



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF MANUFACTURING MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## MODUL SEPARACE ARCHŮ PRO NOVÝ LAMINOVACÍ STROJ DELTA 52 MODEL 2018 METODOU FLYING KNIFE

FLYING KNIFE SHEET SEPARATION MODULE FOR NEW LAMINATOR DELTA 52 MODEL 2018

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Adam Brýdl**

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.**

**BRNO 2018**



## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	<b>Adam Brýdl</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.</b>
Akademický rok:	2017/18

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:

### **Modul separace archů pro nový laminovací stroj Delta 52 model 2018 metodou Flying knife**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Laminovací stroj Delta 52 slouží k laminování archů papíru za tepla. Je vybaven automatickým podavačem archů, laminovací jednotkou a přesným separátorem zalaminovaných archů. V současné době má firma Komfi variantu separace archů principem řezání = Flying knife pouze na stroji Amiga 52. Řezací nůž je upnutý na pneumatickém válci, který je uložen kolmo na posun archů. Výkon tohoto principu je max. 16 m/min. Cílem je provést takové úpravy předmětného stroje tak, aby bylo možno používat silnějších laminovacích fólií a ostrý okraj dle aktuálních požadavků zákazníků. Zadání DP je řešeno ve spolupráci se společností KOMFI, spol. s r. o. v Lanškrouně

## Cíle bakalářské práce

1. Navrhněte nové konstrukční provedení řezacího nože Flying knife pro stroj Delta 52 Model 2018, dle těchto požadovaných parametrů:

- rychlost laminace 35 m/min
- šířka archu 560 mm
- lineární vedení
- pohon elektrický servomotor
- min. formát archů 200 x 200 mm
- max. formát archů 560 x 800 mm
- nové vedení nože
- nový tvar nože pro směry vpřed a zpět
- volba vhodného úhlu mezi dráhou nože a posunem archů

2. Proved'te základní návrhové výpočty nového řešení.

3. Vypracujte sestavní výkres nové konstrukce a výrobní výkresy.

4. Proved'te analýzu rizik nového provedení.

5. Vypracujte stručnou ekonomickou analýzu porovnáním starého (původního) a nového řešení konstrukce.

6. Vyhodno'te klady a zápory nové konstrukce.

### Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D. doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
ředitel ústavu děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Předmětem této bakalářské práce je návrh modulu pro separaci archů metodou Flying knife. Existuje mnoho variant, jak lze řešit problém separace zalaminovaných archů papíru. Mým úkolem je však navrhnout řešení pomocí metody letmého nože, v angličtině běžně užívané jako flying knife. Tato technologie bude použita na prototypovém stroji Delta 52.

## **ABSTRACT**

The task of this bachelor thesis is the proposal of module for sheets separation by Flying knife method. It exists a lot of method, how problem of separation sheets solve. My goal is to take a solution using the quick knife method, in english is usually used Flying knife method. This technology will be used on the prototype machine Delta 52.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

modul, ekonomická stránka, metoda Flying knife, laminace

## **KEYWORDS**

module, economic page, Flying knife method, laminating



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

BRÝDL, A. *Modul separace archů pro nový laminovací stroj Delta 52 model 2018 metodou Flying knife*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 57 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr..





## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým osobním dílem, které jsem zpracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Radkem Knoflíčkem, Dr. a konzultací s firemním pracovníkem s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2018

.....

Brýdl Adam



## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Radku Knoflíčkovi, Dr. za vstřícný a přátelský přístup při konzultačních schůzkách a rychlé reakce při každé žádosti o pomoc. Dále bych rád poděkoval firmě Komfi spol. s.r.o. za možnost sepsání bakalářské práce pod jejich vedením, především bych rád poděkoval svému konzultantovi z firmy Komfi spol. s.r.o.. Na závěr patří poděkování mé rodině za motivaci a možnost studovat na vysoké škole.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>MOTIVACE</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>FIRMA KOMFI SPOL. S.R.O.</b> .....	<b>16</b>
3.1	Histori firmy .....	16
3.2	Produkty .....	16
<b>4</b>	<b>LAMINACE</b> .....	<b>18</b>
4.1	Metody laminace .....	19
4.2	Defekty vznikající při laminaci .....	21
4.3	Laminovací fólie.....	22
<b>5</b>	<b>MODUL SEPARACE ARCHU</b> .....	<b>23</b>
5.1	Metody řešení separace .....	24
5.2	Stávající řešení na stroji AMIGA .....	27
5.3	Průběh řezání .....	28
<b>6</b>	<b>NÁVRH ŘEŠENÍ</b> .....	<b>30</b>
6.1	Návrh řešení 1.....	30
6.2	Návrh řešení 2.....	33
<b>7</b>	<b>VÝBĚR VARIANTY</b> .....	<b>34</b>
7.1	Výběr z technického hlediska.....	34
7.2	Výběr z ekonomického hlediska .....	34
7.3	Závěrečné hodnocení .....	34
<b>8</b>	<b>DETAILNÍ ROZBOR VYBRANÉ VARIANTY</b> .....	<b>35</b>
8.1	Teoretický výpočet úhlu natočení .....	35
8.2	Reálný výpočet .....	36
8.3	Řešení ostatních komponentů.....	38
8.3.1	Uložení vedení.....	38
8.3.2	Řezná část.....	39
8.3.3	Rám stroje .....	40
8.3.4	Vana .....	40
8.3.5	Válce.....	41
8.3.6	Ionizační tyč .....	42
8.3.7	Čidla .....	43
8.3.8	Krytování.....	44
<b>9</b>	<b>POSTUP MONTÁŽE</b> .....	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>ANALÝZA RIZIK</b> .....	<b>46</b>
<b>11</b>	<b>ZHODNOCENÍ A DISKUZE</b> .....	<b>51</b>
<b>12</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>52</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>53</b>
<b>14</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK</b> .....	<b>55</b>
14.1	Seznam tabulek.....	55
14.2	Seznam obrázků.....	55
14.3	Seznam symbolů.....	56

<b>15 SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>57</b>
15.1 Příloha č.1: 5AG-10000 Modul separace .....	57

# 1 ÚVOD

Při laminaci jednotlivých archů papíru je nutno zkonstruovat takový stroj, který musí být automatický tzn. bez lidské manipulace z důvodu rychlé výroby. Takový stroj se skládá z více částí, přičemž každá má jinou funkci.

Cílem práce je navrhnout modul, který dokáže separovat laminované archy papíru s velkou přesností a rychlostí posuvu papíru až 35 m/min, tato rychlost je nutná dodržet z důvodu požadavku na rychlost výroby stroje a není přípustné, aby ostatní moduly „čekaly“ na práci separátoru.

Největším problémem je navrhnout takové řešení, aby bylo možné seřizovat a upravovat modul v závislosti na volbě rychlosti na stroji. Je nutné, aby byl řez veden pod správným úhlem kvůli tomu, že archy papíru jedou nepřetržitě a nůž, který řez provádí, musí stíhat řezat za stálého posuvu papíru a vyvarovat se křivému řezu.

V tuto chvíli se nabízí pouze 2 možnosti, kvůli rychlosti posuvu papíru 35 m/s. Takovouto rychlost nelze získat snadno v tak malém prostoru, jaký byl na tento modul vymezen.

První část bakalářské práce pojednává o vysvětlení problému a možnostech řešení, druhá část je přímo zaměřena na jednu variantu, která je finální.

## 2 MOTIVACE

Motivace k sepsání této bakalářské práce konstrukčního zaměření pramení v mé ctižádostivosti o vytvoření nové věci, kterou přede mnou ještě nikdo nezkonstruoval. Vymýšlení jednoduchých strojů a mechanismů patří k mým koníčkům již od mala. Pokaždé šlo o malé věci, na kterých nebylo hodně práce. Nikdy se mi však nenaskytla příležitost pro tvorbu většího konstrukčního uzlu, proto mě nabídka od firmy Komfi spol. s.r.o. velice zaujala. Díky této práci se také naučím komunikovat s dodavatelem dílců použitých v modulu separace, což je pro mě přínosná zkušenost z této oblasti. Budu muset spolupracovat s ostatními pracovníky firmy Komfi spol. s.r.o. kvůli připojení k předcházejícímu modulu, zapojení a seřízení modulu separace. Díky těmto úkonům se naučím pracovat v týmu a získám náhled na práci profesionálního konstruktéra, za což jsem velice vděčný.

## 3 FIRMA KOMFI SPOL. S.R.O.

### 3.1 Histori firmy

V roce 1992 byla založena firma Komfi spol. s.r.o. se sídlem v Lanškrouně. Původním zaměřením bylo technické poradenství a konstrukce jednoúčelových strojů. Od roku 1995 se firma rozrostla do vesnice Svěbohov, v témže roce byl vyvinut první prototyp laminovacího stroje Orbit a první prototyp balicího stroje BKD-01. V roce 1998 firma vyvinula první prototyp stroje Delta, který je dodnes žádané zboží a vyvíjí se nové modely. Během dalších let od 1998-2003 se firma rozrostla i do měst Nové Město na Moravě a Litomyšl. Prosperující firma si roku 2009 založila dceřinou společnost Komfi Europe v Holandsku, která zajišťuje marketing, prodej a servis laminovacích strojů v zemích po celém světě. [1]

### 3.2 Produkty

Firma Komfi spol. s.r.o. se zpočátku zabývala vývojem jednoúčelových strojů na zakázku, později se však začala rozvíjet i sériová výroba, a to hlavně laminovacích strojů: Junior, Amiga, Delta, Sagitta, Sirius. Stroje se liší hlavně velikostí, to znamená velikostí formátu papíru, který dokáže laminovat, dále se liší rychlostí celého procesu.

Později se začaly vyvíjet lakovací stroje, které dokáží například udělat na papíru 3D vrstvu. Nedávno se začali zabývat i výrobou strojů které dokáží potisknout ořizky knižního bloku pomocí stroje imiJet be 70.

Současně se sériovou výrobou se ve firmě zabývají i vývojem prototypů jednoúčelových strojů a linek pro montážní celky. Mezi největší zákazníky patří například AVX, TDK, Tyco electronics, Siemens, Alpha, Arrow, Amazon, Elekont. Fotka pobočky v Lanškrouně je vidět níže. [2]



Obr. 1) Pobočka Komfi spol. s.r.o. v Lanškrouně [3]



Laminovací stroj Delta 52 je jedním z laminovacích strojů vyráběných firmou Komfi spol. s.r.o. pro formát papíru B2. Jeho funkcí je nanesení laminovací fólie na arch papíru za pomoci termoaktivního lepidla. U tohoto stroje právě probíhá vývoj nového modelu stroje pro rok 2018. V této bakalářské práci je přímo řešen nový modul separace do nového modelu stroje Delta 52 2018. [4]



Obr. 2) Stroj Delta 52 [4]

Lakovací stroj Spotmatic využívá k aplikaci UV laku na tiskovinu technologii injektovaného tisku. Nanese několikanásobnou vrstvu a poté ji vytvrdí. Díky tomu dokáže vytvořit 3D rastr na papíře. Obrázek stroje Spotmatic je vidět níže. [5]



Obr. 3) Lakovací stroj Spotmatic [5]

Stroj imiJet BE 70 sloužící pro tisk na ořízky knižního bloku. Dokáže potisknout až 3 hrany knihy v jednom cyklu vložení knihy. Obrázek stroje imiJet je vidět níže. [6]



Obr. 4) Stroj pro tisk knižního bloku imiJet [6]

## 4 LAMINACE

V dnešní době se setkáme s laminovanými věcmi v podstatě každý den, většinou každá tiskovina je potažena vrstvou lamina, které slouží jako povrchová úprava. Důvody tohoto potažení tiskoviny jsou dvojího typů. Zprvce zkvalitnění tiskoviny, která bude po laminaci pevnější a nebude tak náchylná na umazání, polití či jiné znehodnocení, jakož je tomu u holého papíru. Druhým důvodem je zkvalitnění tiskoviny z hlediska designu. Vrstva lamina vytvoří na povrchu lesklou plochu, tudíž je příjemnější na dotek a od pohledu vypadá lépe než obyčejný papír. Běžně se s touto povrchovou úpravou můžeme setkat například na letácích, průkazkách, restauračních jídelních lístcích či na obalu knih. Největší technologické změny lze očekávat v oblasti lepidel, které musí splňovat především požadavky na co nejrychlejší vytvoření pevné vazby mezi fólií a substrátem. V budoucnu bude požadováno, aby se eliminovala těkavá rozpouštědla. Z tohoto hlediska se jeví perspektivní vodné disperze síťujících lepidel vytvrzovaných UV nebo EB zářením. Na obrázku níže je vidět stroj Junior. [7]



Obr. 5) Laminovací stroj Junior [8]

## 4.1 Metody laminace

### LAMINACE ZA TEPLA

Laminace za tepla spočívá v nanášení speciální laminovací fólie na tiskovinu. Tato fólie je speciální v tom, že na jedné straně má vrstvu termoreaktivního lepidla. Natavení tohoto lepidla při laminaci papíru zajišťuje nerezový válec, který je vyhříván zevnitř. V tu chvíli se lepidlo stane aktivním a za použití přiměřeného tlaku, který zajišťuje přítlačný válec, dojde ke spojení fólie s papírem. Problém v této metodě laminace však může nastat skrze pomačkanou fólii, která by se nanasla na papír zpřehýbaně a neplnila by tak funkčnost. Toto je nepřístupné. Předcházíme tomu tak, že je fólie po celou dobu natahována a přejížděna rozhánčícím válcem, který zajistí dokonale rovnou fólii. Výhoda této metody spočívá v tom, že ji můžeme využít, jak na nekonečný pás papíru, tak na jednotlivé archy papírů, které budou oddělovány ihned po laminaci. S tím souvisí i to, že je to velice rychlá metoda. Na obrázku níže je vidět příklad laminace za tepla. [7]



Obr. 6) Příklad laminace za tepla [9]

## LAMINACE ZA STUDENA

Existují dva typy laminace za studena-laminace mokrá a suchá.

