



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

**KONSTRUKCE POJEZDU PRO OCELOVOU
NOŽKU DO STANICE VULKANIZAČNÍHO LISU**

DESIGN OF STEEL FOOT GUIDEWAY FOR VULCANIZING PRESS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Žáček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Jan Žáček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Petr Svoboda, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

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:

Konstrukce pojezdu pro ocelovou nožku do stanice vulkanizačního lisu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh pojezdu pro přemístění ocelové nožky do lisovací stanice a zpět s těmito parametry: automatický pojezd, stroj SVIT 101082, hmotnost nožky 24 kg, šířka 120 mm, výška 380 mm.

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. Koncepční řešení
5. Konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení

Typ práce: konstrukční

Účel práce: výzkum a vývoj

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_2016.pdf

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

Seznam literatury:


Pashkov, E., Osinskiy, Y. (2004): Electropneumatics in manufacturing processes. Sevastopol: Isdatelstvo SevNTU, ISBN 978-966-7473-372.

Geiger, T. S., Dilts, D. M. (1996): Automated design-to-cost: integrating costing into the design decision. Computer-aided design. vol. 28, no. 6, pp. 423-438.

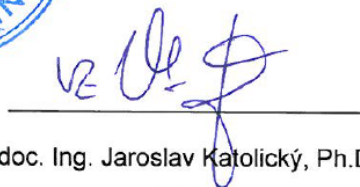
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 23. 11. 2015





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



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na návrh pojezdové konstrukce pro automatické přemístění ocelové nožky do stanice vulkanizačního lisu obuvi. Teoretická část práce popisuje historické mezníky výroby obuvi včetně strojního zařízení se zaměřením na vulkanizaci. Konstrukční část obsahuje jednotlivé varianty řešení, které splňují podmínky dané výrobcem obuvnického stroje, pro něj je pojezd určen. Následně je vybráno nejvhodnější řešení, které sestává ze systému řemenic, ozubeného řemene a dráhy tvořené kuličkovými hnízdy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatický pojezd, vulkanizace, obuv, lisovací stanice

ABSTRACT

Bachelor's thesis is focused in design of guideway construction for automatic transfer of steel foot into the station of vulcanizing press. The theoretical part describes historical milestones of making footwear, including machinery, with a focus on vulcanization proces. The design part contains different alternative solutions which meet the conditions specified by the manufacturer of this shoemaking machine for which is the guideway designed. Subsequently is chosen the most appropriate solution that consists of a system of pulleys, toothed belt and line formed by ball transfer units.

KEY WORDS

Automatical guideway , vulcanization, footwear, pressing station

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŽÁČEK, J. *Konstrukce pojezdu pro ocelovou nožku do stanice vulkanizačního lisu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 61 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Svoboda Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Konstrukce pojezdu pro ocelovou nožku do stanice vulkanizačního lisu* pod vedením doc. Ing. Petra Svobody Ph.D. vypracoval samostatně a použil jen zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně: květen 2016

.....
Jan Žáček

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Petru Svobodovi Ph.D. za jeho ochotu a odborné rady, které mi během vypracovávání poskytl.

Dále děkuji kolektivu firmy Svit Machinery s.r.o. a především panu Josefu Havelkovi za ochotu a spolupráci.

V neposlední řadě děkuji rodině za podporu při mém studiu na vysoké škole.

OBSAH

1 ÚVOD	13
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
2.1 Historie výroby obuvi	14
2.2 Vulkanizace	18
2.2.1 Vulkanizační přísady	19
2.2.2 Způsoby vulkanizace	19
2.3 Charakteristika vulkanizačního lisu obuvi SVIT 101082	20
2.3.1 Technický popis	21
2.3.2 Popis pracovní operace prováděné na stroji	22
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	23
3.1 Analýza problému	23
3.2 Cíl práce	23
4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	24
4.1 Varianty vedení pro ocelovou nožku	24
4.1.1 Užití lineárního vedení	25
4.1.2 Vedení pomocí kuličkových hnízd	26
4.2 Varianty systému pro pohon pojezdu	27
4.2.1 Užití bezpístnicového válce	28
4.2.2 Pohon pomocí ozubeného řemene	29
4.2.3 Řetězový pohon	31
5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	32
5.1 Úprava tvaru drah v desce pracovního stolu	32
5.2 Návrh vedení pomocí kuličkových hnízd	33
5.2.1 Parametry pro návrh kuličkového vedení	33
5.2.2 Určení vhodného typu kuličkového hnízda na desce stolu	34
5.2.3 Určení vhodného typu kuličkového hnízda v lisovací stanici	35
5.2.4 Stanovení celkového počtu kuličkových hnízd na jeden stroj	37
5.2.5 Stanovení výsledného koeficientu tření a třecí síly	39
5.3 Návrh pohonu pomocí ozubeného řemene	41
5.3.1 Určení vhodného typu řemene a řemenic	41
5.3.2 Výpočet potřebného výkonu pro pohyb nožky	42
5.3.3 Výběr pohonné jednotky	44
5.3.4 Konečné rozvržení řemenového pojezdu	45
5.4 Návrh konstrukce pro uchycení pojezdového systému ve stroji	46
5.4.1 Uchycení vodících řemenic	46
5.4.2 Návrh nového provedení desky v lisovací stanici	47
5.4.3 Řešení nosné konstrukce pojezdu	48
5.4.4 Výsledné sestavení pojezdového systému ve stroji	49
5.5 Uchycení kovové nožky k ozubenému řemenu	50
6 DISKUZE	51
6.1 Rozvaha nad výhodami pojezdového systému	51
...6.2 Možnosti dalšího vývoje s ohledem na užití konstrukční prvky	51

7 ZÁVĚR	53
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	56
10 SEZNAM OBRÁZKŮ	57
11 SEZNAM TABULEK	58
12 SEZNAM PŘÍLOH	59

ÚVOD

V současnosti se stává automatizace výrobních procesů ve většině průmyslových odvětvích téměř samozřejmostí. Ta s sebou přináší celou řadu výhod. Především se jedná o zvýšení efektivity výroby, což vede ke snížení nákladů, dále zvýšení komfortu pro zaměstnance i zaměstnavatele. Nicméně její stupeň závisí především na složitosti celého procesu. Tato bakalářská práce se zabývá problematikou automatizace pracovní operace na obuvnickém stroji. Jedná se o návrh automatického pojezdu pro ocelovou nožku do stanice vulkanizačního lisu obuvi.

Zadání této bakalářské práce bylo navrženo firmou SVIT Machinery s.r.o., která navazuje na dlouholetou tradici výroby obuvnických strojů a zařízení ve zlínském regionu.

Snahy plně zautomatizovat celý proces výroby obuvi se začaly objevovat již koncem 20. století. Nicméně technologie výroby obuvi je natolik složitá, že ani při současném stupni vyspělosti elektronických zařízení nelze zatím úplné automatizace tohoto procesu dosáhnout. Daří se ovšem zautomatizovat alespoň jednotlivé pracovní operace, avšak lidský faktor zůstává stále nezastupitelný.

Komplikovanost procesu výroby obuvi nám představuje i fakt, že rozlišujeme šest základních výrobních způsobů [1]:

1. obuv rámová
2. lepená – zde řadíme i obuv vulkanizovanou, či vstřikolisovanou
3. prošívání
4. flexiblová
5. poloruční
6. opánková

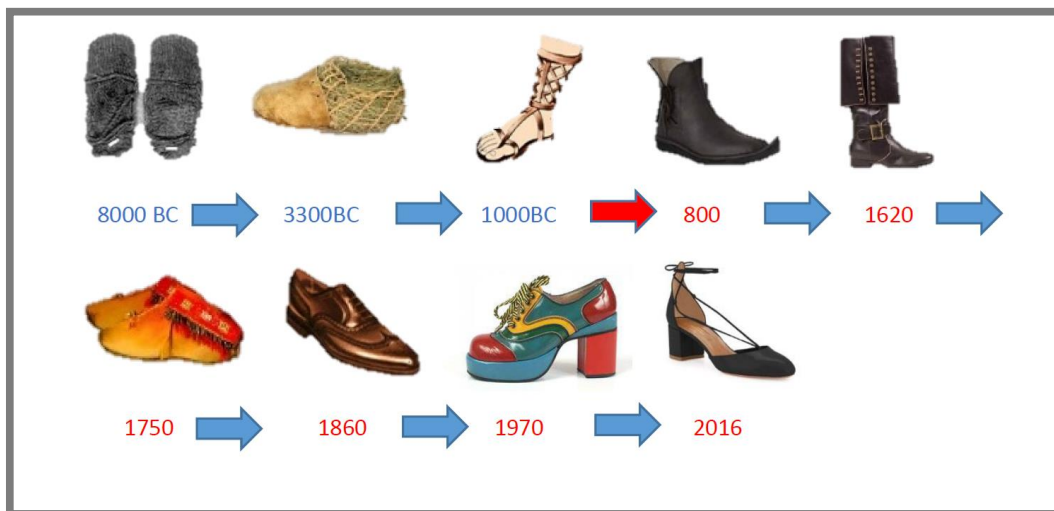
Každá z těchto technologií vyžaduje jiné strojní zařízení a rozdílné nároky na kvalifikovanost pracovníků, kteří tyto stroje obsluhují.

Další problematikou je různorodost materiálů užívaných při výrobě. I přes neustálý vývoj v oblasti materiálů, zůstává kůže stále ve velké míře používaným materiálem. Na rozdíl od syntetických materiálů má kůže řadu užitných vlastností jako je prodyšnost, měkkost, vysoká odolnost, tvárnost a v neposlední řadě také vzhled. Nicméně díky tomu, že kůže není homogenním materiálem, je výroba kožené obuvi značně náročná.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Historie výroby obuvi

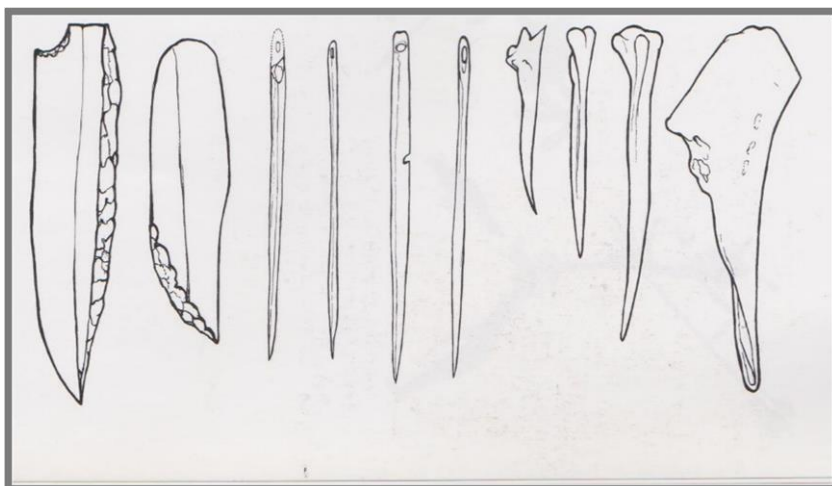
Pro získání uceleného přehledu o vývoji obuvi v čase, je účelné zmínit jednotlivé mezníky, které významně ovlivnily nejen způsob zhotovování, ale nemalou měrou také její vzhled viz obr. 1.



Obr. 1 Historický vývoj obuvi

Počátky obouvání, a s tím související vznik obuvnického řemesla, jsou datovány již od pravěku. Přesněji od období mladého paleolitu, který je spojen s výskytem prvních kamenných a kostěných nástrojů. Paleolitický lovec zabíjel zvířata primárně pro jejich maso. Kůži, která nemohla sloužit jako zdroj potravy, použil k ochraně svého těla před nepříznivými klimatickými podmínkami. Tímto způsobem zřejmě vznikla forma prvního primitivního opánku.

Nicméně prvotní druhy obuvi plnily svou funkci jen po velmi omezenou dobu. Kůže, jež byla zpracovávána v syrovém stavu, po čase buď zahnívala, nebo vysychala a lámala se. Významně ovlivnil životnost obuvi až vynález činění kůže. Jedním z nejstarších způsobů jak kůži vyčinit bylo uzení či potírání tukem. Materiál se tak stal trvanlivější a měkčí. Jako důkaz o existenci tehdejšího primitivního koželužství, související s výrobou obuvi, nám může posloužit značné množství dochovaných kostěných a kamenných nástrojů na obr. 2.



Obr. 2 Ukázky pravěkých kamenných nástrojů [3]

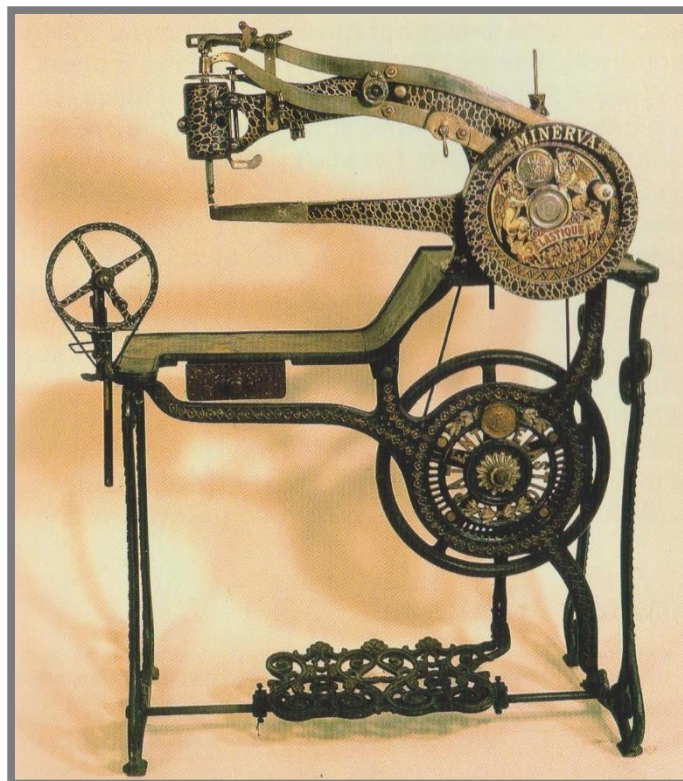
Již v období starověku slouží obuv nejen jako ochrana, ale plní i funkci ozdobnou či rituální. Tento fakt pozorujeme na základě dobových nálezů například v Mezopotámii, Egyptě, Řecku či Římě. Právě tyto starověké civilizace se vyznačovaly svou vyspělostí a vysokou úrovní v oblasti řemesel.

Překvapivé je používání obuvnických kopyt, a to právě ve zmiňovaném starověkém Řecku. Za značně pokrokovou lze označit tehdejší výrobu sandálů s asymetrickou podešví, u kterých docházelo k rozlišení na pravý a levý půlpár. Ke zhotovování obuvi byly využívány i nadále poměrně jednoduché nástroje [3].

Další rozvoj řemesel zejména po technické stránce, nastal v období vrcholného a pozdního středověku, především díky bohatým měšťanům. Právě v tehdejší době byly zaznamenány prvotní snahy obuvníků o sdružování do cechů, v rámci kterých docházelo k předávání nových poznatků a řešení současné problematiky v daném oboru. Avšak společenské postavení obuvníků nebylo povětšinou vysoké, o čemž svědčí i často nevyhovující temné a vlhké prostředí v jejich dílnách. Typickými nástroji, které švec měl ve výbavě, byla dlátka, dřevěná kopyta, kovové šídlo a tzv. knejp na krájení kůží. Nemohla také chybět třínohá stolička a pracovní stolek zvaný verpánek.

