



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

VSTUPNÍ MODUL LINKY PRO OZÓNOVOU DEGRADACI PNEUMATIK

ENTRY MODULE OF PROCESSING LINE FOR OZONIC DETORATION OF TYRES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JAN SLEZÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. DANIEL KOUTNÝ, PH.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student (ka): Bc. Jan Slezák

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Konstrukční inženýrství (2301T037)**

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 diplomové práce:

Vstupní modul linky pro ozónovou degradaci pneumatik

v anglickém jazyce:

Entry module of processing line for ozonic deterioration of tyres

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem diplomové práce je konstrukční návrh zařízení pro zakládání pneumatik do stroje pro ozónovou degradaci pneumatik s těmito parametry: velikost pneumatik 295/80 R22,5, rozvinutí profilu pneumatiky a jeho založení do stroje, zabezpečení utěsnění ozónové atmosféry.

Cíle diplomové práce:

Diplomová práce musí obsahovat:

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
4. Vymezení cílů práce
5. Návrh metodického přístupu k řešení
6. Návrh variant řešení a výběr optimální varianty
7. Konstrukční řešení
8. Závěr (konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)

Forma diplomové práce: průvodní zpráva, technická dokumentace

Typ práce: konstrukční

Účel práce: pro potřeby průmyslu

Výstup RIV: funkční vzorek

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, J. E, MISCHKE, Ch. R, BUDYNAS, R. G. KONSTRUOVÁNÍ STROJNÍCH SOUČÁSTÍ. VUTIAM, 2008. 1300 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Daniel Koutný, Ph.D.

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

V Brně, dne 14.11.2011

L.S.

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

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je vytvoření konstrukčního návrhu zařízení pro zakládání pneumatik do stroje pro ozónovou degradaci pneumatik s následujícími parametry: velikost pneumatik 295/80 R22,5, rozvinutí profilu pneumatiky, jeho založení do stroje a utěsnění ozónové atmosféry. První část práce obsahuje rešerši týkající se problematiky pneumatik. Poté je prezentován konstrukční návrh, který je kompletně vypracován v programu Autodesk Inventor 2010. Výpočty jsou provedeny v programu Mathcad 14 a deformační zatížení, především konstrukcí, je provedeno v programu Ansys 12.1. Nakonec je vypracována výkresová dokumentace.

Klíčová slova

Ozónová degradace, pneumatiky, recyklace, konstrukce, rozvinutí pneumatiky

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis is making design of device for setting tyres into the machine for ozone deterioration of tyres with following parametres: tyre size 295/80 R22,5, deployment profile of tyres, its foundation into the machine and sealing ozone atmosphere. The first part of this thesis contain research retailing to issues of tyre. After that there si presented design, which is completely making in programme Autodesk Inventor 2010. Calcutations are making in programme Mathcad 14 and deformation load, mainly construction, is making in programme Ansys 12.1. Finally there is making drawings.

Keywords

Ozone Deterioration, Tyres, Recycling, Construction, Unroll of tyre

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SLEZÁK, J. Vstupní modul linky pro ozónovou degradaci pneumatik. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 50 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Daniel Koutný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci Vstupní modul linky pro ozónovou degradaci pneumatik vypracoval samostatně pod vedením Ing. Daniela Koutného, Ph.D. a uvedl v seznamu zdrojů všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 25. května 2012

.....
vlastnoruční podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Danielu Koutnému, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a trpělivost. Dále bych rád poděkoval své rodině za morální oporu při tvorbě této práce a také po celou dobu studia.

OBSAH

ÚVOD	13
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	15
1.1 Konstrukce pneumatiky	15
1.1.1 Vnitřní guma	15
1.1.2 Kostra pneumatiky	15
1.1.3 Patní lano	16
1.1.4 Jádro	16
1.1.5 Výztužný pásek	17
1.1.6 Patní pásek	17
1.1.7 Bočnice	17
1.1.8 Nárazník	18
1.1.9 Polyamidový nárazník (PA nárazník)	18
1.1.10 Běhoun	18
1.2 Materiály používané pro výrobu pneumatik	19
1.2.1 Gumárenské směsi	19
1.2.2 Gumárenské kordy	21
1.2.3 Patní lana	21
1.3 Výroba pneumatik	21
1.4 Značení pneumatik	22
1.5 Životnost pneumatik	23
1.6 Zpracování ojetých pneumatik	23
1.6.1 Protektorování	24
1.6.2 Spalování	25
1.6.3 Recyklace	25
1.6.4 Skládkování	26
2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA	27
3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE	28
4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ	29
5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	30
5.1 Návrh variant řešení	30
5.1.1 Varianta A	30
5.1.2 Varianta B	31
5.2 Výběr optimální varianty	31
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	32
6.1 Základní rozdělení stroje a jeho princip	32
6.1.1 Základní rozdělení stroje a jeho rozměry	32
6.1.2 Princip stroje	33
6.2 Vozík	35
6.2.1 Svařovaná konstrukce vozíku	35
6.2.2 Výklopná konstrukce	36
6.2.3 Kolečka	37
6.2.4 Válečky	38
6.2.5 Sestava aretace pneumatiky	38
6.2.6 Ostatní komponenty	39
6.3 Konstrukce stroje	39

6.3.1	Svařovaná konstrukce stroje	39
6.3.2	Rozvíjecí zařízení	41
6.3.3	Pohon rozvíjecího zařízení	49
6.3.4	Sestava utěsnění ozónové atmosféry	54
7	ZÁVĚR	55
7.1	Konstrukční rozbor	55
7.2	Technologický a ekonomický rozbor	55
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
9	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A VELIČIN	58
10	SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK	60
10.1	Seznam obrázků	60
10.2	Seznam tabulek	61
11	SEZNAM PŘÍLOH	62

ÚVOD

Ozónová degradace pneumatik je novou technologií nakládání s ojetými pneumatikami. Při pohledu do minulosti je zřetelné, že podíl recyklace pneumatik, vůči především skládkování se za posledních 10 let podstatně zvýšil. Tato technologie zatím patří mezi mladé technologie, ale z provedených experimentů je jasné že má velký potenciál. V podstatě ozónová degradace pneumatik spočívá v napadání dvojných vazeb pryže ozónem. Problémem této technologie je především možnost zahoření pryže, což může způsobovat únik škodlivých plynů a také hlavně následnou explozi. Výhody spočívají především v tom, že pryž je pomocí řízeného napadání ozónem oddělena od ostatních materiálů (ocel, textilie).

Pneumatiky jsou navrhovány s ohledem na to, aby vydržely požadované zatížení a odolaly napadání kyslíkem a ozónem. Vzhledem k recyklaci pneumatik je ozónová degradace výhodná pro recyklování větších pneumatik. Oproti mechanickému recyklování je její výhoda také v podstatné úspoře energie, čímž jsou sníženy náklady a zvýšen potenciální zisk z prodané drti. U této technologie je nutné, aby pneumatika kladla co největší odpor, protože se poté pneumatik rychleji rozpadá. Z experimentů bylo zjištěno, že nejlépe se pneumatika rozpadá při namáhání tahem.

Cílem této práce je vytvoření konstrukčního návrhu vstupního modulu pro zakládání pneumatik. Tato práce vznikla z důvodu složitého zakládání pneumatik především větších rozměrů. Vstupní modul má nahrazovat těžkou práci obsluhy s navedením pneumatiky do linky pro ozónovou degradaci.

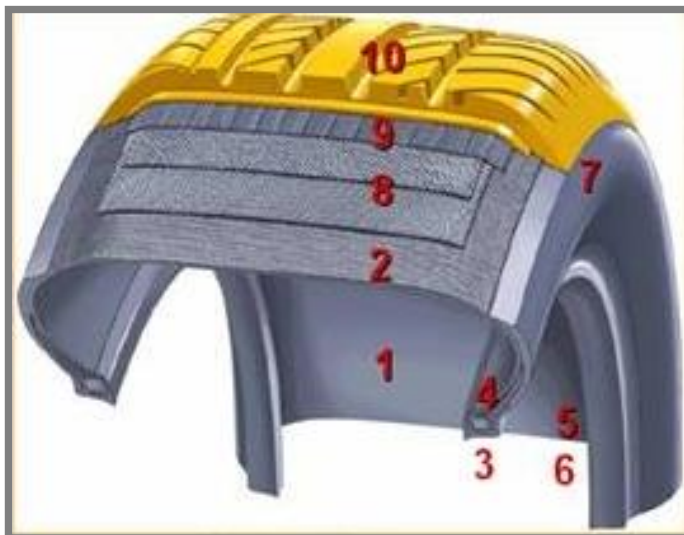
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1

1.1 Konstrukce pneumatiky

1.1

Mezi hlavní části pneumatiky patří běhoun, bočnice, kostra pneumatiky, patka pláště, patní lano, nárazník a PA nárazník (viz. obr.).



1. Vnitřní guma
2. Kostra pneumatiky
3. Patní lano
4. Jádro
5. Výztužný pás
6. Patní pás
7. Bočnice
8. Nárazník
9. PA nárazník
10. Běhoun

Obr. 1.1 Konstrukce pneumatiky [1]

1.1.1 Vnitřní guma

1.1.1

Vnitřní guma plní roli duše u bezdušových pneumatik a také zabraňuje úniku vzduchu, kterým je pneumatika nahuštěna. Materiál vnitřní gumy je Butylový kaučuk. [1]



Obr. 1.2 Vnitřní guma pneumatiky [1]

1.1.2 Kostra pneumatiky

1.1.2

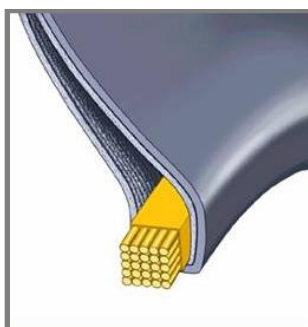
Kostra je základní část pneumatiky, která je tvořena kordovými vložkami. Kostra je většinou složena z textilií a ocelových vláken. V textilním kordu jsou použity viskozová, polyamidová, aramidová a skleněná vlákna. Její základní funkcí je především ochrana pneumatiky proti roztržení při pracovním tlaku. [1,2]



Obr. 1.3 Kostra pneumatiky [1]

1.1.3 Patní lano

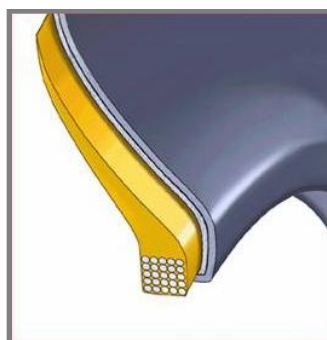
Pomocí patního lana je plášť bezpečně usazen na ráfek a zajišťuje těsnost pláště vůči ráfku. Je vyrobeno ze spletených pogumovaných ocelových drátů. [1]



Obr. 1.4 Patní lano [1]

1.1.4 Jádno

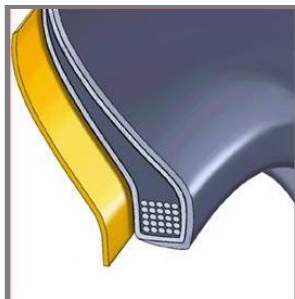
Jádno se vyrábí ze syntetického kaučuku a zajišťuje postupný přechod z oblasti patky, která je tuhá, do elastické oblasti bočnice. Do jádra je také možné přidat přídatné textilní popř. ocelové kordové výztuže, což napomáhá proti svlečení pneumatiky v zatáčkách. [1]



Obr. 1.5 Jádno pneumatiky [1]

1.1.5 Výztužný pásek

Výztužný pásek je tvořen z aramidových nebo pogumovaných nylonových kordů. Jeho hlavním úkolem je zpevnění a stabilizace přechodové oblasti mezi boční stěnou a patkou pláště. [1]



Obr. 1.6 Výztužný pásek [1]

1.1.6 Patní pásek

Patní pásek je vyroben ze syntetického kaučuku. Hlavním úkolem tohoto pásu je utěsnění pláště vzhledem k ráfku. Dále také pomáhá chránit patku před erozí, ke které by mohlo docházet v místě styku s ráfkem. [1]



Obr. 1.7 Patní pásek [1]

1.1.7 Bočnice

Bočnice je tvořena přírodním kaučukem a zabraňuje poškození kostry. Vydrží vícenásobný ohyb a není náchylná proti stárnutí. [1]



Obr. 1.8 Bočnice [1]

1.1.8 Nárazník

Díky nárazníku je zajištěna odpovídající životnost pneumatiky a stabilizace běhounu. Dále zabraňuje poškození kostry a ve velké míře pomáhá snížit valivý odpor. Materiálem nárazníku je ocelový kord s kordovými vlákny, které jsou uloženy pod malým úhlem (15-20°). [1,2]



Obr. 1.9 Nárazník [1]

1.1.9 Polyamidový nárazník (PA nárazník)

Polyamidový nárazník je umístěn mezi běhounem a nárazníkem. Stejně jako klasický nárazník pomáhá snižovat valivý odpor a zároveň vyztužuje spodní část běhounu, čímž pomáhá k dosažení velmi vysokých rychlostí. Polyamidový nárazník také zlepšuje komfort z jízdy. Je vyráběn z pogumovaných nylonových kordů. [1,2]



Obr. 1.10 Polyamidový nárazník [1]

1.1.10 Běhoun

Běhoun je část pneumatiky, která na sobě nese vzorek (zvaný též dezén). Zajišťuje styk kola s povrchem vozovky a měl by být co nejtenčí. U nákladních automobilů je tloušťka běhounu větší než u osobních automobilů z důvodu případného budoucího prořezání vzorku. U pneumatik osobních automobilů je prořezávání zakázáno. V praxi je možné opatřit plášť pneumatiky dvouvrstvým běhounem. [1,2]



Obr. 1.11 Běhoun [1]

1.2 Materiály používané pro výrobu pneumatik

1.2

1.2.1 Gumárenské směsi

1.2.1

Gumárenské směsi se obvykle skládají z kaučuku a přísad. V těchto směsích je koncentrace přísad označována jako *dsk* (počet dílů na sto dílů kaučuku) popř. *phr* (z anglického *parts per hundred rubber*). [3]

Kaučuky

Kaučuky jsou ohebné polymery mající různé chemické složení. Síťováním (vulkanizací*) vznikají z těchto polymerů materiály, které mají vysokou elasticitu za pokojové teploty. Mezi základní vlastnosti kaučuků patří tzv. teplota zesklenní T_g , plasticita a vulkanizovatelnost, což je schopnost kaučuku stát se pomocí vulkanizace pryží. [5] Rozdělují se do dvou skupin a to na přírodní a syntetické. [3,4]

Přírodní kaučuk se získává z kaučukovníku a to především z druhu *Hevea brasiliensis*. Z těchto stromů se nejprve odebere míza zvaná latex, která obsahuje asi 30% kaučuku. Latex se nejčastěji dále zpracovává tzv. koagulací (shlukování rozptýlených částic za působení vnějších vlivů) kyselinou mravenčí nebo octovou. Mezi největší producenty přírodního kaučuku patří Thajsko, Indonésie a Malajsie. Přírodní kaučuk (*natural rubber - NR*) byl až do vynálezu vulkanizace (1839 – Charles Goodyear, USA) použitelný jenom v omezené míře především proto, že za tepla byly výrobky z kaučuku lepkavé a za studena tvrdé. [3,4]



Obr. 1.22 Kaučukovník [6]

Z důvodu rostoucí spotřeby přírodních kaučuků se v Německu ve 30. letech 20. století začal vyrábět butadien-styrenový kaučuk *Buna-S*, který se za 2. světové války začal také vyrábět v USA pod označením *GR-S*. Syntetické kaučuky se nejčastěji vyrábějí polymerací některých nenasycených uhlovodíků. Při výrobě pneumatik se nejběžněji používají následující typy: Butadien-styrenové kaučuky (*SBR*), Butadienové kaučuky (*BR*) a Izoprenové kaučuky (*IR*). [3,4,6]

Butadien-styrenové kaučuky se většinou používají při výrobě pneumatik, kde doplňují přírodní kaučuky. Cenově jsou s nimi srovnatelné. Vyrábí se z ropy. [4]

* "Vulkanizace je proces, který spočívá v zahřívání surového polymeru s malým množstvím (několik hmotnostních procent) síry. Atomy síry vytvářejí můstky nebo příčné vazby, které spojují řetězce do tak ohromných molekul, že nemohou nadále po sobě klouzat. Získá se tak mnohem tvrdší kaučuk se značnou odolností vůči opotřebování a oděru." [5]

Tyto kaučuky jsou vyráběny v mnoha provedeních. Z hlediska výroby pneumatik se používají roztokové butadien-styrenové kaučuky (SBR 1200), které jsou doporučovány na běhouny pneumatik a termoplastické SBR používané pouze do patek pneumatik. [7]

Butadienové kaučuky se využívají nejčastěji v kombinaci s přírodními, izoprenovými a butadien-styrenovými kaučuky. Samostatně se k výrobě pryže většinou nepoužívají, protože nemají příliš dobrou zpracovatelnost. Naopak předností jejich vulkanizátů je vysoká odolnost vůči oděru, čímž jsou vhodné pro výrobu běhounů pneumatik. Butadienové kaučuky mají nižší teplotu skelného přechodu (pod -100°C) než přírodní nebo styren-butadienový, díky čemuž zvyšují mrazuvzdornost pryže. [7] Vzhledem ke své vyšší teplotě zesklenní dávají izoprenové kaučuky při použití ve směsích s přírodními kaučuky a SBR běhounům pneumatik lepší adhezi na mokré vozovce. Tyto kaučuky také oproti přírodním méně zapáchají. [4]

Vulkanizační činidla

Jsou to všechny látky, jež mají schopnost v relativně krátkém čase zesíťovat molekuly kaučuku. Tuto schopnost má relativně mnoho látek, ale pouze některé se osvědčily v praxi. Jako vulkanizační činidla se obvykle používají: síra, oxidy kovů, organické pryskyřice a organické peroxidy. Síra se nejčastěji v gumárenském průmyslu používá přírodní mletá v krystalické podobě a v menší míře je to tzv. síra nerozpustná. Společně se sírou se jako doplňující vulkanizační činidlo používá také selen nebo telur, které zvyšují teplotní odolnost pryže. [8]