Laminace mokrá spočívá v nanesení polypropylenové fólie. Spojení s papírem zajistí disperzní lepidlo, které se musí nanést jak na stranu fólie, tak na stranu papíru. Nevýhodou této metody je to, že schnutí lepidla může trvat i déle než 48 hodin, což nám značně omezuje rychlost výroby. Touto metodou se obvykle zpracovává jen materiál s plošnou hmotností větší než  $115\text{g/m}^2$ . V současné době se to v Evropě již nedělá. Na obrázku a) je ilustrační obrázek.

Laminace za sucha je druhým typem laminace za studena. Tato varianta je založena na nanášení samolepicí fólie přímo na tiskovinu. V dnešní době se od této metody upouští z důvodu pomalé výrobnosti a drahých nákladů. Na obrázku b) je ilustrační obrázek. [7]



a)



b)

Obr. 7) a) Laminace za sucha [10]

Obr. 8) b) Laminace za mokra [11]

## 4.2 Defekty vznikající při laminaci

Problémů, které mohou nastat, může být celá řada. Zde je výčet některých z nich:

- 1) Na místech výskytu těkavých produktů mohou fólie nabobtnat a zvětšit rozměr. Tato změna může být i nevratná. [7]
- 2) Při použití větší vrstvy lepidla může větší vrstva zasychat nerovnoměrně a v důsledku nabobtnání fólie mohou vznikat záhyby a nakrčení v některých místech. [7]
- 3) Při tisku barvami, které rychle zasychají na povrchu, ale uvnitř vrstvy jen pomalu, dochází k pronikání rozpouštědla z barvové vrstvy na druhou stranu archu a k obtahování, případně i ke slepení archu ve stohu. [7]
- 4) Kvůli použitému lepidlu může dojít k rozpíjení barev. [7]
- 5) Disperzní vodorozpustná lepidla vytvářejí alkalické prostředí. Některé pigmenty, například Reflex Blue nebo rubínová červeň, se v alkalickém prostředí vybělují. [7]
- 6) Špatná přilnavost fólie může být příčinou lokální nebo celoplošné delaminace. [7]
- 7) Pokud je povrch nedostatečně smáčivý pro lepidlo, vytvoří jen slabou vazbu mezi barvovou vrstvou a laminovací fólií. [7]
- 8) Může nastat tak zvané „stříbření“, je to optický důsledek nedokonalého kontaktu mezi laminovací fólií a substrátem v důsledku rozdílů indexu lomu a vzduchu a vrstvy lepidla. [7]

### 4.3 Laminovací fólie

Laminovací fólie dělíme dle 3 faktorů. První faktor jsou optické vlastnosti. Existují fólie mnoha typů: lesklé, polomatné, matné, dále strukturované, číré, s barevným nebo perleťových nádechem, opticky variabilní, metalizované, holografické. Existuje také možnost dodatečného texturování hladkých fólií designových válcem pomocí ražením za zvýšené teploty. [7]

Druhým faktorem jsou mechanické a funkční vlastnosti. Tyto vlastnosti jsou například: porozita, propustnost par, nepropustnost pro vlhkost, pevnost, pružnost, rozměrová stálost, tepelná odolnost, odolnost proti oděru a odolnost vůči UV záření tloušťka 12 za 30 mikrometru. [7]

Posledním faktorem je chemická struktura polymeru. To dále dělíme na termoplasty (polypropylen, polyethylen, polyester, polyvinylchlorid, polyvinylacetát) a acetát celulózy („celofán“). Obrázek role laminovací fólie je vidět níže. [7]



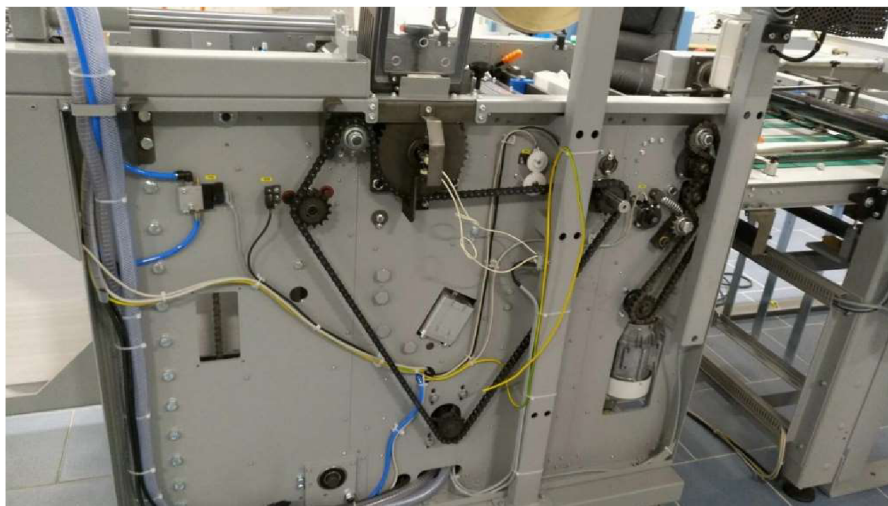
Obr. 9) Role laminovací fólie [12]

## 5 MODUL SEPARACE ARCHU

Modulem stroje se myslí část stroje, která má přesně definovaný úkol a nic jiného neřeší.

Stroj se obvykle skládá ze 4 a více modulů. Rozdělení stroje na moduly může být řešeno dvěma způsoby, buď jednotlivé moduly stojí vedle sebe samostatně a jejich návaznost je řešena pomocí dopravníkových pásů, robotických podavačů či jiné technologie. Druhým typem je zkonstruování velkého mohutného rámu, do kterého se vkládají desky (bočnice), které jsou hlavním pilířem jednotlivých modulů. Jednotlivé bočnice dosedají přímo vedle sebe a tvoří tak souvislou desku, která je k sobě snýtována. Základní moduly každého laminovacího stroje jsou: modul nakládání archu, modul laminace, modul rovnání archu a modul separace. Dále je možné rozšířit laminovací stroje o další moduly, například o modul nanášení glitru nebo modul nanesení přenášecí fólie. [13]

V stroji Delta, na kterém řeším modul separace, je rám stroje řešen pomocí jednotlivých snýtovaných bočnic. Modul separace archů má úkol separovat jednotlivé archy papíru. Přesněji řečeno, jeho úkolem je zajistit naprosto dokonalé rozříznutí zalaminovaného papíru laminovací fólií. Nesmí se stát, že na papíru budou otřepy. Nejdůležitější je však zajistit, aby byl řez naprosto rovný, což je velký problém, protože řezání probíhá za stálého posuvu papíru. Obrázek modulu je vidět níže. [13]



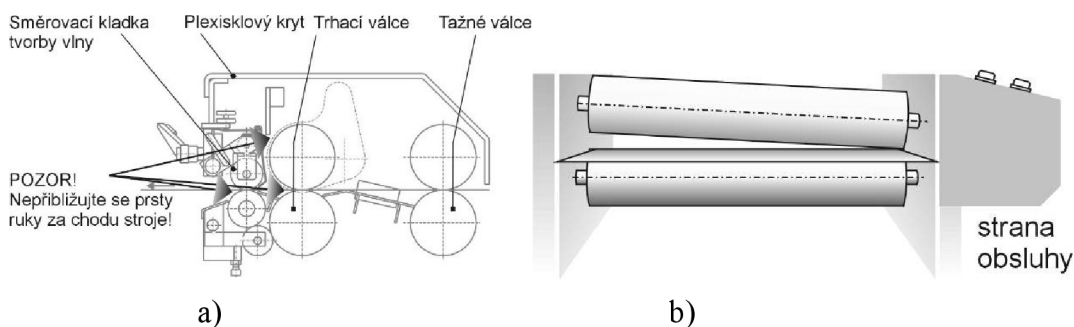
Obr. 10) Rám složený z modulů

## 5.1 Metody řešení separace

Existuje více metod, jak separovat zalaminovaný arch papíru. Každá z nich má své výhody a své nevýhody. V následující kapitole jsou popsány jednotlivé metody separace. Nejprve je nutné si připomenout, že do stroje se nakládají jednotlivé archy papíru. Archy se nakládají mírně přes sebe, čímž vznikne tak zvaný přesah, který bývá přibližně 3 mm. Nanesením laminovací fólie vznikne z archů nekonečný pás. V modulu separace se v místě přesahu laminovací fólie rozdělí, čímž vzniknou opět jednotlivé archy. [13]

## TRHACÍ METODA

Pro použití trhací metody se musí zkonstruovat modul, který se bude skládat ze soustavy válců a perforovacího pilového kotouče. První dvojice válců jsou „Tažné válce“, které posouvají pás archů rychlostí laminace. Zde je spodní kovový válec hnaný od hlavního pohonu a horní pogumovaný válec je unášený. Druhou dvojici válců tvoří „Trhací válce“. Oba válce jsou pogumované a oba jsou hnané stejnou rychlostí. Spodní trhací válec se pouze otáčí. Horní trhací válec se pohybuje nahoru a dolů kývavým pohybem. Princip spočívá v tom, že perforační kladky nařznou zalaminovaný papír, aby došlo k narušení laminovací fólie a následné utržení bylo snadné. Celý proces utrnutí je zajištěn vyšší obvodovou rychlostí trhacích válců, než je rychlost laminace. Ve chvíli, kdy bude přesah archů (místo utržení) za tažnými válci, horní trhací válec klesne k spodnímu trhacímu válci a v důsledku rozdílných rychlostí dojde k oddělení archu. Horní trhací válec nejdříve klesne na straně obsluhy, kde je fólie perforovaná perforovací kladkou a poté na druhé straně. Abychom zajistili spolehlivou separaci archu, musíme před trhacími válci vytvořit na papíře „vlnu“. Tato vlna se vytvoří šikmou kladkou proti válci, který je za trhacími válci. Natáčením šikmé kladky je možné měnit velikost vlny. Díky „vlně“ je papír na jedné straně delší a při klesnutí horního válce k spodnímu válci dojde k postupnému odtržení archu. [13]



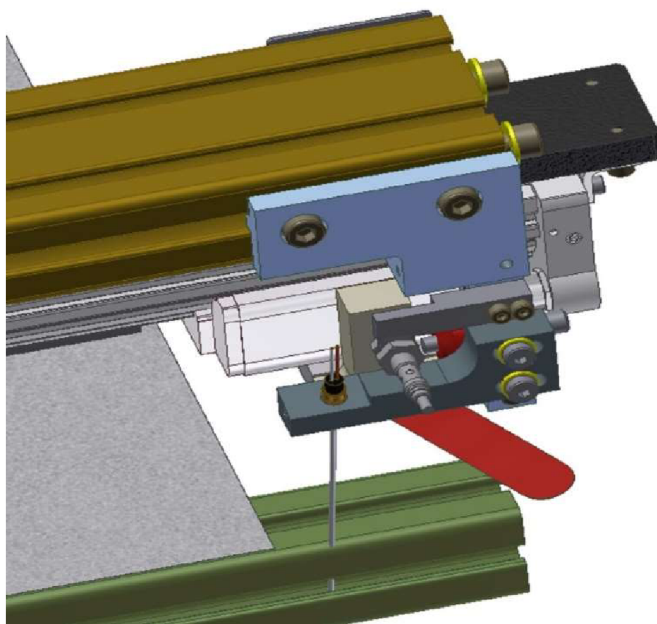
Obr. 11) a) Trhací modul v řezu [13]

Obr. 12) b) Trhací modul zepředu [13]