Postupný vznik manufaktur v 18. století souvisí především s postupným zánikem cechů. Později totiž právě cechovní stanovy, určující mimo jiné i kolik párů obuvi smí švec za dané období vyrobit, bránily v rozvoji mnohých výrobních způsobů. V počátcích manufakturní a později tovární výroby, tedy došlo ke značnému zvýšení produkce, ale také i zhoršení kvality a estetické úrovně obuvi. Tyto problémy se ovšem postupně podařilo překonat i díky šíření odborné literatury a vznikem škol pro řemeslníky.

Jedním z nejvýznamnějších faktorů, který ovlivnil rozvoj v obuvnictví, je bezpochyby zavádění nových strojů do výroby. První vynálezy strojních zařízení, určených k sešívání usní, pocházejí ze čtyřicátých let 19. století. Příkladem je obuvnický šicí stroj značky Minerva na obr. 3, který zaujme mimo jiné i svou zdobnou konstrukcí. Avšak postupem času se požadavky na strojní vybavení neustále zvyšovaly, a tak docházelo k vynalézání strojů určených pro napínání svršků či vysekávání jednotlivých dílců obuvi.



Obr. 3 Obuvnický šicí stroj Minerva [3]

Ve čtyřicátých letech 19. století znamenal přelom v oblasti doposud používaných materiálů objev vulkanizace. Při zhotovování obuvi se začal používat nový materiál – kaučuk. Obliba tohoto materiálu v počátcích způsobila šíření obav, aby tradiční ševcovské řemeslo nezaniklo. Proces vulkanizace je podrobněji popsán v další kapitole této práce. Z kaučuku se začaly zhotovovat jak podešve, tak i celopryžová obuv. To mělo za následek zavádění nových postupů při výrobě [3].

Počátkem 20. století se rozvíjela rychlým tempem industrializace v obuvnictví a s tím související tovární výroba. Velký podíl na rozvoji měly především velké obuvnické firmy. Nicméně druhá světová válka dynamický rozvoj ve výrobě obuvi nejen u nás, ale i ve světě téměř zcela zastavila.

Za pozornost stojí také vývoj obuvnictví na našem území, který významně ovlivnila firma Baťa Zlín, jež se proslavila svými výrobky a technologickou vyspělostí téměř po celém světě [3]. Především díky Baťovi patřilo tehdejší Československo na konci 30. let k obuvnickým velmocem. Centrální továrna se sídlem ve Zlíně měla kromě obuvnických výrobních linek dokonce své vlastní strojírny, kde vyráběla a vyvíjela mimo jiné i obuvnické a koželužské stroje. Zlom nastal po druhé světové válce, kdy byla továrna Baťa znárodněna a přejmenována na Svit. Nicméně výroba obuvi, ale i obuvnických strojů pokračovala a rozvíjela se. Však také obuvnické a koželužské stroje tvořily pro tehdejší zlínský region zejména v 70. a 80. letech poměrně významný vývozní artikl. Je velká škoda, že výroba a vývoj strojního zařízení pro obuvnický průmysl na našem území v 90. letech minulého století prakticky zanikl. Stejně tak skončila i velkovýroba obuvi, v jejíž produkci bylo tehdejší Československo na světové špičce.

V průběhu 20. století bylo postupně dosaženo mechanizace jednotlivých pracovních operací ve výrobě obuvi vyvinutím celé řady důmyslných, především jednoúčelových strojů. Prvotní parní pohon byl nahrazen hydraulickým či pneumatickým. V současnosti, jsou pohyby téměř každého stroje, z velké části řízeny programovatelnými automaty.

Zavádění robotů v procesu výroby obuvi se nyní stává velkou vizí mnoha konstruktérů v tomto oboru. Dá se říci, že se v tomto směru daří dosahovat nemalých pokroků. Příkladem je robot firmy Desma viz obr. 4, který je určen pro nanášení lepidla, aplikaci separačních přípravků do forem, nebo drásání svršků. Jedná se o vůbec první robotické řešení, kde bylo při testech dosaženo nevídané přesnosti a opakovatelnosti jednotlivých operací [4].



Obr. 4 Kombinovaný robot firmy Desma [4]

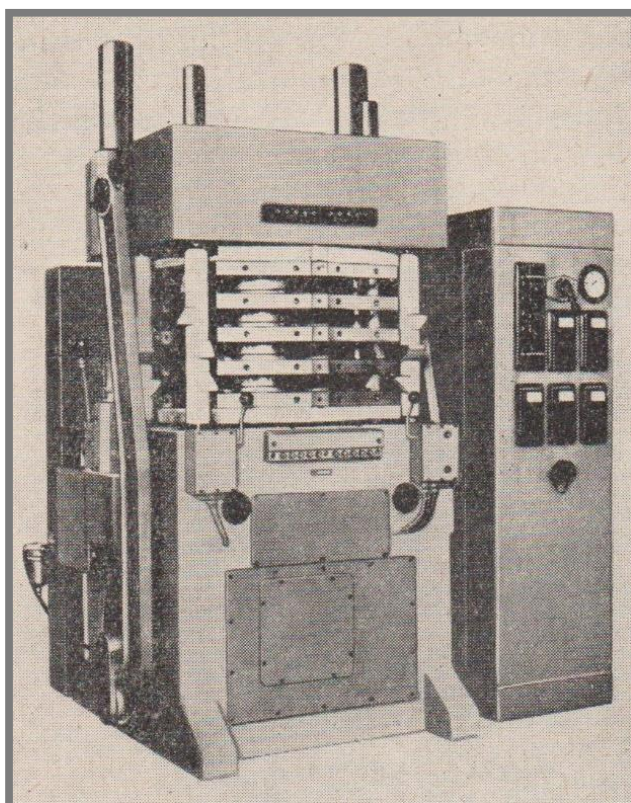
Za další progresivní technologii lze označit 3D tisk, která je zatím ve fázi vývoje. Své uplatnění by mohla najít například při navrhování designu obuvi, či výrobě zakázkových obuvnických kopyt.

2.2 Vulkanizace

Vulkanizace je definována jako fyzikálně chemický děj, při němž účinkem vulkanizačních činidel dochází ke strukturálním změnám elastomeru [5].

Byla objevena v roce 1839 Charlesem Goodyearem a Thomasem Hancockem. Plasticko-elastický kaučuk se stává vlivem vulkanizace plně elastickým a zároveň se zvyšuje jeho pevnost a nerozpustnost. Přičemž mění svůj objem, ale zachovává tvar. Většina kaučukových směsí vulkanizuje při teplotách od 140 do 180 °C. Časový interval se pohybuje od 2 až do 30 minut podle tloušťky materiálu. Teplotu i dobu vulkanizace, ale i výsledné vlastnosti pryže lze ovlivnit vulkanizačními přísadami [5].

Pro řadu užitných vlastností, nachází z vulkanizovaný kaučuk uplatnění v mnoha průmyslových odvětvích, včetně obuvnického. Mezi první pryžovou obuv patřily galoše, postupem času se její používání rozšířilo i na obuv pracovní, kde se pryž začala kombinovat s textilem, nebo kůží. K výrobě této celogumové či gumotextilní obuvi se užívá speciálních vulkanizačních lisů [1]. V etážových lisech na obr. 5 se vulkanizují pryžové podešve a podpatky. Modernějším způsobem zpracování kaučukových směsí je přetlačování. Předem určené množství směsi se vytlačí přímo do vyhřáté formy.



Obr. 5 Etážový vulkanizační lis [6]

2.2.1 Vulkanizační přísady

2.2.1

K realizaci samotného procesu jsou důležitá vulkanizační činidla. Nejvýznamnějším činidlem je síra, dále pak chlorid sirný či některé typy pryskyřic. Další přísadou jsou urychlovače, které přispívají nejen k urychlení procesu, ale mají také vliv na výsledné vlastnosti pryže. Velkou roli při volbě urychlovačů hraje jejich kritická teplota. Ta nám udává, při jaké teplotě začíná urychlovač působit. Aktivátory, retardéry, plnidla, změkčovadla či antioxidanty jsou jedny z dalších přísad přidávané do kaučukových směsí [5]. S neustále se zvětšujícím spektrem požadavků, které jsou kladeny na výsledné vlastnosti výrobků z pryže, existuje dnes na trhu celá řada vulkanizačních přísad.

2.2.2 Způsoby vulkanizace

2.2.2

Mezi celou řadou způsobů převládá vulkanizace za zvýšené teploty. Volba způsobu se zpravidla určuje podle tvaru a velikosti výrobku. Dále uvedené způsoby se využívají při výrobě technické pryže [6].

Prvním způsobem je vulkanizace v lisech. Zařízením jsou dnes převážně hydraulické (dříve mechanické) lisy, ve kterých se směs vulkanizuje ve vulkanizačních formách, nebo přímo mezi vyhřívanými etážovými deskami stroje. Dříve byly etážové desky vyhřívány vodní párou, dnes je již vyhřívání převážně elektrické. Fólie, pásy nebo desky, které se vyrábějí ve větších délkách v rotačních lisech. Základním článkem stroje je vyhříváný válec – buben, vyhříváný zpravidla párou [6]. Mezi další metody řadíme vulkanizaci v kotli, komorách či v tunelech. Těchto způsobů se využívá pro výrobky, které se v průběhu procesu netvarují, tudíž nevyžadují vysoký tlak. Jedná se zejména o vytlačované profily, hadice a celou řadu pogumovaných výrobků. Se stále se zvyšující snahou zvýšit efektivitu celého procesu se vyžívá tzv. kontinuální vulkanizace v tunelech. Hlavní výhodou této stále používanější metody je značné snížení nákladů a zajištění plynulosti výroby.

Jak již bylo zmíněno, pro výrobu obuvi z pryže byla vyvinuta speciální strojní zařízení. Zpravidla se jedná o různé typy vulkanizačních lisů, které jsou primárně rozděleny do dvou skupin:

První skupina slouží k přivulkanizování pryžové podešve na textilní svršek. Druhou skupinu tvoří stroje na výrobu celopryžové obuvi. Lisy mohou mít také různý počet vulkanizačních stanic, avšak nejčastěji používané jsou dvoustanicové. A to z důvodu možnosti lisovat pravý půlpár v jedné stanici a levý ve stanici druhé, což v důsledku znamená výrobu úplného páru obuvi vždy na jednom stroji. S ohledem na dané skutečnosti bude pojezd pro ocelovou nožku navržen pro dvoustanicový vulkanizační lis pryžových podešví typu SVIT 101082.

2.3 Charakteristika vulkanizačního lisu obuvi SVIT 101082

Stroj je určen pro tvarování a přivulkanizování pryžových podešví na textilní nebo usňový svršek na kovové nožce do výšky obuvi 350 mm.



Obr. 6 Vulkanizační lis SVIT 101082 [7]

Vulkanizační lis (obr. 6) tohoto typu byl vyvíjen v národním podniku Svit Gottwaldov již koncem 50. let minulého století, což dokládá patentní spis podaný roku 1960 [2]. Podstatnou konstrukční odlišností od ostatních sériově vyráběných vulkanizačních lisů pro obuv je systém tzv. „lisovací nožka chodidlem nahoře“, jehož největší předností je především možnost lisovat celopryžovou obuv. Nicméně značným nedostatkem oproti jiným systémům je především velký obestavěný prostor stroje a náročnější manipulace s ocelovou nožkou po pracovním stole.

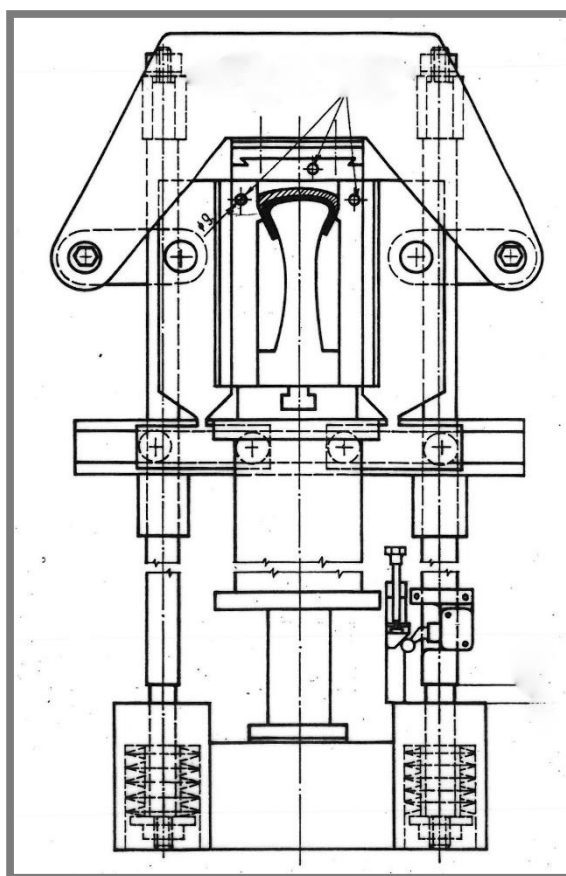
I přes zmiňované nedostatky, je tento typ stroje stále ve velké míře používán zejména při výrobě vojenské polovysoké a vysoké obuvi a některých typů pryžových tenisek.

2.3.1 Technický popis

2.3.1

Stroj má vlastní hydraulický pohon. Sestává ze dvou lisovacích stanic, které pracují nezávisle na sobě. Svírání lisovací stanice (obr. 7) probíhá přes hydraulický válec. Kolmý pohyb horní části s lisovací deskou zajišťují táhla, vodorovné svírání bočních desek je prováděno pomocí pákového mechanismu. Lisovací desky jsou elektricky vytápěny. K zajištění potřebné lisovací síly slouží svazky talířových pružin, které jsou umístěny na spodním konci táhel [7].

Lis je vybaven programovatelným logickým automatem pro regulaci nastavených vulkanizačních teplot, otevírání a zavírání stanice po uplynutí navolené doby vulkanizace. Lze také zajistit vytápění ocelových nožek v lisovacích stanicích i na pracovním stole.



Obr. 7 Pracovní ústrojí lisovací stanice [7]

2.3.2 Popis pracovní operace prováděné na stroji

Pracovník nejprve nazuje napnutý svršek na předehřátou ocelovou nožku. Po odrásání, odmaštění a nanesení přípravků, které zlepšují vzájemné spojení kaučuku a svrškového materiálu po zvulkanizování, se aplikuje předem připravená nálož kaučuku. Poté pracovník manuálně přemístí nožku se svrškem do lisovací stanice, která je již předehřátá na příslušnou vulkanizační teplotu. Při stisknutí tlačítka se stanice uzavře, k jejímu otevření dojde, až po uplynutí přednastavené vulkanizační doby. U jedné stanice jsou k dispozici vždy dvě kovové nožky. Díky tomu může pracovník během doby, kdy je druhá nožka ve stanici, nachystat k vulkanizaci druhý svršek. Po automatickém otevření stanice, vyjme pracovník nožku ven ze stanice (obr. 8) a místo ní vloží druhou, již předchystanou. Nakonec podle potřeby dochází k odřezání přetoků zvulkanizovaného kaučuku a vyzutí finálního svršku.



Obr. 8 Výrobní operace na stroji

V návaznosti na uvedený výrobní postup, je třeba zmínit požadavky obuvnických provozů o jeho zefektivnění v co největší míře. Je třeba si uvědomit, že dobu vulkanizace (přibližně 12 minut) zkrátit nelze. Proto je zapotřebí eliminovat buď čas, po který je stanice lisu nevyužita, nebo snížit počet potřebných pracovníků u stroje na minimum. Řešení bylo nalezeno ve vyšší úrovni automatizace u tohoto typu stroje. V konečném důsledku by tedy došlo ke snížení výrobních nákladů, a tím i k možnosti snížit cenu výsledného produktu.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3

3.1 Analýza problému

3.1

Z dosavadních poznatků vyplývá, že při výrobě obuvi na stroji typu SVIT 101082, sloužící k přivulkanizování pryžové podešve na svršek obuvi, je patrná stále značná potřeba přítomnosti a úkonů pracovníka.

