým proudem. Slouží k zapalování plynu. Po spuštění plynu zažehne plamen jiskrou. Princip zažehnutí je piezoelektrický. Elektrický proud je do elektrody veden přes drát, čnící ze spodní strany elektrody.

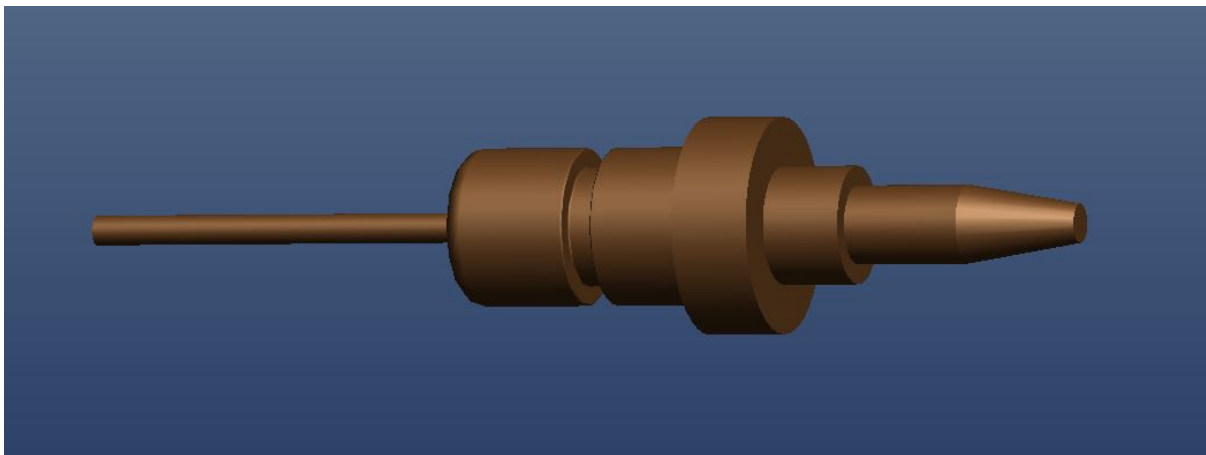


Obr.12) Zapalovací elektroda

- Bezpečnostní pojistka – slouží k zabezpečení proti úniku plynu z hořáku. Pojistka funguje tak, že při spuštění plynu musí dojít k zažehnutí hořáku, jinak pojistka ucpe přívod plynu do hořáku.



Obr.13) Funkce pojistky proti úniku plynu [6]

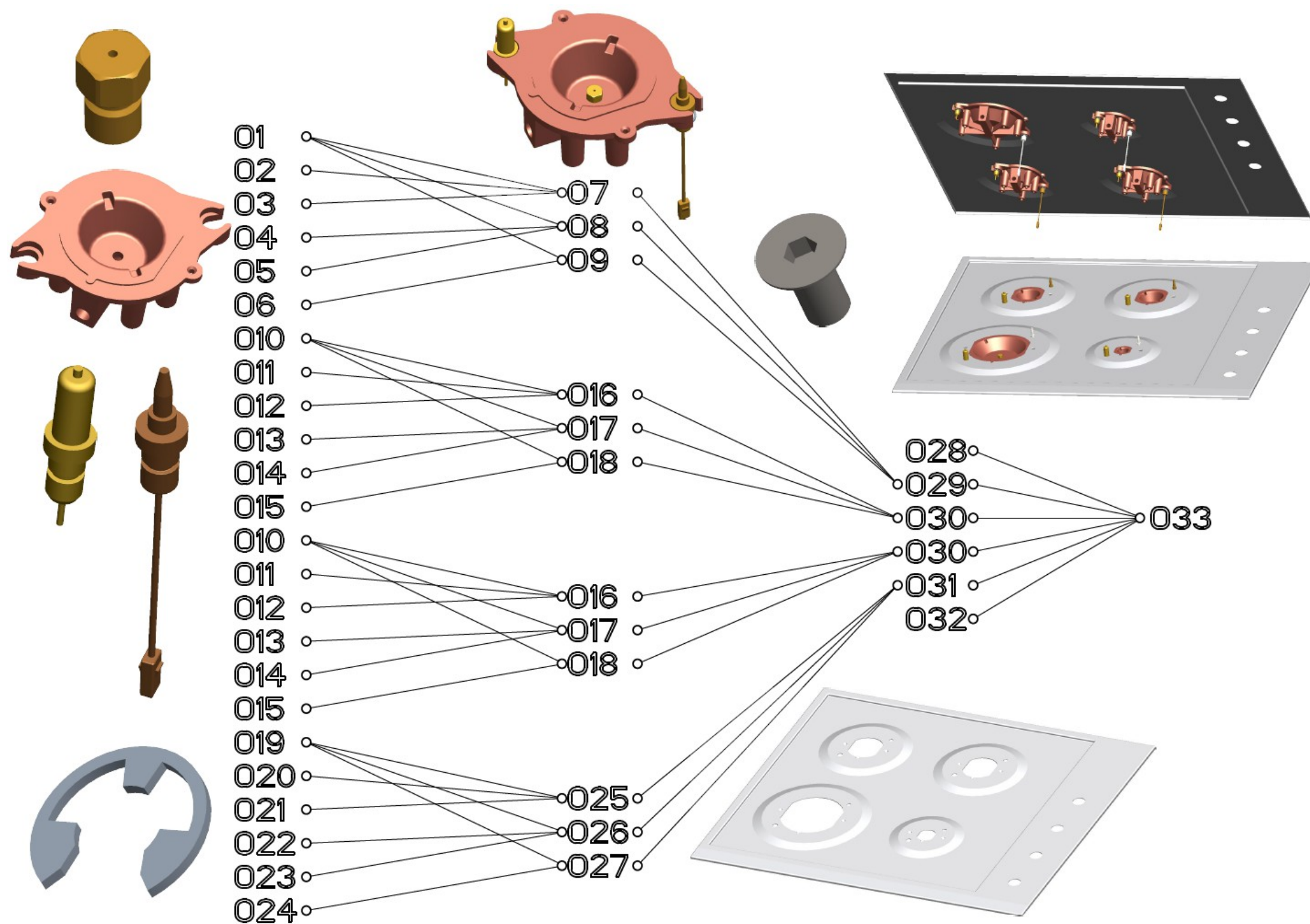


Obr.14) Pojistka proti úniku plynu

- Zajišťovací kroužek – jedná se o pojistný kroužek pro aretaci zapalovací elektrody a bezpečnostní pojistky v těle hořáku. Norma ČSN 02 2929 pro průměr 6 mm.

3. Rozbor montážního procesu a volba vhodného uspořádání technologií, cyklů

Montáž jednotlivých sestav má daný postup. Ten vychází z konstrukčního řešení dané části varného grilu. Postup montáže je zaznamenán v diagramu operací. Některé operace je možné sloučit.



Obr.15) Diagram operací potřebných pro montáž sestavy horní části plynového varného grilu

Operace pro montáž podsestavy malého hořáku:

- O1 – Založení těla hořáku (malý hořák)
- O2 – Založení pojistky proti úniku plynu
- O3 – Založení pojistného kroužku
- O4 – Založení zapalovací elektrody
- O5 – Založení pojistného kroužku
- O6 – Založení trysky (malý hořák)
- O7 – Montáž pojistky proti úniku plynu, pojistného kroužku na malý hořák
- O8 – Montáž zapalovací elektrody, pojistného kroužku na malý hořák
- O9 – Montáž trysky na malý hořák

Operace pro montáž podsestavy středního hořáku:

- O10 – Založení těla hořáku (střední hořák)
- O11 – Založení pojistky proti úniku plynu
- O12 – Založení pojistného kroužku
- O13 – Založení zapalovací elektrody
- O14 – Založení pojistného kroužku
- O15 – Založení trysky (střední hořák)
- O16 – Montáž pojistky proti úniku plynu, pojistného kroužku na střední hořák
- O17 – Montáž zapalovací elektrody, pojistného kroužku na střední hořák
- O18 – Montáž trysky na střední hořák

Operace pro montáž podsestavy velkého hořáku:

- O19 – Založení těla hořáku (velký hořák)
- O20 – Založení pojistky proti úniku plynu
- O21 – Založení pojistného kroužku
- O22 – Založení zapalovací elektrody
- O23 – Založení pojistného kroužku
- O24 – Založení trysky (velký hořák)
- O25 – Montáž pojistky proti úniku plynu, pojistného kroužku na velký hořák
- O26 – Montáž zapalovací elektrody, pojistného kroužku na velký hořák
- O27 – Montáž trysky na velký hořák

Operace pro montáž sestavy celého varného grilu:

- O28 – Zásobování šroubů k přišroubování hořáků
- O29 – Založení podsestavy malého hořáku
- O30 – Založení podsestavy středního hořáku (2x)
- O31 – Založení podsestavy velkého hořáku
- O32 – Založení nerezové desky na hořáky
- O33 – Finální montáž hořáků k desce**

4 . Návrh variantního řešení konstrukce, vyhodnocení variant

Finální sestavy lze dosáhnout vícero montážními postupy. Operace lze sloučit do výrobních dávek. Podle výrobních dávek můžeme určit jednotlivé montážní stanice, montážní podskupiny stroje.

4.1 Montážní postup č.1

Jednotlivé výrobní dávky:

1x Výrobní dávku 1 (VD1) tvoří: O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8, O9

2x Výrobní dávku 2 (VD2) tvoří: O10, O11, O12, O13, O14, O15, O16, O17, O18

1x Výrobní dávku 3 (VD3) tvoří: O19, O20, O21, O22, O23, O24, O25, O26, O27

1x Výrobní dávku 4 (VD4) tvoří: O28, O29, O30, O31, O32, O33

Stanice 1 (VD1): Stanice sestavuje malý hořák.

- Obsluha založí do lůžka tělo hořáku, zapalovací elektrodu a pojistku proti úniku plynu.
- Lůžko s komponenty se zasune do stroje.
- Chapač odebere pojistku z lůžka a přesune ji do těla hořáku.
- Chapač odebere zapalovací elektrodu z lůžka a přesune ji do těla hořáku.
- Po založení obou dílů zásobník dopraví do zakládací pozice dva pojistné kroužky. Tyto kroužky se následně nasadí na pojistku i zapalovací elektrodu. Tím se oba díly zajistí proti spadnutí z těla hořáku.
- Poté dopraví vibrační zásobník trysku malého hořáku do odebírací pozice. Chapač uchopí a zašroubuje trysku do těla hořáku.

Stanice 2 (VD2): Stanice sestavuje střední hořák.

- Stanice má stejný postup montáže jako Stanice 1. Rozdíl je ve tvaru těla hořáku a v průměru otvoru v trysce.
- Stanice 2 musí být v automatické lince dvakrát, kvůli tomu, že VD2 je v procesu montáže dvakrát.

Stanice 3 (VD3): Stanice sestavuje velký hořák.

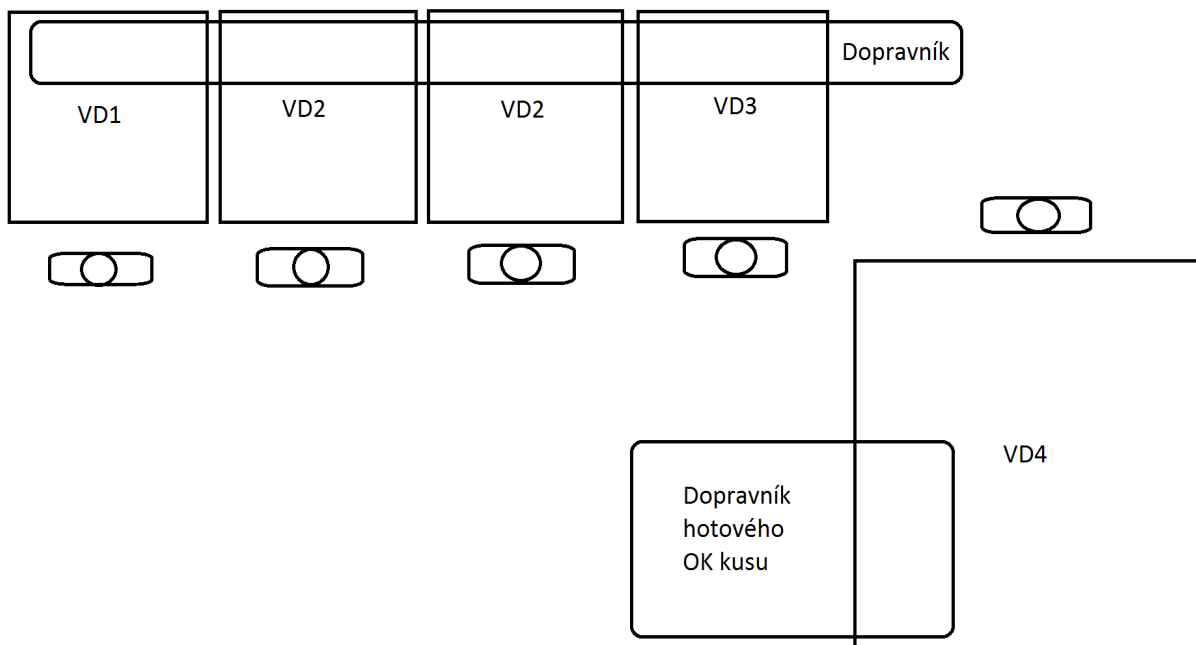
- Jedná se o stejný montážní postup jako je u Stanice 1. Rozdíl je opět ve tvaru těla hořáku a průměru otvoru trysky.

Stanice 4 (VD4): Ve stanici se montují hořáky k plechové desce.

- Manipulátory přesunou podsestavy 1x malého hořáku, 2x středního hořáku, 1x velkého hořáku do lůžka pro založení nerezové desky.
- Manipulátor uchopí nerezovou desku a nasune ji na podsestavy hořáků.
- Ze zásobníku se dopraví do šroubováků šrouby pro přišroubování hořáků.
- Šroubováky přišroubovávají hořáky k nerezové desce.
- Sestava horní varné desky je sestavena a je možné ji přesunout na OK dopravník.

Montážní postup je rozdělen do čtyř výrobních dávek. Kvůli tomu, že jsou v produktu dvě sestavy středního hořáku měla by být VD2 v montážní lince dvakrát. Jedná se o modulární rozdělení. Každá stanice (výrobní dávka) by mohla být samostatně stojící stanice. Tím pádem by u každé stanice musel být operátor, který by stroj obsluhoval. Tento montážní postup tedy zahrnuje pět montážních stanic a pět operátorů. Jednou z výhod by byla modularita výrobních stanic. Výrobní postup by umožňoval integraci jiného typu produktu. Dále by bylo možné umísťovat jednotlivé stanice tam, kde by bylo v hale zrovna místo. K přepravě podsestav hořáků do montážní stanice VD4 by museli operátoři používat manipulátory pro přesun dílů. Tento montážní postup vyžaduje větší množství lidské pracovní síly a tím pádem i chybovosti. Během přepravy může dojít k poškození jednotlivých dílů, ať už zapalovací elektrody, tak pojistky proti úniku plynu. Také by vlivem výpadku zásobování nebo založení dílu jedním operátorem, mohlo dojít ke zpoždění taktu montáže celé sestavy. Poloautomatické montážní stanice jsou však často využívány proto, aby se naplnily stavy výrobních závodů. Počáteční investice těchto stanic bývá zpravidla nižší, avšak investice se vrací pomaleji než u stanic plně automatických. To způsobuje častější poruchovost, výpadky zakládání obsluhou, neočekávané úrazy a onemocnění operátora.

Postup je znázorněn níže na obrázku layout. Po zhotovení jednotlivých podsestav hořáku přesune manipulátor podsestavu na dopravníkový pás. Pás by byl společný pro VD1, VD2 (2x), VD3. Operátor VD4 odebere jednotlivé podsestavy hořáků a založí je do lůžka pro kompletaci. Hotová sestava se přesune na OK dopravník, kde ji operátor přesune na další montážní postup.



Obr.16) Layout sestavení montážního postupu č.1

4.2 Montážní postup č.2

Jednotlivé výrobní dávky:

- 1x Výrobní dávku 1 (VD1) tvoří: O1, O10 (2x), O19
- 1x Výrobní dávku 2 (VD2) tvoří: O2, O11 (2x), O20
- 1x Výrobní dávku 3 (VD3) tvoří: O3, O12 (2x), O21
- 1x Výrobní dávku 4 (VD4) tvoří: O7, O16 (2x), O25
- 1x Výrobní dávku 5 (VD5) tvoří: O4, O13 (2x), O22
- 1x Výrobní dávku 6 (VD6) tvoří: O5, O14 (2x), O23
- 1x Výrobní dávku 7 (VD7) tvoří: O8, O17 (2x), O26
- 1x Výrobní dávku 8 (VD8) tvoří: O29, O30, O31
- 1x Výrobní dávku 9 (VD9) tvoří: O32
- 1x Výrobní dávku 10 (VD10) tvoří: O28, O33
- 1x Výrobní dávku 11 (VD11) tvoří: O6, O15 (2x), O24
- 1x Výrobní dávku 12 (VD12) tvoří: O9, O18 (2x), O27

Stanice 1 (VD1): Zásobník hliníkových těl hořáků.

- Obsluha naskládá do zásobníku dostatečnou zásobu hliníkových těl hořáku: 1x malé, 2x střední a 1x velké.
- Manipulátory přesunou všechna těla hořáků do lůžek na 4-polohovém otočném stole.
- Ten přesune díly do další pozice.

Stanice 2 (VD2): Zásobník pojistek proti úniku plynu.

- Obsluha naskládá do zásobníku dostatečnou zásobu pojistek proti úniku plynu.

Stanice 3 (VD3): Vibrační zásobník pojistného kroužku.

- Obsluha musí udržovat neustálou kapacitu pojistných kroužků ve vibračním zásobníku.

Stanice 4 (VD4): Manipulátor (robot) pro založení pojistek proti úniku plynu.

- Manipulátor odebere čtyři pojistky proti úniku plynu ze zásobníku a založí je na těla hořáků, které jsou v druhé pozici otočného stolu.
- Pojistky proti úniku plynu se zajistí v těle hořáku pojistnými kroužky.

Stanice 5 (VD5): Zásobník zapalovacích elektrod.

- Obsluha naskládá do zásobníku dostatečné množství zapalovacích elektrod.

Stanice 6 (VD6): Vibrační zásobník pojistného kroužku.

- Stejně jako u VD3 musí obsluha udržovat neustálou kapacitu pojistných kroužků ve vibračním zásobníku.

Stanice 7 (VD7): Manipulátor (robot) pro založení zapalovacích elektrod.

- Manipulátor odebere čtyři zapalovací elektrody ze zásobníku a založí je na těla hořáků, které jsou v třetí pozici otočného stolu.
- Zapalovací elektrody se zajistí v těle hořáku pojistnými kroužky.

Stanice 8 (VD8): Manipulátor pro založení hořáků.

- Manipulátor odebere sestavené hořáky z čtvrté pozice otočného stolu a založí je do 2-polohového otočného stolu. V této pozici je usadí tak, jak jsou rozmístěny na finální sestavě.
- Po zapolohování hořáků se 2-polohový otočný stůl otočí o 180°.

Stanice 9 (VD9): Manipulátor (robot) pro založení plechové nerezové desky.

- V této pozici manipulátor odebere plechovou nerezovou desku ze zásobníku a založí ji na sestavy hořáků v druhé pozici 2-polohového otočného stolu.

Stanice 10 (VD10): Šroubovák pro přišroubování desky k hořákům.

- Vibrační zásobník přesune šroub do šroubováku, kterým přišroubuje desku k hořákům. Obsluha musí udržovat neustálou kapacitu šroubů ve vibračním zásobníku.

Stanice 11 (VD11): Vibrační zásobníky a podavače trysek hořáků.

- Vibrační zásobníky přesunou pomocí podavačů jednotlivé trysky do odebíracích pozic.

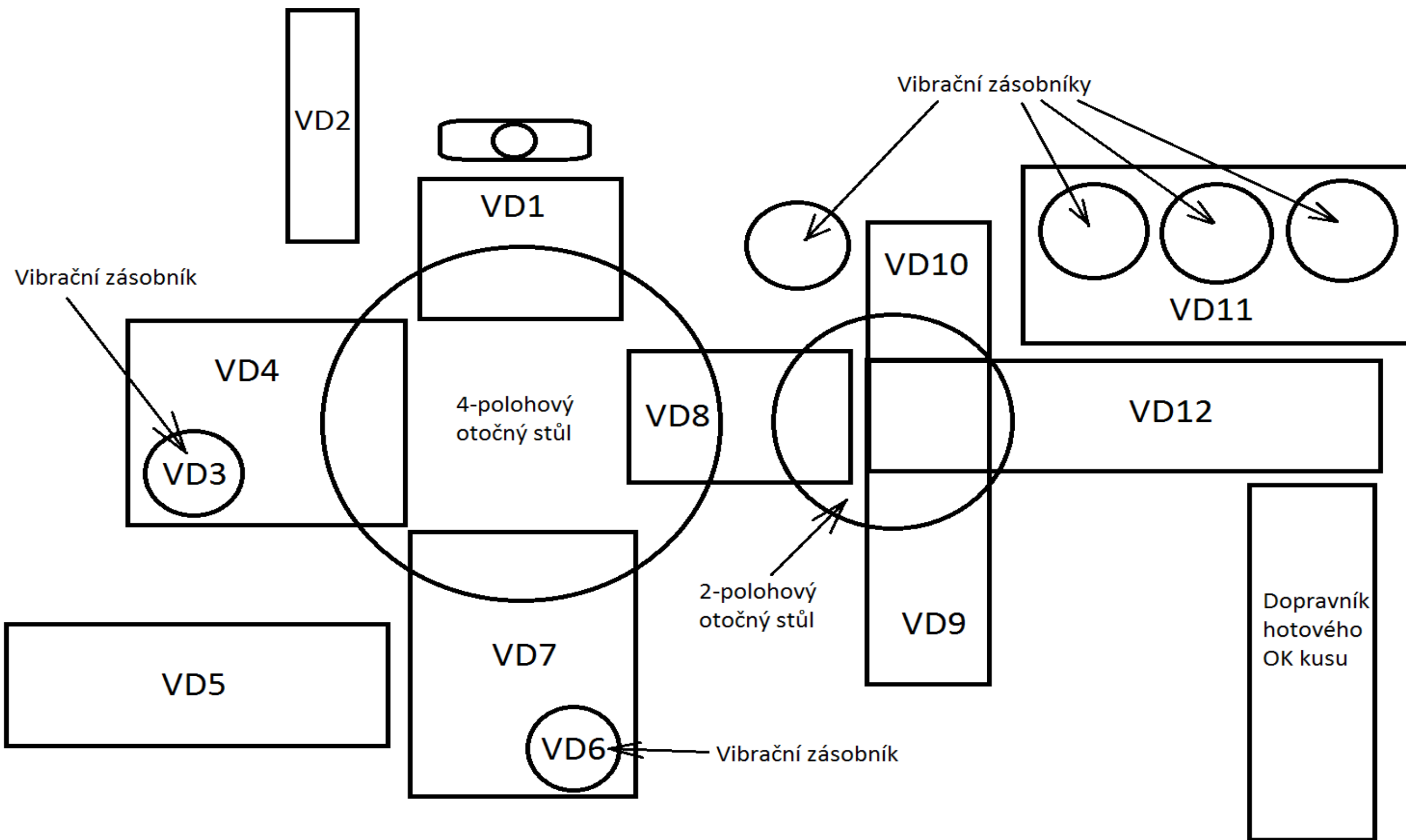
Stanice 12 (VD12): Manipulátor pro zašroubování trysek hořáků.

- Manipulátor přesune sestavu hořáků a nerezové desky do pozice šroubování trysek hořáků.
- Manipulátor odebere z podavačů trysky hořáků a zašroubuje je do těl hořáků. Střední hořák je v sestavě dvakrát, proto musí manipulátor odebrat i střední trysku dvakrát.
- Hotovou sestavu přesune manipulátor na OK dopravník.

Montážní postup je navrhnutý jako automatická montážní linka se zásobníky montovaných dílů. Obsluha má za úkol hlídat kapacitu všech zásobníků. V případě, že některá komponenta bude docházet, tak musí stroj obsluhu upozornit na doplnění. Stroj bude obsluhovat jen jeden operátor. Automatická montáž zaručuje lepší kvalitu montované sestavy. Produkt není během montáže ve styku s obsluhou. Není tedy možné, aby jej obsluha poškodila. Vzhledem k uspořádání operací je půdorysná rozloha stroje menší než při montážním postupu č.1. Montážní linka neumožňuje modularitu a není možné ji po smontování dále přesouvat. Skoro všechny rámy tohoto stroje budou napevno přikotveny k zemi.

Počáteční investice stroje bývá zpravidla vyšší, ale návratnost je kvůli malému množství operátorů rychlá. Vzhledem k tomu že celá montáž probíhá strojně, je snadné navázat na tuto automatickou linku další automatizací. Ať už kontrolní stanicí, nebo dalšími montážními postupy.

Postup a uspořádání strojů je znázorněno na layoutu:



Obr.17) Layout sestavení montážního postupu č.2

4.3 Vyhodnocení variant montážních postupů

4.3.1 Ganttovy diagramy montážních postupů

Pro určení času, který je nutný pro zhotovení jednoho kusu výrobku můžeme použít Ganttovy diagramy. Jedná se o pruhový diagram, který slouží k znázornění posloupnosti jednotlivých montážních operací, nutných k zhotovení výrobku. V případě použití dvou montážních postupů nám pomůže při rozhodování, který z montážních postupů vybrat v rámci produkce jako lepší variantu.

Ganttův diagram montážního postupu č.1

Pro sestavení diagramu je nutné nejprve vytvořit tabulku ve které budou na vertikální straně, veškeré operace potřebné k zhotovení výrobku a na horizontální straně budou časy potřebné pro zhotovení operace. Jednotlivé časy operací jsou odhadovány na základě vlastních zkušeností.

Operace	Čas																
O1	4																
O2		4															
O3			4														
O4				4													
O5					4												
O6						4											
O7							3										
O8							3										
O9							6										
O10	4																
O11		4															
O12			4														
O13				4													
O14					4												
O15						4											
O16							3										
O17							3										
O18							6										
O10	4																
O11		4															
O12			4														
O13				4													
O14					4												
O15						4											
O16							3										
O17							3										
O18							6										
O19	4																
O20		4															
O21			4														
O22				4													
O23					4												
O24						4											
O25							3										
O26							3										
O27							6										
O28								1,5									
O29									5								
O30										5							
O30											5						
O31												5					
O32													3				
O33														48			
	4	4	4	4	4	4	3	3	1,5	5	5	5	5	3	48	Čas montáže jedné sestavy	102,5

Tab.1) Časová tabulka operací montážního postupu č.1

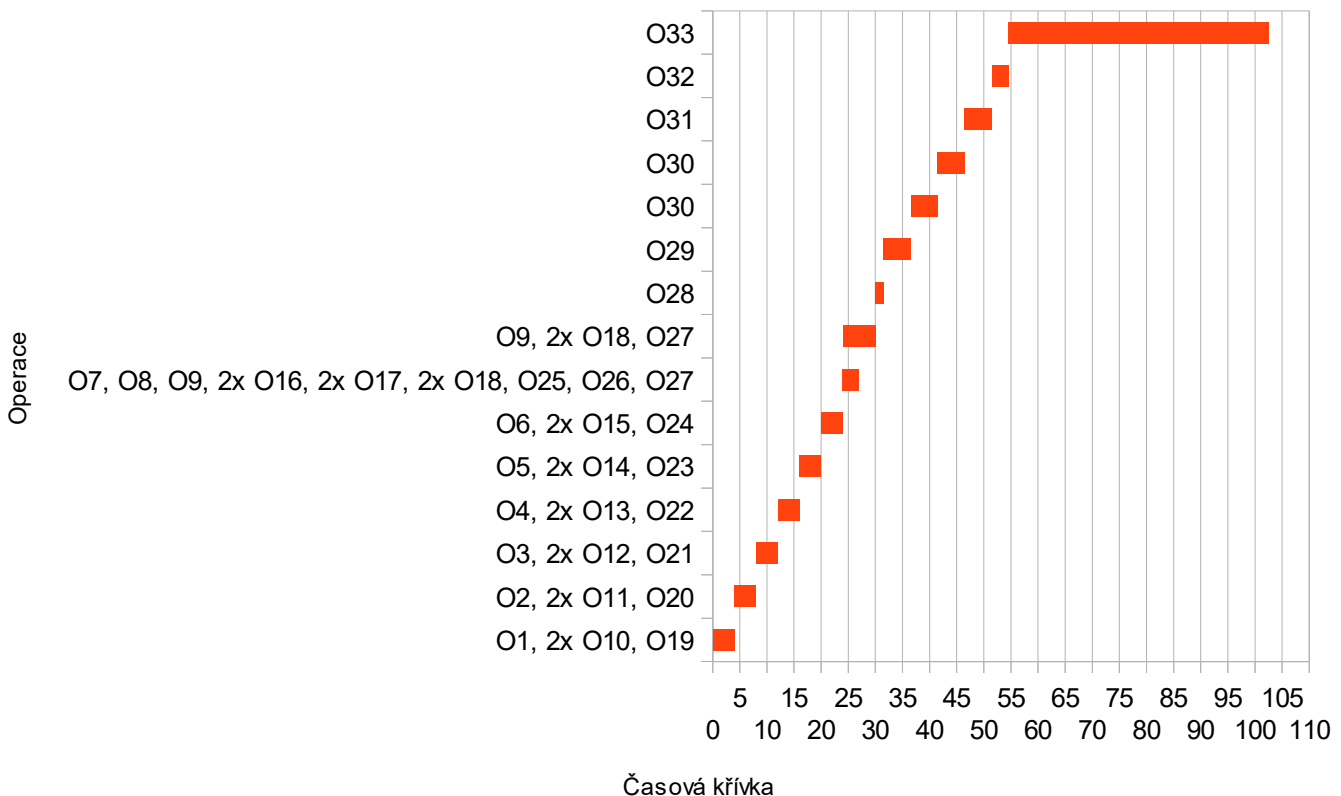
Některé operace na sobě nejsou závislé, proto probíhají O1, 2x O10, O19 a další v 4 sekundách současně. Jedná se o operace sestavování podsestav hořáků. Z tabulky vidíme, že u montážního postupu je pro sestavení jedné sestavy horní části plynového varného grilu potřeba 102,5 sekundy času. Tento čas je součet všech časů nutných pro montáž celé sestavy. Pro vytvoření Ganttova diagramu je nutné tabulku upravit. Úpravu jsem udělal tak, že jsem operace, které probíhají současně, sloučil a vytvořil kontinuální časovou linii.



Operace	Čas														
O1, 2x O10, O19	4														
O2, 2x O11, O20		8													
O3, 2x O12, O21			12												
O4, 2x O13, O22				16											
O5, 2x O14, O23					20										
O6, 2x O15, O24						24									
O7, O8, O9, 2x O16, 2x O17, 2x O18, O25, O26, O27							27								
O9, 2x O18, O27								30							
O28									31,5						
O29										36,5					
O30											41,5				
O30												46,5			
O31													51,5		
O32														54,5	
O33															102,5

Tab.2) Upravená časová tabulka operací montážního postupu č.1

Ganttův diagram Montážní postup č.1



Ganttův diagram montážního postupu č.2

Při tvorbě diagramu jsem postupoval stejným způsobem. Nejprve jsem vytvořil tabulku posloupnosti operací a času potřebného pro jejich zhotovení. Vzhledem k tomu, že montážní postup č.2 má zásobníky jednotlivých dílů, tak neuvažuji operace spojené se zásobováním komponent. Kvůli jinému uspořádání technologií užitých v montážním postupu č.1, je i jiná posloupnost operací.

Operace	Čas							
O1	6							
O2								
O3								
O4								
O5								
O6								
O7		8						
O8			8					
O9							6	
O10	6							
O11								
O12								
O13								
O14								
O15								
O16		8						
O17			8					
O18							6	
O10	6							
O11								
O12								
O13								
O14								
O15								
O16		8						
O17			8					
O18							6	
O19	6							
O20								
O21								
O22								
O23								
O24								
O25		8						
O26			8					
O27							6	
O28								
O29				4				
O30				4				
O30				4				
O31				4				
O32					3			
O33						48		
	6	8	8	4	3	48	6	Čas montáže jedné sestavy
								83

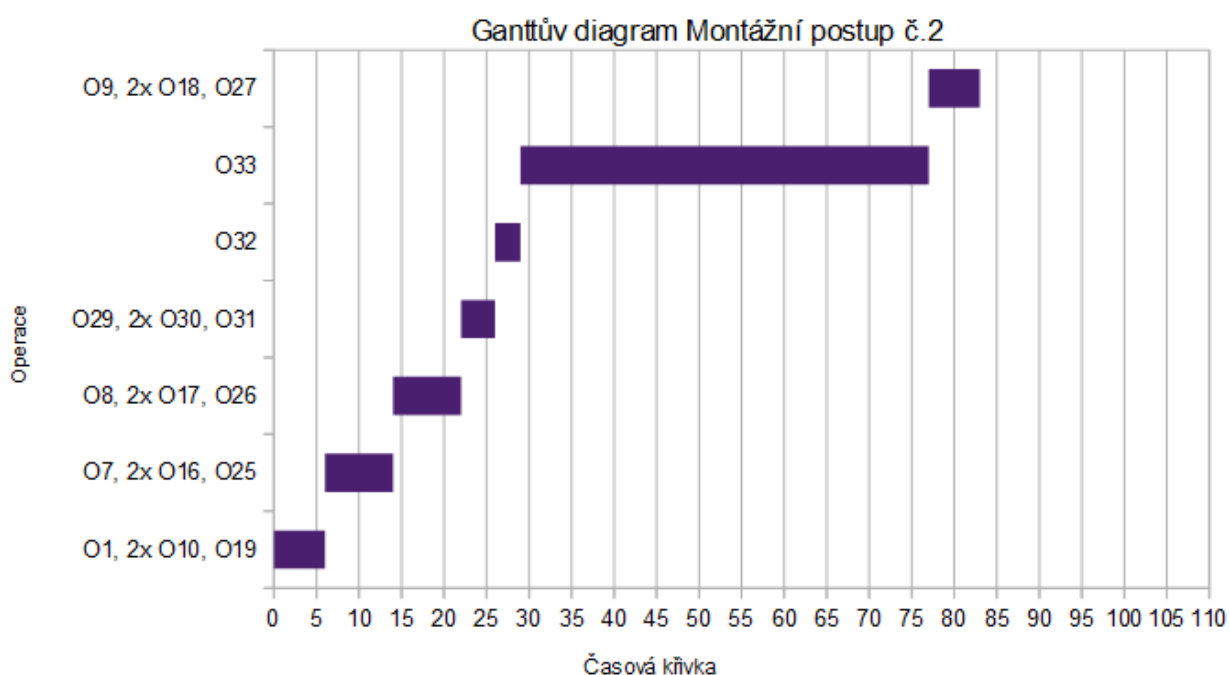
Tab.3) Časová tabulka operací montážního postupu č.2

Z tabulky vidíme, že u montážního postupu č.2 je čas potřebný pro zhotovení jedné finální sestavy horní části plynového varného grilu 83 sekund. Dále je zřejmé, že posloupnost operací je více rozházená. Nejprve tedy sloučíme operace, které mohou probíhat současně a poté je uspořádáme podle montážního postupu.

Operace	Čas						
O1, 2x O10, O19	6						
O7, 2x O16, O25		14					
O8, 2x O17, O26			22				
O29, 2x O30, O31				26			
O32					29		
O33						77	
O9, 2x O18, O27							83

Tab.4) Upravená časová tabulka operací montážního postupu č.2

Časová křivka



Z Ganttových diagramů a časových tabulek posloupností operací vidíme, že montážní postup č.2 má rychlejší produkci, než montážní postup č.1 o 19,5 sekund. To je převážně způsobeno využitím zásobníků montovaných dílů.

4.3.2 Váhová multikriteriální analýza

Pro určení vhodného montážního postupu je zvolena Multikriteriální metoda váhová. Při této metodě si stanovím hlavní faktory, které jsou pro mě u montážního stroje důležité. Jako hlavní faktory jsem zvolil spolehlivost, cena, návratnost, kvalita, rychlost produkce. Dále jsem si zvolil vedlejší faktory, které jsou opodstatněné, ale nebudu jim dávat velkou váhu. Vedlejší faktory jsou poruchovost a neočekávané vlivy. Hodnoty váhy a body jsou zvoleny z zkušeností a logickým uvažováním.

Faktory	Váha faktoru	Montážní postup č.1	Montážní postup č.2
Spolehlivost	0,2	3	4
Cena	0,2	5	2
Návratnost	0,15	2	4
Kvalita	0,2	2	5
Rychlost produkce	0,15	3	4
Poruchovost	0,05	2	2
Neočekávané vlivy	0,05	1	3
Výsledek		0,68	0,88

Tab.5) Tabulka váhové multikriteriální analýzy

V třetím a čtvrtém sloupci tabulky jsou obodované jednotlivé faktory obou montážních postupů. V druhém sloupci tabulky jsou přiřazené váhy jednotlivým faktorům. Součet všech faktorů musí vyjít 100%.

Hlavní faktory:

Spolehlivost 20%

Cena 20%

Návratnost 15%

Kvalita 20%

Rychlost produkce 15 %

Vedlejší faktory:

Poruchovost 5%

Neočekávané vlivy 5%

Princip metody:

V našem případě při výpočtu spolehlivosti u montážního postupu č.1 použiji bodové hodnocení s hodnotou 3 a dělím je nejvyšším bodovým hodnocením v řádce, tedy 4.

Výsledek poté vynásobím váhou faktoru 0,2. Výsledek pro spolehlivost u montážního postupu č1 je tedy 0,15. Tím máme spočítaný faktor spolehlivosti. Tento postup poté opakuji u všech dalších faktorů.

Pro výpočet celkového výsledku montážního postupu sečteme všechny vypočítané hodnoty.

$$Výsledek = \frac{Hodnota\ montážního\ postupu\ (daného\ faktoru)}{Nejvyšší\ hodnota\ montážního\ postupu\ (daného\ faktoru)} * Váha\ faktoru + \dots$$

Vzor. 1) Výpočet váhové multikriteriální analýzy

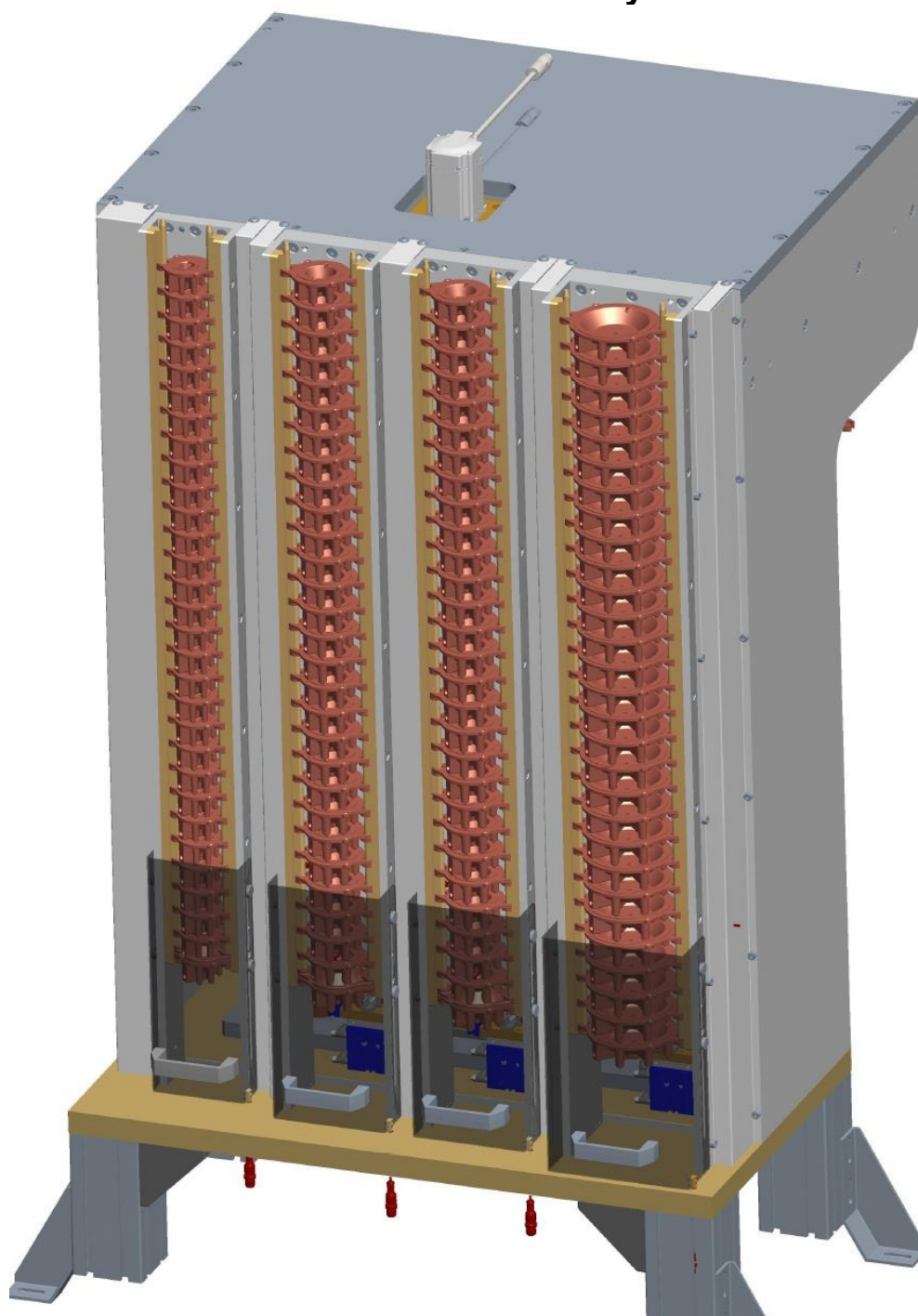
Výsledky obou montážních postupů poté porovnám a ten, který bude mít větší hodnotu je pro nás vhodnějším řešením.

Podle výsledku tabulky vidíme, že vhodnější metodou pro řešení daného problému je **Montážní postup č.2.**

5. Konstrukce jednoúčelového stroje v 3D modelu vybrané varianty

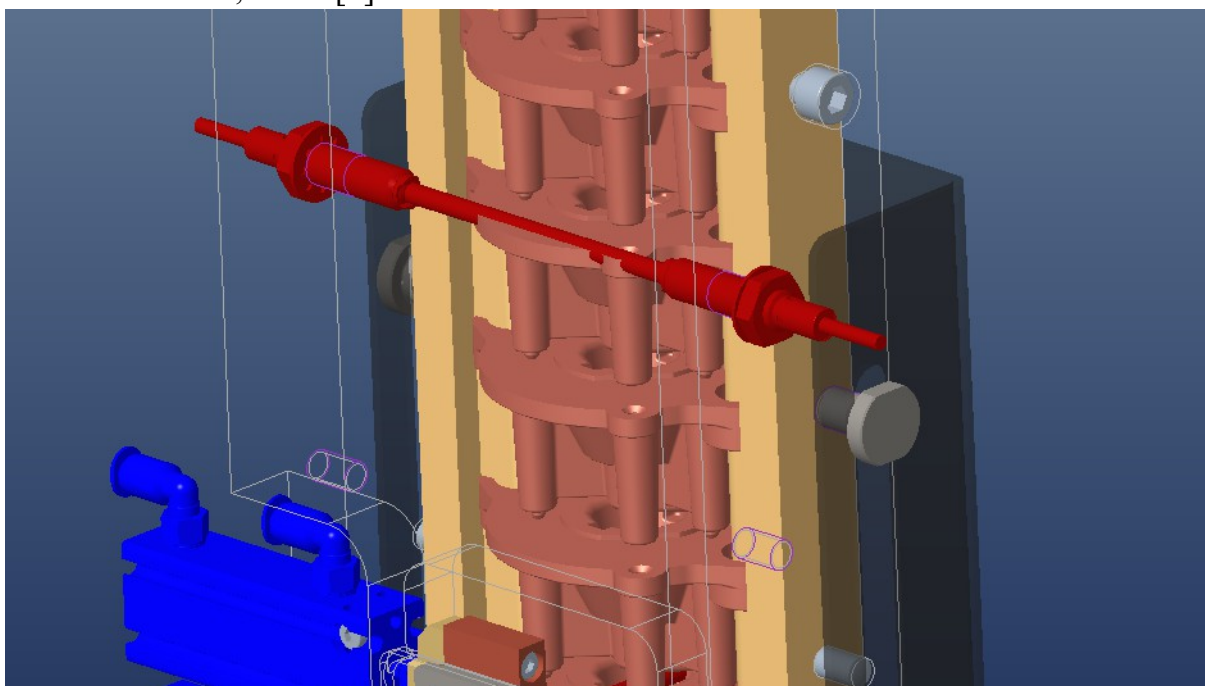
V předchozím bodě je pomocí multikriteriální analýzy zjištěno, že pro naši aplikaci je vhodnější uspořádání montážního postupu č.2. Konstrukci stroje lze rozdělit do jednotlivých podsestav podle námi zvolených výrobních dávek. V layoutu viz. Obr.17 je naznačené orientační rozložení jednotlivých výrobních dávek.

5.1 VD1 Zásobník hliníkových těl hořáků

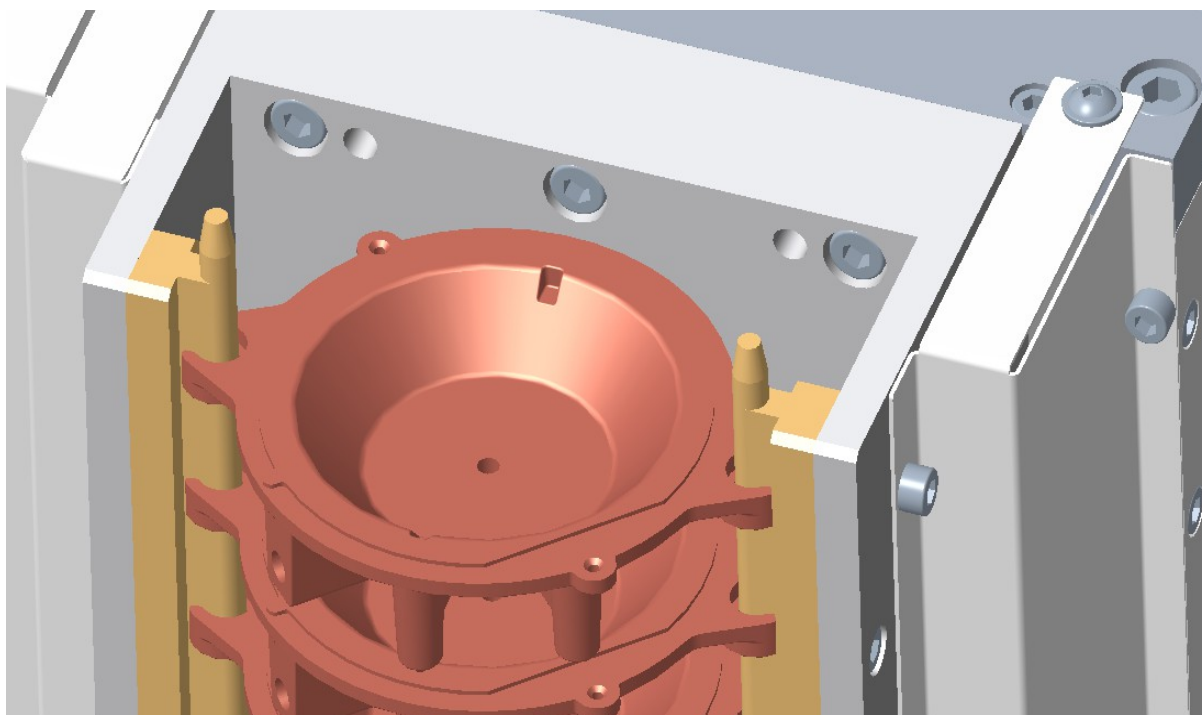


Obr.18) Zásobník hliníkových těl hořáků

Zásobník slouží pro zásobování hliníkových těl hořáků. Na rámu jsou připevněny 4 gravitační zásobníky. Jeden pro malé, velké velikosti hořáků a dva pro střední velikost hořáků. Každý z nich má maximální kapacitu 30 kusů. Obsluha musí během provozu hlídat zásobu, aby nedošlo k vyprázdnění zásobníků. Minimální zaplnění zásobníků, tj. 5 kusů, hlídá optický snímač. Typ snímače je jednocestná optická závora firmy Balluff přijímač BOS 08E-PO-KE20-00,2-S49 [7] a vysílač BOS 08E-X-KS20-00,2-S49 [8].

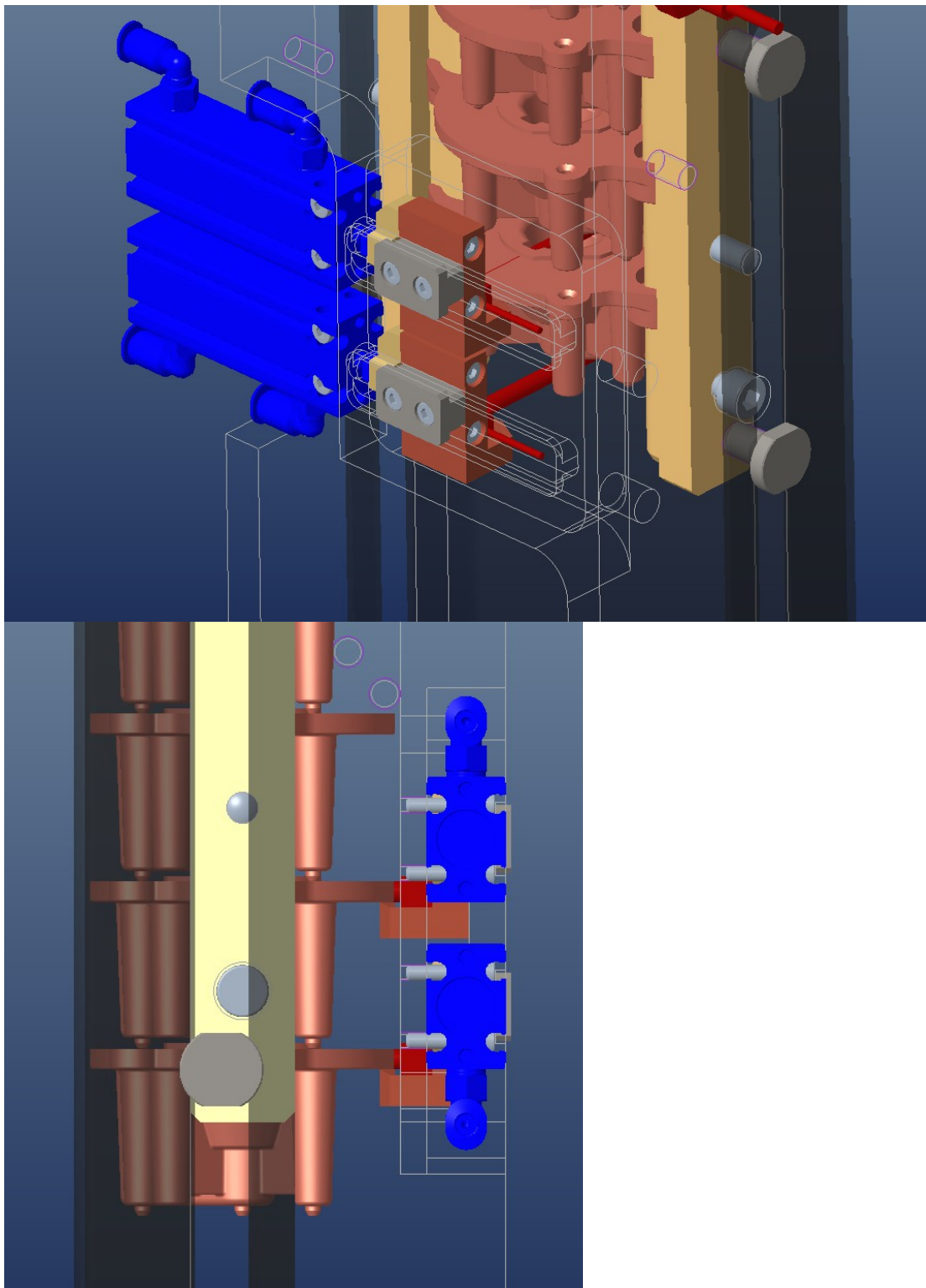


Obr.20) Snímací optická jednocestná závora pro kontrolu minimálního zásobování 5-ti kusů těl hořáků



Obr.19) Lišty pro nasouvání těl hořáků

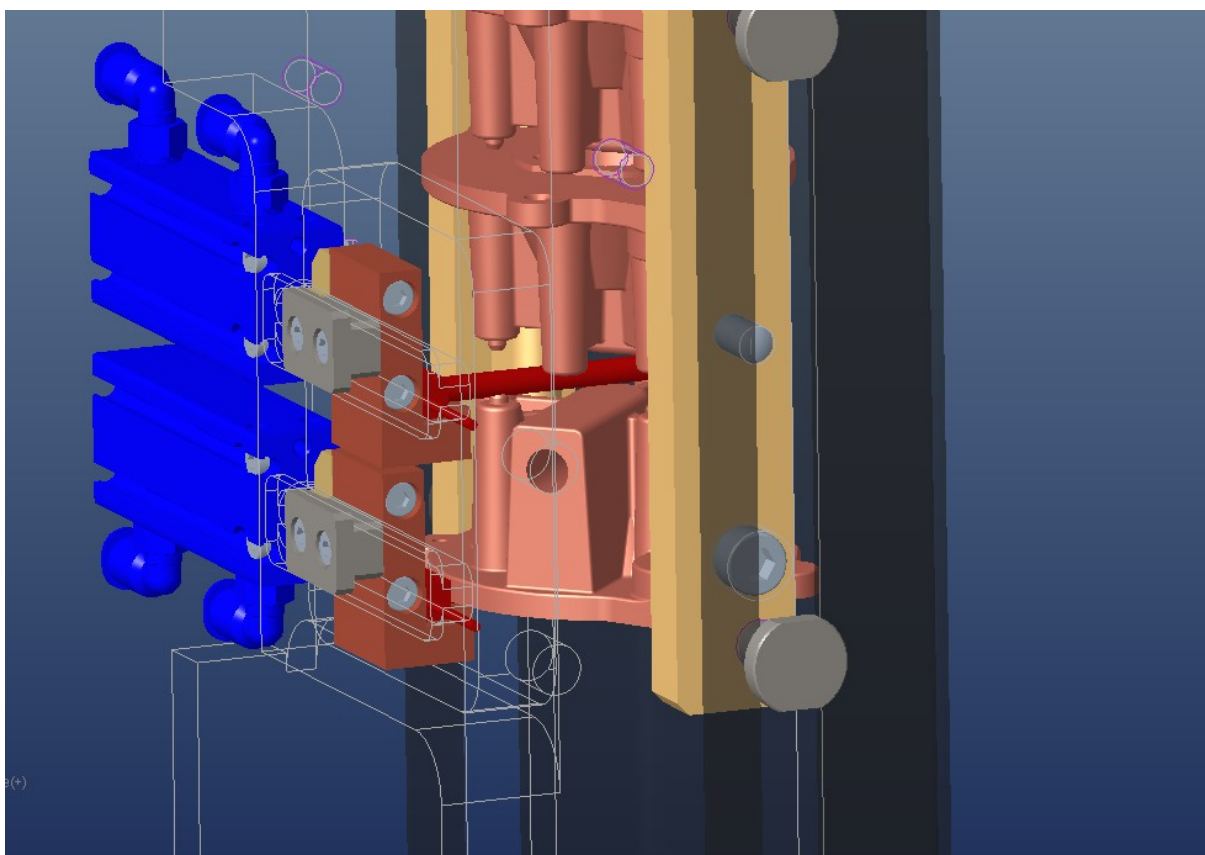
Obsluha nasouvá těla hořáků na lišty. Těla hořáků sklouzávají dolů pomocí gravitace a vlastní váhy. Pro snadnější plnění, tj. plnění více než jedním kusem, mohou být použity vhodné přípravky. Lišty musí být leštěné, aby nedocházelo k zadrhávání těl hořáků v zásobníku. Případné zaseknutí kusu v zásobníku musí zasáhnout obsluha. Lišty mají také danou rozteč vodících trnů. Ta je dána typem těla hořáku.



Obr.22) Odřazování těl hořáků (náhled)
 Obr.21) Odřazování těl hořáků (boční pohled)

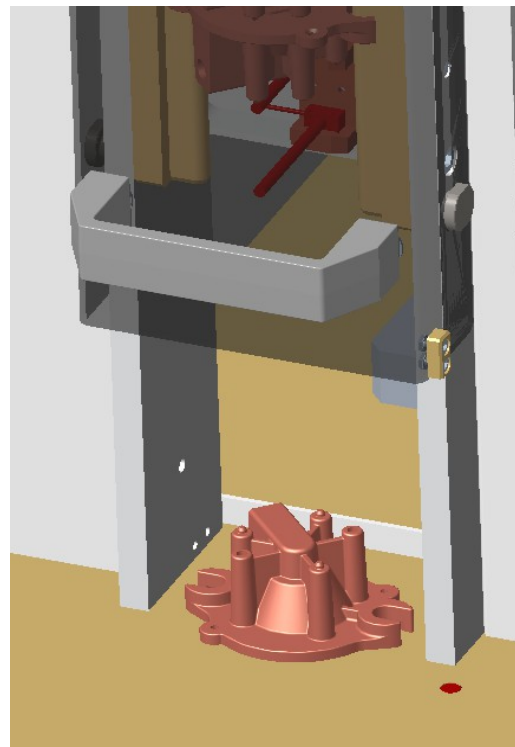
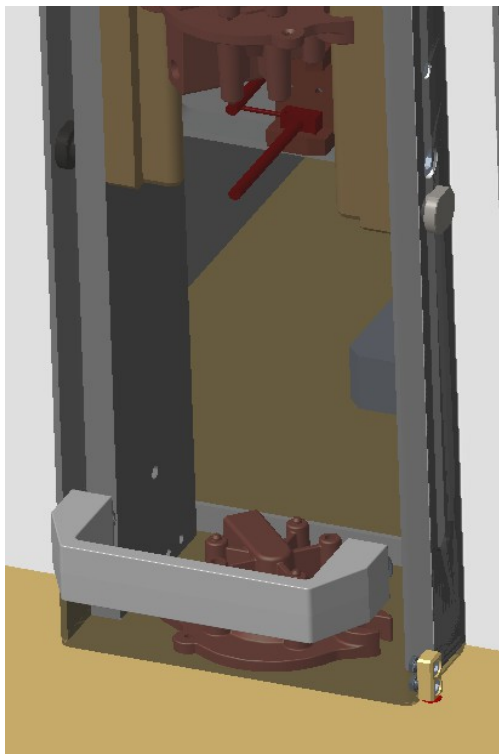
Princip odražování těl hořáků je vyřešen pomocí dvou odrazovacích palců. Oba dva jsou ovládány pneumatickými pohony firmy Festo DPDM-10-30-PA [9]. Signalizace vysunutí a zasunutí válce je pomocí magnetického snímače. Horní palec slouží pro držení těl hořáků v zásobníku a spodní je odrazovací. Oba jsou vedeny v T-drážce a jsou vybaveny difuzními snímači firmy Balluff BOH DK-Q06-001-01-S49F [10], které snímají přítomnost dílu na palci.

Postup je následovný: Obsluha naskládá zásobu těl hořáků, které se zastaví o horní palec v odrazovací poloze. Po signalizaci přítomnosti dílu a minimálního zaplnění zásobníku 5-ti kusy se přesune spodní palec do odrazovací pozice. Poté se přesune horní palec z odrazovací pozice a těla hořáků v zásobníku se gravitací posunou dolů, kde se zastaví o spodní palec. Ten zasignalizuje přítomnost dílu. Poté se přesune horní palec zpět do odrazovací pozice a tím zablokuje pohyb těl hořáků v zásobníku. Jakmile bude odražování hotové, může dojít k odebrání dílu manipulátorem ze zásobníku.



Obr.23) Špatně založený kus v zásobníku

Jestliže obsluha založí kus obráceně, tak snímač v horním palci nezasignalizuje díl a spodní palec se posune z odrazovací pozice a nechá spadnout špatně založené tělo hořáku. Poté dostane obsluha signál od stroje a stroj bude čekat na zásah obsluhy. Ta musí zvednout kryt a špatně založený díl odebrat, jinak nebude stroj pokračovat v montáži. Sklopený kryt je signalizovaný indukčním snímačem firmy Balluff BES M08MI-PSC20B-BP00,2-GS04 [11]. Po odebrání dílu a sklopení krytu může proces montáže pokračovat.

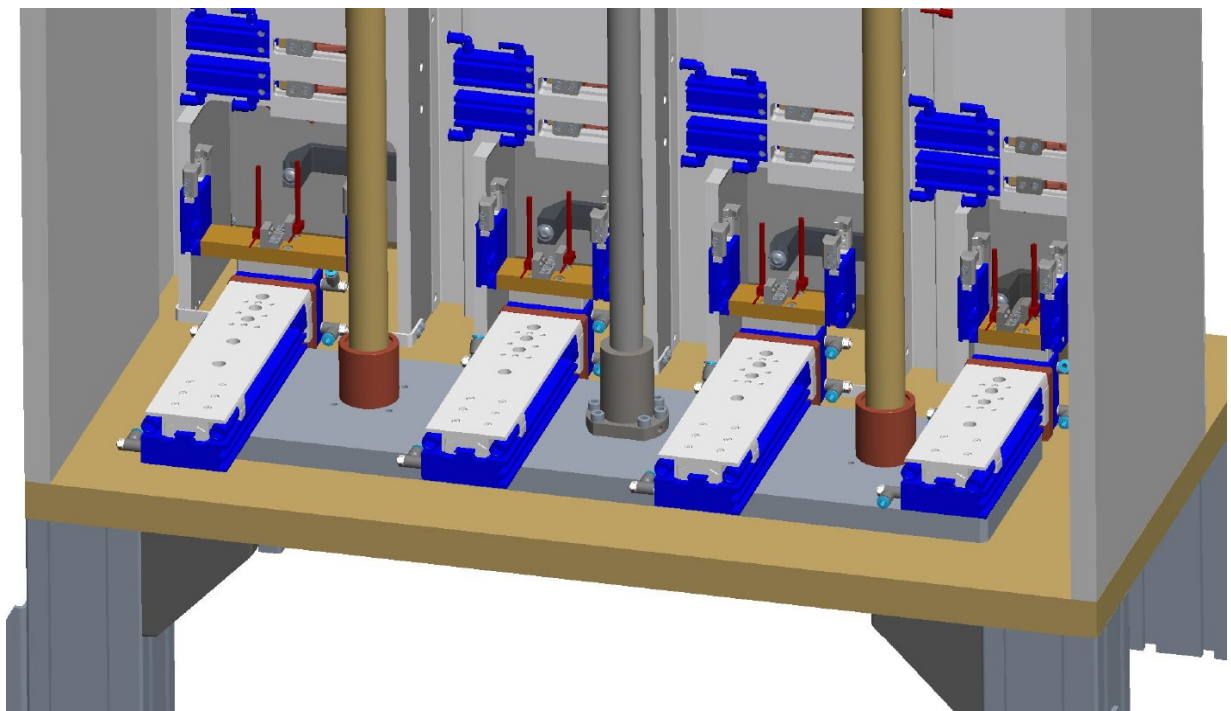


Obr.24) Shozený špatně založený díl (vlevo)

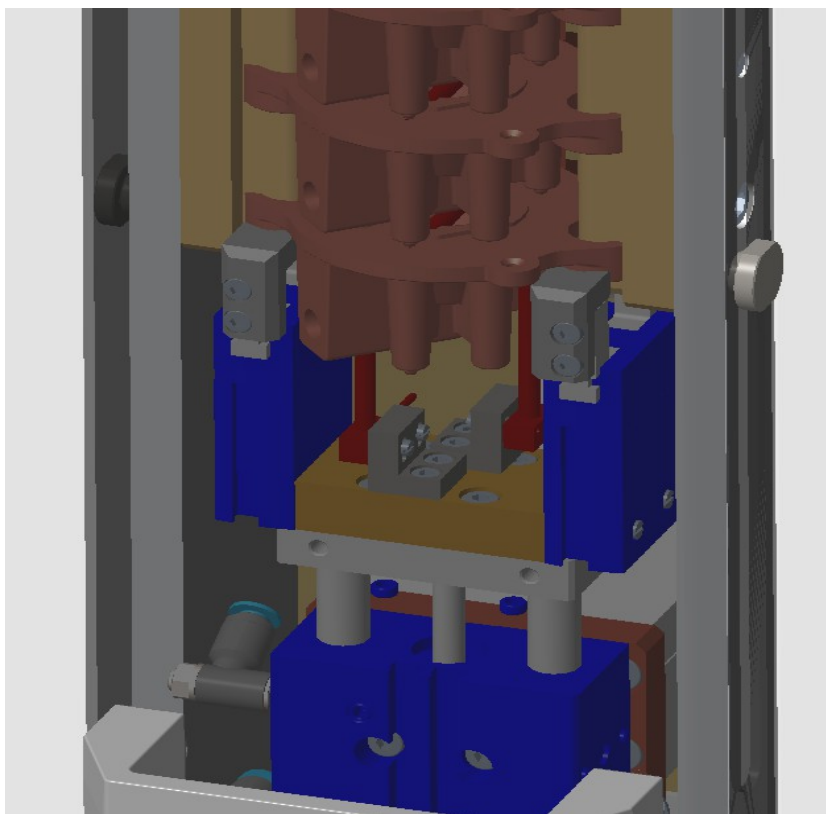
Obr.25) Otevřený kryt a odebrání špatně založeného dílu (vpravo)

Princip zakládání, zásobování a odřazování dílů je u všech čtyř zásobníků stejný. Kvůli jiným rozměrům těl hořáků se liší zásobníky převážně v rozměrech.

Po signalizaci přítomnosti těla hořáku v odebírací pozici zásobníku uchopí čelisti těla hořáků.

