



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# NÁVRH STOJANU PRO MONTÁŽNÍ ZAŘÍZENÍ TISKOVÝCH DESEK

DESIGN EQUIPMENT RACK FOR MOUNTING PRINTING PLATES

BAKALÁRSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL KOBZA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL ČERNÝ, CSc.

BRNO 2012



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Michal Kobza

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

### **Návrh stojanu pro montážní zařízení tiskových desek**

v anglickém jazyce:

### **Design equipment rack for mounting printing plates**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh stojanu pro motorické provedení montážního zařízení tiskových desek.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Formulaci řešeného problému a jeho analýzu
4. Vymezení cílu práce
5. Návrh metodického přístupu k řešení
6. Návrh variant řešení a optimální varianty
7. Konstrukční řešení
8. Závěr (konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)

Forma práce: Průvodní zpráva a konstrukční dokumentace

Typ BP: konstrukční

Účel zadání: pro potřeby průmyslu

Seznam odborné literatury:

Shigley, J. E. a kol.: Konstruování strojních součástí. Vutium Brno, 2010, pp.1186,ISBN 978-80-214-2629-0

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Černý, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.  
V Brně, dne 1.11.2011

L.S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

### ABSTRAKT

Úkolem bakalářské práce je úprava rámu montážního zařízení tiskových desek. Zabývá se několika konstrukčními problémy, které v současné době komplikují montáž a výrobu stroje. V úvahu je vzat také požadavek na snížení výrobních nákladů. Při řešení se vychází ze stávající konstrukce montážního zařízení.

**Klíčová slova:** rám, flexotisk, polymerbeton, flexotisková forma

### ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is modification equipment rack for mounting printing plates. It deals with several design problems that currently complicate the assembly and production machines. One of Requirements is reducing production costs. The solution is based on the current design of the mounting device.

**Key words:** frame, flexography, polymer concrete, flexographic form

### Bibliografická citace:

KOBZA, M. *Návrh stojanu pro montážní zařízení tiskových desek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 50 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Černý, CSc.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

---

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Návrh stojanu pro montážní zařízení tiskových desek* vypracoval samostatně, pod vedením doc. Ing. Michal Černého, CSc. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne .....

.....  
podpis





## **PODĚKOVÁNÍ**

---

Rád bych zde poděkoval doc. Ing. Michalu Černému, CSc za poskytnuté rady při vypracování bakalářské práce. Dále pak Ing. Pavlu Černohousovi a Ing. Jiřímu Mířejovskému za cenné rady a připomínky při řešení konstrukčních problémů. Ing. Ondřeji Šponarovi za pomoc s programem ProEngineer.



**OBSAH**

<b>Obsah</b> .....	<b>11</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b> .....	<b>13</b>
1.1 Flexotisk.....	13
1.1.1 Princip.....	13
1.1.2 Historie tisku z výšky .....	14
1.1.3 Historie flexotisku .....	14
1.1.4 Využití flexotisku .....	15
1.1.5 Konstrukce strojů.....	15
1.2 Tiskové formy .....	16
<b>2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO ANALÝZA</b> .....	<b>19</b>
2.1 Konstrukce rámu .....	19
2.2 Vedení ořezávacího nože .....	21
2.3 Konstrukce opěrného stolku .....	22
2.4 Podepření nosného válce .....	23
<b>3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE</b> .....	<b>24</b>
3.1 Cíle bakalářské práce .....	24
<b>4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ</b> .....	<b>25</b>
<b>5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A OPTIMÁLNÍ VARIANTY</b> .....	<b>26</b>
5.1 Optimalizace rámu .....	26
5.1.1 Varianta 1.: Odlitek vložený do stávajícího rámu .....	26
5.1.2 Varianta 2.: Celý odlitek.....	27
5.2 Opěrný stolek.....	28
5.2.1 Varianta 1: Řešení s přidavnými maticemi vedenými v drážce .....	28
5.2.2 Varianta 2: Řešení s vedením bronzovými pouzdry.....	29
5.3 Ořezávací zařízení.....	29
5.3.1 Varianta 1: Využití rolen pro velká zatížení .....	30
5.3.2 Varianta 2: Využití systému LinTrek.....	31
5.3.3 Varianta 3: Využití systému Alurol .....	32
5.4 Podpěra nosného válce.....	33
5.4.1 Varianta 1: Šrouby řazené kolmo .....	33
5.4.2 Varianta 2: Šrouby řazené vodorovně .....	34
<b>6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b> .....	<b>36</b>
6.1 Optimalizace rámu-Celý odlitek .....	36
6.2 Opěrný stolek - řešení s vedením bronzovými pouzdry .....	38
6.3 Ořezávací zařízení – využití systému Alurol.....	40
6.4 Podpěra nosného válce - šrouby řazené vodorovně.....	43
<b>7 ZÁVĚR</b> .....	<b>45</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>46</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK SYMBOLOŮ A VELIČIN</b> .....	<b>48</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b> .....	<b>49</b>

## ÚVOD

---

V dnešní době se firmy, které chtějí být konkurenceschopné, orientují na co nejnižší výrobní náklady, při zachování kvality a spolehlivosti svých výrobků. Společnost SOMA Engineering není v tomto ohledu výjimkou. Tato společnost vyvíjí flexotiskové stroje, laminátory, řezačky a další příslušenství potřebné k těmto přístrojům.

Technologií flexotisku se tiskne převážně na umělé fólie, proto se úspěšně uplatňuje v obalovém průmyslu, který je provázán celým spektrem trhu. Od potravinového průmyslu po sportovní vybavení, vždy je prioritou uspět u zákazníka, který přikládá velkou míru svého rozhodování vizuální prezentaci výrobku. V některých zemích se touto technologií tisknou také noviny. Proto v tomto průmyslovém odvětví panuje vysoká rivalita a konkurence. Snižování výrobních nákladů a zvyšování kvality je klíčové.

SOMA Engineering sídlí v Lanškrouně. Její novodobé dějiny se datují od roku 1992 kdy vznikla privatizací z části státního podniku Tesla. Od roku 1956 do roku 1992 se tu vyráběli jednoúčelové stroje pro potřeby elektrotechnického průmyslu. První zmínka o společnosti pochází již z roku 1890, kdy se zde vyráběl textil a to až do roku 1956. V současné době se k firmě přistavuje nová moderní hala. Která bude sloužit administrativním účelům a také prezentaci výrobků jako tzv. „Showroom.“



obr. 1: sídlo společnosti SOMA Engineering [1]

# 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

**1**

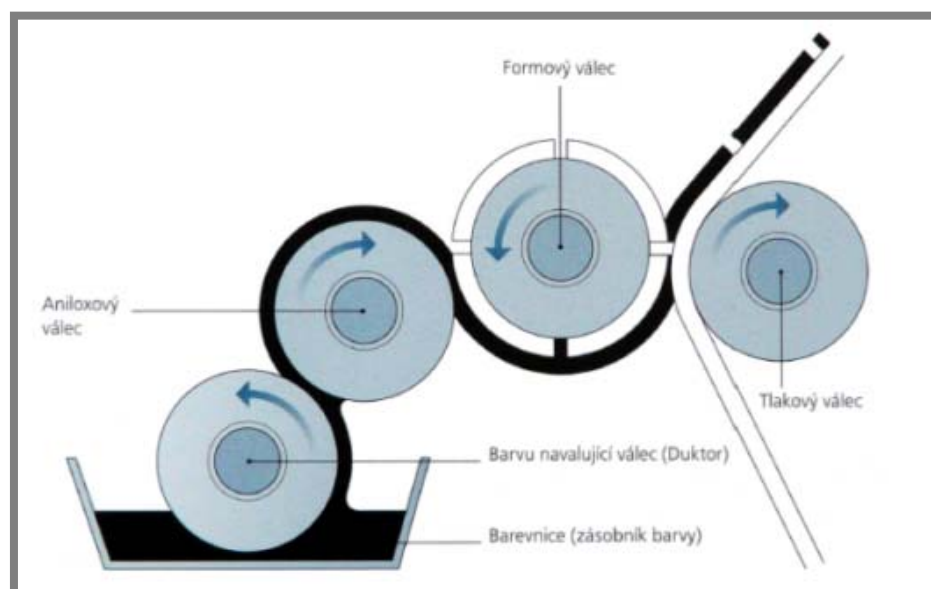
## 1.1 Flexotisk

**1.1**

### 1.1.1 Princip

**1.1.1**

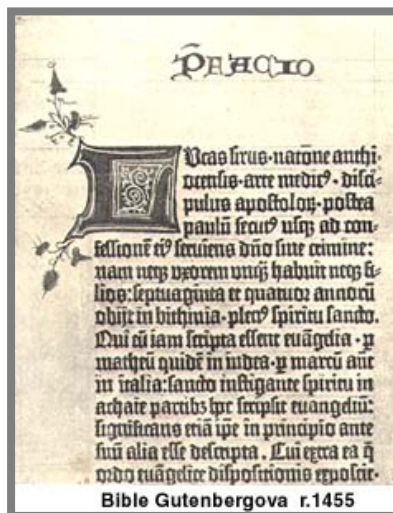
Jedná se o technologii tisku z výšky. Flexografie neboli gumotisk. Princip této technologie se dá ve své podstatě přirovnat k razítkování. Tiskařská barva je nanášena ze zásobníku barvy na gumový válec (duktor). Zde je pak dále přenášena na aniloxový (rastrový) válec, z něhož je přebytečná barva setřena pomocí stěrky (rakle). Z rastrového válce se barva přenesou na formový válec. Ten se skládá ze sleeveu, na kterém je namotána tisková forma (štoček). Formový válec následně otiskne svůj reliéf na požadované místo (viz obr.2). Oporu při procesu otisku zajišťuje přítlačný (tlakový) válec. V dnešní době se nejčastěji tiskne na plastové fólie, které jsou dodávány ve svitcích. Fólie je přemotávána v tiskovém stroji z jednoho svitku na druhý, přičemž dochází k nepřetržitému tisku. Tiskařská barva je během procesu převíjení vytvrzována například pomocí ultra fialového záření. Do tiskařské barvy se přidávají různé přísady, například pro zvýšení kluzných a tažných vlastností, sušidla na bázi aktivního kyslíku a spousta dalších. Potištěný materiál se musí následně nařezat na požadované rozměry a tvary.



obr. 2: princip nanášení barvy [5]

### 1.1.2 Historie tisku z výšky

Knihy jsou nám známy již od starověkého Egypta, v té době se vše opisovalo ručně a o tisku nemohla být řeč. Za prvopočátek tisku lze pokládat dobu starověkého Říma, kdy hrnčíři do svých výrobků začali otiskovat značky pomocí do dřeva vyřezaného textu. V Číně a v Koreji se začal objevovat tisk z dřevěných rytých



obr. 3: Jeden z prvních výtisků [7]

desek, ale vzhledem ke složitosti jejich znaků se technologie nerozšířila. V Evropě se začal tisk objevovat v 15. století ve formě tisku dřevěnými destičkami. Tiskly se většinou náboženské motivy a hrací karty. V dohledné době se objevil i knihtisk, který vynalezl Jan Gutenberg z Mohuče kolem roku 1445 n.l.. Tiskařská forma se skládala z pohyblivých písmen, která se dala vyměňovat. Tisklo se již na papír. Vynález papíru si připisují Číňané kolem roku 200 př.nl. načež se rozšířil do celého světa.

### 1.1.3 Historie flexotisku

Poprvé se flexotisk objevuje na konci 19. století v Lipsku. Tiskly se zde levné obaly a balící papíry. Tiskové formy byli ručně řezané do gumy, což nezaručovalo



obr. 4: Potravinové obaly tištěné flexotiskem [11]

vysokou kvalitu. Flexotisk se začal masově uplatňovat až po 2. Světové válce. Stále však nebylo možno dosáhnout vysoké kvality tištěné plochy. Na výkonných rotačních strojích byla předností sériovost výroby. V sedmdesátých letech 20. století se začalo tisknout na parafinové papíry, celofány, ale zejména na plastové folie, které byly pro tisknutí jinými technologiemi nepoužitelné. V roce 1973 byla objevena fotopolymerní tisková forma. Ta velmi rychle nahradila gumové štočky. Její hlavní výhodou bylo odstranění deformací vzniklých tiskovým tlakem. Lepší kvalita tisku se stala hnacím motorem pro vyvinutí čtyř barvových a šesti barvových flexotiskových strojů. K tomuto rozmachu přispěl asi největší mírou nástup digitálních technologií výroby tiskové formy, protože bylo možné dosáhnout lepší přesnosti a kvality formy.

#### 1.1.4 Využití flexotisku

1.1.4

---

Dnes se této technologii nejvíce využívá v obalovém průmyslu. Používá se pro potisk kartonáže z vlnité lepenky, papírových obalů, kornoutů a pytlů. Lze potiskovat také kovové folie a to zpravidla aluminiové. Při výrobě etiket pro výrobky od potravin až po strojírenství, tato technologie vytlačila veškerou konkurenci, a to například ofset tisk, ten je schopen efektivně tisknout na papír, nikoliv však na plastové folie. Při flexotisku se nejčastěji tiskne na polymerní folie.

#### 1.1.5 Konstrukce strojů

1.1.5

---

Uvedeny jsou zde pouze stroje umožňující úzko formátový tisk. Ten dovoluje tisknout především na plastové folie, v dnešní době je to nejprogresivnější směr flexotisku. Konstrukce se rozdělila do dvou základních směrů. Každá v sobě nese své výhody a nevýhody.



obr. 5: Tiskové segmenty řazené za sebou [4]

První skupinou jsou stroje, kde jsou jednotlivé tiskové segmenty seřazeny za sebou (obr.5). To v sobě nese výhodu rychlého přechodu na jinou zakázku, například připojením či odpojením některého z tiskových modulů. Z důvodu zesynchronizování pohonů byly jednotlivé tiskové segmenty poháněny kardanovým hřídelem, který je dnes již nahrazován hřídelem elektronickým.