Po jednání s firmou Svit Machinery s.r.o., bylo dohodnuto, že se v rámci modernizace daného typu stroje manipulace s ocelovou nožkou zautomatizuje. Tato inovace by znamenala, že po otevření stanice, by došlo k automatickému vysunutí nožky ven a přemístění druhé nožky opět do stanice. Poté by se stanice automaticky zavřela. Snížila by se tak potřebná doba přítomnosti pracovníka, který by mohl v překrytém čase obsluhovat jiný stroj.

Konstrukční řešení bude obsahovat návrh vedení, ve kterém se bude kovová nožka pohybovat. To bude umístěno na stávající pracovní desce stroje. Předmětem další části řešení bude návrh pohonu pro přemístění dané nožky a vytvoření příslušné výkresové dokumentace.

Přičemž musí být dodrženy následující podmínky zadané firmou SVIT Machinery:

- Instalace zkonstruovaného zařízení bude provedena bez značných zásahů do stávající konstrukce vulkanizačního lisu obuvi s označením SVIT 101082.
- V případě potřeby může být změněn tvar vodících drah ve stávající pracovní desce stolu, přičemž musí být zachován současný systém, aby bylo možné používat současně dvě kovové nožky u jedné lisovací stanice.
- Pojezd bude navrhnut tak, aby bylo možno i nadále používat ocelové nožky nynějšího typu.

Parametry ocelové nožky:

- hmotnost 24 kg
- šířka 120 mm
- délka 270 mm
- výška 380 mm

3.2 Cíl práce

3.2

Cílem práce je konstrukční návrh pojezdu pro přemístění ocelové nožky do lisovací stanice a zpět s těmito parametry: automatický pojezd, stroj SVIT 101082, hmotnost nožky 24 kg, šířka 120 mm, výška 380 mm. Tímto by se pracovní operace prováděná na daném stroji více zautomatizovala a pracovník by mohl obsluhovat v případě potřeby více strojů. V důsledku by tedy došlo ke zvýšení efektivity procesu výroby obuvi na tomto typu stroje.

4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

4.1 Varianty vedení pro ocelovou nožku



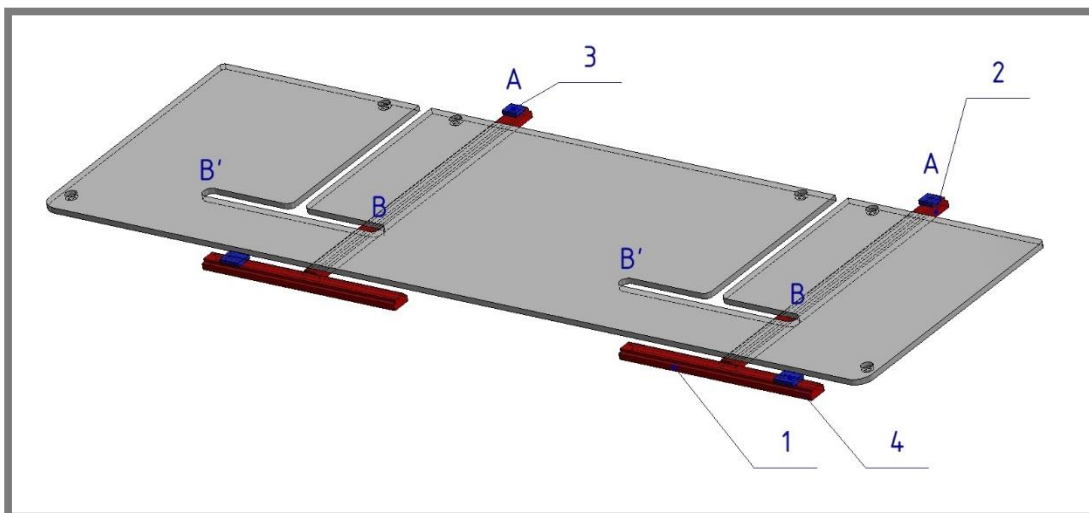
Obr. 9 Vizualizace vulkanizačního lisu obuvi SVIT 101082 P33

Podstatným nedostatkem při manipulaci s ocelovou nožkou u současném provedení stroje (obr. 9) je značná třecí síla mezi deskou pracovního stolu a základnou nožky. Deska pracovního stolu je vyrobena z oceli E 335. Pro zvýšení tvrdosti a odolnosti proti otěru na povrchu je opatřena vrstvou chromu, přičemž předepsaná hodnota struktury povrchu je $1,6\mu\text{m}$. Nožka je vyrobena také z oceli, struktura kontaktního povrchu je opět $1,6\mu\text{m}$.

Nicméně při posouvání nožky vzniká poměrně značná třecí síla. Pro snížení této síly se v praxi na desku stolu aplikuje vrstva maziva, čímž dochází ke snížení tření. Ve výrobních provozech se běžně nanáší vrstva vazeliny. Nicméně po její aplikaci dochází poměrně rychle k jejímu znečištění a v důsledku toho i k opětovnému zvýšení tření. Je tedy třeba znečištěnou vrstvu vždy setřít a nanést novou. Kromě toho je mastný povrch při manipulaci s čistými svršky nežádoucí, právě z důvodu jeho možného znehodnocení. Proto byly navrženy dvě varianty řešení, které výskyt maziva na ploše pracovního stolu eliminují.

4.1.1 Užití lineárního vedení

Lineární vedení je přesný a jednoduchý vodící systém, tvořený kolejnicemi, vodicími rolnami, čepy nebo oběhovými kuličkami. Jeho uplatnění v mnoha průmyslových odvětvích je v současnosti velkým trendem. Přestože se oblast jeho využití stále více rozšiřuje, tak v případě dvou sbíhajících se drah užitých na současném provedení stroje, není pohyb za pomoci lineárního vedení v současnosti běžně dostupný.



Obr. 10 Návrh lineárního vedení

Řešení pojezdu na obr. 10 sestává ze dvou lineárních drah opatřených vozíky s rolnami. Při otevření stanice (A) se kovová nožka uchycená na vozíku (3) přemístí po vedení (2) směrem ven do polohy, kde je drážka v desce stolu rozdvojená. Poté se pomocí elektromagnetu zachytí na připravený vozík (4). Následně dojde k posunutí vozíku s nožkou po vedení (1) až do jedné z koncových poloh (B), kde dojde elektromagneticky k odepnutí, aby se mohl daný vozík volně přemístit. Mezitím je v protější koncové poloze připravena druhá nožka, která může být přemístěna vozíky opět do lisovací stanice (A).

Výhody daného řešení:

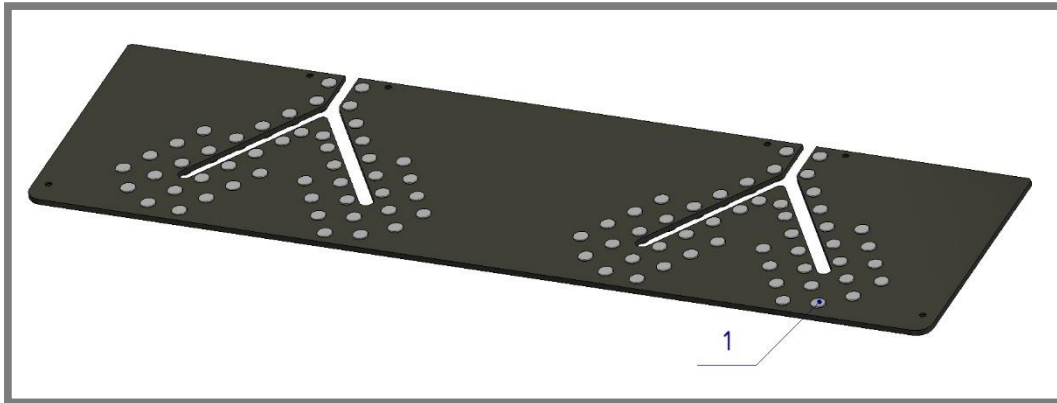
- poměrně jednoduchá úprava vodicích drah v desce stolu
- možnost pohonu, který by byl již součástí navrženého lineárního vedení
- zajištění značné přesnosti jednotlivých poloh

Nevýhody daného řešení:

- upínání nožky na vozík s rolnami pomocí elektromagnetu je značně komplikované, obzvláště v místě, kde dochází k rozdělení drah
- v daném případě jsou nutné specifické požadavky na mechanické vlastnosti vodicího systému v oblasti lisovací stanice, kde je zvýšená teplota a tlak
- vysoké nároky lineárních modulů na čistotu prostředí při provozu

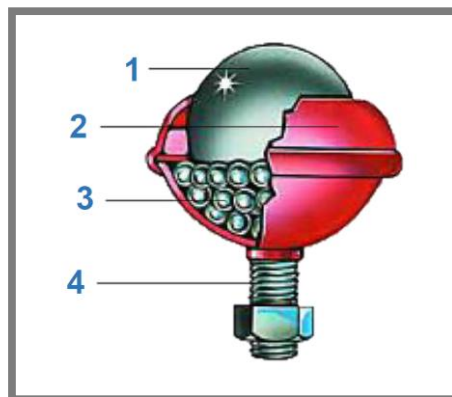
4.1.2 Vedení pomocí kuličkových hnízd

Druhou variantou viz obr. 11, je použití valivých hnízd. Valivá hnízda (1) by byla nainstalována přímo na pracovní desku stolu, do předem připravených zahloubení a zároveň také na desku v lisovací stanici.



Obr. 11 Návrh vedení pomocí kuličkových hnízd

Kuličkové hnízdo neboli kuličková přenosová jednotka se uplatňují zejména v oblasti manipulace s materiálem či různými břemeny [11]. Díky tomu, že převádí smykové tření na valivé, umožňují posuv břemene v jedné rovině v jakémkoli směru velmi malou silou.



Obr. 12 Kuličkové hnízdo [10]

Kuličková jednotka na obr. 12 sestává z jedné nosné koule (1), která je uložena v sedle z malých kuliček (3). Sedlo obvykle vzniká uložením kuliček do kalené polokulovité misky (2). Z vlastní konstrukce jednotek vychází i způsob upevnění (4), který většinou disponuje snadnou instalací na místo jejich využití.

Výhody daného řešení:

- značné snížení odporu působícího proti pohybu ocelové nožky
- možnost libovolného uspořádání kuličkových hnízd podle daného tvaru dráhy
- snadná instalace a výměna
- téměř žádné nároky na údržbu – nevyžadují mazání
- běžně k dispozici velké množství různých typů – odolné proti zvýšenému tlaku či teplotě

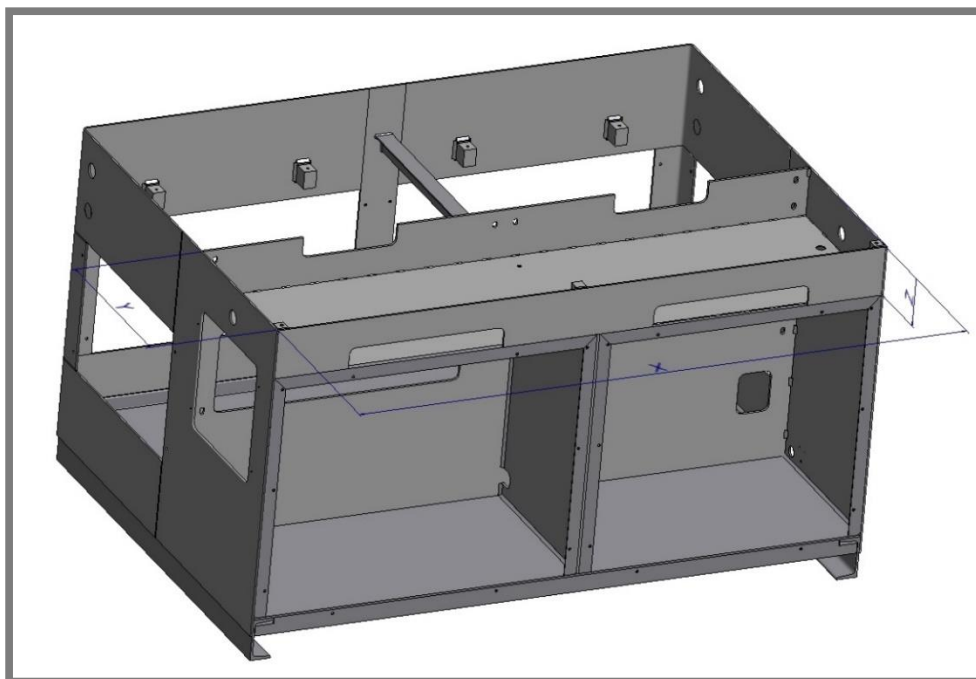
Nevýhody daného řešení:

- v našem případě bude nutno zhotovit velké množství otvorů, za účelem instalace každé kuličkové jednotky, což zvyšuje nároky na dodatečnou úpravu pracovní desky stolu

4.2 Varianty systému pro pohon pojezdu

4.2

Pohon pro pojezd se bude nacházet v prostoru pod pracovní deskou, který byl v minulosti využíván pro spád odpadového materiálu při odstraňování přetoků pryže. Jsou vypracovány tři varianty, které lze do daného prostoru umístit tak, aby byly zásahy do stávající nosné konstrukce stroje (obr. 13) minimální.



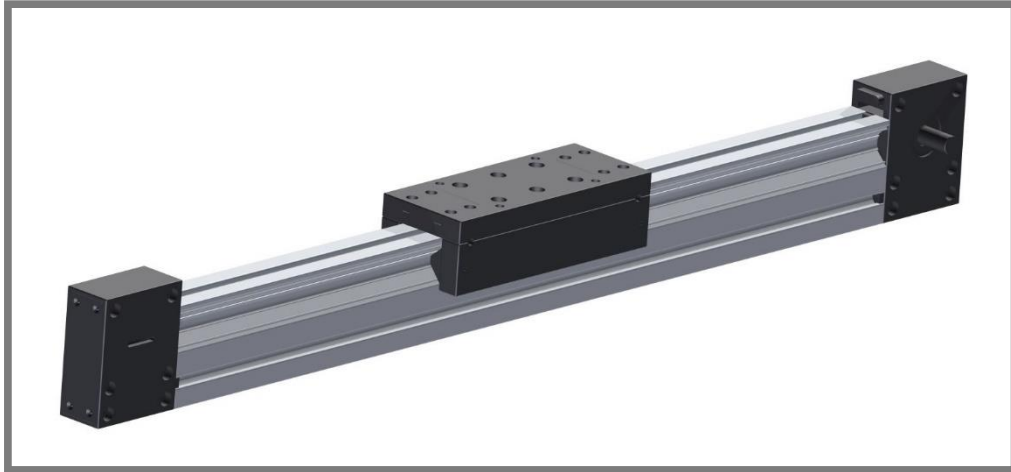
Obr. 13 Pohled na užitný prostor ve stroji

Výchozím bodem pro návrh nosné konstrukce pro pohon jsou parametry prostoru, ve kterém bude umístěn obr. 13. Při návrhu budou uvažovány zjištěné hodnoty:

- $X = 1482 \text{ mm}$
- $Y = 396 \text{ mm}$
- $Z = 120 \text{ mm}$

4.2.1 Užití pneumatického bezpístnicového válce

Jde v podstatě o jediný typ válce, který vyhovuje rozměrům daného prostoru pod pracovní deskou. Oproti jiným druhům válců má při daném zdvihu nejmenší nároky na prostor. Ačkoli má vulkanizační lis vlastní hydraulický agregát, aplikace hydraulického válce byla především z důvodu náročnosti napojení na současný systém pohonu stanic vyloučena. Válec (obr. 18) tedy potřebuje pro pohon přívod stlačeného vzduchu, což by neměl být ve většině výrobních provozů problém.



