

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA VÝROBNÍCH STROJŮ

A KONSTRUOVÁNÍ

Návrh polohovací lavice pro testování zámků

Positioning Bench Design for Locks Testing

Student:

Patrik Mattivi

Vedoucí bakalářské práce:

Dr. Ing. Jaroslav Melecký

Datum odevzdání:

15. 5. 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Patrik Mattivi, DiS.**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: **Návrh polohovací lavice pro testování zámků**
Positioning Bench Design for Locks Testing
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci řešení bakalářské práce vypracujte konstrukční návrh polohovací lavice pro testování zámků.

Bakalářská práce bude obsahovat:

- analýzu a rešerši dané problematiky
- popis stávajícího stavu
- možnosti řešení problému se zdůvodněním výběru vhodné varianty
- zpracování 3D modelu zařízení, který bude podložen příslušnými výpočty
- zpracování výkresové dokumentace v patřičném rozsahu

Bližší specifikace nutných technických údajů a požadavků bude upřesněna v průběhu řešení bakalářské práce ve spolupráci s firmou Brose CZ, spol. s r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1.vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1999. 119 s.

MYNÁŘ, V. A KOL. *Části strojů*. VŠB-TU Ostrava, 1978. 398 s.

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

HAVLÍČEK J. A KOL. *Provozní spolehlivost strojů* (2. přepracované vydání). Praha, SZN 1989. 616 s. ISBN 80-209-0029-2.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace*. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Dr. Ing. Jaroslav Melecký**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Ostravě 15. 5. 2017

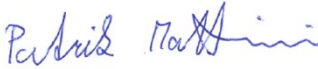
Patrick Malina
.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠBTUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou (bakalářskou) práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 15. 5. 2017



Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Patrik Mattivi

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Mendelova 333/30, Nový Jičín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Mattivi P. *Návrh polohovací lavice pro testování zámků*: bakalářská práce.

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 38 s. Vedoucí práce: Dr. Ing. Jaroslav Melecký.

Bakalářská práce si klade za úkol optimalizovat zařízení, které by usnadnilo nastavování měřicího přístroje High speed pull. Stávající zařízení je schopno výškově nastavit jen do určitých poloh, což optimalizované zařízení umožní plynulé výškové nastavení v rozsahu 120 mm až 350 mm. Hmotnost měřicího zařízení je 50 kilogramů.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Mattivi P. *Positioning Bench Design for Locks Testing*: Bachelor Thesis.

Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Department of Production Machines and Design, 2017, 38 p. Thesis head: Dr. Ing. Jaroslav Melecký.

Bachelor thesis aims to optimize the device, which would be made easier to adjustment of the measuring instrument High speed pull. Existing equipment is able to be adjusted in height only in certain positions, optimized device allows continuous height adjustment from 120 mm to 350 mm. The weight of measuring device is 50 kg.

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce Dr. Ing. Jaroslavu Meleckému a Ing. Tomáši Hykelovi za vedení, vstřícný přístup a věcné rady, které mi pomohly při tvorbě bakalářské práce.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	10
1 Úvod.....	11
2 Zámky a jejich testování	12
2.1 Trhací zkoušky.....	12
2.2 Zjišťování sil a drah	13
2.3 Životnostní test.....	14
2.4 Akustické zkoušky	15
2.5 Pawl walkout test	15
2.6 Testování zámků v různých klimatických podmínkách.....	16
2.7 Prachové testy	17
2.8 Test odolnosti proti korozi	18
2.9 High speed pull	19
3 Pohybový šroub	20
4 Návrh polohovací lavice pro testování zámků	24
4.1 Vstupní parametry.....	24
4.2 Popis funkce.....	24
4.3 Popis stávajícího zařízení.....	24
4.4 Možnosti realizace	25
4.5 Použité komponenty.....	26
4.5.1 Nůžkový elektrický zvedák.....	27
4.5.2 Firma Bosch – Rexroth	27
4.5.3 Stavebnicový systém Haberkorn – Item	30
5 Použitý software.....	31
6 Konstrukce	32
6.1 Konstrukce provedená pomocí profilů Haberkorn - Item	32
6.1.1 Spojování hliníkových profilů	33
6.1.2 Rámová konstrukce zhotovená hliníkovými profily	34
6.1.3 Lineární pojezdy a vedení	35
6.1.4 Uchycení lineárního vedení k rámové konstrukci.....	35
6.1.5 Připevnění nůžkového zvedáku k rámu	36
6.2 Připevnění měřícího zařízení k rámu	37

6.3	Návrh vhodného elektrického zvedacího systému	39
6.4	Přípevnění měřicího systému k rastrové desce	39
7	Výpočet pohybového šroubu	40
7.1	Poloha 1 nůžkového zvedáku (výška zvedáku je 111mm):	41
7.2	Poloha 2 nůžkového zvedáku(výška zvedáku je 185mm):	42
7.3	Poloha 3 nůžkového zvedáku (výška zvedáku je 259mm):	43
7.4	Poloha 4 nůžkového zvedáku (výška zvedáku je 332mm):	44
7.5	Zhodnocení výsledků výpočtu	45
8	Závěr	46
9	Seznam použité literatury.....	47
10	Seznam příloh	48

Seznam použitých symbolů a zkratek

F_s	osová síla	[N]
H	délka posuvu	[mm]
M_{ks}	kroučící moment	[Nm]
P	rozteč závitu	[mm]
Re	mez kluzu	[MPa]
W_k	modul průřezu v krutu	[mm ³]
d_2	střední průměr závitu šroubu	[mm]
d_3	malý průměr závitu šroubu	[mm]
f_z	součinitel smykového tření v závitech	[-]
h	šířka matice	[mm]
k_s	součinitel výsledné bezpečnosti	[-]
n_s	počet otáček	[-]
v_s	posuvný pohyb	[mm]
ψ	úhel stoupání lichoběžníkového závitu	[°]
σ	normálové napětí	[MPa]
τ	smykové napětí	[MPa]
φ'	redukovaný třecí úhel	[°]
ω_s	otáčivý pohyb	[rad·s ⁻¹]

1 Úvod

Uzamykací systémy (dále jen zámky) v automobilovém průmyslu jsou bezpečnostním prvkem, tudíž jejich spolehlivost má vliv na bezpečnost přepravovaných osob. Představte si, že jedete v autě a najednou se vám otevřou dveře u řidiče nebo jakékoliv jiné dveře, vedle kterých sedí pasažér vozu. Tato závada může vzniknout špatnou konstrukcí zámku. Vývoj zámku zpravidla trvá dva až tři roky. Za tuto dobu se v rámci vývoje projde několika fázemi od prvního návrhu až do úspěšného startu sériové produkce. Nejprve se postaví tzv. A-vzorky, na nichž se zkontroluje funkčnost jednotlivých součástí. Následuje stavba B-vzorků, na kterých byly provedeny určité změny, které byly vyznačeny na nedostacích A-vzorků. Jako třetí vývojový stupeň je stavba C-vzorků, které jsou takřka identické se sériovým zámkem. Každá z těchto vývojových fází je důležitá pro konečnou funkci zámku. V průběhu vývoje jsou na uzamykacích systémech prováděny různé testovací zkoušky, které zaručí, že daný zámek je schopen splnit veškeré požadavky stran zákazníka a norem vztahující se k životnosti, bezpečnosti, kvalitě a komfortu. Tyto požadavky se mohou mírně lišit dle legislativy jednotlivých zemí.

Zámky se rozdělují podle toho, kde jsou zamontovány:

- zámek kapoty
- zámek na straně řidiče
- zámek ostatních stranových dveří
- zámek kufru
- zámek sedáků

Zámky mohou mít větší množství funkcí. Kromě základního předpokladu, jímž je zabezpečení uzavření a otevření dveří mechanickou cestou, mohou být zámky vybaveny i nadstandardními funkcemi. Mezi tyto patří například:

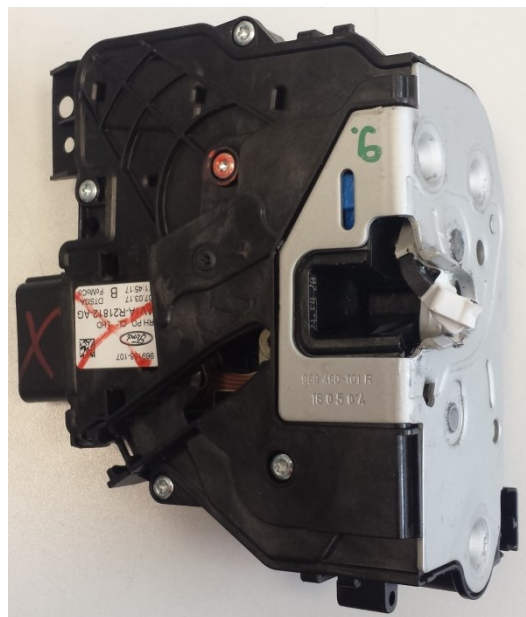
- automatické dovírání dveří, tzv. soft close funkce
- otevření uzamykacího systému pomocí motorku tzv. open by wire
- elektronická dětská pojistka

2 Zámky a jejich testování

Nezbytnou součástí vývoje je testování produktů. Testování ověřuje kvalitu a spolehlivost zámku a zaručuje správnou funkčnost zámku po celou dobu jeho životnosti. To znamená, že výrobek po několika letech užívání musí splňovat požadavky na funkčnost stejně jako výrobek nový. Z toho vyplývá, že materiály, které jsou použity ve výrobku, musí být odolné vůči opotřebení a klimatickým podnětům. Ve vývoji musí být zvoleny takové materiály a takový design produktu, aby výsledný zámek splňoval tyto vysoké nároky.

2.1 Trhací zkoušky

Trhací zkoušky jsou zkoušky pevnosti. Požadavky na pevnost jsou definovány jak zákazníkem, tak zákonnou normou. Splněním těchto požadavků je zajištěno, že v případě automobilové nehody nedojde k mechanické destrukci zámku. Pasážíř nadále zůstává v relativní bezpečí interiéru vozu, kde je chráněn dalšími bezpečnostními prvky (např. airbagy).



