



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

NÁVRH ŘEZACÍ JEDNOTKY DESIGN OF CUTTING UNIT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL JELÍNEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAN BRANDEJS, CSc.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pavel Jelínek

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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

Návrh řezací jednotky

v anglickém jazyce:

Design of cutting unit

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh nové řezací jednotky pro řezání folie s plně drážkovanou hřídelí s motorickým pohonem a odsáváním oříznutých okrajů. Návrh upevnění suportu pro odsávání, úpravu tvaru hubice a návrh synchronizovaného pohonu.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Konceptní řešení
5. Konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkres sestavení

Typ práce: konstrukční; Účel práce: vzdělávání

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2015.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G.: Konstruování strojních součástí. Překlad 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015. V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

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

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

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o konstrukčním řešení řezacího válce, včetně návrhu jeho pohonu a odsávacího systému pro flexotiskový stroj Premia společnosti Soma spol. s r.o.. První část pojednává o technologii flexotisku a obecně o dané problematice ořezu a odsávání materiálu. Další část se zabývá optimalizací těchto systémů, včetně výsledného konstrukčního návrhu. Hlavním výstupem práce jsou výkresy sestavení uvedené v přílohách.

KLÍČOVÁ SLOVA

Flexotisk, řezací jednotka

ABSTRACT

This thesis deals with a structural design of a cutting roller including a proposal for its drive and exhaust system of the flexography machine Premia produced by Soma spol. s r.o. company. The first part discusses the technology of flexography and about the issue of cropping and extraction of material in general. Another part discusses the optimization of these systems, including the final engineering design. The main outcome of this thesis are drawings of assemblies listed in the annexes.

KEY WORDS

Flexography, cutting unit

Bibliografická citace:

JELÍNEK, P. *Návrh řezací jednotky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 43 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Brandejs, CSc..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Návrh řezací jednotky vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jana Brandejse, CSc. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne:

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych rád poděkoval doc. Ing. Janu Brandejsovi, CSc. za odborné rady a připomínky k vypracování bakalářské práce. Dále pak Ing. Radku Minářovi za konstrukční připomínky a poskytnuté informace týkající se dané problematiky.

OBSAH

ÚVOD	10
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	12
1.1 Flexotiskové stroje Soma Flex	13
1.2 Řešení problematiky ve společnosti Soma spol. s r.o.	15
1.2.1 Řezání materiálu	15
1.2.2 Pohon řezacího válce	16
1.2.3 Odsávání odřezků	17
2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	18
2.1 Analýza problému	18
2.1.1 Řezací válec	18
2.1.2 Žiletky	18
2.1.3 Odsávání	19
2.2 Stanovení cílů bakalářské práce	20
2.3 Technické specifikace	20
2.4 Návrh přístupu k řešení cíle bakalářské práce	20
3 NÁVRH KONCEPČNÍCH ŘEŠENÍ	21
3.1 Návrh pohonu	21
3.1.1 Výběr motoru	21
3.1.2 Spojení pohonu s řezacím válcem	21
3.2 Konstrukce řezacího válce	22
3.2.1 Varianta řezacího válce: A	22
3.2.2 Varianta řezacího válce: B	22
3.2.3 Připojení pohonu, varianta A	23
3.2.4 Připojení pohonu, varianta B	24
3.3 Uložení pohonu	25
3.3.1 Uložení pohonu, varianta A	25
3.3.2 Uložení pohonu, varianta B	25
3.4 Úprava odsávání	26
3.5 Výsledná koncepční řešení	27
4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	28
4.1 Řezací válec	28
4.1.1 Vlastní tělo válce	28
4.2 Pohon válce	29
4.2.1 Kinematika	29
4.2.2 Dynamika	31
4.2.3 Výběr příslušného servomotoru	32
4.2.4 Výběr řemene	33
4.3 Odsávací systém	35
4.3.1 Odsávací hubice	35
4.3.2 Spojovací hadice	36
4.3.3 Odsávací potrubí	37
5 DISKUSE	38
6 ZÁVĚR	39
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	41

8.1 Seznam zkratk	41
8.1 Seznam symbolů a veličin	41
9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	42
10 SEZNAM PŘÍLOH	43

ÚVOD

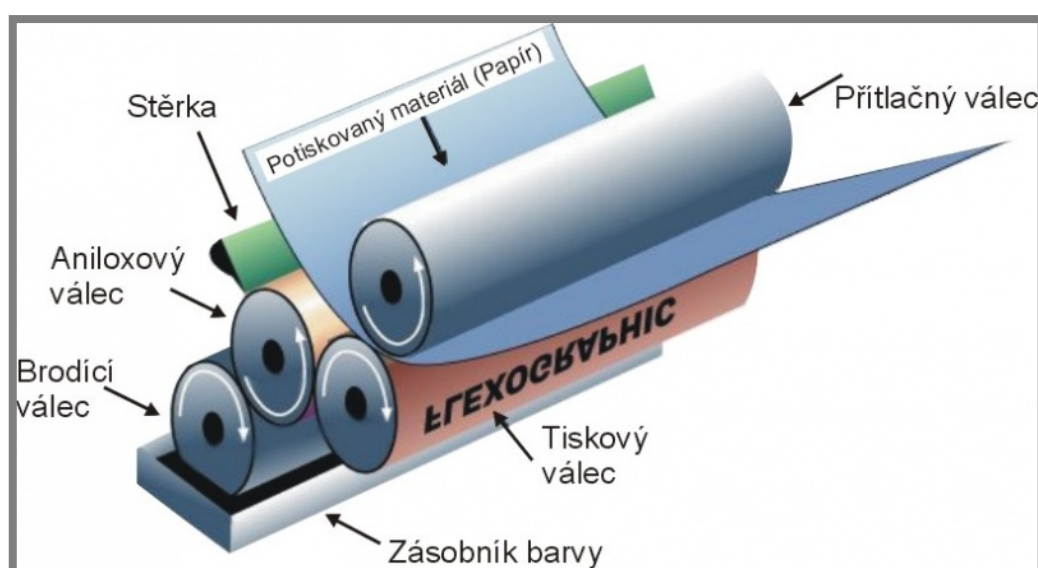
V dnešní době má zejména potravinářský průmysl velmi vysokou spotřebu obalového materiálu. Tyto obalové materiály jsou také často opatřeny různými potisky, či nápisy. Z tohoto důvodu existuje v dnešní době na trhu vysoká poptávka po potiskových strojích uspokojujících požadavky zákazníků, jako jsou vysoká rychlost tisku, široké spektrum potiskových materiálů, pestrá barevná škála a samozřejmě také vysoká kvalita tisku. V průběhu doby se ukázala jako optimální varianta splňující tyto požadavky technologie flexotisku. Umožňuje kontinuální velkoobjemovou produkci potisknutého materiálu ve vynikající kvalitě s rozumnými provozními náklady. Výstupním produktem těchto strojů bývají většinou široké role potisknutého materiálu s větším množstvím finálních potisků umístěných vedle sebe. Za účelem oddělení jednotlivých potisků se používají nejdříve podélné a následně příčné řezačky. Účelem této bakalářské práce byla optimalizace a úprava takovéto řezací jednotky, umístěné přímo na flexotiskovém stroji společnosti Soma spol. s r.o., sloužící k ořezu nepotisknutých okrajů potiskového materiálu.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1.1 Flexotiskové stroje Soma Flex

Flexotisk, nebo také flexografie, je technika tisku z výšky, určená k potiskování velkých formátů měkkých materiálů, jako jsou fólie, lepenky a kartóny [1].

Tiskovou formu tvoří pružný štoček ze silikonu (Obr. 1-4), který se navléká na tiskový válec (sleeve). Kresba je na tyto štočky přenesena způsobem CTP gravírování, pomocí laseru, který dokáže vytvořit velmi jemný rastr. Na tyto štočky se nanáší barvy pomocí tzv. rastrového válce, většinou s keramickým povrchem rozděleným pravidelnými transportními buňkami různého půdorysu a průřezu. Štoček s nanesenou barvou pak pomocí tlaku přenáší potisk na tiskový materiál [1].



Obr. 1-1 Znárodnění principu flexotisku [2]

Na obr. 1-1 je znázorněn výše popsaný princip flexotisku. Barva je přenášena přes brodicí válec na rastrový (aniloxový) válec a odtud na tiskový válec. Tlak na materiál je vyvíjen přítlačným válcem. Nanášení barvy je u strojů Soma zajištěno pomocí tzv. raklové komory, která dávkuje barvu přímo na rastrový válec.

Stroje Soma Flex jsou využívány pro potisk rolí papíru, folie a laminátů. Vybaveny jsou počítačem řízeným polohováním barevníků (Obr. 1-2), kterých je 8-10, a jedním hlavním centrálním válcem, který slouží jako přítlačný válec pro všechny barevníky. Šíře potiskového materiálu může být konkrétně u stroje Premia (Obr. 1-3) v rozmezí 350 – 1320 mm [3].



Obr. 1-2 Pohled na tiskovou část stroje Premia



Obr. 1-3 Celkový pohled na stroj Premia [3]

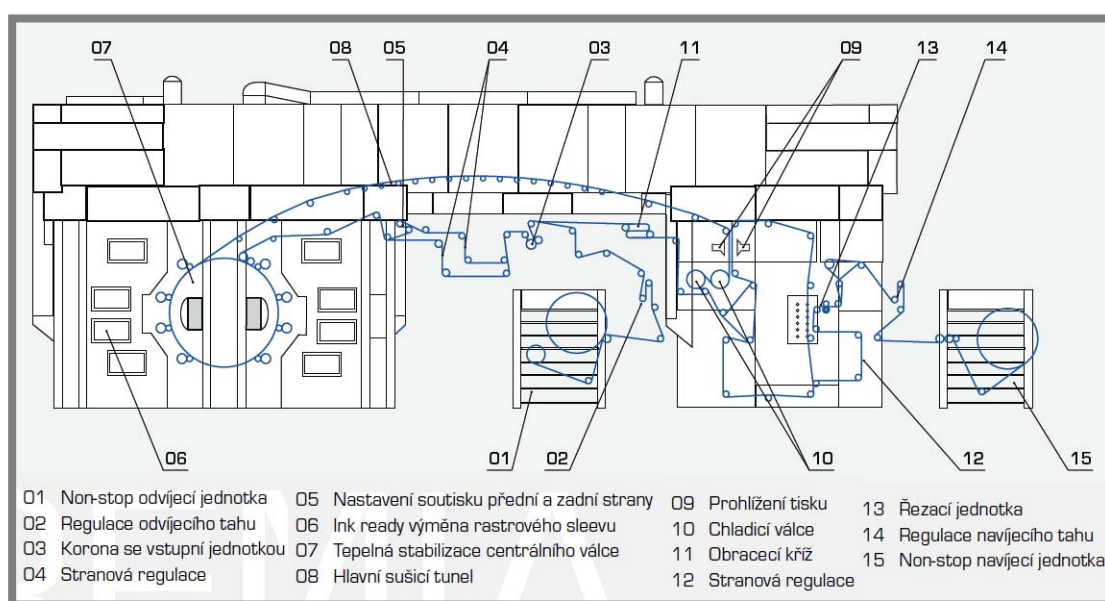


Obr. 1-4 Silikonové štočky na tiskových válcích.