Obr. 14 Model bezpístnicového válce [18]

Výhody daného řešení:

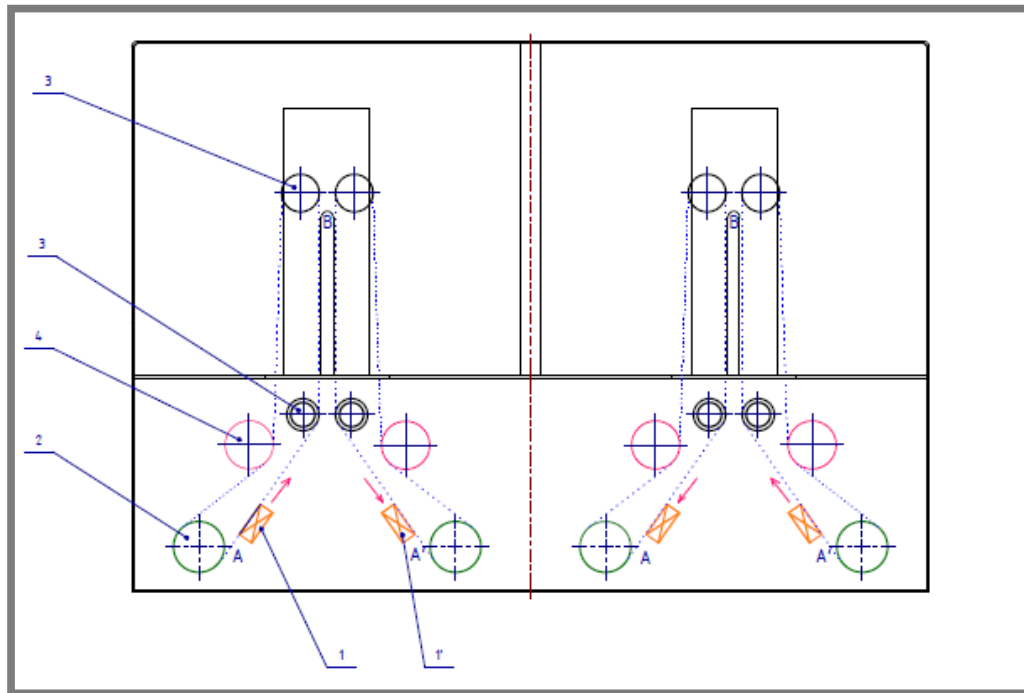
- relativní jednoduchost daného řešení v důsledku dostupnosti tohoto druhu válce v mnoha provedeních
- kompletní konstrukci pojezdu lze díky užití tohoto typu válce umístit pouze do užitého prostoru o daných rozměrech, což u je u ostatních variant vyloučeno z důvodu velikosti potřebné pohonné jednotky

Nevýhody daného řešení:

- aplikace tohoto typu válce se v našem v případě váže jen na užití lineárního modulu pro vedení nožky, protože v kombinaci s návrhem kuličkových hnízd by se situace značně zkomplikovala
- pneumatický pohon neumožňuje rovnoměrný pohyb pístu z důvodu stlačitelnosti vzduchu
- vysoké požadavky na čistotu provozního prostředí
- nutná pravidelná údržba

4.2.2 Pohon pomocí ozubeného řemene

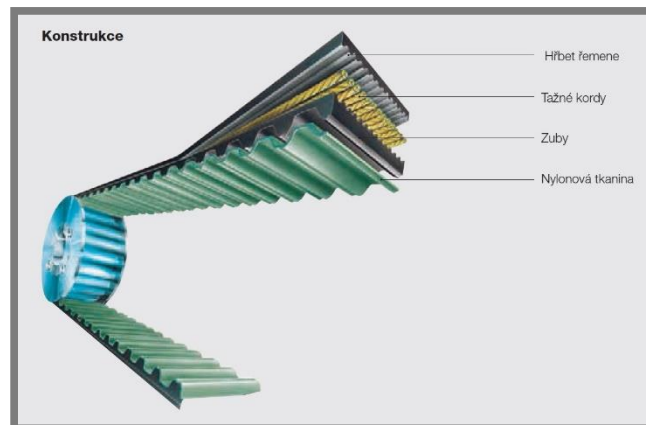
V případě použití ozubeného řemene, bude systém pohonu sestávat z několika účelně umístěných řemenic a pohonné jednotky.



Obr. 15 Schéma pojezdu pro ocelovou nožku

Navrhovaný pojezd na obr. 15 přemístí ocelovou nožku (1) z bodu A, který se nachází na pracovním stole vulkanizačního lisu, do prostoru lisovací stanice, jenž vyznačen bodem B. Tam následně dojde k zavření stanice a zalisování kaučukové podešve při vulkanizační teplotě. Po skončení procesu a následném otevření stanice bude nožka opět automaticky přemístěna zpět do bodu A. Teprve poté, bude umožněn pohyb druhé nožky (1') z bodu A' opět do bodu B.

Příčemž nožka bude uchycena v držáku pevně spojeném s ozubeným řemenem. Ale zároveň musí být umožněno pracovníkovi, aby s nožkou mohl v koncové poloze (A, A') libovolně otáčet. Dále bude systém navrhnut tak, aby bylo možno zvolit libovolnou polohu dané v daný čas, z čehož vyplývá návrh dvou pohonných jednotek u jedné lisovací stanice stroje.



Obr. 16 Konstrukce ozubeného řemene [5]

Ozubený řemen (obr. 16) je složen z několika vrstev, z nichž nejpodstatnější vliv na jeho mechanické vlastnosti mají tažné kordy. Ty bývají většinou ocelové, na rozdíl od zubů a hřbetu řemene, které jsou vyrobeny z polyuretanu či nylonové směsi.

Výhody ozubeného řemene:

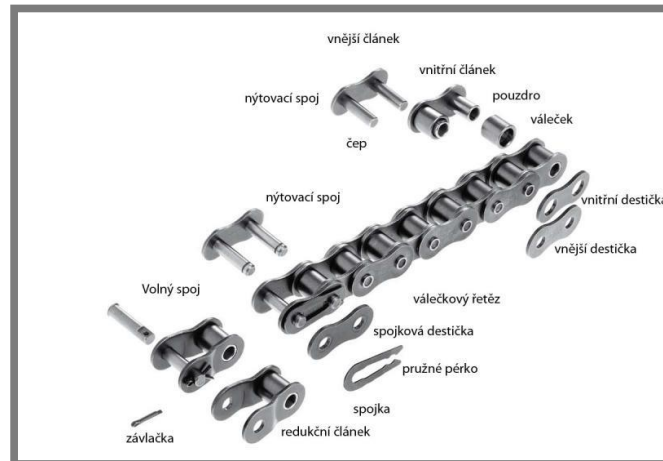
- je vhodný pro přenos výkonu na velké osové vzdálenosti
- na rozdíl od ostatních řemenů zde nedochází ke creepu a prokluzu.
- snadná údržba – nepotřebuje mazání
- v poslední době dochází k výraznému rozšiřování oblasti jejich využívání a to především díky zvyšování odolnosti vůči chemikáliím, brusným účinkům nečistot a vyšším teplotám.
- jeho provoz není hlučný
- je lehký

Nevýhody ozubeného řemene:

- natahování – nutnost napínacích kladek
- malá odolnost vůči rázovým zatížením
- stále ještě poměrně malá teplotní odolnost v porovnání s ozubenými koly či řetězem

4.2.3 Řetězový pohon

Při užití řetězu, bude systém pohonu totožný se systémem popsáným na obr. 15. Pro můj případ jsem zvolil řetěz válečkový, který je v současnosti nejvíce uplatňován v oblastech převodů.



Obr. 17 Konstrukce válečkového řetězu [16]

Válečkový řetěz na obr. 17 se primárně skládá z několika typů destiček. Velmi podstatnou funkci plní také čepy, které vytváří společně s pouzdrům nosnou část řetězu a samozřejmostí jsou válečky.

Výhody ozubeného řemene:

- nutné menší předepnutí než u řemenů
- nedochází k prokluzu
- vysoká trvanlivost a účinnost
- velká odolnost vůči rázovým zatížením
- nenáročný na provozní podmínky jako jsou nečistoty nebo vysoká teplota

Nevýhody ozubeného řemene:

- podstatně vyšší hlučnost chodu než u ozubeného řemene
- vyžaduje pravidelné mazání
- při použití malých průměrů řemenic jako v mém případě, chod řetězu nerovnoměrný
- zvětšování délky v důsledku opotřebení

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

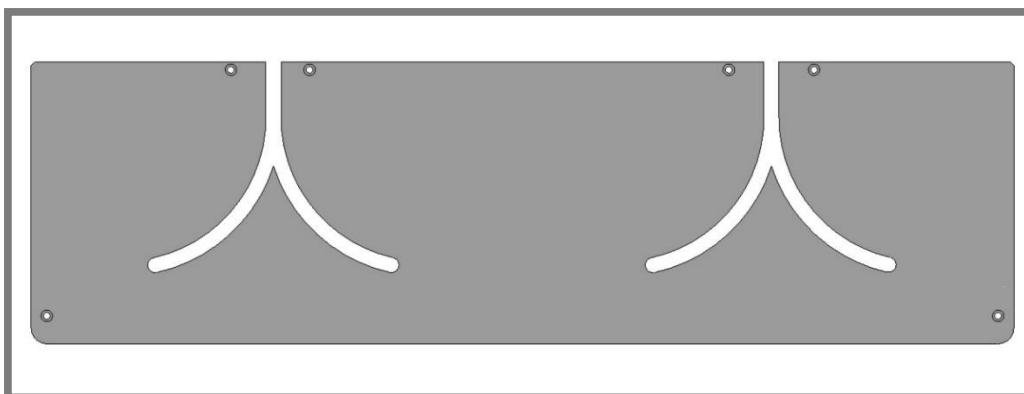
Po pečlivém uvážení všech navrhovaných variant řešení, jsem se rozhodl pro pohon pomocí ozubeného řemene v kombinaci s vedením, které bude sestávat z kuličkových hnízd.

5.1 Úprava tvaru drah v desce pracovního stolu

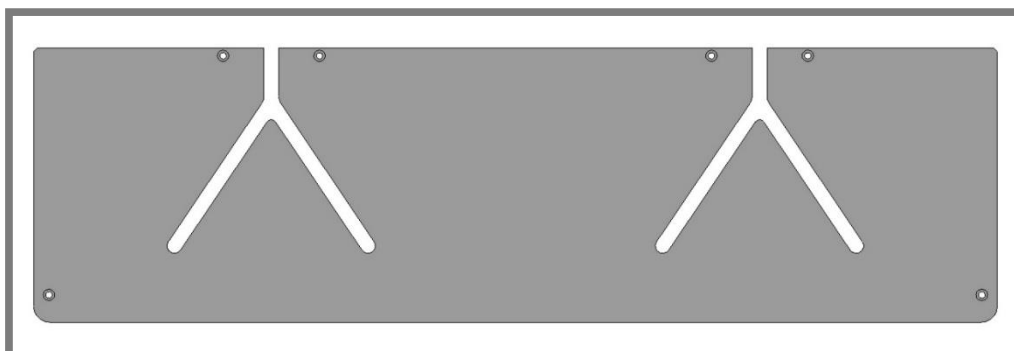
Zachování původního tvaru vodící dráhy (obr. 18) je značně nevýhodné jak pro návrh vedení, tak také pohonu kovové nožky. Po uvážení byl změněn průběh drážky v části, kde dochází k jejímu rozdělení. Prvotní rádiusový tvar byl tedy změněn na liniový. Přičemž byla upravena koncová rozteč drah tak, aby nebyl jejich průběh po narovnání příliš prudký. Při této úpravě jsem respektoval jednu z podmínek, kterou stanovila firma Svit Machinery s.r.o.. Tím pádem musel být zachován původní systém rozdělení drah. Konečná úprava je znázorněna na obr. 19.

Výhody, které přináší úprava tvaru drah v desce pracovního stolu:

- Zmenšení délky jedné dráhy ze 445 mm na 355 mm.
- Zjednodušení, které se výrazně projeví při navrhování systému pohonu pro pojezd.



Obr. 18 Původní provedení vodících drah



Obr. 19 Průběh vodících drah po úpravě

5.2 Návrh vedení pomocí kuličkových hnízd

5.2

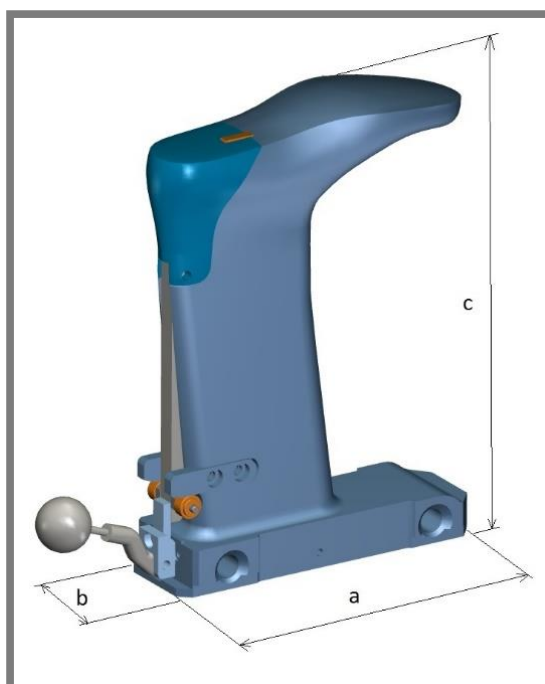
Za účelem odbourání časného nanášení vrstvy vazeliny, bude vedení pro ocelovou nožku v desce jak pracovního stolu, tak také ve stanici opatřeno kuličkovými hnízdami.

5.2.1 Parametry pro návrh kuličkového vedení

5.2.1

Velkou oporou při navrhování mi byl katalog firmy Bosch [8], v jehož úvodu je vypracován postup pro určení rozmístění a volbu typu valivého hnízda vyhovující daným provozním podmínkám. Proces vulkanizace kaučukové podešve ve stroji probíhá až při teplotě 175°C. Této teploty však dosahují pouze topné desky ve stanici, avšak z důvodu vyšší provozní bezpečnosti je uvažována právě zmiňovaná hodnota teploty. Právě zvýšená teplota v okolí stanice většinu běžně vyráběných typů kuličkových hnízd vyloučila.

Nelze také opomenout fakt, že při zalisování ve stanici stroje působí na nožku se svrškem zvýšený tlak. Proto jsou v prostoru stanice navržnuta speciální kuličková hnízda s odpružením, která danému tlaku odolají.



Obr. 20 Standartní ocelová nožka [7]

V tab. 1 jsou uvedeny parametry standartní ocelové nožky (obr. 20), dodávané ke stroji SVIT 101082. A dále důležité hodnoty provozních podmínek u tohoto typu stroje.

Tab. 1 Potřebné provozní údaje

Parametr	Značka	Hodnota [-]
délka	a	270 [mm]
šířka	b	120 [mm]
výška	c	360 [mm]
hmotnost nožky	m_n	25 [kg]
vulkanizační teplota	t	175 [°C]
lisovací síla	F_L	123 [kN]

Na základě výše uvedených provozních podmínek bude navrhnuté vedení sestávat ze dvou odlišných typů valivých kuličkových elementů právě v závislosti na působícím tlaku. Provozní teplotu uvažují konstantní v celé oblasti návrhu vedení. Hodnota hmotnosti nožky již zahrnuje hmotnost svršku i kaučukové podešve.

