



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

AUTOMATICKÉ VKLÁDÁNÍ PROFILŮ

AUTOMATIC PROFILE INSERTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ALOIS PAVLÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Alois Pavlíček

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:

Automatické vkládání profilů

v anglickém jazyce:

Automatic profile insertion

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční návrh automatického vkládání plastových „L“ profilů na vstupu do polepovací linky LPR400-14/AS, která provádí nalepování skelné mřížkované tkaniny na vstupní profily pomocí tavného lepidla.

Automatické vkládací zařízení by mělo odstranit monotónní práci a tím ušetřit pracovní místo.

Cíle bakalářské práce:

1. Stručný rozbor variant řešení
2. Volba a odůvodnění zvolené varianty
3. Základní časové, dynamické a konstrukční propočty
4. Vypracování výkresové dokumentace, včetně 3D modelu zařízení

Seznam odborné literatury:

- (1) Kolíbal, Z.: Průmyslové roboty I – Konstrukce PRaM, skriptum VUT Brno, 1993
- (2) Kolíbal, Z. – Kadlec, Z.: Průmyslové roboty II – Konstrukce výstupních hlavíc a periférií, skriptum VUT Brno, 1993
- (3) Ehrenberger, Z., Kolíbal, Z.: Průmyslové roboty III – robotické systémy vyšších generací, skriptum VUT Brno, 1993
- (4) Bělohoubek, P., Kolíbal Z.: Průmyslové roboty IV – projektování výrobních systémů s PRaM, skriptum VUT Brno, 1993
- (5) Talácko, J., Matička, R.: Konstrukce PRaM, ČVZT Praha, 1995
- (7) Skařupa, J.: Metodika konstruování, skriptum FS VŠB – TU Ostrava, 1993
- (8) Skařupa, J., Mostýn V.: Metody a prostředky navrhování průmyslových a servisních robotů, VIENALA Košice, TU Košice, 2002
- (9) www.infozdroje.cz
- (10) www.aluteckk.cz

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Bradáč, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 2.12.2010

L.S.

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

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je konstrukce automatického podavače plastových „L“ profilů na vstup polepovací linky LPR400-14/AS. První část této práce obsahuje rozbor použitelných konstrukčních variant. Druhá část řeší výběr nejvhodnější varianty a také obsahuje základní kinematické, dynamické a konstrukční výpočty. V příloze je také 3D model celého zařízení modelovaného v programu SolidWorks 2010.

Klíčová slova:

Podavač, uchopovací zařízení, zásobník

Abstract

The purpose of this bachelor's thesis is a design of automatized feeder of plastic "L" profiles to the beginnig of the bonding line LPR400-14/AS. The first part of this thesis contains an analysis of usable design variants. The second part deals with the choice of the most convenient variant and it also contains basic kinematic, dynamic and construction calculations. In the attachment of the thesis there is a 3D model of the whole machine created in the SolidWorks 2010.

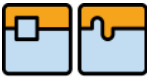
Keywords

Feeder, gripper, cartridge

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Bibliografická citace mé práce:

PAVLÍČEK, A. *Automatické vkládání profilů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. František Bradáč, Ph.D.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Automatické vkládání profilů vypracoval samostatně pod vedením Ing. Františka Bradáče, Ph.D. a v seznamu literatury jsem uvedl všechny použité literární zdroje.

V Brně

.....
vlastnoruční podpis autora

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Tímto bych rád poděkoval zaměstnancům firmy Styroprofile a.s. za četné připomínky a také za to, že mi umožnili zpracovat tuto bakalářskou práci v rámci jejich firmy.

Obsah

1. Úvod	11
2 Popis současného stavu	11
2.1 Popis výrobku	11
2.2 Použití konečného výrobku LKS Plast	11
2.3 Nosné profily	12
2.3.1 Postup výroby a vlastnosti Al profilů	12
2.3.2 Postup výroby a vlastnosti PVC profilů	12
2.3.3 Vhodnost profilů k automatickému vkládání	13
2.4 Popis linky na polepování profilů	13
2.5 Současný způsob vkládání profilů	15
2.6 Předcházející pokusy o zařízení na vkládání profilů	16
3 Požadavky na zařízení na vkládání profilů	17
3.1 Spolehlivost	17
3.2 Použitelnost pro 2 a 2,5 metru dlouhé profily	17
3.3 Limitní čas pro jedno vložení profilu	17
3.4 Rozestupy mezi profily	17
3.5 Obsluha	18
3.6 Zachování manuálního vkládání	18
3.7 Zástavbová plocha	19
4 Varianty řešení	19
4.1 Rozbor variant uchopení profilu	19
4.1.1 Nízkým pod tlakem	20
4.1.2 Vysokým pod tlakem	20
4.1.3 Mechanicky za spodní hranu	21
4.1.4 Mechanicky za zadní hranu (bez uchopení jen posune)	21
4.1.5 Mechanicky s použitím pružného materiálu	22
4.2 Varianty kinematického uspořádání podavače	22
4.2.1 Přímé nasunutí do stroje	23
4.2.2 Se zvednutím a posunutím do osy stroje	23
4.2.3 S částečným nadzvednutím zadního konce a nasunutí do stroje	24
4.2.4 Použití urychlovací kladky	25
4.3 Volba nejvhodnější kombinace úchopu profilu a kin. uspořádání pro podavač	26
4.3.1 Volba vhodné varianty úchopu profilu	26
4.3.2 Volba kinematického uspořádání	27
4.4 Zvolená varianta podavače	27
4.4.1 Popis funkce podavače	28
4.5 Varianty zásobníku ke zvolenému podavači	29
4.5.1 Kapacita zásobníku	29
4.5.2 První varianta zásobníku	30
4.5.3 Druhá varianta zásobníku	31
4.6 Volba nejvhodnějšího zásobníku	31

5 Konstrukce a výpočty	32
5.1 Podávací zařízení	32
5.1.1 Zvedací zařízení	33
5.1.2 Posuvová jednotka	35
5.1.3 Urychlovací zařízení	38
5.2 Zásobník	40
5.2.1 Skutečná kapacita zásobníku	40
5.2.2 Zdvižné zařízení	41
5.2.2.1 Nosný profil	41
5.2.2.2 Zdvižná převodovka a motor	41
5.2.2.3 Lineární vedení	42
5.2.2.4 Rám zásobníku	44
5.3 Posuv zásobníku	44
5.3.1 Pneumatický píst posuvu zásobníku a tlumení kinetické energie	44
5.3.2 Lineární vedení zásobníku	45
5.3.3 Rám stroje	46
6 Závěr	46
7 Seznam použitých zdrojů a literatury	47
8 Seznam použitých zkratk a symbolů	49
9 Seznam příloh	53

1. Úvod

Cílem této práce je konstrukce jednoúčelového podavače plastových „L“ profilů na vstupu linky na polepování profilů LPR400-14/AS. Linka je taktéž jednoúčelovým zařízením; slouží k polepování výše zmíněných „L“ profilů sklo-vlákninovou síťovinou v několika obměnách.

Zařízení má nahradit jednoho pracovníka, který do linky vkládá profily ručně, a to jen s tím, že obsluha stroje naplní zásobník s profily během dalších mezioperačních úkonů. U zařízení je také nutná téměř 100% spolehlivost podávání (vkládání) profilů, jelikož nevhodný profil může mít (a také často má) za následek zastavení celé linky.

Podavač je určen pro firmu Styroprofile a.s., linka byla navržena a vyrobena taktéž ve firmě Styroprofile a.s.

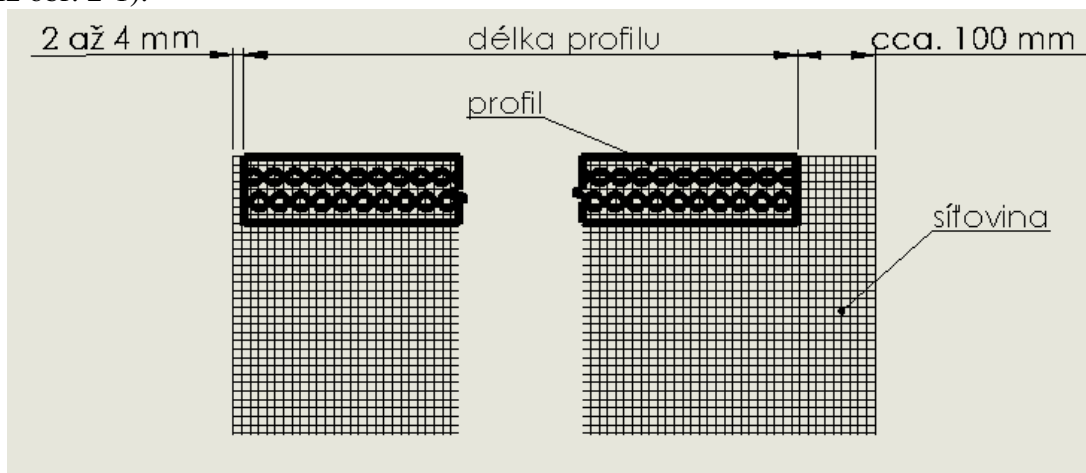
Tento úkol mi byl přidělen také z toho důvodu, že jsem na této lince pracoval dvoje letní prázdniny, a jsem tedy obeznámen s chodem této linky a s problémy, jež mohou nastat při výrobě.

2 Popis současného stavu

V této kapitole bude popsán současný stav a dva předcházející pokusy o stavbu podávacího zařízení.

2.1 Popis výrobku

Nosný profil (dále jen profil) o délce 2 nebo 2,5 metru je nalepen tavným lepidlem na sklovlákninovou tkaninu (jinak řečeno síťovinu). Před a za profilem je přesah síťoviny (viz obr. 2-1).



Obr.2-1 popis výrobku

2.2 Použití konečného výrobku LKS Plast

Profily s tkaninou jsou určeny pro využití ve stavebnictví, samy jako takové nejsou po skončení stavebních prací vidět, ale aniž si to uvědomujeme, jsou použity téměř ve všech novějších nebo nově zrekonstruovaných budovách. Můžeme si jich všimnout na poškozených rozích kde je vidět děrovaný profil s tkaninou; profil může být vyroben z hliníku.

Použití těchto profilů je nezbytné k vyztužení rohů, hran, ostění oken a dveří na KZS (kontaktní zateplovací systém). Výhodou při použití profilů je ochrana rohů proti poškození a zabránění vzniku vlasových trhlin.[3]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2.3 Nosné profily

V současné době se polepují profily vyrobené z PVC a hliníku, tato práce se má zabývat pouze podáváním PVC profilů. Profily vyrobené z těchto dvou materiálů mají značně odlišné vlastnosti a také technologii výroby.

2.3.1 Postup výroby a vlastnosti Al profilů

Al profily jsou vyráběny na profilovacích linkách. Vstupní materiál je hliníkový svitek (plech), ten je upnut v odvíjedle. Následně jsou vyděrovány otvory pomocí excentrického lisu. Poté je děrovaný plech válcován za studena do požadovaného tvaru, následuje dělení letnými nůžkami na požadovanou délku. Za nůžkami je umístěn zásobník, ze kterého obsluha odebírá hotové profily.

Vlastnosti a rozměry Al profilů jsou stálé, ovšem snadno se deformuje a při balení často obsluhou dochází k zahnutí konců do sebe. Často také stačí pouze zavazit nohavicí o zabalené konce profilů, aby došlo k jejich deformaci. Může také docházet k slepení profilů, to je zapříčiněno buď ručním mazáním linky olejem a nebo vstupním materiálem, jenž je mazán grafitem (převážně na konci svitku) jedná se vždy jen o několik kusů ale ty mohou při vkládání způsobit problémy.

Rozměry Al profilu:

tloušťka profilů 0,3 až 0,4 mm

délka bočních stran 20 ± 1 mm

délka profilu 2 nebo 2,5 m $\pm 0,0025$ m

2.3.2 Postup výroby a vlastnosti PVC profilů

PVC profily jsou vyráběny na extruzních linkách. Značný vliv na chod extruzní linky má druh použitého materiálu. Používá se granulát nebo recyklované PVC (drť). Po vytlačení z extrudéru pokračuje profil přes chladicí vanu a článkový odtah. V těchto dvou částech vznikají odchylky přímosti. Za odtahem jsou umístěny letmé nůžky, jež dělí profily na požadovanou délku. Za letnými nůžkami následuje excentrický děrovací lis, kde jsou vyrobeny otvory na jednotlivých stranách profilu. Zde může dojít k nepřesnému posunu profilu a tím pádem posunutí roztečí děr. Poté profily končí na manipulačním stole, kde je obsluha odebírá a skládá do připraveného koše.

Vlastnosti a rozměry PVC profilů jsou nestálé, ale k trvalým deformacím dochází až při vyvinutí značné síly. Jsou značně pružné a mohou se značně elasticky deformovat. Nedochází u nich na rozdíl od Al profilů ke slepení

Rozměry PVC profilu:

tloušťka profilů 1,2 až 1,6 mm

Délka bočních stran 22 až 25 mm

délka profilů 2 nebo 2,5 m $\pm 0,05$ m

2.3.3 Vhodnost profilů k automatickému vkládání

Al profily mají rozměry a vlastnosti stálé a jejich hlavní nevýhodou je to, že dochází k zaháknutí konců do sebe, popř. slepování profilů. Toto bude způsobovat problémy při vkládání. Řešení by byl systém, jenž by dokázal detekovat zaháknutí konců, případně slepení nebo opatření ve výrobě Al profilů.

PVC profily na rozdíl od Al profilů mají nestálé rozměry a vlastnosti, ale nedochází k jejich spojování. Zde bude největší problém najít spolehlivý způsob uchopení profilů. Tato práce se bude dále zabývat jen podáváním PVC profilů.

2.4 Popis linky na polepování profilů

Linka pro polepování rohů je určena pro automatické polepení nosných ocelových, hliníkových nebo plastových L-profilů síťovinou. Lepení je prováděno kontinuálním způsobem. Síťovina je odvíjena ze svitku (obr. 2-2 a) a ve válcovém aplikátoru tavného lepidla (obr. 2-2 b) je na tuto lištu nanášeno lepidlo v požadované šířce.

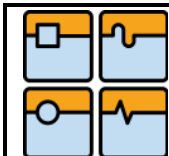
Nosné L-profilý (obr. 2-2 c) jsou do polepovací linky zaváděny pomocí dávkovací kladky (obr. 2-2 d), jejíž přítlak je realizován pomocí pneumatického prvku ovládaného řídicím systémem. Správným nastavením chodu dávkovací kladky lze nastavit mezeru mezi jednotlivými nosnými profily procházejícími polepovací linkou a tím vlastně i požadovaný přesah síťoviny přes konce nosného L-profilu.

Polepená síťovina je pomocí soustavy přítlačných kladek (obr. 2-2 e) nalepena na nosný L-profil. Při průchodu soustavou přítlačných kladek dochází k ofukování profilu s nalepenou síťovinou, které má za úkol urychlit zaschnutí lepidla. Na poslední sadě přítlačných kladek je umístěno odměřovací zařízení, které dává signál řídicímu systému.

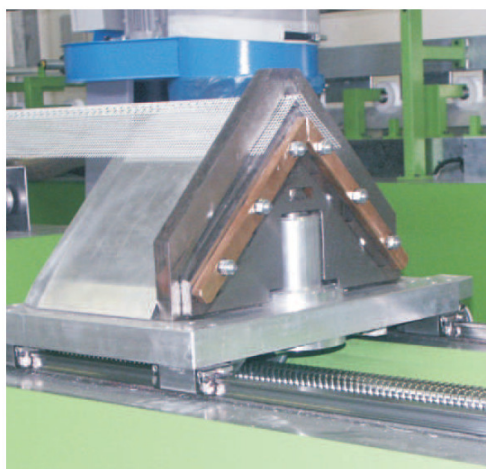
Polepené profily jsou stříhány na požadované délky automaticky letnými nůžkami (obr. 2). Odříznutému a polepenému profilu je poté pomocí urychlovací kladky udělena vyšší rychlost než je vlastní rychlost polepování a tím je získán časový prostor na uložení polepeného profilu do skládacího zásobníku.

Po vyrobení nastaveného počtu kusů se zásobník (obr. 3) automaticky přesune a obsluha odebere naskládanou formaci profilů, kterou dále balí do papírového kartónu, zatímco polepovací linka dále skládá polepené profily do druhé pozice skládacího zásobníku.

