



Úprava potiskovacího stroje LH16

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství

Autor práce: **Jiří Petrásek**
Vedoucí práce: Ing. Petr Zelený, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechanical Engineering ■

Bachelor thesis

Study programme: B2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 2301R000 – Mechanical Engineering
Author: **Jiří Petrásek**
Supervisor: Ing. Petr Zelený, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří Petrásek**
Osobní číslo: **S17000351**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Úprava potiskovacího stroje LH16**
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

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

Hlavním cílem práce je návrh konstrukční úpravy potiskovacího stroje LH16 na skleněné foukané výrobky ve sklárnách Kavalier Sázava. S rostoucími požadavky na zvýšení produktivity stroje je nutno pomalou a nepřesnou pneumatiku nahradit servopohony pro přesnější chod a regulaci systému. Z původního stroje se plánuje využít hlavní rám a krokovací stůl. Veškeré asynchronní motory a staré servomotory budou též nahrazeny modernějšími, tak aby stroj tvořil jeden celek, který bude snadno obsluhovatelný. U zakládacího a vyjímacího zakladače bude nahrazena jedna pneumatická rotační osa přesnějším servomotorem. Stroj bude postaven na systému Siemens Simatic.

Doporučený postup:

1. Analýza současného stavu zařízení. Definování slabých míst a požadavků pro zlepšení.
2. Návrh úprav pro zlepšení konstrukce a funkce zařízení dle požadavků.
3. Tvorba potřebné dokumentace.
4. Technické a ekonomické zhodnocení.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] SHIGLEY, J. E., Ch. R. MISCHKE, R. G. BUDYNAS, M. HARTL a M. VLK. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2010, xxv, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
[2] PYRHÖNEN, J., T. JOKINEN a V. HRABOVCOVÁ. Design of rotating electrical machines. Přeložil Hanna NIEMELÄ. Chichester: Wiley, 2008. ISBN 978-0-470-69516-6.
[3] UHLÍŘ, I. Elektrické stroje a pohony. Vyd. 2., přeprac. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03730-0.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Zelený, Ph.D.**
Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: **6. března 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. září 2019**

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan



Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 6. března 2018

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Abstrakt

V rámci vypracování bakalářské práce „Úprava potiskovacího stroje LH16“ jsem si stanovil za úkol popsat úpravy potiskovacího stroje a jeho periferií. V úvodní části práce se zabývám analýzou současného stavu stroje, definuji slabá místa a popisuji požadavky pro zlepšení. Dále popisuji návrh úprav pro zlepšení konstrukce a funkce zařízení dle požadavků. Ve třetí kapitole podrobně popisuji tvorbu potřebné dokumentace a jednotlivých dílů stroje. V závěru práce jsou zhodnoceny ekonomická a technická stránka úpravy stroje.

Klíčová slova: sklářský potisk, modernizace stroje

Abstract

As part of the bachelor thesis "Editing the LH16 Printing Machine", I set myself the task of describing modifications of the printing machine and its peripherals. In the first part of the thesis I analyze the current state of the machine, define weak points and describe requirements for improvement. In addition, I describe the design of modifications that improve the structure and functionality of the device as required. In the third chapter I describe in detail the creation of necessary documentation and individual parts of the machine. At the end of the thesis the economic and technical aspects of the machine are evaluated.

Key words: glass printing, modernization of the machine

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat Ing. Petru Zelenému, Ph.D. za odborné vedení při zpracování mé bakalářské práce. Dále děkuji firmě Kavalierglass, a.s. za poskytnutí potřebných podkladů a všem ostatním, kteří mi byli při mé práci nápomocni. A samozřejmě děkuji i svým rodičům za podporu během celé doby studia.

Obsah:

Cíle bakalářské práce	9
1 Analýza současného stavu zařízení. Definování slabých míst a požadavků pro zlepšení.....	9
1.1 Úvod.....	9
1.2 Analýza současného stavu zařízení.....	10
1.2.1 Historie firmy Kavalierglass, a.s.....	10
1.2.2 Výrobky vyráběné na stroji.....	11
1.2.3 Popis potiskovacího stroje – stav před úpravou.....	12
1.2.2.1 Popis základních komponentů stroje	14
1.2.3 Přidružená zařízení pro potisk	18
1.3 Definice slabých míst stroje	22
1.4 Požadavky pro zlepšení stroje.....	23
2 Návrh úprav pro zlepšení konstrukce a funkce zařízení dle požadavků.....	24
2.1 Obecný popis návrhu úprav	24
2.2 Řídicí systém a servomotory	25
2.3 Návrh pneumatiky a vakua pro stroj	27
2.4 Zakrytování stroje	28
2.5 Umístění stávajícího stroje v lince a jeho využití	30
3 Tvorba potřebné dokumentace.....	30
3.1 Tvorba potřebné mechanické dokumentace.....	30
3.1.1 Popis nových a upravených komponentů stroje	32
3.2 Tvorba potřebné elektro dokumentace	48
3.3 Přidružená dokumentace	49
3.3.1 Prohlášení o shodě	49
3.3.2 Mazací plán a servisní předpis.....	50
4 Technické a ekonomické zhodnocení.....	51
4.1 Technické zhodnocení úpravy.....	52
4.1.1 Výhody a nevýhody úpravy.....	52
4.1.1.1 Výhody úpravy	52
4.1.1.2 Nevýhody úpravy	53
4.2 Ekonomické zhodnocení úpravy	53
4.2.1 Rozpočet úpravy stroje	53

4.2.2	Doba návratnosti investice.....	55
4.3	Závěr	56
	Seznam použité literatury:	57
	Elektronické zdroje:	58
	Seznam obrázků:.....	60
	Seznam příloh:	61

Cíle bakalářské práce

Hlavním cílem práce je na základě provedené analýzy současného stavu zařízení vypracovat návrh konstrukčních úprav potiskovacího stroje LH 16 na skleněné foukané výrobky ve sklárnách Kavalier Sázava.

Díličními cíli je provedení analýzy současného zařízení, vypracování technické dokumentace a závěrečné technicko-ekonomické vyhodnocení.

Návrh modernizované varianty potiskovacího stroje bude zpracován formou 3D modelu a 2D vybraných sestav a vybraných dílenských výkresů. V závěru bude vypracováno technicko-ekonomické zhodnocení modernizované varianty potiskovacího stroje.

1 Analýza současného stavu zařízení. Definování slabých míst a požadavků pro zlepšení.

V této kapitole je rozebírána analýza současného stavu zařízení, definování slabých míst a požadavků pro zlepšení stroje. Zároveň je zde uvedení do problematiky automatizace.

1.1 Úvod

Automatizace je nedílnou součástí průmyslu a zřejmě není odvětví, kde by nebyla používána. Vývoj strojů a zařízení jde neustále kupředu a je neustálý trend co nejvíce výrobu automatizovat. Hlavním důvodem pro automatizaci linek a zařízení je zvýšení výrobní kapacity zařízení, snížení prostojů o přestavbách strojů a zejména nahrazení lidských sil.

V neposlední řadě by se také dalo uvést, že některé aplikace automatizace mohou nahradit práce, které mohou ohrožovat bezpečnost a zdraví pracovníka při práci. Výrobní automatizace v moderním pojetí staví člověka a automatizační techniku do role partnerů, kdy se snažíme o to, aby automatizační technika co nejvíce zjednodušila práci člověku a udržovala výrobní procesy efektivní a bezpečné.

V této práci jsou shromážděny základní informace o automatizaci potiskovací linky ve sklárnách Kavalierglass, a.s., porovnání staré koncepce stroje s novou, ekonomické a produkční zhodnocení použité aplikace.

1.2 Analýza současného stavu zařízení

Před navržením potřebných úprav stroje je třeba analyzovat současný stav stroje, včetně jeho periférií a popsat jeho výrobní sortiment.

1.2.1 Historie firmy Kavalierglass, a.s.

Firma Kavalierglass je předním evropským výrobcem, který má již 180 letou tradici ve výrobě borosilikátového skla. Nabízí velmi široký sortiment varného skla pro domácnost, průmyslového, laboratorního a technického skla, trubic a průmyslových aparatur. Své výrobky distribuuje pod vlastními značkami Simax® a Kavalier®, nabízí ale i řešení na míru pod značkou zákazníka. Rozmanitost a technická náročnost sortimentu nutí společnost stále sledovat a předcházet světové trendy, přicházet s novými technologickými postupy a řešeními. Samozřejmostí je vynikající kvalitativní úroveň, kterou garantuje. Ve společnosti je zaveden Systém managementu kvality dle ISO 9001. [6]

Většina produkce je exportována do více než 90 zemí světa. V současné době je členem týmu několika mezinárodních výzkumných projektů probíhajících pod záštitou Evropské Unie. [6]

S tavicí kapacitou přes 220 tun skloviny za den je největším výrobcem borosilikátového skla na světě. [6]

Zákazníci dlouhodobě oceňují především kreativitu, kvalitní technické zázemí, flexibilitu a perfektní servis. Díky profesionalitě zaměstnanců je společnost schopna plnit různorodé a stále náročnější požadavky obchodních partnerů. [6]

Společnost sama si po celou dobu svojí existence vyrábí určitou část strojů a zařízení. S nástupem moderních výpočetních 3D systémů je práce při navrhování a konstruování stroje snazší, než tomu bylo dříve. Společnost se tak snaží být co nejvíce soběstačná a vytváří si stroje a zařízení dle vlastních požadavků a s nižšími náklady, než za které by koupila stroj nebo zařízení od renomované společnosti.

1.2.2 Výrobky vyráběné na stroji

Potiskovací stroj slouží k potiskování výrobků od průměru 10 mm až do průměru 220 mm. Výška výrobku se pohybuje od (100 do 290) mm. Tištěný profil skleněného polotovaru je válcový nebo kuželový. Nejčastěji potiskovaným polotovarem jsou kádinky, odměrné nádoby a odlévací nádoby. Široké spektrum výrobků technického, laboratorního skla a domácího varného skla se staly svými vlastnostmi a vysokou užitnou hodnotou vyhledávanými v mnoha zemích celého světa. Výrobky jsou vyrobeny ze skloviny Simax. [7]

Sklo Simax se řadí svým chemickým složením a vlastnostmi do skupiny čirých "tvrdých" boritokřemičitých skel s označením "3.3", vynikajících vysokou teplotní a chemickou odolností a nízkou teplotní roztažností, definovaných mezinárodní normou ČSN ISO 3585. Vlastnosti předepsané těmito normami beze zbytku splňuje. [7]

Pro své vlastnosti se sklo Simax používá tam, kde jsou na výrobky kladeny nejvyšší nároky z hlediska teplotní a chemické odolnosti a neutrality vůči látkám či preparátům, jež jsou s nimi v kontaktu, tj. v chemii, petrochemii, potravinářství, energetice, metalurgii, zdravotnictví, mikrobiologii, farmacii, strojírenství a v laboratořích. [7]

Výrobky ze skloviny Simax jsou hladké a neporézní, dokonale průhledné, katalyticky indiferentní, korozně odolné i v náročném provozu až do 300 °C bez náhlé změny teploty. [7]



Obr. 1 Odměrná nádoba 1 000 ml. [5]

1.2.3 Popis potiskovacího stroje – stav před úpravou

Sklářský potiskovací stroj od firmy Isimat byl vyroben v roce 1999 a během své existence prošel několika technickými a konstrukčními úpravami. Jedná se o zařízení, které potiskuje speciální barvou výrobky ze skla. Stroj je určen na potiskování odměrek, odlivků a kádínek. Potiskem bývá hlavně kalibrační stupnice, a to případně i se znakem výrobce. Stroj jako takový je složen z pevného nosného rámu svařeného z několika kusů robustních ocelových desek o tloušťce 15 mm, na kterém je ukotven krokovací stůl, jež je poháněn servomotorem Bosch o výkonu 2,2 kW.

Na krokovacím stole je ukotvena kruhová duralová deska, na které je umístěno 8 jednotlivých stanic, které umožňují rotaci potřebnou pro podélné potištění a naklopení pro výrobky, které mají kuželový profil. Pro tištění jsou na stroji umístěny dvě statické pozice, jedna pro potisk válcových ploch a druhá pro potisk kuželových ploch. Každá z těchto dvou pozic má jasně stanovený svůj rozsah výroby. Samotný potisk probíhá

tak, že speciálním dávkovačem je nanášeno do sítky příslušné množství barvy a stírací mechanismus protlačí barvu přes sítku, která má tvar příslušného potisku.

Do stroje přichází tlakový vzduch a vakuum pro pohon pneumatických prvků stroje přes rotační střed, který dopravuje dané médium do místa pouze tehdy, pokud se během rotace překrývají určité otvory pro průchod. Proto například na tomto stroji není možné libovolně časovat spouštění tlakového vzduchu a vakua.

Stroj má dva provozní displeje, aby obsluha nemusela obíhat celé zařízení. Řízení stroje a jeho elektrovýzbroj jsou poplatné době jejich vzniku. Stroj je ve spoustě řešení systému a ergonomie zastaralý. Přesto všechno stroj byl do poslední chvíle provozuschopný, ale už nedokázal vyhovovat výrobním požadavkům na nové typy výrobků.



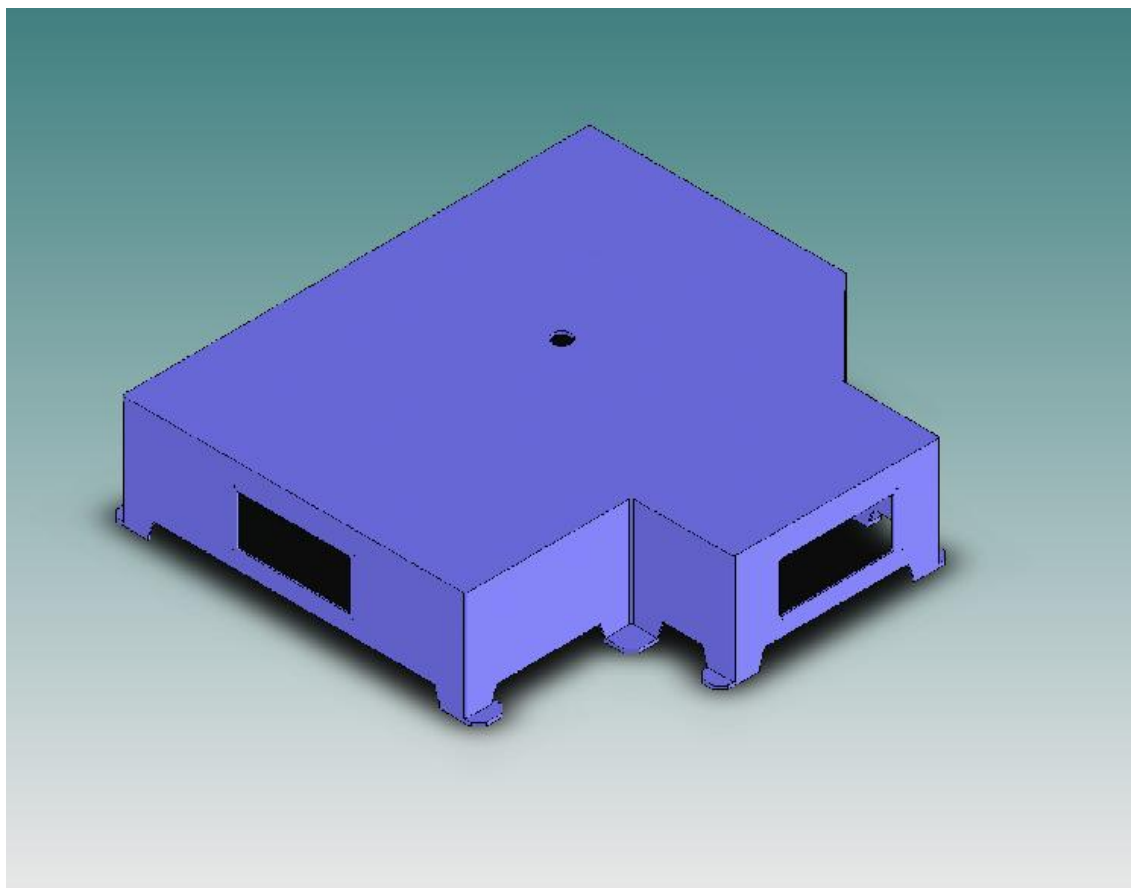
Obr. 2 Pohled na stroj před úpravou. [Kavalierglass, a.s.]

1.2.3.1 Popis základních komponentů stroje

Pro orientaci v této práci je třeba popsat jednotlivé uzly stroje a jejich základní funkci. Z původního stroje bude využit základní nosný rám stroje, otočný krokovací stůl Weiss TC700 – 08, nosné části zakládacího a vyjímacího robota, nosné části stanic pro válcový a kuželový tisk. Ostatní části stroje jsou už příliš koncepčně zastaralé a nemá smysl je umísťovat na nový stroj.