5.2.2 Určení vhodného typu kuličkového hnízda na desce stolu

Zvýšenou teplotu okolního prostředí zahrnuje teplotní faktor f_t . Na základě hodnoty teploty t (tab. 1), tedy volím teplotní faktor roven 0,7 (tab. 2). Z uvedených údajů také vyplývá, že nosná koule bude z oceli.

Tab. 2 Hodnoty teplotního faktoru [8]

Teplota nosného elementu		Teplotní faktor
ocel [°C]	polyamid [°C]	f_t
125	40	0,9
150	50	0,8
175	60	0,7
-	70	0,6
200	80	0,5

Dáno: $m_n = 25 \text{ kg}$
 $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
 $f_t = 0,7$

Tíhová síla, kterou nožka působí na povrch desky:

$$F_G = mg = 25 \cdot 9,8 = 245,25 \text{ N}$$

Zatížení, které bude přenášet jedno kuličkové hnízdo na pracovní desce stolu [8]:

$$F_1 = \frac{F_G}{3} = \frac{245,25}{3} = 81,75N$$

Výsledné zatížení na jeden valivý element při dané teplotě prostředí [8]:

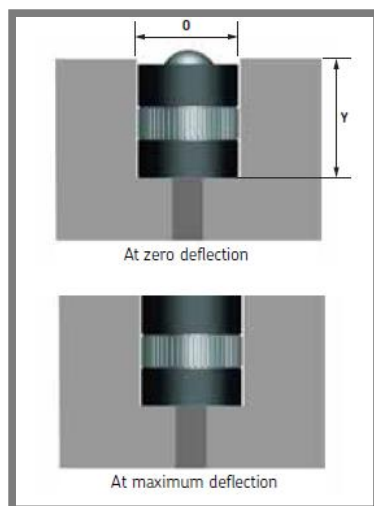
$$F_{z1} = \frac{F_1}{f_T} = \frac{81,75}{0,7} = 116,79N$$

Bylo zvoleno valivé hnízdo od firmy Norelem typu 95150-351. Podrobné údaje jsou uvedeny v příloze 1. Pouzdro i kulička jsou vyrobeny z nerezové oceli, která dobře odolává velkým zatížením a zvýšeným teplotám. Maximální dovolené zatížení je 380 N, což je více než trojnásobek zatížení, vyvolané ocelovou nožkou [9].

5.2.3 Určení vhodného typu kuličkového hnízda v lisovací stanici

5.2.3

Ve stanici působí síla F_L (tab. 1), při takto vysokém zatížení navrhují speciální odpružené valivé hnízdo (obr. 21). To je zkonstruováno tak, že při dosažení určité hodnoty působící síly dojde ke stlačení pružiny. Ta způsobí přemístění nosného elementu pod pracovní povrch a tím pádem na ni nepůsobí konečné zatížení v plném rozsahu. Po odtížení, se valivý element vysune zpět a opět plní svoji původní funkci.



Obr. 21 Kuličkové hnízdo s odpružením [11]

Pro stanovení vhodného typu hnízda je důležitá velikost již vypočtené síly F_1 [10]. To proto, aby daná síla nebyla větší, než zatížení F_{min} potřebné pro stlačení pružiny. V takovém případě by pak valivé hnízdo neplnilo svůj účel.

Nicméně, je také třeba se ujistit, že celkové zatížení při maximálním tlaku stanice je dostatečně velké, aby ke stlačení došlo. Hodnoty tohoto zatížení F_{max} jsou uvedeny v příloze 2.

Dáno: $F_1 = 81,75 \text{ N}$
 $F_L = 123 \text{ kN}$
 $f_T = 0,7$
 $F_{\min} = 88 \text{ N}$
 $F_{\max} = 198 \text{ N}$
 $F_G = 245,25 \text{ N}$

Porovnání sil F_1 se silou potřebnou ke stlačení pružiny F_{\min} :

$$F_1 < F_{\min} \rightarrow 81,75 \text{ N} < 88 \text{ N}$$

Celková síla, kterou bude nožka působit na povrch desky v lisovací stanici:

$$F_C = F_G + F_L = 245,25 + 123000 = 123245,25 \text{ N} = 123,25 \text{ kN}$$

Výsledná síla, která bude působit na jeden nosný element při dané teplotě prostředí:

$$F_2 = \frac{F_C}{3} = \frac{123250}{3 \cdot f_T} = 58,7 \text{ kN}$$

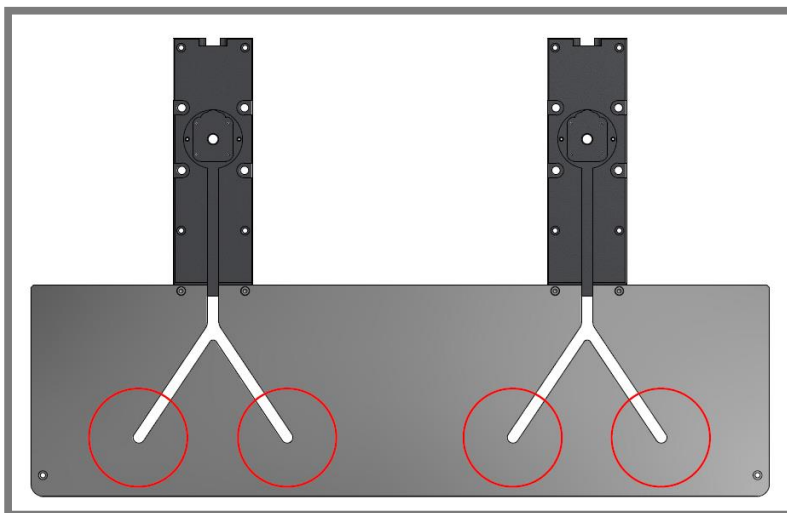
Porovnání sil F_2 se silou potřebnou k maximálnímu stlačení pružiny F_{\max} :

$$F_2 > F_{\max} \rightarrow 58700 \text{ N} > 198 \text{ N}$$

Bylo zvoleno kuličkové hnízdo SKF DL-24, odolné proti extrémnímu zatížení a vysokým teplotám. Přičemž předchozí výpočty ověřily, že je zajištěna správná funkce kuličkového hnízda. A to jak v případě, kdy lisovací síla nepůsobí, tak také při jejím působení [10].

5.2.4 Stanovení celkového počtu kuličkových hnízd na jeden stroj

Určování potřebného počtu kuličkových jednotek se bude řídit doporučeným postupem v katalogu firmy Bosch [8]. Jednotlivá hnízda budou umístěna po celé délce dráhy a to v závislosti na zatěžující síle. Dodržena musí být také podmínka, aby mohl pracovník s nožkou libovolně otáčet na konci dráhy. Oblast je na obr. 22 ohraničena červeně.



Obr. 22 Náhled na vodící dráhy bez kuličkových elementů

Při výpočtu se uvažují již zadané parametry nožky (tab. 1). Povrch, kde dochází ke vzájemnému styku základny nožky a desky pracovního stolu, považují za hladký a jednotný.

Určení vzdálenosti mezi jednotlivými kuličkovými elementy:

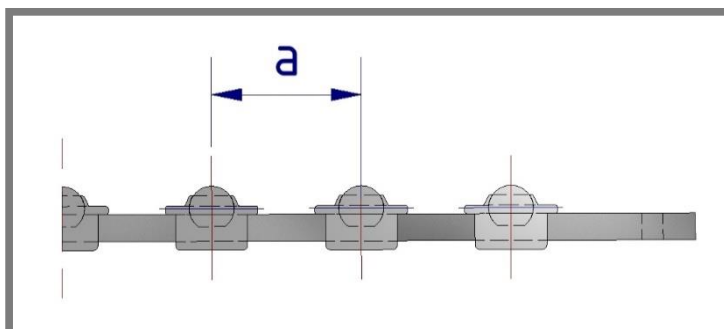
$$\text{Dáno: } a = 270 \text{ mm} \\ b = 120 \text{ mm}$$

Při stanovování vzdálenosti mezi jednotlivými hnízdy je třeba počítat s menším rozměrem styčné plochy, který dosadíme do vzorce pro výpočet vzdálenosti a_1 :

$$a_1 = \frac{b}{2,5} = \frac{120}{2,5} = 48 \text{ mm}$$

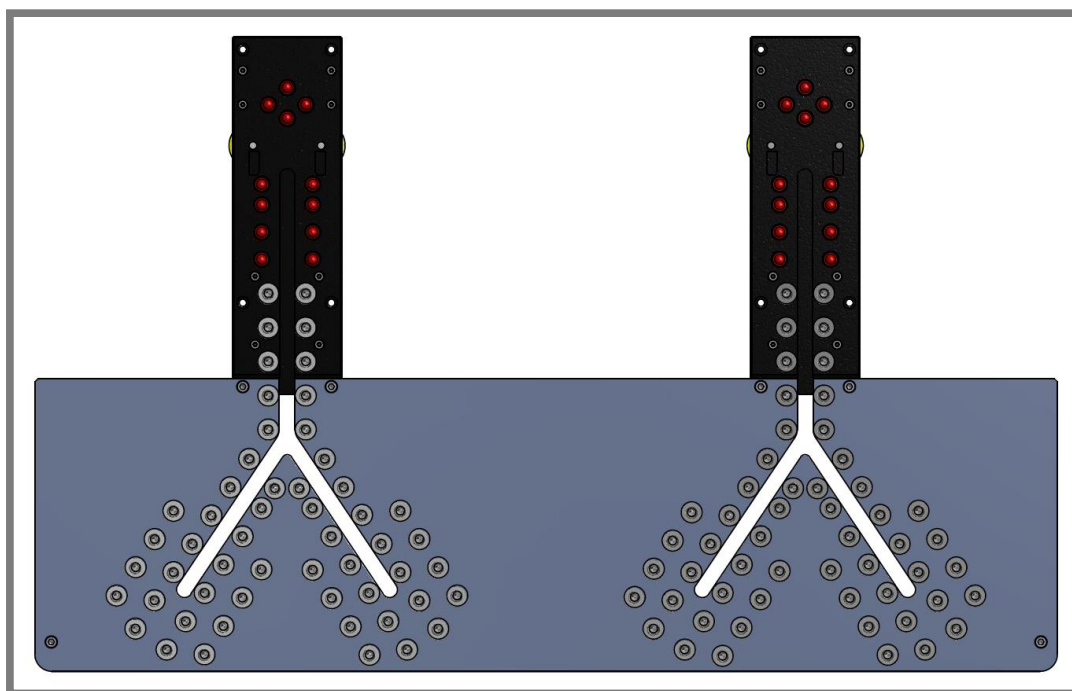
Z hlediska následné výroby potřebných otvorů pro daná hnízda, je vhodnější zvolit zaokrouhlenou hodnotu vzdálenosti a_2 . Po uvážení byla zvolena hodnota vyšší, na základě faktu, že hodnoty zatížení jednotek na desce F_{z1} jsou více jak třikrát menší, než je zatížení dovolené výrobcem [8]. Volbou vyšší hodnoty, se návrh vedení značně zjednoduší.

$$\text{Zvoleno: } a_2 = 50 \text{ mm}$$



Obr. 23 Detail řezu pracovní desky s kuličkovými hnízdy

Předpokládané rozvržení kuličkových elementů je na obr. 24. Celkový počet jednotlivých typů kuličkových hnízd jsou shrnuty v tab. 3.



Obr. 24 Vizualizace vedení pomocí kuličkových elementů

Při návrhu uspořádání jednotlivých kuličkových jednotek jsem respektoval následující podmínky:

- Jednotlivá kuličková hnízda jsou od sebe vzdálena nejvýše 50 mm.
- Aplikace odpružených hnízd (na obr. 24 vyznačena červeně) je pouze v místech, kde bude na kovovou nožku působit lisovací síla.
- Valivé elementy jsou navrhnuty na vnějších koncích drah tak, aby mohl pracovník v případě nutnosti s nožkou otáčet a hnízda stále plnila svůj účel.

Tab. 3 Množství užitých kuličkových jednotek

Typ kuličkového hnízda	Počet na stanici	Počet na stroj
Norelem 95150-351	54	108
SKF DL-24	12	24

Potřebnou úpravu dílců desek zahrnuje výkres desky pracovního stolu v příloze [2]. Návrhem desky, umístěné v lisovací stanici bude věnována pozornost v další části této práce při návrhu pohonu kovové nožky pomocí ozubeného řemene.

5.2.5 Stanovení výsledného koeficientu tření a třecí síly

5.2.5

Pro budoucí návrh pohonu, ale také výsledné zhodnocení aplikace kuličkových hnízd v daném případě je třeba určit třecí sílu, která bude působit při pohybu s nožky po ocelové desce.

Výpočet třecí síly při původní aplikaci vrstvy maziva

Tab. 4 Hodnoty koeficientu tření [13]

Materiál 1	Materiál 2	Statický		Dynamický	
		suchý	mazáno	suchý	mazáno
ocel	ocel	0,78	0,05-0,11	0,42	0,029-0,12

V tab. 4 jsou uvedeny koeficienty smykového tření pro případ „ocel na ocel“. Při výpočtu budu uvažovat statický koeficient tření f_0 , protože posouvání nožky probíhá při malých rychlostech. Z důvodu postupného znečišťování vrstvy vazeliny volím hodnotu větší koeficientu z daného intervalu.

Dáno: $F_G = 245,25 \text{ N}$
 $f_0 = 0,11$ (zvoleno)

$$F_{t1} = f_0 F_N = f_0 F_G = 245,25 \cdot 0,11 = 26,98 \text{ N}$$

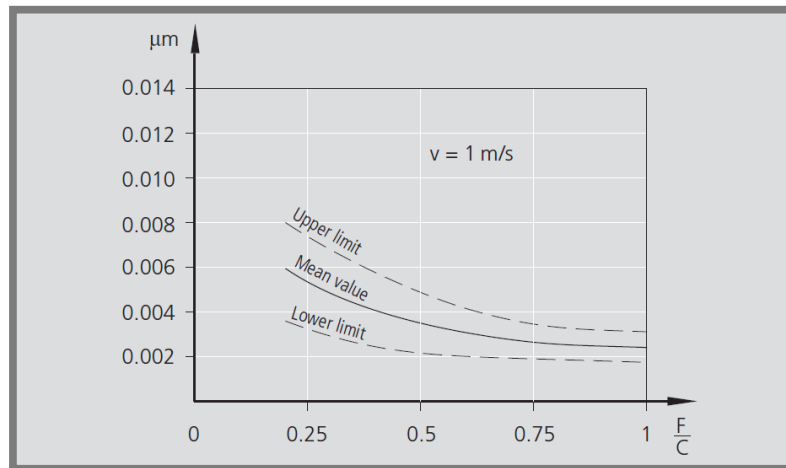
Výpočet síly valivého odporu při užití kuličkových hnízd

Je nutné si uvědomit, že při užití kuličkových jednotek se tření smykové změní na valivé. Pro výpočet síly je třeba tedy nejprve určit velikost ramene valivého odporu z grafu na obr. 25. Při určování z grafu uvažují střední zatížení.