1.2 Řešení problematiky ve společnosti Soma spol. s r.o.

1.2.1 Řezání materiálu

Materiál je nutné po provedení potisku nejprve vysušit, což se provádí pomocí horkého vzduchu v sušící sekci a následně zchladit. Poté putuje soustavou vodících válců a dalších jednotek k navíjecí jednotce, kde se finální materiál navíjí na roli. Těsně před navíjecí jednotkou je umístěna řezací jednotka (na Obr. 1-5 znázorněna na 13. pozici), která slouží k podélnému odřezávání okrajů materiálu. Společnost Soma spol. s r.o. nabízí samostatné řezací stroje určené k podélnému řezání finálního materiálu, proto patří řezací jednotky flexotiskových strojů pouze mezi doplňkovou výbavu.

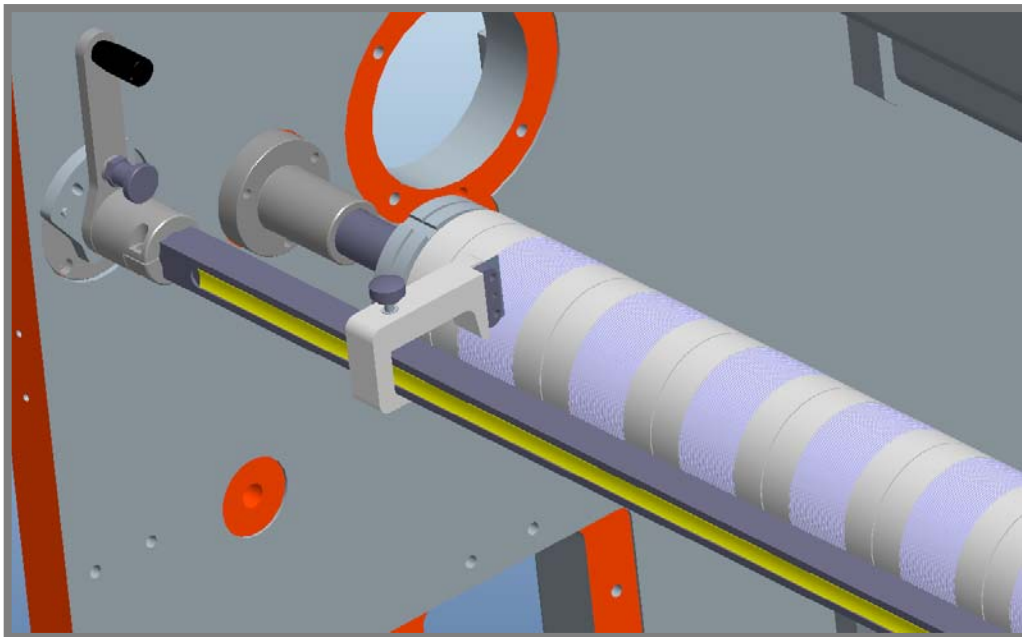


Obr. 1-5 Schématické znázornění průchodu materiálu strojem Premia [3]

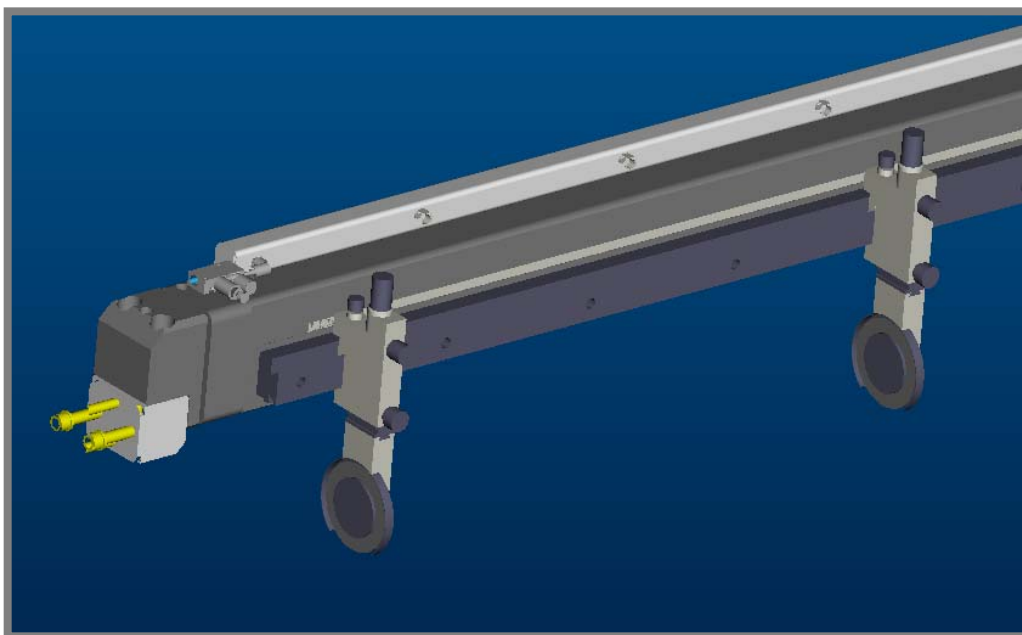
Řezací jednotky se nabízejí ve dvou variantách provedení, a to jako žiletkové nebo kotoučové.

Žiletkové řezání probíhá vsunutím žiletky připevněné k příčnicku do pohybujícího se materiálu. Žiletky se po příčnicku mohou libovolně přesunovat, čímž je možno docílit správného nastavení ořezu okraje. Vlastní řez pak probíhá mezi žiletkou a drážkou v jednotlivých drážkovaných segmentech řezacího válce (Obr. 1-6), který je umístěn naproti žiletce. Po určitém pracovním čase však musejí být žiletky otočeny, popř. vyměněny za nové, v důsledku opotřebení ostří.

V případě kotoučového řezání jsou místo žiletek použity rotující řezací kotouče s automatickým zasunováním do materiálu (Obr. 1-7). Tento systém má výhodu ve vyšší trvanlivosti kotoučů oproti žiletkám. Umožňuje také řezání silnějších fólií, či papíru.



Obr. 1-6 Původní soustava řezacího válce pro žiletkové řezání



Obr. 1-7 Řezací kotouče kotoučového řezání

1.2.2 Pohon řezacího válce

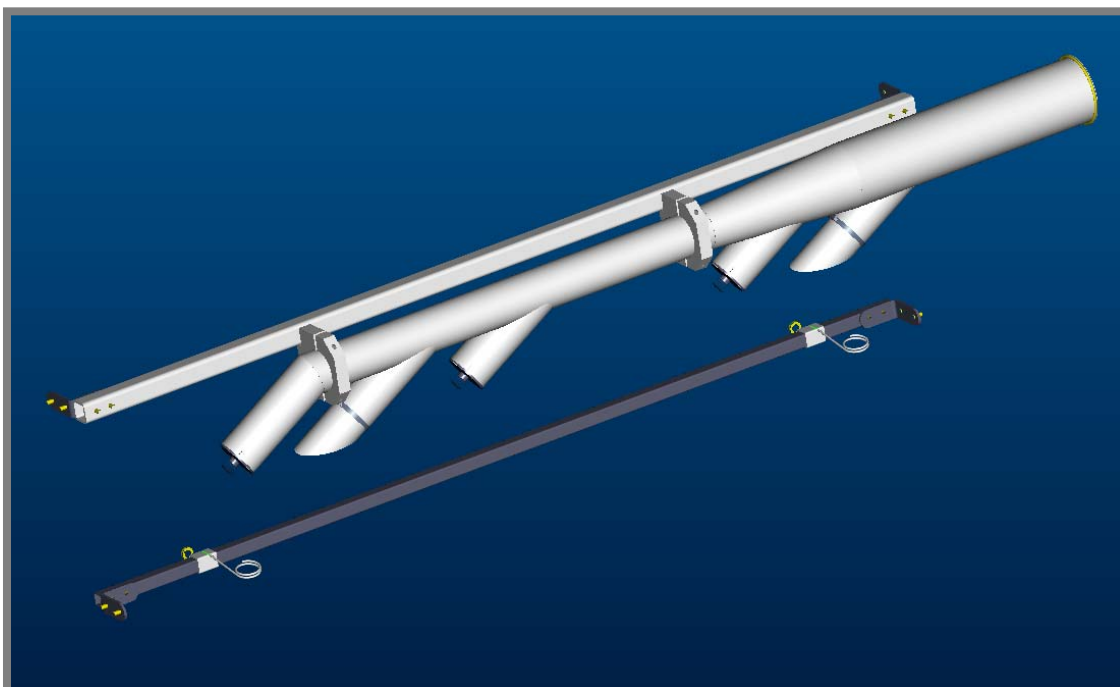
Stávající řešení pohonu řezacího válce je založeno na odvalování tohoto válce spolu s pohybujícím se materiálem. Tento válec tudíž není poháněn zvláštním pohonem. Pro zajištění odvalování válce je zvětšena adheze mezi válcem a materiálem použitím gumových segmentů, umístěných střídavě mezi segmenty drážkovanými. Kvůli těmto gumovým segmentům však vznikají oblasti, kde není řezání možné, v důsledku absence drážek nutných pro řezání.

1.2.3 Odsávání odřezků

Při ořezu okrajů vzniká velké množství odpadu, v podobě pruhů materiálu o šířce cca 10-30 mm. Tento odpadní materiál je nutné odvést mimo stroj do příslušných odpadních kontejnerů. Stroje společnosti Soma spol. s r.o. jsou za tímto účelem vybaveny systémem odsávání odpadního materiálu (Obr. 1-8).