Druhá konstrukce úzko formátových flexotiskových strojů je řešena pomocí centrálního přitlačného válce, ke kterému je připojeno až osm jednotlivých tiskových agregátů (obr.6). Výhodou je kompaktnost stroje. Ta ovšem neumožňuje připojení dalšího tiskového segmentu. Nespornou výhodou je schopnosti potisknout i elastické materiály, které během převíjení dramaticky mění rozměry. Tento typ konstrukce také preferuje lanškrounská firma SOMA Engineering.



obr. 6: Konstrukce s centrálním přitlačným válcem [4]

Výhodou dnešních strojů je možnost spojení více tiskových technik do jedné, např.: spojení flexotisku s ofsetem atd.

---

## 1.2 Tiskové formy

Tisková forma, neboli formový válec je jeden z nejdůležitějších článků tiskařského stroje. Samotný většinou kovový válec je osazen sleevem, což je zjednodušeně řečeno gumový válec ve tvaru mezikruží. Na tomto sleeveu je nalepena tisková deska neboli štoček.

Tisková deska je vyrobena zpravidla z pružného materiálu. Dříve se ve většině případů používaly desky gumové, zatímco dnes se přešlo výhradně ke štočkům fotopolymerním. Ty se dnes zpracovávají dvěma základními technologiemi.

První „klasická“ konvenční technologie spočívá v nanesení kontaktního filmu na fotopolymer a následném osvětlení UV zářením v potřebných místech. Fotopolymer se vlivem záření „vytvrdí“, zbytek nevytvrzeného fotopolymeru se vymyje. Díky UV záření dochází ve fotopolymeru k zesílení monomerů. Tím nám na tiskové desce vznikne požadovaný reliéf. Tato technologie má nevýhodu v nižší kvalitě výsledného reliéfu. Obtížné je vyrobit vysoce jemný rastr. Nevýhoda spočívá také v nemožnosti vytvořit touto technologií požadovaně strmou stěnu reliéfu. To sebou nese nežádoucí velkou změnu rozměru při hloubkovém opotřebením desky.



Další dnes mnohem modernější postup výroby tiskových desek je technologie využívající laseru. Pro tuto technologii se používají fotopolymerní štočky opatřené



obr. 8: Tiskové formy [13]

speciální vrstvou LAMS, která nahrazuje kontaktní film. Tato vrstva je odpalována vlivem záření laseru. Další postup je již obdobný. Osvítíme štoček UV zářením, což způsobí vytvrzení v místech zbavených LAMS vrstvy a následně zbytek fotopolymeru vymyje. Tento způsob výroby dovolí zhotovit daleko strmější stěnu reliéfu a také mnohem jemnější struktury vzoru tiskové desky. Ve výsledku má tisková délka delší životnost.



obr. 7: Fotopolymerní tisková deska [9]

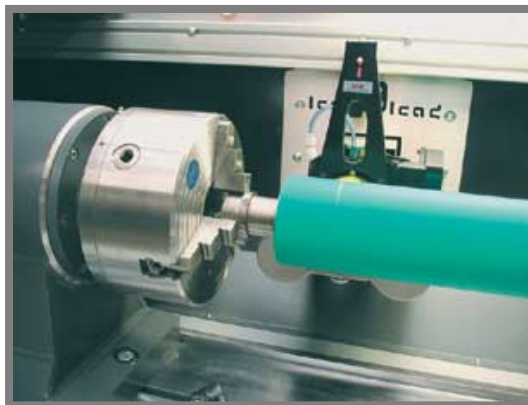
Takto zhotovené tiskové desky se nalepují na formový válec do formového sendviče. Ten se skládá z flexotiskové desky, oboustranně lepící folie a stlačitelné vrstvy. Jedné celkové tloušťky sendviče lze dosáhnout pomocí kombinace různých tloušťek výše zmíněných vrstev. Dnešní trend se ubírá směrem tenkých tiskových desek při současné tlustší stlačitelné vrstvě.

Jedním z netradičních způsobů výroby tiskových forem je technologie přímého gravírování do flexotiskového sleeveu. Reliéf je v podstatě vypalován pomocí laseru přímo do válce. Odpadá zde proces osvětlení UV zářičem a vymývání. Odstraňovaný materiál shoří a zbytek se odsaje.



obr. 9: Fotopolymerní deska n výstupu z vymývacího stroje [9]

Proces montáže flexotiskové desky zde postrádá jakýkoliv smysl, protože reliéf je vytvořen přímo na flexosleevu. Sleeve a štoček je zde tvořen jednou součástí. Tím odpadají nepřesnosti způsobené při montáži a forma je bezešvá. Při vlastním procesu vypalování je válec umístěn na trnu a za rotace je do něho vyřezán budoucí tvar. Celý proces velice zjednodušeně řečeno připomíná soustružení.

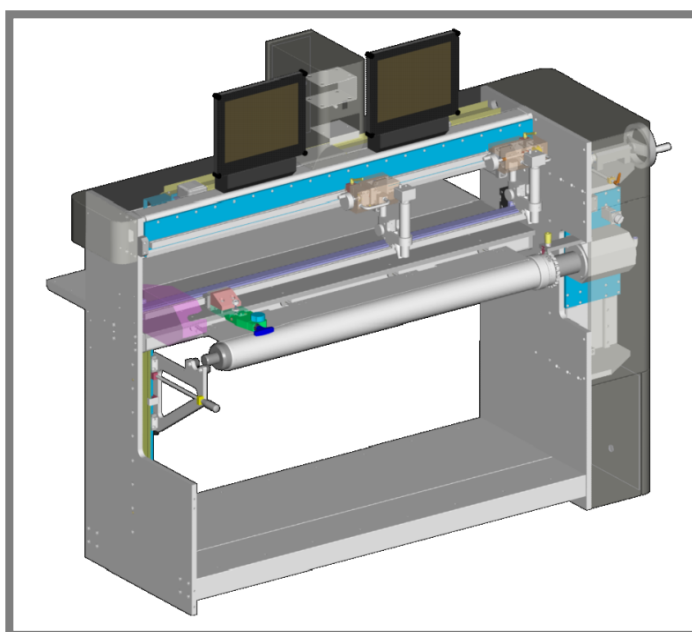


obr. 10: Laserové gravírování flexosleevu [10]

## 2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO ANALÝZA

2

Dosavadní konstrukce montážního stroje je patrná z obr.11. Stroj nese označení Flexmont S. Toto zařízení je vyráběno firmou Soma Engineering. Je schopno opakované montáže flexotiskových desek na formový sleeve a to s vysokou přesností. Ta je zajištěna vzájemnou polohou soutiskových značek, které jsou snímány kamerou. Snímaný záznam je dále promítán na monitorech se stonásobným zvětšením. Obsluha je tak schopna nalepit štoček na formový sleeve v přesně požadované poloze.



obr. 11: Montážní stolice Fexmont S

Stroj Flexmont S je vyráběn a dodáván v řádu jednotek až desítek kusů ročně. Jedná se o doplňkové zařízení potřebné při chodu tiskových. Přístroj připravuje tiskové desky pro užití v sériovém tisku. Pokud má přístroj zachovat konkurenceschopnost, je nutné ho celkově zlevnit a přitom zachovat nebo dokonce zlepšit jeho vlastnosti.

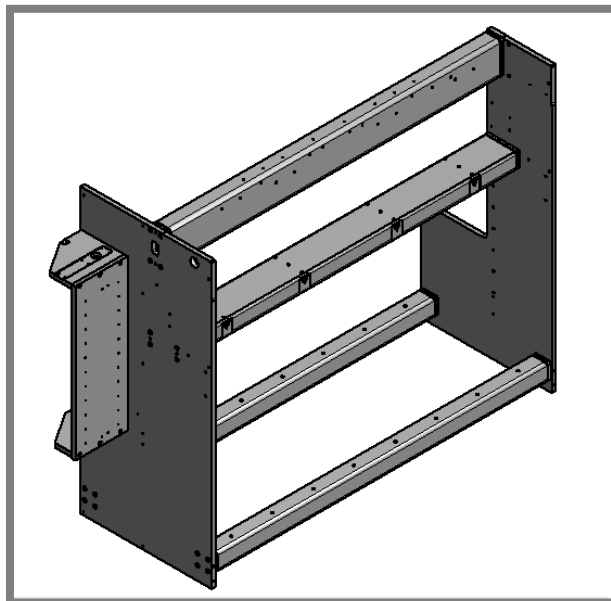
### 2.1 Konstrukce rámu

2.1

Současný rám stroje je z funkčního hlediska vyhovující, některé jeho části jsou však obtížně vyrobitelné či smontovatelné. Zejména pak deska nesoucí kamerový systém. Na tuto desku je přišroubována vodící kolejnice lineárního vedení, po které se příčně posouvají dvě kamery zaznamenávající polohu značek zabezpečující přesné nalepení tiskové formy na sleeve. Při výrobě je nutné dodržet kolmost vodorovného vedení kamer s vertikálním vedením nosného válce.

Dosavadní těleso rámu je ocelové a je tvořeno dvěma rovnoběžnými deskami. Tyto desky jsou spojeny čtyřmi příčkami. Spojení je realizováno zápustnými šrouby (obr.12).

Vizi technologického oddělení firmy SOMA Engineering je zakomponovat do své škály technických možností nový kompozitní materiál polymerbeton. Jedná se o anorganické plnivo v organické matrici. Tento materiál má vynikající tlumící vlastnosti, dobrou tepelnou stabilitu a především výbornou ekonomickou bilanci při sériové výrobě. Polymerbeton se odlévá podobně jako např. litina do forem, kde



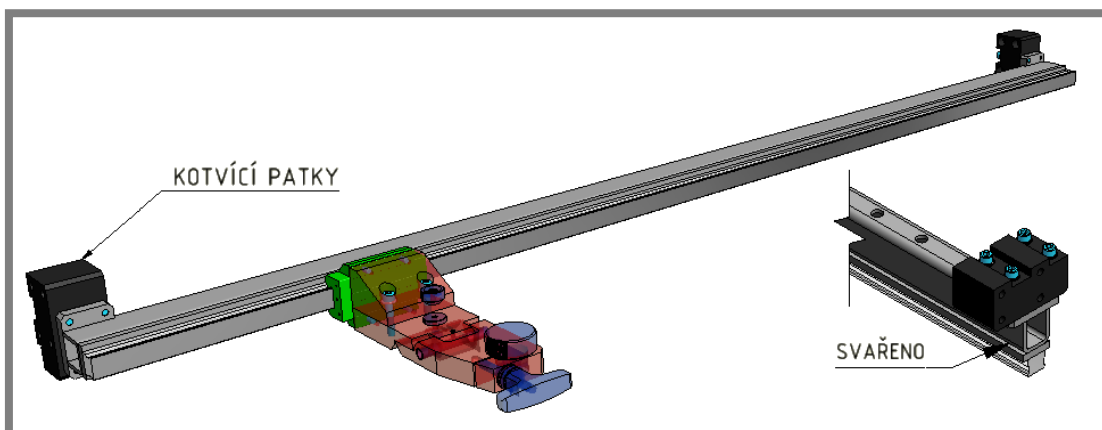
obr. 12: Původní rám stroje

tuhne. Rozdíl je v tom, že celý proces probíhá zastudena. Tím odpadají problémy spojené se smršťováním při tuhnutí. Dnešní technologie dovedou odlévat součásti s geometrickou přesností tvaru až 0,1mm.

Vzhledem k jednoduchosti rámu se budou první pokusy s tímto materiálem provádět na přístroji Flexmont S. Jednou z možných variant zlevnění montážního přístroje je zhotovení rámu jako odlitku ze zmíněného polymerbetonu. To sebou ponese optimalizaci konstrukce rámu. Je nutno se přizpůsobit technologickým možnostem pro odlití a dodržet technologické zásady pro konstrukci formy.

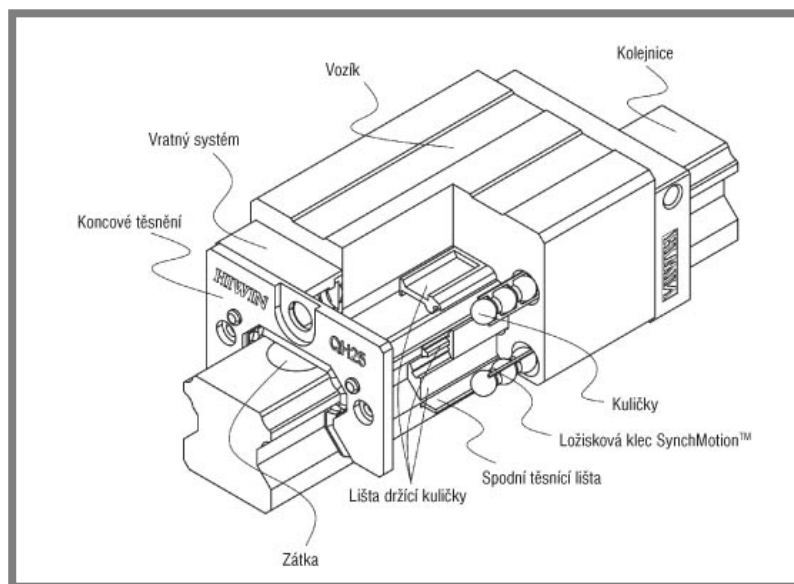
## 2.2 Vedení ořezávacího nože

Vedení zajišťuje lineární vratný pohyb konzoly. Nůž, který je konzolou uchycen, zajišťuje funkci přesného oříznutí flexotiskové desky po přilepení na formový sleeve. Konzolu je možno vyklopit a posunout do bezpečné polohy levého okraje zařízení.



obr. 13: Ořezávací zařízení a jeho kotvení k rámu stroje

Pomocí stavěcího šroubu lze definovat hloubku řezu nože. Současné lineární vedení je realizováno kolejnicí a vozíkem Hiwin HGW 25HC s oběhovými kuličkami. Kolejnice je přišroubována na nosnou svařovanou lištu, která je kotvena na rám frézovanými kostkami, pomocí zápustných šroubů.



obr. 14: Vozík lineárního vedení s oběhovými kuličkami Hiwin

Tato konstrukce je značně složitá na výrobu. Lišta svařována ze dvou kusů, a to v celé délce 1630mm. Nastává problém s deformacemi během chladnutí. Nakupované vedení s kolejnicí je rovněž poměrně nákladné. Patky jsou složitě frézované a tím narůstá jejich cena. Ořezávací zařízení by bylo vhodné osadit jiným levnějším druhem lineárního vedení a to například některou z technologií vodících rolen.