Ovládání linky je z dotykového displeje (touch screen).[1]



Obr. 2-2 Linka LPR400-14/AS[2]



Obr. 2-3 Letmé nůžky linky[2]



Obr. 3-4 Skládací zařízení[2]

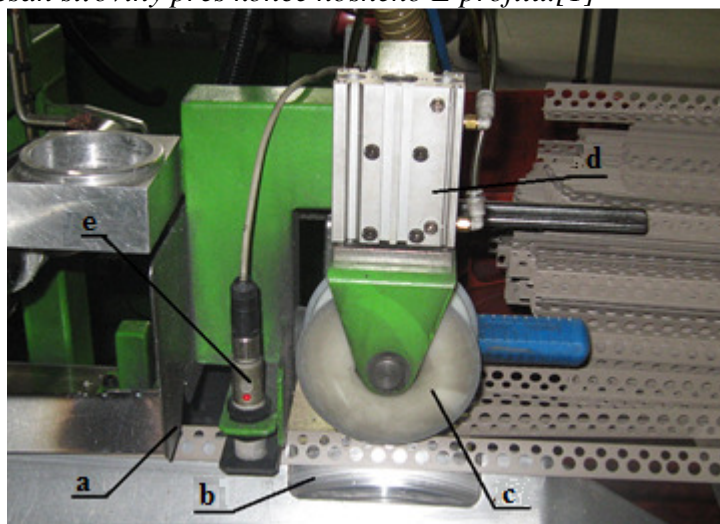


2.5 Současný způsob vkládání profilů

V současné době jsou profily vkládány do linky ručně pracovníkem (Obr. č. 2-5) tak, že pracovník profil vloží pod dávkovací kladku a opře o doraz (obr. 2-4 a). *Dávkovací kladka se skládá ze spodní poháněné kladky (obr. 2-4 b), která je poháněna z centrálního pohonu linky a z vrchní pohyblivé kladky (obr. 2-4 c), jejíž přítlak je realizován pomocí pneumatického prvku SMC MGPM16-30A-XC19 (obr. 2-4 d), jehož chod je ovládán pomocí elektromagnetického ventilu SMC SY5120-4YO-C4F-Q, jehož cívka je řízena signálem z řídicího systému.*

Součástí sestavy kladky je i snímač OMRON E3F2-DS30B41-P1 (obr. 2-4 e), který snímá procházející nosný profil a signál o začátku a konci procházejícího profilu předává do řídicího systému.

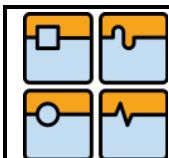
Správným nastavením chodu dávkovací kladky lze nastavit mezeru mezi jednotlivými nosnými profily procházejícími polepovací linkou a tím vlastně i požadovaný přesah síťoviny přes konce nosného L-profilu.[1]



Obr. č. 2-4 Ruční vkládání



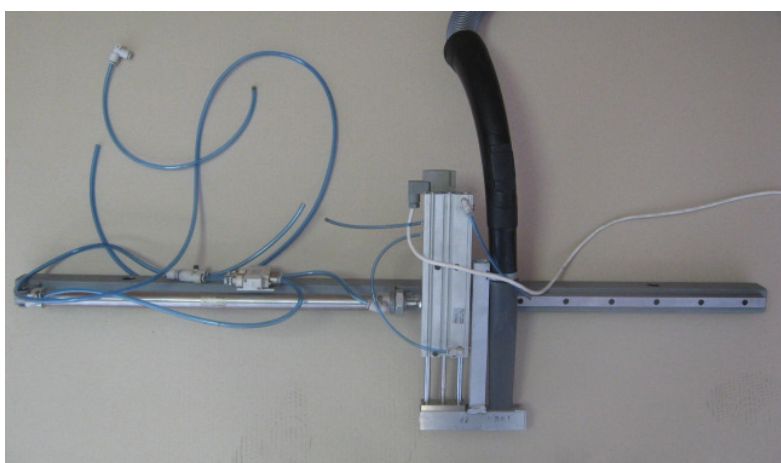
Obr. č. 2-5 Pracovnice vkládající profily do linky



2.6 Předcházející pokusy o zařízení na vkládání profilů

V předcházejících letech byly uskutečněny dva pokusy o stavbu zařízení na vkládání profilů, ovšem oba byly určeny pro hliníkové profily a ani jeden se neosvědčil.

První podavač byl navrhnut v rámci firmy Styroprofile a.s. K manipulaci s profilem využíval nízký podtlak z vysokotlakého ventilátoru. Hubice se přisála na profil, vzduch protékal skrze otvory profilů (stejný princip jako při vysávání, když nadzvednete hadicí koberec). Tento pokus skončil u testování vkládacího uzlu, vyskytly se ovšem problémy se slepováním profilů a také se zaháknutím konců profilů. Poté bylo od tohoto projektu upuštěno, priority firmy byly jinde. Na Obrázku č. 2-6 můžete vidět torzo podávacího zařízení od firmy Styroprofile a.s.



Obr. č. 2-6 Torzo podávacího zařízení od firmy Styroprofile a.s.

Druhý pokus byl dílem jedné pražské konstrukční kanceláře (viz Obr. č. 2-7). Tento podavač byl kompletně sestaven a byl i testován v provozu. Ovšem jeho chybovost byla neúnosná, k jeho provozu byl potřeba pracovník, aby ho „hlídal“. Navíc měl velkou zástavnou plochu a blokoval průchod kolem linky. K manipulaci s profily využíval na zakázku dělané přísavky a vysokého vakua (ejektor).



Obr. č. 2.7 Podavač pražské konstrukční kanceláře

3 Požadavky na zařízení na vkládání profilů

Požadavky na vkládací zařízení jsou:

- Spolehlivost (ad. 3.1)
- Použitelnost pro 2 a 2,5 metru dlouhé profily (ad. 3.2)
- Limitní čas pro jedno vložení profilu (ad. 3.3)
- Rozestupy mezi profily (ad. 3.4)
- Obsluha (ad. 3.5)
- Zachování manuálního vkládání (ad. 3.6)
- Zástavbová plocha (ad. 3.7)

3.1 Spolehlivost

Vkládání profilů musí být téměř na 100 % spolehlivé. Tolerovat se dá jedno až dvě chybné podání za směnu. Při běžné produkci 5000ks 2,5 metrových profilů za 8 hodinovou směnu je dovolená chybovost 0,02%.

Pokud nedojde k podání profilu anebo jeho pozdnímu podání, linka pokračuje v chodu a tkanina se nahrne do letmých nůžek, čímž dojde k „havárii“ a zastavení linky. Když je opoždění malé, dojde jen k „prodloužení síťoviny za profilem“. Jedná se o opravitelný zmetek (zařízne se přebytečná tkanina). Pokud je profil podán předčasně, dojde k nedodržení mezery mezi profily a tím pádem dojde k odstřižení části zadního profilu, takže je vyroben zmetek nebo dojde ke spojení dvou profilů. Ty pak vyjedou ven ze skládacího zařízení a musí se vyjmout – taktéž je vyroben zmetek.

3.2 Použitelnost pro 2 a 2,5 metru dlouhé profily

Linka jako taková je využívána pro polepování 2 a 2,5 metrů dlouhých profilů, ovšem délkové tolerance jsou až $\pm 2\%$, tzn. u 2,5metrového profilu mohou činit až $\pm 5\text{cm}$. Při konstrukci zařízení musím toto vzít v úvahu.

3.3 Limitní čas pro jedno vložení profilu

Linka byla původně konstruována na provozní rychlost $60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, avšak při této rychlosti docházelo k výrobě zmetků. Příčinou těchto problémů je nedostatečné zasychání (chladnutí) lepidla. Provozní rychlost klesla na $47 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Další problém vyvstal, když bylo zařízení na tavení lepidla (původně určené pro jednu linku) napojeno i na druhou. Nedodávalo již dostatečné množství roztaveného lepidla při požadované teplotě, provozní rychlost klesla na $42 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Při použití 2m profilů bylo původně potřeba 30 vložení za minutu, nyní stačí 21 vložení za minutu. Vyjádřeno časem Při rychlosti $60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ je limitní čas jednoho podání 2 sekundy, při rychlosti $42 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ je to 2,85 sekundy.

3.4 Rozestupy mezi profily

Rozestupy mezi profily přilepenými na síťovinu jsou cca 100mm a po odstřižení tvoří přesah za profilem (viz obr. 1-1). Rozestupy jsou definovány takto: Jakmile čidlo na vstupu linky zjistí nepřítomnost profilu s definovaným zpožděním sepne přítlačná kladka a profil je vtažen do linky. Tím vznikne požadovaný rozestup. Přesah za profilem je definován vzdáleností za koncem profilu, díky tomu nemá délka profilu vliv na přesah síťoviny.

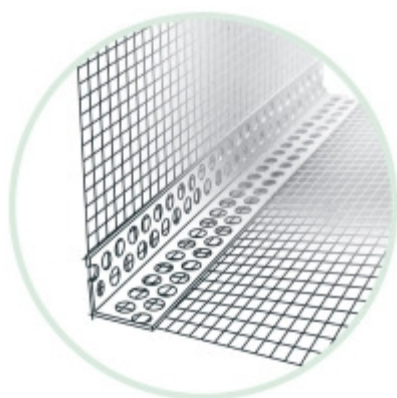
Po podavači je požadován obdobný způsob definice rozestupů jako při ručním vkládání.

3.5 Obsluha

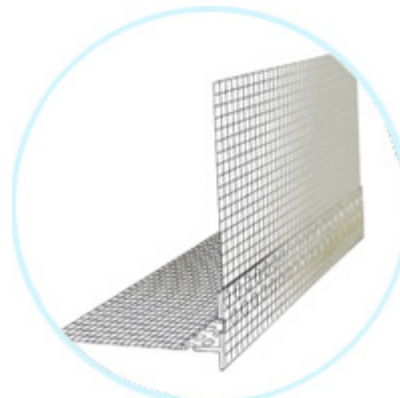
V současné době jsou v provozu čtyři linky na polepování profilů. Pro všechny čtyři linky je zde jeden pracovník, jenž má na starost seřizování linek a na každé lince pracují tři zaměstnanci, kdy jeden vkládá profily do linky a další dva balí polepené profily. Práce při podávání je monotónní a nudná. Zařízení má nahradit pracovníka, který vkládá profily. Obsluha zařízení by měla spočívat v naplnění zásobníku pracovníky, jenž balí polepené profily během mezioperačních úkonů. Případně seřizováním zařízení.

3.6 Zachování manuálního vkládání

Dalším požadavkem na vkládací zařízení je zachování funkčnosti původního ručního vkládání pro případ poruchy vkládacího zařízení, případně pro možnost polepování dalších druhů profilů tzv. LT-profilů. Na Obr. 3-1 můžete vidět LKS-profil a pro porovnání na Obr. 3-2 LT-profil.



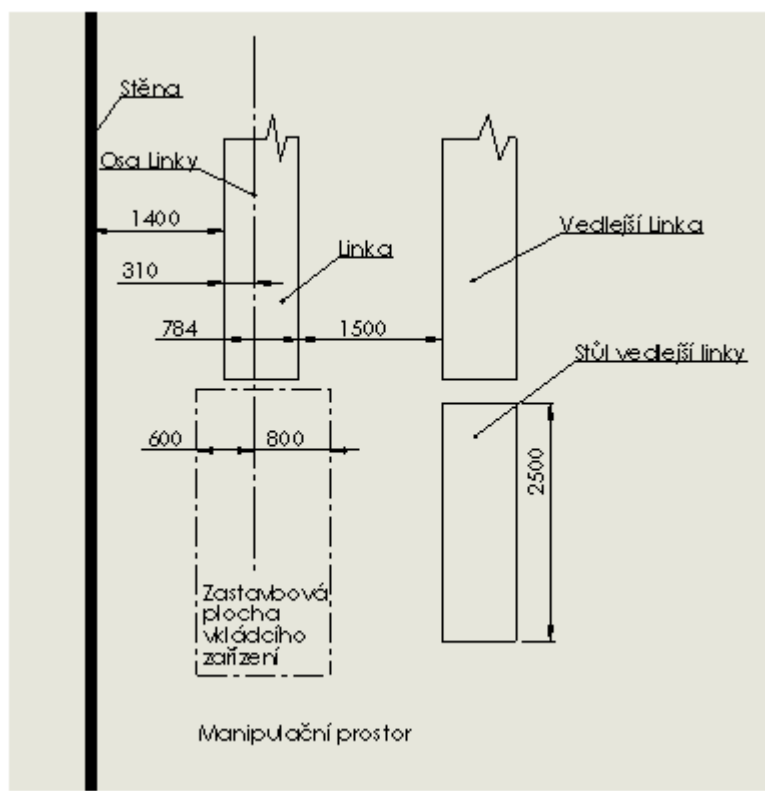
Obr. č. 3-1 LKS-profil[4]



Obr. č. 3-2 LT-profil[4]

3.7 Zástavbová plocha

Vkládací zařízení má omezenou zástavbovou plochu. Šířka je omezena z jedné strany druhou linkou a z druhé strany uličkou, která slouží k průchodu kolem linek. Délka podavače není striktně omezena, ale neměla by příliš zasahovat do manipulačního prostoru před linkami (viz obr. č. 3-2).



Obr. č. 3-2 zástavbová plocha

4 Varianty řešení

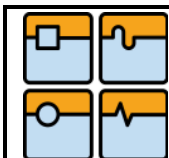
Následující kapitola se bude zabývat volbou nejvhodnějšího řešení podávacího zařízení a následně i vhodného zásobníku pro konkrétní podávací zařízení.

4.1 Rozbor variant uchopení profilu

Spolehlivé uchopení profilu je základním předpokladem pro funkčnost celého zařízení, musí být také schopno provést úchop v krátkém čase (viz kap. 3.3).

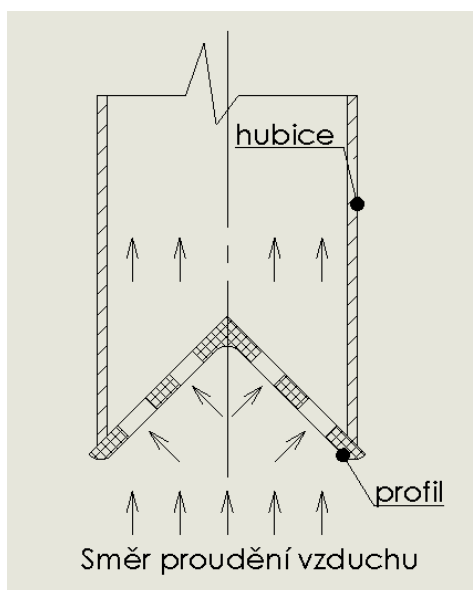
Varianty úchopu profilu:

- Podtlakem - nízkým (vysokotlakým ventilátorem) (ad. 4.1.1)
 - vysokým (ejektor) (ad. 4.1.2)
- Mechanicky - za spodní hranu (ad. 4.1.3)
 - za zadní hranu (ad. 4.1.4)
 - pomocí pružného materiálu (ad. 4.1.5)



4.1.1 Nízkým pod tlakem

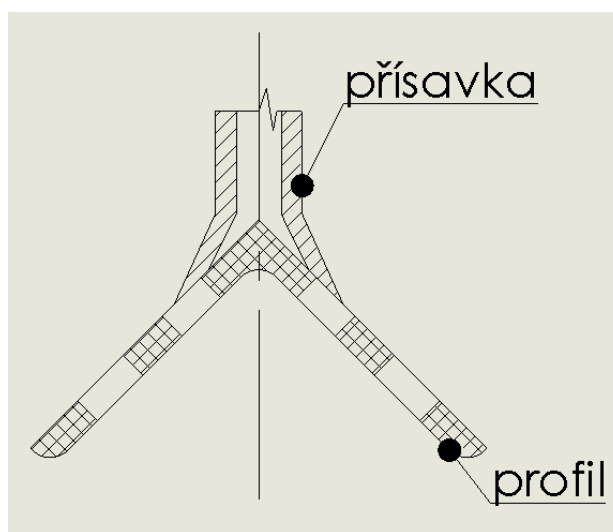
Tento typ uchopení využívá velkého množství vzduchu o malém podtlaku. Profil je přisát k hubici a velká část vzduchu stále protéká skrze otvory v profilech (viz obr. č. 4-1). Výhodou této metody je vysoká spolehlivost, profil se přisátím vystředí. Nevýhodou je vysoká konstrukční náročnost, jelikož je třeba vysokotlakého ventilátoru a speciální hubice. Dále se jedná o energeticky velmi náročnou variantu – ke zvedání profilu vážícího cca 200 g je nutné používat zařízení o příkonu řádově stovek wattů až kilowattů a to je ne hospodárné. Mezi další nevýhody patří také zvýšení hlučnosti. Toto řešení bylo testováno ve firmě Styroprofile a.s. (viz kap. 2.6).