K tomuto účelu jsou za řezací jednotkou umístěna posuvná očka, a potrubí odsávacího systému. Odřezek je veden skrz očko do ústí odsávacího potrubí, kde je proudem vzduchu transportován k odpadnímu kontejneru. Odsávací potrubí je pevné a posuvná očka slouží pouze k vedení materiálu potřebným směrem v závislosti na šíři aktuálně používaného materiálu.

Potřebný podtlak v odsávacím systému je vyvozován za použití ejektoru.



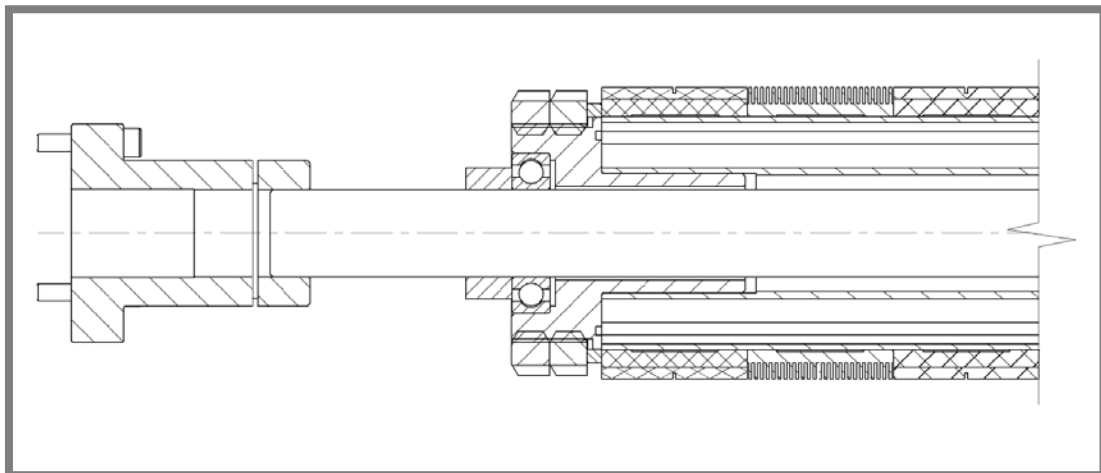
Obr. 1-8 Původní soustava odsávání odřezků

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

2.1 Analýza problému

2.1.1 Řezací válec

Ve stávajícím řešení je základem řezacího válce hliníkový válcový profil, na jehož obou koncích jsou nalisovány dva čepy. V těchto čepích jsou nalisována ložiska, která jsou uložena na hlavní nepohyblivé tyči připevněné mezi bočnicemi stroje. Na hliníkový profil jsou potom navlékány gumové a drážkované segmenty. Tyto segmenty jsou pak zajištěny z obou stran dotažením KM matic, umístěných na postranních čepích. Tímto dotažením je také zabráněno případnému protáčení segmentů vůči hliníkovému válci. Použití gumových segmentů je nutné, jak již bylo popsáno, kvůli zvětšení adheze mezi materiálem. Drážkované segmenty pak slouží jako opora pro materiál řezaný žiletkou, která vstupuje do dané drážky. Na obr. 2-1 je náčrt původního řešení.



Obr. 2-1 Původní soustava řezacího válce

Pro zajištění možnosti řezání v libovolné poloze vůči řezacímu válci bude nutné použití celodrážkovaného válce, tj. bez gumových segmentů. Kvůli tomu bude také za potřebí použití zvláštního pohonu. Tímto bude také možno docílit požadovaného rychlého zastavení válce i z vysokých rychlostí. Pohonná jednotka pak také musí obsahovat zpětnou vazbu v podobě měření otáček, nutnou pro synchronizaci pohonu s pohybem materiálu, resp. s ostatními poháněnými válci.

2.1.2 Žiletky

Vlastní řezání materiálu pak provádí příslušná žiletka umístěná na přilehlém příčnicku. Žiletky mohou být na příčnick libovolně vkládány a přesouvány. Pro potřeby přesného nastavení jejich polohy je příčnick vybaven také metrickou stupnicí. Zahájení řezání se provádí přesunutím ovládací páky do příslušné polohy, což má za následek vsunutí žiletek do řezaného materiálu. Při vsouvání žiletek do materiálu je

nutné zkontrolovat, zdali žiletka vstupuje do drážky ve válci, v jiném případě by mohlo dojít k jejímu poškození.

Tento systém žiletek je již v praxi ověřený a pro splnění zadaných požadavků na možnost řezání v libovolné poloze dostačující, tj. nebude třeba jej upravovat.

Dle požadavků zadavatele nebylo dále uvažováno s použitím systému kotoučového řezání. Další návrhy proto budou uvažovat pouze použití žiletek.

2.1.3 Odsávání

2.1.3

Oříznutý materiál je vhodné odvést z pracovního prostoru stroje co nejbližší od místa oříznutí. Odsávací hubice je proto nutné umístit v blízkosti řezacího válce. Pro odřezky je také vhodné, aby byly před vstupem do hubice opásané kolem některého z vodících válců, což omezuje jejich třepotání. Odsávání je také nutné provádět v libovolné poloze vůči šíři aktuálně řezaného materiálu. Původní řešení obsahuje drátová očka, přesuvná na pomocném příčnicku, nimiž jsou přímo provlečeny odřezky, které dále vstupují do odsávacího potrubí umístěného výše. (Obr. 1-8). Při zahájení řezání je proto nutné začátek odřezku ručně provléci očkem a dále ho přivést k odsávacímu potrubí kde dojde k jeho nasátí. Odsávací potrubí je vybaveno čtyřmi vstupy, přičemž je využit vstup, který je blíže aktuální pozici odřezků v závislosti na šířce materiálu. Nevyužité vstupy se zaslepují plastovými ucpávkami. Tento způsob je však z hlediska odsluhy náročný, kvůli špatné přístupnosti ve stroji.

Pro snadnější obsluhu odsávacího systému, bude tedy vhodné navrhnout nové pohyblivé odsávací hubice, které budou přímo nasávat odříznutý materiál. Tímto odpadne nutnost použití vodících oček a také nutnost zaslepování nevyužitých vstupů do odsávacího potrubí.

Pro volný průchod materiálu potrubím, je nutné eliminovat ostré hrany v celém potrubním systému. Nejkritičtější místem je vstup do potrubí, tudíž se jeví jako vhodné použití hubice se zaoblenými hranami. Hadice a potrubí je také nutné navrhnout bez zbytečně ostrých hran a ohybů.

2.2 Stanovení cílů bakalářské práce

Cíle práce vycházejí z požadavků společnosti Soma spol. s r.o.

- 1) Konstrukce celodrážkovaného řezacího válce, umožňujícího řezání v libovolné poloze
- 2) Návrh odpovídajícího pohonu řezacího válce, s ohledem na požadavky zadané v technických specifikacích.
- 3) Návrh úpravy tvaru hubice a suportu, s ohledem na rozměrové dispozice ve stroji.

2.3 Technické specifikace

Konstrukce bude vycházet z následujících požadovaných parametrů zadavatele.

- vnější průměr řezacího válce	$D = 100 \text{ mm}$
- maximální obvodová rychlost řezacího válce	$v = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- doba rozběhu (zastavení)	$\Delta t = 4 \text{ s}$
- vzdálenost mezi bočnicemi stroje	$l = 1784 \text{ mm}$
- minimální šíře materiálu	$b_{\min} = 350 \text{ mm}$
- maximální šíře materiálu	$b_{\max} = 1320 \text{ mm}$
- maximální šíře odřezku	$o_{\max} = 30 \text{ mm}$
- provozní teplota	15 až 30 °C

2.4 Návrh přístupu k řešení cíle bakalářské práce

Navrhovaná řešení budou prováděna dle požadavků zadavatelské společnosti a budou se řídit jejími zvyklostmi a potřebami. Preferovaná bude také nákladnost a obtížnost výroby, či použití původních, již vyráběných dílů. Daná řešení budou konzultována s vedoucím bakalářské práce doc. Ing. Janem Brandejsem, CSc. a s konstruktéry a technologi společnosti.

Konstrukce bude probíhat za použití konstrukčních softwarů ProEngineer 4. Náčrtky budou kresleny pomocí programu AutoCad 2014.

Výrobní dokumentace bude provedena ve zvyklostech společnosti Soma spol. s r.o. pomocí softwaru ProEngineer 4. Oproti platným normovaným výkresům se dokumenty ve společnosti Soma spol. s r.o. liší např. těmito rozdíly:

- Drsnost povrchu se značí staršími značkami
- U kót se používají plné šipky
- Je povoleno kótování skrytých hran
- Pro označení pozic výkresů sestavení se používají kruhové značky

Soma spol. s r.o. nepoužívá klasické seznamy položek k výkresům sestavení, proto budou vytvořeny na základě šablony Ústavu konstruování.

3 NÁVRH KONCEPČNÍCH ŘEŠENÍ

3

3.1 Návrh pohonu

3.1

3.1.1 Výběr motoru

3.1.1

Použitý pohon by měl splňovat požadavky na možnost přesné regulace otáček, jejich zpětné vazby řídicímu systému a parametry splňující požadované hodnoty na dobu rozběhu a zastavení. V rámci možností je také požadováno použití ve společnosti prověřené značky Lenze.

Po průzkumu trhu a odborné konzultaci bylo rozhodnuto o použití synchronního servomotoru Lenze řady MCS (Obr. 3-1).

Tyto servomotory mají vysokou přesnost, malý objem instalace, vysokou přetížitelnost a jsou vybaveny integrovaným resolverem, tj. zpětnou vazbou [4]. Tento typ servomotorů je společností Soma spol. s r.o. již využíván s kladnými zkušenostmi.



Obr. 3-1 Obrázek servomotoru Lenze řady MCS [4]

Bylo také zvažováno použití asynchronního elektromotoru s frekvenčním měničem. Po konzultaci s odborníky společnosti Soma, bylo od této varianty upuštěno, z důvodu srovnatelné ceny oproti použití servomotoru, ovšem horším vlastnostem tohoto typu pohonu.

3.1.2 Spojení pohonu s řezacím válcem

3.1.2

Pro připojení servomotoru k řezacímu válci bylo zvoleno použití pružného kruhového řemene. Tyto řemeny splňují potřebné parametry a v podobných aplikacích jsou na stroji již využívány. Jejich chod je také tichý a účinnost je až 98%. Externí firma pak zajišťuje svařování řemenů v libovolné délce [5].