Obr. 1: Zařízení pro trhací testy + stranový zámek po trhacím testu

2.2 Zjišťování sil a drah

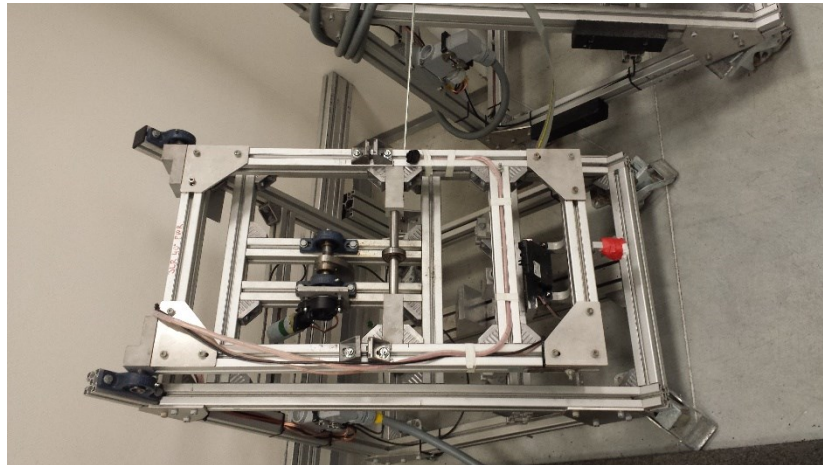
Každý zámek má definovány vlastnosti, které musí splňovat. V tomto případě se jedná o síly, které musíme přivést na ovládací páku zámku, aby došlo k jeho otevření popřípadě k jeho jiné funkci. Kromě sil se ale kontrolují i zdvihy těchto pák tak, aby byla zajištěna správná funkce za použití dalších táhel a převodových pák. Tyto síly a dráhy jsou odečítány z měřicího zařízení, např. univerzální měřicí zařízení Gen2 (obr. 2).



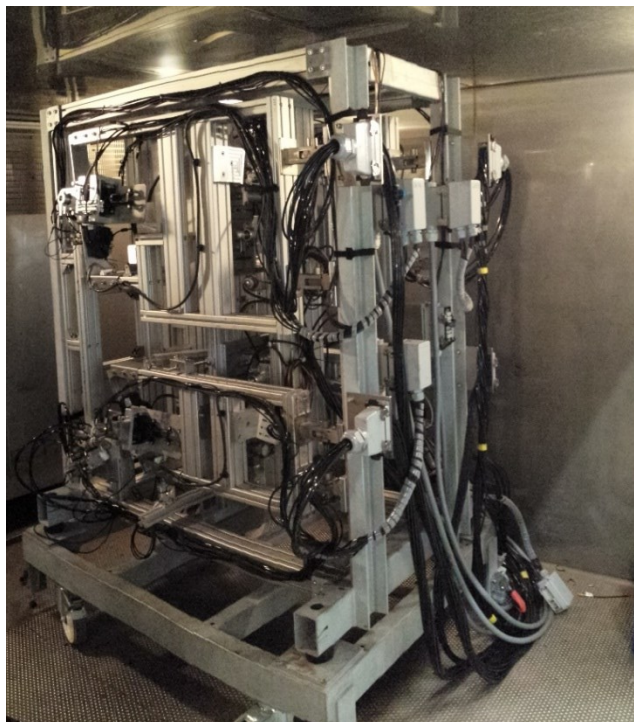
Obr. 2: Univerzální měřicí zařízení „Gen2“

2.3 Životnostní test

Při tomto testu se simuluje životnost zámku po dobu přibližně deseti let užívání. Životnostní testy se provádějí na testovacích rámech, které simulují rozměrové, elektrické a dynamické vlastnosti daných dveří vozu. Testy probíhají při různých klimatických podmínkách a jsou nejvíce časově náročné. Tyto zkoušky mohou trvat i několik měsíců. Počet uzavíracích cyklů bývá standardně v rozmezí 100 000 až 300 000 cyklů a probíhá za teplot od -40°C do $+80^{\circ}\text{C}$. a relativních vlhkostech 0-95%.



Obr. 3: Testovací zařízení pro zámky pátých dveří



Obr. 4: Testovací zařízení pro stranové zámky

2.4 Akustické zkoušky

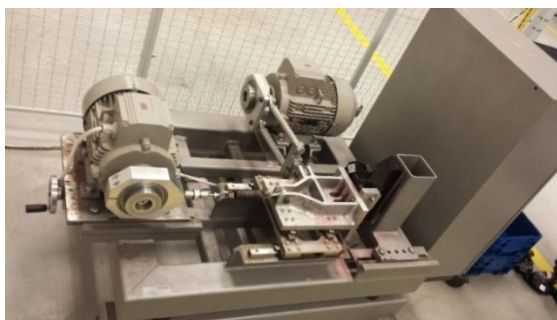
Akustické zkoušky převážně probíhají v bezdozvukových komorách (obr. 5). Výsledky těchto měření jsou mnohdy zavádějící, jelikož v automobilovém průmyslu se nově pracuje s pojmem akustická kvalita. Jedná se o soubor hluků, které mohou být nepříjemné pro sluch zákazníka i přesto, že nejsou hlasité. Z tohoto důvodu se zámeček podrobuje i tzv. subjektivnímu hodnocení, které mnohdy nemusí odpovídat výsledkům měření.



Obr. 5: Akustická místnost

2.5 Pawl walkout test

Jedná se o typ vibračního testu, který simuluje vztah mezi dveřmi auta a karoserií během jízdy. Aby zámeček úspěšně prošel tímto testem, musí po celou dobu zůstat v uzavřeném stavu a signalizační prvky nesmí změnit svůj status (kontrolka otevření dveří). Zámeček je upevněn na zařízení (obr. 6), kde je oko zámku upevněno na protikus, který je spojen táhly se dvěma elektromotory. Elektromotory pohybují táhly v příčném směru $15 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ mm}$ a v podélném 13 Hz se mění protitlak (síla těsnění dveří) v rozmezí $\pm 50 \text{ N}$



Obr. 6: Zařízení pro pawl walkout test

2.6 Testování zámků v různých klimatických podmínkách

Zámky se za pomoci tzv. klimatických komor (obr. 7) testují v různých klimatických podmínkách, aby byla zajištěna jejich funkčnost při celosvětovém nasazení. Zámek musí fungovat stejně dobře v suchém horku pouští, vlhkém horku deštných pralesů a extrémních chladech arktických oblastí.



Obr. 7: Klima komora pro testování zámků

2.7 Prachové testy

Tento test je vždy součástí dalších zkoušek: životnostní test, případně různá měření. V podstatě se jedná o řízenou aplikaci prachu, která simuluje znečištění zámku v průběhu užívání. Prachové částičky mohou mít neblahý vliv na plynulost chodu pohybujících se dílů a tím i vliv na síly a dráhy viz. bod 2.2.



Obr. 8: Prachová komora



Obr. 9: Reálný zámek zanesený pískem

2.8 Test odolnosti proti korozi

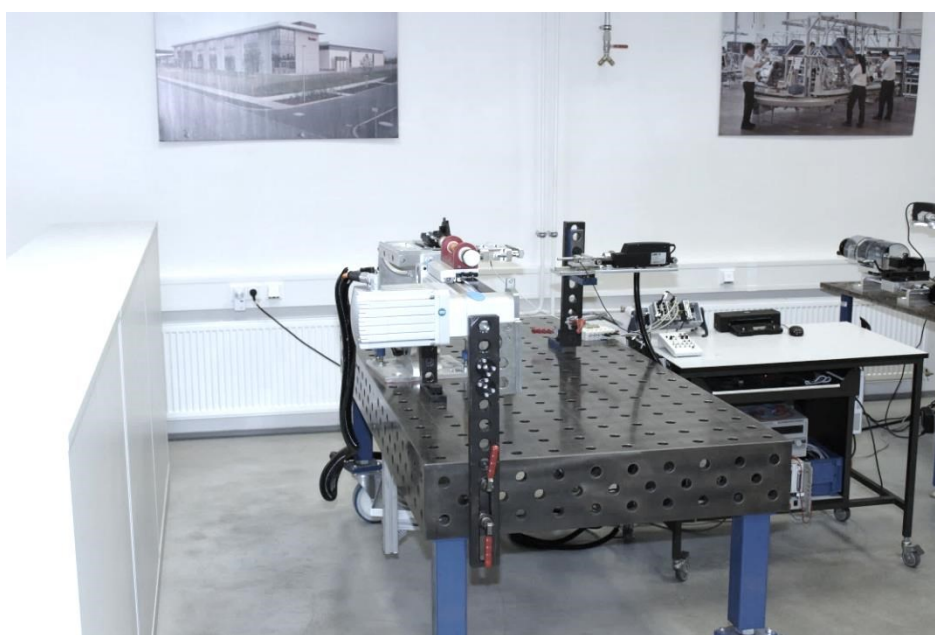
Užíváním automobilů, jsou zámky vystavovány chemickým vlivům prostředí (např. nasolené cesty, saponát z myček a přímořské prostředí). Test se provádí v uzavřené korozivní komoře (obr. 10), v nichž dochází k řízené aplikaci solné mlhy, střídané s vystavením zámku s okysličovadlem, jenž urychluje tvorbu koroze na kovových dílech. Testovaným parametrem je množství bílé a červené koroze vytvořené na testovaném vzorku v průběhu testu.



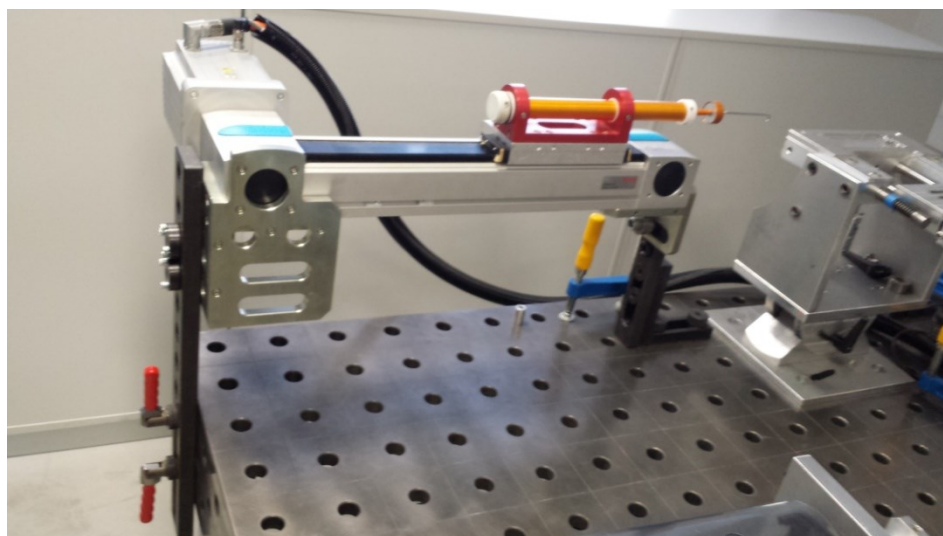
Obr. 10: Zařízení pro korozivzdorné zkoušky

2.9 High speed pull

Otevírací mechanismus může být náchylný na ovládací rychlost pák, popřípadě může být vybaven tzv. crash funkcí. Z tohoto důvodu bylo vyvinuto zařízení s jehož použitím je možné simulovat ovládací rychlosti v rozmezí $0 - 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zámky (bez crash funkce) se musí vždy otevřít při všech ovládacích rychlostech. Crash funkce vychází z předpokladu, že velmi rychlé potažení za páku vzniká při bočním nárazu do dveří. Proto zámky vybavené crash funkcí se nesmí při otevíracích rychlostech nad $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ otevřít. Pro tento test budu navrhovat výškově polohovací lavici.



