

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: 2301R016-Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Kruhový segmentový dopravník třísek

Autor: **Bc. Lukáš Lažánek**

Vedoucí práce: **Prof. Ing. Stanislav Hosnedl, CSc.**

Akademický rok 2013/2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: 20.5.2014

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto způsobem chci poděkovat vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Stanislavovi Hosnedlovi, Csc, a jeho kolegovi Ing. Martinu Kopeckému za pomoc při zpracování. Především za potřebné rady, které dostali práci na slušnou úroveň.

Další díky patří konzultantovy panu Ing. Petru Vlčkovi z firmy ASTOS MACHINERY a.s. za poskytnuté informace, rady a obětovaný čas při konzultacích práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Lažánek	Jméno Lukáš	
STUDIJNÍ OBOR	23-35-8 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Prof. Ing. Hosnedl CSc.	Jméno Stanislav	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Kruhový segmentový dopravník třísek		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	62	TEXTOVÁ ČÁST	32	GRAFICKÁ ČÁST	30
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce obsahuje průzkum trhu kruhových segmentových dopravníků. Návrh variant konstrukčního řešení. Pevnostní výpočet čepu kloubového řetězu. Vypracování potřebné výrobní dokumentace. Pevnostní analýza navrženého hrabla. Dále bylo vypracováno technicko-ekonomické hodnocení</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">průzkum, návrh variant, konstrukční řešení, 3D model, pevnostní výpočet, výpočet MKP, z hodnocení</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Lažánek	Name Lukáš	
FIELD OF STUDY	23-35-8 „Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Prof. Ing. Hosnedl CSc.	Name Stanislav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Circular segment chip conveyor		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	62	TEXT PART	32	GRAPHICAL PART	30
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis contains market research of the circular segment conveyors. The design Proposal of the alternative design solutions. Stress analysis of pin in the toggle chain. The development of the necessary production documentation. Stress analysis of the proposed pokers. It was further prepared technical-economic evaluation
KEY WORDS	research, design variant, structural design, 3D model, stress calculation, FEM calculation, evaluation

Obsah

OBSAH	1
1. ÚVOD	3
1.1. ZADAVATEL DIPLOMOVÉ PRÁCE	3
1.2. POPIS A FUNKCE DOPRAVNÍKU	3
1.3. DRUHY DOPRAVNÍKŮ	3
2. PRODUKTOVÁ REŠERŠE V OBLASTI KRUHOVÝCH DOPRAVNÍKŮ	5
2.1. FS INDUSTRIES	5
2.2. AFAK DOPRAVNÍKOVÉ SYSTÉMY	5
2.3. SAAS LAGERTECHNIK	6
2.4. BCK HOLLAND	6
2.5. L.K. GODWIN GO	7
2.6. ENTECOM SYSTÉM	8
3. PATENTOVÁ REŠERŠE V OBLASTI KRUHOVÝCH DOPRAVNÍKŮ	9
3.1. ŘETĚZOVÝ DOPRAVNÍK VEDEN V ZAKŘIVENÉM OBLOKU SE ZAHRNÚJÍCÍMI SAMOSTATNÝMI VÁLEČKOVÝMI PODPORY	9
3.2. ŘETĚZ VE TVARU L PRO KRUHOVÉ DOPRAVNÍKY	9
3.3. ZAKŘIVENÉ VODÍTKO	10
3.4. STÍRACÍ ŘETĚZOVÝ DOPRAVNÍK	11
3.5. DOPRAVNÍKOVÝ SYSTÉM S ŘETĚZEM OHÝBANÝ VE DVOU ROVINÁCH	11
4. SPECIFIKACE POŽADAVKŮ NA VLASTNOSTI CHOVÁNÍ NAVRHOVANÉHO TS	13
5. NÁVRH PROVOZNĚ TRANSFORMAČNÍHO PROCESU	16
5.1. NÁVRH („SCÉNÁŘ“) PROVOZNÍHO TRANSFORMAČNÍHO PROCESU TS	16
5.2. NÁVRH TECHNOLOGIE	16
6. NÁVRH ORGÁNOVÉ STRUKTURY	18
6.1. DEFINICE FUNKCÍ KRUHOVÉHO SEGMENTOVÉHO DOPRAVNÍKU	18
6.2. NÁVRH MORFOLOGICKÉ MATICE	18
6.3. NÁVRH VARIANT ORGÁNOVÝCH STRUKTUR VČETNĚ JEJICH VYHODNOCENÍ	19
7. ORGÁNOVÉ STRUKTURY JEDNOTLIVÝCH VARIANT	20
7.1. ORGÁNOVÁ STRUKTURA VARIANTY A	20
7.2. ORGÁNOVÁ STRUKTURA VARIANTY B	22
7.3. ORGÁNOVÁ STRUKTURA VARIANTY C	24
7.4. DETAILS ORGÁNOVÝCH STRUKTUR	26
8. VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY	29
9. NÁVRH ÚPLNÉ STAVEBNÍ STRUKTURY	31
9.1. KRUHOVÁ NÁSTAVBA	32
9.2. ROVNÁ NÁSTAVBA	34
9.3. VRATNÁ STANICE	37
9.4. POHONNÝ A ŘÍDÍCÍ SYSTÉM	39
9.5. KLOUBOVÝ ŘETĚZ	42
9.5.1. Vývoj kloubového řetězu	42
9.5.2. Zvolená varianta kloubového řetězu	44

9.5.3.	Návrh průměru čepu kloubového řetězu.....	45
9.6.	HRABLO.....	48
9.6.1.	Navržené hrablo.....	48
9.6.2.	Pevnostní výpočet hrabla.....	49
10.	HODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VLASTNOSTÍ A CHOVÁNÍ	55
11.	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	56
11.1.	TECHNICKÉ HODNOCENÍ.....	56
11.2.	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	56
12.	ZÁVĚR.....	58
	POUŽITÁ LITERATURA	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	61
	PŘÍLOHA Č.1.....	P1
	PŘÍLOHA Č.2.....	P2
	PŘÍLOHY (VÝKRESY SESTAV, VÝKRESY DÍLŮ)	P4

1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá návrhem řešení kruhového segmentového dopravníku třísek. Cílem této práce je navrhnout ideální řešení jak dopravovat kovové třísky v nelineárním směru. V teoretické části se budu zabývat řešením kruhových dopravníků, v obecné části popis funkcí dopravníku třísek, identifikaci hlavních parametrů potřebných při návrhu kruhového segmentového dopravníku. V návrhové části práce je využito teoretických poznatků k návrhu samotných variant řešení dále je pomocí poznatků a metod Engineering Design Science navrženo řešení kruhového segmentového dopravníku.

1.1. Zadavatel diplomové práce

Zadavatelem je firma ASTOS MACHINERY a.s., je tradičním výrobcem dopravníků třísek k CNC strojům, dopravníků k lisům, filtračním zařízením, zdvihacích zařízením. K jejich kompetenci patří dále i výroba krytování strojů a ochranné kabiny celých výrobních linek. S výrobcí obráběcích strojů řeší specifické požadavky v rámci vývoje. Zmíněný kruhový segmentový dopravník třísek je významnou součástí jejího výrobního portfolia a proto v zájmu zvýšení konkurenceschopnosti a rozšíření výrobního portfolia firma projevila zájem o výrobu kruhových segmentových dopravníků.

1.2. Popis a funkce dopravníku

Manipulace a doprava jakéhokoli předmětu je nedílnou součástí všech odvětví průmyslu a technologických procesů. Použitím automatizovaných zařízení, tak výrazně zrychlujeme již zmíněnou manipulaci a dopravu, a také zvyšujeme bezpečnost, protože pro manipulaci není zapotřebí lidského faktoru [10].

Dopravník je zařízení pro nepřetržitý pohyb sypkého materiálu, kusového zboží nebo ucelených manipulačních jednotek [10].

1.3. Druhy dopravníků

Pásový dopravník – tvořen především gumovým pásem podloženým válečky. Narazit na něj můžeme na pokladnách v obchodech, na letišti pro přesun zavazadel, na montážních linkách nebo pro přepravu sypkých materiálů [10].

Šnekový dopravník – se skládá ze šnekového šroubu, který se otáčí v trubce. Pomocí něj lze přepravovat sypké materiály jako je obilí, granule apod. [10].

Řetězový dopravník – na řetězu jsou připevněny úchyty, na které se připevní předmět, který chceme přepravit. Využívá se především v lakovnách [10].

Hřeblový dopravník – v korytu se pohybuje řetěz, na kterém jsou připevněná hrabla. Ty shrabují materiál. Používá se např.: v dolech pro hrubší materiály jako je uhlí apod. [10].

Destičkový dopravník – na pohybujícím se pásu jsou připevněny destičky, na kterých se pohybuje přepravovaný předmět mezi nepohyblivým hrazením. Tento typ se používá např. pro dopravu lahví [10].

Korečkový dopravník – je tvořen kapsami (korečky), které jsou přichyceny na řetězu nebo pásu. Přeprava mokrých sypkých materiálů [10].

Válečkový dopravník – tvořen za sebou jdoucími válečky, které tvoří ucelenou dráhu. Nemusí být poháněn. Používá se pro přepravu krabic ve skladech, balící linky atd. [10].

Kladičková trať – podobná válečkovému dopravníku, jen je tvořen kolečky – kladkami, které mají mezi sebou mezery. Na tomto dopravníku se přesunují ploché předměty (plechy, dřevěné desky, sklo) [10].

2. Produktová rešerše v oblasti kruhových dopravníků

2.1. FS Industries



Obr. 1 - GSA Schedule – model WC [1]

Název tohoto dopravníku je GSA Schedule – model WC. Tento dopravník je tvořen drátovým pletivem ve formě pásu. Na okrajích tohoto pásu je umístěn válečkový řetěz. Dráty jsou vyráběny z vysoce uhlíkové oceli. Použití vratného dopravníkového pásu do teplot maximálně 750°C. Převod sil na drátěný pás je zajištěn ozubenými koly [1].

2.2. AFAK Dopravníkové systémy

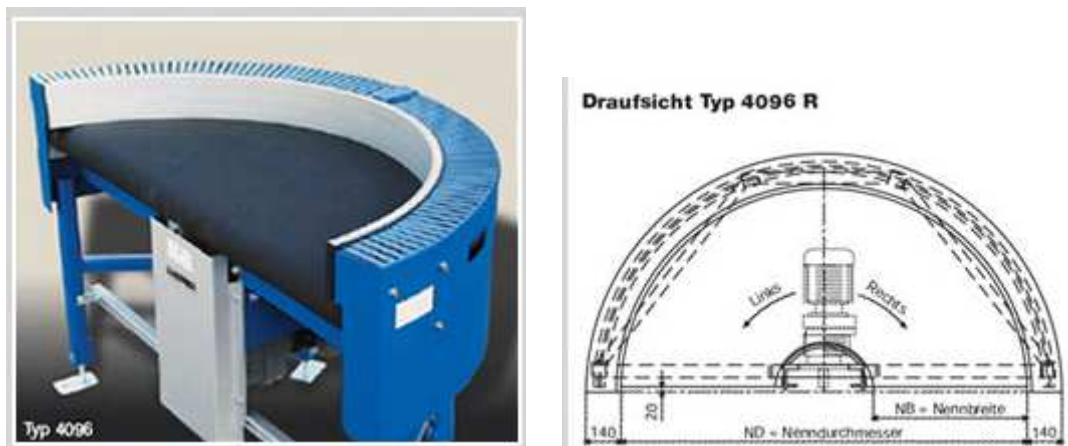


Obr. 2 - 90° kruhový dopravník systém AFAK
[2]

Tento kruhový dopravník slouží pro přepravu velkých krabic. Je zakřiven do 90° oblouku. Pohon je zajištěn s jedním motorem a speciálními ozubenými koly a je uchycen na jedné hřídeli. Řetěz je podoben článkovému válečkovému řetězu, řetězy jsou dva. Vnější je delší a vnitřní je kratší [2].

2.3. Saas Lagertechnik

Pásový kruhový dopravník typ 4096R. Maximální zatížení 50 kg. Úhel zakřivení 180°. Vnitřní rádius 200 mm, jmenovitý průměr 2000 mm. Min výška 350 mm. Rychlost dopravníku 2(m/s). Převod zajištěn třením [3].



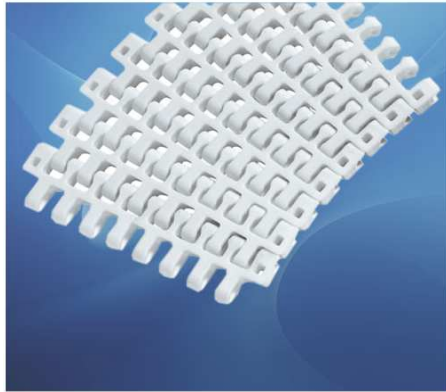
Obr. 3 - Pásový kruhový dopravník typ 4096R [3]

2.4. BCK Holland



Obr. 4 - Kruhové dopravníky BCK Holland [4]

Ve firmě BCK Holand jsou vyráběny řetězové dopravníky z nerezové oceli z AISI 304 nebo AISI 316. Řetězové dopravníky z nerezové oceli jsou vhodné pro potravinářský průmysl, farmaceutický průmysl a chemický průmysl, protože tyto materiály jsou vhodné z hlediska hygienických důvodů [4].



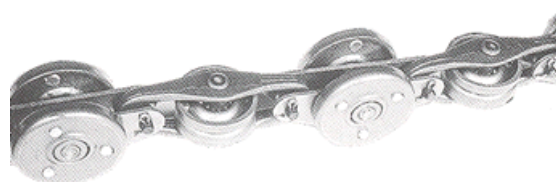
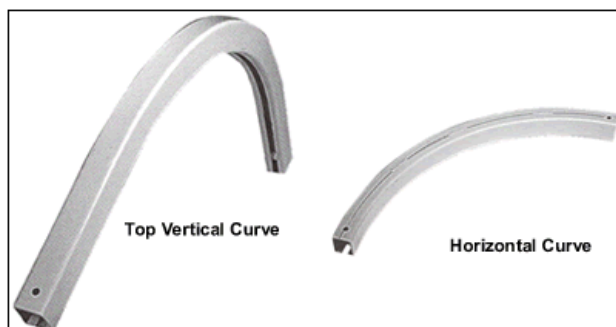
Obr. 5 - Ukázka zakřivení pásu firmy BCK
Holland [4]

K dispozici je široká škála materiálů řetězce (tzv. k dispozici je široká škála materiálů řetězce (tzv. modulární pásy) a příslušenství. Často používané materiály jsou: polypropylen, polyetylen, acetal, polyamid.

Každý materiál má své vlastnosti, jako je odolnost proti opotřebení, chemickou odolností a jiné.

2.5. L.K. Godwin GO

Kontinuální nadzemní elektrický řetězový dopravník (Zig-Zag). Zig Zag dopravník je konstruován ze standardních modulárních komponentů, které zajišťují snadnou instalaci, úpravy a údržbu. Zig Zag řetěz je vyroben s těžkých ocelových výlisků s tvrzeným vnitřním kroužkem. Přesné kuličky z lehkých slitin, aby řetěz byl odolný s dlouhou životností za spolehlivého provozu [5].



Obr. 6 - Ukázka vedení, dopravníku a řetězu Zig Zag [5]

2.6. Entecom systém

Tato firma vyrábí řetězy, které se mohou ohýbat ve dvou rovinách. Tyto speciální řetězy jsou nazývány podle anglického názvu Bi-planar chain. Firma vyrábí dva typy MAG 3 a MAG 5. Jsou rozměrově od sebe odlišné. Skládá se s křížového kloubu, nastavitelných destiček a pojezdových kladnic. MAG 3 maximální zatížení je 50 kg, maximální váha tažení je 408 kg. MAG 5 maximální zatížení je 90 kg, maximální váha tažení je 1630 kg. Tyto řetězy se aplikují v lakovnách, na montážních linkách, v cementovém průmyslu, na jatkách, v podlahových systémech [11].

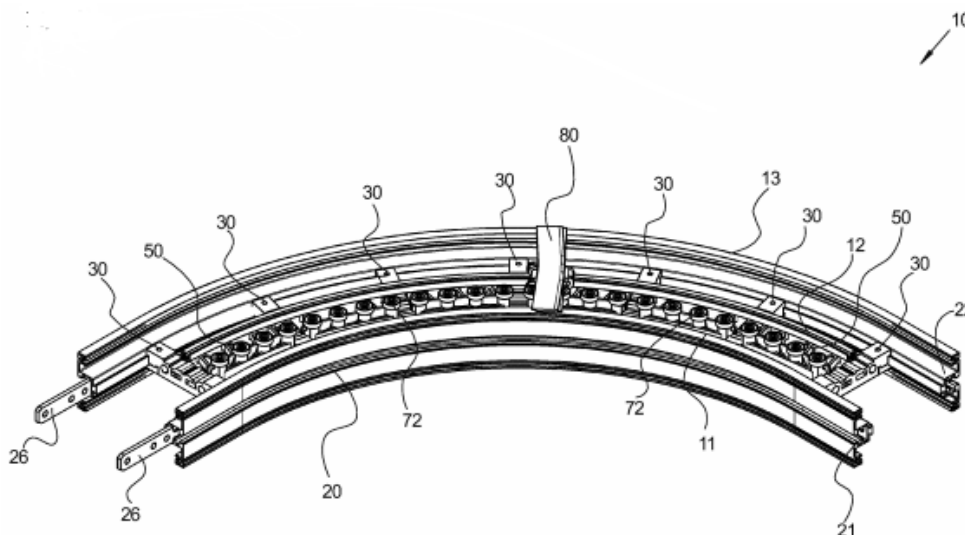


Obr. 7 – Řetěz ohýbaný ve dvou rovinách – Entecom system [11]

3. Patentová rešerše v oblasti kruhových dopravníků

3.1. Řetězový dopravník veden v zakřiveném oblouku se zahrnujícími samostatnými válečkovými podpory

Vynález se vztahuje k obloukovým (10) dopravním zařízením, oblouk obsahuje dopravníkový řetěz, řetěz dopravníku má velké množství identických článkových řetězů (80), které lze natočit vůči sobě a jsou opatřeny prostředky pro nosiče dopravovaného materiálu. (10) Obloukové vedení má zakřivenou podporu (20), která je opatřena alespoň jedním vnitřním (11), alespoň jedním vnějším kluzným povrchem (13), které jsou paralelně vedle sebe v zakřiveném vedení. Vnitřní a vnější kluzné plochy (11, 13) jsou navrženy tak, aby mohly vést řetěz (80) kluzným způsobem. Řada otočných válců (72) je designována podél vnitřní kluzné plochy (11), a to tak, že články řetězu (80) mohou být uloženy na zakřivené vnitřní straně válců (72). Podle tohoto vynálezu, je několik oddělených válečkových podpěr (50), za předpokladu, na nichž jsou válečky (72) otočně uloženy, válec podepírá (50), ty které jsou uspořádány podél vnitřní kluzné plochy (11) a zajištěny na zakřivených podpor (20) [6].

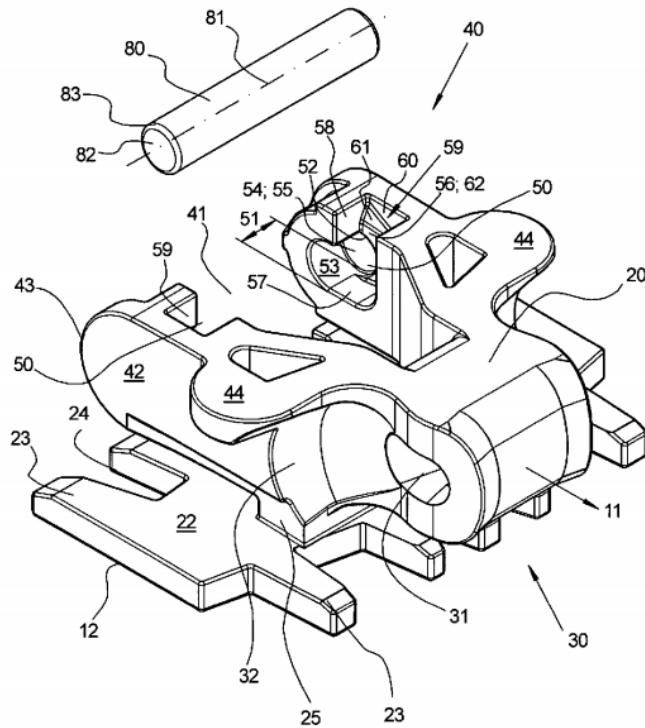


Obr. 8 - Řetězový dopravník veden v zakřiveném oblouku [6]

3.2. Řetěz ve tvaru L pro kruhové dopravníky

Řetěz (10) má dva zrcadlově-symetrické šrouby s vybráním čelem proti sobě (50), poskytující oblasti společného vybrání (41) z vidlicové části (40) a základního tělesa (20). Část šroubu tvaru L (56) je opatřena prohlubínami kanálu (57, 58). U jednoho z kanálů je noha rozšířena rovnoběžně ve směru dopravy (11) dopravního řetězu. Noha u rozšířeného kanálu je na

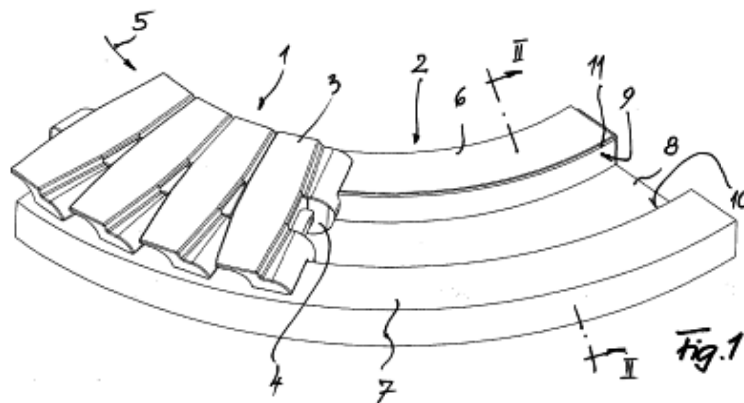
části závěsu směrem na stranu jiné části (54) šroubové vybrání. Širší noha kanálu je přímo se závěsem v části lícové strany [7].