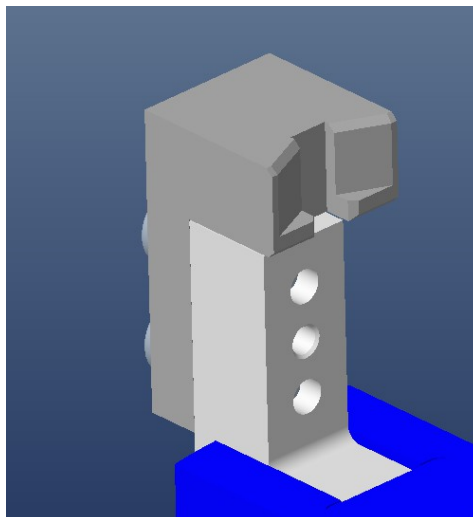


Obr.26) Manipulátor pro odebírání těl hořáků z zásobníků



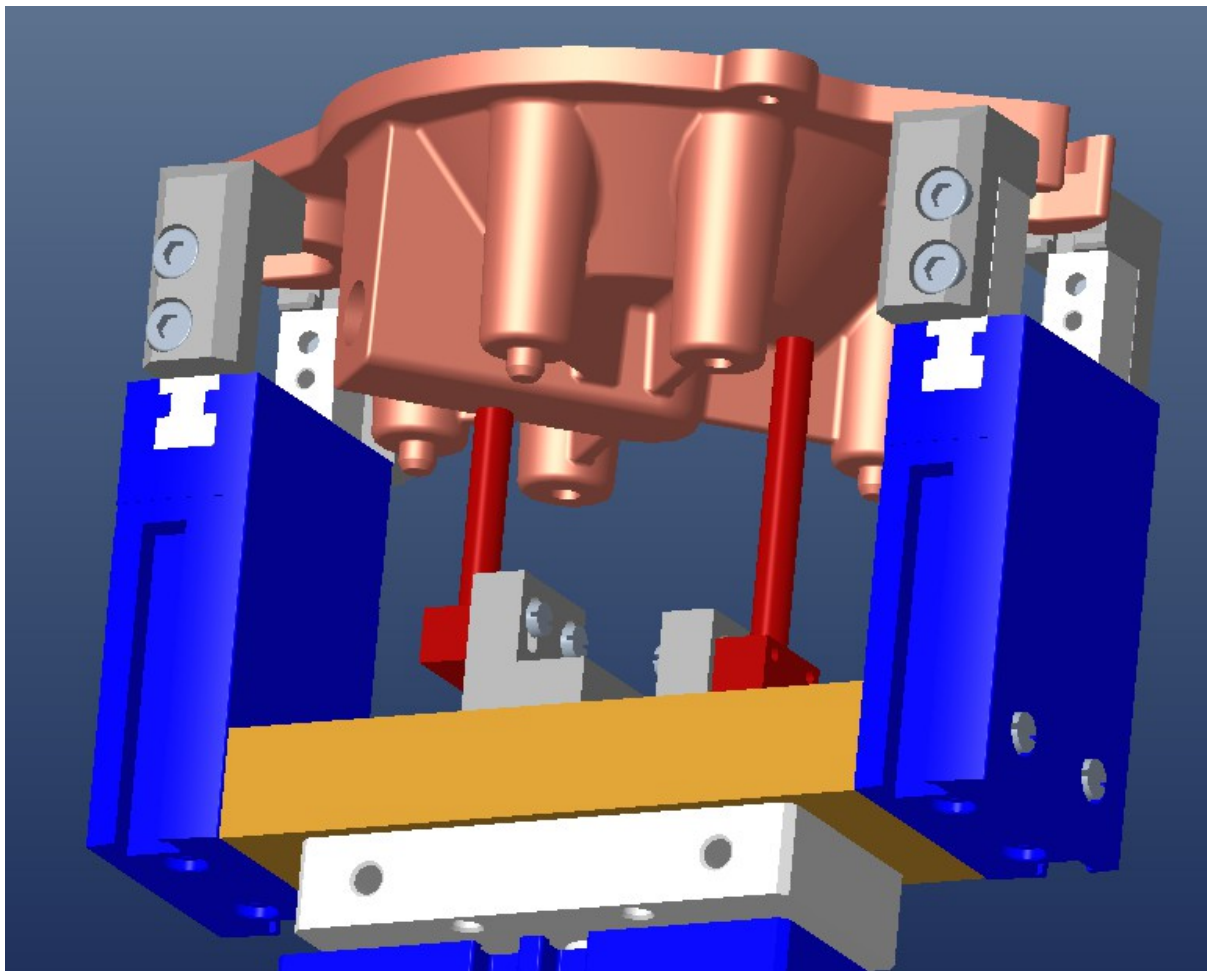
Obr.27) Čelisti v odebírací pozici těla hořáku z zásobníku

Princip odebrání dílu z odebírací pozice je následovný: Saně mini od firmy Festo přesunou čelisti pod odebíraný kus. Kvůli velikosti těl hořáků jsou u každého použity saně mini s jinými zdvihy. U malého těla hořáku DGST-16-100-PA [12], u středního DGST-16-125-PA [12] a u velkého DGST-16-150-PA [12]. Signalizace vysunutí a zasunutí saní je pomocí magnetického snímače. Tyto pneumatické pohony se vyznačují přesností posouvané části a velkými klopnými momenty. To je kvůli tomu, že posouvané tělo je na lineárním vedení. Po přesunutí čelistí pod odebíraný díl se vysune pneumatický pohon od firmy Festo DFM-12-20-P-A-GF [13]. Ten přesune obě čelisti do pozice, ve které mohou uchopit tělo hořáku z odebírací pozice zásobníku.



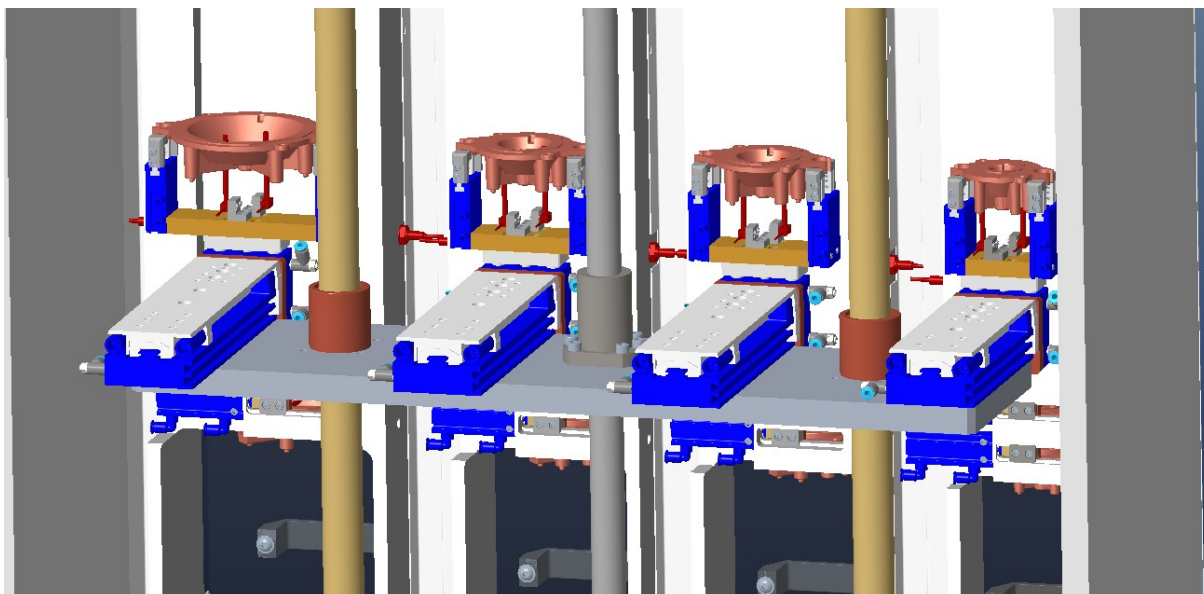
Obr.28) Prizmatický tvar čelistí pro odebrání těl hořáků

Tvar čelistí pro odebrání těl hořáků ze zásobníků je prizmatický. Díky prizmatickému tvaru jsou čelisti univerzální a mohou se použít pro všechny velikosti těl hořáků. Čelisti mají také malé osazení, které slouží pro případné podepření těla hořáku při odebrání.



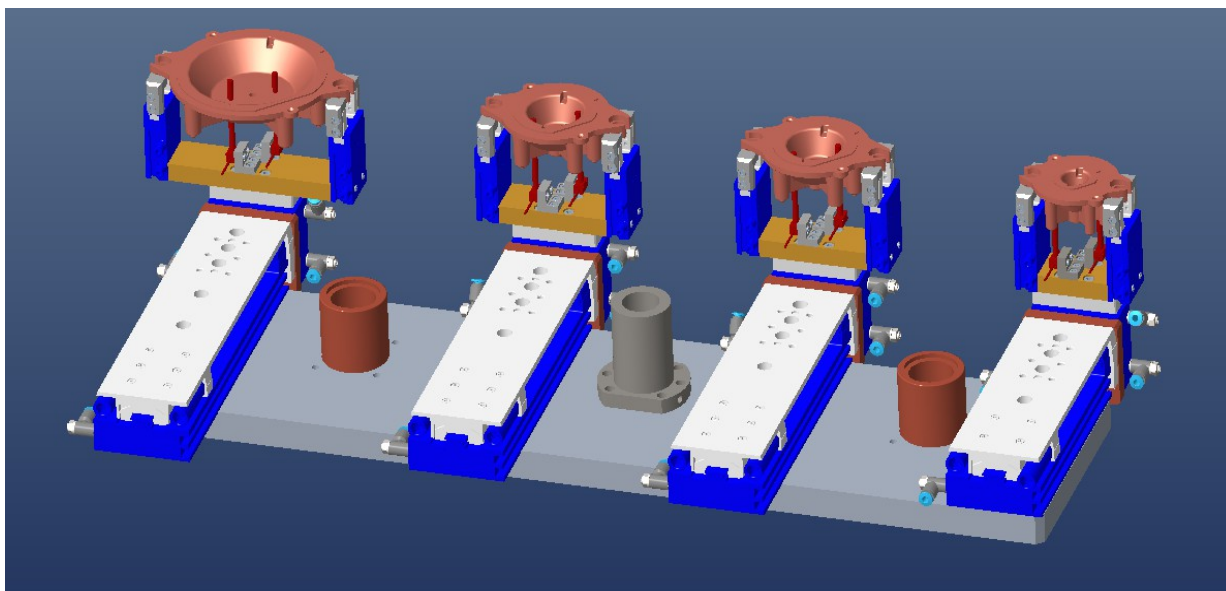
Obr.29) Uchopený díl těla hořáku

U odebraného dílu je kvůli přívodu plynu do hořáku potřeba určit správnou orientaci. Orientaci určíme pomocí dvou difuzních optických snímačů firmy Balluff BOH DK-Q06-001-01-S49F [10]. Orientaci těla hořáku určuje vždy jen jeden snímač. Snímač můžeme zároveň použít pro detekci těla hořáků v čelistech.



Obr.30) Zdvíhací jednotka

Jestliže budou odebrány všechny čtyři těla hořáků, tak se přesunou pomocí kuličkového šroubu do horní pozice, kde je odebere manipulátor pro založení do otočného stolu. Sestava manipulace je vedena na dvou vodících tyčích o průměru 30mm a dvou vodících pouzdech firmy Hiwin JBK-30AWW [14].



Obr.31) Zvedaná sestava

Pro určení velikosti kuličkového šroubu a motoru jsem musel vypočítat hmotnost sestavy, kterou bude kuličkový šroub zvedat a poté hnací krouticí moment potřebný pro zvednutí sestavy. Sestava má s odebranými těly hořáků hmotnost $M_s = 15,43\text{kg}$. [Vzor. 2)], [Vzor. 3)]

Podle vypočteného hnacího kroučícího momentu a síly je zvolena velikost kuličkového šroubu a servomotoru.

Kuličkový šroub ... R25-10K4-FSCDIN (Hiwin) [15]

Velikost závitu kuličkového šroubu je 25mm

Stoupáním šroubu 10mm

Statická únostnost šroubu je 40400N

Dynamická únostnost je 15900N

Maximální vůle v šroubu je 0,04mm

Délka závitové části 992mm

Celková délka šroubu 1095mm

Přesnost IT 5

Při konfiguraci šroubu v konfigurátoru lze zvolit ukončení a uložení šroubu do ložiskových domečků. Zvolené ložiskové domečky:

Volný uložení ... FF-20 (Hiwin) – Zakončení šroubu E5F-20 [15]

Pevné uložení ... FK-20 (Hiwin) - Zakončení šroubu E2F2-20 [15]

Délka závitové části

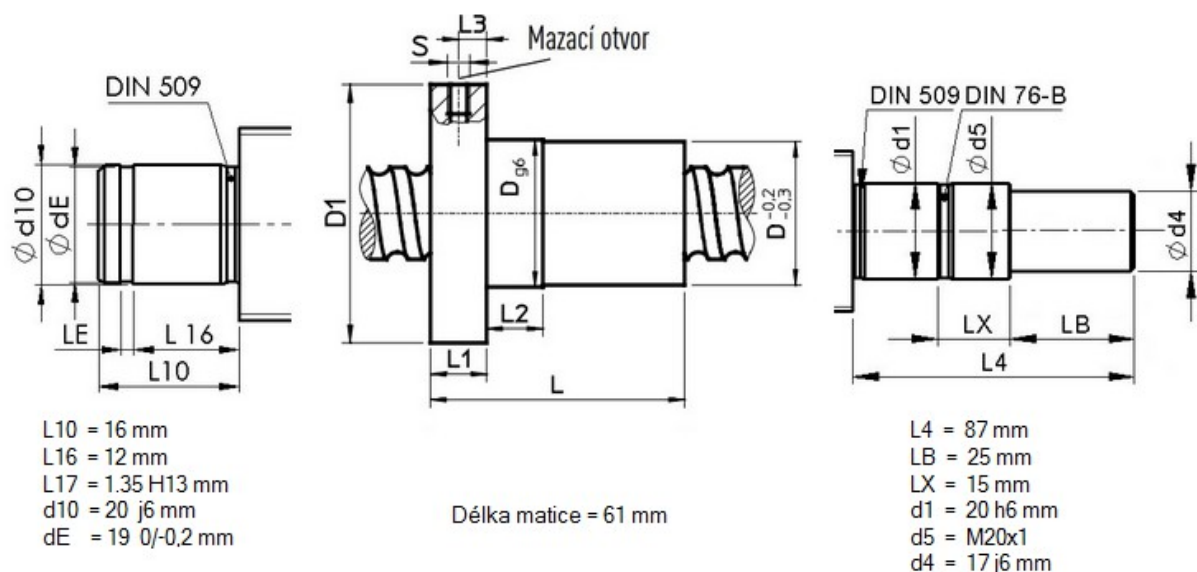
Celková délka šroubu je: 1095 mm

Typ opracování konců

- Standardní opracování pro uložení SFA a SLA
- Opracování pro uložení BK, FK, BF, FF
- Bez opracování
- Vyžiháný
- Opracování pro uložení EK, EF

Konec levá strana

Konec pravá strana



Obr.32) Konfigurace šroubu v konfigurátoru firmy Hiwin

Servomotor ... MSM031B-0300-NN-M5-MH0-C (Bosch) [16]

Podle vypočteného hnacího kroutícího momentu je zvolen servomotor firmy Bosch-Rexroth. Servomotor je zvolen, protože má dostatečnou rezervu kroutícího momentu a má optimální přípojovací rozměry pro danou konstrukci.

Technical data

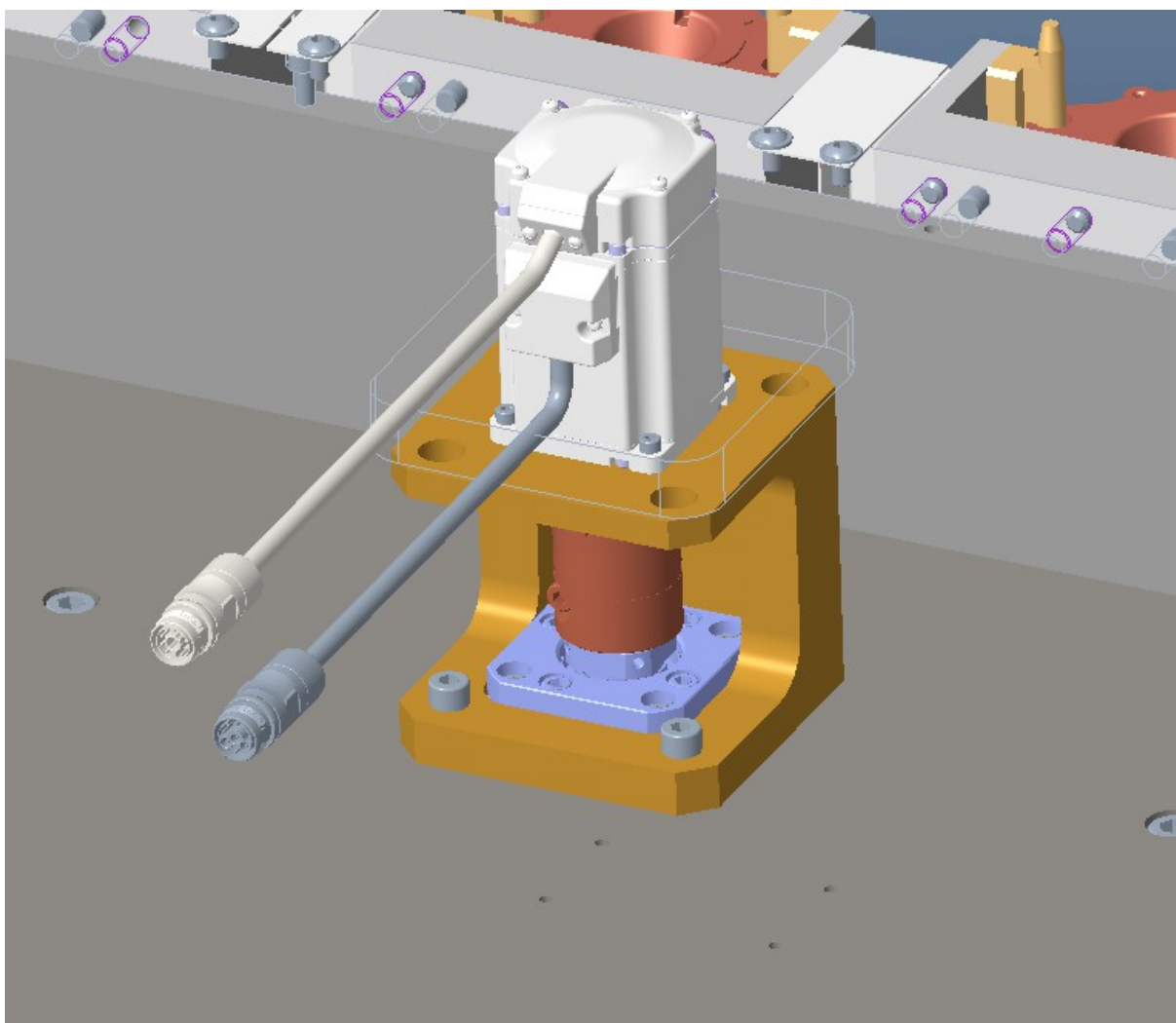
5.3 MSM031

5.3.1 MSM031 Technical data

Designation	Symbol	Unit	MSM031B-0300-NN	MSM031B-R300-NN	MSM031C-0300-NN	MSM031C-R300-NN
Cooling mode acc. to EN 60034-6		-	IC00			
Listed acc. to UL standard		-	UL 1004; ANSI UL 840			
Listed acc. to CSA standard		-	CSA-C22,2 No, 100			
UL-Files			E335445			
Electrical parameters						
Rated power	P_N	kW	0.20		0.40	
Continuous torque at standstill 60 K	$M_{0,60}$	Nm	0.64		1.30	
Continuous current at standstill 60 K	$I_{0,60(\text{eff})}$	A	1.60	2.50	2.60	4.60
Maximum current	$I_{\text{max}(\text{eff})}$	A	4.90	10.60	7.70	19.50
Maximum torque	M_{max}	Nm	1.91		3.80	
Torque constant at 20 °C	$K_{M,N}$	Nm/A	0.41	0.26	0.51	0.28
Voltage constant at 20 °C ¹⁾	$K_{EMK,1000}$	V/min ⁻¹	24.5	15.4	30.6	17.0
Winding resistance at 20 °C	R_{12}	Ohm	6.10	2.50	3.60	1.10
Winding inductance	L_{12}	mH	14.700	5.700	10.600	3.200
Discharge capacity of the component	C_{dis}	nF	0.7		1.4	1.2
Number of pole pairs	p	-	4			
Mechanical parameters						
Moment of inertia of rotor ²⁾	J_{rot}	kg*m ²	0.0000140		0.0000260	
Wire cross section	A_{60}	mm ²	0.75			
Maximum speed (electrical)	$n_{\text{max el}}$	min ⁻¹	5000	3000	5000	3000
Mass ³⁾	m	kg	0.82 (1.3)		1.2 (1.7)	
Storage temperature	T_L	°C	-20 ... +60			
Ambient temperature during operation	T_{amb}	°C	0 ... 40			
Installation altitude		m	0 ... 1000			
Thermal class (EN 60034-1)	T.CL.	-	130 (B)			
Protection class acc to IEC 60529	IP	-	IP54			
Sound pressure level	L_P	dB[A]	< 70			

Latest amendment: 2019-02-14

Obr.33) Technické parametry servomotoru
Bosch MSM031B-0300-NN-M5-MH0-C, Datasheet [16]



Obr.34) Motor připevněný k kuličkovému šroubu pružnou spojkou

Pro připojení motoru k zakončení kuličkového šroubu je použita pružná spojka firmy Festo:

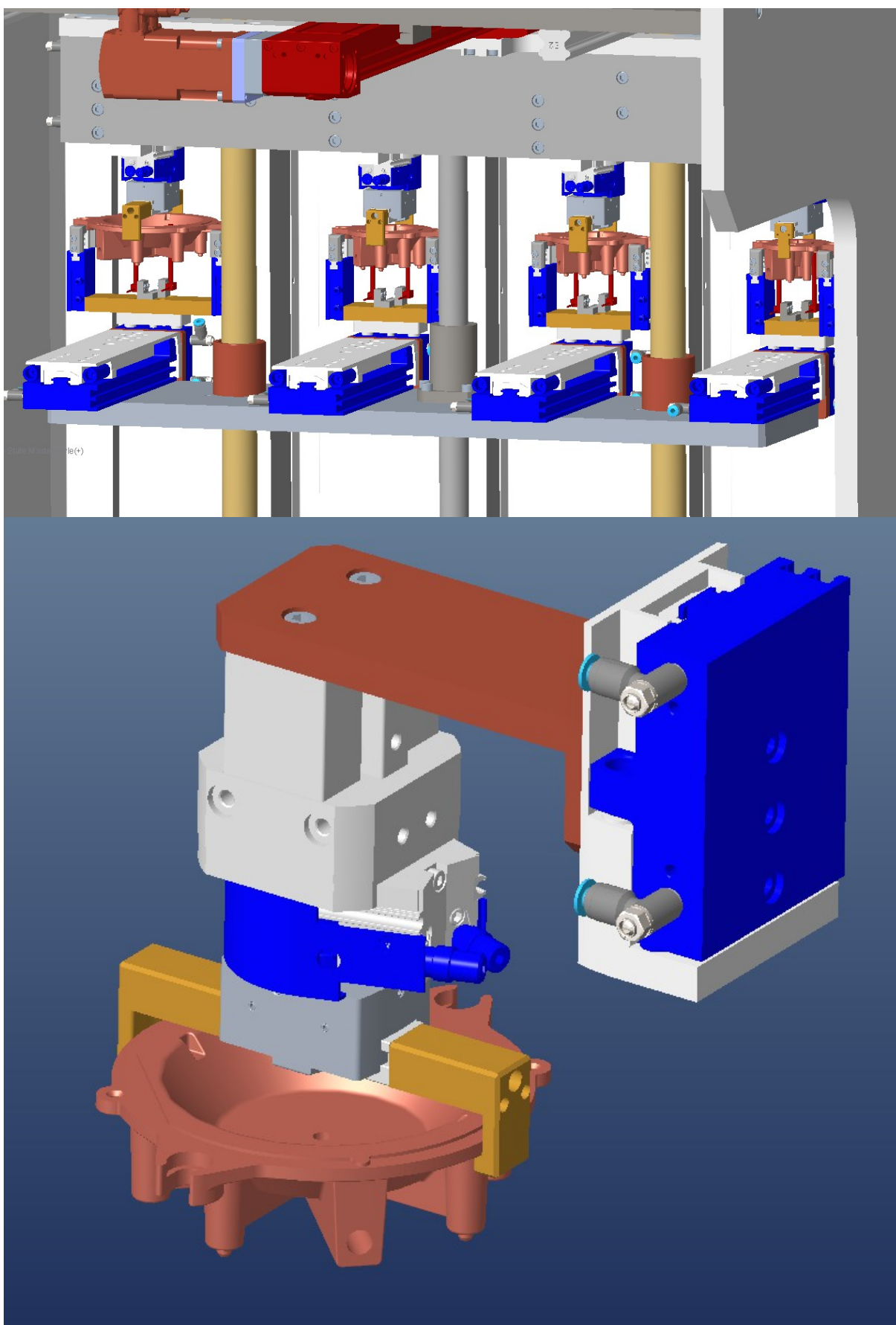
EAMC-40-66-14-17 [17]

Průměr uchycení motoru je 14mm

Průměr uchycení kuličkového šroubu je 17mm

Přenositelný krouticí moment je 21Nm

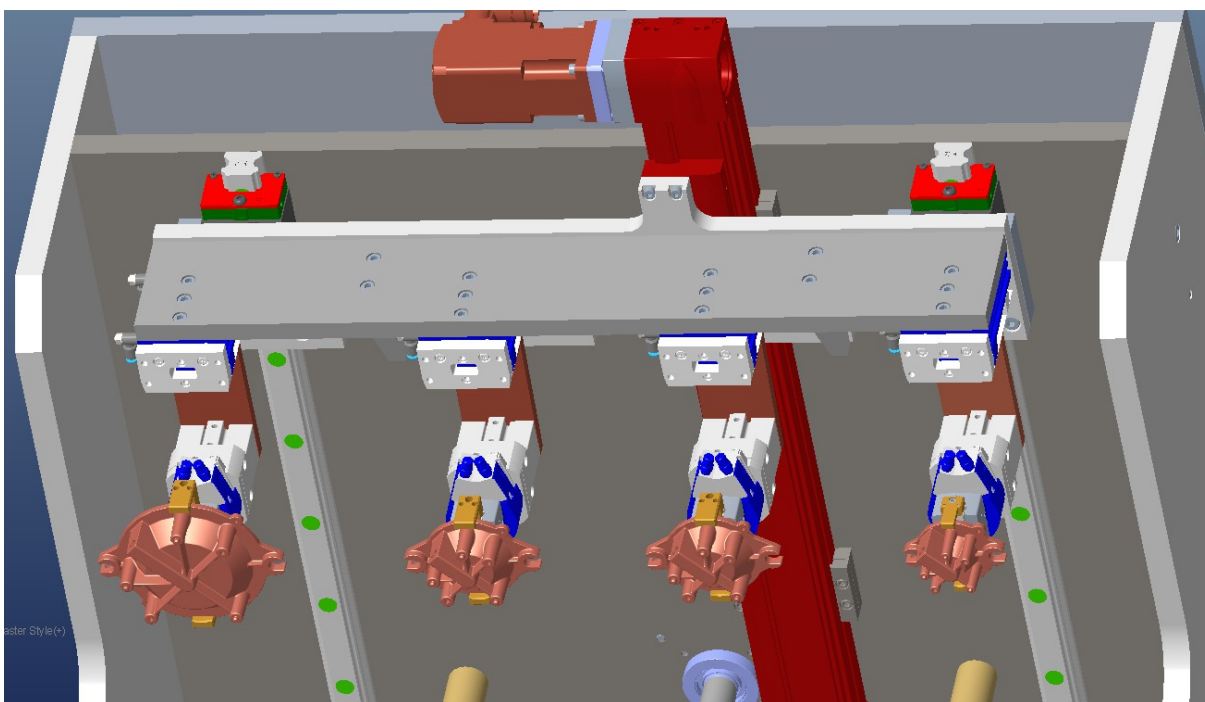
Způsob upnutí hřídele je svěrný



Obr.36) Odebrání těl hořáků horní manipulační sestavou
Obr.35) Chapač horní manipulační sestavy

Po přesunutí těl sestavy do horní pozice odeberou těla hořáků chapače manipulační sestavy. Ty jsou sestaveny z kyvné jednotky s gripprem od firmy Festo HGDS-PP-16-P-A-B [18] a posuvové jednotky saně mini DGST-16-40-E1A [12]. Signalizace vysunutí a zasunutí saní je pomocí magnetického snímače. Čelisti gripperu přebírají těla hořáků za obvodový průměr.

Princip odebrání je takový, že gripper uchopí tělo hořáků a poté ho otočí o 180°, jestliže bude orientace těla hořáku špatná. Všechny 4 těla hořáků je potřeba natočit tak, aby byl otvor pro přívod plynu na stejné straně. K zjištění natočení těla hořáku ze zásobníků slouží difuzní snímače z předchozí manipulace.



Obr.37) Horní manipulační sestava v pozici zakládání do otočného stolu

Po odebrání a natočení všech těl hořáků se přesune celá horní manipulační sestava nad lůžka v otočném stole. Váha celé horní manipulační sestavy, kterou posouváme je 9,54kg. Pro posun sestavy je zvolen pohon s ozubeným řemenem firmy Festo:

EGC-70-460-TB-KF-10H-GK [19]

Délka zdvihu – 460mm

Rychlost – 5m/s

Opakovatelná přesnost – $\pm 0,08\text{mm}$

Posuvová síla – 100N

Jako motor pohonu je zvolen doporučený servomotor firmou Festo:

EMMS-AS-55-S-LS-RR-S1 [20]

Jmenovitý krouticí moment – 0,34Nm

Špičkový krouticí moment – 1,65Nm

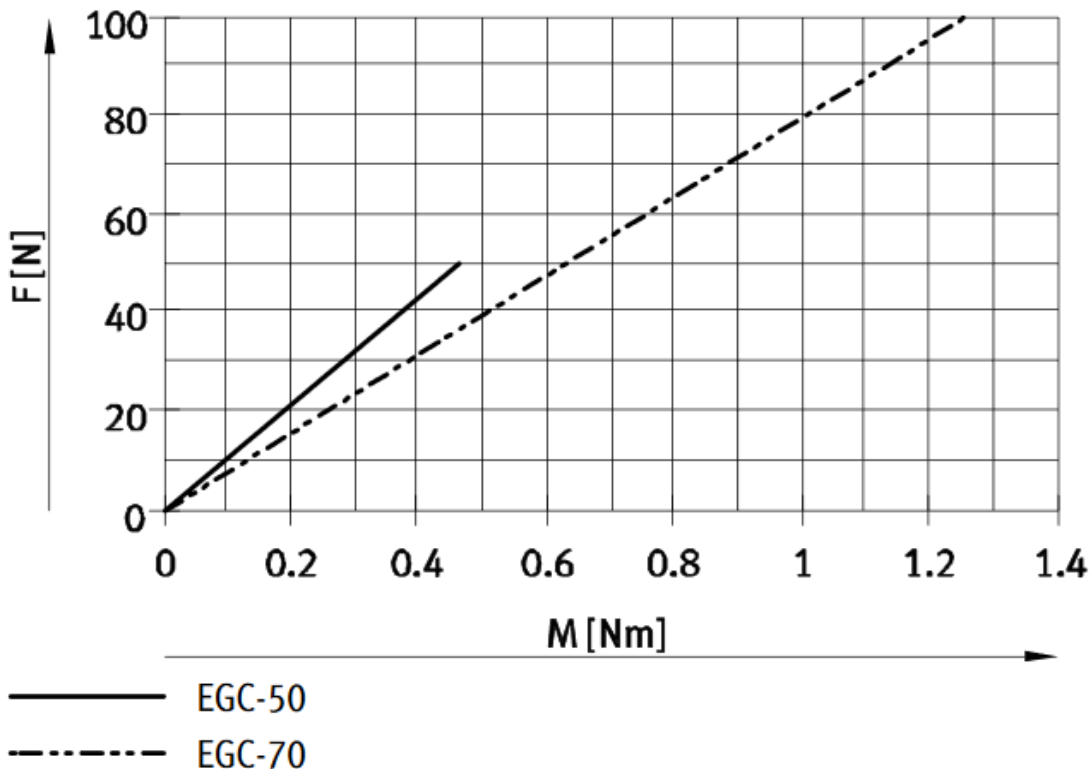
Jmenovitý výkon motoru – 261W

Jmenovitý proud motoru – 0,83A

Špičkový proud motoru – 4,3A

Teoretická posuvová síla F v závislosti na vstupním momentu M

velikost 50/70



Obr.38) Graf teoretické posuvové síly v závislosti na kroutícím momentu pohonu s ozubeným řemenem EGC-70-460-TB-KF-10H-GK

Z grafu lze odhadnout, že pro posun celé naší horní manipulační sestavy by měl být vstupní kroutící moment od motoru 1,25Nm. Hodnota kroutícího momentu je vyšší než jmenovitý kroutící moment motoru. Motor však můžeme krátkodobě zatěžovat až na hodnotu špičkového kroutícího momentu motoru. Velikost motoru je tedy dostačující.

Pro upevnění motoru na pohon je použita doporučená axiální konstrukční sadu EAMM-A-L38-55A [21].

Vzhledem k velikosti celé horní manipulační sestavy a dovoleným klopným momentům pohonu jsou použity podpůrné lineární vedení firmy Hiwin:

HGH30HAR600Z0H2 (2 kolejnice, 2 vozíky) [22]

Délka obou kolejnic je 600mm

Velikost lineárního vedení 30

Vozíky jsou prodloužené verze H

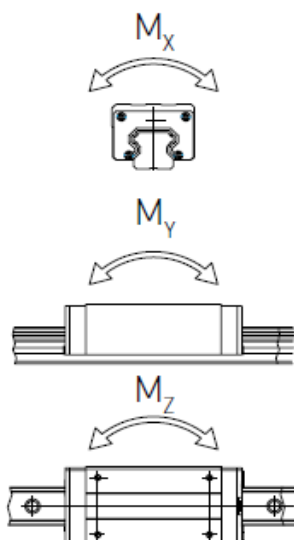
Statická únosnost 69160N

Dynamická únosnost 47270N

Dovolený statický M_x 1400Nm

Dovolený statický M_y 1470Nm

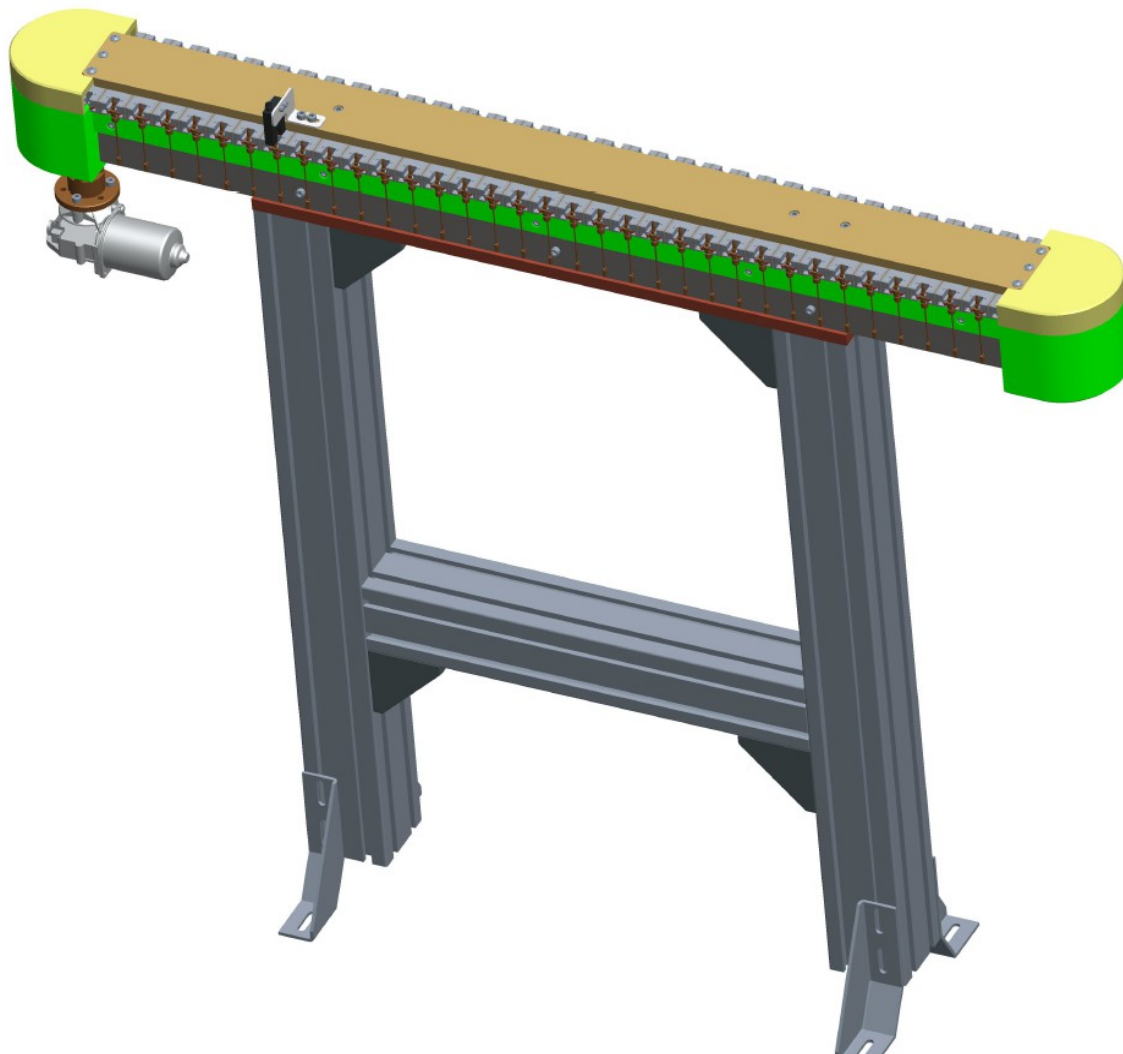
Dovolený statický M_z 1470Nm



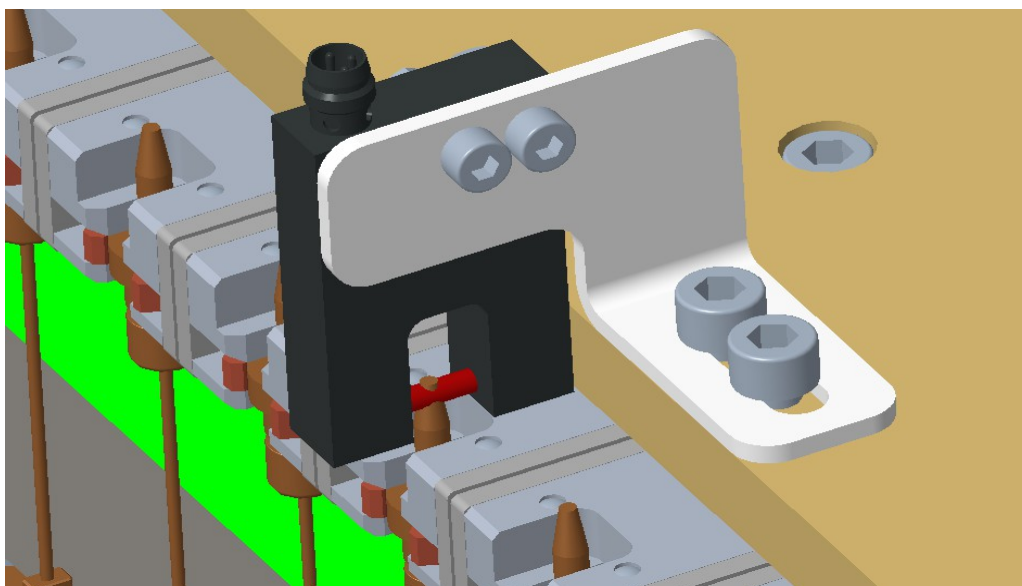
Obr.39) Dovolené zatížitelné momenty lineárního vedení

Lineární vedení slouží k přenosu ohybových momentů, které jsou způsobeny vyosením těžiště horní manipulační sestavy, také se celá sestava stane podstatně tužší a nebude tak docházet k vibracím a namáhání dílů. Řemenový pohon tedy slouží pouze k posuvu sestavy. Lineární vedení je zapozicováno pomocí kolíků. Tím je přesně dána pozice horní manipulační sestavy vůči celé konzole zásobníku.

5.2 VD2 Zásobník pojistek proti úniku plynu

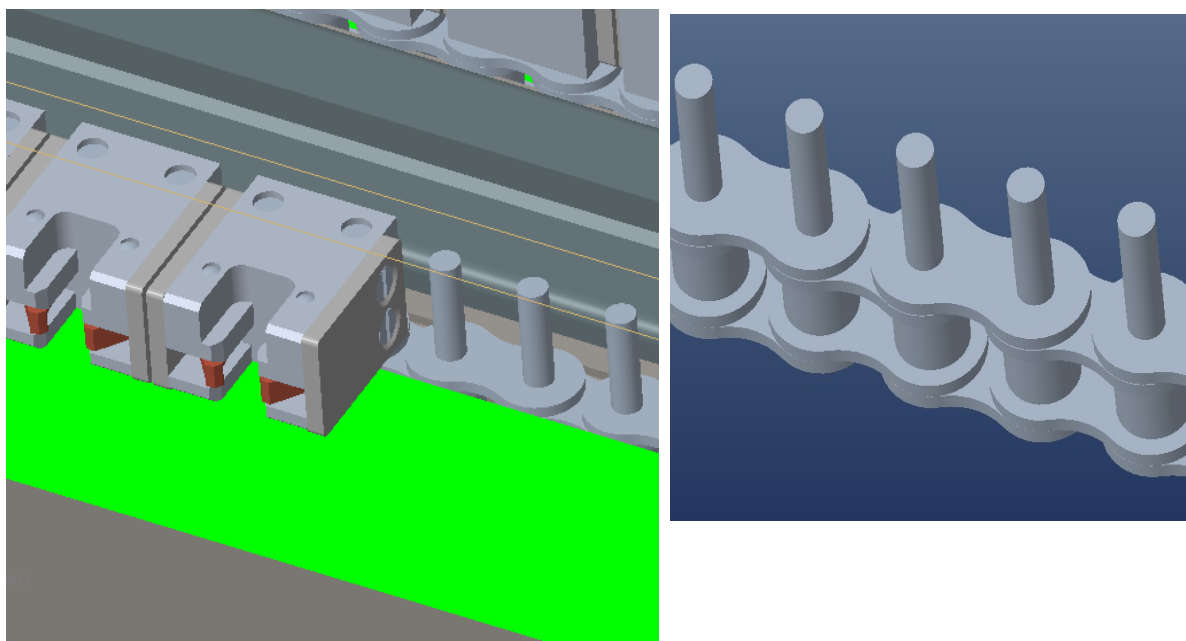


Obr.40) Zásobník pojistek proti úniku plynu



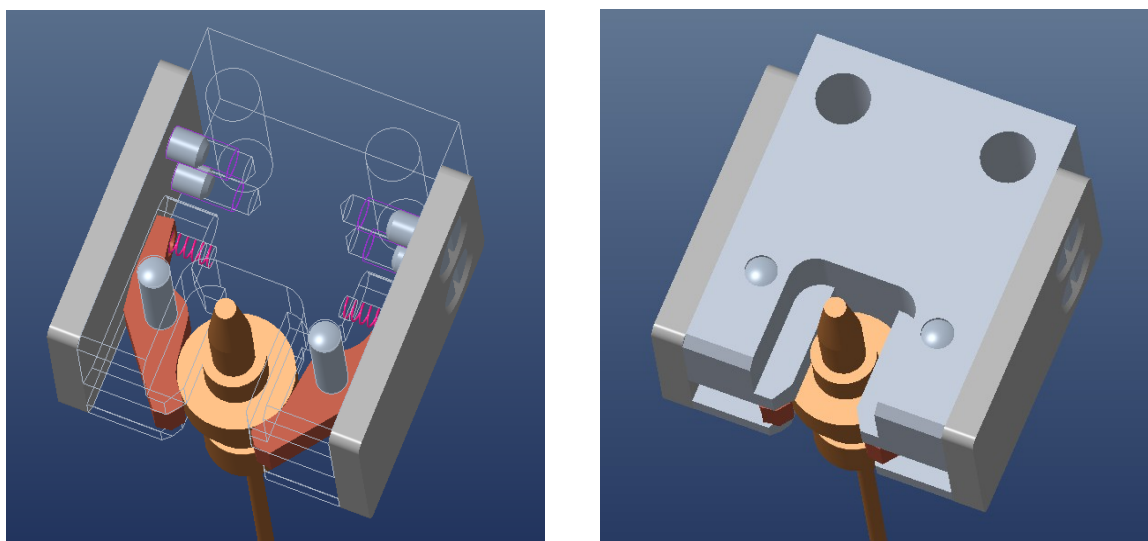
Obr.41) Hlídaní zásoby pojistek proti úniku plynu

Zásobník slouží pro vytvoření zásoby komponent pojistek proti úniku plynu. Kapacita zásobníku je 34 kusů. Obsluha hlídá zaplnění zásobníku. Minimální zaplnění zásobníku je 6 kusů, to je hlídáno jednocestnou optickou závorou vidlicového tvaru firmy Balluff BGL 10A-001-S49 [23]. Konstrukce zásobníku je vytvořena tak, aby byla kontrolní čidla ve vertikální poloze a dále od sebe, díky tomu visí kabel s konektorem dolů a nedejde k zamotání dvou kabelů do sebe. Rozteč dvou pojistek v lůžkách je 31,75 mm.



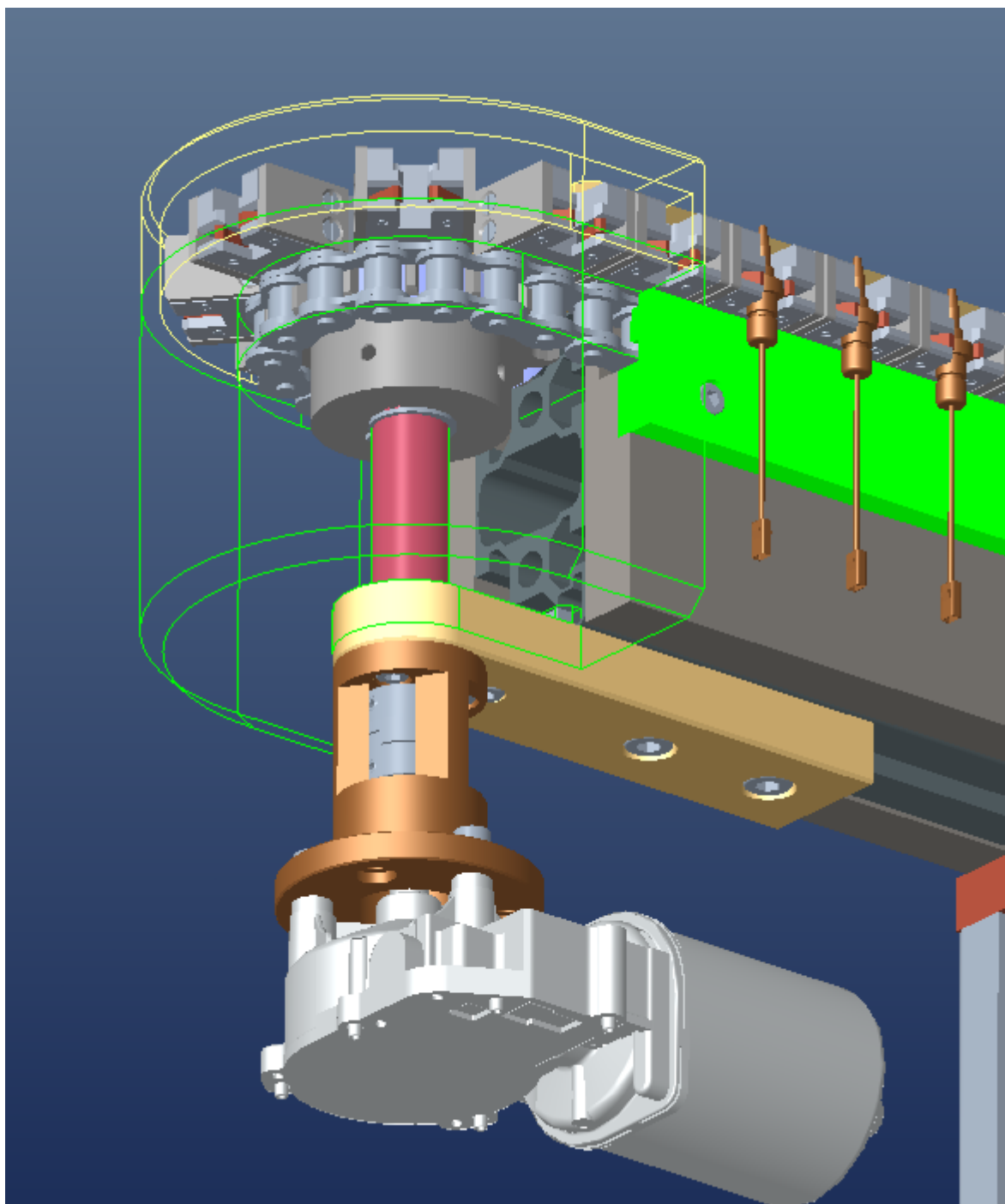
Obr.42) Řetězový dopravník s lůžky
 Obr.43) Články řetězu

Lůžka jsou nasunuta na dvou čepech, které má každý článek řetězového dopravníku. Z horní strany je přišroubovaný kryt, který lůžka na dopravníku aretuje.



Obr.44) Lůžko pro nacvaknutí pojistky do zásobníku (neprůhledné tělo)
 Obr.45) Lůžko pro nacvaknutí pojistky do zásobníku (průhledné tělo)

Tvar lůžka je vytvořen tak, aby do něj mohla obsluha pojistky jednoduše nacvaknout. Pro správné navedení jsou v těle lůžka náběhy. Pojistku aretují za největší průměr dvě čelisti, které jsou tlačeny pružinou do sevřeného stavu. Čelisti tak po nacvaknutí dotlačí pojistku na stěnu lůžka.



Obr.46) Náhon řetězového dopravníku

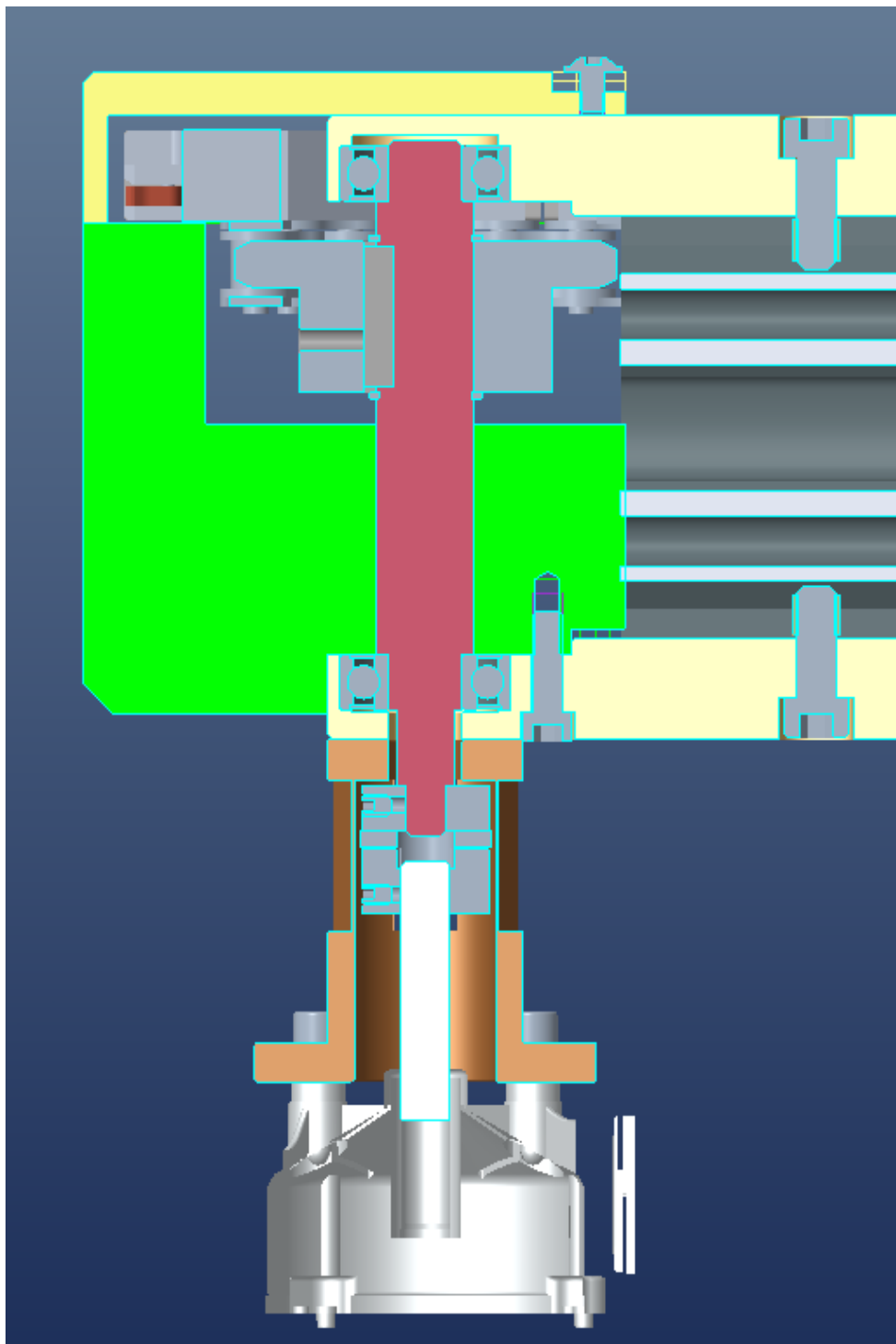
Použitý řetězový dopravník je od firmy Haberkorn, typ 10B-1 s prodlouženými čepy. Dopravník má na obou stranách řetězové kolo od firmy Maedler 10B-1/78/z14. Na jedné straně je hřídel hnaná a na další straně je hřídel hnací, ke které je připevněný motor od firmy Valeo:

0266/DCK31 [24]

Jmenovitý krouticí moment 3Nm

Jmenovitý otáčky motoru 11,455 ot/min

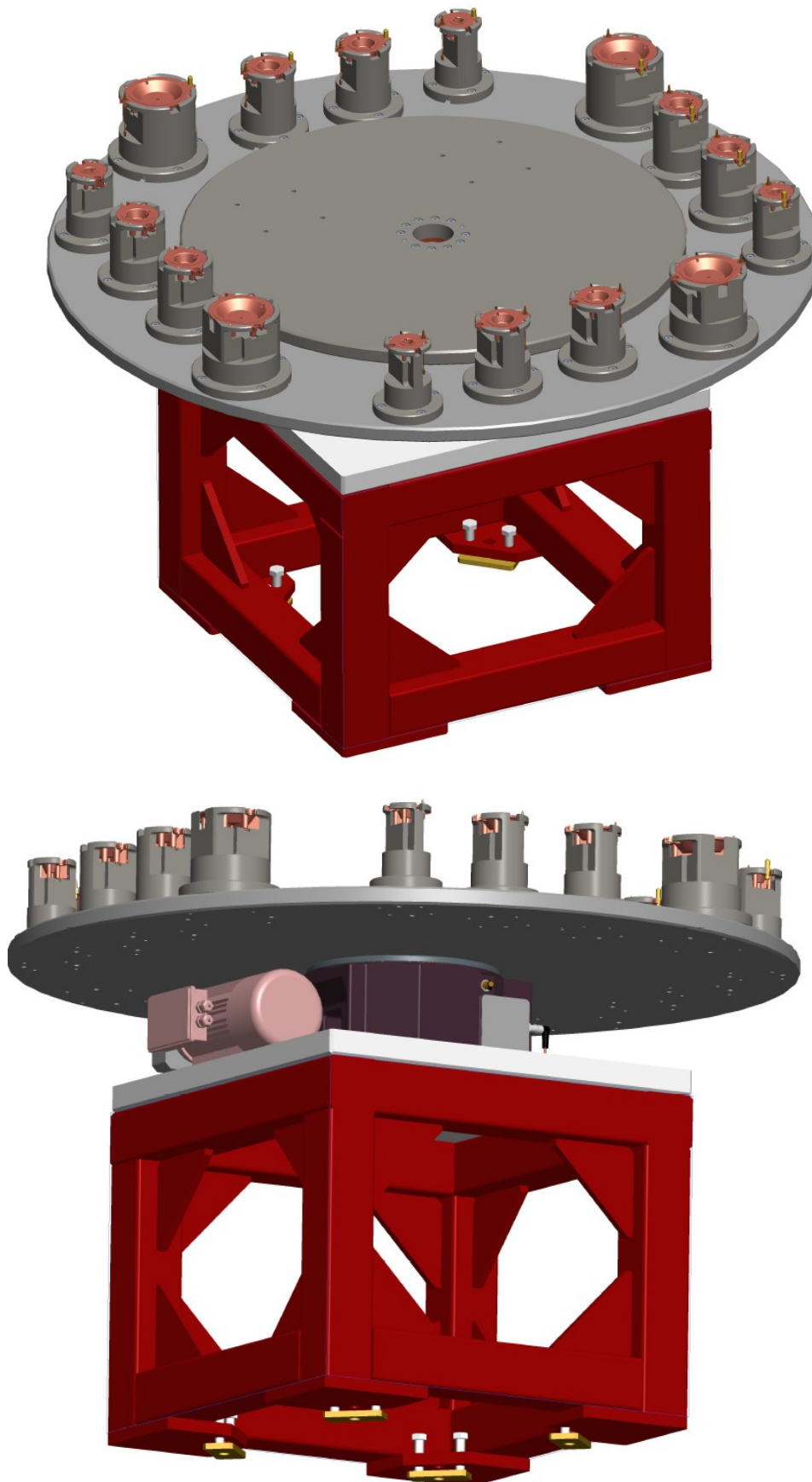
Způsob uchycení hřídele motoru je svěrný spojkou Oldham MCO26-8-10 (Misumi)
[25]



Obr.47) Náhon řetězového dopravníku

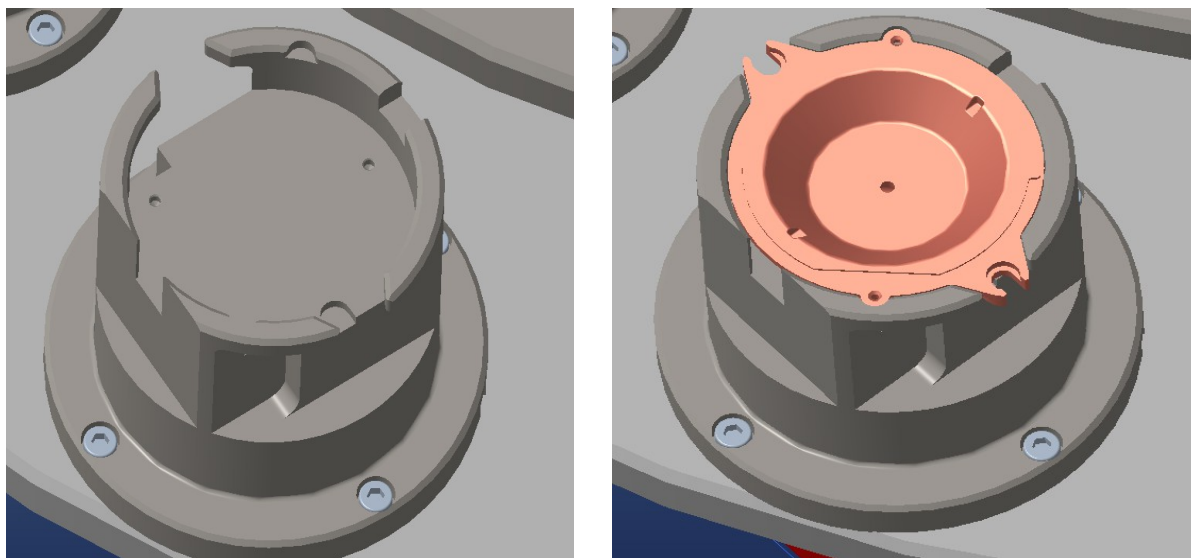
Hnací i hnaná hřídel jsou uloženy z obou stran radiálními kuličkovými ložisky firmy ZKL 6202-2Z [26]. Hnací hřídel přenáší krouticí moment do ozubeného kola pomocí pera.

5.3 VD1, VD4, VD7, VD8 Otočný stůl 4-polohový



Obr.48) Otočný stůl s lůžky a těly hořáků (pohled 3D shora)
Obr.49) Otočný stůl s lůžky a těly hořáků (pohled 3D ze spodu)

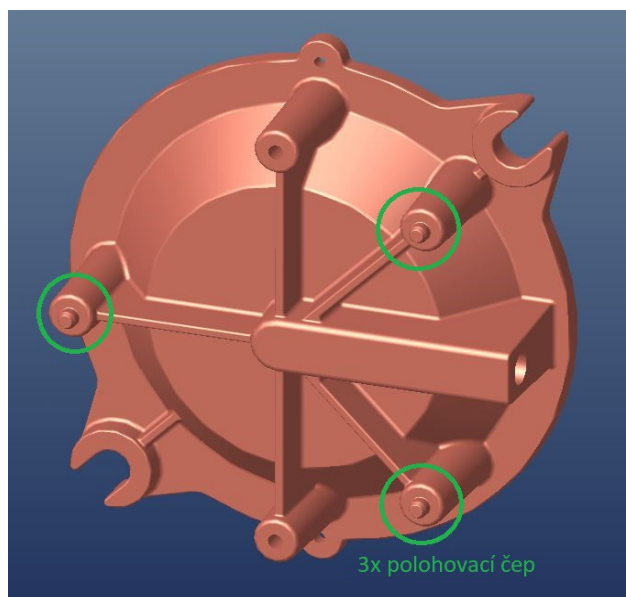
Otočný stůl je součástí výrobních dávek VD1, VD4, VD7 a VD8. Jedná se o 4-polohý otočný stůl. Otočný stůl je osazený dvěma talíři. Jeden (spodní) je otočný a jsou na něm přidělány lůžka, do kterých se zakládají těla hořáků. Na talíři otočného stolu je 4x lůžko pro malou velikost hořáku, 8x pro střední velikost hořáku a 4x pro velkou velikost hořáku. To vyplývá z počtu hořáku na finální sestavené desce. Druhý (horní) talíř je pevný a nelze s ním točit. Talíř slouží pro připevnění další nástavby. V našem případě se na tento stůl připevňuje konzola z VD8.



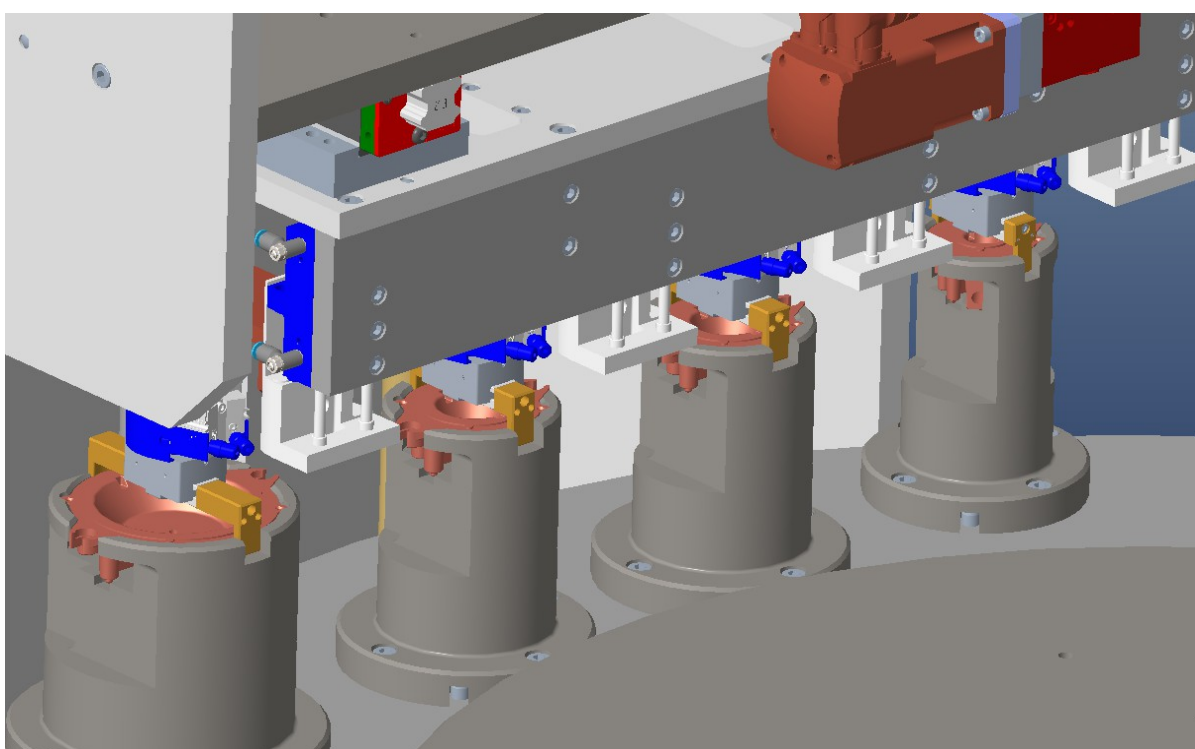
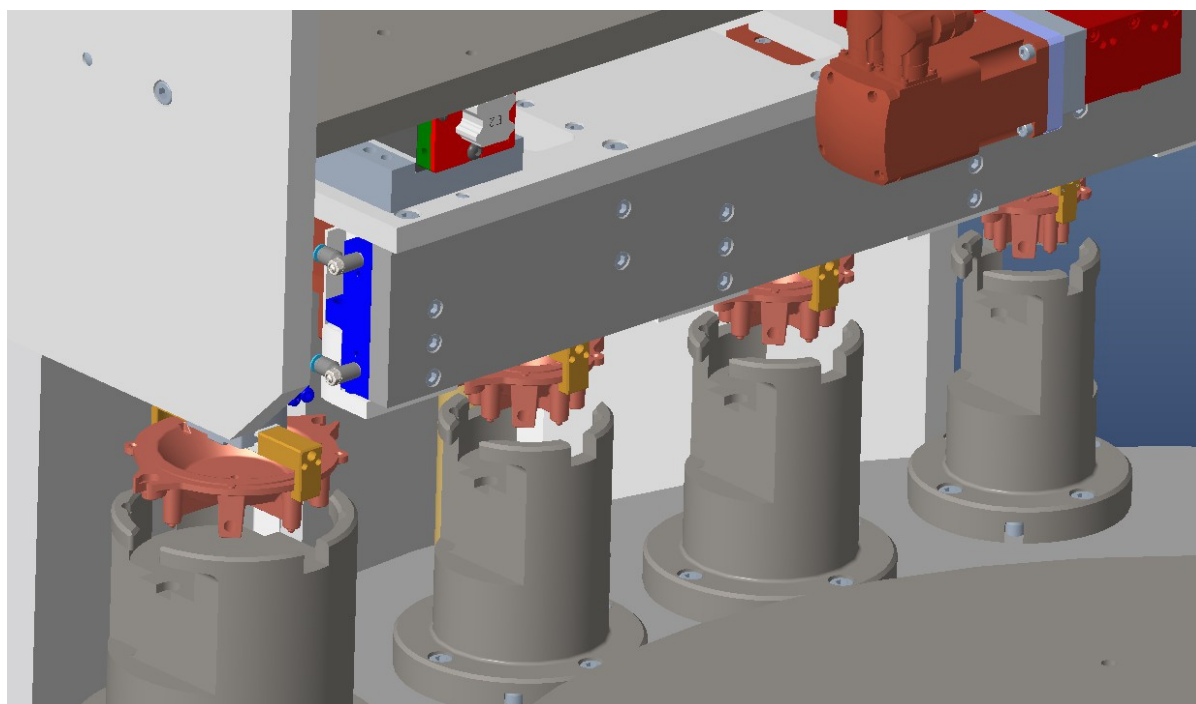
Obr.50) Lůžko pro velké tělo hořáku

Obr.51) Velké tělo hořáku založené v lůžku otočného stolu

V první pozici (VD1) otočného stolu jsou založeny 4 těla hořáků (1x malé, 2x střední, 1x velké) do lůžek na otočném stole. Lůžka nejsou univerzální a každá velikost těla hořáku má své lůžko. Těla jsou v lůžkách pozicována za dva čepy, které jsou ze spodní strany těl.