Obr. 11: Měřicí systém High speed pull

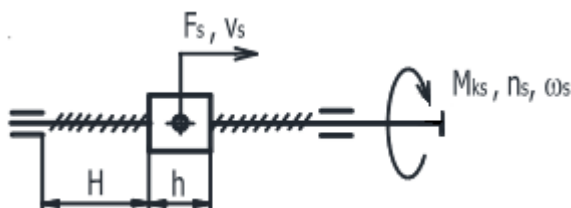


Obr. 12: Měřicí systém High speed pull

3 Pohybový šroub

Pro optimalizaci přípravku jsem si vybral jako výškově stavitelné médium pohybový šroub, který je umístěn vodorovně v nůžkovém zvedáku.

Pohybovým šroubem nazýváme šroubový převodový mechanismus, který je proveden dle schématu (obr. 13):



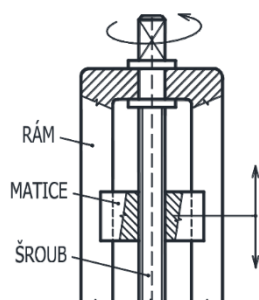
Obr. 13: Převodový mechanismus pohybového šroubu

Funkce a provedení šroubu → funkce pohybového šroubu je přeměna:

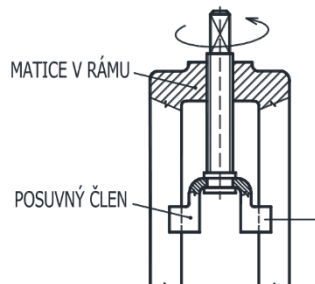
- a) Z otáčivého pohybu na pohyb posuvný
- b) Z kroutícího momentu M_{ks} v osovou sílu F

Tyto funkce pohybového šroubu se uskutečňují pomocí čtyř konstrukčních uspořádání:

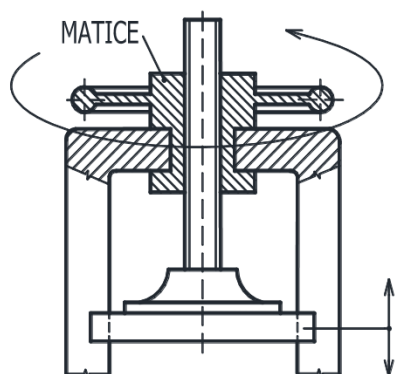
- 1) Šroub se otáčí na místě a matice se posouvá (obr. 14). Příklad: vodící vřeteno soustruhu, metrický šroub mikrometru, posuv suportů obráběcích strojů, lineární posun stolů, šroub svěráku.
- 2) Šroub se otáčí a posouvá v nehybné matici (obr. 15). Příklad: svěrák, šrouby ventilů, šroubový zvedák, lodní šroub.
- 3) Šroub se posouvá a matice se otáčí na místě (obr. 16). Příklad: protahovací stroje, některé typy šroubových zvedáků.
- 4) Šroub je nehybný a matice se otáčí a posouvá (obr. 17).



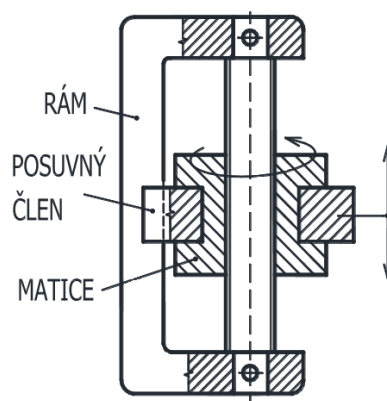
Obr. 14: Šroub se otáčí na místě a matice se posouvá



Obr. 15: Šroub se otáčí a posouvá v nehybné matici



Obr. 16: Šroub se posouvá
a matice se otáčí na místě

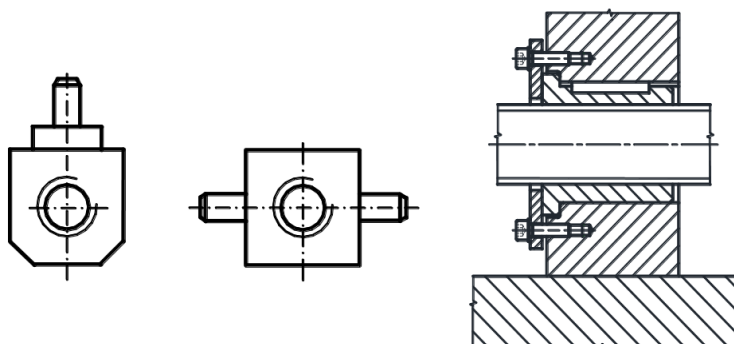


Obr. 17: Šroub je nehybný
v rámu a matice se posouvá

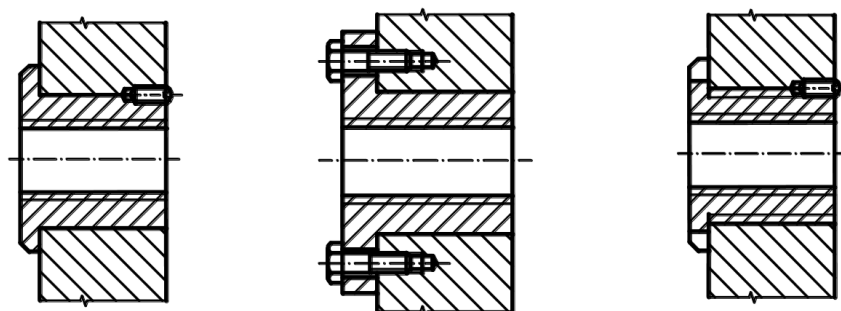
Šroub se ukládá do valivých radiálních ložisek. V případě, že se šroub otáčí na místě a matice se posouvá je potřeba osovou (axiální) sílu ve šroubu zachytit. Axiálního uložení šroubu můžeme zajistit pomocí:

- umístěním kuželíkového ložiska na každý konec
- jednostranným uchycením oboustranným axiálním ložiskem
- umístěním jednostranného axiálního ložiska

Dle konstrukčního uspořádání pohybového šroubu používáme matice: posuvnou, otočnou nebo nehybnou. Posuvná matice má zpravidla hranolovitý tvar s jedním nebo dvěma čepy pro uložení v další součásti a nebo se přímo vkládá do odpovídajícího vybrání (obr. 18). Nehybné matice jsou obvykle válcovitého tvaru (obr. 19). Pro jednosměrný pohyb matici osadíme a zalisujeme do rámu. Pojištění provedeme pojistným šroubem. Pro obousměrný pohyb velké nehybné matice použijeme přírubu upevněnou k rámu závrtnými šrouby. Malou matici šroubujeme do rámu a pojistíme ji proti uvolnění.



Obr. 18: Posuvné matice s čepem a bez čepu pohybového šroubu



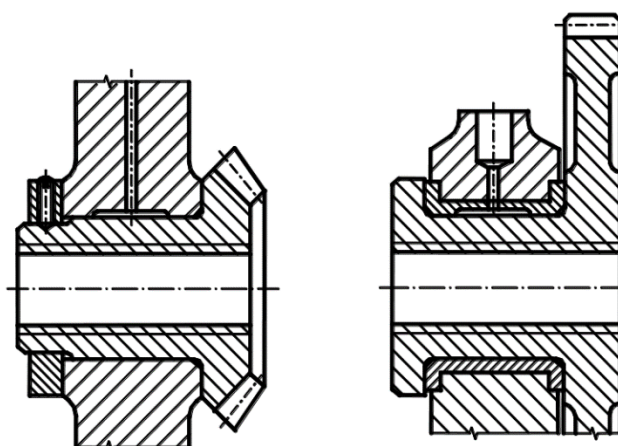
nalisovaná

příšroubovaná

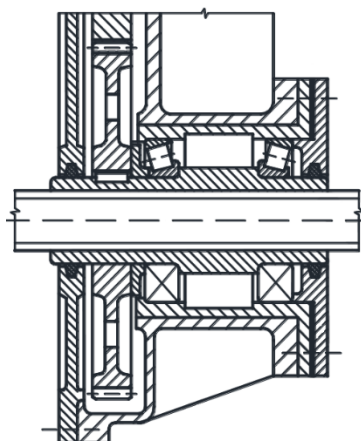
zašroubovaná

Obr. 19: Nehybné matice

Konstrukční provedení otočných matic pohybového šroubu uložených do nehybného rámu pomocí kluzného ložiska (obr. 20). První varianta je provedena pomocí stavěcího kroužku zajištěného hrotem stavěcího šroubu. Druhá varianta je pomocí děleného kluzného ložiska. Otočné matice se ukládají pomocí valivých ložisek z důvodu velkých působících sil (obr. 21).



Obr. 20: Otočné matice s kluzným ložiskem pohybových šroubů



Obr. 21: Otočná matice s valivými ložisky pohybového šroubu

U pohybových šroubů se používají lichoběžníkové nebo oblé závity. Pokud je osová zatížení F_S stejné v obou směrech chodu, používáme lichoběžníkové rovnoramenné (trapézové) závity. Pokud přenášené zatížení působí jenom v jednom smyslu, (např. šroubový zvedák), použijeme nerovnoramenné (pilové) závity a to z důvodu větší samosvornosti při spouštění břemene. Oblé závity se používají většinou v prašném a znečištěném pracovním prostředí [2].

4 Návrh polohovací lavice pro testování zámků

4.1 Vstupní parametry

Hmotnost přípravku:	50 kilogramů
Pracovní rozsah:	150 mm – 350 mm
Použité komponenty:	hliníkové profily Item, lineární pojezdy firmy Bosch
Zdvihový mechanismus:	elektrický šroubový

4.2 Popis funkce

Optimalizace stávajícího zařízení, které bylo jednoúčelově navrženo pro fixaci polohy zařízení při testování zámků přístrojem high speed pull. Pomocí navrženého zařízení je možno plynule nastavovat výškovou polohu. Rozhraní pro ovládání je prováděno spínačem. Pohyb zařízení se provádí pomocí elektrického nůžkového zvedáku.

4.3 Popis stávajícího zařízení

Flexibilita nastavení je u stávajícího zařízení náročná na čas a lidskou sílu. Změnu lze realizovat pouze pomocí dvou lidí (techniků), kdy jeden přidržuje zařízení a druhý utahuje stávající šrouby. Pokud vezmeme v úvahu, že celý měřicí systém váží 50 kilogramů, usoudíme, že jemné nastavování výšky je obtížné a zdoluhavé. Měřicí zařízení je upevněno pomocí ocelových desek přišroubovaných k sobě. A ty jsou připevněny k rastrovému stolu pomocí šroubů a upínek.

4.4 Možnosti realizace

Je několik možností, jakým způsobem by se dalo zadání realizovat. Můžeme to rozdělit na různé druhy pohonů zvedání přípravku nebo různou konstrukci samotného rámu.

Rozdělení dle:

Zvoleného pohonu:

- Pneumatika
- Hydraulika
- Elektriika

Konstrukce rámu:

- Ocelový svařovaný rám
- Hliníkové profily

Pokud budeme uvažovat nad pneumatickým nebo hydraulickým pohonem, musíme vzít v úvahu rozvod pracovního média a navýšení ceny.