Obr. č. 4-1 uchopování nízkým podtlakem

4.1.2 Vysokým podtlakem

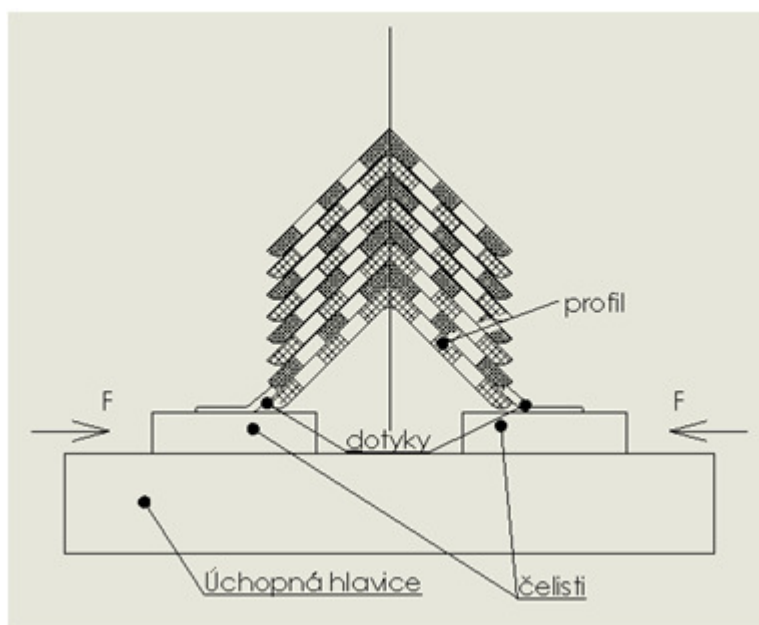
Tato varianta počítá s využitím vysokého vakua (použití ejektoru) a speciální pryžové přísavky (viz obr. č. 4-2). Uchopení se realizuje za středovou plochu profilu, která není děrovaná. Je nutné zajistit centrování profilu, jinak hrozí únik vakua skrze otvory v profilu. Pro vystředění profilu je nutné upravit zásobník tak, aby profily vystředil dle potřeby. Vystředění nebude pravděpodobně dostatečné, jelikož profily se značně rozměrově liší.



Obr. č. 4-2 uchopování vysokým podtlakem

4.1.3 Mechanicky za spodní hranu

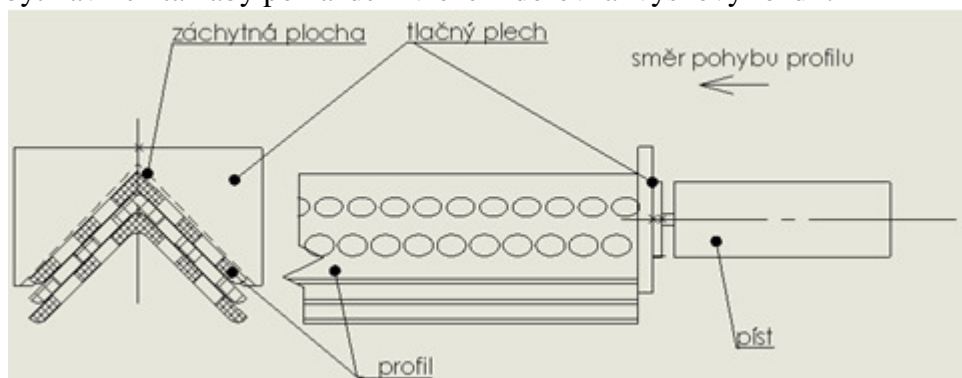
Uchopení za spodní hranu využívá mechanické čelisti. Uchopí vždy spodní profil a zasune ho do stroje (viz obr. č. 4-3). Zvedání profilu u této varianty je nevhodné, jelikož podávání se děje gravitačně shora. Při posuvu do stroje bude docházet ke tření mezi vsouvaným profilem a profilem nad ním. Velikost třecí síly se bude snižovat, jak bude ubývat profilů v zásobníku. S proměnlivou velikostí třecí síly se bude muset počítat při návrhu pohonu zajišťujícího posuv. U této varianty je nutné vyřešit zásobník tak, aby se dal pohodlně plnit i osobami nižšího vzrůstu. Vzniká zde riziko vzpříčení profilu při plnění zásobníku, případně jeho natočení a tím pádem nedojde k úchopu profilu.



Obr. č.4-3 Mechanické uchopení za spodní profil

4.1.4 Mechanicky za zadní hranu (bez uchopení jen posune)

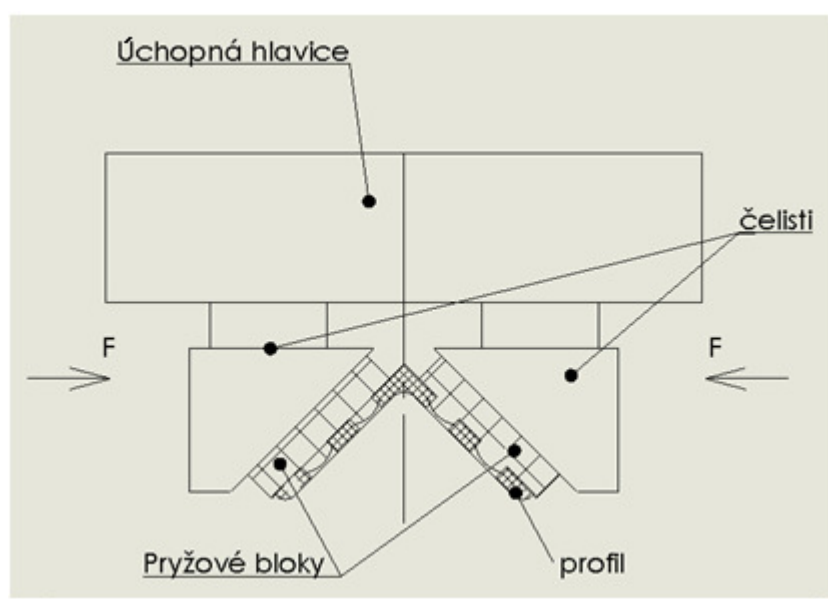
U této varianty se počítá s mechanickým zachycením zadního konce profilu a jeho následným posunutím (viz obr. č. 4-4), buď do stroje anebo k dorazu, kde bude následně profil urychlen urychlovací kladkou. Je nutné zajistit možnost nastavení polohy posuvu a jeho použitelnost pro 2m a 2,5m profily a dále také nastavitelnost výšky záchytné plochy z důvodu nastavitelnosti pro různé tloušťky profilu. Zásobník musí být navržen tak aby po každém vložení dorovnal výškový rozdíl.



Obr. č. 4-4 vkládání mechanicky za zadní hranu

4.1.5 Mechanicky s použitím pružného materiálu

V této variantě se počítá s užitím měkkého pružného materiálu, jenž bude vtlačen pneumatickými čelistmi do otvorů v profilu a následně nadzvednut (viz obr. č. 4-5). Tento způsob uchopování nepotřebuje žádné přesné středění, profil se vystředí sám působením čelistí. Problém hrozí v případě, kdy se dostane do podavače profil, jenž nemá obě strany děrované. Toto se stávalo zřídka a byl to důsledek lidské chyby při děrování profilů. Nyní je děrování profilů automatické s výjimkou LT-profilů a jejich podávání neřeším v této práci.



Obr. č. 4-5 uchopení pomocí pružného materiálu

4.2 Varianty kinematického uspořádání podavače

Tato část se zabývá návrhem kinematického uspořádání podavače a stručným rozbořem následujících variant:

Přímé nasunutí do stroje (viz kap. 4.2.1)

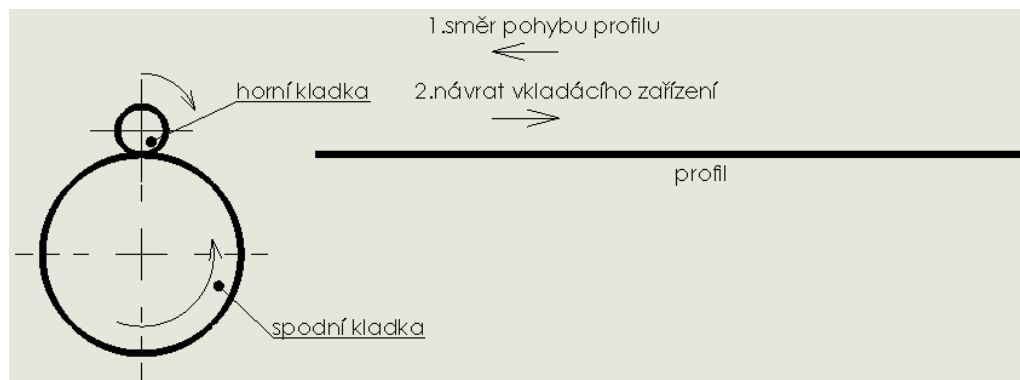
Se zvednutím a posunutím do osy stroje (viz kap. 4.2.2)

S částečným nadzvednutím zadního konce a nasunutím do stroje (viz kap. 4.2.3)

Použití urychlovací kladky (viz kap. 4.2.4)

4.2.1 Přímé nasunutí do stroje

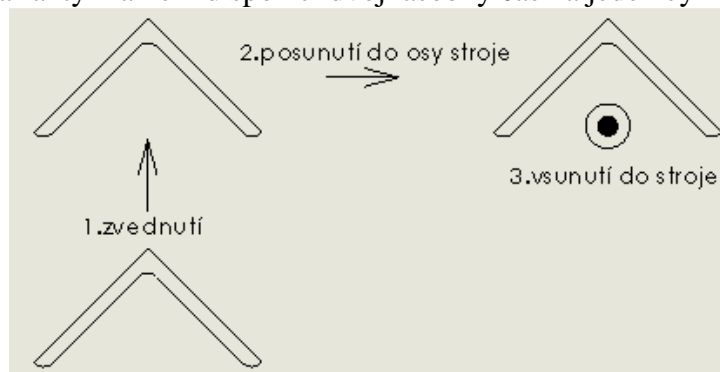
Profil je uchopen a přímo bez jakýchkoliv zvedání je nasunut do stroje. (viz obr. č. 4-6). Je nutné ošetřit velikost rozestupu mezi profily. Výhoda je v použití jen jednoho pohonu. U této varianty je možné umístit zásobník vedle, nad i pod osu linky



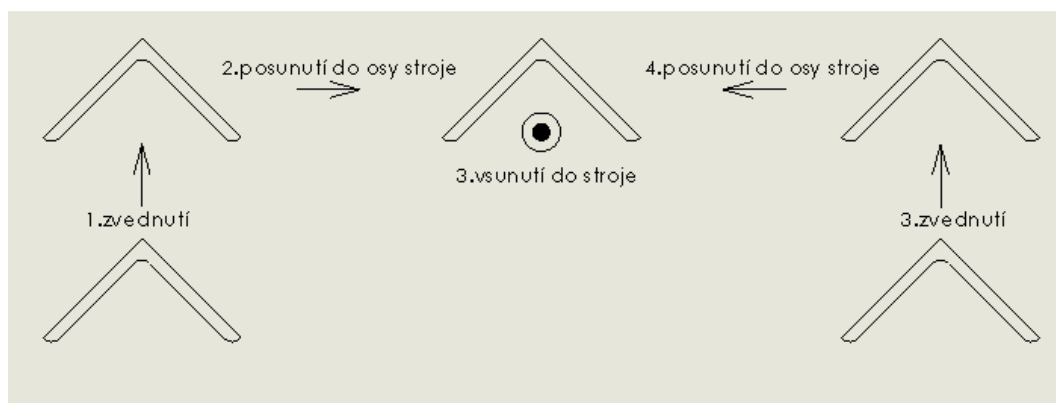
Obr. č. 4-6 Přímé nasunutí do stroje

4.2.2 Se zvednutím a posunutím do osy stroje

U této varianty předpokládáme umístění úchopného zařízení nad profily. Toto nám znemožňuje umístit zásobník pod nebo nad osu stroje, jelikož v ose stroje se pohybuje právě vkládaný profil, proto musíme umístit zásobník vedle osy stroje. Profil je zvednut a posunut do osy stroje a dále posunut do stroje (viz obr. č. 4-7). Je možná i zdvojená varianta (viz obr. č. 4-8). Je nutné použít více pohonů a dochází k několika pohybům. Z toho plyne, že tato varianta je konstrukčně a časově náročnější. I když u zdvojené varianty máme k dispozici dvojnásobný čas na jeden cyklus.



Obr. č. 4-7 vkládání se zvednutím a posunutím do osy stroje



Obr. č. 4-8 vkládání se zvednutím a posunutím do osy stroje – zdvojená varianta

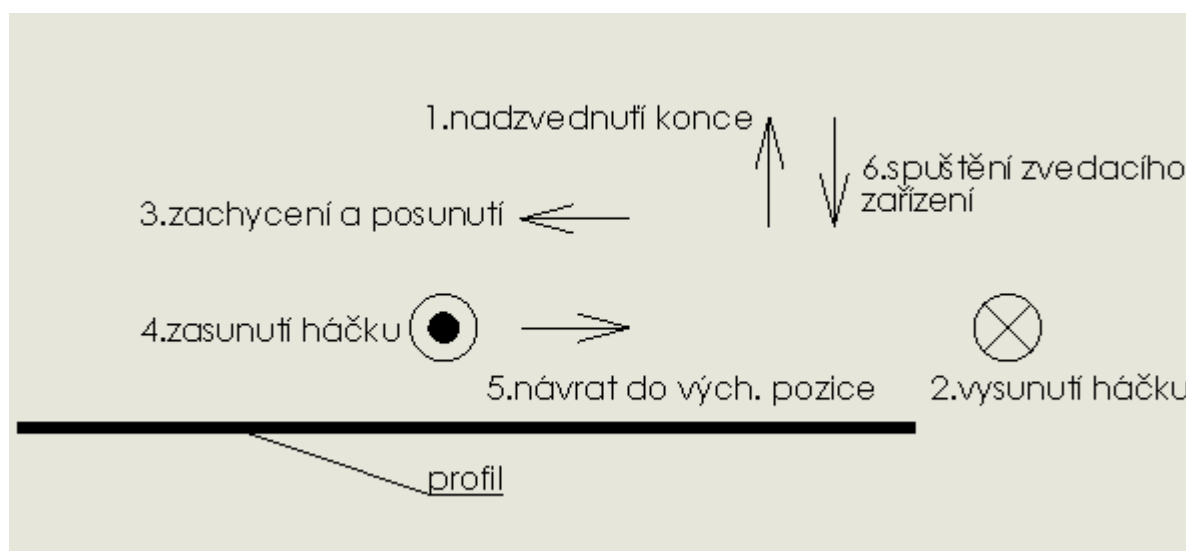
4.2.3 S částečným nadzvednutím zadního konce a nasunutí do stroje

U této varianty rozdělíme pohyb na samostatné části. Na zvedání zadní části profilu a na posuv do stroje (profil je tlačén). Tato varianta počítá s umístěním zásobníku pod osu stroje.

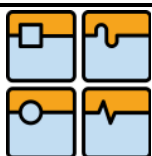
Částečné nadzvednutí profilu slouží k oddělení profilů a jeho pohyb je čistě svislý. Profil je pružný a deformuje se, na základě zkoušky bylo zjištěno, že při nadzvednutí konce o 0,1metru je pouze 0,6metru profilu ve vzduchu.

Druhou část tvoří záchytný háček a dva pohony. Pohon posuvu má za úkol posuv rovnoběžně s osou stroje. Pohon háčku má za úkol zasunutí háčku při pohybu zpět na konec profilů (jinak by háček narazil do zvedaného profilu). Háček koná pohyb po obdélníkové dráze (viz obr. 4-9).