Obr.52) Polohování těla hořáku v lůžku otočného stolu



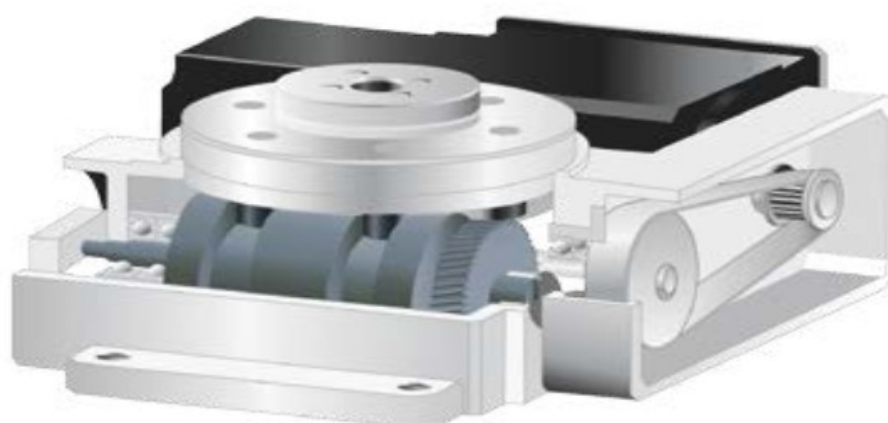
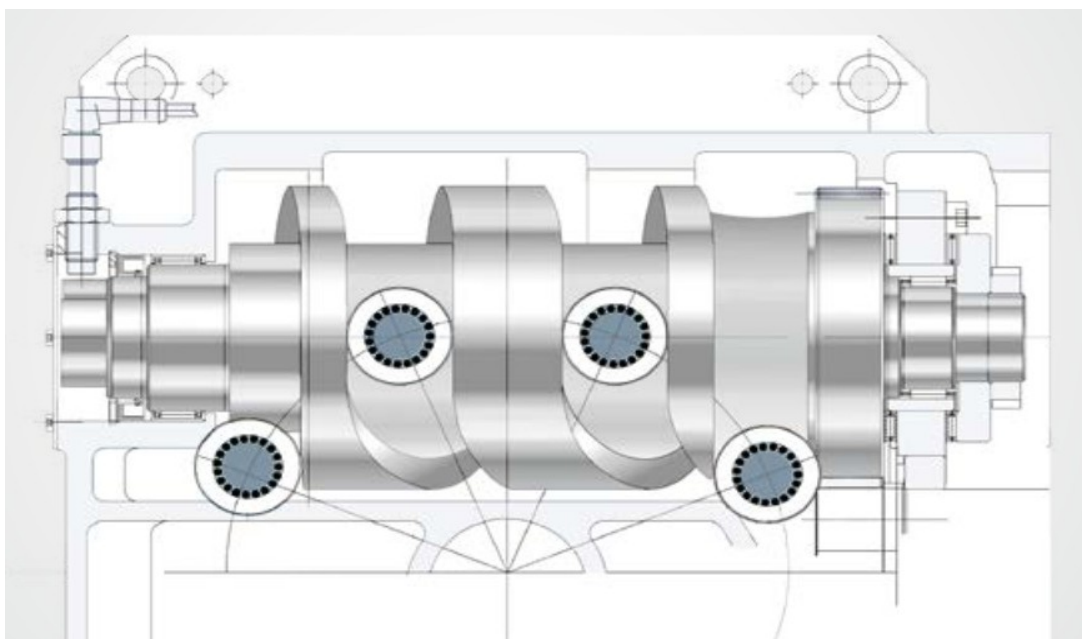
Obr.53) Najetí manipulační jednotky s zorientovanými těly hořáků nad otočný stůl.

Obr.54) Založení těl hořáků do otočného stolu.

Manipulační jednotka přesune ze zásobníku těl hořáků VD1 správně zorientované těla hořáků do pozice nad otočným stolem. V této pozici se vysunou saně mini, které založí všechny 4 těla hořáků do lůžek v otočném stole. V lůžkách jsou odebrány pro čelisti, které těla hořáků drží. Po založení těl hořáků se otevřou čelisti a zasunou se saně mini a operace odebrání těl hořáků ze zásobníků se opakuje. Lůžka mají vybrání okolo celého obvodu těla hořáku, proto je není nutné v otočném stole aretovat. V druhé pozici (VD4) otočného stolu se zakládá pojistka proti úniku plynu na těla

hořáků. Pojistka se v těle zajistí segrovým pojistným kroužkem.
V třetí pozici (VD7) otočného stolu se zakládají zapalovací elektrody na těla hořáků. Elektrody jsou zajištěny také segrovým pojistným kroužkem.
V čtvrté pozici (VD8) otočného stolu odebírá manipulátor jednotlivé podsestavy hořáků a zakládá je do lůžek v další pozici.

Otočný stůl je vybrán od firmy Weiss. Tato firma je jedním z hlavních dodavatelů otočných polohovacích stolů a otočných polohovacích prstenců. Při výběru otočného stolu jsem využil spolupráce firmy Stasto, která zastupuje firmu Weiss na českém trhu. Pro aplikaci je zvolen 4-polohový otočný stůl TC s pevným počtem poloh.



Obr.55) Otočný stůl weiss s pevným počtem poloh (Půdorys) (Datasheet) [27].
Obr.56) Otočný stůl weiss s pevným počtem poloh (3D pohled) (Datasheet) [27].

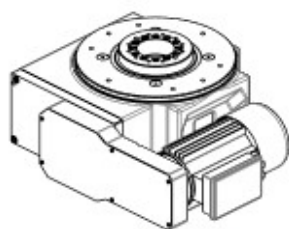
Tyto stoly fungují na principu šnekového převodu s částí, na které je nulového stoupání. Stoupání šnekového šroubu je vyrobeno tak, aby se střídala jeho nulová a určitá hodnota. Při otáčení stolu se pohybují ložiska otočné jednotky v stoupání s

určitou hodnotou. Jakmile dojde k zastavení otáčení, zastaví se i motor ložiska v části nulového stoupání šroubu. Přesností výroby šnekového převodu je dána přesnost polohování.

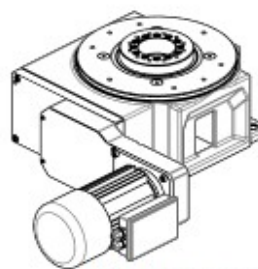
Při vybírání otočného stolu řady TC určujeme tyto parametry:

Způsob uchycení motoru k tělu otočného stolu. K tomu používáme předlohu motoru. V předloze je řemenový převod, který převádí kroučící moment z motoru do otočného stolu. Převod se také používá pro úpravu převodového poměru. Pro aplikaci je použitý nejběžnější uchycení motoru DP1.

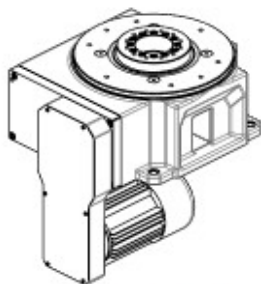
VERSIONS: DRIVE POSITION



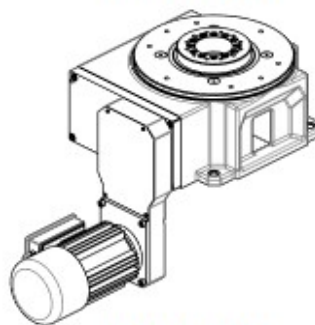
LATERAL INSIDE/DP 1



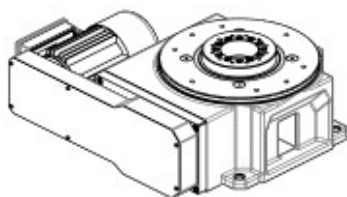
LATERAL OUTSIDE/DP 2



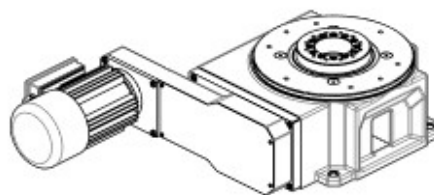
BELOW INSIDE/DP 3



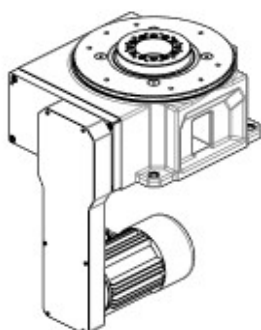
BELOW OUTSIDE/DP 4



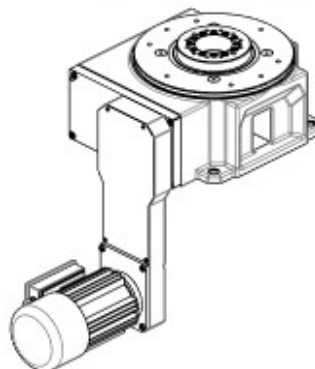
LATERAL INSIDE
MOTOR ON CAM SIDE/DP 5



LATERAL OUTSIDE
LONG DRIVE HOUSING/DP 6



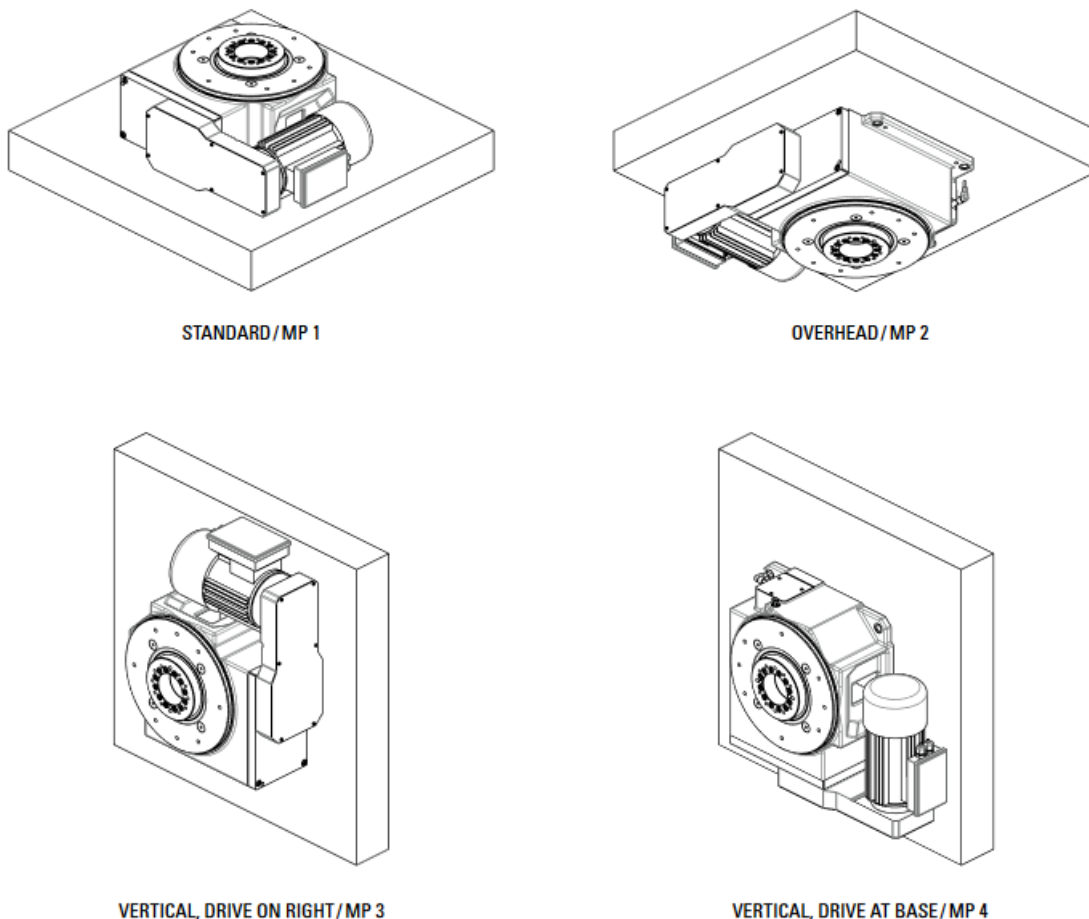
BELOW INSIDE
LONG DRIVE HOUSING/DP 7



BELOW OUTSIDE
LONG DRIVE HOUSING/DP 8

Další důležitý parametr při výběru otočného stolu je způsob uchycení celého stolu. Nejvhodnější uchycení těchto stolů je MP1 a MP2. V případech MP3 a MP4 dochází při otáčení k velkým setrvačným momentům. V aplikaci je zvoleno standardní uchycení otočného stolu MP1.

VERSIONS: MOUNTING POSITION



Obr.58) Způsoby uchycení otočného stolu (Datasheet). [27]

Otočné stoly TC firmou Weiss lze rozdělit podle maximálního průměru talíře, kterým stůl otáčí. V tomto případě je průměr talíře 1310 mm. Tomu odpovídá otočný stůl Weiss TC320T, který má maximální doporučený průměr talíře 1400 mm.

Weiss TC320T: [27]

Maximální průměr talíře stolu 1400 mm

Napájecí napětí 230/400 V

Frekvence 50 Hz

Přesnost polohování pro 4 polohy $\pm 20''$

Celková hmotnost včetně motoru 112 kg

Průměr vnitřního pevného talíře 150 mm

Přípustný moment pevného talíře 800 Nm

Přípustný moment náklonu pevného talíře 1800 Nm

Přípustný statický moment výstupní hřídele 600 Nm

Přípustný dynamický moment náklonu pevného talíře 2250 Nm

Po výběr velikosti otočného stolu je nutné vybrat rychlostní převod motoru. Ten je závislý na velikosti momentu setrvačnosti celého stolu s lůžky. Pro výpočet momentu setrvačnosti je potřeba znát hmotnosti a pozice jednotlivých lůžek těl hořáků. Na talíři otočného stolu jsou 4x velké lůžko, 4x střední lůžko v jedné pozici, 4x střední lůžko v druhé pozici a 4x malé lůžko.

Velké lůžko: Váha jednoho je 8,2 kg a leží na průměru 1136 mm.

Střední lůžko: Váha jednoho je 4,9 kg a leží na průměru 1006 mm.

Střední lůžko: Váha jednoho je 4,9 kg a leží na průměru 1028 mm.

Malé lůžko: Váha jednoho je 3,4 kg a leží na průměru 1166 mm.

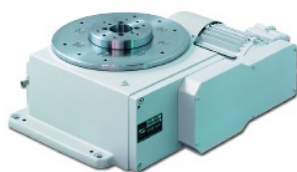
Výsledný celkový moment setrvačnosti je 48,76 kg.m², celková hmotnost je 193,3 kg. Z těchto výpočtů lze vybrat vhodný typ stolu a rychlostní stupeň motoru. [Vzor. 4)]



TC320T, 4, j

středa 27. května 2020 15:15:49

Martin Holíš
STASTO Automation s.r.o.
CZ 257 41 Týnec nad Sázavou
www.stasto.cz



Dělení: 4
Rychlostní stupeň: j
Čas taktu: 1,28 sec
Celkový čas taktu: 1,43 sec
Max. zatížení: 58,1 kgm²
dvojnásobný: ne
Hmotnost otočného stolu: 112 kg
Přesnost: +/- 20"
Přesnost při d=1310mm: +/-0,064 mm

Průměr desky:	<input type="text" value="1310,0"/> mm	Motor:	<input type="text" value="80L6"/>	Měníč:	<input type="text" value="---"/>
Zatížení (kg):	<input type="text" value="193,0"/> kg	Napětí motoru:	<input type="text" value="230/400V 50Hz"/>	Siemens EF2:	<input type="text" value="EF2150 (1.5kW 3x400V)"/>
Zatížení (kgm ²):	<input type="text" value="48,8"/> kgm ²	Číslo motoru:	<input type="text" value="507-806141101"/>	Lenze EF3:	<input type="text" value="EF3220T (2.2kW 400V/480V)"/>
		Pozice motoru:	<input type="text" value="DP1: bočně uvnitř"/>	Brzdný odpor:	<input type="text" value="---"/>
		Napětí na brzdě:	<input type="text" value="24V, 30W"/>		
		Příkon motoru:	<input type="text" value="0.55"/> kW		
		Motor-otáčky:	<input type="text" value="870"/> Ot./min		
		Proud motoru:	<input type="text" value="3.0/1.7"/> A		
		Hmotnost motoru:	<input type="text" value="12.0"/> kg		

Obr.59) 4-polohový otočný stůl TC320T s rychlostním stupněm j, který je vybraný výpočetním programem firmy Weiss.

Rychlostní stupeň lze také určit pomocí tabulky, která je v datasheetu firmy Weiss. V této tabulce jsou na vertikální straně počty poloh otočných stolů a na horizontální straně jsou rychlostní stupně. Z vypočítaného momentu setrvačnosti a počtu poloh otočného stolu 4, lze určit rychlostní stupeň j, který má rychlost taktu 1,28 s. Současně je zřejmé, že dovolený moment setrvačnosti tohoto rychlostního stupně je 58,1 kg.m². Otočný stůl je tedy lehce předdimenzovaný.

LOAD TABLE 50 Hz (On request: higher loads / custom indexing and switching times for 60 Hz mains frequency)

Indexing	Speed level															2-stage			
		s	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q
2	J _{2Max}	-	-	-	-	-	2.67	3.51	4.3	6.27	9.79	18	27.3	36.6	72	95.5	106	143	214
	t _i	-	-	-	-	-	0.61	0.69	0.75	0.89	1.06	1.37	1.64	2.07	2.64	3.04	3.3	3.72	4.55
3	J _{2Max}	-	-	-	-	3.15	4.26	5.58	6.81	10.3	15.3	28.1	42.6	72.8	127	175	212	280	446
	t _i	-	-	-	-	0.54	0.61	0.69	0.75	0.89	1.06	1.37	1.64	2.07	2.64	3.04	3.3	3.72	4.55
4	J _{2Max}	1.62 *	2.95 *	4.59	5.6	7.33	9.83	11.8	15.2	23.4	31.8	58.1	83.4	109	215	285	318	427	640
	t _i	0.3 *	0.36 *	0.42	0.45	0.51	0.57	0.64	0.7	0.83	0.99	1.28	1.53	1.93	2.46	2.83	3.08	3.47	4.25
6	J _{2Max}	3.9 *	6.89 *	9.57	11.6	15.1	20.2	26.2	31.9	48	71.1	129	187	246	485	641	716	961	1440
	t _i	0.3 *	0.36 *	0.42	0.45	0.51	0.57	0.64	0.7	0.83	0.99	1.28	1.53	1.93	2.46	2.83	3.08	3.47	4.25
8	J _{2Max}	7.1 *	12.4 *	18.97	24.2	31.4	42	54.4	66.1	98.4	128	233	334	439	862	1140	1270	1700	2560
	t _i	0.3 *	0.36 *	0.42	0.45	0.51	0.57	0.64	0.7	0.83	0.99	1.28	1.53	1.93	2.46	2.83	3.08	3.47	4.25
10	J _{2Max}	10 *	17.19 *	23.7	28.8	37.5	50	64.8	78.7	118	174	318	456	615	1170	1550	1780	2330	3500
	t _i	0.29 *	0.35 *	0.4	0.44	0.49	0.55	0.62	0.67	0.8	0.95	1.24	1.48	1.87	2.38	2.73	2.97	3.35	4.1
12	J _{2Max}	13.5 *	20.7 *	28.6	34.7	45.1	60.1	77.9	94.7	142	210	382	547	871	1410	1860	2200	2800	4200
	t _i	0.29 *	0.35 *	0.4	0.44	0.49	0.55	0.62	0.67	0.8	0.95	1.24	1.48	1.87	2.38	2.73	2.97	3.35	4.1
16	J _v	-	-	-	-	8.15 *	10.9 *	14.2	17.2	26	38.5	70.4	105	138	271	359	400	538	806
	t _i	-	-	-	-	0.22 *	0.25 *	0.28	0.3	0.36	0.42	0.55	0.66	0.83	1.06	1.21	1.32	1.49	1.82
20	J _v	-	-	-	-	12.29 *	16.4 *	21.3	25.9	37.7	57.7	105	159	215	424	561	626	841	1260
	t _i	-	-	-	-	0.22 *	0.25 *	0.28	0.3	0.36	0.42	0.55	0.66	0.83	1.06	1.21	1.32	1.49	1.82
24	J _v	-	-	-	-	17.24 *	22.3	27.2	40.9	60.5	110	167	285	498	686	872	1100	1650	
	t _i	-	-	-	-	0.25 *	0.28	0.3	0.36	0.42	0.55	0.66	0.83	1.06	1.21	1.32	1.49	1.82	
30	J _v	-	-	-	-	-	-	14.16 *	21.3 *	31.6	57.7	87.5	143	260	359	418	560	840	
	t _i	-	-	-	-	-	-	0.2 *	0.24 *	0.28	0.37	0.44	0.55	0.7	0.81	0.88	0.99	1.21	
36	J _{2Max}	-	-	-	-	-	-	17.03 *	25.6 *	37.9	69.3	103	179	308	431	581	738	1100	
	t _i	-	-	-	-	-	-	0.2 *	0.24 *	0.28	0.37	0.44	0.55	0.7	0.81	0.88	0.99	1.21	

J_{2Max} = max admissible mass inertia loading (kgm²) t_i = cycle time (sec.) Depending on motor size, electronics and time optimisation settings, the cycle time measured from the start signal to the electric position indication is approx. 80 - 130 ms longer than the value specified in the table (see also the note on page 17).

*EF2 - Control recommended to minimise brake wear (see page 48).

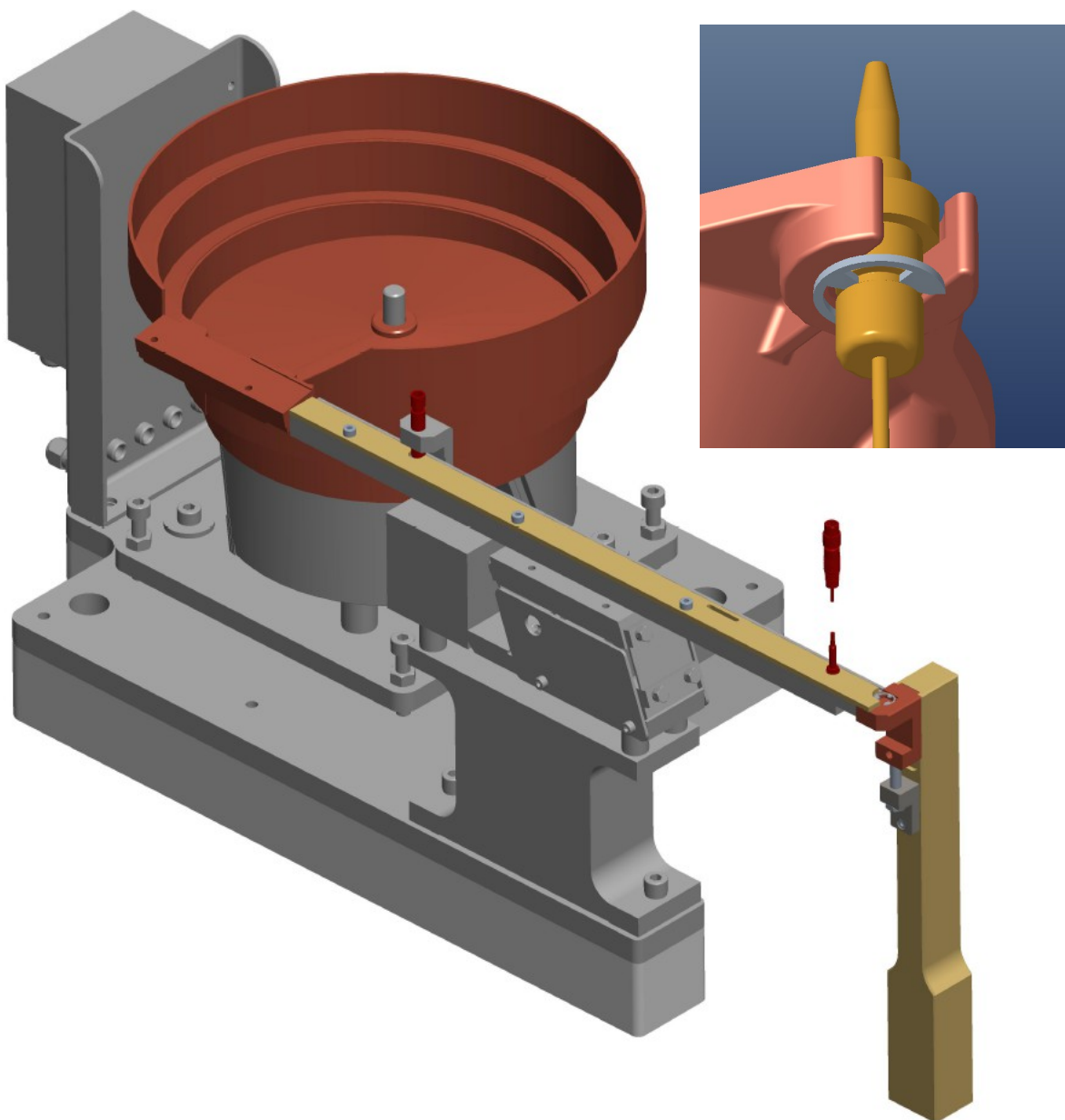
Obr.60) Tabulka pro výběr rychlostního stupně otočného stolu TC320T firmy Weiss (Datasheet) [27]

Pro dostatečnou tuhost celé sestavy otočného stolu je zvolena svařovaná konstrukce rámu. Konstrukce musí být také ukotvena k zemi, aby se zamezilo nežádoucímu posuvu sestavy při otáčení stolu a vibracím vzniklým od motoru nebo od setrvačných hmot.

Pro dodržení rovinnosti desky, na kterou otočný stůl šroubuje, je nutné horní část desky svařovaného stolu obrobít po svařování. Svařováním dochází k ohřevu materiálu, a tím k pnutí a kroucení materiálu.

5.4 VD3, VD6 Vibrační zásobník pojistného kroužku

Výrobní dávka VD3 a VD6 jsou naprosto totožné aplikace, proto je možné je sloučit do jedné kapitoly. U obojí výrobní dávky se jedná o podávání pojistného kroužku do stroje. Jedná se o pojistný třmenový kroužek ČSN 02 2929 (DIN 6799), který slouží k aretaci pojistky proti úniku plynu v hliníkovém těle hořáku. Kroužek má vnitřní průměr 6 mm a vnější průměr 12 mm.

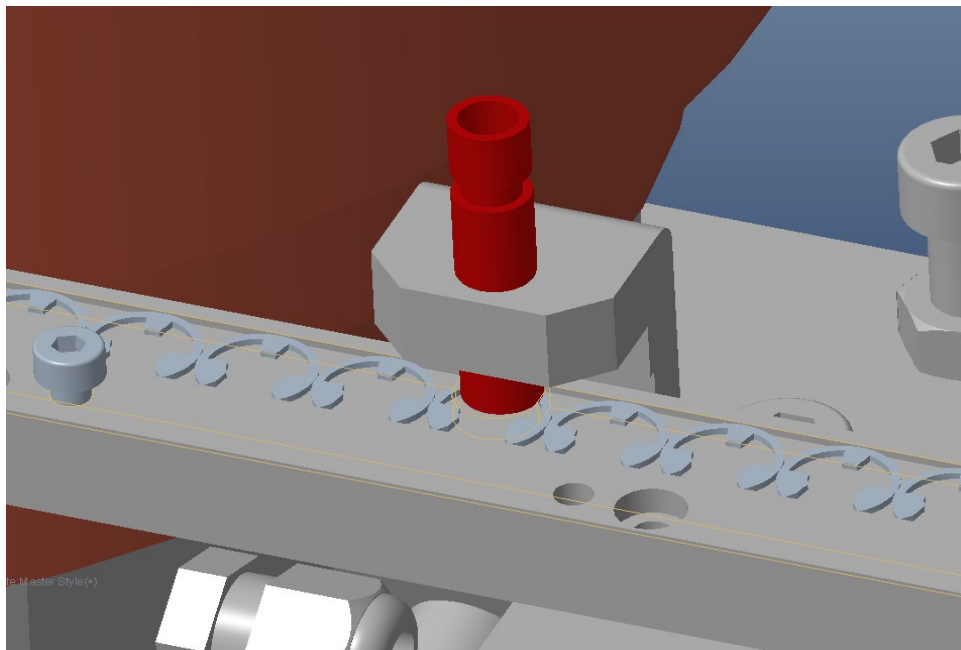


Obr.61) Vibrační zásobník pro podávání pojistného třmenového kroužku

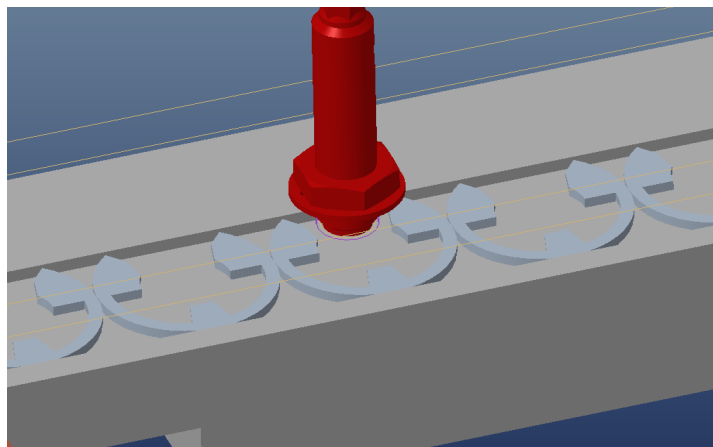
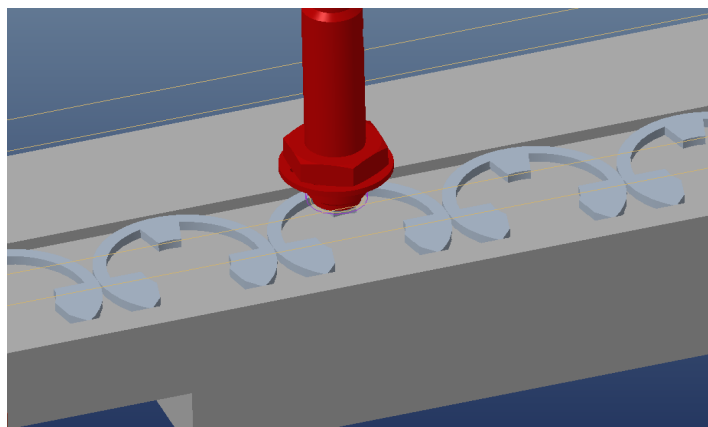
Obr.62) Aretace pojistky proti úniku plynu v hliníkovém těle hořáku.

Pro podávání kroužku je použitý zakázkově vyrobený vibrační zásobník. Ten se používá pro kusovou dopravu komponent. Cílem vibračního zásobníku je zorientovaný kus oddělit od ostatních kusů v zásobníku a dopravit ho na místo kde dojde k jeho odebrání.

Kroužek se pomocí vibrační a postupného tlačení kusů z bubnu posouvá lištou do odebíracího lůžka. Ve vodící liště je indukční snímač, který snímá postupné posouvání kroužků. Slouží také ke kontrole, že se kroužek nezasekl v nějakém místě u vstupu do lišty.

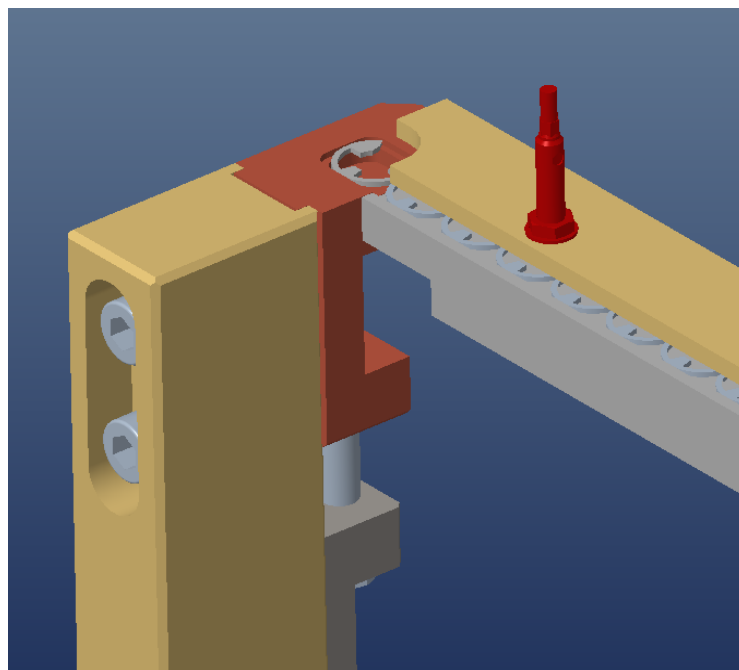


Obr.63) Snímání posouvaného pojistného kroužku ve vodící liště.



Obr.64) Snímání dvou možností orientace pojistného kroužku

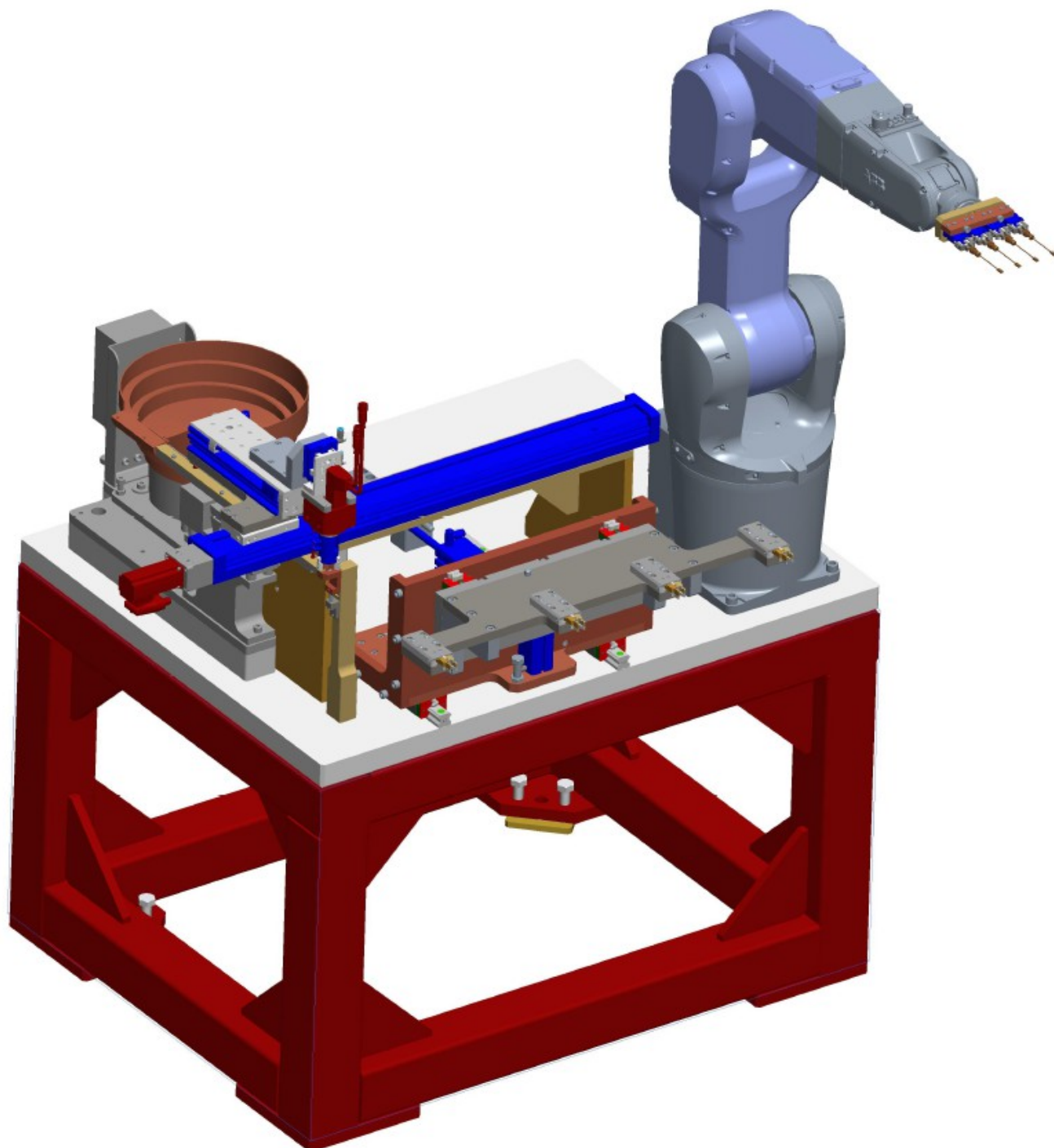
Vzhledem k tvaru pojistného kroužku lze vidět, že může být zorientovaný ve vodící liště dvěma způsoby. Tento problém je vyřešen indukčním snímačem firmy Balluff BES M04EC-PSC10B-EP00,3-GS26 [28] vloženým do horní desky vodící lišty. Tímto způsobem lze rozlišit orientaci pojistného kroužku.



Obr.65) Dopravení pojistného kroužku do odebíracího lůžka.

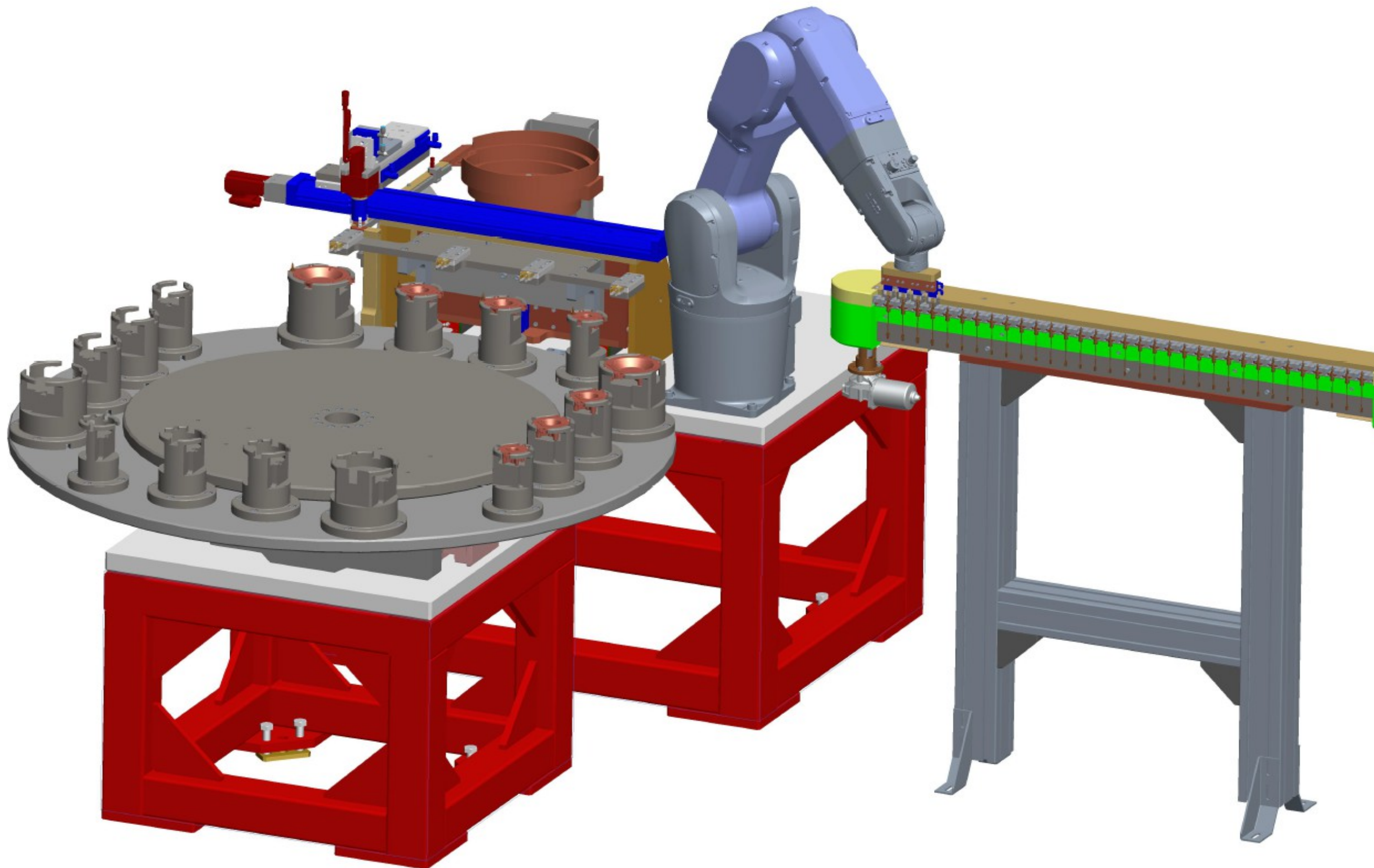
Pojistný kroužek se postupně přesune do odebíracího lůžka. Lůžko je připevněno na sloupek. Pro správné nastavení a jemné doladění výšky lůžka je k sloupku připevněn stavěcí šroub.

5.5 VD4 Manipulátor (robot) pro založení pojistek proti úniku plynu



Obr.66) Stanice pro zakládání pojistek proti úniku plynu VD4

Stanice je určena pro odebrání pojistky proti úniku plynu ze zásobníku VD2 a následné vložení pojistek na těla hořáků v lůžkách v 4-polohového otočného stolu. Pojistky jsou poté zajištěny v těle hořáku pojistnými kroužky.



Obr.67) Odebrání pojistek proti úniku plynu robotem

Pro manipulaci a odebrání pojistek ze zásobníku VD2 je použitý 6-ti-osý robot firmy ABB **IRB 1200-5/0.9** [29]:

Nosnost robota – 5 kg

Dosah ramene robota – 0,9 m

Počet os otáčení – 6

Řízení robota – IRC5 Compact

Zrychlení os 0-1 m/s – 0,06 s

Opakovatelná přesnost – 0,025 mm

Napájení – 200-600 V, 50-60 Hz

Potřebný výkon – 0,39 kW

Váha robota – 54 kg

Maximální hlučnost robota – 70 dB

Možnosti otáčení os:

Osa 1: +170° až -170° (maximální rychlost osy 288 °/s)

Osa 2: +135° až -100° (maximální rychlost osy 240 °/s)

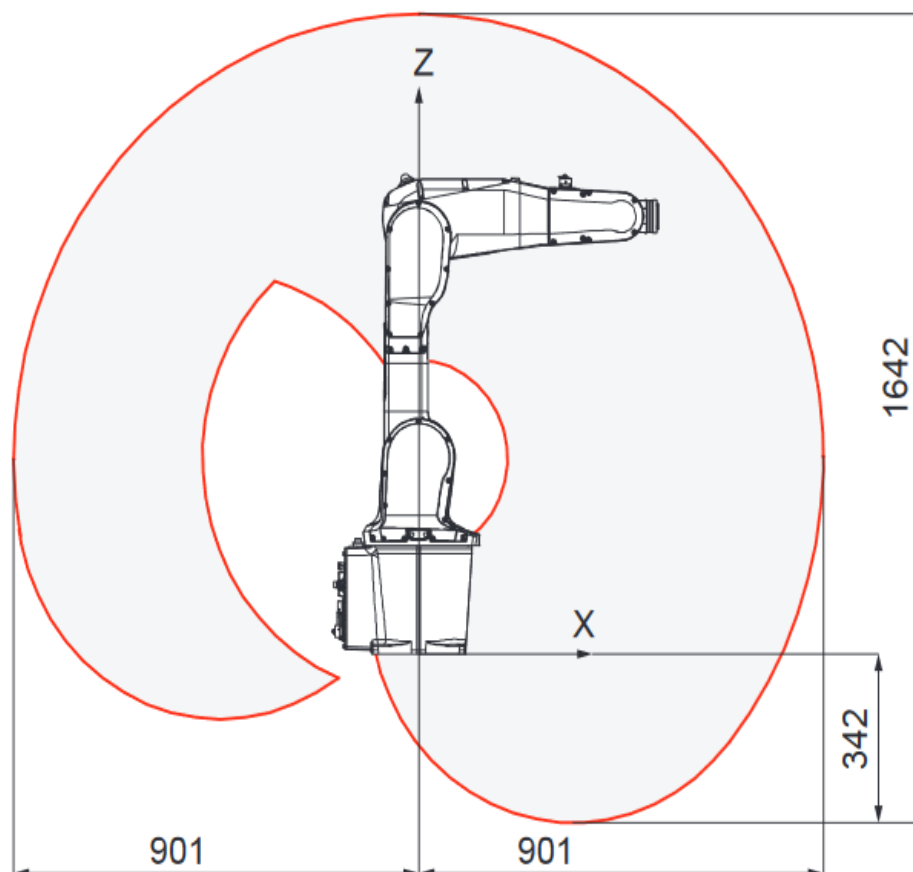
Osa 3: +70° až -200° (maximální rychlost osy 300 °/s)

Osa 4: +270° až -270° (maximální rychlost osy 400 °/s)

Osa 5: +130° až -130° (maximální rychlost osy 405 °/s)

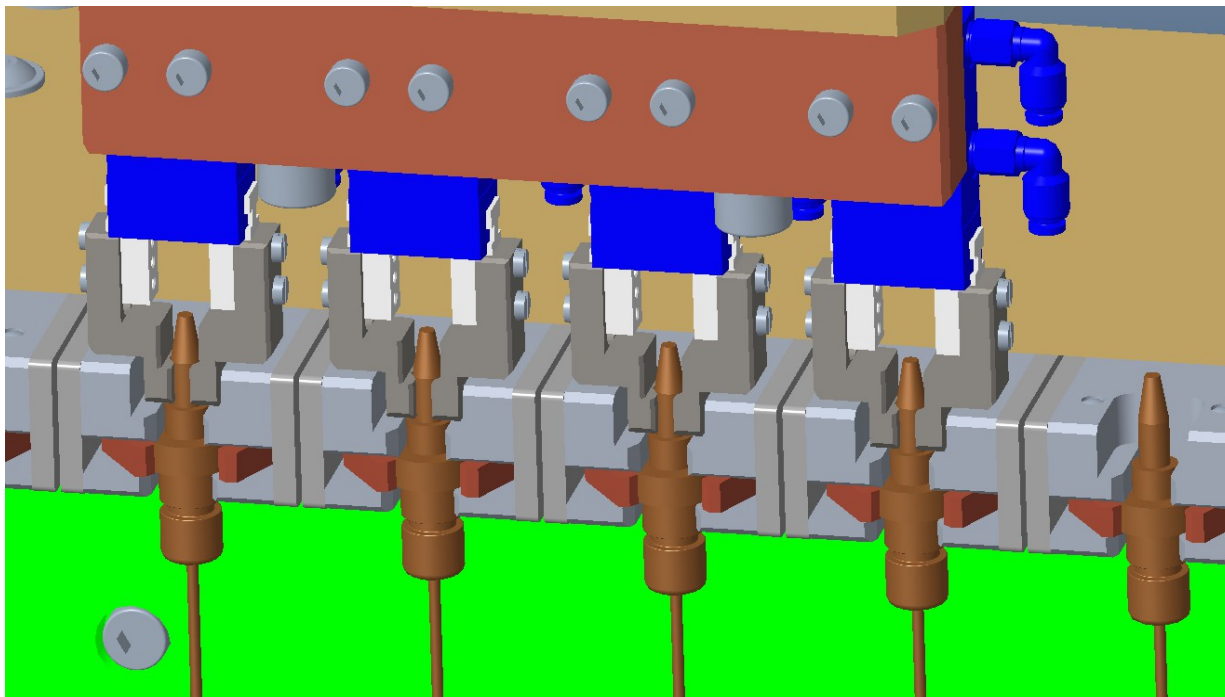
Osa 6: +400° až -400° (maximální rychlost osy 600 °/s)

Working range, IRB 1200 5/0.9



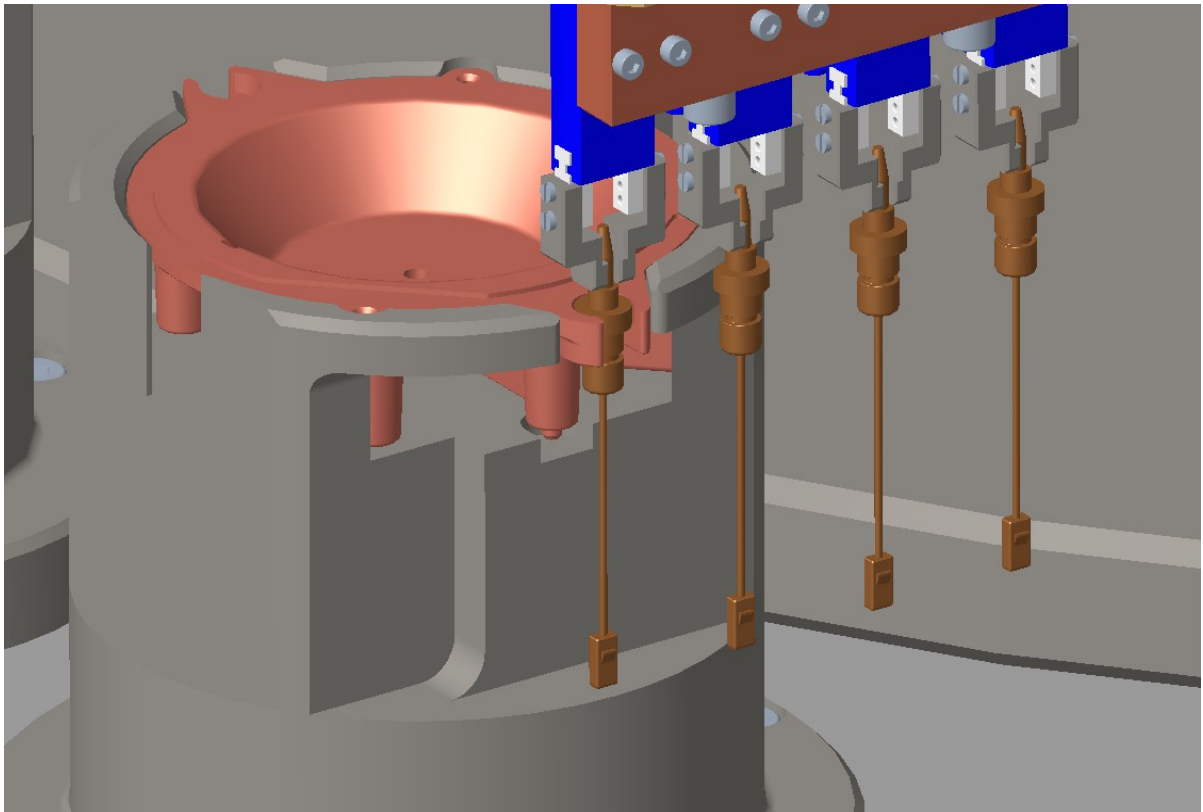
Obr.68) Pracovní prostor robota IRB1200-5/0.9 (Datasheet) [29]

Robot s 6-ti osami je zvolen z toho důvodu, aby se snadno vyhnul úzkým prostorám a nedošlo ke kolizi s dalšími stanicemi montážní linky. Robot přesune 4 grippery s čelistmi nad pojistky v zásobníku.



Obr.69) Odebrání 4 pojistek proti úniku plynu ze zásobníku

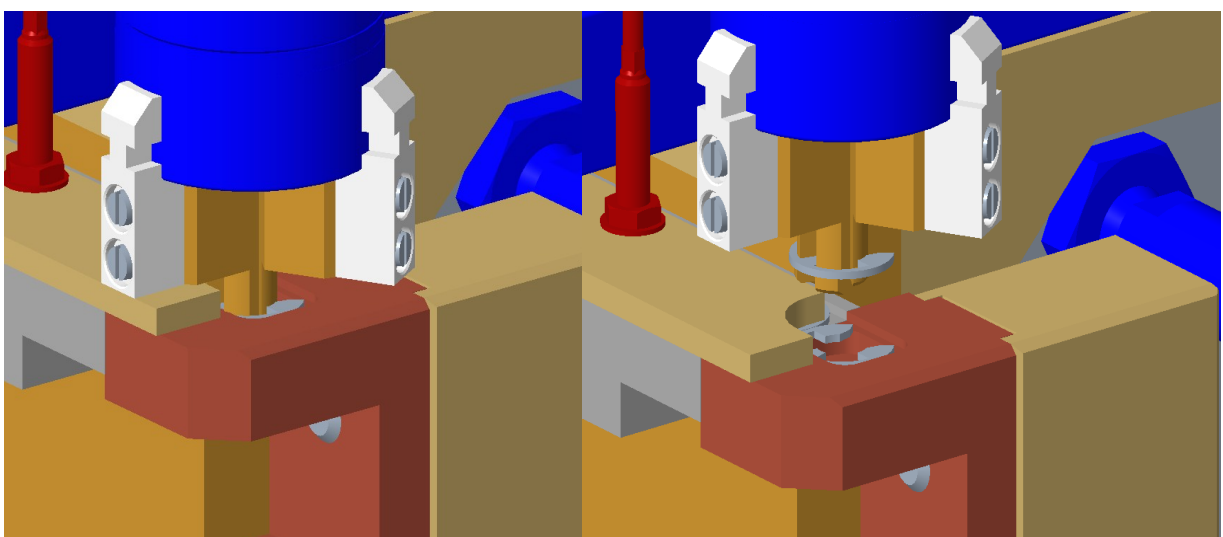
Gripper, které jsou od firmy Festo DHPS-6-A [30], se sevřou a uchopí 4 pojistky zároveň. Poté robot vysune všechny 4 pojistky ven ze zásobníku. Tvar čelistí je prizmatický z toho důvodu, že upínáme válcový tvar. Robot přesune pojistky na těla hořáků do otočného stolu. Pohyb robota musí být plynulý a pomalý natolik, aby se do sebe nezamotaly kabely s konektory, které jsou na konci každé pojistky a visí dolů. Také je nutné zachovat rovinu koncové osy tak, aby kabely visely neustále dolů. Robot zakládá pojistky do těl hořáků postupně po jednom. Po založení všech 4 pojistek se celý cyklus opakuje. Mezi tím co robot zakládal pojistky do těl hořáků, se posunul zásobník VD2 tak, aby mohl robot odebrat další 4 pojistky ze zásobníku.



Obr.70) Zakládání pojistek proti úniku plynu do těl hořáků

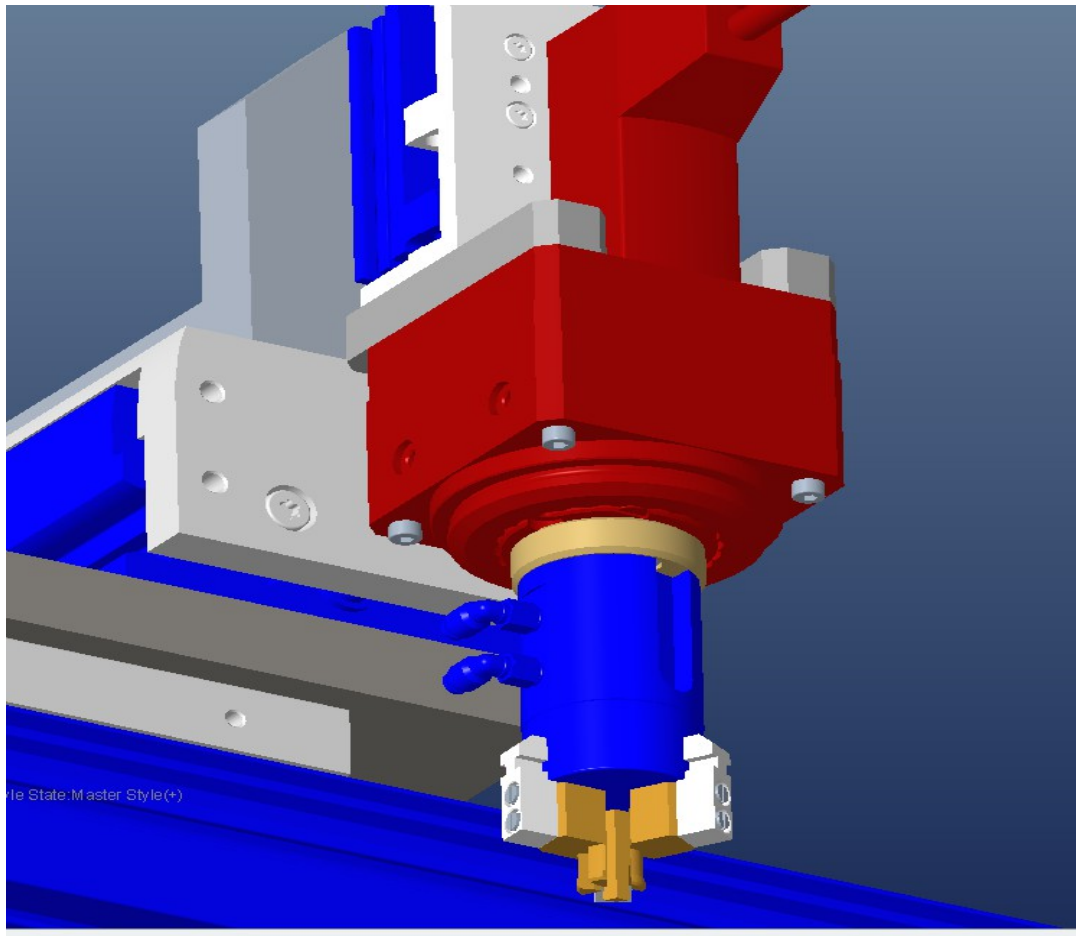
Poté následuje další operace, při které se pojistky proti úniku plynu v tělech hořáků zajistí pojistným kroužkem ze zásobníku VD3.

Tato operace začíná odebráním pojistného kroužku z odebíracího lůžka ze skupiny VD3. Manipulátor odebere pouze jeden pojistný kroužek.

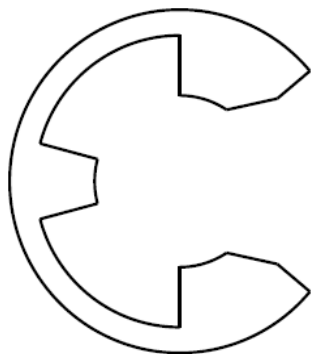


Obr.71) Odebrání pojistného kroužku z lůžka

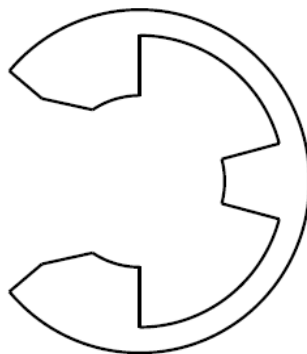
Pro uchopení kroužku je použit 3-čelist'ový gripper firmy Festo DHDS-16-A [31]. Po odebrání kroužku přesune vibrační zásobník do odebíracího lůžka další kroužek. Čelisti mají malé osazení kvůli tomu, aby z nich kroužek nemohl spadnout.



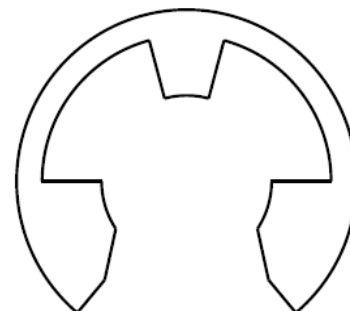
Obr.72) Manipulátor pro odebrání a zakládání pojistného kroužku



ORIENTACE V ODEBÍRACÍM
LŮŽKU 1)



ORIENTACE V ODEBÍRACÍM
LŮŽKU 2)



ZAKLÁDACÍ ORIENTACE

Obr.73) Orientace pojistného kroužku

Pojistný kroužek může být v odebíracím lůžku orientován dvěma směry. Čelisti jsou však navrženy tak, aby odebraly kroužek jen v jednom směru orientace (nejsou univerzální). Orientaci kroužku lze zjistit indukčním snímačem viz. (obr. 62). Kroužek je potřeba otočit po odebrání do zakládací orientace, což znamená buď o 90° doprava nebo o 90° doleva. K otočení pojistného kroužku do zakládací orientace je použit

elektrický otočný pohon firmy Festo **ERMO-12ST-E** [32]:

Velikost otočného pohonu – 12

Elektromechanický otočný pohon s integrovanou převodovkou

Úhel kyvu – nekonečný

Převodový poměr – 9:1

Jmenovitý krouticí moment – 0,15 Nm

Jmenovité otáčky – 100 ot/min

Opakovatelná přesnost – $\pm 0,05^\circ$

Maximální osová síla – 180 N

Maximální radiální síla – 200 N

Přípustný moment setrvačnosti – 0,0003 kg.m²

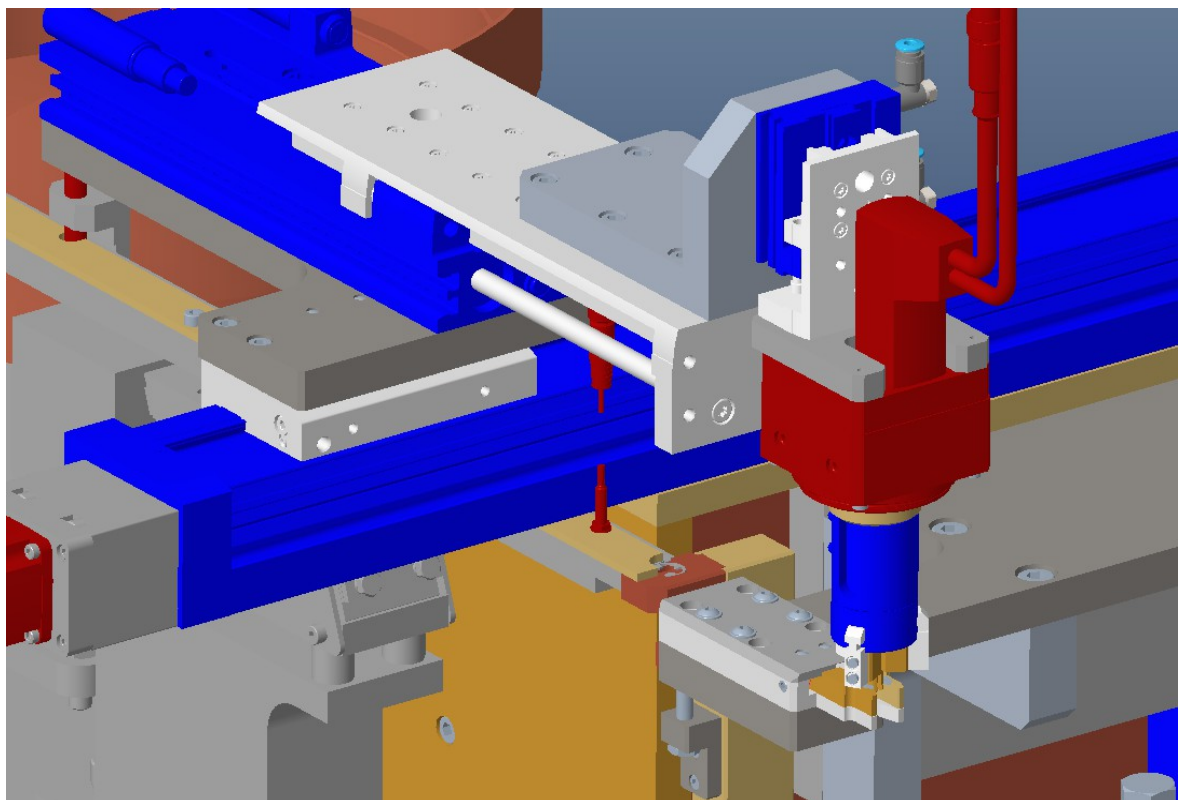
Hmotnost pohonu – 475 g

Odměrování polohy – optické odměrování

Druh motoru – krokový motor

Čidlo polohy rotoru – inkrementální enkodér

Pneumatický gripper je s otočným pohonem spojen přírubou. Pneumatický přívod ke gripperu je, vzhledem k úhlu kyvu $\pm 90^\circ$, vyřešen průvěsem hadic pro přívod vzduchu. Otočný pohon je zvolen elektrický, kvůli třem pozicím, do kterých se musí kroužek orientovat. Pneumatický gripper a elektrický otočný pohon jsou připevněny k pneumatickým saním mini firmy Festo DGST-10-10-E1A [12], které slouží k odebírání a zakládání kroužku. Při odebírání a zakládání jsou saně mini ve vysunuté poloze a při přesunu kroužku v zasunuté poloze. Signalizace vysunutí a zasunutí saní je pomocí magnetického snímače.



Obr.74) Založení zorientovaného kroužku do čelistí pro nasazení kroužku na pojistku proti úniku plynu

Po odebrání kroužku z odebíracího lůžka a zorientování do základací orientace se vysunou pneumatické saně mini firmy Festo DGST-20-125-Y12A [12]. Signalizace vysunutí a zasunutí saní je pomocí magnetického snímače. Tyto saně přesunou zorientovaný kroužek nad čelisti, které slouží k nasazování kroužku na pojistku v těle hořáku. Saně mini DGST se vyznačují tím, že mají podpurné vedení pístnice. Vedení slouží k přesnějšímu pohybu při vysouvání a také k přenesení větších klopných momentů. Saně mají nastavitelné dorazy, které slouží k omezení zdvihu a také k tlumení nárazu.