Z hlediska synchronizace pohonu je důležitá pouze relativní rychlost mezi válcem a odvíjejícím se materiálem. Pro tento účel proto není zapotřebí použití ozubeného řemene, či jiného synchronizovaného převodu.

Dále bude nutné vyrobení příslušných řemenic, jak na pohonné tak poháněné straně, podle parametrů výrobce řemene.

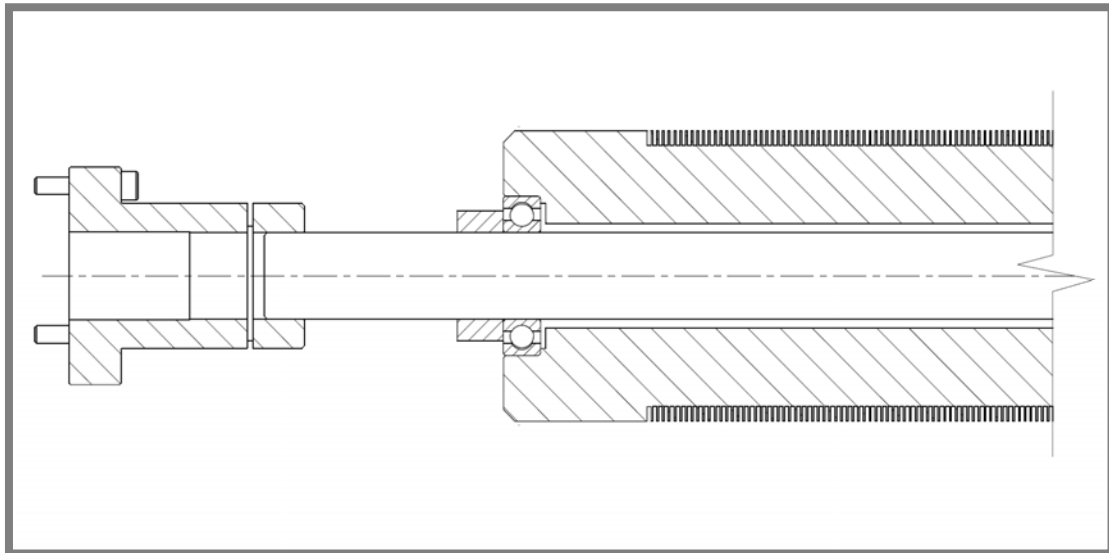
3.2 Konstrukce řezacího válce

Konstrukce řezacího válce musí splňovat požadavek na umístění odpovídajících drážek v celé šíři použitelných rozměrů materiálu. Ohled je také nutné brát na možnost a jednoduchost demontování válce ze stroje pro potřeby případného servisu nebo kontroly. Preferováno je také použití již vyráběných dílů.

3.2.1 Varianta řezacího válce: A

Požadavek na drážkování v celé šíři válce, lze uspokojit použitím dlouhého celistvého válce s vysoustruženými drážkami po celé jeho délce. Ložiska jsou v případě tohoto řešení zalisována přímo do válce a umístěna na nepohyblivé tyči mezi bočnicemi (Obr. 3-2).

Takovéto řešení je po konstrukční stránce jednoduché s minimem použitých součástí. Z hlediska technologie výroby je však náročné v nutnosti obrábění velmi dlouhého dílu a absencí nutného polotovaru na trhu. Další nevýhodou je pak nutnost výměny celého válce, v případě poškození pouze některé z jeho částí.



Obr. 3-2 Varianta celistvého drážkovaného válce

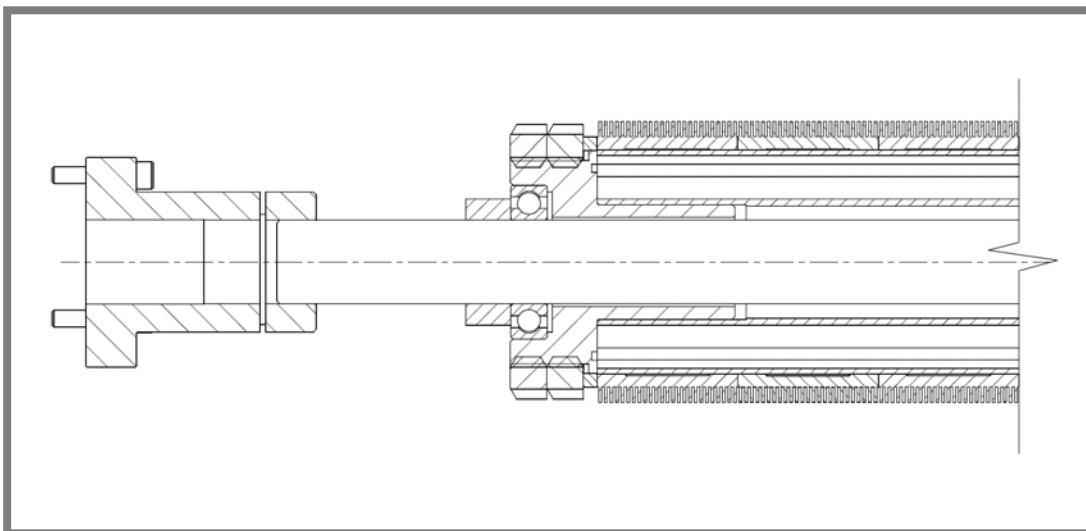
Po konzultaci s technologem a konstruktérem byla tato varianta zamítnuta.

3.2.2 Varianta řezacího válce: B

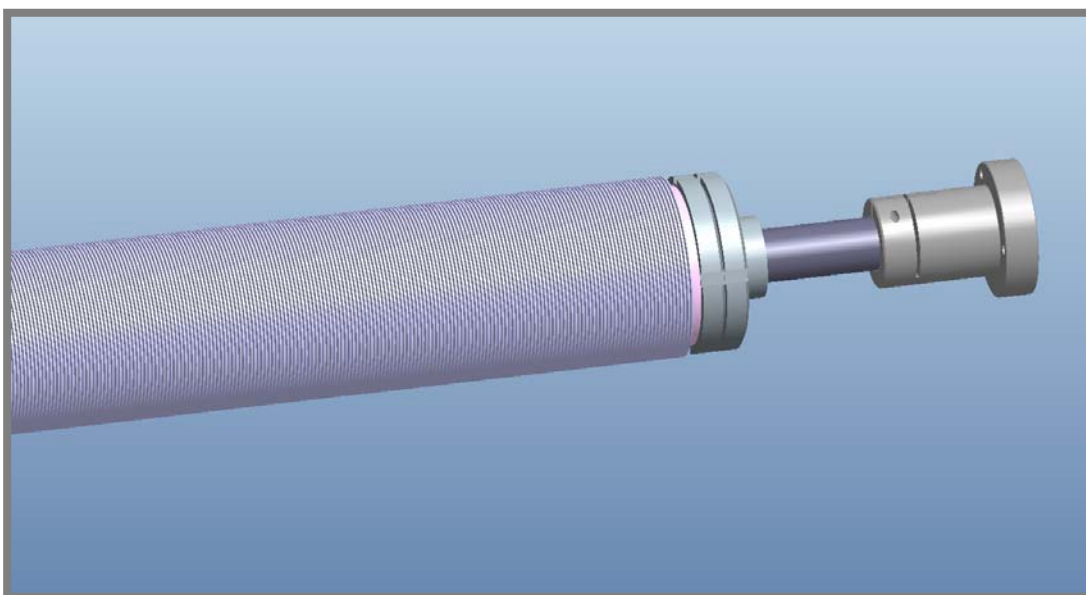
Další variantou je zachování koncepce s centrálním válcovým profilem s nalisovanými čepy opatřenými ložisky. Drážkované prstence s přesnou vnitřní dírou jsou navlečeny na válcovém profilu a tvoří jednotnou drážkovanou plochu válce (Obr. 3-3, 3-4).

Tato varianta je výhodná jednak v možnosti výměny jednotlivých segmentů v případě poškození a také v možnosti použití některých původních dílů. Zvětšení šíře jednotlivých segmentů, a tím snížení jejich počtu na válci, bylo technologem

zamítnuto, z důvodu náročného obrábění drážek, které mají velikou hloubku a malou šířku. Proto bylo upřednostněno ponechání stávajících rozměrů.



Obr. 3-3 Varianta řezacího válce s drážkovanými segmenty



Obr. 3-4 Model varianty řezacího válce s drážkovanými segmenty

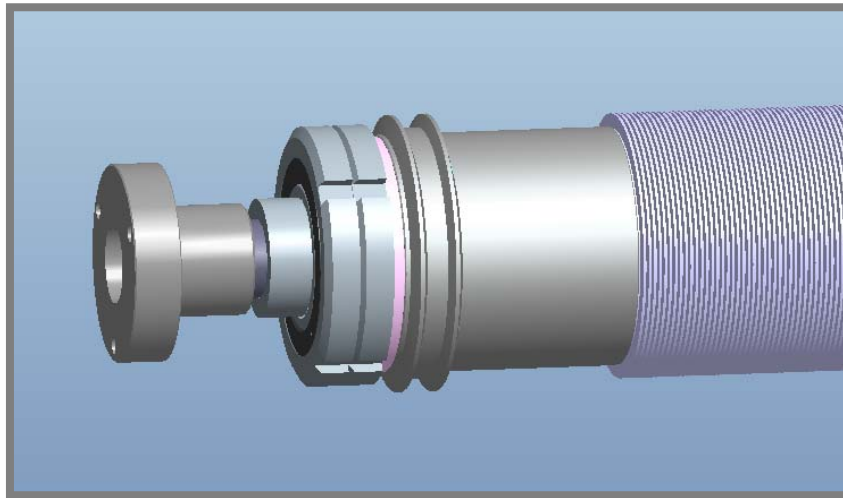
3.2.3 Připojení pohonu, varianta A

3.2.3

Kvůli nedostatku místa za bočnicemi stroje bylo zvoleno umístění pohonu mimo osu válce s použitím hnacího řemene.

Prvotní návrh pohonu válce, spočívá v použití válcového řemenicového segmentu, zařazeného mezi segmenty drážkované, se zachováním sevření daných segmentů na válci prostřednictvím KM matic (Obr. 3-5). Tato varianta nabízí velice jednoduché řešení s minimálními konstrukčními úpravami na sestavě řezacího válce. V průběhu konstrukce však vyvstal požadavek na co nejbližší uložení řemene vůči bočnici stroje. V důsledku nutnosti použití KM matic na konci válce se však

řemenice o jejich tloušťku od bočnice oddaluje. V důsledku toho bylo rozhodnuto o návrhu jiného řešení. Dalším problémem by také mohlo být případné protočení řemenicového segmentu, při vysoké akceleraci resp. deceleraci.