Základní nosný rám stroje

Základní nosný rám stroje je ocelový svařenec složený z několika tvarových plechů o tloušťce (15 – 20) mm. Tento rám slouží jako základní stavební prvek stroje. Na rámu jsou připevněny krokovací stůl, segment pro válcový potisk, segment pro kuželotisk, zakládací robot, vyjímací robot, ochranný rám stroje a další zařízení stroje.

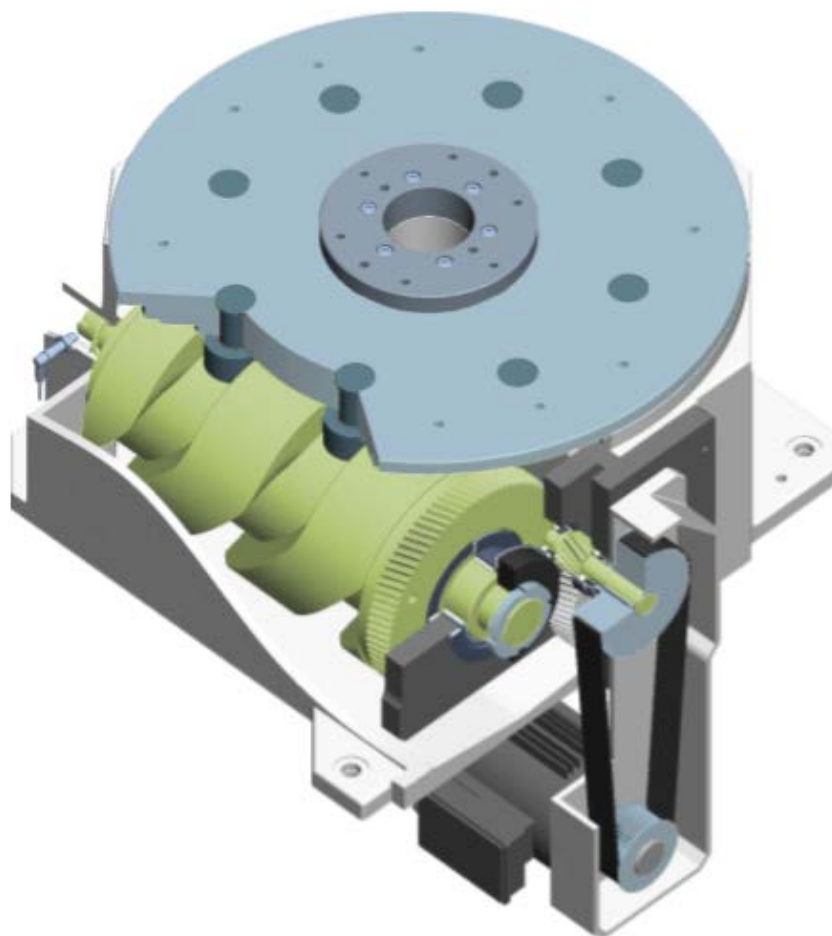


Obr. 3 Pohled na základní nosný rám. [Kavalierglass, a.s.]

Otočný krokovací stůl Weiss TC700 - 08

Krokovací otočný stůl je mechanické zařízení pro vyvozování otočného pohybu v pravidelných krocích. Pohon stolu tvoří servomotor, který je připevněn na krokovacím stole pomocí speciálního držáku. Držák současně plní funkci převodové skříně. Uvnitř je pastorkem servomotoru poháněna řemenice s řemenem typu HTD 5, který dále pohání předlohový hřídel. Ten dále přes čelní šikmé ozubené soukolí pohání velkou válcovou vačku.

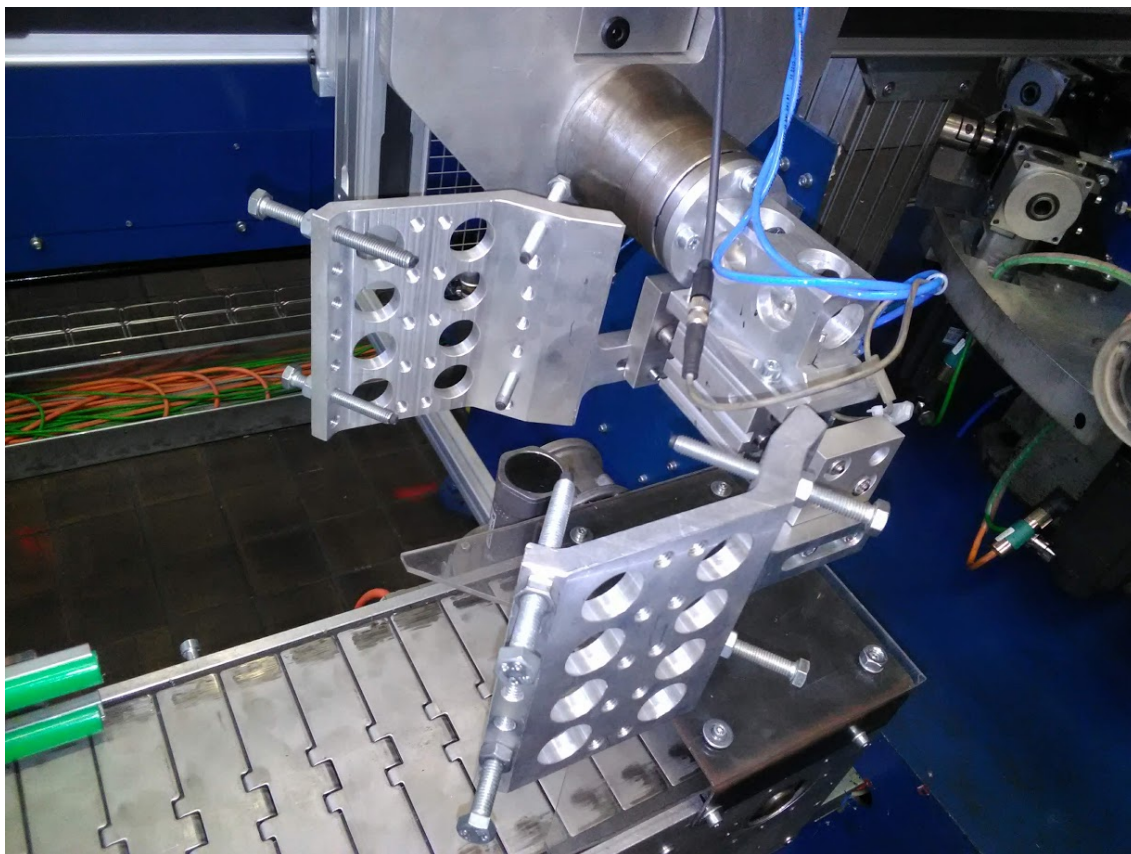
Válcová vačka má v sobě vyfrézované drážky, do které zapadají otočné rolny otočné desky, která udává stroji pohyb. Při provozu stůl pracuje tak, že motor stále poskytuje konstantní otáčky, ale díky vačce a rolnám dochází k pohybu pouze tehdy, pokud je rolna desky v určité poloze drážky válcové vačky. Výsledkem pohybu je plynulý krok stroje odpovídající úhlu otočení o 45° . Pokud jsou rolny desky v poloze, kde jim rotační deska neudává pohyb, pak dochází k mrtvému chodu a motor se otáčí naprázdno. Válcové vačky, jejichž dráha je vypočtena na základě tepelného ošetření, vysoké povrchové tvrdosti a vnitřní tuhosti, odolávají dynamickému namáhání generovanému pohybem. [13]



Obr. 4 Řez krokovacím stolem Weiss [Kavalierglass, a.s.]

Zakládací robot

Zakládací robot slouží k zakládání polotovarů, které jsou určeny k potištění do stroje. Zakládací robot je tříosý stroj složený z horizontální, vertikální a rotační osy. Horizontální a vertikální osa je složena z posuvných převodovek od firmy Festo, které jsou poháněné servomotory. Rotační osa je řešena pomocí otočného pneumatického pneuválce Festo. Na rotační ose je připevněn pneumatický válec SMC, který zajišťuje svírání duralových kleští pro držení výrobku. Duralové kleště jsou výměnné a je jich několik druhů pro různé typy výrobků.



Obr. 5 Pneumatické kleště pro zakládacího a vyjímacího robota. [Kavalierglass, a.s.]

Vyjímací robot

Vyjímací robot slouží k vyjímání již potištěných polotovarů, které vycházejí ze stroje. Vyjímací robot je tříosý stroj složený z horizontální, vertikální a rotační osy. Horizontální a vertikální osa je složena z posuvných převodovek od firmy Festo, které jsou poháněné servomotory. Rotační osa je řešena pomocí otočného pneumatického pneuválce Festo. Na rotační ose je připevněn pneumatický válec SMC, který zajišťuje svírání duralových kleští pro držení výrobku. Duralové kleště jsou výměnné a je jich několik typů pro různé druhy výrobků.

Stanice pro válcový potisk

Stanice pro válcový potisk slouží k tištění výrobků s válcovým profilem. Stanice se skládá z nosného sloupu složeného ze dvou hliníkových konstrukčních profilů (80x160) mm. Na těchto sloupech je pomocí desky připevněna převodovka, která

zajišťuje vertikální pohyb. Na této převodovce je připevněna deska, která nese horizontální převodovku a samotný potiskovací mechanismus stanice.

Stanice pro kuželový potisk

Stanice pro kuželový potisk slouží k tištění výrobků s kuželovým profilem. Stanice se skládá z nosného sloupu ze dvou hliníkových konstrukčních profilů (80x160) mm. Na těchto sloupech je připevněna převodovka, která zajišťuje pomocí kuličkových šroubů vertikální zdvih naklápěcího segmentu. Naklápěcí segment je naklápěn pomocí servomotoru. Naklápěcí segment je nosičem pro samotný potiskovací mechanismus stanice.

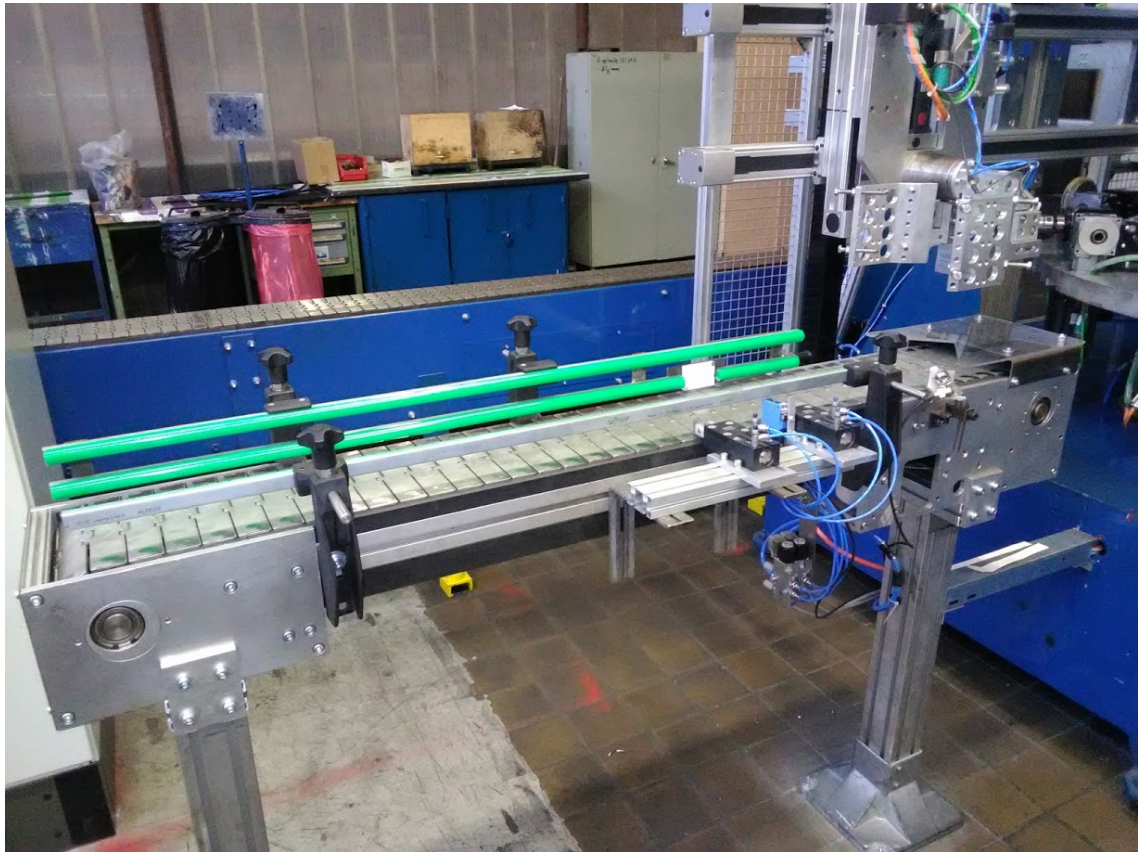
1.2.4 Přidružená zařízení pro potisk

Pro samotný potisk je třeba popsat periferie a další uzly linky, bez které potiskovací stroj nemůže samostatně pracovat. Jedná se o speciální dopravníky, chladicí pásovou pec a její zakladač.

Vkládací destičkový dopravník

Vkládací destičkový dopravník je zařízení, na které jsou vkládány robotem polotovary, které bude stroj potiskovat. Je tvořen z pohonu, stavitelných nohou a rámu s vedením, kde jsou vedeny v drážkách nerezové destičky, které tvoří jednotlivé články pásu. Délka dopravníku je 1 200 mm.

Součástí zařízení je pneumatický systém zadržení výrobku. Tento systém je nastaven tak, že stopuje a pouští vkládané výrobky tak, aby výrobky vkládal do stanice stroje vkládací robot v jeho požadovaném taktu. Pohon tohoto dopravníku pracuje nepřetržitě.



Obr. 6 Vkládací destičkový dopravník. [Kavalierglass, a.s.]

Vyjímací destičkový dopravník

Vyjímací destičkový dopravník je zařízení, na které jsou vkládány robotem již potištěné polotovary a jsou přepravovány k chladicí pásové peci. Dopravník je tvořen z pohonu, stavitelných nohou a rámu s vedením, kde jsou vedeny v drážkách nerezové destičky, které tvoří jednotlivé články pásu. Délka dopravníku je 8 000 mm. Pohon tohoto dopravníku pracuje nepřetržitě.



Obr. 7 Vyjímací destičkový dopravník. [Kavalierglass, a.s.]

Zakladač pásové pece

Zakladač pásové pece je zařízení, které přesunuje z destičkového dopravníku již potištěné výrobky. Nosná konstrukce stroje je tvořena z trubky čtvercového průřezu (100x100x5) mm, na které jsou uloženy samotné mechanismy s lineárním vedením pro horizontální pojezd, vertikální zdvih a jejich pohony.



Obr. 8 Zakladač pásové pece. [Kavalierglass, a.s.]

Chladicí pásová pec

Chladicí pásová pec slouží k „zapečení“ barvy na povrchu skla. Skládá se z deseti topných zón, z nichž každá je vytemperována dle nastavené topné křivky. Křivka je různá podle druhu potiskové barvy nebo výrobku. Topnými zónami výrobky procházejí na drátěném dopravním pásu, který má při průchodu zónami rychlost přibližně 0,2 m/min. Do pásové pece vchází studený výrobek, ten se v prvních třech zónách postupně nateperuje na teplotu kolem 250 °C a dále dochází v dalších čtyřech zónách k zapékání barvy. Poslední tři zóny slouží k odtemperování výrobku na teplotu přibližně 30 °C. Z chladicí pásové pece pak vychází hotový výrobek, který odebírají pracovníci.



Obr. 9 Chladící pásová pec Carmet. [Kavalierglass, a.s.]

1.3 Definice slabých míst stroje

Při návrhu úprav bylo třeba analyzovat slabé stránky stroje, které nám ovlivňují negativním způsobem jeho provoz.

Definice slabých míst:

- Původní deska stolu vyrobená z duralu o tloušťce pouze 20 mm - malá torzní tuhost.
- Mechanické nastavování naklonění stanice na otočném pneumatickém válci – musí se nastavit pro každou z osmi stanic zvlášť.
- Příliš mnoho čidel pomáhajících asynchronním motorům hledat jejich polohu.

- Rotační střed stroje pro rozvod tlakového vzduchu a vakua – dochází k úniku médií během distribuce a média jsou dodávána pouze tehdy, kdy se překrývají vnější a vnitřní díry rotačního středu.
- Poddimenzovaný systém vedení vakua do stanice – dochází k ucpávání hadiček, výrobek hlavice drží velmi slabě a systém nelze regulovat.
- Poddimenzovaný systém vedení tlakového vzduchu do stanice – dochází k časové prodlevě při požadavku na odložení výrobku a systém nelze regulovat.
- Pneumatické otáčení hlavy u zakládacího a vyjímacího robota – nelze plynule regulovat, dochází i k trhavým pohybům, které jsou následkem špatného uchopení a následného vypadnutí výrobku.
- Celková mechanická a morální zastaralost stroje.