K zajištění všech pojistek, které robot založí na těla hořáků je potřeba použít 4 čelisti pro nasazení kroužků na všechny pojistky. Celý manipulátor, který odebírá a orientuje kroužky ze stanice VD3 je připevněn konzolou k příčné elektrické lineární ose. Tato lineární osa slouží k přejíždění manipulátoru na další čelisti pro nasazování kroužků. Vzhledem k nízkým momentům, které vznikají převážně po vysunutí pneumatických saní s manipulátorem lze použít elektrickou lineární osu s vřetenem firmy Festo:

EGC-70-630-BS-10P-KF-0H-GK [33]

Velikost osy – 70

Maximální zdvih – 630 mm

Průměr vřetena – 12 mm

Stoupání vřetena – 10 mm/ot

Vedení – kuličková oběžná pouzdra

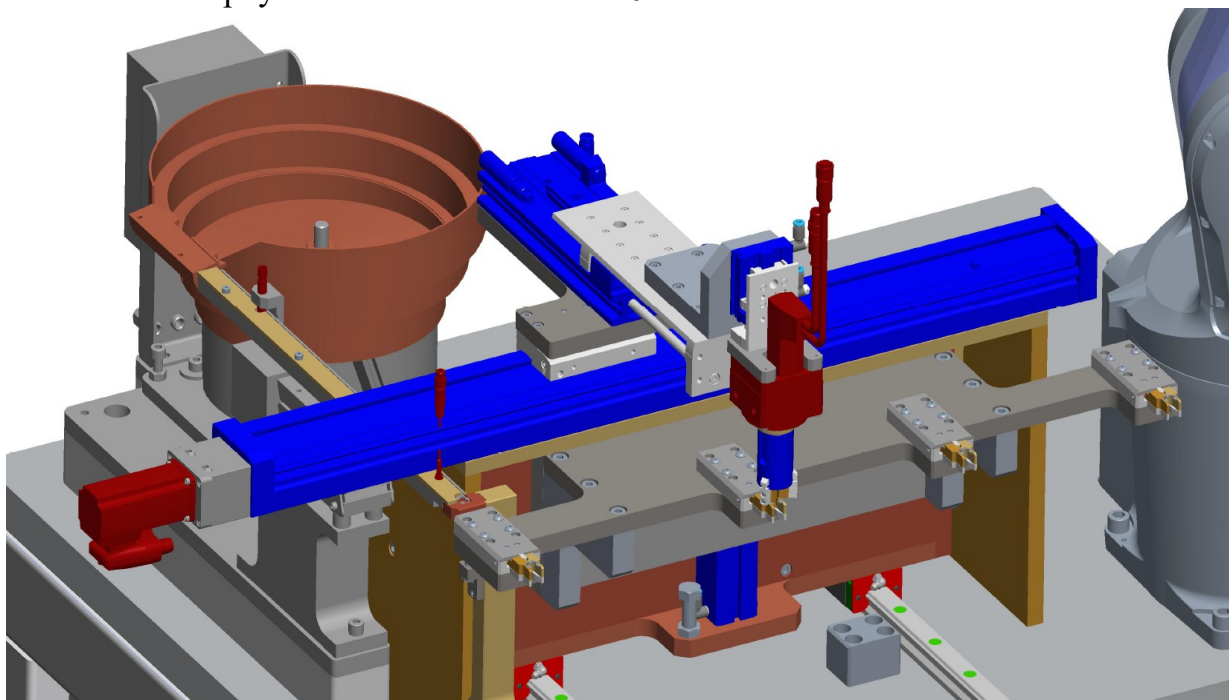
Maximální rychlost – 0,5 m/s

Maximální zrychlení – 15 m/s²

Opakovatelná přesnost – $\pm 0,02$ mm

Maximální posuvová síla – 400N

Maximální klopný moment kolmo k ose – 16 Nm



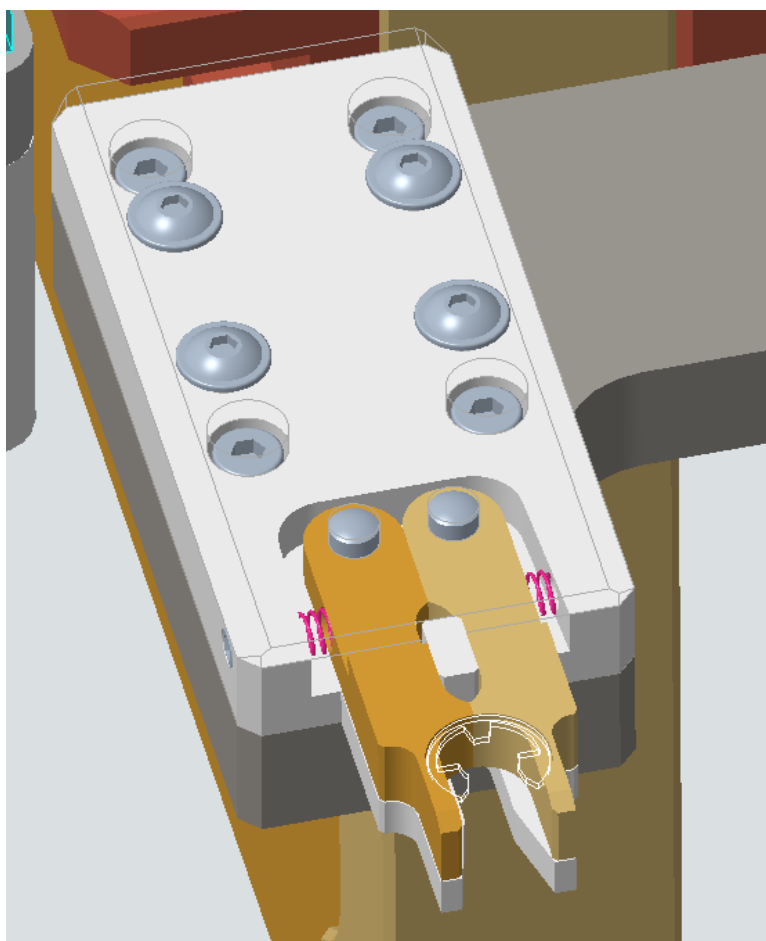
Obr.75) Manipulátor pro založení zorientovaného kroužku do všech čelistí pro nasazení kroužku na pojistku proti úniku plynu

Jako motor pohonu je zvolen doporučený servomotor firmou Festo:

EMME-AS-40-S-LV-AS [34]

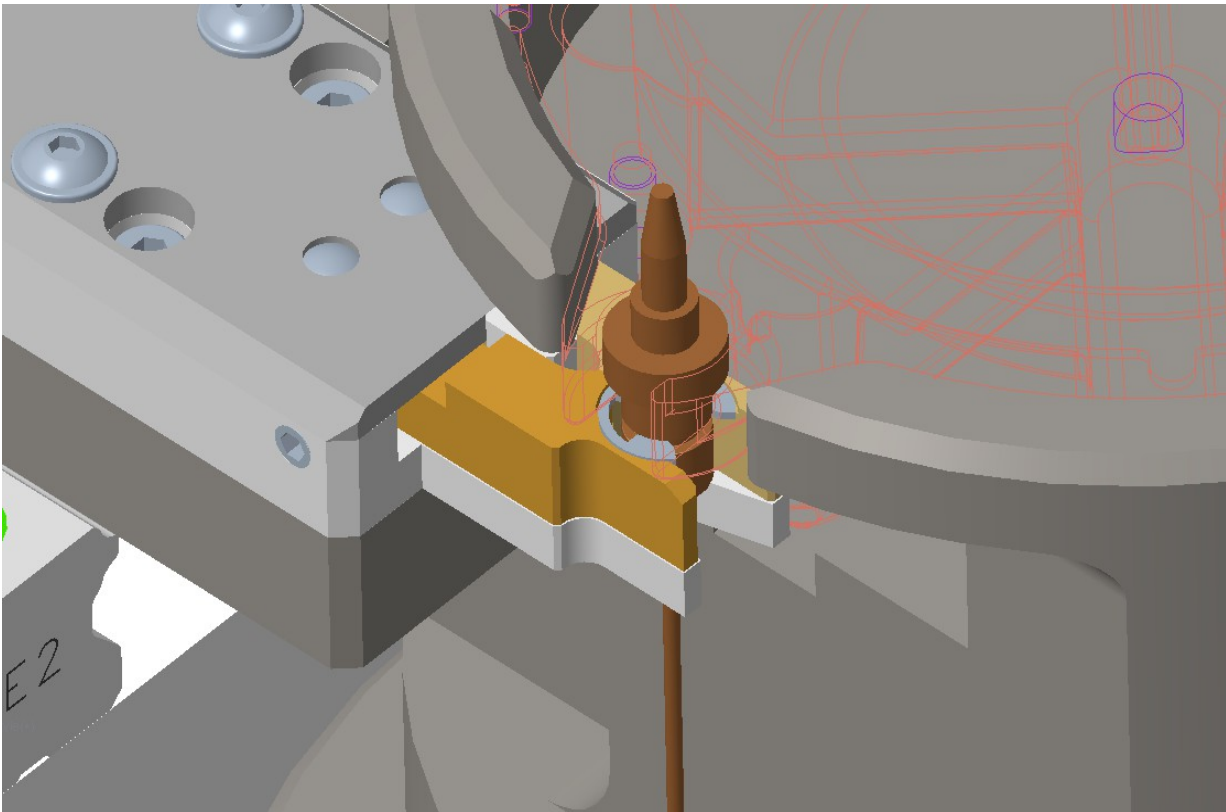
Jmenovitý krouticí moment – 0,12 Nm
Špičkový krouticí moment – 0,7 Nm
Jmenovité otáčky motoru – 9000 ot/min
Maximální otáčky motoru – 10000 ot/min
Jmenovitý výkon motoru – 110 W
Jmenovitý proud motoru – 0,7 A
Špičkový proud motoru – 3,2 A

Pro upevnění motoru na pohon je použita doporučená axiální konstrukční sada EAMM-A-S38-40P-G2 [35].

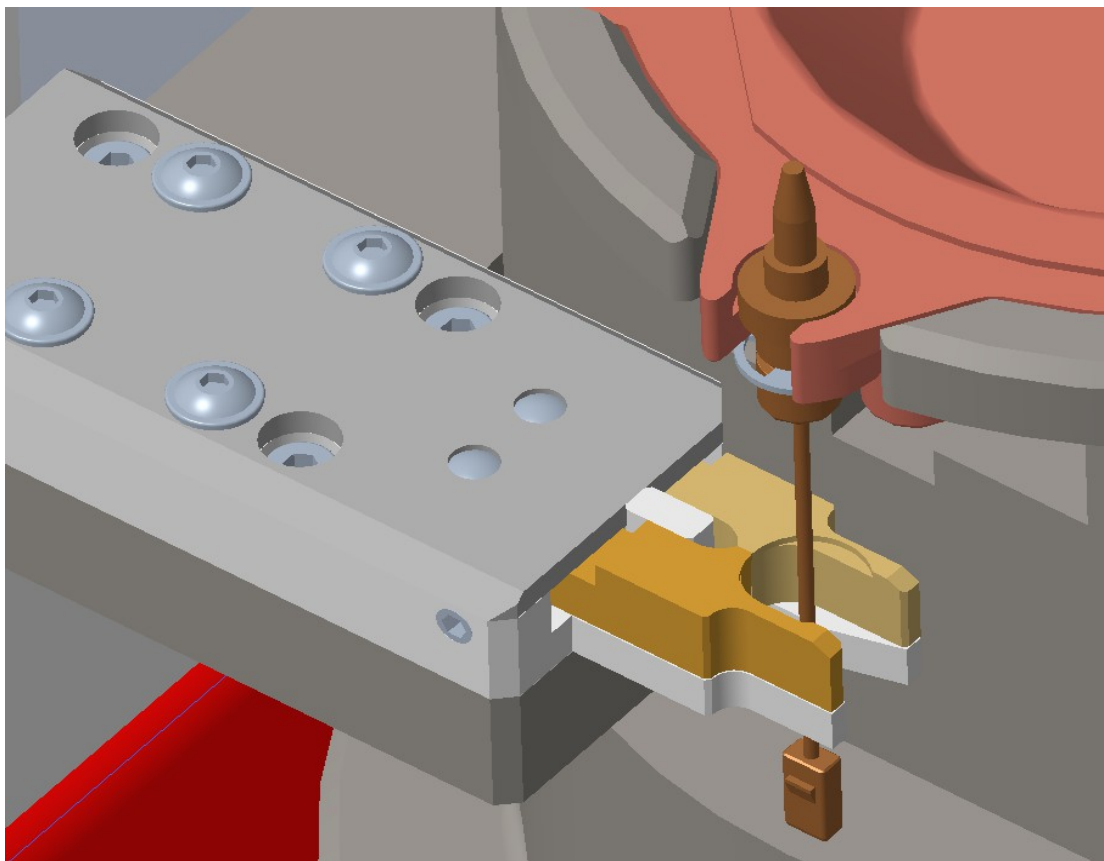


Obr.76) Čelisti pro nasazení kroužku na pojistku proti úniku plynu

Nasazovací čelisti tvoří dva palce, které se otáčejí kolem kaleného kolíku v tělese čelistí. Palce jsou pružinkami tlačeny k sobě. Tím tvoří, vybrání v obou palcích, lůžko pro pojistný kroužek. Jakmile manipulátor založí pojistný kroužek do čelistí, dojde k vysunutí všech 4 čelistí s kroužky a nasunutí pojistných kroužků na pojistky proti úniku plynu, které jsou v tělech hořáků. Všechny 4 čelisti jsou připevněny na horní desce konzoly.

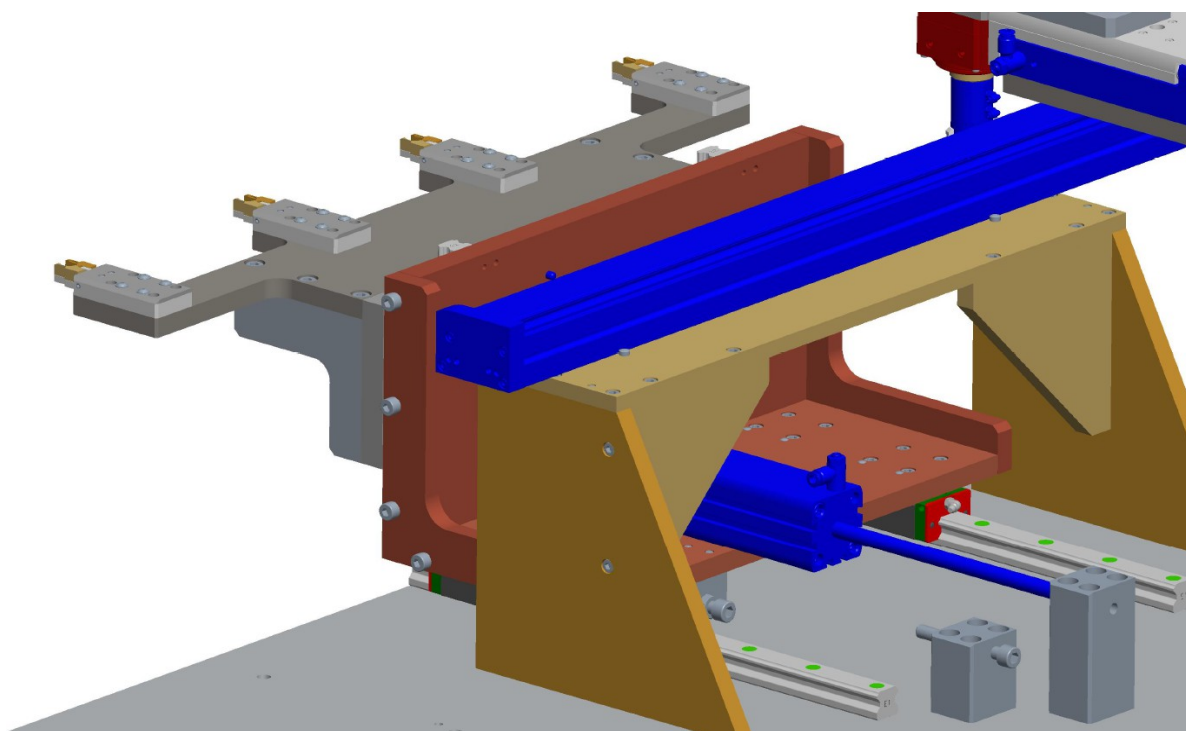


Obr.77) Nasunutí pojistného kroužku na pojistku proti úniku plynu

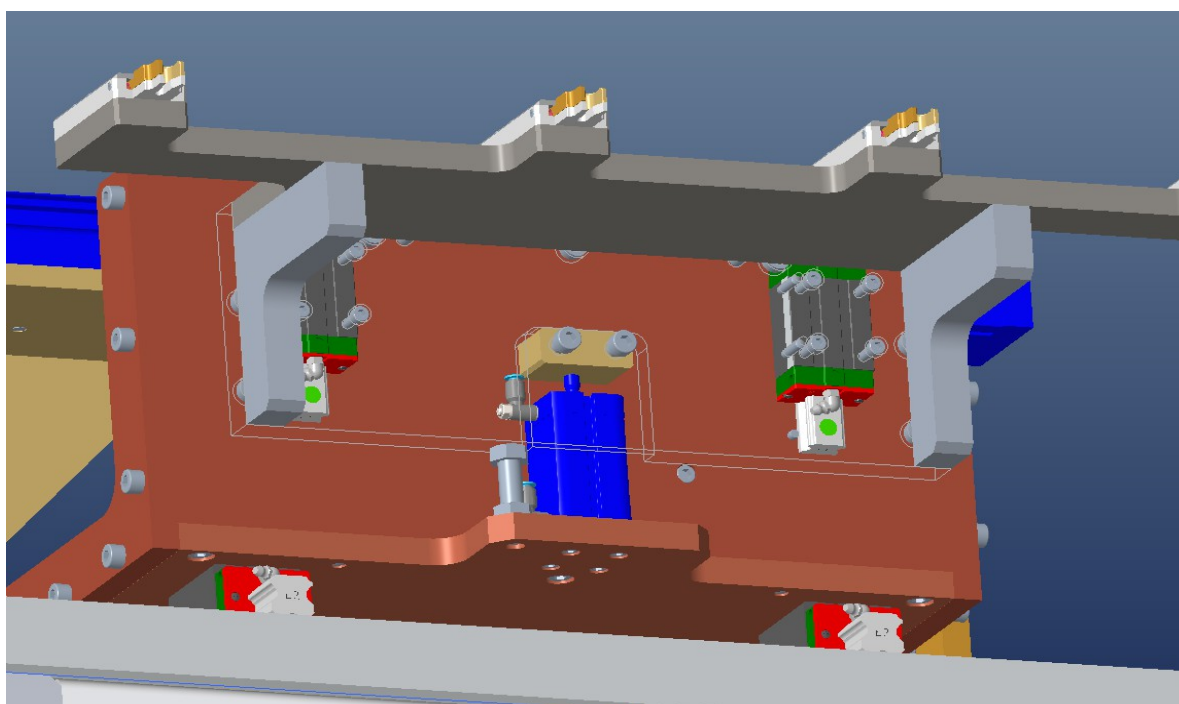


Obr.78) Pohyb dolů, aby nedošlo k stržení kroužku z pojistky

Při nasouvání kroužku na pojistku dojde k tomu, že se začne zvětšovat vnější průměr pojistného kroužku. Zvětšování průměru je kompenzováno tím, že jsou palce čelistí odpruženy. Jakmile dojde k nacvaknutí kroužku palce, čelisti se opět stlačí pružinkami k sobě. Po aretaci pojistky v těle hořáku se čelisti posunou směrem dolů, aby nedošlo ke stržení pojistného kroužku z pojistky. Poté se čelisti přesunou opět do pozice, ve které bude manipulátor zakládat kroužky ze stanice VD3 do nasazovacích čelistí.

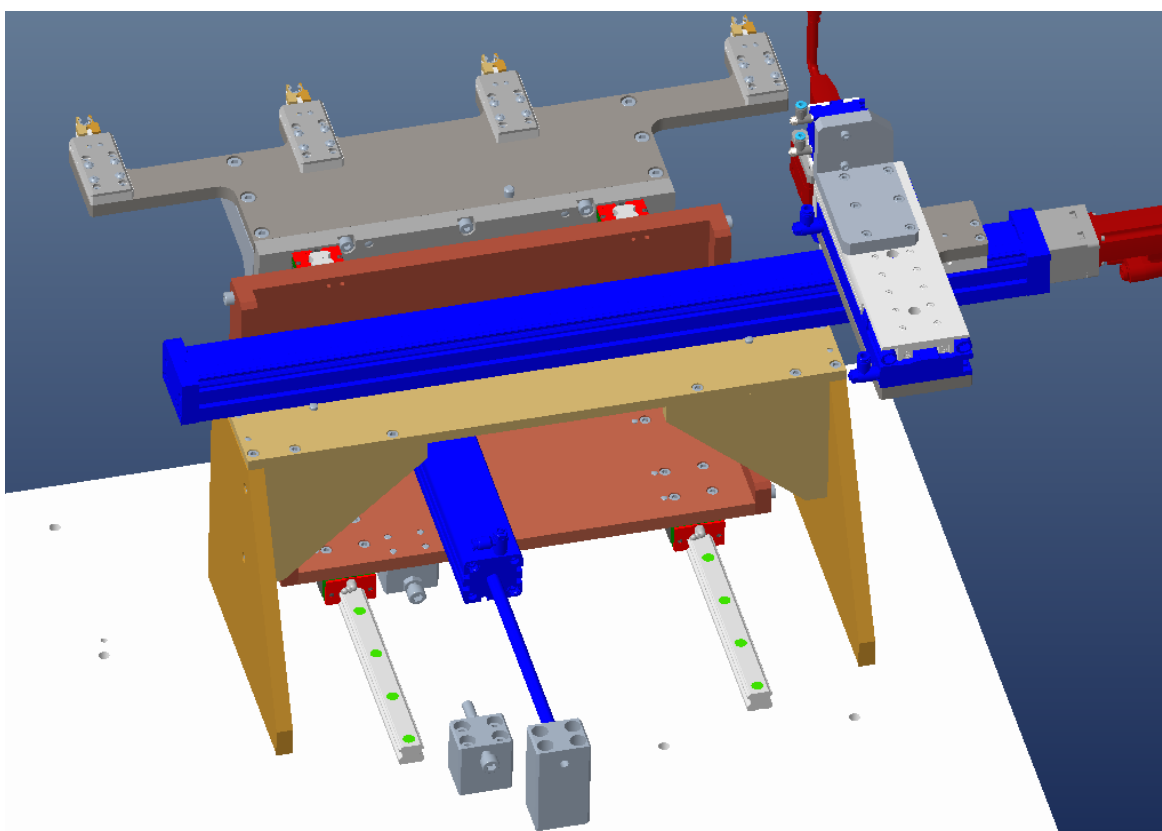


Obr.79) Jednotka pro posuv čelistí pro zakládání pojistného kroužku



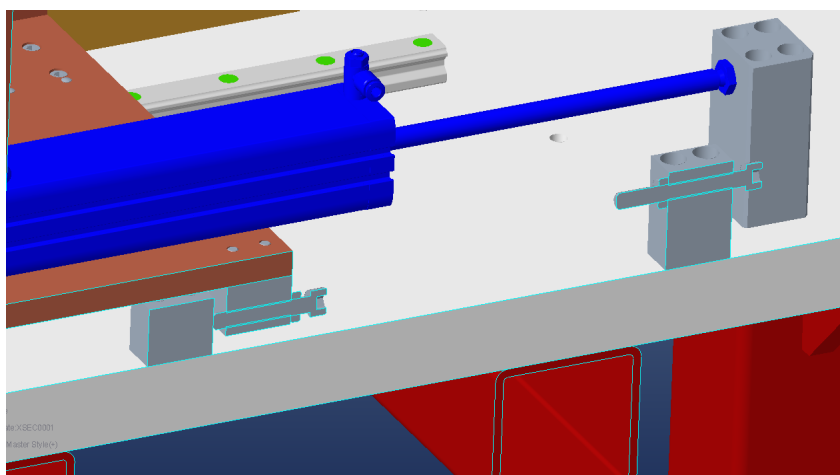
Obr.80) Jednotka pro posuv čelistí pro zakládání pojistného kroužku

Čelisti pro nasazování kroužků jsou připevněny na konzole. Konzola se pomocí pneumatického válce firmy Festo ADN-25-35-A-P-A [36] posouvá nahoru a dolů. Signalizace vysunutí a zasunutí válce se děje pomocí magnetického snímače. Pneumatický válec je po celou dobu montáže vysunutý a po nasazení kroužku se zasune, tím se zamezí stržení kroužku z pojistky při pohybu konzoly zpět. Síla při pohybu vysouvání pneumatického válce je 295N při tlaku 6 barů. Tato síla je dostatečná pro zvednutí celé konzoly s čelistmi. Konzola je připevněna na dvou kuličkových lineárních vedeních, které přenáší klopné momenty způsobené vysunutou konstrukcí. Lineární vedení jsou od firmy Hiwin HGH20CA1R140Z0H [22]. Maximální zatížení lineárního vedení klopným momentem je 510Nm. Nastavení omezení zdvihu pneumatického válce je pomocí šroubu a šroubovici na pístnici válce.

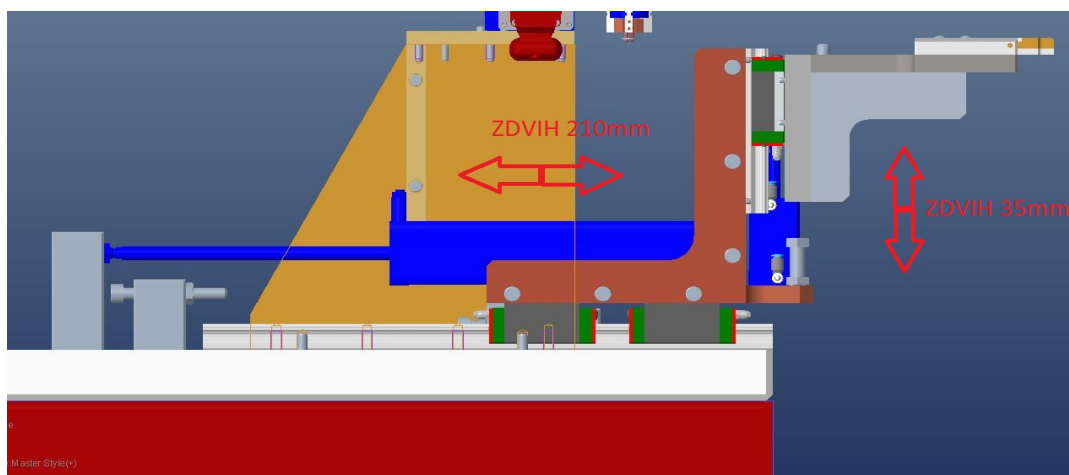


Obr.81) Pohyb vpřed pro nasazování kroužku na pojistky

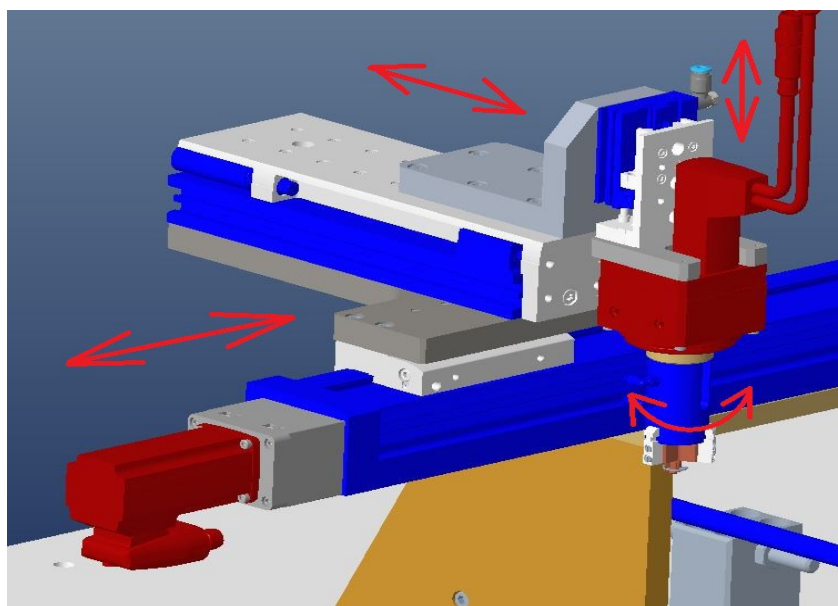
Nasazování všech kroužků je při přesuvu celé konzoly s čelistmi k otočnému stolu. Posuv druhé konzoly je zajištěn pneumatickým válcem firmy Festo ADN-40-210-A-P-A [36]. Signalizace vysunutí a zasunutí válce se děje pomocí magnetického snímače. Tento pneumatický válec má teoretickou sílu při pohybu vpřed, při tlaku 6 barech, 754N. Tato síla je dostatečná pro nasazení všech 4 pojistných kroužků zároveň. Rychlost pohybu válce při vysouvání je nutné omezit škrťacím ventilem. Pneumatický válec má velikost zdvihu 210mm. Zdvih je možné omezit pomocí dorazových šroubů. Celá druhá konzola je připevněna na dvou kuličkových lineárních vedeních firmy Hiwin HGH25CA2R440Z0H [22]. Kuličkové lineární vedení slouží k přesnému vedení konzoly a k přenášení klopných momentů. Pro plynulejší nasazení kroužku a zatlumení rázu způsobeného rychlostí výsuvu válce by bylo možné použít místo dorazových šroubů tlumiče nárazu.



Obr.82) Dorazy pro omezení zdvihu pneumatického válce při nasazování kroužků na pojistky

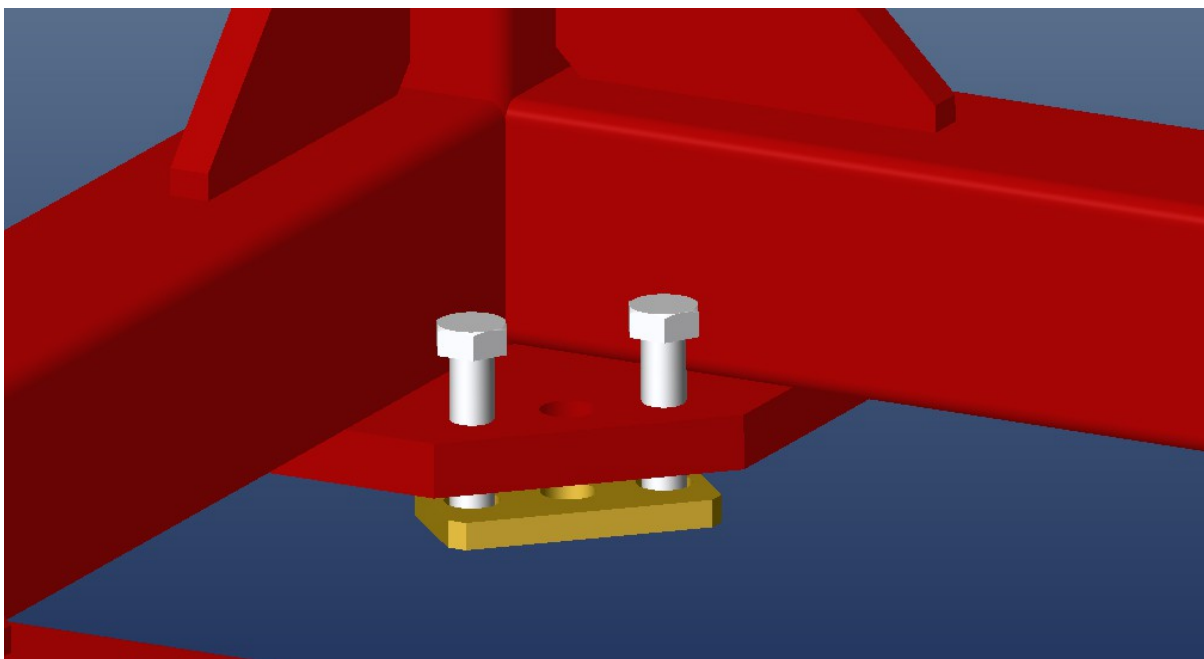


Obr.83) Posuvy nasazování kroužků na pojistky



Obr.84) Posuvy založení kroužků do čelistí

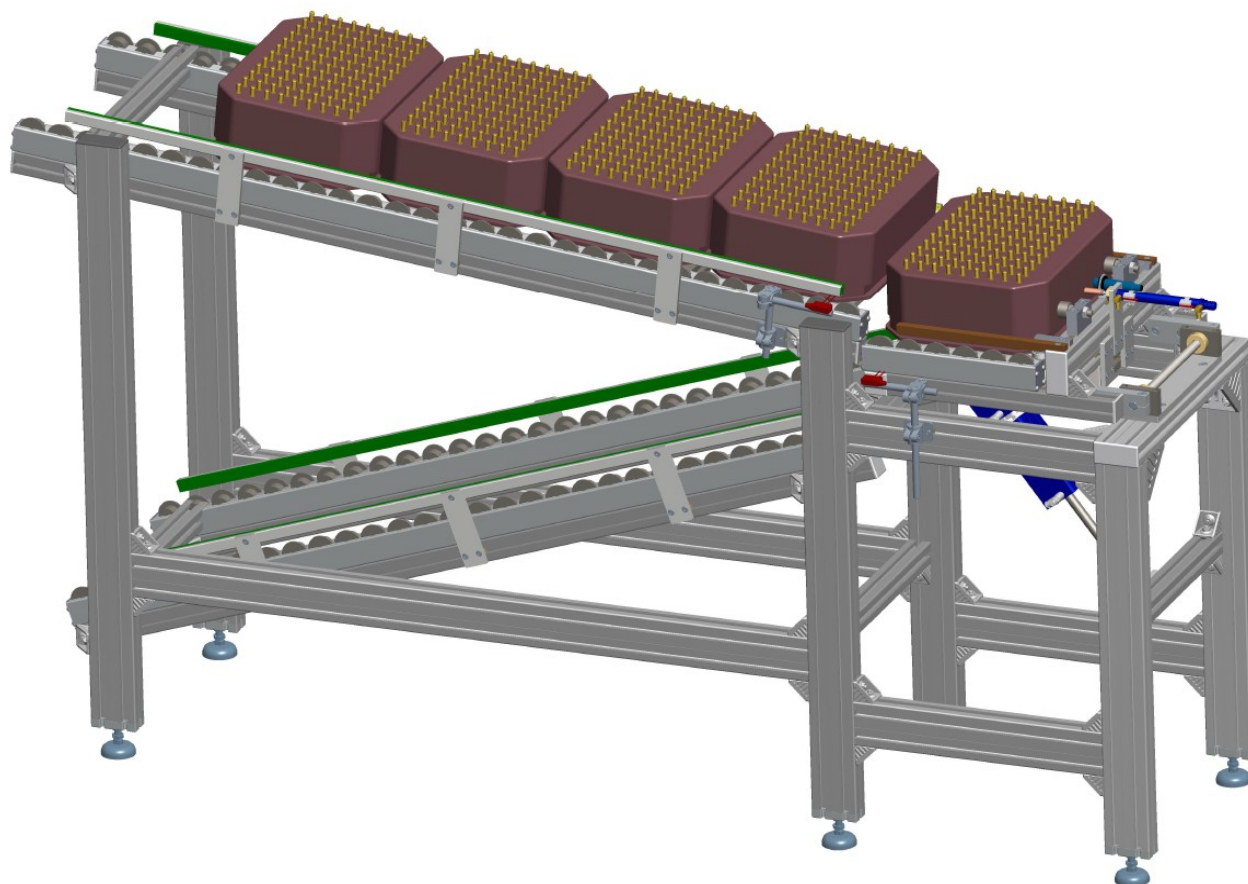
Pro dostatečnou tuhost celé sestavy manipulátoru je zvolena svařovaná konstrukce rámu. Konstrukce musí být také ukotvena k zemi, aby bylo zamezeno nežádoucímu posuvu sestavy při pohybu konzol a robota. Svařovaný rám také lépe tlumí vibrace. Pro dodržení rovinnosti desky, na kterou se šroubuje robot a další sestavy, je nutné horní část desky svařovaného stolu obrobít po svařování. Tím budou odstraněny prutí a nerovnosti vzniklé teplem ze svařování.



Obr.85) Kotvení rámu

Každý svařovaný rám celé montážní linky má speciální kotvící desky. Desky jsou přivařeny vždy v rohu rámu a mají v sobě dva stavěcí šrouby. Tyto šrouby tlačí do opěrné desky, která je připevněna na podlaze a tím celý rám zvedají. Při zašroubování stavěcích šroubů se rám zvedá a při vyšroubování se rám vlastní vahou spouští dolů. Mezi těmito šrouby je otvor pro kotvu, který rám připevní k zemi.

5.6 VD5 Zásobník zapalovacích elektrod



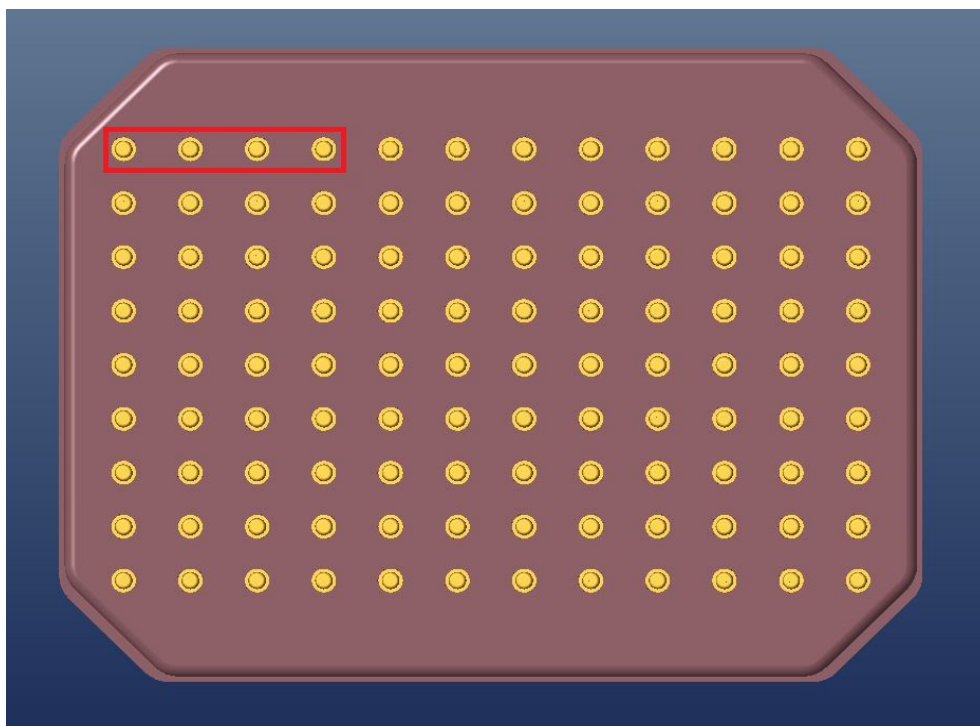
Obr.86) Zásobník zapalovacích elektrod

Tato stanice slouží pro zásobování zapalovacích elektrod pro robota s čelistmi, který je zakládá do těl hořáků ve 4-polohovém otočném stole. Jedná se o gravitační zásobník, do kterého zakládá obsluha blistry naplněné zapalovacími elektrodami. Zapalovací elektrody nemají konektor, proto lze využít zakládání do blistrů. Z konce elektrody vyčnívá pouze drát pro připojení zapalování z řídicího panelu. Konstrukce blistru je taková, aby mohl robot odebírat všechny 4 elektrody zároveň.

Do každého blistru lze založit 108 zapalovacích elektrod. Každý blistr tedy vystačí na montáž 27 finálních sestav. Kapacita celého zásobníku je 5 blistrů ve frontě a 1 založený v lůžku pro odebírání elektrod. Celý naplněný zásobník má tedy zásobu 648 elektrod, což vystačí na montáž 162 finálních sestav.

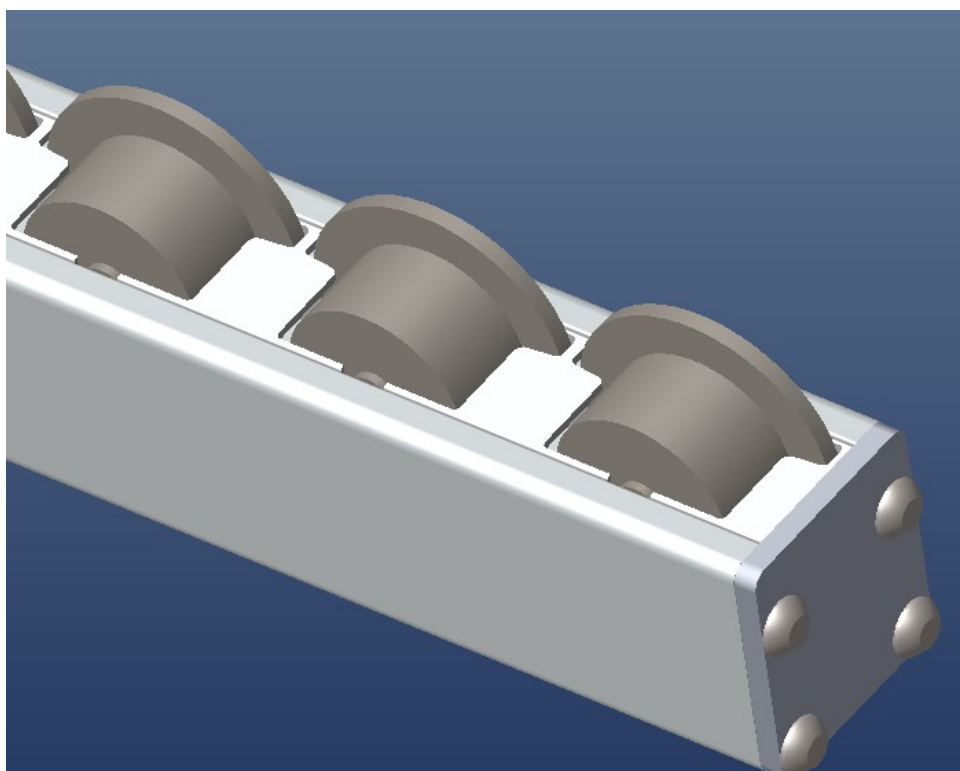
U tohoto zásobníku se předpokládá využití gravitačního zrychlení. Náklon vstupního skluzu 6° způsobí, že se naplněný blistr začne vlastní vahou pohybovat po kladkách směrem dolů. Blistry jsou zastaveny pneumatickými válci, které je zároveň odrazují. Výstupní skluz má náklon 19° , protože prázdný blistr má menší hmotnost a síla, která táhne prázdný blistr ven ze zásobníku je menší než u plného blistru.

Rám zásobníku je tvořen převážně hliníkovými profily 40x80 a 40x40 firmy Bosch-Rexroth. Profily jsou spojeny úhelníky a samořeznými šrouby. Rám je dostatečně těžký a tuhý, a proto není k zemi kotvený, ale je volně stojící na stavěcích nohách.

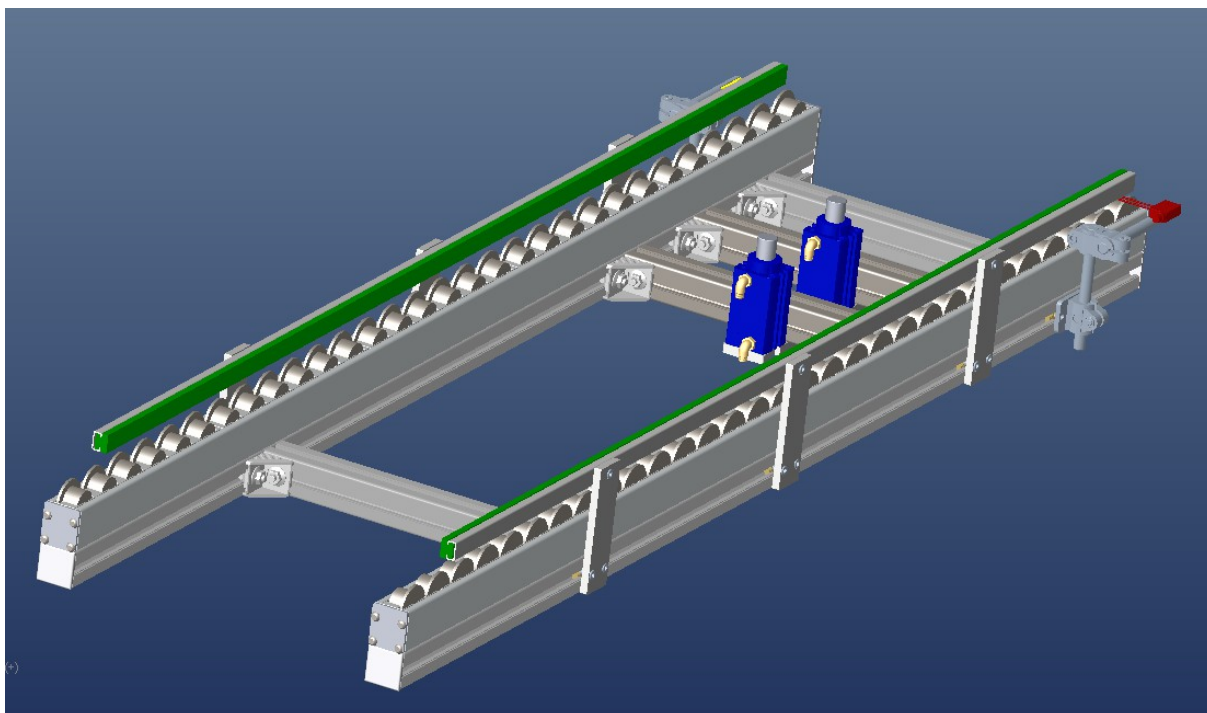


Obr.87) Blistr s zapalovacími elektrodami (odebírání 4 kusů elektrod)

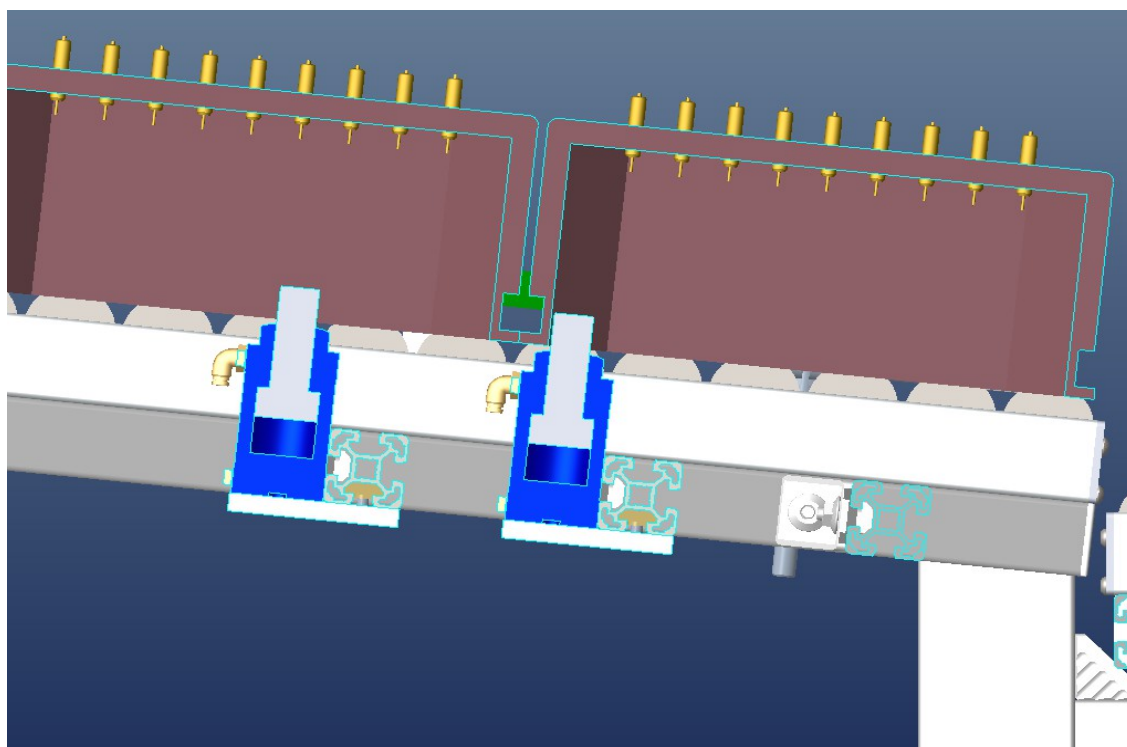
Vstup zásobníku jsou dvě vodící lišty od firmy Bosch-Rexroth. Lišta je sestavena z U-profilu 40x45, délky 1500mm a 30 kusů kladek s lemem proti vypadnutí palety. Každá kladka je pomocí hřídele uložena ve speciálním nosiči kladek, který se do profilu nasouvá. Kladky mají průměr 32mm a nosnost 120N.



Obr.88) Vodící lišta pro vedení blisterů



Obr.89) Vstupní skluz



Obr.90) Odřazování blisterů (řez)

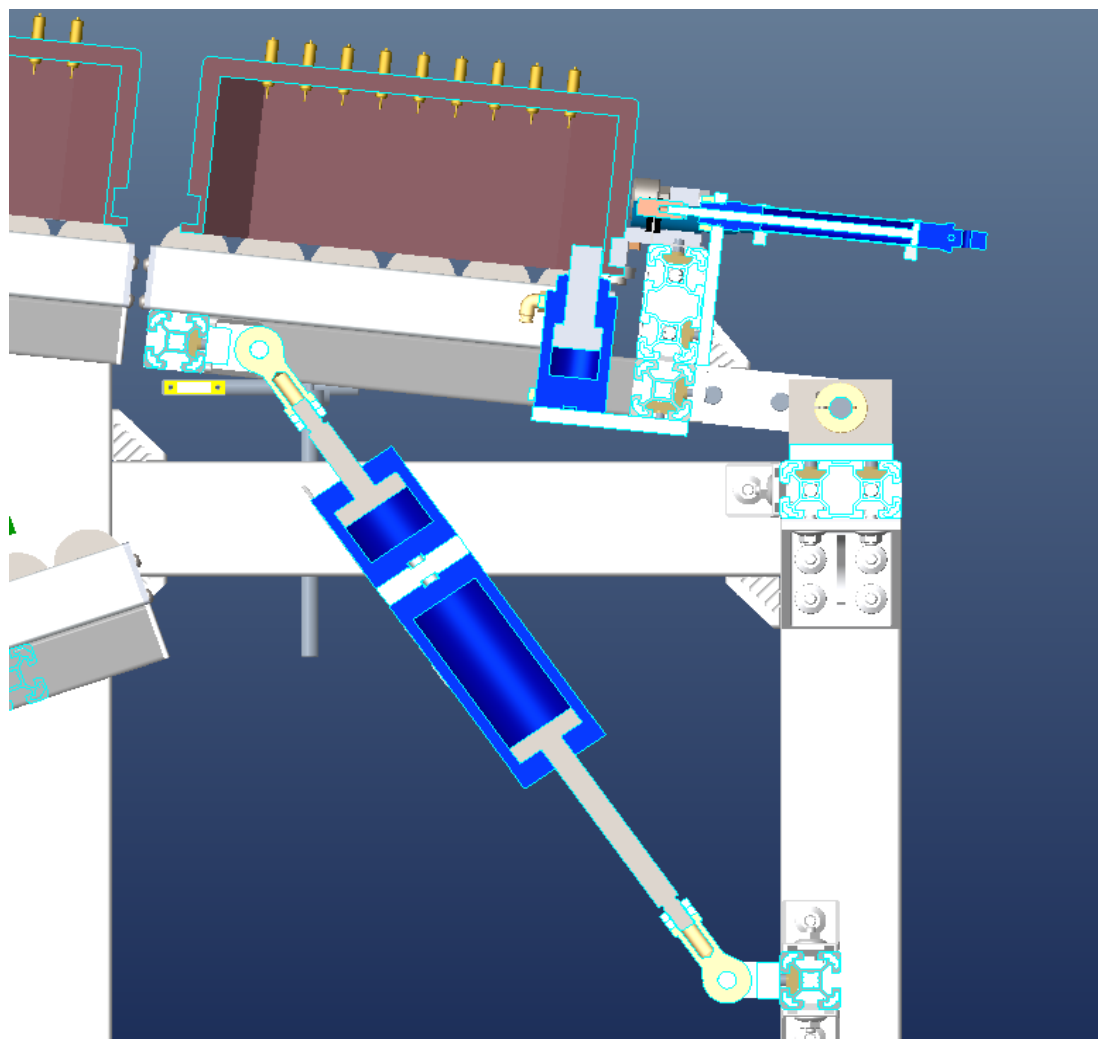
Pro zabezpečení toho, aby blistery při pohybu nevyskočily ze skluzu, má z každé strany připevněny vodící lišty z kluzného plastu firmy Murtfeld.
 Pro odřazování jsou použity dva pneumatické odrazovací válce firmy Festo DFSP-32-20-S-PA [37]. Signalizace vysunutí a zasunutí všech válců je signalizována magnetickými snímači. Válce jsou dvoučinné s bezpečnostní pružinou pro vyjíždění.

Jedná se o speciální zarážkové válce, které mají lepší vedení pístnice, aby mohly přenášet větší síly při nárazech. Maximální přípustná síla nárazu je 3270 N.

Princip odražování je následující:

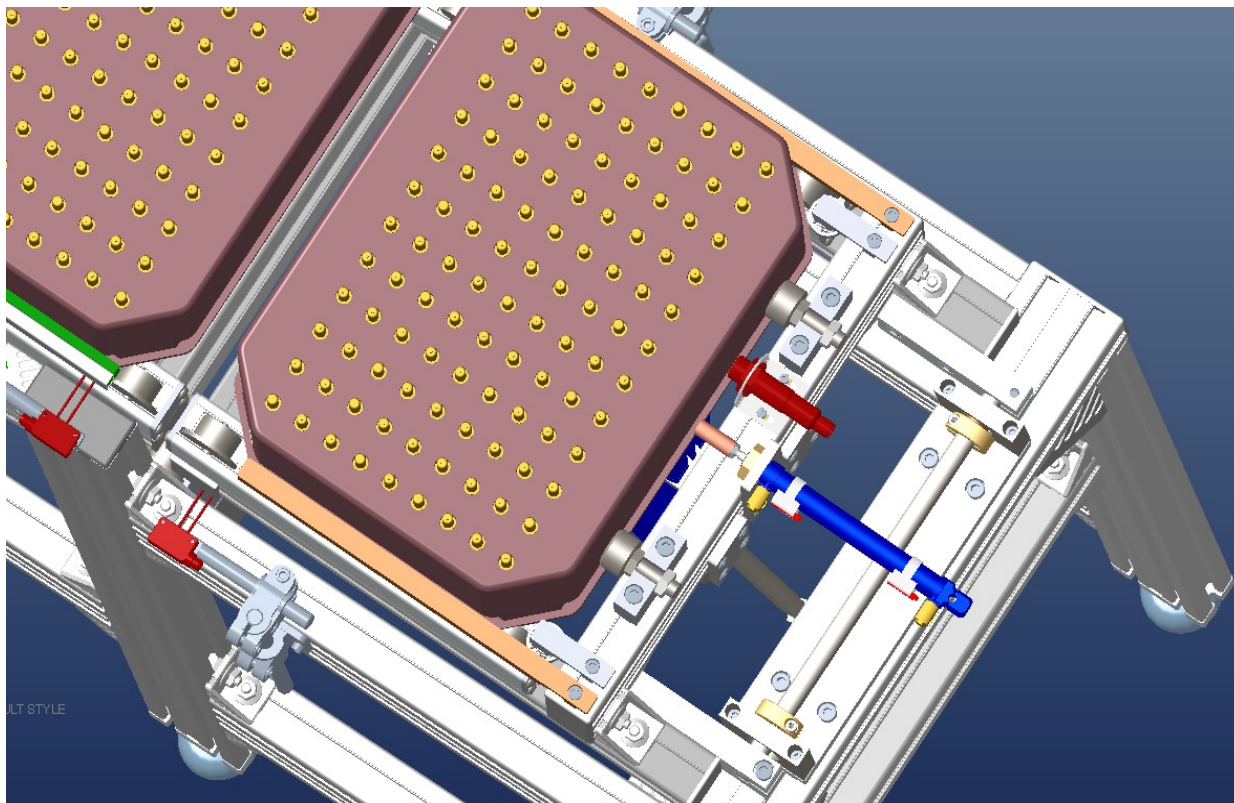
- Při naplněném zásobníku je vysunutý spodní odrazovací válec, který drží blistr z vnitřní strany. (Vysunutý spodní odrazovací válec)
- Poté se vysune i horní pneumatický válec. (Vysunutý spodní i horní odrazovací válec)
- V dalším kroku se spodní válec zasune a tím se posune spodní blistr do odebíracího lůžka, spolu s ním se posunou i všechny blistry a ten co byl nad blistrem v lůžku se zarazí o horní odrazovací válec za vnitřní stranu. (Vysunutý horní odrazovací válec)
- Poté se vysune i spodní odrazovací válec. (Vysunutý spodní i horní odrazovací válec)
- Pak se zasune horní odrazovací válec a všechny blistry se posunou do původní pozice. (Vysunutý spodní odrazovací válec)

Zaplnění vstupního skluzu je signalizováno reflexním optickým snímačem firmy Balluff BOS 5K-PU-LR10-S49 [38], který svítí na odrazku BOS R-41 [39] (10x40).



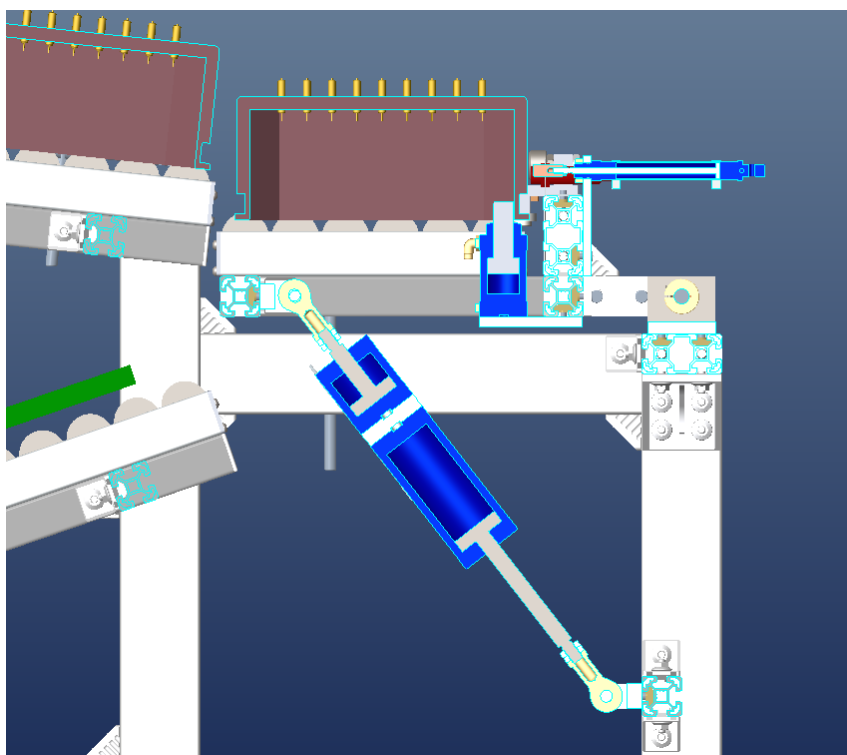
Obr.91) Najíždění blistru do odebíracího lůžka

Při najíždění plného blistru do pozice odebrání se celé odebrací lůžko naklopí na stejný úhel jako na vstupním skluzu. Tím je zaručený plynulý přechod palety ze skluzu do lůžka. Náklon je způsoben vysunutím dvou tandemově poskládaných válců firmy Festo ADN-50-30-A-PPS-A [36] (zdvih 30mm) a ADN-50-110-A-PPS-A [36] (zdvih 110mm). Přesný náklon lůžka 6° lze nastavit závitě na pístnicích válců.



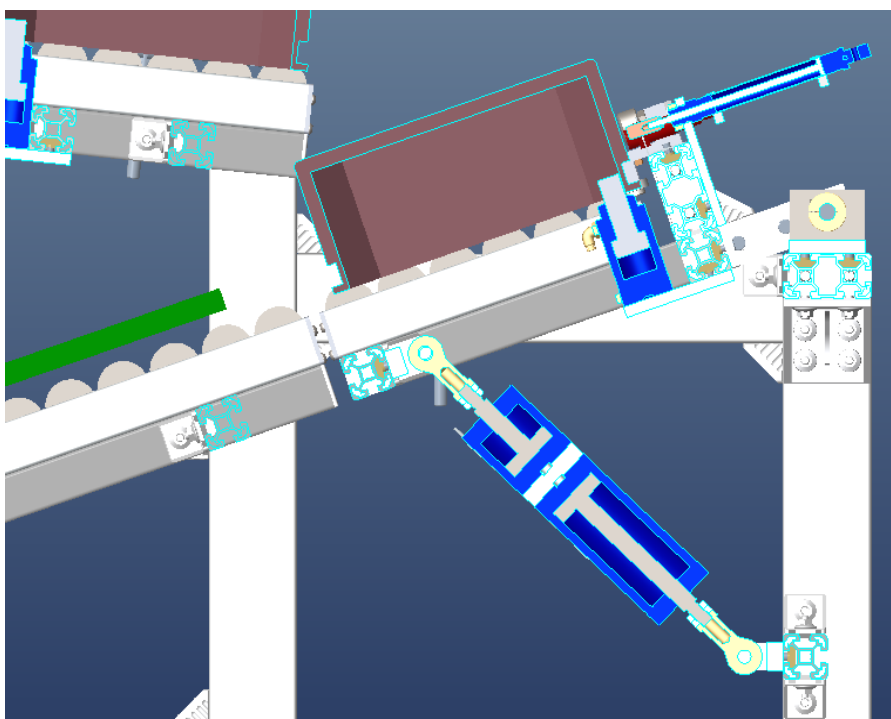
Obr.92) Plný blistr založený v odebracím lůžku

Po správném naklopení odebracího lůžka dojde k odřazení plného blistru. Tím se blistr posune do odebracího lůžka a zarazí se o dorazy a opěrná ložiska. Ložiska slouží k přesnému vystředění blistru v lůžku. Po zasetí blistru na kapacitní snímač firmy Sick CM18-08BPP-KC1 [40], který snímá přítomnost blistru v lůžku, se vysune zářezový válec (pod blistrem; pístnice válce je z vnitřní strany blistru). Válec po vysunutí zaaretuje blistr na pozici tak, aby nedošlo k jeho posunu při srovnání celého odebracího lůžka. Lišty lůžka jsou také sestaveny z profilů a kladek, obdobně jako u vstupního skluzu.

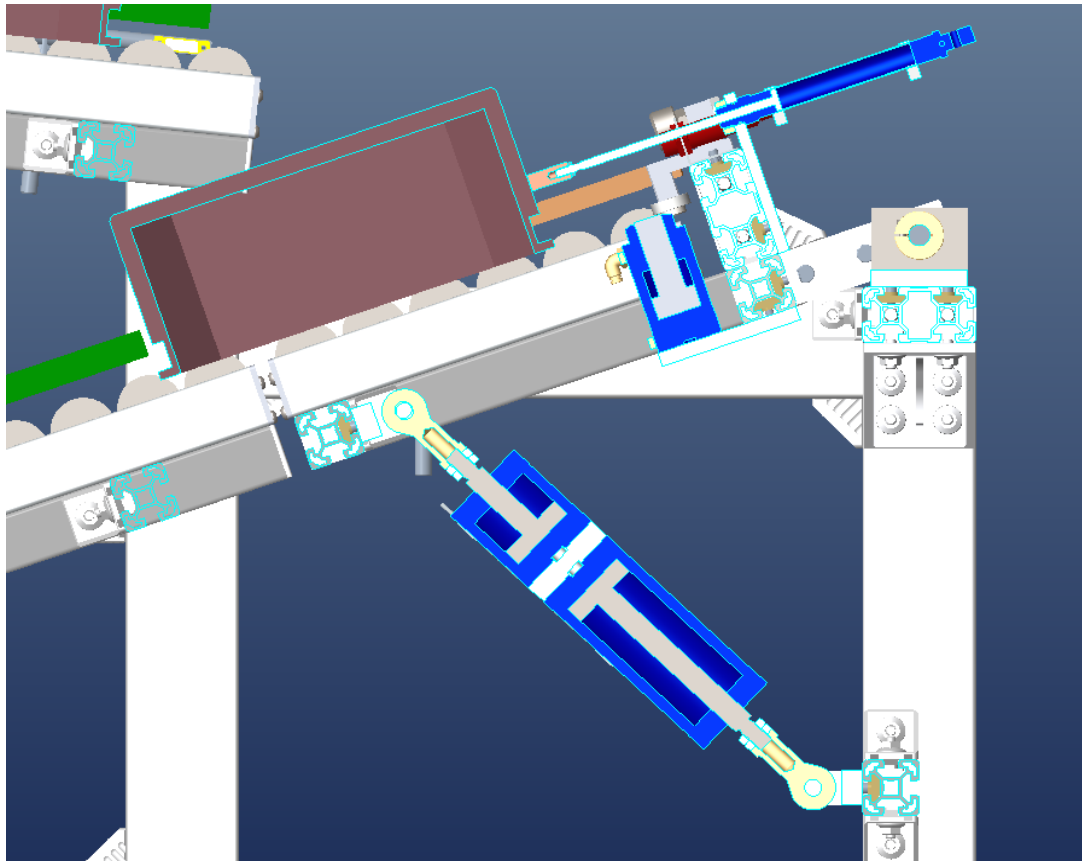


Obr.93) Vodorovná poloha lůžka, při odebírání zapalovacích elektrod robotem

Jakmile je plný blister zaaretovaný v odebíracím lůžku, tak dojde ke sklopení lůžka do vodorovné polohy. Tato poloha je nastavena při odebírání zapalovacích elektrod z lůžka robotem. Pro dosažení vodorovné polohy je pneumatický válec se zdvihem 30mm zasunutý a pneumatický válec se zdvihem 110mm vysunutý. Signalizace vysunutí a zasunutí obou válců je snímána magnetickými snímači.



Obr.94) Sklopená pozice pro vyhození prázdného blistru do výstupního skluzu

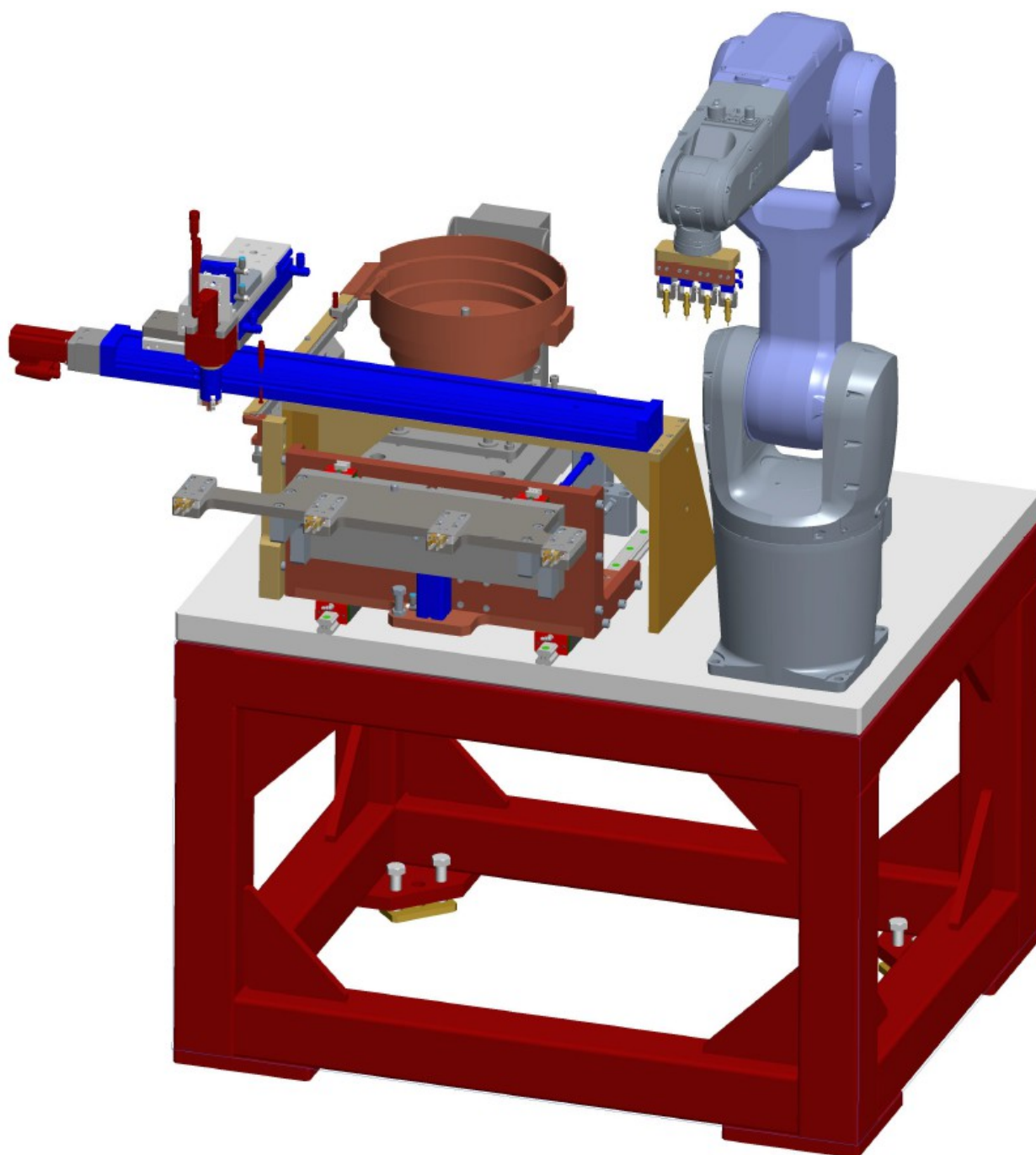


Obr.95) Vyhození prázdného blistru do výstupního skluzu

Po vyprázdnění celého blistru dojde ke sklopení odebíracího lůžka dolů tak, aby se úhel srovnal rovnoběžně s výstupním skluzem. Tímto postupem je zaručený plynulý přechod blistru z odebíracího lůžka do výstupního skluzu. Pro sklopení odebíracího lůžka dolů na úhel 19° je pneumatický válec se zdvihem 30 mm zasunutý a pneumatický válec se zdvihem 110 mm také zasunutý. Přesný náklon lůžka 19° lze nastavit závity na pístnicích válců. Po sklopení se zasune zářezový válec, který blistr aretuje v lůžku. Aby se prázdný blistr nezasekl v lůžku, tak je vyhozen pneumatickým kruhovým válcem firmy Festo DSNU-16-100-PPV-A [41]. Pneumatický válec má na konci pístnice palec, kterým uvede prázdný blistr do pohybu.

Vyhození blistru do výstupního skluzu je signalizováno reflexním optickým snímačem firmy Balluff BOS 5K-PU-LR10-S49 [38], který svítí na odrazku BOS R-41 [39] (10x40).