Obr. 9 - Řetěz ve tvaru L pro kruhové dopravníky [7]

3.3. Zakřivené vodítko

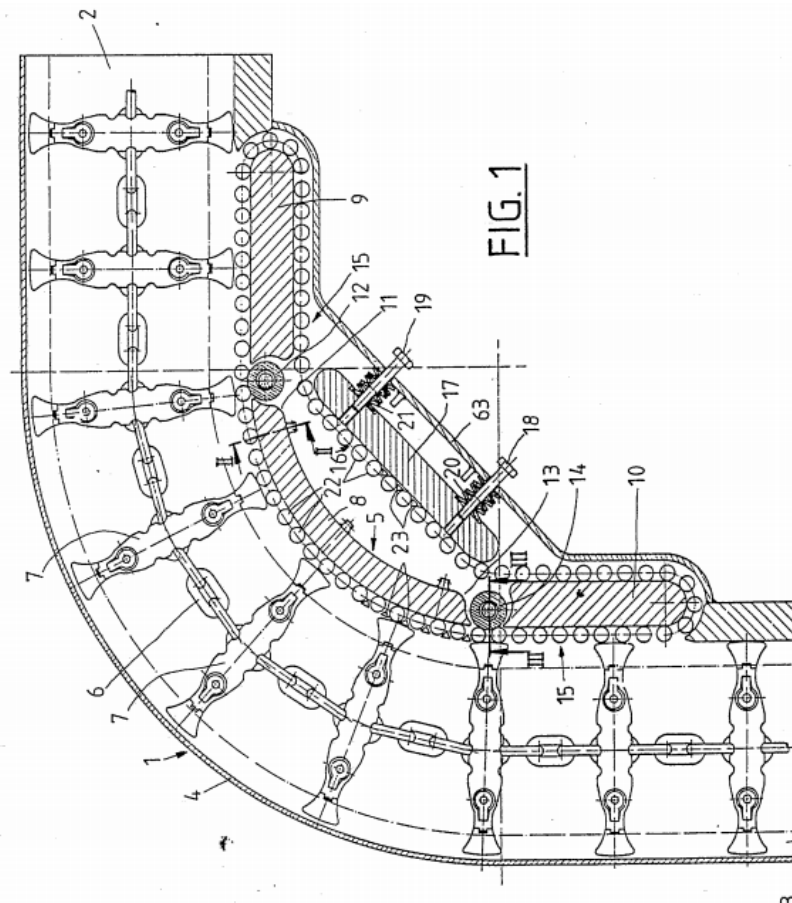
Zakřivené vodítko pro řetězový dopravník (1) se skládá ze dvou zakřivených kolejnic (6, 7) s vybráním (8), které slouží jako vodítko pro články řetězu (3) po křivce. Vnitřní plocha (9) vnitřní kolejnice a popřípadě vnější kolejnice má malé tření povrchu [8].



Obr. 10 - Zakřivené vodítko [8]

3.4. Stírací řetězový dopravník

Na článkovém řetězu 6 je uchyceno stírání 7 a je vedeno v obloukové části dopravníku. V obloukové ploše na vnitřní straně je nekonečný válečkový řetěz 15. Stírání je v přímém kontaktu s válečky. Ty zajišťují lepší chod dopravníku. A snižuje se tření v oblouku stírání s vodícími kolejnicemi [9].



Obr. 11 - Stírací řetězový dopravník [9]

3.5. Dopravníkový systém s řetězem ohýbaný ve dvou rovinách

Dopravníkový systém s řetězem ohýbaný ve dvou rovinách se používá tak, že se pás může střídavě ohnout a sledovat hadovitou dráhu.

Pás se pohybuje podél zakřivené dráhy. Řetěz obsahuje kříž, který obsahuje střídající se horizontální a vertikální vazby. Každý kříž obsahuje pojezdové kladnice, které jsou umístěny na koncích v ose horizontální i vertikální [12].

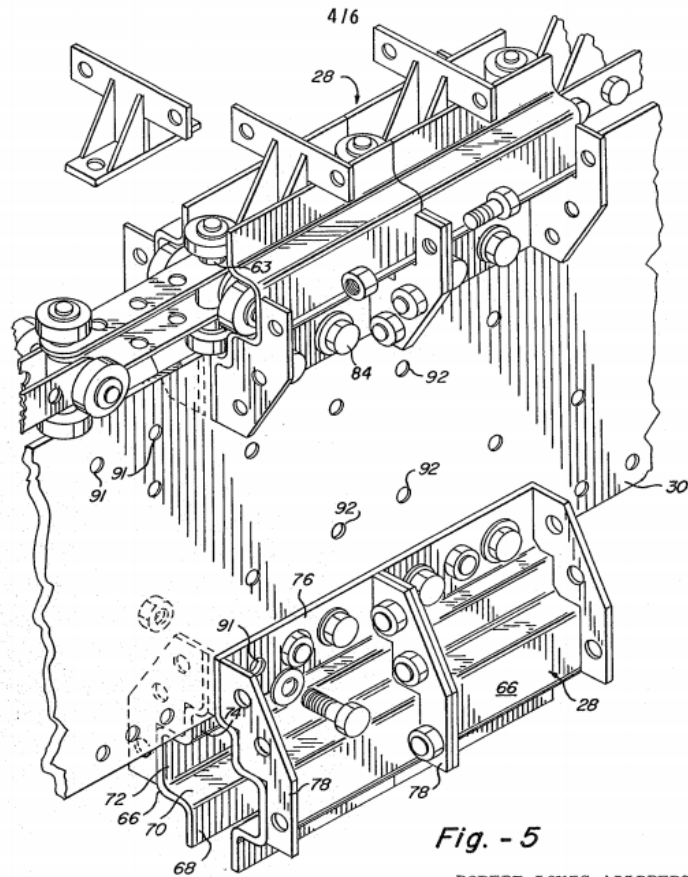


Fig. - 5

ROBERT LOUIS ALLDREDGE
Inventor

Charles McHenry & Hubert

Attorney

Obr. 12 - Dopravníkový systém s řetězem ohýbaný ve dvou rovinách [12]

4. Specifikace požadavků na vlastnosti chování navrhovaného TS

Požadavky (na charakteristiky) k vnějším vlastnostem TS vztah. k transf. procesům životních etap TS	Požadovaná hodnota a příp. tolerance	Váha (1 - 4)
(1) Pož. k (hlav. i asist.) provozním funkcím/účinkům:		
<i>Technický systém:</i>		
• Umožnit sestavení dráhy přepravovaných třísek	modulární	4
• Zástavbové rozměry	dle zákazníka	4
• Tepelná odolnost	velká	4
• Odolnost pracovních ploch TS(s) proti opotřebení	velká	4
• Korozivzdornost v obvyklém dílneském prostředí	velká	4
• Odolnost ostatních ploch TS(s) proti opotřebení	standartní	4
<i>Proces dopravy třísek:</i>		
• Třísku v oblouku dopravit:		
- Přeprava třísek	hrabla	4
- Únosnost hrabla	max 10 kg	4
• Umožnit nasypání třísek	kolmo	4
• Umožnit vysypání třísek	bez omezení	4
<i>Dopravovaná tříska:</i>		
• Hmotnost třísek na dopravníku	max. 100 kg	4
• Tvar	velmi proměnlivý	4
• Teplota	300°C	4
(2) Pož. k ostatním provozním vlastnostem:		
• Prostředí	velmi nečisté	3
• Četnost použití	vysoká	3
• Životnost	min. 5 let	3
• Údržba	- minimální	3
• Základ	plochá betonová podlaha	3
(3) Pož. k vlastnostem pro předvýrobní procesy a výrobu:		
• Vhodnost pro konstruování, Tg. a Org. přípr. Výroby	vysoká	3
• Náročnost na vyrobení a montáž	zámečnická dílna	4
• Druh výroby	maloseriová	3
(4) Pož. k vlastnostem pro distribuci:		
• Skladovací prostor	minimální	4
• Manipulace při dopravě a instalaci	jeřábem	4
(5) Pož. k vlastnostem pro likvidaci:		
• Demontovatelnost	jednoduchá	4
• Recyklovatelnost	jednoduchá a vysoká	4

Specifikace požadavků na vlastnosti TS (požadavkový list) - část 1
(požadavky k vnějším vlastnostem vztahujícím se k transformačním procesům životního cyklu TS)

Obr. 13 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 1

Požadavky (na charakteristiky) k vnějším vlastnostem TS vztaž. k operátorům transf. procesů všech životních etap TS	Požadovaná hodnota a příp. tolerance	Váha (1 - 4)
(1) Pož. k vlastn. pro věcné řízení/management:		
• Náhrada vlastního produktu	modulární stavba, vedení pro řivce	4
• Konkurenceschopnost k produktům na trhu	od firmy BCK Holland	3
• Plánována inovace	vysoká	4
(2) Pož. k vlastnostem k člověku:		
• Bezpečnost ve všech životních etapách, ergonomie:		
– Stabilita proti převržení	vysoká	4
– Zišnění dopravníku proti nežád. Pohybu	vysoké	4
– Nastavování a přestavování	jednoduché, bezpečné	4
– Přístupnost k dopravníku	v mezích možnosti	4
– Bezpečnost proti poranění	vysoká	4
• Příjemnost pro člověka (estetičnost, apod.):		
– Tvarový design	uspokojivý	4
– Barevné řešení	bílá	4
- Povrch	vhodný pro čištění	4
(3) Pož. k vlastn. k aktiv. materiál. a energetickému okolí:		
• Použití ekologicky nezávadných materiálů	výhradně	4
• Zachycení úniku škodlivých látek	v mezích možností	4
(4) Pož. k vlastnostem k aktivnímu informačnímu okolí:		
• Porušení patentových a licenčních práv	žádné	4
• Další předpisy a normy	bezpečnost výrobků	4
(5) Pož. k vlastnostem k ostatním TS:		
• Náročnost na technické prostředky v živ. etapách	minimální	4
(6) Pož. k vlastnostem k informacím:		
• Výrobní a montážní dokumentace	standardní forma	4
• Návodů k obsluze	žádné	4
• Návodů pro údržbu a opravy	žádné	4
(7) Pož. k vlastn. k ekon. a časovému řízení/managementu:		
• Přibližná cena konkurenčního výrobku	80.000,- Kč	4
• Náklady na práci/provoz	minimální	4
• Čas na vývoj a výrobu	3 měsíce	4
• Čas na přepravu třísek	max 5 min, dle délky dráhy	4
• Čas na přestavení dopravníku	max 1 den pracovní den	4

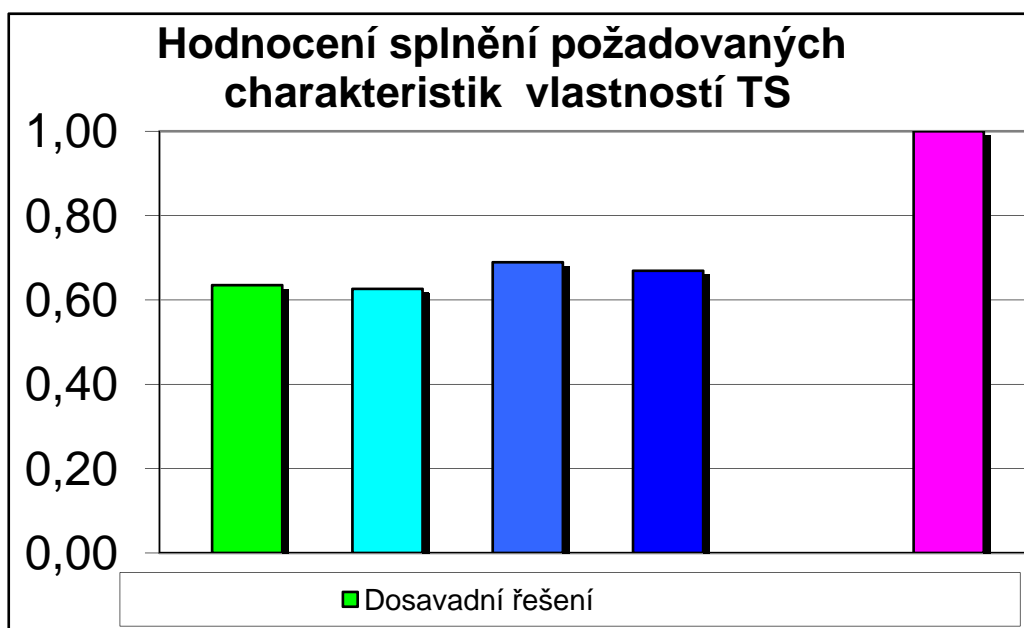
Specifikace požadavků na vlastnosti TS (požadavkový list) - část 2
(požadavky k vnějším vlastnostem vztahujícím se k operátorům ve všech etapách živ. cyklu TS)

Obr. 14 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS – část 2

Požadavky (na charakteristiky) ke vnitřním (1) a strukturálním (2), (3) vlastnostem TS	Požadovaná hodnota a příp. tolerance	Váha (1 - 4)
(1) Pož. k obecným konstrukčním vlastnostem:		
• Odolnost povrchů proti poškození	vysoká	4
(2) Pož. k elementárním konstrukčním vlastnostem:		
• Ovládací prvky	nákup od firmy X.Y	2
• Spojovací prvky	normalizované	2
(3) Pož. ke konstrukčním znakům:		
• Funkční princip	mechanický	3
• Druh ovládání a pohonu	elektromotor	3

Specifikace požadavků na vlastnosti TS (požadavkový list) - část3
(požadavky ke vnitřním (1) a strukturálním (2), (3) vlastnostem TS)

Obr. 15 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS – část3



Obr. 16 - Hodnocení splnění požadovaných charakteristik vlastností TS

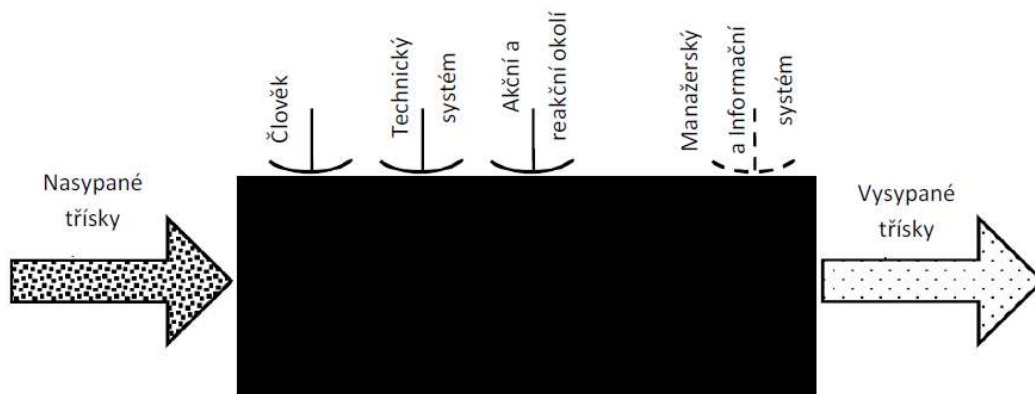
Požadavky byly identifikovány, popsány a následně seskupeny do tabulky požadavků viz níže. Byly určeny váhy (1-4) jednotlivých kritérií a u každého z TS bylo ohodnoceno splnění (škála 0-4 body). V těchto požadavcích byly zhodnoceny 3 nejvíce konkurenční produkty. V závěru byly sečteny jednotlivé body, byly vypočteny vážené body (suma z body*váha) a na základě maximálního možného počtu dosažených vážených bodů byla vypočtena procentuální efektivita. [14]

5. Návrh provozně transformačního procesu

Při návrhu koncepce filtrační stanice bylo využito metodiky Engineering Design Science (EDS). EDS je konstrukční věda zabývající se systematickým zpracováním a vysvětlení poznatků pro racionální navrhování technických produktů. Vytváří platformu, která je nápomocna konstruktérům, tak aby byli schopni identifikovat stěžejní funkce a parametry systému již ve fázi konceptu. EDS pohlíží na vytvářený technický systém (TS) z pohledu transformačního procesu který koná – jakými účinky daný TS transformuje vstupující operandy. EDS neřeší konstrukční problémy samotné, ale zabývá se obecnými procesy a vazbami, které mají vliv na samotný transformační proces.

5.1. Návrh („scénář“) provozního transformačního procesu TS

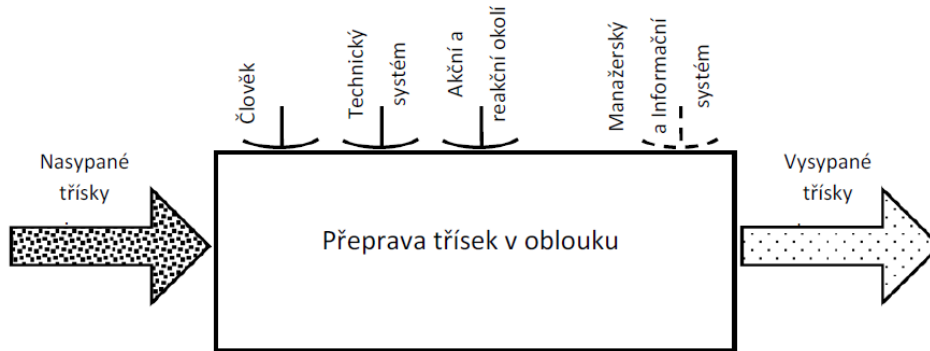
Pro definici transformačního procesu byla nejprve sestrojena tzv. černá skříňka (Obr. 17) (*Black box*). Metoda černé skříňky definuje pouze vstupní a výstupní stav transformačního procesu a nezabývá se transformačním procesem samotným. V případě filtrace se na vstupu nachází znečištěná kapalina, která se účinky filtrační stanice transformuje na čistou výstupní kapalinu. Na transformační proces působí vnější operátory, jako je samotný TS, člověk, vnější okolí a další vlivy. Tyto vlivy jsou znázorněny kolmými oválnými šipkami.



Obr. 17 - Černá skříňka TS

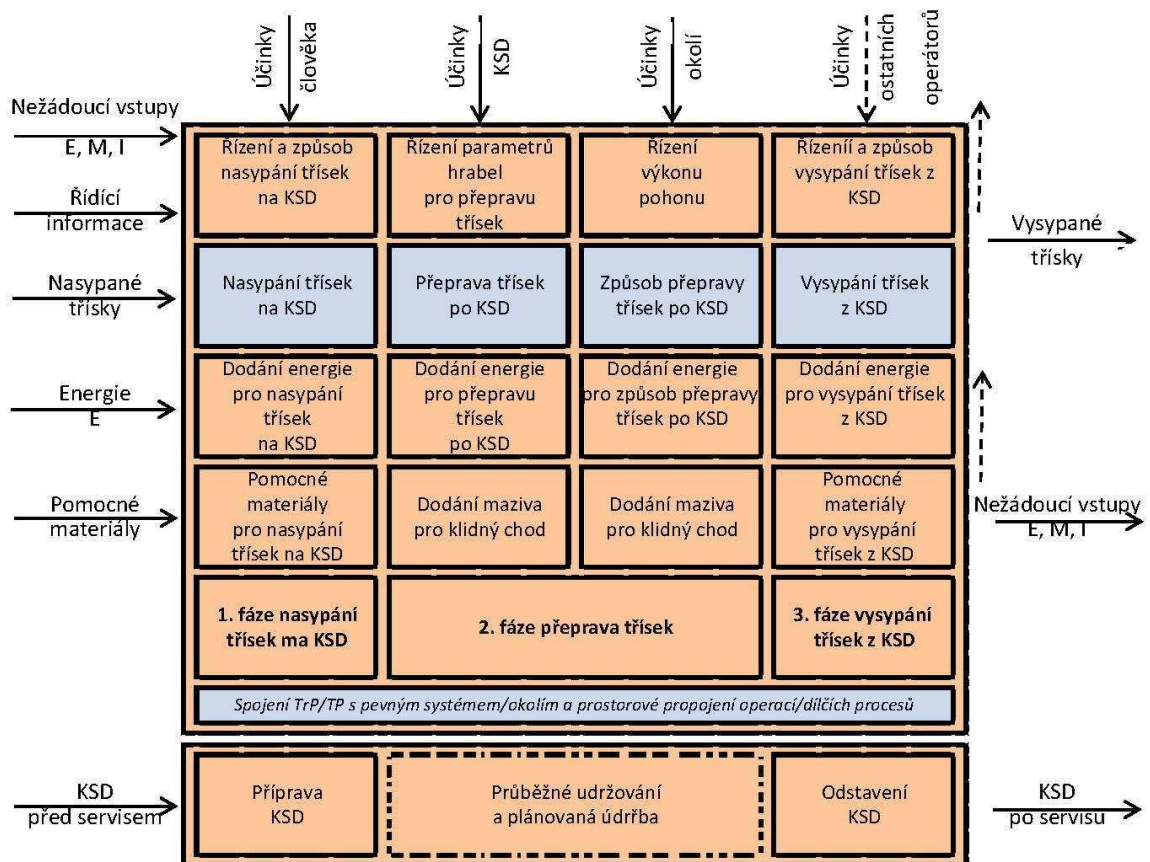
5.2. Návrh technologie

Rozpracováním černé skříňky vznikne návrh technologie (Obr. 18), který definuje základní technologické funkce procesu přepravy třísek.



Obr. 18 - Návrh technologie TS

Jednotlivé body hrubého transformačního procesu byly použity jako základ pro vytvoření úplného provozního transformačního procesu (Obr. 19), který popisuje principiálně způsob technologie filtrace. Vlevo jsou zobrazeny vstupy a vpravo výstupy a shora účinky operátorů. Samotný proces je rozdělen na chronologicky za sebou jdoucí fáze.



Obr. 19 – Úplný návrh provozně transformačního procesu TS

6. Návrh orgánové struktury

6.1. Definice funkcí kruhového segmentového dopravníku

Aby kruhový segmentový dopravník mohl plnit požadované funkce, je třeba definovat jednotlivé orgány, které budou vyžadované funkce zajišťovat, a ze kterých se bude dopravník sestávat.

Třísky (*špony*) budou vstupovat do systému kruhového segmentového dopravníku násypkou na pás (*pohyblivý/nepohyblivý*). Třísky se pohybují na pásu po kruhové dráze. Pás je spojen s mechanismem, který umožňuje konstantní přenos sil na pás. Přenos sil umožňuje pohon s příslušnými mechanismy. V dopravníku jsou také hrabla, která zajišťují přepravu třísek jako pás, ale také zabraňuje zachytávání třísek uvnitř dopravníku. Třísky poté se vysypávají na druhém konci kruhového segmentového dopravníku.

6.2. Návrh morfologické matice

Ke všem funkcím technického systému identifikovaných při návrhu transformačního procesu a orgánové struktury byly přiřazeny možné varianty jejich realizace. Tím vznikla tzv. morfologická matice (Obr. 20). Z těchto variant byly následně vybírány nejvhodnější možnosti a tak byl vytvořen návrh orgánové struktury kruhového segmentového dopravníku.