1.4 Požadavky pro zlepšení stroje

Při návrhu úprav stroje bylo třeba analyzovat slabé a silné stránky stroje a kolektivně se dohodnout na opatřeních a úpravách, které zlepší efektivitu a ergonomii zařízení.

Požadavky výroby na modernizaci stroje:

- Výměna veškerých stanic za komplety převodovek se servomotory.
- Zachování veškerých rozsahů pohybů.
- Válcový potisk průměrů (10 - 220) mm.
- Válcový potisk délek (31 - 689) mm.
- Maximální výška výrobku 290 mm.
- Kónický potisk - průměry (85 - 220) mm.
- Kónický potisk – úhel stěny vůči dnu - (65° - 86°).
- Naklápění stanic v rozsahu + 35° nahoru od horizontální osy stanice, -15° dolů od horizontální osy stanice.

- U vkládacího a vyjímacího manipulátoru nahradit pneumatickou rotační osu servomotorem s převodovkou.
- Vychýlení potiskovacího mechanismu pro válcový tisk do strany kvůli lepší kontrole tisku.

2 Návrh úprav pro zlepšení konstrukce a funkce zařízení dle požadavků

Úpravy stroje a jeho periferií se prováděly na základě požadavků technologů linky, obsluhy stroje a seřizovačů. Vše bylo konstruováno s maximálním důrazem na ergonomii pro obsluhu stroje, bezpečnost a vyšší efektivitu zařízení.

2.1 Obecný popis návrhu úprav

V této kapitole jsou popsány všechny základní úpravy, které byly vyvozeny na základě požadavků výroby. Jednotlivé úpravy jsou:

- Výměna stanic stroje - pneumatické naklápění stanic bude nahrazeno převodovkou Eppinger HT090 H03 a servomotorem Siemens 1FK7043-4CH71-1RA0, rotace stanice bude realizována pomocí převodovky Eppinger HT090 H03 a motoru Siemens 1FK7043-4CH71-1RA0. Tyto dva celky budou tvořit vždy jednu stanici.
- Nosný stůl bude vyroben z duralové desky o tloušťce 53 mm, původní stůl měl tloušťku 20 mm a byl pokroucený. Na novém nosném stole budou vytvořeny „kapsy“ pro snadnější montáž a demontáž jednotlivých stanic. Průměr stolu a jeho poloha vůči ostatním periferiím zůstávají zachovány.
- Hlavní pohon stroje bude řešen jako doposud a bude tedy umístěn pod krokovacím stolem a základním rámem stroje. Pouze motor bude nahrazen servomotorem Siemens 1FK7063-2AF71-1RA0.

- Ochranný rám kolem stroje bude tvořen ze stavebnicového systému firmy Alutec. Obslužná dvířka budou určena dle požadavků obsluhy. Obslužná dvířka budou napojena na koncové spínače a v případě otevření některých z dvířek za chodu stroje dojde k jeho zastavení.
- Na zakládacím a vyjímacím manipulátoru bude nahrazeno pneumatické otáčení hlavice servomotorem Siemens 1FK7034-2AK71-1RB0 a převodovkou Eppinger PBE060 S1.
- Servozesilovače budou umístěny v ochranném plášti na sloupu ve středu stroje tak, aby neovlivňovaly pohyby rámu kuželotisku směrem ke středu.

2.2 Řídicí systém a servomotory

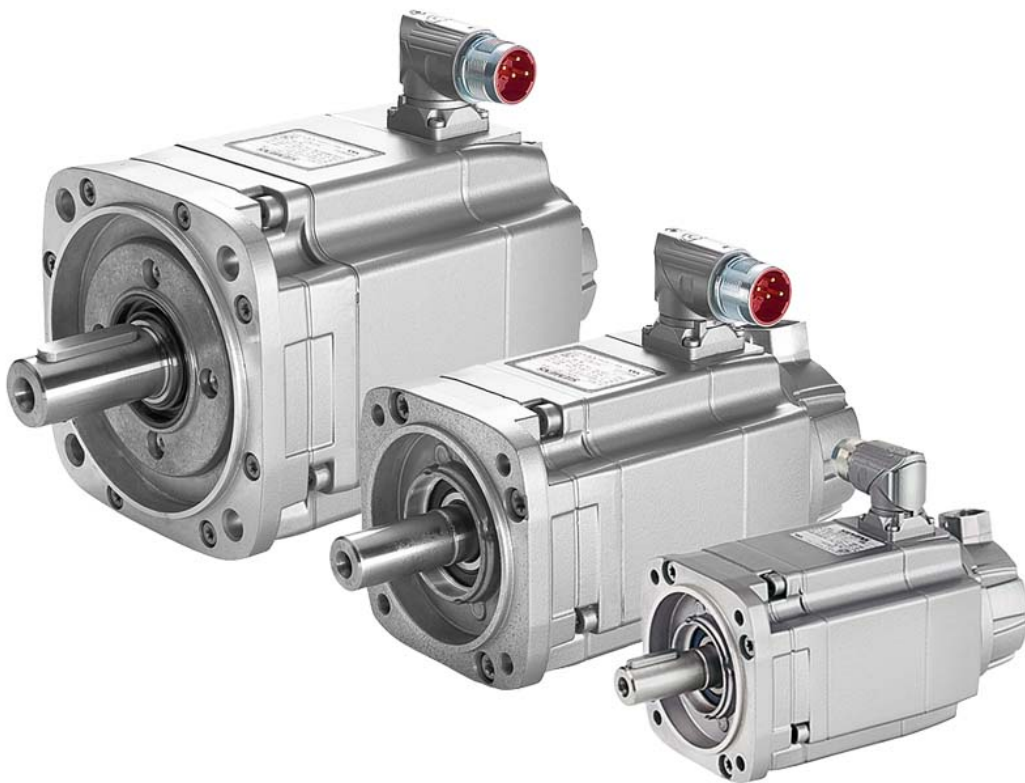
Pro úpravu stroje byly použity systém řízení Siemens Simatic a servomotory Siemens řady 1FK7, které nahradí veškeré staré servomotory, asynchronní motory a uzly, kde byl pohyb vyvozován pomocí pneumatických prvků.

Řídicí systémy SIMATIC jsou známy především svojí spolehlivostí a robustností. Již řadu let jsou stabilním prvkem nejrůznějších technologií. Své renomé si získala dnes už výběhová řada SIMATIC S5. Na ni úspěšně navázala řada SIMATIC S7, která dodnes nabízí nejmodernější způsoby řešení technologických aplikací a je často nositelem inovací v celém oboru průmyslové automatizace. Tak jak se mění požadavky řešených úloh, jsou neustále vyvíjeny i nové řídicí prvky tak, aby co nejlépe vyhovovaly potřebám technologie, splňovaly náročné podmínky efektivního projektování a inženýringu a přitom respektovaly kontinuitu a pracovaly v souladu s již osvědčenými postupy a principy. Tato zařízení mají již předprogramované operační módy a funkce. Funkce lze nastavovat pomocí ovládacího software, který musí zabezpečovat dobrou obsluhovatelnost a intuitivní ovládání. [10]

Pro aplikaci byly na celý stroj použity servomotory Siemens řady 1FK7. Velikosti motorů byly vybrány dle požadované výkonosti daného uzlu. Servomotory 1FK7 jsou velmi kompaktní synchronní motory s permanentním magnetickým polem. Dostupná provedení spolu s rozšířenou škálou produktů zaručují optimální nasazení

motorů 1FK7 pro jakoukoliv aplikaci. Proto také uspokojují požadavky kladené na nejmodernější generace strojů. Společně s měničem SIMODRIVE 611 představují motory 1FK7 výkonný systém s velkou funkčností. Motory nevyžadují externí chlazení a teplo je odváděno povrchem motoru. Motory 1FK7 snesou vysokou míru přetížení. [1]

Servomotory s permanentními magnety jsou synchronní motory, které místo budicího vinutí pro vytvoření magnetického toku používají permanentní magnety vyrobené z moderních materiálů na bázi vzácných zemin (Sm - Co, nebo Nd - Fe - B). Kromě podstatného zjednodušení motoru (motor neobsahuje budicí vinutí a kroužky), odpadá zdroj budicího proudu. Motor pracuje s podstatně lepším účínkem než srovnatelný asynchronní motor, protože neodebírá ze sítě magnetizační proud. Navíc v rotoru nevznikají ztráty ani v budicím vinutí jako u klasického synchronního motoru, ani v rotorové kleci jako u asynchronního motoru. Důsledkem je, že motor o stejném výkonu má podstatně menší rozměry než klasický asynchronní motor a má lepší účinnost. [11]



Obr. 10 Servomotory Siemens. [16]

Pro úpravu stroje byly vybrány čtyři základní druhy servomotorů, které se použily pro jednotlivé uzly stroje. Vybrané motory byly v rozmezí 0,63 kW – 2,3 kW. Pro místa, kde by mohlo dojít při výpadku elektrické energie k propadu zařízení, byly použity motory s brzdou. Brzda motoru zajistí, že zařízení zůstane i po výpadku energie na stejném místě. Motory s brzdou se používají převážně na vertikální zdvižné osy. [2]

- 1FK7034-2AK71-1RB0 – výkon 0,63 kW, točivý moment 1,6 Nm, maximální otáčky 6 000 min⁻¹, provedení s brzdou.
- 1FK7043-4CH71-1RA0 – výkon 1,2 kW, točivý moment 3,5 Nm, maximální otáčky 4 500 min⁻¹, provedení bez brzdy.
- 1FK7043-4CH71-1RB0 – výkon 1,2 kW, točivý moment 3,5 Nm, maximální otáčky 4 500 min⁻¹, provedení s brzdou.
- 1FK7063-2AF71-1RA0 – výkon 2,3 kW, točivý moment 11 Nm, maximální otáčky 3 000 min⁻¹, provedení bez brzdy.

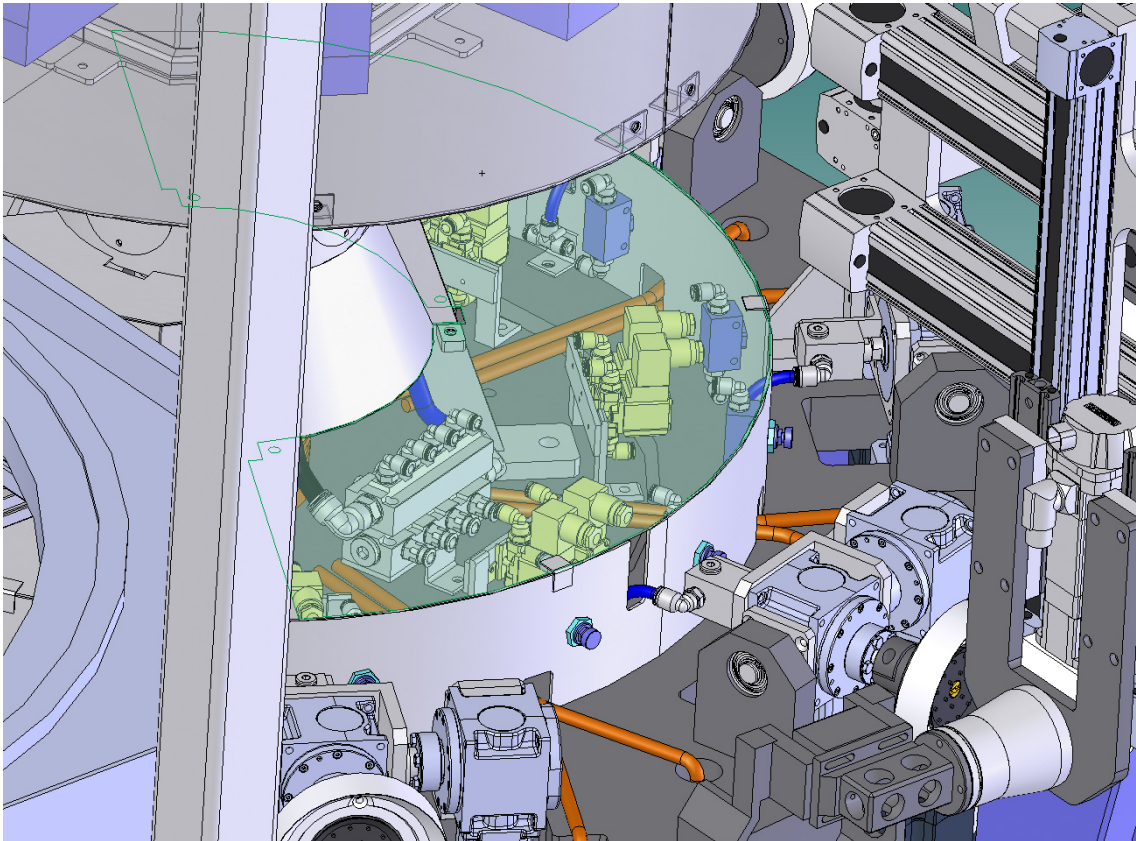
2.3 Návrh pneumatiky a vakua pro stroj

Pro svůj provoz stroj potřebuje tlakový vzduch a vakuum. Tlakový vzduch ovládá veškeré pneumatické válce, ventily a další přidružená zařízení, která jsou na stroji. Vakuum slouží pouze pro udržení výrobku ve stanici.

Do stroje přichází tlakový vzduch přívodní trubkou o velikosti 1“, kde na počátku prochází přes regulační a odkalovací jednotku FESTO FRC. Tato jednotka umožňuje nastavení požadovaného tlaku pro stroj v řádu (0 – 6) bar. Současně jednotka slouží jako odkalovací a při jejím průchodu dochází k odchytávání kondenzátu ze stlačeného vzduchu.

Média budou vedena pomocí rotačního přívodu Schleifring MIA M1-P-0-0-0-K4, který má 4 přívody a 4 vývody v dimenzi 1/2“. Tlakový vzduch bude doveden ke stanicím dvěma Festo hadicemi o průměru 16 mm. Každá z hadic pak bude napojena do rozdělovače a dále se bude větvit na čtyři hadice o průměru 8 mm do ventilů SMC. Vakuum bude dovedeno ke stanicím dvěma Festo hadicemi o průměru 16 mm, každá

z hadic pak bude napojena do rozdělovače a dále se bude větvit na čtyři hadice průměr 8 mm do ventilů SMC. Součástí systému budou filtry na přívodních větvích pro odstranění nečistot, které by mohly zacpávat vakuové vedení. S použitím tohoto systému by mělo rovněž dojít k výrazné úspoře médií. Média na původním stroji nebyla řízena systémem, ale byla mechanicky spouštěna věncem, který ne zcela dobře těsnil a docházelo tak k velkému úniku provozních médií.



Obr. 11 Model rozložení pneumatiky na desce stolu. [Kavalierglass, a.s.]

2.4 Zakrytování stroje

Závěrečným krokem pro kompletní stroj je vymyslet zakrytování, které má funkci ochrany pracovníků před možným úrazem, ale i současně sloužící k tomu, aby zakrýval náchylná místa na stroji, která by mohla být poškozena prachem a dalšími poletujícími částicemi. Jako nejvýhodnější varianta se prokázalo použití stavebnicového systému hliníkových profilů od firmy Alutec KK. Výhodou tohoto řešení je rychlost

práce a variabilita celého systému. Při řešení bylo třeba nejprve navrhnout hlavní hlavní nosnou strukturu, která umožní zakrytí všech důležitých uzlů.

Dalším krokem bylo navržení obslužných dvířek na jednotlivých místech stroje, a to tak, aby co nejvíce vyhovovaly obsluze a zachovaly potřebnou ergonomii stroje. V horní části byl rám profilů vyplněn čirým plexisklem o tloušťce 6 mm. Na boky stroje a obslužná dvířka bylo použito pletivo o rozměrech oka (30x30x3) mm. U jednotlivých přístupových míst rámu jsou z bezpečnostních důvodů navrženy bezpečnostní vypínače, které v případě otevření některého z přístupových bodů za chodu stroje způsobí okamžité zastavení stroje, aby nedošlo k poranění pracovníka.

V místech, kde pro vyjímání a zakládání výrobků nebylo možné umístit dvířka s bezpečnostními vypínači, byl použit systém se světelnými závorami, které pracují na principu paprsku, který je prosvěcován z jednoho místa do druhého a v případě jeho přerušeni dojde z bezpečnostních důvodů rovněž k zastavení stroje. Způsob zakrytování a použití bezpečnostních prvků stroje byl navrhovaný tak, aby vyhověl požadavkům předpisů bezpečnosti ochrany zdraví při práci. Pokud by tomu tak nebylo, stroj by nemohl dostat certifikaci CE (prohlášení o shodě).



Obr. 12 Zakrytování stroje. [Kavalierglass, a.s.]