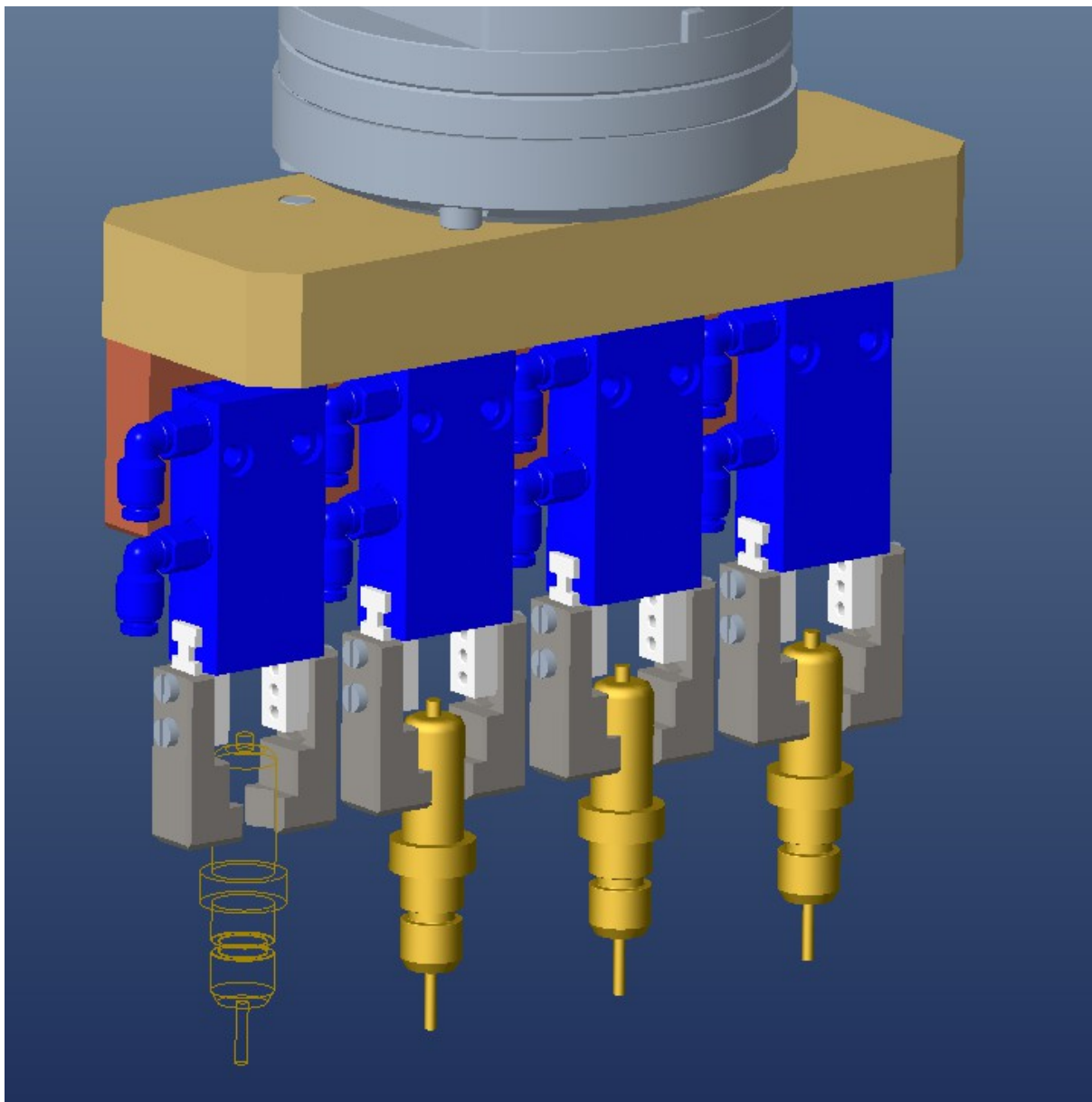
5.7 VD7 Manipulátor (robot) pro založení zapalovacích elektrod



Obr.96) Stanice pro zakládání zapalovacích elektrod VD7

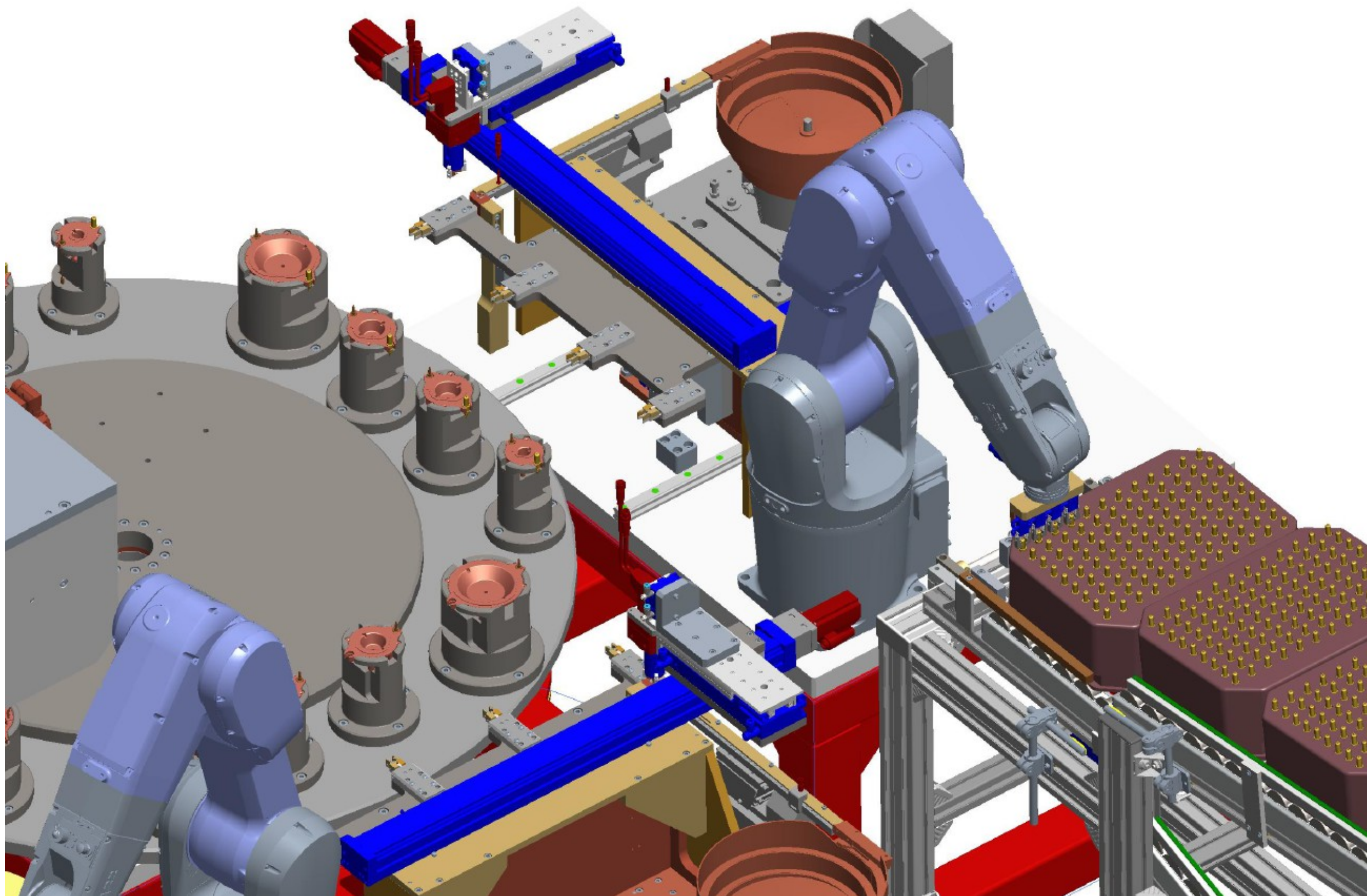
Tato stanice se skládá stejně jako stanice VD4 z manipulační jednotky pro odebrání pojistného kroužku z vibračního zásobníku a z zakládací jednotky, která zakládá pojistný kroužek na zapalovací elektrody v tělech hořáků. Obě tyto jednotky jsou totožné jako u VD4. Jediný rozdíl je v roztečích čelistí, které zakládají pojistné kroužky na zapalovací elektrody. To je kvůli tomu, že jsou zapalovací elektrody vždy na druhé straně těla hořáku než pojistky proti úniku plynu. Vzhledem k tomu, že byla použita pro přesouvání kroužku elektrická lineární osa, tak lze tuto změnu roztečí vyřešit pouze úpravou softwaru.

Stejně jako u VD4 i zde je robot s chapačem. Zde však robot odebírá 4 zapalovací elektrody z blistru gravitačního zásobníku VD5. Pro manipulaci je použitý stejný 6-ti osý robot firmy ABB IRB 1200-5/0.9 [29]. Robot má dostatečný dosah ramene i nosnost.



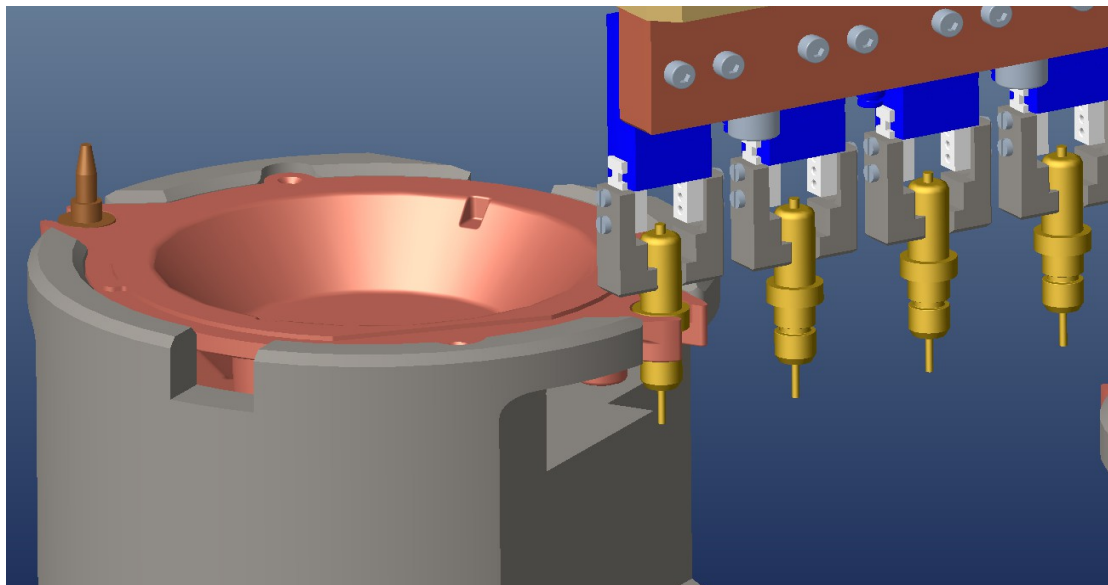
Obr.97) Chapač pro manipulaci s zapalovacími elektrodami

Konstrukce chapače pro odebírání 4 zapalovacích elektrod je stejná jako u chapače pro odebírání 4 pojistek proti úniku plynu. Liší se pouze roztečí mezi grippery. Ta je upravená podle roztečí zapalovacích elektrod v blistru. Plocha za kterou grippery uchopují zapalovací elektrody je válcová, proto jsou čelisti prizmatické. Prizmatickým tvarem každé z čelisti je dosaženo pevného a přesného uchopení elektrod. Pro uchopení elektrod jsou použity paralelní grippery od firmy Festo DHPS-6-A [30].



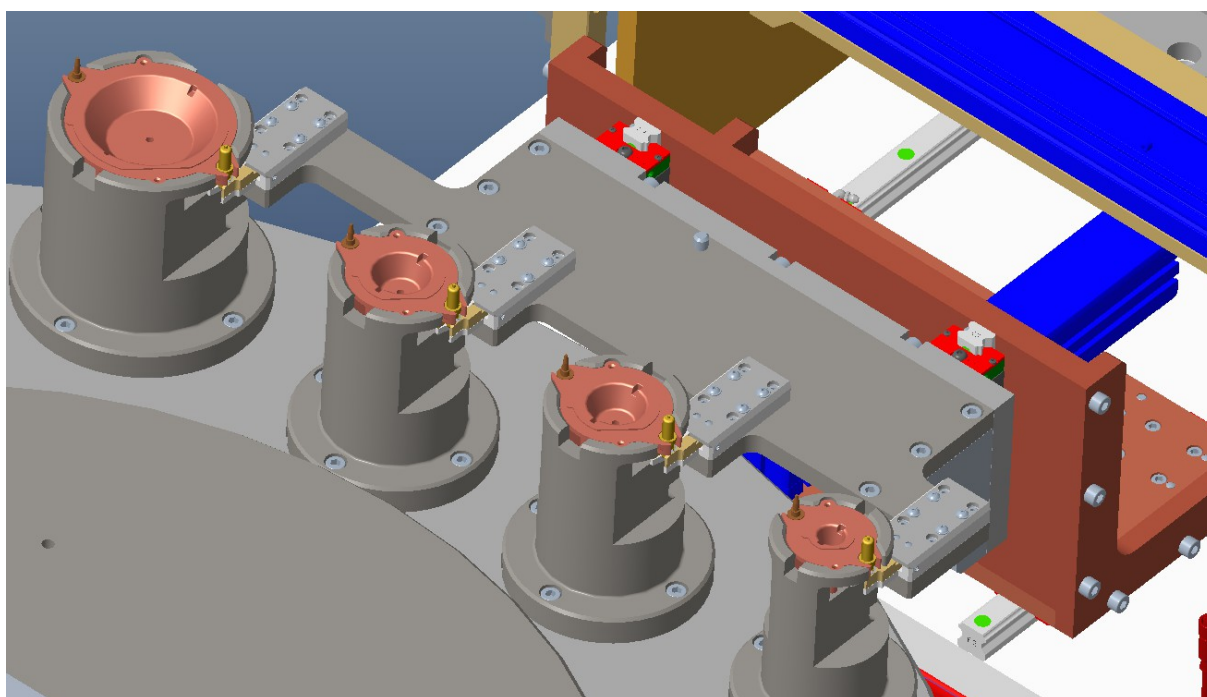
Obr.98) Odebrání zapalovacích elektrod robotem

Robot odebere vždy 4 elektrody zároveň. Poté se přesune nad otočný stůl a založí elektrody do těl hořáků, které jsou v lůžkách otočného stolu. Robot zakládá zapalovací elektrody postupně, každou zvlášť.



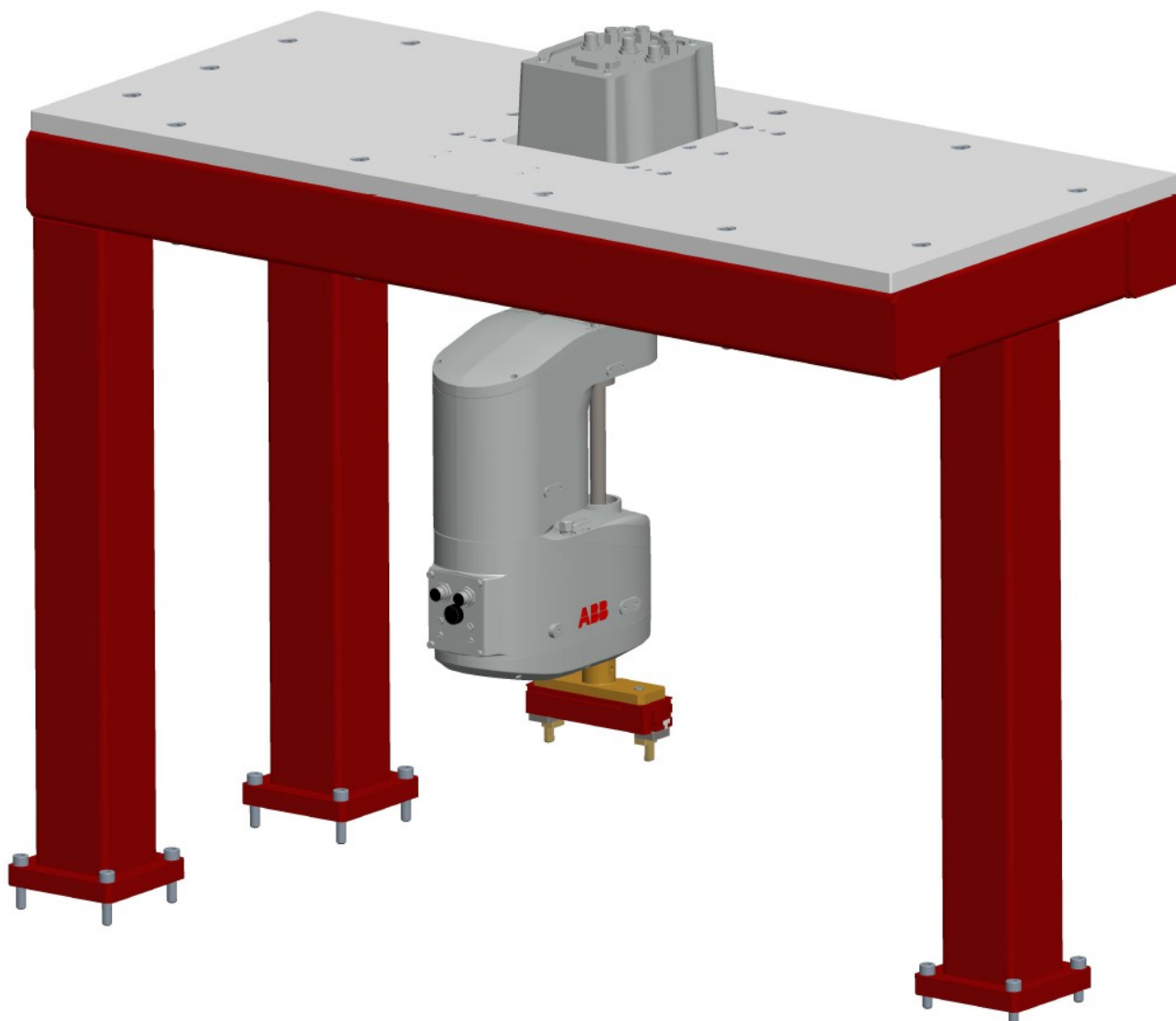
Obr.99) Zakládání zapalovací elektrody do těla hořáku v 4-polohovém otočném stole

Po založení všech 4 zapalovacích elektrod do těl hořáku dojde k vysunutí manipulační jednotky s čelistmi pro nasazování pojistného kroužku. Princip posloupnosti operací je shodný s VD4. Vysunutím dojde k nasazení pojistných kroužků na zapalovací elektrody. Tím jsou zapalovací elektrody aretovány v tělech hořáků. Pro aretaci je použit stejný pojistný kroužek jako u stanice VD4, proto lze využít stejného tvaru nasazovacích čelistí.



Obr.100) Zakládání zapalovací elektrody do těla hořáku v 4-polohovém otočném stole

5.8 VD8 Manipulátor pro založení hořáků



Obr.101) Manipulátor pro založení hořáků do druhého otočného stolu

V poslední pozici 4-polohového otočného stolu jsou podstavy těl hořáků, které na sobě mají zajištěny pojistky proti úniku plynu i zapalovací elektrody. Stanice slouží k odebrání těchto podstav hořáků z 4-polohového otočného stolu a založení do druhého 2-polohového otočného stolu, kde je manipulátor založí do lůžek. Lůžka jsou rozmístěna a orientována na desce 2-polohového otočného stolu tak, aby byla těla hořáků tak, jako na finální sestavě grilu.

Pro manipulaci s podstavami hořáků je použitý 4 osý robot SCARA firmy ABB **IRB 910INV-3/0.35** [42]:

Nosnost robota – 3 kg

Dosah ramene robota – 0,35 m

Počet os otáčení – 4

Opakovatelná přesnost – 0,01 mm

Váha robota – 19 kg

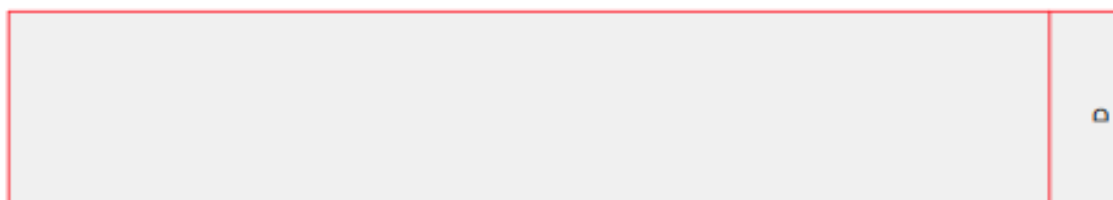
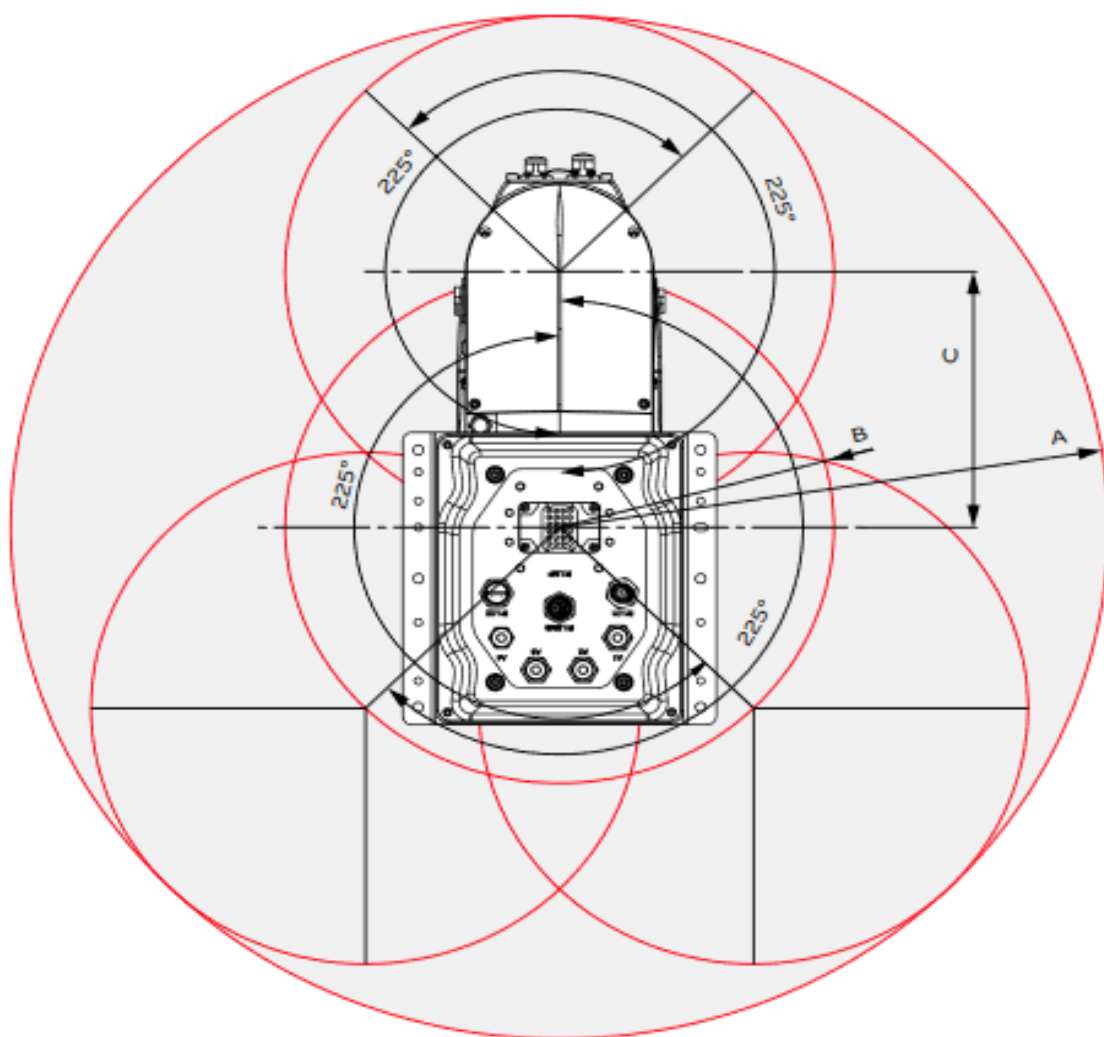
Možnosti otáčení os:

Osa 1: $+225^\circ$ až -225° (maximální rychlost osy $672^\circ/\text{s}$)

Osa 2: $+225^\circ$ až -225° (maximální rychlost osy $748^\circ/\text{s}$)

Osa 3: 0 až -140mm (maximální rychlost osy $1,1\text{ m/s}$)

Osa 4: $+720^\circ$ až -720° (maximální rychlost osy $3000^\circ/\text{s}$)



Obr.102) Pracovní prostor robota IRB 910INV-3/0.35 (Datasheet) [42]

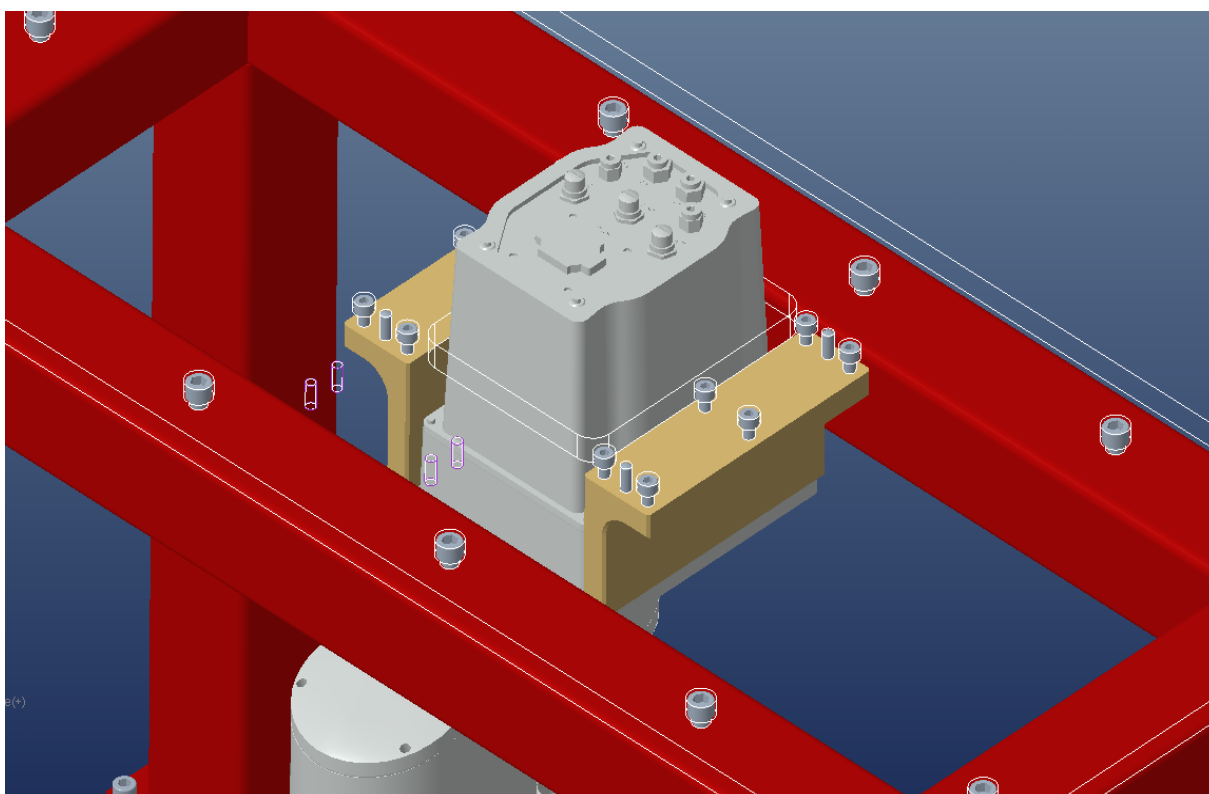
A = 350mm

B = 175mm

C = 175mm

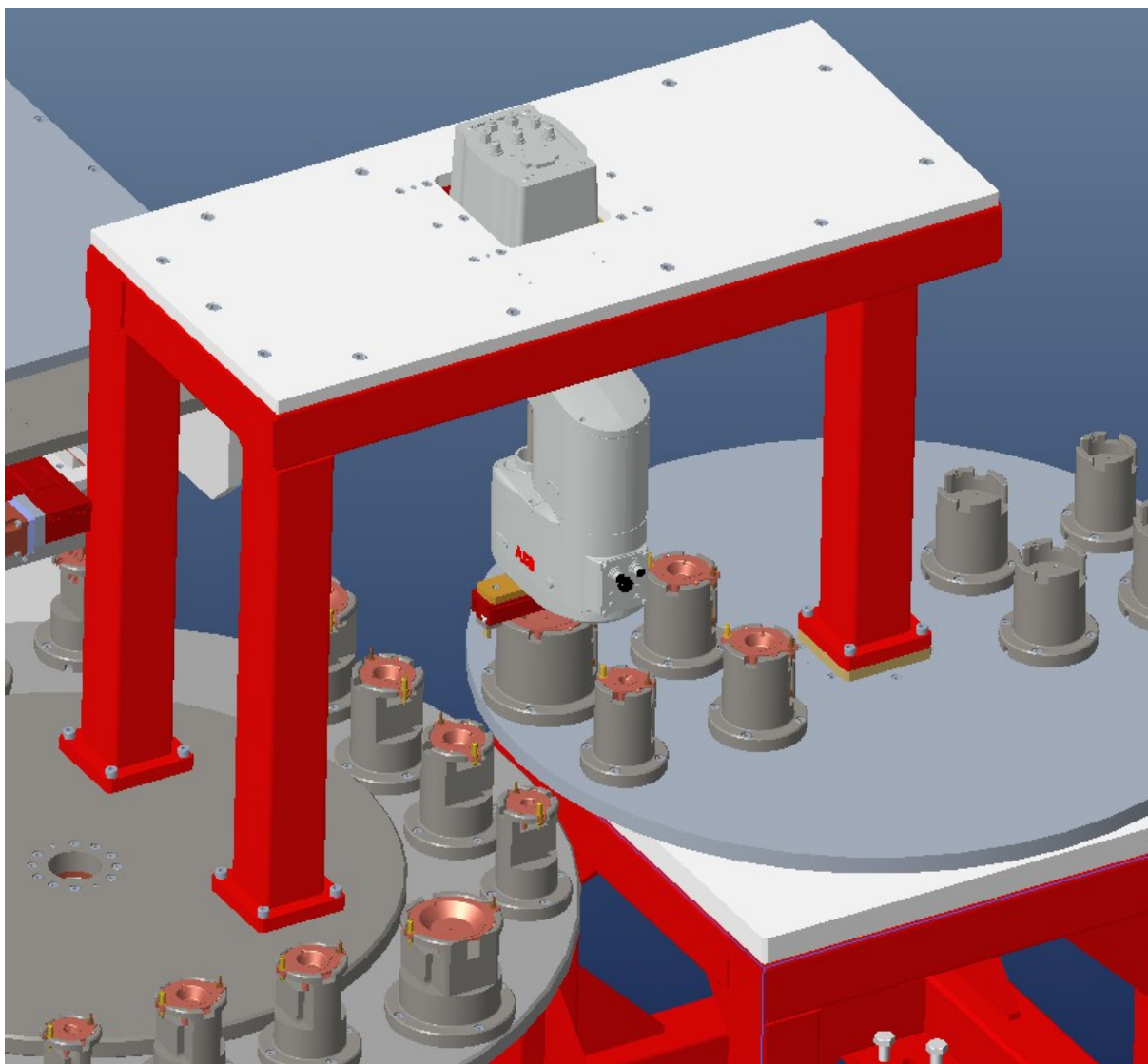
D = 140mm

Robot je připevněný přes stojny k desce. Ta je přišroubována k svařovanému rámu. Rám je svařovaný, aby se zvýšila tuhost celého rámu a nedocházelo k vibračním a posuvu rámu při pohybu robota. Pro přesné zapozicování robota jsou použity kolíky. V desce, na které je robot přišroubovaný, je otvor. Skrz tento otvor prochází hlavní řídicí část robota. Veškeré připojovací kabely (napájecí, signály) jsou připojovány z této strany.

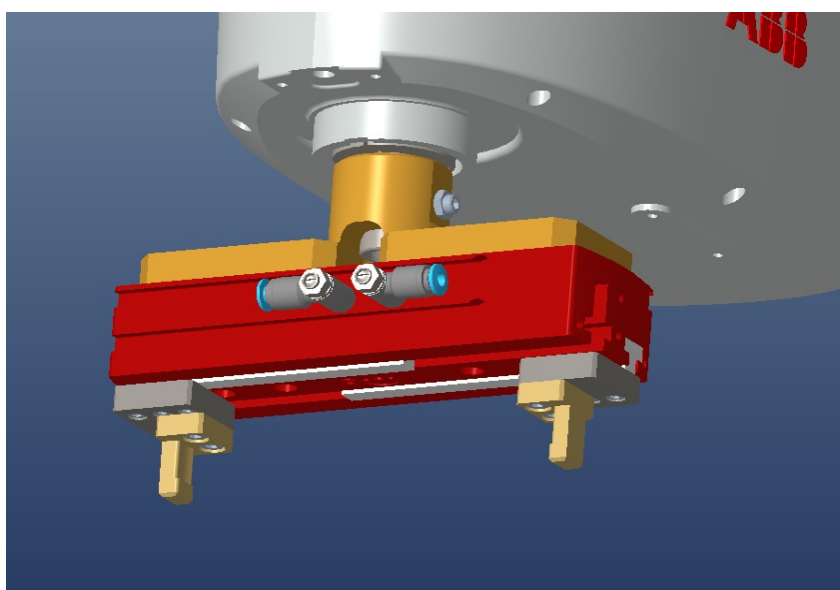


Obr.103) Uchycení robota SCARA IRB 910INV-3/0.35

Svařovaný rám robota je uchycený k středovým pevným deskám obou otočných stolů. Tyto desky jsou přišroubovány k středovým talířům otočných stolů, které jsou pevně spojeny s tělem otočného stolu a neotáčí se. Tím se vytvořila portálová konstrukce, která je dostatečně tuhá a pevná. Svařovaná konstrukce jsou jáckle 90x90 s tloušťkou stěny 5mm.

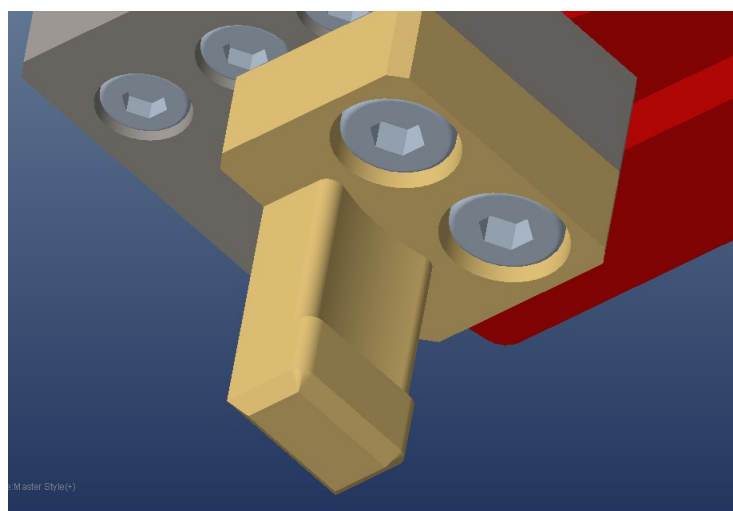


Obr.104) Uchycení svařovaného rámu robota SCARA.

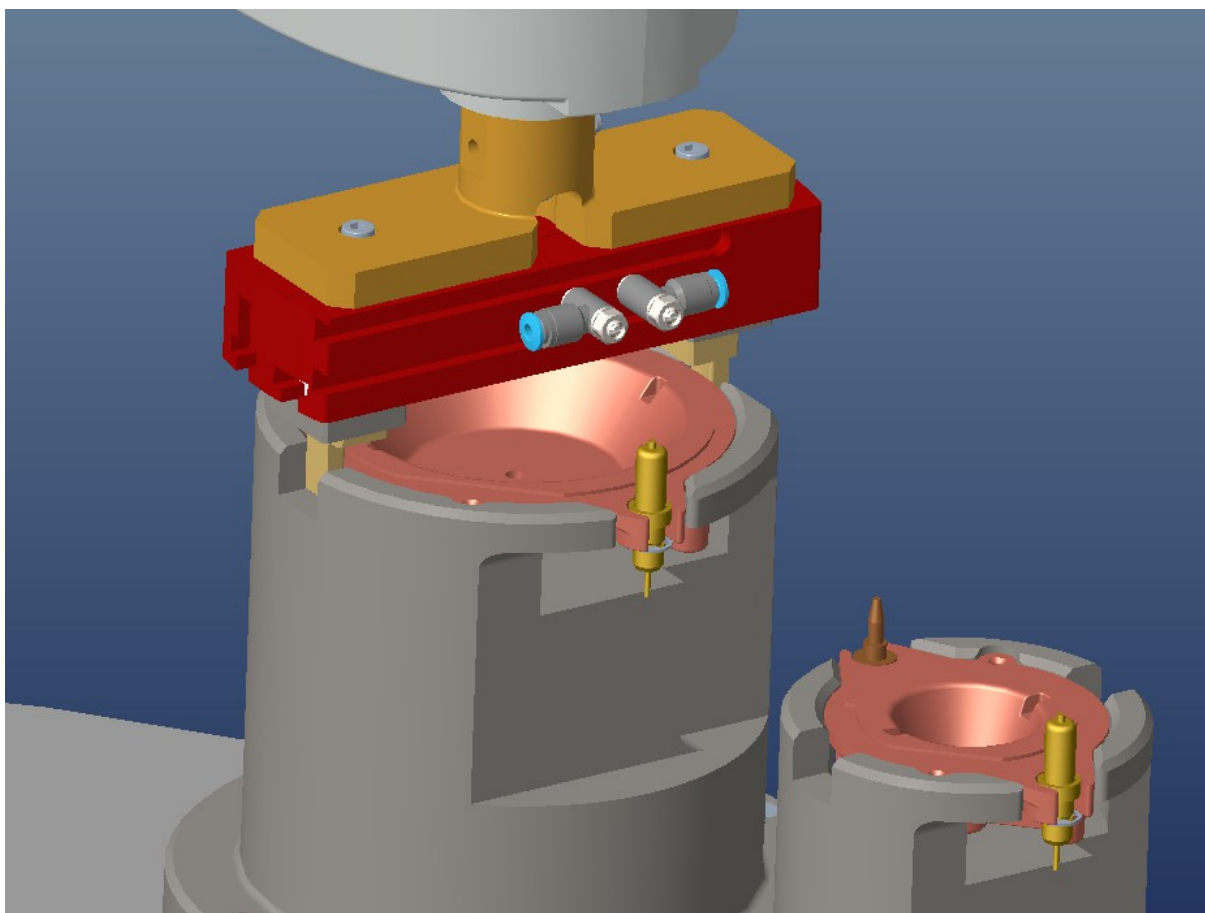


Obr.105) Chapač pro odebrání podsestav hořáků

Chapač pro odebrání podsestav hořáků je univerzální pro všechny velikosti hořáků. Pro uchopení je použitý pneumatický gripper firmy Festo HPGL-14-60-A-B [43]. Tento chapač se vyznačuje převážně velkým zdvihem čelistí. Zdvih na jednu čelist je u tohoto gripperu 60mm. Takto velký zdvih čelistí umožňuje uchopit všechny tři velikosti podsestav hořáků. SCARA robot má poslední osu v podobě trubky s vnitřním otvorem o průměru 11mm. Tímto otvorem lze vést pneumatické kabely gripperu.

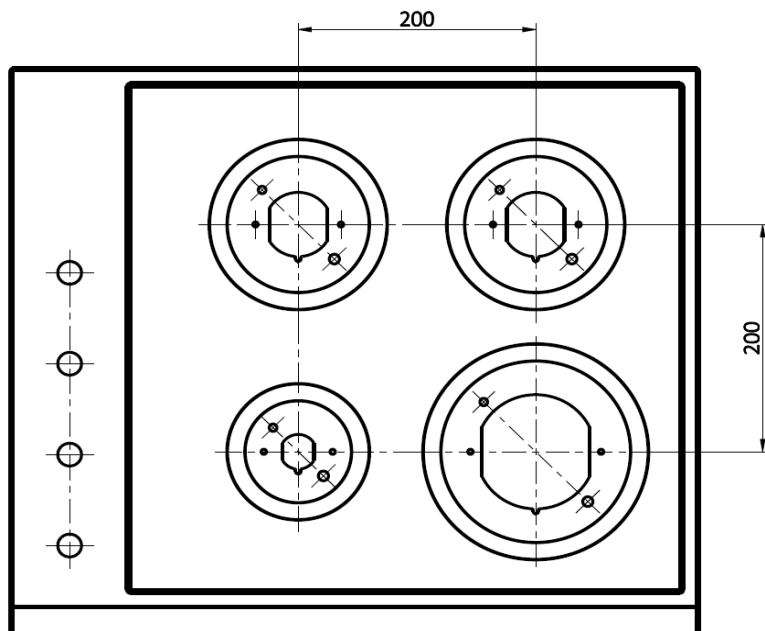


Obr.106) Čelisti chapače SCARA robota



Obr.107) Odebrání podsestavy velkého hořáku z 4-polohového otočného stolu

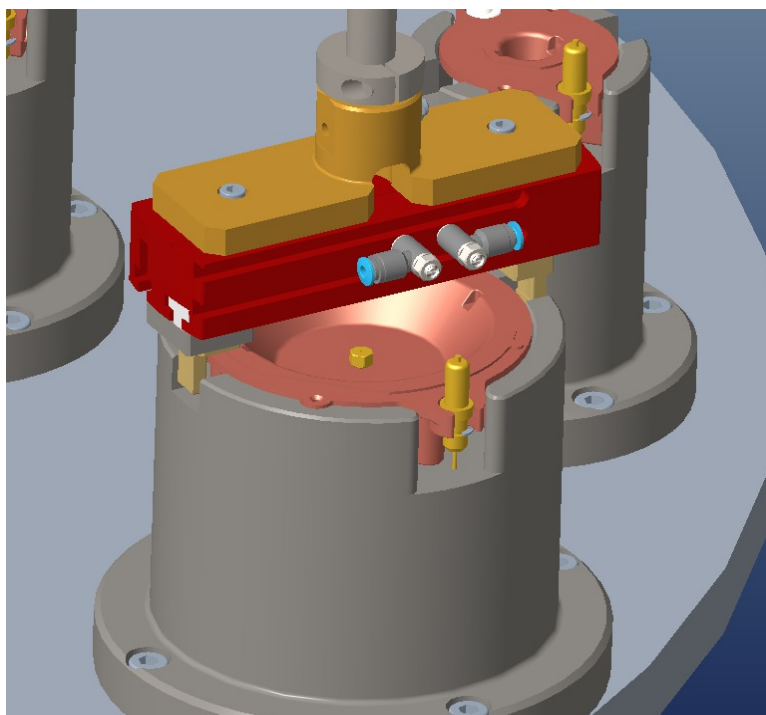
SCARA robot odebere z lůžek 4-polohového otočného stolu postupně po jednom všechny podsestavy těl hořáků a založí je do lůžek, které jsou v první pozici 2-polohového otočného stolu. Lůžka jsou na talíři 2-polohového otočného stolu tak, jako na finální sestavě desky grilu.



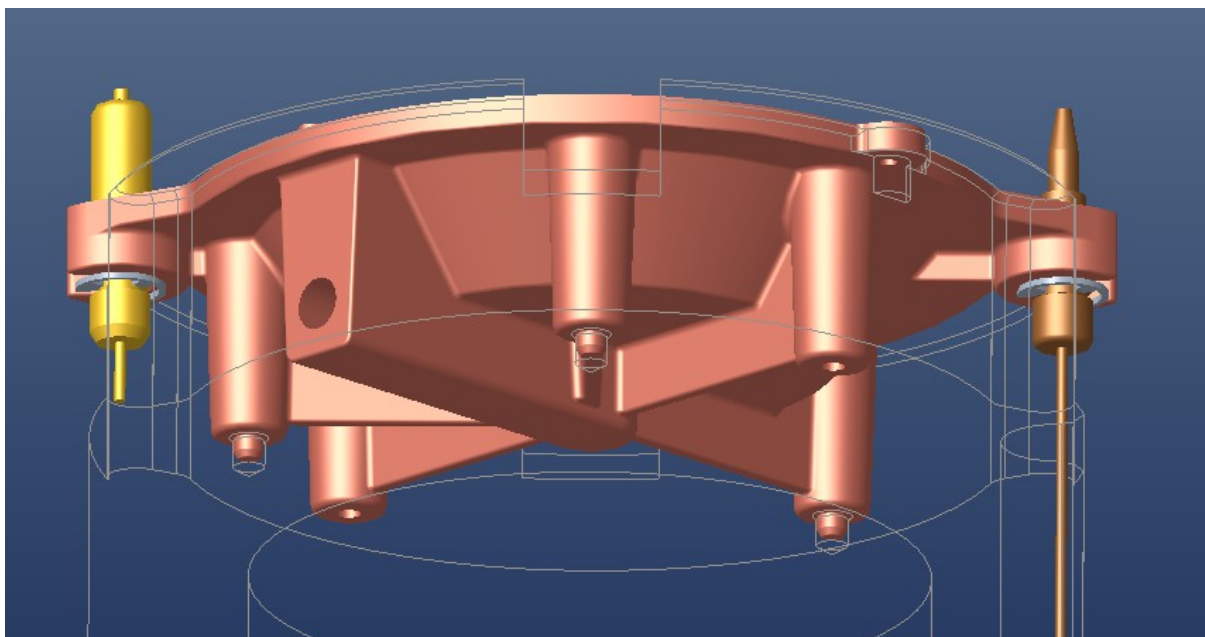
Obr.108) Rozložení hořáků na plechovém díle plynové desky grilu

Rozložení a orientace hořáků určuje plechový díl, na který se šroubují. Hořáky jsou sestavené do čtverce s roztečí 200mm.

Robot SCARA natočí podsestavy hořáků a založí je do lůžek v první pozici 2-polohového stolu.



Obr.109) Rozložení hořáků na plechovém díle plynové desky grilu



Obr.110) Lůžka pro založení podsestav hořáků do 2-polohového otočného stolu

V lůžkách jsou tři polohovací otvory, které jsou přesně vyvrtané a polohují podstavu hořáku v lůžku. Zapolohování je důležité, kvůli dalším operacím. Po založení všech čtyř podsestav hořáků dojde k otočení 2-polohového otočného stolu o 180°.

Pro výběr otočného stolu je zvolen stejný produkt firmy Weiss, řadu TC:

Způsob uchycení motoru k tělu otočného stolu. Pro aplikaci je použito nejběžnější uchycení motoru DP1 [Obr.55)].

Další důležitý parametr při výběru otočného stolu je způsob uchycení celého stolu. V aplikaci je zvoleno standardní uchycení otočného stolu MP1 [Obr.56)].

Hlavní rozdělení otočných stolů TC firmou Weiss je určeno podle maximálního průměru talíře, kterým stůl otáčí. Průměr talíře otočného stolu je 1030 mm. Tomu odpovídá otočný stůl Weiss TC220T, který má maximální doporučený průměr talíře 1100 mm.

Weiss TC220T [27]:

Maximální průměr talíře stolu 1100 mm

Napájecí napětí 230/400 V

Frekvence 50 Hz

Přesnost polohování pro 2 polohy $\pm 20''$

Celková hmotnost včetně motoru 44 kg

Průměr vnitřního pevného talíře 96 mm

Přípustný moment pevného talíře 145 Nm

Přípustný moment náklonu pevného talíře 300 Nm

Přípustný statický moment výstupní hřídele 200 Nm

Přípustný dynamický moment náklonu pevného talíře 700 Nm

Pro vybrání velikosti rychlostního převodu otočného stolu je nutné spočítat moment setrvačnosti celého stolu i s lůžky. Na talíři otočného stolu je 2x velké lůžko, 2x

střední lůžko v jedné pozici, 2x střední lůžko v druhé pozici a 2x malé lůžko.

Velké lůžko: Váha jednoho je 8,5 kg a leží na průměru 860 mm.

Střední lůžko: Váha jednoho je 5,3 kg a leží na průměru 480 mm.

Malé lůžko: Váha jednoho je 4,2 kg a leží na průměru 860 mm.

Výsledný celkový moment setrvačnosti je 13,38 kg.m², celková hmotnost je 102,4 kg. Z těchto výpočtů lze vybrat vhodný typ stolu a rychlostní stupeň motoru. [Vzor. 5]



TC220T, 2, L

středa 27. května 2020 15:19:25

Martin Holíš
STASTO Automation s.r.o.
CZ 257 41 Týnec nad Sázavou
www.stasto.cz

Dělení: 2
Rychlostní stupeň: L
Čas taktu: 2,30 sec
Celkový čas taktu: 2,45 sec
Max. zatížení: 13,3 kgm²
dvojnásobný: ne
Hmotnost otočného stolu: 44 kg
Přesnost: +/- 20"
Přesnost při d=1030mm: +/-0,050 mm



Průměr desky: <input type="text" value="1030,0"/> mm	Motor: <input type="text" value="63L8"/>	Měnič: <input type="text" value="---"/>
Zatížení (kg): <input type="text" value="102,0"/> kg	Napětí motoru: <input type="text" value="230/400V 50Hz"/>	Siemens EF2: <input type="text" value="EF2037 (0.37kW 1x230V)"/>
Zatížení (kgm ²): <input type="text" value="13,4"/> kgm ²	Číslo motoru: <input type="text" value="507-638142101"/>	Lenze EF3: <input type="text" value="EF3075T (0.75kW 400V/480V)"/>
	Pozice motoru: <input type="text" value="DP1: bočně uvnitř"/>	Brzdný odpor: <input type="text" value="---"/>
	Napětí na brzdě: <input type="text" value="24V, 25W"/>	
	Příkon motoru: <input type="text" value="0.09"/> kW	
	Motor-otáčky: <input type="text" value="620"/> Ot./min	
	Proud motoru: <input type="text" value="1.1/0.62"/> A	
	Hmotnost motoru: <input type="text" value="6.8"/> kg	

Obr.111) 2-polohový otočný stůl TC220T s rychlostním stupněm L, který je vybrán výpočetním programem firmy Weiss.

Rychlostní stupeň lze také určit pomocí tabulky, která je v datasheetu firmy Weiss. Tabulkou lze ověřit výběr programu. Z vypočítaného momentu setrvačnosti a počtu poloh otočného stolu 2, lze určit rychlostní stupeň L, který má rychlost taktu 2,3 s. Současně je zřejmé, že dovolený moment setrvačnosti tohoto rychlostního stupně je 13,3 kg.m². Z tabulky lze vidět, že dovolený moment setrvačnosti je lehce nižší, to však není takový problém, protože není nutné zatěžovat otočný stůl tak krátkým časem taktu. Problém tedy lze vyřešit zpomalením otočného stolu.

LOAD TABLE 50 Hz (On request: higher loads / custom indexing and switching times for 60 hz mains frequency)

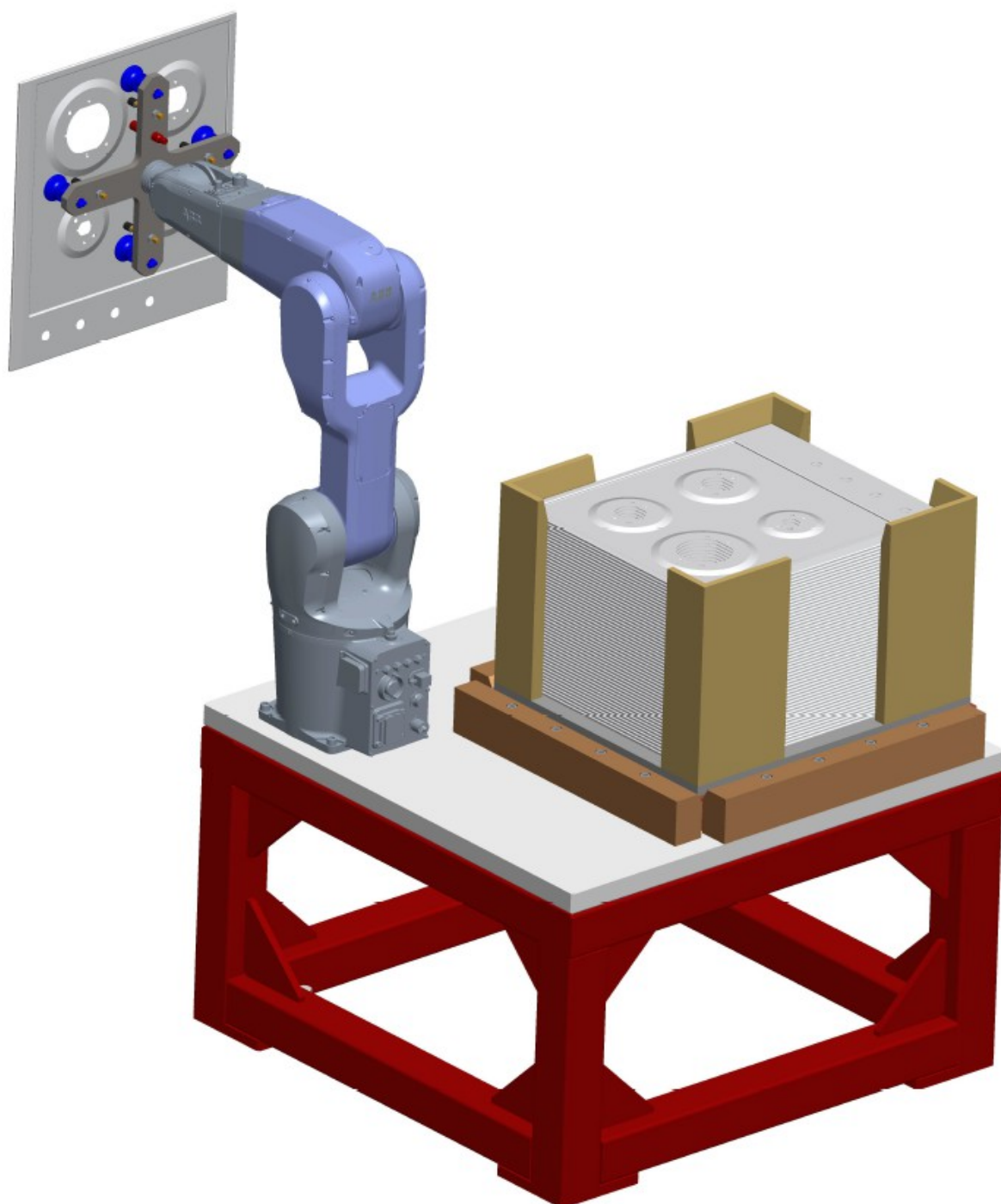
Indexing	Speed level												2-stage			Using the BG 71 motor					
	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	b	c	d	e	f	g	
2	J_{zMax}	-	-	0.15	0.36	0.58	0.76	1.3	2.02	3.55	9.6	13.30	35.6	96	167	-	-	-	-	-	-
	t_i	-	-	0.35	0.50	0.60	0.67	0.84	1.02	1.30	1.99	2.30	3.53	5.42	6.91	-	-	-	-	-	-
3	J_{zMax}	-	0.18*	0.3	0.69	1.09	1.43	2.41	3.73	6.54	17.65	24.55	65.5	176	308	-	-	-	-	-	-
	t_i	-	0.29*	0.35	0.50	0.60	0.67	0.84	1.02	1.30	1.99	2.30	3.53	5.42	6.91	-	-	-	-	-	-
4	J_{zMax}	0.12*	0.24*	0.46	1.34	2.38	3.36	6.6	11.6	17.3	31.5	48.5	144	340	552	0.19*	0.37*	0.69	1.97	3.5	4.61
	t_i	0.22*	0.26*	0.32	0.45	0.54	0.61	0.76	0.92	1.17	1.80	2.07	3.17	4.88	6.22	0.22*	0.26*	0.32	0.45	0.54	0.61
6	J_{zMax}	0.31*	0.58*	1.06	3.05	5.4	7.6	14.9	24.9	26	70.9	109	324	765	1240	0.48*	0.87*	1.59	4.53	7.45	-
	t_i	0.22*	0.26*	0.32	0.45	0.54	0.61	0.76	0.92	1.17	1.80	2.07	3.17	4.88	6.22	0.22*	0.26*	0.32	0.45	0.54	-
8	J_{zMax}	0.58*	1.06*	1.92	5.44	9.63	13.55	19.05	33.5	46.2	126	195	495	1170	1900	0.87*	1.58*	2.85	6.92	10.7	-
	t_i	0.22*	0.26*	0.32	0.45	0.54	0.61	0.76	0.92	1.17	1.80	2.07	3.17	4.88	6.22	0.22*	0.26*	0.32	0.45	0.54	-
10	J_{zMax}	0.92*	1.67*	3.01	8.48	14.55	18.88	29.8	48.7	72	192	257	600	1420	2300	1.37*	2.48*	4.24	9.4	-	-
	t_i	0.22*	0.26*	0.32	0.45	0.54	0.61	0.76	0.92	1.17	1.80	2.07	3.17	4.88	6.22	0.22*	0.26*	0.32	0.45	-	-
12	J_{zMax}	1.34*	2.41*	4.35	10.7	16	20.1	31.5	45.9	74.6	176.4	235.2	551	1300	2110	1.96*	3.08*	-	-	-	-
	t_i	0.22*	0.26*	0.32	0.45	0.54	0.61	0.76	0.92	1.17	1.80	2.07	3.17	4.88	6.22	0.22*	0.26*	-	-	-	-
16	J_v	-	-	-	2*	3.1*	4.03	6.74	9.95	18.2	49.1	68.30	182	490	855	J_{zMax} = max admissible mass inertia loading (kgm ²) t_i = cycle time (sec.) Depending on motor size, electronics and time optimisation settings, the cycle time measured from the start signal to the electric position indication is approx. 80 - 130 ms longer than the value specified in the table. (see also the note on page 17). *EF2 - Control recommended to minimise brake wear (see page 48). The values in the second table apply for the maximum permitted mass moment of inertia when using the size 71 motor.					
	t_i	-	-	-	0.22*	0.26*	0.29	0.37	0.44	0.56	0.86	1.00	1.53	2.35	2.99						
20	J_v	-	-	-	3.05*	4.72*	6.14	10.2	15.6	27.7	68.1	90.9	213	500	815						
	t_i	-	-	-	0.22*	0.26*	0.29	0.37	0.44	0.56	0.86	1.00	1.53	2.35	2.99						
24	J_v	-	-	-	3.67*	5.68*	7.38*	12.35	19	33.3	81.7	109	255	600	980						
	t_i	-	-	-	0.22*	0.26*	0.29*	0.37	0.44	0.56	0.86	1.00	1.53	2.35	2.99						
30	J_v	-	-	-	-	-	3.59*	6.01*	9.29*	16.2	43.7	60.9	162	420	680						
	t_i	-	-	-	-	-	0.19*	0.24*	0.29*	0.37	0.57	0.65	1.00	1.54	1.96						
36	J_{zMax}	-	-	-	-	-	4.32*	7.23*	11.15*	19.5	52	69.5	163	385	625						
	t_i	-	-	-	-	-	0.19*	0.24*	0.29*	0.37	0.57	0.65	1.00	1.54	1.96						

Obr.112) Tabulka pro výběr rychlostního stupně otočného stolu TC220T firmy Weiss (Datasheet) [27]

Pro dostatečnou tuhost celé sestavy otočného stolu a rámu je zvolena svařovaná konstrukce. Konstrukce musí být také ukotvena k zemi, aby se zamezilo nežádoucímu posuvu sestavy při otáčení stolu a vibracím vzniklým od motoru nebo od setrvačných hmot.

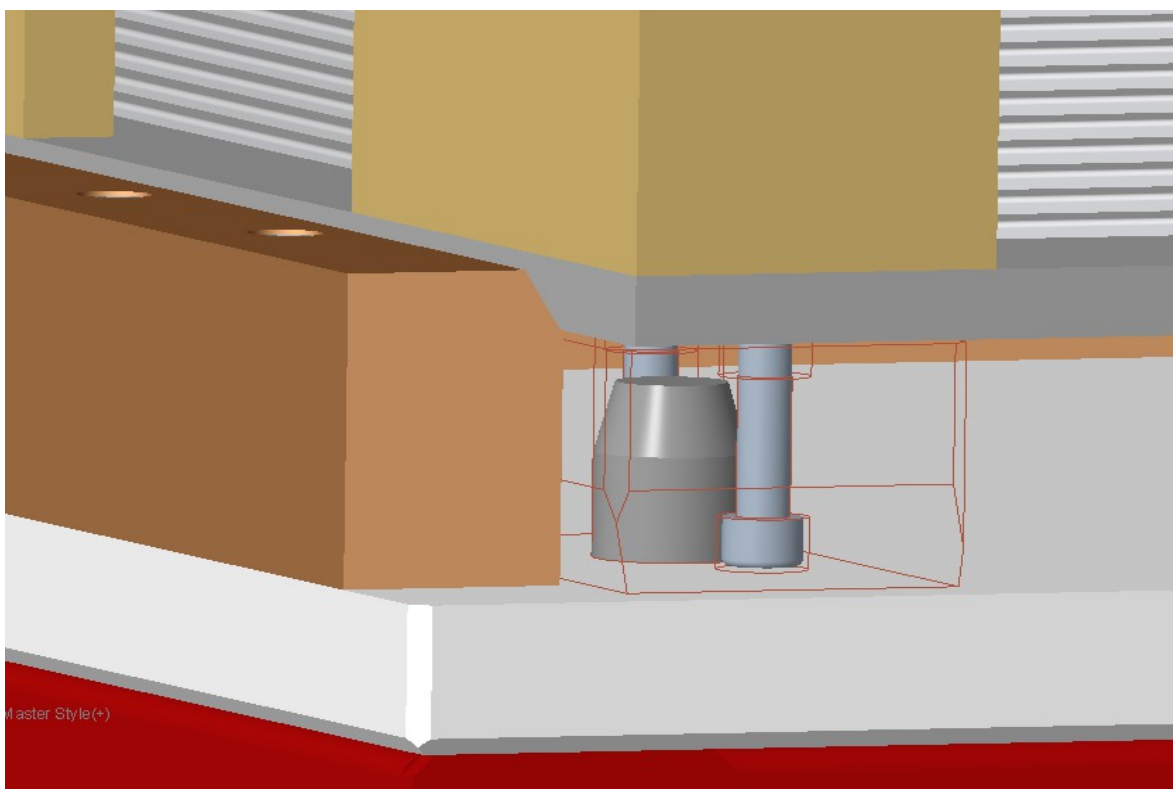
Pro dodržení rovinnosti desky, na které je otočný stůl uchycený, je nutné horní část desky svařovaného stolu obrobít po svařování. Svařováním dochází k ohřevu materiálu tím k pnutí a kroucení materiálu.

5.9 VD9 Manipulátor (robot) pro založení plechové nerezové desky

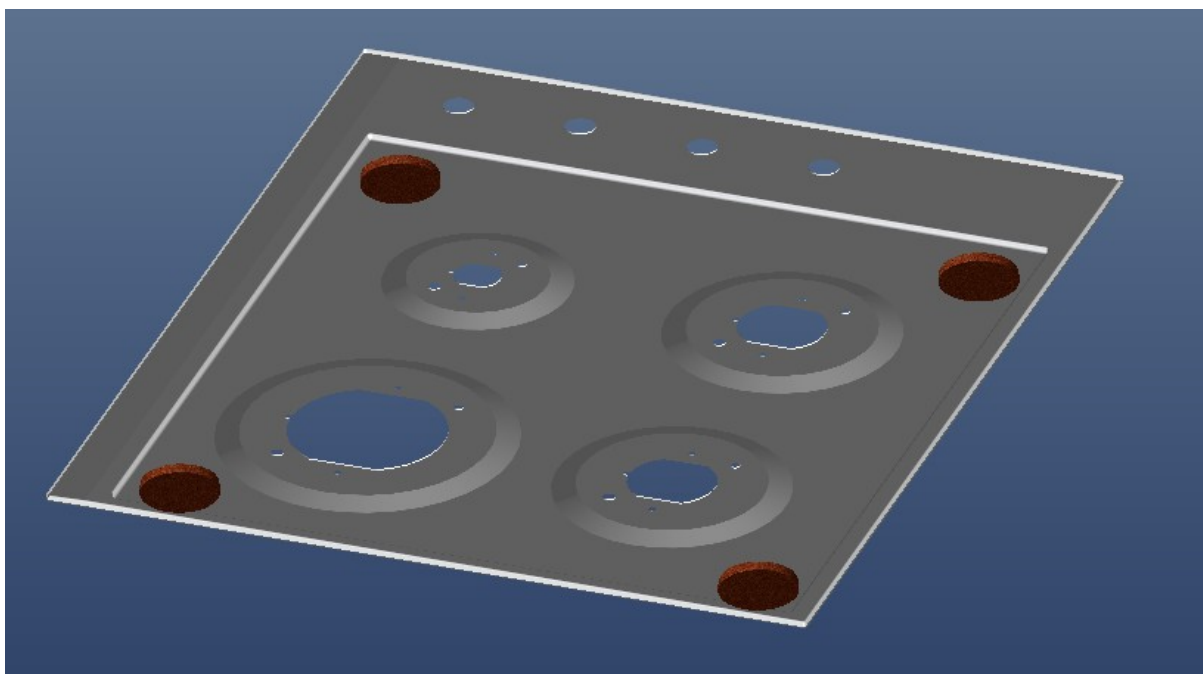


Obr.113) Manipulátor pro zakládání horní nerezové desky

Tato stanice se skládá z manipulátoru (robot) s vakuovými chapači, palety s nerezovými deskami a rámu. Paletu zakládá obsluha manipulačním zdvižným zařízením na rám stroje. Pro navedení palety slouží lišty, které paletu na rám stroje zapoložují. Tu by však mohla obsluha založit ve více orientacích, ale pro zabezpečení správnosti cyklu je nutné dodržet pouze jeden směr orientace. V desce stolu je proto přišroubovaný polohovací čep, který funguje jako „Poka Yoke“ prvek. Po nasunutí palety na polohovací čep a mezi lišty je paleta zorientovaná a zapoložovaná.



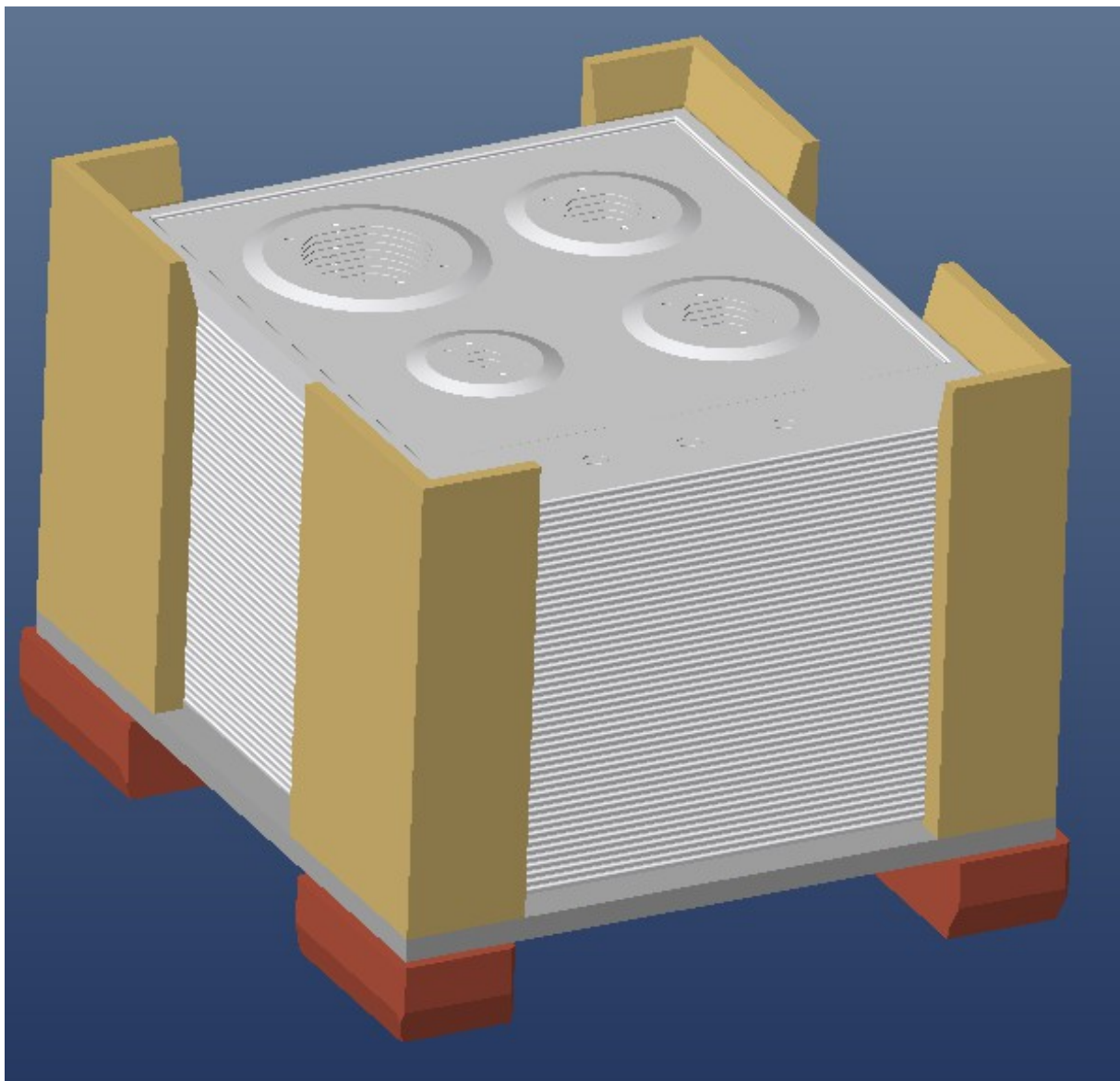
Obr.114) Polohovací čep palety s nerezovými deskami



Obr.115) Nalepovací oddělovací kroužky

Horní strana nerezové desky je pohledová část, kterou cílový zákazník vidí, proto je nutné, aby nedošlo k jejímu poškození. Pro oddělení jednotlivých nerezových desek na paletě jsou použity nalepovací kroužky. Kroužky jsou z plastové pěny a oddělují nerezové desky tak, aby nedošlo k jejich kontaktu. Na jedné nerezové desce jsou nalepeny čtyři kroužky, Každý v jednom rohu.