Ořezávací zařízení je nabízeno jako volitelné příslušenství k montážní stoličce a v dnešní době je jím osazována jen malá část produktů. Zákazník si raději formovou desku ořízne ručně, než aby si kupoval nákladné ořezávací příslušenství.

### 2.3 Konstrukce opěrného stolku

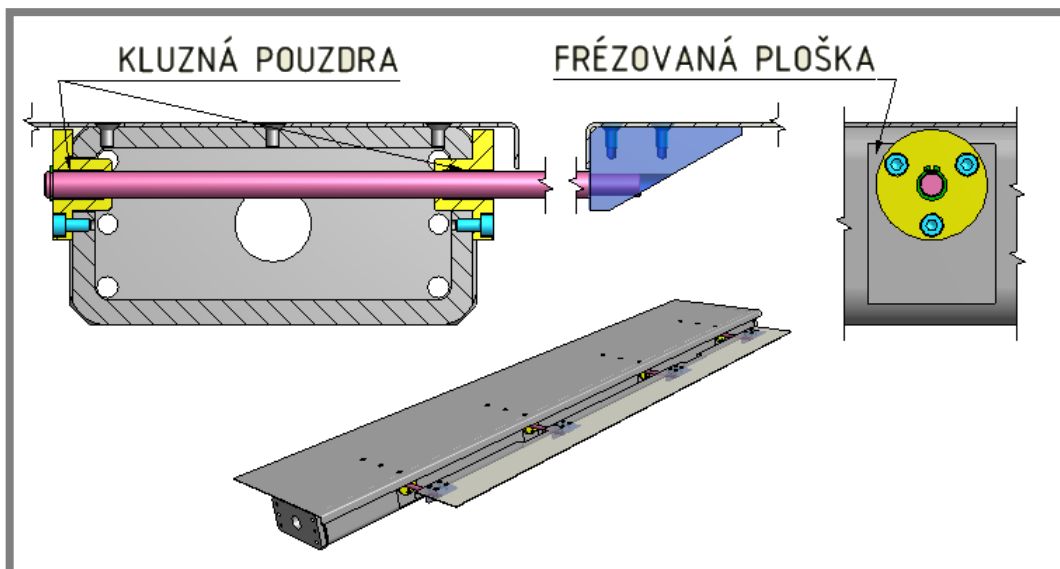
Před samotným lepením štočku na formový sleeve se štoček pokládá na opěrný stolek umístěný tečně k jeho povrchu. Poté se přilepí za současné rotace sleeveu, kdy je unášen ze stolku na povrch formového sleeveu. Stolek tedy musí být ze své horní strany hladký a bez vyčnívajících šroubů, jinak by se mohl štoček při nalepování poškodit.

Stolek umožňuje vysunutí ve vodorovném příčném směru tak, aby bylo možné používat větší průměry formových válců. Tento pohyb je zajištěn čtveřicí kluzných teflonových KU pouzder kulatého průřezu. Tyto pouzdra jsou lícovány k rámu stroje kulatými otvory. Pouzdro se osazením opírá o frézovanou plošku rámu. Poté je k němu pevně kotveno třemi šrouby.

Pouzdra prochází čtyři broušené tyče na jejichž koncích jsou nalisovány frézované nosné úchyty pro stůl. Na tyto úchyty je přišroubován stolek pomocí zápusťných šroubů s kuželovou hlavou.

Stolek se automaticky středí na nosné úchyty vlivem kuželové hlavy šroubu. To způsobuje problémovou montáž stolku. Důvodem je obtížné dodržení přesné rozteče děr v plechovém tělese. Tento montážní problém je potřeba konstrukčním řešením odstranit.

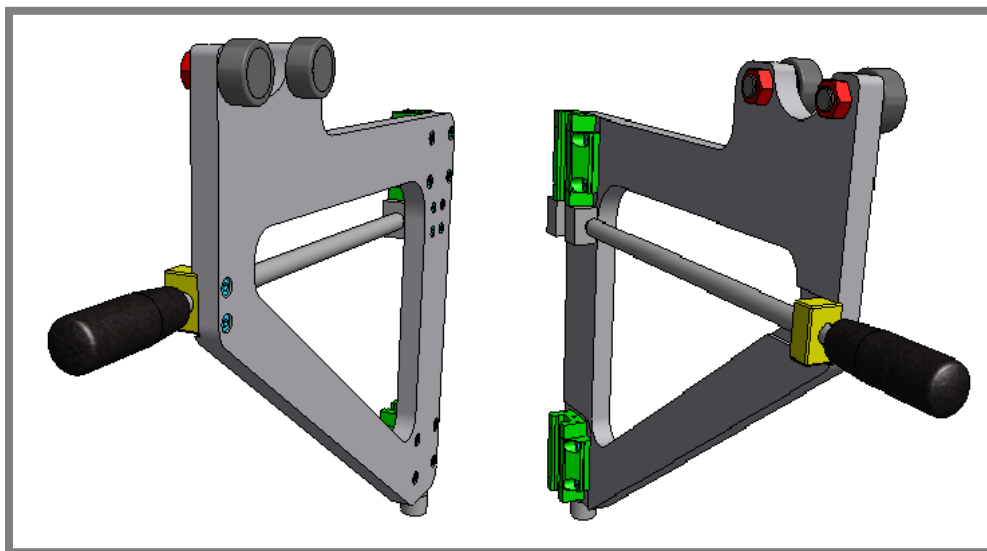
Další požadovanou úpravou je zjednodušení výrobních operací na rámu stroje v okolí místa uložení KU pouzder. Obdélníkový profil je nyní složitě frézovaný v místě frézované plošky (viz. obr 15).



obr. 13: Uložení ručně výsuvného stolku

## 2.4 Podepření nosného válce

Nosný válec, na který se navléká formový sleeve, je vetknutý na jednom konci k rámu stroje a na druhém má konec volný. Přes volný konec se navléká tiskový válec. Během samotného procesu montáže se manipuluje s výškou osy nosného válce. Důvodem jsou různé průměry používaných sleeveů. Na nekotveném konci je válec pouze podepřen dvěma opěrnými kladkami, které jsou polohovatelné pouze ve svislém směru (viz obr.16).



obr. 14: Podpěra volného konce formového jádra

Úkolem je navrhnout možnou manipulaci i v příčném vodorovném směru. Jedná se o pouhé vymezení výrobních nepřesností během montáže stroje. Toto polohování snižuje požadavky na přesnost rozměrového obvodu rám válce, podpěra. Při montáži formových válců se už vymezování vůle nepředpokládá. Požadovaný dostatečný posuv v příčném směru je  $\pm 10\text{mm}$ .

## 3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Rám montážního stroje Flexmont S a další jeho komponenty projdou úpravami, které jsou zmíněny v kapitole 3.1. Primárním cílem bude zlevnit dosavadní řešení těchto konstrukčních uzlů.

### 3.1 Cíle bakalářské práce

- **Konstrukce rámu:** Předmětem nové konstrukce bude využití polymerbetonu jako materiálu použitého pro výrobu rámu nebo některých jeho součástí.
- **Opěrný stolec:** Uchycení stolku k frézovaným patkám je nutno upravit tak, aby nenastaly problémy při montáži spojené s nepřesnou polohou děr ve stolku. Dále je nezbytné zjednodušit výrobu části rámu, která tento stolec drží.
- **Ořezávací zařízení:** Cílem úpravy je snížit pořizovací a výrobní náklady spojené s lineárním vedením ořezávací konzoly a při tom zachovat funkčnost.
- **Podpěra nosného válce:** Kladky usadit tak, aby s nimi bylo možno při montáži pohybovat v rozsahu  $\pm 10\text{mm}$  ve vodorovném směru kolmo k ose nosného válce.



## 4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

---

**4**

Při návrhu jednotlivých variant řešení a následného konstrukčního řešení problémů zmíněných v kapitole 3.1, bude využito osobních zkušeností získaných studiem na SPŠ v Rychnově nad Kněžnou a na FSI VUT v Brně. Bakalářská práce je zadána jako konstrukční pro potřeby průmyslu. Proto budou kromě osobních zkušeností brány při řešení problému v potaz také zkušenosti zadavatelské společnosti SOMA Engineering s.r.o.

Inovace, které mají být provedeny, jsou zmíněny v kapitole tři. Při navrhování dílčích úprav se bude vycházet ze stávajícího konstrukčního provedení. Při modelování a konstrukci bude brán zřetel na snadnou a levnou vyrobiteľnost, s důrazem na nízké výrobní náklady, při zachování funkčnosti.

K tvorbě jednotlivých návrhů budou využity 3D modeláře Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 a autodesk Inventor 2011. Výpočty budou prováděny prostřednictvím softwaru MathCAD.

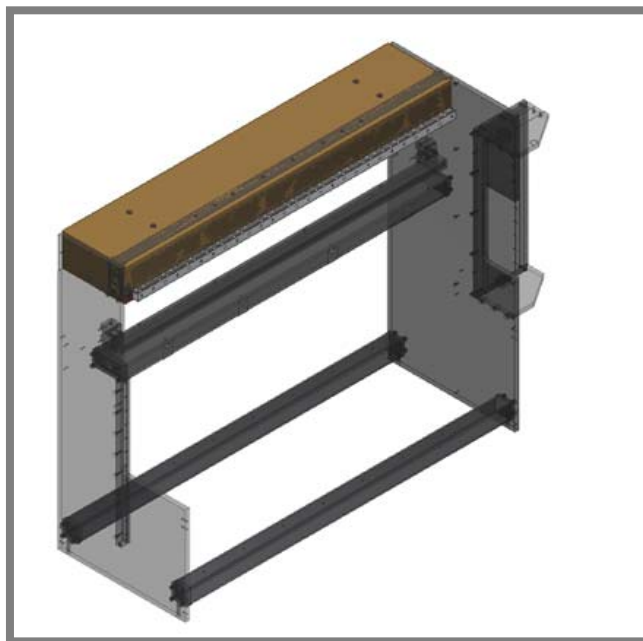
Výstupem bakalářské práce budou vyřešené konstrukční problémy jednotlivých dílčích uzlů stroje Flexmont S a prezentovány formou návrhových sestav. Firma SOMA Engineering následně posoudí danou práci a případně ji zakomponuje do výrobního procesu.

## 5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A OPTIMÁLNÍ VARIANTY

### 5.1 Optimalizace rámu

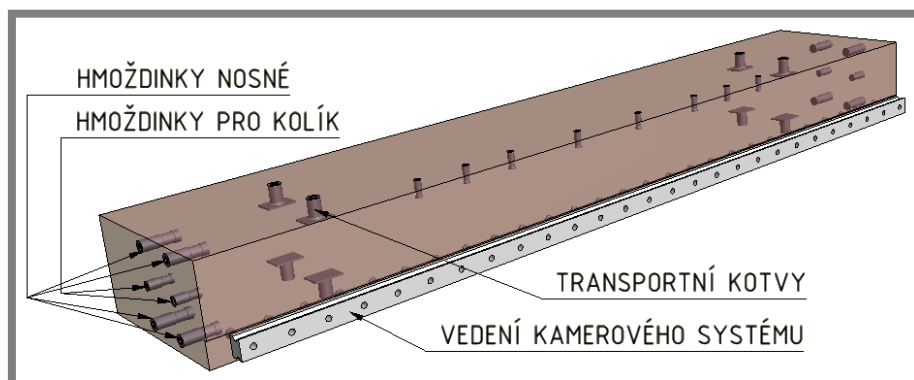
Firmě SCHNEEBERGER Mineralgusstechnik byl zaslán stávající 3D model rámu. Ta na základě těchto zasláných dat vytvořila nabídku firmě SOMA Engineering, ve formě dvou různých variant rámu.

#### 5.1.1 Varianta 1.: Odlitek vložený do stávajícího rámu



obr. 17: Odlitek vložený do stávajícího rámu

V první variantě se nejedná o celkový monolit nahrazující stávající rám, ale pouze o vložený odlitek nahrazující složitou část rámu (viz obr.17). Odlitek zde nahrazuje desku nosící kamerový systém. Místo, kde dojde ke styku kolejnice a odlitku, je odléváno přesněji, aby bylo dosaženo požadované jakosti.



obr. 18: Detail odlitku z polymerbetonu

Odlitek je k rámu přichycen pomocí osmi speciálních závitových hmoždinek zalitých v těle odlitku. Přesnou polohu k rámu zajišťuje čtveřice hmoždinek s dírou pro kolík. V těle odlitku jsou také zality kotvy, do kterých lze našroubovat transportní oka (viz obr.18). Hmotnost odlitku činí 210kg při rozměrech 1640x162x345.

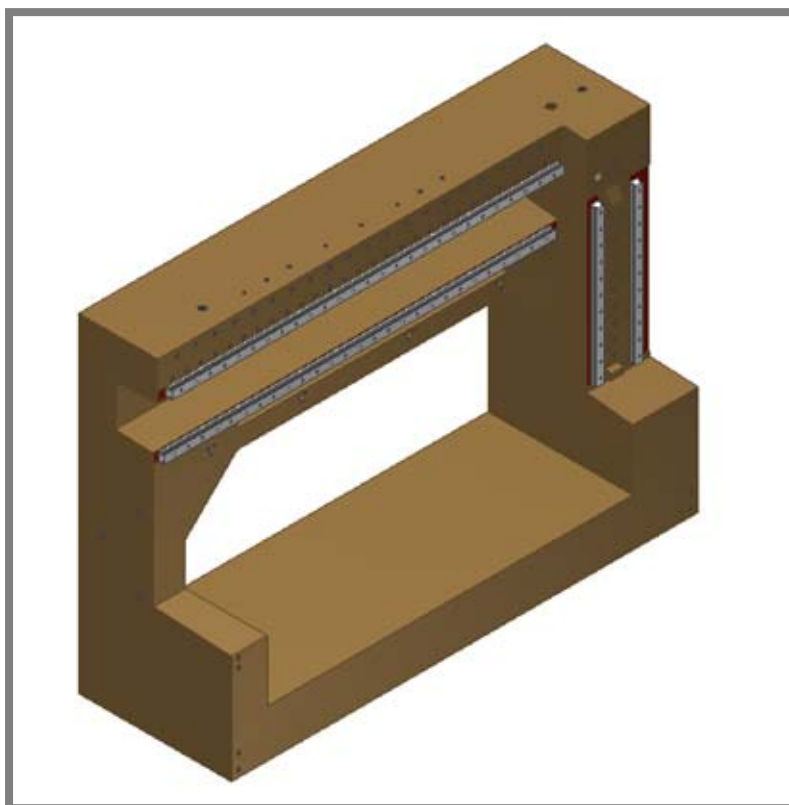
### 5.1.2 Varianta 2.: Celý odlitek

5.1.2

Jako další možné provedení rámu, bylo dodavatelskou firmou nabídnuto celkově odlité těleso jako kompaktní monolit. Rám je tedy tvořen v celém svém objemu polymerbetonem (viz obr.19).