2.5 Umístění stávajícího stroje v lince a jeho využití

Sklářský potisk LH16 byl umístěn přímo v lince na huti, kde sklo od nadávkování přes tvarování a odpálení technologického odpadu došlo až do potiskovacího zařízení, kde se na sklo tisknul příslušný potisk. Toto řešení mělo výhodu v tom, že od kápnutí teplé kapky skla do stroje se dostal výrobek až na konec jako celek, který vylézal z pásové pece. Nevýhodou však bylo, že pokud tvarovací stroj nebo odpalovací stroj vyráběl zmetkové kusy, které byly mimo výrobní tolerance nebo měly vadu skloviny a kontrole výroby se nepodařilo tento problém v lince včas podchytit, tak linka produkovala zmetkové kusy s potiskem.

Nyní bylo dohodnuto, že výhodnějším řešením bude sklářský potisk vyjmout z linky a potisk provádět na studených polotovarech až následně na potiskovacím pracovišti, které bude zcela mimo teplou výrobu. Toto řešení má výhodu, že se barva tiskne na studené polotovary a je jistotou, že vstupní polotovary jsou v předepsaných tolerancích. Potisk skla pak není závislý na teplé výrobě.

3 Tvorba potřebné dokumentace

Na tvorbu výkresové dokumentace byly použity nejmodernější výpočetní systémy a aplikace.

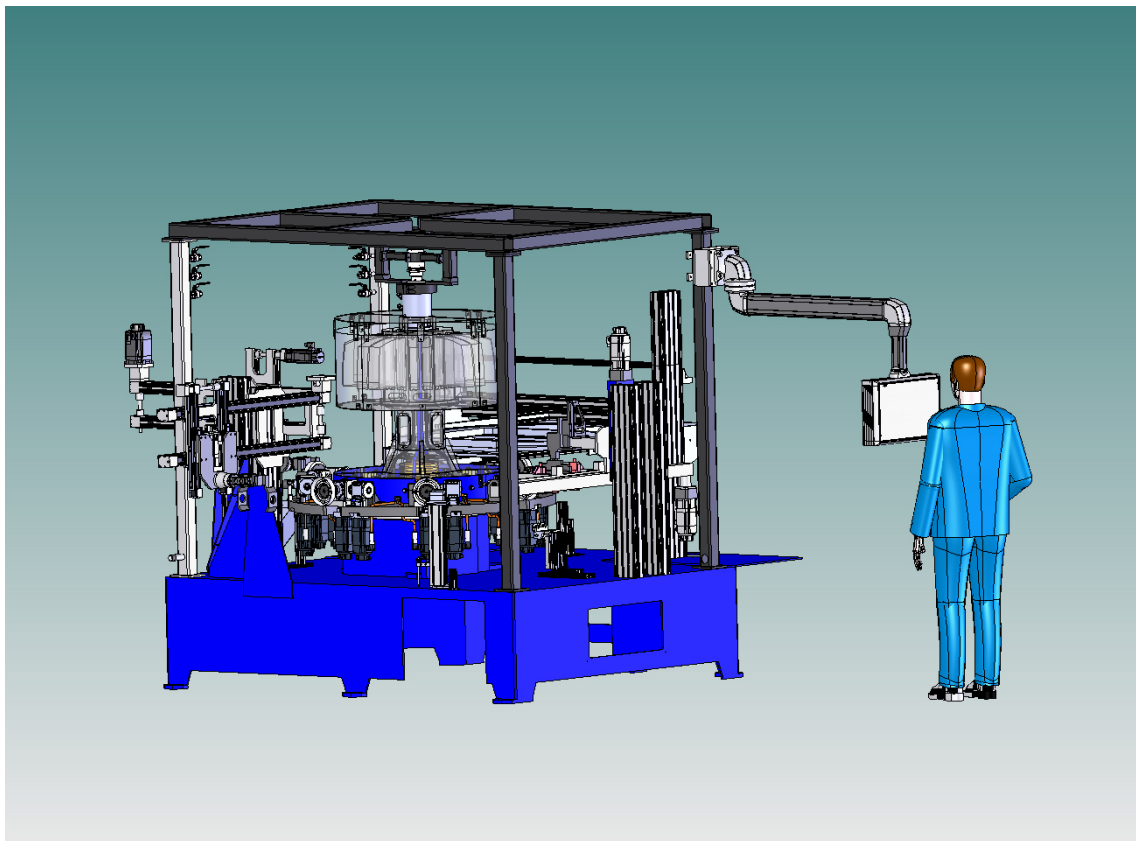
3.1 Tvorba potřebné mechanické dokumentace

Výkresová dokumentace pro stroj byla tvořena v programu Solid Works 2018. Solid Works je v současné době nejúspěšnější strojírenský 3D CAD systém na českém trhu, což dokazuje také každoroční nárůst počtu prodaných licencí. Zároveň je Solid Works jediný CAD systém na českém trhu, který je kompletně lokalizován přímo výrobcem, tedy společností Dassault Systèmes Solid Works. Solid Works nabízí výkonné objemové i plošné modelování, vertikální nástroje pro plechové díly, svařence

a formy, práci s neomezeně rozsáhlými sestavami a automatické generování výrobních výkresů. [4]

Po rozsáhlých požadavcích na stoj bylo třeba od základu vytvořit novou dokumentaci. Z původního stroje zbyl jen krokovací stůl a základní nosný rám, zakládací robot, vyjímací robot, stanice pro válcový potisk a stanice pro kuželový potisk. Vše ostatní bylo třeba zkonstruovat tak, aby stroj měl všechny potřebné rozsahy pohybů a funkce.

Nejprve bylo nutné zaměřit si díly, které na stroji zůstanou a na kterých se bude stavět. Těmito díly byl základní nosný rám a krokovací stůl.



Obr. 13 Model upraveného stroje. [autor]

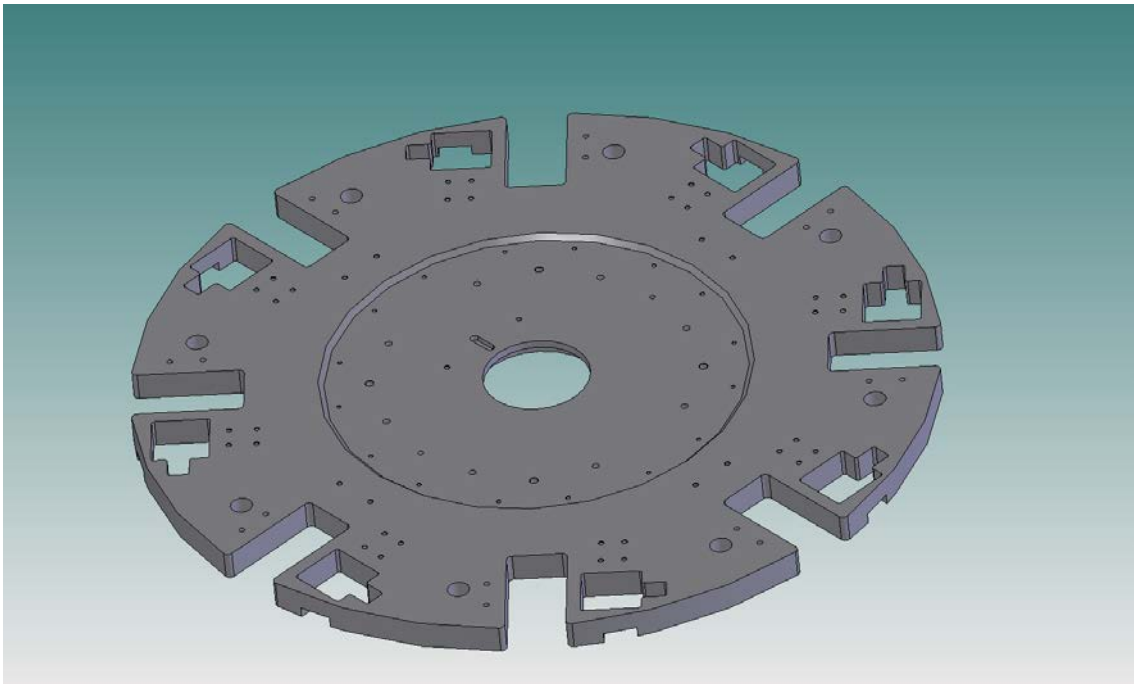
3.1.1 Popis nových a upravených komponentů stroje

V této kapitole jsou popsány nové a upravené komponenty stroje. Zároveň je popsána základní funkce komponentů.

Deska stolu

Prvním krokem bylo třeba zakreslit základní kruhovou desku, na které budou umístěny jednotlivé potiskovací pozice stroje. Do modelu desky byly tedy zakresleny všechna osazení, otvory pro středící kolíky, spojovací prvky tak, aby byla deska dokonale spojena s krokovacím stolem. Do desky byla zakreslena vybrání pro podvěšené převodovky. [1]

Jako polotovary pro desku byla použita frézovaná deska z duralu tloušťky 53 mm. V první fázi bylo třeba nechat desku vyřezat na požadovaný základní tvar pomocí vodního paprsku. Dalším krokem bylo obrobení funkčních ploch a vyvrtání otvorů a zhotovení závitů dle dokumentace. [1]



Obr. 14 Model desky stolu. [autor]

Jednotlivé pozice stolu

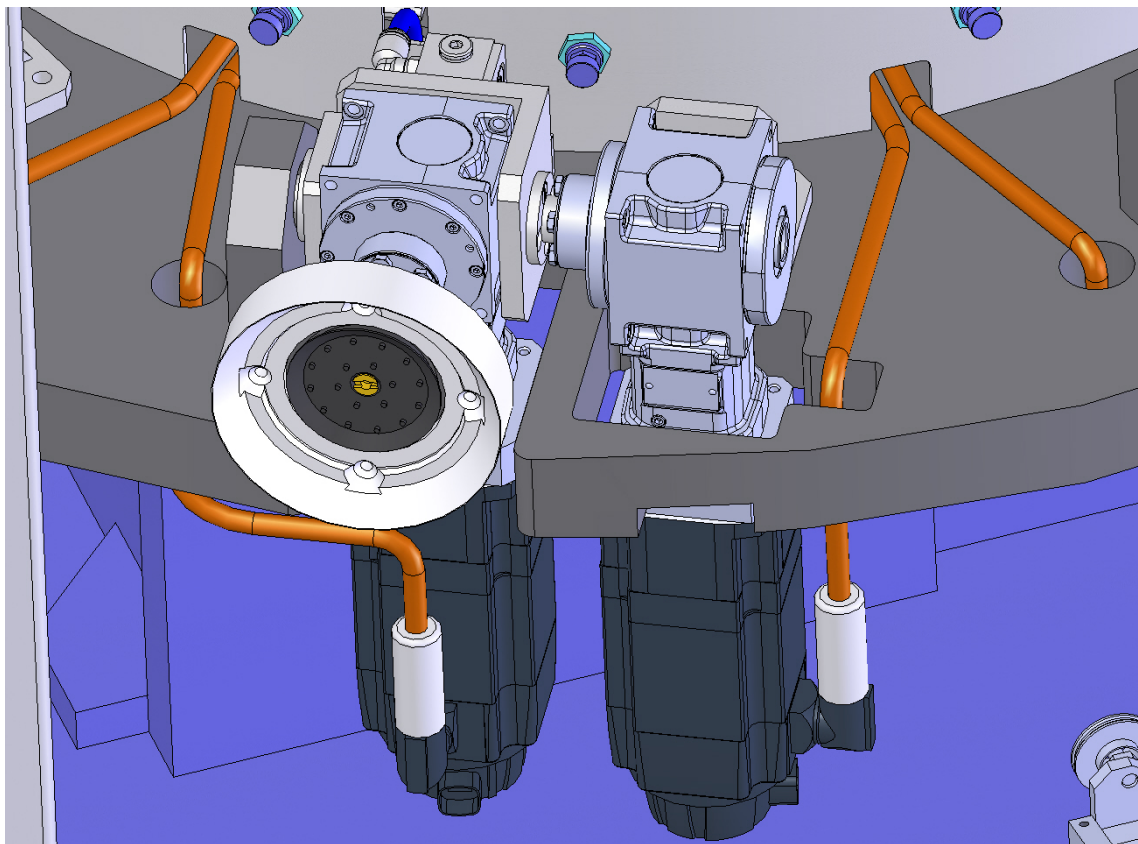
Počet pozic stroje zůstal zachován, tedy osm. Dalším krokem bylo stažení modelů převodovek z webu výrobce Eppinger. Převodovky byly zvoleny úhlové s označením HT090 H03. Dalším krokem bylo navrhnout jednotlivou pozici tak, aby pozice dokázala rotovat a zároveň se naklopit na požadovaný úhel. Jako nejvýhodnější varianta se ukázalo propojit dvě převodovky vůči sobě spojovacím čepem tak, že jedna bude staticky ukotvena k desce stolu a bude druhou převodovku, která má za úkol otáčení naklápět. [1]

Použité převodovky:

- Eppinger HT090 H03.

Použité servomotory:

- 1FK7043-4CH71-1RA0.



Obr. 15 Detail stanice potiskovacího stroje. [autor]

Zakládací a vyjímací robot

Zakládání a vyjímání výrobků je jedním z nejdůležitějších uzlů stroje. U původního řešení byl problém s malou citlivostí nastavení uchopovacích kleští a celkovou citlivostí pojezdu. Hlavním nosným sloupem je hliníkový konstrukční profil od firmy Alutec KK o rozměrech (80x160) mm. Tento sloup je pevně uchycen k nosnému rámu stolu pomocí šesti šroubů M8. Pro vyšší tuhost robota byly použity zavětrovací lichoběžníky, které jsou taktéž přichyceny k hlavnímu rámu stroje. Lichoběžníky jsou chyceny do hliníkového profilu pomocí maticových kamenů, které se nasouvají do drážky profilu a jsou pak přišroubovány pomocí šesti šroubů M8.

Na hliníkovém profilu je dále pomocí maticových kamenů přichycena základní deska, na které jsou přichyceny posuvné převodovky pro horizontální pojezd. Posuvné lineární převodovky pro vertikální zdvih a horizontální pojezd byly použity od firmy Festo a jsou další generací původních posuvných lineárních převodovek avšak s vylepšeným vnitřním vedením, a tím i s možností vyššího zatížení a vyšších provozních rychlostí. Výrobce udává maximální rychlost pojezdu až 3m/s, ale pro naši aplikaci budeme využívat rychlosti při přenášení výrobku kolem 0,5 m/s a při vratném pohybu do základní polohy přibližně 1 m/s.

Pro horizontální pojezd byly použity dvě lineární převodovky velikostní řady 40, které jsou umístěny 250 mm od sebe a navzájem propojeny hřídelí a spojkou rotex tak, aby se obě pohybovaly souběžně. Na jezdcích lineárních převodovek pro horizontální pojezd je připevněna deska, na které jsou připevněny dvě lineární převodovky pro vertikální zdvih.