Urychlovače sirné vulkanizace

Urychlovače mají za následek zrychlení a vyšší účinnost vulkanizace, zvýšení pevnosti a odolnosti proti stárnutí. Z hlediska gumárenské technologie se dají třídit mimo jiné např. dle rychlosti vulkanizace kaučukové směsi na:

pomalé:	guanidiny
rychlé:	thiazoly, sulfenamidy, sulfenimidy a dithiosfáty
velmi rychlé:	thiuramsulfidy
ultraurychlovače:	dithiokarbamáty a xantháty [8]

Aktivátory vulkanizace

Jsou to organické nebo anorganické chemikálie, které se podílejí na zvyšování účinnosti vulkanizace a to tím způsobem, že zvyšují koncentraci příčných vazeb mezi molekulami kaučuku. Nejpoužívanějším aktivátorem mezi anorganickými chemikáliemi je ZnO. Dále se v menší míře používají také PbO a MgO. [8]

Antidegradanty

Antidegradanty jsou používány ve směsích, aby mírnili stárnutí popř. napadání směsi nežádoucími látkami jako např. ozónem. Antidegradanty tvoří souhrnný název pro antioxidanty a antiozonanty. [8]

Antioxidanty pomáhají vulkanizátu pomaleji stárnout a to tak, že samy oxidují na bezbarvé nebo barevné produkty, které mají relativní stálost. [8]

Antiozonanty zabraňují prostupování vzdušného ozónu do hloubky a udržují ho pouze na povrchu. Pro staticky namáhané výrobky se používají vosky tvořící tvrdou vrstvu na povrchu vulkanizátu. K ochraně dynamicky namáhaných výrobků jsou vosky kombinovány spolu s chemickými antiozonanty. [8]

Plniva

Plniva tvoří ve většině gumárenských směsí přibližně 30% hmotnosti. Mají vliv na vlastnosti a cenu vulkanizátu a zpracovatelnost směsí. Nejčastěji používaným plnivem do kaučukových směsí jsou saze, které se podílejí na zvýšení např. tvrdosti, odolnosti proti dalšímu trhání, modulu elasticity a pevnosti v tahu. Saze také snižují tažnost a odrazovou pružnost. Dalšími příklady plniv jsou silika (zlepšují poměr mezi adhezí za mokra a valivým odporem pneumatik) a především kaolin, který je nejdůležitější minerální plnivo. Plniva mohou být rozdělena dle účinku ve vulkanizátu na:

- | | |
|-----------------------|---|
| ztužující plniva: | - zvyšují pevnost v tahu, odolnost proti oděru a strukturní pevnost |
| poloztužující plniva: | - od ztužujících se liší tím, že nezlepšují odolnost proti oděru |
| neztužující plniva: | - oproti předchozím dvěma vůbec nezlepšují vlastnosti vulkanizátu [8,9] |

Změkčovadla

Změkčovadla jsou většinou do gumárenských směsí dodávána jako kapaliny nebo nízkomolekulární pryskyřice. Mezi nejčastěji používaná změkčovadla patří minerální oleje, parafíny, syntetická změkčovadla, pryskyřice a faktisy, které ovšem zhoršují odolnost proti oděru, což znamená, že jsou při výrobě pneumatik užívány maximálně při výrobě bočnic. Změkčovadla jsou především používána ke snadnějšímu zpracování. Ovlivňují také cenu výrobku, protože jsou levnější než směsi. [8]

1.2.2 Gumárenské kordy

1.2.2

Materiály používané pro gumárenské kordy jsou většinou viskozová, polyamidová, aramidová a skleněná vlákna, která jsou pogumována při procesu pogumování. [8]

1.2.3 Patní lana

1.2.3

Patní lana se skládají ze spletených ocelových lan, která jsou potažena mosazí pro větší přilnavost k pryži a následně jsou pogumována. [2]

1.3 Výroba pneumatik

1.3

Výroba pneumatik probíhá v několika současně probíhajících operacích, kterými jsou: příprava gumárenských směsí, příprava polotovarů, kompletace pneumatiky, vulkanizace a výstupní kontrola. [2,10]

Gumárenské směsi jsou připravovány mícháním, při němž se do samotné kaučukové směsi přidávají jednotlivé přísady. První etapa míchání je plastifikace přírodního

kaučuku při teplotě kolem 150°C. Poté následuje vmíchání jednotlivých přísad za teplot kolem 125°C. Finální etapou je vmíchání vulkanizačního systému, což probíhá při teplotě 100°C. [10]

Příprava polotovarů se dělí na tři skupiny, kterými jsou: vytlačované polotovary (vnitřní guma, běhoun, bočnice), pogumovaný textil (kordové vložky), patní lana. [10]

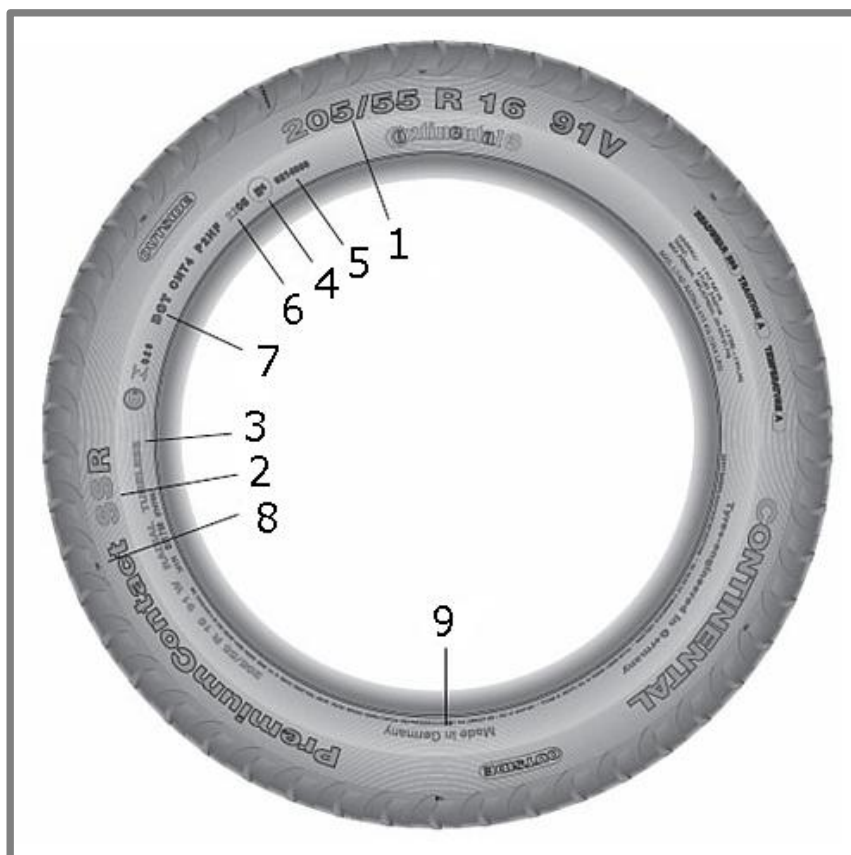
Po přípravě všech částí pneumatiky následuje jejich kompletace, která se většinou provádí směrem od vnitřní gumy přes kordové vložky, nárazníky, bočnice, patní lana až po samotný běhoun. Výsledkem kompletace je surová pneumatika též zvaná karkasa, která vzdáleně připomíná požadovaný tvar pneumatiky. [10]

Surová pneumatika je před vlastním lisováním a vulkanizací ošetřena tzv. emulgací (aplikace vnějších a vnitřních roztoků), aby se při lisování zamezilo mechanickým problémům a také, aby se zvulkanizovaná pneumatika lépe vyndávala z formy. Hlavním požadavkem na lisovací formu je její povrch, který určuje kvalitu povrchu pneumatiky. Na formě se nacházejí kromě drážek také odvodušňovací trysky, kterými jsou odváděny zplodiny z vnitřní části pneumatiky. [10]

Po vyjmutí z formy se pneumatika nechá vychladnout a stabilizovat. Poté ještě následuje výstupní kontrola. [10]

1.4 Značení pneumatik

Všechny pneumatiky jsou opatřeny řadou označení a kódů, které je přesně charakterizují.



Obr. 1.33 Značení pneumatik [11]

- | | | |
|--------|-----------|---|
| 1. | 205 | - hodnota udávající šířku pneumatiky v milimetrech |
| | 55 | - výška pneumatiky v procentech vzhledem k její šířce (tzv. profilové číslo) |
| | R | - typ pneumatiky (radiální nebo diagonální) |
| | 16 | - průměr disku v palcích |
| | 91 | - zátěžový index (index nosnosti) |
| | V | - index rychlosti |
| 2. | SSR | - toto označení nesou pneumatiky, na kterých lze jet i po defektu |
| 3. | TUBELESS | - označení pro bezdušovou pneumatiku |
| | TUBE TYPE | - označení pro pneumatiku s duší |
| 4 a 5. | ECE norma | - znak a číslo splněné ECE normy |
| 6 a 7. | DOT kód | - tento kód obsahuje informace o firmě, kde byla pneumatika vyrobena; tento kód je většinou doprovázen třemi popř. čtyřmi čísly, která udávají týden a rok výroby |
| 8. | TWI | - Tread Wear Indicator - indikátor pro určení aktuální hloubky dezénu [11] |

1.5 Životnost pneumatik

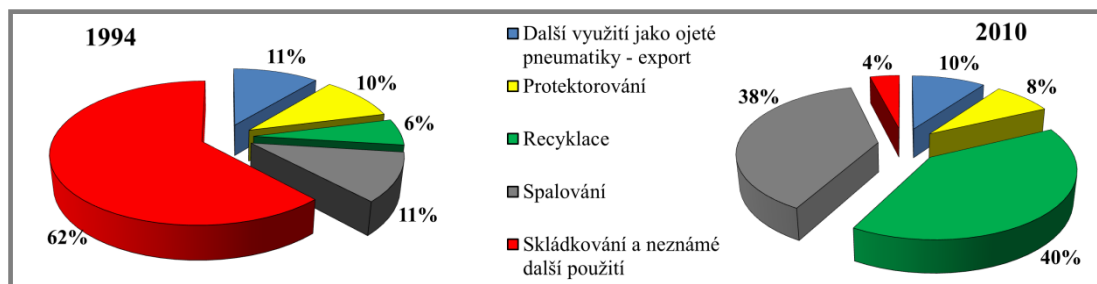
1.5

Životnost pneumatik ovlivňuje řada vlivů. Mezi ně patří jejich skladování a také podmínky za jakých jsou používány (tj. tlak nahuštění, rychlost, údržba, zatížení apod.). Stav a nahuštění pneumatik by se měl pravidelně kontrolovat a kromě těchto faktorů je třeba klást důraz také na sledování změn dynamického chování pneumatiky (např. hlučnost a vibrace). Pneumatiky používané déle jak 5 let by měl nejméně jednou za rok kontrolovat specialista. Pneumatiky staré déle jak 10 let (týká se také rezervy) by měli být z bezpečnostních důvodů vyměněny, a to i za předpokladu že pneumatika vypadá v pořádku. [12]

1.6 Zpracování ojetých pneumatik

1.6

Po vyřazení pneumatiky je možné s ní nakládat různými způsoby, kterými jsou další použití ojeté pneumatiky (její znovu používání), její protektorování, recyklace a spalování. Poslední možnost používaná především v minulosti je skládkování, což je ovšem v této době nezákonné. Z následující tabulky a obrázku je zřejmé, že za zmíněných 16 let se takřka skládkování odstranilo a podstatně se zvýšil podíl recyklace ojetých pneumatik a také jejich spalování. [13]



Obr. 1.14 Porovnání nakládání s ojetými pneumatikami roku 1994 a 2010

Tab 1.1 Procentuální rozdělení nakládání s ojetými pneumatikami [13]

	Další využití jako ojeté pneumatiky - export	Protektorování	Recyklace	Spalování	Skládkování a neznámé další použití
1994	11%	10%	6%	11%	62%
1996	8%	12%	11%	20%	49%
1998	11%	11%	18%	20%	40%
2000	10%	11%	19%	21%	39%
2002	11%	11%	25%	27%	26%
2004	9%	12%	28%	31%	20%
2006	9%	12%	34%	32%	13%
2008	8%	11%	39%	37%	5%
2009	9%	9%	37%	40%	5%
2010	10%	8%	40%	38%	4%

1.6.1 Protektorování

Protektorování je první metoda pro nakládání s ojetými pneumatikami. Touto metodou se vrátí pneumatice ztracená funkčnost a prodlouží se tím životnost její kostry. Pro protektorování je vhodná rovnoměrně sjetá pneumatika s minimální hloubkou vzorku 1mm, jejíž stáří nepřesahuje 4 až 6 let. Pneumatiky z osobních automobilů se protektují většinou jednou, autobusové a nákladní se protektují 3-4 krát a letecké až 8 krát. Protektorování lze provádět dvěma metodami, kterými jsou protektorování za tepla a protektorování za studena. [14]

Podstata protektorování za tepla spočívá v odstranění starého dezénu a bočních popisů. Následně je na zbroušenou pneumatiku aplikován spojovací roztok a neztvrdlávaná kaučuková směs. Poté je připravená pneumatika lisována tlakem okolo 15 atm. a teplotě kolem 145°C. Po lisování se odstraní přetoky, pneumatika se zkontroluje a je připravena k použití. [14,15]

Protektory vytvořené za studena jsou určeny především pro nákladní vozidla. Jsou ovšem daleko choulostivější na nešetrné zacházení oproti protektorům vytvářeným za tepla. Princip této metody spočívá v nanášení předvulkanizovaného běhounu, který na sobě již nese hotový dezén. Po tomto úkonu se neprovádí žádná tepelná úprava. [14,15]



Obr. 1.15 Protektorování za studena [16]

1.6.2 Spalování

1.6.2

Spalování lze rozdělit na několik druhů. Jsou to spalování v cementárnách a ve spalovnách odpadů a také, i když ne tak využívané, spalování pro výrobu energie a pro výrobu páry. [17]

Spalování v cementárnách

Ojeté pneumatiky se v cementárnách používají jako přídavné palivo, které díky své vysoké výhřevnosti šetří drahá hlavní paliva. Výhřevnost se dá zvýšit hrubým nadrcením a separací ocelových částí. Zatímco celá pneumatika má výhřevnost 27GJ/t, nadrcená pneumatika bez většiny ocelových součástí disponuje výhřevností 32GJ/t. Princip spalování spočívá v tom, že se pneumatika vloží do rotační pece, kde se při teplotě 350°C zapálí a následně se pyroliticky rozkládá. Použitím spalování pneumatik se výrazně snižují emise. [17]

Spalování ve spalovnách odpadů

Pneumatiky díky své vysoké výhřevnosti tvoří až 10% spalovaného odpadu. V ČR je největší spalovna v Brně společností Sako, a.s. Splňuje i velmi náročné požadavky na ekologii. [17]

1.6.3 Recyklace

1.6.3

Drcení pneumatik

Pneumatiky se drtí pomocí dvouhřídelových nebo čtyřhřídelových drtičů opatřených segmenty, které podporují drcení. Pneumatiky vypadávají z drtiče ve formě kousků, jejichž šířka odpovídá segmentům na hřídelích drtiče. Dvouhřídelové drtiče se většinou využívají na předdrcení odpadu před konečným drcením nebo mletím najemno. Drtiče bývají opatřovány přítlačným zařízením, které má za úkol natlačit objemný odpad mezi drtící segmenty. [18,19]

U čtyřhřídelových drtičů dochází k drcení na dvou místech. Jednak dochází k drcení hlavními drtícími hřídelemi a dále se drtí kusy, které nepropadnou sítím, a které jsou vráceny do pracovního prostoru. Po drcení následuje separace kovových a textilních částí pneumatiky. U větších pneumatik se ještě před vlastním drcením vytrhávají (popř. vyřezávají) patní lana, aby nedocházelo k přílišnému opotřebení drtiče. [19,20]

Pyrolýza

Pyrolýza je proces založený na tepelném štěpení makromolekul, při kterém se zachovávají vazby mezi atomy uhlíku a vodíku. Proces probíhá při vyšší teplotě uvnitř reaktoru za nedostatku kyslíku. Použitá technologie a pyrolýzní podmínky ovlivňují kvalitu a množství výsledných produktů. Plyn, který vzniká při pyrolýze, se používá jako zdroj tepelné energie. Při použití kogenerační jednotky lze vyrobit i elektrickou energii, čímž se pyrolytická zařízení stávají soběstačnými, tudíž mohou být realizovány kdekoliv. Suroviny, které se vytvářejí, jsou dehet, saze, těžký olej, plynový olej, metan, ocelový šrot a jiné. [21]

Ozónová degradace pneumatik

Jak již bylo napsáno, tak v gumárenských směsích (pryž) jsou potřeba antiozonanty, které brání pryži před napadením ozónu. V případě recyklace lze ovšem ozón využít přesně naopak. Tento způsob recyklace je v současnosti stále ještě novým. Princip spočívá v napadání dvojných vazeb pryže pomocí ozónu, což má za následek rozpad pneumatiky. [22]

V současnosti je světově ojedinělá linka pro ozónovou degradaci pneumatik v Lanškrouně ve firmě DOTABUS, s.r.o. Tato linka je s příkonem 40 kW za hodinu energeticky úspornější než stroje pro mechanickou recyklaci, které mají příkon okolo 300 kW za hodinu. Předpokládané množství zpracovaných pneumatik je 300 kg za hodinu, což znamená přibližně jedna pneumatika za minutu. Pneumatiky se před zpracováním musí třídit, aby doba zdržení v atmosféře byla stejná, protože se liší dle typu pneumatiky. Vzhledem k možnosti smísení ozónu s kyslíkem, což může mít za následek výbuch, jsou potřeba bezpečnostní opatření. Výrobní náklady na kilogram drti jsou odhadovány na 2,5 až 3 Kč. [23]



Obr. 1.16 Linka na ozónovou degradaci [23]

1.6.4 Skládkování

V České republice se do roku 2006 většina pneumatik ukládala na skládky. Od zmíněného roku ovšem platí vyhláška č. 383/2001 Sb., která skládkování nepovoluje. Jedinou výjimkou, kdy lze pneumatiky umístit na skládku, jsou pneumatiky, které se na skládce používají jako technicky zabezpečující materiál. Vyhláška dále ukládá, že ojeté pneumatiky nesmějí být nadměrně hromaděny, protože poté dochází k častým požárům. [25.26]



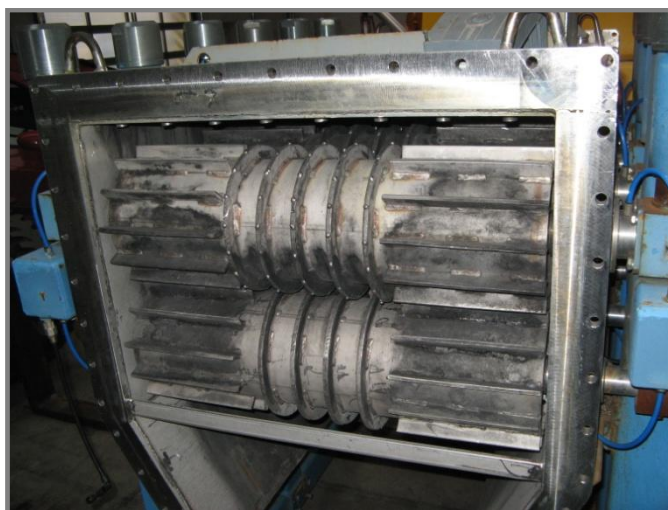
Obr. 1.17 Požár skládky pneumatik ve Vrdech na Kutnohorsku [27]

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

2

Ozónová degradace pneumatik je stále ještě novou technologií, která se zařazuje mezi materiálové zhodnocení opotřebovaných pneumatik. Princip této technologie spočívá v napadání dvojných vazeb pryže pomocí ozónu, což má za následek rozpad pneumatiky. Ozón pneumatiku rozkládá především, když je namáhána tahem.