Má celkově vyšší tuhost oproti původní ocelové variantě. Jelikož se jedná o materiál na bázi jemného kameniva, kde je pojivem pryskyřice, odolá nová konstrukce lépe degradačním vlivům. V této variantě je ušetřen montážní čas, protože těleso rámu je tvořeno jedním kusem. S tím také souvisí ušetření výrobních časů na jednotlivých součástích původního provedení. Přesnost usazení lineárního vedení je zaručena. SCHNEEBERGER pro výrobu přesných ploch nabízí několik technologií.

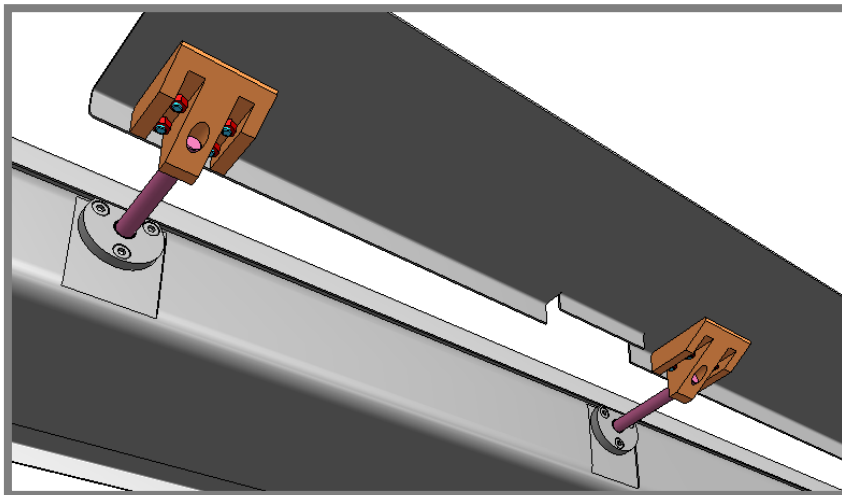
V odlitku jsou zalité závitové vložky a transportní kotvy. Hmotnost činí 1600kg při vnějších rozměrech 1955x1380x640.



obr. 15: Celkový odlitek rámu

## 5.2 Opěrný stolek

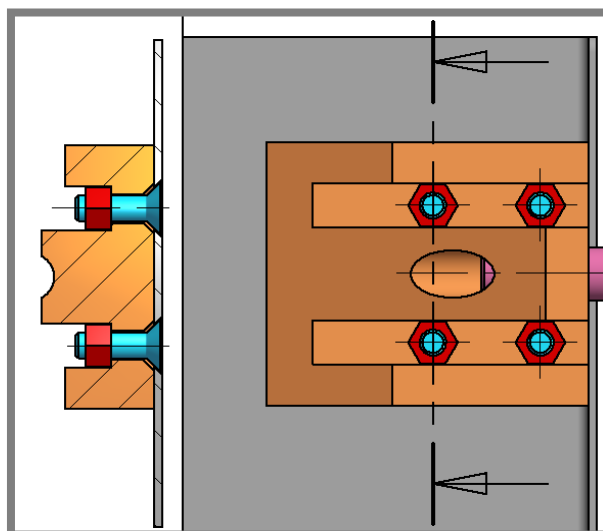
### 5.2.1 Varianta 1: Řešení s přidavnými maticemi vedenými v drážce



obr. 16: 3D model stolku s přidavnými maticemi vedenými drážkou

Toto konstrukční řešení dovoluje širší výrobní tolerance vrtaných děr do plechového stolku. Oproti původnímu řešení jsou zde použity matice. Díry v patkách jsou vrtány skrz. V tělese patky jsou ze spodní strany vyfrézovány dvě rovnoběžné drážky, do kterých se vloží matice. Matice je držena boky drážek, takže nedojde k protočení. Je ušetřena práce mechanikovi, který si při utahování šroubů nemusí zespoda matici blokovat klíčem.

Drážka je frézována s vůlí, takže matice není přesně držena v definované poloze. To umožní přesné ustavení stolku až při montáži. Toto řešení bylo zamítnuto technologem z důvodu frézování drážek pro matice v patkách. To by přineslo další zvýšení nákladů.



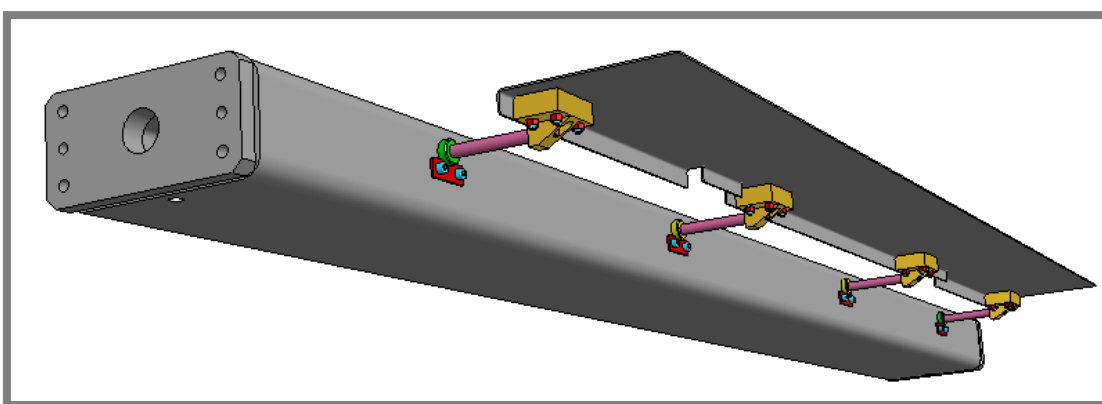
obr. 17: Detail kotvení stolku k patkám

### 5.2.2 Varianta 2: Řešení s vedením bronzovými pouzdry

V této variantě je použit obdobný systém kotvení plechu k patkám jako v první variantě. Matice zde nejsou vedeny drážkou, ale ční volně nad povrch kotvicí kostky.

Systém vedení je tvořen kluznými bronzovými pouzdry. Ve čtvercovém profilu rámu je vrtáno osm děr pro umístění bronzových pouzder. Dvojice děr vždy slouží pro vedení jedné kluzné tyče. První díra prochází jednou stranou obdélníkového profilu a druhá je umístěna souose na rovnoběžné straně (viz obr.22).

Všechna pouzdra drží proti axiálnímu pohybu osm destiček. Každá z těchto destiček prochází drážkou v pouzdře na vnějším průměru a k rámu je chycena dvojicí šroubů.



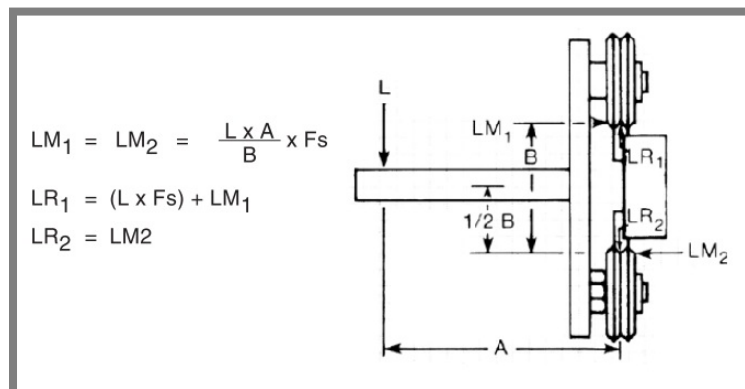
obr. 18: 3D model stolku vedeným bronzovými kluznými pouzdry

Nespornou výhodou této varianty je jednoduchý systém příčného vedení. Ten šetří výrobní časy, ale neomezuje funkčnost stroje. Tato konstrukce byla zvolena jako optimální. Odpadá problém se statickou neurčitostí při kotvení plechu k patkám, která dříve často nastávala. Výrobní časy nosné části rámu a pouzder jsou podstatně sníženy. Podrobněji je tato varianta nastíněna v následující kapitole.

### 5.3 Ořezávací zařízení

Tři následující varianty řeší problém spojený s vedením a jeho uchycení k rámu. Konzola s ořezávacím nožem není v žádné z variant zobrazena. (Byla by následně přišroubována ke konzolové desce.)

Výpočet maximálního možného zatěžujícího momentu je v každé variantě počítán z maximální dovolené axiální síly LM uvedené v katalogu a vzdálenosti B dané konstrukcí (viz obr.23).

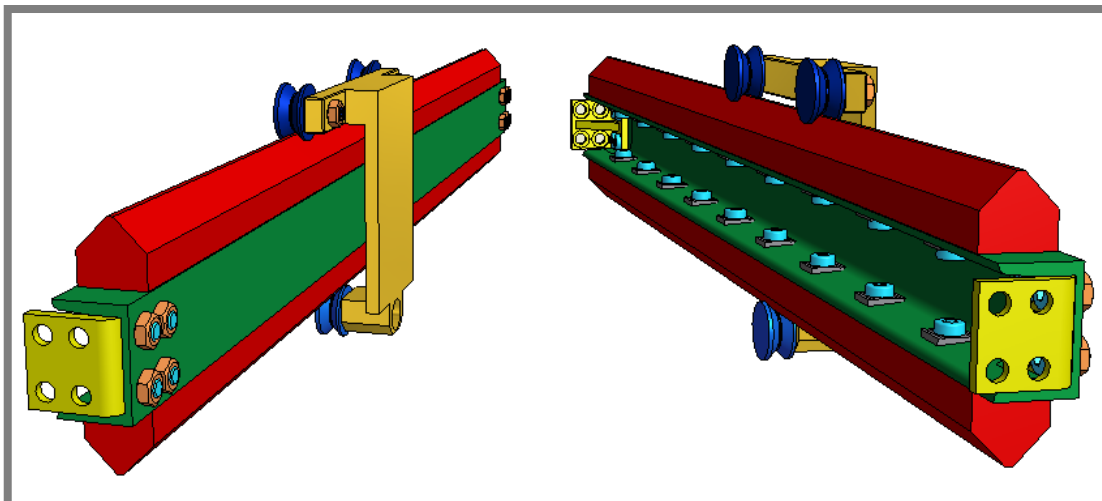


obr. 19: Silové působení na konzolu [14]

### 5.3.1 Varianta 1: Využití roln pro velká zatížení

Lineární vedení je řešeno dvěma centrickými rolnami HPV 26 a jednou excentrickou rolnou HPVE 26. Excentrická rolna je umístěna na spodní kolejnici a slouží k vymezení vůle ve vedení. Osa otáčení kladky není souosá s osou díry v konzolové desce. Při otočném prokluzu mezi excentrickým čepem a dírou v konzolové desce dochází ke změně umístění osy rotace kladky. Hlavním zatížením kladek je axiální síla vyvozená ohybovým momentem při obsluze.

Konstrukce je stavěna jako primárně radiální, v tomto směru přenesse dynamické zatížení až 3 kN. Rolny mají tvar V a jsou středěny na dvě rovnoběžné kalené prizmatické kolejnice. Kolejnice je pak dále přišroubována k profilu U 65 šrouby



obr. 20: 3D Model Lineárního vedení s využitím kladek pro velká zatížení

s vnitřním šestihranem. Použity tu jsou také speciální podložky pro šikmé profily DIN 434. Celková konstrukce je zavěšena k rámu stroje ohýbanými kotvami, které jsou vprostřed posílený žebrem z důvodu vyšší tuhosti. Konstrukce vedení je zobrazena na obrázku 24.

Nevýhoda této varianty je v přílišném předimenzování kladek, proto je z důvodu šetření použita jenom jedna excentrická kladka. Konstrukce je zbytečně mohutná.

Osy kladek jsou řazeny rovnoběžně, což by bylo výhodné pro vysoké radiální namáhání. Celá konstrukce je namáhána kroutícím momentem od tíhy konzoly a sil vyvinutých obsluhou. Reakce v kladekách jsou převážně v axiálním směru. Maximální dynamický dovolený krouticí moment, který konzola unese je  $M = 190 \text{ N}\cdot\text{m}$  (vektor momentu je rovnoběžný se směrem pohybu konzoly). Skutečný moment způsobený provozem činí  $M_{\max} = 30 \text{ N}\cdot\text{m}$ .