Funkce	Orgánová struktura		
	1	2	3
třísky nasypat	bez násypky	s násypkou	
třísky vysypat	s výsypkou	bez výsypky	
transport třísek zajistit	hrabla	pohyblivý pás	
dráhu transportu třísek zajistit	pevná nerozebiratelná dráha	částečně pevná dráha	modulární stavba
pohon zajistit	ruční	hydromotor	elektromotor
přenos síly s pohonu zajistit	dopravníkový řetěz	vozík s článkovým řetězem	kloubový řetěz

Obr. 20 - Morfologická matice pro kruhový segmentový dopravník

6.3. Návrh variant orgánových struktur včetně jejich vyhodnocení

Funkce	Orgánová struktura		
	1	2	3
třísky nasypat	bez násypky	s násypkou	
třísky vysypat	s výsypkou	bez výsypky	
transport třísek zajistit	hrablem uchyceným na obou koncích	pohyblivý pás	hrablem uchyceným na jednom konci
dráhu transportu třísek zajistit	pevná nerozebíratelná dráha	částečně pevná dráha	modulární stavba
pohon zajistit	ruční	hydromotor	elektromotor
přenos síly s pohonu zajistit	dopravníkový řetěz	vozík s článkovým řetězem	kloubový řetěz

Obr. 21 - Morfologická matice pro kruhový segmentový dopravník s vyznačenými variantami

Varianta A 

Varianta B 

Varianta C 

7. Orgánové struktury jednotlivých variant

V následující kapitole budou popsány jednotlivé varianty a zhodnoceny jejich výhody a nevýhody. U každé varianty je také skica s návrhem konstrukčního řešení.

7.1. Orgánová struktura varianty A

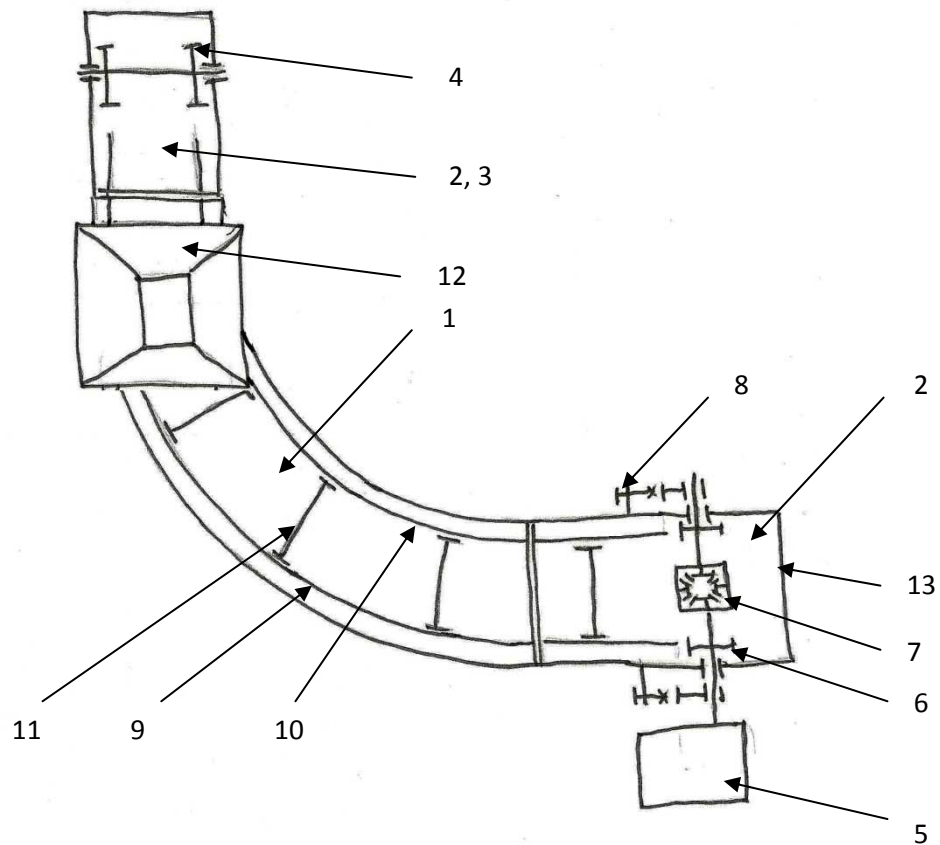
Kruhový segmentový dopravník varianty A (Obr. 22) je složen s částečně pevné (1) a modulární (2) dráhy. Na jednom konci KSD je vratná stanice (3) s hnanými řetězovými koly (4). Na druhém konci je hnaná část. Ta obsahuje elektromotor (5), hnací řetězová kola (6), diferenciál (7) a napínací ústrojí (8) na kloubový řetěz. Diferenciál tam slouží pro změnu rychlostí vnějšího (9) a vnitřního (10) kloubového řetězu. Vyrovnání rychlostí je zde, protože hrabla (11) jsou připojena na vnějším a vnitřním kloubovém řetězu. KSD také obsahuje násypku (12) v blízkosti vratné stanice. A výsypka (13) je umístěna pod hnanou částí dopravníku.

Výhody

- Hrablo je uchyceno na obou koncích, tudíž je zde lepší rozložení působících sil od dopravovaného materiálu
- Použití kloubového řetězu
- Malé rozměry díky pevné stavby dráhy
- Dpravovaný materiál padá násypkou přímo na dopravník

Nevýhody

- Použití diferenciálu
- Nelze modulárně stavět, pouze zakřivená část
- Dražší výrobní náklady na zakřivenou část dopravníku



Obr. 22 - Skica varianty A

1-pevná dráha, 2 modulární dráha, 3-vratná stanice, 4 řetězová kola, 5-elektromotor, 6-hnací řetězová kola, 7-diferenciál, 8-napínací ústrojí, 9-vnější kloubový řetěz, 10-vnitřní kloubový řetěz, 11-hrabla, 12-násypka, 13-výsypka

7.2. Orgánová struktura varianty B

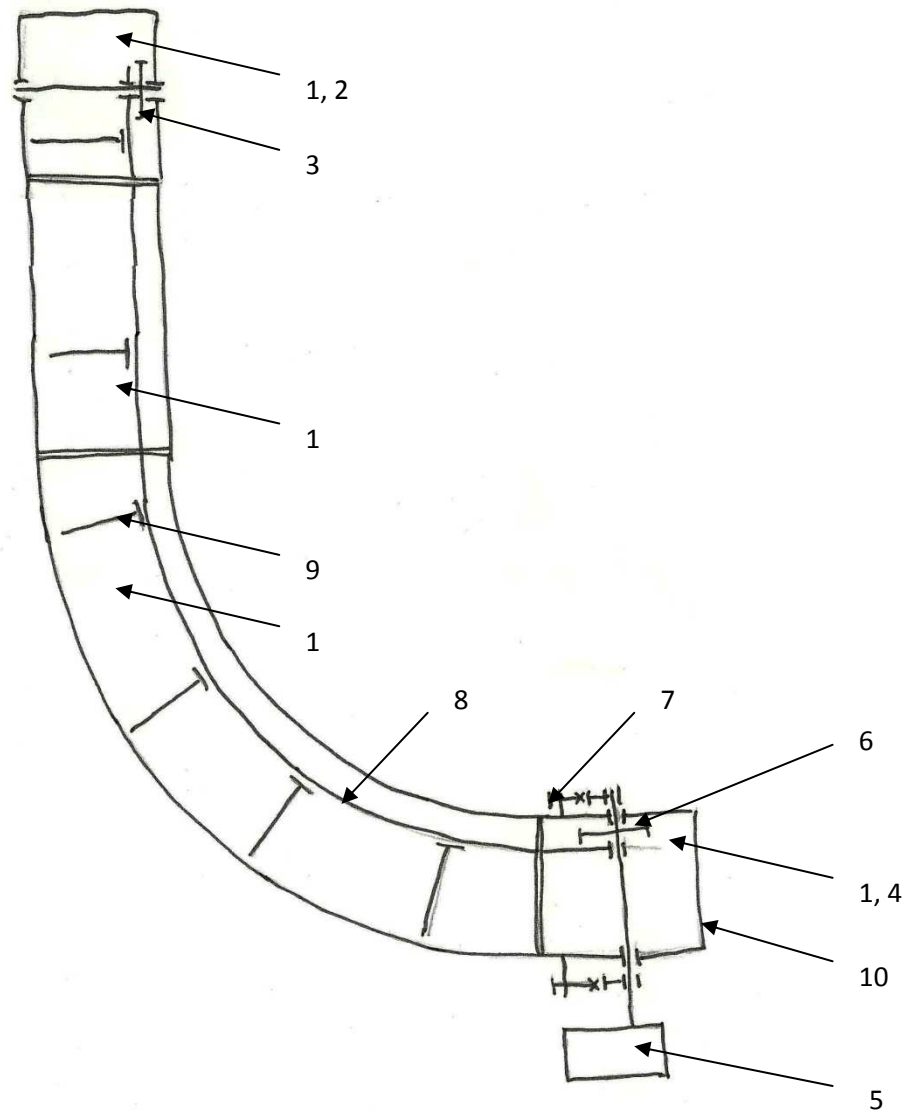
Kruhový segmentový dopravník varianty A (Obr. 23) je složen s modulární dráhy (1). Na jednom konci KSD je vratná stanice (2) s hnanými řetězovými koly (3). Na druhém konci je hnací část (4). Ta obsahuje elektromotor (5), hnací řetězová kola (6) a napínací ústrojí (7) na kloubový řetěz (8). Hrabla (9) jsou připojena na kloubovém řetězu. A výsypka (10) je umístěna pod hnanou částí dopravníku.

Výhody

- Použití kloubového řetězu
- Modulární stavba dráhy
- Dopravovaný materiál padá násypkou přímo na dopravník
- Menší výrobní náklady
- Jednodušší výroba
- Hrablo je ve stejné výšce, jak tažný orgán (kloubový řetěz)

Nevýhody

- Vzniká větší napětí na hrablo (uchycení pouze na jednom konci)
- Dražší výrobní náklady na zakřivenou část dopravníku



Obr. 23 - Skica varianty B

1-modulární dráha, 2-vratná stanice, 3-hnaná řetězová kola, 4-hnací část dopravníku, 5-
elektromotor, 6-hnací řetězová kola, 7-napínací ústrojí, 8-kloubový řetěz, 9-hrabla, 10-výsypka

7.3. Orgánová struktura varianty C

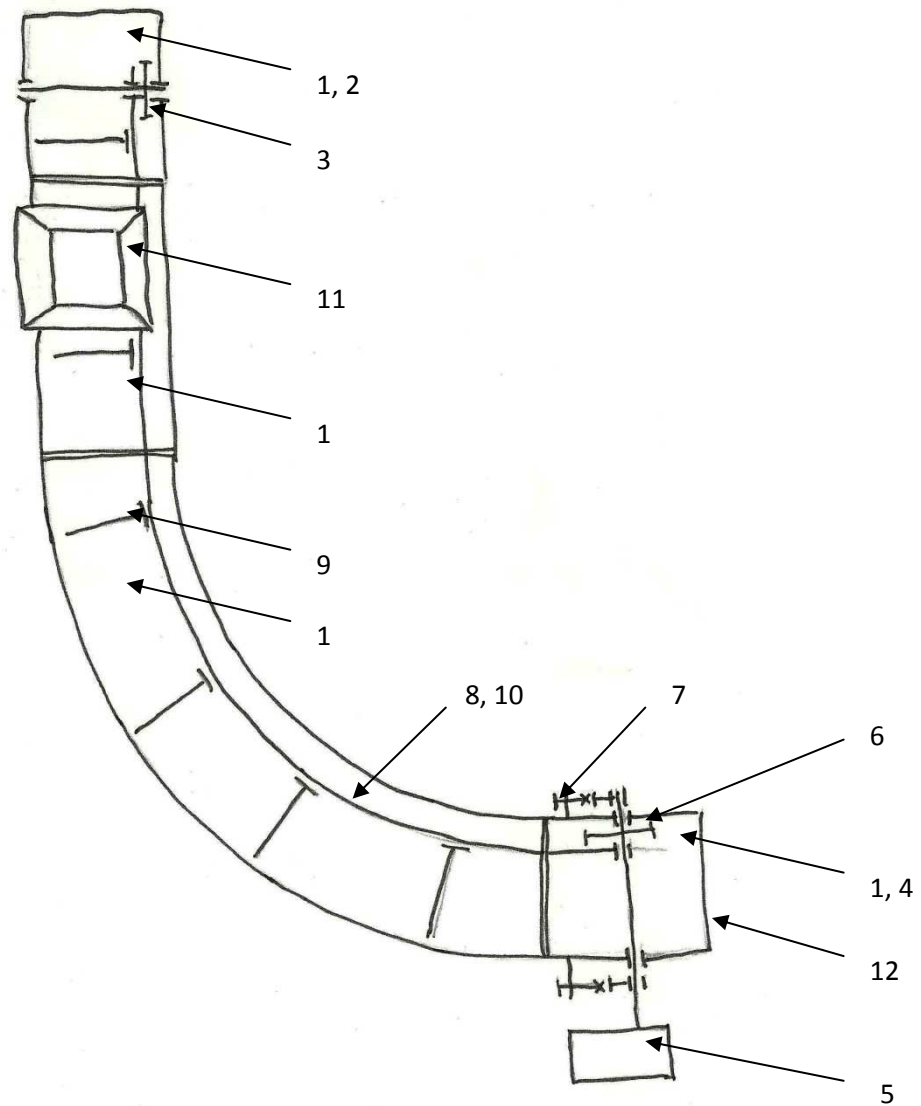
Kruhový segmentový dopravník varianty A (Obr. 24) je složen s modulární dráhy (1). Na jednom konci KSD je vratná stanice (2) s hnanými řetězovými koly (3). Na druhém konci je hnaná část (4). Ta obsahuje elektromotor (5), hnací řetězová kola (6) a napínací ústrojí (7) na svařovaný článkový řetěz (8). Hrabla (9) jsou připojena na vozíku s rolnami (10) a spojený se svařovaným článkovaným řetězem. KSD také obsahuje násypku (11) v blízkosti vratné stanice. A výsypka (12) je umístěna pod hnanou částí dopravníku.

Výhody

- Použití vozíku se svařovaným článkovaným řetězem
- Modulární stavba dráhy
- Dopravovaný materiál padá násypkou přímo na dopravník
- Menší výrobní náklady
- Jednodušší výroba

Nevýhody

- Vzniká větší napětí na hrablo (uchycení pouze na jednom konci)
- Dražší výrobní náklady na zakřivenou část dopravníku
- Způsob vedení článkového řetězu



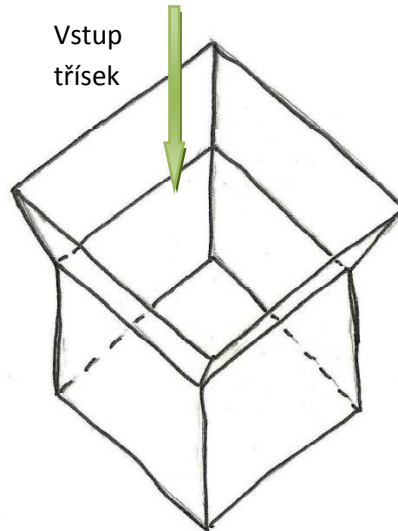
Obr. 24 - Skica varianty C

*1-modulární dráha, 2-vratná stanice, 3-hnaná řetězová kola, 4-hnací část dopravníku, 5-
elektromotor, 6-hnací řetězová kola, 7-napínací ústrojí, 8-svařovaný článkový řetěz, 9-hrabla,
10-vozik s rolnami, 11-násypka, 12-výsypka*

7.4. Detaily orgánových struktur

Násypka

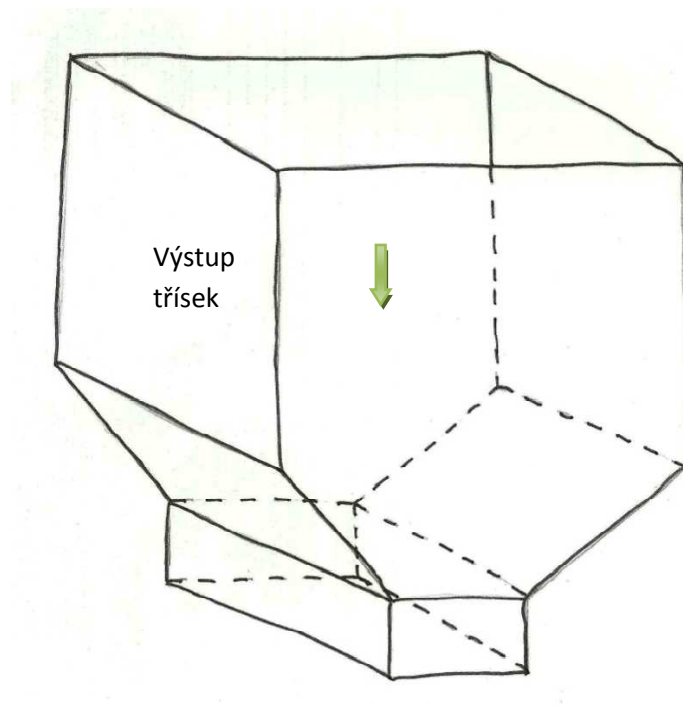
Zde je naskicovaný návrh násypky pro varianty A, B, C (Obr. 25).



Obr. 25 - Skica násypky pro varianty A, B, C

Výsypka

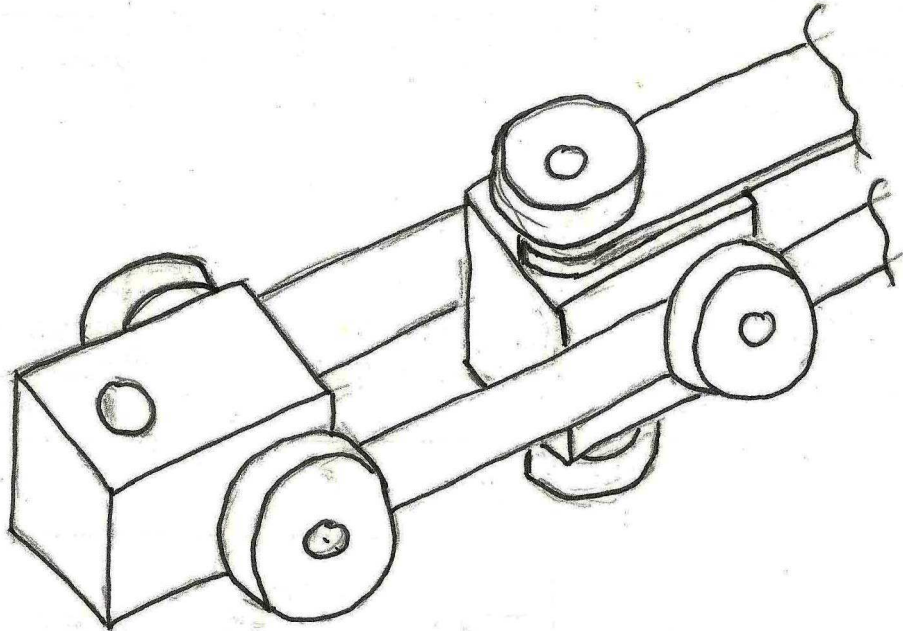
Zde je naskicovaný návrh výsypky pro Varianty A, B, C (Obr. 26).



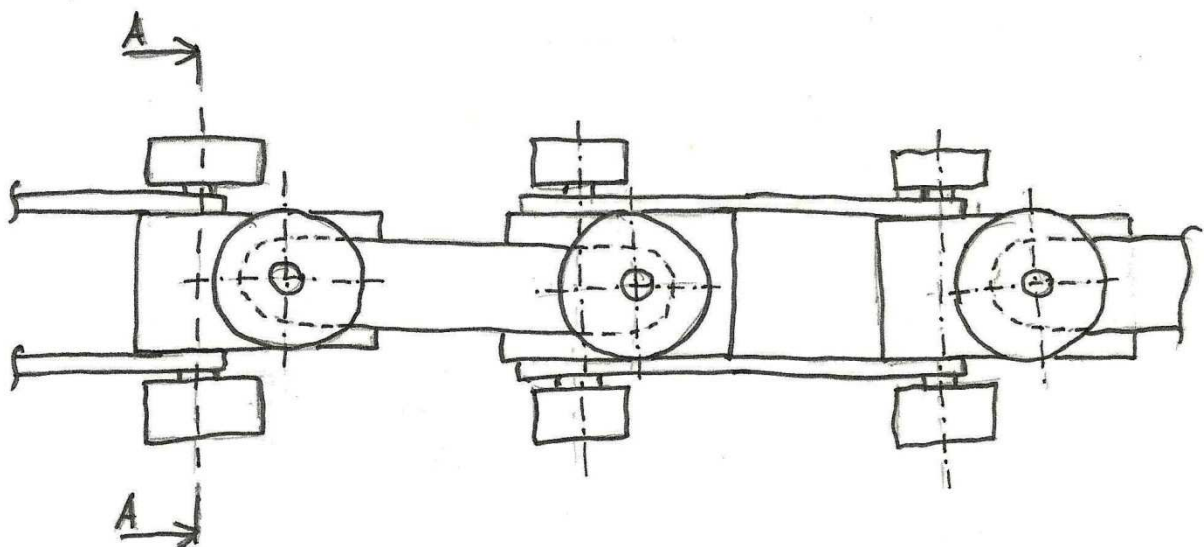
Obr. 26 - Skica výsypky pro varianty A, B, C

Kloubový řetěz

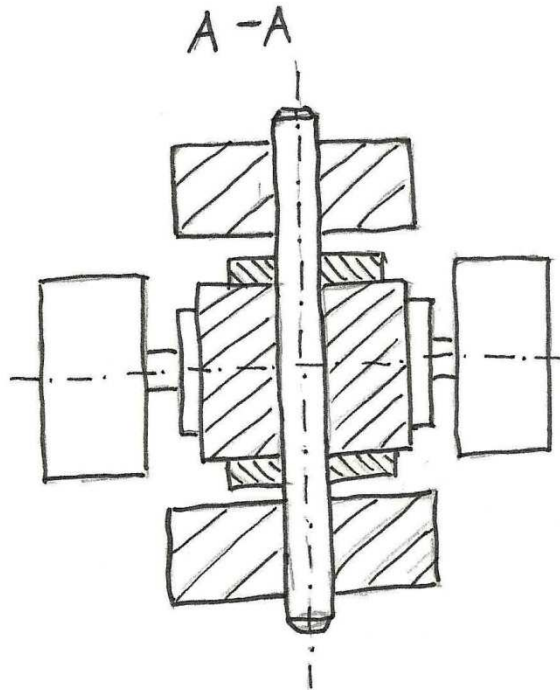
Zde je naskicovaný návrh kloubového řetězu v izometrickém pohledu (Obr. 27). Pohled v nárysu kloubového řetězu (Obr. 28), a také řez A-A kloubového řetězu (Obr. 29). Použitý u variant A, B.