Vstupní modul řešený v této diplomové práci je navrhován na již existující linku pro ozónovou degradaci pneumatik, která se nachází v Lanškrouně a je majetkem firmy DOTABUS, s.r.o. Linka se skládá z plynotěsných ozónových komor (reaktorů), ve kterých se nachází horní a spodní řada válců, kdy je vždy dvojice vzájemně protiběžná. Každý válec je opatřen přivařenými lopatkami, které usnadňují pohyb pneumatiky a také pomáhají pneumatiku více namáhat. Mezi válci se nachází mezera, jejíž velikost se dá regulovat pomocí přitlaku ovládaného utahováním a povolováním šroubu. Válce jsou poháněny motory přes kardany. Otáčky válců jsou synchronizovány, aby pneumatiky plynule procházely přes dvojice válců. Ozón je vháněn do komory z horní strany. Po napadení ozónem se pneumatika rozpadá. Odpadající drť je z komory odváděna pomocí dlouhého šneku poháněného motorem. Otáčky motoru šneku se nastavují podle požadované hrubosti drti (čím větší otáčky, tím kratší dobu bude drť napadána).



Obr. 2.1 Linka na ozónovou degradaci

Pneumatiky se zakládají do stroje v rozvinuté podobě, protože je potřeba, aby kladly co největší odpor a tím se i co nejvíce namáhaly. Při velkém namáhání totiž dochází k lepšímu a rychlejšímu rozpadu pneumatiky. Rozvinutí pneumatiky je fyzicky náročný úkon především u pneumatik z nákladních automobilů a větších a proto je potřeba navrhnout zařízení, které pneumatiku rozvine. Do této chvíle se pneumatiky zakládaly do linky pomocí obsluhy linky. Tento princip je ovšem velmi fyzicky náročný.

3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Cílem této diplomové práce je konstrukční návrh zařízení pro zakládání pneumatik do stroje pro ozónovou degradaci pneumatik s těmito parametry: velikost pneumatik 295/80 R22,5, rozvinutí profilu pneumatiky a jeho založení do stroje, zabezpečení utěsnění ozónové atmosféry.

Tuto konstrukci je potřeba navrhnout rozměrově na stávající linku pro ozónovou degradaci pneumatik, proto je třeba se řídit přípojnými rozměry. Součástí práce je i 3D model vstupního modulu.

Nejprve je potřeba vymyslet princip, jakým by se dalo rozvinout pneumatiku z jejího výchozího tvaru do pásu. Dále je zapotřebí brát v úvahu, že obsluha linky manipuluje s pneumatikou vážící okolo 60kg, takže je nutné navrhnout zařízení tak, aby obsluha nevykonávala fyzicky náročné úkony s pneumatikou. Nakonec bude ještě potřeba vymyslet, jakým způsobem by se dala utěsnit ozónová atmosféra, protože je nutné zamezení úniku ozónu.

4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

4

Před samotným návrhem konstrukčního řešení je potřeba se seznámit s problematikou týkající se pneumatik. Jedná se především o konstrukci pneumatiky a její materiálové složení a dále je třeba se seznámit s recyklací pneumatik, konkrétně s ozónovou degradací pneumatik.

Kompletní model bude vytvořen v parametrickém modeláři Autodesk Inventor 2010. Zatížení konstrukce bude prezentováno v softwaru Ansys Workbench 12.1 a výpočty budou prováděny v programu Mathcad 14.

Nejprve je nutné vymyslet celý princip rozvinutí pneumatiky a její založení do stroje. Následně je potřeba navrhnout utěsnění ozónové atmosféry nacházející se v samotné lince. Poté bude vytvořen 3D model výsledné konstrukce a simulováno její zatížení.

V závěru práce bude zhodnocena konstrukce vzhledem k její funkčnosti a další postup, který by měl po konstrukčním návrhu následovat. Dále zde ještě bude uveden konstrukční, technologický a ekonomický rozbor.

Konstrukční práce byla řešena v následujících fázích:

- 1. Fáze Analýza současného stavu poznání
- 2. Fáze Vymezení cílů práce
- 3. Fáze Vytvoření variant
- 4. Fáze Výběr vhodné varianty
- 5. Fáze Vypracování konstrukčního řešení
- 6. Fáze Optimalizace a tvorba kontrolních výpočtů

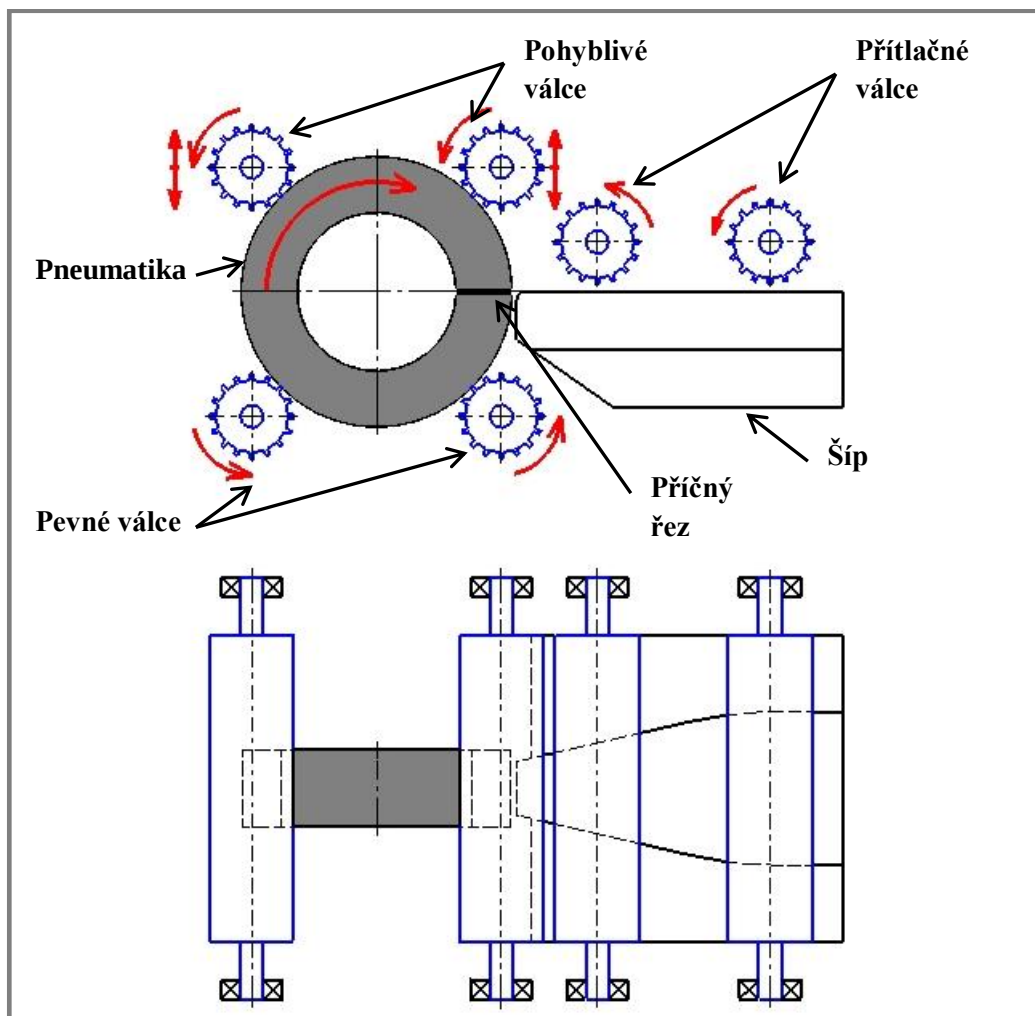
5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Ve variantách řešení se hlavně jedná o varianty rozvinutí pneumatiky. Tyto varianty byly celkem 2. V úvahu bylo bráno, že pneumatiky musí do linky vstupovat už jako pás a také, že před samotným rozvinutím bude pneumatika příčně přeříznutá.

5.1 Návrh variant řešení

5.1.1 Varianta A

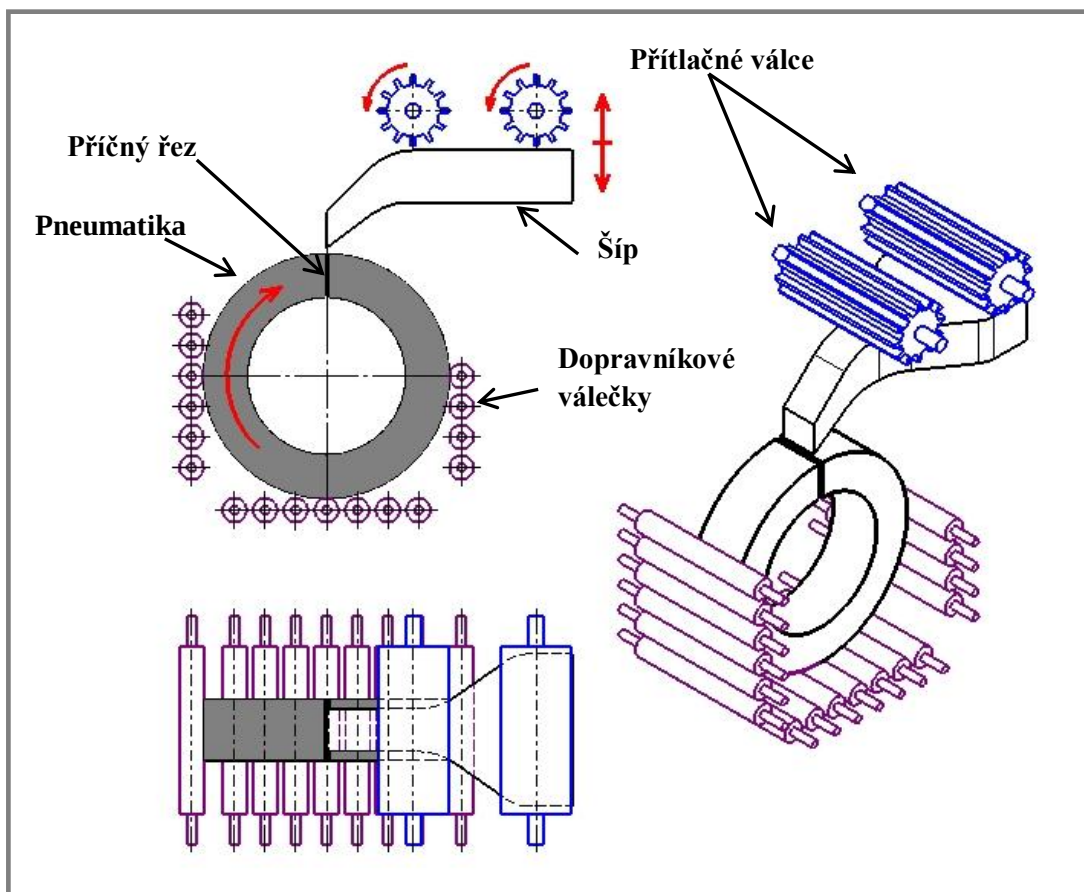
První varianta se skládala ze 4 válců, které se otáčejí ve stejném smyslu. Horní dva válce jsou pohyblivé, a postupně jsou přitlačovány ke spodním dvěma. Při dostatečném přitlačení se pneumatika v místě řezu otevře a následně narazí na doraz, který má v půdorysu tvar šíp, který umožňuje bočnicím, aby vytvořili jeden pás společně s běhounem. Z vrchu je pneumatika zajištěna proti svlečení ze šípů dvěma přitlačnými válci.



Obr. 5.1 Schematický nákres varianty A

5.1.2 Varianta B

Ve druhé variantě je také využit princip šíp, pro roztažení bočnic pneumatiky. Šíp společně s přitlačnými válci, které mají stejnou funkci jako v předchozí variantě a to tu, že zamezují sklouznutí pneumatiky ze šíp, působí také jako podávací zařízení, fungují jako celek a pohybují se nahoru a dolů. Pneumatika je umístěna mezi nepoháněnými válečky z dopravníků. Princip spočívá v pohybu šíp směrem dolů, kdy dochází k deformaci jedné poloviny pneumatiky, druhá je při tomto působení postupně navlékána na šíp. Válce i válečky jsou na koncích uloženy, ale pro přehlednost toto uložení v následujícím obrázku chybí.



Obr. 5.2 Schematický náčrtek varianty B

5.2 Výběr optimální varianty

Po zvážení možných problémů s principem rozvinutí byla vybrána varianta B. U varianty A by totiž bylo náročné detekovat polohu příčného řezu na pneumatice, což by způsobilo nefunkčnost varianty. V případě vyzvednutí pneumatiky do požadované výšky je varianta B také přijatelnější. Problémem ovšem je univerzálnost zařízení, což znamená, že stroj bude navrhován pouze pro velikost pneumatiky uvedené v zadání.

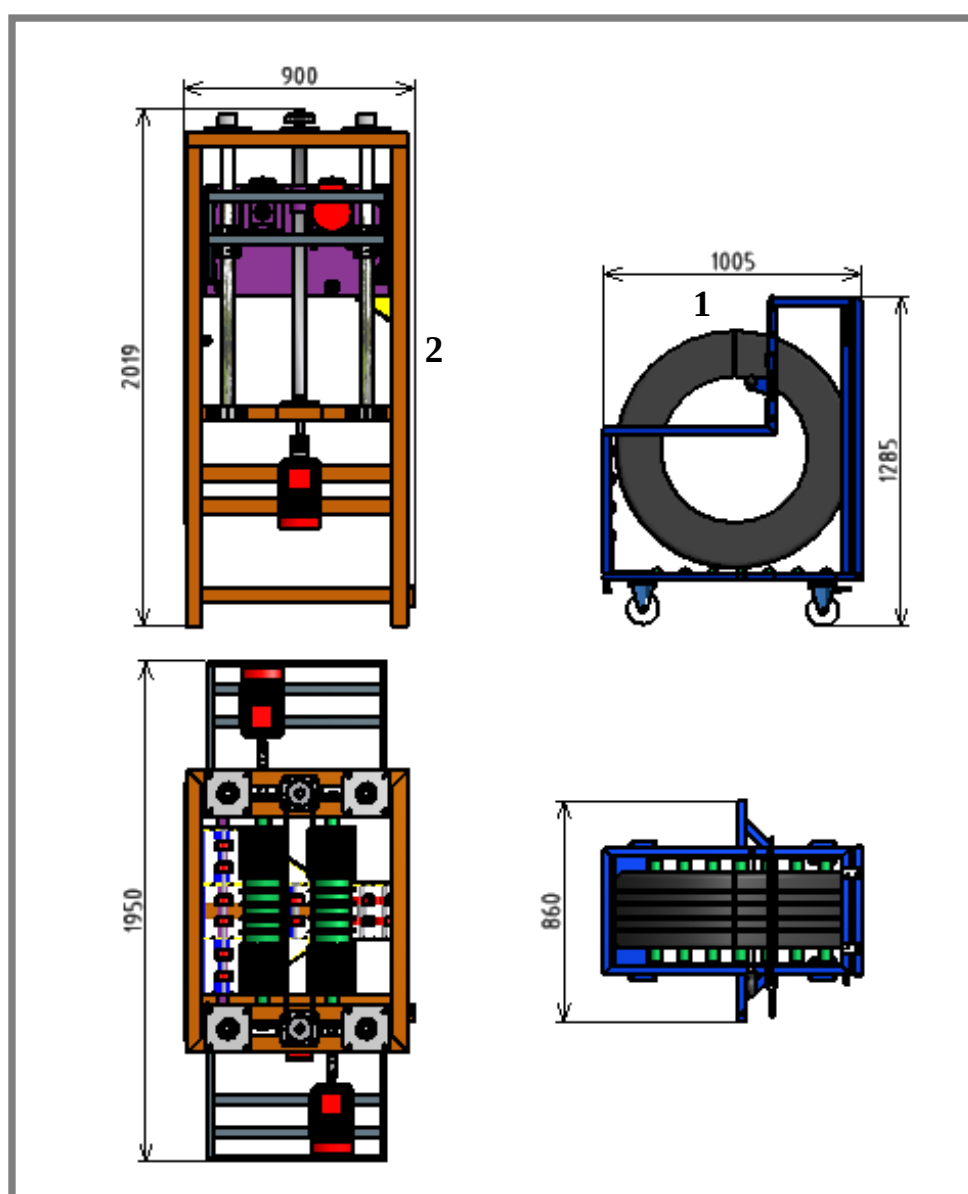
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Konstrukce vstupního modulu linky pro ozónovou degradaci pneumatik lze rozdělit do dvou celků, kterými jsou samotná konstrukce stroje a vozík. Oba celky se pak dále dělí na podsestavy.

