

# Konstrukční řešení dopravníku mikrovlnné komory

Structural solution of microwave  
chamber conveyor belt

Kartousek Jan

Bakalářská práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta Technologická

# **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

pro: Jan Kartousek

obor: Technologická zařízení

Název tématu: Konstrukční řešení dopravníku mikrovlnné komory

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Stanovte silové a výkonové poměry na dopravníku
3. Zpracujte konstrukční řešení dopravníku mikrovlnné komory
4. Závěr

Motto:

Ohřev – předeřev materiálů před technologickým zpracováním energeticky účinnými zařízeními přináší úspory energie. Jedním z principů ohřevu je možnost průběžného ohřátí bloků kaučuku. Konstrukční řešení zahrnuje výběr materiálů vhodných pro konstrukci MW zařízení, konstrukci dopravníku mikrovlnné komory a návrh na bezpečnostní opatření provozu.

Spolupracující laboratoře:

Fy: Romill, Barum Continental,

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval/a samostatně a použitou literaturu jsem citoval/a.

Ve Zlíně, 30. 05. 2006

.....

Jan Kartousek

## **Abstrakt**

Cílem této práce je konstrukční návrh článkového dopravníku pro dopravu kaučukových bloků skrz mikrovlnnou komoru, kde dochází k jeho předehřevu.

The point of this work is construction design of apron conveyor for transport rubber blocks through microwave chest, where it is being preheating.

# OBSAH

ÚVOD .....	7
MECHANICKÉ PROSTŘEDKY PRACUJÍCÍ PLYNULE NEPŘETRŽITĚ .....	8
<b>1. DOPRAVNÍKY, NA NICHŽ JE MATERIÁL VZHLEDEM K DOPRAVNÍMU ZAŘÍZENÍ V RELATIVNÍM KLIDU .....</b>	<b>8</b>
1.2 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY .....	9
1.3 ČLÁNKOVÉ DOPRAVNÍKY .....	10
1.4 DOPRAVNÍKY S TVAROVÝMI ČLÁNKY .....	11
1.5 VOZÍKOVÉ DOPRAVNÍKY .....	11
1.6 KOREČKOVÉ A ZÁCHYTOVÉ DOPRAVNÍKY .....	11
1.7 KOREČKOVÉ ELEVÁTORY .....	12
1.8 PODVĚSNÉ DOPRAVNÍKY .....	12
<b>2. DOPRAVNÍKY, NA NICHŽ JE MATERIÁL VZHLEDEM K DOPRAVNÍMU ÚSTROJÍ V RELATIVNÍM POHYBU .....</b>	<b>13</b>
2.1 HŘEBLOVÝ PONORNÝ DOPRAVNÍK (REDLER) .....	14
2.2 ŠNEKOVÉ DOPRAVNÍKY .....	15
2.3 ZÁVITOVÉ DOPRAVNÍKY .....	15
2.4 TRUBNÍ DOPRAVNÍKY .....	15
2.5 VÁLEČKOVÉ DOPRAVNÍKY S MECHANICKÝM POHONEM VÁLEČKŮ .....	16
<b>3. DOPRAVNÍKY VYUŽÍVAJÍCÍ ÚČINKŮ SETRVAČNÝCH SIL.....</b>	<b>17</b>
3.1 TRASADLA .....	17
<b>4 DOPRAVNÍKY VYUŽÍVAJÍCÍ TÍŽE .....</b>	<b>18</b>
4.1 SKLUZY .....	18
4.2 VÁLEČKOVÉ TRATĚ .....	18
<b>5 PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>19</b>
5.1 ZADÁNÍ .....	19
5.2 SOUČÁSTI DOPRAVNÍKU .....	20
5.2.1 Nabídka modulárních pásů .....	20
5.2.2 Součásti modulárních pásových dopravníků .....	20
5.3 POPIS ZVOLENÉHO ŘEŠENÍ .....	21
5.3.1 Typ článku a ozubených kol .....	21
5.3.2 Konstrukce rámu .....	21
5.3.3 Koncepce pohonu .....	21
5.3.4 Podpěrné válečky .....	21
5.3.5 Ložiskové domky .....	22
5.3.6 Hnací a vratné hřídele .....	22
5.3.7 Kluzné lišty .....	22
5.3.8 Boční kluzné lišty .....	23
5.4 VÝPOČTY .....	23
5.4.1 Užitečná tažná síla, nastavená tažná síla .....	23
5.4.2 Přípustná tažná síla .....	23
5.4.3 Užitečná délka pásu .....	24
5.4.4 Geometrická délka pásu .....	24
5.4.5 Vliv tepelné roztažnosti .....	24
5.4.6 Výpočet hnacího výkonu .....	25
5.4.7 Dimenzování hřídelí .....	25
5.4.8 Dimenzování ozubených kol .....	26
5.4.9 Pevnostní kontrola hřídele při namáhání krutem .....	27
5.4.10 Volba těsného pera pro spojení hnací hřídele s pohonem .....	27
5.5 POHON .....	28

5.5.1	Technické údaje elektromotoru .....	28
5.5.2	Technické údaje převodovky.....	28
5.6	<b>MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY</b> .....	28
5.6.1	Zhodnocení zkoušek.....	28

## ÚVOD

Aplikace mikrovlnného zpracování polymerů a kompozitů byla prováděna v několika laboratořích po celém světě a to již dvě desetiletí. Podstatný vliv vytvořila v oblasti gumárenského a potravinářského průmyslu, kde zpracování prostřednictvím mikrovlnného ohřívání zaznamenalo značné výhody. Na rozdíl od obvyklých postupů je ohřev rychlý a probíhá v celém objemu, nikoli jen na povrchu. Metoda je energeticky úsporná při nízkých provozních nákladech a je výkonná.

Úkolem této práce je navrhnout zařízení pro dopravu kaučukových bloků do mikrovlnné komory.

Dopravu materiálu lze rozdělit podle přepravní vzdálenosti, charakteru přemísťovaného materiálu a charakteru dopravního pohybu.

Výběr vhodného manipulačního zařízení závisí na různých činitelích. U kusového materiálu jsou to velikost a tvar, největší a nejmenší hmotnost kusu, měrná hmotnost, tuhost, jakost povrchu, teplota, součinitel tření o podložku z určitého materiálu. U sypkého materiálu jsou to zrnitost, procento výskytu zrn určité velikosti, sypná hmotnost, lepkavost, brousivost, vlhkost, teplota, sypný úhel, součinitel tření o podložku z určitého materiálu, schopnost stírání z podložky. Dále je potřeba brát v úvahu dopravní vzdálenost a směr dopravy, dopravní výkon, způsob nakládání a vykládání materiálu. Z ekonomického hlediska jsou důležité pořizovací náklady zařízení, stupeň jeho využití, předpokládaná a požadovaná životnost, provozní náklady a náklady na údržbu, počet a kvalifikace obsluhy, návratnost investic.

Při předběžném projektování se optimální řešení vždy vybírá z několika variant. Optimální varianta je taková, která nejlépe vyhovuje všem požadavkům a je zároveň ekonomicky výhodná. Dále je třeba brát zřetel na obecné poslání stroje, tj. osvobodit člověka od těžké práce a zaručit jeho bezpečnost na pracovišti. Zařízení musí pracovat spolehlivě, aby se eliminovaly případy přerušování výroby v důsledku jeho poruchy.

K dopravě kaučukových bloků do mikrovlnné komory bude použit dopravník.

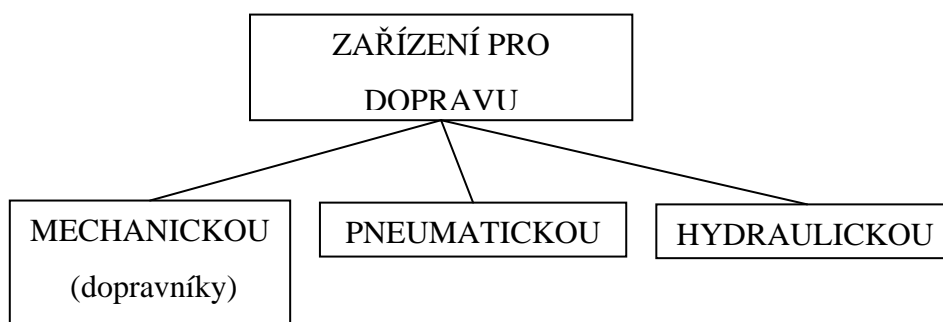
Dopravník, neboli transportér, je stroj pro dopravu sypkých, zrnitých nebo kusových materiálů nebo předmětů na vzdálenost od několika metrů do několika kilometrů. Doprava je převážně vodorovná, nebo mírně skloněná vzhůru, nebo dolů. Některé dopravníky jsou přímo určeny pro vertikální dopravu, například korečkové elevátory.