Na paletě je vždy naskládáno 42 desek. Správná orientace naskládaných desek je hlídána obsluhou. Celková hmotnost celé palety s 42 nerezovými deskami je 203kg. Pro zakládání je tedy nutné použít manipulační zdvižné zařízení.

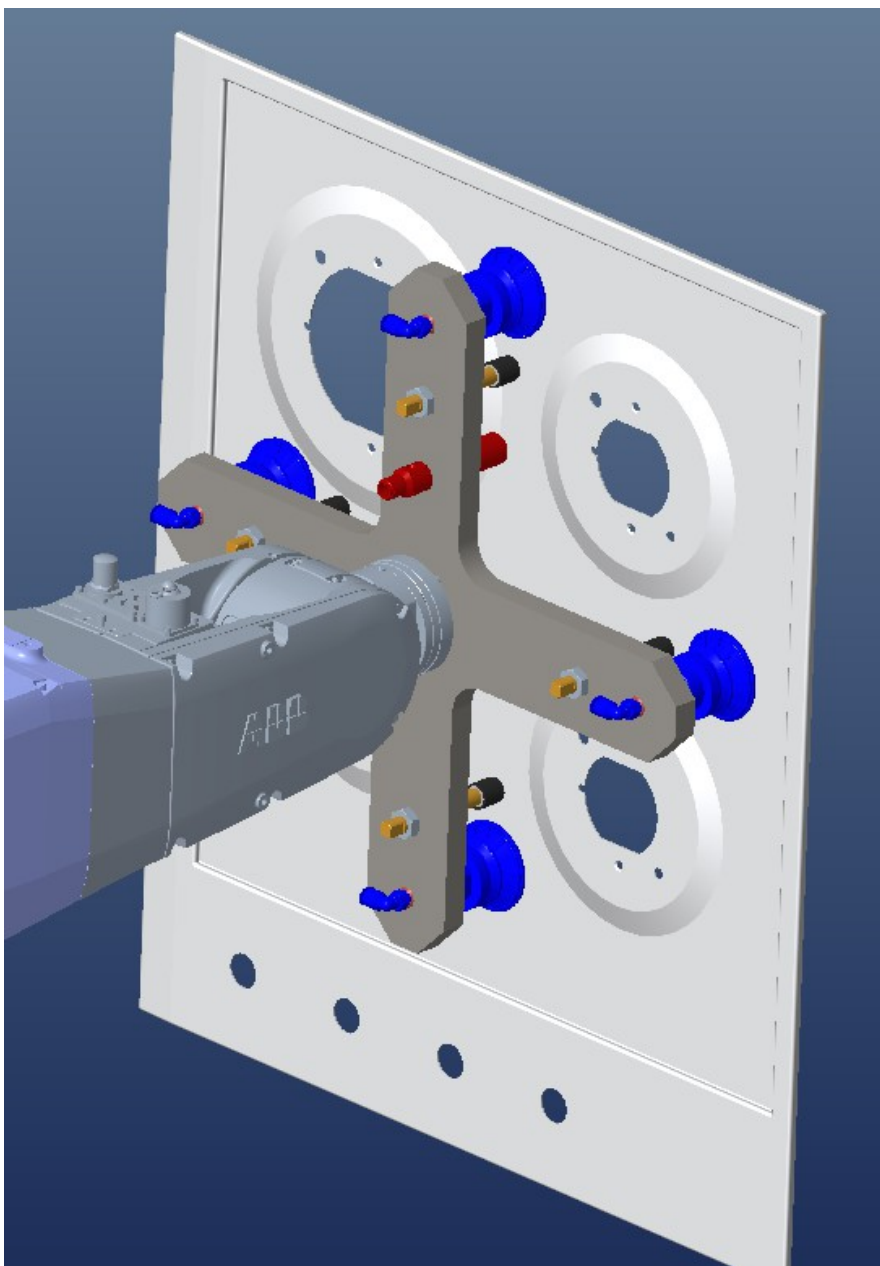


Obr.116) Paleta s nerezovými deskami

Pro manipulaci a odebrání nerezových desek z palety je použit 6-ti osý robot firmy ABB **IRB 1200-5/0.9**. Tento robot je vhodný pro manipulaci s pojistkami proti úniku plynu i pro manipulaci se zapalovacími elektrodami.

Robot má nosnost 5 kg. Nerezová deska spolu s vakuovým chapačem váží 4,2 kg, proto ho lze použít i pro tuto aplikaci.

Pro dostatečnou tuhost manipulátoru (robot) a rámu je zvolena svařovaná konstrukce. Konstrukce musí být také ukotvena k zemi, aby bylo zamezeno nežádoucímu posuvu sestavy při pohybu robota. Pro dodržení rovinnosti desky, na kterou se šroubuje robot je nutné horní část desky svařovaného stolu obrobít po svařování. Tím budou odstraněny pnutí a nerovnosti vzniklé teplem ze svařování.



Obr.117) Vakuový chapač pro odebrání a manipulaci s horní nerezovou deskou

erezová deska je plechový výlisek, který má hladký povrch. Pro manipulaci s deskou je tedy možné použít vakuový chapač. Na přírubě robota je přišroubovaná hliníková deska v podobě kříže. V každém cípu kříže je použita vakuová přísavka firmy Festo OGVM-50-A-N-G14F [44]. Na chapači jsou tedy použity 4 přísavky. Vakuum vytváří vakuový ejektor.

Výška vyrovnání přísavky – 11,5mm

Průměr přísavky – 50mm

Objem přísavky – 15 cm³

Tvar přísavky – kulatý, skládaný tvar 1,5 měchu

Jmenovitý provozní tlak – -0,6 barů (0 až -0,95 barů)

Přidrzná síla při jmenovitém provozním tlaku – 90 N

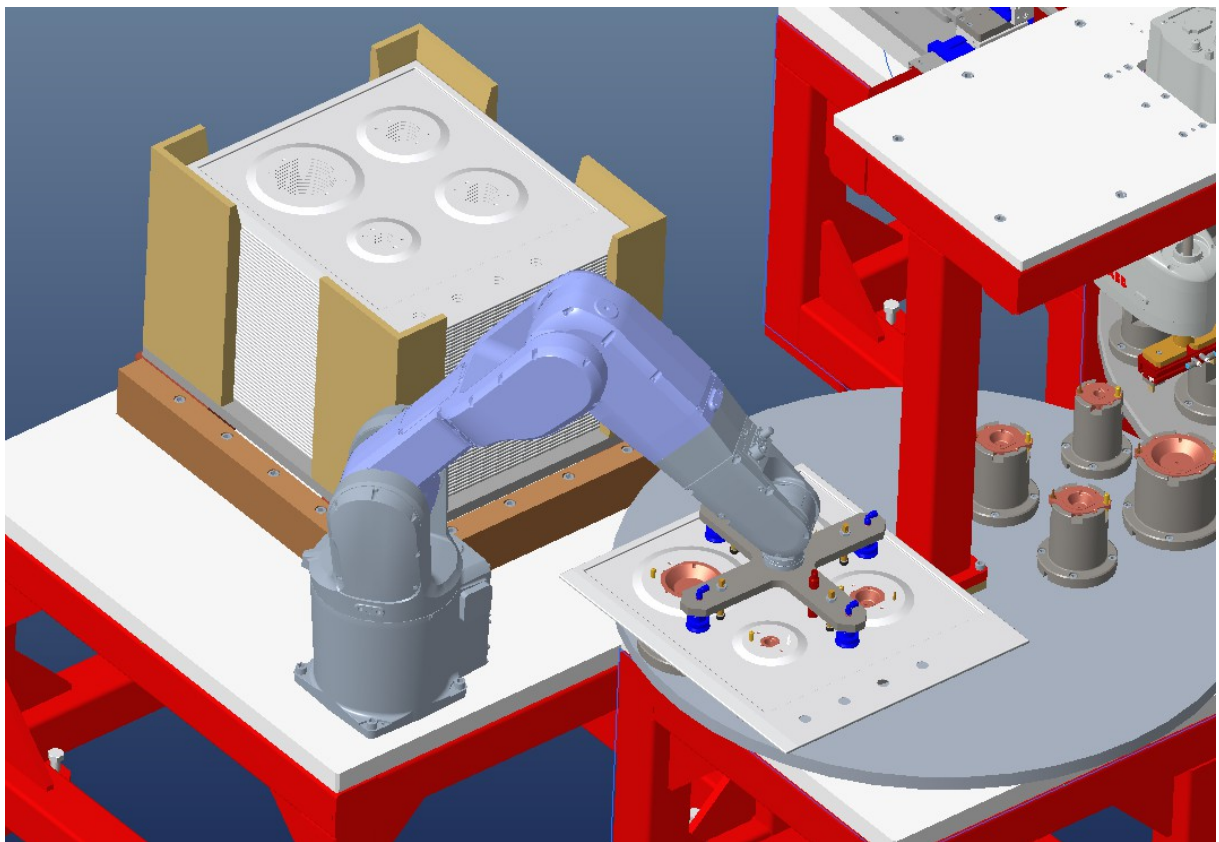
Hmotnost přísavky – 41 g

Materiál přísavky – NBR

U každé přísavky je gumový doraz, který slouží k určení polohy nerezové desky na chapači. Pro stavění dorazu je použitý stavěcí šroub. Gumový doraz je od firmy Halder 25150.0309 [45].

Průměr gumového dorazu – 15 mm
Tuhost gumového dorazu – 64 N/mm
Zatížitelnost maximální – 241 N
Zdvih gumového dorazu – 3,75 mm

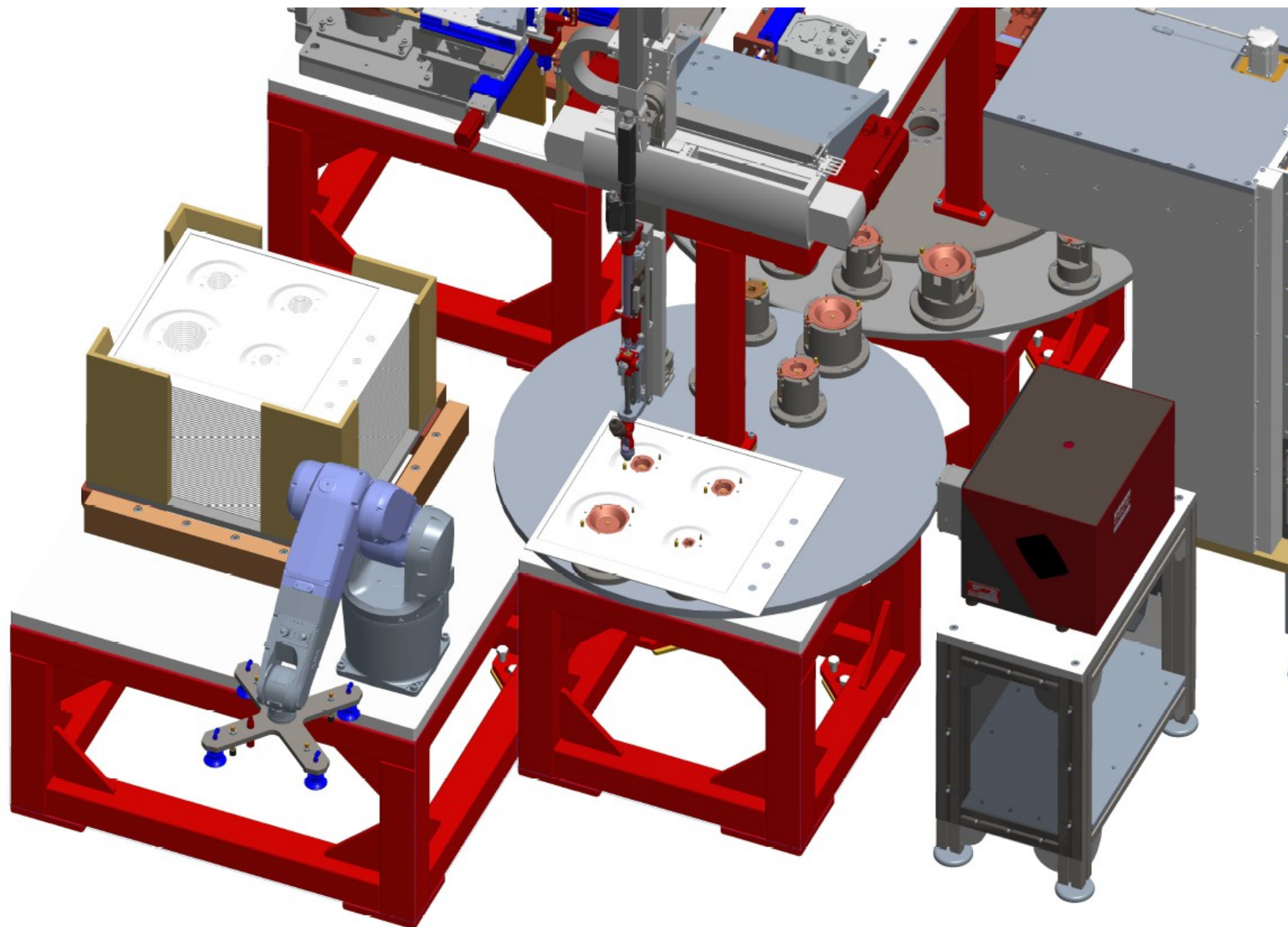
Odebrání desky chapačem je signalizováno kapacitním snímačem firmy Balluff BCS M18B4I3-PSC80D-S04K [46]. Indukční snímač je také možné použít, ale pouze s faktorem 1. Tyto snímače jsou ovšem dražší, než obyčejné kapacitní snímače.



Obr.118) Zakládání plechového dílu do druhé pozice 2-polohového otočného stolu

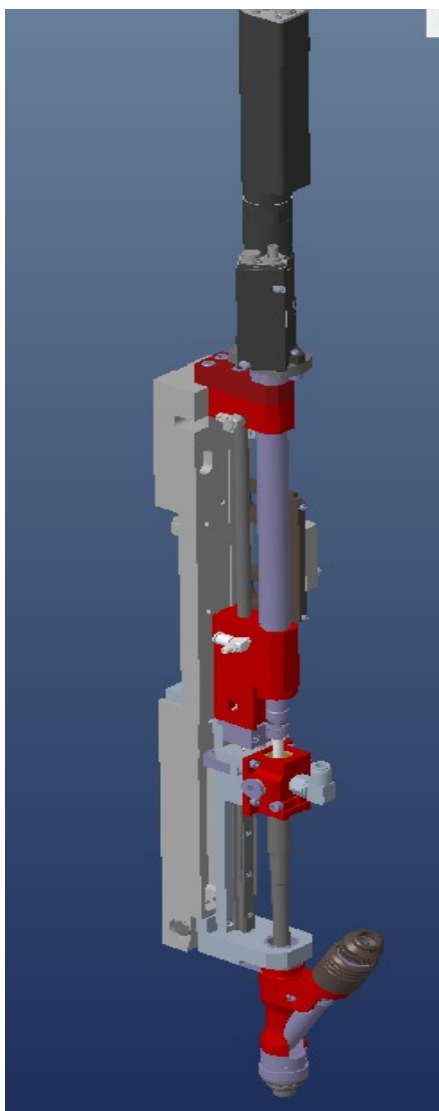
Poté co robot SCARA založí všechny 4 podsestavy hořáků do lůžek 2-polohového otočného stolu dojde k jeho otočení o 180°. Následně založí robot nerezovou desku na hořáky v lůžkách. Vakuové přísavky pustí nerezovou desku.

5.10 VD10 Šroubovák pro přišroubování desky k hořákům

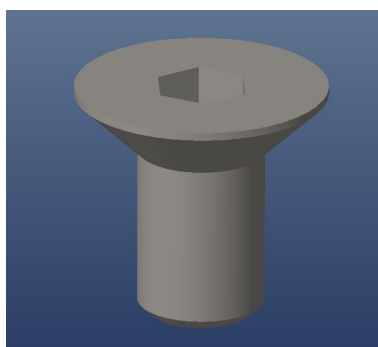


Obr.119) VD10 Šroubování podsestav hořáků k nerezové desce

Po založení nerezové desky lze hořáky k desce přišroubovat. Pro přišroubování desky je použit automatický šroubovák s podavačem od firmy Stöger. Firma Stöger je jedním z velkých dodavatelů ručních i automatických šroubováků pro český trh. Konstrukce a princip funkce šroubováku s podavačem je vyrobený dodavatelskou firmou Stöger.



Obr.120) Automatický šroubovák firmy Stöger



Obr.121) Šroub pro zašroubování hořáků k nerezové desce

Šrouby, kterými se šroubují hořáky k nerezové desce jsou šrouby s kuželovou hlavou a vnitřním šestihranem, velikost M3x6. Pro výběr šroubováku byly důležité tyto parametry:

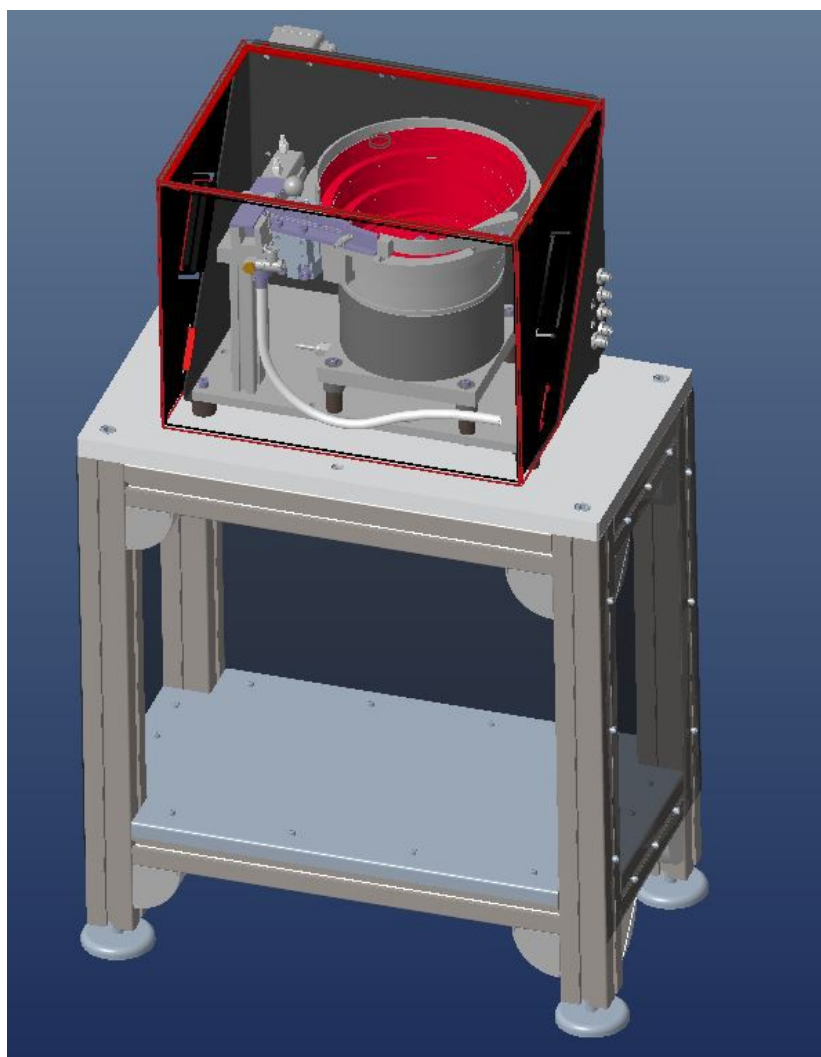
Průměr hlavy šroubu – 6 mm

Průměr závitu šroubu – M3

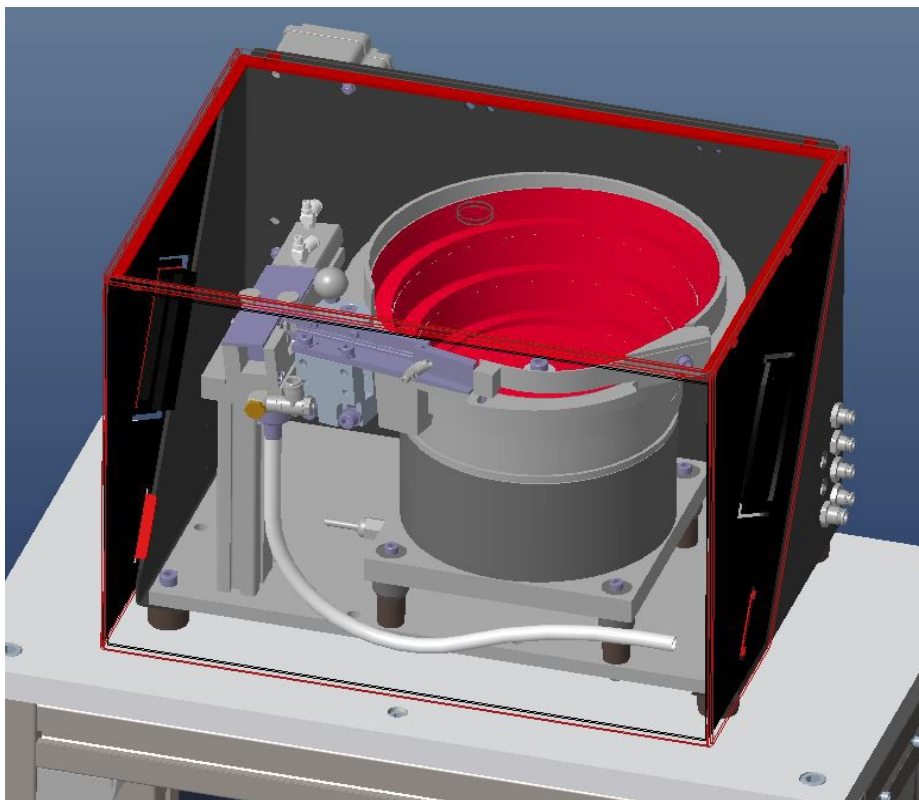
Maximální délka šroubu – 6 mm

Krouticí moment nutný pro utažení šroubu – 32 Nm

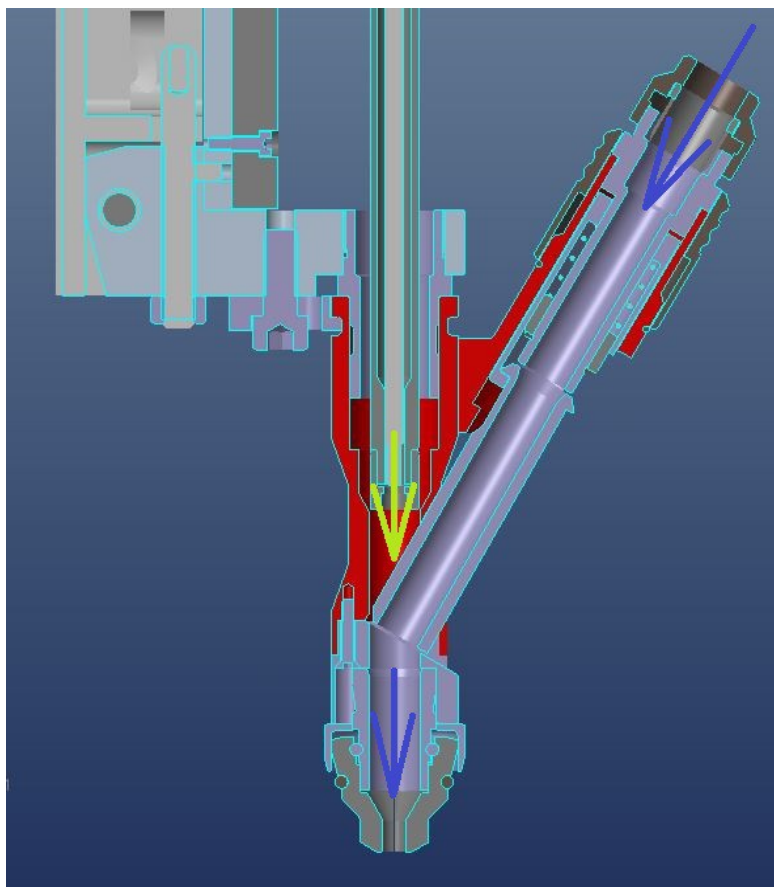
Funkce šroubováků je následující. Šroub je odřazen z kruhového vibračního zásobníku do nabíjecí komory. V této komoře se šroub pomocí stlačeného vzduchu vstřelí do hadice, která vede do šroubovací hlavičky šroubováku. Vnitřní průměr hadice je přizpůsobený průměru hlavy šroubu. Hadice se vyrábí ze speciálního materiálu, který má výborné kluzné vlastnosti. Vibrační zásobník je připevněný na rámu z hliníkových profilů 45x45. Rám je vyztužený úhelníky a volně stojí na stavěcích nohách. Pod vibračním zásobníkem je připevněna polička pro odložení více balíčků se šrouby. Při doplňování šroubů do zásobníku musí obsluha odklopit bezpečnostní víko. Balení šroubů je v sáčcích. Vibrační zásobník umožňuje hlídat kapacity a jakmile začnou šrouby v zásobníku docházet musí jej obsluha doplnit.



Obr.122) Vibrační zásobník pro podávání šroubu do šroubováku

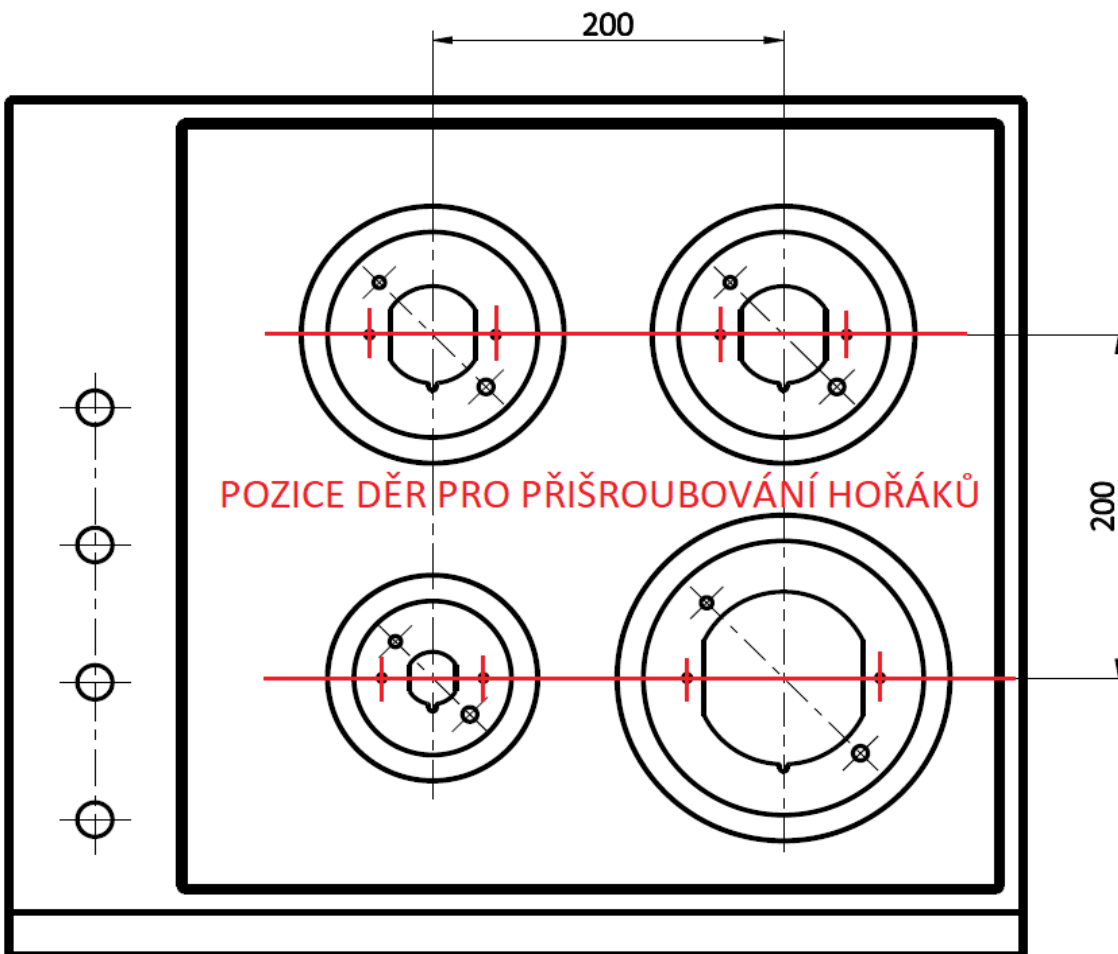


Obr.123) Mechanismus podávání šroubu do šroubováku



Obr.124) Cyklus podávání šroubu a šroubování

Šroub vstřelený do hadice se dopraví do koncových čelistí (Obr.121 modré šipky). Čelisti, které drží šroub v hlavici, jsou dělené na dva kusy. V sevřeném stavu je drží pružiny. Poté začne sjíždět dolů tlačná hlavice s bitem. Ta tlačí šroub vnějším trnem přes hlavu šroubu do závitu v hořáku. Jakmile bude šroub přitlačen na závit, tak se vysune bit a začne ho šroubovat do těla hořáku. Šroubováním se obě části čelistí rozevírají. Pro dotlačení tlačné hlavice je použit pneumatický válec a pro šroubování a posun bitu je použita elektrická jednotka, která kontroluje polohu šroubu a také moment, na který se šroub utahuje. Šroubovák vyhodnotí obě veličiny a určí, jestli je šroub dobře zašroubovaný.



Obr.125) Pozice děr pro přišroubování podsestav hořáků k nerezové desce

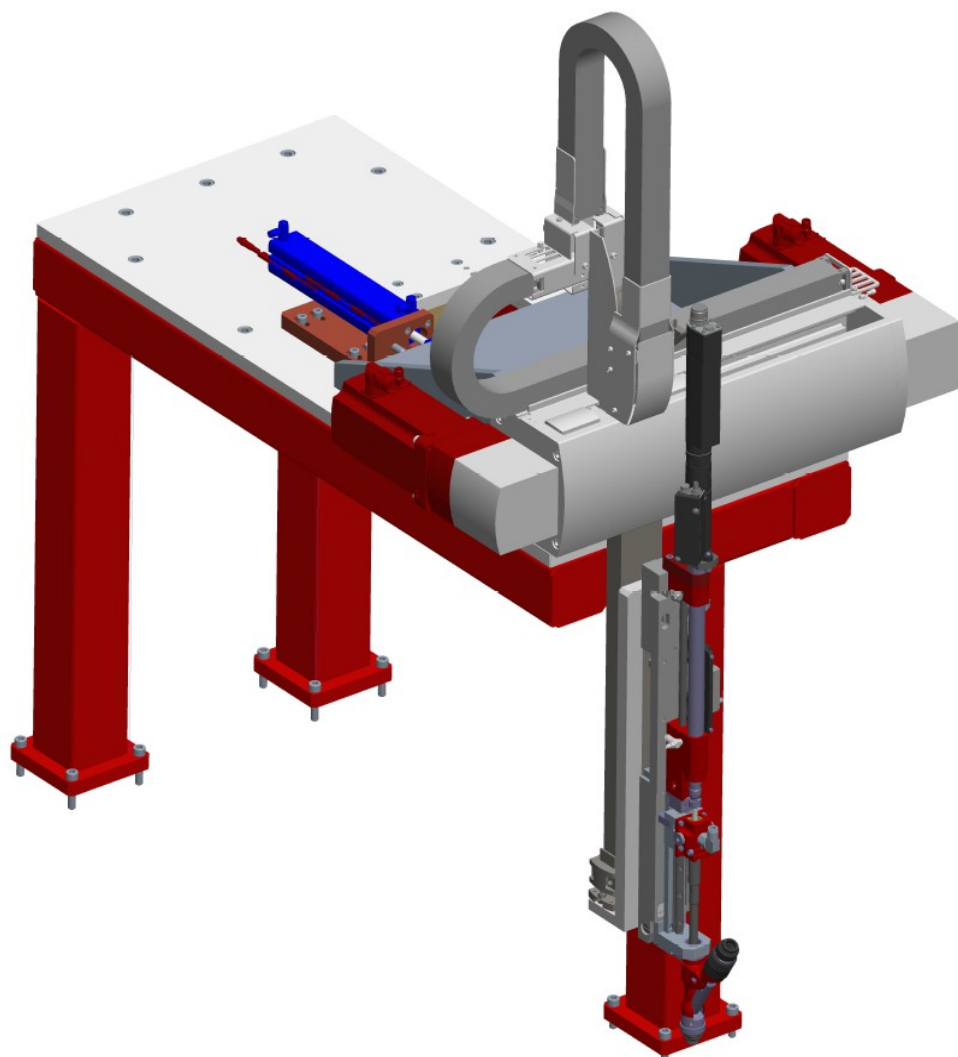
Šroubovák musí zašroubovat 8 šroubů. Každá podsestava hořáku je přišroubována k nerezové desce dvěma šrouby. Z Obr.122 lze vidět jednotlivé pozice otvorů pro šrouby. Ve vertikálním směru jsou otvory ve dvou liniích (4 otvory nahoře, 4 otvory dole), které jsou od sebe vzdáleny 200mm. V horizontálním směru mají otvory různé rozteče. Kvůli tomuto rozložení je pro posuv šroubováku ve vertikálním směru použit pneumatický pohon s nastavitelnými dorazy a v horizontálním směru je použita lineární elektrická osa.

OSA X – pneumatické vysunutí šroubováku o 200mm

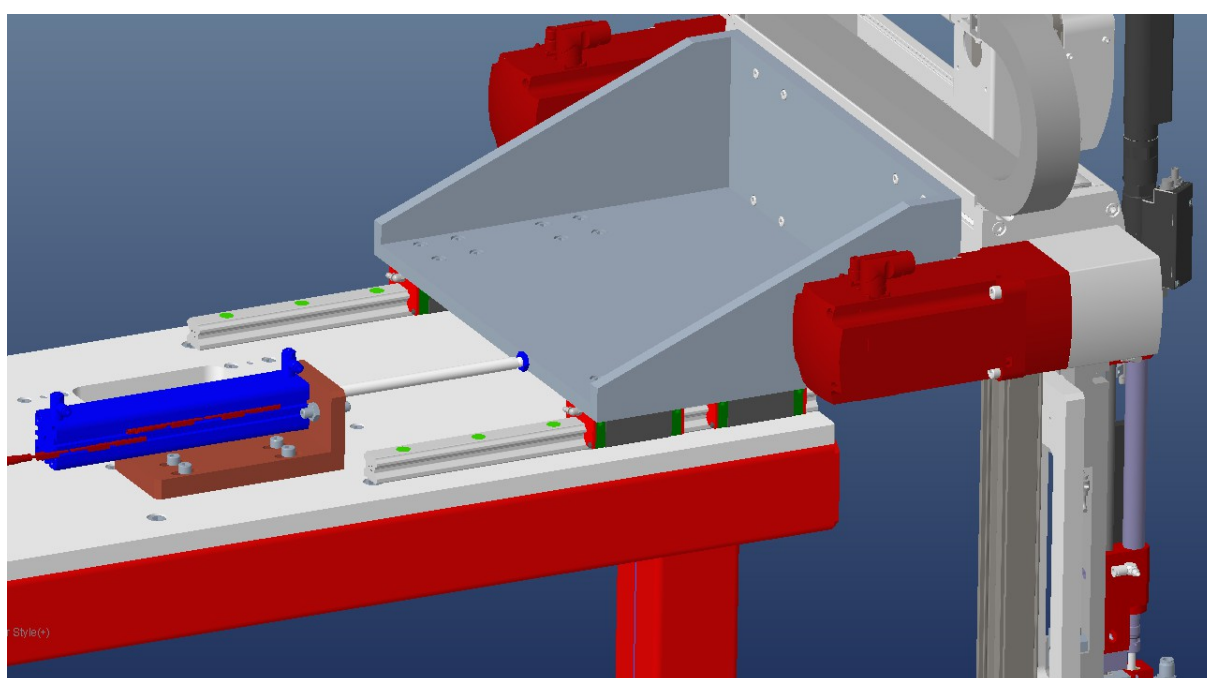
OSA Y – lineární elektrický posuv mezi otvory

OSA Z – lineární elektrický posuv šroubováku dolů k desce

Šroubovák je připevněn na Z-tové ose portálu.



Obr.126) Lineární elektrický posuv šroubováku



Obr.127) Pneumatický posuv šroubováku

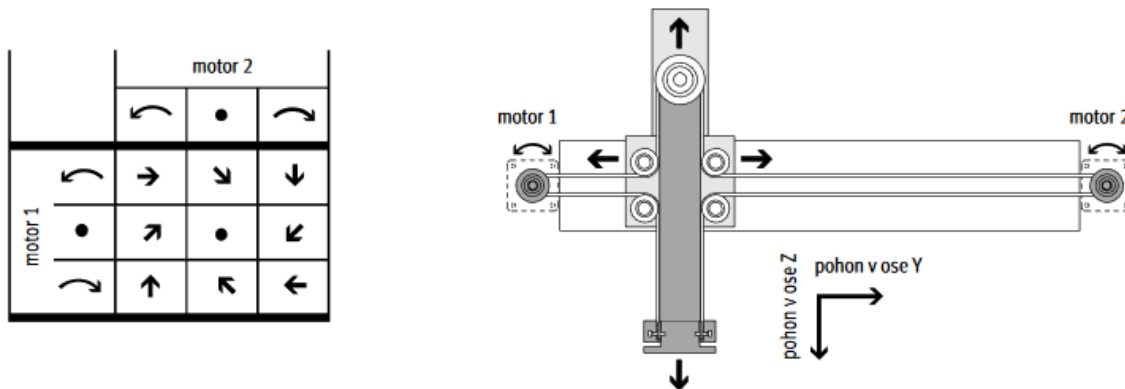
Pro posuv šroubováku v ose Y a v ose Z je použitý příčný lineární elektrický portál firmy Festo:

EXCT-30-300-500-KF-AB-HH-L-T0-EN [47]

Velikost portálu – 30
 Maximální zdvih Y – 300 mm
 Maximální zdvih Z – 500 mm
 Konstrukce – příčný portál
 Maximální rychlost – 5 m/s
 Maximální zrychlení – 50 m/s²
 Opakovatelná přesnost – $\pm 0,1$ mm
 Maximální posuvová síla v ose Z – 300N
 Maximální hlasitost – 78 dB
 Převod kroutícího momentu – řemenový převod

Pohon – 2x servomotor s brzdou **EMMS-AS-100-S-HS-RMB [47]**

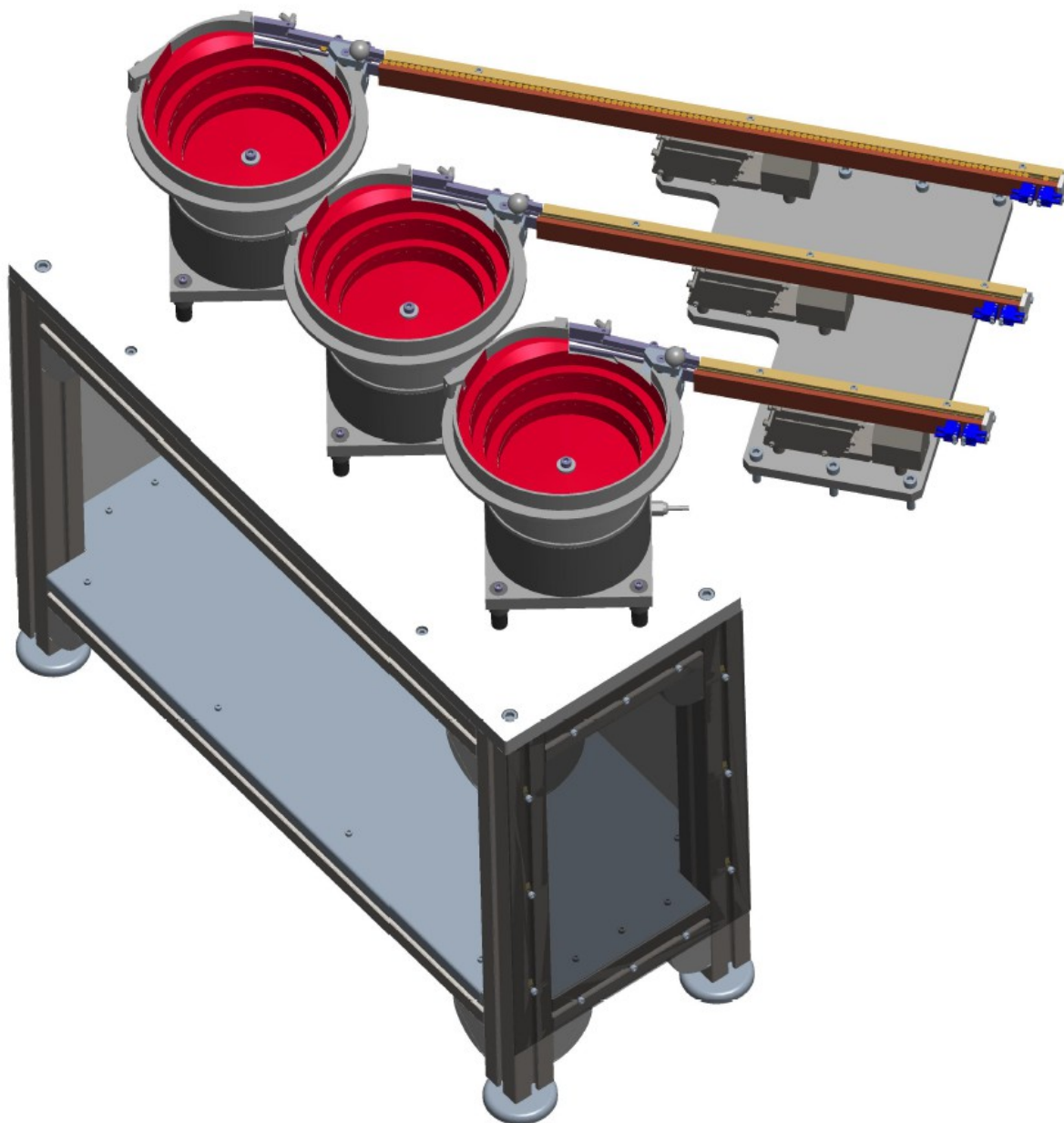
Jmenovitý kroutící moment – 3,24Nm
 Špičkový kroutící moment – 12,5Nm
 Jmenovitý výkon motoru – 1560W
 Jmenovitý proud motoru – 3,3A
 Špičkový proud motoru – 15A



Obr.128) Princip posuvů příčného lineárního portálu

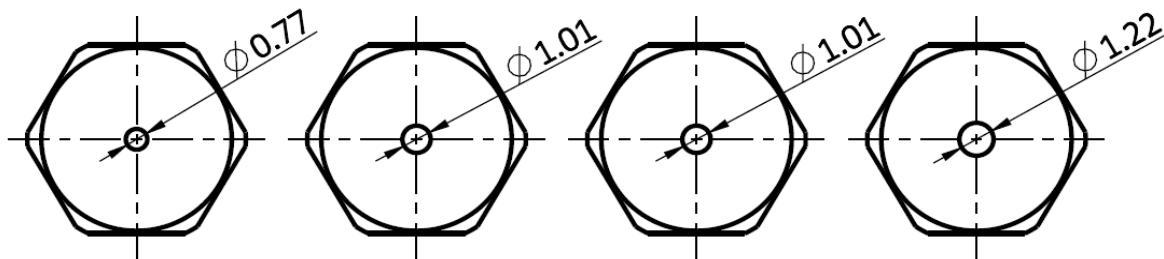
Posuv konzoly se šroubovákem v ose X je zajištěn pneumatickým válcem firmy Festo ADN-32-225-A-P-A [36]. Signalizace vysunutí a zasunutí válce je pomocí magnetického snímače. Tento pneumatický válec má teoretickou sílu při pohybu vpřed, při tlaku 6 barech, 483N. Pneumatický válec má velikost zdvihu 225mm. Zdvih je nutné nastavit přesně pomocí dorazového šroubu a závitem na pístnici. Celá konzola je připevněna na dvou kuličkových lineárních vedeních firmy Hiwin HGL30CA2R470Z0H [48]. Kuličkové lineární vedení slouží k přesnému vedení konzoly a k přenášení klopných momentů hlavně při vysunutí šroubováku.

5.11 VD11 Vibrační zásobníky a podavače trysek hořáků



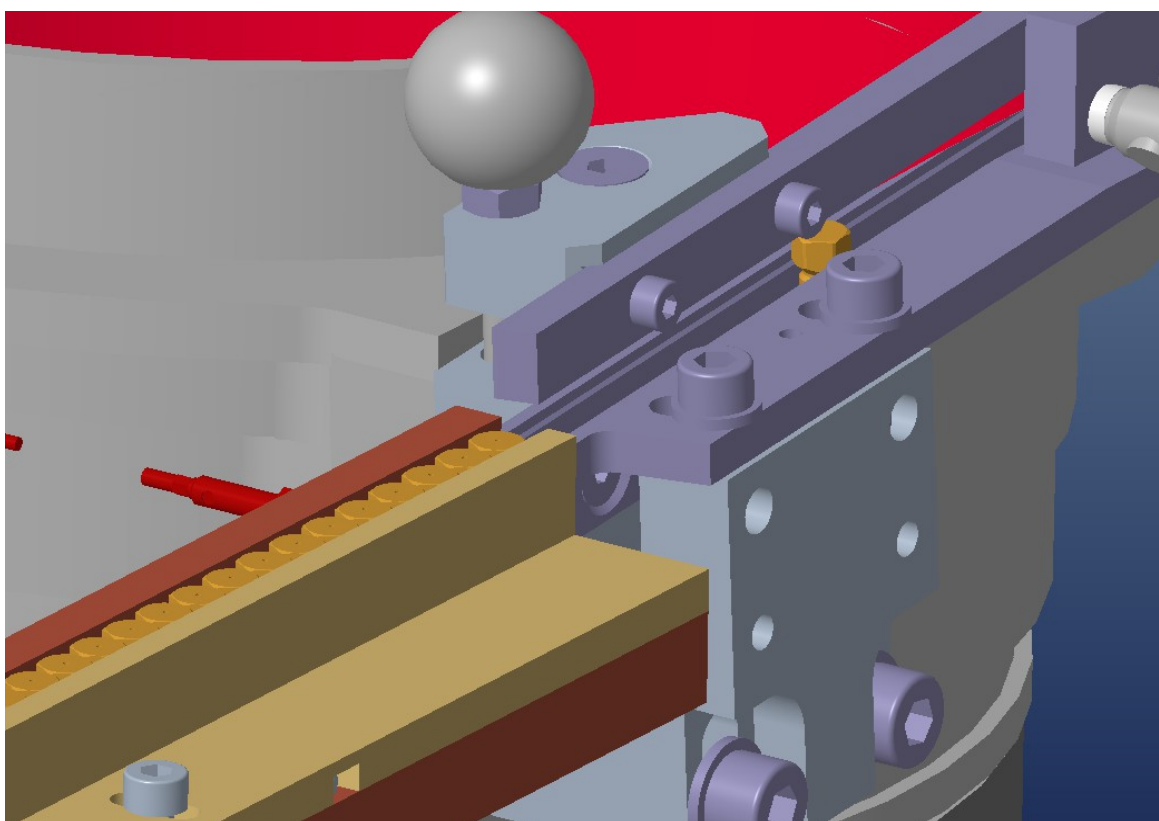
Obr.129) Vibrační zásobníky pro podávání trysek hořáků

Do podsestav hořáků se šroubují trysky hořáků. Ty se rozlišují podle průměru otvoru, kterým proudí plyn do prostoru, kde dochází k jeho zapalování. Ostatní rozměry trysek jsou naprosto stejné.

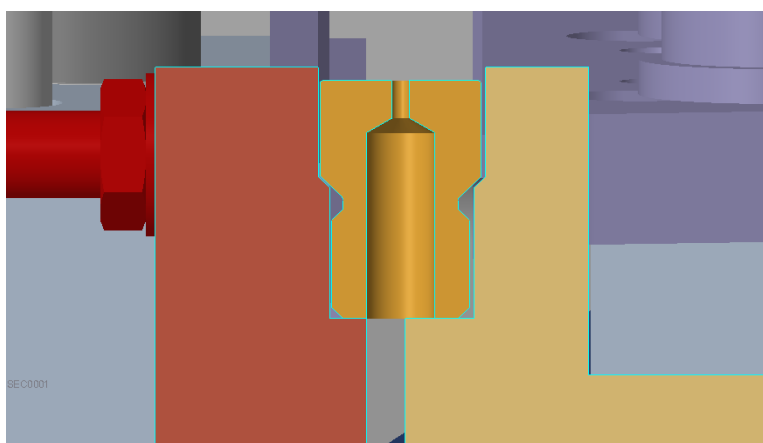


Obr.130) Velikosti otvoru pro vypouštění plynu jednotlivých hořáků

Součástí plynové varné desky je 1x malý hořák s průměrem trysky 0,77mm, 2x střední hořák s průměrem trysky 1,01mm a velký hořák s průměrem trysky 1,22mm. Pro zásobování stroje tryskami jsou použity 3 vibrační kruhové zásobníky. Každý zásobník je pro odřazování dané velikosti trysky. Střední velikost hořáku se vyskytuje ve finální sestavě dvakrát, ale vibrační kruhový zásobník je pro tuto velikost použit pouze jednou. Odřazování probíhá za vnější rozměry trysky, které jsou u všech velikostí stejné. Proto musí obsluha dávat pozor na to, aby doplnila zásobníky správnými tryskami. Trysky jsou dodávány v obalových sáčcích. Na každém obalovém sáčku je čárový kód, který obsluha načte ruční čtečkou. Tím bude obsluha přesně vědět, o jaký typ trysky se jedná.

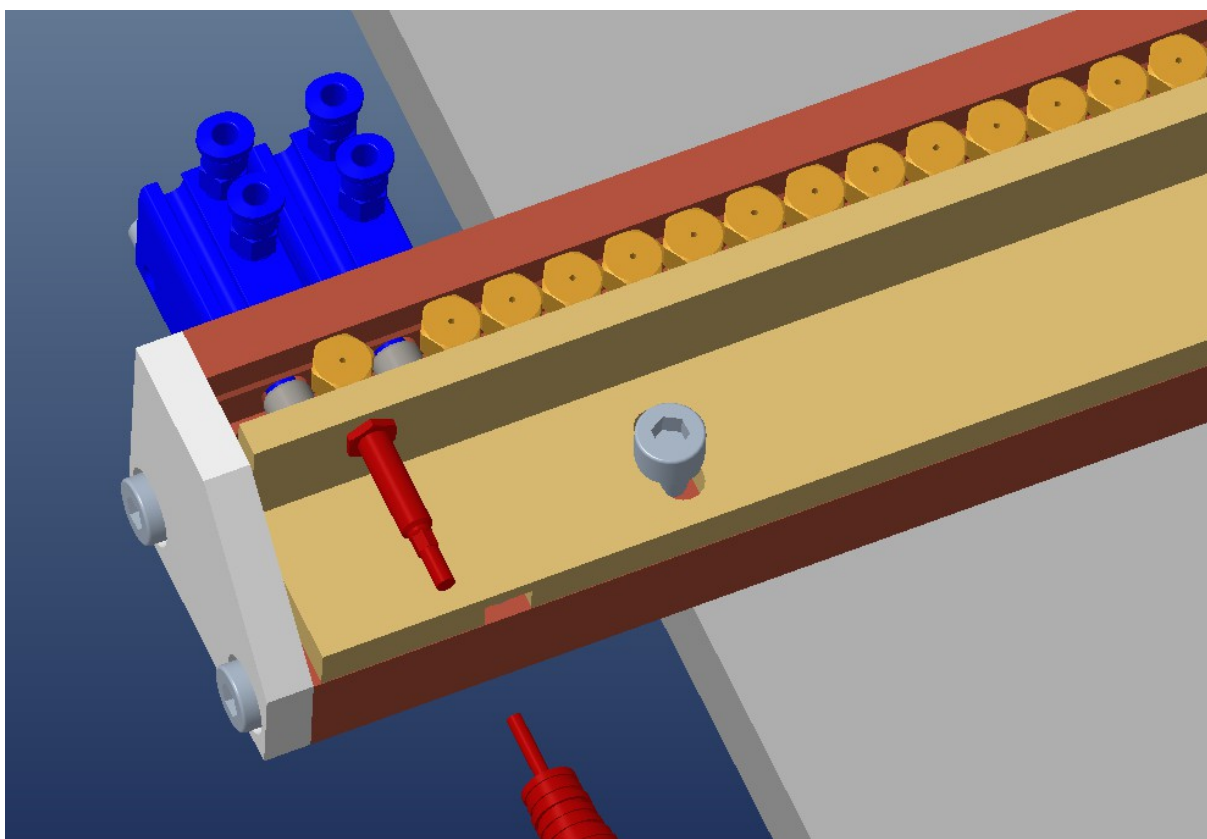


Obr.131) Velikosti otvoru pro vypouštění plynu jednotlivých hořáků



Obr.132) Vibrační vodící lišty pro trysky hořáků

Vibrační kruhové zásobníky jsou vyrobeny zakázkově na daný produkt. Trysky se posouvají z kruhového zásobníku na vibrační lišty. V těchto lištách se udržuje dostatečná zásoba trysek pro montáž. Zaplnění lišty je signalizováno indukčním snímačem firmy Balluff BES M04EC-PSC10B-EP00 [28]. Tvar vibračních vodících lišt je vytvořený podle tvaru trysek tak, aby zamezil jejich natáčení. Pro správné seřízení je mezera pro trysky nastavitelná. Každý ze 3 vibračních zásobníků má jinou délku vodících lišt. Pro střední velikost trysky je použitý vibrační zásobník s nejdelší vibrační vodící lištou a to z důvodu, že střední velikost trysky je používána v taktu dvakrát a dochází tak k rychlejšímu vyprazdňování zásobníku.



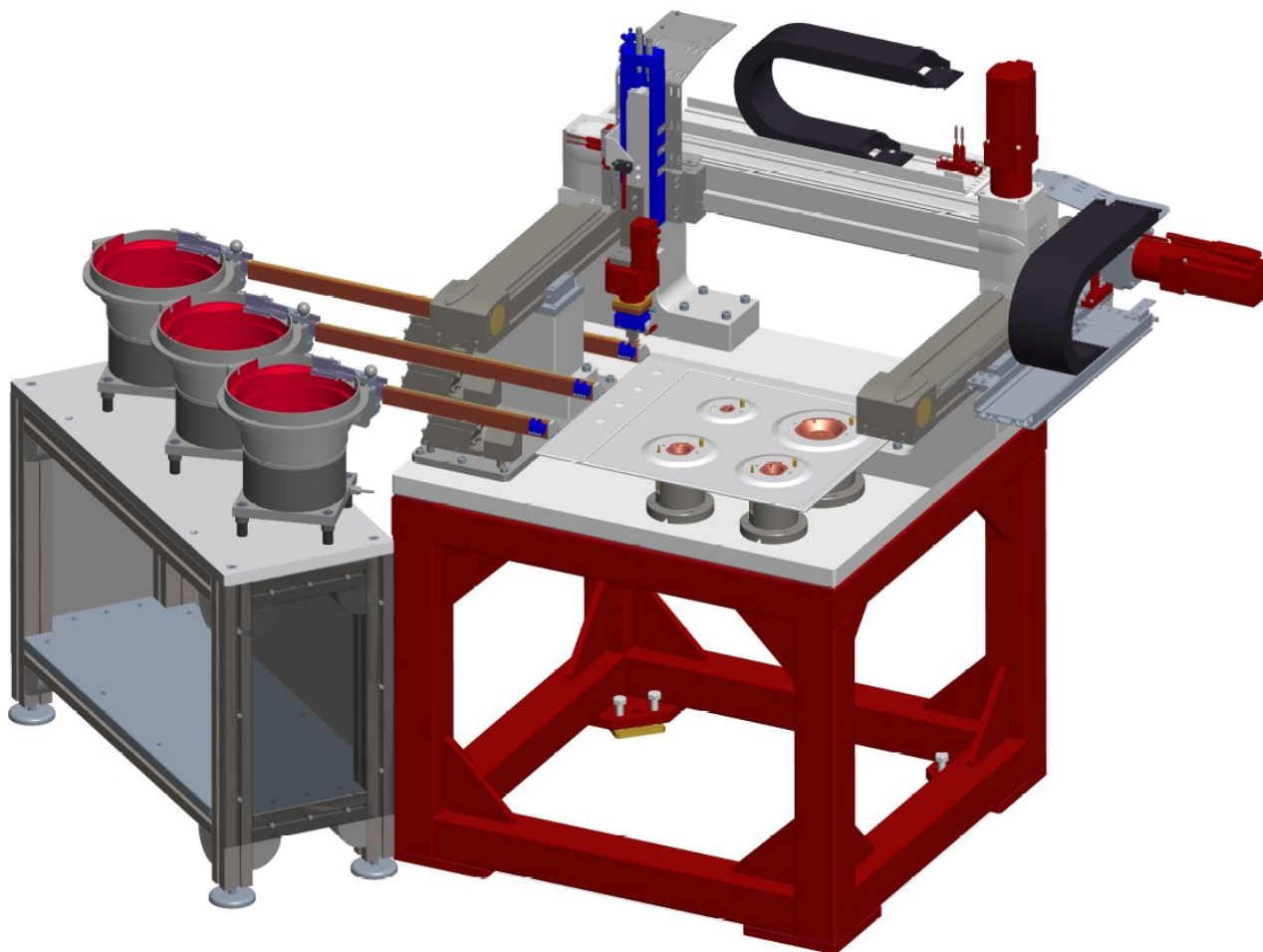
Obr.133) Odřazování trysek hořáků

Koncová pozice, ve které dochází k odebírání trysek ze zásobníků, je ve stejné rovině s manipulátorem pro šroubování trysek do hořáků. Pro odřazování trysek jsou použity dva pneumatické válce ADN-S-6-5-I [36]. Ty mají na konci pístnice odrazovací palce. Po odebrání trysky dojde vždy k odřazení jedné trysky. Přítomnost trysky v odrazovací pozici je signalizována indukčním snímačem firmy Balluff BES M04EC-PSC10B-EP00 [28].

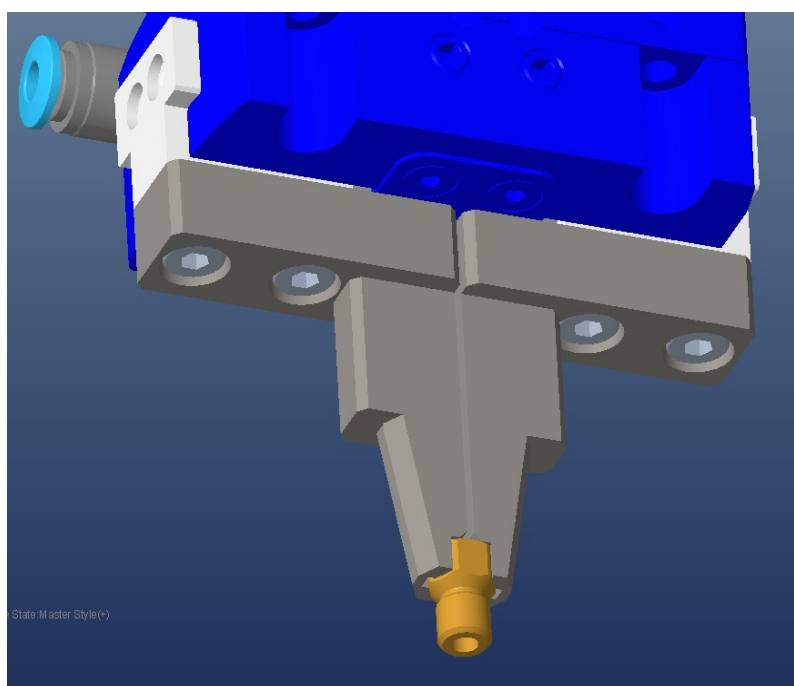
Pro kontrolu správné trysky je možné přidělat na manipulátor, který šroubuje trysky do hořáků, kameru. Takovéto kamerové systému jsou však velice cenově nákladné.

Rám pod vibračními zásobníky je z hliníkových profilů 45x45 a je vystužený úhelníky. Na spodku rámu je také polička pro případné odložení plných a prázdných balení trysek.

5.12 VD12 Manipulátor pro zašroubování trysek hořáků.

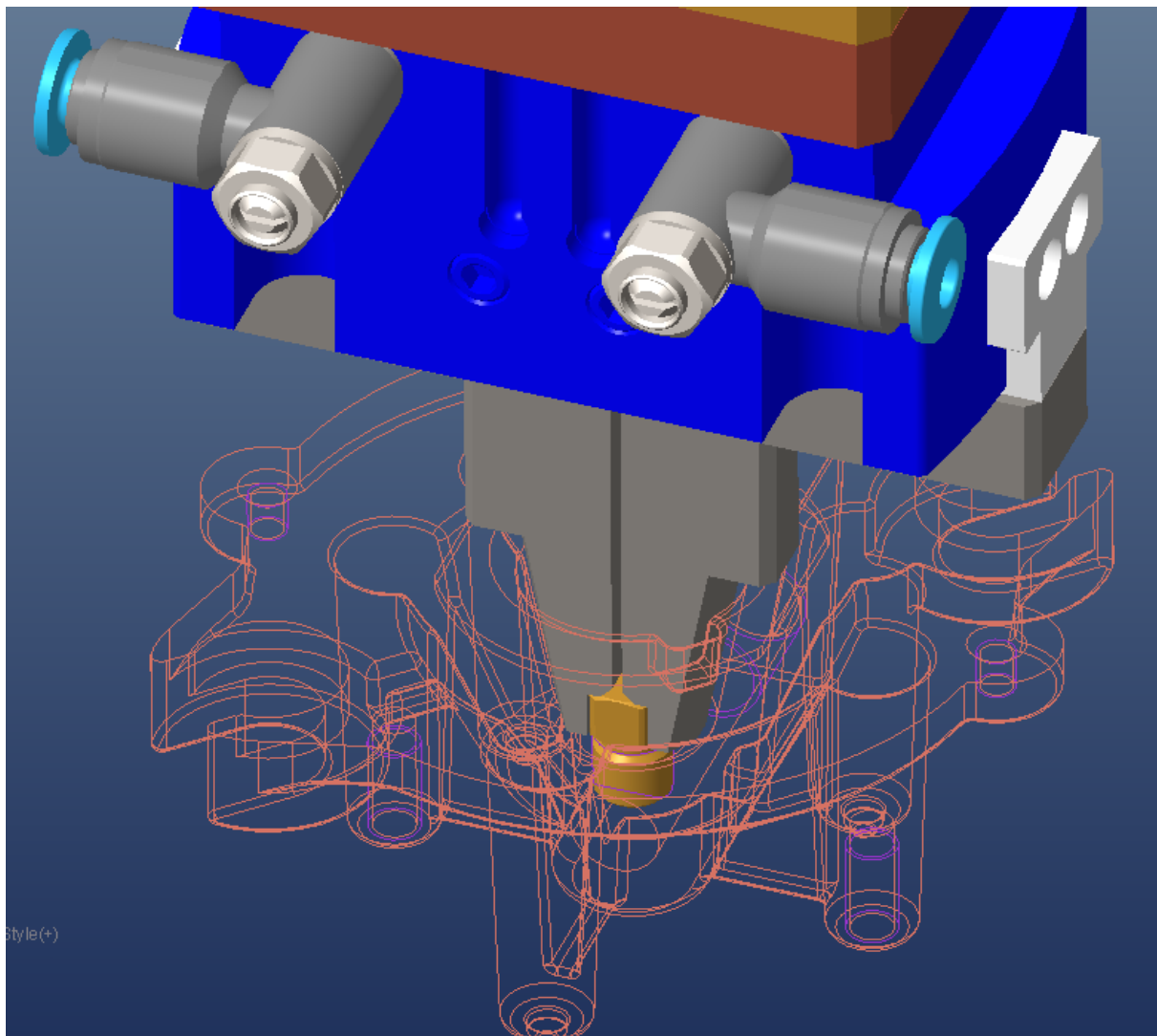


Obr.134) Manipulátor pro zašroubování trysek do hořáků



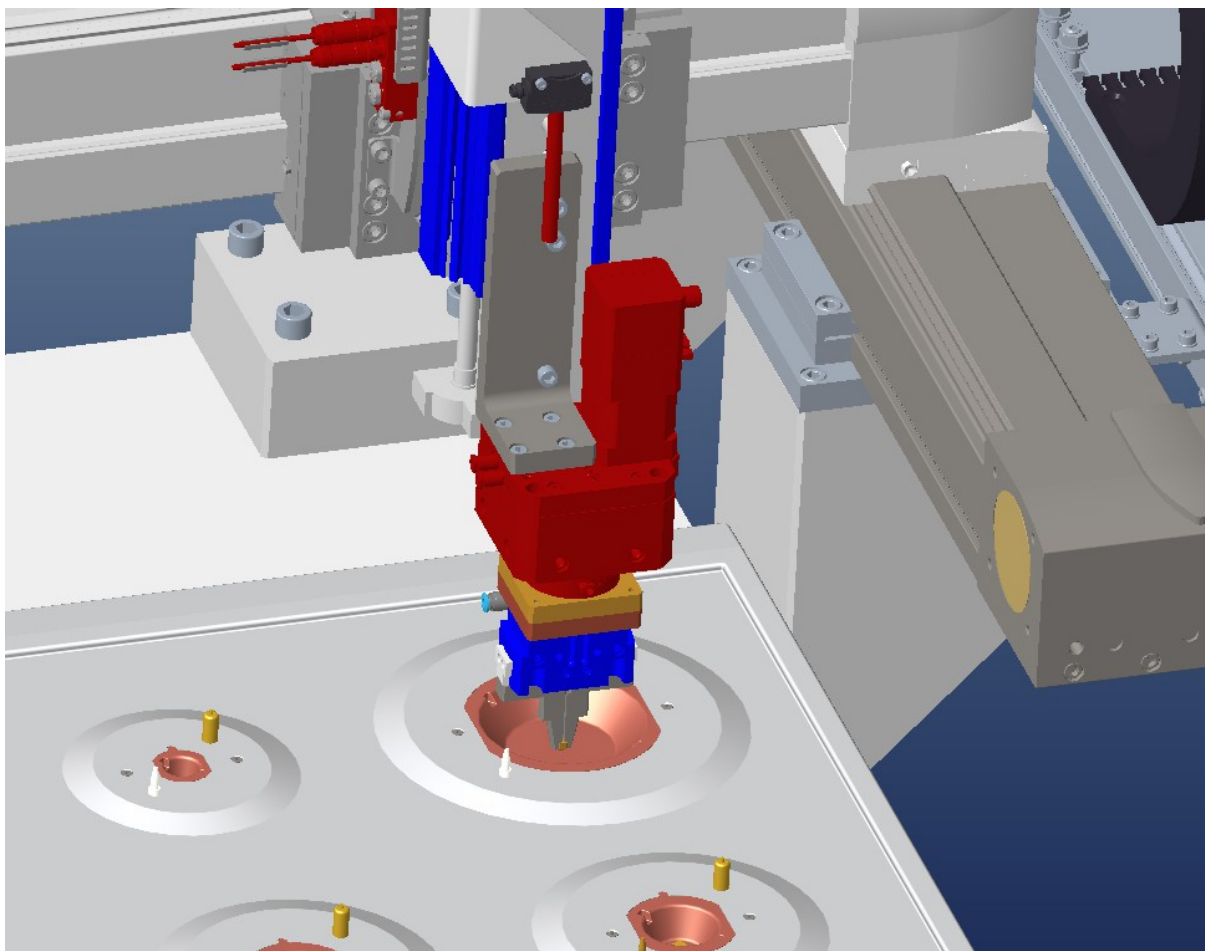
Obr.135) Chapač pro odebrání a šroubování trysek do hořáků

Odřazené trysky odebírá ze zásobníků pneumatický paralelní chapač od firmy Festo HGPT-25A-B-F [49] s čelistmi. Čelisti jsou tvarové a uchopí trysku za 6-ti hranou hlavu. Síla úchopu čelistí je při tlaku 6 barů, 1200N. Chapač má zdvih na čelist 3mm, nicméně pro aplikaci je využito pouze 0,5mm zdvihu na čelist. To je kvůli malému prostoru pro šroubování v těle malého hořáku.