Obr. 27 - Skica kloubového řetězu - v izometrickém pohledu



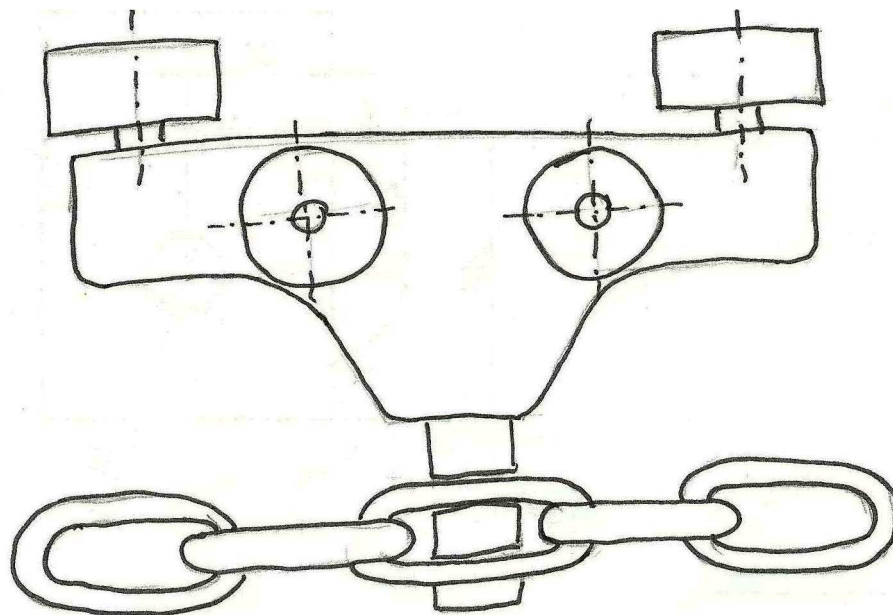
Obr. 28 - Skica kloubového řetězu - pohled v nárysu



Obr. 29 - Skica kloubového řezu - řez A-A

Vozík s rolnami a svařovaným článkovým řetězem

Zde je neskicovaný návrh vozíku s rolnami a k němu připojen svařovaný článkový řetěz (Obr. 30). Použito u varianty C.



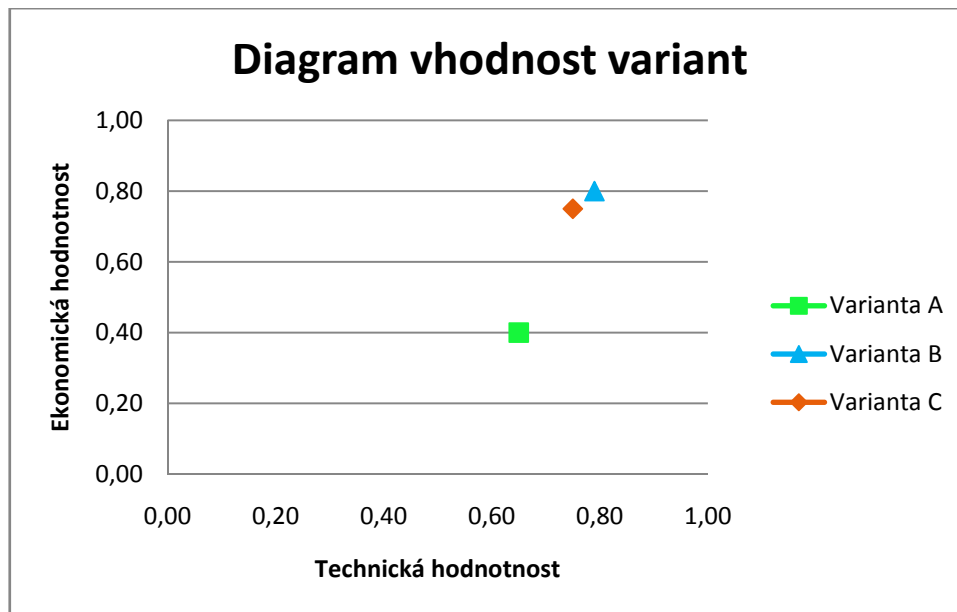
Obr. 30 - Skica vozíku s rolnami a se svařovaným článkovým řetězem

8. Výběr vhodné varianty

V následující kapitole byly porovnány technické a ekonomické parametry jednotlivých variant konstrukčních řešení. Dále byl vyhotoven diagram vhodnosti variant a bylo vybráno vhodné konstrukční řešení (Obr. 31).

Kritérium	Varianta			Ideální stav
	A	B	C	
Působící síla na hrabla	4	3	3	4
Náročnost konstrukce	1	3	3	4
Montáž	2	3	3	4
Zástavbový prostor	3	3	3	4
Modularita	2	4	3	4
Seřizování	3	3	3	4
Bezpečnost	3	3	3	4
Σ	18	22	21	28
Technická hodnota	0,65	0,79	0,75	1
Výroba tažného orgánu	2	3	3	4
Náklady na pohony	1	4	4	4
Náklady na elektroniku	2	3	2	4
Náklady na mechaniku	1	3	3	4
Výroba hrabla	2	3	3	4
Σ	8	16	15	20
Ekonomická hodnota	0,4	0,80	0,75	1

Obr. 31 - Tabulka kritérií pro výběr vhodné varianty



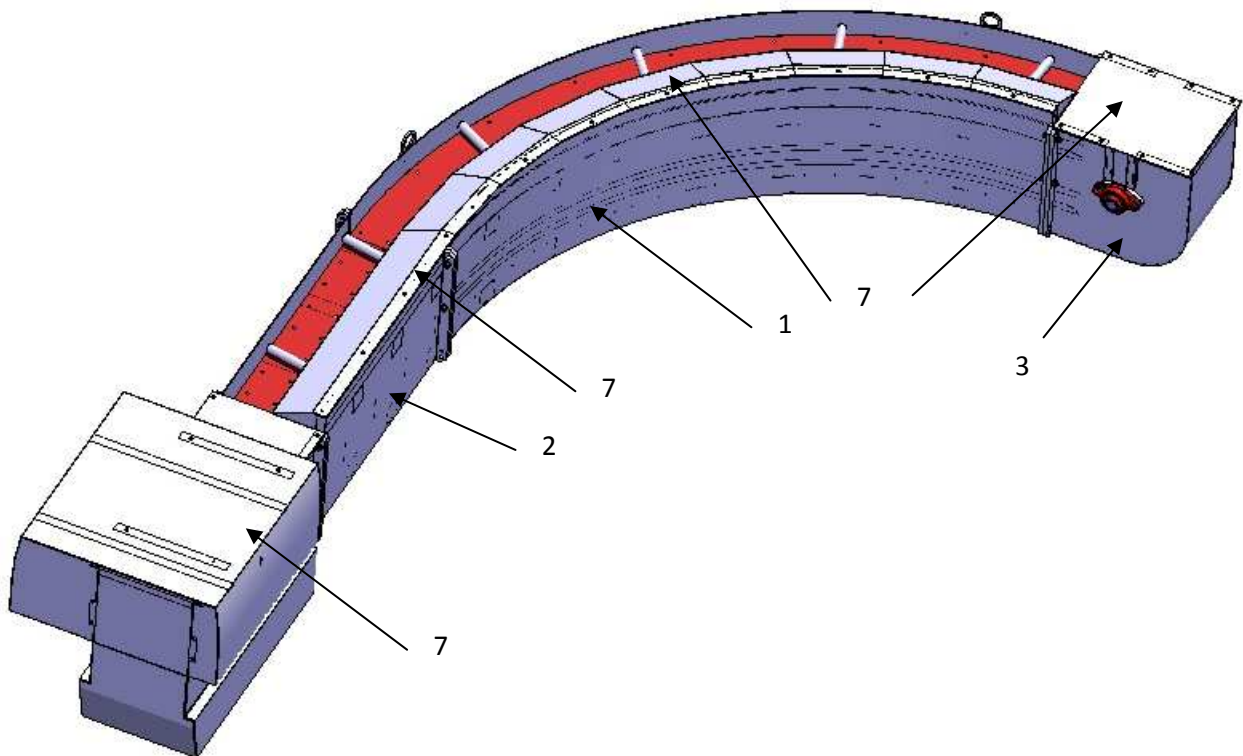
Obr. 32 - Diagram vyhodnocení variant

Na základě předešlých srovnání byla k dalšímu zpracování zvolena **varianta B**, která se blíží ideálnímu stavu.

9. Návrh úplné stavební struktury

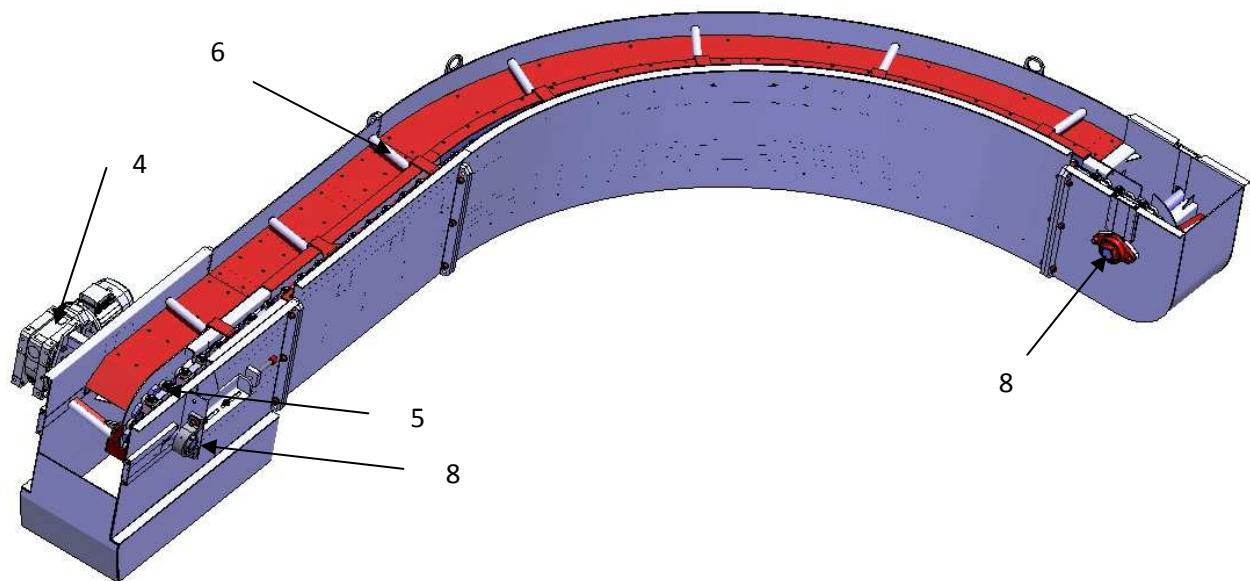
V následující kapitole budou detailně popsány jednotlivé součásti konstrukčního řešení podle varianty B.

Kruhový segmentový dopravník (Obr. 33, Obr. 34) se sestává z šesti základních celků, kterými jsou kruhová nástavba (1), rovná nástavba (2), vratná stanice (3), pohonný a řídicí systém (4), kloubový řetěz (5), hrabla (6) a příslušenství. Do příslušenství patří kryty (7), ložiskové domky (8) a veškerý spojovací materiál.



Obr. 33 - Kruhový segmentový dopravník

1-kruhová nástavba, 2-rovná nástavba, 3-vratná stanice 4-pohonný a řídicí systém, 5-kloubový řetěz, 6-hrabla, 7-kryty, 8-ložiskové domky



Obr. 34 - Kruhový segmentový dopravník bez krytů

1-kruhává nástavba, 2-rovná nástavba, 3-vratná stanice 4-pohonný a řídicí systém, 5-kloboukový řetěz, 6-hrabla, 7-kryty, 8-ložiskové domky

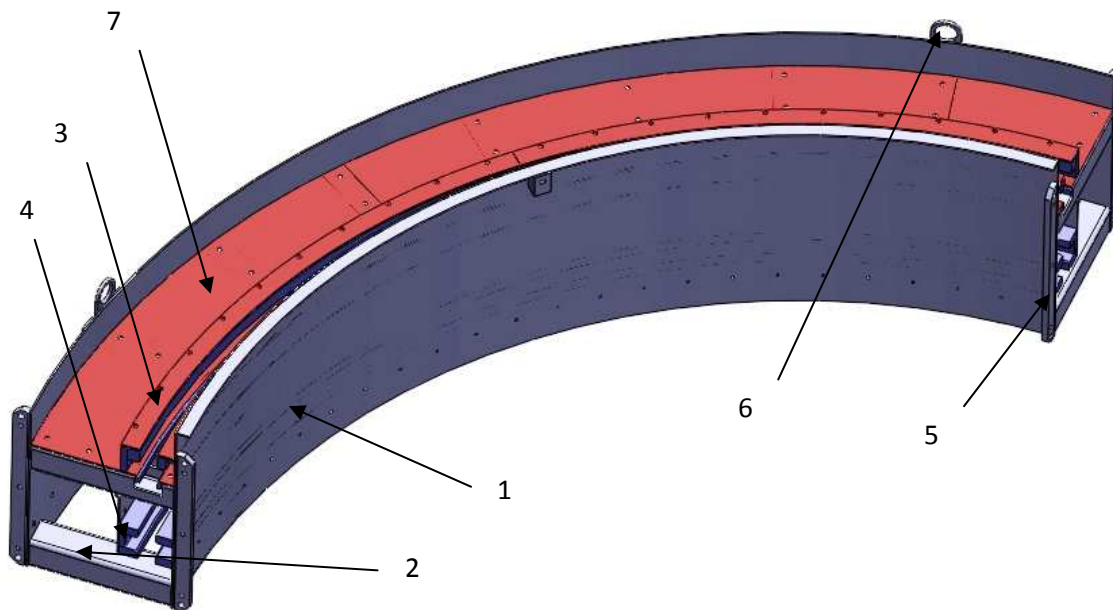
9.1. Kruhová nástavba

Kruhová nástavba (Obr. 35) je svařenec. Je zhotovená z kroužených plechů (1) a čtvercových profilů (2). Kruhová nástavba také obsahuje vedení kloubového řetězu, jak horní (3) tak i dolní (4) vedení kloubového řetězu. Toto vedení je zhotoveno převážně z výpalků. A na okrajích kruhové nástavby jsou příruby (5), ke kterým je možno připojit vratnou stanici, rovnou nástavbu, další kruhovou nástavbu a nástavbu s pohonem. Výroba kruhové nástavby klade zvýšené požadavky na přesnost ustavení dílů při svařování. Úzké tolerance bude nutné dodržet zejména při svařování vedení kloubového řetězu a přírub pro spojení dalších přípojných dílů. Součástí kruhové nástavby jsou také transportní oka (závěsy (6)).

Materiál

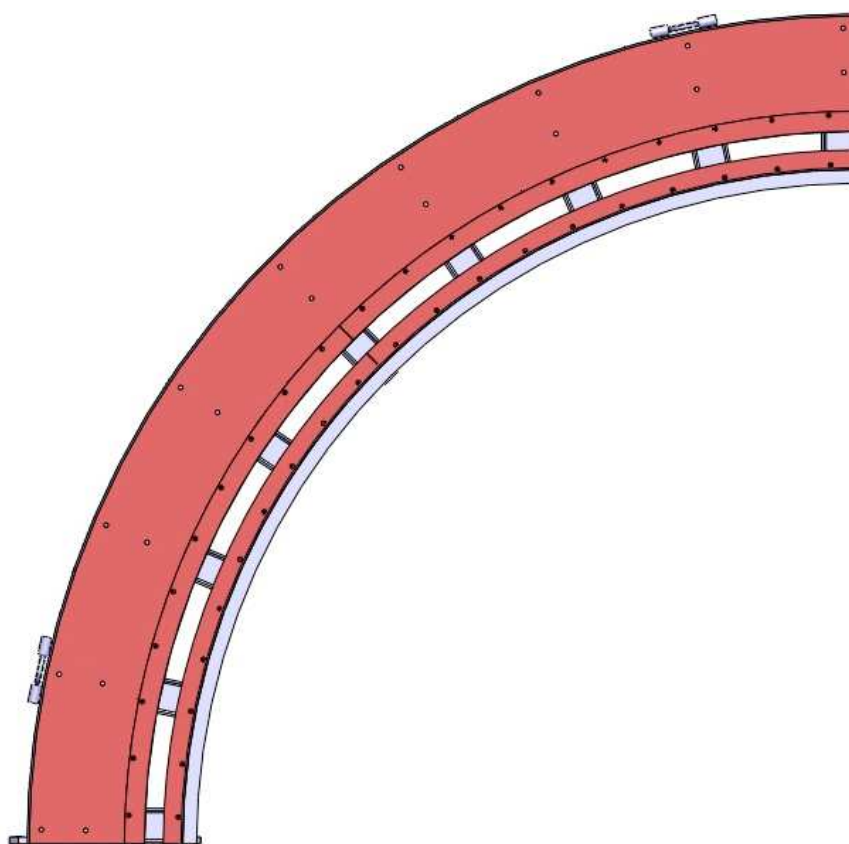
Na této kruhové nástavbě je převážně použita konstrukční ocel 11523 s mezí pevnosti v tahu 510-680 [MPa], s mezí kluzu minimálně 355 [MPa].

Vedení pod hrabla je z plechu zvaný HARDOX 400 (7). Tento plech je zde, protože jeho důležitá vlastnost je otěruvzdornost.

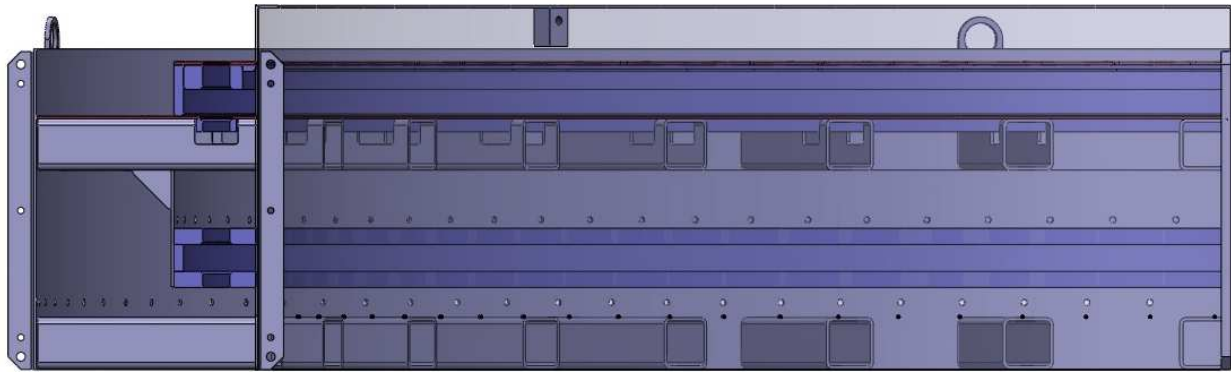


Obr. 35 - Izometrický pohled na kruhovou nástavbu

1-skružené plechy, 2-čtvercový profil, 3-horní vedení, 4-dolní vedení, 5-příruba pro připojení nástavců, 6- závěsná oka (závěsy), 7-plech HARDOX 400



Obr. 36 - Kruhová nástavba - půdorys



Obr. 37 - Kruhová nástavba - půdorys

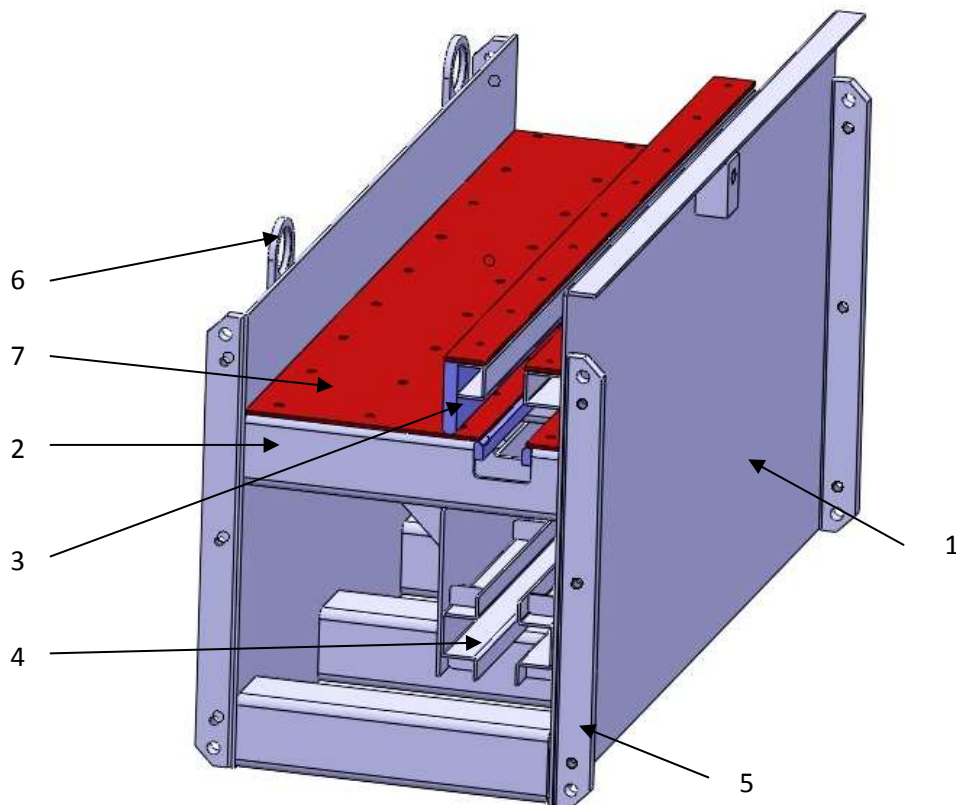
9.2. Rovná nástavba

Rovná nástavba (Obr. 38) je svařenec. Je zhotovená z plechů (1) a čtvercových profilů (2). Rovná nástavba také obsahuje vedení kloubového řetězu, jak horní (3) tak i dolní (4) vedení kloubového řetězu. Toto vedení je zhotoveno převážně z ohýbaných plechů. Na okrajích rovné nástavby jsou příruby (5), ke kterým je možno připojit vratnou stanici, kruhovou nástavbu, další rovnou nástavbu a nástavbu s pohonem. Výroba rovné nástavby klade zvýšené požadavky na přesnost ustavení dílů při svařování. Úzké tolerance bude nutné dodržet zejména při svařování vedení kloubového řetězu a přírub pro spojení dalších přípojných dílů. Součástí rovné nástavby jsou také transportní oka (*závěsy*) (6).