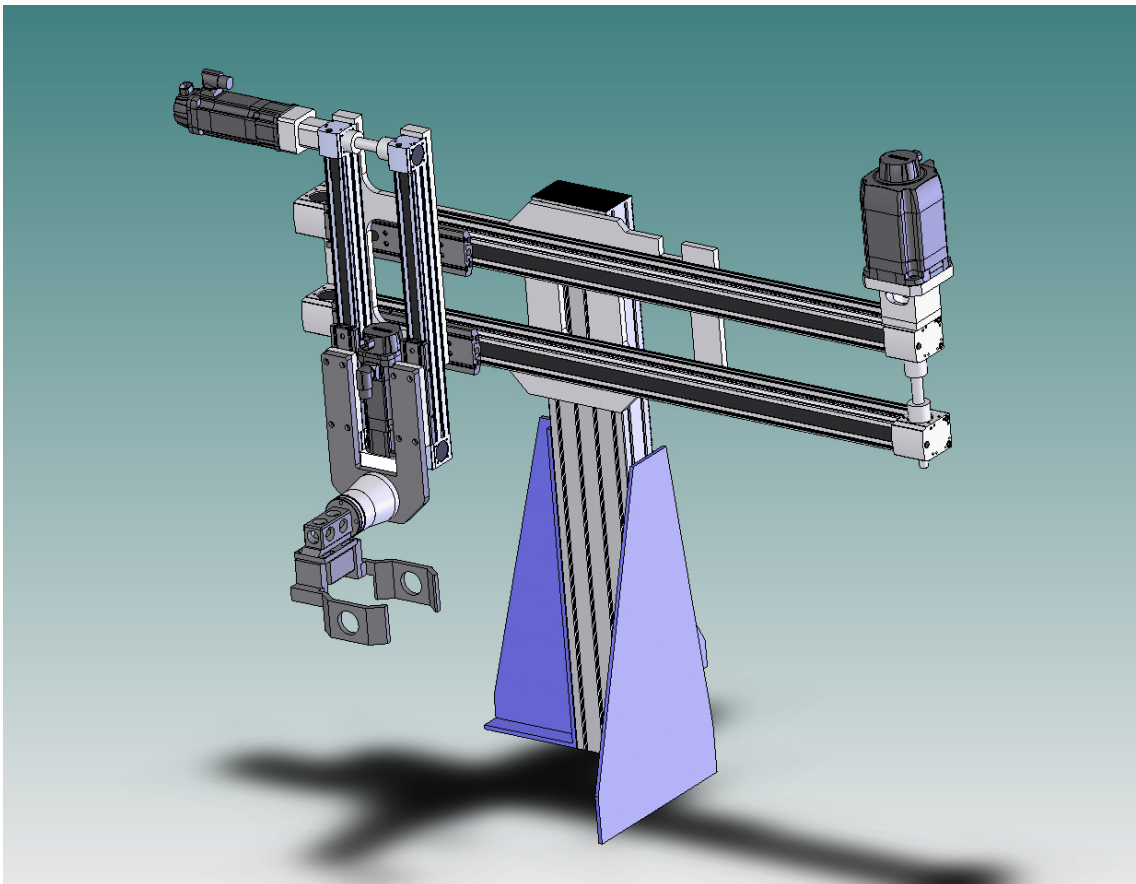
Pro vertikální zdvih byly použity dvě lineární převodovky velikostní řady 25, které jsou umístěny 150 mm od sebe a navzájem propojeny hřídelí a spojkou rotex tak, aby se obě pohybovaly souběžně. Na jezdcích lineárních převodovek pro vertikální zdvih je připevněna deska, na které je připojena převodovka od firmy Eppinger. Pro delší životnost ložiska uložení vývodového hřídele je na desce připojena hlavice, která tvoří domeček pro jehličkové ložisko, které spolehlivě zachytává radiální síly a rázy, které by jinak byly přímo přenášeny na hřídel převodovky. Tato osa tvoří rotaci kleští, které přenáší výrobky. Svírávání kleští je řešeno pomocí pneumatického válce SMC. Válec je nepřímou uchycen přes speciální tvarový hřídel.

Seznam použitých převodovek:

- Horizontální pohon ozubeným řemenem – DGE-40-700-ZR-RF-LK-RH-GK.
- Horizontální pohon ozubeným řemenem – DGE-40-700-ZR-RF-LK-RB-GK.
- Vertikální pohon ozubeným řemenem – DGE-25-200-ZR-RF-LV-RK-GK.
- Vertikální pohon ozubeným řemenem – DGE-25-200-ZR-RF-LV-RK-GK.
- Vertikální pohon ozubeným řemenem – DGE-25-200-ZR-RF-LB-RK-GK.
- Horizontální pohon ozubeným řemenem – DGE-40-700-ZR-RF-LK-RV-GK.
- Rotace hlavy robota - Eppinger PBE060 S1.

Seznam použitých servomotorů:

- Horizontální pohon – 1FK7063-2AF71-1RA0.
- Vertikální pohon, rotace hlavy robota – 1FK7034-2AK71-1RB0.



Obr. 16 Model odnímacího robota. [autor]

Úprava tiskové stanice pro válcový potisk

Tisková stanice válcového tisku je určena pro výrobky, které mají válcový profil. U původního řešení byla pozice nosného sloupu mechanismu značně nevýhodně postavená, obsluha totiž měla velmi ztížený pohled na kontrolu, zda jsou stírací síťka a mechanická stěrka ve správné poloze a v pořádku. Pokud by tomu tak nebylo, docházelo by k vadnému potisku. Sloup je zdvojený hliníkový profil (80x160) mm od firmy Alutec.

Na tomto sloupu je ukotvena deska, na které jsou umístěny vertikální a horizontální převodovky a podružné mechanismy. Sloup byl vychýlen o 200 mm do strany, a tím byl zajištěn podstatně lepší pohled na tiskovou stanici. Pro tyto účely bylo třeba vyrobit redukční desky, díky kterým je tisková stanice ve stejné pozici vůči tiskové stanici, jako tomu bylo před posunutím sloupu.

Horizontální lineární převodovka byla použita od firmy Bosch Rexroth o délce pojezdu 700 mm. Na této převodovce je ukotvena planetová převodovka Bosch s převodem 1:10, která zajišťuje díky převodu jemnější regulaci pojezdu.

Vertikální lineární převodovka byla použita od firmy Bosch Rexroth o délce pojezdu 250 mm. Na této převodovce je ukotvena planetová převodovka od firmy Alpha s převodem 1:4, která zajišťuje díky převodu jemnější regulaci zdvihu.

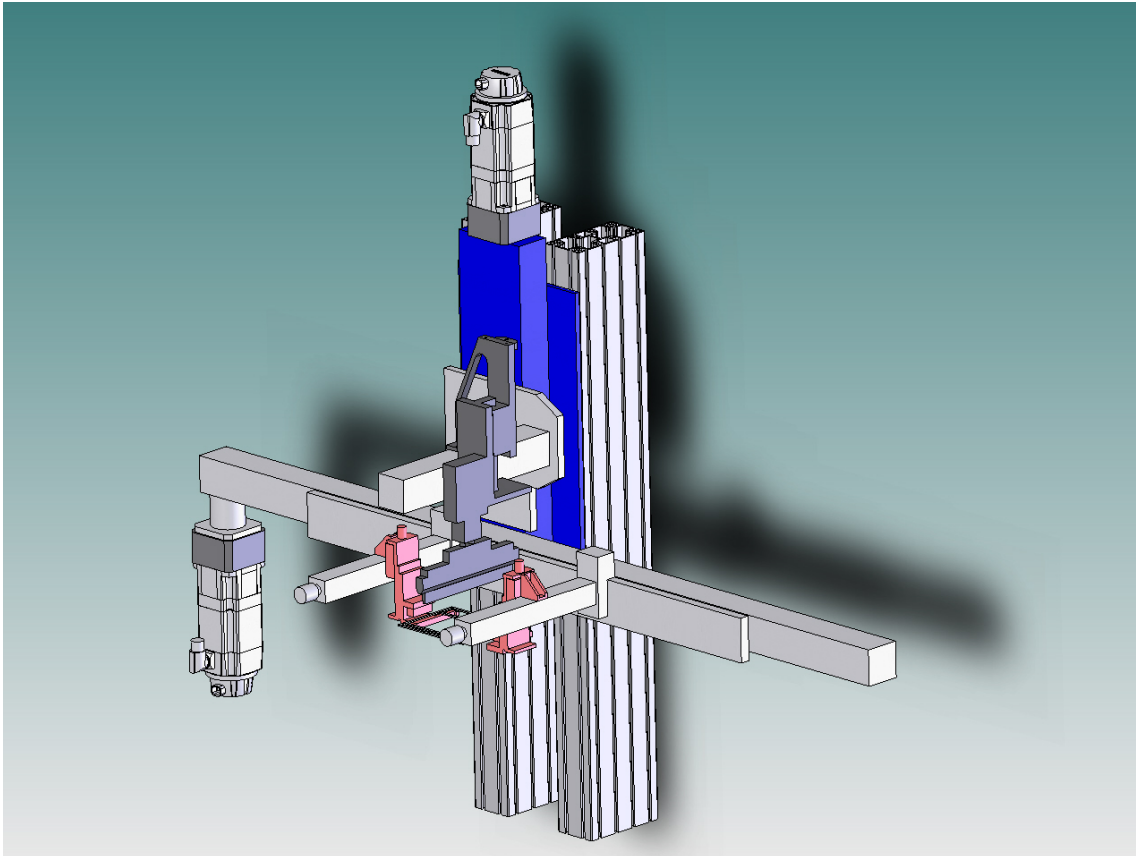
Na tiskové stanici byly vyměněny veškeré pneumatické prvky a rozvody za nové, a to opět od firmy Festo, jako tomu bylo původně.

Seznam použitých převodovek:

- Horizontální pojezd - Bosch Rexroth MKR – 700.
- Horizontální pojezd - Bosch Rexroth NKR 50 1:10.
- Vertikální zdvih - Bosch Rexroth CKK -250.
- Vertikální zdvih – Alpha LP 50 -1:4.

Seznam použitých servomotorů:

- Horizontální pojezd – 1FK7043-4CH71-1RA0.
- Vertikální zdvih – 1FK7043-4CH71-1RB0.



Obr. 17 Model stanice válcového potisku. [Kavalierglass, a.s.]

Úprava stanice pro kuželový tisk

Tisková stanice kuželového tisku je určena pro výrobky, které mají v místě potisku kuželový profil. Tato stanice je mechanicky složitější než stanice pro válcový potisk. Celá stanice je uložena na dvou hliníkových profilech (80x160) mm, které jsou pevně připojeny k základnímu rámu. Zdvih stanice je řešen pomocí dvojice kuličkových šroubů, které jsou poháněny přes převodovku Alpha s převodovým poměrem 1:4. Celou

stanici pohání motor Siemens 1FK7043. Vzájemně jsou oba kuličkové šrouby propojeny pomocí ozubeného řemenu HTD 5 a řemenic profilu HTD 5 o počtu zubů 32, aby nedocházelo ke křížení při zdvihu.

Naklápění stanice je řešeno pomocí kruhového duralového segmentu, který je uložen v ložiskových rolnách pro lehkost chodu. Celá naklápěcí stanice je poháněna pomocí ozubeného řemene HTD 5. Převodový poměr mezi hnacím a hnaným kolem je $i = 60$. Hnací ozubená řemenice o profilu HTD 5 s počtem 32 zubů je připojena na výstupním hřídeli převodovky pomocí svěrného pouzdra. Hnací převodovka Bosch Rexroth s převodovým poměrem 1:10 je poháněna motorem Siemens 1FK7063.

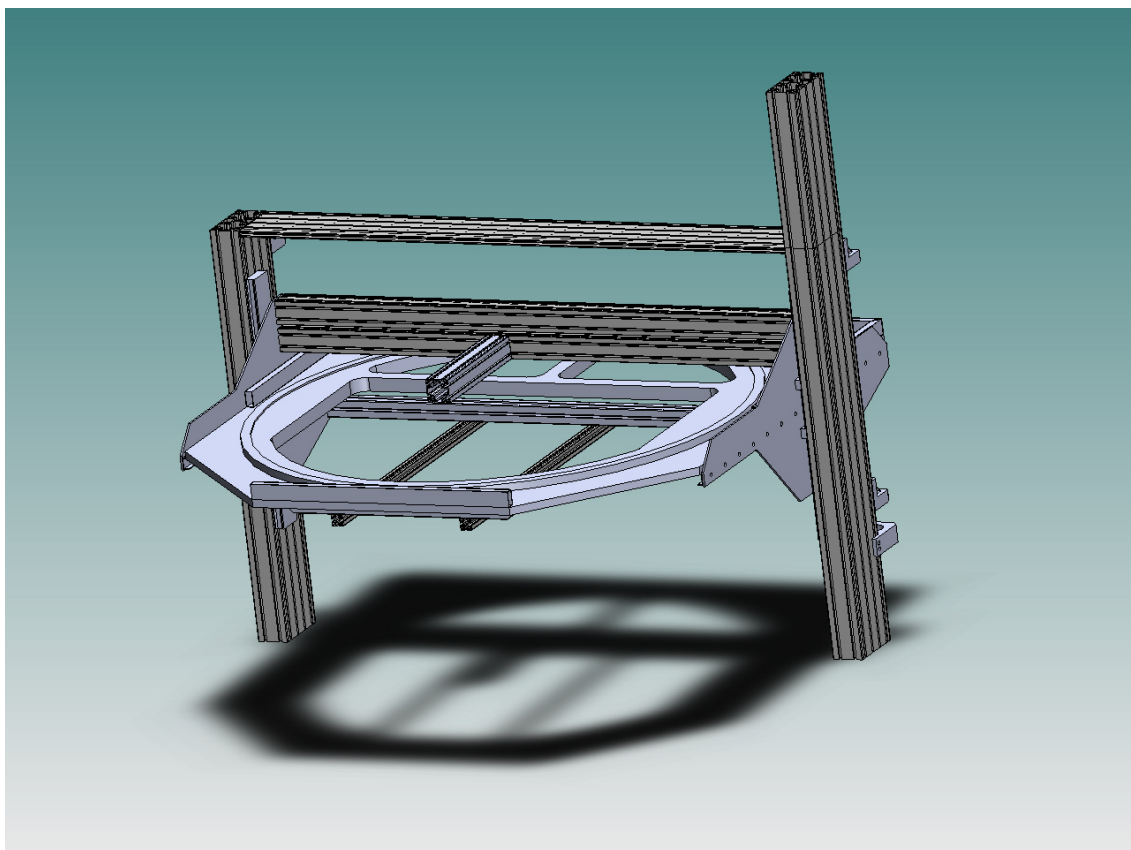
Vedení kabelů a vedení pneumatiky je taženo v energetických řetězech. Tato varianta je osvědčená, zajišťuje totiž plynulý ohyb kabelů i pneumatiky, což má nejlepší možný vliv na jejich životnost.

Seznam použitých převodovek:

- Naklápění stanice - Bosch Rexroth NKR 50 1:10.
- Vertikální zdvih – Alpha LP 50 -1:4.

Seznam použitých servomotorů:

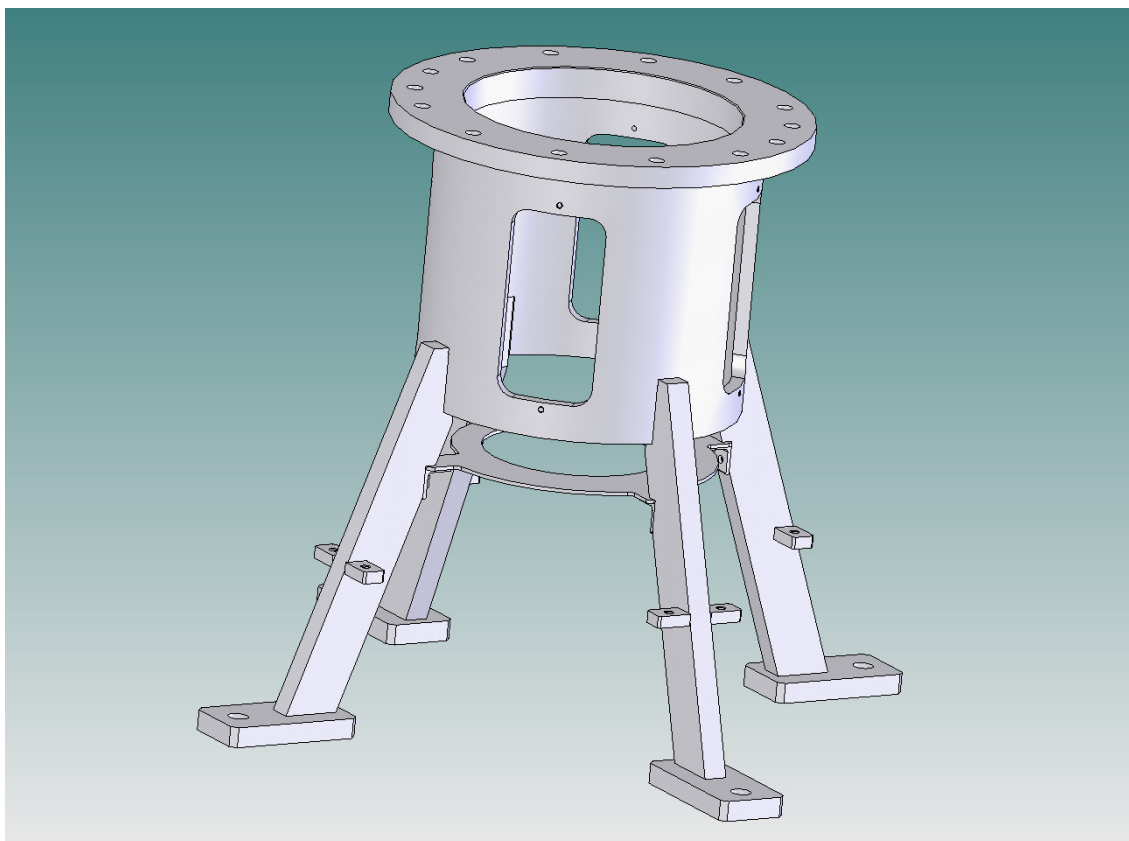
- Naklápění stanice – 1FK7063-2AF71-1RA0.
- Vertikální zdvih – 1FK7043-4CH71-1RB0.



Obr. 18 Model stanice kuželového potisku. [Kavalierglass, a.s.]