## METODA FLYING KNIFE

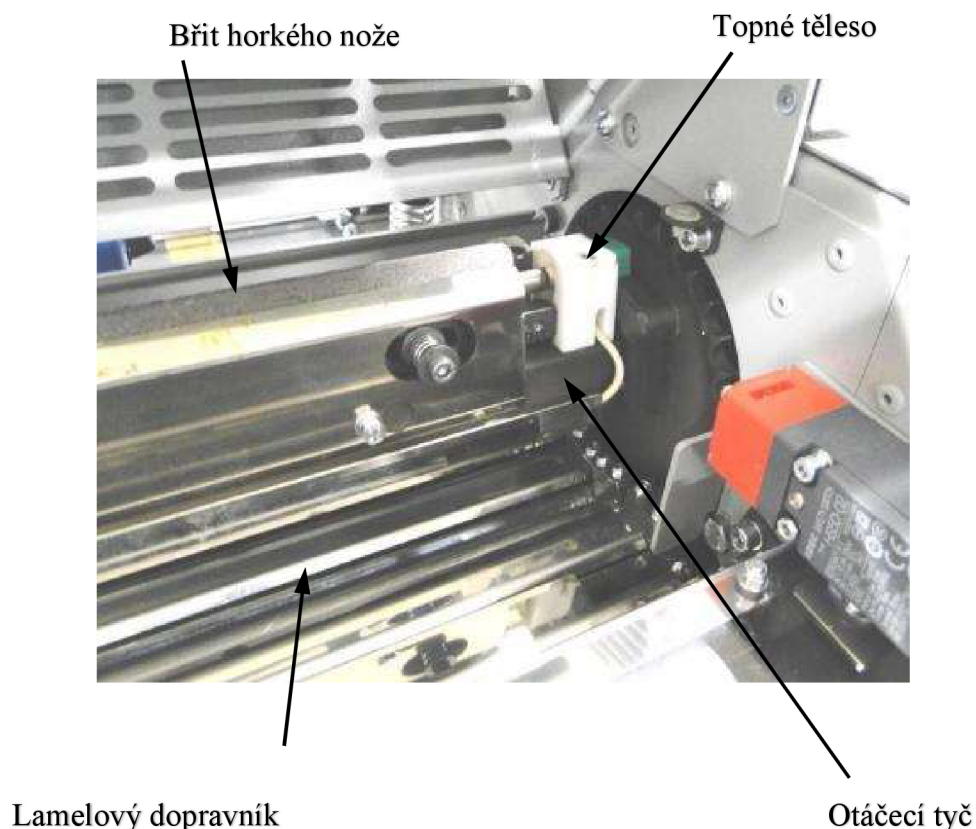
Metoda spočívá ve způsobu dělení papíru pomocí letmého nože, v angličtině běžně užívané jako flying knife. Tato metoda dokáže papír rozdělit dokonaleji než metoda trhací. Řez je veden tenkou ostrou planžetou, která se označuje jako „nůž“. Tento nůž je uložen na pneumatickém válci, který je pevně uchycen na hliníkovém profilu kolmo na posun zalaminovaných archů. Vlastní řezací nůž je nabroušen pod takovým úhlem, aby v případě, že dojde k řezání, dokázal rozříznout papír rovně, protože archy papíru jedou současně s pohybem řezacího nože. Řešení, které vidíte na obrázku, je zkonstruováno takovým způsobem, že dokáže stíhat řezat papíry, které jezdí rychlostí až 16 m/min. V tomto případě je nůž poháněn pneumatickým válcem, což není dokonalé řešení, protože nemůžeme snadno nastavit rychlost nože a nemáme zpětnou vazbu o tom, kde se nůž nachází. Tento problém se řeší pomocí čidel koncové polohy. Kvůli tomu, že nedokážeme zastavit pneumatický válec v přesné poloze, je nutné mít na počáteční i koncové poloze nože tlumiče s pevným dorazem. Výhodou této metody je dokonalé přeříznutí papíru a minimální riziko pochybení. Obrázek modelu je vidět níže. [13]



Obr. 13) b) Flying knife foto modelu [13]

## METODA HORKÉHO NOŽE

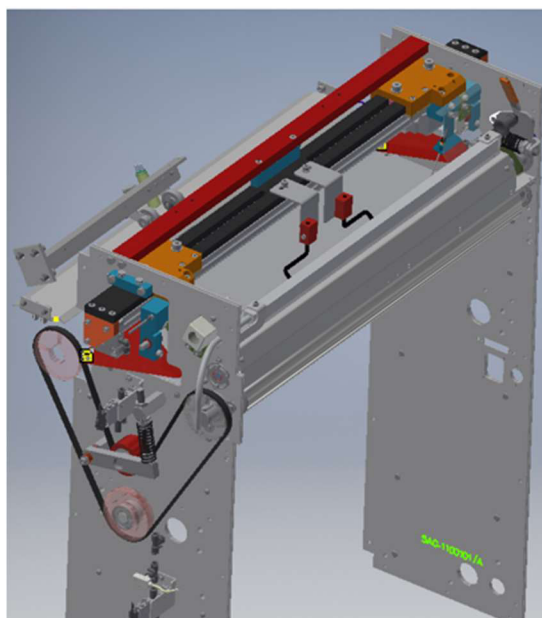
Při použití metody separace pomocí horkého nože je nutné dodržet přesah archů minimálně 2mm, jinak by nebyla zajištěna správná separace. Pro správnou separaci musí být archy papíru v místě přesahu narušeny, aby mohly být následně odděleny trhacím mechanismem separátoru. K narušení fólie dojde při dotyku horkého břitu nože v místě přesahu archu. Přesné setkání břitu s přesahem je zaručeno pomocí ultrazvukového čidla, které snímá přesah mezi archy. Nůž je uchycen na čtyřhranné otáčející se tyči, která je uložena v ložiskách v bočnicích a poháněna servomotorem. Válcové topné těleso je uloženo uvnitř nože. Pracovní teplota horkého nože je až 350°C. Aby nedocházelo k tepelným ztrátám, je nůž obložen tepelně-izolační deskou. Správná teplota je kontrolována pomocí teplotního čidla. Lamelový dopravník se protáčí pod pásem papíru. V lamelovém dopravníku je vsunuta odpružená tyč s teplotně odolnou lištou. Tato tyč najede vždy v momentu, kdy horký nůž udělá jednu otočku břitu a ten následně fólii přepálí. Setkání obou komponent je zajištěno propojenou soustavou řetězových kol. Problémem této metody je ušpinění břitu horkého nože od zbytků lepidla roztavené fólie. Tato vada se projeví nažloutlou čarou na separovaných arších v místě kontaktu. Tomuto problému se nedá nijak předcházet. Řešením je očištění vyhřátého břitu pomocí škrabky. Obrázek horkého nože je vidět níže. [13]



Obr. 14) Metoda horkého nože [13]

## 5.2 Stávající řešení na stroji AMIGA

V současné době je firmou Komfi spol. s.r.o. vyráběn pouze jediný stroj Amiga 52, která má vyřešen modul separace pomocí metody flying knife. Pohyb flying knife je řešen pomocí pneumatického válce. Podobné řešení bude realizováno i na stroji Delta 52. Inspirace stávajícím řešením na stroji Amiga 52 je možná, protože z mechanického hlediska je podobně řešen jako stroj Delta 52. Nový stroj Delta 52 má však vyšší nároky na provozní rychlost. Tento požadavek vytváří problém v modulu separace, protože stávající řešení pomocí pneumatického válce je schopné dosáhnout separace při rychlosti posuvu papíru maximálně 16 m/min. Požadovaná rychlost posuvu papíru na stroji Delta 52 je až 35 m/min. To je schopný zajistit pouze lineární posuvná jednotka, poháněná ať už pomocí krkového motoru nebo servomotoru. V současném stroji Amiga 52 je separační část uložena do bočnic. V separační části stroje je stávající nůž trojúhelníkového tvaru. Díky této konstrukci je možné provádět řez střídavě z levé a pravé strany stroje. Toto umožní dosažení rychlosti až 16 m/min. Na nový modul je požadavek vyšší rychlosti posuvu papíru (35 m/min). Proto je při návrhu nového modulu nutno zvážit, zda je možné použít trojúhelníkový tvar nože nebo navrhnout jiný tvar nože. Obrázek stávajícího řešení na stroji Amiga 52 je vidět níže. [13]



Obr. 15) Stávající separační modul Amiga 52 [13]

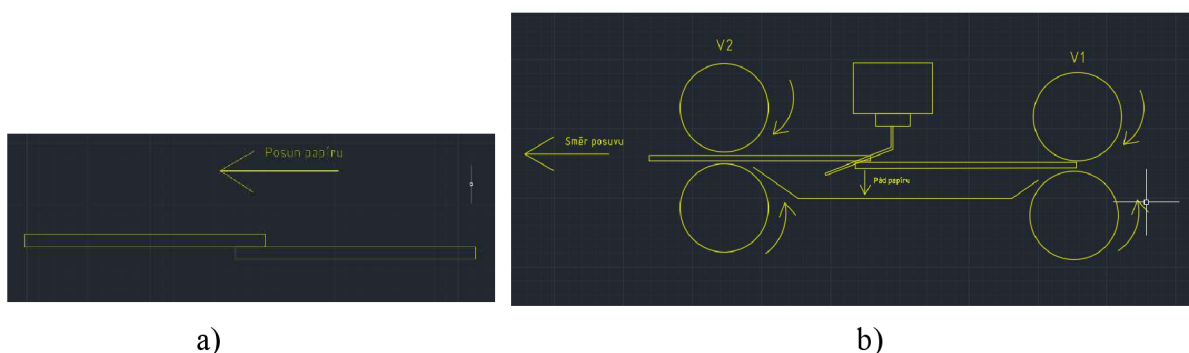
## 5.3 Průběh řezání

### STÁVAJÍCÍ PRŮBĚH ŘEZÁNÍ

V současném modulu stroje Amiga 52 zajišťuje řezání trojúhelníkový nůž, který je naostřen z obou stran. Vzhledem k tomu, že pneumatický válec není schopen dosáhnout takové rychlosti, aby se stihl nůž vrátit do původní pozice dříve, než přijede další arch papíru, je řez prováděn z obou stran. To znamená střídavě z levé a pravé strany. Podávání papíru je řešeno speciální metodou, která je popsána níže.

Jak je vidět na obrázku a), papíry jsou přeloženy přes sebe a to tak, že alespoň 2 mm. Na začátku a na konci modulu jsou uloženy podávací válce, přičemž válce, které dodávají papír do modulu, mají rychlost menší  $v_1$  než válce, které vyváží papír z modulu  $v_2$ . Rychlost  $v_1$  je rychlost laminace. Rozdílné rychlosti jsou nastaveny proto, aby byl papír napnut v momentu přeříznutí. Převodový poměr je  $\frac{v_2}{v_1} = i = 1,05$ . Postup řezání je následující.

Papír přijíždí a v momentu, kdy nůž přeřízne papír v přesahu, spodní papír spadne do plechové vany, která je vidět na obrázku b). První válce stále tlačí papír, ten vyjede po nakloněném plechu do vyvážecích válců. Díky rozdílu rychlostí válců se papír opět napne a může být proveden další řez. Lineární vedení, na kterém je uchycen nůž, je kolmo k papíru, tudíž se může řezat při posuvu pneumatického válce jak vlevo, tak i vpravo. Protože maximální rychlost papíru je pouze 16 m/min, toto řešení je plně dostačující. [13]



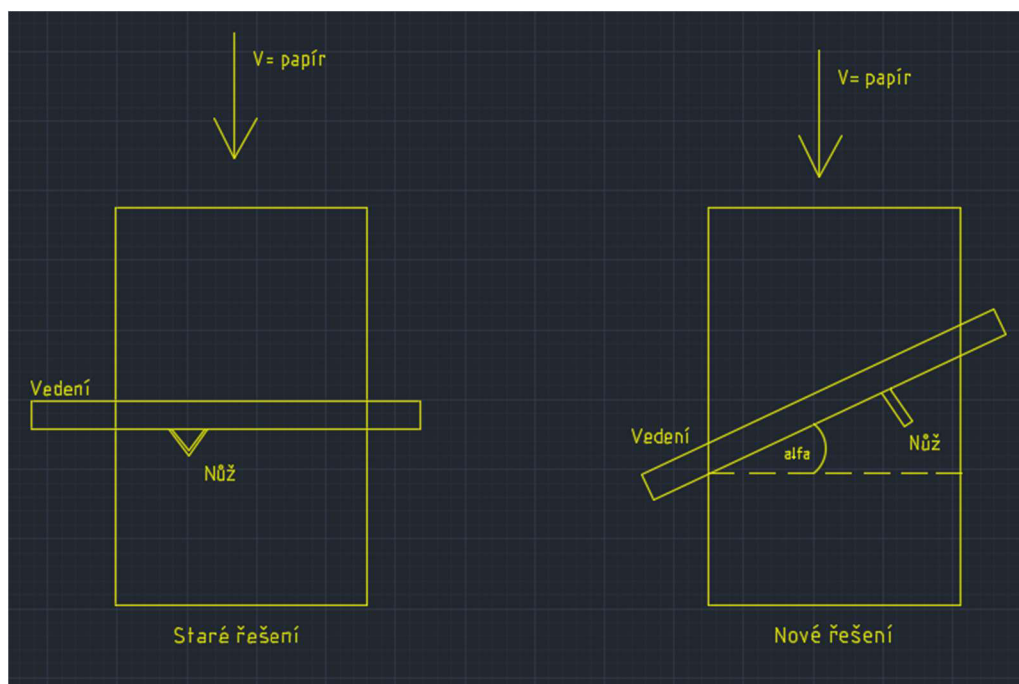
Obr. 16) a) Přesah papírů

Obr. 17) b) Průběh řezu

## NOVÉ ŘEŠENÍ

V novém modulu separace na stroji Delta 52 bude použit místo trojúhelníkového nože, jak tomu bylo na stroji Amiga 52, nůž vyrobený z tenké planžety. Protože maximální rychlost posuvu papíru je 35 m/min a motor, který je použit, by nedokázal vyvinout rychlost potřebnou pro úplný a rovný řez, je zvolena metoda natočení celého lineárního vedení o úhel  $\alpha_4$ . Výpočtu úhlu je detailně věnována kapitola. 6.1. Toto natočení poskytne více času k tomu, aby mohl nůž zaručeně přeříznout celý papír a vrátit se do původní polohy. **[13]**

V důsledku natočení lineárního vedení je možné řezat papír pouze jedním směrem. Nůž má dostatek času na to, aby se vrátil do původní polohy. Vrácení nože nastane v momentu, kdy se dokončí řez a spodní papír spadne do plechové vany. V tomto řešení není možné, aby nůž řezal z obou stran. Znemožňuje to zvolený úhel. Řez by nebyl rovný a ani by nebyl veden ve správném místě, protože nůž by provedl řez protisměru pohybu papíru. Obrázek rozdílu řešení je vidět níže.