## MECHANICKÉ PROSTŘEDKY PRACUJÍCÍ PLYNULE NEPŘETRŽITĚ

Plynule nepřetržitě se dopravují převážně hromadné materiály sypné, nebo tekuté. Dopravní zařízení mohou přepravovat i jednotlivé kusy, nebo výrobky. Dopravníky pro plynulou dopravu na sebe často navazují. V případě, že zařízení pracující plynule navazuje na zařízení pracující cyklicky, nebo naopak, je nutno v místě, kde se střetávají, vyrovnávací zásobník.

V soustavě dopravníků vždy dopravník pracující plynule nepřetržitě určuje pracovní tempo.

Dopravníky pracující plynule nepřetržitě se v zásadě rozdělují takto:



Obr.1: Základní rozdělení zařízení pro dopravu

V praxi je nejrozšířenější mechanická doprava. Směr dopravy může být vodorovný, svislý, šikmý, nebo kombinovaný a to v rovině i v prostoru. Podle toho, zda je dopravovaný materiál vzhledem k dopravnímu zařízení v relativním klidu, nebo v pohybu, rozdělujeme mechanické dopravníky do dvou zásadních kategorií, které se dále dělí do skupin.

### 1. DOPRAVNÍKY, NA NICHŽ JE MATERIÁL VZHLEDEM K DOPRAVNÍMU ZAŘÍZENÍ V RELATIVNÍM KLIDU

Dpravovaný materiál je zde nesen a nehybně na dopravníku leží. Rozeznáváme dopravní zařízení s tažným ústrojím a bez něj.

Tažné ústrojí může být zároveň ústrojím dopravujícím, nebo je s ním bezprostředně spojeno. Patří sem:



- pásové dopravníky
- článkové dopravníky
- korečkové a záchytové dopravníky
- vysuté dopravníky

U těchto dopravníků hovoříme někdy o jejich koncových místech jako o stanicích. Ty mohou být koncové, poháněcí, nebo napínací. Části mezi stanicemi se nazývají trať.

Způsob provozu dopravníku je zpravidla oběžný a dopravník má pak dvě větve: zatíženou a nezatíženou. Dopravníky bez tažného ústrojí mají zařazeny pouze talířové dopravníky.

## 1.2 Pásové dopravníky

### *Všeobecný popis a celkové uspořádání*

Dopravujícím ústrojím je zde pás, jenž obíhá po uzavřené trati na dvou bubnech. Nejčastěji je jeden z nich hnací a druhý napínací. Osy obou bubnů jsou vůči sobě rovnoběžné. Pás je nosným i tažným prvkem zároveň má dvě větve a obě jsou podpírány kladkami, nebo dalšími bubny. Trať může být nakloněna pod úhlem, který je přípustný pro materiál pásu a podle povahy dopravovaného materiálu. Pás je vyroben buď z textilního tkaniva chráněného pryží, nebo z umělých látek, nebo z oceli. Může být rovněž z drátěného pletiva.

Hnací i napínací bubny jsou zpravidla namontovány na konstrukci z profilové oceli a to včetně příslušenství, jako jsou spínače, jističe a jiná elektroinstalace. Celá konstrukce je buď stacionární, nebo u menších dopravníků pojízdná nebo přenosná.

Má-li se materiál dopravovat na větší vzdálenosti, lze dopravní systém navrhnout tak, že na sebe jednotlivé pásové dopravníky navazují a dopravovaný materiál je pak předáván, případně přesypáván z jednoho pásu na druhý. Lze také zkonstruovat dlouhý dopravník s jedním pásem, který je pak po délce trati poháněn několika pohony. Pohon dopravníku je řešen elektromotorem s převodovkou, který je napojen na hnací buben.

### *Výhody, nevýhody, použití*

Jako výhody pásových dopravníků je možno uvést vysoký pracovní výkon při malém zatížení, malé vlastní hmotnosti na jednotku délky, malá spotřeba energie, nízký součinitel odporu, velmi jednoduché uspořádání (dopravníky lze konstruovat

z normalizovaných součástí), vysoký stupeň samočinnosti zařízení, malý součinitel mrtvé váhy (asi 0,3 - 0,4), nízké provozní a udržovací náklady, nízké pořizovací náklady, klidný a bezhlučný chod a to, že přepravovaný materiál není poškozován (například drcen), při přepravě nevzniká prach.

Jednou z nevýhod pásových dopravníků je nemožnost dopravovat materiál pod větším úhlem než je přípustné. Úhel sklonu dopravníku je dán součinitelem tření mezi pásem a dopravovaným materiálem a také materiálem pásu. Pokud je pás vyroben z pryže, může být poškozen ostrým či horkým přepravovaným materiálem.

Pásové dopravníky lze použít v mnoha aplikacích. Jsou nepostradatelné při nakládacích vykládacích pracích (nakládání zboží do nákladních automobilů, železničních vagónů, nebo do letadel), dále ve stavebnictví, hornictví a při zemních pracích. V povrchových dolech slouží i pro dálkovou dopravu uhlí, štěrku, nebo písku a to až na vzdálenost několika desítek kilometrů. Dpravovat jimi lze i kusové zboží. Lze je využít v mnoha průmyslových odvětvích, například v potravinářství nebo v oděvním průmyslu. Pásové dopravníky bývají základem plynule pracujících montážních linek.

### 1.3 Článekové dopravníky

Tyto dopravníky mají dopravující ústrojí vytvořeno namísto pásu z jednotlivých článků, jež bývají vhodně upraveny a navzájem spojeny, takže opět vzniká uzavřený okruh. Tažným prvkem bývá řetěz, kterým jsou spojeny jednotlivé články. V průběhu trati jsou články podpírány vedením, po němž buď kloužou, nebo pojíždějí pomocí koleček. Na koncích trati je vodící řetěz poháněn řetězovým kolem, které je poháněno elektromotorem.

Článekové dopravníky se v mnohém podobají pásovým dopravníkům. Jejich výhodou je ale vyšší odolnost článků proti mechanickým vlivům, rozdílům teplot i povětrnostním vlivům. V případě poškození dopravníku zpravidla stačí vyměnit poškozené články, není nutno měnit celý pás. Tím se snižují náklady na údržbu a životnost dopravníku se prodlužuje. Nevýhodou je vyšší vlastní hmotnost dopravníku oproti pásovému dopravníku a to při stejném dopravním výkonu. Mají také větší měrný odpor a větší hlučnost. Dopravní rychlost bývá do 0,8 až 1 m/s, jen výjimečně vyšší. Dopravní výkon u sypkých materiálů dosahuje až 1000 t/hod, dopravní vzdálenost bývá jen v desítkách metrů.

Podle konstrukčního řešení lze článkové dopravníky rozdělit na:

- dopravníky s tvarovými články (bez okrajů, s okraji nebo se záchyty)
- dopravníky vozíkové, deskové

#### **1.4 Dopravníky s tvarovými články**

Lze je rozlišovat podle celkového tvaru a materiálu článků, nebo podle místa a druhu dopravní činnosti. (například článkové dopravníky litinové, důlní dopravníky, laťkové dopravníky).

U dopravníků pro sypké materiály se musí články navzájem překrývat, aby nedocházelo ke ztrátám. Při vyšších dopravních výkonech se také uplatňují články s okraji, články se záchyty se používají při dopravě ve vyšším sklonu. Jsou-li články dopravníku bez okrajů, lze přepravovaný materiál vykládat kdekoli na trati, jsou-li ale články s okraji, lze materiál vykládat pouze na konci trati a to přepadem přes okraj.

#### **1.5 Vozíkové dopravníky**

Tyto dopravníky jsou sestaveny z jednotlivých vozíků, které jsou trvale spojeny klouby a jsou řazeny těsně za sebou. Vozíky pojíždějí po kolejnicích, které mohou být zakřivené. Pohon dopravníku je řešen elektromotorem, který pohání řetěz, jenž pohání vozíky. Na rozdíl od jiných dopravníků je však vozíkový dopravník vybaven několika takovými pohony rozmístěnými po celé délce trati. Všechny elektromotory jsou ovládány centrálně z jednoho místa.

Rychlost pohybu je kolem 1.2 m/s a dopravní výkon dosahuje až několika set tun za hodinu.

Do této skupiny dopravníků lze zařadit i podlahové vozíkové dopravníky. Jedná se o čtyřkolové plošinové vozíky, které se pohybují po rovné podlaze a jsou poháněny řetězem vedeným v drážce na podlaze. V případě potřeby lze vozík z řetězu snadno odpojit.

#### **1.6 Korečkové a záchytové dopravníky**

Materiál se dopravuje v poměrně malých otevřených nádobách, tzv. korečcích, nebo jde-li o jednotlivé kusy v záchytech. Tyto jsou za sebou řazeny většinou v tak těsném

sledu, že tok sypkého materiálu je při vykládání nepřetržitý, stejně jako tok přiváděného materiálu při nakládání. Z tohoto důvodu řadíme korečkové dopravníky mezi zařízení pracující plynule nepřetržitě.