Pneumatický pohon:

Výhody:

- Jednoduchá konstrukce.
- Vzduch působí jako přirozený tlumič rázů.
- Vysoké rychlosti apod.

Nevýhody:

- Těžko dosažitelná konstantnost rychlosti pohybu.
- Nutnost velkých průtoků média.
- Vyšší úroveň hluku v místě spotřeby vzduchu apod.

Hydraulický pohon:

Výhody:

- Možnost dosáhnout značných silových převodů.
- Snadné řízení parametrů.
- Velmi klidný chod apod.

Nevýhody:

- Nižší účinnost než u mechanického přenosu energie
- Citlivost na nečistoty
- Hořlavost a chemické vlastnosti kapalin apod.

Já jsem si vybral možnost použít elektrického pohonu. Existuje velké množství elektrických pohonů. Lineární vedení s integrovaným elektrickým pohonem. Já jsem konstrukci realizoval pomocí elektrického nůžkového zvedáku a lineárním vedením spojeným s rámem. Elektrický nůžkový zvedák je jednoduše k dostání a je levnější a daleko silnější než elektrické pojezdy, které by mohly mít problém uzvednout danou zátěž.

Ocelový svařovaný rám je obtížné zhotovit v požadované přesnosti, aby se lineární vedení nevzpříčilo. Nařezané ocelové profily je nutné svařit (nutnost svářečky). Také to byl důvod, proč jsem si vybral konstrukci z hliníkových profilů od společnosti Haberkorn – Item. S touto společností máme dlouhodobou spolupráci. Jednoduché objednání a dodání jednotlivých profilů v požadovaných rozměrech a kvalitě. Dodáno od jedné firmy, v jednom balíku. Poté stačí jednotlivé komponenty dle sestavného výkresu namontovat. Montáž rámu pomocí katalogových spojovacích dílů je ve srovnání se svařováním podstatně jednodušší.

4.5 Použité komponenty

Pro zhotovení přípravku jsem použil všechny komponenty od společností, které budu popisovat níže:

- Elektrický pohon ve formě elektrického nůžkového zvedáku.
- Hliníkové profily a spojovací materiál od firmy Haberkorn - Item.
- Lineární vedení od firmy Bosch – Rexroth.

Proč jsem si zvolil právě tyto komponenty? Je to z důvodu, že naše společnost s těmito společnostmi dlouhodobě spolupracuje. Tyto výrobky jsou dostatečně odzkoušené a dosahují vysoké kvality, která je pro naši společnost důležitá.

4.5.1 Nůžkový elektrický zvedák

Popis produktu:

Nůžkový elektrický zvedák (obr. 22) je vhodný doplněk výbavy automobilu, nebo vaší garáže, který usnadní jeho zvedání, při údržbě nebo výměně kola. Můžeme jej napájet ze zásuvky zapalovače ve voze 12 V/max. 13 A/150 W, pracovní zdvih je 120 – 350 mm, dálkové ovládání, délka napájecího kabelu 4,5 m. Součástí základny je oko pro snadnou manipulaci. Hmotnost elektrického zvedáku je 5,45 kg. Zvedák je vybaven dvěma koncovými spínači, které umožňují pracovní rozsah v daném rozmezí [5].

Pro aplikaci tohoto zvedáku jako zvedacího média pro přípravku musíme provést určité zásahy do konstrukce zvedáku.

- změna konektoru pro připojení ke zdroji napětí
- úprava základny pro montáž k rámu přípravku



Obr. 22: Elektrický nůžkový zvedák

4.5.2 Firma Bosch – Rexroth

Mezi hlavní atributy firmy Bosch – Rexroth patří: úsporné, přesné, bezpečné a energeticky účinné pohonné a řídicí technologie. Tyto komponenty pohybuji stroji a systémy nejrůznějších velikostí. Společnost disponuje bezpočtem zkušeností s realizacemi různých aplikací po celém světě v oblastech mobilní hydrauliky, strojírenství a strojních aplikací, průmyslové automatizace a obnovitelných zdrojů energie. Společnost je díky těmto zkušenostem schopna vyvíjet inovativní komponenty a na míru uzpůsobená systémová řešení a servisní služby.

Společnost Bosch – Rexroth nabízí svým zákazníkům:

- Hydrauliku průmyslovou i mobilní.
- Elektrické pohony a řídicí systémy.
- Montážní, lineární a šroubovací techniku.

Také nabízí školení a servisní činnosti v širší celé nabídky svých produktů [3].

Po prostudování katalogu firmy Bosch – Rexroth jsem navrhnul lineární pojezd, který by nejvíce vyhovoval dané aplikaci podle tabulky (obr. 23).

Size	Ball runner block with size	Preload class				Accuracy class						Seal with ball runner blocks					
		C0	C1	C2	C3	N	H	P	XP	SP	UP	without ball chain			with ball chain		
												SS	LS ¹⁾	DS	SS	LS ¹⁾	DS
15	R1651 1	9				4	3	-	-	-	-	20	21	-	22	23	-
			1			4	3	2	8	1	9	20	21	-	22	23	-
				2		-	3	2	8	1	9	20	21	-	22	23	-
20	R1651 8				3	-	-	-	8	1	9	20	21	-	22	23	-
		9				4	3	-	-	-	-	20	21	-	22	23	-
			1			4	3	2	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
25	R1651 2			2		-	3	2	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
					3	-	-	-	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
		9				4	3	-	-	-	-	20	21	-	22	23	-
30	R1651 7					4	3	2	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
			1			4	3	2	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
				2		-	3	2	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
35	R1651 3				3	-	-	-	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
		9				4	3	-	-	-	-	20	21	-	22	23	-
			1			4	3	2	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
45	R1651 4			2		-	3	2	8	1	9	20	-	2Z	22	-	2Y
					3	-	-	-	8	1	9	20	21	2Z	22	23	2Y
		9				4	3	-	-	-	-	20	-	-	2Z	-	-

Obr. 23: Volba vhodného lineárního pojezdu

Třída zatížení (Preload class): hodnotu zatížení jsem určil jako mírnou, proto jsem vybral označení C1. Kde C0 je bez zatížení a C3 je vysoké zatížení.

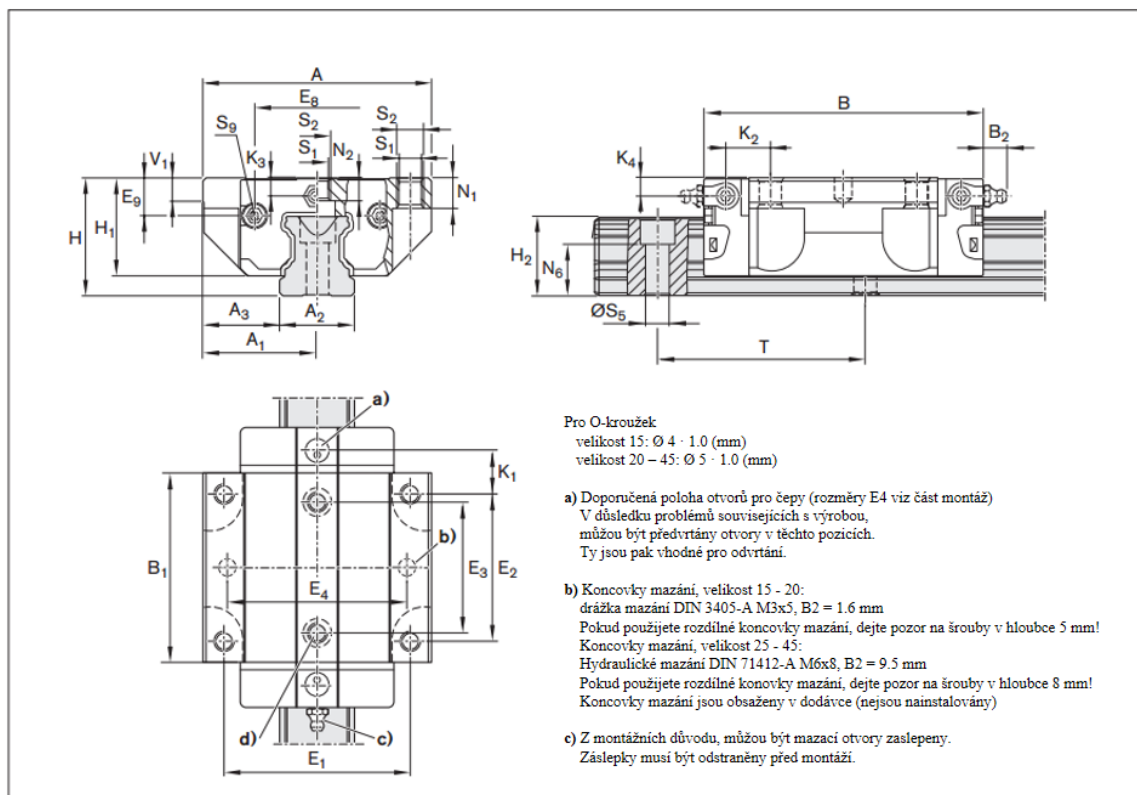
Třída přesnosti (Accuracy class): Jedná se o přesnost mezi lineárním vedením a lineárním pojezdem. Ta se pohybuje v tolerančním pásmu max. 15μm, proto jsem si zvolil hodnotu přesnosti H. Kde N je toleranční pásmo široké 30μm a UP je toleranční pásmo široké pouze 3μm.