6.1 Základní rozdělení stroje a jeho princip

6.1.1 Základní rozdělení stroje a jeho rozměry

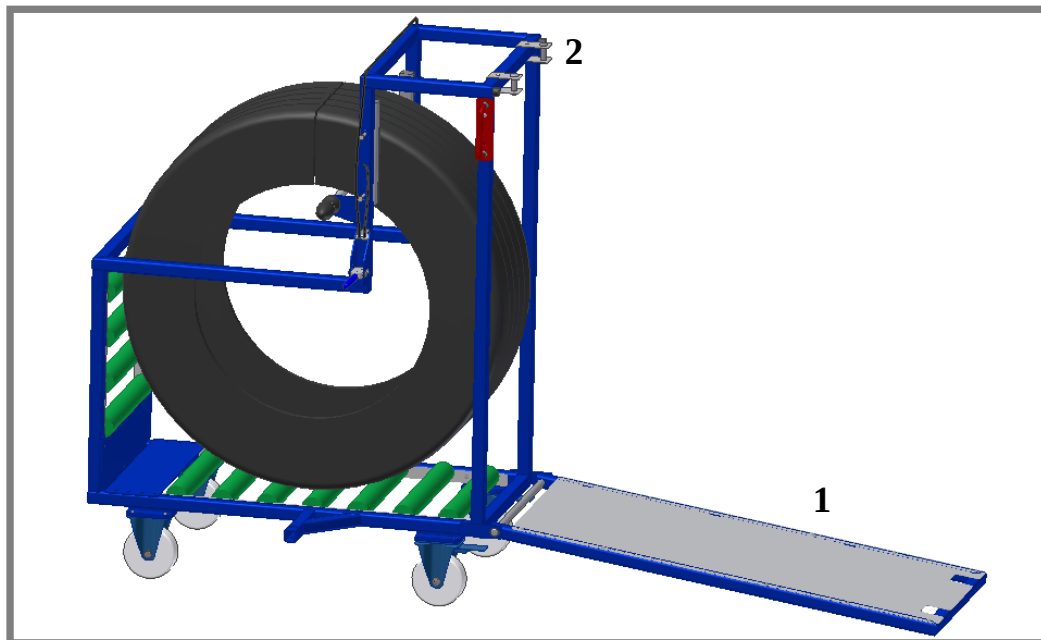
Jak již bylo napsáno, vstupní modul se skládá ze dvou celků. Vozík (1) má za úkol přepravit pneumatiku do stroje a také je v něm pneumatika říznuta. V konstrukci (2) pak již probíhá rozvinutí pneumatiky.



Obr. 6.1 Základní rozměry konstrukce a vozíku
1 - Vozík, 2 - Konstrukce stroje

6.1.2 Princip stroje

Do vozíku je nejprve nakulena pneumatika a následně zajištěna. Pneumatika je nakulena do vozíku přes výklopnou konstrukci (1), která se po opětovném zavření zajistí z vrchu čepy (2).



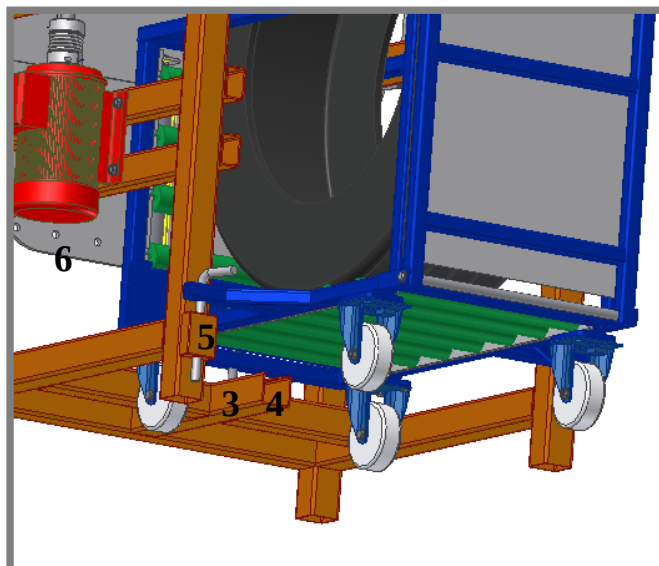
Obr. 6.2 Vozík s otevřenou výklopnou konstrukcí
1 – Výklopná konstrukce, 2 – Pojistné čepy

Před přeříznutím je pneumatika podepřena podpěrnou tyčí, aby měla při řezání oporu. Poté následuje její přeříznutí. Řezání pneumatiky je prováděno pásovou pilou používající pilový pás z tvrdokovů (speciální pás určený vyloženě na řezání pneumatik je zobrazen na následujícím obrázku (Obr. 31)).



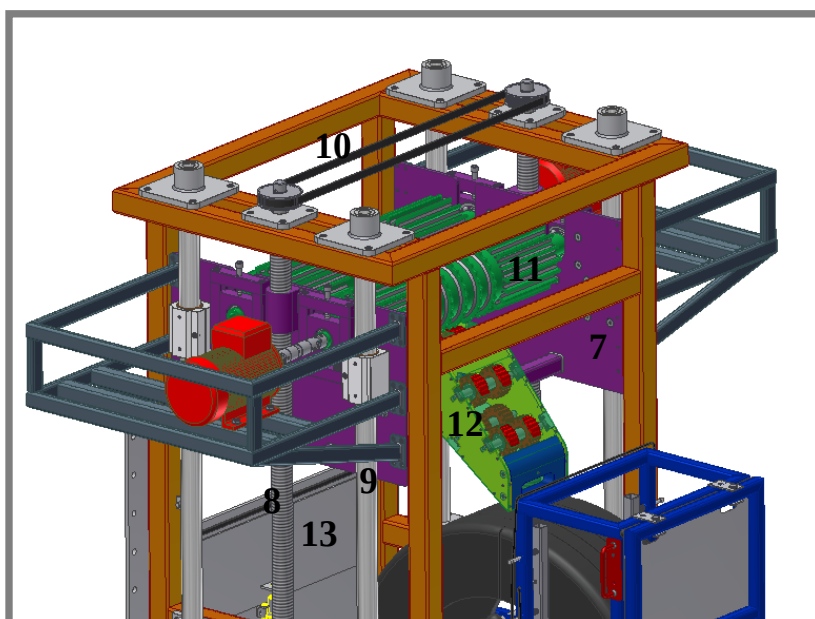
Obr. 6.3 Pilový pás na řezání pneumatik [28]

Po říznutí pneumatiky se celý vozík převezde do stroje. Vycentrování vozíku je zajištěno pomocí šroubu (3), který je připevněn na vozíku a vodící drážky (4) nacházející se na konstrukci stroje. Po zajištění šroubu do vodící drážky se ještě vozík na straně zajistí kolíkem (5).



Obr. 6.4 Detail na ustavení vozíku ve stroji
3 – Šroub, 4 – Vodící drážka, 5 – Kolík, 6 - Motor

Když je vozík zajištěn spustí se pomocí ovládacího tlačítka všechny tři motory (6) stroje. Následně je spouštěno rozvíjecí zařízení (7), které se pohybuje pomocí dvou pohybových lichoběžníkových šroubů (8) a je vedeno po čtyřech vodících tyčích (9). Jeden lichoběžníkový šroub je poháněn motorem. Druhý je poháněn přes ozubený řemen (10) z prvního šroubu. Rozvíjecí zařízení sjíždí dolů a zabořuje se do řezu provedeného pilou, čímž začíná pneumatiku deformovat. Jedna polovina pneumatiky je stlačována a druhá se pohybuje po kružnici rovnou mezi přitlačné válce (11) a šíp (12). Pohyb pneumatiky je ulehčován pomocí válečků umístěných na vozíku. Přitlačné válce umožňují pohyb pneumatik po šíp, který pneumatiku postupně rozvíjí do formy pásu.



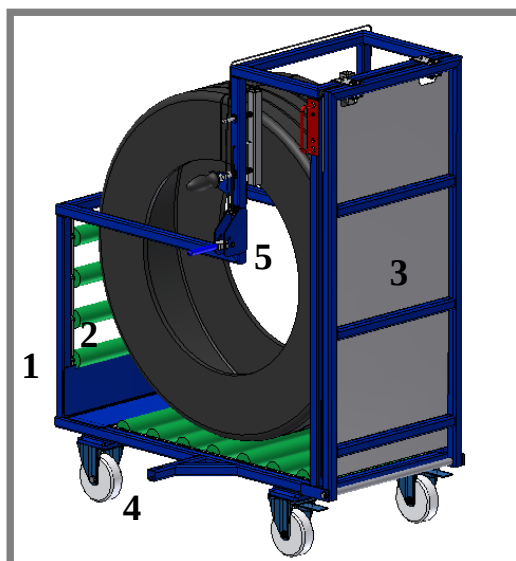
Obr. 6.5 Rozvíjecí zařízení
7 – Rozvíjecí zařízení, 8 – Pohybový šroub, 9 – Vodící tyč, 10 – Ozubený řemen, 11 – Přitlačný válec, 12 – Šíp, 13 – Kryt ozónové atmosféry

Na konci šípu je detekována poloha pneumatiky. Když se pneumatika nachází již skoro na konci šípu, sepne se optické čidlo, které ji zaznamená, a následně je pomocí pneumatického válce otevřen kryt (13), který uzavírá ozónovou atmosféru. Po najetí pneumatiky do stroje pro ozónovou degradaci se kryt opět zavře.

6.2 Vozík

6.2

Vozík se skládá ze svařované konstrukce (1), na které jsou připevněny ostatní komponenty, jako jsou válečky (2), výklopná konstrukce (3), kolečka (4), sestava sloužící k aretaci pneumatiky (5) a ostatní komponenty.

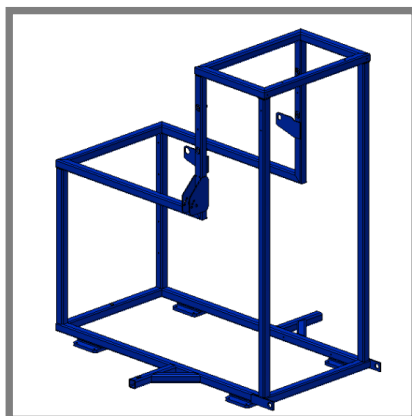


Obr. 6.6 Vozík

1 – Svařovaná konstrukce vozíku, 2 – Válečky,
3 – Výklopná konstrukce, 4 – Kolečka,
5 – Sestava aretace pneumatiky

6.2.1 Svařovaná konstrukce vozíku

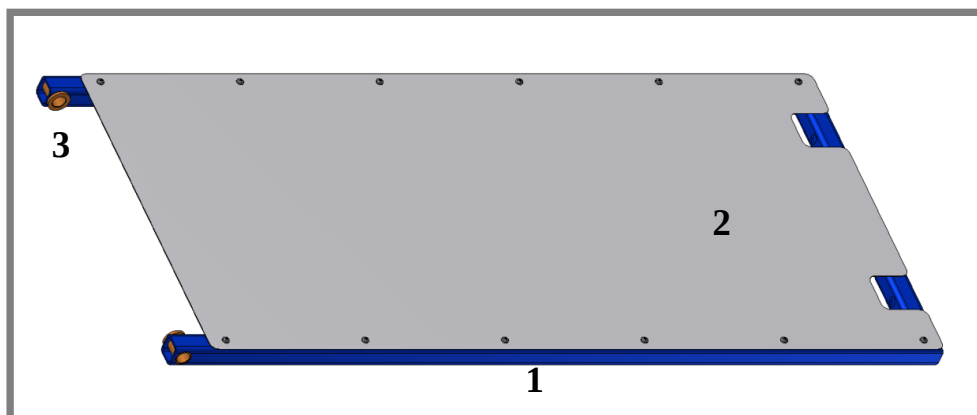
Svařovaná konstrukce vozíku je tvořena čtvercovými profily z oceli 1.0039 o rozměrech 30x30x3 mm, díly vyrobených z plechů o tloušťce 3 mm a 5 mm, a díly kterými jsou podložena kolečka vozíku.



Obr. 6.7 Svařovaná konstrukce vozíku

6.2.2 Výklopná konstrukce

Výklopná konstrukce je ke svařované konstrukci vozíku připojena přes ocelovou hřídel, aby mohlo docházet k otevírání a zavírání vozíku. Tato konstrukce (1) je rovněž svařovaná ze čtvercových profilů z oceli 1.0039 o rozměru 30x30x3 mm. Ke konstrukci je po svaření přišroubován plech (2), po kterém se pneumatika nakulí do vozíku. Výklopná konstrukce se shora zabezpečuje pomocí dvou čepů. V místě styku výklopné konstrukce se svařovanou konstrukcí vozíku jsou dvě bronzová pouzdra (3), která chrání konstrukci a hřídel proti opotřebení. Tato pouzdra jsou ke konstrukci přilepena.

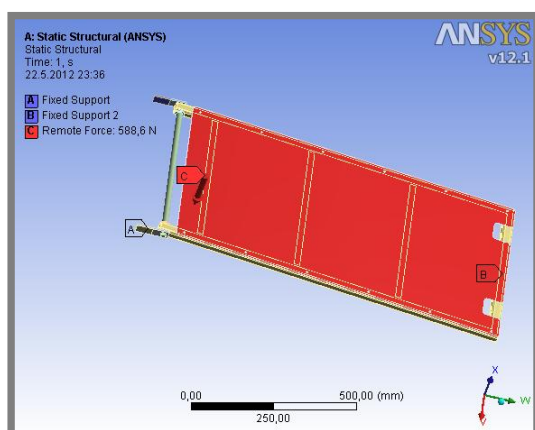


Obr. 6.8 Výklopná konstrukce

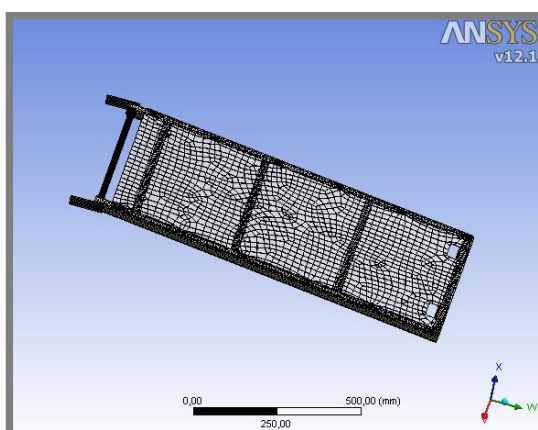
1 – Konstrukce ze čtvercových profilů, 2 – Plech, 3 – Bronzové pouzdro,

Napěťová a deformační analýza výklopné konstrukce

Výklopná konstrukce bude nejvíce namáhána při navalení pneumatiky, tzn., že zatěžující síla bude $F_1 = 588,6 \text{ N}$. Tato síla byla při analýze umístěna ke konci konstrukce dle obrázku 6.9, z důvodu předpokládaného největšího namáhání. Velikost prvků pro síť byla zvolena 15 mm. Počet použitých prvků sítě je 48559 a počet uzlů je 98834. Jako typ prvků byl použit SOLID186 a SOLID187.



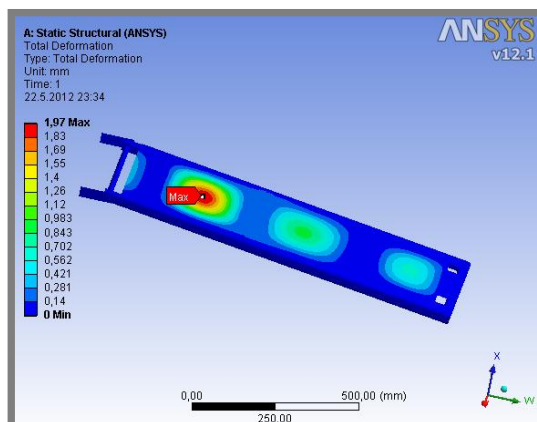
Obr. 6.9 Zatížení a zavedení výklopné konstrukce



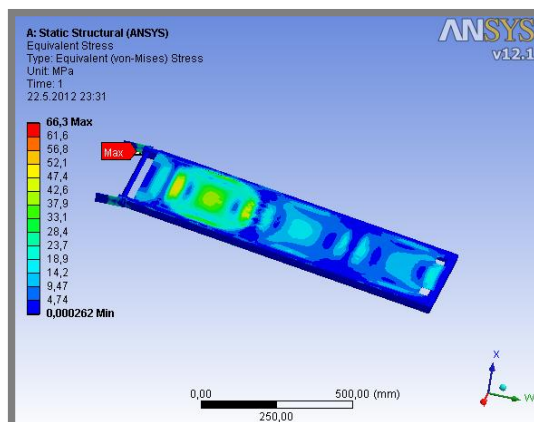
Obr. 6.10 Konečnoprvková síť výklopné konstrukce

Celková deformace je zobrazena na obrázku 6.11. Nejvyšší hodnota celkové deformace je 1,97 mm. Nejvyšší hodnota redukovaného napětí je rovna 66,3 MPa.

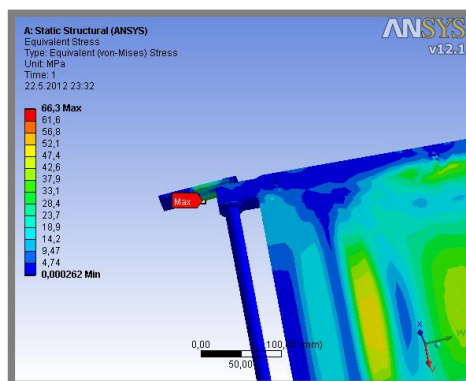
Vzhledem k volbě materiálu konstrukce (ocel 1.0039), který má mez kluzu $R_e = 180 \text{ MPa}$, nedojde k plastické deformaci vlivem působení pneumatiky.



Obr. 6.11 Celková deformace výklopné konstrukce



Obr. 6.12 Průběh redukovaného napětí dle podmínky HMH na výklopnou konstrukci



Obr. 6.13 Detail průběh redukovaného napětí dle podmínky HMH na výklopnou

6.2.3 Kolečka

Na vozíku jsou použita kolečka dvou typů. V přední části vozíku jsou dvě pevná kolečka s označením 17733-POLINYL 125 M40 mající kluzná ložiska. V zadní části jsou použita dvě otočná kolečka s brzdami s označením 17658FR-POLINYL 125 M40. Oba páry koleček jsou produktem firmy NAVRÁTIL, spol. s r.o.