Podle toho, zda jsou nosná ústrojí dopravníku vzhledem k přepravovanému materiálu v relativním klidu, nebo v pohybu, rozdělujeme tyto dopravníky na:

- korečkové elevátory a jim podobné záchytové elevátory
- konvejory, jimž jsou podobné závěsové, či lavičkové elevátory

## 1.7 Korečkové elevátory

Korečkové elevátory mohou být svislé, nebo šikmé a plní se podavačem, nebo nabíráním. Vyprazdňování na horním konci je u vyšších rychlostí odstředivé, nebo gravitační. Korečky mají různé tvary a jsou přizpůsobené přepravovanému materiálu. Jejich objem bývá od 1 litru po desítky litrů. Dopravní výška zpravidla nepřesahuje 25 metrů, přestože teoreticky může dosáhnout až 50 metrů. Dopravní výkon dosahuje až 80 t / hod.

Korečkové elevátory se hodí pro přepravu sypkých jemnozrnných materiálů a také pro materiály o vyšších teplotách, například popela. Nehodí se pro materiály příliš drobné, u nichž záleží na zachování jejich konzistence. Záchytové elevátory dopravují jednotlivá kusová břemena a často pracují dva a více takové elevátory navazující na sebe.

Dopravníky se zavěšenými nosnými prvky se nazývají konvejory. Umožňují dopravovat všemi směry ve svislé rovině, takže mohou nahradit i několik dopravníků jiného typu. Tím odpadá několikeré překládání materiálu a snižuje se tak riziko jeho poškození.

## 1.8 Podvěsné dopravníky

Základ takového dopravníku tvoří vysutá kolejnice, po níž se pohybují jednotlivé vozíky, či závěsy. Jejich těžiště je pod bodem styku kolejnice s kolečky. Závěsy jsou taženy, nebo tlačeny řetězem, výjimečně lanem, se kterým jsou spojeny buď trvale, nebo dočasně.

Podvěsné dopravníky tvoří přechod mezi mechanickými zařízeními pracujícími nepřetržitě plynule a visutými dráhami. Uplatnění najdou především tam, kde se požaduje

doprava v různých směrech v rovině i v prostoru bez nutnosti překládat materiál, což bývá často ve vnitropodnikové přepravě. Mnohdy je požadavek na přesný časový sled vozíků v návaznosti na pracovní operace na pracovišti.

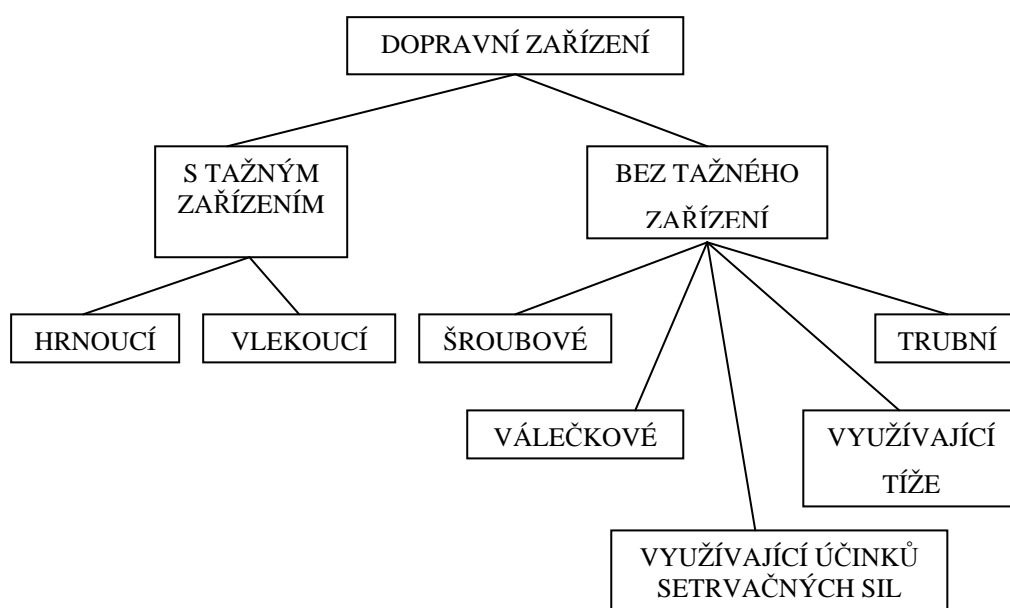
Výhodou podvěsných dopravníků je značná přizpůsobivost podmínkám na pracovišti, malé nároky na půdorysnou plochu, jednoduchá konstrukce i obsluha a spolehlivý provoz. Dopravní vzdálenost je obvykle v desítkách až stovkách metrů, může dosáhnout až 1,5 km. Sklon dráhy u tažených vozíků může být až 45°. Rychlost pohybu zpravidla nepřesahuje 0,3 m/s, takže je možno materiál nakládat i vykládat za jízdy.

Kusová břemena jsou na závěsech zavěšená, nebo uložena na plošinkách, sypké materiály jsou uloženy v korbách, které se plní sypáním a které umožňují otočení dnem vzhůru, což umožňuje snadné vyprazdňování. Podvěsný dopravník může tvořit základ výrobní linky, potom je rychlost pohybu velmi malá, někdy jen několik cm/s.

## **2. DOPRAVNÍKY, NA NICHŽ JE MATERIÁL VZHLEDEM K DOPRAVNÍMU ÚSTROJÍ V RELATIVNÍM POHYBU**

Při tomto pohybu je dopravovaný materiál hnut, posouván, zrychlován, nebo se po nosném ústrojí valí nebo smýká, je tedy vůči němu v pohybu. Rozeznáváme zde dvě skupiny zařízení:

- s tažným ústrojím
- bez tažného ústrojí



Obr.2. Rozdělení dopravních zařízení

### ***Hrnoucí nebo vlekoucí dopravníky***

Dopravník materiál hrne ve žlabu nebo v troubě zvlášť k tomu uzpůsobenými prvky spojenými s tažným ústrojím, jímž je lano, nebo řetěz. Je-li materiál sypký, mluvíme o hrnutí, je-li materiál kusový, mluvíme o vlečení.

### **2.1 Hřeblový ponorný dopravník (redler)**

Dpravují sypké materiály v troubě všemi směry v prostoru. Je zde využito toho, že tření materiálu o hladké stěny trouby je menší, než odpor tohoto materiálu ve stříhu, takže dopravující žebra sunou materiál v celém průřezu trouby, i když sama vyplňují tento průřez jen z části. Materiál se proto nepromíchává a není drcen na prach.

Dopravní výkon je do 80 t/hod, rychlost posuvu je zpravidla kolem 0,3m/s a dopravní vzdálenost je do několika desítek metrů. Redlery se dopravuje především jemný popel, slad, mouka, práškové chemikálie, uhelný prach. Nehodí se pro abrazivní, lepkavé, nebo korodující materiály.

Výhodou redlerů je jejich dokonalá přizpůsobivost místním poměrům, bezprašnost a poměrně velký výkon vzhledem k nízkým nárokům na prostor.

## **Šroubové dopravníky**

V této kategorii rozeznáváme šnekové a závitové dopravníky.

### **2.2 Šnekové dopravníky**

U šnekových dopravníků je dopravujícím ústrojím šroubová plocha, která je upevněna na hřídeli, jež se otáčí v soustředném žlabu. Materiál je šroubovou plochou hrnut, resp. unášen. Podle charakteru dopravovaného materiálu může být šroubovice plná, nebo přerušovaná, resp. lopatková.

Výhodou během transportu nesmí být průřez žlabu zcela naplněn, součinitel plnění má být mezi 0,16 až 0,40. Šnekové dopravníky mívají průměr žlabu od 315 do 710 mm a mají objemový dopravní výkon několik desítek m<sup>3</sup>/hod. Dopravní vzdálenost dosahuje obvykle 5 až 6 metrů. Šnekové dopravníky jsou určeny pro dopravu neabrazivního sypkého materiálu a to zejména ve stížených podmínkách, například při nakládání železničních vagónů. Provoz dopravníku je jednoduchý, nenáročný na prostor a mohou dopravovat i ve sklonu. Naopak jejich nevýhodou je míchání a rozměňování dopravovaného materiálu a tím i vyšší spotřeba energie.

### **2.3 Závitové dopravníky**

Tento dopravník je určen pro dopravu kusového materiálu, například pytlů nebo beden. Skládá se ze dvou rovnoběžných hřídelí, z nichž jedna má na povrchu levý a druhá pravý závit. Tyto hřídele se otáčejí vzájemně protisměrně a materiál po nich klouže ve směru os hřídelů.

Výhodou závitových dopravníků je jednoduchá konstrukce a obsluha. Dopravník lze podle potřeby snadno přemístit a změnit směr, nebo sklon trati, čímž se lze snadno přizpůsobit stísněným podmínkám. Největší nevýhodou je možnost poškození některých obalů třením o závit.