Zvolil jsem lineární pojezd bez kuličkového řetězce proto označena hodnota 20

Předpis pro objednání:

FNS R1651 313 20

Rozměry a vlastnosti lineárního vedení FNS R1651 313 20 (obr. 24)



Size	Dimensions (mm)																		
	A	A ₁	A ₂	A ₃	B ^{0.5}	B ₁	E ₁	E ₂	E ₃	E ₈	E ₉	H	H ₁	H ₂ ¹⁾	H ₂ ²⁾	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
15	47	23.5	15	16.0	58.2	39.2	38	30	26	24.55	6.70	24	19.90	16.30	16.20	8.00	9.6	3.20	3.20
20	63	31.5	20	21.5	75.0	49.6	53	40	35	32.50	7.30	30	25.35	20.75	20.55	11.80	11.8	3.35	3.35
25	70	35.0	23	23.5	86.2	57.8	57	45	40	38.30	11.50	36	29.90	24.45	24.25	12.45	13.6	5.50	5.50
30	90	45.0	28	31.0	97.7	67.4	72	52	44	48.40	14.60	42	35.35	28.55	28.35	14.00	15.7	6.05	6.05
35	100	50.0	34	33.0	110.5	77.0	82	62	52	58.00	17.35	48	40.40	32.15	31.85	14.50	16.0	6.90	6.90
45	120	60.0	45	37.5	137.6	97.0	100	80	60	69.80	20.90	60	50.30	40.15	39.85	17.30	19.3	8.20	8.20

Size	Dimensions (mm)										Weight (kg)	Load capacities ³⁾ (N)		Load moments ³⁾ (Nm)			
	N ₁	N ₂	N ₆ ^{+0.5}	S ₁	S ₂	S ₅	S ₉	T	V ₁	m		C	C ₀	M _t	M ₁₀	M _L	M _{L0}
15	5.2	4.40	10.3	4.3	M5	4.5	M2.5x3.5	60	5.0	0.20	9 860	12 700	95	120	68	87	
20	7.7	5.20	13.2	5.3	M6	6.0	M3x5	60	6.0	0.45	23 400	29 800	300	380	200	260	
25	9.3	7.00	15.2	6.7	M8	7.0	M3x5	60	7.5	0.65	28 600	35 900	410	510	290	360	
30	11.0	7.90	17.0	8.5	M10	9.0	M3x5	80	7.0	1.10	36 500	48 100	630	830	440	580	
35	12.0	10.15	20.5	8.5	M10	9.0	M3x5	80	8.0	1.60	51 800	80 900	1 110	1 740	720	1 130	
45	15.0	12.40	23.5	10.4	M12	14.0	M4x7	105	10.0	3.00	86 400	132 000	2 330	3 560	1 540	2 350	

Obr. 24: Parametry lineárního pojezdu



Obr. 25: Reálná součást lineárního vedení a pojezdu

4.5.3 Stavebnicový systém Haberkorn – Item

Slouží pro stavbu jednoúčelových strojů a zařízení. Firma Haberkorn nabízí kompletní sortiment výrobce stavebnicového systému německé firmy ITEM (Industietechnik und Maschinenbau GmbH). Základem těchto systémů jsou přesné eloxované hliníkové profily s podélnými drážkami a otvory pro upevnění spojovacího prvku a samozřejmě rozsáhlého příslušenství. Profily jsou povrchovány ochranou vrstvou, která odolává korozi a poškrábání. Celý koncept stavebnice umožňuje velkou pružnost, vysokou přesnost i pevnost. K výhodám patří rychlé přenastavení jednotlivých komponentů a opakovatelnost použitých prvků systému. Délkové rozměry jednotlivých nařezaných profilů je firma schopna dodržet v tolerancích tak, že se po sešroubování rámu nevzpříčí lineární vedení [4].

Základní charakteristiky:

- a) moderní design
- b) rychlé a snadné konstruování s přehledným katalogem a knihovnou prvků pro CAD aplikace na CD
- c) provedení strojů splňující nejnáročnější požadavky zákazníka bez nároků na nákladný strojní park
- d) vysoká přesnost, pevnost a životnost jednotlivých dílů při zachování nízké hmotnosti konstrukčního celku
- e) cenově dostupná řešení díky jednoduché přípravě výroby, jednoduché montáži a možnosti opakovaného použití jednotlivých dílů
- f) velký výběr prvků – čtyři rozměrové řady přesných eloxovaných hliníkových profilů s množstvím příslušenství a doplňků

5 Použitý software

Pro konstrukční návrh jsem použil software Catia V5. Je to software, který patří k předním světovým nástrojům ke zhotovování 3D návrhů. Umožňuje lídrům světového průmyslu vyrábět a vyvíjet výrobky, které jsou běžně používány. Řešení je připravené pro různá odvětví průmyslu s ohledem na dané specifikace. Nejvíce se se softwarem setkáme v leteckém a automobilovém průmyslu, kde umožňuje firmám zrychlovat vývojový a inovační proces.

Catia V5 přináší jedinečnou možnost vytvořit model jakéhokoliv produktu. Designéři, konstruktéři, technologové a všichni členové týmu si mohou výrobek lépe představit díky realistické 3D vizualizaci.

Catia V5 umožní vytvořit jakoukoliv 3D sestavu pro širokou řadu strojírenských procesů a aplikací:

- Postupové nástroje pro tváření plechů.
- Formy pro vstřikování plastů.
- Kinematické mechanismy.
- Ohýbané součásti.
- 3D tisk.
- Simulace.

Catia V5 obsahuje předdefinované procesy, které pomáhají inženýrům zvýšit produktivitu při samotném navrhování výrobků a to nejen rychle dokončenou mechanickou konstrukci, ale i flexibilitou ve změnovém řízení nad již vytvořenými daty.

Vývojáři se mohou spolehnout na kvalitní nástroje pro modelování a jednoznačně definovat mechanický výrobek a to včetně 3D modelů, 2D výkresů, funkčních tolerancí.

Design hraje rozhodující roli pro úspěšné uvedení nového produktu na trh. Pokud se jedná o elektroniku, spotřební zboží nebo automobily. Výrobky jsou právě tak úspěšné, jak moc pozitivní dojem vyvolávají u zákazníků. Vše je možné realizovat právě v softwaru Catia V5 [6].

6 Konstrukce

Samotnou konstrukci jsem rozdělil do několika hlavních konstrukčních uzlů:

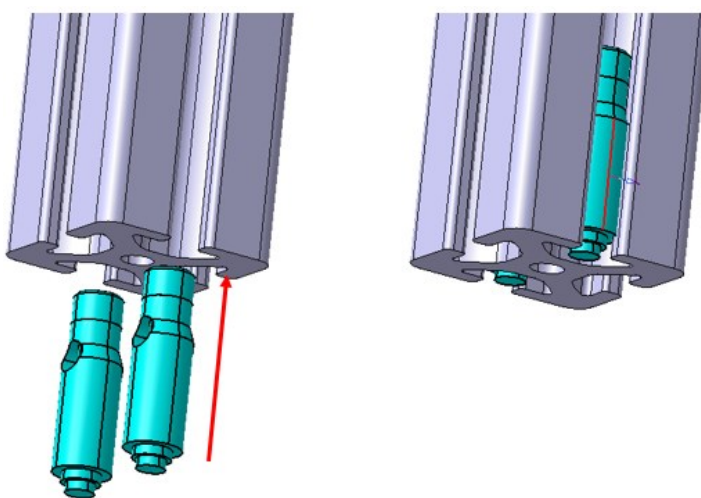
- Konstrukce provedená pomocí profilů Haberkorn – Item.
- Volba vhodného lineárního vedení.
- Upevnění měřicího přístroje do rámu pro spojení s lineárním vedením.
- Nalezení vhodného elektrického zvedacího systému.
- Připevnění měřicího systému k rastrové desce.

6.1 Konstrukce provedená pomocí profilů Haberkorn - Item

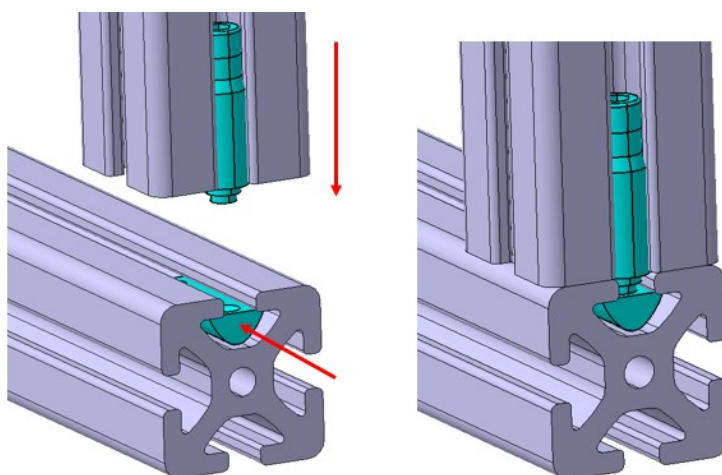
Nosný rám přípravku jsem konstruoval pomocí hliníkových profilů firmy Haberkorn - Item. Důvodem byla vysoká tuhost rámu, jednoduché spojování profilů pomocí speciálního spojovacího materiálu. Různé krytky a všechny prvky týkající se rámu, lze pořídit u jedné společnosti.

6.1.1 Spojování hliníkových profilů

Na konstrukci jsem použil dvě velikosti profilů (profil 80x80 mm, a profil 40x40 mm). Profily o rozměru 40x40 mm lze jednoduše čelně spojit pomocí speciálního upínacího materiálu, kde se šrouby s vnějším samořezným závitem zašroubují do drážky profilu (obr. 26). Pak se do drážky druhého profilu zasune kámen se závitem pro šroub (obr. 27) a následným zašroubováním šroubu vznikne čelní spojení profilů, které je dostatečně přesné a tuhé.



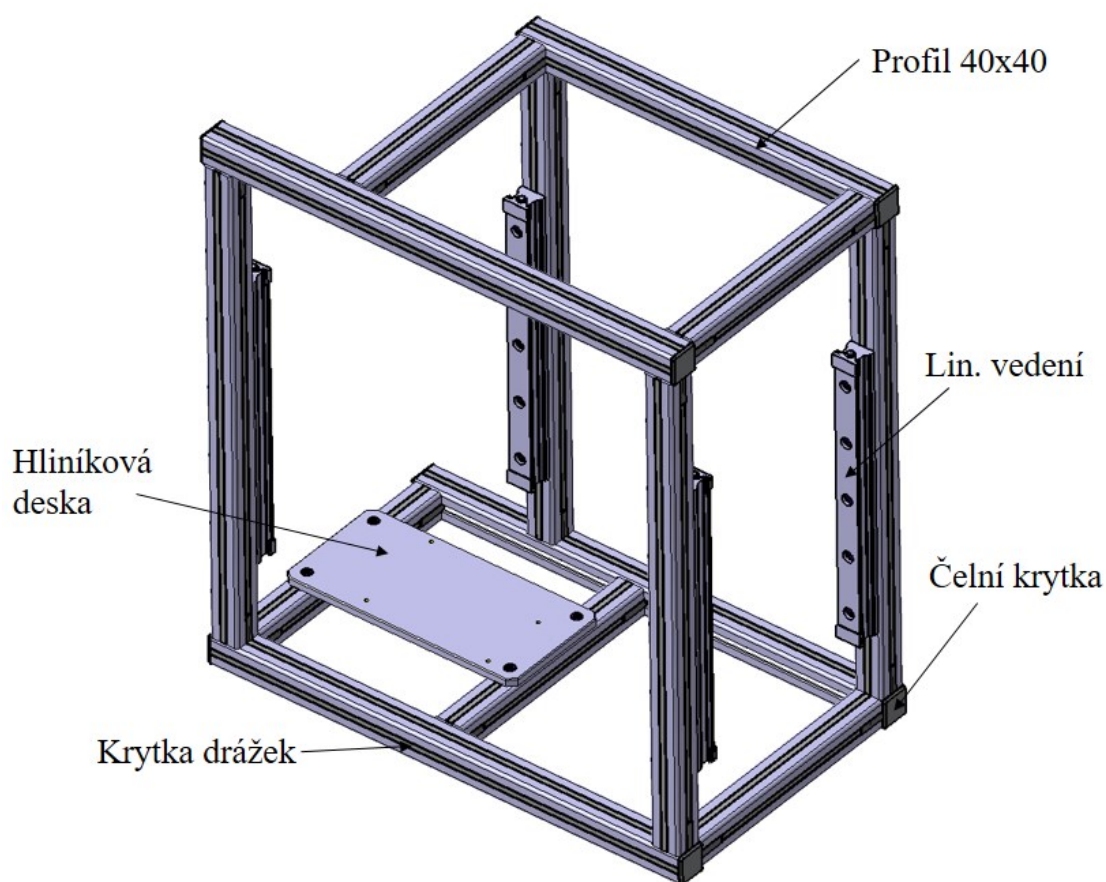
Obr. 26: Spojení hliníkových profilů



Obr. 27: Spojení hliníkových profilů

6.1.2 Rámová konstrukce zhotovená hliníkovými profily

Rámovou konstrukci (obr. 28) jsem navrhl výhradně z profilů o rozměrech 40x40 mm, které budou spojeny čelně speciálním spojovacím materiálem. Na tuto konstrukci jsem položil hliníkovou desku, na kterou budu montovat elektrický nůžkový zvedák. Dále jsem na rámovou konstrukci připevnil lineární vedení. Na celou konstrukci jsem použil krytky drážek a čelní krytky profilů. Ty mají kromě pohledové funkce i bezpečnostní funkci, jelikož nahrazují sražení ostrých hran profilů. Pomocí krytek působí celý přípravek celistvým a hladkým dojmem.