Středový sloup stroje

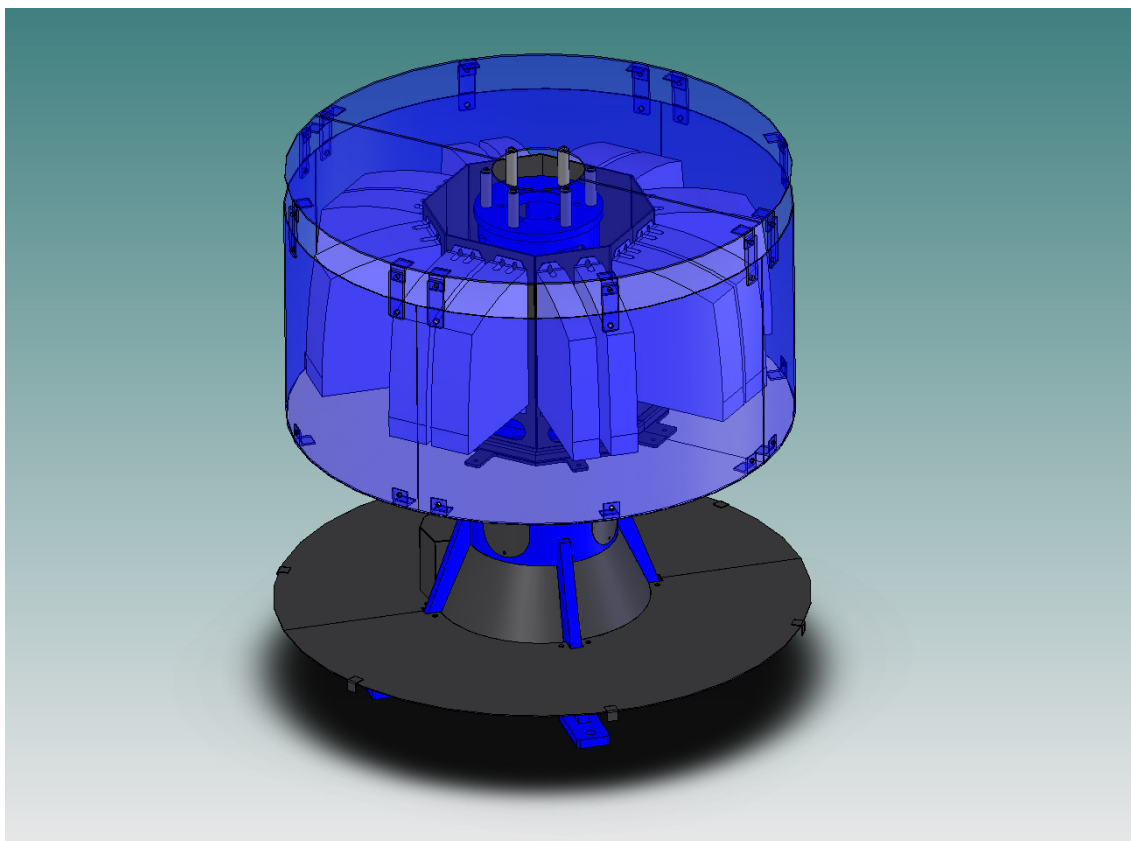
Středový sloup stroje tvoří základní část stroje pro upevnění servozesilovačů, vedení elektrických přívodů servomotorů, elektromagnetických ventilů. Současně je sloup využit pro vedení pneumatiky a vakua pro stroj. Na horním konci hlavního sloupu je připevněna hlavice Schleifring pro vedení tlakového vzduchu. Schleifring má v sobě i zabudovaný modul pro komunikaci s elektrickými prvky. Sloup je svařenec z několika výpalků, trubky o průměru 250 mm a přírub. Svařenec je dále obrobena na CNC tak, aby vše bylo souosé. Do trubky jsou vyfrézovány montážní otvory pro montáž vedení pneumatiky a kabelů pro servomotory a elektromagnetické ventily pro tlakový vzduch a vakuum.



Obr. 19 Model středového sloupu stroje. [autor]

Hlava pro servozesilovače motorů a otočný přívod Schleifring

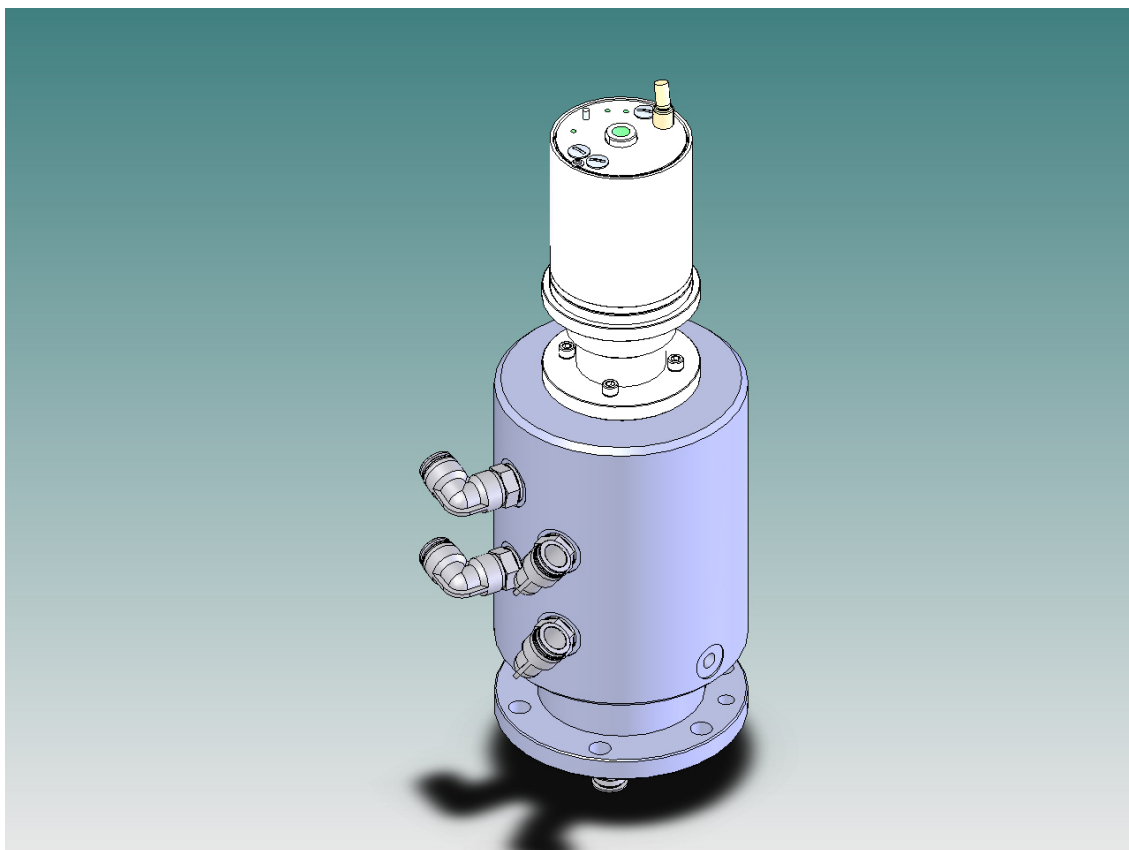
Pro servozesilovače byla navržena hlava ve tvaru osmiúhelníku, na které jsou upnuty všechny servozesilovače pro motory stanic stroje. Současně bylo i navrženo zakrytování, které chrání servozesilovače před možným poškozením. Tato hlava je připevněna pomocí šroubů ke středovému sloupu stroje.



Obr. 20 Model hlavy servozsilovačů. [autor]

Otočný přívod Schleifring

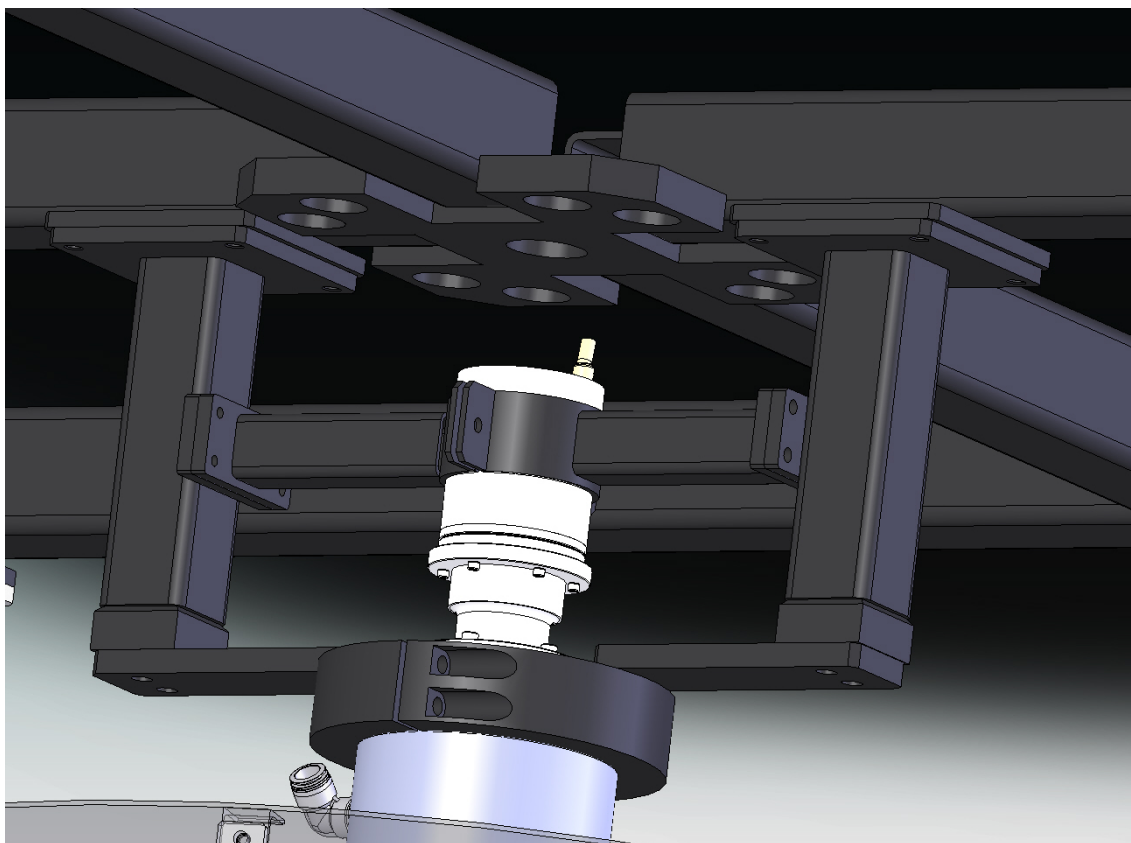
Otočný přívod je těsnícím prvkem, který umožňuje převod tlakového vzduchu a vakua z pevné části potrubí do rotační části stroje. Současně jeho modul umožňuje komunikovat pomocí Ethernetu se servozsilovači servomotorů. Označení otočného přívodu je Schleifring M1.P.0.0.0.K4.



Obr. 21 Otočný přívod Schleifring. [autor]

Mechanismus uchycení otočného přívodu Schleifring

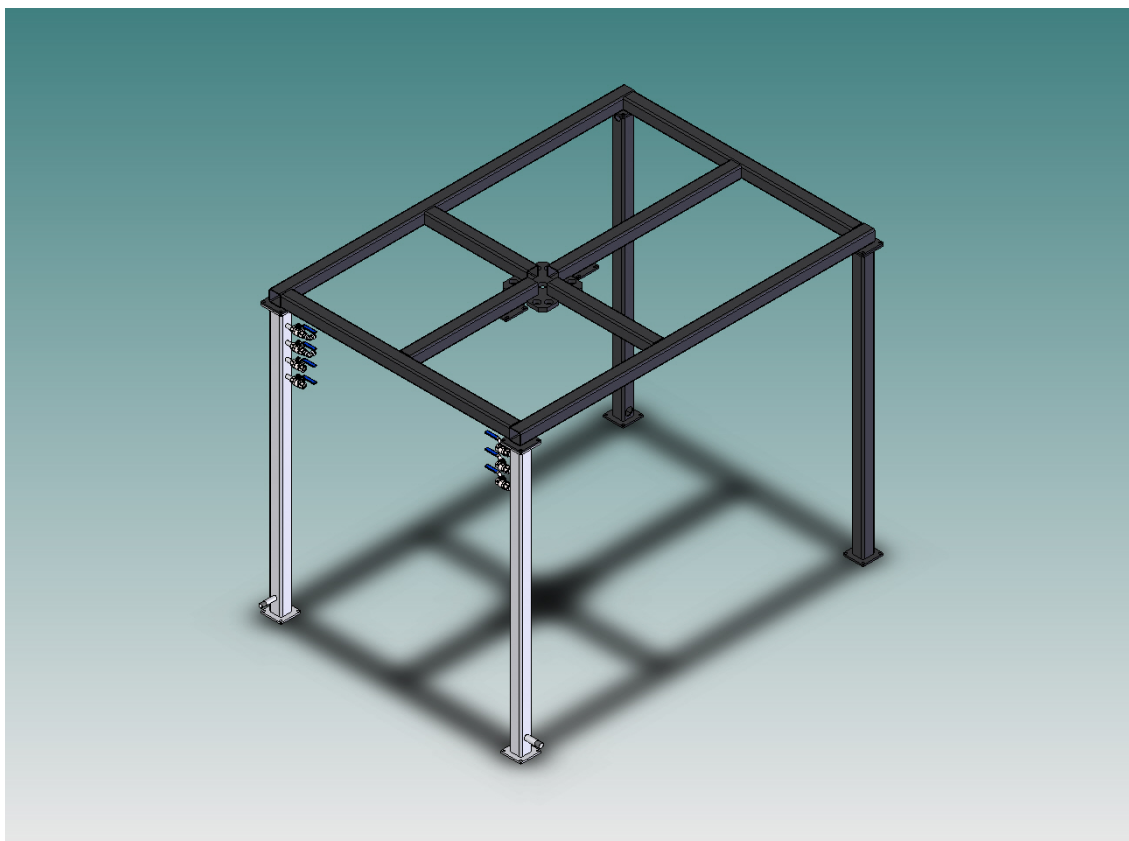
Otočný přívod Schleifring bylo třeba staticky aretovat vůči rámu stroje pomocí objímek tak, aby vrchní část nerotovala a spodní příruba Schleifringu mohla rotovat se sloupem a deskou stolu, a tím přenášet řídicí signály, vakuum a tlakový vzduch.



Obr. 22 Mechanismus uchycení otočného přívodu Schleifring. [autor]

Rám pro vedení tlakového vzduchu a vakua

Rám je svařenec z několika kusů ocelových trubek čtvercového průřezu (80x80x5) mm a výpalků. Nohy jsou využity jako vzdušníky (zásobníky) pro tlakový vzduch a vakuum. Současně je rám jako celek využit jako nosný prvek pro finální zakrytování stroje. Tento rám je ukotven pomocí šroubů k základnímu nosnému rámu.