Materiál

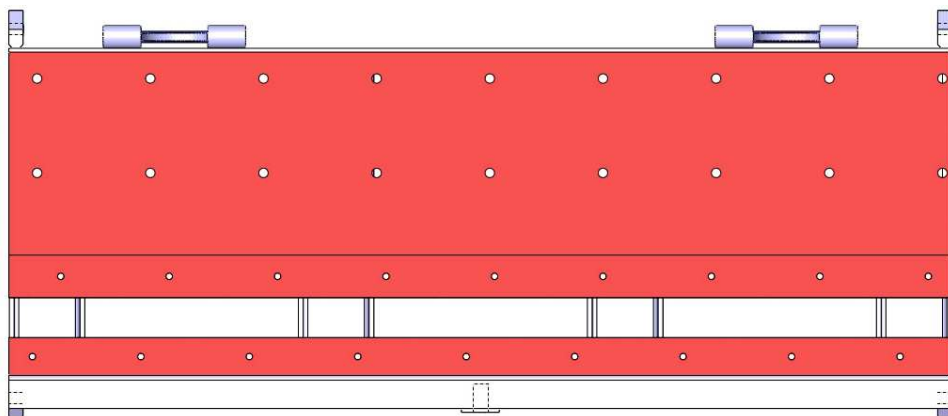
Na této rovné nástavbě je převážně použita konstrukční ocel 11523 s mezí pevnosti v tahu 510-680 [MPa], s mezí kluzu minimálně 355 [MPa].

Vedení pod hrabla je z plechu zvaný HARDOX 400 (7). Tento plech je zde, protože jeho důležitá vlastnost je otěruvzdorný.

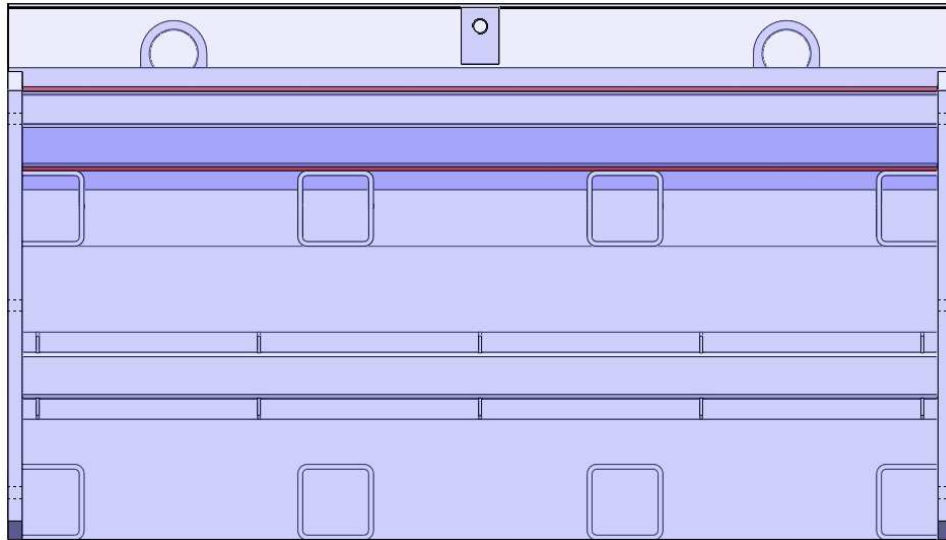


Obr. 38 - Rovná nástavba - izometrický pohled

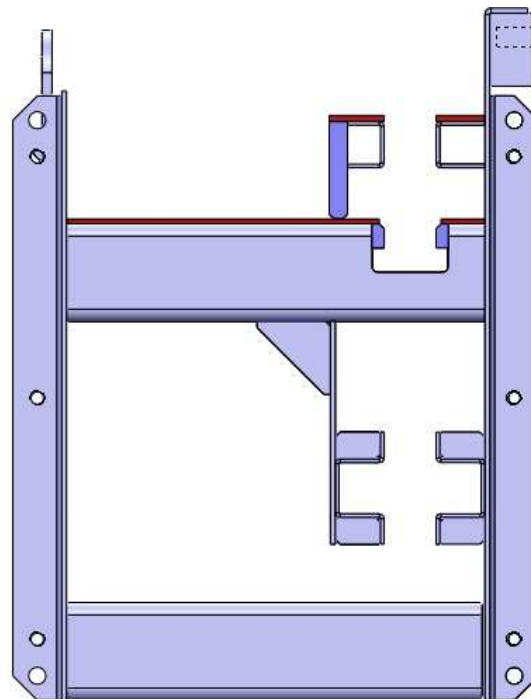
1-plech, 2-čtvercový profil, 3-horní vedení, 4-dolní vedení, 5-příruba pro připojení nástavců, 6-závěsná oka (závěsy), 7-plech HARDOX 400



Obr. 39 - Rovná nástavba - pohled ze shora



Obr. 40 - Rovná nástavba s průhlednou bočnicí - nárys



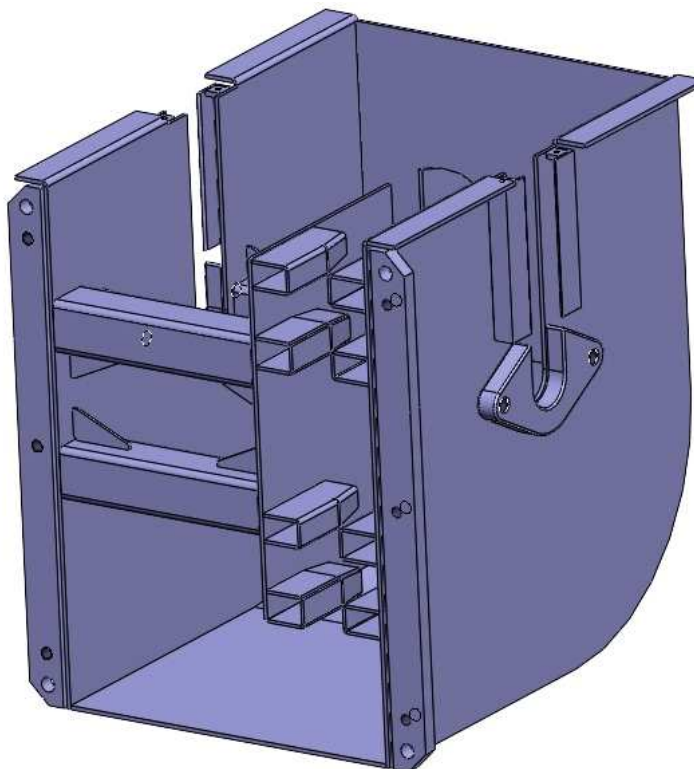
Obr. 41 - Rovná nástavba - pohled z boku

9.3. Vratná stanice

Vratná stanice (Obr. 42) je svařenec. Je zhotovená z plechů (1) a čtvercových profilů (2). Vratná stanice také obsahuje vedení kloubového řetězu, jak horní (3) tak i dolní (4) vedení kloubového řetězu. Tato jsou zhotovena tak, že jsou pod sklonem cca 2° a slouží jako náběžné plochy pro kloubový řetěz. Toto vedení je zhotoveno převážně z ohýbaných plechů. Vratná stanice je z jedné strany uzavřená a na druhé straně jsou příruby (5), ze kterých je možno připojit vratnou stanici ke kruhové nástavbě anebo k rovné nástavbě. Na vratné stanici jsou přivařeny také příruby (6) na připojení ložiskových domků. Výroba vratné stanice klade zvýšené požadavky na přesnost ustavení dílů při svařování. Úzké tolerance bude nutné dodržet zejména při svařování vedení kloubového řetězu a přírub pro spojení dalších přípojných dílů. Vratná stanice má funkci zalomovat kloubový řetěz.

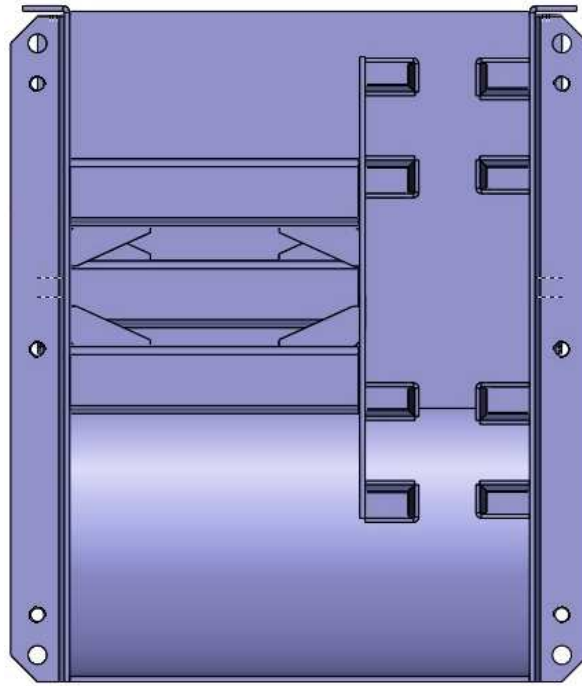
Materiál

Na této rovné nástavbě je převážně použita konstrukční ocel 11523 s mezí pevnosti v tahu 510-680 [MPa], s mezí kluzu minimálně 355 [MPa].

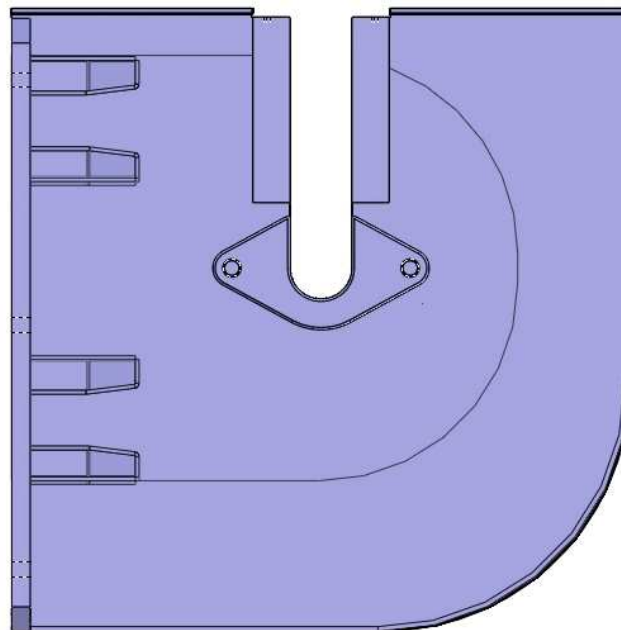


Obr. 42 - Vratná stanice - izometrický pohled

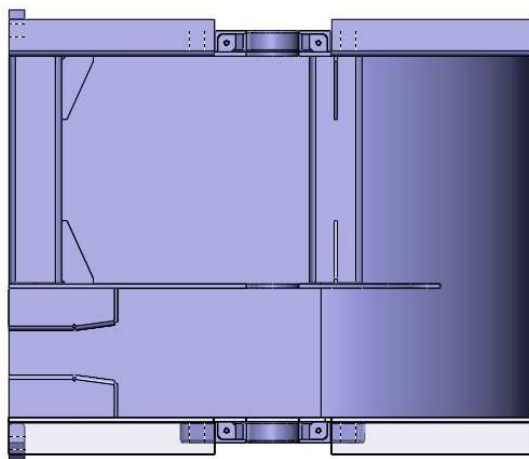
1-plechy, 2-čtvercový profil, 3-horní vedení, 4-dolní vedení, 5-příruba pro připojení nástavců, 6-příruba na uchycení ložiskových domků



Obr. 43 - Vratná stanice - nárys



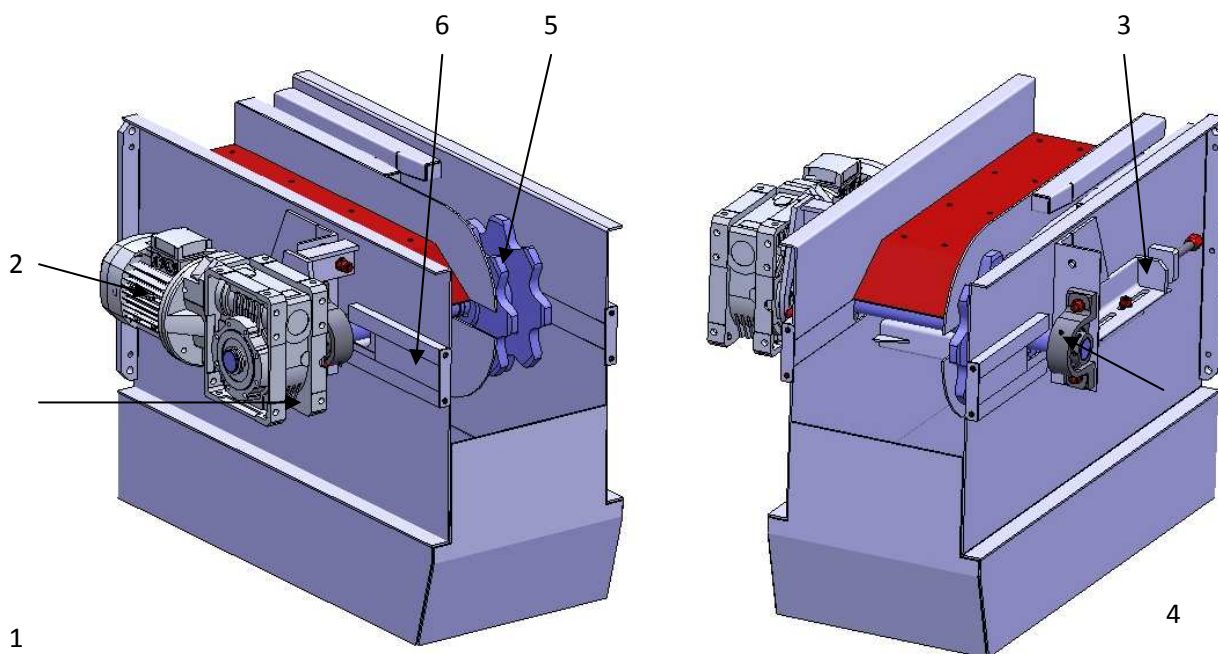
Obr. 44 - Vratná stanice - pohled z boku



Obr. 45 - Vratná stanice - pohled ze shora

9.4. Pohonný a řídicí systém

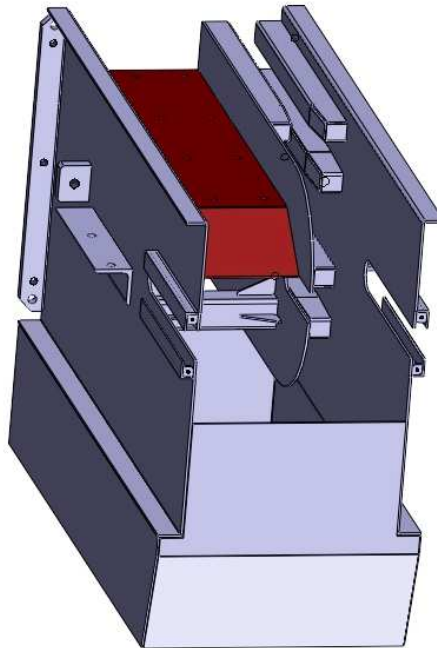
Řídicí a pohonný systém (Obr. 46) je sestaven ze svařence výsypané části (1) (Obr. 47), elektromotoru (2) (Obr. 48), napínacího ústrojí (3), ložiskových domků (4), hřídele s ozubenými koly (5) (Obr. 49) a krytem (Obr. 50) (6), který uzavírá mezeru ve výsypané části, pro montáž hřídele s ozubenými koly.



Obr. 46 - Pohonný a řídicí systém - izometrický pohled

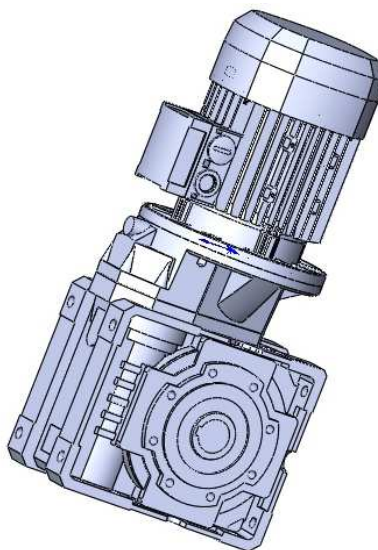
1-svařenec výsypané části, 2-elektromotor, 3-napínací ústrojí, 4-ložiskové domky, 5-hnací hřídel s ozubenými koly, 6-kryt hřídele ve výsypané části

Sestavení výsypné části je podobné jako u kruhové a rovné nástavby. Materiál je použitý stejný 11523 na veškerých částech svařence. Jen kromě plechu, po kterém se hrou kovové třísky, je zhotoven s otěruvzdorného plechu HARDOX 400.



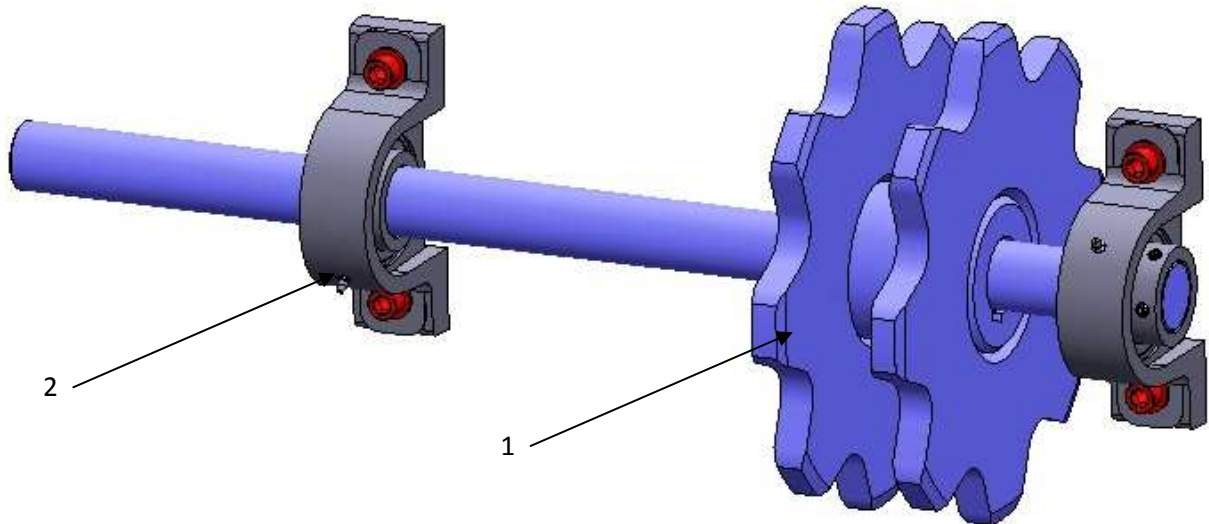
Obr. 47 - Svařenec výsypné části - izometrický pohled

Pro kruhový segmentový dopravník třísek jsem vybral elektromotor se šnekovou převodovkou od firmy „Bonfiglioli“ viz (Obr. 48). Převodovka je série „WR 86 U120 P80 BN08B4“ s kroučícím momentem 405 [Nm] a otáčky motoru 11,7 [min⁻¹]. Viz. (příloha č. 1)



Obr. 48 - Elektromotor s převodovkou od firmy "Bonfiglioli" série WR 86

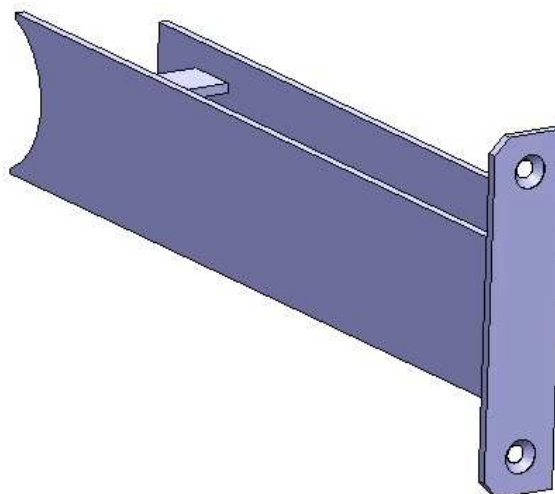
Další součástí řídicího a pohonného systému je hnací hřídel s ozubenými koly (1). Hřídel je uložena v ložiskových domkách (2). Ozubená kola přenáší sílu krouťícího momentu na kloubový řetěz.



Obr. 49 - Ložiskové domky a ozubená kola na hnací hřídeli

1-hnací hřídel s ozubenými koly, 2-ložiskové domky

Krytka (Obr. 50) zabraňuje pronikání třísek z výsypné části u montážního otvoru pro hnací hřídel. Další jeho funkce je chránit hnací hřídel proti zadření. Krytka je svařená z plechů. Není náročná přesnost výroby při svařování.



Obr. 50 - Krytka hnací hřídele

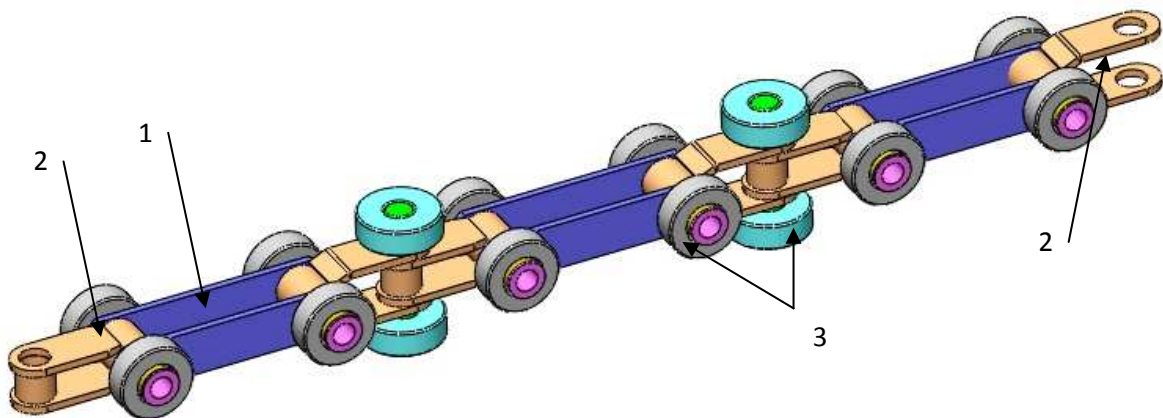
9.5. Kloubový řetěz

Kloubový řetěz slouží jako tažný orgán. V této části se budu zabývat vývojem kloubového řetězu. Zadaná rozteč kloubového řetězu je 100 mm. A následně vyberu nejlepší variantu.