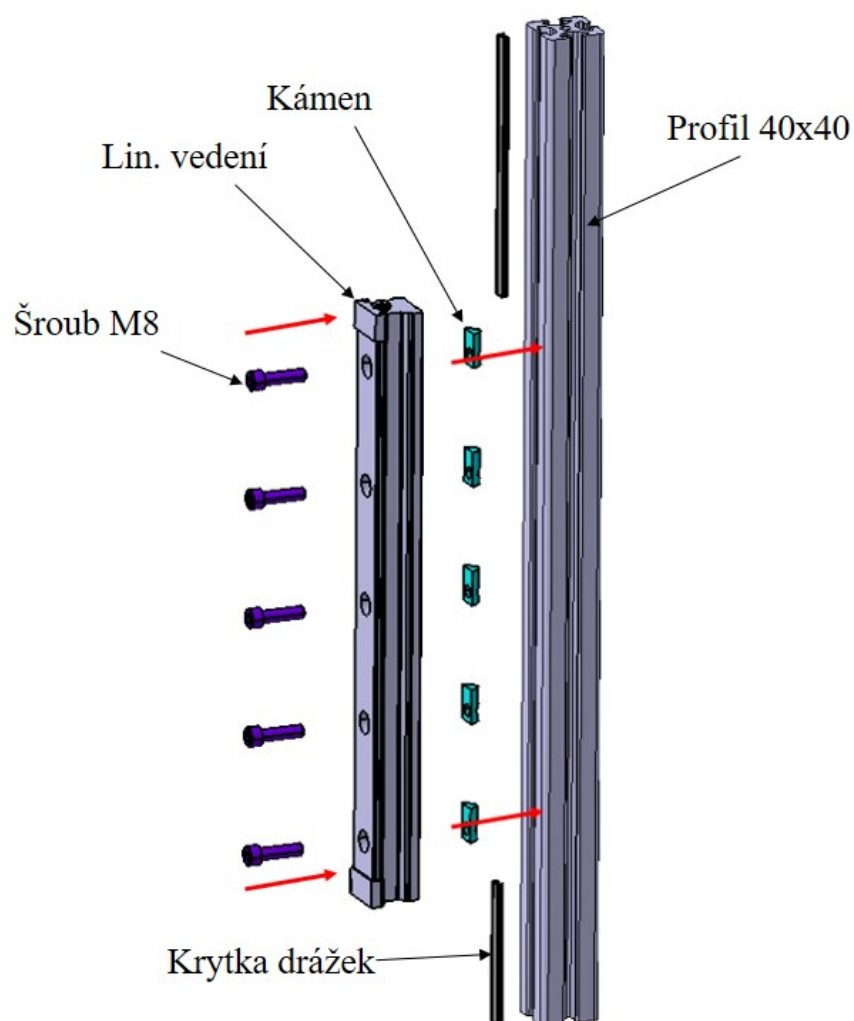
Obr. 28: Rámová konstrukce

6.1.3 Lineární pojezdy a vedení

Zvolil jsem lineární vedení od firmy Bosch, které by vyhovovalo dané koncepci přípravku a vyznačuje se dobrými vlastnostmi v oblasti zatížení v jednotlivých směrech a vysokou životností.

6.1.4 Uchycení lineárního vedení k rámové konstrukci

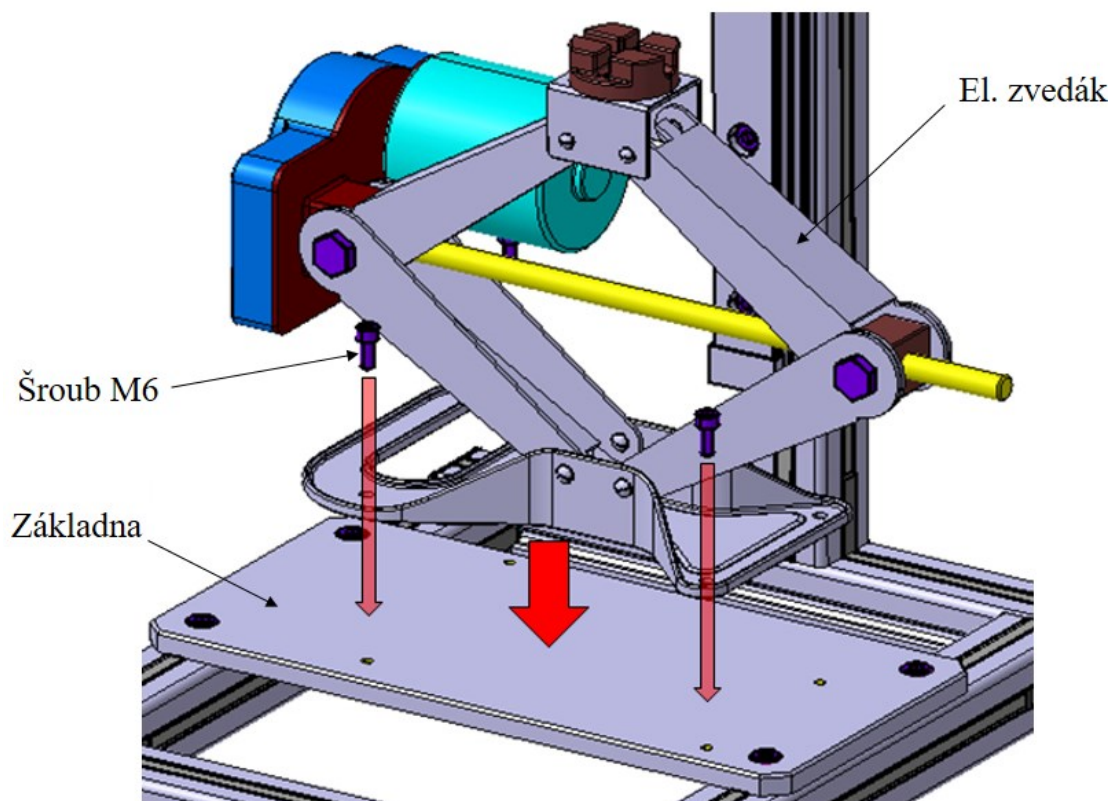
Lineární vedení jsem uchytil pomocí kamenů, které jsem zasunul do drážek profilu a přišrouboval šrouby M8x30 (obr. 29). Jednotlivé kameny mají zdrsňený čelní povrch, aby bylo dosaženo lepšího kvalitnějšího spojení mezi kamenem a drážkou profilu.



Obr. 29: Uchycení lineárního vedení

6.1.5 Připevnění nůžkového zvedáku k rámu

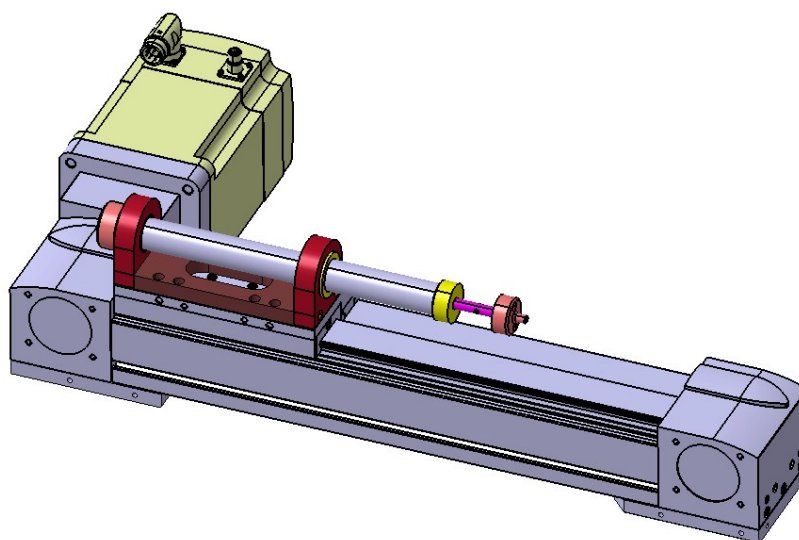
Základna elektrického zvedáku byla opatřena vyvrtanými otvory průměru 6,4 mm pro montáž zvedáku k základové desce rámu. Tato montáž byla provedena pomocí čtyř šroubů M6x14 [1].



Obr. 30: Spojení nůžkového zvedáku s rámem

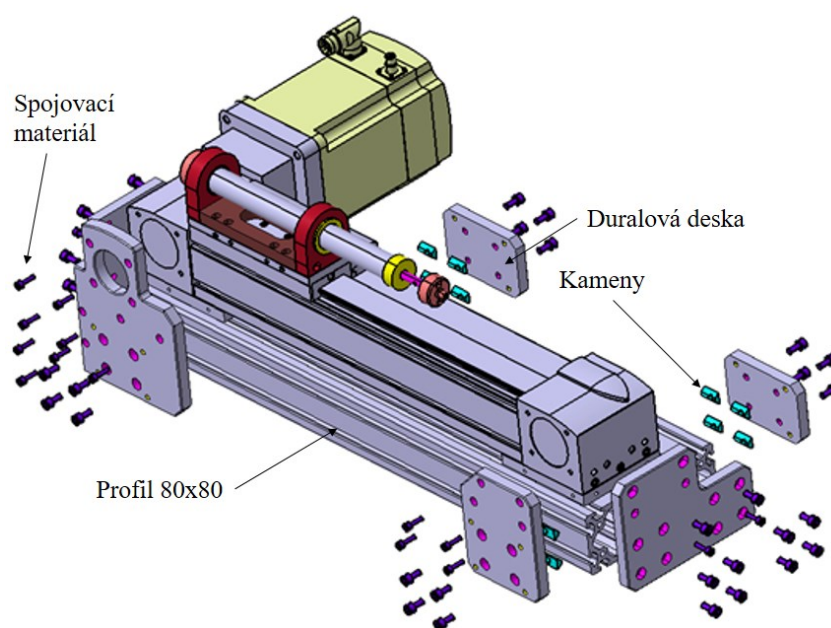
6.2 Připevnění měřicího zařízení k rámu

K tomuto spojení jsem také zvolil dva profily od firmy Haberkorn – Item (rozměru 80x80 mm). Ty jsem použil jako podélníky, které jsem později spojil s měřicím zařízením pomocí duralových desek a sešroubováním do jednoho celku. Také jsem na tento konstrukční uzel připevnil lineární pojezdy.