Obr. 18) Nákres rozdílu řešení

## 6 NÁVRH ŘEŠENÍ

### 6.1 Návrh řešení 1

Prvním návrhem je řešení, které se skládá z planžetového nože v maximální přípustné délce 60 mm. Délka nože je limitovaná maximální pracovní délkou 60 mm kvůli tomu, aby bylo dosaženo dostatečné tuhosti nože a aby se zkrátila celková délka stroje. Dále je zde použito lineární vedení od firmy SMC, které je poháněno servomotorem. Servomotor je zvolen proto, abychom získali zpětnou vazbu o tom, kde se nůž nachází. Díky tomu se dá proces separace lépe ovládat. Obrázek lineárního vedení s motorem je vidět níže.

Pro tuto variantu jsem vytypoval dílce:

Lineární vedení SMC=typ Belt Drive LEFB, velikost 25

Důležité parametry:

- Maximální rychlost: 2000 mm/s
- Maximální zdvih: 2000 mm
- Přesnost polohování:  $\pm 0,06$ mm
- Délka zdvihu: 660 mm[14]



Obr. 19) Lineární vedení s motorem [15]

Lineární řemenové vedení je dodáváno firmou SMC. Tento dodavatel je vybrán kvůli velkému množství nabízených verzí lineárního vedení a možností úprav na míru. Motor je dodáván firmou Autocont Control Systems s.r.o. kvůli softwaru, který je ve firmě Komfi spol. s.r.o. již řadu let používán a také snadno a efektivně naprogramovatelný. Obrázek motoru je vidět níže.

Servomotor -HK-KN13J od firmy Autocont Control Systems s.r.o.

Důležité parametry:

- Kapacita napájení: 0,3 kVa
- Maximální rychlost: 5000ot/min
- Točivý moment: 0,95 Nm
- Výstup 100 W
- Maximální proud 2,4 A
- Hmotnost- 0,6 Kg[16]



Obr. 20) Servomotor [16]

Nůž, který je navržen pro úkon separace, je vyroben z tenké planžety. Tato planžeta je vyrobena interně v jiné pobočce firmy Komfi spol. s.r.o.. Nůž je připevněn k lineárnímu vedení pod úhlem  $60^\circ$ . Toto uložení je třeba zajistit přesně, aby se dosáhlo optimálního úhlu řezu. Jeho hrana je naostřena. Potřebnou délku nože je třeba stanovit výpočtem, což je provedeno v následující kapitole.

Snaha je dosáhnout co nejkratšího nože, aby nezasahoval do jiného modulu, který následuje po separačním. Současně s tím je důležité dosáhnout co nejkratšího nože, aby byla zajištěna tuhost břitu. Nůž na začátku procesu řezání musí být vyjetý až za papír a řezání zajišťuje oblast nože, která je nejbližší k uchycení. Při řezání se místo řezu pohybuje směrem ke konci nože až do jeho úplného přerýznutí. To znamená, že bočnice separačního modulu jsou zkonstruovány takovým způsobem, aby nůž mohl vyjet až za papír a nenarazit do bočnice. Fotka testovacího planžetového nože je vidět níže. [13]

Důležité parametry:

- maximální pracovní délka nože: 60 mm
- tloušťka nože: 3,6 mm
- úhel od vedení:  $60^\circ$
- materiál: nerezová ocel

#### Výhody a nevýhody této varianty:

- |   |              |
|---|--------------|
| +   | -            |
| Zpětná vazba od motoru                                | Dražší motor |
| Levnější typ lineárního vedení                        |              |
| Rychlé přizpůsobení při změně rychlosti posuvu papíru |              |
| Motor je možné natočit podle potřeby                  |              |



Obr. 21) Planžetový nůž



## 6.2 Návrh řešení 2

Druhé řešení, které se nabízí, je použití motoru krokového místo servomotoru.

Další rozdíl je v typu vedení, které je založeno na principu kuličkového šroubu. Výhodou vedení pomocí kuličkového šroubu je takové, že jeho přesnost polohování je vyšší než u řemenového vedení. Planžetový nůž je potřeba mírně modifikovat jenom, co se týče délky, a to kvůli rozdílu rychlostí, kterých jsou motory schopny dosáhnout. Motor, který pohání jezdec na lineárním vedení, je krokový a dodáván firmou SMC. Obrázek lineárního kuličkového vedení s krokovým motorem je vidět níže.

Důležité parametry:

Maximální nosnost: 60 Kg

Maximální rychlost: 2500 mm/s

Přesnost polohování:  $\pm 0,02$  mm

Maximální zdvih: 2000 mm

Délka zdvihu: 660 mm [17]

**Výhody a nevýhody této varianty:**

+

Levnější motor

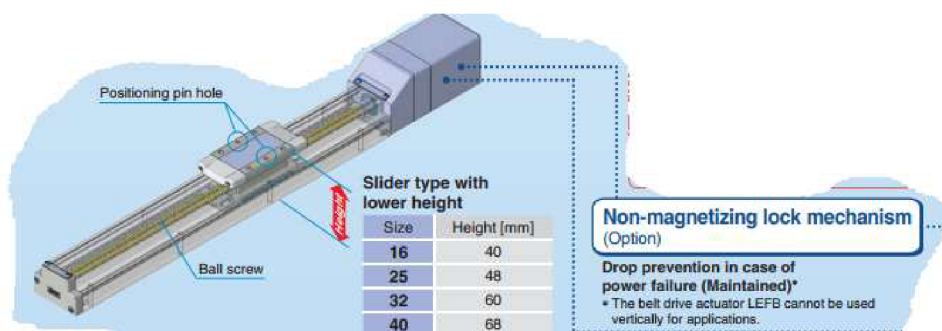
-

Zbytečně velká přesnost polohování

Nutnost dokoupení čidel polohy

Dražší typ lineárního vedení

Motor prodlužuje celkovou délku vedení



Obr. 22) Lineární vedení s kuličkovým šroubem a krokovým motorem [17]

## 7 VÝBĚR VARIANTY

Po dlouhé konzultaci ve firmě Komfi spol. s.r.o. je vybrána varianta číslo 1, tedy pohon pomocí servomotoru a lineárním řemenových vedením.

### 7.1 Výběr z technického hlediska

Tato varianta byla vybrána z hlediska konstrukce hlavně kvůli tomu, že se nemusí řešit, jak zajistit zpětnou vazbu o poloze nože. Servomotor je uzpůsobený k tomu, aby informaci o poloze získal sám, bez použití externích čidel. Lineární vedení je vybráno od firmy SMC, bylo vybíráno mezi vedením lineárním řemenovým a lineárním vedením s kuličkovým šroubem. Vedení s kuličkovým šroubem sice dokáže zajistit větší přesnost polohování, ale je dražší než varianta řemenového vedení. V mém případě není potřeba, tak dokonalá přesnost polohování, jako zajišťuje vedení s kuličkovým šroubem, proto je vybráno řemenové lineární vedení.

### 7.2 Výběr z ekonomického hlediska

Z ekonomického hlediska vychází cenově přijatelněji krokový motor, avšak po přičtení částky za čidla, která by se musela dokoupit, to cenově vyjde velice podobně. Proto je zvolen servomotor, který už má v sobě dané funkce zabudované, a tudíž se nebude muset řešit konstrukční problém ohledně ustavení čidel. Lineární vedení od firmy SMC cenově lépe vychází v provedení řemenovém než v provedení s kuličkovým šroubem. Proto je vybráno lineární řemenové vedení LEFB.

Níže jsou uvedeny cenové náklady na jednotlivé nakupované komponenty v separačním modulu.

Název	EUR(25,8Kč)	KČ
Lineární vedení LEFB25NZS-660	1085	27 993
HG-KN13J	154	3973,2
MER-J3ENCBL5M-A2-L- encoderkabel,5m	21	541,8
MR-PWS3CBL5M-A2-L- silový kabel,5m	39	1006,2
MR-J3CN1-konektor	10	258
Ropočet na dílce zhotovené v nástrojárně Komfi spol. s.r.o	500	12900
Celkem	2053	52 967,4

Tab. 1) Cenová kalkulace na Flying knife

### 7.3 Závěrečné hodnocení

Z konstrukčního hlediska, výběr varianty je plně vyhovující. Ekonomicky je cena nákladů na modifikaci modulu přijatelná. Další kapitoly jsou věnovány samotné konstrukci a výpočtu úhlu.

## 8 DETAILNÍ ROZBOR VYBRANÉ VARIANTY

### 8.1 Teoretický výpočet úhlu natočení

Nejdříve jsem stanovil výpočtem dobu, za jakou papír urazí dráhu 60 mm, což je délka nože při rychlosti 35 m/min:

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{60}{583,3} = 0,1028 \text{ s} \quad (1)$$

Poté jsem stanovil výpočtem dobu, za jakou nůž urazí dráhu 560 mm, která odpovídá šířce papíru:

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{560}{2000} = 0,28 \text{ s} \quad (2)$$

Při porovnání těchto dvou výsledků zjišťuji, že nůž nestihne urazit celou šířku papíru, protože papír urazí dráhu 60 mm (délka nože) přibližně 3x rychleji. Tudíž jsem nucen vedení natočit pod úhlem  $\alpha$ . Tento úhel jsem stanovil výpočtovou metodou pokus omyl, dokud jsem nedokázal stanovit úhel, pod kterým nůž dokáže urazit dráhu šířky papíru, aniž by mu místo přesahu dvou archů „ujelo“. První úhel, od kterého jsem začal, jsem stanovil výpočtem viz níže.

$$x_1 = t_2 * v_1 = 0,28 * 583,3 = 163 \text{ mm} \quad (3)$$

$$x_2 = x_1 - \text{délka nože} = 163 - 60 = 103 \text{ mm} \quad (4)$$

$$tg(\alpha) = \frac{x_2}{s_2} \rightarrow tg(\alpha) = \frac{103}{560} = 10^\circ 25' \quad (5)$$

$$y_1 = \sqrt{x_2^2 + s_2^2} = \sqrt{103^2 + 560^2} = 569,39 \text{ mm} \quad (6)$$

Po tomto výpočtu si znovu stanovím dobu, za jakou urazí papír dráhu  $x_1$ .

$$t_3 = \frac{x_1}{v_1} = \frac{163}{583,3} = 0,279 \text{ s} \quad (7)$$

Dále stanovím výpočtem dobu, za jakou nůž urazí vzdálenost  $y_1$ , což je délka natočeného lineárního vedení.

$$t_4 = \frac{y_1}{v_2} = \frac{569,39}{2000} = 0,284 \text{ s} \quad (8)$$

Při porovnání výsledků je vidět, že nůž nestihne přeříznout papír, protože  $t_4 > t_3$ , tudíž musím zvolit jiný úhel. Volím úhel  $\alpha_2 = 12^\circ$ .

$$tg(\alpha_2) = \frac{x_3}{s_2} \rightarrow x_3 = tg(\alpha_2) * s_2 = tg(12) * 560 = 119 \text{ mm} \quad (9)$$

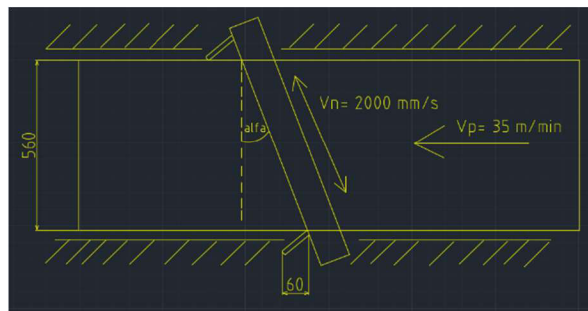
$$x_4 = x_3 + \text{délka nože} = 119 + 60 = 179 \text{ mm} \quad (10)$$

$$y_2 = \sqrt{x_3^2 + s_2^2} = \sqrt{119^2 + 560^2} = 572,5 \text{ mm} \quad (11)$$

$$t_5 = \frac{x_4}{v_1} = \frac{179}{583,3} = 0,306 \text{ s} \quad (12)$$

$$t_6 = \frac{y_2}{v_2} = \frac{572,5}{2000} = 0,286 \text{ s} \quad (13)$$

Při porovnání výsledků je vidět, že nůž stihne přeříznout papír, protože  $t_5 > t_6$ , tudíž je úhel zvolen správně. Stejný výpočet byl proveden i pro  $11^\circ$ , avšak časy se lišily jen v tisícinách. Pro zaručenou funkčnost je zvolen úhel větší. Ilustrační obrázek výpočtu je vidět níže.