Rizikovou částí je zde přechycení profilů ze zvedacího zařízení do záchytného háčku. Kdy po zvednutí profilu je nasunut háček pod profil a následně je profil uvolněn a zachycen háčkem. Poté je nasunut do stroje.

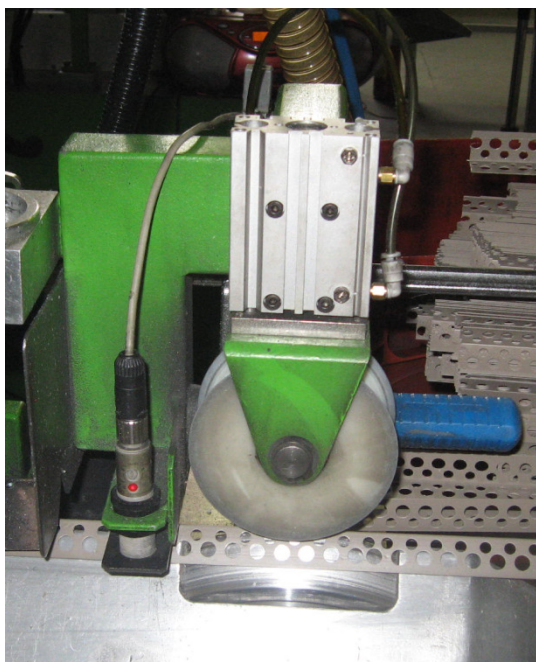


Obr. č. 4-9 vkládání s částečným nadzvednutím



4.2.4 Použití urychlovací kladky

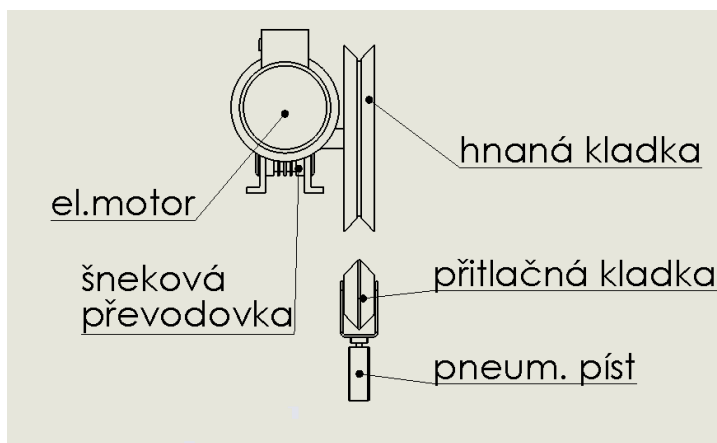
V této variantě je možné využít stávající urychlovací kladku, která se používá na skládacím zařízení (viz obr. č. 4-11) s použitím dorazu. Jsou možné dvě varianty pro podávání zespodu (viz obr. č. 4-12) a shora. (viz obr. č. 4-13). Pro zvýšení přesnosti je vhodné použít doraz.



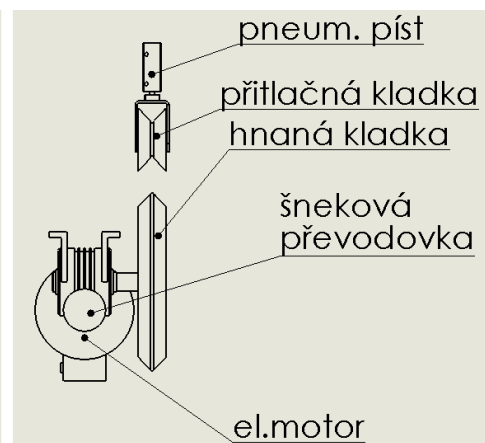
Obr. č. 4-10 přitlačná kladka pro ruční vkládání



Obr. č.4-11 urychlovací kladka skládacího zařízení



Obr. č. 4-12 urychlovací kladka zespodu



Obr. č. 4-13 urychlovací kladka ze shora

4.3 Volba nejvhodnější kombinace úchopu profilu a kinematického uspořádání podavače

Vzhledem k množství variant bude nejprve provedena volba způsobu úchopu a následně bude zvoleno kinematické uspořádání podavače.

4.3.1 Volba vhodné varianty úchopu profilu

U volby nejvhodnější varianty musíme brát v úvahu spolehlivost, konstrukční náročnost, spotřebu energie.

Výhody a nevýhody jednotlivých variant:

a) Uchopením nízkým podtlakem (viz. Kap. 4.1.1)

Výhody: vysoká spolehlivost

Nevýhody: velká spotřeba energie, vyšší konstrukční náročnost

b) Uchopení vysokým podtlakem (viz. kap. 4.1.2)

Výhody: rychlé uchopení

Nevýhody: vyšší riziko chybného úchopu, velká spotřeba energie, vyšší konstrukční náročnost

c) Uchopení mechanicky za spodní hranu (viz. kap. 4.1.3)

Výhody: jednoduché a spolehlivé zachycení profilu

Nevýhody: plnění shora, velká výška podavače (zásobníku), ergonomicky nevhodné plnění zásobníku

d) Uchopení mechanicky za zadní hranu (viz. kap. 4.1.4)

Výhody: jednoduchý a spolehlivý úchop, rychlé uchopení

Nevýhody: konstrukční náročnost zásobníku (nutno po každém odebrání přizvednout štos profilů)

e) Uchopení mechanicky s použitím pružného materiálu (viz. kap. 4.1.5)

Výhody: vysoká spolehlivost, energeticky nenáročné

Nevýhody: delší čas potřebný pro uchopení cca. 0,5s

Z výše zmíněných variant volím způsob uchopení mechanicky s použitím pružného materiálu, pro jeho vysokou spolehlivost a energetickou nenáročnost.

4.3.2 Volba kinematického uspořádání

Hlavní požadavky, jenž jsou kladeny na kinematické uspořádání: časová nenáročnost, spolehlivost, kompatibilita se zvolenou variantou úchopu profilu.

a) Přímé nasunutí do stroje (viz. kap. 3.2.1)

Výhody: jednoduchost

Nevýhody: nepřesné rozestupy

b) Se zvednutím a posunutím do osy stroje (viz. kap. 3.2.2)

Výhody: použitelnost pro 2m a 2,5m profily bez přenastavení

Nevýhody: konstrukčně náročnější, dlouhý manipulační čas

c) S částečným nadzvednutím (viz. kap. 3.2.3)

Výhody: zvedání profilu (oddělování) a nasouvání do stroje může probíhat současně

Nevýhody: přechytávání profilu po zvednutí

Přídavná urychlovací kladka (viz. kap. 3.2.4)

Výhody: zpřesnění rozestupů

Nevýhody: zvýšení konstrukční náročnosti

Z výše zmíněných variant kinematického uspořádání volím variantu s částečným nadzvednutím profilu a s přídavnou urychlovací kladkou. Tuto variantu jsem volil z důvodu, že může zároveň probíhat zvedání (oddělování) profilů a posouvání profilu do stroje. Díky tomu můžeme používat nižší manipulační rychlosti.

4.4 Zvolená varianta podavače

V předešlé části práce byly zhodnoceny hlavní důvody, proč jednotlivé varianty použít nebo nepoužít. Byla zvolena tato kombinace:

uchopení: mechanicky s použitím pružného materiálu

kinematicky: s částečným nadzvednutím a s urychlovací kladkou

4.4.1 Popis funkce podavače

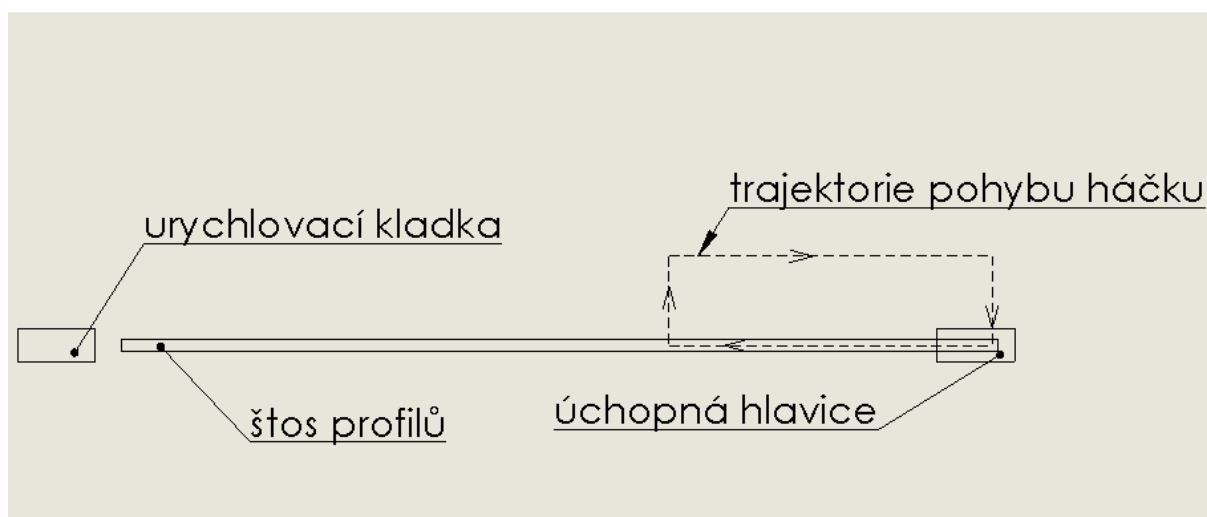
Podavač se skládá ze zvedacího zařízení a posuvového mechanismu, tyto dvě zařízení budou pracovat současně a rozdělí pohyb na dvě samostatné části, tím získáme více času na jednotlivé pohyby a umožní nám to pohybovat se s nižším zrychlením a rychlostmi.

V počáteční poloze jsou všechny písty zasunuty, úchopná hlavice je rozevřená a hnaná kladka se otáčí (viz obr. č. 4-14). Zásobník je naplněn a profily jsou v dosahu úchopné hlavice.

Sled pohybů:

1. úchopná hlavice dolů
2. úchopná hlavice uchopí profil
3. úchopná hlavice nahoru
4. háček pod profil
5. úchopná hlavice uvolní profil
6. háček i s profilem posunut k dorazu kladky
7. úchopná hlavice dolů
8. uchopí profil
9. profil urychlen urychlovací kladkou
10. profil zvednut, háček zasunut
11. háček zpět ke konci profilů
12. háček pod profil

Kroky 1 až 3 jsou při spuštění, dále bude provoz probíhat periodicky mezi kroky 4 až 12. S tím že některé kroky mohou probíhat současně a přerývat se.



Obr. 4-14 Schematický náčrt vkládacího zařízení(půdorys)

4.5 Varianty zásobníku ke zvolenému podavači

Zásobník musí splňovat několik základních kritérií. Nejdůležitější je požadavek na nepřetržitý provoz po dobu potřebnou ke spotřebování jedné role tkaniny tj. 600 m až 2000 m. Dále musí být snadno plnitelný z palet, v nichž jsou uloženy profily (viz obr. č. 4-15).



Obr. č. 4-15 paleta s profily

4.5.1 Kapacita zásobníku

Pokud vezmeme v úvahu tu nejméně příznivou variantu (viz obr. č. 4-16), tzn. 2 metrové profily a jejich tloušťku 1,6 mm v kombinaci s 2000m rolí tkaniny, vyjde nám následující počet rožků v zásobníku:

$$n_p = \frac{\text{délka role}}{\text{délka profilu} + \text{přesah tkaniny}} = \frac{2000m}{2m + 0,1m} = 953ks \quad (4.1)$$

kde:

n_p je počet profilů v zásobníku [-]

Pro jistotu se bude navrhovat zásobník s kapacitou 1000 ks. Výška štosu 1000 ks profilů je:

$$h = a + n_p \cdot b = 14,2 + 1000 \cdot 2,3 = 2314mm \quad (4.2)$$

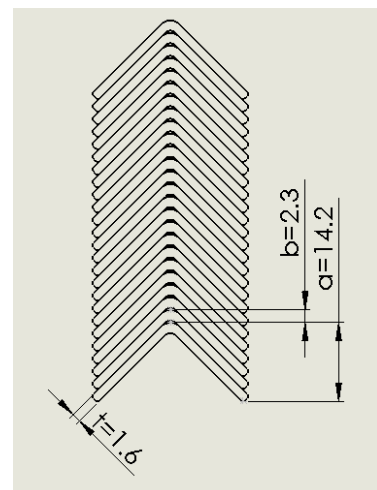
kde:

h je výška štosu [mm]

a je celková výška profilu [mm]

b je rozteč mezi profily v zásobníku [mm]

Vezmeme-li v úvahu, že válce linky jsou umístěny ve výšce 950 mm nad zemí, je použití jednoho i dvou štosů vyloučeno. Minimální počet je 3. Ovšem existuje ještě jedna varianta, jak tento problém vyřešit, a to použitím dvou zásobníků, kdy se z jednoho budou odebírat profily a druhý může být za provozu naplněn.

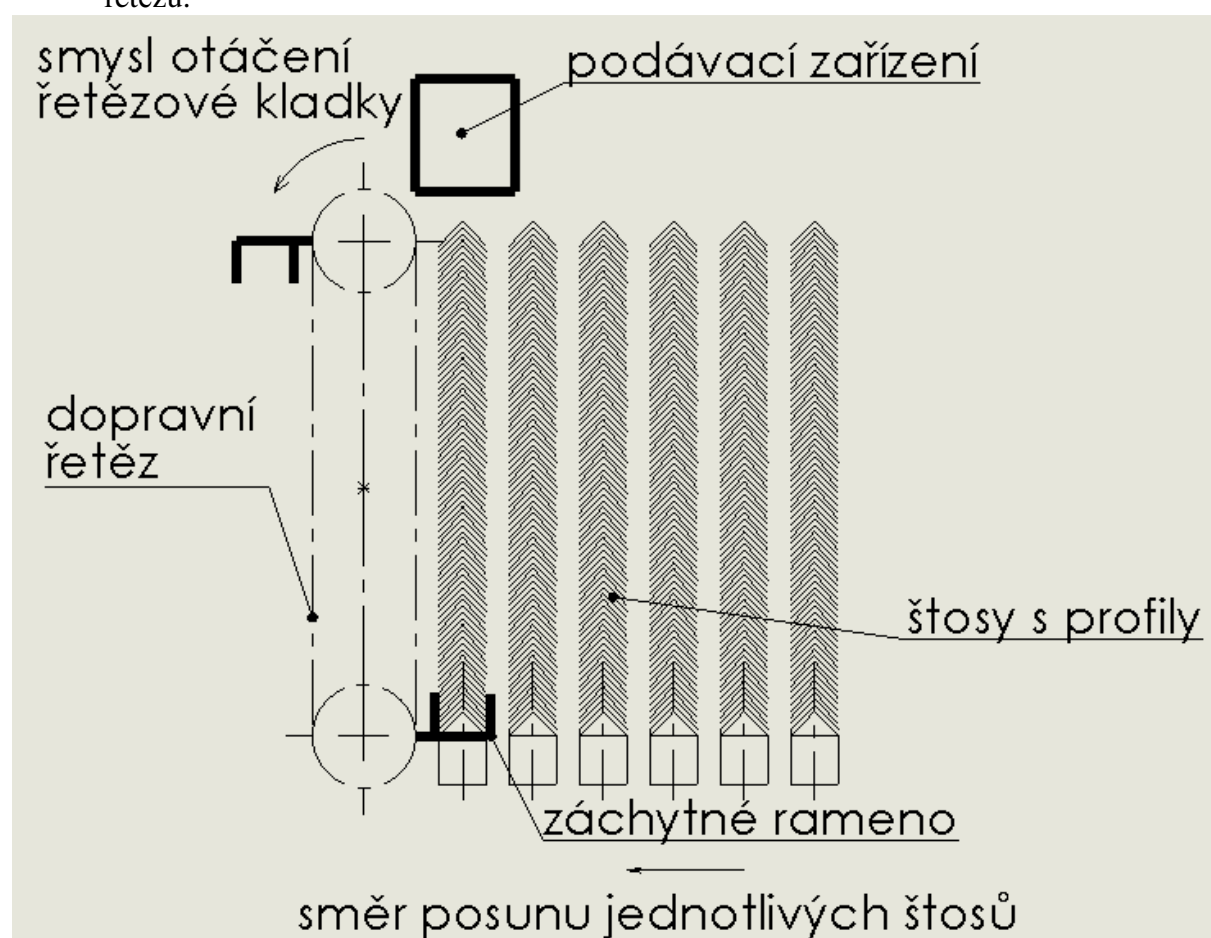


obr. č.4-16 rozměry profilů ve štosů

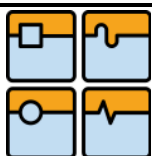
4.5.2 První varianta zásobníku

Tato varianta (viz obr. č. 4-17) počítá s užitím více jak dvou štosů profilů umístěných v kójkách vedle sebe a použitím dopravního řetězu k jejich zvedání do požadované výšky. U tohoto typu podavače je možné použít více štosů profilů s menší výškou, avšak to bude mít za následek zvětšení šířky zařízení. Další problém vyvstává při plnění, kdy zařízení dojede na druhou stranu a musí se vrátit zpět, aby se mohlo naplnit. Při tomto hrozí pomíchání různých šarží profilů a tím pádem může dojít k tomu, že v jedné krabici budou profily různých tloušťek a barev.