Přičemž hodnotu nacházející se na vodorovné ose pro kuličkové hnízdo bez odpružení určím ze vztahu:

Dáno: $F_{Z1} = 116,79 \text{ N}$
 $C = 380 \text{ N}$ (hodnota viz příloha I.)

$$\frac{F}{C} = \frac{F_{Z1}}{C} = \frac{116,79 \text{ N}}{380 \text{ N}} = 0,3$$



Obr. 25 Graf závislosti velikosti ramene valivého odporu na zatížení [8]

Z grafu volím velikost valivého ramene $\xi = 0,005 \mu\text{m}$.

Sílu valivého odporu na jednu kuličkovou jednotku určím ze vztahu:

Dáno: $F_{Z1} = 116,79 \text{ N}$
 $R = 0,0079$ (poloměr nosné koule viz příloha I.)
 $\xi = 0,005 \mu\text{m}$
 $x = 12$

$$F'_{i2} = \xi \cdot \frac{F_{Z1}}{R} = 0,000005 \cdot \frac{116,79}{0,0079} = 0,0739 \text{ N}$$

Celkovou sílu valivého odporu vypočítám:

Kde x je počet valivých hnízd, které se vždy nachází pod ocelovou nožkou během jejího pohybu.

$$F_{i2} = x \cdot F'_{i2} = 12 \cdot 0,0739 = 0,89 \text{ N}$$

Z porovnání hodnot F_{t1} a F_{i2} jednoznačně vyplývá, že se hodnota síly působící proti pohybu nožky značně snížila.

$$F_{t1} > F_{i2} \rightarrow 26,98 \text{ N} \gg 0,89 \text{ N}$$

5.3 Návrh pohonu pomocí ozubeného řemene

Pohon ocelové nožky do stanice lisu jsem se rozhodl realizovat pomocí ozubeného řemene, především díky jeho užitným vlastnostem viz kapitola 4.2.2. V této kapitole je také podrobně popsán systém pojezdu (obr. 15) a jeho funkce.

System pojezdu tvoří soustava ozubených řemenic. Přičemž systém pro pojezd jedné kovové nožky sestává z hnací řemenice, umístěné na hřídeli pohonné jednotky, dále ze dvou vodících řemenic a napínací kladky.

5.3.1 Určení vhodného typu řemene a řemenic

Pro můj návrh jsem se rozhodl zvolit některý ze synchronních řemenů od firmy Gates, která také nabízí celý sortiment prvků pro realizaci řemenových pohonů.

Volba typu řemene:

Po pečlivém uvážení všech podmínek, které by měl daný ozubený řemen splňovat, jsem zvolil typ – Poly Chain GT Carbon High Temperature, který má ve srovnání s jinými typy ozubených řemenů řadu předností [14]:

- použití v oblasti velkých tahů a malých rychlostí
- čistý provoz bez údržby a mazání
- umožňuje použití vnějších napínacích kladek
- možná provozní teplota až 120°C



Obr. 26 Profil ozubeného řemene [14]

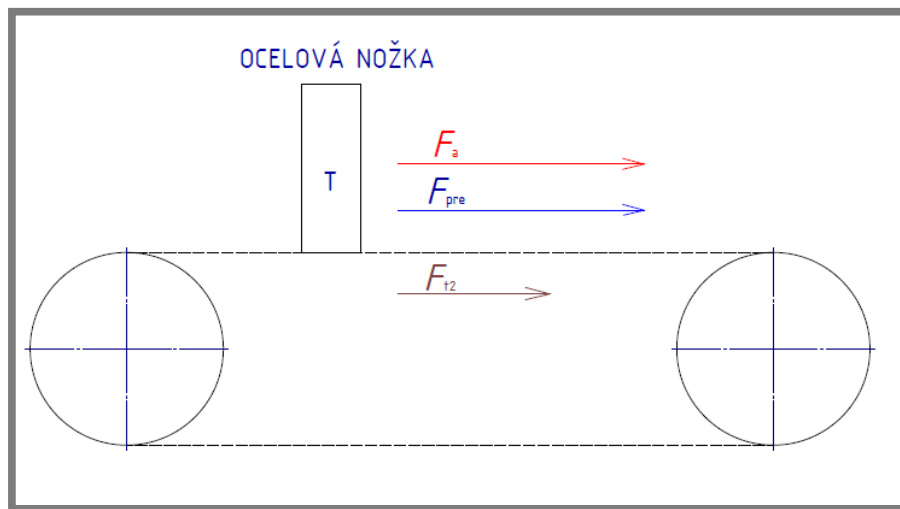
Volba typu řemenic:

Pro typ řemene Poly Chain jsou určeny speciální řemenice, které vyhovují danému tvaru zubů (obr. 26). Tudíž jsem byl při dalším návrhu parametrů řemenic omezen pouze na sortiment firmy Gates, která je jejich jediným výrobcem.

5.3.2 Výpočet potřebného výkonu pro pohyb nožky

Aby mohly být určeny další potřebné parametry pro návrh pohonu, za pomoci ozubeného řemene, je třeba nejdříve stanovit potřebnou sílu k uvedení ocelové nožky do pohybu.

Výpočtový postup vychází z katalogu Gates [15] :



Obr. 27 Síly působící při pohybu nožky na hnací řemenici

Výpočet efektivní síly na hnací řemenici, která je dána součtem sil působících proti pohybu nožky (obr. 27):

Hodnotu efektivní síly F_e získám ze vztahu:

$$F_e = \sum F_{odpor} \times F_{stress}$$

Kde: F_{odpor} [N] suma sil působících proti pohybu nožky
 F_{stress} [-] faktor provozních podmínek

a) Nejprve určím faktor provozních podmínek

Při činnosti lisovací stanice vznikají otřesy, také teplotu v jejím okolí při vulkanizaci lze považovat za vysokou. Proto volím F_{stress} pro extrémní provozní podmínky [15]:

$$F_{stress} = 2,2$$

b) Dále vypočítám síly, které působí proti pohybu nožky:

- síla valivého odporu spočtená v předchozí kapitole

$$F_{t2} = 0,89 \text{ N}$$

- síla potřebná k urychlení ocelové nožky

$$\begin{aligned} \text{Dáno: } m_n &= 25 \text{ kg} \\ v &= 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \\ t &= 1 \text{ s} \end{aligned}$$

$$F_a = m_n a = \frac{v \cdot m_n}{t} = \frac{0,5 \cdot 25}{1} = 12,5 \text{ N}$$

- ostatní síly mají zanedbatelnou velikost

Výsledná efektivní síla po dosazení:

$$F_e = (F_{t2} + F_a) \cdot F_{stress} = (0,89 + 12,5) \cdot 2,2 = 29,46 \text{ N}$$

Určení síly předpětí F_{pre} :

Pro bezporuchový provoz je nutné, aby byl řemen předepnut. Přesnou délku řemene jsem zatím neurčil, nicméně na základě předběžného návrhu pojezdového systému volím $L = 1600 \text{ mm}$. Tuto sílu vypočteme podle vzorce:

$$F_{pre} = F_e \cdot \left(0,3 + \frac{L_1}{L} \right)$$

Kde: F_e [N] efektivní síla
 L [mm] předběžná délka řemene
 L_1 [mm] délka napnuté části řemene

Pro zjednodušení volím délku napnuté části řemene rovnu polovině délky celkové.

Výsledná síla předpětí po dosazení:

$$\begin{aligned} \text{Dáno: } F_e &= 29,46 \text{ N} \\ L &= 1600 \text{ mm} \\ L_1 &= 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_{pre} = F_e \cdot \left(0,3 + \frac{L_1}{L} \right) = 29,46 \cdot \left(0,3 + \frac{0,8}{1,6} \right) = 23,57 \text{ N}$$

Výpočet celkové síly F_1 působící na hnací řemenici:

$$F_1 = F_{pre} + F_e = 23,57 + 29,46 = 53,03 N$$

Potřebný výkon P_n pro uvedení nožky do pohybu:

Dáno: $F_1 = 53,03 N$
 $v = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$$P_n = vF_1 = 0,5 \cdot 53,03 = 26,52 W$$

5.3.3 Výběr pohonné jednotky

V závislosti na vypočteném výkonu P_n , potřebného pro pohon systému, byl zvolen servomotor s označením BSH1002T01F2A AC. Výrobce je firma Schneider Electric CZ s.r.o.

Servomotor má hladký hřídel a je vybaven brzdou, která zaručí mechanické zajištění motoru v klidovém stavu na stroji. V tab. 5 jsou uvedeny hlavní parametry motoru:

Tab. 5 Parametry motoru [17]

Parametr	Hodnota [-]
klidový krouticí moment	5,5 [Nm]
maximální krouticí moment	11,59 [Nm]
délka	235,5 [mm]
hmotnost	6,3 [kg]
průměr hřídele	19 [mm]
délka hřídele	40 [mm]

Volba ozubené hnací řemenice a její uchycení na hřídel:

Vzhledem k rozměrům užité plochy a hladkého provedení hřídele motoru, byla zvolena nejmenší možná ozubená řemenice, na kterou lze aplikovat kuželové upínací pouzdro TAPER-LOCK (obr. 28).

Typ hnací řemenice: TL 8M-25S-12

Upínací pouzdro: TAPER-LOCK 1108-19 (kde 19 značí průměr pro upnutí hřídele)



Obr. 28 Sestava motoru s řemenicí [18]

5.3.4 Konečné rozvržení řemenového pojezdu

5.3.4

Velkou pomoc při návrhu pohonu mi poskytl software Gates Design IQ3, který je volně k dispozici na webových stránkách firmy Gates.

- Prvním krokem bylo zadání přenášeného výkonu P_n , potřebného k uvedení nožky do pohybu. Dále jsem určil předběžnou polohu a průměry všech řemenic, aby mohla být vypočtena přibližná délka řemene.
- Nakonec jsem upravil umístění řemenic tak, aby bylo možno použít některý ze standartních rozměrů řemene.

Výsledný návrh uspořádání pojezdu tedy sestává ze tří pevně uchycených řemenic, z nichž dvě jsou vodící zbylá hnací, a jedné napínací kladky. Zároveň však daný program vyhodnotí silové působení na jednotlivé prvky s ohledem na polohu a rozměry všech členů v pojezdovém systému. Určena byla také doporučená délka řemene a jeho minimální šířka.

Přičemž zvolený řemen má označení PCC 8MGT-1600-12, kde rozteč použitého řemene je 6 mm, délka 1600 mm a šířka 12mm.

5.4 Návrh konstrukce pro uchycení pojezdového systému ve stroji

Při návrhu jsem dbal na to, aby instalace na daný typ stroje byla co nejméně komplikovaná a nezbytných zásahů do stávající konstrukce stroje nevzniklo mnoho. Nicméně v prostoru lisovací stanice vyvstala celá řada problémů, způsobených především nedostatkem místa. Proto bylo nezbytné nahradit původní litinovou desku, po které se kovová nožka pohybuje a ustaví v lisovací stanici stroje.

5.4.1 Uchycení vodících řemenic

Jsou navrženy řemenice s označením: POLY CHAIN 8M-22S-12
POLY CHAIN 8M-25S-12

Příčemž polotovary řemenic jsou upraveny pro vnitřní uložení dvou kuličkových jednořadých ložisek 6001-Z. Poloha ložisek je zajištěna víčkem upevněným šrouby na čelo řemenice. Takto sestavený prvek na obr. 29 je nasunut na hřídel a zajištěn pojistným kroužkem.



Obr. 29 Sestava vodících řemenic

Jednotlivé dílce jsou vyrobeny, upraveny a sestaveny podle dokumentace [18,22] v příloze této práce.

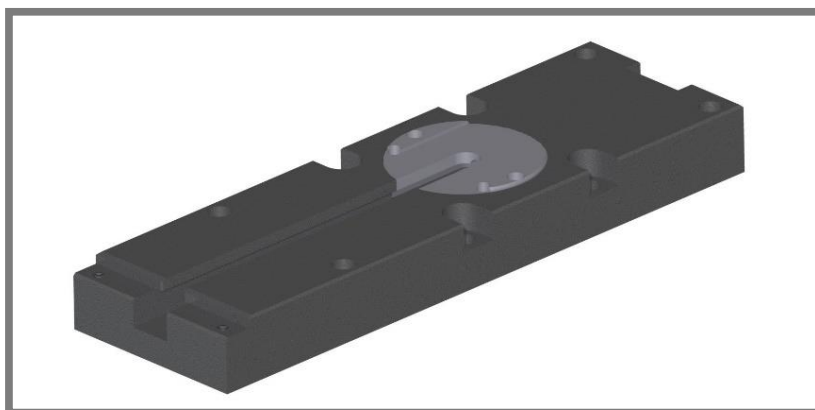
5.4.2 Návrh nového provedení desky v lisovací stanici

5.4.2

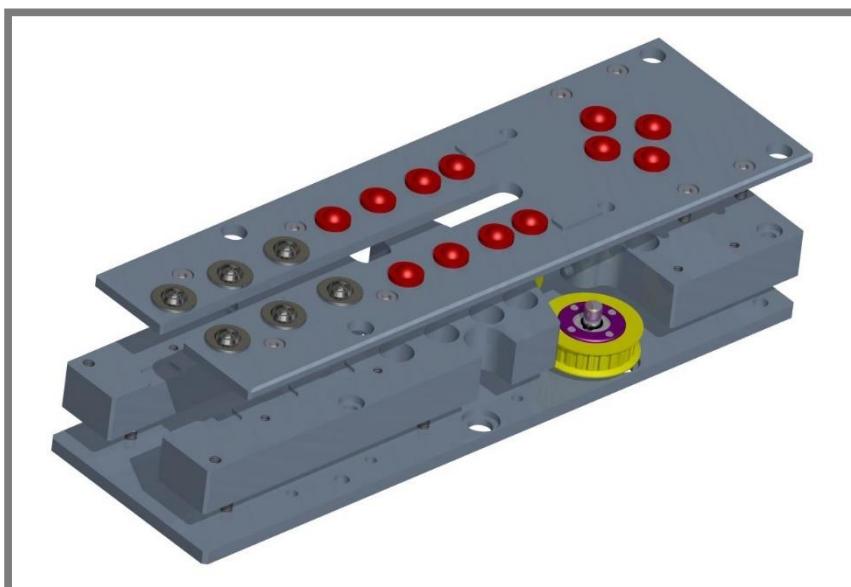
Při navrhování inovativního provedení desky jsem vycházel z rozměrů a funkce původního litinového odlitku (obr. 30).

Deska lisovací stanice na obr. 31 sestává z pěti hlavních dílců, jejichž vzájemná poloha je zajištěna kolíky a šrouby. Zároveň umožňuje nainstalování kuličkových hnízd na pojezdovou plochu.

Podstatný je také nově vzniklý prostor mezi vnějšími deskami, sloužící k uložení ozubeného řemene a vodících řemenic. Po odejmutí horní desky s hnízd, upevněné k dosedacím plochám jen šrouby, je zajištěn snadný přístup k pojezdovému systému například při výměně či kontrole řemene.