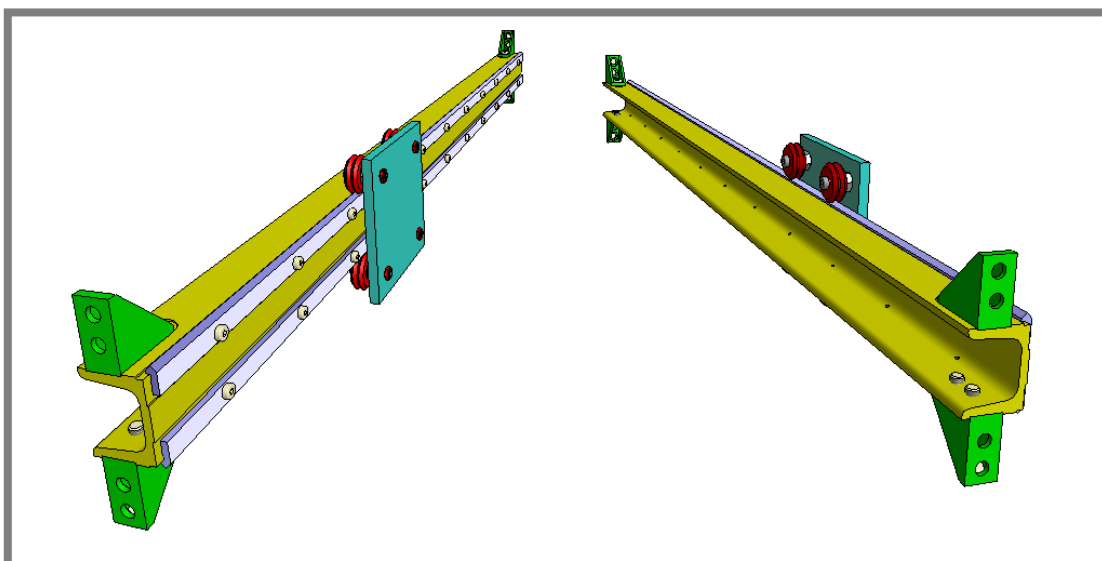
Vysoká předdimenzovanost kladek a nutnost použít dvě kalené kolejnice by dosavadní výrobní cenu ještě zvýšily, a proto je tato konstrukce nevýhodná. Kolejnice jsou předdimenzované, protože jsou svoji konstrukcí určeny pro vysoké radiální namáhání. Řešení by se dalo zlevnit použitím menší kolejnice, tu ale dodavatel nenabízí a bylo by ji nutné vyrábět.

### 5.3.2 Varianta 2: Využití systému LinTrek

5.3.2

System vedení je řešen obdobně jako řešení s rolnami pro velká zatížení. S tím rozdílem, že je zde použita kompaktnější technologie vedení. Kolejnice jsou přichyceny k základnímu profilu U 50 zápusnými šrouby M5x10. Celá konstrukce je kotvena čtyřmi patkami k rámu. Patky jsou vystuženy přivařenými žebry na bocích. U-profil je v místech styku s kolejnici a patkami frézován aby se dosáhlo požadované přesnosti (viz obr.25).

Kladky lintrek jsou, oproti systému rolen pro velká zatížení, všechny stejné a

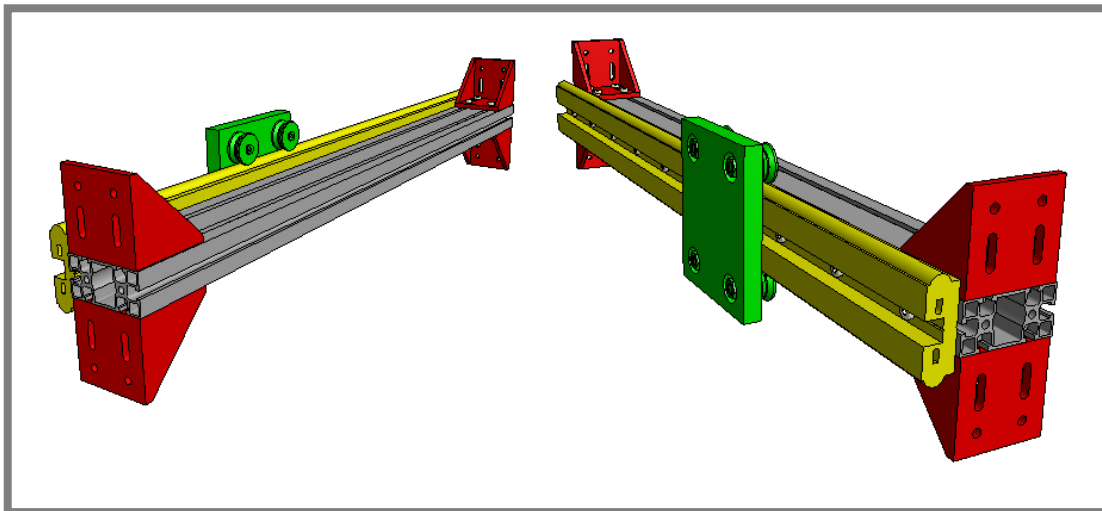


obr. 21: 3D Model Lineárního vedení s využitím systému lintrek

mají uprostřed centrickou díru. Vymezení vůle se praktikuje až použitým excentrickým čepem, jenž se natočí tak aby se vůle vymezila. Použita dvojice kladek s centrickými čepy (nahore) a dvojice s excentrickými (dole).

Při aplikaci tohoto řešení je nutno frézovat stykové plochy na U-profilu a také vyrobit kotvící patky, což je ekonomicky méně výhodné. Oproti 1. variantě jsou, ale nakupované komponenty levnější. Maximální provozní ohybový moment (vektor momentu je rovnoběžný se směrem pohybu), který konzola snese je  $350 \text{ N}\cdot\text{m}$  dynamický a  $690 \text{ N}\cdot\text{m}$  statický. To je tedy více nežli u kladek pro velká zatížení.

### 5.3.3 Varianta 3: Využití systému Alurol



obr. 22: 3D Model Lineárního vedení s využitím systému Alurol

Systém Alurol, je dodáváný ve formě stavebnice. Nosný prvek je realizován pomocí hliníkového profilu Alutec 4590. Tyto profily jsou lehké, zároveň mají výborné tuhostní a pevnostní vlastnosti. K rámu je celý systém kotven patkami SQ3. Tyto patky jsou k hliníkovému profilu chyceny pomocí speciálních upínek PM8. K profilovému hranolu je přišroubována dvojitá kolejnice GD20, skládající se z duralového lůžka a dvou hlazených kulatinových tyčí. Chycení je zde realizováno opět pomocí upínek PM8. Po kolejnících se pohybuje vozík C20A s ocelovou deskou. Konstrukce je patrná z obrázku 26. Na tuto desku by se dále přišroubovala konzola s ořezávacím nožem. Vymezení vůle ve vedení se provádí natočením excentricky uložených kladek.

Nesporná výhoda tohoto řešení je v relativně nízké pořizovací ceně, která je ještě umocněna použitím kupovaných dílů. Firma SOMA by vyráběla pouze samotnou konzolu. Na druhou stranu je tato varianta nejméně tuhá, jelikož je z velké části duralová. Maximální statický dovolený ohybový moment (vektor momentu je rovnoběžný se směrem pohybu kladek) uváděný dodavatelem je 210 N\*m. Jedná se o zatížení statické. Tato varianta byla předběžně vybrána jako vyhovující a je podrobněji přiblížena v kapitole 6.



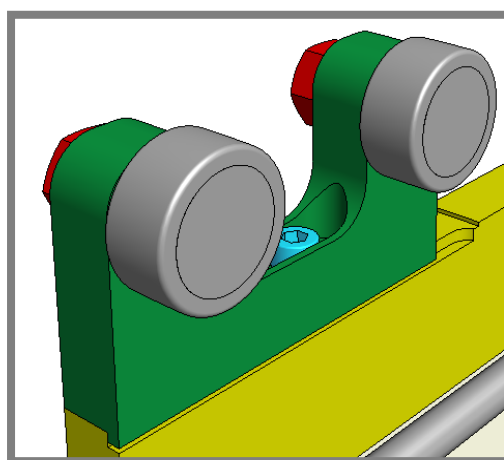
## 5.4 Podpěra nosného válce

5.4

### 5.4.1 Varianta 1: Šrouby řazené kolmo

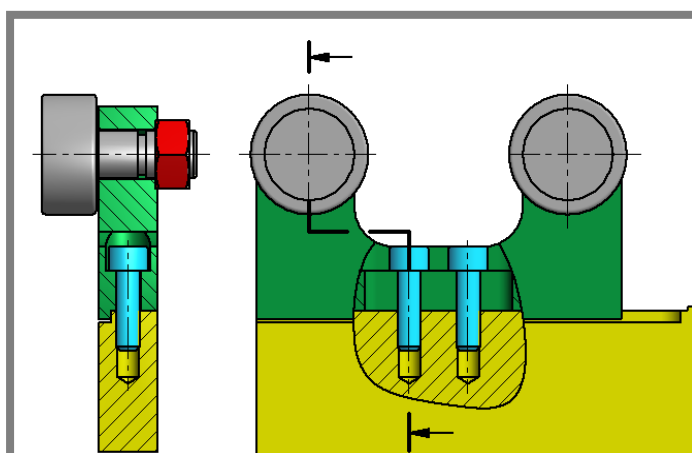
5.4.1

Původní konzola je rozdělena na dvě části. Posuvná část jezdec, který nese podpěrné kladky a konzola. Ve stykových plochách obou součástí jsou vyfrézované vodící drážky, tak aby do sebe části zapadli a přesně definovali kolmou polohu k ose válce. Jezdec je chycen ke konzole dvěma zápustnými šrouby. Osy šroubů jsou vedeny vertikálně. V jezdcí je oválná díra pro šrouby, aby se s jezdcem dalo hýbat v příčném směru. Při montáži se jezdec posune do požadované polohy a přitáhne šrouby. Z důvodu úzkého rozchodu os kladek je v jezdcí pouze jedna široká díra pro oba šrouby (viz obr.27).



obr. 23: Podpěra nosného válce se šrouby řazenými vertikálně

Výhodou této varianty je, že podpěrná síla působí kolmo na stykovou plochu obou částí. Nezbývá zde ale místo pro umístění kolíku pro zajištění polohy jezdece. Tento kolík je důležitý v případě následného rozebírání a skládání stroje například

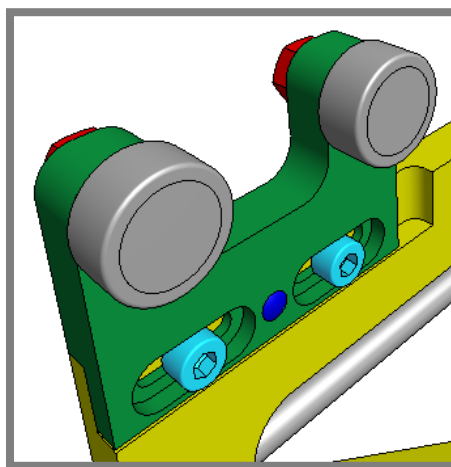


obr. 24: Detail ukotvení podpěry se šrouby řazenými vertikálně

při opravě. Jedna společná díra pro dva šrouby není z pevnostního hlediska nejlepším řešením.

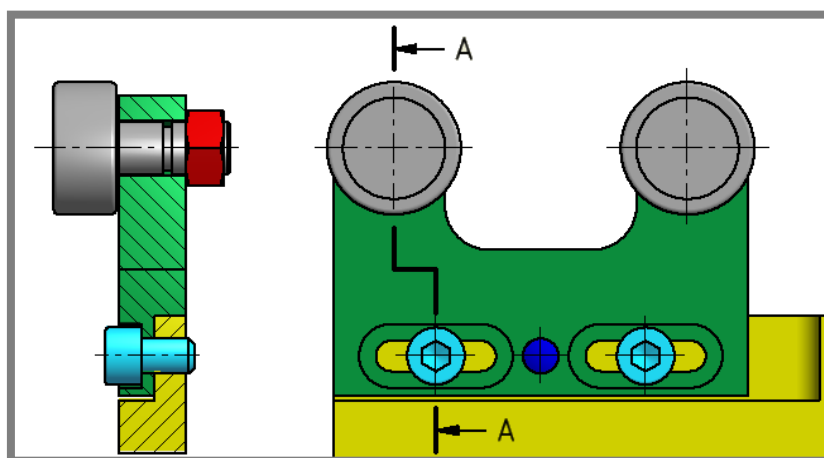
#### 5.4.2 Varianta 2: Šrouby řazené vodorovně

Konzola je rozdělena na dvě části jako ve variantě 1. Ve stykových plochách obou součástí jsou vyfrézované vodící drážky. Jezdec je chycen ke konzole zápusnými šrouby, kde jsou osy šroubů umístěny vodorovně. Tyto šrouby v jezdcí procházejí oválnými dírami a dovolují posuv jezce v příčném směru před dotažením šroubů. Vodící drážka je v této variantě hlubší, tak aby do ní bylo možné umístit závitové otvory (viz obr.29).



obr. 29: Podpěra nosného válce se šrouby řazenými vodorovně

Při montáži stroje se konzola s jezdcem přisune vertikálně k válci. Následně se jezdec nastaví do optimální polohy k ose válce a ukotví se šrouby. Nakonec se v sešroubovaném stavu jezdec svtá s konzolou a zajistí kolíkem, aby se při případném opětovném rozebrání a složení ušetřil montážní čas (viz obr.30).



obr. 30: Detail podpěry nosného válce se šrouby řazenými vodorovně

Při výrobě bude nutné dát pozor na kolmost dosedacích ploch k ose válce. Jakmile nebude tato kolmost zajištěna a součásti se spojí, dojde k vyosení kladek. Ty nebudou podírat válec po celé své šířce. Podrobněji je varianta popsána v následující kapitole.

## 6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

### 6.1 Optimalizace rámu-Celý odlitek

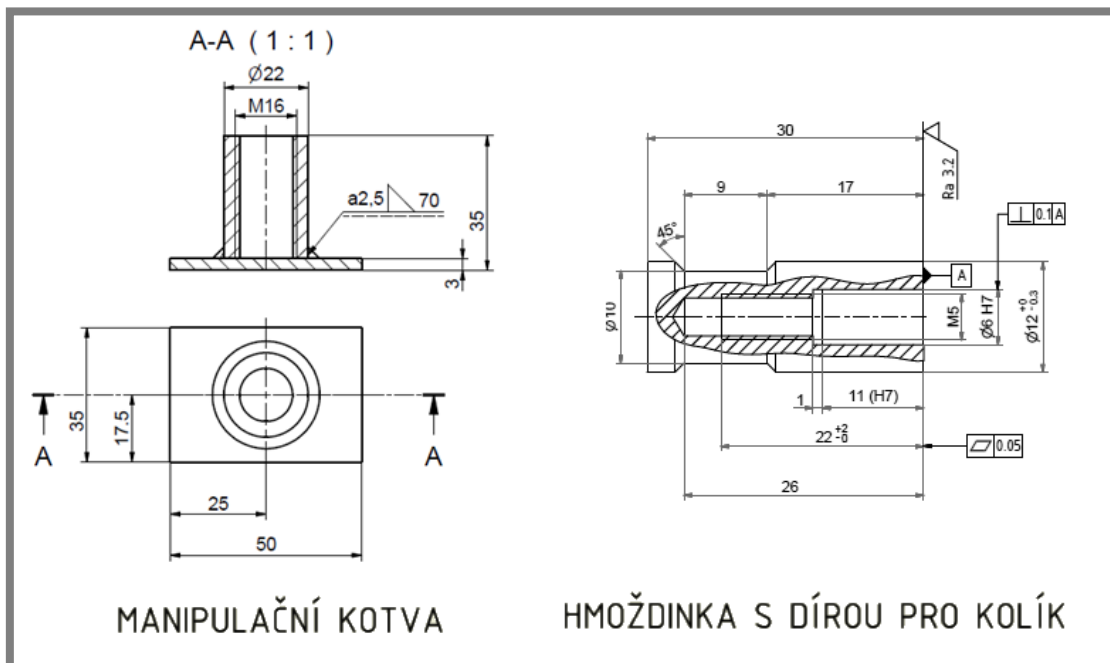
Těleso je tvořeno odlitou hmotou, ve které jsou zality kotvy a hmoždinky. Tyto součásti se zakládají do forem v přesné poloze před samotným procesem odlití.