6.2.3



Obr. 6.14 Pevné kolečko [29]

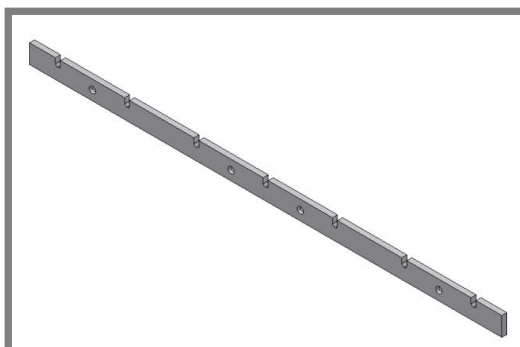


Obr. 6.15 Otočné kolečko s brzdou [29]

6.2.4

6.2.4 Válečky

Válečky umožňují pneumatice, aby se při zatížení otáčela. Jsou umístěny do podpěr, které obsahují drážky na usazení válečků. Tyto podpěry jsou přišroubované ke svařované konstrukci. Válečky byly vybrány gravitační nepoháněné typu TRG/50x2/ST/A10/SW8 a délky 400 mm od firmy Drašar s.r.o. Ve vozíku je použito celkem 11 těchto válečků.

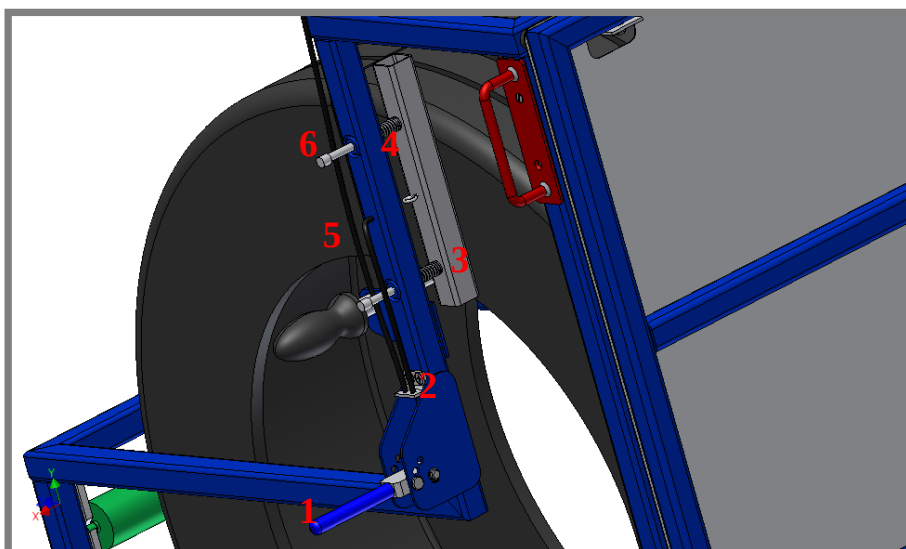


Obr. 6.16 Podpěra válečků

6.2.5

6.2.5 Sestava aretace pneumatiky

Aretaci pneumatiky zajišťuje sestava složená z páky (1), ocelových lanek (2) (byla vybrána brzdová lanka používaná na jízdním kole), dvou čtvercových profilů 30x30x3 mm (3), čtyř pružin (4), bowdenů (5) a čepů (6). Princip aretace spočívá v uvolňování pružin, což má za následek přitlačení čtvercových profilů na pneumatiku. Ke čtvercovému profilu jsou přišroubovány dva čepy se závitem na konci. Na těchto čepích jsou umístěny pružiny. Páka je uchycena mezi dva plechy, které jsou přivařeny ke svařované konstrukci vozíku, pomocí hřídelky zajištěné pojistnými kroužky. Pro uvolnění pneumatiky je potřeba nastavit páku do svislé polohy, protože ocelová lanka odtáhnou čtvercové profily od pneumatiky. Páka je poté v této poloze zajištěna čepem. Bowdeny jsou ještě před pákou uchyceny pomocí profilu L přišroubovanému ke svařované konstrukci vozíku.



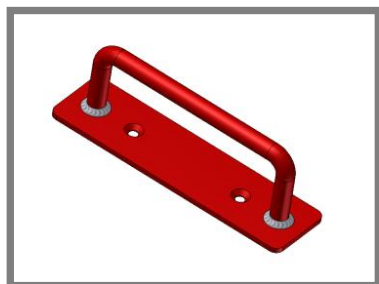
Obr. 6.17 Sestava aretace pneumatiky

1 – Páka, 2 – Ocelové lanko, 3 – Čtvercový profil, 4 – Pružina, 5 – Bowden, 6 – Čep

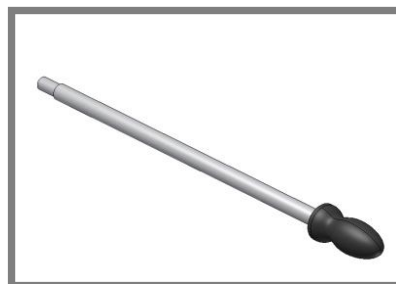
6.2.6 Ostatní komponenty

6.2.6

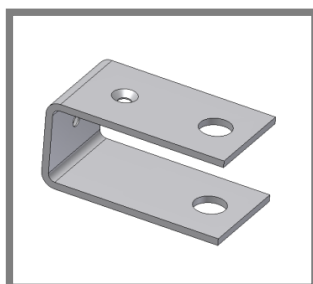
Mezi ostatní komponenty se počítají madlo sloužící k lepší manipulaci vozíku, podpěrná tyč, která především funguje jako opora při řezání pneumatiky a také dva úchyty, kterými se za použití čepů zajišťuje výklopná konstrukce. Madlo je svařované ze dvou dílů (plech tloušťky 3 mm a ohnutá tyč o průměru 10 mm) a je přišroubované ke svařované konstrukci vozíku. Podpěrnou tyč tvoří ocelová tyč, která je na konci opatřena rukojetí. Úchyty jsou tvořeny ohnutými ocelovými plechy tloušťky 3 mm, které jsou přišroubovány stejně jako madlo ke svařované konstrukci.



Obr. 6.18 Madlo



Obr. 6.19 Podpěrná tyč



Obr. 6.20 Úchyt

6.3 Konstrukce stroje

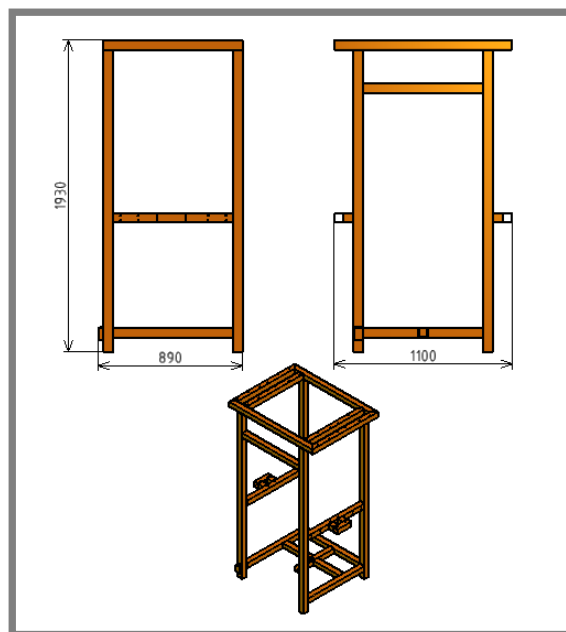
6.3

Konstrukce se dá rozdělit na dílčí podsestavy, kterými jsou svařovaná konstrukce stroje, rozvíjecí zařízení, pohon rozvíjecího zařízení a systém utěsnění ozónové atmosféry.

6.3.1 Svařovaná konstrukce stroje

6.3.1

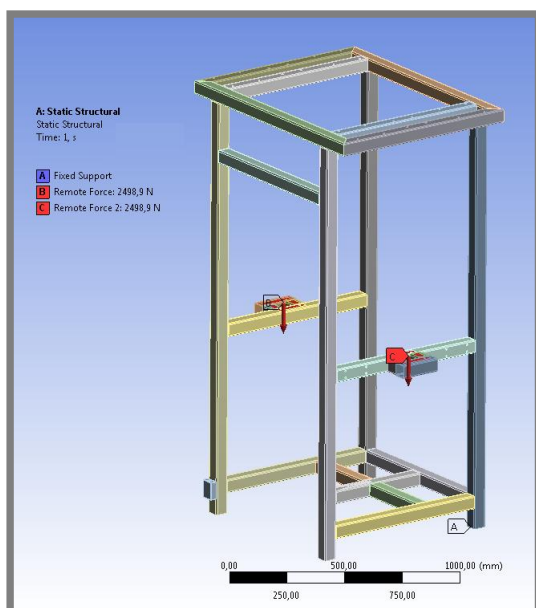
Svařovaná konstrukce je z velké části tvořena čtvercovými profily z oceli 1.0039 o rozměrech 60x60x3 mm. Jediná součást této sestavy, která není ze čtvercového profilu, je kostka, do které se zasouvá kolík zamezující pohybu vozíku ve stroji. Konstrukce funguje jako nosná a jsou k ní připevněny ostatní části vstupního modulu nejčastěji pomocí šroubů.



Obr. 6.21 Svařovaná konstrukce stroje

Napětíová a deformační analýza svařované konstrukce stroje

Tato konstrukce je namáhána hlavně hmotností rozvíjecího zařízení, pohybových šroubů a řemenového převodu. Zatížení je rozkresleno na obrázku 6.22. Síly jsou vypočteny přes pravděpodobné hmotnosti získané v programu Autodesk Inventor. Do hmotnosti, která zatěžuje svařovanou sestavu stroje je rovněž zahrnuta hmotnost rozvíjené pneumatik, což je již zmíněných 60kg. Síla vzniklá od rozvíjecího zařízení a pohyblivých šroubů je brána v zatěžovaném místě jako poloviční s ohledem na symetrii. Tato síla činí $F = 2498,9\text{N}$. Velikost prvků pro síť byla zvolena 20 mm a v působišti zatížení byla zvolena velikost 5 mm. Počet použitých prvků sítě je 168288 a počet uzlů je 457592. Jako typ prvků byl použit SOLID187.

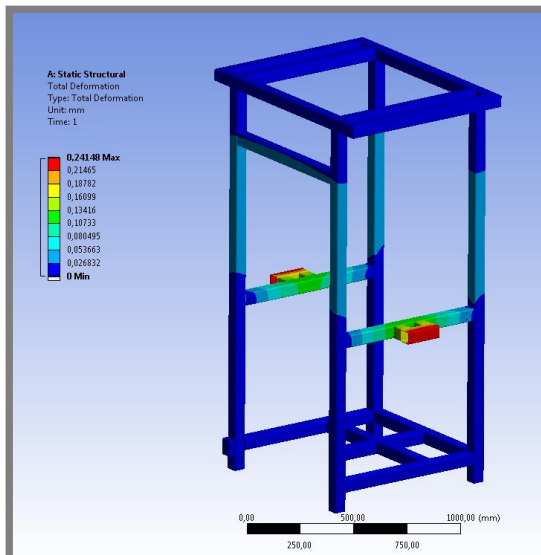


Obr. 6.22 Zatížení a zavazbení svařované konstrukce stroje

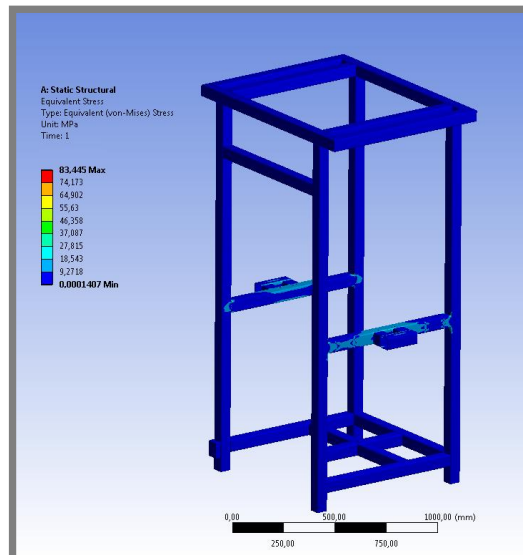


Obr. 6.23 Konečnoprvková síť svařované konstrukce stroje

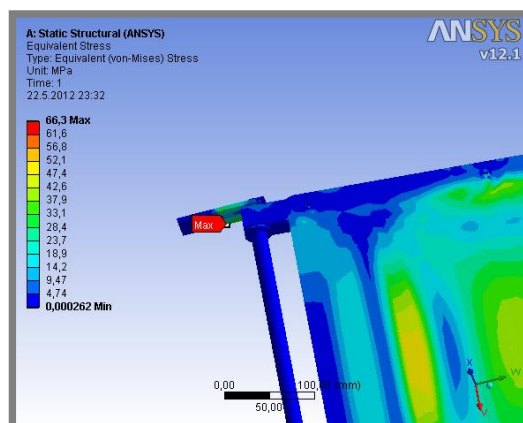
Celková deformace je zobrazena na obrázku 6.24. Nejvyšší hodnota celkové deformace je 0,241 mm. Nejvyšší hodnota redukovaného napětí je rovna 83,46 MPa. Tato hodnota nepřekračuje mez kluzu materiálu $R_e = 180$ MPa, což znamená, že nedojde k plastické deformaci vlivem působení pneumatiky



Obr. 6.24 Celková deformace svařované konstrukce stroje



Obr. 6.25 Průběh redukovaného napětí dle podmínky HMH na svařované konstrukci stroje

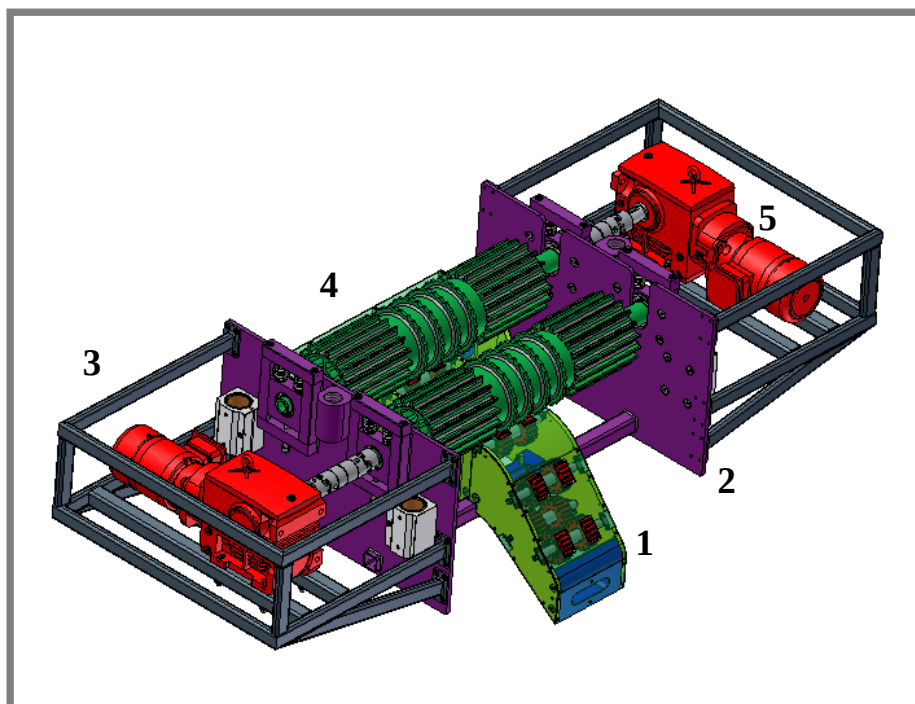


Obr. 6.26 Detail průběh redukovaného napětí dle podmínky HMH na výklopnou

6.3.2 Rozvíjecí zařízení

Rozvíjecí zařízení se mimo jiné skládá ze 4 hlavních částí, kterými jsou šíp, nosná konstrukce rozvíjecího zařízení, nosná konstrukce motoru a přítlačných válců. Šíp je ke konstrukci uchycení šípu přišroubován pomocí šesti šroubů. Nosná konstrukce motoru je k té samé konstrukci rovněž přišroubována a je k ní připevněn motor, který přes kardan pohání přítlačný válec. Přítlačné válce jsou uloženy v nastavitelných domcích, pomocí kterých se reguluje přítlak válce k šípu. Ke konstrukci uchycení šípu jsou také přišroubovány domky s bronzovými pouzdry, které zajišťují správné vedení celého rozvíjecího zařízení. Motory jsou umístěny každý na jedné straně konstrukce vzhledem k vyváženému zatížení.

6.3.2

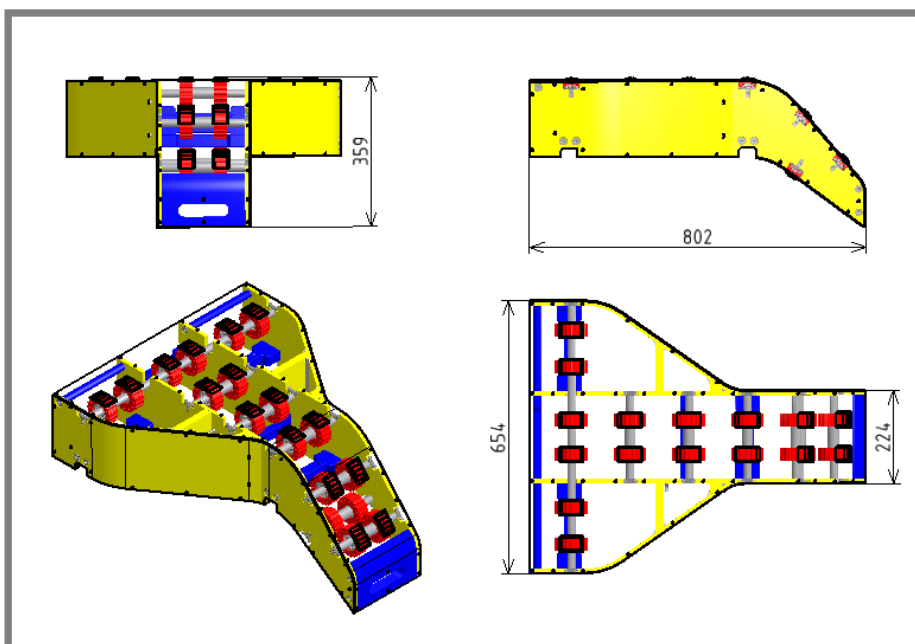


Obr. 6.27 Rozvíjecí zařízení

1 – Šíp, 2 – Konstrukce rozvíjecího zařízení, 3 – Nosná konstrukce motoru,
4 – Přítlačný válec, 5 – Elektromotor s převodovkou

Šíp

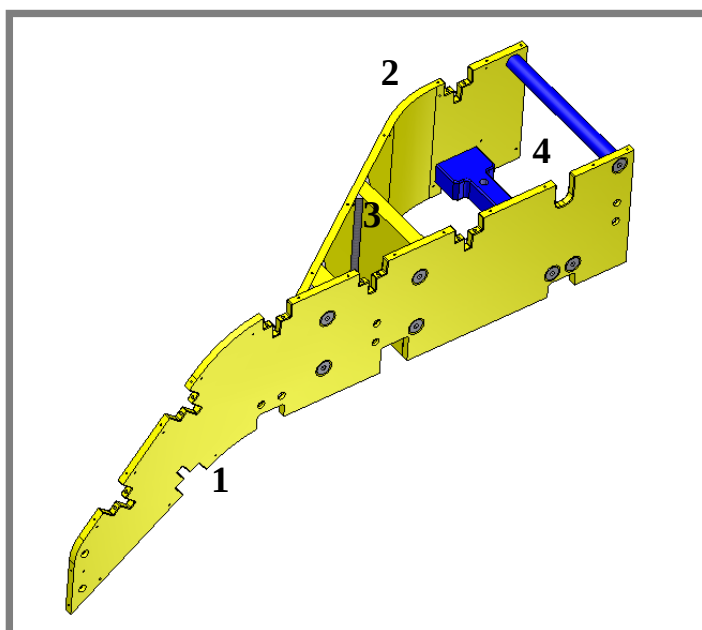
Hlavním prvkem rozvíjecího zařízení je šíp, který se skládá ze čtyř plechů (bočnic) tloušťky 10 mm, které tvoří jeho základní kostru.