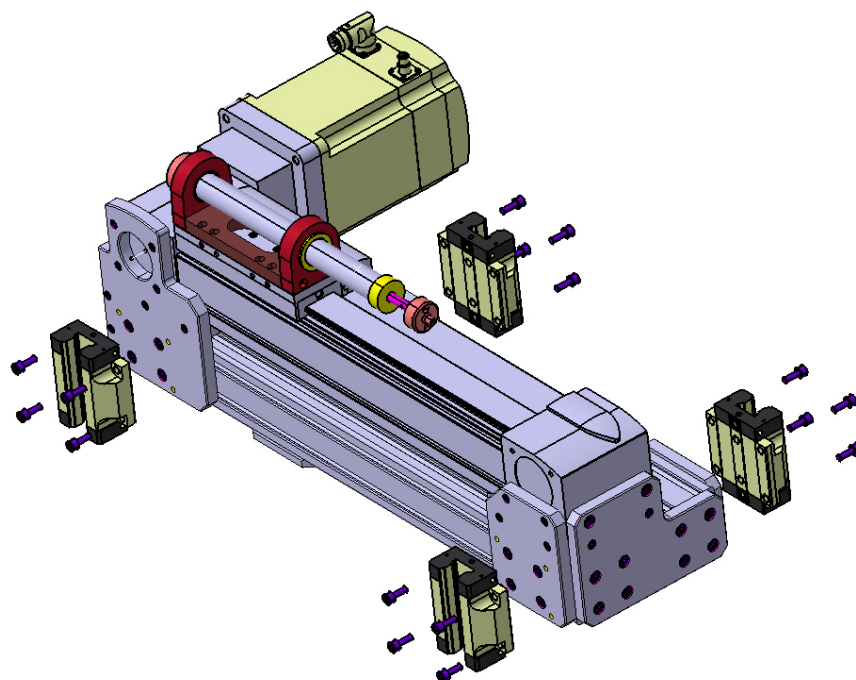
Obr. 31: Měřicí systém High speed pull

Samotný měřicí systém jsem uchytil pomocí dvou hliníkových profilů o rozměrech 80x80 mm, které jsem pomocí duralových desek spojil do jednoho celku (obr. 32).



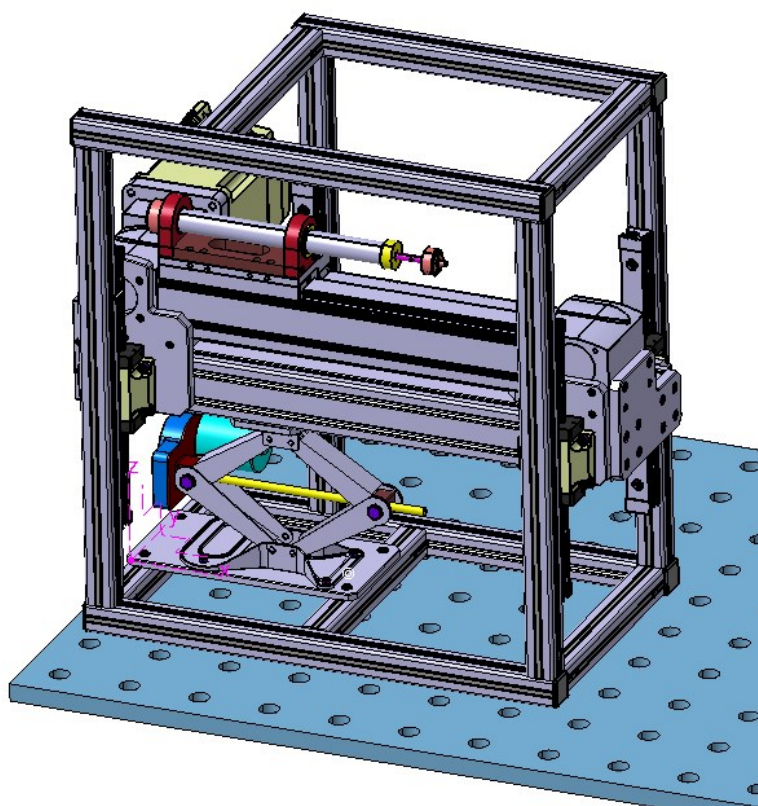
Obr. 32: Spojení měřicího systému

Poté jsem na tuto konstrukci připevnil lineární pojezdy (obr. 33).



Obr. 33: Upevnění lineárního pojezdu k měřicímu systému

Konečný sešroubovaný přípravek



Obr. 34: Konečný model

6.3 Návrh vhodného elektrického zvedacího systému

Pro dané zvedání jsem měl několik možností, jakým způsobem by se dal daný pohyb realizovat. Avšak zadání bylo, jak už to v dnešní době bývá, aby byl systém co nejlevnější a co nejsnadněji ovládán. Prvotní návrh měl být realizován pomocí klasického nůžkového mechanismu, který bychom spojili s elektrickým motorem. Ovládání by bylo řešeno přes tlačítko. Tento návrh se mi nelíbil, a proto jsem hledal jinou alternativu. Našel jsem přístroj, který má již tyto všechny komponenty integrovány uvnitř sebe. Tímto se konstrukce o něco zjednodušila. Samotný nůžkový zvedák jsem umístil mezi dolní část rámu, přišroubovaného k desce, a pohyblivou část přípravku. Zjistil jsem si těžiště daného přípravku a nůžkový zvedák jsem umístil co nejblíže tomuto těžišti, aby zatížení na jednotlivé lineární vedení bylo co nejvíce konstantní. V jednom směru mi to bylo umožněno bez problémů, avšak ve druhém směru jsem musel nůžkový zvedák posunout asi o 2 centimetry a to z důvodu konstrukce samotného nůžkového zvedáku. Protože při samotném zvedání přípravku motor, který je připojen k nůžkovému zvedáku, kolidoval s lineárním vedením, bylo nezbytné se odchýlit od těžiště pro správnost funkce přípravku.

6.4 Připevnění měřicího systému k rastrové desce

Předchozí měřicí systém byl k rastrové desce připevněn pomocí šroubů a upínek. Tento konstrukční uzel jsem převzal, nebyl důvod vymýšlet něco nového, poněvadž stávající systém byl plně dostačující a funkční. Navíc už nebude nutné s celým přípravkem hýbat (jako při předchozím stavu) a bude stále připevněn k rastrové desce.

7 Výpočet pohybového šroubu

Výpočet jsem si rozdělil na 4 části. Tyto části vychází ze 4 poloh nůžkového zvedáku. V každé poloze jsem si udělal rozklad sil a získané síly jsem použil do vzorců, které mi určí, zda pohybový šroub vydrží dané zatížení či nikoliv. Materiál pohybového šroubu je 11 700, ze kterého vyplývá hodnota meze kluzu R_e . Jednotlivé síly F_s jsem odečítal graficky z vytvořených diagramů (obr. 35).

Hodnoty konstant:

- $d_2 = 10,191\text{mm}$
- $d_3 = 7,84\text{mm}$
- $P = 3$
- $R_e = 363\text{ MPa}$
- $f_z = 0,18 - 0,35 \rightarrow$ volím $f_z = 0,30$

Hodnoty konstant, které použiji do všech výpočtů:

Úhel stoupání závitu ψ :

$$\psi = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{3}{\pi \cdot 10,191} = 5,35^\circ \quad (1)$$

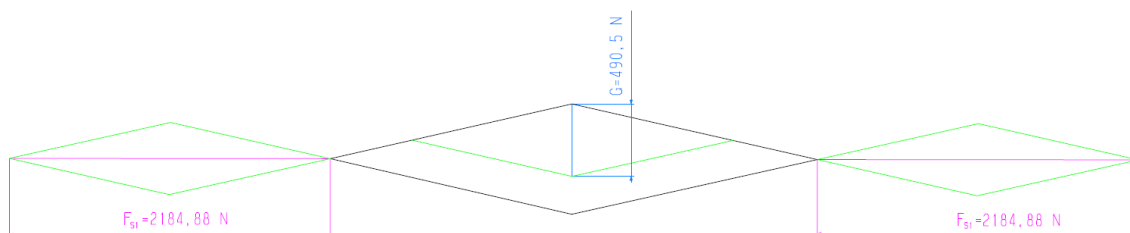
Redukovaný třecí úhel φ' :

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos 15^\circ} = \arctg \frac{0,30}{\cos 15^\circ} = 17,2538^\circ \quad (2)$$

Modul průřezu v krutu:

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} = \frac{\pi \cdot 7,84^3}{16} = 94,62 \text{ mm}^3 \quad (3)$$

7.1 Poloha 1 nůžkového zvedáku (výška zvedáku je 111mm):



Obr. 35: Rozklad sil, poloha 1

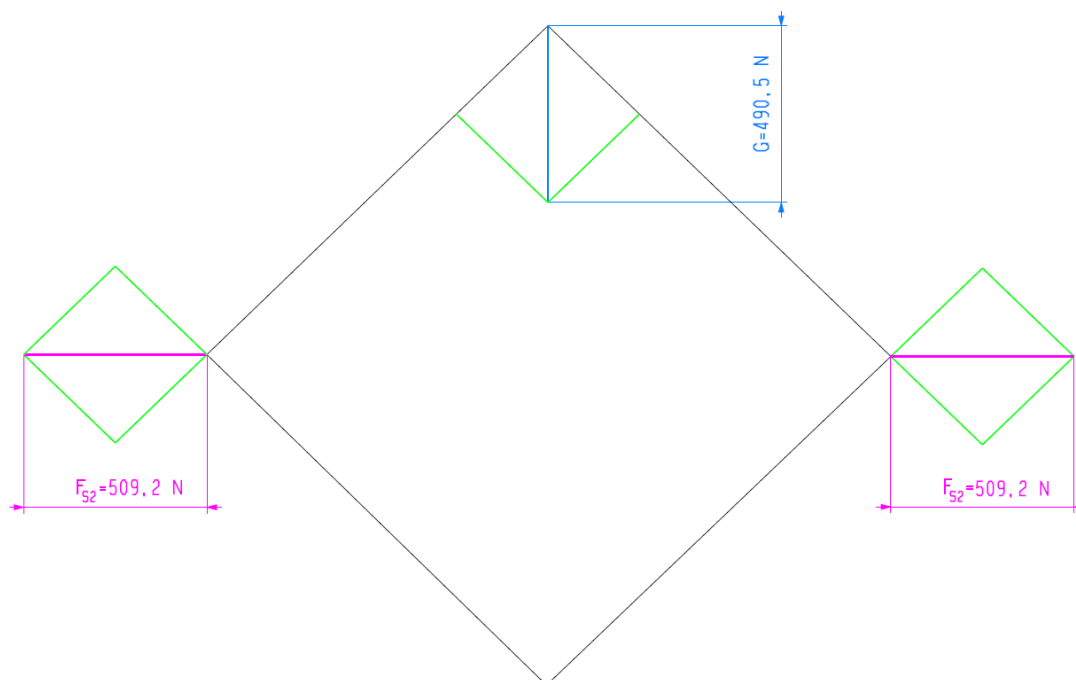
$$\sigma_1 = \frac{F_{S1}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2} = \frac{2184,88}{\pi \cdot \left(\frac{7,84}{2}\right)^2} = \mathbf{45,26 \text{ MPa}} \quad (4)$$