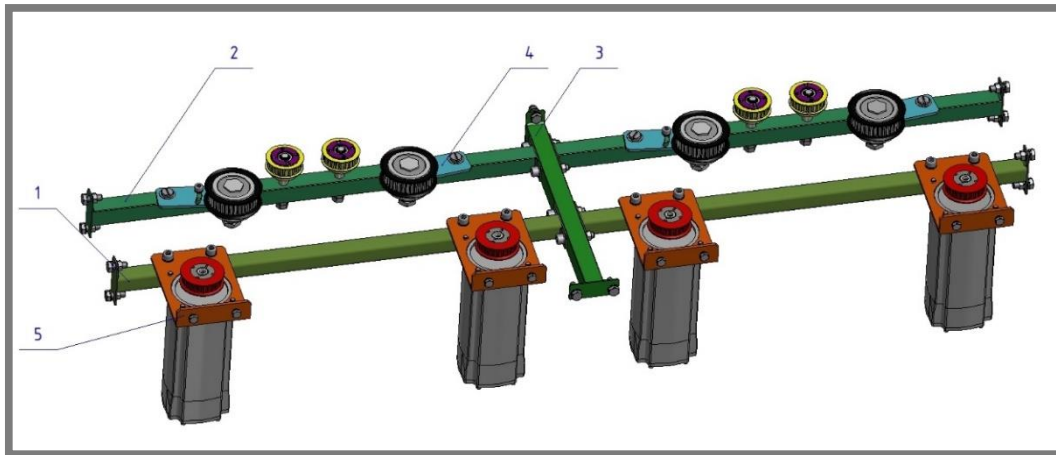
Obr. 30 Původní deska lisovací stanice



Obr. 31 Návrh sestavy desky lisovací stanice

5.4.3 Řešení nosné konstrukce pojezdu

Jednotlivé dílce jsem se snažil navrhnout tak, aby jejich výroba nebyla příliš nákladná a montáž do prostoru pod deskou pracovního stolu stávajícího stroje byla co nejméně náročná. Při návrhu jsem vycházel z přesně stanovených poloh jednotlivých řemenic a daného typu motoru. Výsledná podoba nosné konstrukce pro pojezd je na obr. 32.



Obr. 32 Sestava nosné konstrukce pro pojezd

Nosníky (2,3), na které působí nejvíce silových účinků, jsou vyrobeny ze čtvercových ocelových válcovaných tyčí. Zatímco na nosník (1) je použit uzavřený obdélníkový profil z důvodu menšího namáhání. Jednotlivé nosné prvky jsou smontovány a připevněny ke stávající konstrukci stroje šrouby.

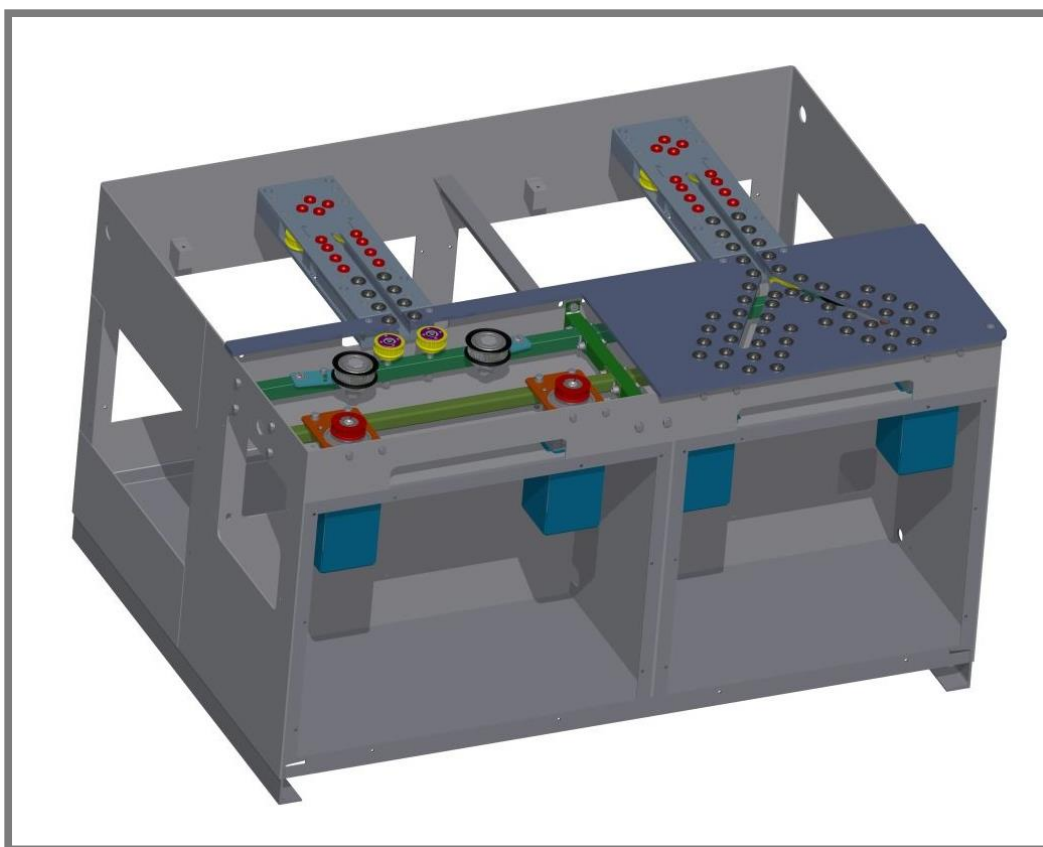
Pro napínací řemenici je navrhnout otočný držák s drážkou (4) tak, aby bylo možno v případě nutnosti ozubený řemen dopnout. Zde je vyloučeno použití původně zamýšleného a běžně vyráběného automatického napínacího prvku pro řemeny, především z důvodu nedostatku prostoru pod pracovní deskou stroje.

K uchycení motoru nemůže být použita standartní příruba dodávaná výrobcem. Důvodem je přesně stanovená poloha ozubené hnací řemenice upevněné na hřídeli servomotoru. Proto byl navrhnout držák (5) ze svařované oceli, který potřebnou polohu zajistí.

5.4.4 Výsledné sestavení pojezdového systému ve stroji

5.4.4

Pro nainstalování pojezdového systému je tedy třeba zhotovit ve frémě stroje otvory pro šrouby. Poměrně větším zásahem, je nutnost velkých čtvercových otvorů v přepážce, z důvodu upevnění motoru. Motor tedy bude zasahovat i do míst, kde se nachází hydraulický agregát pro pohon stanice lisu. Místa je v okolí agregátu naštěstí dostatek, takže přístup k němu nebude nijak omezen. Rozhodl jsem se, že budou motory opatřeny plechovými kryty (obr. 33), které slouží jednak jako ochrana motoru, a také zabrání vniknutí případných nečistot do prostoru, kde je umístěn agregát.

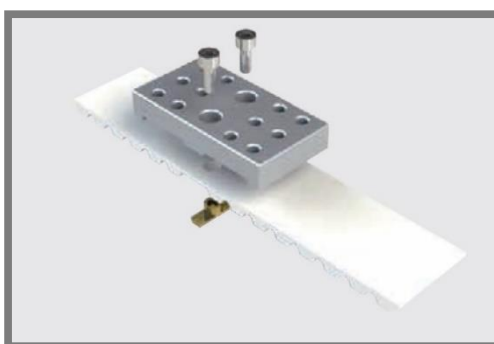


Obr. 33 Výsledný návrh pojezdového systému ve stroji

5.5 Uchycení kovové nožky k ozubenému řemenu

Optimálnější způsob jak uchytit ocelovou nožku, aby byl vůbec možný její pohyb, byl zvolen za pomoci mechanicky upevněného unašeče (obr. 34). Konkrétně se jedná o variantu, kde budou kompletně dva původní zuby řemene nahrazeny kovovými. Tyto zuby pak budou spojeny s ocelovým držákem nožky pomocí šroubů.

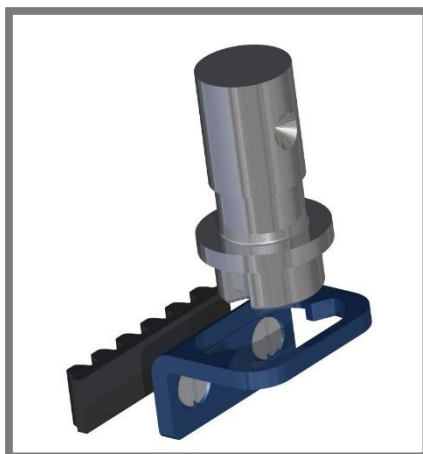
Řešení pro tento konkrétní případ by bylo možno realizovat ve spolupráci s dodavatelem použitého ozubeného řemene. Podle vyjádření firmy HABEKORN, která se mimo jiné zabývá realizací pohonů pomocí ozubených řemenů, možnost použití varianty mechanicky právě upevněného unašeče nevyklučuje. Avšak bylo by nutné dodat výkresovou dokumentaci případného držáku, či bližší požadavky.



Obr. 34 Mechanicky upevněný unašeč [20]

Právě proto jsem navrhl potřebný dílec držáku pro ocelovou nožku (obr. 35) se speciálně tvarovanou drážkou.

Nutným předpokladem pro zajištění správné funkce držáku, je nahrazení dosud používaného čepu, upevněného na ocelových nožkách ze spodní strany. Nový čep má na spodním průměru vybrání takového tvaru, aby došlo k zajištění nožky v potřebné poloze jak při vjíždění, tak i vyjíždění ze stanice. Zároveň je umožněno pracovníkovi libovolné natáčení nožky v koncové poloze na pracovním stole. Splňuje také předpoklad, že jej lze použít i u stávajícího provedení strojů bez pojezdu.



Obr. 35 Systém uchycení pro ocelovou nožku

6 DISKUZE

6.1 Rozvaha nad výhodami pojezdového systému

Hlavním přínosem nově navrhnutého automatického pojezdu je zvýšení efektivity výrobní operace prováděné na daném stroji.

Při počáteční rozvaze bylo zjištěno, že produktivitu samotného stroje zvýšit nelze. Důvodem je fixní doba potřebná ke zvluknizování pryžové podešve. Ta významně závisí na tloušťce podešve vyráběného typu obuvi. U vysoké vojenské obuvi se udává vulkanizační doba až 12 minut, zatímco u nízké vycházkové obuvi se pohybuje jen okolo 3 minut. Z uvedených faktů vyplývá, že hodinová produktivita jednoho stroje při výrobě vojenské obuvi je pouze 12 párů.

Zvýšení efektivity výroby je tedy dosaženo snížením času spotřebovaného pracovníkem na jeden pár obuvi. Díky automatickému pojezdu nemusí být pracovník přítomen jen u jednoho stroje za účelem výměny nožky po otevření stanice (viz kapitola 2.3.2), ale může v překrytém čase obsluhovat druhý stroj. Pokud by tedy nově pracovník obsluhoval dva vulkanizační lisy, jednalo by se o nemalé snížení nákladů připadajících na tuto pracovní operaci při výrobě vulkanizované obuvi. Avšak této možnosti se nabízí jen v případě produkce vysoké obuvi, kde je nově vzniklý překrytý čas pracovníka dostatečně dlouhý. Z čehož vyplývá, že nově zkonstruované pojezdové zařízení aplikované na stroji nemá při výrobě nízké vycházkové obuvi přínos.

Za další výhodu pojezdového systému lze považovat zvýšení komfortu pracovníka a to díky eliminaci fyzické námahy při manipulaci s masivní ocelovou nožkou. Zvláště pokud tuto výrobní operaci provádějí ženy, jak tomu v mnohých provozech je.

Z pohledu zadavatele přispěje instalace daného zařízení, umožňující větší zautomatizování výrobní operace, ke zvýšení konkurenceschopnosti stroje na prodejním trhu.

6.2 Možnosti dalšího vývoje s ohledem na užití konstrukční prvky

Úvaha nad možným zkonstruováním pojezdového systému na tomto typu stroje vznikla již v minulosti, ale návrhové řešení vzniklo až nyní prostřednictvím této bakalářské práce. Tento fakt lze odůvodnit užitím mnoha prvků, které v minulosti nebyly nabízeny tuto oblast použití s ohledem na provozní podmínky stroje. Velkou roli hraje zvýšená teplota (až 175°C) nejen v lisovací stanici stroje, ale i v její blízkosti. Ve stanici působí na nožku při zalisování kaučukové náložky také zvýšená lisovací síla. Při návrhu vedení nožky, které je složeno z kuličkových hnízd, tyto provozní podmínky většinu běžně dostupných valivých jednotek vyloučily. Avšak díky obsáhlé nabídce valivých elementů od jednotlivých výrobců, mohlo být vedení bez velkých problémů navrženo.

Jako nejvhodnější způsob realizace systému pro pohon ocelové nožky byl zvolen ozubený řemen. Jednou z nevýhod ozubených řemenů je ovšem malá odolnost vůči vysokým teplotám.

Nicméně i zde bylo nalezeno řešení v použití nově vyvinutého řemene Poly Chain GT Carbon High Temperature. Který byl speciálně vyvinut pro použití za zvýšených teplot.

Při návrhu pohonné jednotky se ukázalo jako značně výhodné použít servomotor. A to především z důvodu možnosti zastavení v přesné poloze, bez použití dalších konstrukčních prvků. Další výhodou servomotorů je jejich menší velikost v porovnání s ostatními druhy motorů při zachování stejných provozních parametrů. Tato skutečnost je pro aplikaci ve značně omezeném prostoru pod pracovní deskou vulkanizačního lisu nemalou výhodou.

I přes veškerou snahu o co nejjednodušší a tím pádem nejméně nákladný návrh pojezdového systému pro daný obuvnický stroj je třeba přiznat jeho značnou komplikovanost. Situace by se značně změnila, kdyby bylo umožněno použít při návrhu lineární vedení, které však v současnosti není pro danou aplikaci běžně dostupné.

7 ZÁVĚR

Tématem této bakalářské práce je konstrukce pojezdu pro ocelovou nožku do stanice vulkanizačního lisu. Přičemž návrh této konstrukce je určen pro stroj typu SVIT 101082, jehož výrobcem je zadavatel této práce firma Svit Machinery s.r.o.. Práce si tedy klade za cíl navrhnout inovaci dosavadního provedení na stroji, kde ruční manipulace s kovovou nožkou bude nahrazena automatickým pojezdovým systémem. Tímto by se pracovní operace prováděná na stroji ještě více zautomatizovala.

V první kapitole jsou zmíněny důležité mezníky, které ovlivnily výrobu obuvi v její historii. Dále jsou ve stručnosti popsány funkce a využití zvoleného typu vulkanizačního lisu, včetně vysvětlení samotného procesu vulkanizace. Hlavnímu konstrukčnímu řešení předchází návrhy jednotlivých variant řešení s důrazem na jejich výhody či nedostatky pro danou aplikaci. První část konstrukčního řešení je zaměřena na návrh vedení, které je umístěno na desce pracovního stolu a desce lisovací stanice. Vedení sestává ze dvou typů kuličkových hnízd, nedílnou součástí jsou také návrhové výpočty pro rozmístění a určení typu jednotlivých valivých elementů. Cílem této části je snížit tření mezi povrchem desky a stykovou plochou ocelové nožky, vznikající při jejich vzájemném styku při pohybu. Ve druhé části je na základě výpočtu působících sil navrhnut systém pohonu pomocí ozubeného řemene. Postupně jsou také popsány jednotlivé nově navržené či upravené dílce, potřebné k uchycení nebo vedení ozubeného řemene. Závěrečným krokem je návrh uchycení kovové nožky k ozubenému řemenu, aby byl umožněn její automaticky řízený pohyb. Upevnění je řešeno speciálním tvarovým čepem umístěným na spodní straně nožky, který zapadá do držáku tak, aby byla při pohybu zajištěna její poloha proti nežádoucímu pootočení.

Při návrhu bylo prioritou použití co největšího množství normovaných dílců a pro nově vyrobené díly volit běžně dostupné materiály.

Celý systém pohonu je vymodelován v programu Autodesk Inventor Professional. Výkresová dokumentace včetně sestav je umístěna v příloze společně s vybranými stranami katalogů kuličkových hnízd.