#### Manipulace

Transport s tělesem během manipulace a montáže je značně zkomplikován hmotností 1600kg. Odlitek se bude přemísťovat jeřábem nebo vysokozdvizným vozíkem, proto je nutné ho vybavit manipulačními kotvami, které slouží pro další namontování transportních ok (viz obr.31). Kotva je tvořena závitovou trubicí, která je přivařena na nosný plechový dílec, ten zajistí rovnoměrné rozložení hmotnosti na kotvu. V těle rámu je zalitých celkem osm manipulačních kotev.

#### Závity

Rám je vybaven velkým množstvím závitových otvorů, potřebných pro uchycení vedení, krytů a dalších součástí. Závit zhotovený přímo v polymerbetonu by neměl vyhovující vlastnosti, proto je závit opatřena speciální hmoždinka, která je pak následně zalita v těle odlitku. Hmoždinky mohou být závitové nebo s přesnou dírou pro kolík (viz obr.31).



Obr.31: Díly zalité v tělese odlitku

#### Přesné plochy

Lineární vedení je umístěno s vysokou přesností, to sebou nese vyšší požadavek na přesnost podkladové plochy. SCHNEEBERGER nabízí několik technologií

zajišťujících vysokou geometrickou přesnost ploch. Jedná se například o zalití kusu oceli do odlitku, který je pak následně obroben na požadovanou přesnost. Lze také obrábět a brousit přímo polymerbeton. V tomto případě je volena technologie přesného dolití. Při odlévání těla se nechá prostor pro usazení kolejnice neodlitý. Poté se dosedací plocha dolije dodatečně jemnější směsí betonu. Geometrická kolmost dosedacích ploch 0,02mm je zaručena výrobcem.

### Formování

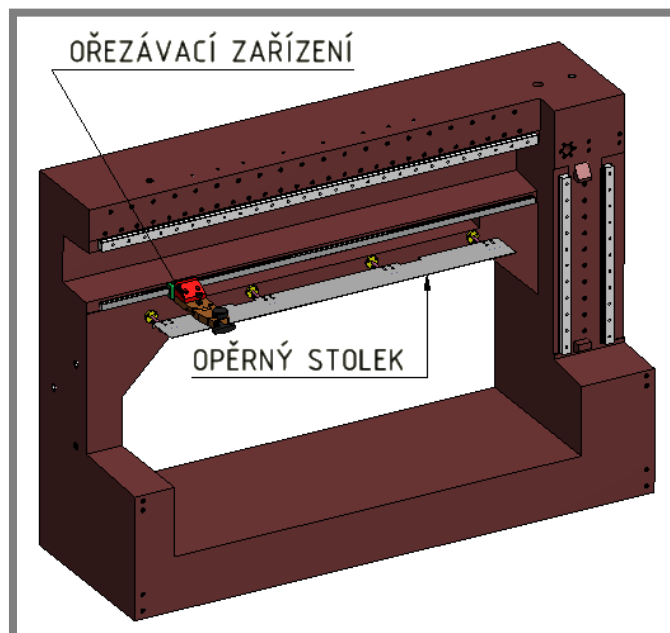
Odlitek je opatřen úkosi, tak aby bylo zajištěno jeho odformování po ztuhnutí směsi. Úkosi jsou zapotřebí jenom v místech, kde vzniká dutina. Úhly těchto úkosů jsou 3°. Vnější geometrie zůstává kolmá. Používané formy jsou vyráběny ze dřeva, oceli, hliníku či PVC, obvykle se ale jedná o kombinaci těchto materiálů.

### Ořezávací zařízení

Usazení kolejnic přímo na těleso rámu zvyhodňuje použití lineárního vedení s oběhovými kuličkami před technologií vodících rolen. Odpadají zde problémy spojené s výrobou svařované nosné lišty a nákladnou výrobou kostek, jež tuto lištu kotví k rámu.

### Opěrný stolek

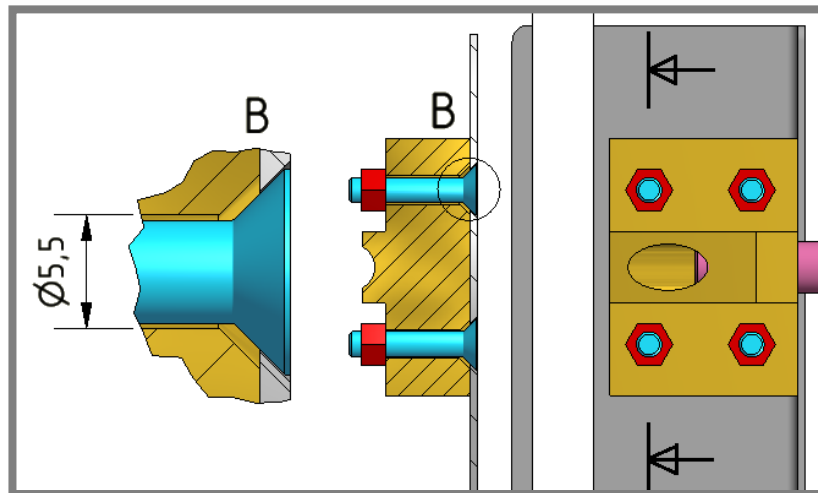
Obdobně jako u ořezávacího zařízení je uchycení realizováno přímo jedním tělesem rámu. Kluzná pouzdra jsou středěny do přesně odlitých děr, kde jsou chyceny třemi šrouby pomocí závitových hmoždinek.



Obr.32: Odlitek rámu osazený opěrným stolem a ořezávacím zařízením

## 6.2 Opěrný stolek - řešení s vedením bronzovými pouzdry

Dosavadní PTFE příčné vedení je nahrazeno novými bronzovými pouzdry. Kotvení stolku k patkám je realizováno prostřednictvím šroubů a matic, kde šroub prochází volnou dírou. Na rozdíl od dřívějšího kdy byl šroub umístěn přímo v závitové díře patky.



Obr.33: Uchycení stolku pomocí přidavných matic

### Kotvení plechu

Uchycení je realizováno čtyřmi frézovanými patkami. Závitové díry v patkách jsou zde nahrazeny volnými průchozími otvory. Vůle v těchto otvorech dovoluje pohodlnější montáž plechového stolku. Tento systém uchycení neklade takový důraz na přesnou rozteč děr vrtaných v plechu. Šrouby s kuželovou hlavou M5x25 procházejí volnými otvory a jištěny jsou maticemi. Průměr díry v kotvě je 5,5A11, to znamená minimální průměr  $D_{Kmin}=5,77\text{mm}$  a maximální  $D_{Kmax}=5,845\text{mm}$ . Rozmístění děr v kotvicí patce má toleranční pole o průměru  $d_{V1}$  0,2mm. Toleranční prostor rozmístění os děr v plechu má průměr  $d_{V2}$  0,2mm. Tolerance dovolují minimální vůli mezi šroubem a otvorem v patce  $V_{min}=185\mu\text{m}$  a maximální  $V_{max}=423\mu\text{m}$ . Tato vůle vymezení případné nerovnosti vzniklé v příčném vedení

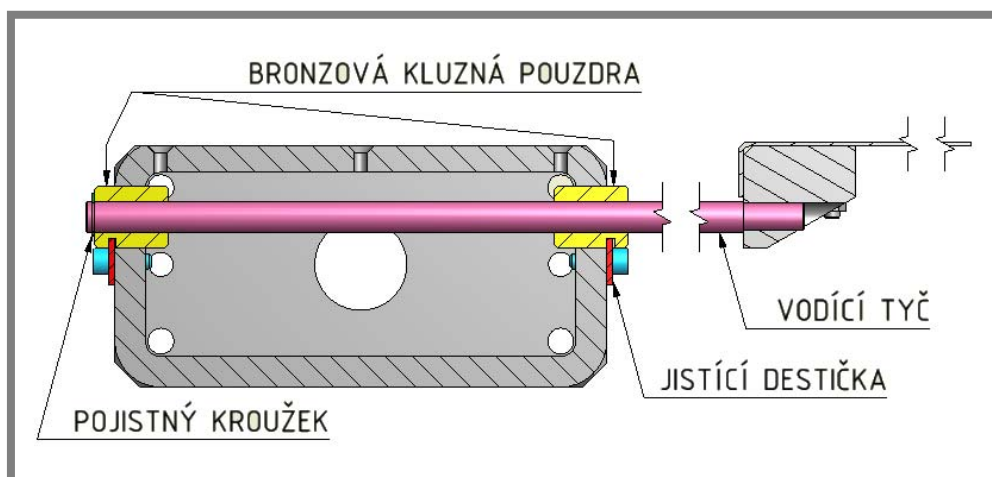
$$V_{min} = \frac{D_{Kmin} - D_{\text{š}}}{2} - \frac{d_{V1}}{2} - \frac{d_{V2}}{2} = \frac{5,77 - 5}{2} - \frac{0,2}{2} - \frac{0,2}{2} = 0,185\text{mm}$$

$$V_{max} = \frac{D_{Kmax} - D_{\text{š}}}{2} = \frac{5,845 - 5}{2} = 0,423\text{mm}$$

### Příčné vedení

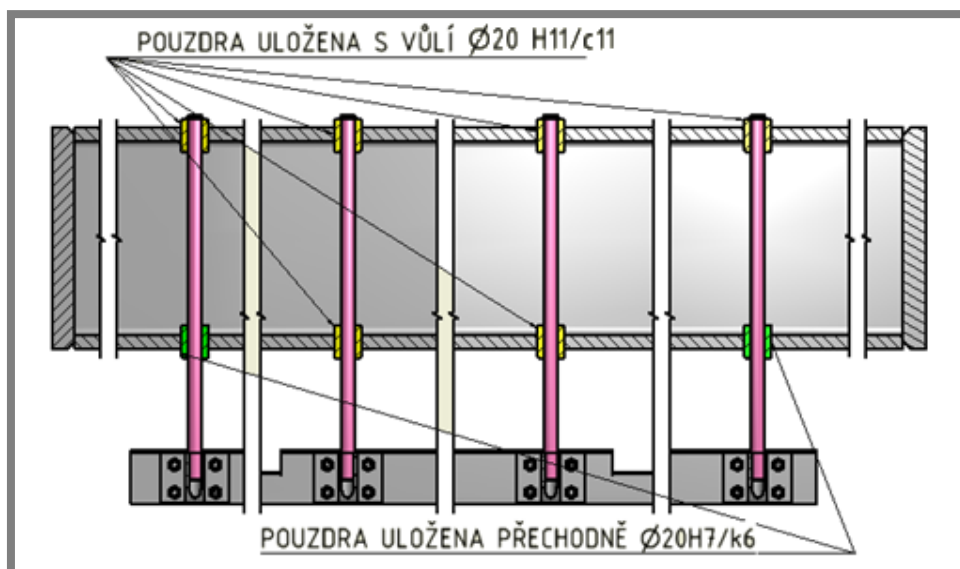
Stolek je veden čtyřmi vodícími tyčemi, na které je prostřednictvím patek nalisován a lepen. Každá z tyčí prochází dvěma bronzovými pouzdry jak je patrné na obr. 34. Na konci jsou tyče opatřeny pojistným kroužkem, tak aby nedošlo k úplnému vysunutí tyče z pouzdra. Každé z pouzder je jištěno jisticí destičkou zabraňující axiálnímu pohybu v rámu.

Tento způsob jištění je volen z důvodu jednoduchosti tvaru pouzdra. Absence osazení dovoluje použít menší bronzový polotovar při obrábění. Základní profil rámu není v místě styku s destičkou opracován, proto je nutné drážku v pouzdře pro jisticí destičku frézovat s dostatečnou vůlí. Kluzné pouzdro tak vykazuje nepatrný axiální pohyb v rámu. Jelikož na polohu stolku nejsou kladeny vysoké přesnostní nároky, tak tato vůle neovlivní funkčnost stroje.



Obr.34: Systém vedení stolku bronzovými pouzdry

Přesně definovanou polohu stolku zabezpečují pouze krajní vodící tyče. Polohu těchto přesně uložených tyčí zprostředkovává vždy jen přední pouzdro. Jedná se o pouzdro blíže ke stolku a na obrázku je zobrazeno zelenou barvou. Kdyby tyč byla středěna i protilehlým pouzdem, v případě výrobních nepřesností by mohlo dojít ke vzpříčení a nastala by statická neurčitost. Dvojice prostředních tyčí je uložena s vůlí v obou pouzdrech. Tato konstrukce klade vysoké požadavky na přesnost pouze u dvou vodících děr.