Obdobný typ podavače použila výše zmíněná pražská firma, dovolil jsem si s jejich ústním souhlasem použít jejich nápad, ovšem jejich řešení bylo bez použití dopravního řetězu.

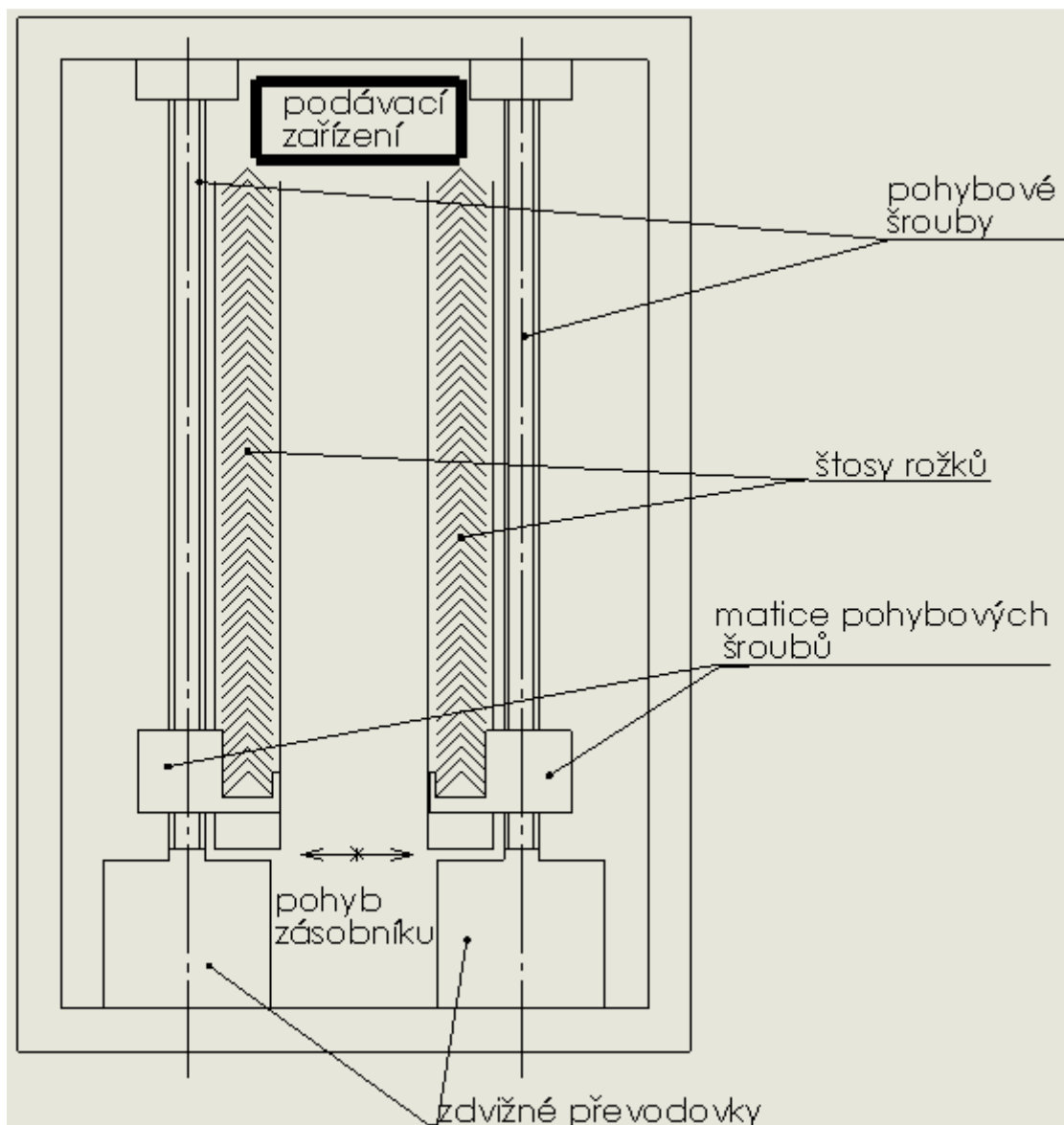


Obr. č. 4-17 První varianta zásobníku



4.5.3 Druhá varianta zásobníku

Tato varianta (viz obr. č. 4-18) počítá s dvojitým zvedacím zařízením na principu pohybového šroubu. Hlavní nevýhodou tohoto zásobníku je nízká kapacita profilů. Nemá šanci pojmout 1000 ks profilů při maximální tloušťce. Obsluha bude muset během provozu linky doplnit zásobník, přesněji vždy jednu stranu. Po vyprázdnění jedné strany zásobníku bude obsluha upozorněna pomocí světelného popř. akustického signálu. Oproti předchozí variantě má ale tu výhodu, že zabírá menší zástavnou plochu a je kompaktnější. Pro obsluhu linky by neměl být problém během balení doplnit zásobník.



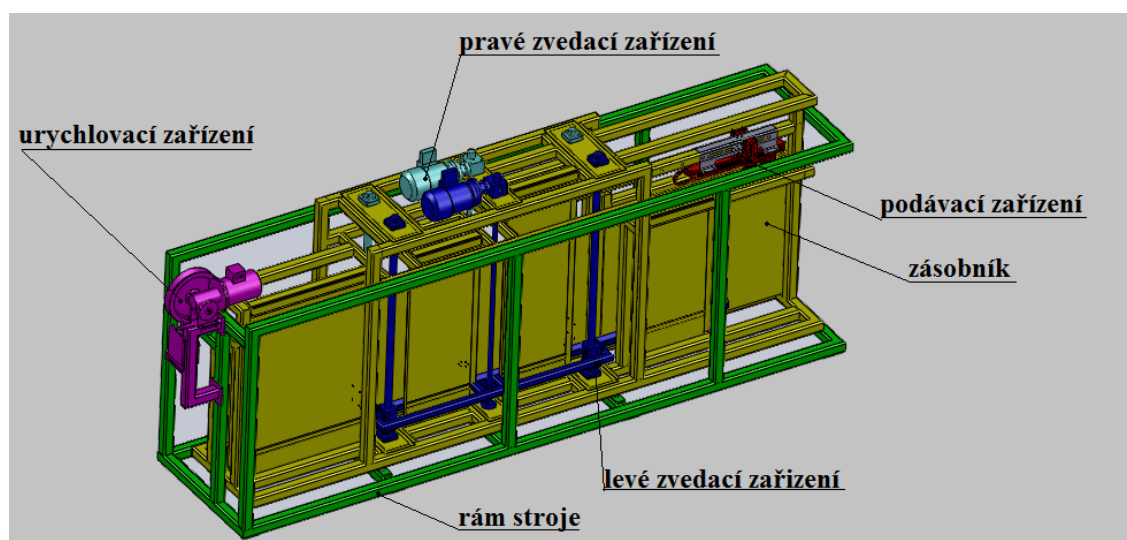
obr. č. 4-18 druhá varianta zásobníku

4.6 Volba nejvhodnějšího zásobníku

Oba výše zmíněné zásobníky jsou pro tento případ použitelné, po konzultaci s konstruktéry, jsem se rozhodl použít druhou variantu z těchto důvodů: menší zástavná plocha, možnost průběžného doplňování. Nevýhody proti první variantě jsou: menší kapacita zásobníku, zdvojené zvedací zařízení.

5 Konstrukce a výpočty

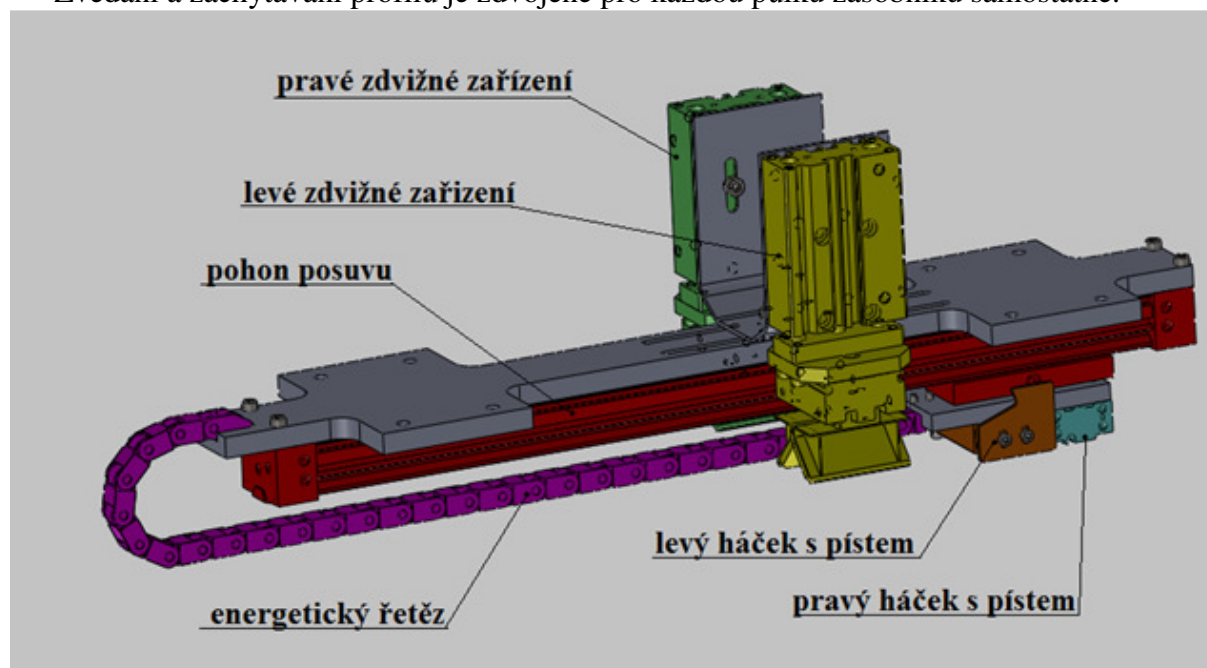
V následující kapitole budou popsány jednotlivé uzly (obr. č. 5-1) a provedeny základní kinematické, dynamické a konstrukční výpočty. Nejprve podávacího zařízení, poté urychlovacího zařízení, zásobníku se zvedacími zařízeními a následně posuvu zásobníku s rámem stroje.



obr. č. 5-1 Zařízení na vkládání profilů

5.1 Podávací zařízení

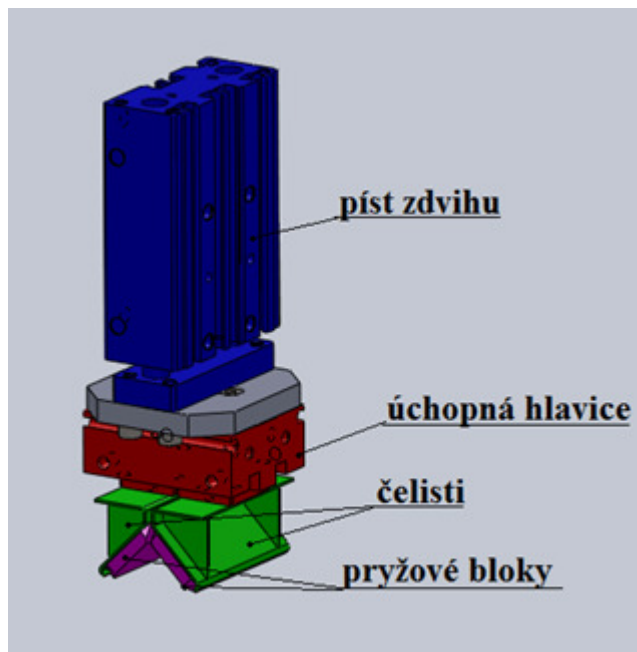
Podávací zařízení se skládá ze zvedacích zařízení, posuvové jednotky (viz obr. č. 5-2) a urychlovacího zařízení. U každého z těchto uzlů budou provedeny základní výpočty. Zvedání a zachytávání profilů je zdvojené pro každou půlku zásobníku samostatně.



Obr. č. 5-2 Posuvová jednotka

5.1.1 Zvedací zařízení

Zvedací zařízení (viz obr. č. 5-3) se skládá z pryžových bloků, čelistí úchopné hlavice a pneumatického pístu.



obr. č. 5-3 Zvedací zařízení

Pryžové bloky jsou určeny k uchopení profilů, takže pryž je vtlačena do otvorů v profilech a tím dojde ke spojení. Pro volbu vhodného materiálu se budou muset provést zkoušky. Požadavky, jež jsou kladeny na pryžové bloky: Udržet profil v čelistech při zrychlení 1G, a životnost alespoň 100 000 uchopení. Navrhuji provést zkoušky na materiálech: syntetický kaučuk s tvrdostí 40°Sh, silikonová pryž s tvrdostí 40°Sh a 60°Sh.

Čelisti slouží ke spojení pryžových bloků a úchopné hlavice, pryžové bloky jsou přilepeny k čelistem a k úchopné hlavici přišroubovány.

Předběžně je volena paralelní úchopná hlavice od firmy SMC označení MHF2-12D se zdvihem 12mm a upínací silou 48N při tlaku vzduchu 0,5MPa. Maximální frekvenci cyklů 120 za minutu tzn. je schopno provést 2 cykly za sekundu nebo sepnutí a rozepnutí za 0,5s. [5]

Profil je sám o sobě pružný a při sevření do čelistí se elasticky deformuje, při zvedání je ve vzduchu jen malá část profilu. Zbývajících částí profilu leží na pod ním ležícím profilu.

Píst slouží ke zvednutí uchopeného profilu spolu s čelistmi a úchopnou hlavicí. Volen píst SMC- MGPM12-50. Pro zjednodušení výpočtu bereme, že píst zvedá celou hmotnost profilu.