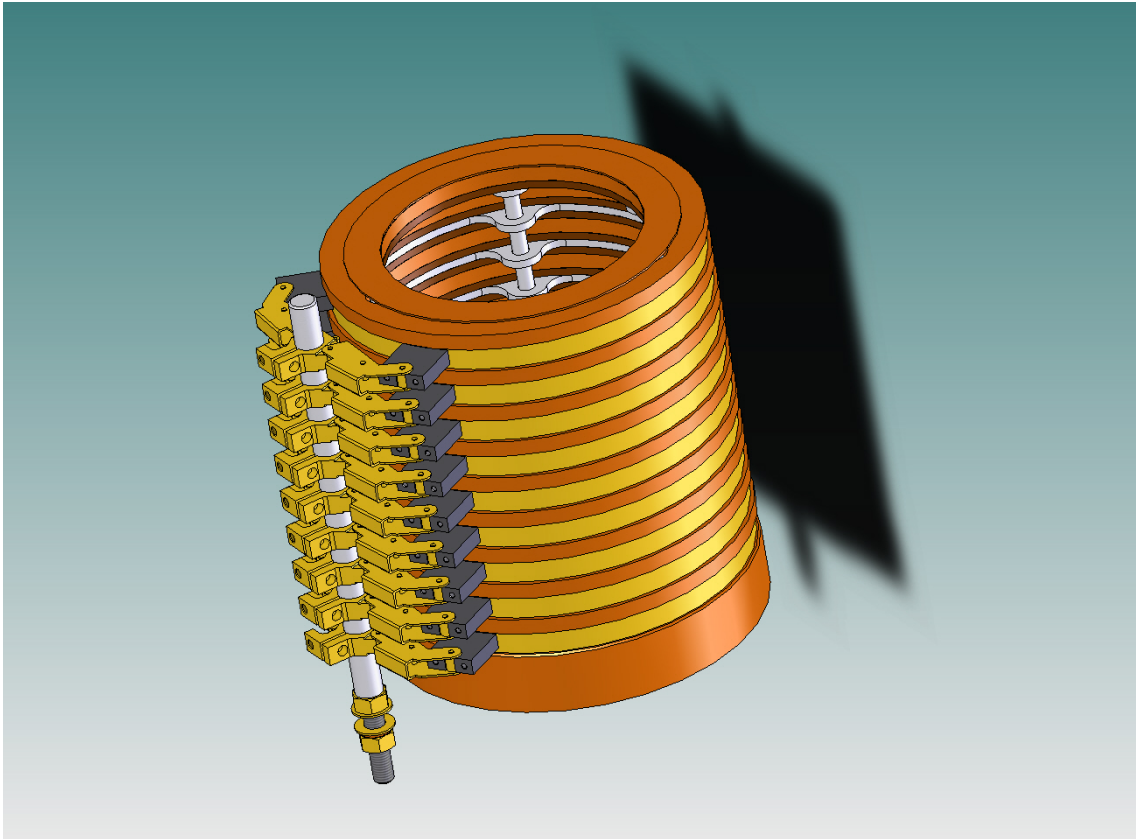


Obr. 23 Model rámu. [autor]

Sběrací kroužek

Kroužkový sběrací kroužek umožňuje neomezené volné otáčení a současný přenos napájení a dat ze stacionární do rotační části. Kroužkový sběrač je postaven na speciální technologii, která umožňuje vytvořit více kontaktních bodů mezi kartáčem a prstencem při zachování nízkého třecího momentu, minimální hlučnosti a nízkého opotřebení. Technologie nevyžaduje žádné mazání. Díky malému poloměru sběracího prstence umožňují kroužkové sběrače s menším poloměrem, vyšší rychlost kroužku vzhledem ke sběracímu prstenci a také lepší vyvážení při dynamických dějích, což způsobuje velmi malé opotřebení. Navíc použití ušlechtilých materiálů (slitina zlata) zajišťuje dlouhou životnost, sníženou hlučnost, snížené rušení a malý třecí moment. [9]

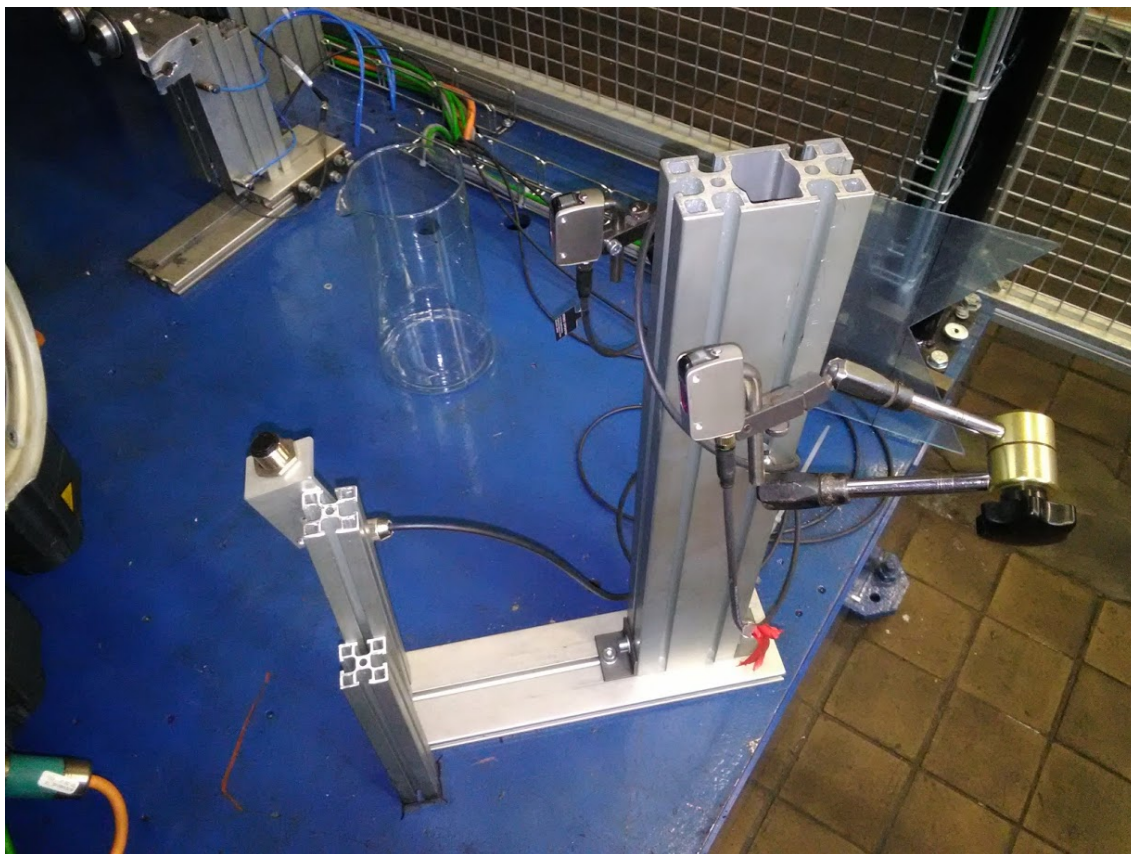
V našem případě dochází díky kroužku k přenosu napětí 400 V ze stacionární části stroje na desku stolu, kde jsou připevněny servomotory a dále pro přenos řídicích signálů o malém napětí a malém proudu. [3]



Obr. 24 Model sběracího kroužku. [Kavalierglass, a.s.]

Mechanismus vyhledávání výlevky

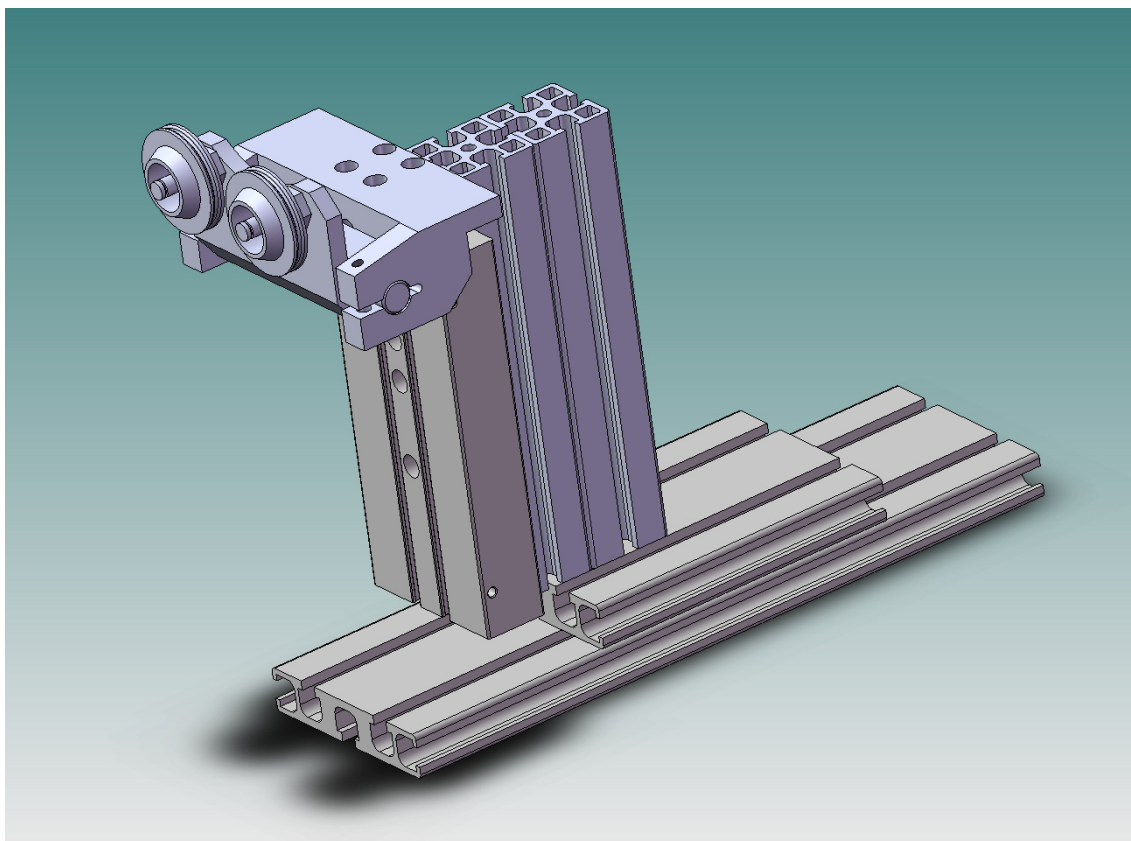
Do linky přicházejí výrobky s nedefinovanou polohou. Na každém potištěném výrobku, ale musí být jasně definována poloha potisku vůči výlevce výrobku. Z tohoto důvodu byla vytvořena stanice, která má za úkol vyhledat na polotovaru výlevku a odeslat informaci řídicímu systému, ten pak následně odešle pokyn servomotoru, aby otočil výlevku do požadované polohy. Díky tomuto zařízení vycházejí z linky všechny výrobky s jasně definovaným potiskem vůči výlevce.



Obr. 25 Mechanismus vyhledávání výlevky. [Kavalierglass, a.s.]

Podpěrná stanice pro výrobek

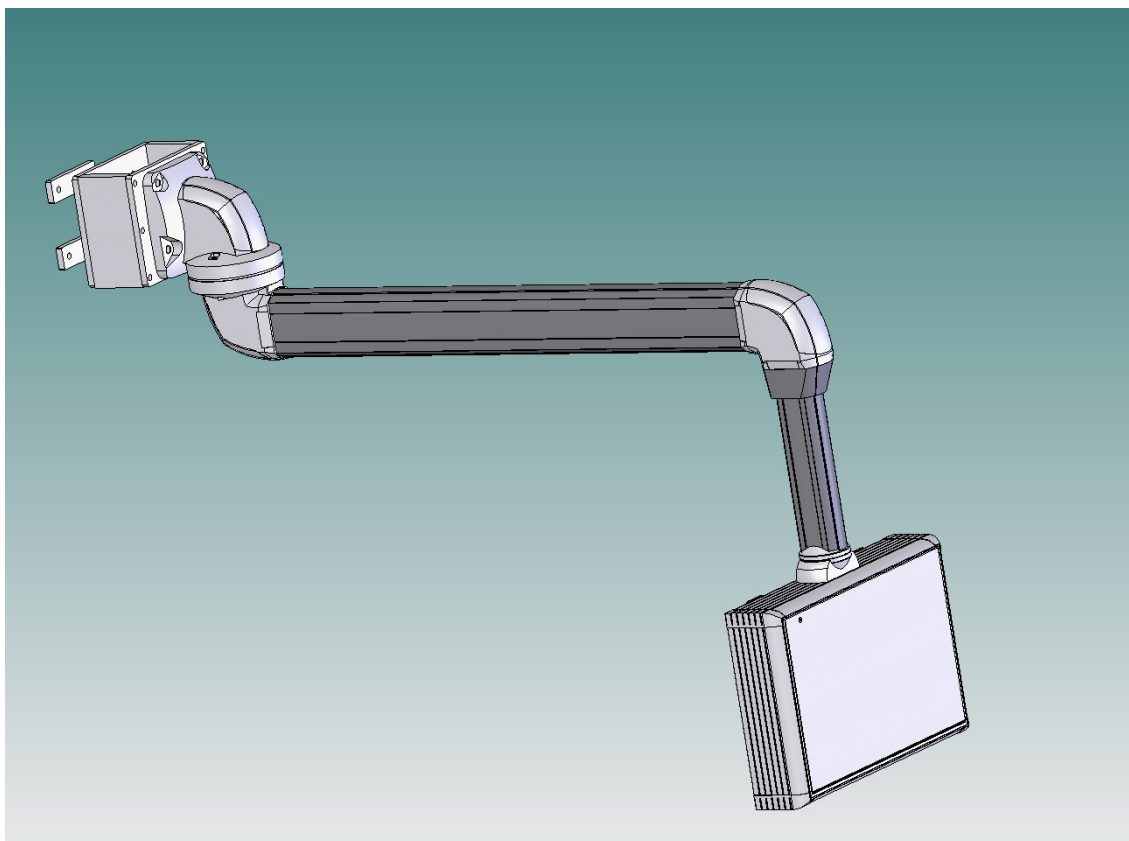
V místě, kde dochází k potisku je třeba potiskovaný výrobek podepřít, aby nedošlo k vylomení výrobku ze stanice. Podpěrná stanice je pod stanicí pro válcový a kuželový potisk. Při potisku skla se vysunou pomocí pneumatického válce podpěrné rolny a podepřou tištěný výrobek. Díky těmto stanicím dochází k menším ztrátám ve výrobě.



Obr. 26 Model podpěrné stanice pro výrobek. [Kavalierglass, a.s.]

Ovládací panely

Stroj má dva ovládací panely, jeden v čelní části a druhý v zadní části. Ovládací panel v čelní části je napevno ukotven. Ovládací panel v zadní části je ukotven na otočném rameni, které umožňuje flexibilitu a nastavení displeje podle aktuálních potřeb. Oba displeje jsou vzájemně provázány mezi sebou a na obou je možné nastavit stejné hodnoty.



Obr. 27 Model otočného ramena pro ovládací panel. [Kavalierglass, a.s.]

3.2 Tvorba potřebné elektro dokumentace

Elektro dokumentace ke stroji byla tvořena pracovníky vývoje odboru elektrotechniky a automatizace firmy Kavalierglass, a.s. v programu EPLAN Electric P8.

EPLAN Electric P8 poskytuje neomezené možnosti pro projektování, dokumentaci a řízení projektů elektrotechnické automatizace. Automatická výroba se neobejde bez detailních zpráv založených na základě schémat zapojení, která jsou nedílnou součástí komplexní dokumentace a poskytují požadované údaje pro další fáze projektu, jako je výroba, montáž, uvedení do provozu a servis. Projektová data z jiných oblastí projektu mohou být vyměňována prostřednictvím rozhraní CAE, což zaručuje stabilitu a integraci v rámci celého procesu vývoje výrobku. [15]

něj vztahují a které toto označení stanovují nebo umožňují a že byl při posouzení jeho shody dodržen stanovený postup. [8]

Postup při posouzení shody stanovuje zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění, a příslušná nařízení vlády. Posouzení shody musí mít zejména elektrická zařízení nízkého napětí, strojní zařízení, osobní ochranné pomůcky, stavební výrobky, tlakové nádoby, výtahy atd. [8]

Prohlášení o shodě musí mít i repasované výrobky, výrobky vyrobené nebo dovezené pro provozní potřeby při vlastním podnikání výrobců nebo dovozců a výrobky poskytnuté k opakovanému použití, je-li u nich před opakovaným použitím posuzována shoda s právními předpisy, pokud to stanoví nařízení vlády. [8]

Pokud se jedná o posouzení shody strojního zařízení, musíme se z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci řídit nařízením vlády č. 176/2008 Sb. o technických požadavcích na strojní zařízení. Toto nařízení vlády upravuje veškeré náležitosti související s uvedením strojního zařízení na trh a do provozu. [8]

Součástí prohlášení o shodě by měla být i analýza rizik, která popisuje rizika, která se mohou přihodit při provozu stroje. [8]

3.3.2 Mazací plán a servisní předpis

Pro správný dlouhodobý chod stroje je třeba dodržovat mazací plán a servisní předpis. Proto bylo třeba vytvořit tyto dokumenty i pro tento modernizovaný stroj. Při tvorbě těchto předpisů se vycházelo z doporučených servisních úkonů výrobců jednotlivých dílů. Mazací plán je důležité dodržovat zejména u převodovek Eppinger, kde výrobce udává životnost náplně 10 000 h, což odpovídá přibližně 14 měsícům nepřetržitého provozu.

U krokovacího stolu výrobce doporučuje výměnu olejové náplně každých 5 000 h, což odpovídá přibližně 7 měsícům nepřetržitého provozu. Posuvné lineární

převodovky Festo jsou bezúdržbové a nemají předepsaný mazací plán. Jejich převodem je totiž ozubený řemen s řemenicemi.

4 Technické a ekonomické zhodnocení

Stroj je třeba zhodnotit z technického a ekonomického hlediska, a to zejména proto, aby se dala odůvodnit vhodnost investice. V případě, že stroj bude pracovat dle konstrukčních návrhů, tak se dá předpokládat, že stroj se bude v budoucnu duplikovat. Do jisté míry je tato varianta také ovlivněna množstvím výrobních zakázek, které firma získá.



Obr. 29 Finální podoba potisku po úpravě. [Kavalierglass, a.s.]

4.1 Technické zhodnocení úpravy

Stroj po úpravě je nastrojený nejlepšími a nejmodernějšími prvky, které lze pro danou aplikaci použít. Stroj po úpravě snese srovnání s nejmodernějšími potiskovacími stroji, které lze v současné době sehnat. Cena takového stroje od renomovaného výrobce se pohybuje v ceně přibližně 7,000.000,- Kč. Pokud však pořídíte nový stroj, dodavatelská firma vám poskytne minimum dokumentace, abyste byli donuceni v případě poruchy stroje firmu kontaktovat a objednat si od ní drahé náhradní díly.