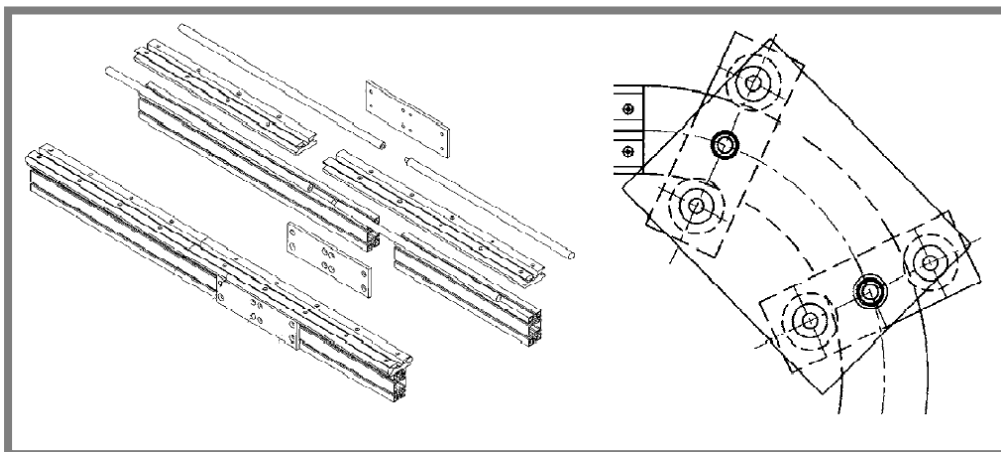


Obr.35: Uložení jednotlivých pouzder v rámu stroje

Kluzné pouzdro se bude soustružit z bronzu CuSn8 (ČSN 42 3018). Vodící tyče prochází všemi pouzdry ve stejném uložení  $\varnothing 10$  H7/g6 ( $v_{\min} = 5\mu\text{m}$  a  $v_{\max} = 29\mu\text{m}$ ). Pouzdra zprostředkovávající přesné vedení tyčí, na obrázku zobrazena zeleně, budou uloženy v otvorech obdélníkového profilu přechodně  $\varnothing 20$  H7/k6 ( $v_{\max} = 19\mu\text{m}$  a  $P_{\max} = 15\mu\text{m}$ ). Montáž těchto pouzder lze provést rukou, případně dřevěnou paličkou. Naopak ostatní otvory pro pouzdra budou zhotoveny ve větších výrobních tolerancích, s požadavkem zaručené vůle. Proto je voleno uložení s vůlí, kde jsou dovoleny velké výrobní nepřesnosti  $\varnothing 20$  H11/c11 ( $v_{\min} = 110\mu\text{m}$  a  $v_{\max} = 370\mu\text{m}$ ). Na obr. 35 jsou takto uložená pouzdra zobrazena žlutě.

### 6.3 Ořezávací zařízení – využití systému Alurol

Systém Alurol je univerzální řešení pro lineární vedení. Lze dosáhnout všemožných variací výsledného sestavení. Tato technologie umožňuje sestavit dráhy dlouhé několik metrů nebo vedení do oblouků. Výrobce nabízí také možnost použití modulů s motorickými pohony.



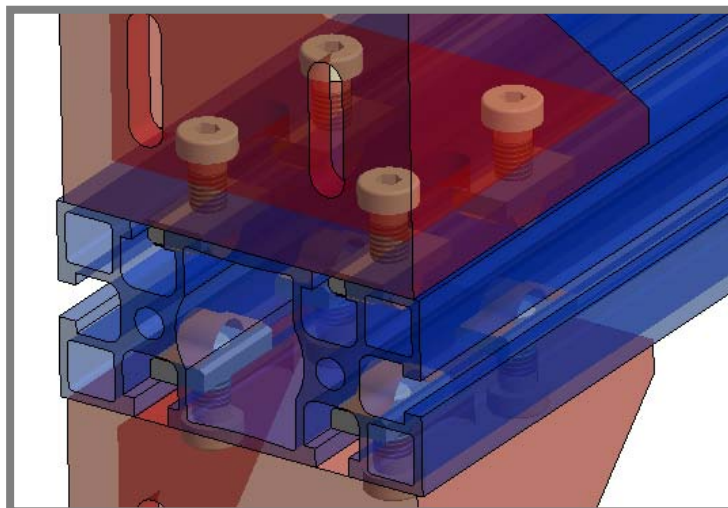
Obr.36: Různé variace sestavení pomocí lineárního systému alurol

#### Kotvení k rámu stroje

Úhlové upevnění SQ3 jsou k nosnému duralovému profilu chyceny speciální profilovou maticí PM8 a šrouby DIN7984 M8x18 (viz obr.37). Pro přesné přidržení úhelníku se používají pružné rozpěry ML. Tato rozpěra zabraňuje sklouznutí matice při montáži, drží matici v dané poloze do okamžiku sešroubování. Druhá strana úhlových upevnění je orientována k rámu stroje, ke kterému je přišroubována zápusťnými šrouby M8.



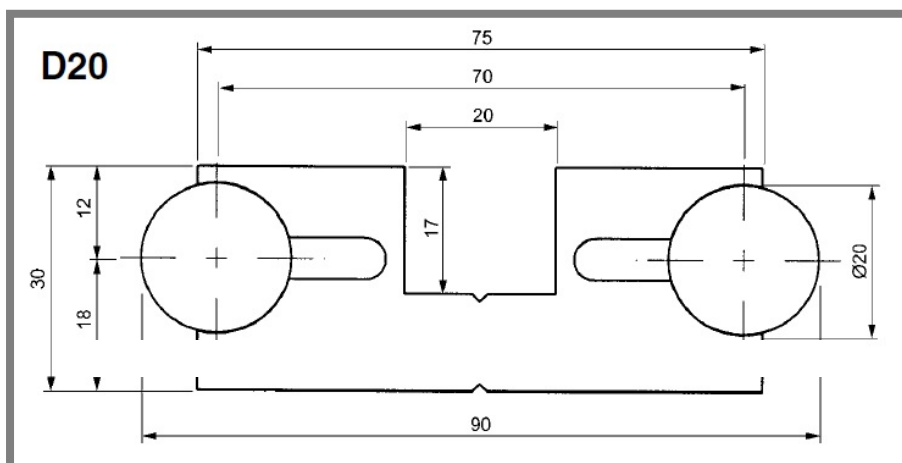
Základní profil je uchycen čtyřmi patkami. Důvodem je potřeba dosáhnout tuhé konstrukce a zamezit tak případným deformacím, aby nedošlo k proříznutí formového sleeveu při větších zatíženích od obsluhy stroje.



Obr.37: Kotvení hliníkového profilu k rámu stroje

### Umístění kolejnice

Duralové lože nesoucí obě kolejnice je přišroubováno k základnímu profilu stejnou technologií, jako kotvicí patky. Rozdíl je v délce zde použitých šroubů DIN 7984 M8x25. Lože je po celé své délce opatřeno zářezem v místě následných děr pro uchycení. Tento zářez nahrazuje rysku a urychluje tak montáž, na loži je vytvořen již při výrobě.

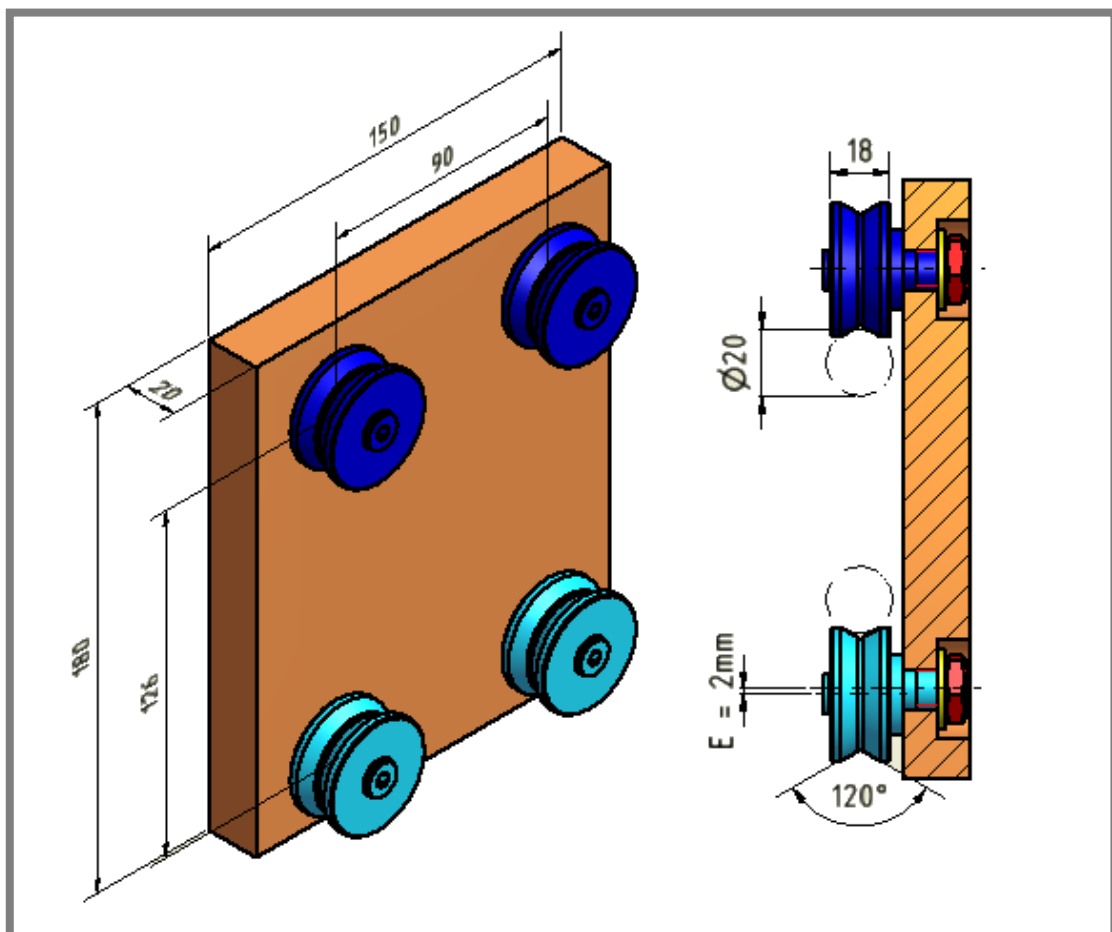


Obr.38: Oboustranná kolejnice D20

Kolejnice jsou u systému Alurol vyrobeny z tvrdochromované oceli. Základní profil je kulatina  $\varnothing 20 \times 7$ . Kolejnice je uchycena v duralovém loži svěrným spojením za pomoci zápusťných šroubů s kuželovou hlavou o rozteči  $s = 150 \text{ mm}$ , tyto šrouby jsou umístěny již při výrobě. Krácení kolejnice na požadovanou délku je potřeba provést tak, aby krajní svěrné šrouby byli umístěny co nejbližší k okraji.

**Vozík C20A**

Posuvný vozík představuje nosné těleso pro našroubování ořezávací konzoly. Samotné těleso vozíku je tvořeno ocelovou deskou. Lineární pohyb zajišťují čtyři kladky, které jsou rozmístěny do obdélníka. Celkové radiální zatížení od konzoly ořezávacího nože je přenášeno na dvojici centrických kladek. Na obr. 39 jsou zobrazeny tmavě modrou barvou. Vůli ve vedení je pak nutné vymezit excentrickými rolnami, které jsou na obr. 39 zobrazeny světle modrou barvou. Ohybový moment vyvozený hmotností konzoly s ohledem na provozní zatížení obsluhy stroje je  $M_{\max}=30\text{N}\cdot\text{m}$ . Toto zatížení se projeví prostřednictvím axiálních reakcí v kladkách. Ohybový moment  $M=210\text{N}\cdot\text{m}$  je mezní únosné statické zatížení zaručené dodavatelem vedení. Bezpečnost vůči mezním stavům při statickém namáhání je tedy  $K=7$ . Vzhledem k nízkým provozním rychlostem je tato hodnota bezpečnosti dostačující.



Obr.39: Vozík lineárního vedení C20A

**Montáž**

Před montáží je nutné zajistit rovnoběžnost kolejnic v loži pomocí svěrných šroubů. Následně je nutné sestavit těleso konzoly a přišroubovat ho k vozíku. Paralelně s tímto úkonem se pak kolejnice upevní na nosný duralový profil. Vozík s konzolou se nasune na kolejové vedení. Poté se osazený nosný profil předběžně ukotví k rámu stroje pomocí patek SQ3. Imbusovým klíčem se natočí excentrické rolny tak, aby vedení chodilo s malou vůlí, poté se zajistí maticí. Přílišné předepnutí

kladek zvyšuje jejich opotřebení. V ideálním případě by se měli kladky nechat protočit dvěma prsty při blokováném pohybu vozíku.

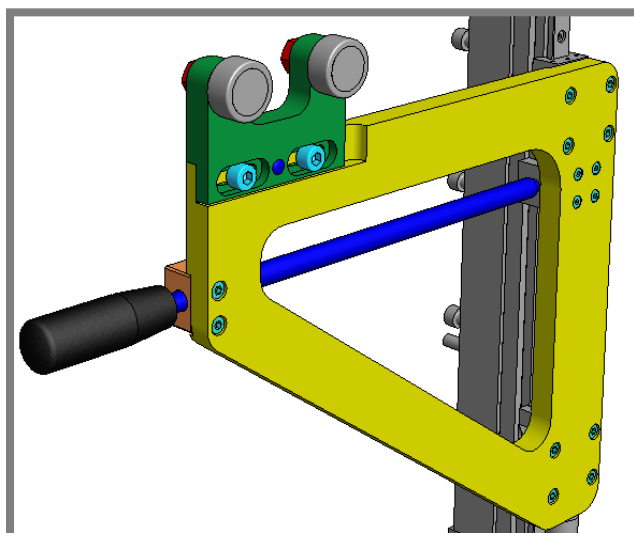
Nakonec je potřeba vedení nastavit rovnoběžně s ořezávaným formovým sleeveem. Toho se docílí přesným ustavením patek vůči rámu stroje. Podélným pohybem úchylkoměru chyceným pomocí magnetu na konzolu se vyrovná vedení a nakonec se zajistí utažením šroubů v patkách.

## 6.4 Podpěra nosného válce - šrouby řazené vodorovně

6.4

Nosné těleso podpěry bude laserem vypáleno ze slitiny AlSi1MgMn do plechu EN 485-3 15x1020x2020, stejně tak posuvný jezdec nesoucí kladky. S podpěrou lze pohybovat ve vertikálním směru v řádech stovek milimetrů. Pevné umístění polohy zajišťuje svěrná brzda ovládaná rukojetí vyvedenou na dosah obsluhy stroje.