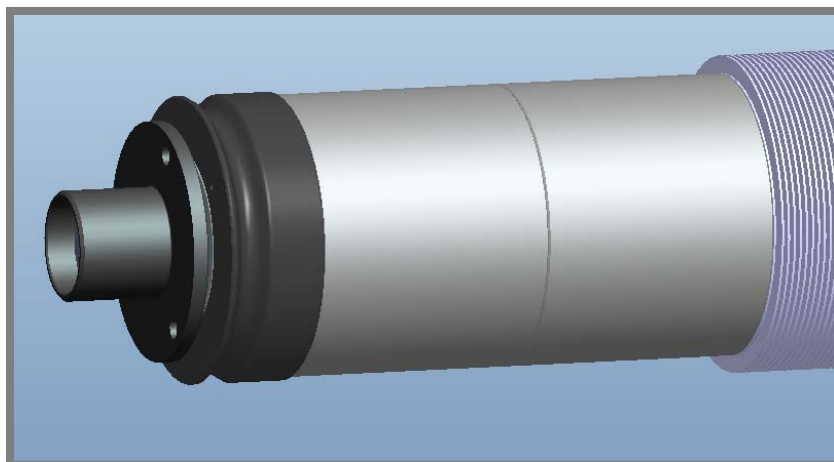


Obr. 3-5 Model řemenice jako samostatného segmentu

3.2.4 Připojení pohonu, varianta B

Požadavek na přiblížení řemene bočnici stroje je uspokojen včleněním drážky řemenice do koncového čepu válce. Kvůli nemožnosti převlečení KM matic přes drážku řemenice bylo rozhodnuto o zrušení těchto matic na čepu s řemenicí. Sevření segmentů na nosném válci probíhá pouze dotažením matic čepu na opačném konci vůči pevné ploše na čepu s řemenicí. Tato varianta také odstraňuje problém s možným protočením řemenicového segmentu. Pro zajištění umístění drážkované části válce symetricky vůči bočnicím, jsou použity dva válcové segmenty sloužící jako vymežovací prvky.

Přípevnění nosné hřídele k bočnici stroje prostřednictvím příruby bylo nahrazeno přímým vsunutím této hřídele do bočnice stroje za použití vymežovací vložky (Obr. 3-6). K zajištění polohy válce vůči hřídeli je použit pojistný kroužek. Tyto úpravy umožňují požadované maximální přiblížení řemenice, resp. řemene k bočnici stroje.



Obr. 3-6 Model čepu s drážkou řemenice

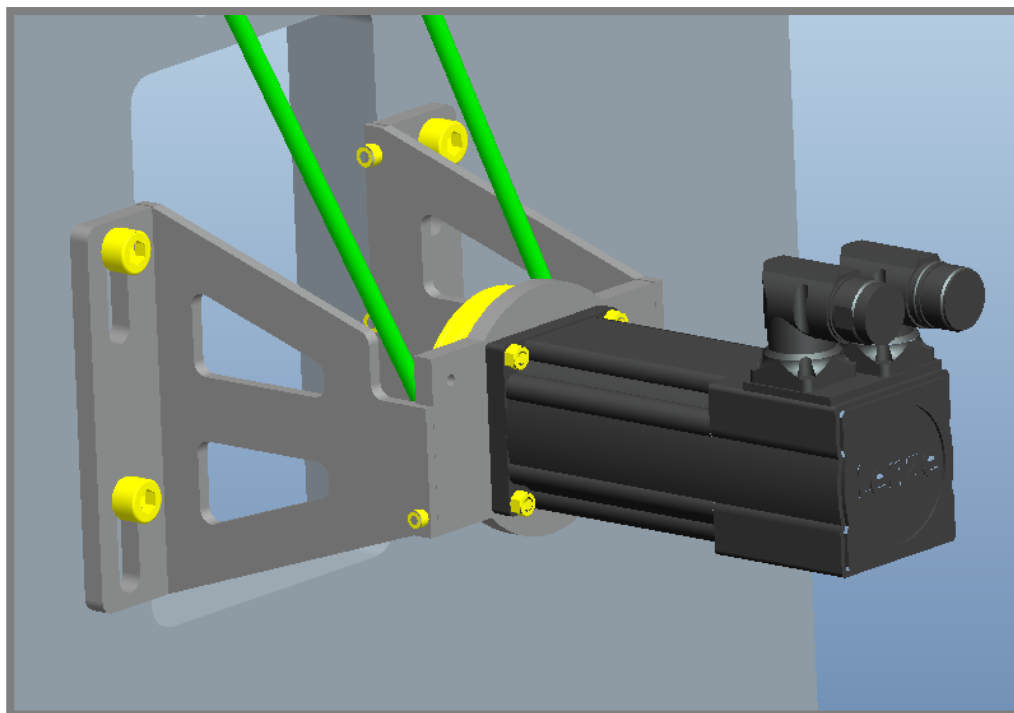
3.3 Uložení pohonu

Návrh uložení pohonu vychází ze snahy o využití původních závitových děr v bočnici stroje, v rámci daných možností. Tyto díry slouží k upevnění možných přídatných agregátů a pro upevnění tohoto pohonu mají vhodné umístění blízko řezacího válce.

Pohon by také neměl zasahovat do prostoru za bočnice, tzn. měl by být umístěn v pracovním prostoru mezi nimi, s ohledem na možnou kolizi s jinými částmi stroje.

3.3.1 Uložení pohonu, varianta A

Pro prvotní návrh uložení řemenice (viz kapitola 3.2.3) na řezacím válci byla zkonstruována motorová konzola, zajišťující potřebné oddálení servomotoru od bočnice. Jednotlivé díly konzoly jsou smontovány šroubovými spoji. Pro šrouby upevňující konzolu k bočnici jsou použity oválné díry pro možnost polohování konzoly vertikálním směrem, čímž je umožněno napínání řemene (Obr. 3-7).



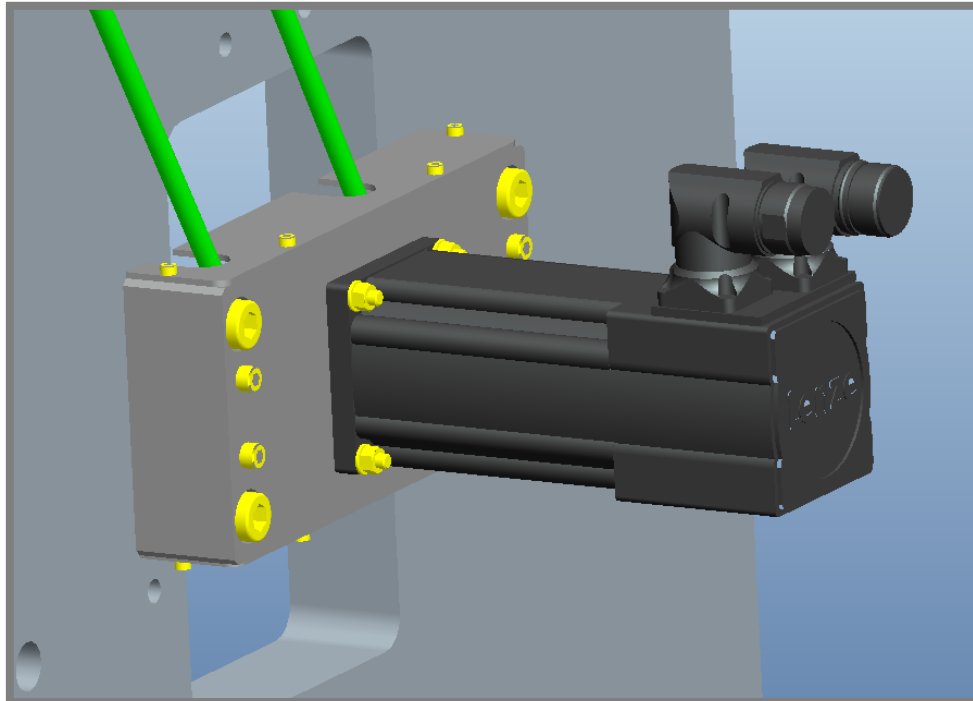
Obr. 3-7 Uložení pohonu, varianta A

V důsledku úprav polohy řemenice na válci bylo od této varianty upuštěno.

3.3.2 Uložení pohonu, varianta B

Pro potřebu přiblížení pohonu bočnici, byla navržena další varianta s upravenou konzolou, skládající se z příruby motoru a dvou spojovacích kostek. Na modelu jsou také znázorněny ochranné plechy, zamezující případnému kontaktu s pohybující se řemenicí (Obr. 3-8).

Tato varianta postrádá možnost polohování v důsledku absence oválných děr. Je zde uvažováno s použitím pružného řemene o přesné délce, jeho nasazení na příslušné řemenice vyvolá požadované prodloužení resp. napnutí.