Obr.136) Šroubování trysky do těla malého hořáku

Po přišroubování podsestav hořáku k nerezové desce tuto odebere 6-ti osý robot (VD9) ze sestavy VD10 a založí ji na lůžka na desce rámu. Robot (VD9) tedy odebírá nerezovou desku ze zásobníku, zakládá ji na hořáky v 2-polohovém otočném stole, po zašroubování nerezové desky k hořákům ji přesune do lůžek v pozici šroubování trysek do hořáků a jako poslední ji odebere a založí na OK dopravník, kde je finální sestava poslána na další zpracování. Lůžka v pozici VD12 mají stejný tvar jako v 2-polohovém otočném stole.



Obr.137) Šroubovací hlavice na Z-tové ose manipulátoru

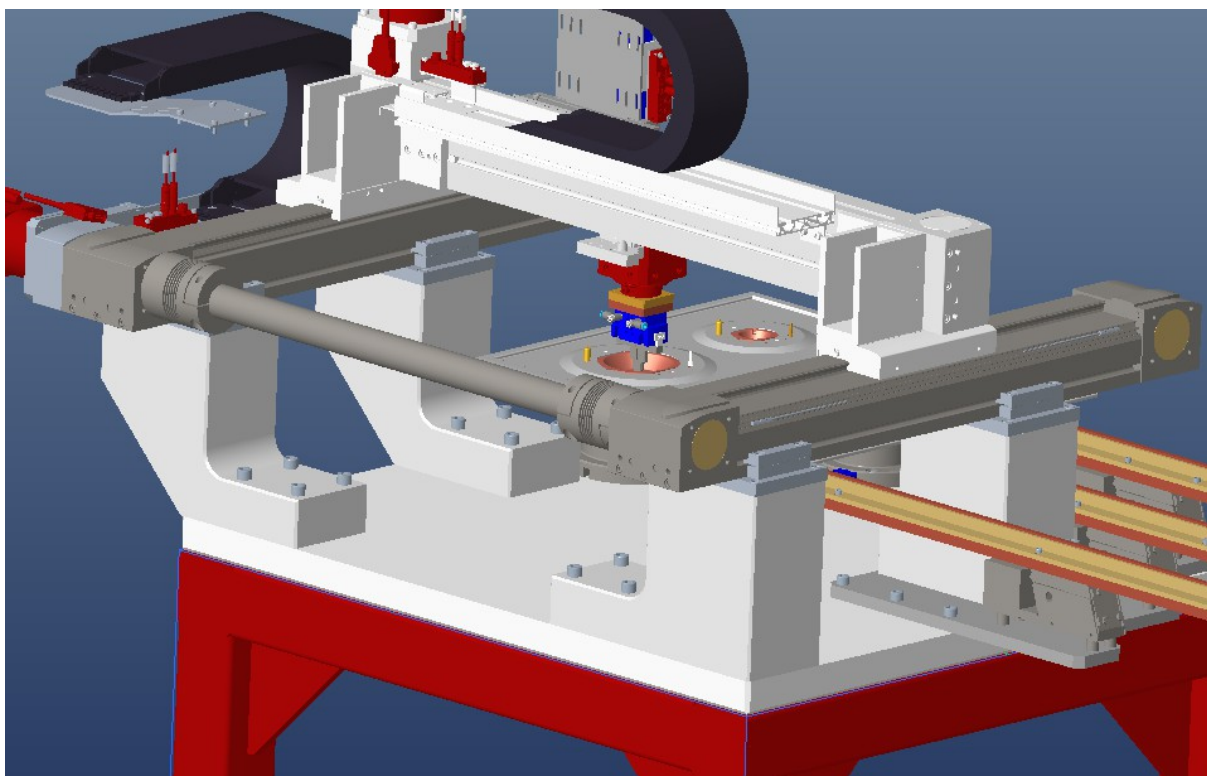
Proces šroubování trysky je následující:

- Manipulátor přesune šroubovací jednotku nad pozici šroubování trysky.
- Poté se vysune pneumatický válec s vedením firmy Festo DGSL-20-200. Válec slouží jako Z-tová osa manipulátoru. Vysunutím válce se natlačí tryska do závitové díry.
- Poté se začne otáčet otočný pohon firmy Festo **ERMO-25-ST-E-P2** [32]
 Velikost otočného pohonu – 25
 Jmenovitý kroutící moment – 2,5 Nm
 Jmenovité otáčky – 66 ot/min
 Maximální otáčky – 150 ot/min
 Opakovatelná přesnost – 0,05°
 Maximální osová síla – 350 N
 Čidlo polohy pohonu – inkrementální enkodér
 Druh motoru – krokový motor
 Specifické vlastnosti – Otočný pneumatický rozvod, 2 výstupy
- Současně s otáčením chapače s tryskou dochází zároveň k tlačení trysky do závitové díry. Tím se zašroubuje tryska do těla hořáku. Síla upnutí trysky v čelistech chapače je dostatečně velká, aby nedošlo k povolení čelistí při zvýšení kroutícího momentu při šroubování. Správnost zašroubování je kontrolována dvěma parametry:

- Kroutícím momentem, který se zvyšuje po zašroubování. Ten hlídá řídicí jednotka otočného pohonu.
- Hloubkou zašroubování trysky. K hlídání hloubky zašroubování trysky slouží optický snímač vzdálenosti od firmy Balluff BOD 6K-RA03-S75 [50]. Snímač má dosah měření 30-200mm a výstupem je analogový signál 1-10V. Druh využívaného světla je LED červené světlo.

Těmito dvěma parametry lze zaručit správnost zašroubování trysky. To je důležité kvůli těsnosti spoje. Nesmí docházet k úniku plynu mezi závitem trysky a těla hořáku. Těsnost spoje lze kontrolovat v expedičním oddělení, kontrole kvality.

- Po zašroubování trysky dojde k rozevření chapače.
- Poté se celá šroubovací jednotka zasune nahoru a přesune se k odebrání další trysky.



Obr.138) Manipulátor šroubovací jednotky X-Y-Z

Celý proces se opakuje u všech čtyřech hořáků. Pro daný typ hořáku odebírá šroubovací jednotka trysku k němu určenou. Pro přejíždění mezi hořáky a odebíracími pozicemi pro odebírání trysek a vysouvání šroubovací jednotky je použit X-Y manipulátor firmy Festo:

Prostorový portál 3D YXCR-3 [51]

Využitelná zátěž – 5 kg

Vzdálenost těžiště ve směru X – 20 mm

Vzdálenost těžiště ve směru Y – 20 mm

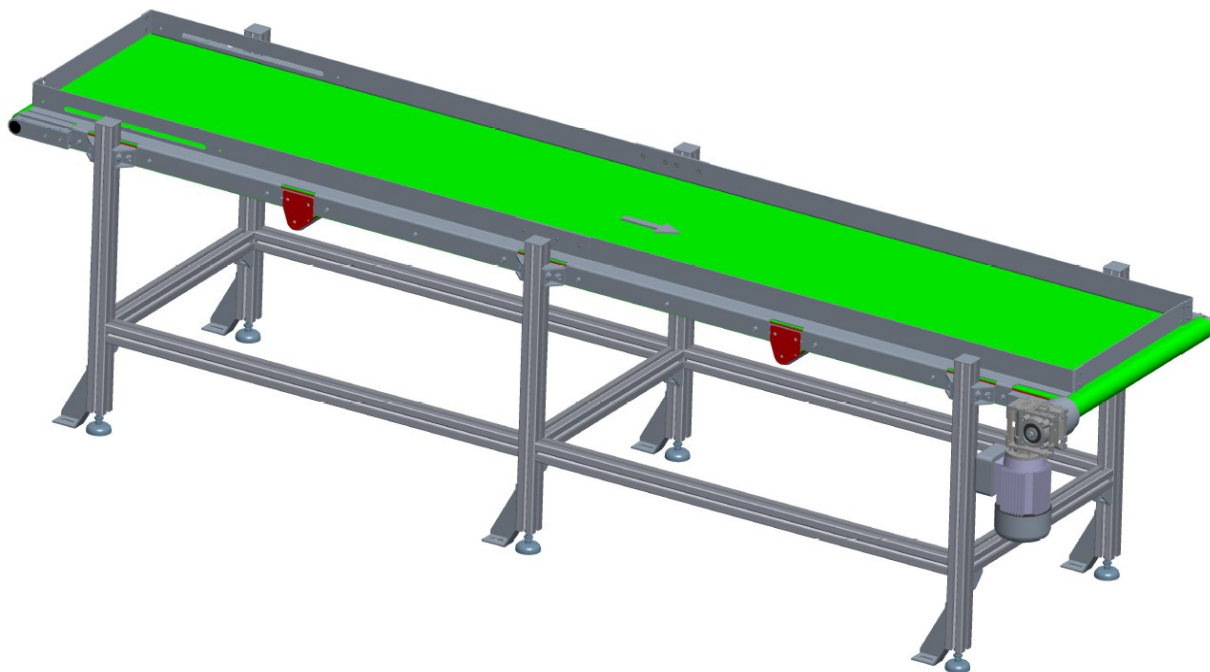
Vzdálenost těžiště ve směru Z – 0 mm

Modul osy X – pohon s řemenovým převodem EGC-185

Modul osy Y – pohon s řemenovým převodem EGC-120
Modul osy Z – pneumatický válec s vedením DGSL-20-200
Druh pohonu osy X – elektrický
Druh pohonu osy Y – elektrický
Druh pohonu osy Z – pneumatický
Pracovní zdvih v ose X – 450 mm
Pracovní zdvih v ose Y – 550 mm
Pracovní zdvih v ose Z – 200 mm
Převodový poměr modulu osy X – 5:1
Převodový poměr modulu osy Y – 3:1
Druh motoru osy X – servomotor EMME-AS
Druh motoru osy Y – servomotor EMME-AS
Využití systému – 34%
Opakovatelná přesnost – 0,11 mm

Celý manipulátor je připevněný k desce svařovaného rámu pomocí čtyř duralových sloupků. Osa X manipulátoru je vytvořena ze dvou modulů spojených torní tyčí. Pro dostatečnou tuhost manipulátoru při rychlém přesuvu šroubovací jednotky je zvolena svařovaná konstrukce rámu. Konstrukce musí být také ukotvena k zemi, aby bylo zamezeno nežádoucímu posuvu sestavy při pohybu robota.

5.13 Výstupní OK pásový dopravník



Obr.139) Výstupní OK pásový dopravník

Robot (VD9) odebere finálně sestavenou horní část desky plynového varného grilu a založí ji na OK dopravník, kde je poslána na další zpracování. Finální sestava je založena na začátek pásového dopravníku, který je v krytování, a posouváním pásu dopravníku se přesune do pozice, kde je odebrána na další zpracování.

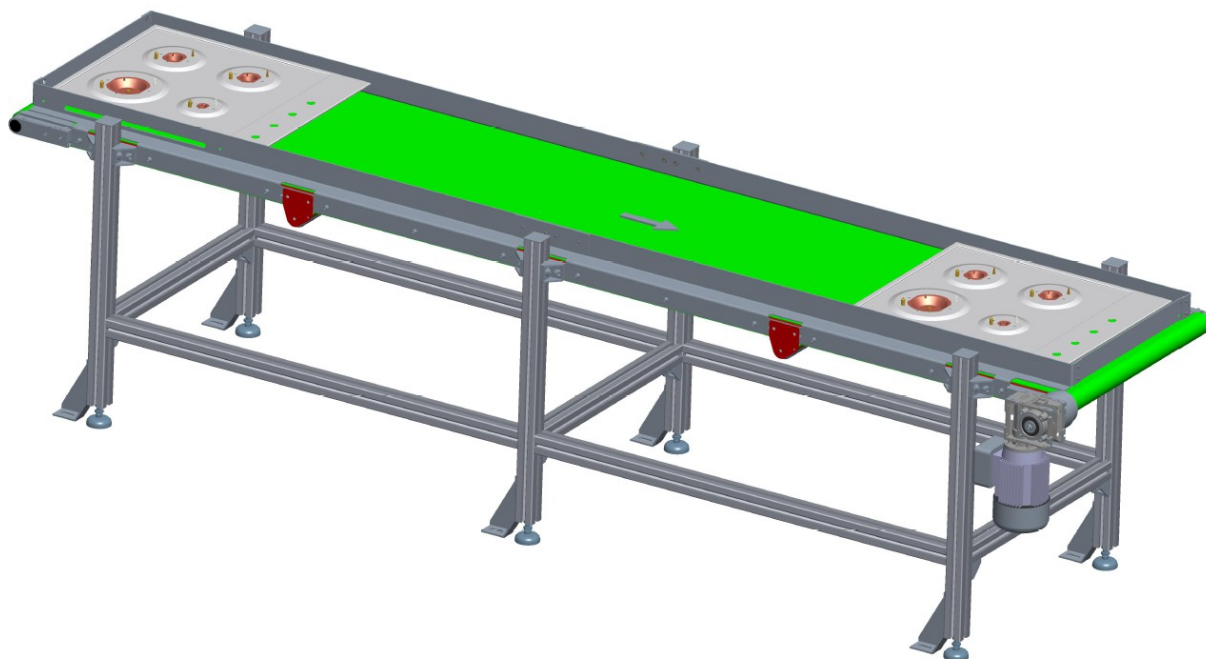
Pásový dopravník je od firmy Alvaris. Jedná se o zakázkovou výrobu.

Délka dopravníku – 2800 mm

Šířka pásu – 590 mm

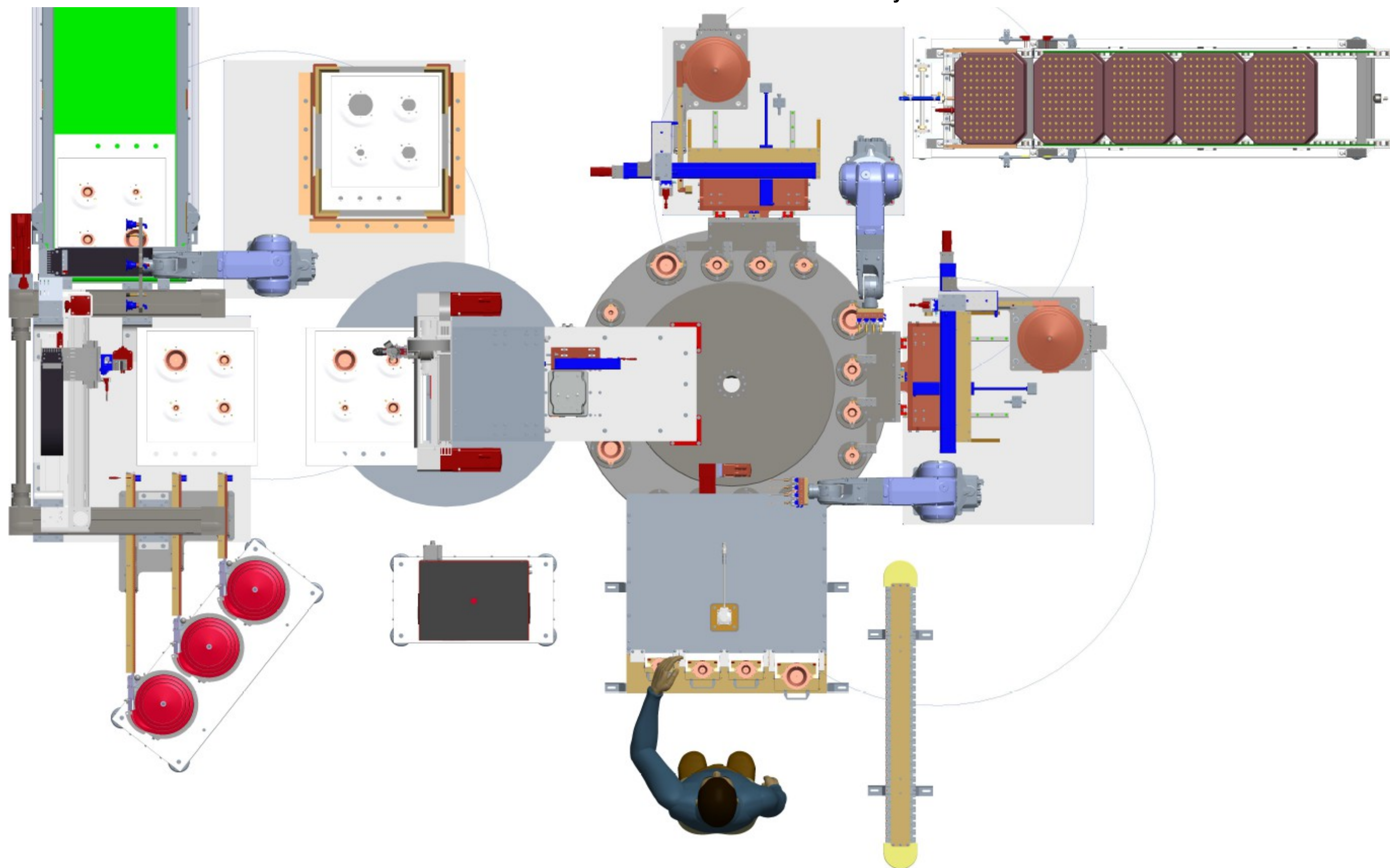
Omezení šířky pomocí plechů proti vypadnutí dílu – 506 mm

Druh motoru pro pohon hnacího válce – Asynchronní motor s šnekovou převodovkou

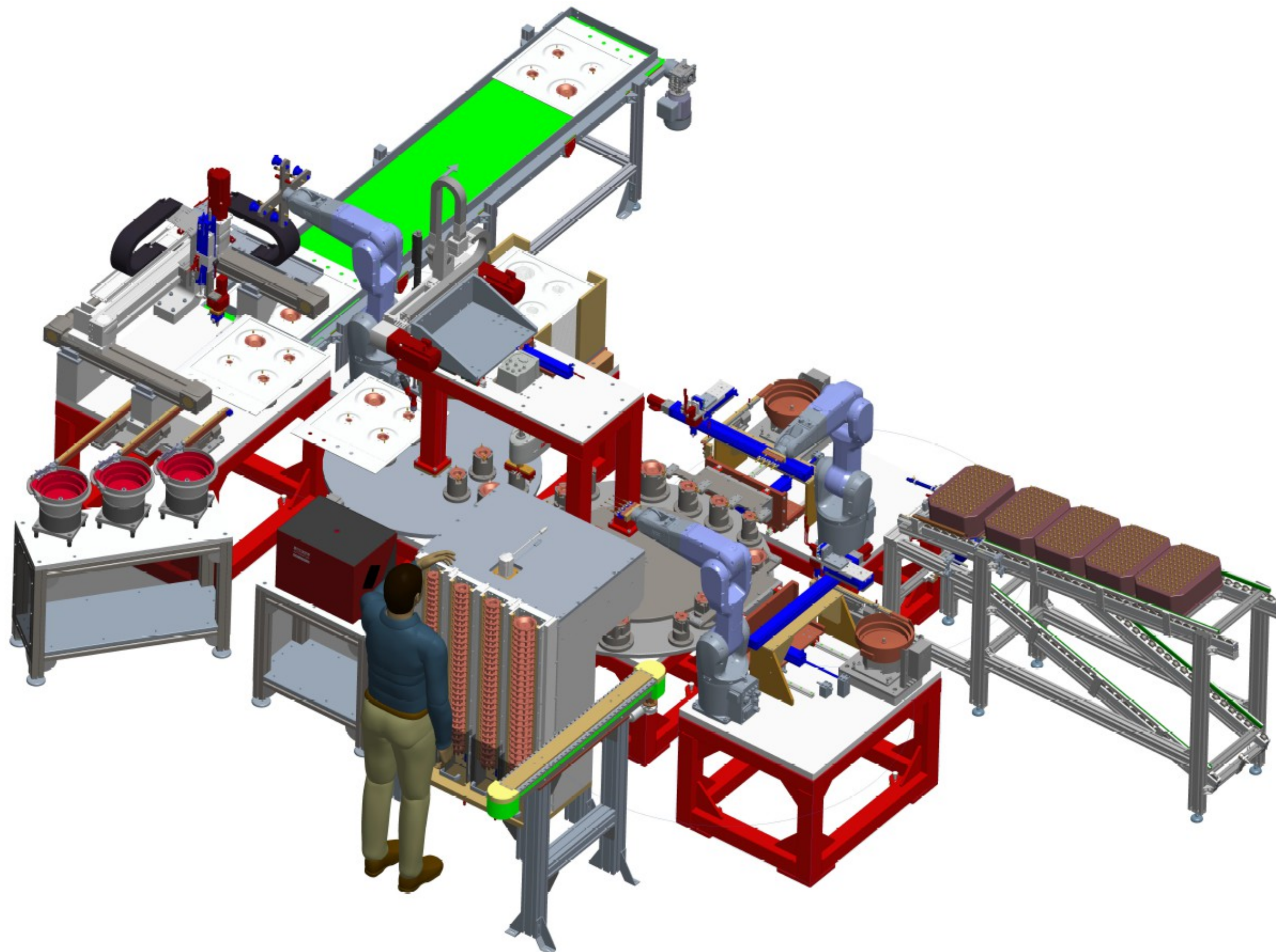


Obr.140) Výstupní OK pásový dopravník s finálními částmi plynového varného grilu

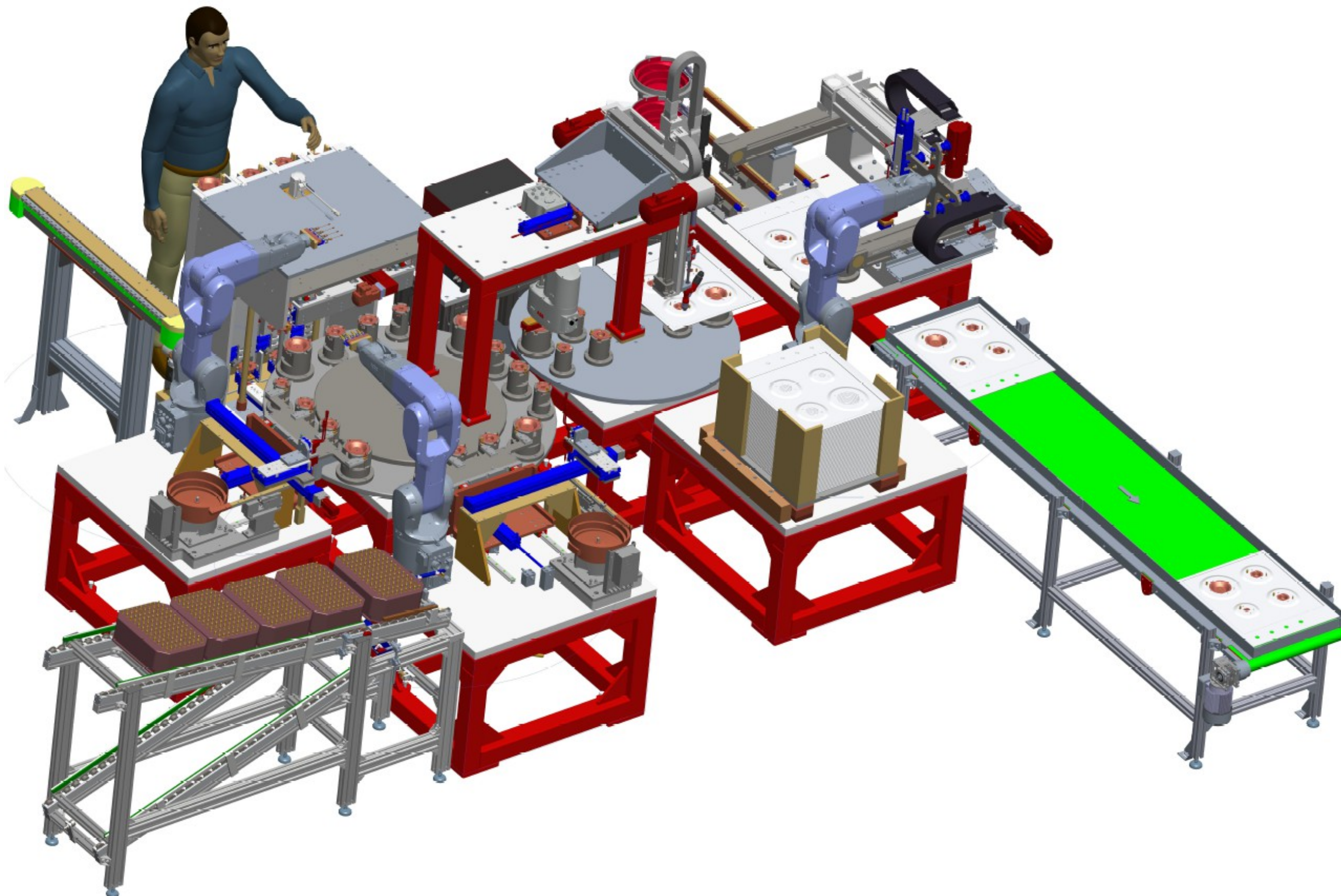
5.14 Celková konstrukce montážní linky



Obr.141) Celková konstrukce montážní linky (půdorysný pohled)



Obr.142) Celková konstrukce montážní linky (3D pohled (1))



Obr.143) Celková konstrukce montážní linky (3D pohled (2))

6 . Potřebné konstrukční výpočty

6.1 Výpočet kuličkového šroubu VD1

Výpočet hnacího kroutícího momentu pro výběr kuličkového šroubu a motoru zdvihací jednotky.

$M_s = 15,43 \text{ kg}$... Hmotnost zdvíhané sestavy

$F_m = ?$... Síla nutná pro zdvih sestavy

$$F_m = M_s * g = 15,43 * 9,81 = 151,37 \text{ N}$$

Vzor. 2) Výpočet síly nutné pro zvednutí sestavy

Podle síly nutné k zvednutí celé sestavy jsem vybral kuličkový šroub Hiwin R25-10K4-FSCDIN.

$P = 10 \text{ mm}$... Stoupání kuličkového šroubu.

$\Pi = 3,14$... Ludolfovo číslo

$\eta = 0,88$... Účinnost kuličkového šroubu

$M_m = ?$... Hnací kroutící moment nutný pro zvednutí sestavy přes kuličkový šroub.

$$M_m = \frac{F_m * P}{2000 * \pi * \eta} = \frac{151,37 * 10}{2000 * 3,14 * 0,88} = 0,274 \text{ Nm}$$

Vzor. 3) Výpočet kroutícího momentu nutného pro zvednutí sestavy

6.2 Výpočet momentu setrvačnosti 4-polohového otočného stolu

Výpočet momentu setrvačnosti 4-polohového otočného stolu TC320T. Hmotnosti a pozice lůžek jsem zjistil z modelačního programu. Pro výpočet jsem využil spolupráce s firmou Stasto, která má program pro výpočty momentu setrvačnosti otočných stolů od firmy Weiss.

Parametry talíře:

Materiál hliník (hustota $2,7 \text{ kg/dm}^3$)

$m = 107,7 \text{ kg}$

$d(\text{vnější}) = 1310 \text{ mm}$

$d(\text{vnitřní}) = 150 \text{ mm}$

$h = 30 \text{ mm}$

Parametry lůžek:

$m_1 = 8,2 \text{ kg}$, $d_1 = 1136 \text{ mm}$

$m_2 = 4,9 \text{ kg}$, $d_2 = 1028 \text{ mm}$

$m_3 = 4,9 \text{ kg}$, $d_3 = 1006 \text{ mm}$

$m_4 = 3,4 \text{ kg}$, $d_3 = 1166 \text{ mm}$

Propočít momentu setrvačnosti:

Deska: kulatý

Materiál	Hmotnost	d1 (vnější)	d2 (duté části)	h (tloušťka)	MS
Hliník 2.7 kg/dm ³	107,7 kg	1310 mm	150 mm	30 mm	<input type="checkbox"/> 23,42 kgm ²
Hliník 2.7 kg/dm ³	0 kg	0 mm	0 mm	0 mm	<input type="checkbox"/> 0,0 kgm ²
Hliník 2.7 kg/dm ³	0 kg	0 mm	0 mm	0 mm	<input type="checkbox"/> 0,0 kgm ²

Váha jednotlivých prvků

Počet	Tvar	Hmotnost	Montáž na	x (délka)	y (šířka)	MS
4	Kvádr	8,2 kg	1136 mm	0 mm	0 mm	10,58 kgm ²
4	Kvádr	4,9 kg	1028 mm	0 mm	0 mm	5,178 kgm ²
4	Kvádr	4,9 kg	1006 mm	0 mm	0 mm	4,959 kgm ²
4	Kvádr	3,4 kg	1166 mm	0 mm	0 mm	4,622 kgm ²
0	Kvádr	0 kg	0 mm	0 mm	0 mm	0,0 kgm ²

Celková hmotnost: 193,3 kg
Celkový moment setrvačnosti: 48,76 kgm²

Vzor. 4) Výpočet momentu setrvačnosti 4-polohového otočného stolu TC320T pomocí programu firmy Weiss

6.3 Výpočet momentu setrvačnosti 2-polohového otočného stolu

Výpočet momentu setrvačnosti 2-polohového otočného stolu TC220T. Hmotnosti a pozice lůžek jsem zjistil z modelačního programu. Pro výpočet jsem využil také spolupráce s firmou Stasto, která má program pro výpočty momentu setrvačnosti otočných stolů od firmy Weiss.

Parametry talíře:

Materiál hliník (hustota 2,7 kg/dm³)

$m = 55,75 \text{ kg}$

$d(\text{vnější}) = 1030 \text{ mm}$

$d(\text{vnitřní}) = 96 \text{ mm}$

$h = 25 \text{ mm}$

Parametry lůžek:

$m_1 = 8,5 \text{ kg}, d_1 = 860 \text{ mm}$

$m_2 = 5,3 \text{ kg}, d_2 = 480 \text{ mm}$

$m_3 = 4,2 \text{ kg}, d_3 = 860 \text{ mm}$

Propočet momentu setrvačnosti:

Deska: kulatý

Materiál	Hmotnost	d1 (vnější)	d2 (duté části)	h (tloušťka)	MS
Hliník 2.7 kg/dm ³	55,75 kg	1030 mm	96 mm	25 mm	7,458 kgm ²
Hliník 2.7 kg/dm ³	0 kg	0 mm	0 mm	0 mm	0,0 kgm ²
Hliník 2.7 kg/dm ³	0 kg	0 mm	0 mm	0 mm	0,0 kgm ²

Váha jednotlivých prvků

Počet	Tvar	Hmotnost	Montáž na	x (délka)	y (šířka)	MS
2	Kvádr	8,5 kg	860 mm	0 mm	0 mm	3,143 kgm ²
4	Kvádr	5,3 kg	480 mm	0 mm	0 mm	1,221 kgm ²
2	Kvádr	4,2 kg	860 mm	0 mm	0 mm	1,553 kgm ²
0	Kvádr	0 kg	0 mm	0 mm	0 mm	0,0 kgm ²
0	Kvádr	0 kg	0 mm	0 mm	0 mm	0,0 kgm ²

Celková hmotnost: 102,4 kg
Celkový moment setrvačnosti: 13,38 kgm²

Vzor. 5) Výpočet momentu setrvačnosti 2-polohového otočného stolu TC220T pomocí programu firmy Weiss

7 . Vytvoření výkresové dokumentace u zvolených dílů, sestava, komentář k výkresové dokumentaci

7.1 Výkresy pneumatických schémat

Pro každý ventilový terminál je použita úpravna vzduchu MSB4-1/4:C4:J2:D8:A1:F6-WP.

Pneumatická schémata jsou vytvořena pro jednotlivé výrobní dávky.

VD1-01-00 – Pneumatické schéma zásobníku těl hořáků.

- Ventilový terminál 1: 18 slotů pro ventily (terminál firmy Festo VTUG)
- Ventilový terminál 2: 10 slotů pro ventily (terminál firmy Festo VTUG) (2x rezerva)
- 25x 5/2 ventil ovládaný elektromagnety
- 1x 5/3 ventil s střední polohou uzavřenou

VD4-01-00 – Pneumatické schéma manipulátoru (robot) pro založení pojistek proti úniku plynu

- Ventilový terminál 1: 10 slotů pro ventily (terminál firmy Festo VTUG)
- 7x 5/2 ventil ovládaný elektromagnety
- 2x 5/3 ventil s střední polohou uzavřenou

VD7-01-00 – Pneumatické schéma manipulátoru (robot) pro založení zapalovacích elektrod

- Ventilový terminál 1: 10 slotů pro ventily (terminál firmy Festo VTUG)
- 7x 5/2 ventil ovládaný elektromagnety
- 2x 5/3 ventil s střední polohou uzavřenou

VD5-01-00, VD8-01-00, VD10-01-00 – Pneumatické schéma zásobníku blistrů s zapalovacími elektrodami, manipulace s těly hořáků a šroubovákem

- Ventilový terminál 1: 10 slotů pro ventily (terminál firmy Festo VTUG)
- 7x 5/2 ventil ovládaný elektromagnety s vratnou pružinou
- 2x 5/3 ventil s střední polohou uzavřenou

VD9-01-00, VD11-01-00, VD12-01-00 – Pneumatické schéma robota s vakuovým chapačem pro manipulaci s nerezovou deskou a šroubováním trysky do těla hořáků

- Ventilový terminál 1: 10 slotů pro ventily (terminál firmy Festo VTUG)
- 7x 5/2 ventil ovládaný elektromagnety s vratnou pružinou
- 1x 5/3 ventil s střední polohou uzavřenou
- 1x 5/2 ventil ovládaný elektromagnety
- 1x Vakuový ejektor firmy SMC ZK2A07K5CL-08

Pneumatická schémata jsou v příloze.

7.2 Výkresová dokumentace zvolených dílů a sestav

Výkresová dokumentace je vytvořena dle technických norem ČSN a možností výroby. Soubory s výkresy jsou v příloze.

Sestavy:

VD0-00-00-000 + kusovník - Výkres celkové sestavy

VD-01-00-000 + kusovník - Výkres podsestavy 4-polohového otočného stolu

VD-01-00-000 + kusovník - Výkres podsestavy 4-polohového otočného stolu s lůžky

Díly:

VD0-01-01-001 - Výkres dílu rotačního talíře

VD0-01-01-002 - Výkres dílu mezikruží

VD0-01-01-003 - Výkres dílu pevného talíře

VD0-01-01-006 - Výkres dílu lůžka pro velké tělo hořáku

8. Analýza rizik stroje, zabezpečení bezpečného chodu stroje

8.1 Analýza rizik stroje

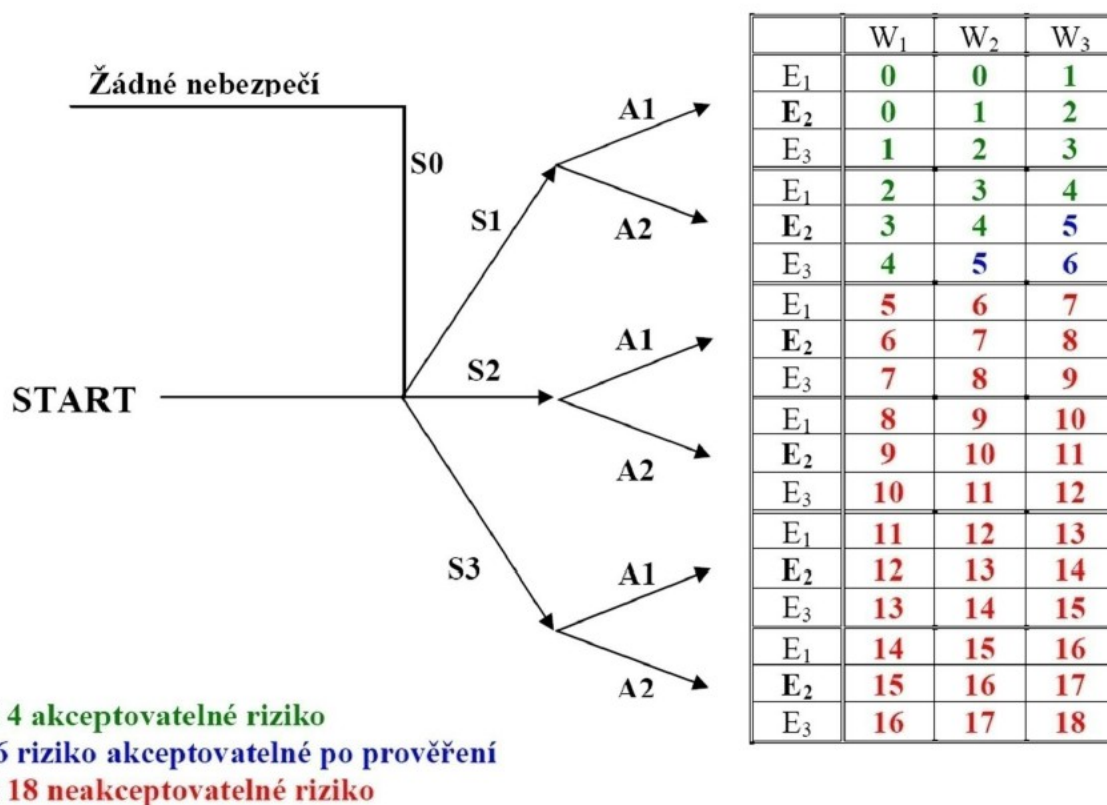
Analýzu a opatření rizik je vytvořena pro operátora a běžný provoz stroje. Servis a pravidelnou údržbu stroje může dělat pouze speciálně proškolená osoba. Ve firmě bývá speciální oddělení servisních techniků, kteří proujdou školením od dodavatele stroje pro jeho údržbu a servis.

8.1.1 Identifikace relativního nebezpečí

Komponenta	Poloha komponenty v systému	Typ nebezpečí podle normy EN ISO 12100	Id. č. dle normy EN ISO 12100
Vstupní gravitační zásobník těl hořáků	Mimo bezpečnostní oplocení stroje	Mechanické nebezpečí, ergonomické nebezpečí, elektrické nebezpečí	1.1-1, 1.2-1, 1.3-1, 1.4-1, 4.1-1, 3.1-1, 3.2-1, 3.3-1, 3.4-1, 4.1-1
Vstupní zásobník pojistek proti úniku plynu	Mimo bezpečnostní oplocení stroje	Mechanické nebezpečí, elektrické nebezpečí	1.1-4, 1.2-2, 1.2-3, 1.3-2, 1.4-2, 2.1-1, 2.2-1, 2.2-2, 2.3-1, 3.1-1, 3.2-1, 3.3-1, 3.4-1
Vstupní gravitační zásobník blistrů s zapalovacími elektrodami	Mimo bezpečnostní oplocení stroje	Mechanické nebezpečí, ergonomické nebezpečí, elektrické nebezpečí	1.1-2, 1.2-6, 1.3-4, 1.4-4, 4.1-2, 1.1-3, 1.2-7, 1.3-5, 1.4-5, 4.1-3, 3.1-1, 3.2-1, 3.3-1, 3.4-1, 4.1-2, 4.1-3
Kruhový vibrační zásobník pro zásobování pojistého kroužku	Součástí krytování stroje	Mechanické nebezpečí, elektrické nebezpečí	1.1-5, 1.2-4, 1.2-5, 1.3-3, 1.4-3, 2.1-1, 2.2-1, 2.2-2, 2.3-1, 3.1-1, 3.2-1, 3.3-1, 3.4-1
Kruhový vibrační zásobník pro zásobování pojistého kroužku	Součástí krytování stroje	Mechanické nebezpečí, elektrické nebezpečí	1.1-5, 1.2-4, 1.2-5, 1.3-3, 1.4-3, 2.1-1, 2.2-1, 2.2-2, 2.3-1, 3.1-1, 3.2-1, 3.3-1, 3.4-1
Kruhové vibrační zásobníky pro	Součástí krytování stroje	Mechanické nebezpečí, elektrické nebezpečí	1.1-6, 1.2-10, 1.2-11, 1.3-7, 1.4-7, 2.1-1, 2.2-1, 2.2-2, 2.3-1, 3.1-1, 3.2-1, 3.3-1, 3.4-1

zásobování trysek hořáků			
Kruhové vibrační zásobníky pro zásobování šroubů	Mimo bezpečnostní oplocení stroje	Mechanické nebezpečí, elektrické nebezpečí	1.1-7, 1.2-8, 1.2-9, 1.3-6, 1.4-6, 2.1-1, 2.2-1, 2.2-2, 2.3-1, 3.1-1, 3.2-1, 3.3-1, 3.4-1
Výstupní OK dopravník pro finální sestavu	Mimo bezpečnostní oplocení stroje	Mechanické nebezpečí, elektrické nebezpečí	1.1-8, 1.2-12, 1.3-8, 1.4-8, 4.1-4, 2.1-1, 2.2-1, 2.2-2, 2.3-1, 3.1-1, 3.2-1, 3.3-1, 3.4-1, 4.1-4

Při odhadu a snižování rizik lze vycházet z diagramu metodického přístupu ke snižování rizika u strojních zařízeních. Graf slouží pro odhad velikosti rizika.



Obr.144) Graf pro odhad velikosti rizika [52]

8.1.2 Analýza významných nebezpečí

ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ				Typ stroje: Montážní linka horní části plynového grilu
Během přepravy, montáže a instalace				Model: Jednoúčelový stroj
Poř. číslo	Fáze životního cyklu	Typ nebezpečí (dle EN ISO 12100)		Popis nebezpečné události: 1
		stručný popis	id. číslo	
1	Provoz			
1.1	Doplňování těl hořáků do zásobníků	Stlačení Pořezání Odřeni Naražení Nepohodlí	1.1-1 1.2-1 1.3-1 1.4-1 4.1-1	Při zakládání těl hořáků do zásobníků může dojít k mnoha zraněním.
1.2	Doplňování pojistek proti úniku plynu do zásobníků	Stlačení Pořezání Odřeni Naražení	1.1-4 1.2-2 1.2-3 1.3-2 1.4-2	Při doplňování pojistek proti úniku plynu může dojít k zranění převážně prstů.
1.3	Doplňování plného blistru s zapalovacími elektrodami do gravitčního zásobníku	Stlačení Pořezání Odřeni Naražení Nepohodlí	1.1-2 1.2-6 1.3-4 1.4-4 4.1-2	Při zakládání plného blistru s elektrodami může dojít k zranění o rám stroje.
1.4	Odebírání prázdného blistru z gravitčního zásobníku	Stlačení Pořezání Odřeni Naražení Nepohodlí	1.1-3 1.2-7 1.3-5 1.4-5 4.1-3	Při odebírání prázdného blistru může dojít k zranění o rám stroje.
1.5	Doplňování vibračních zásobníku pojistnými kroužky	Stlačení Pořezání Odřeni Naražení	1.1-5 1.2-4 1.2-5 1.3-3 1.4-3	Při dosypávání pojistných kroužků může dojít k odřeni o kryt zásobníků.
1.6	Doplňování trysek hořáků do zásobníků	Stlačení Pořezání Odřeni Naražení	1.1-6 1.2-10 1.2-11 1.3-7 1.4-7	Při dosypávání trysek hořáků může dojít k odřeni o kryt zásobníků.
1.7	Doplňování šroubů do zásobníků	Stlačení Pořezání Odřeni Naražení	1.1-7 1.2-8 1.2-9 1.3-6 1.4-6	Při dosypávání šroubů může dojít k odřeni o kryt zásobníků.
1.8	Odebírání finální sestavy z OK dopravníku	Stlačení Pořezání Odřeni Naražení Nepohodlí	1.1-8 1.2-12 1.3-8 1.4-8 4.1-4	Při odebírání finální sestavy může dojít k odřeni o rám dopravníku nebo finální sestavy.
1.9	Provoz stroje	Nebezpečí požáru Nebezpečí úrazu el. proudem	2.1-1 2.2-1 2.2-2	Z důvodu hluku při chodu stroje hrozí poškození zdraví. Při používání stroje může také

		Nebezpečí popálení Nebezpečí hučení v uších Stres Nepohodlí Únava Nebezpečí způsobené nepohodlím	2.3-1 3.1-1 3.2-1 3.3-1 3.4-1	dojit k poškození izolace elektroinstalace a tím k zásahu elektrickým proudem.
--	--	---	---	--

8.1.3 Přehled závažných identifikovaných nebezpečí,

Přehled identifikovaných závažných nebezpečí	
1	Mechanická nebezpečí
1.1	Nebezpečí stlačením
1.1-1	Nebezpečí stlačení těly hořáků při jejich zakládání do zásobníku
1.1-2	Nebezpečí stlačení plným blistrem při zakládání do zásobníku
1.1-3	Nebezpečí stlačení prázdným blistrem při odebírání ze zásobníku
1.1-4	Nebezpečí stlačení při doplňování pojistek proti úniku plynu do zásobníku
1.1-5	Nebezpečí stlačení krytem při doplňování pojistného kroužku kruhového vibračního zásobníku
1.1-6	Nebezpečí stlačení krytem při doplňování trysek do kruhového vibračního zásobníku
1.1-7	Nebezpečí stlačení krytem při doplňování šroubů do kruhového vibračního zásobníku šroubovák
1.1-8	Nebezpečí stlačení finální sestavou ve výstupním OK doplavníku
1.2	Nebezpečí pořezáním
1.2-1	Při zakládání těl hořáků do zásobníků
1.2-2	Při rozbalování balení s pojistkami proti úniku plynu
1.2-3	Při zakládání pojistek proti úniku plynu do zásobníku
1.2-4	Při rozbalování balení s pojistnými kroužky
1.2-5	Při zakládání pojistných kroužků do zásobníku
1.2-6	Při zakládání plného blistru do zásobníku
1.2-7	Při odebírání prázdného blistru ze zásobníku
1.2-8	Při rozbalování balení s šrouby pro šroubovák
1.2-9	Při zakládání šroubů do zásobníku
1.2-10	Při rozbalování balení s tryskami hořáků
1.2-11	Při zakládání trysek hořáků do zásobníku
1.2-12	Při odebírání finální sestavy z OK dopravníku
1.3	Nebezpečí odřením
1.3-1	Při zakládání těl hořáků do zásobníků
1.3-2	Při zakládání pojistek proti úniku plynu do zásobníku
1.3-3	Při zakládání pojistných kroužků do zásobníku
1.3-4	Při zakládání plného blistru do zásobníku
1.3-5	Při odebírání prázdného blistru ze zásobníku
1.3-6	Při zakládání šroubů do zásobníku
1.3-7	Při zakládání trysek hořáků do zásobníku
1.3-8	Při odebírání finální sestavy z OK dopravníku
1.4	Nebezpečí naražením

1.4-1	Při zakládání těl hořáků do zásobníků
1.4-2	Při zakládání pojistek proti úniku plynu do zásobníku
1.4-3	Při zakládání pojistných kroužků do zásobníku
1.4-4	Při zakládání plného blistru do zásobníku
1.4-5	Při odebírání prázdného blistru ze zásobníku
1.4-6	Při zakládání šroubů do zásobníku
1.4-7	Při zakládání trysek hořáků do zásobníku
1.4-8	Při odebírání finální sestavy z OK dopravníku
2	Nebezpečí úrazu el. proudem
2.1	Nebezpečí požáru
2.1-1	Nebezpečí vzniku požáru při zapnutí stroje
2.2	Nebezpečí úrazu el. proudem
2.2-1	Při obsluze stroje může dojít ke kontaktu člověka se živými částmi stroje a zranění
2.2-2	Při neodborné obsluze stroje může dojít k poškození izolace živých částí stroje
2.3	Nebezpečí popálenin
2.3-1	Při obsluze stroje může dojít ke kontaktu člověka s el.živými částmi stroje a jeho popálení
3	Nebezpečení způsobená hlukem
3.1	Nebezpečí hučení v uších
3.1-1	Při provozu stroje může dojít k poškození sluchu kvůli velkému hluku
3.2	Stres
3.2-1	Práce u hlučného stroje může vést ke stresu
3.3	Nepohodlí
3.3-1	Práce u hlučného stroje může vést k nepohodlí
3.4	Únava
3.4-1	Práce u hlučného stroje může vést k neustálému napětí a následné únavě
4	Nebezpečí způsobená špatnou ergonomií
4.1	Nebezpečí způsobená nepohodlím
4.1-1	Nebezpečí způsobena při zakládání těl hořáků do zásobníku
4.1-2	Nebezpečí způsobena při doplňování plného blistru zapalovacích elektrod do zásobníku
4.1-3	Nebezpečí způsobena při odebírání prázdného blistrů zapalovacích elektrod do zásobníku
4.1-4	Nebezpečí způsobena při odebírání finální sestavy z OK dopravníku

8.1.4 Formuláře odhadu a snížení rizik

Formuláře jsou vytvořeny pro tři rizika. Jedno mechanické nebezpečí, druhé nebezpečí způsobené hlukem a třetí ergonomické nebezpečí.

VUT v Brně, Fsi UVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHA RIZIKA Zpracoval: Procházka Petr		Stroj: Montážní linka
	Datum: 23.6.2020		
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle EN ISO 12100 1. Mechanické nebezpečí	
1.2-2	1	Nebezpečí pořezání	
Životní etapa stroje	Doplňování pojistek proti úniku plynu do zásobníku		Nebezpečný prostor: Mimo bezpečnostní oplocení stroje
Ohrožené osoby	Operátor		Provozní stav stroje: V provozu
Popis nebezpečné situace/události	Před doplněním pojistek proti úniku plynu do zásobníku je nutné, aby operátor rozbalil balení s pojistkami. Ty jsou zabalené v plastovém sáčku. Operátor sáček rozřezává zalamovacím nožem.		
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S3 - Smrt	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	17
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – Možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W3 - Častý	
Krok 1	Bezpečnostní opatření speciálním vybavením operátora		
Popis opatření	Pro rozbalování musí operátor použít bezpečnostní zalamovací nože s krytkou.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2- Vážné zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	10
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 - Možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - Střední	
Validace:	Opatření jsou nedostatečná	Petr Procházka	23.6.2020
Krok 2	Bezpečnostní ochranné a doplňková ochranná opatření		
Popis opatření	Operátor musí mít při rozbalování nasazené ochranné rukavice.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1- Lehké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	2
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 - Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - Malý	
Validace:	Opatření jsou dostatečná	Petr Procházka	23.6.2020
Krok 3	Informace pro používání		
Popis opatření	Upozornění v návodu: Popis jak používat bezpečnostní zalamovací nůž pro rozbalení balení s pojistkami proti úniku plynu.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1- Lehké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1- Často až trvale	0
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 - Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - Malý	
Validace:	Opatření jsou dostatečná	Petr Procházka	23.6.2020

VUT v Brně, Fsi UVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHA RIZIKA		Stroj: Montážní linka	
	Zpracoval: Procházka Petr		Datum: 23.6.2020	
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle EN ISO 12100 1. Nebezpečí způsobené hlukem		
3.1-1	3	Nebezpečí hučení v uších		
Životní etapa stroje	Provoz stroje		Nebezpečný prostor: Mimo oplocení stroje	
Ohrožené osoby	Operátor		Provozní stav stroje: V provozu	
Popis nebezpečné situace/události	Operátor je neustále v blízkosti stroje, který vydává velké množství hluku. Tento hluk může být v dlouhodobém účinnku velmi nepříjemný a může způsobovat trvalá poranění sluchu operátora.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – Těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	12	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – Nemožné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W3 - Častý		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření	K dorazům pohyblivých částí stroje lze přidělat také tlumiče. Tlumič zpomalí nárazy a tím nedojde k vzniku takového hluku.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2- Těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	10	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 - Možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - Střední		
Validace:	Opatření jsou nedostatečná	Petr Procházka	23.6.2020	
Krok 2	Bezpečnostní ochranné a doplňková ochranná opatření			
Popis opatření	Obsluha musí mít při obsluze stroje nasazené špunty do uší.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1- Lehké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	2	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 - Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - Malá		
Validace:	Opatření jsou dostatečná	Petr Procházka	23.6.2020	
Krok 3	Informace pro používání			
Popis opatření	Upozornění v návodu: Popis maximální velikosti dB, které může stroj vydávat a případné doporučení pauz pro operátora.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1- Lehké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1- Často až trvale	0	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 - Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - Malý		
Validace:	Opatření jsou dostatečná	Petr Procházka	23.6.2020	

VUT v Brně, Fsi UVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHA RIZIKA		Stroj: Montážní linka
	Zpracoval: Procházka Petr		Datum: 23.6.2020
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle EN ISO 12100 1. Ergonomické nebezpečí	
4.1-1	4	Nebezpečí způsobené nepohodlím	
Životní etapa stroje	Doplňování těl hořáků do zásobníku		Nebezpečný prostor: Mimo oplocení stroje
Ohrožené osoby	Operátor		Provozní stav stroje: V provozu
Popis nebezpečné situace/události	Při zakládání těl hořáků do gravitačních zásobníků může dojít k trvalým následkům kvůli špatné ergonomii zakládání. Zakládací výška zásobníků je 1400mm.		
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S3 – Trvalé zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	17
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – Možné za určitých podmínek	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - Častý	
Krok 1 Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření	Pro zajištění pohodlnějšího zakládání těl hořáků do zásobníků, lze použít přípravky pro zakládání více kusů na jednou.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – Trvalé zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	8
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – Běžné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - Malý	
Validace:	Opatření jsou nedostatečná	Petr Procházka	
Krok 2 Bezpečnostní ochranné a doplňková ochranná opatření			
Popis opatření	Není zařazeno		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – Trvalé zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	8
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - Malý	
Validace:	Opatření jsou nedostatečná	Petr Procházka	
Krok 3 Informace pro používání			
Popis opatření	Upozornění v návodu: Popis správné ergonomie pro pohodlné zakládání těl hořáků do zásobníků, nucené přestávky v podobě jiné činnosti.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1- Lehké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2- Často až trvale	2
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 - Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - Malý	
Validace:	Opatření jsou dostatečná	Petr Procházka	

8.2 Zabezpečení bezpečného chodu stroje

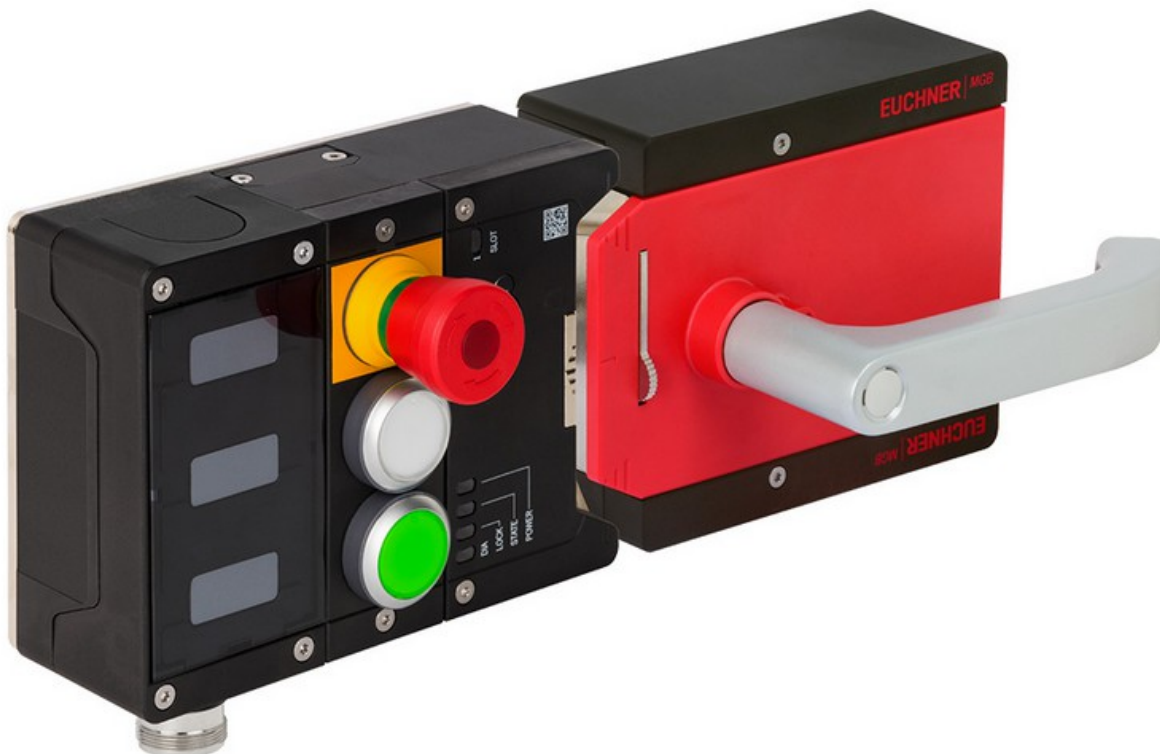
Každý stroj musí být bezpečný pro obsluhu při běžném pracovním chodu. Pro zabezpečení nechtěného vniku obsluhy do prostoru stroje při provozu stroje se používá bezpečnostní oplocení. Oplocení slouží jako fyzický zábrana vniku obsluhy k pohyblivým částím stroje. Obsluha nesmí mít možnost vniknout ani do vnitřní části stroje, při běžném chodu stroje. Jakmile bude nutný, kvůli závadě, zásah operátora, tak se musí stroj vypnout. Při otevření dveří oplocení dojde k rozepnutí bezpečnostního okruhu a k okamžitému zastavení všech operací montážní linky. Každý bezpečnostní okruh stroje je řízený samostatně a je nadřazený běžnému pracovnímu okruhu. Kontakty bezpečnostního okruhu bývají zdvojené, aby se zabezpečilo zjištění nefunkčních čidel. Bezpečnostní prvky stroje bývají označeny jinou barvou, nejčastěji žlutou, která musí být výrazná a dobře viditelná. Obsluha musí mít také možnost stroj nouzově zastavit. K tomu slouží nouzové tlačítko pro rychlé zastavení stroje. Pro signalizaci stavu stroje slouží obsluze maják. Ten se skládá z zelené, žluté a červené barvy světla. Zelená barva světla znamená běžný provoz stroje, žlutá barva světla signalizuje nutný zásah obsluhy a červená barva světla signalizuje poruchu stroje nebo otevřený bezpečnostní kryt stroje.



Obr.145) 3-barevný maják signalizace (v vlevo) [53]

Obr.146) Tlačítko nouzového zastavení (v pravo) [54]

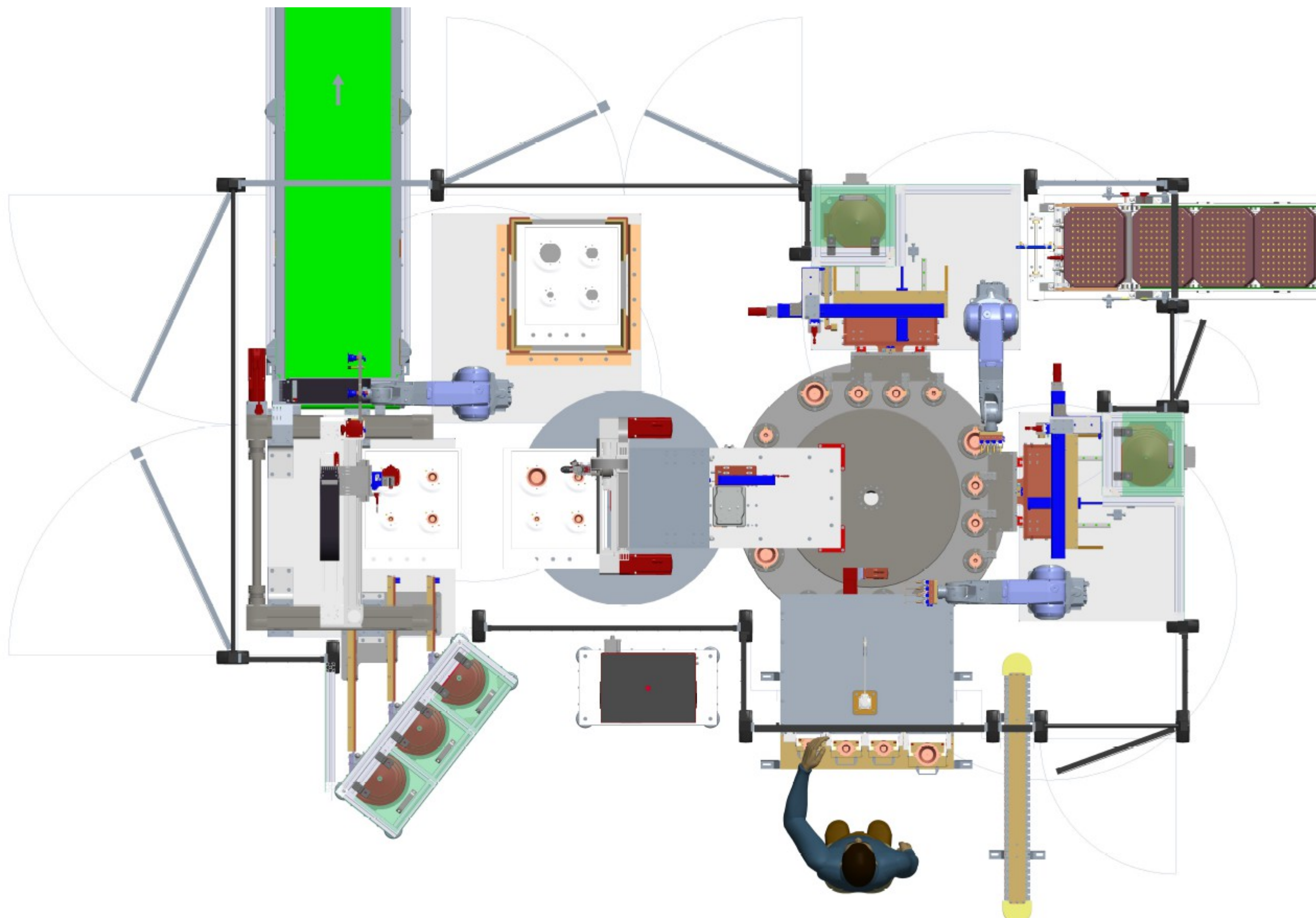
Pro bezpečnostní zabezpečení dveří je možné použít spoustu druhů bezpečnostních zámků. Ty mohou být na klíč, na kartu zaměstnance nebo na čip. Zámky mohou mít kliku nebo vidličku, která při zavření dveří zapadne do zámku. Komponenty lze použít například od firmy Euchner.



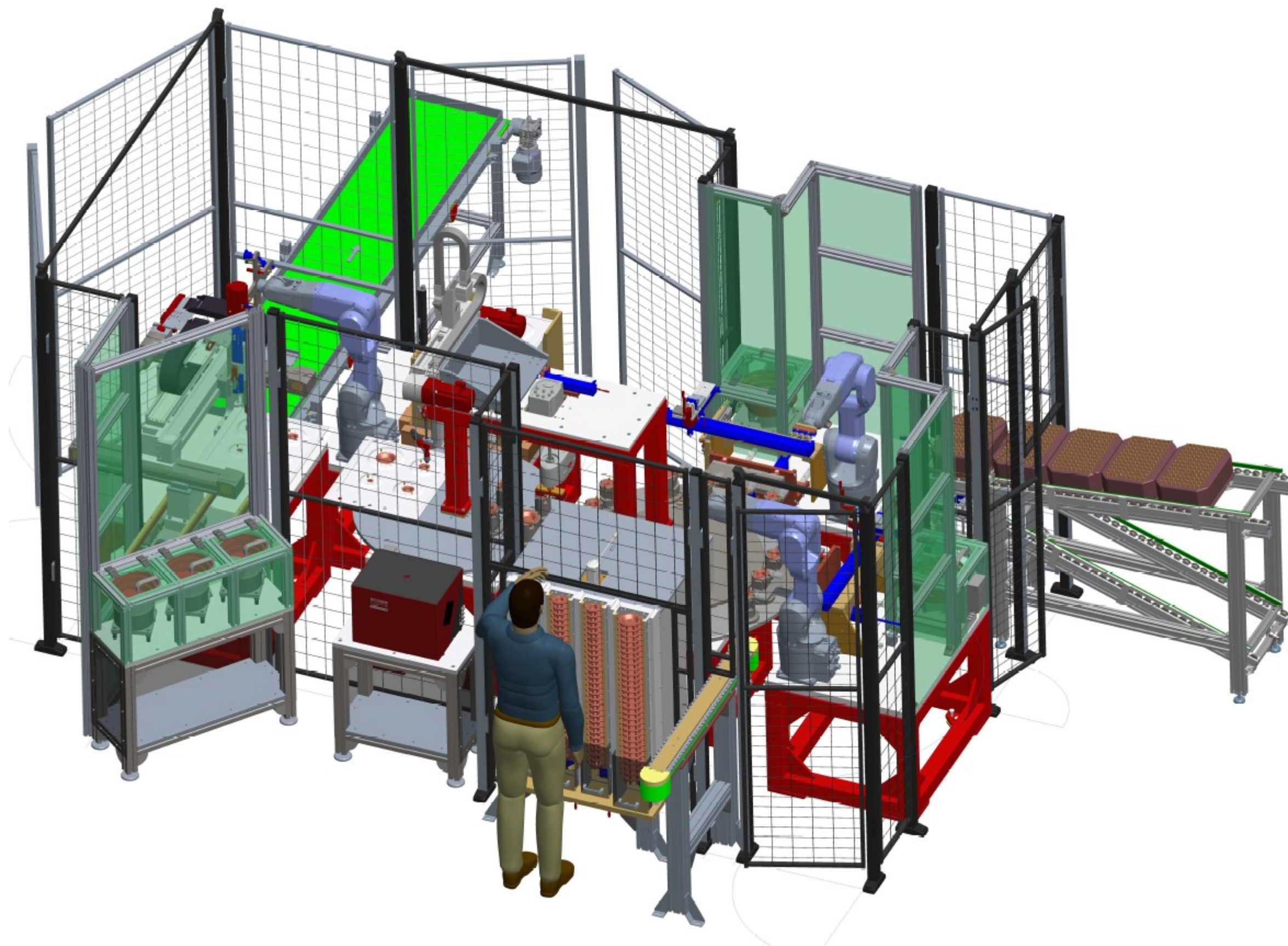
Obr.147) Bezpečnostní zámek dveří s klikou [55]

Vzhledem k počtu operací, které montážní linka dělá, je nutné, aby byl stroj vybavený monitorem a klávesnicí. Ty jsou důležité kvůli tomu, aby byla obsluha dobře informována o stavu stroje, ať už o stavu zaplnění zásobníků, tak o stavu jednotlivých operací. Pro tyto aplikace se používají speciální průmyslové displeje a klávesnice například od firmy Keyence monitor CA-MP120T a klávesnice KG14029. Klávesnici s monitorem lze přidělat na speciální závěsné rameno nebo přímo na krytování stroje.