Obr. 6.28 Šíp

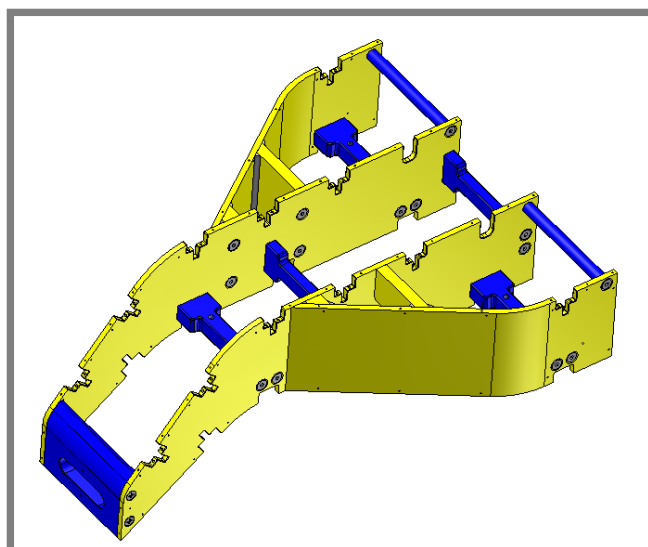
Bočnice se dají rozdělit na dvě dvojice, kdy jedna dvojice (1) jsou plechy mající tvar shodný s bočním pohledem na předchozím obrázku a druhá dvojice (2) jsou ohnuté

plechy s přivařenými výztuhami (3). Vždy je bočnice jednoho typu přišroubována k bočnici typu druhého. Dále jsou mezi sebou ještě vyztuženy žebry (4), která jsou také přišroubována.



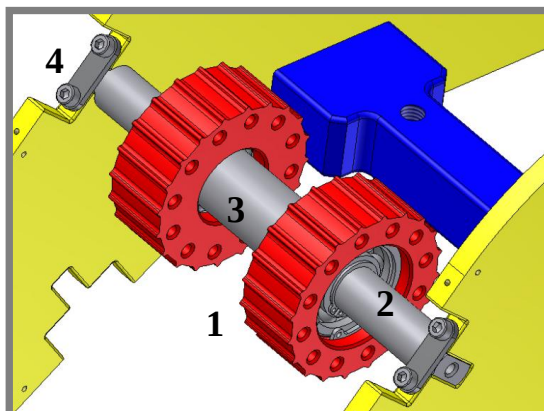
Obr. 6.29 Dvě smontované dvě bočnice
1 – Bočnice, 2 – Ohnutá bočnice, 3 – Přivařená výztuha, 4 – Žebra

Část šípu zobrazená na předchozím obrázku je následně sešroubována se zrcadlově stejnou částí pomocí žeber, které části šípu nejen spojují, ale také vyztužují, čímž získává šíp potřebnou tuhost.



Obr. 6.30 Sestava základní konstrukce šípu

Pohyb pneumatiky po šípě usnadňují válečky (1), které v sobě obsahují radiální ložiska typu 6204-2Z (2). Tyto kolečka jsou společně s ložisky upevněny na hřídeli (3) a zajištěny pojistnými kroužky. Hřídele jsou upevněny na šípě v drážkách a zajištěny pojistkou (4), která je k šípě přišroubovaná. Hřídel s válečky je na šípě celkem 7, přičemž hřídel uložená na konci šípě je přes celou jeho šířku. Hřídel i kolečka jsou vyrobeny s oceli. Kolečka jsou ještě opatřeny zakaleným povrchem po obvodu pro zvýšení jejich pevnosti. Pojistky jsou vyrobeny z pásové oceli válcované za studena v pružích o rozměrech 3x40 mm.

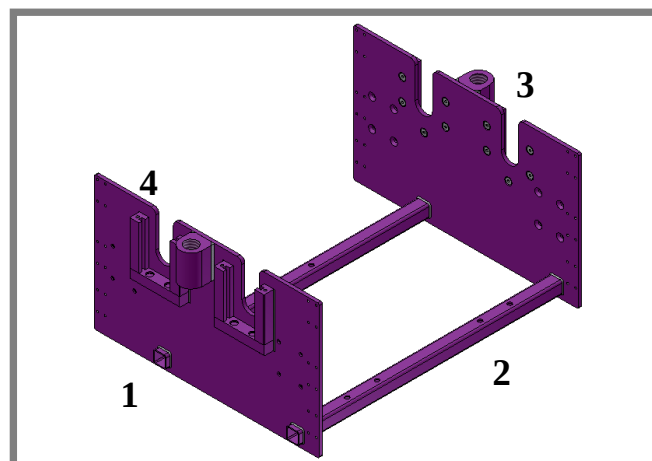


Obr. 6.31 Detail na válečky šípě a jejich uložení
1 – Váleček, 2 – Ložisko, 3 – Hřídel, 4 - Pojistka

Šíp je ještě ze všech stran zakrytován vyleštěnými pozinkovanými plechy tloušťky 2 mm, které zamezují zaseknutí pneumatiky např. v drážkách vytvořených pro uložení hřídelí a pomáhají vytvořit plynulý tvar šípě.

Konstrukce rozvíjecího zařízení

Tato konstrukce je základní kostrou celého rozvíjecího zařízení. Je k ní přišroubován šíp, nosná konstrukce motoru a také domky vedení. Hlavní částí konstrukce jsou dva plechy o tloušťce 10 mm (1). K těmto plechům jsou přivařeny dva čtvercové profily (2) z oceli 1.0039 o rozměrech 40x40x3 mm. Dále jsou k plechům přivařeny dvě matice (3) s lichoběžníkovým závitem TR50x8. Poslední součástí této konstrukce je ještě vedení domku pro přitlačné válce (4), ve kterém jsou drážky, aby bylo zajištěno vedení domku a mohla tak probíhat potřebná regulace přítlaču přitlačných válců. Pro větší tuhost je vedení domků také přišroubováno k plechu.



Obr. 6.32 Konstrukce rozvíjecího zařízení

Pro tuto konstrukci byla provedena analýza, aby se zjistilo, zda čtvercové profily unesou šíp. Do výsledné hmotnosti působící na konstrukci, je ještě započítána hmotnost pneumatiky m_1 .

Napěťová a deformační analýza nosné konstrukce motoru.

Nosná konstrukce motoru byla zatížena silou F_3 , kterou vyvolává hmotnost motoru m_3 . Působíště síly včetně pevných vazeb vymezujících všechny stupně volnosti je zobrazeno na obrázku 6.33.

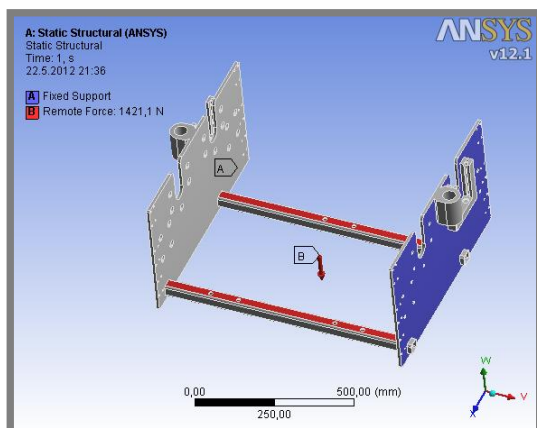
Síla vyvolaná šípem

$$F_2 = (m_1 + m_2) \cdot g = (60 + 84,86) \cdot 9,81 = 1421,08 \text{ N} \quad (6.1)$$

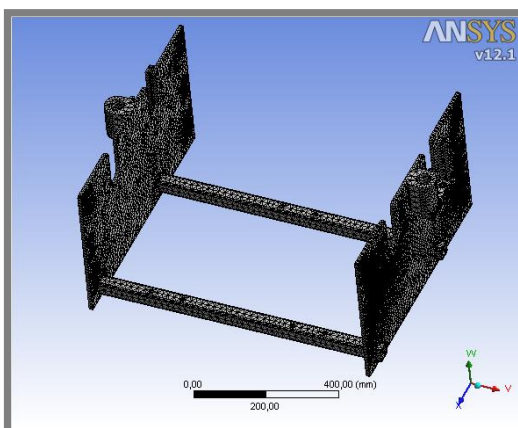
kde:

F_2	[N]	je síla působící od motoru
m_1	[kg]	- hmotnost pneumatiky
m_2	[kg]	- hmotnost šípu
g	[m/s ²]	- tíhové zrychlení.

Konečnoprvková síť je zobrazena na obrázku 6.34. Velikost prvků pro síť byla zvolena 10 mm. Počet použitých prvků sítě je 71048 a počet uzlů je 134181. Typ prvků byl použit SOLID187.

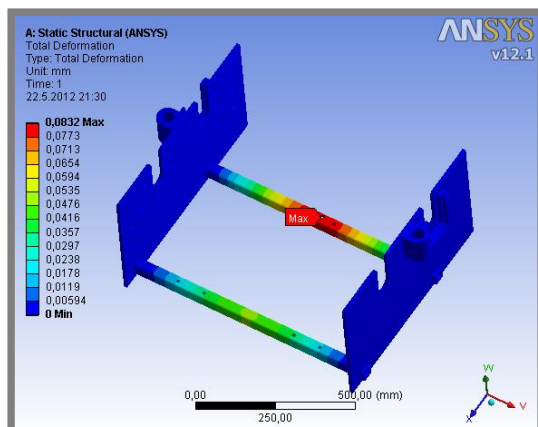


Obr. 6.33 Zatížení a zavazbení konstrukce rozvíjecího zařízení

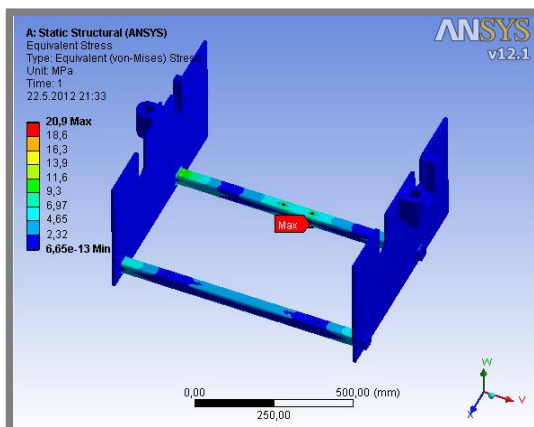


Obr. 6.34 Konečnoprvková síť konstrukce rozvíjecího zařízení

Celková deformace je zobrazena na obrázku 6.35. Nejvyšších hodnot dosahuje na předním čtvercovém profilu a nabývá hodnoty 0,0832 mm. Nejvyšší hodnota redukovaného napětí je rovna 20,9 MPa. Vzhledem k volbě materiálu konstrukce (ocel 1.0039), který má mez kluzu $R_e = 180$ MPa, nedojde k plastické deformaci vlivem zatěžující síly.



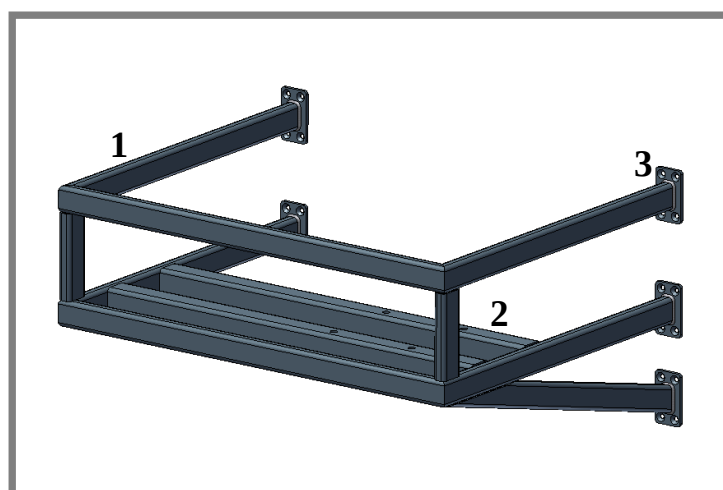
Obr. 6.35 Celková deformace konstrukce rozvíjecího zařízení



Obr. 6.36 Průběh redukovaného napětí dle podmínky HMM na konstrukci rozvíjecího zařízení

Nosná konstrukce motoru

Tato konstrukce je svařovaná konstrukce, která je přišroubovaná ke konstrukci rozvíjecího zařízení. Nese pouze hmotnost motoru, který otáčí jedním přítlačným válcem. Konstrukce je navržena ze čtvercových profilů z oceli 1.0039 o rozměrech 40x20x3 mm (1) a 40x40x3 mm (2). Ke konstrukci jsou také přivařeny patky (3), pomocí kterých se nosná konstrukce motoru připevňuje na konstrukci rozvíjecího zařízení. Patky jsou navrženy z plechu tloušťky 5 mm



Obr. 6.37 Nosná konstrukce motoru

Napěťová a deformační analýza nosné konstrukce motoru.

Nosná konstrukce motoru byla zatížena silou F_3 , kterou vyvolává hmotnost motoru s převodovkou m_3 . Působí síla včetně pevných vazeb vymezujících všechny stupně volnosti je zobrazeno na obrázku 6.38.

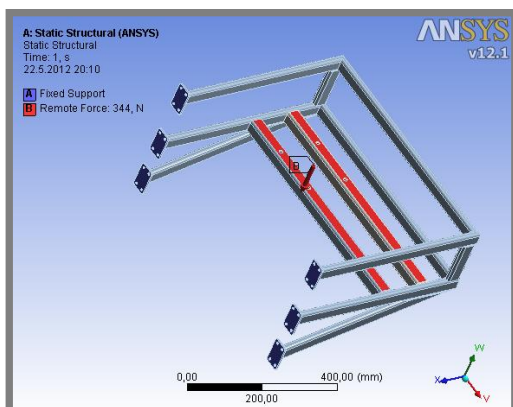
Síla působící od motoru

$$F_3 = m_3 \cdot g = 35 \cdot 9,81 = 588,6N \quad (6.2)$$

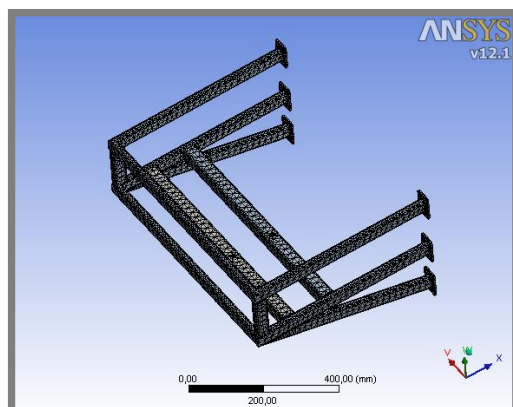
kde:

F_3	[N]	je síla působící od motoru
m_3	[kg]	- hmotnost šípu
g	[m/s ²]	- tíhové zrychlení.

Konečnoprvková síť je zobrazena na obrázku 6.39. Velikost prvků pro síť byla zvolena 20 mm, vzhledem k velkým rozměrům konstrukce. Velikost prvků pro síť byla zvolena 10 mm. Počet použitých prvků sítě je 53313 a počet uzlů je 105688. Typ prvků byl použit SOLID187.

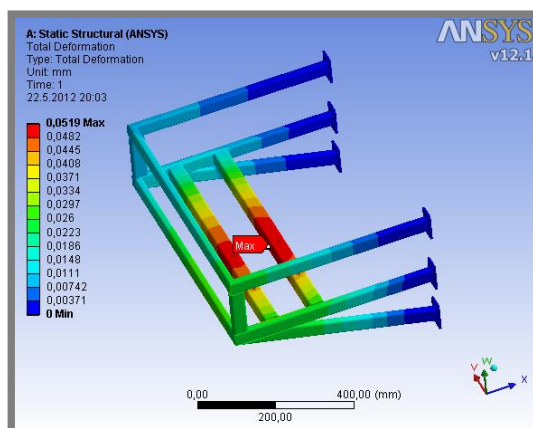


Obr. 6.38 Zatížení a zavazbení nosné konstrukce motoru

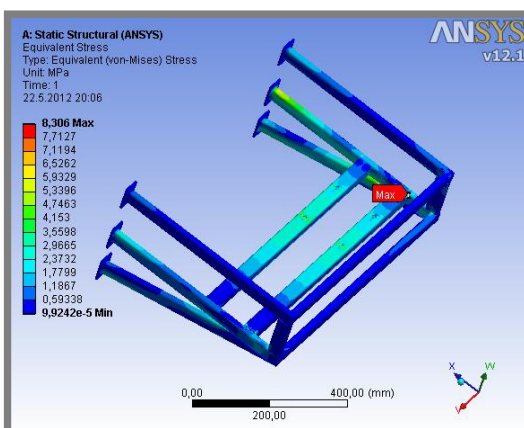


Obr. 6.39 Konečnoprvková síť nosné konstrukce motoru

Celková deformace je zobrazena na obrázku 6.40. Nejvyšších hodnot dosahuje deformace v místě ustavení motoru a nabývá hodnoty 0,051 mm. Nejvyšší hodnota redukovaného napětí je rovna 0,31 MPa. Vzhledem k volbě materiálu konstrukce (ocel 1.0039), který má mez kluzu $R_e = 180$ MPa, nedojde v žádném případě k plastické deformaci vlivem zatěžující síly.