Obr. 23) Nákres průběhu řezu s parametry

## 8.2 Reálný výpočet

V reálném výpočtu, který je zpracován ve spolupráci s firmou SMC, se úhel natočení lineárního vedení liší. Odchyłka vznikla kvůli tomu, že nebylo v teoretické výpočtu počítáno se zrychlením a zpomalením nože. Tento výpočet lze provést pouze se znalostí parametrů a koeficientů o zrychlení a zpomalení pojezdu, které zná pouze výrobce. Z tohoto důvodu je nutné použít program, který je pro takové výpočty uzpůsoben. Tento program není volně dostupný, proto jsem musel požádat o pomoc s výpočtem firmu SMC, která vlastní licenci tohoto programu. Firma SMC zadala moje základní hodnoty do výpočtového programu. Vypočtený výsledek a ilustrační obrázek výpočtu je vidět níže.

Čas  $t_7$  je reálný čas, za který dokáže lineární vedení urazit vzdálenost šířky papíru  $s_2$ . Tento reálný čas  $t_7$ , je získán z výpočtového softwaru.

$$t_7 = 0,456 \text{ s}$$

$$x_5 = t_7 * v_1 = 0,456 * 583,333 = 266 \text{ mm} \quad (14)$$

$$x_6 = x_5 - \text{délka nože} = 266 - 60 = 206 \text{ mm} \quad (15)$$

$$y_3 = \sqrt{x_6^2 + s_2^2} = \sqrt{206^2 + 560^2} \quad (16)$$

$$y_3 = \sqrt{42436 + 313600} \quad (17)$$

$$y_3 = \sqrt{356036} \quad (18)$$

$$y_3 = 596,69 \text{ mm} \rightarrow \text{volím } y_3 = 597 \text{ mm} \quad (19)$$

$$\text{tg}(\alpha_3) = \frac{x_6}{s_2} = \frac{206}{560} = 0,3678 \quad (20)$$

$$\alpha_3 = 20,1964^\circ \quad (21)$$

Výsledný úhel je stanoven výpočtem na hodnotu  $\alpha_3 = 20,1964^\circ$ , avšak pro zaručenou funkčnost je zvolen úhel  $\alpha_4 = 21^\circ$ . S tímto uhlem je pracováno v konstrukčním řešení.



Obr. 24) Výpočet

Podrobný náhled do výpočtového softwaru je vidět níže.


Language : English

Electric Actuator Model Selection Software

STEP

Classification Selection
Controller select
Condition Input
Product No. selection
Selection results

Selection results

Electric actuator+Driver number : LEFB25US6S-660[-][ ][C2][ ][ ]  
 Electric actuator number : LEFB25US6S-660  
 Driver type : LECSC2-S6

Condition Input

Operation Method : Line  
 Application : Transfer/Positioning  
 Mounting orientation : Ceiling  
 Stroke : 560 mm  
 Ambient temperature : 20 °C  
 Work load : 0.50 kg  
 Speed : 2000.0 mm/s  
 Duty ratio : 60 %  
 Operating time (A) : 60.0 s  
 Cycle time (B) : 100.0 s  
 Lx : 0 mm  
 Ly : 0 mm  
 Lz : 10 mm  
 Acceleration : 20000 mm/s<sup>2</sup>  
 Deceleration : 20000 mm/s<sup>2</sup>

Specifications

Motor layout : Bottom side parallel type  
 Motor type : AC servo motor (absolute encoder)  
 Guide type : Linear guide  
 Lead : 54 mm  
 Lost motion : 0.1 or less mm  
 Positioning repeatability : +/-0.06 mm  
 Mass : 3.81 kg  
 Encoder : Absolute 18bit encoder(resolution: 262144p/rev)  
 Power consumption : 29 W  
 Standby power consumption : 2 W  
 Immediate maximum power : 445 W

Cycle time



Traveling distance  mm [1~660]  
 Acceleration  mm/s<sup>2</sup> [1~20000]  
 Speed  mm/s [0.1~2000]  
 Deceleration  mm/s<sup>2</sup> [1~20000]  
 Settling time  With  Without

Acceleration timeT1 : 0,103 s  
 Constant speed timeT2 : 0,2 s  
 Deceleration timeT3 : 0,103 s  
 Settling timeT4 : 0,05 s  
 Cycle timeT : 0,456 s

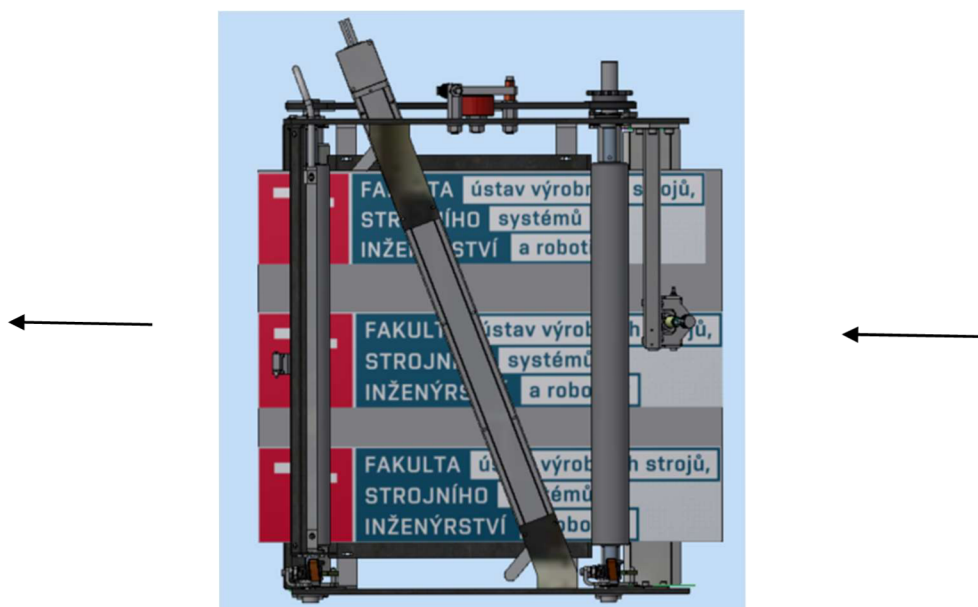
**⚠ Caution:**  
 The settling time varies due to conditions such as motor type, workload or step data specifying "In-Posn" positioning width. The settling time mentioned above is for reference only.

Obr. 25) Výpočet ve speciálním programu [14]

## 8.3 Řešení ostatních komponentů

### 8.3.1 Uložení vedení

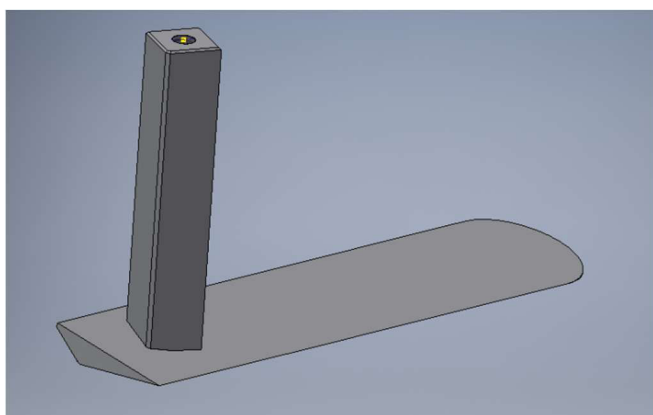
Lineární vedení spolu s létajícím nožem je připevněno k bočnicím takovým způsobem, aby byl úhel mezi vedením a bočnicí  $21^\circ$ . Lineární vedení má po celé délce k dispozici díry pro upínací šrouby, pomocí kterých se dá uchytit do rámu stroje. Pro toto uchycení jsou navrženy duralové eloxované desky, které jsou konstruovány tak, aby jednou stranou kopírovaly tvar lineárního vedení, a druhou stranou byly kolmé na bočnice. Spojení se provede pomocí dvou šroubů M6 a dvou válcových kolíků o průměru 5 mm a to na obou stranách. Pohled z vrchu na modul je vidět na obrázku níže. Nůž je na obrázku 2x pouze pro naznačení krajních poloh.



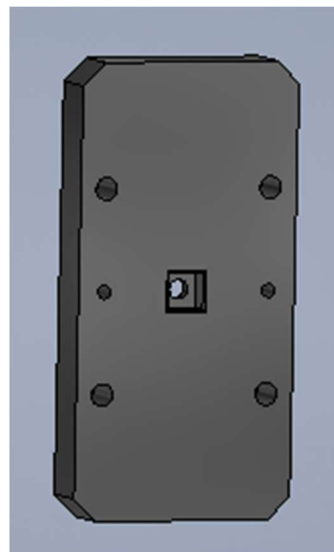
Obr. 26) Uložení lineárního vedení s řezným nástrojem

### 8.3.2 Řezná část

Jako nůž je použita planžeta, která je svařena s jejím držákem čtvercového průřezu pod úhlem  $60^\circ$  kvůli lepším podmínkám pro provedení řezu. Držák je uložen do upínky na vedení pomocí čtvercové díry a šroubu kvůli přesné poloze nože. Z důvodu možných výrobních nepřesností je nutné po smontování zkontrolovat výškovou polohu nože a archů papíru v místě přesahu. Model nože je vidět na obrázku a) a model upínky na vedení na obrázku b).



a)



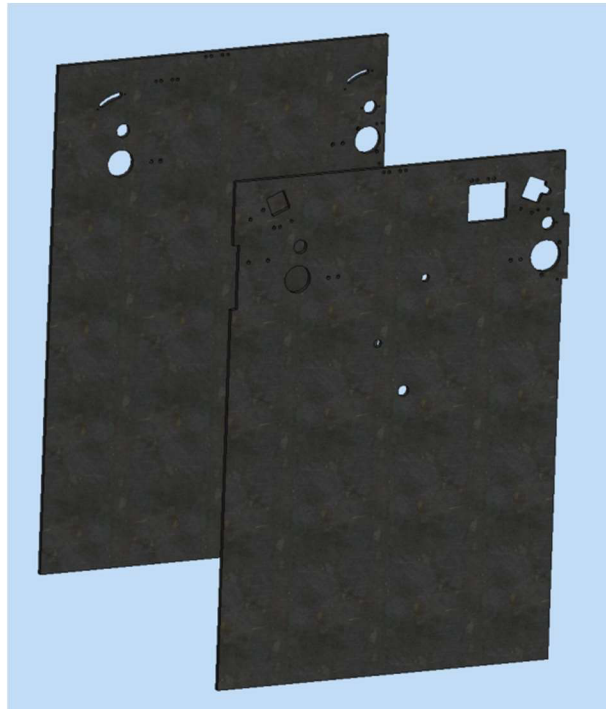
b)

Obr. 27) a) Řezný nůž s držákem

Obr. 28) b) Upínka sloužící ke spojení vedení a nože

### 8.3.3 Rám stroje

Rám stroje je zkonstruovaný pomocí dvou bočnic. Jejich materiál je zvolen 11 373. Vzhledem k tomu, aby se nemusel odebírat materiál z tloušťky polotovaru, je zvolen normalizovaný rozměr 8 mm. To umožní rychlejší výrobu. Díry, které jsou v bočnicích, a obvodové strany jsou vyřezány pomocí laseru. Model bočnic je vidět na obrázku níže.



Obr.29) Bočnice rámu stroje

### 8.3.4 Vana

Mezi bočnice je uchycena plechová vana. Tato vana slouží k zachycení spodního papíru po dokončení řezu. Na kraji je tvarovaná takovým způsobem, aby po ní odříznutý papír vyjel zpět mezi válce.