Vodorovný pohyb je určen pouze pro montážní účely a zajišťuje ho posuvný jezdec. Rozsah tohoto pohybu činí 20mm. Spojení jezce a nosného tělesa je realizováno dvěma zápuštnými šrouby M8x12. Celá Podpěra je patrná na obr. 40.



Obr.40: Podpěra formového jádra vybavena posuvným jezdcem

### Kladka

Sílu mezi válcem a podpěrou přenáší dvojice kladek track rollers KR30-PP od firmy INA. Uložení kladek v jezdcí je s vůlí F8/h7. Maticí jsou poté kladky svěrně přitaženy k osazení.

### Nosné těleso

Celá podpěra je lineárně vedena dvěma vozíky Hiwin LGW 15CC. Toto vedení se pohybuje vertikálně po kolejnici přišroubované k rámu. Výrobní tolerance rámu zajišťují relativně přesné umístění kolejnice. Podpěra dosedá na dvojici vozíků frézovanými ploškami.

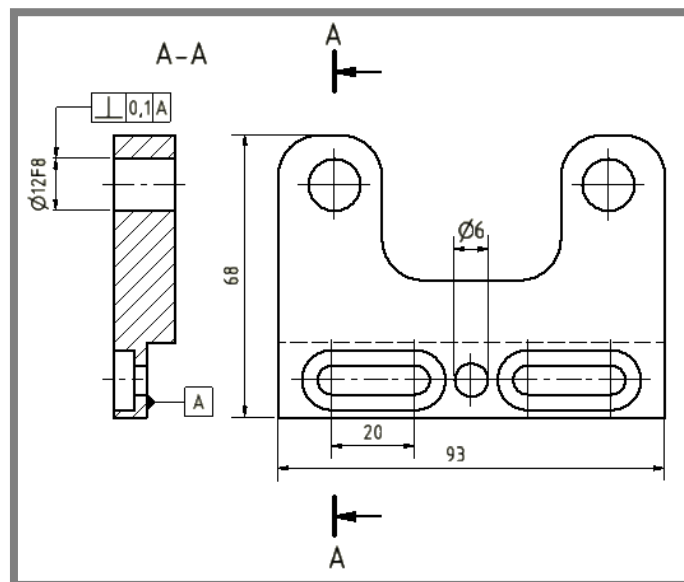
V místě styku jezce s nosným tělesem je třeba vyfrézovat vodící drážku. Dosedací plocha této drážky musí mít zaručenou rovnoběžnost 0,1mm vzhledem

k frézovaným plochám. Výběh drážky je zakončen rádiusem z důvodu vyrobiteľnosti.

### Jezdec

U posuvného jezdec je prioritní úkol podepřít válec v přesně požadované poloze. Je tedy nutné zajistit rovnoběžnost os podpěrných kladek s osou válce. Jezdec je opatřen vybráním v místě styku s nosným tělesem, jakožto protikusem. Kladky jsou lícovány do děr  $\varnothing 12F8$  (viz obr.41). Tyto otvory je nutné zhotovit kolmo k dosedací ploše jezdec na nosné těleso. Ostatní výrobní tolerance neovlivňují primárně přesnost vedení.

V jezdcí jsou vyfrézovány dvě drážky pro zápustné šrouby. Rozteč rádiusů v drážce je 20mm. Tato hodnota rozteče tedy umožňuje vodorovný pohyb  $\pm 10\text{mm}$  s jezdcem mezi krajními polohami.



Obr.41: Příčný podpěrný jezdec formového jádra

### Montáž

Aby podpěra efektivně plnila svoji funkci, je nutné dodržet přesné rozmístění os kladek k ose válce. Bod ležící v polovině úsečky spojující středy podpěrných kladek je nutné nastavit tak aby ležel na kolmici společně s osou formového válce. Jezdec se umístí do předběžné polohy a zajistí se šrouby, které se ale zatím nedotáhnou. Je třeba umožnit jezdcí volný vodorovný pohyb v drážce. Podpěra se poté umístí vertikálně tak aby obě kladky dosedly k povrchu válce. Poté se šrouby dotáhnou. Nakonec mechanik ručně svrtá jezdec s nosným tělesem v místě mezi šrouby.

Kolík umístěný v tomto otvoru zajistí přesnou polohu při případných demontážích. Jezdec drží v definované poloze pevně i kdyby došlo ke kolizi s válcem vlivem neopatrnosti obsluhy. Jelikož dosedací ploška hlavy šroubu na plochu drážky v jezdcí je relativně malá, absence kolíku by při kolizi mohla způsobit nežádoucí vzájemný pohyb jezdec a podpěry.

## 7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout úsporná řešení pro rám montážního zařízení tiskových desek Flexmont S a odstranit některé konstrukční nedostatky stroje. V úvahu bylo vzato, budoucí vybavení stroje motorickými pohony. Bakalářská práce poskytla několik variant řešení popsaných v kapitole 5. U každého dílčího řešeného problému byla vybrána vždy jedna nejefektivnější varianta a ta byla přiblížena detailněji v kapitole 6 konstrukční řešení. V kapitole 1.2 je obecně vysvětlena problematika a principy flexotisku. Detailněji je pak popsána výroba a montáž tiskových desek v kapitole 1.2.

Nabídku od firmy SCHNEEBERGER v podobě rámu koncipovaného jako odlitek z umělého betonu společnost SOMA Engineering v současné době zvažuje. V případě přistoupení na tuto variantu by se muselo optimalizovat celé zařízení a konstrukčně ho přizpůsobit předloženému rámu. Důležitým měřítkem v rozhodování je výrobní cena odlitku, která mírně převyšuje stávající výrobní náklady rámu.

Úprava uložení s bronzovými kluznými pouzdry ručně výsuvného pracovního stolku byla posouzena jako úspěšná. Hlavním důvodem bylo ušetření výrobních nákladů. Kotvení plechu k patkám pomocí matic značně zjednoduší montáž a sníží požadavky na přesnost děr vrtaných ve stolku. Varianta bude brána v potaz při budoucí konstrukci zařízení.

Návrh lineárního vedení ořezávacího zařízení pomocí systému Alurol nebude v nejbližší době využit, zvažován bude jenom jako možná inspirace pro využití v jiných vhodnějších aplikacích. Důvodem je nízká tuhost soustavy.

Posuvný jezdec umístěný na podpěře volného konce formového jádra vyhovuje požadavkům montáže. Dovoluje potřebný rozsah pohybu  $\pm 10\text{mm}$  důležitý při vymezení nepřesností v rozměrovém obvodu podpěra, rám a vetknutí formového jádra. S návrhem podpěry nosného válce, kde jsou šrouby řazené vodorovně, bude tedy v budoucnu počítáno.

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SOMA. *SOMA Engineering* [online]. [cit. 2012-01-25]. Dostupné z: <<http://www.soma-eng.com/cs-montazni-stolice-flexmont-s>>
- [2] THOMA, Patrik. Technologie CtP ve flexotisku. *Svět tisku* [online]. **2005(6)** [cit. 2012-01-25]. Dostupné z: <[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=1576&](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=1576&)> ISSN 1212-4141
- [3] THOMA, Patrik. Flexotisk - technologie současnosti. *Svět tisku* [online]. **2006(4)** [cit. 2012-01-25]. Dostupné z: <[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=2542&buxus\\_svettisku=b1cf83](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=2542&buxus_svettisku=b1cf83)> ISSN 1212-4141
- [4] THOMA, Patrik. Stavba flexotiskového stroje. *Svět tisku* [online]. **2005(7-8)** [cit. 2012-01-25]. Dostupné z: <[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=1703&buxus\\_svettisku=49f94e1f83122bc6b10e898e2b4f723f](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=1703&buxus_svettisku=49f94e1f83122bc6b10e898e2b4f723f)> ISSN 1212-4141
- [5] BRAUN, Jaroslav a Petr LÉDR. *Tisk z výšky*. březen 2010. [cit. 2012-01-25]. Dostupné z: <<http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/sp/2010/bruhova/index.html#flexografie>>. Semestrální práce. ČVUT.
- [6] AMPO S.R.O. *PMI Linear Motion Systems*. 2012. Dostupné z: <<http://www.ampo.cz/souborkestazeni/151.pdf>>
- [7] DAŇKOVÁ, Hana. *Vynález knihtisku*. [cit. 2012-01-25]. Dostupné z: <[http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Udalosti/Zajim\\_udalo\\_15.htm](http://www.jablko.cz/Zajimavosti/Udalosti/Zajim_udalo_15.htm)>
- [8] THOMA, Patrik. Flexotisk. *Svět tisku: Reklamní produkce* [online]. 2005, **2005(3)** [cit. 2012-01-26]. Dostupné z: <[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=1960&buxus\\_svettisku=8aaec51b1dd6de8dea3639b7e65b96bd](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=1960&buxus_svettisku=8aaec51b1dd6de8dea3639b7e65b96bd)> ISSN 1212-4141
- [9] Flexotiskové štočky. In: *Amos* [online]. [cit. 2012-01-27]. Dostupné z: <<http://www.amostypo.cz/menu/prepress/ctp-flexo/>>
- [10] KONEČNÝ, Gustav. Laserové gravírování flexosleevů. *Svět tisku* [online]. 2005, **2005(4)** [cit. 2012-01-27]. Dostupné z: <[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=1430](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=1430)> ISSN 1212-4141

- [11] Hktisk. [online]. [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: <<http://www.hktisk.cz/>>
- [12] KONEČNÝ, Gustav. Flexotisk. *Svět tisku: Thermoflex Wide I 5280* [online]. 2005, **2005**(12) [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=2181&buxus\\_s\\_vettisku=5ce76a27cf8652c3487ea776458141cd](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=2181&buxus_s_vettisku=5ce76a27cf8652c3487ea776458141cd)> ISSN 1212-4141
- [13] DOLEŽAL, Ivan. Zkoušky flexotiskových sleeveů. *Svět tisku* [online]. roč. 2006, č. 6 [cit. 2012-03-11]. ISSN 1212-4141. Dostupné z: <[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=3460&buxus\\_s\\_vettisku=2914af6efe12b30b1a69fdb9818c1064](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=3460&buxus_s_vettisku=2914af6efe12b30b1a69fdb9818c1064)>
- [14] T.E.A. TECHNIK S.R.O. *Lineární vedení*. 2009. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <<http://www.teatechnik.cz/katalogy-stazeni/>>
- [15] Hiwin s.r.o. HIWIN. [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz/cs/q1/catalog.html?id=127>

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK SYMBOLŮ A VELIČIN

$M_{\max}$	[N . m]	-maximální moment
$v_{\min}$	[mm]	-minimální vůle
$v_{\max}$	[mm]	-maximální vůle
$P_{\max}$	[mm]	-maximální přesah
PVC		-polyvinylchlorid
PTFE		-polytetrafluorethylen (teflon)
UV		-ultrafialové záření



**SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ**

obr. 1: sídlo společnosti SOMA Engineering [1] .....	12
obr. 2: princip nanášení barvy [5].....	13
obr. 3: Jeden z prvních výtisků [7] .....	14
obr. 4: Potravinové obaly tištěné flexotiskem [11] .....	14
obr. 5: Tiskové segmenty řazený za sebou [4] .....	15
obr. 6: Konstrukce s centrálním přítlačným válcem [4] .....	16
obr. 7: Fotopolymerní tisková deska [9].....	17
obr. 8: Tiskové formy [13] .....	17
obr. 9: Fotopolymerní deska n výstupu z vymývacího stroje [9] .....	18
obr. 10: Laserové gravírování flexosleevu [10].....	18
obr. 11: Montážní stolice Fexmont S .....	19
obr. 12: Původní rám stroje .....	20
obr. 13: Uložení ručně výsuvného stolku .....	22
obr. 14: Podpěra volného konce formového jádra.....	23
obr. 15: Celkový odlitek rámu.....	27
obr. 16: 3D model stolku s přidavnými maticemi vedenými drážkou .....	28
obr. 17: Detail kotvení stolku k patkám .....	28
obr. 18: 3D model stolku vedeným bronzovými kluznými pouzdry .....	29
obr. 19: Silové působení na konzolu [14].....	30
obr. 20: 3D Model Lineárního vedení s využitím kladek pro velká zatížení .....	30
obr. 21: 3D Model Lineárního vedení s využitím systému lintrek.....	31
obr. 22: 3D Model Lineárního vedení s využitím systému Alurol.....	32
obr. 23: Podpěra nosného válce se šrouby řazenými vertikálně.....	33
obr. 24: Detail ukotvení podpěry se šrouby řazenými vertikálně.....	33
obr. 25: Podpěra nosného válce se šrouby řazenými vodorovně.....	34
obr. 26: Detail Podpěry nosného válce se šrouby řazenými vodorovně.....	34
obr. 27: Díly zakomponované v těle odlitku .....	35
obr. 28: Odlitek rámu osazený opěrným stolkem a ořezávacím zařízením.....	36
obr. 29: Uchycení stolku pomocí přidavných matic.....	37
obr. 30: Systém vedení stolku bronzovými pouzdry .....	37
obr. 31: Uložení jednotlivých pouzder v rámu stroje .....	38
obr. 32: Různé variace sestavení pomocí lineárního systému alurol.....	39
obr. 33: Kotvení hliníkového profilu k rámu stroje.....	40
obr. 34: Oboustranná kolejnice D20.....	40
obr. 35: Vozík lineárního vedení C20A.....	41
obr. 36: Podpěra formového jádra vybavena posuvným jezdcem.....	42
obr. 37: Příčný podpěrný jezdec formového jádra .....	43

## SEZNAM PŘÍLOH

---

- |   |                  |                 |
|---|------------------|-----------------|
| 1) Ořezávací zařízení   | Návrhová sestava | N-3A/10-LV/000  |
| 2) Opěrný stolek  | Návrhová sestava | N-3A/10-OS/000  |
| 3) Podpěra nosného válce  | Návrhová sestava | N-3A/10-PNV/000 |
| 4) CD-ROM s bakalářskou prací a uvedenými návrhovými sestavami ve formátu PDF |                  |                 |