Výpočet pístu zdvihu:

Tlak stlačeného vzduchu $p = 0,5 \text{ MPa}$

Průměr pístu $d_1 = 12 \text{ mm}$

Délka vedení $l_1 = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$

Celková hmotnost zvedaných součástí $m_1 = 0,324 \text{ kg}$

Změřená hmotnost 2,5 metrového profilu $m_{\text{prof}} = 0,2 \text{ kg}$

Hodnoty z katalogů a manuálů

Teoretická síla při vysunutí $F_{1,T,vys} = 57 \text{ N}$

Teoretická síla při zasunutí $F_{1,T,zas} = 43 \text{ N}$

Plocha pístu při vysouvání: $S_{1,vys} = 113 \text{ mm}^2$

Plocha pístu při zasouvání: $S_{1,zas} = 84 \text{ mm}^2$

Účinnost pístu $\eta_1 = 0,85$

[6, 7]

Tíhová síla od zvedaných součástí pístu zdvihu:

$$G_1 = m_1 \cdot g = 0,324 \cdot 9,81 = 3,18 \text{ N} \quad (5.1)$$

Tíhová síla od profilu:

$$G_p = m_{\text{prof}} \cdot g = 0,2 \cdot 9,81 = 1,96 \text{ N} \quad (5.2)$$

Teoreticky využitelná síla pístu zdvihu při vysunutí pístu:

$$F_{1,vys} = F_{1,T,vys} \cdot \eta_1 + G_1 = 57 \cdot 0,85 + 3,18 = 51,6 \text{ N} \quad (5.3)$$

Teoreticky využitelná síla pístu zdvihu při zasunutí pístu:

$$F_{1,zas} = F_{1,T,zas} \cdot \eta_1 - G_1 - G_p = 43 \cdot 0,85 - 3,18 - 1,96 = 31,4 \text{ N} \quad (5.4)$$

Teoretické zrychlení pístu zdvihu při vysunutí:

$$a_{1,vys} = \frac{F_{1,vys}}{m_1} = \frac{51,6}{0,324} = 159 \text{ m/s}^2 \quad (5.5)$$

Teoretické zrychlení pístu zdvihu při zasunutí:

$$a_{1,zas} = \frac{F_{1,zas}}{m_1 + m_{\text{prof}}} = \frac{32,7}{0,324 + 0,2} = 60 \text{ m/s}^2 \quad (5.6)$$

Tyto zrychlení jsou příliš vysoká, písty se budou regulovat škrcením vzduchu na výstupu z válce. Tento výpočet také nebere v úvahu rychlost plnění válce vzduchem, proto volím střední rychlost dle manuálu firmy SMC: [7]

$$v_{st,1} = 0,25 \text{ m/s}$$

Pak se bude teoreticky čas zvednutí a vysunutí rovnat

$$t_1 = \frac{l_1}{v_{st,1}} = \frac{0,05}{0,25} = 0,2 \text{ s} \quad (5.7)$$

Zhodnocení:

Úchopná hlavice provede sepnutí za cca $t_{1,sep}=0,5s$ a rozevře se taktéž za cca $t_{1,roz}=0,5s$. Píst SMC- MGPM12-50 se spustí za čas $t_1 = 0,2 s$ a zvedne také za čas $t_1 = 0,2 s$

Celkový součet časů:

$$t_{1,celk} = t_1 + t_1 + t_{1,sep} + t_{1,roz} = 0,2 + 0,2 + 0,5 + 0,5 = 1,4s \quad (5.8)$$

Výše zmíněné hodnoty jsou teoretické, avšak je z nich vidět že tento uzel by byl teoreticky funkční i při rychlosti linky 60m/s a 2m profilech, kdy jsou potřeba na jedno vložení 2s.

5.1.2 Posuvová jednotka

Posuvová jednotka si převezme profil od zvedacího zařízení a posune ho k dorazu. Záchytný háček koná složený pohyb (pracovní dráhu tvoří obdélník).

Háčky slouží k zachycení profilu za jeho zadní konec. Háčky jsou vyrobeny z plechu o tloušťce 2mm, jsou lehce zaměnitelné, takže pokud by se tato varianta háčků neosvědčila, může být během krátké doby nahrazena jinými.

Písty háčků mají za úkol vysunout háček před profilem a zasunout ho po odebrání profilu, jinak by cestou zpět do výchozí pozice narazil do zvednutého profilu. Byl zvolen pro své rozměry miniaturní kompaktní válec SMC-MGJ10-20, se zdvihem 20mm.

Výpočet pístu háčků:

Tlak stlačeného vzduchu $p = 0,5 \text{ MPa}$

Průměr pístu $d_2 = 10 \text{ mm}$

Délka vedení $l_2 = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$

Celková hmotnost posouvaných součástí pístem háčku $m_2 = 0,037 \text{ kg}$

Hodnoty z katalogu a manuálu:

Teoretická síla při vysunutí $F_{2,T,vys} = 39,25N$

Teoretická síla při zasunutí $F_{2,T,zas} = 29,45 \text{ N}$

Plocha pístu při vysouvání: $S_{2,vys} = 78,5 \text{ mm}^2$

Plocha pístu při zasouvání : $S_{2,zas} = 58,9 \text{ mm}^2$

Maximální dovolená rychlost $v_{2,dov} = 0,5m/s$

Účinnost pístu $\eta_2 = 0,84$

[7,8]

Teoreticky využitelná síla pístu při vysunutí háčku:

$$F_{2,vys} = F_{2,T,vys} \cdot \eta_2 = 39,25 \cdot 0,84 = 33 \text{ N} \quad (5.9)$$

Teoreticky využitelná síla pístu při zasunutí háčku

$$F_{2,zas} = F_{2,T,zas} \cdot \eta_2 = 29,45 \cdot 0,84 = 24,7 \text{ N} \quad (5.10)$$

Teoretické zrychlení háčku při vysunutí:

$$a_{2,vys} = \frac{F_{2,vys}}{m_2} = \frac{33}{0,037} = 891 \text{ m/s}^2 \quad (5.11)$$

Teoretické zrychlení háčku při zasunutí:

$$a_{2,zas} = \frac{F_{2,zas}}{m_2} = \frac{24,7}{0,037} = 667 \text{ m/s}^2 \quad (5.12)$$

Tyto zrychlení jsou příliš vysoká, písty se budou regulovat škrcením vzduchu na výstupu z válce. Tento výpočet také nebere v úvahu rychlost plnění válce vzduchem, proto volím střední rychlost dle manuálu firmy SMC: [7]

$$v_2 = 0,25 \text{ m/s}$$

Čas jednoho zdvihu při rovnoměrném zrychlení na $v_{2,dov}$

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{0,04}{0,25} = 0,16 \text{ s} \quad (5.13)$$

Pro tuto rychlost dle manuálu SMC odpovídá poměrný průřez: [7]

$$\Sigma S_2 = 0,25 \text{ mm}^2$$

Tento průřez je určen pro tlak 0,6 MPa a tlakový spád $\Delta p = 0,1$ MPa, proto je nutno tuto hodnotu násobit opravným koeficientem c_f pro hodnotu tlaku 0,5 MPa a tlakový spád $\Delta p = 0,1$ MPa je:

$$c_f = 1,1$$

pak se korigovaný poměrný průřez rovná:

$$\Sigma S_{2,kor} = \Sigma S_2 \cdot c_f = 0,25 \cdot 1,1 = 0,275 \text{ mm}^2 \quad (5.14)$$

volím pro tento píst polyuretanovou přívodní hadici 4x2,5 s nástrčnými spojkami pro délku hadice do 0,5 m je $\Sigma S = 2,76$. [7]

Maximální průtok vzduchu pro pístu háčku:

$$Q_{c2} = \frac{1,4 \cdot S_{2,vys} \cdot v_2 \cdot (p + 0,1) \cdot 60}{10^5} = \frac{1,4 \cdot 78,5 \cdot 250 \cdot (0,5 + 0,1) \cdot 60}{10^5} = 9,9 \text{ dm}^3/\text{min} \quad (5.15)$$

Spotřeba vzduchu za jeden cyklus pístu háčku:

$$Q_{c2} = \frac{1,4 \cdot (S_{1,vys} + S_{1,zas}) \cdot l_1 \cdot (p + 0,1)}{10^5} = \frac{1,4 \cdot (78,5 + 58,9) \cdot 20 \cdot (0,5 + 0,1)}{10^5} = 0,0239,9 \text{ dm}^3/\text{cyklus} \quad (5.16)$$

Energetický řetěz slouží k zajištění přívodu vzduchu pro písty s háčky. Na základě zvolených průměrů přívodních hadic, volím samonosný energetický řetěz od firmy IGUS označení: 04.07.0.28.0 o celkové délce 467mm. [9]

Pohon posuvu posune výše zmíněné díly i s profilem do stroje. Pro tento účel jsem volil z důvodu malých rozměrů bezpístnicový válec s mechanickým přenosem síly v základním provedení od firmy SMC označení MYB16G-300.

Výpočet bezpístnicového válce:

Tlak stlačeného vzduchu $p = 0,5 \text{ MPa}$

Průměr pístu $d_3 = 16 \text{ mm}$

Délka vedení $l_3 = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$

Hmotnost profilu $m_{\text{prof}} = 0,2 \text{ kg}$

Celková hmotnost posouvaných součástí $m_3 = 0,676 \text{ kg}$

Hodnoty z katalogu a manuálu:

Maximální nárazová rychlost $v_{3,\text{max}} = 1 \text{ m/s}$

Plocha pístu: $S_3 = 200 \text{ mm}^2$

Teoretická síla: $F_{3,T} = 100 \text{ N}$

Účinnost pístu $\eta_3 = 0,9$

[10]

Teoreticky využitelná síla pístu posuvu:

$$F_{3,a} = F_{3,T} \cdot \eta = 100 \cdot 0,90 = 90 \text{ N} \quad (5.17)$$

Zrychlení pístu posuvu bez profilu:

$$a_{3,1} = \frac{F_{3,a}}{m_3} = \frac{90}{0,676} = 133 \text{ m/s}^2 \quad (5.18)$$

Zrychlení pístu posuvu s profilem:

$$a_{3,2} = \frac{F_{3,a}}{m_3 + m_{\text{prof}}} = \frac{90}{0,676 + 0,2} = 102 \text{ m/s}^2 \quad (5.19)$$

Tyto zrychlení jsou příliš vysoká, písty se budou regulovat škrcením vzduchu na výstupu z válce. Tento výpočet také nebere v úvahu rychlost plnění válce vzduchem, proto volím střední rychlost dle manuálu firmy SMC: [7]

$$v_3 = 0,5 \text{ m/s}$$

čas potřebný pro jeden zdvih pístu posuvu

$$t_3 = \frac{2 \cdot l_3}{v_3} = \frac{2 \cdot 0,3}{0,5} = 1,2 \text{ s} \quad (5.20)$$

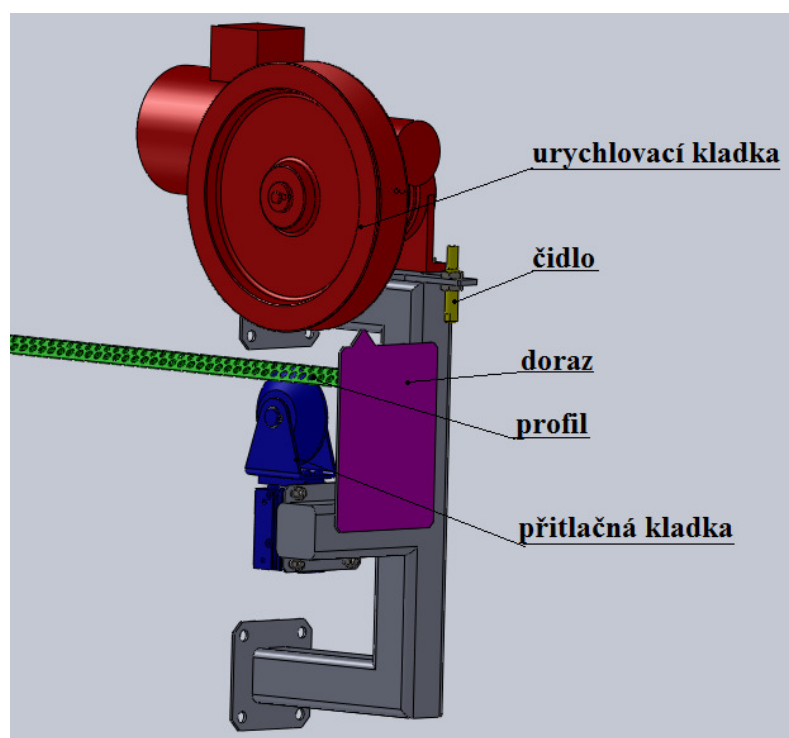
Teoretický čas jednoho cyklu:

$$T_{\text{celk.2,3}} = 2 \cdot t_2 + t_3 = 2 \cdot 0,16 + 0,6 = 1,52 \text{ s} < 2 \text{ s} \quad (5.21)$$

Teoretický čas tohoto cyklu vyhovuje, zařízení schopno zvládnou i rychlost 60m/min.

5.1.3 Urychlovací zařízení

Urychlovací zařízení (viz obr. č. 5-4) slouží k urychlení profilu. K tomu dojde poté, co čidlo zjistí nepřítomnost předešlého profilu a řídicí systém s příslušným zpožděním (požadovaný rozestup) dá signál k sepnutí přitlačné kladky. Přitlačná kladka přitlačí profil k urychlovací kladce. Profil je následně vsunut do stroje.



Obr. č. 5-4 urychlovací zařízení

Urychlovací a přitlačná kladka jsou kopií urychlovací kladky a přitlačné ze skládacího zařízení s tím rozdílem, že jsou prohozené, tzn. přitlačná kladka pod urychlovací. K urychlení profilu dojde téměř okamžitě po přitlačení k urychlovací kladce.

Výpočet pístu přitlaku:

Tlak stlačeného vzduchu $p = 0,5 \text{ MPa}$

Průměr pístu $d_4 = 16 \text{ mm}$

Délka vedení $l_4 = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$

Celková hmotnost posouváných součástí $m_4 = 0,743 \text{ kg}$

Změřená hmotnost 2,5 metrového profilu $m_{\text{prof}} = 0,2 \text{ kg}$

Hodnoty z katalogu a manuálu:

Teoretická síla při vysunutí $F_{4,T,vys} = 101 \text{ N}$

Teoretická síla při zasunutí $F_{4,T,zas} = 76 \text{ N}$

Plocha pístu při vysouvání: $S_{4,vys} = 201 \text{ mm}^2$

Účinnost pístu $\eta_4 = 0,90$

Plocha pístu při zasouvání: $S_{4,zas} = 151 \text{ mm}^2$

[6, 7]

Tíhová síla od zvedaných součástí pístu přitlaku:

$$G_4 = m_4 \cdot g = 0,743 \cdot 9,81 = 7,3 \text{ N}$$

(5.22)

Teoreticky využitelná síla pístu přítlaku při vysunutí pístu:

$$F_{4,vys} = F_{4,T,vys} \cdot \eta_4 - G_4 - G_p = 101 \cdot 0.9 - 7,3 - 3,18 = 80.42 \text{ N} \quad (5.23)$$

Teoreticky využitelná síla pístu přítlaku při zasunutí pístu:

$$F_{4,zas} = F_{4,T,zas} \cdot \eta_4 + G_4 = 76 \cdot 0.9 + 7,3 = 75.7 \text{ N} \quad (5.24)$$

Teoretická zrychlení pístu přítlaku při vysunutí

$$a_{4,vys} = \frac{F_{4,vys}}{m_4} = \frac{80.42}{0,743} = 108,2 \text{ m/s}^2 \quad (5.25)$$

Teoretická zrychlení pístu přítlaku při zasunutí

$$a_{4,zas} = \frac{F_{4,zas}}{m_4} = \frac{75.7}{0,743} = 101,9 \text{ m/s}^2 \quad (5.26)$$

Tyto zrychlení jsou příliš vysoká, písty se budou regulovat škrcením vzduchu na výstupu z válce. Tento výpočet také nebere v úvahu rychlost plnění válce vzduchem, proto volím střední rychlost dle manuálu firmy SMC: [7]

$$v_1 = 0,5 \text{ m/s}$$

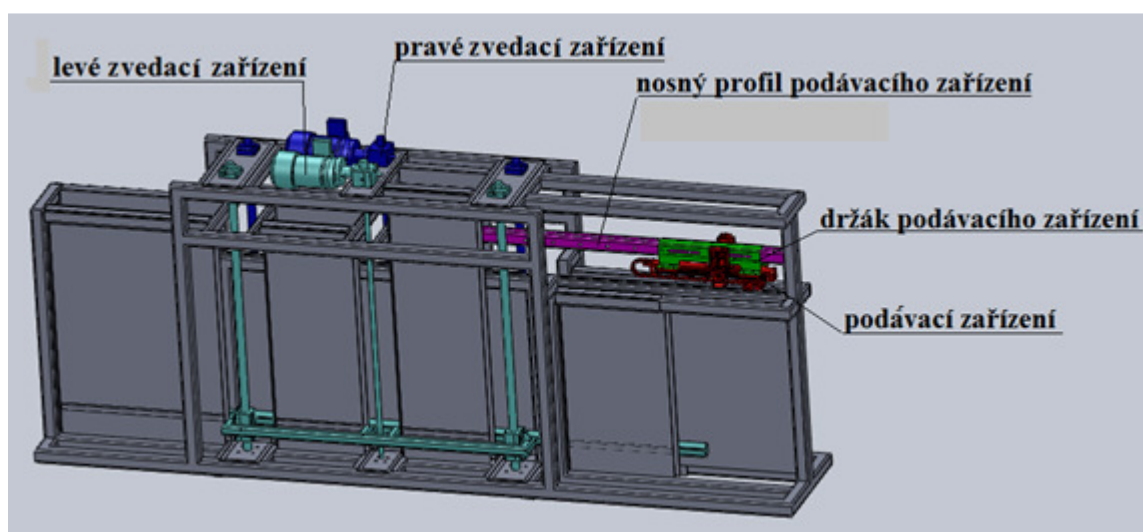
Pak se bude teoreticky čas zvednutí a vysunutí rovnat

$$t_1 = \frac{l_1}{v_{st,1}} = \frac{0,04}{0,5} = 0,08 \text{ s} \quad (5.27)$$

Čidlo, jež detekuje přítomnost profilu je stejné, jako na lince u manuálního vkládání profilů a skládacího zařízení. Jedná se o optický snímač OMRON E3F2-DS30B41-P1 (viz. Obr. č. 2-4). [1]

5.2 Zásobník

Zásobník (viz obr. č. 5-5) slouží k uložení profilů a jejich odběru podávacím zařízením. Zásobník je rozdělen do dvou samostatných částí, které pracují nezávisle na sobě. Z jedné části jsou odebírány profily a druhá může být mezitím naplněna (viz kap. 4.5.3). Zvedání profilu zajišťují zvedací zařízení. Nastavení zařízení na 2m a 2,5m profily se děje posunutím podávacího zařízení tak, že se nejdříve rozebere šroubový spoj spojující nosný profil podávacího zařízení a držák podávacího zařízení. Podávací zařízení se posune do požadované polohy a šroubový spoj se opět smontuje.