Obr. 30) vana

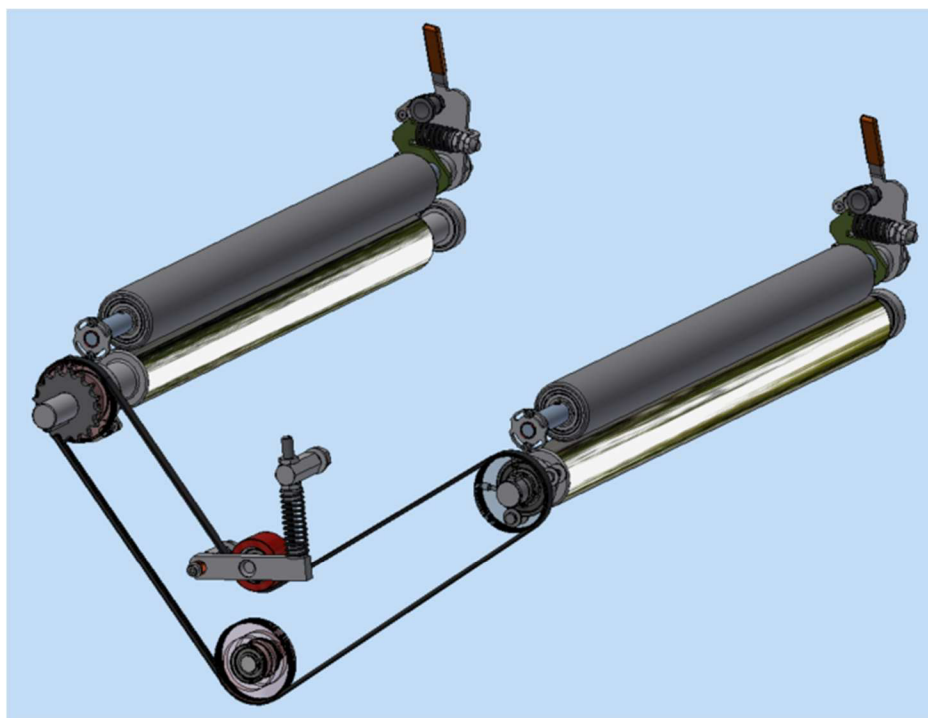


### 8.3.5 Válce

Válce, které jsou použity v tomto modulu, mají pogumovaný povrch kvůli tomu, aby byl povrch měkký a bylo dosaženo vyššího koeficientu tření. Válce se vyrábí ve firmě Komfi spol. s.r.o. interně, pogumování je však zajištěno firmou Bottcher.

Na začátku a na konci modulu jsou uloženy podávací válce. Přičemž válce, které dodávají papír do modulu, mají rychlost menší  $v_1$  než válce, které vyváží papír z modulu  $v_2$ . Rychlost  $v_1$  je rychlost laminace. Rozdílné rychlosti jsou nastaveny proto, aby byl papír napnut v momentu přeříznutí. Převodový poměr je tedy  $v_2/v_1 = i = 1,05$ .

Oba horní válce jsou uloženy v bočnici takovým způsobem, aby se dala seřizovat jejich výška. Ve firmě Komfi spol. s.r.o. je zkušenost taková, že po smontování základny stroje s bočnicemi nesedí polohy děr pro podávací válce. Kvůli tomuto problému je na jedné straně válce vyroben excentr s excentricitou maximálně 0,3mm, pomocí které je servisní technik schopný seřadit správnou polohu horního válce. Výška se tedy dá nastavit do vodorovné polohy dle potřeby, ale rovnoběžnost os nikoliv. Osy válců jsou vůči sobě mírně natočeny, ale vzhledem k excentricitě toto nezpůsobuje žádný problém při posunu papíru. Systém pohonu jednotlivých válců je firmou Komfi spol. s.r.o. vyráběn interně. Je řešen řemenovými převody, s výjimkou nakupovaného řemene od firmy Gufero. Tato sestava je převzata ze staršího modelu stroje. Model válcového systému je vidět na obrázku níže.



Obr. 31) Páry válců s rozháněcím systémem

### 8.3.6 Ionizační tyč

Ionizační tyč je umístěna na konci modulu. Ionizační tyč neboli antistatická tyč má za úkol vytvářet pole s ionizovaným vzduchem, které neutralizuje předměty nacházející se uvnitř pole a tím zabraňuje vzniku nežádoucího elektrostatického výboje. Tento prvek je nutno použít, protože je tu riziko vzniku výboje, který může vzniknout mezi laminovací fólií a strojem. Tento výboj by nám zapříčinil přichycení zalaminovaného papíru k rotujícím válcům. Dodavatel tohoto zařízení je firma Lontech. Model ionizační tyče je vidět na obrázku níže. [18]

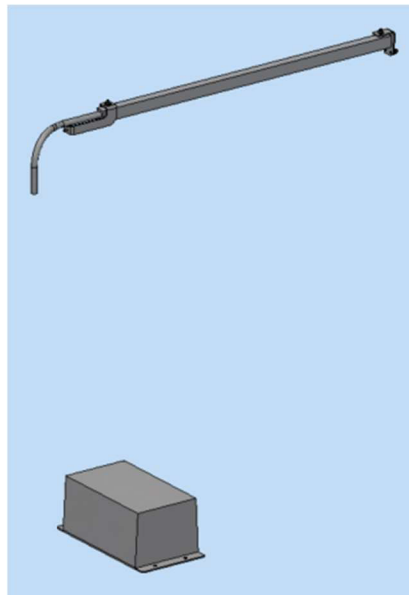
Parametry tyče:

typ -MEB

Efektivní délky- 515 mm

Délka tyče -585 mm

3m kovový ochranný vývod typ G [22]



Obr. 32) Ionizační tyč

### 8.3.7 Čidla

Na začátku modulu je umístěno čidlo, které pracuje na principu ultrazvuku. Toto čidlo slouží k přesné detekci přesahu archů papíru, v kterém má být proveden řez. Následně je předána informace hlavnímu řídicímu systémů, který spočítá, na základě rychlosti laminace, okamžik zahájení řezu. Obrázek modelu ultrazvukového čidla je vidět na obrázku a). Typ zvoleného čidla je UDC-18GM-400-3E3-Y235849. Dodavatel toho čidla je firma Pepperle-Fuchs. Tato sestava je převzata ze staršího modelu stroje. [19]

Na konci modulu je umístěno čidlo, které funguje na principu světelné brány, skládá se tedy ze dvou částí, které se na sebe „čelem“ dívají. Toto čidlo slouží pro kontrolu, zda byl arch papíru správně oddělen. Současně je kontrolováno, zdali následující arch papíru přijel ve správný čas. Je tedy poslední kontrolou před ukončením celého procesu laminace. Typ čidla, které je zde použito je E3Z-T81A 2M a je dodáváno firmou Omron. Tato sestava je převzata ze staršího modelu stroje. Obrázek modelu kontrolního čidla je vidět na obrázku b). [20]



a)

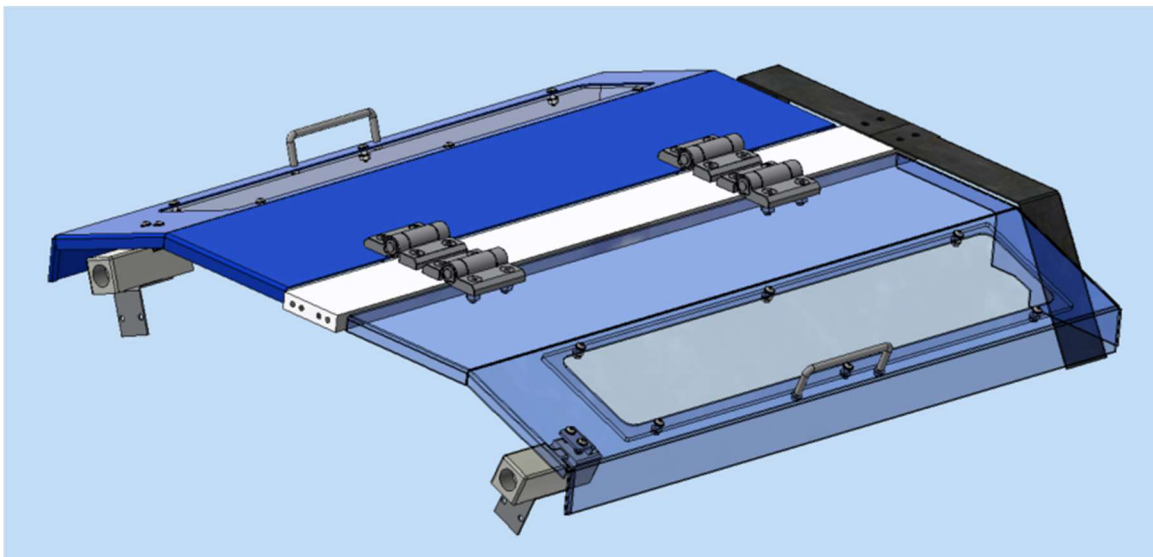
b)

Obr. 33) Ultrazvukové čidlo snímající místo řezu papíru

Obr. 34) Čidlo pro kontrolu správnosti řezu

### 8.3.8 Krytování

Krytování modulu je vyřešeno pomocí dvou symetrických, sklopných krytů, které jsou přidělané panty ke konzole. Konzola je chycena mezi bočnicemi stejně daleko od obou konců modulu. Hlavní funkce těchto krytů je zamezit přístupu k rotujícím válcům a létajícímu noži. Jsou vyrobeny z tvarovaných plechů s okny z polykarbonátu tloušťky 4 mm. Z důvodu bezpečnosti jsou navrženy takovým způsobem, aby se jejich otevřením celý stroj se zastavil. Opětovné spuštění stroje systém dovolí až po zavření všech krytů. Tato funkce je zajištěna bezpečnostním koncovým spínačem, kterým je každý kryt povinně vybaven. Bezpečnostní koncový spínač je napojen do centrálního bezpečnostního okruhu stroje. Jeho rozepnutím se stroj zastaví. Koncový spínač je dodáván firmou Rem-technik. Obrázek modelu kompletního krytu je vidět na obrázku níže. [21]



Obr. 35) Kryty modulu

## 9 POSTUP MONTÁŽE

Modul stroje je sestaven ze skupin a podskupin. Jednotlivé skupiny a podskupiny jsou konstruovány tak, aby bylo možné je samostatně smontovat a poté vložit jako celek do modulu.

Doporučený postup montáže je následující:

- jako první jsou ustaveny bočnice na rám stroje. (5AG-11000a)
- mezi bočnice je namontován dílec „konzola“ (5AG-11705)
- mezi bočnice je namontována podsestava „Přivážecí válce“ (5AF-10000a)
- mezi bočnice je namontována podsestava „Vyvážecí válce“ (5AF-10000b)
- mezi bočnice je namontována podsestava „Letmý nuž“. (5AG-13000)
- mezi bočnice je namontována podsestava „Ionizace“ (5AP-1250)
- na soustavy válců se namontuje podsestava „Rozháněcí soustava“ (5AG-13400)
- na vstupní část modulu je namontována podsestava „Ultrazvukové čidlo“ (5AH-1400b)
- na výstupní část modulu je namontována podsestava „Kontrola separace“ (5AG-12500)
- pod sestavu „Vyvážecí válce“ je namontována podsestava „Vana“ (5AG-13022)
- na modul je namontována podsestava „Kryt“ (5AG-11700)

## 10 ANALÝZA RIZIK

### MECHANICKÁ NEBEZPEČÍ

#### ZÁKLADNÍ DRUHY MECHANICKÉHO OHROŽENÍ

#### RIZIKO STLAČENÍ

##### a) Posuv jezdce létajícího nože na lineárním vedení

- mezi bočnicí a jezdcem

Riziko je eliminováno ochranným odklopným krytem s blokováním.

##### b) Tažné válce

- mezi styčnými plochami vrchních a spodních tažných válců

Riziko je eliminováno ochranným odklopným krytem s blokováním.

Riziko je eliminováno v návodu k používání.

##### c) Trhací válce

- mezi styčnými plochami vrchních a spodních trhacích válců

Riziko je eliminováno ochranným odklopným krytem s blokováním.

Riziko je eliminováno v návodu k používání.

##### d) Řetězové pohony

- pohon prvního tažného válce
- mezi řetězovými koly a řetězy

Riziko je eliminováno pevným ochranným krytem (šroubovaný).

##### e) Řemenové pohony

- pohon mezi prvním a druhým tažným válcem
- mezi řemenicemi a řemenem.

Riziko eliminováno přišroubovaným ochranným krytem.

#### RIZIKO STŘIHU

##### Ochranný plexisklový pohyblivý kryt trhacího zařízení s blokováním

- mezi ochranným plexisklovým pohyblivým krytem s blokováním trhacího zařízení a bočnicemi stroje

Riziko je eliminováno pozorností obsluhy.