V tomto případě byly pro stroj vybrány prvky, které jsou snadno k dodání. Konstruované díly jsou navrženy tak, aby byly předimenzovány. A pokud by se i přesto daná součást poškodila, neměl by být s její výrobou sebemenší problém. Rovněž při navrhování celé sestavy bylo dbáno na to, aby stroj byl snadno smontovatelný, rozebíratelný a nebylo k montáži a demontáži třeba žádného speciálního nářadí.

4.1.1 Výhody a nevýhody úpravy

Jako každá úprava má i tato úprava stroje výhody a nevýhody, které jsou vykoupeny vyšší úrovní automatizace stroje.

4.1.1.1 Výhody úpravy

- Vyšší produktivita práce.
- Rychlejší přestavba stroje na jiný potisk výrobku.
- Nižší spotřeba vakua a tlakového vzduchu.
- Možnost plynulého zakládání a vyjímání výrobku díky nahrazení pneumatické rotační osy osou poháněnou servopohonem.
- Lepší ergonomie a přístup na jednotlivé uzly pro obsluhu.
- Více možností nastavení a regulace prvků.
- Vysoká rozměrová přesnost.

- Rozšíření výrobního sortimentu.

4.1.1.2 Nevýhody úpravy

- V případě poruchy vyšší časová náročnost opravy.
- Finanční náročnost úpravy.
- Delší časová realizace úpravy.
- Menší tepelná odolnost stroje, které nám při současné zástavbě nevadí, ale v případě umístění stroje opět do linky teplé výroby by se muselo dodělat chlazení komponentů stroje.

4.2 Ekonomické zhodnocení úpravy

Úpravu stroje je třeba zhodnotit z ekonomického hlediska, aby byla určena návratnost úpravy. Doba, za kterou se nám investice vrátí, je údajem, který nás zajímá jako investora. Doba návratnosti je důležitým kritériem při vytváření stroje a při schvalovacím procesu, zda se bude úprava stroje realizovat. Je dobou, za kterou vyrovnají příjmy z investice počáteční kapitálové výdaje za realizaci.

4.2.1 Rozpočet úpravy stroje

Pro určení celkových nákladů vynaložených na úpravu stroje byla vytvořena tabulka, kde jsou vyčísleny základní prvky stroje. Z uvedené tabulky vyplývá, že nejdražším článkem úpravy je elektrická část stroje. V této části jsou zahrnuty servomotory, servozesilovače, ovládací panely, rozvaděč, kabeláž a drobný elektromateriál. Další nákladnou položkou byly planetové převodovky od firmy Eppinger a posuvné lineární převodovky Festo. Naopak nejlevnějšími položkami byly například ložiska pro jednotlivé stanice a ložiska pro roboty. V tabulce jsou uvedeny jednotlivé konstrukční prvky stroje, jejich dodavatel a jejich cena.

Jednotlivé díly byly vybrány na základě dlouholetých zkušeností pracovníků, a to s ohledem na užitnou hodnotu dílu vůči jeho pořizovacím nákladům.

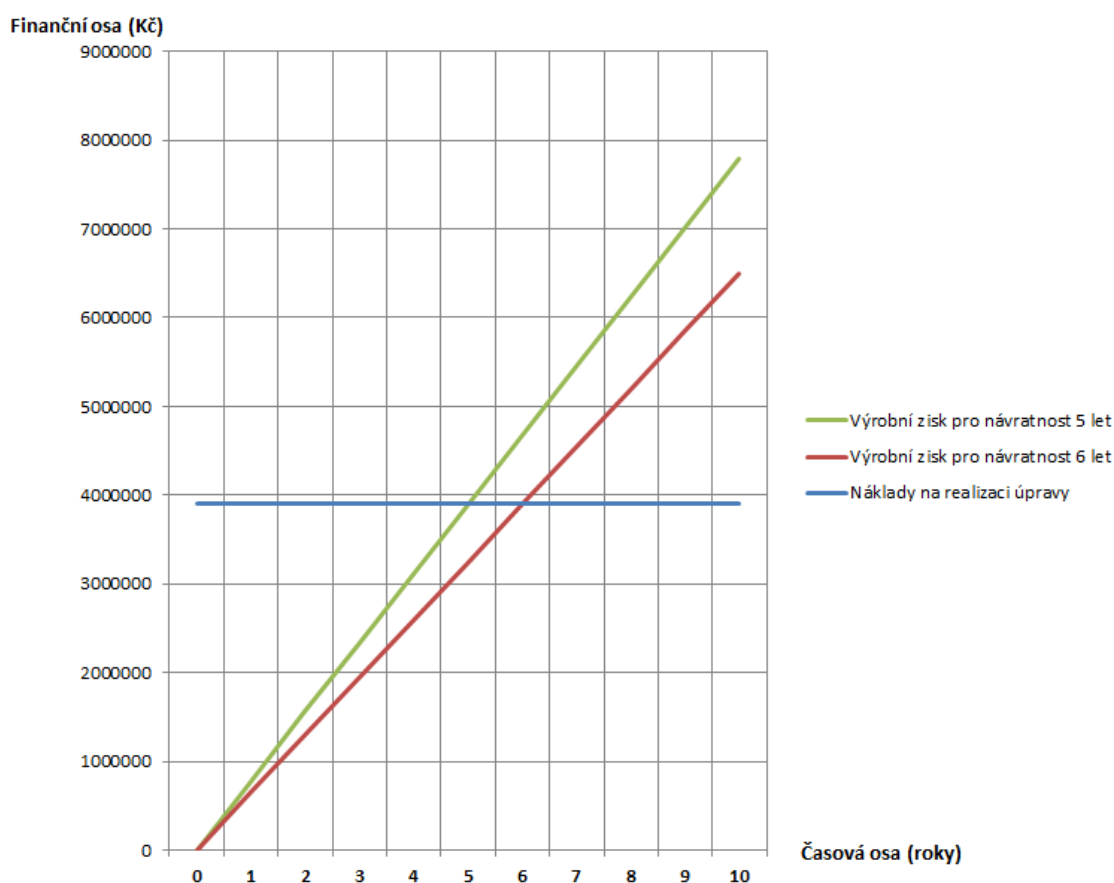
Položka	Cena
Ložiska a pojistné kroužky pro pozice - AXA	1.700,- Kč
Ložiska pro roboty - AXA	1.755,- Kč
Příruby středového sloupu - Talmet	3.957,- Kč
Redukční kusy pro motory - Kavalierglass	4.520,- Kč
Polotovary pro řemenice - Haberkorn	4.862,- Kč
Ventily pro vakuum pozic - SMC	10.480,- Kč
Ventily pro TLV pozic - SMC	10.480,- Kč
Příruby motorů - Kavalierglass	12.095,- Kč
Spojovací materiál - Protop	13.571,- Kč
Hutní materiál pro sloup a konstrukci - Ferona	13.867,- Kč
Obrobení desky stolu - Kovopol	14.480,- Kč
Ventilový terminál - Festo	23.597,- Kč
Náhradní pneumatické díly -Festo	25.729,- Kč
Převodovky otočné pro roboty - Consenta	25.948,- Kč
Výpalek desky stolu - Talmet	41.277,- Kč
Díly pro zakrytí a ochranu stroje - Alutec	66.758,- Kč
Výpalky pro horní stavbu servozsilovačů a rám - Talmet	74.090,- Kč
Díly pro jednotlivé stanice – Kovopol	82.206,- Kč
Pneumatické díly pro jednotlivé stanice - Festo	104.224,- Kč
Komunikační modul + hlava na média - Schleifring	167.180,- Kč
Posuvné převodovky pro roboty - Festo	231.794,- Kč
Převodovky pro stanice - Eppinger	383.344,- Kč
Elektro + motory - Siemens	1,570.607,- Kč
Celková cena za díly	2,888.521,- Kč

Obr. 30 Tabulka nákladů na díly. [autor]

4.2.2 Doba návratnosti investice

Návratnost samozřejmě závisí na množství zakázek od zákazníků a také na druhu tištěných výrobků, které do značné míry ovlivňují zisk. Celková cena použitých dílů na stroj byla stanovena na cca 2,900.000,- Kč - viz předchozí tabulka. Poskládání jednotlivých celků z komponentů prováděli sami pracovníci firmy, a to ať už se jednalo o mechanickou či elektrickou část stroje.

Do úpravy stroje je třeba rovněž zahrnout i mzdové náklady, které vynaložila firma na svoje zaměstnance během doby, kterou strávilo určité množství pracovníků na realizaci stroje. Vynaložené mzdové náklady byly cca 1,000.000,- Kč. V součtu tedy úprava stroje vyšla na 3,900.000,- Kč. Při zhodnocení vstupních parametrů a předpokladu vyšší výtěžnosti stroje by se v ideálních podmínkách investice měla vrátit v horizontu (60 - 72) měsíců, což odpovídá ročnímu zisku (650.000,- až 780.000,-) Kč. Odhadovaný rozpočet pro úpravu stroje byl 4,500.000,- Kč.



Obr. 31 Graf doby návratnosti investice. [autor]

4.3 Závěr

Ačkoliv sklárství je velice stará technologie, prošla do dnešní doby významným vývojem, ať už z hlediska materiálového, mechanizace nebo automatizace. Vývoj strojů a zařízení pro výrobu a rafinaci skla bude pokračovat dál, aby se ještě zefektivnila výroba a co nejvíce se z výroby vyřadil lidský faktor. V současné době se neustále pracuje na vývoji dalších strojů a zařízení. Výsledkem tohoto snažení by měla být efektivnější výroba, lepší vliv na přírodní prostředí a zdraví člověka.

Během vypracování této bakalářské práce byly dosaženy všechny vytyčené cíle.

Hlavním cílem práce bylo na základě provedené analýzy současného stavu a shromáždění informací potřebných pro modernizaci zařízení vypracovat návrh konstrukčních úprav potiskovacího stroje LH 16 na skleněné foukané výrobky ve sklárnách Kavalier Sázava.

Díličními cíli bylo provedení analýzy současného zařízení, vypracování 3D modelu a vybrané potřebné 2D technické dokumentace, provedení potřebných výpočtů a závěrečné technicko-ekonomické vyhodnocení.

Úprava stroje se i přes poměrně vysoké pořizovací náklady jednotlivých komponentů vyplatí a měla by se bez problémů v řádu několika desítek měsíců vrátit. Dá se předpokládat, že takto upravený stroj by měl bez menších obtíží vydržet přibližně 10 let nepřetržitého provozu, ale to vše za předpokladu, že se budou dodržovat servisní intervaly pro výměnu olejových náplní jednotlivých převodovek a krokovacího stolu.

Další samostatnou kapitolou je udržování stroje, rozvaděče a přidružené elektroinstalace v čistotě. Poměrně často se v náročných provozech stává, že například vlivem zanesené klimatizace rozvaděče stroje dojde k elektrickému zkratu a pak k poničení celého elektrorozvaděče. Tato situace je v nepřetržitých provozech velmi nemilá a s každou hodinou, kdy stroj nevyrábí, přichází firma o stovky tisíc korun.

Seznam použité literatury:

[1] SHIGLEY, J. E., Ch. R. MISCHKE, R. G. BUDYNAS, M. HARTL a M. VLK. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2010, xxv, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

[2] PYRHÖNEN, Juha, Tapani JOKINEN a Valéria HRABOVCOVÁ. *Design of rotating electrical machines*. Přeložil Hanna NIEMELÄ. Chichester: Wiley, 2008. ISBN 978-0-470-69516-6.

[3] UHLÍŘ, Ivan. *Elektrické stroje a pohony*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03730-0.

Elektronické zdroje:

[4] Solid Works – 3D CAD navrhování [online]. Vystaveno 2018 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: <https://www.solidvision.cz/solidworks/>

[5] Kavalierglass, a.s., Kádinka nízká s výlevkou.JPG [online]. Vystaveno 2015

[cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: https://www.kavalier.cz/kadinka-nizka-s-vylevkou_sp39.html

[6] Kavalierglass, a.s., O nás [online]. Vystaveno 2015 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: <https://www.kavalier.cz/o-spolecnosti/o-nas/profil-spolecnosti.html>

[7] Kavalierglass, a.s., Sklovina Simax [online]. Vystaveno 2015 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: <https://www.kavalier.cz/o-spolecnosti/kvalita-a-vyroba/certifikace.html>

[8] Prohlášení o shodě [online]. Vystaveno 2013 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: <http://www.civop.cz/prohlaseni-o-shode/>

[9] Kroužkové sběrače [online]. Vystaveno 2016 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: <http://www.krouzkovesberace.cz/>

[10] Průmyslové automatizační systémy SIMATIC [online]. Vystaveno 2018

[cit. 2010 – 4 – 1].

Dostupné na: <http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=6ce260aa8e>

[11] Motory s permanentními magnety [online]. Vystaveno 2013 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/A1M14PO2/Prednaska_6_Spec_pohony.pdf

[12] Synchronní servomotory 1FK7 [online]. Vystaveno 2018 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: [http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=3d2cdc7725
&ctxp=home](http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=3d2cdc7725&ctxp=home)

[13] Křokovací mechanismy PGI [online]. Vystaveno 2016 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: <http://www.opis.cz/goizper/pgi.html>

[14] Weiss Product Range [online]. Vystaveno 2013 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné: na: [http://scemosystems.fi/downloads/pdf/weiss_tc_indexing_tables
datasheet_en.pdf](http://scemosystems.fi/downloads/pdf/weiss_tc_indexing_tables_datasheet_en.pdf)

[15] EPLAN Electric P8 – energie pro elektrotechnické projektování [online].

Vystaveno 2016 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: <https://www.eplan.cz/cz/reseni/elektrotechnika/eplan-electric-p8/>

[16] Simotic S-1fk7 Servomotors [online]. Vystaveno 2018 [cit. 2018 – 8 – 1].

Dostupné na: [https://w3.siemens.com/mcms/mcsolutions/en/motors/motioncontrolmot
ors/simotics-s-servomotors/simotics-s-1fk7/pages/simotics-s-1fk7.aspx](https://w3.siemens.com/mcms/mcsolutions/en/motors/motioncontrolmotors/simotics-s-servomotors/simotics-s-1fk7/pages/simotics-s-1fk7.aspx)

Seznam obrázků:

Obr. 1 Odměrná nádoba 1 000 ml [5].	12
Obr. 2 Pohled na stroj před úpravou.	13
Obr. 3 Pohled na základní nosný rám.	14
Obr. 4 Řez krokovacím stolem Weiss [14]	16
Obr. 5 Pneumatické kleště pro zakládacího a vyjímacího robota.	17
Obr. 6 Vkládací destičkový dopravník.	19
Obr. 7 Vyjímací destičkový dopravník.	20
Obr. 8 Zakladač pásové pece.	21
Obr. 9 Chladicí pásová pec Carmet.	22
Obr. 10 Servomotory Siemens [16]	26
Obr. 11 Model rozložení pneumatiky na desce stolu	28
Obr. 12 Zakrytování stroje.	29
Obr. 13 Model upraveného stroje.	31
Obr. 14 Model desky stolu.	32
Obr. 15 Detail stanice potiskovacího stroje.	33
Obr. 16 Model odnímacího robota	35
Obr. 17 Model stanice válcového potisku.	37
Obr. 18 Model stanice kuželového potisku.	39
Obr. 19 Model středového sloupu stroje.	40
Obr. 20 Model hlavy servozesilovačů.	41
Obr. 21 Otočný přívod Schleifring.	42
Obr. 22 Mechanismus uchycení otočného přívodu Schleifring	43
Obr. 23 Model rámu.	44
Obr. 24 Model sběracího kroužku	45
Obr. 25 Mechanismus vyhledávání výlevky	46
Obr. 26 Model podpěrné stanice pro výrobek.	47
Obr. 27 Model otočného ramena pro ovládací panel	48
Obr. 28 Ukázka dokumentace EPLAN	49
Obr. 29 Finální podoba potisku po úpravě	51
Obr. 30 Tabulka nákladů na díly	54
Obr. 31 Graf doby návratnosti investice	55

Seznam příloh:

- 1 Výkres – ISIMAT SESTAVA – 1-KSA-B2301-01-00.
- 2 Výkres – ZÁKLADNÍ DESKA – 2-KSA-B2301-01-01.
- 3 Výkres – POZICE SESTAVA – 2-KSA-B2301-02-00.
- 4 Výkres – NOHA SESTAVA – 2-KSA-B2301-05-00.
- 5 Výkres – NOHA SVAŘENEC – 3-KSA-B2301-03-01.
- 6 Výkres – ROTACE VYJÍMACÍ 7034 – 3-KSA-B2301-04-00.
- 7 Kontrolní výpočet vybraného dílu metodou MKP – „NOHA SVAŘENEC“.
- 8 Kontrolní výpočet vybraného dílu metodou MKP – „ZÁKLADNÍ DESKA“.