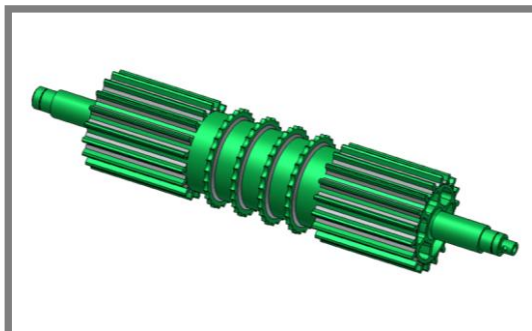
Obr. 6.40 Celková deformace nosné konstrukce motoru



Obr. 6.41 Průběh redukovaného napětí dle podmínky HMH na nosné konstrukci motoru

Přítlačný válec

Přítlačný válec je svařovaný, přičemž základní tělo tvoří odlévaný díl, ke kterému jsou přivařena podélná a obvodová žebra s tloušťkou 8 mm. Válec je uložen přes radiální ložiska v ložiskových domcích, které jsou výškově nastavitelné. Pohon válce zajišťuje elektromotor, jehož točivý moment je přenášen na přítlačný válec přes kardan. Tento válec je stejně jako většina dílů vyroben z oceli 1.0039.



Obr. 6.42 Přítlačný válec

Pohon přítlačného válce

Jako pohon pro přítlačný válec byl zvolen elektromotor typu SK 13080 o výkonu 0,75 kW se šnekovou převodovkou. Otáčky přítlačného válce byly zvoleny 10 min^{-1} . Pro tento případ byla zvolena šneková převodovka s převodovým poměrem 1:70.

Výpočet pravděpodobné síly zatěžující přítlačný válec

Kroutící moment je dán:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{750 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot 0,167 \text{ s}^{-1}} = 714,768 \text{ Nm} \quad (6.3)$$

kde:

M_k	[Nm]	je kroutící moment
P	[W]	- výkon motoru
n	$[\text{s}^{-1}]$	- otáčky válce

Síla působící na přítlačný válec je dána:

$$F_4 = \frac{M_k}{r} = \frac{714,768 \text{ Nm}}{0,09 \text{ m}} = 7941,867 \text{ N} \quad (6.4)$$

kde:

F_4	[N]	je síla působící na přítlačný válec
M_k	[Nm]	- kroutící moment
r	[m]	- poloměr přítlačného válce

Maximální hmotnost působící na přítlačný válec je dána:

$$m_4 = \frac{F}{g} = \frac{7941,867 \text{ N}}{9,81 \text{ m s}^{-2}} = 809,569 \text{ kg} \quad (6.5)$$

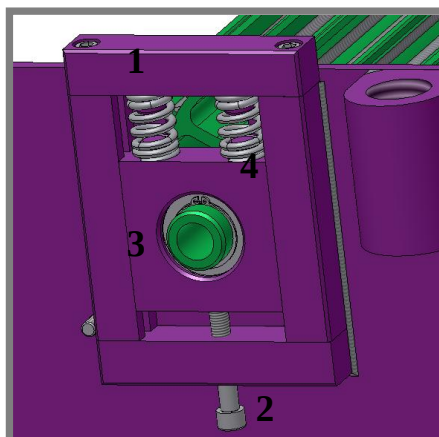
kde:

m_4	[kg]	je maximální hmotnost působící na šíp
F_4	[N]	- síla působící na přítlačný válec
g	$[\text{m s}^{-2}]$	- tíhové zrychlení

Z vypočtených hodnot vyplývá, že navržený pohon odolá působení přibližně 810kg na přitlačný válec. Vzhledem k takto vysoké hodnotě není pravděpodobné, že by pneumatika při rozvíjení kladla větší odpor, než je tento.

Sestava přitlaku válce

Tato sestava umožňuje regulaci přitlaku válce. Sestava se skládá z víka regulace přitlaku (1), který je přišroubován ke konstrukci přitlačného zařízení, šroubu M12x70 (2), kterým se samotný přitlak reguluje, domku ložiska (3) a tlačných pružin (4).



Obr. 6.43 Sestava přitlaku válce

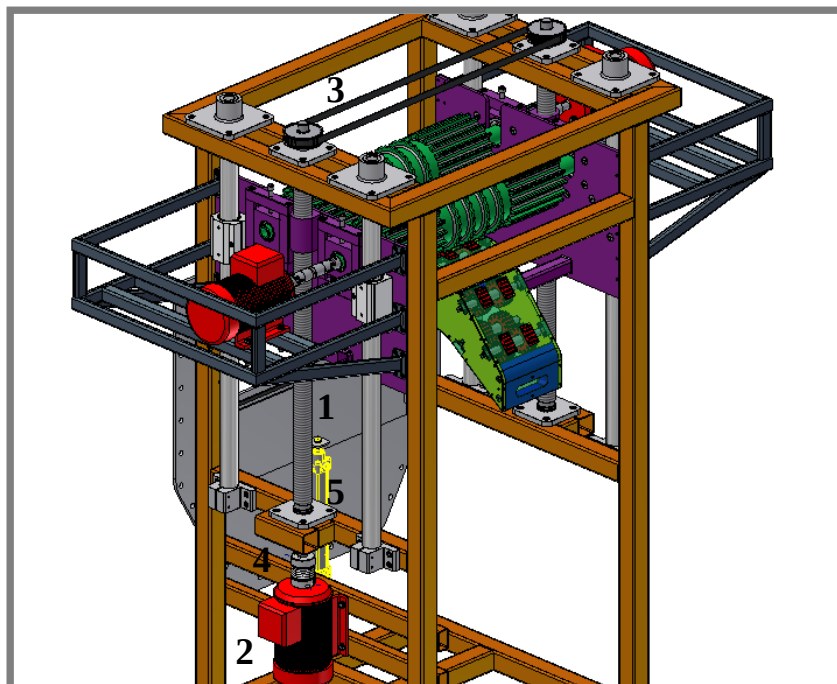
1 – Víko regulace přitlaku, 2 – Šroub M12x70, 3 – Domek ložiska, 4 – Tlačná pružina

Tlačná pružina byla zvolena s ohledem na zatížení, přičemž průměr pružiny je 5 mm, střední průměr pružiny je 25 mm a maximální zátěžná síla je 1569,06 N. Z důvodu lepšího vedení domku s ložiskem byly zvoleny dvě pružiny.

6.3.3 Pohon rozvíjecího zařízení

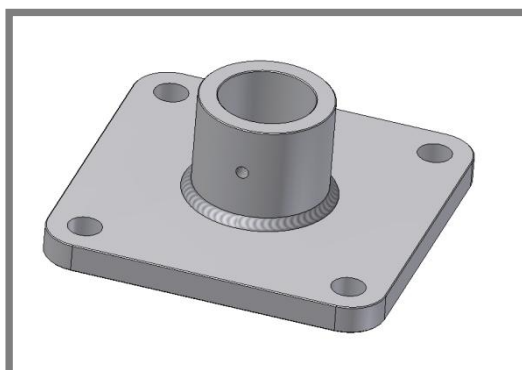
Pohyb rozvíjecího zařízení je realizován lichoběžníkovými pohybovými šrouby (1), z nichž jeden je spojen s elektromotorem (2). Pohybové šrouby jsou mezi sebou spojeny pomocí ozubeného řemenu (3), který přenáší pohyb z jednoho šroubu na druhý. Elektromotor je spojen s pohybovým šroubem pomocí hřídelové spojky (4). Pohybové šrouby jsou uloženy pomocí axiálních ložisek. Přes těsné pero je přenášen krouťací moment na řemenici. Ve spodní části jsou použita axiální ložiska, v horní části jsou použita ložiska radiální, která jsou uložena do domků (5) přišroubovaných ke svařované konstrukci stroje.

6.3.3

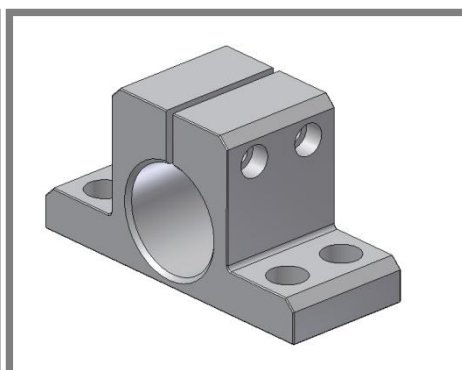


Obr. 6.44 Zobrazení pohonu rozvíjecího zařízení

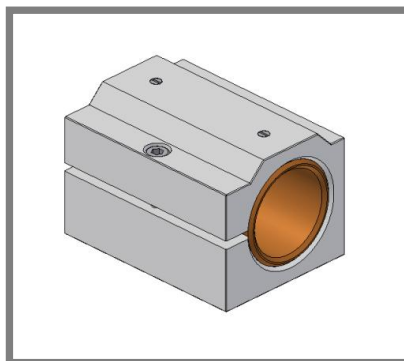
Do pohonu rozvíjecího zařízení je také řazeno vedení, které se skládá ze dvou úchytů upevňujících vodící tyč a domku, ve kterém je uchyceno bronzové vodící pouzdro. Tento domek je přichycen ke konstrukci vodícího zařízení pomocí čtyř šroubů. Bronzové pouzdro je v domku uchyceno pomocí svěrného spoje a zajištěno dvěma stavěcími šrouby. Domek a úchyty vodící tyče je vyroben z hliníku. Úchyty vodící tyče jsou přišroubovány ke svařované konstrukci stroje. Vodící tyč je upevněna do spodních úchytů pomocí svěrného spoje. V horních úchytech je tyč zajištěna stavěcím šroubem. Pohybové šrouby jsou navrženy z oceli 12050.



Obr. 6.45 Horní úchyt vodící tyče



Obr. 6.46 Spodní úchyt vodící tyče



Obr. 6.47 Domek s bronzovým pouzdem

Výpočet otlacení pohybového šroubu

Na pohybový šroub působí váha celého rozvíjecího zařízení. Do této váhy je také připočítána váha pneumatiky. Váha celé této soustavy je předpokládána na 396,69 kg. Tato hodnota byla dosažena dosazením materiálů do Autodesk Inventoru, který určil pomocí objemů a hustot součástí výslednou hmotnost, která včetně pneumatiky činí 456,69 kg. Zatěžující síla je rovnoměrně rozdělena mezi oba pohybové šrouby, což znamená, že v následném výpočtu je použita pouze poloviční síla.

Vstupní hodnoty potřebné pro výpočet:

Rozteč lichoběžníkového závitu:	$p_p = 8 \text{ mm}$
Jmenovitý průměr lichoběžníkového šroubu:	$d = 50 \text{ mm}$
Jmenovitá vůle na hřbetu: (voleno dle zdroje [30] tab. 8-2)	$a_c = 0,5 \text{ mm}$
Součinitel tření v závitech: (voleno dle zdroje [30] tab. 8-4)	$f = 0,14$
Výška matice:	$H = 100 \text{ mm}$
Hmotnost působícího celku:	$m_5 = 456,69 \text{ kg}$
Zvolená rychlost spouštění celku:	$v = 0,104 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Úhel profilu závitu:	$\alpha = 30^\circ$
Materiál pohybového šroubu:	12050
Mez kluzu pohybového šroubu:	$R_e = 305 \text{ MPa}$

Určení středního a malého průměru závitu:

- Výška vnitřního (vnějšího) závitu je dána:

$$h_3 = 0,5 \cdot p_p + a_c = 0,5 \cdot 8 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} = 4,5 \text{ mm} \quad (6.6)$$
 kde

h_3	[mm]	je výška vnitřního (vnějšího) závitu
p_p	[mm]	- rozteč lichoběžníkového šroubu
a_c	[mm]	- jmenovitá vůle na hřbetu.

- Výška závitu je dána:

$$H_1 = h_3 - a_c = 4,5\text{mm} - 0,5\text{mm} = 4\text{mm} \quad (6.7)$$

kde

H_1 [mm] je výška závitu

h_3 [mm] - výška vnitřního (vnějšího) závitu

a_c [mm] - jmenovitá vůle na hřbetu.

- Střední průměr závitu je dán:

$$d_2 = d - \frac{H_1}{2} = 50\text{mm} - \frac{4\text{mm}}{2} = 48\text{mm} \quad (6.8)$$

kde

d_2 [mm] je střední průměr závitu

d [mm] - jmenovitý průměr lichoběžníkového šroubu

H_1 [mm] - výška závitu.

- Malý průměr závitu je dán:

$$d_3 = d - h_3 = 50\text{mm} - 4,5\text{mm} = 45,5\text{mm} \quad (6.9)$$

kde

d_3 [mm] je malý průměr závitu

d [mm] - jmenovitý průměr lichoběžníkového šroubu

h_3 [mm] - výška vnitřního (vnějšího) závitu.

Momenty potřebné pro zvedání a spouštění břemene:

- Zatěžující síla je dána:

$$F_Z = \frac{m \cdot g}{2} = \frac{456,69\text{kg} \cdot 9,81\text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{2} = 2240,06\text{N} \quad (6.10)$$

kde

F_Z [N] je zatěžující síla

m [kg] - hmotnost působícího celku

g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] - tíhové zrychlení.

- Skutečná zatěžující síla je dána:

$$F_{SZ} = \frac{F_Z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{2240,06\text{N}}{\cos\left(\frac{30^\circ}{2}\right)} = 2319,08\text{N} \quad (6.11)$$

kde

F_{SZ} [N] je skutečná zatěžující síla

F_Z [N] - zatěžující síla

α [°] - úhel profilu závitu.

- Moment potřebný pro zvedání břemene je dán:

$$\begin{aligned} M_{ZV} &= \frac{F_{SZ} \cdot d_2}{2} \cdot \left(\frac{P + \pi \cdot f \cdot d_2}{\pi \cdot d_2 + f \cdot P} \right) = \\ &= \frac{2319,08\text{N} \cdot 48\text{mm}}{2} \cdot \left(\frac{8\text{mm} + \pi \cdot 0,14 \cdot 48\text{mm}}{\pi \cdot 48\text{mm} + 0,14 \cdot 8\text{mm}} \right) = 10,826\text{Nm} \end{aligned} \quad (6.12)$$

kde

M_{ZV} [Nm] je moment potřebný pro zvedání břemene

F_{SZ} [N] - skutečná zatěžující síla

d_2 [mm] - střední průměr závitu

P	[mm]	- rozteč lichoběžníkového šroubu
f	[-]	- součinitel tření v závitech.

- Moment potřebný pro spouštění břemene je dán:

$$M_{SP} = \frac{F_{SZ} \cdot d_2}{2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot f \cdot d_2 - P}{\pi \cdot d_2 + f \cdot P} \right) =$$

$$= \frac{2319,08N \cdot 48mm}{2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,14 \cdot 48mm - 8mm}{\pi \cdot 48mm + 0,14 \cdot 8mm} \right) = 4,804Nm \quad (6.13)$$

kde

M_{SP}	[Nm]	je moment potřebný pro spouštění břemene
F_{SZ}	[N]	- skutečná zatěžující síla
d_2	[mm]	- střední průměr závitu
P	[mm]	- rozteč lichoběžníkového šroubu
f	[-]	- součinitel tření v závitech.

Účinnost při zvedání břemene je dána:

$$\eta = \frac{F_{SZ} \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot M_{ZV}} = \frac{2319,08N \cdot 8mm}{2 \cdot \pi \cdot 10826Nm} = 0,273 \quad (6.14)$$

kde

η	[-]	je účinnost při zvedání břemene
F_{SZ}	[N]	- skutečná zatěžující síla
P	[mm]	- rozteč lichoběžníkového šroubu
M_{ZV}	[Nm]	- moment potřebný pro zvedání břemene.

Smykové napětí od kroutícího momentu M_{ZV} je dáno:

$$\tau = \frac{16 \cdot M_{ZV}}{\pi \cdot d_3^3} = \frac{16 \cdot 10826Nm}{\pi \cdot 45,5mm^3} = 0,585MPa \quad (6.15)$$

kde

τ	[MPa]	je smykové napětí od kroutícího momentu M_{ZV}
M_{ZV}	[Nm]	- moment potřebný pro zvedání břemene
d_3	[mm]	- malý průměr závitu.

Normálové tlakové napětí v ose šroubu je dáno:

$$\sigma = \frac{4 \cdot F_{SZ}}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 2319,08N}{\pi \cdot 45,5mm^2} = 1,426MPa \quad (6.16)$$

kde

σ	[MPa]	je normálové tlakové napětí v ose šroubu
F_{SZ}	[N]	- skutečná zatěžující síla
d_3	[mm]	- malý průměr závitu.

Tlak v závitech je dán:

$$p_1 = \frac{2 \cdot F_{SZ}}{\pi \cdot d_2 \cdot H} = \frac{2 \cdot 2319,08N}{\pi \cdot 48mm \cdot 100mm} = 0,308MPa \quad (6.17)$$

kde

p_1	[MPa]	je tlak v závitech
F_{SZ}	[N]	- skutečná zatěžující síla
d_2	[mm]	- střední průměr závitu
H	[mm]	- výška matice.

S ohledem k hodnotě dovoleného tlaku $p_D = 4 \text{ MPa}$ (zdroj [30] tab.8-3) tlak v závitech tuto dovolenou hodnotu nepřekračuje

Redukované napětí je dáno:

$$\sigma_{RED} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)} = \sqrt{(1,426 \text{ MPa}^2 + 3 \cdot 0,585 \text{ MPa}^2)} = 1,75 \text{ MPa} \quad (6.18)$$

kde

σ_{RED}	[MPa]	je redukované napětí
σ	[MPa]	- normálové tlakové napětí v ose šroubu
τ	[MPa]	- smykové napětí od kroutícího momentu M_{ZV} .