## **RIZIKO POŘEZÁNÍ NEBO UŘÍZNUTÍ**

### **a) Létající nůž**

- O ostří létajícího nože

Riziko je eliminováno pozorností obsluhy.

Riziko je eliminováno ochranným odklopným krytem s blokováním.

### **b) Plechová vana**

- o vrchní hranu plechové vany

Riziko je eliminováno pozorností obsluhy.

Riziko je eliminováno ochranným odklopným krytem s blokováním.

### **c) Výstupní plech před vykládacím stolem a plexisklem výstupu**

- čelní hrana výstupního plechu a čelní hrana plexiskla

Riziko je eliminováno pozorností obsluhy.

Riziko je eliminováno sraženou hranou v celé délce z obou stran.

## **RIZIKO NAVINUTÍ**

### **a) Řetězové pohony**

- pohon prvního tažného válce

Na riziko je upozorněno v návodu k používání.

Riziko je eliminováno pevným ochranným krytem- platí pro pracovníky údržby.

### **b) Řemenový převod**

- pohon mezi prvním a druhým tažným válcem

Riziko je eliminováno pevným ochranným krytem- platí pro pracovníky údržby.

## **RIZIKO VTAŽENÍ NEBO ZACHYCENÍ**

### **a) Tažné válce**

- styčná plocha mezi vrchním a spodním tlačným válcem

Riziko je eliminováno ochranným pohyblivým krytem s blokováním.

Na riziko je upozorněno v návodu k používání.

Riziko je eliminováno pozorností obsluhy.

### **b) Řetězové pohony**

- pohon prvního tažného válce

- mezi řetězovými koly a řetězy

Riziko je eliminováno pevným ochranným krytem (šroubovaný).

### **c) Řemenový pohon**

- pohon mezi prvním a druhým tažným válcem

- mezi řemenicemi a řemenem

Riziko je eliminováno přišroubovaným ochranným krytem.

## **RIZIKO NARAŽENÍ**

### **Mechanismus pák ovládání tažných válců**

-při prudkém pohybu ovládací páky vpřed a vzad

Riziko je eliminováno pozorností obsluhy.

Na riziko je upozorněno v návodu k používání.

## **RIZIKO BODNUTÍ NEBO PROPÍCHNUTÍ**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

## **RIZIKO TŘENÍ NEBO ODŘENÍ**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

## **RIZIKO VÝRONU VYSOKOTLAKÉ TEKUTINY**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

## **MECHANICKÁ RIZIKA ZPŮSOBENÁ STROJNÍMI SOUČÁSTMI A ZPRACOVÁVANÝMI PŘEDMĚTY**

### **Tvarem**

- všechny hrany krytů a součástí přicházející do styku s obsluhou a údržbou.

Riziko je eliminováno předepsaným sražením hran na výkrese podle norem a dodržováním pokynů uvedených v návodu k používání.

### **Vzájemnou polohou**

U krytů je zajištěno stabilní krajní polohou.

### **Hmotností a stabilitou**

- při nesprávné manipulaci se strojem

### **Hmotností a rychlostí**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

### **Zrychlením**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

### **Mechanickou pevností**

U důležitých mechanických částí je návrh podložen výpočtem.

### **Akumulací potenciální energie**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.



## **RIZIKO UKLOUZNUTÍ, ZAKOPNUTÍ A PÁDU STROJE**

### **Riziko zakopnutí**

-o rám modulu

Riziko je eliminováno pozorností obsluhy.

### **Riziko uklouznutí a pádu**

Výrobce stroje nemůže ovlivnit, provedení podlahy pracoviště je zcela v kompetenci uživatele.

Na riziko je upozorněno v návodu k používání.

Riziko je eliminováno pozorností obsluhy.

## **ELEKTRICKÉ NEBEZPEČÍ**

### **DOTYKEM OSOB**

#### **Živými částmi pod napětím**

Možnost přímého dotyku obsluhy se na daném modulu stroje nevyskytuje.

#### **Nepřímý dotyk**

Na daném stroji je eliminován provedením elektrického zařízení stroje podle EN 60204-1

### **PŘIBLÍŽENÍM OSOB K ŽIVÝM ČÁSTEM ZVLÁŠTĚ K VYSOKÉMU NAPĚTÍ**

Vysoké napětí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

### **NEVHODNOU IZOLACÍ PRO PŘEDVÍDATELNÉ PODMÍNKY**

Na daném modulu stroje se nevyskytuje.

### **ELEKTROSTATICKÉ JEVY**

Elektrostatický náboj vzniká průchodem papíru mezi válci. Elektrostatický náboj nedosahuje takových hodnot, které by byly pro obsluhu rizikové.

### **TEPELNÉ ZÁŘENÍ**

Teplo vznikající v rozvaděči, nemá vliv na správnou činnost elektrického zařízení.

## **TEPELNÉ NEBEZPEČÍ**

### **Popálení**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

### **Opaření**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

### **Poškození zdraví**

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

## **NEBEZPEČÍ VYTVÁŘENÁ HLUKEM**

Bez nebezpečí rizika poškození zdraví hlukem -viz protokol o měření.

## **NEBEZPEČÍ VYTVÁŘENÁ VIBRACEMI**

Doba expozice pro obsluhu je krátkodobá. Jedná se o provoz daného stroje s občasnou kontrolou. Vibrace nedosahují hodnot, které by byly pro obsluhu rizikové.

## **NEBEZPEČÍ VYTVÁŘENÁ ZÁŘENÍM**

Elektronická zařízení musí odpovídat vyzařování a odolnosti v kategorii prostředí 1 (obytné prostory, lehký průmysl). Odolnost, vyzařování a odrušení stroje.

## **NEBEZPEČÍ VYTVÁŘENÁ MATERIÁLY A LÁTKAMI**

- inhalace plynů nebo toxické účinky

Toto nebezpečí se na daném modulu stroje nevyskytuje.

## **NEBEZPEČÍ ZANEDBÁNÍM ERGONOMICKÝCH ZÁSAD PŘI KONSTRUOVÁNÍ STROJNÍCH ZAŘÍZENÍ**

Zanedbání ergonomických zásad u tohoto modulu stroje není.

## **KOMBINACE RIZIKOVÝCH FAKTORŮ**

Na daném modulu stroje se nevyskytuje.

## **NEBEZPEČÍ SPOJENÁ S PROSTŘEDÍM, VE KTERÉM JE STROJ POUŽÍVÁN**

Výrobek je za podmínek správné instalace, použití a údržby pro určený účel bezpečný.

## **VÝBUŠNÉ PROSTŘEDÍ**

Modul stroj není navržen pro práci v prašném a výbušném prostředí.

## 11 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Ve spolupráci s firemním konzultantem bylo rozhodnuto použít variantu, která se skládá z lineárního řemenového vedení a servomotoru. Toto řešení splňuje všechny požadavky na zadaný problém.

Z konstrukčního hlediska, co se týče uložení na stroji, je více vhodné použít servomotor. Je snaha o to, aby motor co nejméně prodloužil vedení po spojení s ním. Tento požadavek je stanoven kvůli tomu, aby motor s vedením zbytečně nevyčníval daleko z bočnice modulu stroje. Servomotor je spojen s vedením kolmo, zatímco krokový motor zpřímá a prodlužuje celkové spojení. Oba motory se dají namontovat na lineární vedení ve 4 polohách natočených po 90°. U krokového motoru to výraznou výhodou nepřináší, ale u servomotoru ano, protože může být natočen na stranu, kde bude nejméně vadit dalším komponentům.

Z technického hlediska je vybrána varianta servomotoru hlavně kvůli tomu, že se nemusí řešit, jak zajistit zpětnou vazbu o poloze nože. Servomotor je uzpůsoben k tomu, aby informaci o své poloze natočení získal sám bez použití externích čidel. Zatímco u krokového motoru je nutné externí čidla použít. Přesnost polohy jezdce, které je řemenové vedení schopné dosáhnout, není tak velká jako přesnost polohy jezdce u lineárního vedení s kuličkovým šroubem. Řemenový pohon byl vybrán, protože není potřeba dosahovat tak velkých přesností polohy, jako zajišťuje kuličkový šroub.

Po ekonomické stránce je finančně výhodnější varianta s krokovým motorem, avšak po nacenění potřebných čidel polohy a upínek na jejich montáž je cenově servomotor podobný. Je vybrán servomotor kvůli snadnější realizaci a programování. Lineární vedení je vybráno v provedení řemenovém, protože po zhodnocení ostatních parametrů je dostačující a také je cenově přijatelnější než lineární vedení s kuličkovým šroubem.

Náklady na modul s vybranou variantu jsou sepsány v tabulce níže.

Název sestavy	EUR (25,8Kč)	KČ
Bočnice modulu	340	8772
Zavážecí válce	550	14 190
Vyvážecí válce	550	14 150
Rozvodný systém	310	7998
Flying knife	2053	52 967,4
Ionizační systém	580	14 964
Spodní vana	230	5934
Ultrazvukové čidlo	640	16 512
Krytování	465	11997
Kryt vyvážecích válců s čidlem	85	2193
<b>Celkem</b>	<b>5803 EUR</b>	<b>149 717,4 Kč</b>

Tab. 2) Cenová kalkulace modulu separace

## 12 ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce je vyřešení problému týkajícího se navržení nového konstrukčního řešení separačního modulu, jako komponenty polygrafického stroje Delta 52 model 2018, vyráběného ve společnosti Komfi spol. s.r.o.. Tento modul musí být schopný separovat zalaminované archy papíru za současného posuvu papíru, který může dosáhnout rychlostí až 35 m/min. Řez musí být proveden přesně v přehybu papíru a musí být rovný.

Zadaný problém je v této bakalářské práci vyřešen a je dosaženo všech požadavků od strany zadavatele. Řešení je realizováno pomocí natočeného lineárního řemenového vedení pod úhlem. Kvůli uhlu bylo nutné značně prodloužit modul. Nový modul je dlouhý 610 mm. Navrhl jsem zakrytování modulu podle bezpečnostních norem. Snaha byla také o pěkný design, jehož je dosaženo. Krytování boků modulu bude navrženo až po dokončení montáže celého stroje. Rozpočet na výrobu modulu, bez hodin konstruktéra, byl stanoven na částku 160 0000 Kč. Tento rozpočet není plně vyčerpán, což je bezpochyby pro firmu Komfi spol. s.r.o. velkým pozitivem. Výroba nového modulu je vyčíslena na částku 149 717,4 Kč.

Součástí této bakalářské práce je také výkresová dokumentace nových dílců a sestav, které nebyly použity ve starém modelu stroje. V podstatě jsou to všechno ocelové dílce, kromě soustav válců a rozvodového systému. Sestavy a dílce převzaté ze starého modelu jsou ve výkresové dokumentaci značeny „Slouží pro informaci“. Kompletní výkresová dokumentace je tedy vyhotovena. V tuto chvíli se čeká na dokončení výroby ostatních modulů stroje. Separační modul bude vyroben jako poslední kvůli tomu, že není tak náročný na odlaďování jako ostatní moduly. Po skončení výroby bude modul smontován a poté podroben zkušebním testům.

Do budoucna je plánováno navržení stroje, který bude uzpůsoben k častým změnám rychlosti posuvu papíru. Proto bude výhodné navrhnout adaptivní separační modul, kde bude možné měnit úhel natočení pomocí dalšího servomotoru. Tato varianta bude značně cenově nákladnější a konstrukčně složitější. Ve stroji Delta 52 model 2018 je však plně dostačující varianta řešená v této bakalářské práci. Navrnutí adaptivního modulu se budu věnovat následující rok.