### **2.4 Trubní dopravníky**

Používají se v podobných případech, jako šroubové dopravníky. Skládají se z trouby, která má na vnitřní straně upevněny šroubové plochy. Tím, že se trouba otáčí, dochází k přesunu materiálu, který se do trouby přivádí na jednom konci a na druhém z ní odchází. Dopravní vzdálenost bývá do 10 metrů, výjimečně větší.

Materiál se v troubě pohybuje volně a nemůže tak docházet k jeho městnání, což zvyšuje spolehlivost provozu. Během transportu se materiál dokonale promíchává, čehož lze využít například pro kontinuální pomíchávání ve stavebnictví. Během dopravy lze materiál též sušit, vlhčit, zahřívat nebo sušit.

## **2.5 Válečkové dopravníky s mechanickým pohonem válečků**

Tyto dopravníky lze použít jen pro dopravu kusového materiálu. Dopravované předměty musí mít vhodný tvar, aby neuvízly v prostoru mezi válečky. Válečky mohou být mechanicky poháněné (otáčejí se na místě), nebo tažené (valí se po trati). Válečkové dopravníky se uplatňují především ve válcovnách, nebo při manipulaci s dlouhým dřívím.



### 3. DOPRAVNÍKY VYUŽÍVAJÍCÍ ÚČINKŮ SETRVAČNÝCH SIL

V této skupině dopravníků rozeznáváme dopravníky žlabové, pracující na principu vibrace a dopravníky vrhací, které využívají odstředivých sil při rotačním pohybu.

Žlabové dopravníky udělují materiálu (uloženému v poměrně tenké vrstvě) pohybem žlabu určité zrychlení, čímž vzniknou setrvačné síly, kterých se využívá k pohybu. Podle charakteru tohoto pohybu rozeznáváme třasadla a žlabové dopravníky s posuvným vratným pohybem.

#### 3.1 Třasadla

U třasadel vykonává žlab periodický kmitavý pohyb. Žlab je poháněn ojnicí od klikového hřídele a zpravidla je uložen na listových pružinách.

Žlabové dopravníky dopravují sypký materiál rozdílné zrnitosti (například uhlí) a lze jimi materiál i třídit. Dopravní vzdálenost je až 100 metrů a dopravní výkon 100 t/hod. Mohou pracovat i v mírném sklonu.

Vrhací dopravníky mohou být pásové nebo lopátkové, tyto pak s kotoučem svislým, vodorovným, nebo šikmým. Pásové vrhací dopravníky mohou mít přítlačné kladky, nebo přítlačný buben. Dopravníky bývají zpravidla přenosné a k jejich obsluze stačí jeden člověk. Dopravní výkon bývá od 25 do 150 t/hod při šířce pásu 450 mm a rychlosti 10 až 16 m/s. Délka vrhu je 16 až 20 metrů a úhel vrhu lze měnit od 10 do 45°.

Lopátkové vrhací dopravníky s vodorovným kotoučem mají podobné parametry jako pásové vrhací dopravníky, vrhací vzdálenost je ale kratší, jen asi 7 metrů.

## 4 DOPRAVNÍKY VYUŽÍVAJÍCÍ TÍŽE

Jde o nejjednodušší dopravníky, nemají žádný pohon, neboť k pohybu materiálu využívají sklonu tratě. Celé zařízení je velmi jednoduché a naprosto spolehlivé.

Rozeznáváme jednak skluzy (otevřené či uzavřené) a jednak válečkové tratě. Pohyb materiálu se řídí známými fyzikálními zákony o pohybu po nakloněné rovině.

### 4.1 Skluzy

Mohou dopravovat kusový i sypký materiál a úhel sklonu je závislý na druhu materiálu. Z pochopitelných důvodů jimi nelze dopravovat křehké a snadno poškoditelné zboží.

### 4.2 Válečkové tratě

Mívají sklon tratě od 2 do 5° a rychlost dopravy je 0,3 až 0,4 m/s. Dpravovat lze jen takové zboží, které neuvízne mezi jednotlivými válečky. Rozteč válečků se volí tak, aby byl posunující se předmět vždy podepřen alespoň dvěma válečky. Trať lze doplnit výhybkami, točnami, nebo zdvižnými sekcemi, které se dají odklopit, aby se uvolnil prostor v době, kdy dopravník nepracuje.

## 5 PRAKTICKÁ ČÁST

### 5.1 Zadání

Rozměry mikrovlnné komory:

- délka: 3200 mm
- šířka: 1200 mm
- výška: 1600 mm
- délka tunelu: 3200 mm
- šířka tunelu: 800 mm
- výška tunelu: 500 mm

Hmotnost přepravovaného materiálu:

500 kg

Délka dopravníku:

6000 mm

Šířka dopravníku:

600 mm

Při konstrukci bude použit modulární pás HabasitLINK<sup>®</sup>. Výběr materiálu bude proveden po zhodnocení chování jednotlivých plastů v mikrovlnném poli. Jako vhodný materiál budu považovat ten, jenž se v mikrovlnném poli nezahřívá nad teplotu 50°C a neztrácí na pevnosti.

Přepravovaným materiálem budou bloky kaučuku:

- délka: 600 - 650 mm
- šířka: 300 – 350 mm
- výška: 150 – 200 mm
- hmotnost: cca 40 kg

které se při průchodu MW komorou rychlostí 0,2 m/s ohřejí z teploty až -10°C na teplotu 80°C.

Těleso dopravníku se bude skládat ze tří samostatně smontovatelných sekcí, přičemž horní část prostřední sekce (dopravní větev dopravníku) bude procházet MW komorou. Vratná větev bude procházet pod MW komorou. Celé těleso bude volitelně umístěno na výškově stavitelných nohách.

## **5.2 Součásti dopravníku**

### **5.2.1 Nabídka modulárních pásů**

Jedná se o článkový dopravník, dopravním ústrojím budou plastové články z produkce firmy HABASIT. Tyto články jsou modulární a je tedy možno z nich složit dopravník různých délek i šířek. Jednotlivé typy článků mají parametry přizpůsobeny odlišným požadavkům. Je možno zvolit články, které na sebe navazují tak těsně, že tvoří uzavřenou plochu, nebo články, které mají různě velký podíl otevřené plochy. Do některých pásů je možno zasunout přídatné moduly, například přepážky proti pohybu materiálu při transportu po nakloněné rovině. Dále existují speciální pásy pro pohyb po obloukové dráze. Některé typy článků mají na povrchu protiskluzné prvky, nebo naopak otáčivá kolečka.

### **5.2.2 Součásti modulárních pásových dopravníků**

#### ***Hnací hřídele***

Hnací hřídele mohou mít čtvercový nebo kruhový průřez. U hřídelů čtvercového průřezu se ozubená kola mohou na příslušných hřídelích snadno pohybovat a přizpůsobovat se tak tepelnému rozpínání nebo smršťování pásu. Hřídele čtvercového průřezu kromě toho umožňují lepší přenos točivého momentu. Prostřední ozubené kolo má obvykle pevnou polohu a zajišťuje tak vedení pásu.

#### ***Vratné hřídele***

Vratné hřídele mohou být opatřeny ozubenými koly, válcem s pryžovým obložením, ocelovými válečky nebo plastovými kotouči. Jestliže nejsou použita ozubená kola, je třeba zvolit některý z alternativních způsobů vedení pásu.

#### ***Kluzné podpěry na dopravní straně***

Kluzné podpěry na dopravní straně jsou opatřeny rovnoběžnými kluznými lištami, nebo kluznými lištami tvaru „V“, nesou pohybující se pás a jeho zátěž.

#### ***Podpěra vratné větve pásu***

Podpěra vratné větve pásu může být opatřena válečky nebo podélnými kluznými lištami (kluznou podložkou).

## 5.3 Popis zvoleného řešení

### 5.3.1 Typ článku a ozubených kol

Po konzultaci se zástupci firmy Habasit jsem zvolil pás typu M2533 Flush Grid 1“ a jemu odpovídající ozubená kola M2500 pro hřídel se čtvercovým průřezem. Z důvodu příznivého účinku kolísání rychlosti dopravníku na průběh ohřívání přepravovaného kaučuku jsem zvolil ozubená kola se sedmi zuby, u nichž dosahuje kolísání rychlosti 10%. Na základě těchto prvků jsem zkonstruoval článkový dopravník dle zadaných parametrů.

### 5.3.2 Konstrukce rámu

Vzhledem k požadované délce dopravníku a poměrně velkým změnám délky pásu, která je způsobena jednak vůlí v čepích jednotlivých článků a jednak teplotní dilatací, jsem zvolil typ rámu pro dlouhé dopravníky. Ten má vratnou větev tvořenu podpěrnými válečky, mezi nimiž jsou průvěsy.