Obr. 5-5 Umístění zařízení na zásobníku

5.2.1 Skutečná kapacita zásobníku

Výpočet kapacity zásobníku odvodíme ze vzorce 4.2, budeme opět brát nejnejpříznivější variantu, tzn. tloušťka profilu 1,6 mm, tedy hodnoty a , b dle obr. č. 4-16.

Hmotnost profilu $m_{prof} = 0,2 \text{ kg}$

Změřeno z 3D modelu:

Maximální výška štosu profilů v zásobníku: $h_{sk} = 650 \text{ mm}$

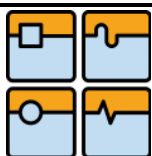
Kapacita celého zásobníku:

$$n_{p,sk} = 2 \cdot \frac{h_{sk} - a}{b} = \frac{650 - 14,2}{2,3} = 552 \text{ ks} < 1000 \text{ ks} \quad (5.28)$$

Zásobník je schopen pojmout něco málo přes polovinu požadovaného počtu profilů. V nejnejpříznivějším případě bude muset obsluha doplnit profil dvakrát za chodu linky a až poté doplnit obě půlky zásobníku během mezioperačních úkonů.

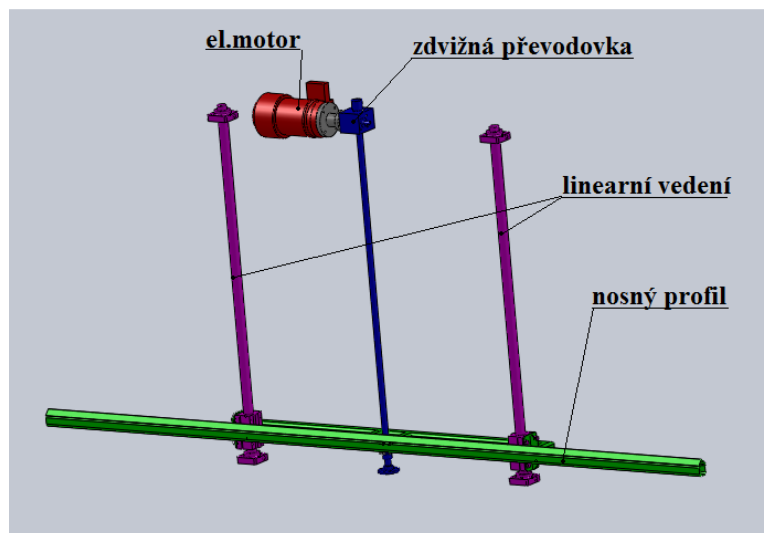
Hmotnost profilů v jednom štosu:

$$m_{štos} = \frac{n_{p,sk}}{2} \cdot m_{prof} = \frac{552}{2} \cdot 0,2 = 55,2 \text{ kg} \quad (5.29)$$



5.2.2 Zdvížné zařízení

Nejdůležitější součástí zásobníku je zvedací zařízení (viz obr. č. 5-6), jež je složeno těchto hlavních částí: zdvižná převodovka s elektromotorem, lineární vedení a nosný profil.



Obr. č. 5-6 zvedací zařízení zásobníku

5.2.2.1 Nosný profil

Na nosném profilu je umístěn štos profilů o hmotnosti cca 100 kg. Profil je svařen z rovnoramenného L-profilu 25x25x3 a čtyřhranných trubek (jekl) 35x35x3. K nosnému profilu je připevněna matice zdvižné převodovky a linearity lineárního vedení. Hmotnost nosného profilu je 14 kg.

5.2.2.2 Zdvížná převodovka a motor

Pro zásobník jsem zvolil zdvižnou převodovku od firmy TEA-Technik, označení TSE 5-RN s maximální zdvižnou silou 5 kN. Jedná se o šnekovou převodovku napojenou na trapézový šroub, provedení s rotujícím šroubem. Tato převodovka je uložena v horní části zásobníku a přímo spojena s asynchronním elektromotorem. Řízení motoru bude probíhat s využitím frekvenčního měniče, jenž umožní regulovat zrychlení a rychlost zvedání.[11]

Hmotnost nosného profilu $m_{np} = 14 \text{ kg}$

Hmotnost profilů v jednom štosu: $m_{štos} = 55,2 \text{ kg}$

Volím:

Zrychlení břemene $a_z = 5 \text{ m/s}^2$

Součinitel bezpečnosti $k_z = 2$

Hodnoty z katalogu a manuálu:

Max. krouticí moment na vstupu převodovky $M_{k,max} = 2,35 \text{ Nm}$

Max otáčky na vstupu převodovky $n_{max} = 1400 \text{ ot/min}$

Rychlost zvedání: $v_n = 1 \text{ mm/ot.motoru}$

[11]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 42
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Síla potřebná pro zdvih profilů:

$$F_z = (m_{np} + m_{štos}) \cdot (a_z + g) = (14 + 55,2) \cdot (2 + 9,81) = 1024 \text{ N} \quad (5.30)$$

Požadovaný vstupní krouticí moment na vstupu zdvižné převodovky určíme ze vzorce:

$$M_z = F_z \cdot 0,45 + 0,1 = 1024 \cdot 0,45 + 0,1 = 0,461 \text{ Nm} \quad (5.31)$$

Tato hodnota bere v úvahu účinnost a převodový poměr zdvižné převodovky při součiniteli bezpečnosti $k = 1$. Při bezpečnosti $k_z = 1,5$ bude potřebný krouticí moment roven:

$$M_{zk} = M_z \cdot k_z = 0,461 \cdot 2 = 0,922 \text{ Nm} \quad (5.32)$$

Na základě tohoto volím Motor SEMg71-4B od firmy CANTONI s parametry:

Výkon $P_{mot} = 0,25 \text{ kW}$

Otáčky $n_{mot} = 1350 \text{ ot/min} < n_{max}$

Jmenovitý moment: $M_{jmen} = 1,77 \text{ Nm} < M_{k,max}$

[12]

Rychlost zvedání:

$$v_z = \frac{v_n \cdot n_{mot}}{60} = \frac{1 \cdot 1350}{60} = 22,5 \text{ mm/s} \quad (5.33)$$

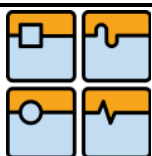
Tato rychlost zvedání zásobníku je pro tyto účely dostatečná. Zařízení bude pracovat s přerušovaným chodem.

5.2.2.3 Lineární vedení

Pro vedení nosného profilu jsem zvolil kruhové vodicí tyče a kuličková pouzdra. Toto vedení má za úkol zachytit nežádoucí momenty sil.

Byly zvoleny vodicí tyče průměru 30 mm od firmy TEA-Technik označení W30 a z konstrukčních důvodů tandemové lineární sety označení STAKH 30LL s kuličkovými pouzdry KH 3050 LL.[13]

Pro zjednodušení výpočtu zavedeme tyto předpoklady: pouze jedno vedení zachytává ohybové momenty a celá hmotnost štosů profilů a nosného profilu má společné působíště v těžišti štosu profilů. Působíště ekvivalentní síly je ve středu kuličkových pouzder. Zavádíme pouze takové předpoklady, které se drží na „bezpečnější straně výpočtu“.



Výpočet:

Hmotnost nosného profilu: $m_{np} = 14 \text{ kg}$

Hmotnost profilů v jednom štosu: $m_{štos} = 55,2 \text{ kg}$

Z katalogu:

Dynamická únosnost $C_{dyn} = 2700 \text{ N}$

Koeficient tvrdosti, teploty $f_H, f_T = 1$

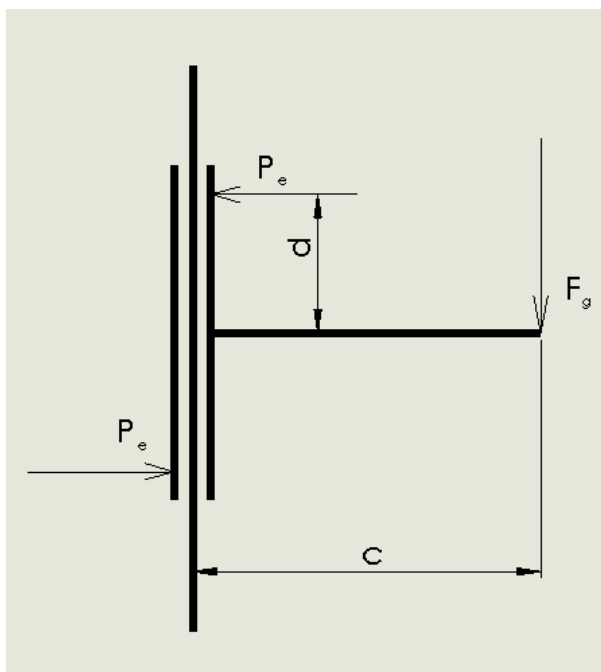
Koeficient zatížení $f_W = 1,3$

Změřeno v CAD programu:

Délka zdvihu $l_k = 0,65 \text{ m}$

Délka ramena $c = 57 \text{ mm}$

Vzdálenost od středu lineárního setu ke krajní kuličce $d = 25 \text{ mm}$



Obr. č. 5-7 ekvivalentní zatížení

Ekvivalentní zatížení:

$$P_e = (m_{np} + m_{štos}) \cdot g \cdot \frac{c}{2d} = (14 + 55,2) \cdot 9,81 \cdot \frac{57}{2 \cdot 25} = 773 \text{ N} \quad (5.34)$$

Nominální životnost:

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot C_{dyn}}{f_W \cdot P_e} \right)^3 \cdot 10^5 = \left(\frac{1 \cdot 1 \cdot 2700}{1,3 \cdot 773} \right)^3 \cdot 10^5 = 1,94 \cdot 10^6 \text{ m} \quad (5.35)$$

Životnost v cyklech:

$$i_c = \frac{L}{l_k} = \frac{1,94 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,65} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ cyklů} \quad (5.36)$$

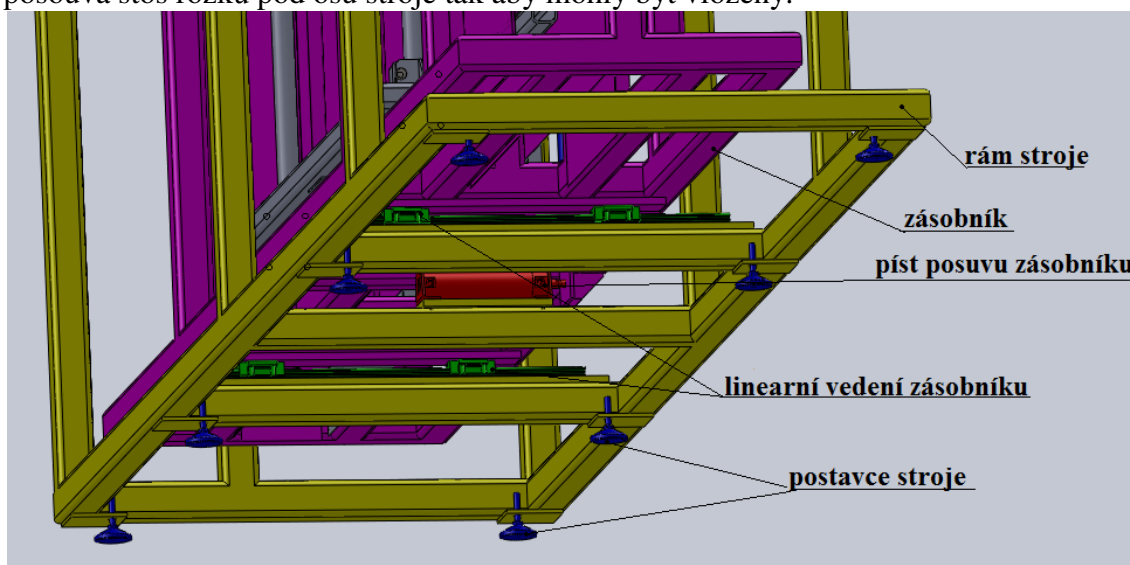
[13]

5.2.2.4 Rám zásobníku

Na rám zásobníku je umístěna většina manipulačních prvků s výjimkou urychlovací kladky, která je umístěna na rámu stroje. Rám má také za úkol vést profily při zvedání tak, aby je mohlo zvedací zařízení bez problémů uchopit.

5.3 Posuv zásobníku

Posuv zásobníku je realizován pomocí dvojčinného pneumatického pístu a lineárního vedení umístěných pod zásobníkem (viz obr. 5-8). Posuv koná krátký přímočarý pohyb, posouvá štos rožků pod osu stroje tak aby mohly být vloženy.



Obr. 5-8 Spojení zásobníku s rámem stroje

5.3.1 Pneumatický píst posuvu zásobníku a tlumení kinetické energie

Pneumatický píst pro posuv zásobníku koná krátký pohyb s velkou silou, tím pádem budeme muset u toho pohonu použít externí tlumič.

Výpočet:

Tlak stlačeného vzduchu $p = 0,5 \text{ MPa}$

Délka posuvu $l_5 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$

Dle CAD modelu je: celková hmotnost k posunutí $m_5 = 400 \text{ kg}$

Pro běžná valivá vedení je: součinitel valivého tření $f_v = 0,02$

Požadovaný čas $t_5 = 0,8 \text{ s}$

Součinitel bezpečnosti $k_5 = 1,5$

Průměr pístu posuvu zásobníku $d_5 = ?$

Zrychlení pístu posuvu zásobníků:

$$a_5 = \frac{2l_5}{t_5^2} = \frac{2 \cdot 0,1}{0,8^2} = 0,3125 \text{ m/s}^2 \quad (5.37)$$

Rychlost pístu posuvu zásobníků na konci vedení:

$$v_5 = a_5 \cdot t_5 = 0,3125 \cdot 0,8 = 0,25 \text{ m/s} \quad (5.38)$$

Kinetická energie na konci vedení:

$$E_{5,k} = \frac{1}{2} m_5 v_5^2 = \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 0,25^2 = 12,5 J \quad (5.39)$$

Tato hodnota kinetické energie je vysoká, nutno použít externí tlumiče.

Volím externí tlumiče od firmy SMC označení: RBQ2508

parametry tlumiče:

Max. absorbovaná energie 20J

Zdvih tlumiče: 8 mm

Max. nárazová rychlost 3 m/s

[14]

Teoreticky využitelná síla pístu posuvu zásobníků:

$$F_{5,a} = k_5 \cdot m_5 (a_5 + g \cdot f_v) = 1,5 \cdot 400 \cdot (0,3125 + 9,81 \cdot 0,02) = 305 N \quad (5.40)$$

Plocha pístu posuvu zásobníků:

$$A_5 = \frac{F_{5,T}}{p} = \frac{305}{0,5} = 610 mm^2 \quad (5.41)$$

Průměr pístu:

$$d_5 = \sqrt{\frac{4A_5}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 268,53}{\pi}} = 27,5 mm \quad (5.42)$$

Volím *pneumatický lineární píst* od firmy SMC označení: CDG1BA32-100

průměr pístu: $d_5 = 32mm$

průměr pístnice $d_{p5} = 12mm$

[15]

5.3.2 Lineární vedení zásobníku

Lineární vedení zásobníku je voleno od firmy HIWIN, je zde použito kolejnic typu R označení HGR15R a vozíků HGW15CC.