9.5.1. Vývoj kloubového řetězu

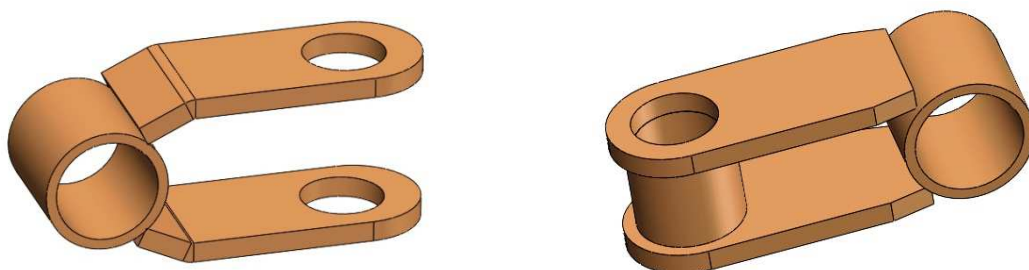
Varianta 1 – články svařované

V první variantě jsem kloubový řetěz vytvořil pomocí svařování (Obr. 51). Kloubový řetěz je složen z rovných spojovacích článků (1) a dvěma svařovanými články (2) (Obr. 52). Články jsou svařené a montované tak, aby vytvořili kloub. Rolny (3) slouží jako vedení kloubového řetězu a zároveň přenáší sílu s ozubených kol na hrabla.



Obr. 51 - Kloubový řetěz - svařované články

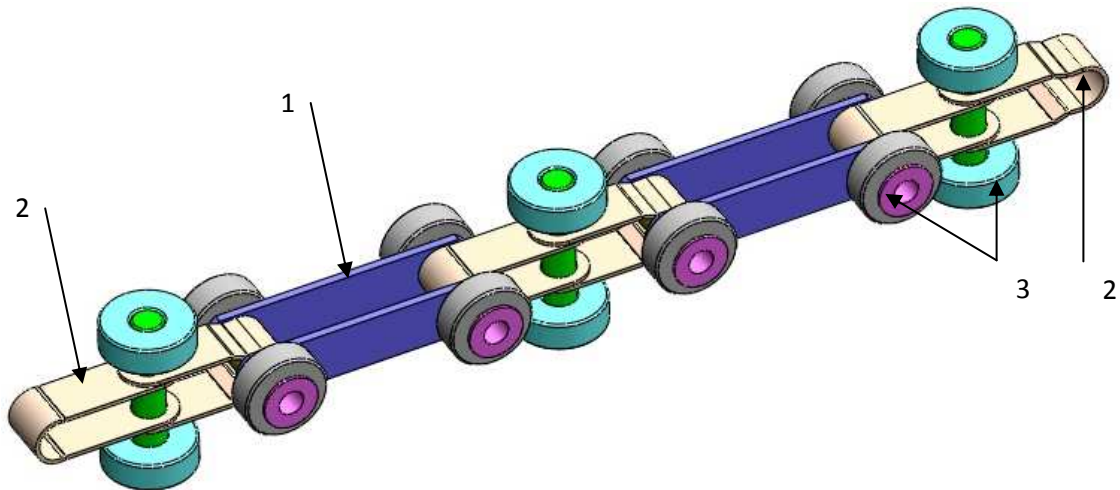
1-rovný spojovací článek, 2-svařované články, 3-rolny



Obr. 52 - Kloubový řetěz - dva svařované články

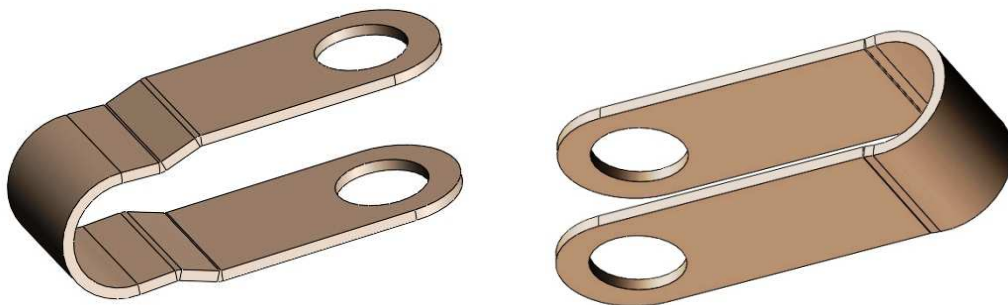
Varianta 2 – články ohýbané

V této variantě jsem použil technologii výroby ohýbáním (Obr. 53). Rovné spojovací články (1) zůstávají. A svařované články jsem nahradil za články ohýbané (2) (Obr. 54). Ohýbané články jsou sestavy tak, že při pohybu kloubového řetězu jsou zajištěny proti rozpojení článků. Rolny (3) slouží jako vedení kloubového řetězu a zároveň přenáší sílu s ozubených kol na hrabla.



Obr. 53 - Kloubový řetěz - ohýbané články

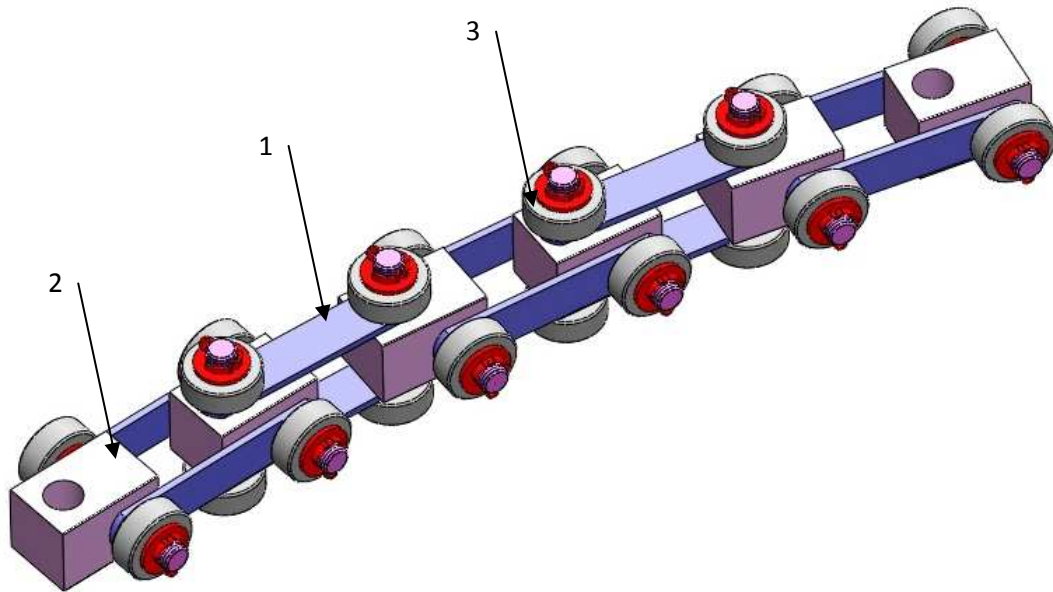
1-rovný spojovací článek, 2-ohýbané články, 3-rolny



Obr. 54 - Kloubový řetěz - ohýbané články

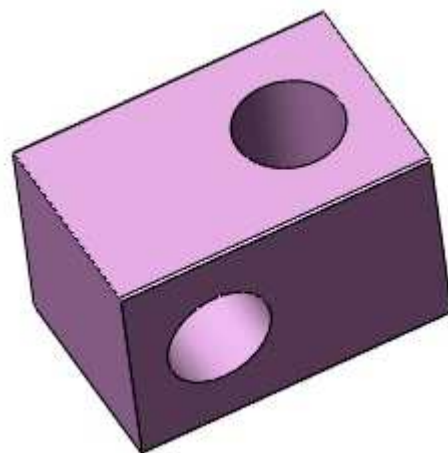
Varianta 3 – křížová kostka

U této varianty jsem použil technologii obrábění (Obr. 55). Rovné spojovací články (1) zůstávají. A ohýbané články jsem nahradil za články ve tvaru kostky (2) (Obr. 56) s dvěma vyvrtanými otvory. Otvory v kostce jsou mimoběžné a pootočené o 90°, aby se vznikl kříž (kloub). Rolny (3) slouží jako vedení kloubového řetězu a zároveň přenáší sílu s ozubených kol na hrabla.



Obr. 55 - Kloubový řetěz – použití křížové kostky

1-rovný spojovací článek, 2-křížový kloub, 3-rolny



Obr. 56 - kloubový řetěz - křížová kostka

9.5.2. Zvolená varianta kloubového řetězu

Varianta 1 – články svařované

U této varianty by byla složitá výroba svařovaných článků. Museli by se vyrobit přípravky ke svaření článků. A mohlo by se stát, že svařované články se budou deformovat. U těchto článků by byly větší výrobní náklady kvůli více svařovaných ploch.

Varianta 2 – ohýbané články

U této varianty by byla složitá výrobní technologie. Články se musí ohnout pěti ohyby. A to tak, že se články chovají jako pružící prvky.

Varianta 3 – křížová kostka

U této varianty je výrobní technologie jednoduchá. Čtvercová tyč o rozměru 40x40 mm se uřízne v délce 60 mm. A pouze se vyvrtají dvě průchozí díry mimoběžné a vůči sobě pootočené o 90°.

Podle popisu výrobních technologií jsem zvolil „variantu 3 – křížová kostka“.

9.5.3. Návrh průměru čepu kloubového řetězu

Viz. mechanické vlastnosti Příloha č.2 a použití strojnických tabulek. [13]

Stanovení tažné síly od motoru „Bonfiglioli WR 86 U120 P80 BN08B4“.

$$F_t = \frac{M_k}{\frac{D_r}{2}} \Rightarrow F_t = \frac{2 * M_k}{D_r} = \frac{2 * 405}{0,261} = 3103,45[N]$$

Kde:

F_t [N] – tažná síla působící na řetěz

D_r [m] – průměr roztečné kružnice ozubeného kola

Výpočet obvodové rychlosti řetězů

$$v = D_r * \pi * n = 0,261 * \pi * 11,7 = 9,6[m / \text{min}^{-1}] \Rightarrow 0,16[m / \text{s}^{-1}]$$

Kde:

v [m/s⁻¹] – rychlost řetězu

n [min⁻¹] – otáčky řetězového kola (otáčky převodovky)

D_r [m] – průměr roztečné kružnice ozubeného kola

Výpočet odstředivých sil

$$F_d = v * \rho = 0,16 * 1,5 = 0,24[N]$$

Kde:

v [m/s^{-1}] – rychlost řetězu

ρ [m/s^{-1}] – délková hmotnost řetězu

F_d [N] – odstředivá síla

Síla působící od třísek na hrablo

Zatížení na jedno hrablo 7 kg.

$$F_m = m_m * g = 7 * 9,81 = 68,67[N]$$

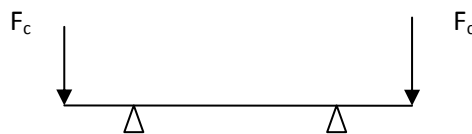
Kde:

F_m [N] – síla působící na hrablo

m_m [kg] – zatížení od dopravovaných třísek na hrablo

g [m/s^{-2}] – gravitační zrychlení

Celková síla působící na řetěz



Obr. 57 - Schéma zatěžující síly na čep u kloubového řetězu

$$F + F + F = 3103,45 + 0,24 + 68,67$$

Kde:

F_m [N] – síla působící na hrablo

F_d [N] – odstředivá síla

F_t [N] – tažná síla působící na řetěz

F_c [N] – celková působící síla na řetěz

Výpočet dovolených napětí

$$R_m = 390 \text{ [MPa]}$$

$$k = 3$$

$$\sigma_{Do} = 140 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_m}{k} = \frac{390}{3} = 130 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{Ds} = 0,6 * \sigma_{Dt} = 0,6 * 130 = 78 \text{ [MPa]}$$

σ_{Dred} – teorie maximálních smykových napětí

$$\sigma_{Dred} = \sqrt{\sigma_{Do}^2 + 4 * \tau_{Ds}^2} = \sqrt{140^2 + 4 * 78^2} = 209,6 \text{ [MPa]}$$

Kde:

σ_{Do} [MPa] – dovolené napětí v ohybu

σ_{Dt} [MPa] – dovolené napětí v tahu

τ_{Ds} [MPa] – dovolené napětí ve smyku

σ_{Dred} [MPa] – dovolené redukované napětí

Pevnostní podmínka namáhání v ohybu a ve smyku

Volím průměr čepu 9 mm.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_c * d}{\pi * d^3} = \frac{1586,06 * 0,009}{\pi * 0,009^3} = 199450302 \text{ [Pa]} \Rightarrow 199,5 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_s = \frac{F_c}{c} = \frac{F_c}{\pi * d^2} = \frac{1586,06}{\pi * 0,009^2} = 24931287 \text{ [Pa]} \Rightarrow 24,9 \text{ [MPa]}$$

σ_{Dred} – teorie maximálních smykových napětí

Kde:

σ_o [MPa] – napětí v ohybu

M_o [Nm] – ohybový moment

W_o [m³] – modul průřezu

d [m] – průměr čepu

F_c [N] – celková působící síla na řetěz

σ_{Dred} [MPa] – dovolené redukované napětí

σ_{red} [MPa] – redukované napětí

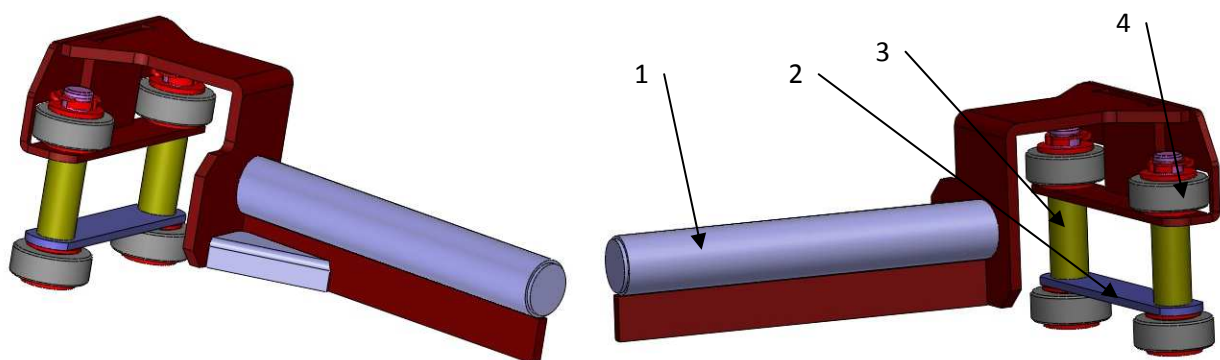
τ_s [MPa] – napětí ve smyku

S [m²] – plocha průřezu čepu

9.6. Hrablo

9.6.1. Navržené hrablo

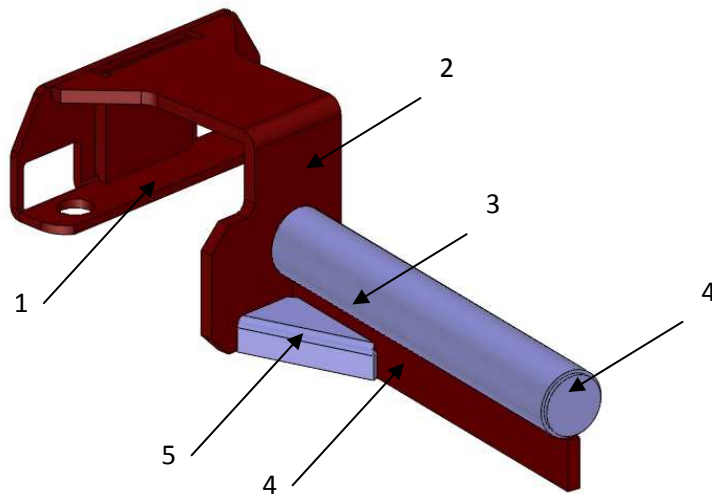
Navržené hrablo je součástí speciálního článku kloubového řetězu (Obr. 58). Ten je složen ze svařence hrabla (1) (Obr. 59), rovného spojovacího článku (2), z čepů (3), na kterých jsou rolly (4) splňující funkce vedení kloubového řetězu.



Obr. 58 - Hrablo jako speciální článek kloubového řetězu

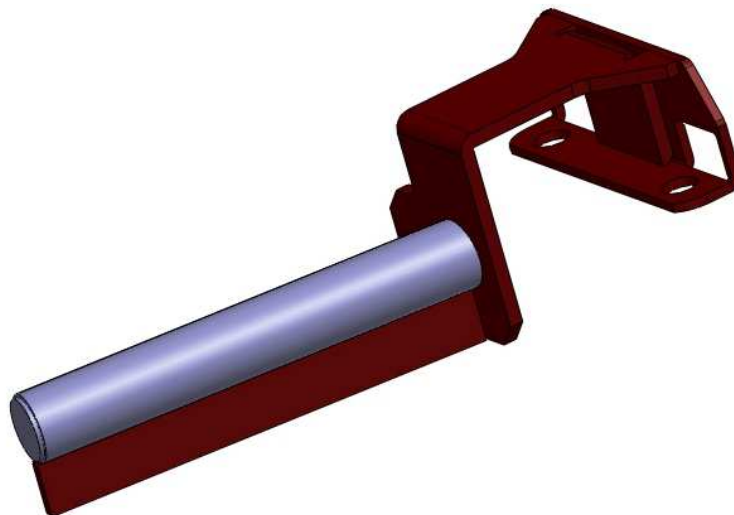
1-svařenec hrabla, 2-rovný spojovací článek, 3-čep, 4-rolly

Svařenec hrabla je složen ze speciálního článku (1), ten je přivařený k ohnutému plechu (2). Na ohnutý plech hrabla je přivařená trubka (3) pod úhlem 5° a na konci je trubka uzavřena přivařením víka (4). K trubce a ohnutému plechu hrabla je přivařen stírací plech (5), který je vyztužen žebrem (6).



Obr. 59 - Svařenec hrabla izometrický pohled 1

1-speciální článek hrabla, 2-ohnutý plech hrabla, 3-trubka seříznutá pod úhlem, 4-víko, 5-stírací plech, 6-výztuha (žebro)



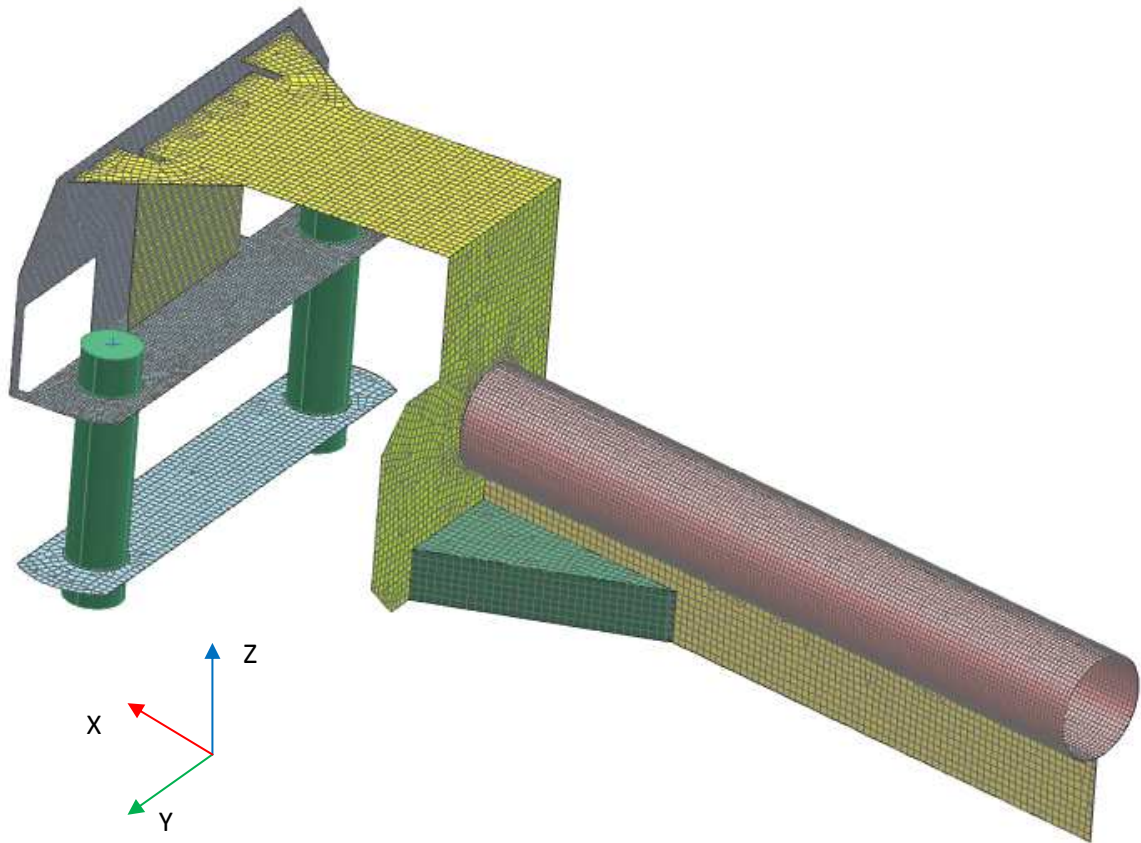
Obr. 60 - Svařenec hrabla isometrický pohled 2

9.6.2. Pevnostní výpočet hrabla

U hrabla byla provedena pevnostní analýza. Cílem je zjistit kritická místa hrabla a zjištění pevnosti pro tloušťku plechů 6 [mm]. Nejprve 3D model hrabla byl zjednodušen. Vyvarovat se malých zaoblení a věcí jim podobných a převést objemové těleso do ploch. Poté následuje diskreditizace modelu na konečnoprvkovou síť. Materiál byl nadefinován jako ocel z knihovny NX 9.0 s těmito vlastnostmi (Obr. 61). Diskreditizace a nadefinování materiálu bylo vytvořeno funkcí 2D mesh typem elementu CQUAD4 (Obr. 62).

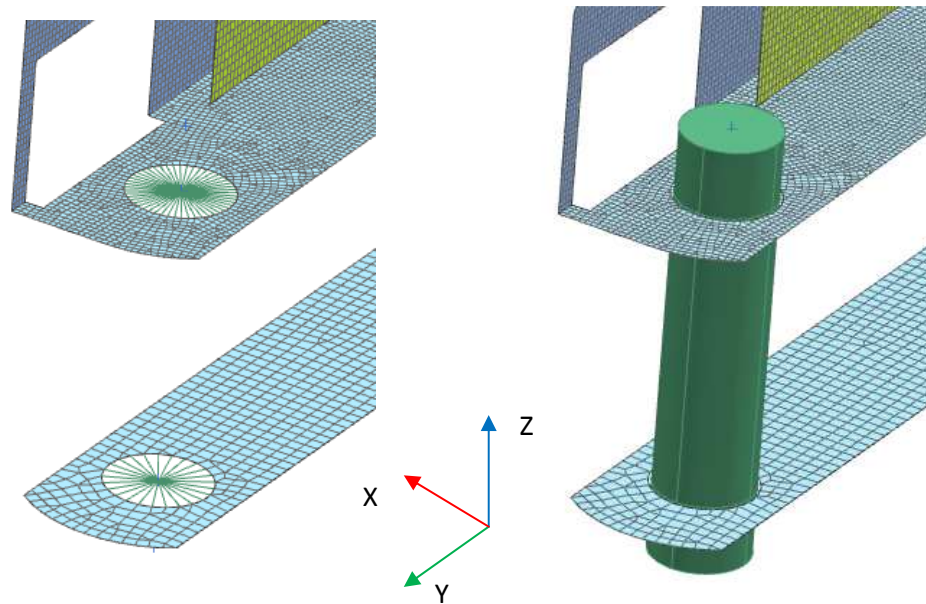
Modul pružnosti	E	210000	MPa	Modul pružnosti
Modul pružnosti ve smyku	G	78500	MPa	Modul pružnosti ve smyku

Obr. 61 - Tabulka mechanických vlastností



Obr. 62 - Diskretizace na konečnoprvkový model pomocí CQUAD4 elementů

Poté byla použita funkce rigid, pro přenesení vlastností z uzlových bodů sítě do jednoho bodu (Obr. 63).