Kostra dopravníku je tvořena šesti svařovanými rámy tvořenými ocelovými tenkostěnnými profily o rozměru 50x50 a tloušťce stěny 3 mm. Tyto rámy jsou označeny písmeny A-F a jsou vzájemně nezaměnitelné. Prostřední rámy C a D prochází MW komorou a jsou proto dvoudílné, přičemž oba díly jsou navzájem spojeny šrouby. Svislými profily rámu prochází horní část podpěrných noh. Výška konstrukce dopravníku se zvolí společným svrtáním rámu a nohy a zafixuje šroubem či čepem. Spodní plochu noh je možno přišroubovat k otvorům v podlaze.

### 5.3.3 Koncepce pohonu

Vzhledem k tomu, že se u dopravníku nepožaduje možnost reversního chodu, zvolil jsem běžný čelní jednosměrný pohon. Jedna z hřídelí tedy bude hnací a druhá hřídel bude vratná.

### 5.3.4 Podpěrné válečky

Podpěrné válečky jsou šrouby připevněny k dolní straně rámu a rozteč jednotlivých válečků je různá.

Válečky jsou jednoduché kovové hřídele o průměru 50 mm. Na obou shodných koncích jsou osazena valivá ložiska, zajištěna pojistnými kroužky. Ložiska jsou usazena v ložiskových domcích, které jsou navíc použity i pro hnací a vratné hřídele. Na horním

ložiskovém domku je navíc přišroubována kluzná lišta z UHMW, jejíž tvar je zahnutý, aby při průchodu pásu nedocházelo ke vzájemnému poškozování.

Celá sestava je dvěma šrouby připevněna k hlavnímu rámu.

### 5.3.5 Ložiskové domky

Ložiskové domky jsou rozděleny na dva kusy, které se liší pouze sražením hrany a otvory pro kluzné lišty u horního dílu.

### 5.3.6 Hnací a vratné hřídele

Hnací i vratné hřídele jsou zcela shodné. Polotovarem pro jejich výrobu je ocelová tyč čtvercového profilu válcovaná za tepla. Dle normy ČSN jsou tyto profily v rozměru  $25 \pm 0,4$  mm, takže vzhledem k rozměru díry ozubeného kola 25,4 mm nevyžadují žádnou úpravu. Přibližně v polovině délky hřídele jsou zhotoveny otvory pro šrouby, které budou upevňovat malé destičky, které axiálně zajistí prostřední ozubené kolo.

Na obou koncích hřídele jsou úložné plochy pro ložisko, zajištěné pojistným kroužkem. Ložisko je uloženo v dvoudílném ložiskovém domku a ten je připevněn k čelní straně hlavního rámu. Na hnací straně je spodní hřídel připevněna na opačné straně rámu, než horní hřídel, aby měl pás větší úhel opásání a zajistil se tak bezpečnější záběr ozubených kol.

### 5.3.7 Kluzné lišty

Zvolil jsem systém rovnoběžných kluzných podpěr. Kluzné lišty jsou produktem firmy HABASIT, typové číslo MB-01A. Jsou vyrobeny z vysokomolekulárního polyetylenu, který zajišťuje nízký součinitel tření mezi pásem a podpěrrou.

Pomocí dvou šroubů jsou lišty uchyceny na vodícím plechu, přičemž jeden ze šroubů se kvůli tepelné dilataci lišty pohybuje v oválné díře. Tak je zajištěno, že ani při prodloužení lišty nedojde k její nežádoucí deformaci, případně k jejímu porušení.

Vodící plechy jsou podloženy třemi rozdílnými druhy příčných lišt. Všechny příčné lišty jsou zespodu přivrtány k hlavnímu rámu, přičemž je zde pamatováno na jejich tepelnou dilataci. Příčná lišta typ A má vyvrtány otvory pro pevné uchycení vodících plechů. Dále se v každém dílu rámu střídají typ B a C, přičemž typ B je bez otvorů a pouze vodící plechy podpírá a typ C má otvory pro připevnění přidržovacích destiček, které mají za úkol zabránit nežádoucímu pohybu vodících plechů a přitom nebránit jejich prodloužení v důsledku dilatace.

### 5.3.8 Boční kluzné lišty

Dopravní větev dopravníku je vybavena kluznými lištami, které brání kontaktu mezi články dopravníku a kovovým rámem, ke kterému by eventuálně mohlo dojít. Tyto lišty jsou rovněž vyrobeny z UHMW a jsou dvěma šrouby připevněny k boční části hlavního rámu. Jeden ze šroubů se pohybuje v oválné díře, kvůli tepelnému prodloužení lišty.

## 5.4 Výpočty

### 5.4.1 Užitečná tažná síla, nastavená tažná síla

$$F'e = [(2m_B + m_P)l_0 \cdot \mu_G \cdot g] \quad (1)$$

$$F'e = [(2 \cdot 4,6 + 200)6 \cdot 0,3 \cdot 9,81]$$

$$\underline{F'e = 3694 N / m}$$

$m_B$ .....hmotnost pásu [ $kg/m^2$ ]

$m_P$ .....hmotnost přepravovaného produktu [ $kg/m^2$ ]

$l_0$ .....dopravní délka [m]

$\mu_G$ .....součinitel tření mezi pásem a kluznou podpěrou

$$F's = F'e \cdot c_s \quad (2)$$

$$F's = 3694 \cdot 1,2$$

$$\underline{F's = 4433 N / m}$$

$c_s$ .....provozní součinitel

### 5.4.2 Přípustná tažná síla

$$F'_{adm} = F'n \cdot c_t \cdot c_v \quad (3)$$

$$F'_{adm} = 13000 \cdot 1 \cdot 1$$

$$\underline{F'_{adm} = 13000 N / m}$$

$F'n$ .....jmenovitá pevnost v tahu [MPa]

$c_t$ .....teplotní součinitel

$c_v$ .....rychlostní součinitel

Nastavená tažná síla je menší než přípustná tažná síla – vyhovuje.

### 5.4.3 Užitečná délka pásu

- prodloužení pásu vlivem průvěsu

$$\Delta l_c = \frac{2,66 \cdot h_c^2}{l_c}$$

$$\Delta l_c = \frac{2,66 \cdot 0,12^2}{1} \quad (4)$$

$$\underline{\Delta l_c = 0,038304 \text{ m}}$$

$h_c$ .....výška průvěsu (odhad) [m]

$l_c$ .....délka průvěsu [m]

$\Delta l_c$ .....prodloužení pásu [m]

### 5.4.4 Geometrická délka pásu

$$l_G = \frac{2 \cdot l_0 + d_p \cdot \pi + 2,66 \cdot h_c^2}{l_c} \quad (5)$$

$$l_G = \frac{2 \cdot 6 + 0,059 \cdot \pi + 2,66 \cdot 0,12^2}{l_c}$$

$$\underline{l_G = 12,22 \text{ m}}$$

$l_0$ .....dopravní délka [m]

$h_c$ .....výška průvěsu (odhad) [m]

$d_p$ .....průměr roztečné kružnice [m]

$l_c$ .....délka průvěsu [m]

### 5.4.5 Vliv tepelné roztažnosti

$$l_g(T) = l_g + \frac{l_g}{1000} \cdot \alpha \cdot (T_2 - T_1)$$

$$l_g(T) = 12,22 + \frac{12,22}{1000} \cdot 0,2 \cdot (80 - 20) \quad (6)$$

$$\underline{l_g(T) = 12,37 \text{ m}}$$

$l_g$ .....celková délka pásu [m]

$T_1$ .....teplota při montáži [°C]

$T_2$ .....teplota při provozu [°C]

$\alpha$ .....koeficient tepelné roztažnosti



**5.4.6 Výpočet hnacího výkonu**

$$P_M = F'_S \cdot b_0 \cdot \frac{v}{60} \quad (7)$$

$$P_M = 4433 \cdot 0,6 \cdot \frac{12}{60}$$

$$\underline{P_M = 532 \text{ W}}$$

$F'_S$ .....měrná tažná síla [N/m]  
 $b_0$ .....šířka pásu [m]  
 $v$ .....rychlost pásu [m/s]  
 $P_M$ .....výstupní výkon pohonu [W]

**5.4.7 Dimenzování hřídelí**

$$F_w = F'_S \cdot b_0 \quad (8)$$

$$F_w = 4433 \cdot 0,6$$

$$\underline{F_w = 2660 \text{ N}}$$

$F'_S$ .....měrná tažná síla [N/m]  
 $b_0$ .....šířka pásu [m]  
 $F_w$ .....zatěžující síla [N]

$$M_U = F'_S \cdot b_0 \cdot \frac{d_p}{2} \quad (9)$$

$$M_U = 4433 \cdot 0,6 \cdot \frac{0,059}{2}$$

$$\underline{M_U = 78 \text{ Nm}}$$

$d_p$ .....průměr roztečné kružnice ozubeného kola [m]  
 $F'_S$ .....měrná síla [N/m]  
 $b_0$ .....šířka pásu [m]  
 $M_U$ .....užitečný moment [Nm]

$$M_{k \max} = \frac{\tau_{\max} \cdot \pi \cdot d_w^3}{1000 \cdot 16} \quad (10)$$

$$M_{k \max} = \frac{60 \cdot \pi \cdot 20^3}{1000 \cdot 16}$$

$$\underline{M_{k \max} = 94 \text{ Nm}}$$

$\tau_{\max}$ .....maximální napětí ve stříhu [MPa]  
 $d_w$ .....průměr hřídele pod ložiskem (nejmenší průměr) [mm]