Výpočet:

celková hmotnost k posunutí $m_5 = 400 kg$

Počet vozíků: $i_v = 4$

Dynamická únosnost $C_{dyn} = 11\,380 N$

Koeficient tvrdosti, teploty $f_H, f_T = 1$

Koeficient zatížení $f_W = 1,4$

Délka pohybu $l = 0,1 m$

Dynamické zatížení:

$$P = \frac{m_5 \cdot g}{i_v} = \frac{400 \cdot 9,81}{4} = 981 N$$

Nominální životnost:

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot C_{dyn}}{f_W \cdot P} \right)^3 \cdot 50000 = \left(\frac{1 \cdot 1 \cdot 11380}{1,4 \cdot 981} \right)^3 \cdot 50000 = 2,84 \cdot 10^7 m \quad (5.43)$$

Životnost v cyklech:

$$i_c = \frac{L}{l} = \frac{2,84 \cdot 10^7}{0,1} = 2,84 \cdot 10^8 \text{ cyklů} \quad (5.44)$$

[16]

5.3.3 Rám stroje

Rám stroje je jednoduchý svarek, jenž má za úkol nést zásobník. Je na něm uchycena urychlovací kladka a jednotlivé díly posuvu zásobníku. Rám je umístěn na osmi podstavcích strojů od firmy TEA-Technik, označení MF 8.80B s pryží MF D80, každý s nosností 9000N.[17]

6 Závěr

V rámci této bakalářské práce byl nejprve proveden popis konečného výrobku, jeho využití a popis rozdílu Al a PVC nosných profilů, které jsou vkládány do linky. Dále byl proveden základní popis linky na polepování profilů. Byl zde také popsán současný stav vkládání profilů a dva předcházející pokusy o stavbu zařízení na vkládání profilů. V této části jsem vycházel převážně z vlastních praktických zkušeností z daného provozu. Bohužel jsem nebyl přítomen při zkouškách předchozích zařízení na vkládání profilů, informace o jejich chodu mi popsali pracovníci firmy Styroprofile a.s.

V následující části jsou popsány požadavky na vkládací zařízení. Nejdůležitějším faktorem a je spolehlivost, která se musí co nejvíce blížit 100 %. Dalším značně limitujícím faktorem je čas. V teoreticky nejhorším případě máme na vložení pouze 2 s, prakticky 2,85 s. Jsou zde dále popsány další požadavky jako: minimální obsluha, použitelnost pro různé délky profilů, rozestupy mezi profily atd.

V další kapitole byly navrženy varianty řešení, nejprve byl řešen způsob úchopu profilu, zde jsem navrhl pět variant, následně kinematické uspořádání, navrženy tři varianty, a nakonec návrh zásobníku, zde jsem navrhl dvě varianty. Následně byla provedena volba nejvhodnější varianty.

U zvolené varianty byly provedeny základní kinematické, dynamické a konstrukční výpočty, jsou zde popsány základní uzly zařízení. Nejprve je řešeno vkládání profilu a následně zásobník.

Pokud se tento konstrukční návrh použije v praxi, je nutno dořešit řízení, předpokládám napojení na stávající řídicí systém linky. Dále senzory u zvedacího zařízení a pneumatické rozvody. Z hlediska bezpečnosti práce je nutné zařízení opatřit bezpečnostními prvky, doporučuji zakrytování a v zadní části, kde dochází k plnění zásobníku, umístit světelné závory, aby nedošlo ke zranění pracovníků při plnění zásobníku.

Navržené podávací zařízení by mělo být schopné nahradit jednoho pracovníka s tím, že se obsluha bude skládat z naplnění zásobníku a případného seřízení.

7 Seznam použitých zdrojů a literatury:

- 1) K-profil group, Linka na polepování rohů-návod k obsluze, 2007. 34s.
- 2) Linka na polepování profilů[online],[cit. 22.5.2012] dostupné z WWW :
<<http://www.styroprofile.cz/export/katalogy/J1,J2-ST-CZtisk.pdf>>,
- 3) LKS Plast-Lišta kombi 100x100 mm dl. 2 m, chmelik-tradechmelik-trade [online],
chmelik trade,[cit. 22.5.2012] dostupné z WWW : <<http://www.chmelik-trade.cz/stavebniny/eshop/6-1-Fasady/140-4-Rohove-profil-y-LKS-Plast/5/223-LKS-Plast-Lista-kombi-100x100-mm-dl-2-m>>,
- 4) Katalog Styroprofile [online],[cit. 22.5.2012] dostupné z WWW :
<<http://www.styroprofile.cz/export/katalog-Styroprofile.pdf>>,
- 5) Paralerní úchopné hlavice řada MHF2 [online], SMC Industrial Automation CZ s.r.o.,
[cit. 22.5.2012] dostupné z WWW : <<http://pdf.smc-cee.com/CZ/MHF2.tech.pdf>>,
- 6) Kompaktní válce s vedením, standardní provedení, Standardní provedení [online],
SMC Industrial Automation CZ s.r.o., [cit. 22.5.2012] dostupné z WWW :
<<http://pdf.smc-cee.com/CZ/MGP.tech.pdf>>,
- 7) Výukové materiály-detailní[online], SMC Industrial Automation CZ s.r.o., [cit.
22.5.2012] dostupné z WWW : <http://pdf.smc-cee.com/CZ/SMC_Lehrgang_2.pdf> ,
- 8) Kompaktní válce s vedením-miniaturní provedení-řada MGJ [online], SMC Industrial
Automation CZ s.r.o., [cit. 22.5.2012] dostupné z WWW : < <http://pdf.smc-cee.com/CZ/MGJx0.tech.pdf>> ,
- 9) Katalog IGUS-energetické řetězy-Série 04, E2 "mikro" [online],[cit. 22.5.2012]
dostupné z WWW:
<http://www.igus.cz/iPro/iPro_01_0002_0007_CZcs.htm?c=CZ&l=cs> ,
- 10) Bezpístnicový válec s mechanickým přenosem síly - základní provedení Řada MY1B
[online], SMC Industrial Automation CZ s.r.o., [cit. 22.5.2012] dostupné z WWW :
<http://2009.oc.smc-cee.com/sk/pdf/MY1B_TEC.pdf> ,
- 11) Spindelhubgetriebe TSE 2 – TSE 1000 [online], Technische
Antriebsselemente GmbH, [cit. 22.5.2012] dostupné z WWW :
<www.teatechnik.cz/download.php?file=doc/katalogy/Zdvizne_prevodovky_TSE.pdf> ,
- 12) General Purpose Single Phase Induction Motor [online],CANTONI MOTOR, [cit.
22.5.2012] dostupné z WWW :
<http://www.cantonigroup.com/files/general_purpose_single_phase_induction_motors.pdf> ,
- 13) Vodicí tyče a kuličková pouzdra [online], T.E.A. TECHNIK s.r.o., [cit. 22.5.2012]
dostupné z WWW :
<www.teatechnik.cz/download.php?file=doc/katalogy/vodici_tyce_a_koulickova_pouzdra.pdf> ,
- 14) Zkrácené provedení tlumiče nárazů ŘadaRBQ [online], SMC Industrial Automation
CZ s.r.o.,[cit. 22.5.2012] dostupné z WWW : <http://2009.oc.smc-cee.com/sk/pdf/RBQ_TEC.pdf> ,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

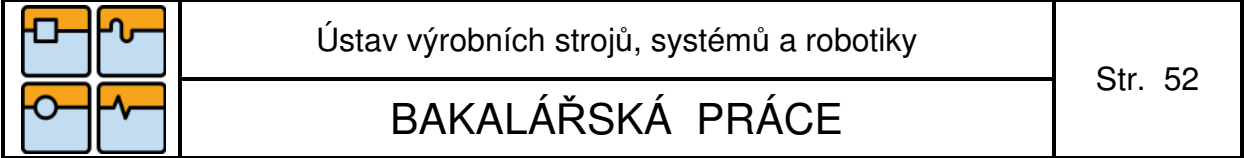
- 15) Válec s kruhovým průřezem čel Válec s kruhovým průřezem čel (CG1)[online], SMC Industrial Automation CZ s.r.o., [cit. 22.5.2012] dostupné z WWW :
<http://2009.oc.smc-cee.com/sk/pdf/CG1_TEC.pdf>,
- 16) Lineární vedení [online], HIWIN s.r.o.,[cit. 22.5.2012] dostupné z WWW :
<www.hiwin.cz/cs/linearni-vedeni/file.html?id=1277>,
- 17) Podstavce strojů [online], T.E.A. TECHNIK s.r.o., [cit. 22.5.2012] dostupné z WWW :
<www.teatechnik.cz/download.php?file=doc/katalogy/podstavce_stroju.pdf>,

8 Seznam použitých zkratk a symbolů

značka	název veličiny	jednotka
Δp	tlakový spád	[MPa]
a	celková výška profilu	[mm]
$a_{1,vys}$	teoretické zrychlení pístu zdvihu při vysunutí	[m/s ²]
$a_{1,zas}$	teoretické zrychlení pístu zdvihu při zasunutí	[m/s ²]
$a_{2,vys}$	teoretické zrychlení háčku při vysunutí	[m/s ²]
$a_{2,zas}$	teoretické zrychlení háčku při zasunutí	[m/s ²]
$a_{3,1}$	zrychlení pístu posuvu bez profilu	[m/s ²]
$a_{3,2}$	Zrychlení pístu posuvu s profilem	[m/s ²]
$a_{4,vys}$	teoretická zrychlení pístu přitlaku při vysunutí	[m/s ²]
$a_{4,zas}$	teoretická zrychlení pístu přitlaku při zasunutí	[m/s ²]
a_s	zrychlení pístu posuvu zásobníků	[m/s ²]
A_s	plocha pístu posuvu zásobníků	[mm ²]
a_z	zrychlení břemene	[m/s ²]
b	rozteč mezi profily v zásobníku	[mm]
c	délka ramena	[mm]
C_{dyn}	dynamická únosnost	[N]
C_f	opravný koeficient	[-]
d	vzdálenost od středu lineárního setu ke krajní kuličce	[mm]
d_1	průměr pístu	[mm]
d_2	průměr pístu	[mm]
d_3	průměr pístu	[mm]
d_4	průměr pístu	[mm]
d_{ps}	průměr pístnice	[mm]
d_s	průměr pístu posuvu zásobníku	[mm]
d_s	průměr pístu	[mm]
$E_{5,k}$	kinetická energie na konci vedení	[J]
$F_{1,T,vys}$	teoretická síla při vysunutí	[N]
$F_{1,T,zas}$	teoretická síla při zasunutí	[N]
$F_{1,vys}$	teoreticky využitelná síla pístu zdvihu při vysunutí pístu	[N]
$F_{1,zas}$	teoreticky využitelná síla pístu zdvihu při zasunutí pístu	[N]
$F_{2,T,vys}$	teoretická síla při vysunutí	[N]
$F_{2,T,zas}$	teoretická síla při zasunutí	[N]
$F_{2,vys}$	teoreticky využitelná síla pístu při vysunutí háčku	[N]
$F_{2,zas}$	teoreticky využitelná síla pístu při zasunutí háčku	[N]
$F_{3,a}$	teoreticky využitelná síla pístu posuvu	[N]

$F_{3,T}$	teoretická síla	[N]
$F_{4,T,vys}$	teoretická síla při vysunutí	[N]
$F_{4,T,zas}$	teoretická síla při zasunutí	[N]
$F_{4,vys}$	teoreticky využitelná síla pístu přitlaku při vysunutí pístu	[N]
$F_{4,zas}$	teoreticky využitelná síla pístu přitlaku při zasunutí pístu	[N]
$F_{5,a}$	teoreticky využitelná síla pístu posuvu zásobníků	[N]
f_H	koeficient tvrdosti	[-]
f_T	koeficient teploty	[-]
f_v	součinitel valivého tření	[-]
f_w	Koeficient zatížení	[-]
f_z	síla potřebná pro zdvih profilů	[N]
g	tíhové zrychlení	[m/s ²]
G_1	tíhová síla od zvedaných součástí pístu zdvihu	[N]
G_4	tíhová síla od zvedaných součástí pístu přitlaku	[N]
G_p	tíhová síla od profilu	[N]
h	výška štosu	[mm]
h_{sk}	maximální výška štosu profilů v zásobníku	[mm]
i_c	životnost v cyklech	[cyklů]
i_v	počet vozíků	[-]
k_s	součinitel bezpečnosti	[-]
k_z	součinitel bezpečnosti	[-]
l	délka zdvihu	[m]
L	nominální životnost	[m]
l_1	délka vedení	[m]
l_2	délka vedení	[m]
l_3	délka vedení	[m]
l_4	délka vedení	[m]
l_k	délka pohybu	[m]
l_s	délka posuvu	[m]
m_1	celková hmotnost zvedaných součástí	[kg]
m_2	celková hmotnost posouvaných součástí pístem háčku	[kg]
m_3	celková hmotnost posouvaných součástí	[kg]
m_4	celková hmotnost posouvaných součástí	[kg]
M_{jmen}	jmenovitý moment	[Nm]
$M_{k,max}$	maximální krouticí moment na vstupu převodovky	[Nm]
m_{np}	hmotnost nosného profilu	[kg]
m_{prof}	změřená hmotnost 2,5 metrového profilu	[kg]
m_s	celková hmotnost k posunutí	[kg]

$m_{\text{štos}}$	hmotnost profilů v jednom štosu	[kg]
m_v	váha na jeden vozík	[kg]
M_z	požadovaný vstupní krouticí moment na vstupu zdvižné převodovky	[Nm]
M_{zk}	potřebný krouticí moment	[Nm]
n_{max}	maximální otáčky na vstupu převodovky	[ot/min]
n_{mot}	otáčky	[ot/min]
n_p	počet profilů v zásobníku	[ks]
$n_{p,sk}$	kapacita celého zásobníku	[ks]
p	tlak stlačeného vzduchu	[MPa]
P	dynamické zatížení	[N]
P_e	ekvivalentní zatížení	[N]
P_{mot}	výkon	[kW]
Q_{c2}	maximální průtok vzduchu pro pístu háčku	[dm ³ /min]
$S_{1,T,vys}$	plocha pístu při vysouvání	[mm ²]
$S_{1,zas}$	plocha pístu při zasouván	[mm ²]
$S_{2,vys}$	plocha pístu při vysouvání	[mm ²]
$S_{2,zas}$	plocha pístu při zasouvání	[mm ²]
S_3	plocha pístu	[mm ²]
$S_{4,T,zas}$	plocha pístu při zasouvání	[mm ²]
$S_{4,vys}$	plocha pístu při vysouvání	[mm ²]
t_1	teoreticky čas zvednutí a vysunutí	[s]
$t_{1,1}$	čas spuštění	[s]
$t_{1,2}$	čas zvednutí	[s]
$t_{1,celk}$	celkový součet časů	[s]
$t_{1,roz}$	čas rozevření	[s]
$t_{1,sep}$	čas sepnutí	[s]
t_2	čas jednoho zdvihu při rovnoměrném zrychlení $v_{2,dov}$	[s]
t_3	čas potřebný pro jeden zdvih pístu posuvu	[s]
$T_{celk,2,3}$	teoretický čas jednoho cyklu	[s]
t_s	požadovaný čas	[s]
$v_{2,dov}$	maximální dovolená rychlost	[m/s]
v_3	střední rychlost	[m/s]
$v_{3,max}$	maximální nárazová rychlost	[m/s]
v_n	rychlost zvedání	[mm/ot.motoru]
v_s	rychlost pístu posuvu zásobníků na konci vedení	[m/s]
$v_{st,1}$	střední rychlost	[m/s]
v_z	rychlost zvedání	[mm/s]



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 52
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

η_1	účinnost pístu	[-]
η_2	účinnost pístu	[-]
η_3	účinnost pístu	[-]
η_4	účinnost pístu	[-]
ΣS_2	poměrný průřez	[mm ²]
$\Sigma S_{2,kor}$	korigovaný poměrný průřez	[mm ²]

9 Seznam příloh:

Výkresová dokumentace

POD-Z-001

POD-Z-004

POD-S-0015

POD-S-0020

POD-S-0021

3D-model (na DVD)