Obr. 63 - Zobrazení prvku rigid bez čepu a s čepem

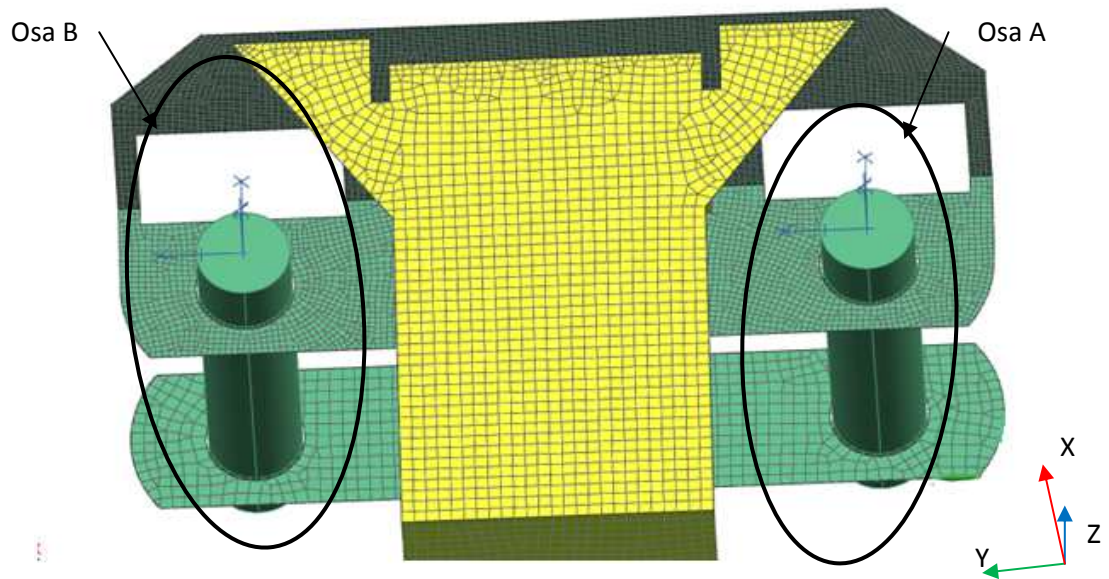
Okrajové podmínky pro uchycení jsou ukázány na (Obr. 64). Na čepích jsou rolny, které nám zajišťují vedení kloubového řetězu. V horizontálním tak i ve vertikálním vedení má rolna vůli 2-3 [mm]. Při pohybu kloubového řetězu se nám tedy jeví jako, kdyby čepy se spojovacími články byly svařené. Proto byly zvoleny následující okrajové podmínky:

Osa A

- Posuv ve směru osy: X = off (nesmí se posunout)
Y = off (nesmí se posunout)
Z = off (nesmí se posunout)
- Rotace ve směru osy: X = off (nesmí se potočit)
Y = off (nesmí se potočit)
Z = off (nesmí se potočit)

Osa B

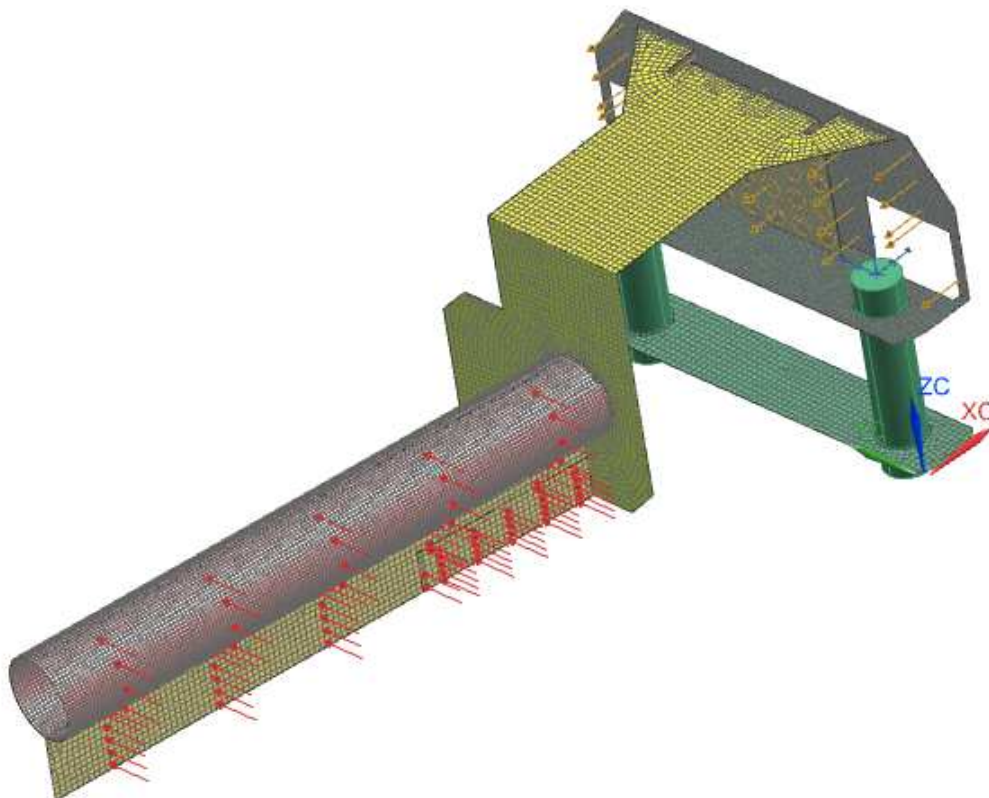
- Posuv ve směru osy: X = on (může se posunout)
Y = off (nesmí se posunout)
Z = off (nesmí se posunout)
- Rotace ve směru osy: X = on (může se potočit)
Y = off (nesmí se potočit)
Z = on (může se potočit)



Obr. 64 - Okrajové podmínky zobrazující uchycení čepů kloubového řetězu pomocí prvku rigid

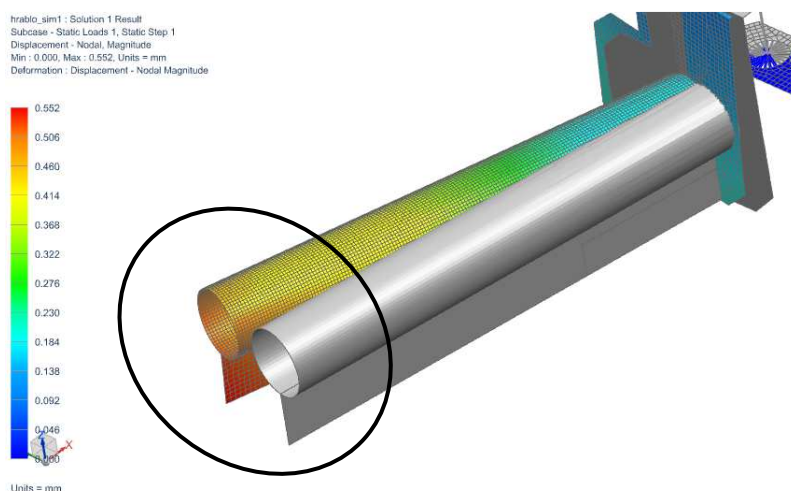
Dále byly nasimulovány tyto okrajové podmínky zatížení (Obr. 65)

Na dno dpravníku budou dopadat kovové či jiné třísky. Hrablo bude tyto třísky před sebou hrnout. Maximální zátěž na hrablo je 7 [kg]. Tedy síla na jedno hrablo bude maximálně 70 [N].



Obr. 65 - Okrajové podmínky znázorňující zatížení

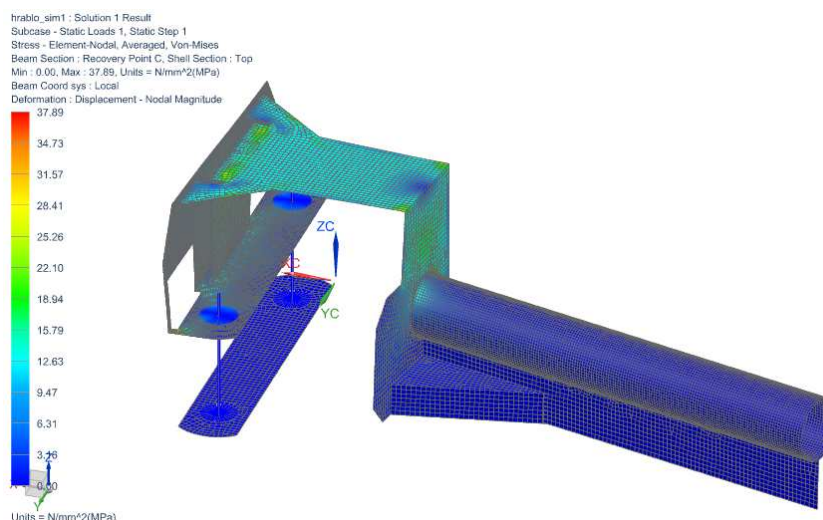
Po zdefinování všech těchto okrajových podmínek byl spuštěn výpočet. Byla vypočtena deformace při měřítku 10:1. Šedá část naznačuje model bez zatížení v původní poloze. Barevná škála modelu naznačuje deformované části a také jejich deformace v milimetrech uvedené na levé straně obrázku. Maximální deformovaná část je 0.552 mm a to na volném konci hrabla (Obr. 66).



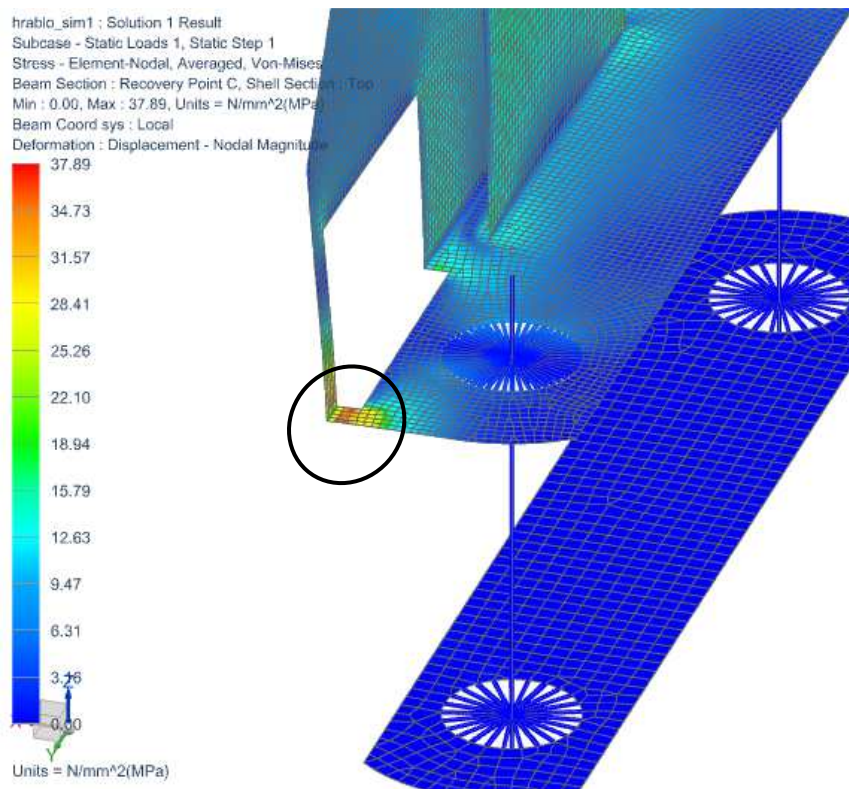
Obr. 66 - Deformace (posunutí) konce hrabla v mm

Maximální posunutí je 0,552 [mm].

V další části šlo o to, jaké bude zprůměrované redukované napětí po celém hrablu. (Obr. 67). Podle nastavených okrajových podmínek můžeme čekat, že špička redukovaného napětí vznikne na speciálním článku řetězu (Obr. 68). Právě v tomto případě se zprůměrovaná redukovaná špička napětí vytvořila v místě ohnutí speciálního ohnutého spojovacího článku kloubového řetězu, a to díky nasimulovaným okrajovým podmínkám uchycení.



Obr. 67 - Zprůměrované redukované napětí dle HMM v MPa



Obr. 68 - Velikost špičky redukovaného napětí dle HMH v MPa

Velikost špičky redukovaného napětí je 37,89 [MPa].

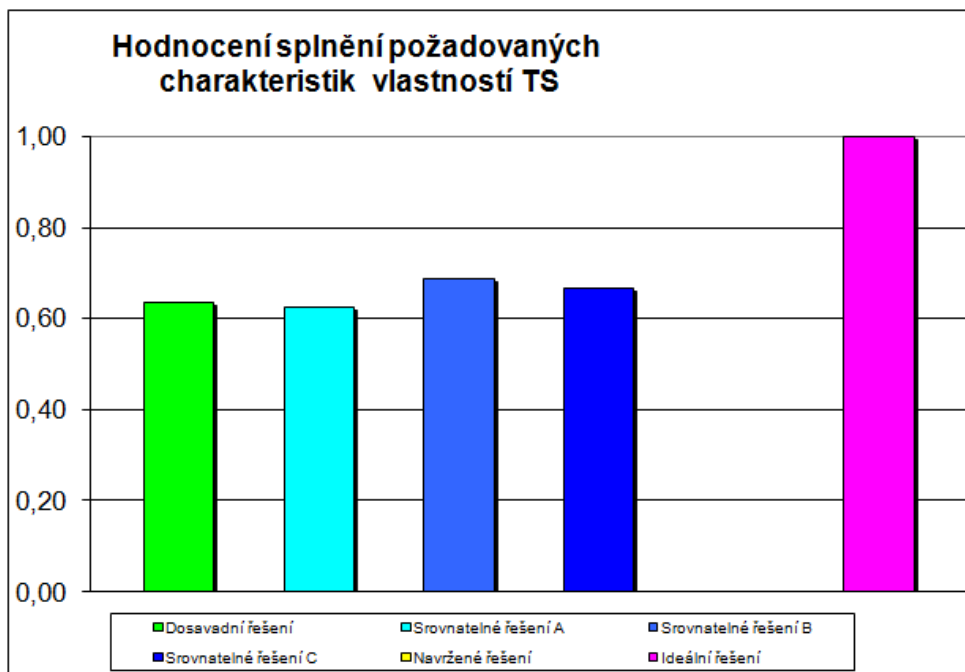
Závěr:

Z výsledků je patrné, že na tomto hrablu vyšly optimální výsledky. Špička napětí vznikla na očekávaném místě, která byla 37,89 [MPa]. Při zatížení hrabla 7 [kg] vzniklo maximální posunutí 0,552 [mm]. Tyto výsledky jsou vyhovující a dále není potřeba takto navržené hrablo dále optimalizovat.

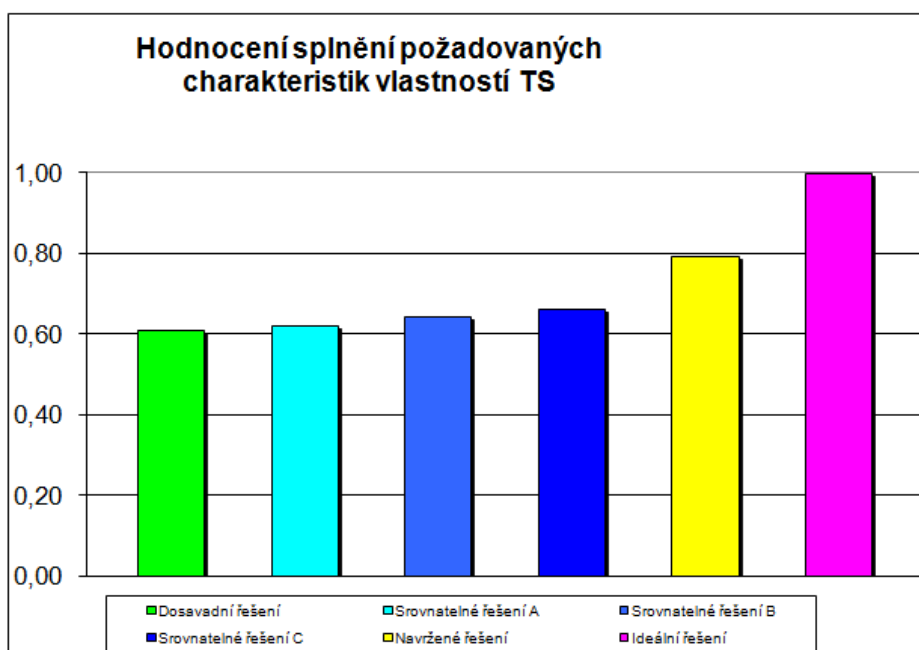
Na toto hrablo bude působit největší zatížení. Tím můžeme předpokládat, že tato část dopravníku bude nejvíce namáhána a budou vznikat největší deformace a napětí. Dále se předpokládá, že se bude vyrábět prototyp. Proto MKP analýza byla zaměřena na hrablo.

10. Hodnocení dosažených vlastností a chování

Na níže uvedených grafech je znázorněno srovnání dvou konkurenčních řešení, dosavadního (Obr. 69) a nově navrhovaného řešení (Obr. 70). Z grafu jasně vyplívají přednosti nově navrhovaného řešení.



Obr. 69 - Hodnocení dosažených vlastností a chování dosavadního řešení



Obr. 70 - Hodnocení dosažených vlastností a chování nově navrhovaného řešení

11. Technicko-ekonomické hodnocení

V této části diplomové práce se pokusím zhodnotit technickou úroveň kruhového segmentového dopravníku a ekonomicky ohodnotit náklady na výrobu.

11.1. Technické hodnocení

Z hlediska technického, konstrukce splňuje požadavky po konzultaci se zadavatelem úkolu. Technická úroveň kruhového segmentového dopravníku se zvýšila navržením kloubového řetězu, který může kopírovat jakoukoli dráhu. A také jeho modulární stavba umožní jejich zákazníkům vytvořit jakoukoli dráhu složenou ze segmentů dráhy at' rovných či kruhových. Na základě těchto hledisek se zadavatel tohoto úkolu, firma ASTOS MACHINERY a.s. rozhodla vyrobit prototyp.

11.2. Ekonomické hodnocení

V této části provedu ekonomické hodnocení nákladů kruhového segmentového dopravníku.

Úkolem ekonomického hodnocení je stanovení nákladů potřebných k výrobě navrženého kruhového segmentového dopravníku třisek podle technologického postupu, určení prodejní ceny součásti při dosažení požadovaného zisku a stanovení výrobního množství, které je nutno vyrobit pro generaci zisku. Pro výpočet je použito dostupných informací z internetu, z předmětu EHV „Ekonomické hodnocení výrobku“ z katedry KPV „Katedra průmyslového inženýrství a managementu“, případně jsou stanoveny odborným odhadem. Ekonomické zhodnocení je provedeno formou předběžné kalkulace viz (Obr. 71), proto je třeba kalkulaci chápat pouze jako orientační.

Náklady na výrobu
kruhového segmentového dopravníku třisek

Náklady na varinatu B				
Materiálové náklady	Materiál	[kg]	[kč/kg]	Naklady [Kč]
Svařenec kruhová nástavba	ocel	107	20	2140
	hardox 400	22	40	880
Svařenec rovná nástavba	ocel	55	20	1100
	hardox 400	11	40	440
Svařenec výsypka	ocel	63	25	1575
	hardox 400	5	25	125
Řetěz	ocel	11	25	275
Kryty	ocel	83	20	1660
Svařenec vratka	ocel	32	20	640
		[ks]	[kč/ks]	Naklady [Kč]
Nakupované komponenty				2000
Spojovací materiál				1000
Elektromotor				9123,4
Ložiskové domky		4	127	508
<i>Součet materiálových nákladů</i>				21 466 Kč
Náklady na vývoj		čas [h]	[kč/h]	Náklady [kč]
3D konstrukce		50	1050	52500
NC programování		3	1000	3000
2D frézování		18	910	16380
Montáž, zámečnické práce		55	500	27500
3D měření, kontrola		4	1000	4000
Lakovna		20	750	15000
Dokumentace		30	600	18000
<i>Součet konstrukčních a výrobních nákladů</i>				157 846 Kč
Celkové náklady				179 313 Kč
<i>Správní a odbytová režie 33%</i>				238 486 Kč
<i>Zisk 12,5 %</i>				268 297 Kč
<i>Rabat 20 %</i>				67 074 Kč
Prodejní cena				335 371 Kč

Obr. 71 - Kalkulace nákladů a prodejní cena

12. Závěr

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukčního řešení kruhového segmentového dopravníku třísek.

V úvodu byla zpracována teoretická část, do níž byly zahrnuty základní druhy dopravníků z oblasti sypkých materiálů a pevných materiálů. Poté byla zpracována patentová a produktová rešerše z oblasti kruhových segmentových dopravníků třísek. Byly určeny požadované vlastnosti na technický produkt „kruhový segmentový dopravník“. Následně za využití morfologické matice byly vytvořeny varianty orgánových struktur. Pomocí kritérií byly tyto varianty vyhodnoceny a byla vybrána vítězná varianta, která byla následně zpracována do formy úplné stavební struktury.

Kruhový segmentový dopravník byl navržen tak, aby se mohl dopravník sestavovat z libovolně různých nástavců. Dopravník byl navržen z rovné nástavby, kruhové nástavby, vratky a výsypné části, kde je zároveň umístěn pohon s napínacím ústrojím. Hlavní úkol od zadavatele bylo navrhnout kloubový řetěz, který se může ohýbat ve dvou rovinách. Byl vytvořen postupným vývojem od svařovaných článků, ohýbaných článků až ke konečnému řešení, kde se využívají jen základní obráběcí technologie. Posledním klíčovým prvkem v konstrukci segmentového dopravníku třísek byl návrh hrabla, který byl ověřen výpočtem pomocí metody konečných prvků.