- průhyb hřídele

$$f = \frac{5}{384} \cdot F_w \cdot \frac{l_b^3}{E \cdot I}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot 2660 \cdot \frac{660^3}{206000 \cdot 32550}$$

$$\underline{f = 1,5 \text{ mm}}$$

$$f_{\max} = 2,5 \text{ mm}$$

$$f < f_{\max} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$l_b$ .....rozteč ložisek na hřídeli [mm]

#### 5.4.8 Dimenzování ozubených kol

- počet ozubených kol z pevnostního hlediska

$$n = F'_s \cdot \frac{b_0}{F_{\max}}$$

$$n = 4433 \cdot \frac{0,6}{1000}$$

$$\underline{n = 3}$$

- minimální počet ozubených kol

$$n_{\max} = \frac{b_0}{t_{\min}}$$

$$n_{\max} = \frac{0,6}{33}$$

$$\underline{n_{\max} = 18}$$

- maximální počet ozubených kol

$$n_{\min} = \frac{b_0}{t_{\max}}$$

$$n_{\min} = \frac{0,6}{100}$$

$$\underline{n_{\min} = 6}$$

$F'_s$ .....měrná tažná síla [N/m]

$b_0$ .....šířka pásu [m]

$t_{\max} / t_{\min}$ ..... maximální /minimální rozteč ozubených kol

$F_{\max}$ ..... maximální dovolená obvodová síla na jedno ozubené kolo [N]

Volím 7 ozubených kol.

**5.4.9 Pevnostní kontrola hřídele při namáhání krutem**

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_k \cdot 1000}{\pi \cdot \tau_{DK}}}$$

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 78 \cdot 1000}{\pi \cdot 105}}$$

$$\underline{d_{\min} = 15,6 \text{ mm}}$$
(15)

$M_k$ .....kroutící moment [Nm]

$\tau_{DK}$ ..... pevnost v krutu [MPa]

Nejmenší průměr hřídele je 20 mm, hřídel tedy vyhovuje s rezervou 28%.

**5.4.10 Volba těsného pera pro spojení hnací hřídele s pohonem**

- minimální délka těsného pera vypočtená z namáhání stříhem

$$l_s = \frac{2 \cdot M_k \cdot 1000}{\tau_{DS} \cdot b \cdot d}$$

$$l_s = \frac{2 \cdot 78 \cdot 1000}{120 \cdot 6 \cdot 20}$$

$$\underline{l_s = 10,8 \text{ mm}}$$
(16)

$M_k$ .....kroutící moment [Nm]

$\tau_{DS}$ ..... dovolené napětí ve stříhu [MPa]

$b$ .....šířka těsného pera [mm]

$d$ .....průměr hřídele [mm]

- minimální délka těsného pera vypočtená z namáhání tlakem

$$l_p = \frac{2 \cdot M_k \cdot 1000}{p_D \cdot d \cdot t}$$

$$l_s = \frac{2 \cdot 78 \cdot 1000}{150 \cdot 20 \cdot 3,5}$$

$$\underline{l_s = 15 \text{ mm}}$$
(17)

$M_k$ .....kroutící moment [Nm]

$p_D$ .....dovolený tlak [MPa]

$b$ .....šířka pera [mm]

$t$ ..... hloubka pera [mm]

délku těsného pera volím  $l=30 \text{ mm}$

## 5.5 Pohon

Jako pohon dopravníku jsem zvolil 4 pólový elektromotor s jmenovitými otáčkami 1500/min od firmy Siemens Mohelnice. Vzhledem k požadovaným otáčkám je nutno mezi elektromotor a hnací hřídel zařadit převodovku. Zvolil jsem šnekovou převodovku od firmy TOS Znojmo.

### 5.5.1 Technické údaje elektromotoru

Typ	90L
výkon	1,5 kW
otáčky	1420 min <sup>-1</sup>
jmenovitý moment	10,1 Nm
účinnost	79%
hmotnost	15,6 kg

### 5.5.2 Technické údaje převodovky

Typ	(M)RT 80A
převodový poměr	20
výstupní otáčky	70 /min
výstupní kroutící moment	236 Nm
účinnost	86%

## 5.6 Materiálové zkoušky

Kvůli ověření chování jednotlivých plastových materiálů v elektromagnetickém poli jsem provedl zkoušku, při níž byly vzorky článků vystaveny elektromagnetickému poli a následně byla měřena pevnost v tahu. Naměřené hodnoty jsem porovnal s hodnotami vzorků nezatežovaných v elektromagnetickém poli.

Dále byla měřena pevnost sestav dvou článků spojených čepem.

### 5.6.1 Zhodnocení zkoušek

Vzorky článků z PVA se při zahřívání v mikrovlnné troubě roztavily (Obr.14), ostatní materiály přečkaly bez úhony. Při následném měření byla u článků z PP naměřena průměrná pevnost 32 MPa a u článků z PE 53 MPa, viz Tabulka 1 a 2.

Výsledky zkoušky také ukazují, že působením MW pole došlo u PE článků ke zvýšení pevnosti a napětí při přetržení a ke snížení relativního prodloužení při přetržení. Došlo tedy ke zkřehnutí materiálu. Je možné, že by při opakovaném vystavování PE článků MW poli došlo k přílišnému zkřehnutí materiálu a tento materiál by se pro dopravník ukázal jako nevhodný. Proto jsem pro svůj dopravník vybral PP, neboť u něj při testu žádné změny nenastaly.

Tabulka 1: Výsledky pevnostní zkoušky ohřívaných článků

	test	Rm [Mpa]	$\epsilon$ Rm [%]	RB [MPa]	$\epsilon$ Rb [mm]
PE	1	53,3	3,9	53,08	2,24
PE	2	53,0	4,1	52,96	2,21
PE	3	32,5	3,6	6,51	27,31
<b>průměrné hodnoty</b>		<b>53,1</b>	<b>4,0</b>	<b>53,0</b>	<b>2,2</b>

viz Obr. 3,10,13

PP	4	33,4	3,5	6,67	20,47
PP	5	33,1	3,4	7,33	12,85
PP	6	32,2	3,7	17,24	7,58
PP	7	30,4	3,5	14,42	10,9
PP	8	32,1	3,7	16,86	8,51
<b>průměrné hodnoty</b>		<b>32,2</b>	<b>3,6</b>	<b>12,5</b>	<b>12,1</b>

viz Obr. 4,14

viz Obr. 5

Tabulka 2: Výsledky pevnostní zkoušky neohřívaných článků

	test	Rm [Mpa]	$\epsilon$ Rm [%]	RB [MPa]	$\epsilon$ Rb [mm]
PP	9	31,8	3,2	15,13	10,98
PP	10	31,9	3,3	15,85	10,69
<b>průměrné hodnoty</b>		<b>31,8</b>	<b>3,3</b>	<b>15,5</b>	<b>10,8</b>

PVA	11	52,5	3,7	52,49	2,04
PVA	12	51,2	3,7	50,13	2,25
PVA	13	51,4	3,3	51,37	1,79
<b>průměrné hodnoty</b>		<b>51,7</b>	<b>3,6</b>	<b>51,3</b>	<b>2,0</b>

viz Obr. 9

PE	14	32,3	3,5	6,43	26,35
PE	15	31,9	3,4	6,39	23,21
PE	16	33,4	3,4	6,69	21,51
<b>průměrné hodnoty</b>		<b>32,6</b>	<b>3,4</b>	<b>6,5</b>	<b>23,7</b>

RM: pevnost  
 RB: napětí při přetržení  
 $\epsilon$  Rm: poměrné prodloužení při přetržení  
 $\epsilon$  Rb: prodloužení při přetržení

Poznámka: Měření č. 3 není zahrnuto do souhrnu z důvodu přílišné odlišnosti výsledků.