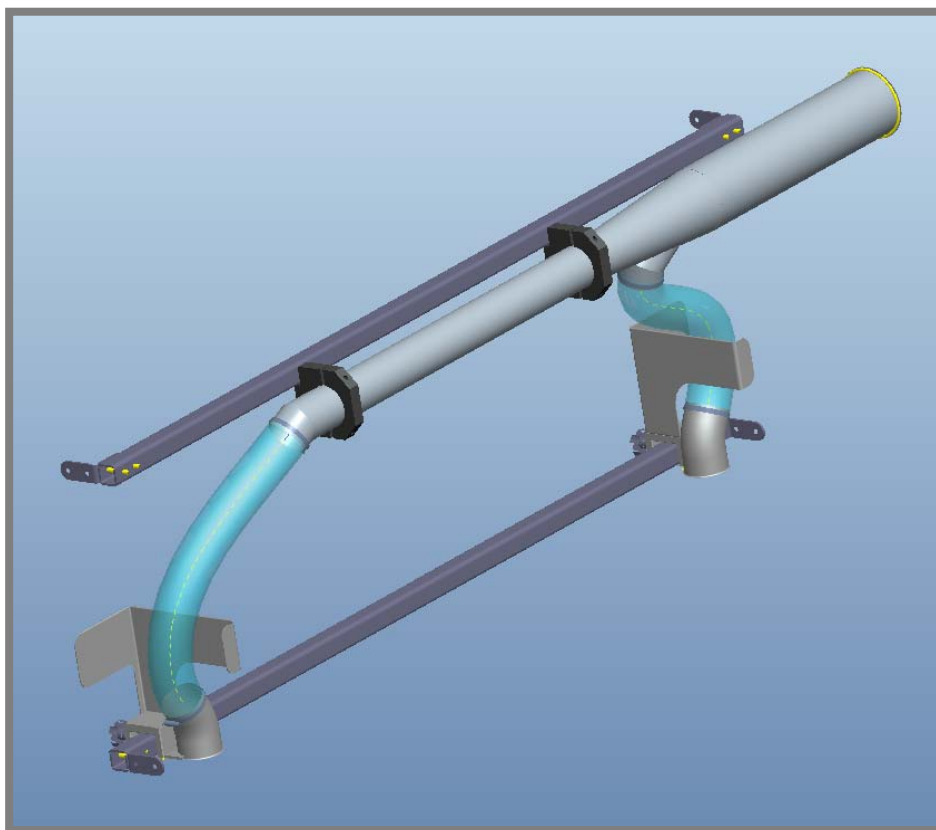
Obr. 3-8 Uložení pohonu, varianta B

3.4 Úprava odsávání

Pro potřeby odsávání byla navržena varianta s posuvnými odsávacími hubicemi, do kterých bude přímo vstupovat oříznutý materiál. Jako hubice slouží plechové koleno se zaoblenými hranami na straně vstupu materiálu. Tyto hubice tvoří jeden celek s posuvnými nastavitelnými jezdcí pohybující se po příčnicku, což umožňuje jejich aretaci v libovolné poloze, v závislosti na šíři aktuálně řezaného materiálu.

Pro spojení hubic s odsávacím potrubím bylo uvažováno několik řešení umožňujících vzájemný pohyb pohyblivých hubic vůči pevnému potrubí v podobě teleskopických, nebo rotačních potrubních systémů. Z důvodu vysoké složitosti však bylo rozhodnuto o použití flexibilní hadice. K hubicím jsou připevněny flexibilní hadice vedoucí do upraveného odsávacího potrubí. Jezdce s hubicemi jsou také opatřeny ochrannými plechy sloužícími zabránění kontaktu hadic s materiálem. (Obr. 3-9).

Tato varianta umožňuje z hlediska obsluhy jednodušší manipulaci a zavádění odřezků. Není také nutné ucpávání nevyužitých vstupů do odsávacího potrubí.



Obr. 3-9 Celkový pohled na systém odsávání

3.5 Výsledná koncepční řešení

Po zhodnocení všech aspektů z hlediska funkčnosti, technologie výroby a pořizovacích nákladů, byly jako optimální zvoleny varianty, které jsou dále popsány v následující kapitole.

3.5

4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

4.1 Řezací válec

4.1.1 Vlastní tělo válce

Výsledné konstrukční řešení řezacího válce zanechalo koncepci použití centrálního hliníkového profilu s navlečenými drážkovanými segmenty (viz příloha č. 1, č.v. M5554.70-12-15C).

Do vnitřní díry centrálního válcového profilu, jsou zalisovány koncové vložky. Vložka na straně pohonu slouží také jako řemenice, z toho důvodu je také opatřena příslušnou drážkou pro řemen. Druhá vložka je opatřena vnějším závitem pro použití KM matic. Po nasazení všech segmentů, se tyto prostřednictvím matice dotáhnou, což zabrání jejich vzájemnému protáčení.

Tyto segmenty plní stejnou funkci jako u původního řešení, tudíž nebyla nutná žádná úprava. Jejich vnitřní díra má tolerovaný rozměr, zaručující malou vůli vůči centrálnímu profilu. Poslední dva segmenty plní pouze vymežující funkci, proto postrádají drážkování.

Vlastní tělo válce je pak uloženo na pevné tyči, uložené mezi bočnicemi stroje. Jeho axiální poloha vůči tyči je dána pojistným kroužkem z jedné strany, a posuvným, ze strany druhé. Odvalování válce pak zajišťuje dvojice kuličkových ložisek zalisovaných v obou koncových vložkách.

4.2 Pohon válce

Použitý pohonný agregát byl vybírán tak, aby umožnil splnění požadavků uvedených v kapitole 2.3, zejména pak maximální obvodovou rychlost válce $300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a dobu rozběhu 4s. Při konstantní rychlosti válce, resp. materiálu, není požadováno jeho napínání, tzn. rozdíl sil v tažné a tažené větvi je nulový.

Z výše uvedených důvodů pak bylo zvoleno využití synchronního servomotoru Lenze řady MCS, který nejlépe uspokojuje zadané požadavky.

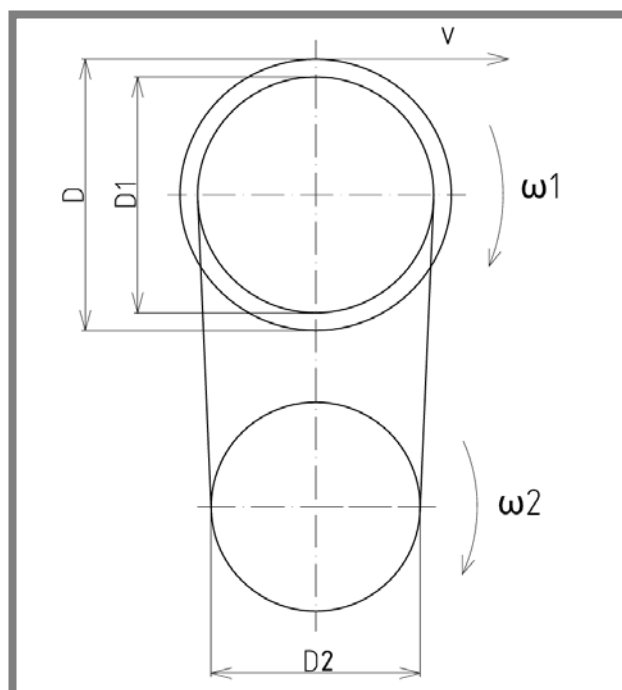
Krouticí moment od pohonu, pak bude přenášen prostřednictvím kruhového řemene společnosti Habasit. Rozměrové tvary řemenic, budou navrhovány podle doporučení výrobce řemene, resp. servomotoru.

4.2.1 Kinematika

Pro výpočty pohonu z hlediska kinematiky, jsou základními vstupními parametry pouze maximální obvodová rychlost řezacího válce a průměry příslušných řemenic a válce. Výsledné výpočtové řešení vychází z předchozích dílčích návrhů, z nichž byl vybrán návrh, splňující všechny zadané požadavky.

Parametry výsledného řešení pro potřeby kinematiky:

Výpočtový průměr velké řemenice:	87 mm
Výpočtový průměr malé řemenice:	77 mm
Průměr řezacího válce:	100 mm



Obr. 4-1 Znáornění kinematiky

Úhlová rychlost válce:

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot v}{60 \cdot (0,001 \cdot D)} = \frac{2 \cdot 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}}{60 \cdot (0,001 \cdot 100 \text{ mm})} = 100 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

ω_1	[rad·s ⁻¹]	- je úhlová rychlost řezacího válce
v	[m·min ⁻¹]	- je obvodová rychlost řezacího válce
D	[mm]	- je průměr řezacího válce

Převodový poměr:

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{77 \text{ mm}}{87 \text{ mm}} = 0,885$$

kde:

i		- je převodový poměr
D_1	[mm]	- je výpočtový průměr velké řemenice
D_2	[mm]	- je výpočtový průměr malé řemenice

Otáčky malé řemenice :

$$n_2 = \frac{60 \cdot \omega_2}{2 \cdot \pi} = \frac{60 \cdot \frac{\omega_1}{i}}{2 \cdot \pi} = \frac{60 \cdot \frac{100 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}{0,885}}{2 \cdot \pi} = 1079,02 \text{ min}^{-1}$$

kde:

n_2	[min ⁻¹]	- jsou otáčky malé řemenice
ω_1	[rad·s ⁻¹]	- je úhlová rychlost řezacího válce
ω_2	[rad·s ⁻¹]	- je úhlová rychlost malé řemenice

Z kinematického hlediska, je tedy pro pohon nutné použití motoru dosahujícího otáček alespoň 1079,02 min⁻¹.

4.2.2 Dynamika

Do výpočtů z hlediska dynamiky dále vstupují parametry požadované doby rozběhu (brždění) a moment setrvačnosti pohybujících se dílů (řezací válec a řemenice). Při běžném chodu stroje se uvažuje, že na válec nebudou působit od procházejícího materiálu žádné síly. Při konstantní rychlosti otáčení, bude tedy soustava zatěžována pouze třecími silami (v ložiscích, mezi řemenem a řemenicemi), které však jsou z hlediska požadovaných výpočtů zanedbatelné. Počítán je tedy pouze požadovaný točivý moment, vztažený na požadavek maximální rychlosti rozběhu válce.

Parametry pro výpočty z hlediska dynamiky:

doba rozběhu:	4s
moment setrvačnosti řezacího válce:	0,0306 kg · m ²
moment setrvačnosti řemenice:	0,00038 kg · m ²

Dané momenty setrvačnosti byly stanoveny na základě výpočtů v programu ProEngineer.

Maximální úhlové zrychlení válce a řemenice:

$$\alpha_1 = \frac{\omega_1}{\Delta t} = \frac{100 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}{4\text{s}} = 25 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\alpha_2 = \frac{\omega_2}{\Delta t} = \frac{\omega_1}{i} = \frac{100 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}{4\text{s}} = \frac{0,885}{4\text{s}} = 28,249 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

kde:

i		- je převodový poměr
Δt	[s]	- je čas rozběhu/zastavení
ω_1	[rad · s ⁻¹]	- je úhlová rychlost řezacího válce
ω_2	[rad · s ⁻¹]	- je úhlová rychlost řemenice
α_1	[rad · s ⁻²]	- je úhlové zrychlení řezacího válce
α_2	[rad · s ⁻²]	- je úhlové zrychlení řemenice

Maximální točivý moment:

$$M = M_1 + M_2 = I_1 \cdot \alpha_1 \cdot \frac{D_2}{D_1} + I_2 \cdot \alpha_2 = 0,0306 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 25 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \frac{77 \text{ mm}}{87 \text{ mm}} + 0,00038 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 28,249 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2} = 0,687 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:

M	[N · m]	- je celkový točivý moment
M_1	[N · m]	- je točivý moment válce
M_2	[N · m]	- je točivý moment řemenice
I_1	[kg · m ²]	- je moment setrvačnosti řezacího válce
I_2	[kg · m ²]	- je moment setrvačnosti řemenice
α_1	[rad · s ⁻²]	- je úhlové zrychlení řezacího válce
α_2	[rad · s ⁻²]	- je úhlové zrychlení řemenice
D_1	[mm]	- je výpočtový průměr velké řemenice
D_2	[mm]	- je výpočtový průměr malé řemenice

Z hlediska dynamiky, je tedy pro pohon nutné použití motoru dosahujícího točivého momentu alespoň 0,687 N · m.