Výsledné navržené řešení na základě hodnocení ze spec. pož. splňuje požadavky zadané zadavatelem firmy ASTOS MACHINERY a.s. ale i další požadavky, které vyplynuly z procesu vývoje dopravníku. Jeho výhodou je, že ho lze sestavovat pro různé obráběcí stroje, díky modulární stavbě. Takto provedených kruhových segmentových dopravníků, které přepravují kovové třísky je na trhu zatím nedostatek.

Pro navržené řešení byla zpracována výkresová dokumentace pro vybrané části dopravníku.

Použitá literatura

- [1] Engineered steel products. [online], FS Industries. [vid. 24.09.2013]. Dostupné z: http://www.fsindustries.com/more_info/model_wc_conveyor/model_wc_power_curve_conveyor.shtml
- [2] Afak Conveyor systems. [online], Afak Techniek BV. [vid. 24.09.2013], Dostupné z: <http://www.afak.nl/products/fish-processing-tractors/afak-conveyor-systems>
- [3] Warehousing and conveying in all dimensions. [online], Saar Lagertechnik. [vid. 24.09.2013], Dostupné z: <http://www.saar-lagertechnik.com/systems/conveyor-technicsbelt-curve-conveyor.asp>
- [4] BCK Holland belt conveyors, roller conveyors and other transport systems. [online], BCK Holland. [vid. 24.09.2013], Dostupné z: <http://www.bckholland.com/en/chain-conveyors/stainless-steel>
- [5] L.K. Goodwin co. Material handling equipment. [online], L.K. Goodwin co. [vid.24.09.2013], Dostupné z: http://www.lkgoodwin.com/more_info/zig_zag/zig_zag_conveyor.shtml
- [6] BOSCH GMBH ROBERT [DE]; GUENER TILL [DE]; BAIER WOLFRAM [DE]; LUDWIG PETER [DE]; BUTTAU HANS-PETER [DE]. *Roller curve for chain conveyor comprising separate roller support* [online]. Vynálezce: Guener Till, Baier Wolfram, Ludwig Peter, Buttau Hans-Peter. Přihl. 07.03.2013. MPT: B65G17/06, B65G17/08, B65G17/38. Číslo patentu WO2012EP65637 20120810. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid. 27.09.2013]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20130307&CC=WO&NR=2013029962A1&KC=A1
- [7] BOSCH GMBH ROBERT [DE]. *Chain link for curve-going conveyor chain, has bolt recesses whose L-shaped portion comprises channel leg that is arranged on hinge portion facing side of another portion of recesses and directly borders hinge portion facing side* [online]. Vynálezce: Guener Till, Baier Wolfram, Ludwig Peter, Buttau Hans-Peter. Přihl. 07.03.2013. MPT: B65G17/34, B65G17/40. Číslo patentu DE201110112398 20110903. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid. 02.10.2013]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=DE&NR=102011112398A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20130307&DB=EPODOC&locale=en_EP
- [8] FLEXON SYSTEMPLAST GMBH [DE]. *Curved guide for chain conveyor comprises two curved rails with recess between which act as guide for chain links around curve, inner*

- face of inner rail and optionally outer rail having friction-reducing surface.* [online].
Vynálezce: Janzen Wolfgang, Nendel Klaus, Meynerts Peter, Klem Rico. Přihl.
07.03.2013. MPT: B65G17/08, B65G21/22, B65G17/34, B65G21/20. Číslo patentu
DE2001118324 20010412, DE2000119051 20000418. Úřad průmyslového vlastnictví.
[vid. 03.10.2013]. Dostupné z:
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=9&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20020221&CC=DE&NR=10118324A1&KC=A1
- [9] KLOECKNER BECORIT GMBH. Conveyor curve for a chain scraper conveyor [online].
Vynálezce: Wenda Felix. Přihl. 08.12.1988. MPT: B65G19/22, B65G19/30, B65G19/08.
Číslo patentu DE19873726059 19870806. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid.
05.10.2013]. Dostupné z:
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=DE&NR=3726059C1&KC=C1&FT=D&ND=3&date=19881208&DB=EPODOC&locale=en_EP
- [10] Dopravník. In: Wikipedia: the free encyclopedia. [online]. San Francisco (CA): Wikipedia
Foundation. [vid. 24.01.2014]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Dopravn%C3%ADk>
- [11] Conveyor technology [online], Entecom systems [vid. 17.01.2014]. Dostupné z:
<http://www.entecomsystems.eu/bi-planar-chain>
- [12] ALLDREDGE ROBERT L. Conveyor system with bi-planar chain, [online]. Vynálezce:
Allredge Robert L. Přihl. 02.10.1984. MPT: B65G17/066, B65G21/02, B65G21/22,
B65G2201/04. Číslo patentu US19810264632 19810518. Úřad průmyslového vlastnictví.
[vid. 17.01.2014]. Dostupné z:
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CA&NR=1175380A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=19841002&DB=EPODOC&locale=en_EP
- [13] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Úvaly: ALBRA, 2008
- [14] Prof. Ing. Stanislav Hosmedl, CSc - Podkladové materiály k předmětu: Systémové
navrhování technických produktů (KKS/ZKM)








Seznam obrázků

Obr. 1 - GSA Schedule – model WC [1].....	5
Obr. 2 - 90° kruhový dopravník systém AFAK [2].....	5
Obr. 3 - Pásový kruhový dopravník typ 4096R [3]	6
Obr. 4 - Kruhové dopravníky BCK Holland [4]	6
Obr. 6 - Ukázka vedení, dopravníku a řetězu Zig Zag [5].....	7
Obr. 5 - Ukázka zakřivení pásu firmy BCK Holland [4].....	7
Obr. 7 – Řetěz ohýbaný ve dvou rovinách – Entecom system [11].....	8
Obr. 8 - Řetězový dopravník veden v zakřiveném oblouku [6].....	9
Obr. 9 - Řetěz ve tvaru L pro kruhové dopravníky [7]	10
Obr. 10 - Zakřivené vodítko [8]	10
Obr. 11 - Stírací řetězový dopravník [9]	11
Obr. 12 - Dopravníkový systém s řetězem ohýbaný ve dvou rovinách [12].....	12
Obr. 13 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část1	13
Obr. 14 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS – část2	14
Obr. 15 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS – část3	15
Obr. 16 - Hodnocení splnění požadovaných charakteristik vlastností TS.....	15
Obr. 17 - Černá skříňka TS	16
Obr. 18 - Návrh technologie TS.....	17
Obr. 19 – Úplný návrh provozně transformačního procesu TS.....	17
Obr. 20 - Morfologická matice pro kruhový segmentový dopravník	18
Obr. 21 - Morfologická matice pro kruhový segmentový dopravník s vyznačenými variantami	19
Obr. 22 - Skica varianty A	21
Obr. 23 - Skica varianty B	23
Obr. 24 - Skica varianty C.....	25
Obr. 25 - Skica násypky pro varianty A, B, C.....	26
Obr. 26 - Skica výsypky pro varianty A, B, C	26
Obr. 27 - Skica kloubového řetězu - v izometrickém pohledu.....	27
Obr. 28 - Skica kloubového řetězu - pohled v nárysu.....	27
Obr. 29 - Skica kloubového řezu - řez A-A	28
Obr. 30 - Skica vozíku s rolnami a se svařovaným článkovaným řetězem	28
Obr. 31 - Tabulka kritérií pro výběr vhodné varianty.....	29
Obr. 32 - Diagram vyhodnocení variant	30
Obr. 33 - Kruhový segmentový dopravník.....	31
Obr. 34 - Kruhový segmentový dopravník bez krytů	32
Obr. 35 - Izometrický pohled na kruhovou nastavbu.....	33
Obr. 36 - Kruhová nastavba - půdorys	33
Obr. 37 - Kruhová nastavba - půdorys	34
Obr. 38 - Rovná nastavba - izometrický pohled.....	35
Obr. 39 - Rovná nastavba - pohled ze shora	35
Obr. 40 - Rovná nastavba s průhlednou bočnicí - nárys.....	36
Obr. 41 - Rovná nastavba - pohled z boku.....	36
Obr. 42 - Vratná stanice - izometrický pohled	37
Obr. 43 - Vratná stanice - nárys	38
Obr. 44 - Vratná stanice - pohled z boku	38
Obr. 45 - Vratná stanice - pohled ze shora	39
Obr. 46 - Pohonný a řídicí systém - izometrický pohled.....	39
Obr. 47 - Svařenec výsypné části - izometrický pohled	40

Obr. 48 - Elektromotor s převodovkou od firmy "Bonfiglioli" série WR 86	40
Obr. 49 - Ložiskové domky a ozubená kola na hnací hřídeli.....	41
Obr. 50 - Krytka hnací hřídele.....	41
Obr. 51 - Kloubový řetěz - svařované články	42
Obr. 52 - Kloubový řetěz - dva svařované články.....	42
Obr. 53 - Kloubový řetěz - ohýbané články.....	43
Obr. 54 - Kloubový řetěz - ohýbané články.....	43
Obr. 55 - Kloubový řetěz – použití křížové kostky	44
Obr. 56 - kloubový řetěz - křížová kostka.....	44
Obr. 57 - Schéma zatěžující síly na čep u kloubového řetězu	46
Obr. 58 - Hrablo jako speciální článek kloubového řetězu	48
Obr. 59 - Svařenec hrabla izometrický pohled 1.....	49
Obr. 60 - Svařenec hrabla isometrický pohled 2.....	49
Obr. 61 - Tabulka mechanických vlastností	50
Obr. 62 - Diskretizace na konečnoprvkový model pomocí CQUAD4 elementů	50
Obr. 63 - Zobrazení prvku rigid bez čepu a s čepem	51
Obr. 64 - Okrajové podmínky zobrazující uchycení čepů kloubového řetězu pomocí prvku rigid	52
Obr. 65 - Okrajové podmínky znázorňující zatížení	52
Obr. 66 - Deformace (posunutí) konce hrabla v mm.....	53
Obr. 67 - Zprůměrované redukované napětí dle HMM v MPa.....	53
Obr. 68 - Velikost špičky redukovaného napětí dle HMM v MPa.....	54
Obr. 69 - Hodnocení dosažených vlastností a chování dosavadního řešení.....	55
Obr. 70 - Hodnocení dosažených vlastností a chování nově navrženého řešení	55
Obr. 71 - Kalkulace nákladů a prodejní cena	57

Příloha č.1



0.75 kW													
n_2 min ⁻¹	M_2 Nm	S	i	R_{n2} N						IEC 			
4.1	1024	2.5	345	16000	—	—	—	—	—	W /VF 86/150_345	P80	BN80B4	163
4.7	813	1.1	300	13800	—	—	—	—	—	VFR 130_300	P80	BN80B4	154
4.7	737	1.4	300	8000	—	—	—	—	—	VF/W 49/110_300	P80	BN80B4	151
4.7	890	2.9	300	16000	—	—	—	—	—	W /VF 86/150_300	P80	BN80B4	163
4.8	882	2.2	192	16000	—	—	—	—	—	VFR 150_192	P90	BN90S6	160
5.0	716	2.5	280	13800	—	—	—	—	—	W /VF 63/130_280	P80	BN80B4	157
5.5	785	1.0	168	8000	—	—	—	—	—	WR 110_168	P90	BN90S6	150
5.5	798	2.4	168	16000	—	—	—	—	—	VFR 150_168	P90	BN90S6	160
5.8	700	1.6	240	13800	—	—	—	—	—	VFR 130_240	P80	BN80B4	154
6.1	612	1.6	230	8000	—	—	—	—	—	VF/W 49/110_230	P80	BN80B4	151
6.7	677	1.2	138	8000	—	—	—	—	—	WR 110_138	P90	BN90S6	150
6.7	688	2.2	138	13800	—	—	—	—	—	VFR 130_138	P90	BN90S6	154
6.7	688	3.2	138	16000	—	—	—	—	—	VFR 150_138	P90	BN90S6	160
7.3	589	1.1	192	8000	—	—	—	—	—	WR 110_192	P80	BN80B4	150
7.3	599	2.0	192	13800	—	—	—	—	—	VFR 130_192	P80	BN80B4	154
8.3	541	1.3	168	8000	—	—	—	—	—	WR 110_168	P80	BN80B4	150
8.3	550	2.2	168	13800	—	—	—	—	—	VFR 130_168	P80	BN80B4	154
9.2	444	1.1	100	8000	W110_100	S2	M2SB6	148	—	W 110_100	P90	BN90S6	149
9.2	459	1.7	100	13200	—	—	—	—	—	VF 130_100	P90	BN90S6	152
10.1	445	0.9	138	7000	—	—	—	—	—	WR 86_138	P80	BN80B4	146
10.1	466	1.5	138	8000	—	—	—	—	—	WR 110_138	P80	BN80B4	150
10.1	473	2.9	138	13800	—	—	—	—	—	VFR 130_138	P80	BN80B4	154
11.5	411	1.1	80	8000	W110_80	S2	M2SB6	148	—	W 110_80	P90	BN90S6	149
11.5	399	2.4	80	13200	—	—	—	—	—	VF 130_80	P90	BN90S6	152
11.7	405	1.0	120	7000	—	—	—	—	—	WR 86_120	P80	BN80B4	146
11.7	417	1.9	120	8000	—	—	—	—	—	WR 110_120	P80	BN80B4	150
11.7	411	3.4	120	13800	—	—	—	—	—	VFR 130_120	P80	BN80B4	154
13.3	403	1.9	69	8000	—	—	—	—	—	WR 110_69	P90	BN90S6	150
14.0	317	1.5	100	8000	W110_100	S2	M2SA4	148	—	W 110_100	P80	BN80B4	149
14.4	314	1.0	64	7000	W86_64	S2	M2SB6	144	—	W 86_64	P90	BN90S6	145
14.4	339	3.1	64	13200	—	—	—	—	—	VF 130_64	P90	BN90S6	152
15.6	318	1.0	90	6200	—	—	—	—	—	WR 75_90	P80	BN80B4	142
15.6	308	1.4	90	7000	—	—	—	—	—	WR 86_90	P80	BN80B4	146
15.6	322	2.6	90	8000	—	—	—	—	—	WR 110_90	P80	BN80B4	150
16.4	288	1.1	56	7000	W86_56	S2	M2SB6	144	—	W 86_56	P90	BN90S6	145
16.4	296	2.2	56	8000	W110_56	S2	M2SB6	148	—	W 110_56	P90	BN90S6	149
17.5	262	1.0	80	7000	W86_80	S2	M2SA4	144	—	W 86_80	P80	BN80B4	145
17.5	270	1.7	80	8000	W110_80	S2	M2SA4	148	—	W 110_80	P80	BN80B4	149
18.4	245	1.0	50	6200	W75_50	S2	M2SB6	140	—	W 75_50	P90	BN90S6	141
18.7	280	1.1	75	5980	—	—	—	—	—	WR 75_75	P80	BN80B4	142
20.3	265	1.4	69	7000	—	—	—	—	—	WR 86_69	P80	BN80B4	146
20.3	272	2.4	69	8000	—	—	—	—	—	WR 110_69	P80	BN80B4	150
20.4	273	1.3	45	6010	—	—	—	—	—	WR 75_45	P90	BN90S6	142
21.9	223	1.3	64	7000	W86_64	S2	M2SA4	144	—	W 86_64	P80	BN80B4	145
21.9	229	2.3	64	8000	W110_64	S2	M2SA4	148	—	W 110_64	P80	BN80B4	149
23.0	212	1.3	40	5930	W75_40	S2	M2SB6	140	—	W 75_40	P90	BN90S6	141
23.3	200	1.0	60	5960	W75_60	S2	M2SA4	140	—	W 75_60	P80	BN80B4	141
23.3	236	1.2	60	5640	—	—	—	—	—	WR 75_60	P80	BN80B4	142
23.3	236	1.6	60	7000	—	—	—	—	—	WR 86_60	P80	BN80B4	146
23.3	243	2.8	60	8000	—	—	—	—	—	WR 110_60	P80	BN80B4	150

Příloha č.2

Mechanické vlastnosti ocelí

Jakost oceli	Tepelné zpracování	Průměr [mm]	Min. mez kluzu Re [MPa]	Pevnost v tahu Rm [MPa]	Vlastnosti ocelí, příklady použití
11375	.1	nad 150	196	363 - 441	Svařitelnost zaručená. Běžné Konstrukční a strojní součásti.
11416	.1	nad 150	205	400 - 490	Svařitelnost zaručená. Součásti kotlů a tlakových nádob.
11503	.1	nad 150	245	490 - 608	Pro nízké teploty, se zaručenou svařitelností. Zařízení pracující za snížených teplot do -50oC, na tlakové nádoby.
	.5	do 300	305	490 - 640	
	.6	do 400	335	490 - 640	
11523	.1	nad 150	294	510 - 628	Svařitelnost zaručená. Mostní a jiné svařované konstrukce, součásti strojů.
11600	.1	nad 151	295	588 - 706	Svařitelnost obtížná. Strojní součásti vystavené tlaku, výkovky hřídelů, ozubená kola a čepy.
12010	.1	nad 150	205	min. 300	Svařitelnost zaručená, k cementování s menší pevností v jádře po kalení.
	.4	nad 150	275	440 - 650	
12020	.9	do 300	215	min. 390	Svařitelnost zaručená, k cementování součástí se střední pevností v jádře po kalení.
	.9	do 500	205	min. 380	
12040	.6	do 300	295	min. 510	Svařitelnost obtížná, k zušlechťování, hřídele, ojnice, čepy, a pod.
	.9	do 500	255	min. 490	
	.9	do 1000	245	min. 470	
12050	.1	do 300	285	min. 590	K zušlechťování a povrchovému kalení. Velká ozubená kola, čepy, hřídele, ojnice
	.6 (9)	do 300	330	590 - 740	
	.6 (9)	do 500	285	min. 570	
	.6	do 1000	275	min. 550	
12060	.1	do 300	345	min. 600	K zušlechťování a povrchovému kalení. Hřídele, čepy, pístnice, ozubené věnce vřetena.
	.6	do 300	365	min. 660	
	.9	do 300	345	min. 640	
	.9	do 500	325	min. 630	
	.9	do 1000	305	min. 610	
12061	.1	do 300	380	min. 660	K zušlechťování a povrchovému kalení. Hřídele, čepy, šrouby, plunžry, táhla, spojky.
	.6	do 300	380	min. 690	
	.6	do 300	355	min. 670	
	.9	do 500	335	min. 660	
13123	.5	do 300	285	490 - 640	Svařitelnost zaručená podmíněná. Pro velké výkovky, součásti kotlů a tlakových nádob
	.5	do 800	265	470 - 640	
13240	.6	do 300	440	690 - 830	K zušlechťování, pro velké výkovky dobře obrobitelná. Podmínečně svařitelná.
14120	.4	do 300	340	min. 580	K cementování se střední pevností v jádře po kalení.
14140	.6	do 200	490	min. 735	K zušlechťování, středně namáhané součásti motorů.
	.6	do 300	441	min. 686	
14220	.4	do 300	440	640 - 930	K cementování a kyanidování, svařitelnost za tepla dobrá. Součásti s velmi tvrdou cementovou vrstvou a velkou pevností v jádře.
14240	.3	do 300 do 300	470	max. 740 690	K zušlechťování, pro velké výkovky. Na středně namáhané součásti, hřídele řetěz. kol, ojnice, nápravy.
	.6			830	
14340	.6	do 300	588	785 - 932	K nitridování. Součásti s největší povrchovou tvrdostí.

14341	.7	do 250	715	930 - 1080	K zušlechťování. Svařitelnost dobrá, vhodná k povrchovému kalení, čepy, hřídele, šrouby.
15130	.6 .6	do 250 do 500	410 390	640 - 780 590 - 740	K zušlechťování, pro velké výkovky, části strojů namáhané do 400°C, příruby, víka. Svařitelnost zaručená, podmíněná.
15142	.6 .7 .6	do 250 do 250 do 500	539 569 490	740 - 890 785 - 930 min. 686	K zušlechťování, k povrchovému kalení, pro velké výkovky. Velmi namáhané hřídele, části řízení apod.
15230	.6 .6	do 250 do 500	635 590	780 - 930 780 - 930	K zušlechťování, k povrchovému kalení, pro velké výkovky. Svařitelnost dobrá. Velmi namáhané součásti, hřídele, ojnice, šrouby.
15241	.6 .6	do 250 do 500	588 539	785 - 932 735 - 830	K zušlechťování, k povrchovému kalení. Součásti s vysokou pevností a tažností, ozubená kola, hřídele kol.
15260	.6	do 300	590	785 - 980	K zušlechťování. Velmi namáhané součásti, hřídele, čepy, poloosy, pístnice, šrouby.
15320	.5 (6) .6 .6	do 300 do 600 nad 600	560 540 490	690 - 880 690 - 830 640 - 780	Pro vyšší teploty, žárovečná pro velké výkovky, svařitelnost zaručená podmíněná. Odolná do teplot 560°C. Rotory, hřídele, běhouny, armatury.
15330	.6 .6	do 250 do 500	637 588	834 - 981 785 - 932	K zušlechťování a nitridování pro velké výkovky, pro vyšší teploty. Součásti s velkou povrchovou pevností a houževnatostí v jádře.
15341	.5 .5 .5	do 250 do 500 do 1000	475 470 440	785 - 980 785 - 980 735 - 940	Pro výkovky, s velkou vrubovou houževnatostí, vhodná na hřebenové válce a velká ozubená kola.
16220	.4	do 250	500	740 - 1040	K cementování, velmi namáhané součásti s cementovaným povrchem a vyšší pevností v jádře. Ozubená kola převodovek, namáhané čepy.
16221	.6 .6	do 300 do 1200	490 440	640 - 790 590 - 740	K zušlechťování, svařitelnost zaručená podmíněná. Tepelně namáhané výkovky do teploty 300°C. Turbínové běhouny.
16240	.6 .6 .6	do 300 do 500 do 800	539 520 490	716 - 863 686 - 834 657 - 804	K zušlechťování, pro velké výkovky. Namáhané součásti, u kterých se při střední pevnosti žádají vyšší plastické hodnoty
16341	.8	do 300	1222	min. 1620	K zušlechťování, na součásti s požadovanou vysokou pevností.
16343	.6 .6	do 300 do 800	635 590	785 - 930 735 - 880	K zušlechťování, pro velké výkovky, žárovečné, náročné díly, turbínová kola, kloubové hřídele.
16420	.4	do 300	540	min. 780	K cementování, velmi namáhané strojní součásti s vysokou pevností a houževnatostí v jádře.
16440	.6 .6	do 300 do 600	608 588	785 - 932 735 - 883	K zušlechťování, pro velké výkovky. Velmi namáhané součásti s vysokou pevností. Hřídele pro velké výkovky
16540	.6 .7	do 700 do 500	685 735	835 - 980 885 - 1030	Výkovky pro vyšší teploty a tlaky. Objemnější výkovky, hřídele, kliky.

Přílohy (výkresy sestav, výkresy dílů)