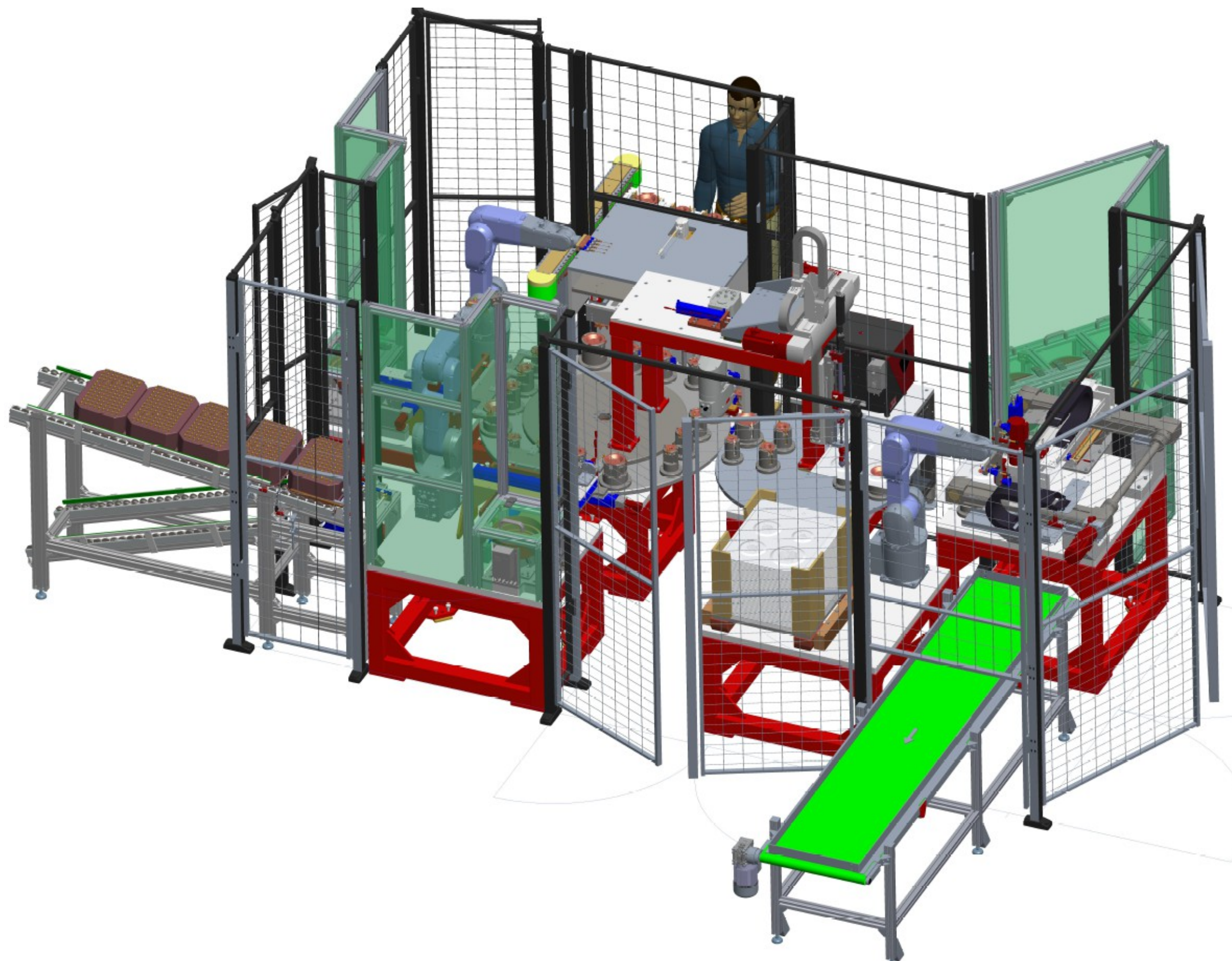
Pro oplocení stroje je použito oplocení od firmy Axelent X-Guard. Jedná se o bezpečnostní oplocení s drátkovým síťováním. Oplocení je vytvořeno na zakázku od firmy Haberkorn, která daný produkt zastupuje pro Českou Republiku. Velikost oka na oplocení je 42mm x 62mm. Pro zakrytí prostoru u vibračních zásobníků je použito krytování pomocí hliníkových profilů a průhledných desek z materiálu lexan. Každý vibrační zásobník má z horní strany víko pro možnost plnění. Zavřené víko je signalizováno snímačem. Oplocení má otvírací dveře a vrata pro přístup obsluhy ke všem částem, které by mohlo být nutné seřídít nebo opravit. Výška oplocení je 2300 mm.



Obr.148) Bezpečnostní oplocení montážní linky (půdorys)

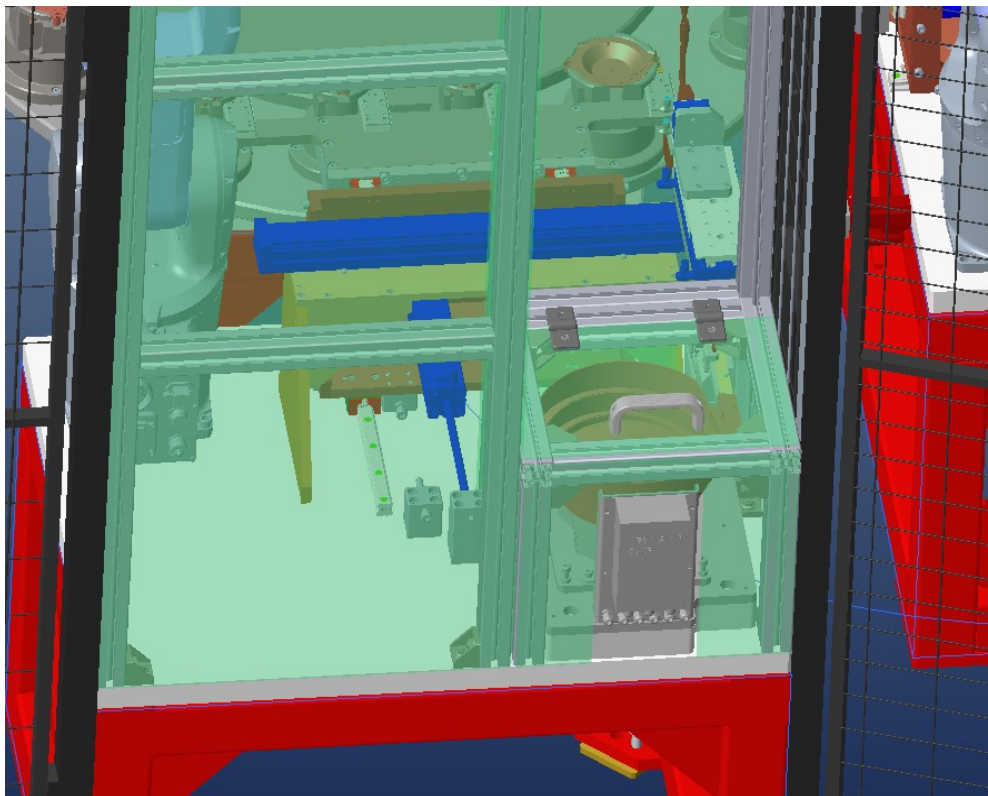


Obr.149) Bezpečnostní oplocení montážní linky (3D pohled (1))

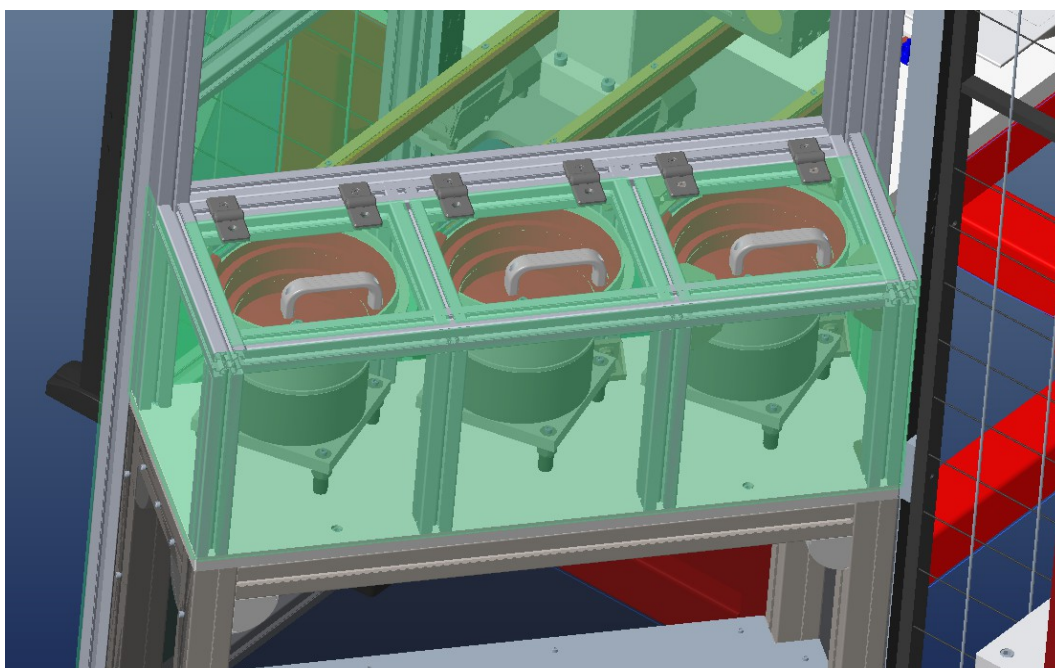


Obr.150) Bezpečnostní oplocení montážní linky (3D pohled (2))

Oplocení stroje má dvě dvoukřídlé vrata pro přístup do hlavní části stroje (velikost jednoho křídla 850mm) a pro přístup k manipulátoru šroubování trysek (velikost jednoho křídla 1100mm). Pro přístup do prostorů u robotů pro zakládání zapalovacích elektrod a pojistek proti úniku plynu jsou použity dvě jednokřídlé dveře (velikost křídla dveří 600mm a 400mm).

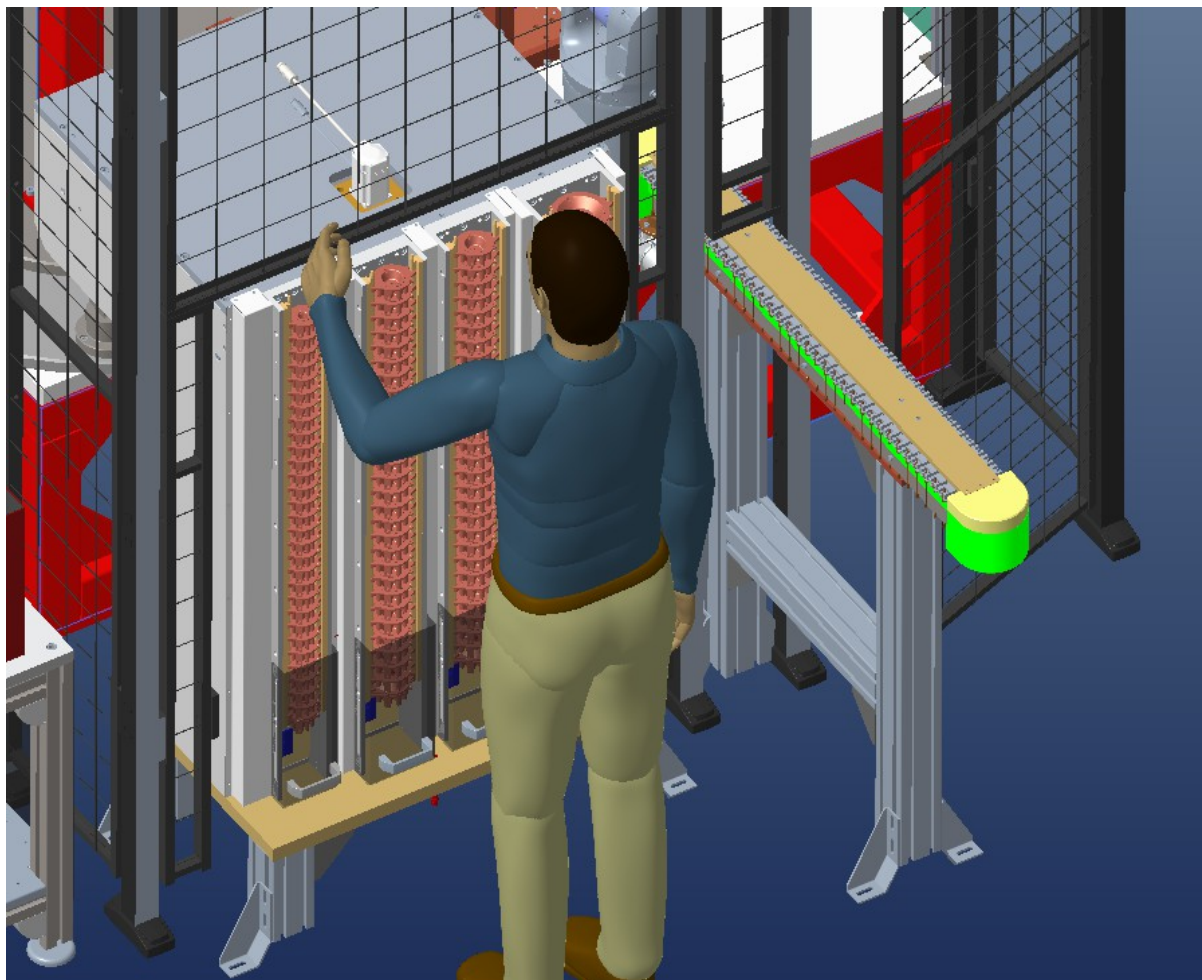


Obr.151) Bezpečnostní krytování vibračních zásobníků

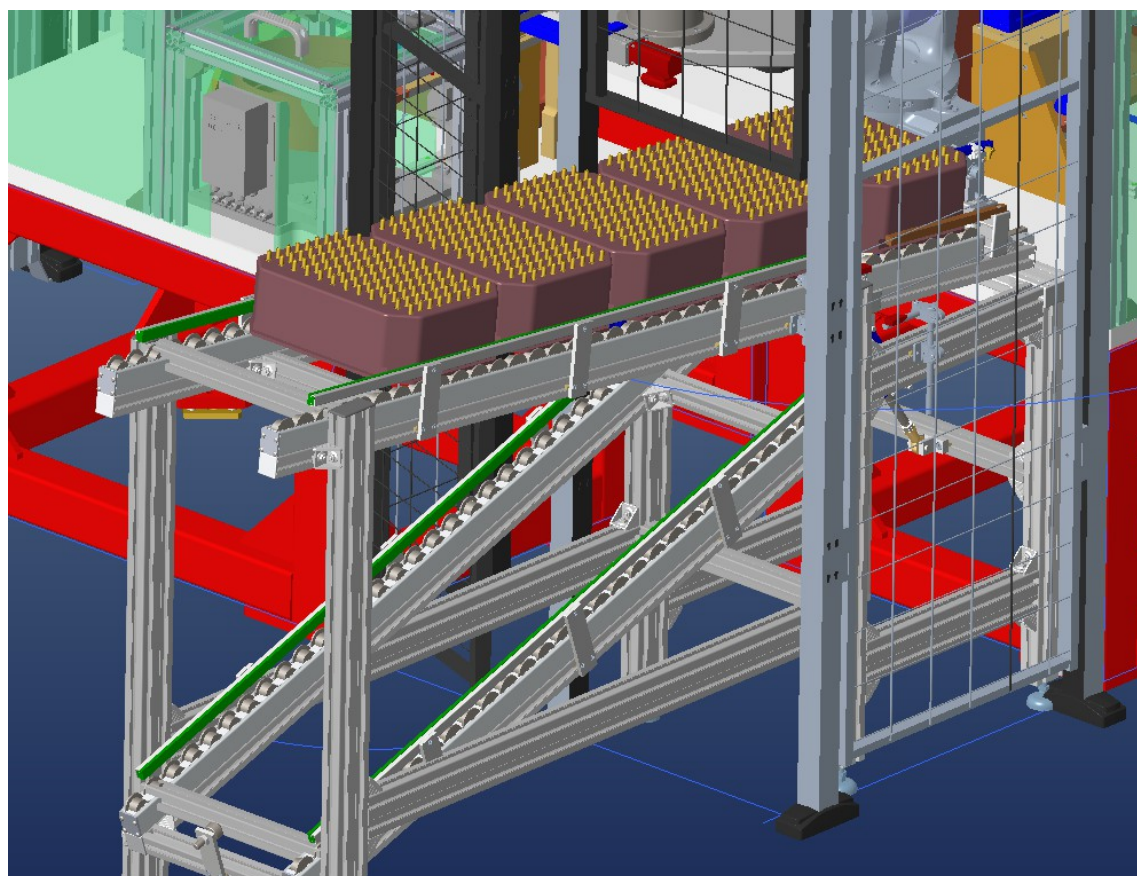


Obr.152) Bezpečnostní krytování vibračních zásobníků

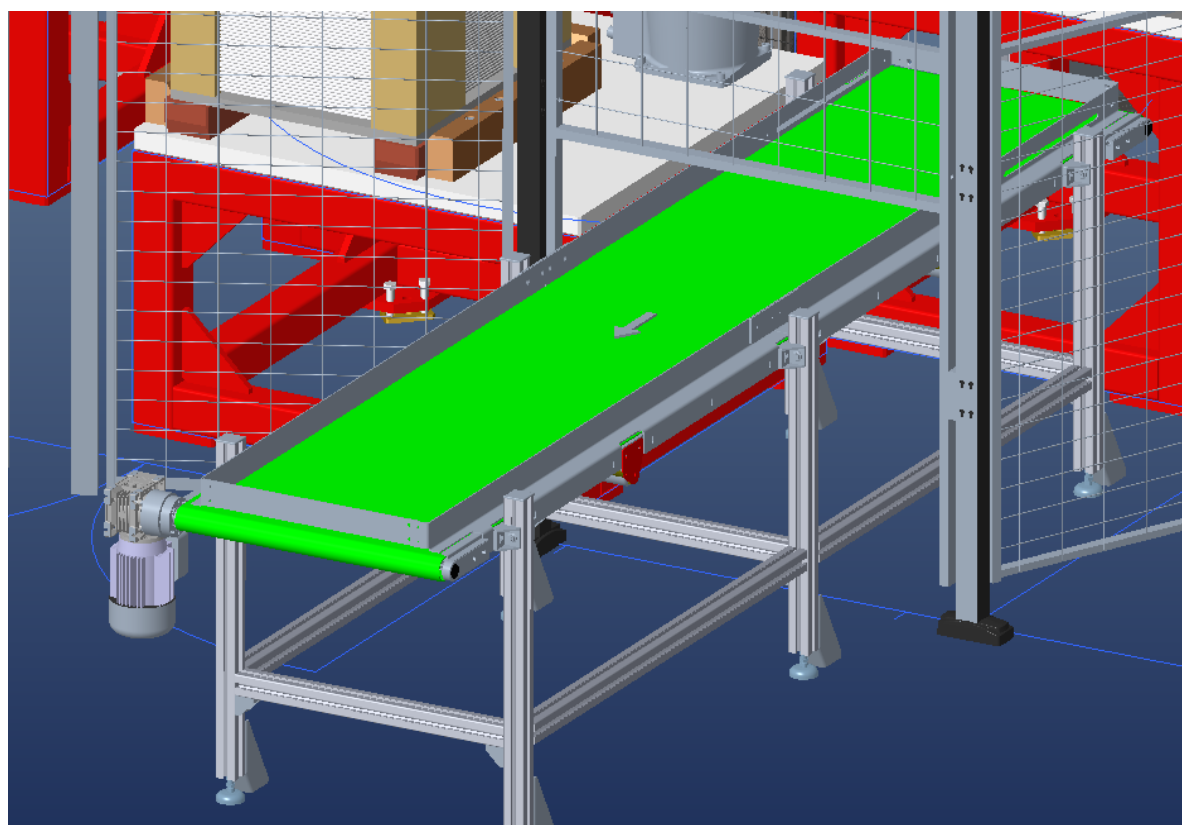
Pro pohodlné a bezpečné zakládání těl hořáků do gravitačních zásobníků je oplocení odsazeno od prostoru zakládání. V oplocení je také otvor ve velikosti rámu zásobníku. V pravo od otvoru pro rám je otvor pro zásobník pojistek proti úniku plynu. Otvory v oplocení jsou pro všechny vstupy a pro jeden výstup.



Obr.153) Otvory v oplocení pro zásobníky těl hořáků a pojistek proti úniku plynu



Obr.154) Otvor v oplocení pro zásobníky blistrů s zapalovacími elektrodami



Obr.155) Otvor v oplocení výstup OK dopravníku s finální sestavou

9 . Kalkulace návratnosti investice

Pro správnou kalkulaci návratnosti investice je nutné znát veškeré náklady spojené s pořízením stroje, to je odhadovaný takt stroje a s tím spojené celkové kapacitní požadavky.

9.1 Kalkulace ceny stroje

Při kalkulaci ceny celé montážní linky lze spočítat veškeré náklady za nakupované komponenty. Do kalkulace jsou zahrnuty komponenty s větší hodnotou.

Kalkulace ceny montážní linky			
Komponenta	Počet kusů	Jednotková cena [Kč/ks]	Cena [Kč]
VD1-00-00-000			330301,75
Pneumatický válec DPDM-10-30-PA	8	755	6040
Indukční snímač BES M08MI-PSC20B-BP00,2-GS04	4	1040	4160
Jednocestná optická závora přijímač BOS 08E-PO-KE20-00,2-S49	4	1682	6728
Jednocestná optická závora vysílač BOS 08E-X-KS20-00,2-S49	4	1682	6728
Snímací hlava Micromote BOH DK-Q06-001-01-S49F	16	3158,6	50537,6
Zesilovač BAE SA-OH-029-YP-DV02	16	3441,1	55057,6
Pneumatický válec DFM-12-20-P-A-GF	4	2189,2	8756,8
Pneumatické saně mini DGST-16-100-PA	1	7579,5	7579,5
Pneumatické saně mini DGST-16-125-PA	2	8375	16750
Pneumatické saně mini DGST-16-150-PA	1	9462,75	9462,75
Pneumatický chapač DHPS-10-A	8	4375	35000
Pneum. kyvný chapač HGDS-PP-16-P-A-B	4	15590	62360
Pneumatické saně mini DGST-16-40-E1A	4	5035	20140
Lineární modul EGC-70-460-TB-KF-10H-GK	1	14048	14048
Servomotor EMMS-AS-55-S-LS-RR-S1	1	21636,5	21636,5
Příruba EAMM-A-L38-55A	1	4204	4204
Pružná spojka EAMC-40-66-15-16	1	1113	1113
Servomotor MSM031C-XXXX-NN-M5-MH0	1	16560	16560

Kalkulace ceny montážní linky			
VD2-00-00-000			7652
Optická vidlicová závora BGL 10A-001-S49	1	2799	2799
Stejnoseměrný motor Nidec 0266/DCK31	1	4853	4853
VD0-01-00-000			182490
4-polohový otočný stůl Weiss TC320T	1	151800	151800
Řízení EF2150	1	30690	30690
VD4-00-00-000			908663,25
6-ti osý robot IRB 1200-5/0.9 + řízení	1	556300	556300
Pneumatický chapač DHPS-6-A	4	3647	14588
Vibrační zásobník pro odřazování pojistných kroužků + řízení	1	256146	256146
Lineární modul EGC-70-630-BS-10P-KF-0H	1	23025	23025
Servomotor EMMS-AS-40-S-LV-AS	1	19207,5	19207,5
Příruba EAMM-A-S38-40P-G2	1	1540,25	1540,25
Pneumatické saně mini DGST-20-125-Y12A	1	9721,75	9721,75
Pneumatické saně mini DGST-10-10-E1A	1	3214,25	3214,25
Otočný pohon ERMO-12-ST-E	1	14089,5	14089,5
3-čelistový pneumatický chapač DHDS-16-A	1	6601	6601
Indukční snímač BES M04EC-PSC10B-EP00,3-GS49	1	1836	1836
Pneumatický válec ADN-25-35-A-P-A	1	661	661
Pneumatický válec ADN-40-210-A-P-A	1	1733	1733
VD5-00-00-000			16010
Zarážkový pneumatický válec DFSP-32-20-S-PA	3	1350	4050
Reflexní optický snímač BOS 5K-PU-LR10-S49	2	2491	4982
Pneumatický válec DSNU-16-100-PPV-A	1	570	570
Kapacitní snímač CM18-08BPP-KC1	1	3226	3226
Pneumatický válec ADN-50-30-A-PPS-A	1	952,75	952,75
Pneumatický válec ADN-50-110-A-PPS-A	1	1631,25	1631,25
Kloubová hlavice SGS-M12x1.25	2	299	598
VD7-00-00-000			908663,25

Kalkulace ceny montážní linky			
6-ti osý robot IRB 1200-5/0.9 + řízení	1	556300	556300
Pneumatický chapač DHPS-6-A	4	3647	14588
Vibrační zásobník pro odřazování pojistných kroužků + řízení	1	256146	256146
Lineární modul EGC-70-630-BS-10P-KF-0H	1	23025	23025
Servomotor EMMS-AS-40-S-LV-AS	1	19207,5	19207,5
Příruba EAMM-A-S38-40P-G2	1	1540,25	1540,25
Pneumatické saně mini DGST-20-125-Y12A	1	9721,75	9721,75
Pneumatické saně mini DGST-10-10-E1A	1	3214,25	3214,25
Otočný pohon ERMO-12-ST-E	1	14089,5	14089,5
3-čelistový pneumatický chapač DHDS-16-A	1	6601	6601
Indukční snímač BES M04EC-PSC10B-EP00,3-GS49	1	1836	1836
Pneumatický válec ADN-25-35-A-P-A	1	661	661
Pneumatický válec ADN-40-210-A-P-A	1	1733	1733
VD8_VD10-00-00-000			1264531
2-polohový otočný stůl Weiss TC220T	1	102960	102960
Řízení EF2037	1	27590	27590
Scara robot IRB 910INV-3/0.35 + řízení	1	326420	326420
Pneum. paralelní chapač HGPL-14-60-A-B	1	14462	14462
Šroubovák šroubů Stoeger + řízení + příslušenství	1	526300	526300
Lineární elektrický portál EXCT-30-300-500-KF-AB-HH-L-T0-EN	1	265316	265316
Pneumatický válec ADN-32-225-A-P-A	1	1483	1483
VD9-00-00-000			558277
6-ti osý robot IRB 1200-5/0.9 + řízení	1	556300	556300
Kapacitní snímač BCS M18B4I3-PSC80D-S04K	1	1977	1977
VD11_VD12-00-00-000			1087653
Vibrační zásobník pro odřazování trysek hořáků + řízení	3	220960	662880
3-osý manipulátor XYZ (YXCR-3)	1	389605	389605
Pneumatický válec ADN-S-6-5-I	6	315	1890

Kalkulace ceny montážní linky			
Optický měřicí snímač BOD 6K-RA03-S75	1	7858	7858
Otočný pohon ERMO-25-ST-E-P2	1	18067,5	18067,5
Pneumatický paralelní chapač HGPT-25-A-B-F	1	7352,5	7352,5
Výstupní OK dopravník			32540
Výstupní OK dopravník Alvaris	1	32540	32540
CELKOVÁ CENA NAKUPOVANÝCH KOMPONENT Z TABULKY			5 296 781,25 Kč

Tab.6) Tabulka kalkulace ceny nakupovaných dílů montážní linky

Celkovou cenu montážní linky lze přesně určit až po výsledné kalkulaci nákladů za výrobu, montáž a oživení stroje. Pro odhad ceny celé montážní linky lze použít metodu, při které je nutné určit poměr vyráběných dílů, cenu konstrukce, montáž stroje, programování stroje a nakupovaných dílů.

Operace nutné pro finální výrobu stroje	Poměr [%]	Výpočet ceny operace (výchozí cena nakupovaných dílů)
Vyráběné díly	41	7 688 876,01 Kč
Nakupované díly	30	5 296 781,25 Kč
Práce konstrukce	8	1 366 911,29 Kč
Práce montáže	6	1 025 183,47 Kč
Práce programátorů	10	1 708 639,11 Kč
Více náklady	5	882 796,88 Kč
Odhad celkové ceny montážní linky	100	17 969 188,01 Kč

Tab.7) Tabulka poměrů hodnoty operací pro zhotovení stroje

9.2 Výpočet taktu, kapacitních požadavků stroje

Pracovní čas stroje uvažujeme pouze 5 pracovních dnů v týdnu.

Roční časový fond montážní linky:

50 týdnů / 5 dnů v týdnu / 3 směny za den / 7,5 hodin za směnu

Cyklový čas (takt) stroje:

Nejdelší operace stroje O33 (48s)

Montážní linka má tedy produkci montáž 1 finální sestavy za 48 sekund.

Pro výpočet využití stroje je nutné zohlednit možnost poruchy a nutnou údržbu stroje.

Uvažujeme tedy 10% prostoje způsobené strojem.

$$\text{Denní produkce} = \frac{7,5 * 3 * 60 * 60 * 0,9}{48s} = 1518,75 \text{ ks/den}$$

Vzor.6) Výpočet denní produkce montážní linky

$$\text{Roční produkce} = 50 * 5 * 1518,75 \text{ ks/den} = 379\,687,5 \text{ ks/den}$$

Vzor.7) Výpočet roční produkce montážní linky

9.3 Výpočet návratnosti investice

Výpočet návratnosti investice je vytvořen vzhledem k manuální výrobě finální sestavy.

Při manuální výrobě dokáže jeden člověk zhotovit finální sestavu odhadem za 7 minut (420 sekund).

Obsluha musí dodržovat pravidelné bezpečnostní pauzy 2*15 minut a 1*30 minut.

Cyklový čas jednoho člověka při manuální výrobě (v 3 směnném provozu):

$$1 \text{ směna} = 7,5 \text{ h} - 30 \text{ min} - 2 * 15 \text{ min} = 6,5 \text{ h} = 6,5 * 60 * 60 = 23\,400 \text{ sekund}$$

Vzor.8) Výpočet cyklového času jednoho člověka při manuální výrobě (1 směna)

$$3 \text{ směny} = 23\,400 \text{ sekund} * 3 = 70\,200 \text{ sekund}$$

Vzor.9) Výpočet cyklového času jednoho člověka při manuální výrobě (3 směny)

$$\text{Denní produkce} = 70\,200 / 420 \text{ sekund} = 167,14 \text{ ks/den}$$

Vzor.10) Výpočet denní produkce jednoho člověka při manuální výrobě (3 směny)

$$\text{Roční produkce} = 50 * 5 * 167,14 \text{ ks/den} = 41\,785,7 \text{ ks/rok}$$

Vzor.11) Výpočet roční produkce jednoho člověka při manuální výrobě (3 směny)

$$\text{Potřebný počet lidí} = \frac{\text{Roční produkce montážní linky}}{\text{Roční produkce jednoho člověka}} = \frac{379687,5}{41785,7} = 9,08 \text{ lidí}$$

Vzor.12) Výpočet počtu lidí potřebných pro vyrovnání se cyklového času montážní linky

Potřebný počet pracovníků pro manuální výrobu je 9,08 lidí. Musíme tedy uvažovat nejméně 10 pracovníků, aby byla zaručena produkce.

U manuální výroby je nutné počítat také s počátečními náklady, kvůli zakoupení elektrických šroubováků, montážních stolů a veškerého potřebného nářadí pro pracovníky. Na pracoviště pro jednoho zaměstnance lze odhadnout cenu 400 000Kč.

Položky pro určení návratu investice	Montáž manuální výrobou	Montáž automatickou linkou
Počáteční náklady [Kč]	4 000 000	17 969 188
Počet pracovníků	10	1
Průměrná mzda pracovníka [Kč/h]	147,7	181,8
Náklady na pracovníka zaměstnavatele [Kč/h]	197	243,2
Náklady na provoz stroje [Kč/h]	124	964

Tab.8) Tabulka rozdílů pro určení návratu investice

S těmito údaji lze spočítat odhadovanou návratnost investice jednoúčelové montážní linky vůči manuální výrobě.

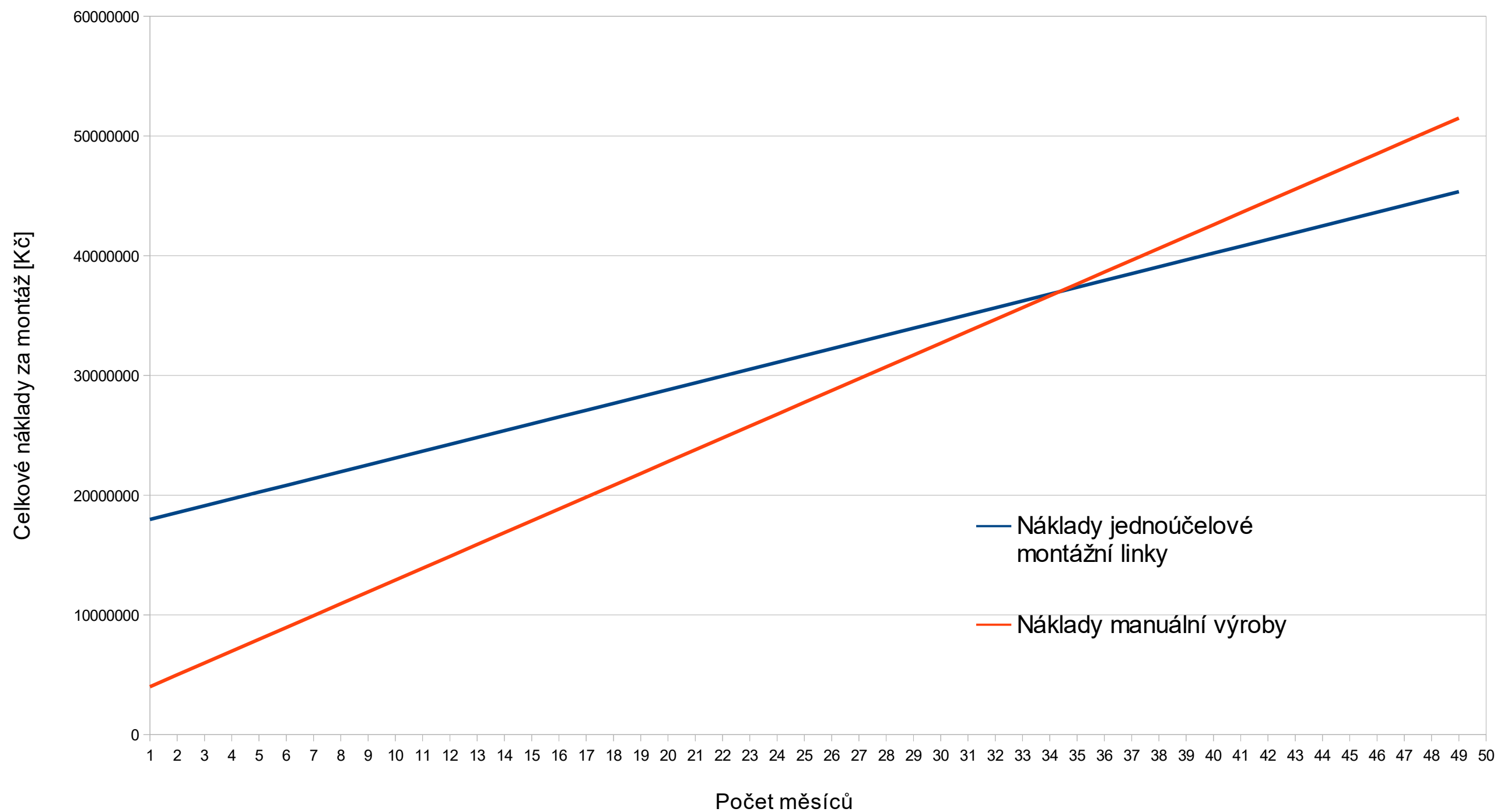
$$\begin{aligned}
 17\,969\,188 + ((1 \cdot 243,2) + 964) \cdot X &= 4\,000\,000 + ((10 \cdot 197) + 124) \cdot X \\
 13\,969\,188 + 1207,2 \cdot X &= 2094 \cdot X \\
 13\,969\,188 &= 886,8 \cdot X \\
 X &= 15\,752 \text{ hodin} \\
 X &= \frac{15\,752 \text{ hodin}}{22,5 \text{ hodin/den}} = 700 \text{ dní} \\
 X &= \frac{700 \text{ dní}}{21 \text{ dní}} = 33,33 \text{ měsíců}
 \end{aligned}$$

Vzor.13) Výpočet návratnosti investice montážní linky vůči manuální výrobě

Rovnice porovnává výpočty nákladů na výrobu produktu jednoúčelovou montážní linkou a manuální výrobou. „X“ je námi hledaná hodnota, která určuje počet měsíců kdy se křivky grafu Obr.153 protnou.

Z výpočtu lze vidět, že návratnost investice za jednoúčelový montážní stůl pro montáž horní části plynového varného grilu je **33,33 měsíců**.

Graf návratnosti investice



Obr.156) Graf návratnosti investice jendouúčelové montážní linky vůči manuální výrobě

10 . Závěr a kritické vyhodnocení dosažených výsledků, doporučení pro praxi

10.1 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout konstrukci jednoúčelového montážního stroje pro kompletaci rozvaděče plynu v plynovém grilu. Jedná se o horní část plynové varné desky. Konstrukci bylo potřeba navrhnout tak, aby byla co možná nejefektivnější.

První kapitola se zabývá rozborem řešené problematiky. Kapitola se týká hlavně seznámení s produktem, který má montážní stroj kompletovat. Jsou zde uvedeny díly, které jsou pro kompletaci celé sestavy nezbytně nutné.

V další kapitole je rozebrán montážní postup daného produktu a soupis jednotlivých operací nutných pro zhotovení produktu. Při kompletaci celé sestavy je nutné dodržet posloupnost některých operací. K určení návazností montáží slouží diagram operací.

Ve čtvrté kapitole se práce zabývá určením možných variant montáže a výběrem nejvhodnější z nich. Jsou zde popsány dva způsoby uspořádání montážního pracoviště. Pro zjednodušení jsou operace seskupeny v jednotlivé výrobní dávky, které určují sestavy celého montážního stroje. V práci jsou zhotoveny dva montážní postupy. Oba postupy mají vytvořený Ganttův diagram, podle kterého bylo možné sloučit některé operace a tím montážní postup optimalizovat. Po optimalizaci obou montážních postupů bylo možné určit čas potřebný pro montáž jednoho dílu. Multikriteriální váhovou analýzou byl pak vybrán montážní postup č.2.

V další kapitole se práce zabývá tvorbou konstrukce celé jednoúčelové montážní linky ve 3D v programu PTC CREO Parametric 6.0. Celá sestava jednoúčelové montážní linky se skládá z třinácti podsestav. Každá část této kapitoly se zabývá jednou podsestavou stroje. V každé části je také popis důležitých nakupovaných dílů a popis jejich výběru. Na konci této kapitoly je představení kompletní sestavy celé montážní linky.

Další kapitola se zabývá některými potřebnými výpočty. Výpočty byly nutné pro výběr některých komponent.

V sedmé kapitole jsou vytvořeny některé výrobní výkresy zvolených dílů a sestav. K práci jsou také sestaveny pneuschémata ventilových bloků. Pneuschémata jsou vytvořena pro celou montážní linku a jsou rozdělena do několika ventilových terminálů podle montážních skupin. Všechny výkresy a pneumatická schémata jsou přiloženy v příloze.

Nedílnou součástí každého stroje je bezpečnost. V další kapitole je podrobně rozvedena analýza rizik montážní linky z pohledu obsluhy v běžném provozu. Ze soupisů nebezpečí jsou vybrány tři a je k nim vytvořen formulář pro odhad velikosti rizika. V případě velké hodnoty rizika jsou navrženy opatření pro snížení velikosti rizika. V této kapitole jsou také popsány bezpečnostní prvky pro ochranu operátora montážní linky. Je zde vydefinováno celé bezpečnostní oplocení a krytování stroje. Veškeré bezpečnostní prvky jsou vytvořeny v modelu 3D.

Poslední kapitola se zabývá zhodnocením a kalkulací návratnosti nákladů na investici jednoúčelové montážní linky. Nejprve je spočítána cena celé montážní linky.

Pro výpočet je použita spočítaná cena nakupovaných dílů stroje a poměr mezi jednotlivými náklady na výrobu stroje. Z těchto parametrů bylo možné odhadnout pořizovací cenu celé montážní linky. Poté je v práci vypočtena návratnost celé investice v porovnání s manuální montáží produktu. Celková pořizovací cena jednoúčelové montážní linky je 17 969 188,01 Kč a návratnost investice je 33,33 měsíců.

10.2 Kritické vyhodnocení dosažených výsledků

Při návrhu montážních postupů byly využity znalosti a zkušenosti získané při vytváření konstrukcí jednoúčelových strojů, převážně v automobilovém průmyslu. Montážní postup č.1 je bezesporu proveditelný a spousta firem staví své stroje v tomto modulárním seskupení. Jakmile je však uvažována výroba produktu v delším časovém horizontu, vyplatí se použití jednoúčelové montážní linky. To také ukázala váhová multikriteriální analýza. Hlavní rozdíl je v počtu operátorů nutných pro montáž. Konstrukce montážní linky je vytvořena tak, aby byla kompaktní, nezabírala velký prostor v hale. Byl zde také kladen důraz na co možná nejmenší cyklový čas linky. Pro některé manipulace by bylo možné použít, místo 6-ti osého robota, XYZ manipulátor. Ten by však mohl stát ještě více než 6-ti osý robot, kvůli délce zdvihů a malým zástavbovým prostorům, v kterých by se musel točit. Celková konstrukce jednoúčelové montážní linky je vytvořena jako kompaktní konstrukční celek. U výběru některých komponent bylo nutné vypočítat parametry výběru, další pak byly vybrány pomocí zkušeností získaných praxí. Pneumatická schémata a výkresová dokumentace jsou vytvořeny podle firemních norem používaných ve firmě VSP-Engineering s.r.o. Vše odpovídá standardům Vysokém učení technickém v Brně. Při analýze a vyhodnocování rizik jsou využívány znalosti získané během studia v předmětu GMR-K. Pro zajištění bezpečného chodu montážní linky jsou použity některé bezpečnostní prvky. Hlavním prvkem je bezpečnostní oplocení, které je vytvořeno ve spolupráci s firmou Haberkorn. Posledním bodem bylo určit celkovou cenu stroje, cyklový čas stroje a počet pracovníků nutných pro náhradu stroje. Podle těchto parametrů bylo možné stanovit celkové náklady montážní linky a manuální výroby vzhledem k času. Tím bylo možné dovodit návratnost celé investice do jednoúčelové montážní linky, která je 33,33 měsíců. Tu lze eliminovat snížením celkové pořizovací ceny stroje, průměrnou mzdou operátora stroje, anebo zrychlením cyklového času stroje.

10.3 Doporučení pro praxi

Konstrukce celého jednoúčelového montážního stroje je vytvořena na montáž produktu, který vychází z plynové varné desky společnosti Amica PGXZ 6611 nerez. Konstrukce námi zvoleného produktu je založena na reálném základu a aplikaci je tak možné převést do reálné výroby. Při použití automatické montáže je spočítána návratnost na necelé tři roku. V případě zařazení stroje do výroby, lze ušetřit velké náklady spojené s množstvím pracovníků potřebných pro montáž produktu. U této jednoúčelové montážní linky je nutné uvažovat skoro nulovou univerzálnost. Jedná se o jednoúčelový stroj, proto není vhodný na zařazení montáže jiného produktu.

11 . Seznam použitých zdrojů

- [1] SAMUEL, K. Test varných desek 2020 [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.covybrat.cz/nejlepsi-vestavne-varne-desky/#zakladni-typy-varnych-desek>
- [2] SIEMENS. Sklokeramická varná deska Siemens ET651BF17E. Dostupné z: https://www.vestavne-spotrebice.cz/sklokeramicka_varna_deska-siemens_et651bf17e-814359365-563387681-sklokeramicke-varne-desky/
- [3] CONCEPT. Indukční deska Concept IDV3560. Dostupné z: https://www.onlineshop.cz/varne-desky/indukcni/indukcni-deska-concept-idv3560-640386P.html?gclid=CjwKCAjw88v3BRBFEiwApwLevL-UOc0Ihbow4HbCX12qNoWBSi0N1nFVUyh34TkVBZwg70aBtRpxoCdAUQAvD_BwE
- [4] AMICA. Plynová varná deska Amica PGXZ 6611 nerez. Dostupné z: <https://www.obchody24.cz/varna-deska-plyn-amica-pgxz-6611>
- [5] ELEKTROLUX. Electrolux EGD6576NOK varná deska, kombinovaná. Dostupné z: <https://www.mojespotebice.cz/p/electrolux-egd6576nok-varna-deska-kombinovana/>
- [6] COPRECI. Pojistka proti úniku plynu STOP GAS [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/slovník-pojmu/detail?term=Stop+Gas>
- [7] BALLUFF. Jednocestná optická závora (přijímač): BOS0208 [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01327/variant/PV121973>
- [8] BALLUFF. Jednocestná optická závora (přijímač): BOS01Z7 [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01327/variant/PV121953>
- [9] BALLUFF. Jednocestná optická závora (přijímač): BOH000M [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01323/variant/PV122910>
- [10] FESTO. Pneumatický válec: DPDM [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cz/cs/npc/npc-config-ui/start.do?caller=KAT&product=DPDM-10-30-PA&caturl=https%3A%2F%2Fwww.festo.com%2Fcat%2Fcs_cz%2Fproducts_DPDM_1&configurationId=fa57e81d-43e7-4213-8f2a-8f94241000f0&tabId=94a77da7-4cc3-4389-a0f0-7a6669170402#!/product/UI.TAB.CV.GENERAL_DATA
- [11] BALLUFF. Indukční snímač: BES003E [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0101/product/F01102/variant/PV116372>
- [12] FESTO. Pneumatický válec s vedením: DGST [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DGST?CurrentIDCode1=DGST-16-100-PA&CurrentPartNo=8085136
- [13] FESTO. Pneumatický válec s vedením: DFM [online]. [cit. 2020-06-24].

- Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DFM
- [14] HIWIN. Vodící kuličkové pouzdro: JBK [online]. [cit. 2020-06-24].
Dostupné z: https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kul-pouzdra-a-vodici-tyce/kulickova-pouzdra/227_prirubove-kulickove-pouzdro-jbk
- [15] HIWIN. Kuličkový šroub: R25-10K4-FSCDIN [online konfigurator]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
http://konfigurator.hiwin.cz:8020/Apps/Kulickove_Srouby/
- [16] BOSCH-REXROTH. Servomotor: MSM031 [online]. [cit. 2020-06-24].
Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/en/au/products/product-groups/electric-drives-and-controls/motors-and-gearboxes/synchronous-servo-motors/msm/msm031>
- [17] Festo. Pružná spojka: EAMC [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_KSE?CurrentIDCode1=EAMC-40-66
- [18] Festo. Kyvná jednotka s chapadlem: HGDS [online]. [cit. 2020-06-24].
Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_HGDS?CurrentIDCode1=HGDS-PP-16-P-A-B&CurrentPartNo=1187958
- [19] Festo. Pohon s ozubeným řemenem: EGC-TB [online]. [cit. 2020-06-24].
Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EGC_ZR?CurrentIDCode1=EGC-70-460-TB-KF-10H-GK&CurrentPartNo=556813
- [20] Festo. Servomotory: EMMS-AS [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EMMS_AS?CurrentIDCode1=EMMS-AS-55-S-LS-RR-S1&CurrentPartNo=1569752
- [21] Festo. Axiální sada: EAMM [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EAMM?CurrentIDCode1=EAMM-A-L38-55A&CurrentPartNo=3683331
- [22] Hiwin. Lineární vedení: HGH [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/17_vozik-hgh
- [23] BALLUFF. Vidlicová optická závora: BGL0001 [online]. [cit. 2020-06-24].
Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01325/variant/PV122643>
- [24] VALEO. Krokový motor: DCK31 [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
http://www.nidec.cz/DCK31_uk.html
- [25] OLDHAM. Pružná spojka: MCO26 [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
<https://us.misumi-ec.com/vona2/detail/110300607630/?Tab=codeList>
- [26] ZKL. Ložisko: 6202-2Z [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
<http://www.loziska-gufera.cz/loziska/kulickova-radialni/jednorada-62xx/6202/lozisko-6202-2z-zkl-9365.html>
- [27] WEISS. Otočné stolu: TC [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
<https://www.stasto.cz/data.aspx?data=b2c5165d-ad48-41f1-9eab-74997a97d8f8>
- [28] BALLUFF. Indukční snímač: BES040Y [online]. [cit. 2020-06-24].
Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0101/product/F01102/variant/PV115095>
- [29] ABB. 6-ti osý robot: IRB 1200 [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:
<https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-1200>
- [30] Festo. Paralelní gripper: DHPS [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:

- https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DHPS?CurrentIDCode1=DHPS-6-A&CurrentPartNo=1254039
- [31] Festo. Třibodové chapadlo: DHDS [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DHDS?CurrentIDCode1=DHDS-16-A&CurrentPartNo=1259491
- [32] Festo. Elektrický otočný pohon: ERMO [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_ERMO?CurrentIDCode1=ERMO-12ST-E&CurrentPartNo=2954695
- [33] Festo. Pohon s vřetenem: EGC-BS [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EGC_SP?CurrentIDCode1=EGC-70-630-BS-10P-KF-0H-GK&CurrentPartNo=556807
- [34] Festo. Servomotor: EMME-AS [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EMME_AS?CurrentIDCode1=EMME-AS-40-S-LV-AS&CurrentPartNo=2082428
- [35] Festo. Axiální sada: EAMM [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EAMM?CurrentIDCode1=EAMM-A-S38-40P-G2&CurrentPartNo=3637972
- [36] Festo. Pneumatický válec: ADN [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_ADN_AEN?CurrentIDCode1=ADN-25-35-A-P-A&CurrentPartNo=536250
- [37] Festo. Zarážkový válec: ADN [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DFSP?CurrentIDCode1=DFSP-32-20-S-PA&CurrentPartNo=576097
- [38] BALLUFF. Reflexní optická závora: BOS0255 [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01318/variant/PV344759>
- [39] BALLUFF. Odrazka: BAM01H9 [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0017/cg/G1704/product/F17401/variant/PV149985>
- [40] SICK. Kapacitní snímač: CM [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.sick.com/cz/cs/kapacitni-snimace/cm/cm18-08bpp-kc1/p/p244243?ff_data=JmZmX2lkPXAYNDQyNDMmZmZfbWFzdGVySWQ9cDI0NDI0MyZmZl90aXRzZT1DTTE4LTA4QlBQLUtDMSZmZl9xdWVyeT1DTTE4LTA4QlBQLUtDMSZmZl9wb3M9MSZmZl9vcmlnUG9zPTEEmZmZfcGFnZT0xJmZmX3BhZ2VTaXplPTI0JmZmX29yaWdQYWdlU2l6ZT0yNCZmZl9zaW1pPTkxLjA=
- [41] Festo. Kruhý válec: DSNU [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DSNU_1?CurrentIDCode1=DSNU-16-100-PPV-A&CurrentPartNo=19232
- [42] ABB. SCARA robot: IRB 910INV [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-910inv>
- [43] Festo. Paralelní chapadla: HGPL [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_HGPL
- [44] Festo. Vacuová přísavka: OGVM [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_OGVM?CurrentIDCode1=OGVM-50-A-N-G14F&CurrentPartNo=8073837
- [45] Halder. Gumové dorazy [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:

- <https://www.halder.com/cz/Produkty/Normovane-dily/Strojni-elementy/Tlumici-elementy/Gumove-dorazy-valcove/25150.0309>
- [46] Balluff. Kapacitní snímač: BCS00MF [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0102/product/F01202/variant/PV120227>
- [47] Festo. Přímočarý portál: EXCT [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EXCT_LP?CurrentIDCode1=EXCT-30-300-500-KF-AB-HH-L-T0-EN&CurrentPartNo=8026576
- [48] Hiwin. Lineární vedení: HGL [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/15_vozik-hgl
- [49] Festo. Paralelní chapadla: HGPT [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_HGPT
- [50] Balluff. Optoelektrický snímač vzdálenosti: BOD001R [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0103/product/F01328/variant/PV120801>
- [51] Festo. Prostorový portál: YXCR [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_YXCR?CurrentIDCode1=YXCR-3&CurrentPartNo=8024305
- [52] BLECHA, P. Graf pro odhad velikosti rizika [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/rizika-nebezpeci-souvisejici-se-strojnim-zarizenim>
- [53] WERMA, Signální sloupek [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://velkoobchod.conrad.cz/signalni-sloupek-led-werma-signaltechnik-698-110-75-24-v-ac-24-v-dc-trvale-svetlo-zelena-zluta-cervena.k1359398?gclid=CjwKCAjw88v3BRBFEiwApwLevW31Cr_rkI2_cabYNEb4AS6rTgFwXVCNlvh5Nos3Khp-RWu0qThFYhoCXq4QAvD_BwE
- [54] TME, Tlačítko nouzové zastavení [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.tme.eu/cz/details/nef30-dr_pxy/prepinace-panelove-standardni-30mm/promet/?brutto=1&gclid=CjwKCAjw88v3BRBFEiwApwLevZYMN0Napv97ZqYAzdFKVb4aB5NM5EluRtq1He9S85jJIUsgPVOHBoCEm8QavD_BwE
- [55] EUCHNER, Bezpečnostní dveřní systém [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://www.azcasopis.cz/automatizace/bezpecnostni-dverni-system-euchner-mgb2-classic>

12 . Seznam obrázků, tabulek a vzorců

12.1 Seznam obrázků

- Obr.1) Sestava středního hořáku
- Obr.2) Sestava horní části plynového varného grilu (pohled ze spodní strany)
- Obr.3) Sestava horní části plynového varného grilu (pohled z horní strany)
- Obr.4) Vestavný litinový varný gril
- Obr.5) Vestavný Sklokeramický varný gril
- Obr.6) Vestavný indukční varný gril
- Obr.7) Vestavný plynový varný gril
- Obr.8) Vestavný kombinovaný (indukční, plynový) varný gril
- Obr.9) Horní nerezová deska
- Obr.10) Hliníkové tělo hořáku (střední velikost)
- Obr.11) Mosazná tryska hořáku
- Obr.12) Zapalovací elektroda
- Obr.13) Funkce pojistky proti uniku plynu
- Obr.14) Pojistka proti uniku plynu
- Obr.15) Diagram operací potřebných pro montáž sestavy horní části plynového varného grilu
- Obr.16) Layout sestavení montážního postupu č.1
- Obr.17) Layout sestavení montážního postupu č.2
- Obr.18) Zasobník hliníkových těl hořáků
- Obr.19) Lišty pro nasouvání těl hořáků
- Obr.20) Snímek optická jednocestná závora pro kontrolu minimálního zásobování 5-ti kusů těl hořáků
- Obr.21) Odrazování těl hořáků (boční pohled)
- Obr.22) Odrazování těl hořáků (nahled)
- Obr.23) Špatně založený kus v zásobníku
- Obr.24) Shozený špatně založený díl (vlevo)
- Obr.25) Otevřený kryt a odebrání špatně založeného dílu (vpravo)
- Obr.26) Manipulátor pro odebrání těl hořáků z zásobníků
- Obr.27) Čelisti v odebrací pozici těla hořáku z zásobníku
- Obr.28) Prizmatický tvar čelisti pro odebrání těl hořáků
- Obr.29) Uchopený díl těla hořáku
- Obr.30) Zdvíhací jednotka
- Obr.31) Zvedaná sestava
- Obr.32) Konfigurace šroubu v konfigurátoru firmy Hiwin
- Obr.33) Technické parametry servomotoru Bosch MSM031B-0300-NN-M5-MH0-C, Datasheet
- Obr.34) Motor připevněný k kuličkovému šroubu pružnou spojkou
- Obr.36) Odebrání těl hořáků horní manipulační sestavou
- Obr.35) Chapač horní manipulační sestavy
- Obr.37) Horní manipulační sestava v pozici zakladání do otočného stolu
- Obr.38) Graf teoretické posuvové síly v závislosti na krouticím momentu pohonu s ozubeným řemenem EGC-70-460-TB-KF-10H-GK
- Obr.39) Dovolene zatížitelné momenty lineárního vedení
- Obr.40) Zasobník pojistek proti uniku plynu
- Obr.41) Hlídky zásoby pojistek proti uniku plynu

- Obr.42) Řetězovy dopravník s lůžky
- Obr.43) Članky řetězu
- Obr.44) Lůžko pro nacvaknutí pojistky do zásobníku (neprůhledné tělo)
- Obr.45) Lůžko pro nacvaknutí pojistky do zásobníku (průhledné tělo)
- Obr.46) Nahon řetězového dopravníku
- Obr.47) Nahon řetězového dopravníku
- Obr.48) Otočný stůl s lůžky a těly hořáků (pohled 3D shora)
- Obr.49) Otočný stůl s lůžky a těly hořáků (pohled 3D ze spodu)
- Obr.50) Lůžko pro velké tělo hořáku
- Obr.51) Velké tělo hořáku založené v lůžku otočného stolu
- Obr.52) Polohování těla hořáku v lůžku otočného stolu
- Obr.53) Najetí manipulační jednotky s zorientovanými těly hořáků nad otočný stůl.
- Obr.54) Založení těl hořáků do otočného stolu.
- Obr.55) Otočný stůl weiss s pevným počtem poloh (Půdorys) (Datasheet)
- Obr.56) Otočný stůl weiss s pevným počtem poloh (3D pohled) (Datasheet)
- Obr.57) Způsoby uchycení motoru otočného stolu (Datasheet)
- Obr.58) Způsoby uchycení otočného stolu (Datasheet)
- Obr.59) 4-polohový otočný stůl TC320T s rychlostním stupněm j , který je vybrán výpočetním programem firmy Weiss
- Obr.60) Tabulka pro výběr rychlostního stupně otočného stolu TC320T firmy Weiss (Datasheet)
- Obr.61) Vibrační zásobník pro podávání pojistného třmenového kroužku
- Obr.62) Aretace pojistky proti uniku plynu v hliníkovém těle hořáku
- Obr.63) Snímání posouvání pojistného kroužku ve vodící liště
- Obr.64) Snímání dvou možností orientace pojistného kroužku
- Obr.65) Dopravení pojistného kroužku do odebíracího lůžka.
- Obr.66) Stanice pro zakládání pojistek proti uniku plynu VD4
- Obr.67) Odebrání pojistek proti uniku plynu robotem
- Obr.68) Pracovní prostor robota IRB1200-5/0.9 (Datasheet)
- Obr.69) Odebrání 4 pojistek proti uniku plynu ze zásobníku
- Obr.70) Zakládání pojistek proti uniku plynu do těl hořáků
- Obr.71) Odebrání pojistného kroužku z lůžka
- Obr.72) Manipulátor pro odebrání a zakládání pojistného kroužku
- Obr.73) Orientace pojistného kroužku
- Obr.74) Založení zorientovaného kroužku do čelisti pro nasazení kroužku na pojistku proti uniku plynu
- Obr.75) Manipulátor pro založení zorientovaného kroužku do všech čelisti pro nasazení kroužku na pojistku proti uniku plynu
- Obr.76) Čelisti pro nasazení kroužku na pojistku proti uniku plynu
- Obr.77) Nasunutí pojistného kroužku na pojistku proti uniku plynu
- Obr.78) Pohyb dolů, aby nedošlo k stržení kroužku z pojistky
- Obr.79) Jednotka pro posuv čelisti pro zakládání pojistného kroužku
- Obr.80) Jednotka pro posuv čelisti pro zakládání pojistného kroužku
- Obr.81) Pohyb vpřed pro nasazování kroužku na pojistky
- Obr.82) Dorazy pro omezení zdvihu pneumatického válce při nasazování kroužků na pojistky
- Obr.83) Posuvy nasazování kroužků na pojistky

- Obr.84) Posuvy založení kroužů do čelisti
- Obr.85) Kotvení ramu
- Obr.86) Zasobník zapalovacích elektrod
- Obr.87) Blistr s zapalovacími elektrodami (odebirání 4 kusů elektrod)
- Obr.88) Vodicí lišta pro vedení blistrů
- Obr.89) Vstupní skluz
- Obr.90) Odrazování blistrů (řez)
- Obr.91) Najištění blustru do odebiracího lůžka
- Obr.92) Plný blistr založený v odebiracím lůžku
- Obr.93) Vodorovná poloha lůžka, při odebirání zapalovacích elektrod robotem
- Obr.94) Sklopená pozice pro vyhození prázdného blustru do výstupního skluzu
- Obr.95) Vyhození prázdného blustru do výstupního skluzu
- Obr.96) Stanice pro zakládání zapalovacích elektrod VD7
- Obr.97) Chapač pro manipulaci s zapalovacími elektrodami
- Obr.98) Odebrání zapalovacích elektrod robotem
- Obr.99) Zakládání zapalovací elektrody do těla hořáku v 4-polohovém otočném stole
- Obr.100) Zakládání zapalovací elektrody do těla hořáku v 4-polohovém otočném stole
- Obr.101) Manipulátor pro založení hořáků do druhého otočného stolu
- Obr.102) Pracovní prostor robota IRB 910INV-3/0.35 (Datasheet)
- Obr.103) Uchycení robota SCARA IRB 910INV-3/0.35
- Obr.104) Uchycení svařovaného ramu robota SCARA
- Obr.105) Chapač pro odebrání podsestav hořáků
- Obr.106) Čelisti chapače SCARA robota
- Obr.107) Odebrání podsestavy velkého hořáku z 4-polohového otočného stolu
- Obr.108) Rozložení hořáků na plechové díle plynové desky grilu
- Obr.109) Rozložení hořáků na plechové díle plynové desky grilu
- Obr.110) Lůžka pro založení podsestav hořáků do 2-polohového otočného stolu
- Obr.111) 2-polohový otočný stůl TC220T s rychlostním stupněm L , který je vybrán výpočetním programem firmy Weiss
- Obr.112) Tabulka pro výběr rychlostního stupně otočného stolu TC220T firmy Weiss (Datasheet)
- Obr.113) Manipulátor pro zakládání horní nerezové desky
- Obr.114) Polohovací čep palety s nerezovými deskami
- Obr.115) Nalepovací oddělovací kroužky
- Obr.116) Paleta s nerezovými deskami
- Obr.117) Vakuový chapač pro odebrání a manipulaci s horní nerezovou deskou
- Obr.118) Zakládání plechového dílu do druhé pozice 2-polohového otočného stolu
- Obr.119) VD10 Šroubování podsestav hořáků k nerezové desce
- Obr.120) Automatický šroubovák firmy Stoger
- Obr.121) Šroub pro zašroubování hořáků k nerezové desce
- Obr.122) Vibrační zasobník pro podávání šroubu do šroubovaku
- Obr.123) Mechanismus podávání šroubu do šroubovaku
- Obr.124) Cyklus podávání šroubu a šroubování
- Obr.125) Pozice děr pro přišroubování podsestav hořáků k nerezové desce
- Obr.126) Lineární elektrický posuv šroubovaku
- Obr.127) Pneumatický posuv šroubovaku
- Obr.128) Princip posuvů příčného lineárního portálu

- Obr.129) Vibrační zásobníky pro podávání trysek hořáků
- Obr.130) Velikosti otvoru pro vypouštění plynu jednotlivých hořáků
- Obr.131) Velikosti otvoru pro vypouštění plynu jednotlivých hořáků
- Obr.132) Vibrační vodící lišty pro trysky hořáků
- Obr.133) Odrazování trysek hořáků
- Obr.134) Manipulátor pro zašroubování trysek do hořáků
- Obr.135) Chapač pro odeberání a šroubování trysek do hořáků
- Obr.136) Šroubování trysky do těla maleho hořáku
- Obr.137) Šroubovací hlavice na Z-tové ose manipulátoru
- Obr.138) Manipulátor šroubovací jednotky X-Y-Z
- Obr.139) Vstupní OK pasový dopravník
- Obr.140) Vstupní OK pasový dopravník s finálními částmi plynového varného grilu
- Obr.141) Celková konstrukce montážní linky (půdorysný pohled)
- Obr.142) Celková konstrukce montážní linky (3D pohled (1))
- Obr.143) Celková konstrukce montážní linky (3D pohled (2))
- Obr.144) Graf pro odhad velikosti rizika
- Obr.145) 3-barevný maják signalizace (vlevo)
- Obr.146) Tlačítko nouzového zastavení (vpravo)
- Obr.147) Bezpečnostní zámek dveří s klikou
- Obr.148) Bezpečnostní oplocení montážní linky (půdorys)
- Obr.149) Bezpečnostní oplocení montážní linky (3D pohled (1))
- Obr.150) Bezpečnostní oplocení montážní linky (3D pohled (2))
- Obr.151) Bezpečnostní krytování vibračních zásobníků
- Obr.152) Bezpečnostní krytování vibračních zásobníků
- Obr.153) Otvory v oplocení pro zásobníky těl hořáků a pojistek proti uniku plynu
- Obr.154) Otvor v oplocení pro zásobníky blistrů s zapalovacími elektrodami
- Obr.155) Otvor v oplocení vstupní OK dopravníku s finální sestavou
- Obr.156) Graf návratnosti investice jednocelové montážní linky vůči manuální výrobě

12.2 Seznam tabulek

- Tab.1) Časova tabulka operaci montážního postupu č.1
- Tab.2) Upravena časova tabulka operaci montážního postupu č.1
- Tab.3) Časova tabulka operaci montážního postupu č.2
- Tab.4) Upravena časova tabulka operaci montážního postupu č.2
- Tab.5) Tabulka vahove multikriteriální analýzy
- Tab.6) Tabulka kalkulace ceny nakupovaných dílů montážní linky
- Tab.7) Tabulka poměrů hodnoty operaci pro zhotovení stroje
- Tab.8) Tabulka rozdílů pro určení návratu investice

12.3 Seznam vzorců

- Vzor. 1) Výpočet vahove multikriteriální analýzy
- Vzor. 2) Výpočet síly nutné pro zvednutí sestavy
- Vzor. 3) Výpočet krouticího momentu nutného pro zvednutí sestavy
- Vzor. 4) Výpočet momentu setrvačnosti 4-polohového otočného stolu TC320T pomocí programu firmy Weiss
- Vzor. 5) Výpočet momentu setrvačnosti 2-polohového otočného stolu TC220T pomocí programu firmy Weiss
- Vzor.6) Výpočet denní produkce montážní linky
- Vzor.7) Výpočet roční produkce montážní linky
- Vzor.8) Výpočet cykloвого času jednoho člověka při manuální výrobě (1 směna)
- Vzor.9) Výpočet cykloвого času jednoho člověka při manuální výrobě (3 směny)
- Vzor.10) Výpočet denní produkce jednoho člověka při manuální výrobě (3 směny)
- Vzor.11) Výpočet roční produkce jednoho člověka při manuální výrobě (3 směny)
- Vzor.12) Výpočet počtu lidí potřebných pro vyrovnání se cykloвого času montážní linky
- Vzor.13) Výpočet návratnosti investice montážní linky vůči manuální výrobě

13 . Seznam příloh

Název	Typ	Číslo výkresu
Kompletní konstrukce jednoúčelové montážní linky	3D model STEP	VD0-00-00-000
Pneumatické schéma ventilového terminálu sestavy VD1-01-000	PDF	VD1-01-00
Pneumatické schéma ventilového terminálu sestavy VD4-01-000	PDF	VD4-01-00
Pneumatické schéma ventilového terminálu sestavy VD5-01-000, VD8-01-000, VD10-01-000	PDF	VD5-01-00,VD8-01-00,VD10-01-00
Pneumatické schéma ventilového terminálu sestavy VD7-01-000	PDF	VD7-01-00
Pneumatické schéma ventilového terminálu sestavy VD9-01-000, VD11-01-000, VD12-01-000	PDF	VD9-01-00,VD11-01-00,VD12-01-00
Výkres sestavy VD0-00-00-000	PDF	VD0-00-00-000
Kusovník sestavy VD0-00-00-000	PDF	VD0-00-00-000_kusovník
Výkres sestavy VD0-01-00-000	PDF	VD0-01-00-000
Kusovník sestavy VD0-01-00-000	PDF	VD0-01-00-000_kusovník
Výkres sestavy VD0-01-01-000	PDF	VD0-01-01-000
Kusovník sestavy VD0-01-01-000	PDF	VD0-01-01-000_kusovník
Výkres dílu VD0-01-01-001	PDF	VD0-01-01-001
Výkres dílu VD0-01-01-002	PDF	VD0-01-01-002
Výkres dílu VD0-01-01-003	PDF	VD0-01-01-003
Výkres dílu VD0-01-01-006	PDF	VD0-01-01-006
Ganttův diagram montážního postupu č.1	Excel	Ganttův diagram č.1
Ganttův diagram montážního postupu č.2	Excel	Ganttův diagram č.2
Výpočet typu otočného stolu z programu firmy Weiss TC320-4	PDF	PROHAZKA-20200527-TC320-4
Výpočet typu otočného stolu z programu firmy Weiss TC220-2	PDF	PROHAZKA-20200527-TC220-2
Tabulka pro graf návratnosti investice	Excel	Návratnost investice