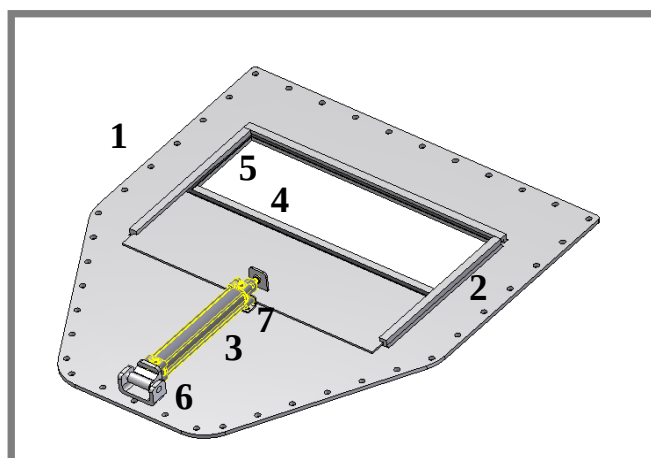
Redukované napětí nepřekračuje mez kluzu materiálu šroubu materiálu šroubu vůči meznímu stavu pružnosti.

S ohledem na vypočtené hodnoty byl navržen patkový třífázový asynchronní elektromotor typu DM1 90 S 8 s následujícími parametry:

Výkon elektromotoru:	$P_v = 0,37 \text{ kW}$
Hmotnost elektromotoru:	$m_6 = 24 \text{ kg}$
Otáčky elektromotoru:	$n_1 = 690 \text{ min}^{-1}$

6.3.4 Sestava utěsnění ozónové atmosféry

Sestava se skládá z plechu (1) tloušťky 5 mm, který zároveň funguje jako přípojný díl ke stroji pro ozónovou degradaci. K plechu jsou přivařeny vedení krytu (2) a přišroubován pneumatický válec (3), který kryt ovládá. Kryt (4) je k pneumatickému válci přišroubován. Na sestavě je nalepeno těsnění (5) z materiálu EPDM. Tento materiál byl vybrán vzhledem k jeho velmi dobré odolnosti proti ozonu. Další variantou by mohlo být teflonové těsnění, které je rovněž dobře odolné proti napadání ozónem. Pneumatický píst je uložen na otočném čepu (6) a v přední straně přišroubován s pružinou (7). Pružina vymezuje přitlačení krytu k těsnění. V postranním vedení je plynule se zmenšující drážka, aby kryt dokonale přilnul na těsnění.



Obr. 6.48 Sestava utěsnění ozónové atmosféry
1 – Základní plech, 2 – Vedení krytu, 3 – Pneumatický válec, 4 – Kryt, 5 – Těsnění, 6 – Otočný čep, 7 – Pružina

7 ZÁVĚR

7

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření konstrukčního návrhu vstupního modulu linky pro ozónovou degradaci pneumatik. Navržený vstupní modul splňuje dílčí cíle a podmínky pro návrh. Hlavními požadavky na tento modul byla velikost pneumatiky 295/80 R22,5, rozvinutí profilu pneumatiky a jeho založení do stroje a zabezpečení utěsnění ozónové atmosféry.

Vzhledem ke změně požadavků ze strany zadavatele p. Kysilky z firmy DOTABUS s.r.o., které byly stanoveny měsíc před odevzdáním práce, bylo rozhodnuto, že vypracovaný konstrukční návrh nebude realizován. Změna požadavků spočívala v tom, že je potřeba, aby pneumatika vstupovala do linky běhounem dolů, což v tomto návrhu není bráno v potaz. V první fázi této změny bylo promyšleno, zda by návrh modulu nešel malými úpravami přestavět. Nakonec se došlo k závěru, že by bylo nutné vytvořit návrh vstupního modulu kompletně od začátku. Z tohoto důvodu byl dořešen původní konstrukční návrh.

7.1 Konstrukční rozbor

7.1

Vstupní modul se skládá ze dvou hlavních částí, kterými jsou vozík a vlastní konstrukce stroje. Modul je navržen, tak aby obsluhuje usnadňoval co nejvíce práci s pneumatikou. Mezi hlavní výhody modulu patří možnost řezání pneumatiky přímo ve vozíku a poté je to také jednoduchost řešení. Vozík se dá rozdělit na dvě části, a to na vlastní konstrukci vozíku a výklopnou konstrukci, která umožňuje založení pneumatiky do vozíku. Konstrukce stroje se skládá především ze svařované konstrukce, která na sobě nese další díly. Mezi tyto díly patří rozvíjecí zařízení, které rozvíjí pneumatiku, dále jsou to pohybové lichoběžníkové šrouby, převod ozubeným řemenem, motor pohánějící pohybové šrouby a sestava utěsnění ozónové atmosféry. Potřebné parametry jsou v této práci propočítány. Rámy jsou zatíženy v programu Ansys 12.1. Výpočty jsou provedeny v programu Mathcad 14. Seznam všech komponent včetně použitých materiálů je sepsán v příloze 1.

7.2 Technologický a ekonomický rozbor

7.2

Vstupní modul je navržen převážně z normalizovaných a běžně dostupných dílů. Při návrhu byla brána v potaz minimalizace nákladů a technologických úkonů. Nejčastějšími operacemi použitými při výrobě jsou svařování, třískové obrábění, ohýbání a řezání laserem. Celková cena odhadovaná pro vytvoření vstupního modulu se odhaduje přibližně na 500 tisíc korun. Nejnákladnějšími částmi jsou odlévané přítlačné válce, motory, šíp a pohybové šrouby. Rozpis vah jednotlivých dílů včetně výsledné váhy je sepsán v příloze 1.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Technologie výroby pneumatik. [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.vossost.cz/pk/Data/HTML/vyroba-pneu.htm>
- [2] Konstrukce, funkce a výroba pneumatiky. [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce-funkce-a-vyroba-pneumatiky.html>
- [3] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Úvod*. 2005. Dostupné z: http://web.ft.utb.cz/cs/docs/GT1-_vod.pdf
- [4] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Kaučuky*. 2005. Dostupné z: http://web.ft.utb.cz/cs/docs/GT2-Kau_uky.pdf
- [5] MCMURRY, John. 14. Konjugované dieny a ultrafialová spektroskopie: 14.7 Polymery dienu: Přírodní a syntetické kaučuky. *Organická chemie*. Brno: VUTIUM, 2007, s. 481. ISBN 978-80-214-3291-8.
- [6] NOVOTNÝ, Marek. Kaučuk. In: *Izolace.cz* [online]. 11.9.2009 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.isolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2647###javascript>
- [7] DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLÍČKA. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. 4th ed. Praha: VŠCHT, 2009, 199 s. ISBN 978-80-7080-713-2.
- [8] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Přísady*. 2005. Dostupné z: http://web.ft.utb.cz/cs/docs/GT3-P__sady.pdf
- [9] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Směsi*. 2005. Dostupné z: http://web.ft.utb.cz/cs/docs/GT4-Sm_si.pdf
- [10] Výroba pneumatik. *Dopravní noviny: Silniční doprava* [online]. 2005, č. 37 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/vyroba-pneumatik2335>
- [11] Pneumatiky - Rozměr. *Barumpneu.cz* [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.barum-pneu.cz/pneumatiky-rozmary.php>
- [12] Něco málo o životnosti pneumatik. *Autoservis Schneider* [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.pneuserviszlin.cz/novinky/2010/02/18/neco-malo-o-zivotnosti-pneumatik/>
- [13] *European Tyre and Rubber Industry - Statistics: Used Tyres*. ETRMA, 2011. Dostupné z: <http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20120126-etrma-statistics-2011.pdf>
- [14] KONOPOVÁ, M. Protektorované pneumatiky - spolehlivost i nízká cena. *Tipcars.com* [online]. 2007 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.tipcars.com/magazin-tema-protektorovane-pneumatiky-spolehlivost-i-nizka-cena-2594.html>
- [15] SAIDL, J. Protektory. *Autolexikon.net* [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://cs.autolexikon.net/articles/protektory/>
- [16] Infozóna: Continental a Marangoni navazují v Evropě novou práci. *Logisticsatoz* [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z:

<http://www.logisticsatoz.com/continental-a-marangoni-navazuji-v-evrope-novou-spolupraci>

- [17] Odpady: Pneu. VSCHT [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/pneu.htm>
- [18] Dvouhřídelové drtiče odpadů. ODES [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.odes.cz/dvouhridelove-drtice-odpadu/>
- [19] Zpracování pneumatik. ODES [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: http://www.odes.cz/download/odes-technologie_zpracovani_pneumatik.pdf
- [20] Čtyřhřídelové drtiče odpadu. ODES [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.odes.cz/ctyrridelove-drtice-odpadu/>
- [21] *Odpadové fórum: Možnosti využití opotřebovaných pneumatik*. Praha, 2004, č. 1. ISSN 1212-7779.
- [22] BRANDEJS, J. *Výzkum a vývoj strojního zařízení pro ozónovou degradaci pneumatik*. Brno, 2009. Habilitační práce. VUT Brno.
- [23] Na pneumatiky ozónem. *Odpady* [online]. 2006 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://odpady.ihned.cz/c1-19273920>
- [24] BRANDEJS, J. *Výzkum a vývoj strojního zařízení pro ozónovou degradaci pneumatik*. Brno, 2009. Habilitační práce. VUT Brno.
- [25] Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady. In: 383/2001. 2001. Dostupné z: <http://www-1.sysnet.cz/projects/env.web/zakon.nsf/2a434831dcbe8c3fc12564e900675b1b/d0e36abee11e72d7c1256b3700366680?OpenDocument>
- [26] Odpady z dopravy. *Ucitsnadno* [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: http://www.ucitsnadno.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=97&category_id=9&option=com_virtuemart&Itemid=61
- [27] Požár pneumatik u Čáslavi stále zaměstnává desítky hasičů. *České noviny* [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/pozar-pneumatik-u-caslavi-stale-zamestnava-desitky-hasicu/764240&id_seznam=12533
- [28] Tvrdokovové pilové pásy. *Wikus* [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.wikus.cz/czech/produkty/pilove-pasy/549-tctyre.html>
- [29] Těžkotonážní kola. *Navrátil s.r.o.* [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.navratilsro.cz/tezkotonazni-kola/>
- [30] SHIGLEY, J. E, MISCHKE, Ch. R, BUDYNAS, R. G. *Konstruování strojních součástí*. VUTIUM, 2008. 1300 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A VELIČIN

Zkratka	Význam
PA	Polyamid
NR	Natural rubber
SBR	Styren-butadien rubber
BR	Butadien rubber
IR	Izopren rubber
ZnO	Oxid zinečnatý
PbO	Oxid olovnatý
MgO	Oxid hořečnatý
TWI	Tread Wear Indicator
HMH	Huber, von Mises, Hencky
EPDM	Ethylene Propylene Diene Monomer

Symbol	Jednotka	Popis
F_1	[N]	tíhová síla pneumatiky
R_e	[MPa]	mez kluzu
F_2	[N]	síla působící od motoru
m_1	[kg]	hmotnost pneumatiky
m_2	[kg]	hmotnost šípů
g	[ms ⁻²]	tíhové zrychlení
F_3	[N]	síla působící od motoru
m_3	[kg]	hmotnost motoru
M_k	[Nm]	kroutící moment
P	[W]	výkon motoru
n	[s ⁻¹]	otáčky válce
F_4	[N]	síla působící na přítlačný válec
r	[m]	poloměr přítlačného válce
m_4	[kg]	maximální hmotnost působící na šíp
p_p	[mm]	rozteč lichoběžníkového závitu
d	[mm]	jmenovitý průměr lichoběžníkového šroubu
a_c	[mm]	jmenovitá vůle na hřbetu
f	[-]	součinitel tření v závitech
H	[mm]	výška matice
m_5	[kg]	hmotnost působícího celku
v	[ms ⁻¹]	zvolená rychlost spouštění celku
α	[°]	úhel profilu závitu
h_3	[mm]	výška vnitřního (vnějšího) závitu
H_1	[mm]	výška závitu
d_2	[mm]	střední průměr závitu
d_3	[mm]	malý průměr závitu
F_Z	[N]	zatěžující síla
F_{SZ}	[N]	skutečná zatěžující síla
M_{ZV}	[Nm]	moment potřebný pro zvedání břemene
M_{SP}	[Nm]	moment potřebný pro spouštění břemene
η	[-]	účinnost při zvedání břemene

Symbol	Jednotka	Popis
τ	[MPa]	smykové napětí od kroutícího momentu M_{ZV}
σ	[MPa]	normálové tlakové napětí v ose šroubu
p_1	[MPa]	tlak v závitech
p_D	[MPa]	dovolený tlak
σ_{RED}	[MPa]	redukované napětí
P_v	[W]	výkon motoru 2
m_6	[kg]	hmotnost elektromotoru
n_1	[min ⁻¹]	otáčky elektromotoru

10 SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

10.1 Seznam obrázků

Obr. 1.1 Konstrukce pneumatiky [1].....	15
Obr. 1.2 Vnitřní guma pneumatiky [1]	15
Obr. 1.3 Kostra pneumatiky [1]	16
Obr. 1.4 Patní lano [1].....	16
Obr. 1.5 Jádro pneumatiky [1].....	16
Obr. 1.6 Výztužný pásek [1].....	17
Obr. 1.7 Patní pásek [1].....	17
Obr. 1.8 Bočnice [1].....	17
Obr. 1.9 Nárazník [1]	18
Obr. 1.10 Polyamidový nárazník [1].....	18
Obr. 1.11 Běhoun [1].....	18
Obr. 1.12 Kaučukovník [6].....	19
Obr. 1.13 Značení pneumatik [11]	22
Obr. 1.14 Porovnání nakládání s ojetými pneumatikami roku 1994 a 2010	23
Obr. 1.15 Protektorování za studena [16]	24
Obr. 1.16 Linka na ozónovou degradaci [23].....	26
Obr. 1.17 Požár skládky pneumatik ve Vrdech na Kutnohorsku [27]	26
Obr. 2.1 Linka na ozónovou degradaci.....	27
Obr. 5.1 Schematický náčrtek varianty A	30
Obr. 5.2 Schematický náčrtek varianty B	31
Obr. 6.1 Základní rozměry konstrukce a vozíku	32
Obr. 6.2 Vozík s otevřenou výklopnou konstrukcí.....	33
Obr. 6.3 Pilový pás na řezání pneumatik [28].....	33
Obr. 6.4 Detail na ustavení vozíku ve stroji.....	34
Obr. 6.5 Rozvíjecí zařízení	34
Obr. 6.6 Vozík	35
Obr. 6.7 Svařovaná konstrukce vozíku.....	35
Obr. 6.8 Výklopná konstrukce.....	36
Obr. 6.9 Zatížení a zavazbení výklopné konstrukce.....	36
Obr. 6.10 Konečnoprvková síť výklopné konstrukce.....	36
Obr. 6.11 Celková deformace výklopné konstrukce.....	37
Obr. 6.12 Průběh redukovaného napětí dle podmínky HMM na výklopnou konstrukci	37
Obr. 6.13 Detail průběh redukovaného napětí dle podmínky HMM na výklopnou	37
Obr. 6.14 Pevné kolečko [29]	37
Obr. 6.15 Otočné kolečko s brzdou [29].....	37
Obr. 6.16 Podpěra válečků.....	38
Obr. 6.17 Sestava aretace pneumatiky.....	38
Obr. 6.18 Madlo.....	39
Obr. 6.19 Podpěrná tyč.....	39
Obr. 6.20 Úchyt	39
Obr. 6.21 Svařovaná konstrukce stroje.....	40
Obr. 6.22 Zatížení a zavazbení svařované	40
Obr. 6.23 Konečnoprvková síť svařované konstrukce stroje	40
Obr. 6.24 Celková deformace svařované konstrukce stroje.....	41
Obr. 6.25 Průběh redukovaného napětí dle podmínky HMM na svařovanou konstrukci stroje	41
Obr. 6.26 Detail průběh redukovaného napětí dle podmínky HMM na výklopnou	41

Obr. 6.27 Rozvíjecí zařízení.....	42
Obr. 6.28 Šíp.....	42
Obr. 6.29 Dvě smontované dvě bočnice	43
Obr. 6.30 Sestava základní konstrukce šípu	43
Obr. 6.31 Detail na válečky šípu a jejich uložení	44
Obr. 6.32 Konstrukce rozvíjecího zařízení.....	45
Obr. 6.33 Zatížení a zavazbení konstrukce rozvíjecího zařízení	45
Obr. 6.34 Konečnoprvková síť konstrukce rozvíjecího zařízení	45
Obr. 6.35 Celková deformace konstrukce rozvíjecího zařízení	46
Obr. 6.36 Průběh redukovaného napětí dle podmínky HMM na konstrukci rozvíjecího zařízení.....	46
Obr. 6.37 Nosná konstrukce motoru	46
Obr. 6.38 Zatížení a zavazbení nosné konstrukce motoru.....	47
Obr. 6.39 Konečnoprvková síť nosné konstrukce motoru.....	47
Obr. 6.40 Celková deformace nosné konstrukce motoru	47
Obr. 6.41 Průběh redukovaného napětí dle podmínky HMM na nosné konstrukci motoru	47
Obr. 6.42 Přítlačný válec.....	48
Obr. 6.43 Sestava přítlaku válce“	49
Obr. 6.44 Zobrazení pohonu rozvíjecího zařízení.....	50
Obr. 6.45 Horní úchyt vodící tyče	50
Obr. 6.46 Spodní úchyt vodící tyče	50
Obr. 6.47 Domek s bronzovým pouzdem	51
Obr. 6.48 Sestava utěsnění ozonové atmosféry	54

10.2 Seznam tabulek

10.2

Tab. 1.1 Procentuální rozdělení nakládání s ojetými pneumatikami [13].....	44
---	----

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Seznam komponent vstupního modulu

Výkresová dokumentace:

CELKOVÁ SESTAVA
NOSNÁ KONSTRUKCE MOTORU
PATKA
KONSTRUKCE ROZVÍJECÍHO ZAŘÍZENÍ
SVAŘOVANÁ KONSTRUKCE STROJE
ÚCHYT VODÍCÍ TYČE
PODPĚRA VÁLEČKŮ