## 13 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Citace zdrojů

- [1] Komfi historie. *Komfi s* [online]. Lanškroun: Komfi spol. s.r.o., 2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.komfi.cz/historie>
- [2] Komfi produkty. *Komfi* [online]. Lanškroun: Komfi spol. s.r.o., 2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.komfi.cz/produkty/laminovaci-stroje>
- [3] Pobočka Komfi. *Komfi* [online]. Lanškroun: Komfi spol. s.r.o., 2018 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://www.komfi.cz/komfi-cz>
- [4] Stroj Delta 52. *Komfi* [online]. Lanškroun: Komfi spol. s.r.o., 2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.komfi.cz/produkty/delta-52>
- [5] Stroj Spotmatic. *Komfi* [online]. Lanškroun: Komfi spol. s.r.o., 2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.komfi.cz/produkty/spotmatic-54>
- [6] Stroj imiJET Be 70. *Komfi* [online]. Lanškroun: Komfi spol. s.r.o., 2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.komfi.cz/produkty/imijet-be-70>
- [7] KAPLANOVÁ, CSC., prof. RNDr. Marie. *Moderní technologie v polygrafii*. Pardubice, 2007. Dostupné také z: Toho času není online
- [8] Stroj Junior 36. *Komfi* [online]. Lanškroun: Komfi spol. s.r.o., 2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.komfi.cz/produkty/junior-36>
- [9] Příklad laminace za tepla. *Diskety* [online]. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: [http://www.diskety.info/fotky7537/fotos/gen320/gen\\_vyr\\_1270148611F01.jpg](http://www.diskety.info/fotky7537/fotos/gen320/gen_vyr_1270148611F01.jpg)
- [10] Laminace za sucha. *Velkoobchodplus* [online]. Praha 5, Jinonice, Butovická 592/35 PSČ 158 00: velkoobchodplus, 2016 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: [https://www.velkoobchodplus.cz/userdata/shopimg/velkoobchodplus/-\\_vnxrhb-vnvr\\_\\_11051.jpg](https://www.velkoobchodplus.cz/userdata/shopimg/velkoobchodplus/-_vnxrhb-vnvr__11051.jpg)
- [11] Laminace za mokra. *Synergieuropegroup* [online]. Via Curoni, 10 26832 Galgagnano (LO) - Italy: Synergieuropegroup, 2017 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: [www.synergieuropegroup.com/index.php/en/laminating/water-base/performance-140](http://www.synergieuropegroup.com/index.php/en/laminating/water-base/performance-140)
- [12] Laminovací fólie. *Conrad* [online]. Wernberg, Germany: Conrad, 2014 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <https://www.conrad.com/ce/en/product/328792/Roll-laminating-film-GBC-305-mm-x-150-m-425-micron-glossy-2-pcs>
- [13] *Separáční metody firmy Komfi*. Offline. Lanškroun, 2017. Dostupné také z: Toho času není online
- [14] Lineární vedení LEFB. *SMC* [online]. Vyškov: SMC, 2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: [https://www.smc.eu/portal\\_ssl/WebContent/digital\\_catalog\\_2/jsp/view\\_product\\_configurator.jsp?dc\\_product\\_id=133905&lang=cs&ctry=CZ](https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=133905&lang=cs&ctry=CZ)
- [15] Lineární vedení LEFB. *SMCUSA* [online]. SMCUSA, 2017 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <https://www.smcusa.com/products/LEFB-Electric-Actuator-Slider-Type-Belt-Drive~125682>
- [16] *Servomotor HK-KN13J* [online]. 1. Japan: Mitsubishi electric, 2013 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: [http://www.accs.cz/Files/FA/SERVO/MR\\_JE\\_catalogue.pdf](http://www.accs.cz/Files/FA/SERVO/MR_JE_catalogue.pdf)
- [17] Lineární vedení LEFS. *SMC* [online]. Vyškov: SMC, 2017 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: [https://content2.smcetech.com/pdf/LEF-E\\_EU.pdf](https://content2.smcetech.com/pdf/LEF-E_EU.pdf)
- [18] Ionizace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017, 11.12.2017 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ionizace>

**[19]** Ultrazvukové čidlo. *Pepperl-fuchs* [online]. Praha: pepperl-fuchs, 2018 [cit. 2018-03-10].

Dostupné z: [https://www.pepperl-](https://www.pepperl-fuchs.com/czech_republic/cs/classid_188.htm?view=productdetails&prodid=50759)

[fuchs.com/czech\\_republic/cs/classid\\_188.htm?view=productdetails&prodid=50759](https://www.pepperl-fuchs.com/czech_republic/cs/classid_188.htm?view=productdetails&prodid=50759)

**[20]** Kontrolní čidlo. *IA.Omron* [online]. Praha: Omron, 2017 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z:

<https://www.ia.omron.com/product/item/760/>

**[21]** Bezpečnostní dveřní spínač. *REM-Technik* [online]. Brno: REM-Technik, 2017 [cit. 2018-02-26].

Dostupné z: [https://www.rem-technik.cz/files/fck\\_userfiles/file/REMinfo-bezpecnost-2012.pdf](https://www.rem-technik.cz/files/fck_userfiles/file/REMinfo-bezpecnost-2012.pdf)

**[22]** Ionizační tyč. *Lontech* [online]. Lauterbach, Germany: Lontech, 2017 [cit. 2018-03-10].

Dostupné z: <https://www.lontech.cz/files/ahlbrandt/ahlbrandt-classic-corona.pdf>

## 14 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### 14.1 Seznam tabulek

TAB. 1) CENOVÁ KALKULACE NA FLYING KNIFE .....	34
TAB. 2) CENOVÁ KALKULACE MODULU SEPARACE .....	51

### 14.2 Seznam obrázků

OBR. 1) POBOČKA KOMFI V LANŠKROUNĚ [3] .....	16
OBR. 2) STROJ DELTA 52 [4] .....	17
OBR. 3) LAKOVACÍ STROJ SPOTMATIC [5] .....	17
OBR. 4) STROJ PRO TISK KNIŽNÍHO BLOKU IMIJET [6] .....	17
OBR. 5) LAMINOVACÍ STROJ JUNIOR [8] .....	18
OBR. 6) PŘÍKLAD LAMINACE ZA TEPLA [9] .....	19
OBR. 7) A) LAMINACE ZA SUCHA [10] .....	20
OBR. 8) B) LAMINACE ZA MOKRA [11] .....	20
OBR. 9) ROLE LAMINOVACÍ FÓLIE [12] .....	22
OBR. 10) RÁM SLOŽENÝ Z MODULŮ .....	23
OBR. 11) A) TRHACÍ MODUL V ŘEZU [13] .....	24
OBR. 12) B) TRHACÍ MODUL ZEPŘEDU [13] .....	24
OBR. 13) B) FLYING KNIFE FOTO MODELU [13] .....	25
OBR. 14) METODA HORKÉHO NOŽE [13] .....	26
OBR. 15) STÁVAJÍCÍ SEPARAČNÍ MODUL AMIGA 52 [13] .....	27
OBR. 16) A) PŘESAHA PAPÍRŮ .....	28
OBR. 17) B) PRŮBĚH ŘEZU .....	28
OBR. 18) NÁKRES ROZDÍLU ŘEŠENÍ .....	29
OBR. 19) LINEÁRNÍ VEDENÍ S MOTOREM [15] .....	30
OBR. 20) SERVOMOTOR [16] .....	31
OBR. 21) PLANŽETOVÝ NŮŽ .....	32
OBR. 22) LINEÁRNÍ VEDENÍ S KULIČKOVÝM ŠROUBEM A KROKOVÝM MOTOREM [17] .....	33
OBR. 23) NÁKRES PRŮBĚHU ŘEZU S PARAMETRY .....	36
OBR. 24) VÝPOČET .....	36
OBR. 25) VÝPOČET VE SPECIÁLNÍM PROGRAMU [14] .....	37
OBR. 26) ULOŽENÍ LINEÁRNÍHO VEDENÍ S ŘEZNÝM S NÁSTROJEM .....	38

<b>OBR. 27) A) ŘEZNÝ NŮŽ S DRŽÁKEM.....</b>	<b>39</b>
<b>OBR. 28) B) UPÍNKA SLOUŽÍCÍ KE SPOJENÍ VEDENÍ A NOŽE.....</b>	<b>39</b>
<b>OBR. 29) BOČNICE RÁMU STROJE .....</b>	<b>40</b>
<b>OBR. 30) VANA.....</b>	<b>40</b>
<b>OBR. 31) PÁRY VÁLCŮ S ROZHÁNĚCÍM SYSTÉMEM .....</b>	<b>41</b>
<b>OBR. 32) IONIZAČNÍ TYČ .....</b>	<b>42</b>
<b>OBR. 33) ULTRAZVUKOVÉ ČIDLO SNÍMAJÍCÍ MÍSTO ŘEZU PAPIRU .....</b>	<b>43</b>
<b>OBR. 34) ČIDLO PRO KONTROLU SPRÁVNOSTI ŘEZU.....</b>	<b>43</b>
<b>OBR. 35) KRYTY MODULU.....</b>	<b>44</b>
<b>OBR. 36) 5AG-10000-MODUL SEPARACE.....</b>	<b>57</b>

### 14.3 Seznam symbolů

$\alpha$	prvotní vypočtený úhel	[°]
$\alpha_2$	výsledný úhel v teoretickém výpočtu	[°]
$\alpha_3$	vypočtený úhel v reálném výpočtu	[°]
$\alpha_4$	výsledný zvolený úhel v reálném výpočtu	[°]
$s_1$	délka nože	[mm]
$s_2$	šířka papíru	[mm]
$t_1$	čas dosažení papíru vzdálenosti $s_1$ při rychlosti $v_1$	[s]
$t_2$	čas dosažení jezdce vzdálenosti $s_2$ při rychlosti $v_2$	[s]
$t_3$	čas dosažení papíru vzdálenosti $x_1$ při rychlosti $v_1$	[s]
$t_4$	čas dosažení jezdce vzdálenosti $y_1$ při rychlosti $v_2$	[s]
$t_5$	čas dosažení papíru vzdálenosti $x_4$ při rychlosti $v_1$	[s]
$t_6$	čas dosažení jezdce vzdálenosti $y_2$ při rychlosti $v_2$	[s]
$t_7$	reálný čas dosažení vzdálenosti šířky papíru $s_2$ jezdce	[s]
$v_1$	požadovaná rychlost papíru ze zadání úkolu	[m/min]
$v_2$	rychlost posuvu jezdce na vedení dle katalogu	[m/min]
$x_1$	prvotní délka ramena při úhlu $\alpha$	[mm]
$x_2$	délka ramene $x_1$ při úhlu $\alpha$ -délka nože	[mm]
$x_3$	délka ramene při úhlu $\alpha_2$	[mm]
$x_4$	délka ramene při úhlu $\alpha_2$ +délka nože	[mm]
$x_5$	délka ramene při reálném času přejezdu jezdce za $t_7$	[mm]
$x_6$	délka ramene $x_5$ při úhlu $\alpha_3$ -délka nože	[mm]
$y_1$	vzdálenost kterou ujede nůž teoreticky při úhlu $\alpha$	[mm]
$y_2$	vzdálenost kterou ujede nůž teoreticky při úhlu $\alpha_2$	[mm]
$y_3$	vzdálenost kterou ujede nůž teoreticky při úhlu $\alpha_3$	[mm]



## 15 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: 5AG-10000 Modul separace

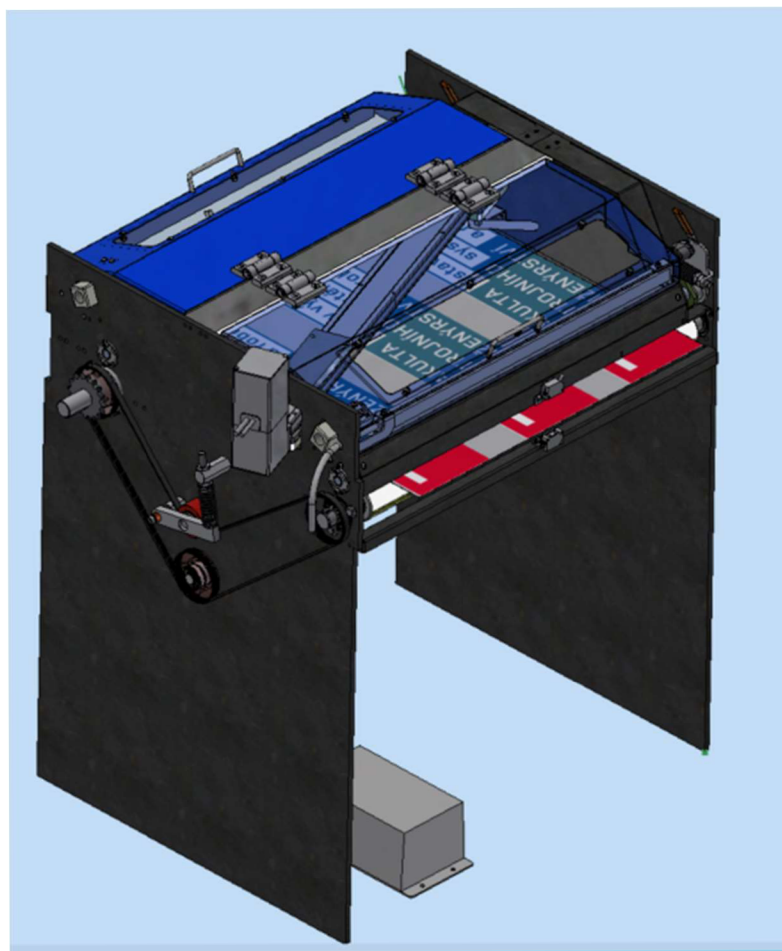
Příloha č.2: CD

Příloha č.3: Výkresová dokumentace – nové dílce-v druhých deskách

Příloha č.4: Výkresová dokumentace – převzaté dílce- v druhých deskách

## PŘÍLOHY

### 15.1 Příloha č.1: 5AG-10000 Modul separace



Obr. 36) 5AG-10000-Modul separace