Systém konstrukce pojezdu pro ocelovou nožku pro určený typ stroje byl navrhnout a předložen zadavateli. Tímto krokem byl splněn cíl této bakalářské práce. Zároveň byla vyjádřena spokojenost s výsledným návrhem, který splňuje všechny stanovené podmínky. Díky tomu je vytvořen předpoklad, že tato návrhová studie přispěje k modernizaci a zvýšení konkurenceschopnosti vulkanizačního lisu obuvi SVIT 101082.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PITNER, L., PODZIMEK, K. *Příručka technika obuvnické výroby*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1970. 516 s. ISBN 04-833-70.
- [2] ČERNÝ, R., PAVELKA, J. Vulkanizační lis pro přivulkanizování pryžových nebo plastických podešví. Československá socialistická republika. Patentní spis č. 106027. 15.12.1962.
- [3] ŠTÝBROVÁ, M. *Boty, botky, botičky*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 2009. 245 s. ISBN 978-80-7106-986-7.
- [4] FRITSCH, Hans. 2014. The Robot as master craftsman in shoemaking. *KGK. Kautschuk, Gummi, Kunststoffe* [online]. 67(4), 8-10 [cit. 2016-02-27]. ISSN 09483276.
- [5] KOMÁREK, Z. *Přehled výroby pryže*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1973. 328 s. ISBN 04-613-73.
- [6] JAHSELKA, M. *Gumárenské a plastikářské stroje*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1969. 572 s. ISBN 04-624-69.
- [7] Dokumentace firmy Svit Machinery
- [8] Katalog: Valivá hnízda Bosch, BOSCH [online]. [cit. 2016-10-3]. Dostupné z: <http://www.linearni-vedeni.com/cz/valiva-hnizda>
- [9] Katalog: Norelem 2015, NORELEM [online]. [cit. 2016-12-3]. Dostupné z: <http://www.marek.eu/cz/katalogy/>
- [10] Katalog: SKF Ball Transfer Units Catalog, SKF [online]. [cit. 2016-12-3]. Dostupné z: <http://www.skf.com/us/products/>
- [11] Katalog: Kuličkové dopravní jednotky, ALWAYSSE [online]. [cit. 2016-5-1]. Dostupné z: <http://www.vkloziska.cz/kulickove-dopravni-jednotky>
- [12] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Editor Miloš Vlk. Překlad Martin Hartl. V Brně: VUTIUM, 2010, xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [13] KRATINA, J. *Součinitel tření* [online]. © 2013-E-konstruktor [cit. 2016-3-3]. Dostupné z: <http://e-konstruktor.cz/>
- [14] *Poly Chain® GT® Carbon™* [online]. © 2006 UZIMEX PRAHA, spol. s r.o. [cit. 2016-3-3]. Dostupné z: <http://www.uzimex.cz/>

- [15] Katalog: Polyurethane belt program, GATES [online]. [cit. 2016-20-1]. Dostupné z: <http://ww2.gates.com/europe/>
- [16] *Konstrukce válečkového řetězu* [online]. Copyright 2008-2015 CONTRA Praha s.r.o [cit. 2016-3-3]. Dostupné z: <http://www.contra.cz/>
- [17] Katalog: BSH1002T01F2A AC, SCHNEIDER ELECTRIC, [online]. [cit. 2016-3-2]. Dostupné z: <http://www.schneider-electric.com/en/>
- [18] *3D Models* [online]. TraceParts S.A. © Copyright 1990-2016 [cit. 2016-4-3]. Dostupné z: <http://www.traceparts.com/>

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a [mm]	- délka ocelové nožky
b [mm]	- šířka ocelové nožky
c [mm]	- výška ocelové nožky
m_n [kg]	- hmotnost ocelové nožky
t [°C]	- vulkanizační teplota
F_L [N]	- lisovací síla
F_t [-]	- teplotní faktor
g [m·s ⁻²]	- gravitační zrychlení
F_G [N]	- tíhová síla
F_1 [N]	- síla na jedno kuličkové hnízdo
F_{Z1} [N]	- síla na jedno kuličkové hnízdo za zvýšené teploty
F_{min} [N]	- síla potřebná ke stlačení pružiny
F_{max} [N]	- síla potřebná k maximálnímu stlačení pružiny
F_c [N]	- celková síla, kterou nožka působí na povrch desky
F_{max} [N]	- síla potřebná k maximálnímu stlačení pružiny
F_2 [N]	- síla na jedno kuličkové hnízdo v lisovací stanici
a_1 [N]	- výpočtová vzdálenost mezi kuličkovými hnízdy
a_2 [N]	- skutečná vzdálenost mezi kuličkovými hnízdy
f_0 [-]	- součinitel smykového tření
F_{t1} [N]	- třecí síla při aplikaci maziva
C [N]	- zatížení na kuličkové hnízdo
ξ [μm]	- rameno valivého odporu
F'_{t2} [N]	- síla valivého odporu na jedno hnízdo
F_{t2} [N]	- celková síla valivého odporu
R [mm]	- poloměr nosné koule
x [-]	- počet kuličkových jednotek
F_{stress} [-]	- faktor provozních podmínek
F_{odpor} [N]	- suma sil působící proti pohybu nožky
v [m·s ⁻¹]	- rychlost ocelové nožky
t [s]	- čas nutný pro uvedení nožky do pohybu
F_a [N]	- síla potřebná k urychlení nožky
F_{pre} [N]	- síla předpětí řemene
F_1 [N]	- celková síla působící na řemenici
P_n [N]	- potřebný výkon

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Historický vývoj obuvi	14
Obr. 2	Ukázky pravěkých kamenných nástrojů [3]	15
Obr. 3	Obuvnický šicí stroj Minerva [3]	16
Obr. 4	Kombinovaný robot firmy Desma [4]	17
Obr. 5	Etážový vulkanizační lis [6]	18
Obr. 6	Vulkanizační lis SVIT 101082 [7]	20
Obr. 7	Pracovní ústrojí lisovací stanice [7]	21
Obr. 8	Výrobní operace na stroji	22
Obr. 9	Vizualizace vulkanizačního lisu SVIT 101082 P33	24
Obr. 10	Návrh lineárního vedení	25
Obr. 11	Návrh vedení pomocí kuličkových hnízd	26
Obr. 12	Kuličkové hnízdo [10]	26
Obr. 13	Pohled na užitný prostor ve stroji	27
Obr. 14	Model bezpístnicového válce [18]	28
Obr. 15	Schéma pojezdu pro ocelovou nožku	29
Obr. 16	Konstrukce ozubeného řemene [15]	30
Obr. 17	Konstrukce válečkového řetězu [16]	31
Obr. 18	Původní provedení vodících drah	32
Obr. 19	Průběh vodících drah po úpravě	32
Obr. 20	Standartní ocelová nožka [7]	33
Obr. 21	Kuličkové hnízdo s odpružením [11]	35
Obr. 22	Náhled na vodící dráhy bez kuličkových elementů	37
Obr. 23	Detail řezu pracovní desky s kuličkovými hnízdy	38
Obr. 24	Vizualizace vedení pomocí kuličkových elementů	38
Obr. 25	Graf závislosti velikosti ramene valivého odporu na zatížení	40
Obr. 26	Profil ozubeného řemene [14]	41
Obr. 27	Síly působící při pohybu nožky na hnací řemenici	42
Obr. 28	Sestava motoru s řemenicí [18]	45
Obr. 29	Sestava vodících řemenic	46
Obr. 30	Původní deska lisovací stanice	47
Obr. 31	Návrh sestavy desky lisovací stanice	47
Obr. 32	Sestava nosné konstrukce pro pojezd	48
Obr. 33	Výsledný návrh pojezdového systému ve stroji	49
Obr. 34	Mechanicky upevněný unašeč [20]	50
Obr. 35	Systém uchycení pro ocelovou nožku	50

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Potřebné provozní údaje	34
Tab. 2	Hodnoty teplotního faktoru [8]	34
Tab. 3	Množství užitých kuličkových jednotek	39
Tab. 4	Hodnoty koeficientu tření [13]	39
Tab. 5	Parametry motoru [19]	44

12 SEZNAM PŘÍLOH

- [1] Katalogové údaje zvoleného kuličkového hnízda Norelem
- [2] Katalogové údaje zvoleného odpruženého kuličkového hnízda SKF

Výkresová dokumentace

- [3] 101082-601A33XS SETAVA POJEZDU
- [4] 101082-204C1X SESTAVA DESKY
- [5] 101082-204.1C1X HORNÍ DESKA
- [6] 101082-204.2C1X STŘEDNÍ PLOTNA
- [7] 101082-204.3D1X PRAVÁ PLOTNA
- [8] 101082-204.4D1X LEVÁ PLOTNA
- [9] 101082-204.5C1X SPODNÍ deska
- [10] 101082-231C1X PRACOVNÍ STŮL
- [11] 101082-2001D1X NOSNÍK
- [12] 101082-2001.2E1X PŘÍLOŽKA
- [13] 101082-2002D1X PŘÍČNÍK
- [14] 101082-2003D1X NOSNÍK MOTORU
- [15] 101082-2004D1X DRŽÁK MOTORU
- [16] 101082-2004.1E1X PLOTNA
- [17] 101082-2004.2E1X PŘÍLOŽKA
- [18] 101082-2004.3E1X ŠPALEK
- [19] 101082-2005C1X KRYT MOTORU
- [20] 101082-2011E1X SESTAVA ŘEMENICE I.
- [21] 101082-2011.1E1X HŘÍDEL ŘEMENICE I.
- [22] 101082-2011.2E1X ÚPRAVA ŘEMENICE I.
- [23] 101082-2011.3E1X VÍČKO
- [24] 101082-2012E1X SESTAVA ŘEMENICE II.
- [25] 101082-2012.1E1X HŘÍDEL ŘEMENICE II.
- [26] 101082-2012.2E1X ÚPRAVA ŘEMENICE II.
- [27] 101082-2013E1X DRŽÁK KLADKY
- [28] 101082-2014E1X DRŽÁK NOŽKY
- [29] 101082-2015E1X ČEP NOŽKY


Příloha I

Katalogové údaje zvoleného kuličkového hnízda Norelem

V katalogu je označeno vytipované kuličkové hnízdo, které bude umístěno na pracovní desku stroje. Tabulka uvádí jeho hlavní rozměry, potřebné zvláště při návrhu úpravy desky stolu a maximální zatížení, při kterém bude zaručena jeho funkčnost.

Ball rollers

with steel housing



Material, version:
Galvanized steel or stainless steel

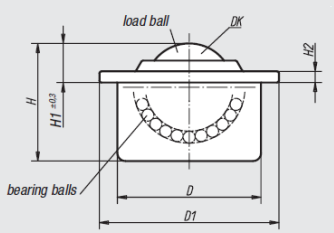
Sample order:
nlm 95150-122


Note:
Ball rollers with steel housing have a felt seal to protect against dirt.

Type B: cap and housing galvanized, balls steel

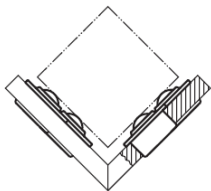
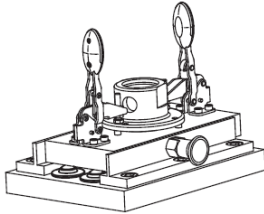
Type C: cap and housing galvanized, balls stainless steel

Type D: cap, housing and balls stainless steel





mounting option:

Order No.	Version	DK	D	D1	H	H1	H2	Base load C (N)	Approx. weight kg	Tolerance ring suitable for ball rollers
95150-115	B	15,8	24 ±0,065	31	21	9,5	2,8	600	0,043	95164-024
95150-122	B	22,2	36 ±0,080	45	30	9,8	2,8	1600	0,132	95164-036
95150-130	B	30	45 ±0,080	55	37	13,8	4	3000	0,278	95164-045
95150-145	B	44,5	62 ±0,095	75	53,5	19	4	6100	0,725	95164-062
95150-215	C	15,8	24 ±0,065	31	21	9,5	2,8	600	0,043	95164-024
95150-222	C	22,2	36 ±0,080	45	30	9,8	2,8	1600	0,132	95164-036
95150-230	C	30	45 ±0,080	55	37	13,8	4	3000	0,278	95164-045
95150-245	C	44,5	62 ±0,095	75	53,5	19	4	6100	0,725	95164-062
95150-315	D	15,8	24 ±0,065	31	21	9,5	2,8	380	0,043	95164-024
95150-322	D	22,2	36 ±0,080	45	30	9,8	2,8	1000	0,132	95164-036
95150-330	D	30	45 ±0,080	55	37	13,8	4	2000	0,278	95164-045

[9]

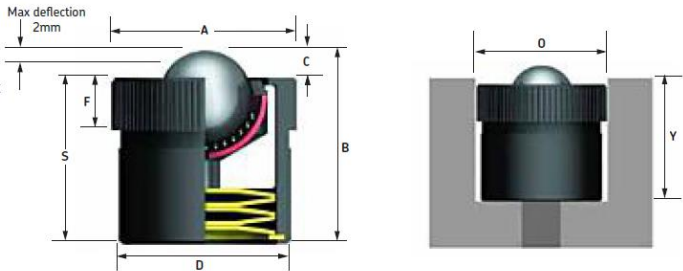
Příloha II

Katalogové údaje zvoleného odpruženého kuličkového hnízda SKF

Uvedeny jsou potřebné rozměry hnízda typu DL-24, které budou využity při úpravě desky v lisovací stanici.

Hevi-Load type 6

Features:
Compact, interference fitting, greater shock loading protection.



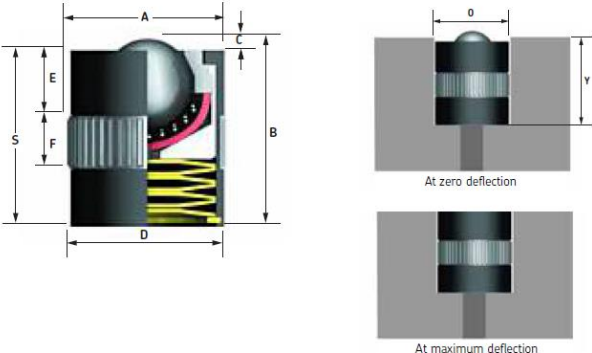
Max deflection 2mm

General spring rating tolerance $\pm 10\%$

ref no.	ball size (mm)	weight (kg)	dimensions (mm)*							load capacity (lb)**					
			A	B	C	D	F	O	S	Y	type 13	type 16	type 13 load for maximum deflection	type 16 load for maximum deflection	maximum deflection (mm)
7105	12.7	0.078	25.6	28.5	3.1	25.4	8	25.4 -0.15 +0.05	25.4	26.5	55	55	88	88	

Die-lifters

Features:
Tolerance ring for interference fitting for ball up and ball down fitting. Greater shock loading protection.



General spring rating tolerance $\pm 10\%$

ref no.	ball size (mm)	weight (kg)	dimensions (mm)*							load capacity (lb)**						
			A	B	C	D	E	F	O	S	Y	type 13	type 16	type 13 load for maximum deflection	type 16 load for maximum deflection	maximum deflection (mm)
DL-24	12.7	0.074	24.5	30	1.5	23.9	9	10.5	24.1	28.5	28.6	88	88	198	198	1.5
DL-30	15.8	0.127	30.5	36	1.5	29.9	12	10.5	30.1	34.5	34.6	132	132	242	242	1.5
DL-40	25.4	0.320	40.5	48	1.5	39.8	12	10.5	40.1	46.5	46.6	220	220	385	385	1.5
DL-50	30	0.660	50.5	60	1.5	49.9	15	12.3	50.1	58.5	58.6	738	440	1289	1025	1.5
DL-70	38.1	2.000	71	80	2	70	19	19	70.2	78	78.1	1102	716	1587	1256	2

[10]