4.2.3 Výběr příslušného servomotoru

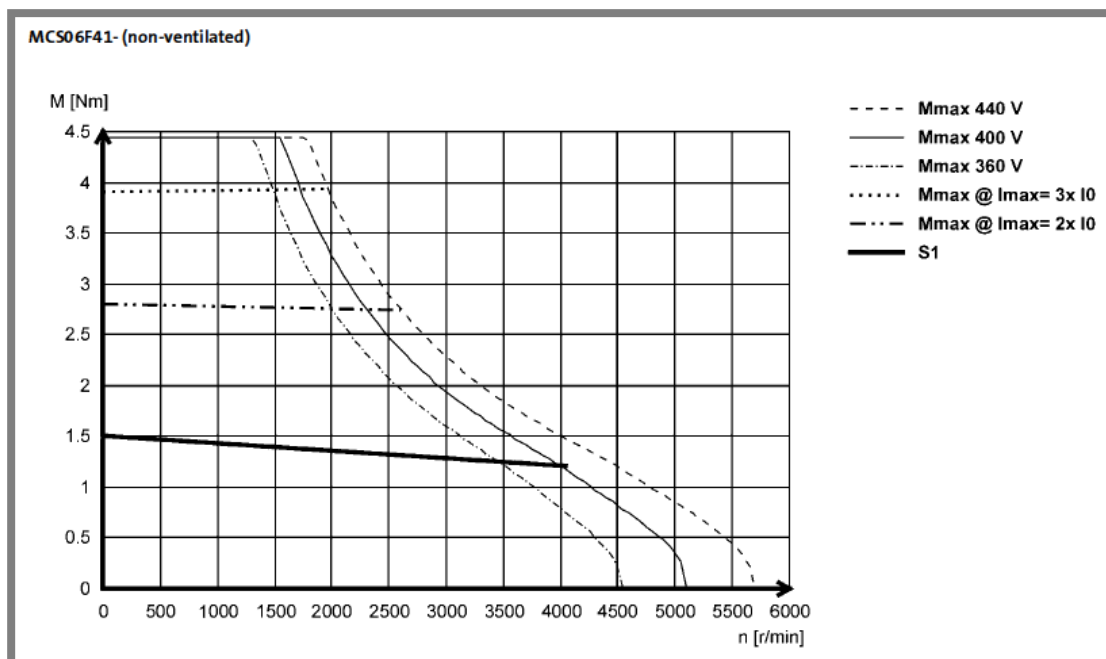
Z výše popsaných důvodů byl vybrán servomotor společnosti Lenze řady MCS, optimálně splňující požadavky, stanovené v předchozích výpočtech, což jsou maximální otáčky motoru alespoň 1079,02 min⁻¹ a točivý moment alespoň 0,687 N · m dosažitelný v celém spektru vyžadovaných otáček.

Je také vyžadováno, aby byl motor vybaven senzorem měření jeho aktuální rychlosti, potřebné pro jeho přesnou regulaci. Řídící systém motoru, pak bude pomocí zadaného převodového poměru schopen nastavení přesných otáček na řezacím válci.

Jako neoptimálnější řešení byl zvolen servomotor MCS06F41. Jeho parametry jsou uvedeny v následující tabulce a grafu.

	n_N	M_0	M_N	M_{max}	P_N	I_0	I_N	I_{max}	$U_{N, AC}$	f_N
	[r/min]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[kW]	[A]	[A]	[A]	[V]	[Hz]
MCS06F41-	4050	1.50	1.20	4.40	0.51	1.50	1.50	5.30	320	270
	$\eta_{100\%}$	$J^{1)}$	$KE_{LL 150^\circ C}$	$R_{UV 20^\circ C}$	$R_{UV 150^\circ C}$	L_N	$Kt_{0 150^\circ C}$	$n_{max}^{2)}$	$m^{1)}$	
	[%]	[kgcm ²]	[V /1000 rp]	[Ω]	[Ω]	[mH]	[Nm/A]	[r/min]	[kg]	
MCS06F41-	77.0	0.22	60.1	21.9	29.5	63.5	1.05	8000	2.20	

Obr. 4-2 Parametry použitého servomotoru [4]



Obr. 4-3 Momentová charakteristika použitého servomotoru [4]

4.2.4 Výběr řemene

4.2.4

Pro přenos točivého momentu mezi pohonem a válcem byl zvolen kruhový řemen Polycord PU 90A o průměru 7 mm.

Volba řemene byla stanovena zejména na základě zvyklostí firmy Soma spol. s r.o. pro využití na podobných aplikacích. Tyto řemeny jsou také skladově dostupné.

Příslušné řemenice jsou pak zhotoveny podle parametrů udávaných výrobcem řemene (Obr. 4-4). Potřebná délka řemene byla stanovena pomocí programu ProEngineer. Výrobce doporučuje protažení řemene o 8%, proto bude délka vyráběného řemene o tuto hodnotu kratší a nasazením na řemenice se docílí příslušného prodloužení.

Potřebná délka řemene při daném prodloužení:	851 mm
Délka řemene bez prodloužení:	788 mm

Table 3 Recommended pulley dimensions [mm]
 (Other pulley forms also adequate. For conveying installations reduce groove depth t appropriately.)

Belt type	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15
a	4.5	5.5	7	8	10	11	12	15	18	23
b	6.5	8	10	12	14	15	16	19	22	27
t	2.5	3	3.5	4	5	5.5	6	7.5	9	12
R ₁	1.3	1.8	2.5	3	3.5	4	4.5	5.5	6.5	8
R ₂	1	1.2	1.5	2	2	2	2	2	2	2
R ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Obr. 4-4 Doporučený tvar drážky řemenice [6]

Maximální točivý moment, který může být přenesen, aniž by došlo k prokluzu řemene, je vypočítán na základě součinitele smykového tření mezi řemenem a ocelovou řemenicí a normálovou silou, kterou vyvolává napnutí řemene. Příslušné hodnoty vycházejí z dokumentace výrobce řemene (viz příloha č. 3). Výpočet je proveden pro menší řemenici, která je na případný prokluz z hlediska menšího průměru náchylnější.

$$M_{\max} = F_T \cdot \frac{D_2}{2} = F_N \cdot \mu \cdot \frac{D_{2\min}}{2} = 140\text{N} \cdot 0,3 \cdot \frac{0,001 \cdot 70 \text{ mm}}{2} = 1,47 \text{ N} \cdot \text{m}$$

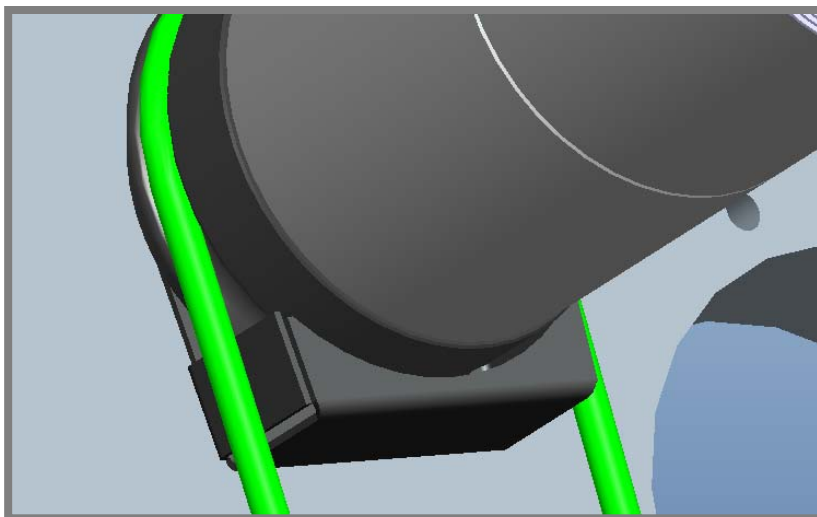
kde:

M_{\max}	[N · m]	- je maximální točivý moment bez prokluzu
F_T	[N]	- je třecí síla mezi řemenem a řemenicí
F_N	[N]	- je normálová síla
$D_{2\min}$	[mm]	- je malý průměr malé řemenice
μ		- je součinitel tření

Maximální přenesitelný točivý moment z hlediska řemenového převodu je 1,47 N · m, což s ohledem na maximální provozní točivý moment dostačuje.

Poháněná řemenice je pak součástí řezacího válce (viz příloha č. 1). Pohonná řemenice je opatřena příslušnou drážkou pro pero podle parametrů výrobce servomotoru. Proti axiálnímu posuvu na hřídeli je zajištěna pomocí šroubu v hřídeli servomotoru.

Pro splnění bezpečnostních norem je pohonná řemenice kryta konzolou motoru a krycími plechy. Poháněná řemenice je opatřena ochranným plechem zabraňujícím vniknutí cizích těles, zejména v náběžné části (Obr. 4-5).