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot F_{S1} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{W_k} =$$

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot 2184,88 \cdot \operatorname{tg}(5,35 + 17,2538) \cdot \frac{10,191}{2}}{94,62} = \mathbf{97,97 \text{ MPa}} \quad (5)$$

$$k_{S1} = \frac{Re}{\sqrt{\sigma_1^2 + 4\tau_1^2}} = \frac{363}{\sqrt{45,26^2 + 4 \cdot 97,97^2}} = \mathbf{1,8} \quad (6)$$

7.2 Poloha 2 nůžkového zvedáku(výška zvedáku je 185mm):



Obr. 36: Rozklad sil, poloha 2

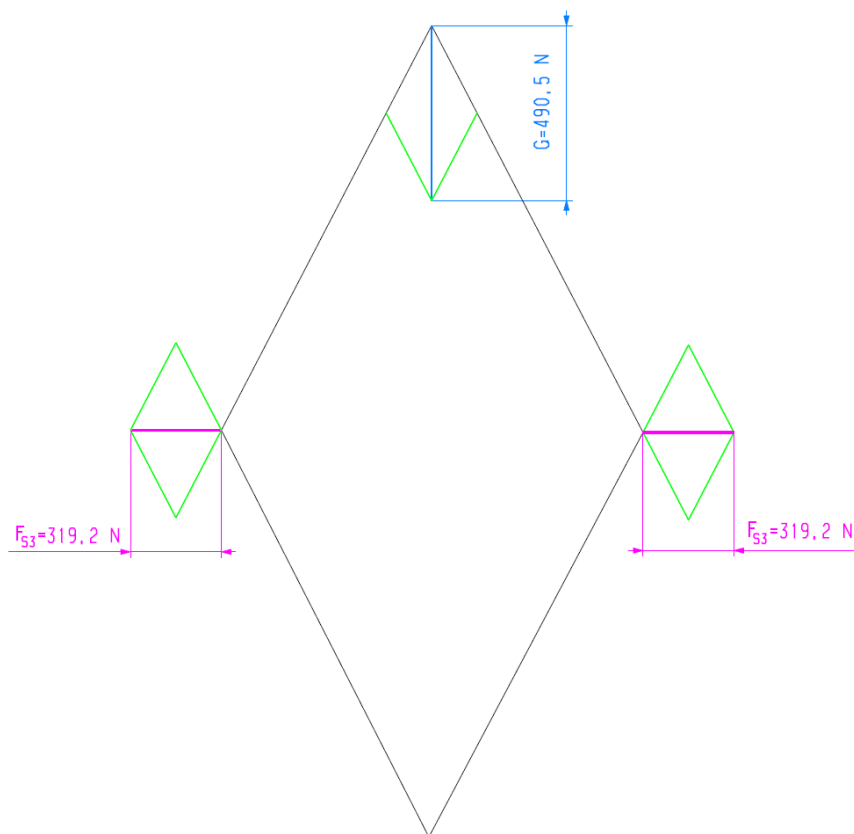
$$\sigma_2 = \frac{F_{S2}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2} = \frac{509,2}{\pi \cdot \left(\frac{7,84}{2}\right)^2} = \mathbf{10,55 \text{ MPa}} \quad (7)$$

$$\tau_2 = \frac{2 \cdot F_{S2} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{W_k} =$$

$$\tau_2 = \frac{2 \cdot 509,2 \cdot \operatorname{tg}(5,35 + 17,2538) \cdot \frac{10,191}{2}}{94,62} = \mathbf{22,83 \text{ MPa}} \quad (8)$$

$$k_{S2} = \frac{Re}{\sqrt{\sigma_2^2 + 4\tau_2^2}} = \frac{363}{\sqrt{10,55^2 + 4 \cdot 22,83^2}} = \mathbf{7,75} \quad (9)$$

7.3 Poloha 3 nůžkového zvedáku (výška zvedáku je 259mm):



Obr. 37: Rozklad sil, poloha 3

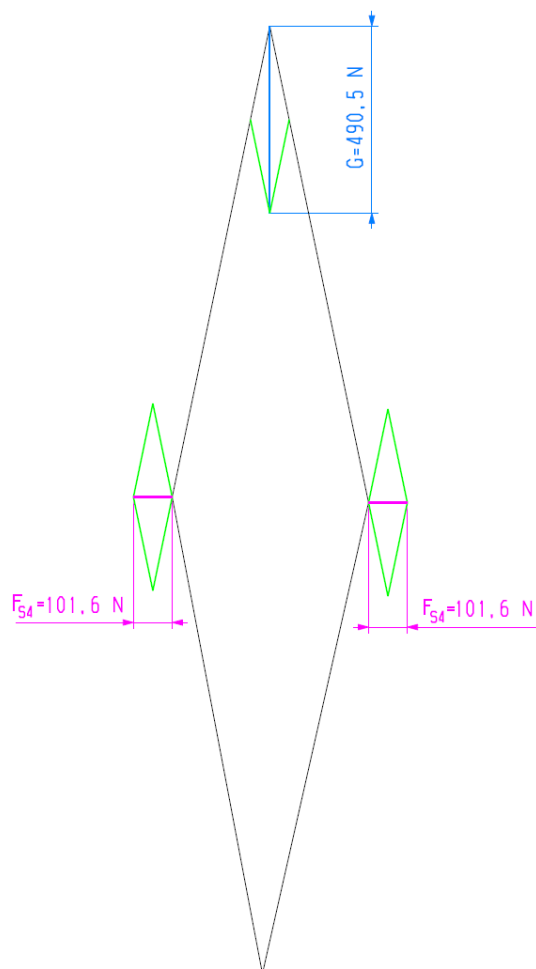
$$\sigma_3 = \frac{F_{S3}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2} = \frac{319,2}{\pi \cdot \left(\frac{7,84}{2}\right)^2} = \mathbf{6,61 \text{ MPa}} \quad (10)$$

$$\tau_3 = \frac{2 \cdot F_{S3} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{W_k} =$$

$$\tau_3 = \frac{2 \cdot 319,2 \cdot \operatorname{tg}(5,35 + 17,2538) \cdot \frac{10,191}{2}}{94,62} = \mathbf{14,31 \text{ MPa}} \quad (11)$$

$$k_{S3} = \frac{Re}{\sqrt{\sigma_3^2 + 4\tau_3^2}} = \frac{363}{\sqrt{6,61^2 + 4 \cdot 14,31^2}} = \mathbf{12,36} \quad (12)$$

7.4 Poloha 4 nůžkového zvedáku (výška zvedáku je 332mm):



Obr. 38: Rozklad sil, poloha 4

$$\sigma_4 = \frac{F_{S4}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2} = \frac{101,6}{\pi \cdot \left(\frac{7,84}{2}\right)^2} = \mathbf{2,10 \text{ MPa}} \quad (13)$$

$$\tau_4 = \frac{2 \cdot F_{S4} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{W_k} =$$

$$\tau_4 = \frac{2 \cdot 101,6 \cdot \operatorname{tg}(5,35 + 17,2538) \cdot \frac{10,191}{2}}{94,62} = \mathbf{4,56 \text{ MPa}} \quad (14)$$

$$k_{S4} = \frac{Re}{\sqrt{\sigma_4^2 + 4\tau_4^2}} = \frac{363}{\sqrt{2,10^2 + 4 \cdot 4,56^2}} = \mathbf{38,78} \quad (15)$$

7.5 Zhodnocení výsledků výpočtu

V každé poloze jsem počítal výslednou bezpečnost pohybového šroubu. Zjistil jsem, že největší namáhání je v poloze 1. V této poloze mi vyšla bezpečnost šroubu 1,8. Jelikož výsledná bezpečnost pohybového šroubu by se měla pohybovat v rozmezí $1,1 \div 1,8$ a šroub se v nejvíce zatíženém stavu pohybuje na horní hranici, můžu potvrdit, že daný pohybový šroub plně vyhovuje a je schopný zvedat dané zařízení.

8 Závěr

Konstrukce a zhotovení přípravku bylo bez potíží realizováno. Díky této konstrukci se zjednodušila výšková nastavitelnost pro měření. Pomocí výpočtů jsem si ověřil, že pohybový šroub vydrží dané zatížení a může se tedy bez obav používat. Nyní nemusí měřicí zařízení obsluhovat více osob, ale stačí pouze jenom jedna. Tímto došlo nejen k úspoře časové, ale i úspoře lidské práce. Tyhle faktory vedou k úspoře peněz. Na tento faktor se v dnešní době klade velký důraz. K celému přípravku byla zhotovená úplná dokumentace včetně rozpadů podsestav a dílů, kusovníků a dílenských výkresů. Jsem rád, že můj návrh polohovací lavice a její realizace bude používána minimálně do doby, než bude lidský faktor z tohoto procesu vyřazen.

9 Seznam použité literatury

- [1] LEINVEBER, J. — VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [2] KALÁB, K.: *Skripta Části a mechanismy strojů pro 2. a 3. ročník bakalářského studia*, 2015.
- [3] *Bosch Rexroth Česká republika* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z:
<https://www.boschrexroth.com/cs/cz/>
- [4] *Bosch Rexroth Hliníkové profily* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z:
<https://www.boschrexroth.com/en/us/products/product-groups/assembly-technology/aluminum-structural-framing/index>
- [5] *Elektrický nůžkový zvedák* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z:
<https://www.uni-max.cz/nuzkovy-zvedak-2-t-12-v/d/>
- [6] *Catia V5* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z:
<https://www.technodat.cz/reseni-a-sluzby/3d-plm/catia>

Použité grafické programy

Catia V5

10 Seznam příloh

00_BC.KUSOVNIK_LIST1

00_BC.KUSOVNIK_LIST2

00_BC.SESTAVA

01_BC.SESTAVA_RAM_LIST1

01_BC.SESTAVA_RAM_LIST2

01.10_BC.DESKA

02_BC.SESTAVA_HIGH_SPEED_PULL

02.01_BC.DESKA

02.02_BC.DESKA

02.03_BC.DESKA

02.04_BC.DESKA

02.05_BC.DESKA

02.06_BC.DESKA