Tabulka 3: Výsledky pevnostní zkoušky dvou článků s čepem

články	čep	test	vystaveny MW poli	Rm [Mpa]	$\epsilon$ Rm [%]	RB [MPa]	$\epsilon$ Rb [mm]
PE	PP	17	ne	30,7	5,0	6,1	30,7
PE	PE	18	ano	29,6	5,9	6,7	22,2
PP	PP	19	ano	26,0	6,4	9,8	12,6
PP	PE	20	ano	23,7	6,2	4,7	13,7
<b>průměrné hodnoty</b>				<b>27,5</b>	<b>5,9</b>	<b>6,8</b>	<b>19,8</b>

viz Obr. 6,11

viz Obr. 12

viz Obr. 7

Tabulka 4: Výsledky pevnostní zkoušky čepů

čep	test	vystaveny MW poli	Rm [Mpa]	$\epsilon$ Rm [%]	RB [MPa]	$\epsilon$ Rb [mm]
PP	21	ano	101,8	5,6	19,9	3,9
PP	22	ano	99,8	6,5	19,9	4,1
PE	23	ano	58,9	5,0	11,7	5,5
PE	24	ano	57,5	4,0	23,1	4,7
PP	25	ano	104,5	8,5	20,7	4,9
<b>průměrné hodnoty</b>			<b>84,5</b>	<b>5,9</b>	<b>19,1</b>	<b>4,6</b>

viz Obr. 8

RM: pevnost

RB: napětí při přetržení

$\epsilon$  Rm: poměrné prodloužení při přetržení  
prodloužení při

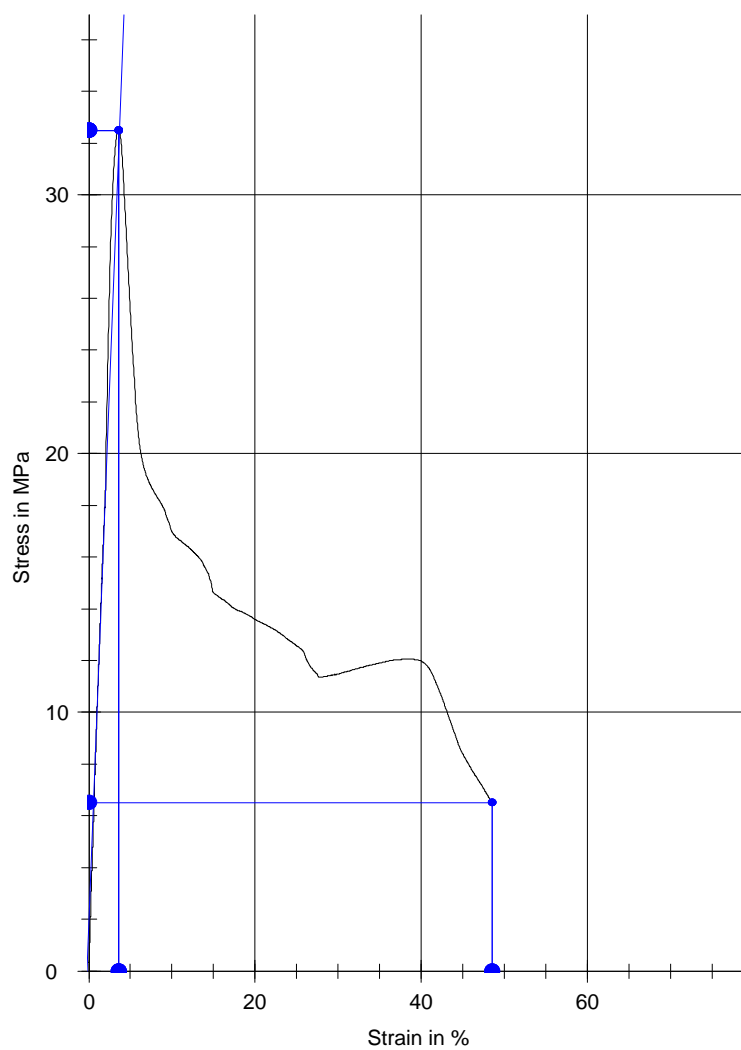
$\epsilon$  Rb: přetržení

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zkonstruovat zařízení zajišťující plynulý průchod bloků kaučuku mikrovlnnou komorou, kde se přehřívají před technologickým zpracováním. Prostředí mikrovlnné komory si pro pohyblivé části dopravníku vynutilo použití plastových materiálů. Zde jsem s výhodou využil široké nabídky specializované firmy Habasit, která nabízí modulární článkové dopravníky pro široké použití. Po konzultaci se zástupci firmy jsem vybral vhodný typ článku a navíc provedl laboratorní zkoušky k ověření zda mikrovlnné pole nemá negativní vliv na mechanické vlastnosti použitých plastů. To mi umožnilo vyvarovat se nevhodných materiálů.

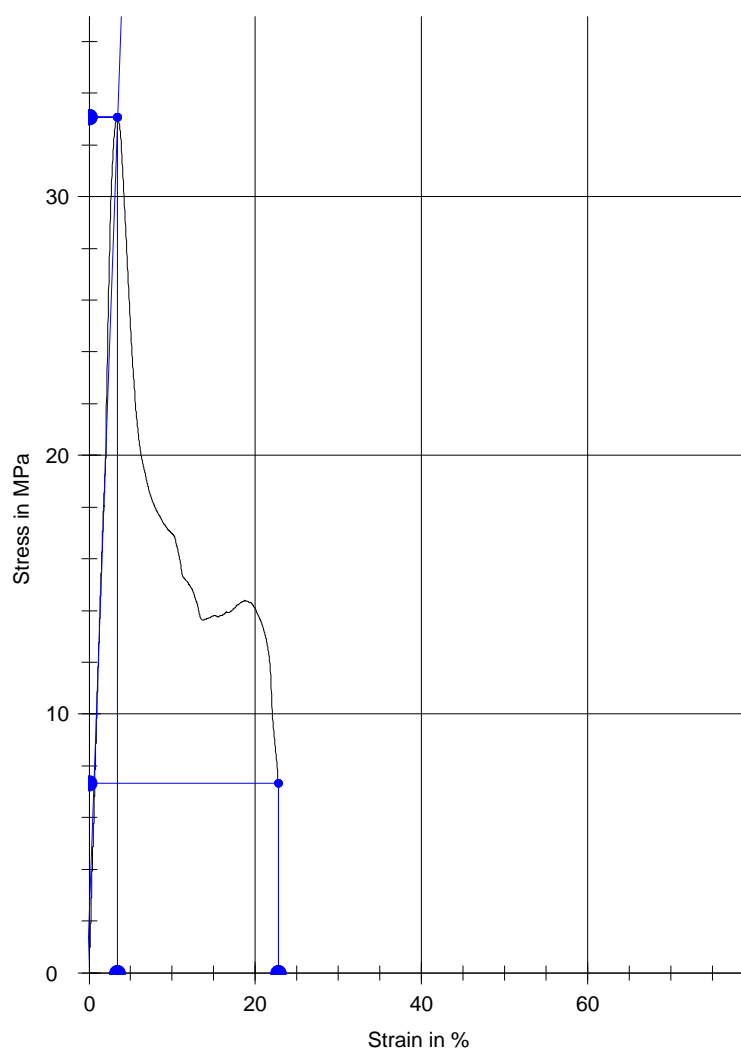
Součástí katalogu firmy Habasit jsou také doporučené postupy pro výběr článků, ozubených kol, kluzných lišt a nezbytné výpočty. To mi umožnilo rychle se zorientovat v problematice a soustředit se na konstrukci nosných částí a pohonu. K tomu jsem využil počítačový program Autodesk Inventor, který mi značně usnadnil práci a umožnil vytvořit 3D model celého zařízení a odpovídající výkresy.

Výsledkem mé práce je projekt článkového dopravníku, který je vhodný pro provoz v mikrovlnném poli, což dokládám výsledky laboratorní zkoušky.