Obr. 4-5 Ochranný plech řemenice

4.3 Odsávací systém

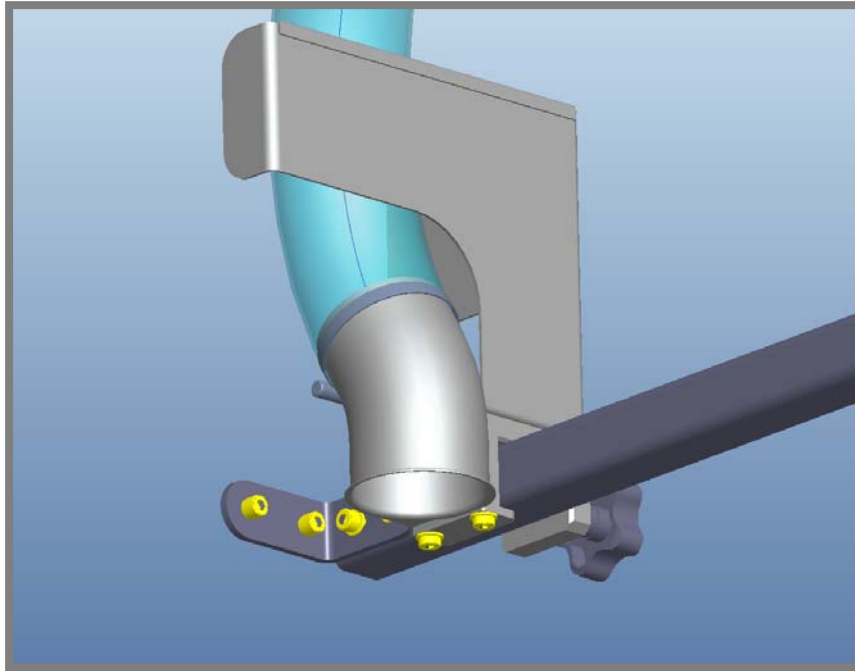
4.3

Pro systém odsávání byla navržena dvojice příčníků připevněných k bočnicím stroje. Horní příčník slouží k upevnění centrálního potrubí odsávání, spodní pak jako podpora pro dvojici jezdců s odsávacími hubicemi. Jejich spojení zajišťuje flexibilní hadice, jíž proudí odřezky do centrálního potrubí a dále do odpadního kontejneru. Výsledné řešení odsávacího systému je v příloze č. 2, výkres M5554.70-16-14C.

4.3.1 Odsávací hubice

4.3.1

Základ odsávací hubice tvoří plechové koleno se zaobleným lemem na straně vstupu odřezků. Koleno je přivařeno k jezdcí pohybuje se po příčniku. Zajištění v příslušné poloze, je prováděno pomocí dotažení šroubu s kolečkem. Z důvodu zamezení kontaktu přípojné hadice s pohybuje se materiálem, je jezdec opatřen příslušným ochranným plechem, zamezujícím tomuto kontaktu. Vyobrazení celé hubice je na Obr. 4-6.



Obr. 4-6 Odsávací hubice

4.3.2

4.3.2 Spojovací hadice

Pro potřeby spojení hubic s centrálním potrubím, byla vybrána hadice FLEXADUR PU-3L (Obr. 4-7). Základními podmínkami pro výběr hadice, byla především co nejvyšší míra flexibility hadice, z důvodu širokého rozpětí vzájemné polohy pohyblivých odsávacích hubic a pevného centrálního potrubí. Daná hadice je také určena pro vedení abrazivních materiálů a pro podobné aplikace je již ověřená. Díky transparentnímu provedení hadice, je také možno sledovat průchod odřezků, či případné ucpání hadice. Připevnění hadice k potrubí a hubici je zajištěno stahovacími sponami.

Zvolená délka hadic, byla stanovena na základě experimentů s danou hadicí, kde byla vybrána délka hadice s optimálním kroucením v celém provozním rozsahu posuvu hubice.



Obr. 4-7 Hadice FLEXADUR [7]

4.3.3 Odsávací potrubí

Odsávací potrubí bylo upraveno pro potřeby připojení hadic, vedoucích od odsávacích hubic. Je vyrobeno z jednotlivých, laserem vyřezávaných plechových dílů, které jsou následně válcovány do potřebného tvaru a vzájemně svařeny. Připevnění k hornímu nosníku je provedeno dvojicí plastových úchytů. Ústí potrubí je pak připojeno k ejektoru, vyvozující potřebný podtlak, a dále transportovány potrubím do odpadního kontejneru.

5 DISKUSE

U flexotiskových strojů společnosti Soma spol. s r.o. vybavených jednotkou pro ořezávání okrajů, vnikly v průběhu času požadavky na optimalizaci tohoto systému, které původní řešení nemohlo splnit. Hlavní požadavek byl zejména na umožnění řezání v libovolné poloze a uživatelsky jednoduššímu zavádění odřezků do odsávacího systému.

Cílem bakalářské práce proto bylo opravit tyto nedostatky, s ohledem na co možná nejmenší úpravy původního řešení a nákladnost výroby. Při konstrukci se nejdříve řešilo vlastní tělo řezacího válce, kde byla přibližně zachována původní koncepce ovšem bylo použito drážkování v celé šíři válce. Problém s odvalováním válce byl vyřešen přidáním vlastního pohonu. Bylo také vytvořeno několik koncepcí pohonu a jeho spojení s řezacím válcem, z nichž byla vybrána optimální varianta.

Z pohledu odsávání odřezků bylo hlavním cílem zjednodušení z hlediska obsluhy. Hlavním problémem při návrhu odsávání byli zejména prostorové dispozice ve stroji. Návrh proto zahrnoval praktické zkoušky na již vyrobeném stroji, zejména bylo řešeno optimální uložení hadic, u kterých hrozil kontakt s pohybujícími se částmi stroje. Výsledné řešení je uživatelsky příjemnější díky absenci nutnosti ucpávání nevyužitých vstupů do potrubí a nové hubice se také nacházejí v pro obsluhu lépe přístupné pozici.

Celkový návrh respektoval požadavky na co nejmenší úpravy bočnic stroje a použití stávajících děr a otvorů. Po úpravě těchto bočnic by bylo možné toto řešení optimalizovat zejména úpravou polohy uložení pohonu, či uložení řezacího válce.

Další optimalizace systému, by mohla zahrnovat úpravu mechanismu zasunování žiletek, který by znemožňoval kontakt žiletek s válcem, v případě, že by se žiletka nacházela mimo příslušnou drážku.

Předložená bakalářská práce měla za úkol úpravu řezací jednotky pro řezání odřezků a úpravu odsávacího systému dle požadavků společnosti Soma spol. s r.o.

Byla navržena nová koncepce řezacího válce uspokojující požadavek drážkování v celé jeho šíři. Jako pohon válce byl zvolen servomotor značky Lenze, umožňující přesnou synchronizaci rychlosti válce s materiálem. Pro přenos točivého momentu byl zvolen pružný kruhový řemen. Žiletkový řezací systém vyhovoval všem novým požadavkům, a proto byl zachován v původní podobě.

U odsávacího systému byla navržena nová odsávací hubice a její uložení na příčnku. Přepřacováno bylo také odsávací potrubí a pro připojení k hubicím byla použita flexibilní hadice.

V současné době již společnost Soma spol. s r.o. tuto koncepci řezací jednotky na svých flexotiskových strojích vyrábí, ovšem s mírnými úpravami pro jiný typ stroje, než pro který byla navrhována v rámci této bakalářské práce.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Flexotisk*. [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Flexotisk>
- [2] *GRAFIKO PRINT*. [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z:
<http://www.grafikoprint.cz/?i=254/flexo>
- [3] *SOMA engineering*. [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z:
<http://www.soma-eng.com/>
- [4] *Lenze*. [online]. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.lenze.com/>
- [5] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTIUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [6] *Industrial & Bearing Supplies*. [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z:
<http://www.industrialbearings.com.au/>
- [7] *GMS*. [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.gms.cz/>

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN**8.1 Seznam zkratek**

Obr.	- obrázek
Spol. s r.o.	- společnost s ručením omezeným
č.v.	- číslo výkresu

8.1 Seznam symbolů a veličin

ω_1 [rad·s ⁻¹]	- úhlová rychlost řezacího válce
v [m·min ⁻¹]	- obvodová rychlost řezacího válce
D [mm]	- průměr řezacího válce
i	- převodový poměr
D_1 [mm]	- výpočtový průměr velké řemenice
D_2 [mm]	- výpočtový průměr malé řemenice
n_2 [min ⁻¹]	- otáčky malé řemenice
ω_1 [rad·s ⁻¹]	- úhlová rychlost řezacího válce
ω_2 [rad·s ⁻¹]	- úhlová rychlost malé řemenice
Δt [s]	- čas rozběhu/zastavení
α_1 [rad·s ⁻²]	- úhlové zrychlení řezacího válce
α_2 [rad·s ⁻²]	- úhlové zrychlení řemenice
M [N·m]	- celkový točivý moment
M_1 [N·m]	- točivý moment válce
M_2 [N·m]	- točivý moment řemenice
I_1 [kg·m ²]	- moment setrvačnosti řezacího válce
I_2 [kg·m ²]	- moment setrvačnosti řemenice
M_{max} [N·m]	- maximální točivý moment bez prokluzu
F_T [N]	- třecí síla mezi řemenem a řemenicí
F_N [N]	- normálová síla
D_{2min} [mm]	- malý průměr malé řemenice
μ	- součinitel tření
l [mm]	- vzdálenost mezi bočnicemi stroje
b_{min} [mm]	- minimální šíře materiálu
b_{max} [mm]	- maximální šíře materiálu
o_{max} [mm]	- maximální šíře odřezku

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1-1 Znázornění principu flexotisku	13
Obr. 1-2 Pohled na tiskovou část stroje Premia	14
Obr. 1-3 Celkový pohled na stroj Premia	14
Obr. 1-4 Silikonové štočky na tiskových válcích.	14
Obr. 1-5 Schématické znázornění průchodu materiálu strojem Premia	15
Obr. 1-6 Původní soustava řezacího válce pro žiletkové řezání	16
Obr. 1-7 Řezací kotouče kotoučového řezání	16
Obr. 1-8 Původní soustava odsávání odřezků	17
Obr. 2-1 Původní soustava řezacího válce	18
Obr. 3-1 Obrázek servomotoru Lenze řady MCS	21
Obr. 3-2 Varianta celistvého drážkovaného válce	22
Obr. 3-3 Varianta řezacího válce s drážkovanými segmenty	23
Obr. 3-4 Model varianty řezacího válce s drážkovanými segmenty	23
Obr. 3-5 Model řemenice jako samostatného segmentu	24
Obr. 3-6 Model čepu s drážkou řemenice	24
Obr. 3-7 Uložení pohonu, varianta A	25
Obr. 3-8 Uložení pohonu, varianta B	26
Obr. 3-9 Celkový pohled na systém odsávání	27
Obr. 4-1 Znázornění kinematiky	29
Obr. 4-2 Parametry použitého servomotoru	32
Obr. 4-3 Momentová charakteristika použitého servomotoru	33
Obr. 4-4 Doporučený tvar drážky řemenice	34
Obr. 4-5 Ochranný plech řemenice	35
Obr. 4-6 Odsávací hubice	36
Obr. 4-7 Hadice FLEXADUR	36

10 SEZNAM PŘÍLOH

10

- 1) Výkres sestavení M5554.70-12-15C
- 2) Výkres sestavení M5554.70-16-14C
- 3) Technická dokumentace řemenů POLYCORD [6]