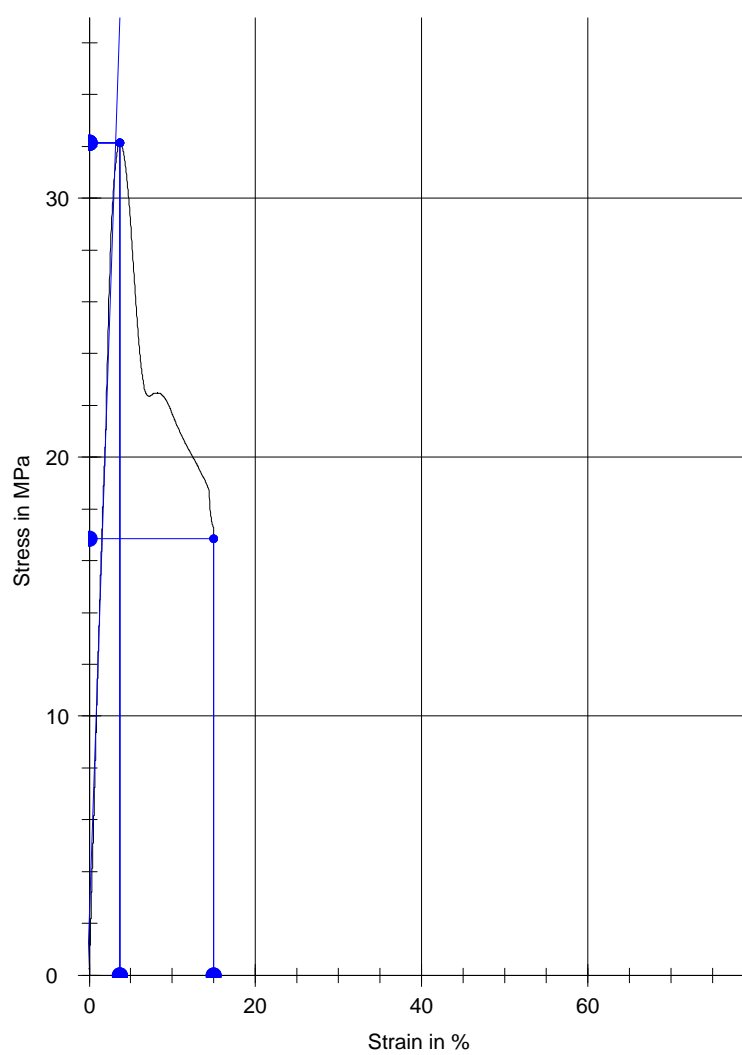


Obr. 3. Trhací zkouška, test č.3

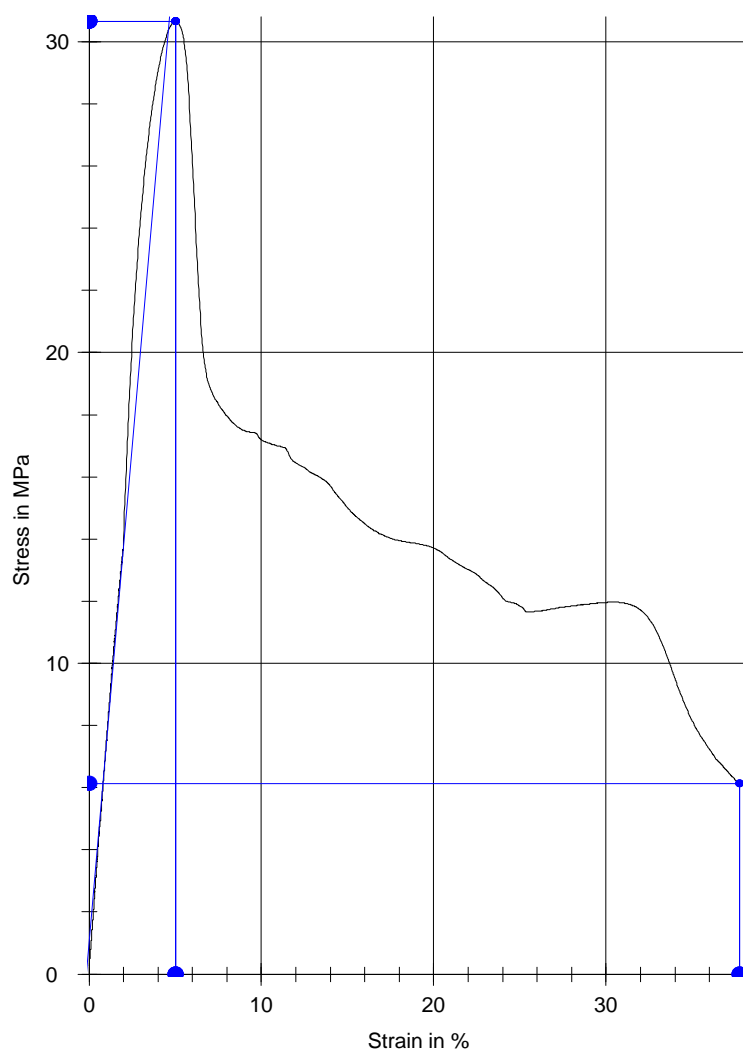




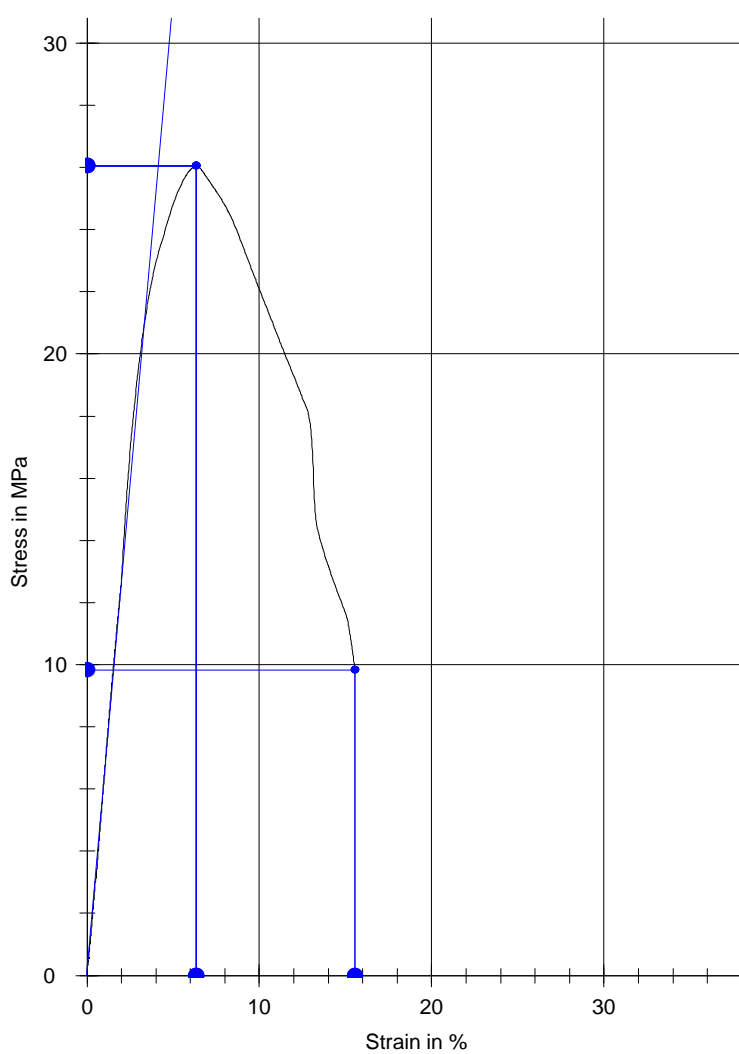
Obr. 4. Trhací zkouška, test č.5



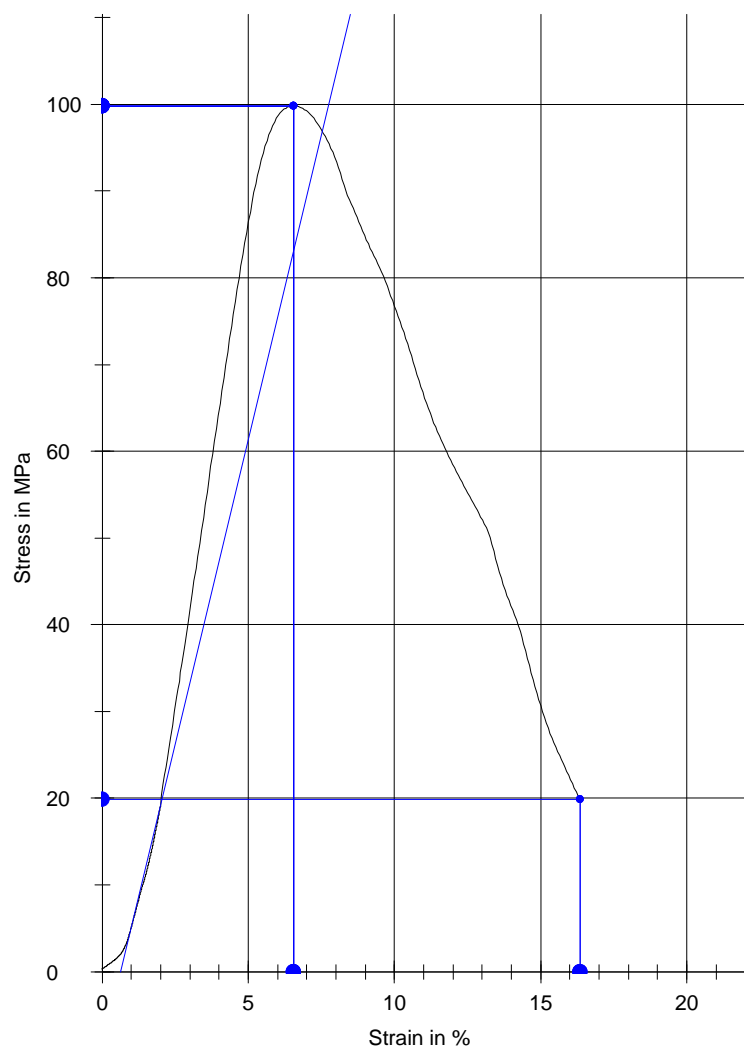
Obr. 5. Trhací zkouška, test č.8



Obr.6. Trhací zkouška, test č.17



Obr. 7. Trhací zkouška, test č.19



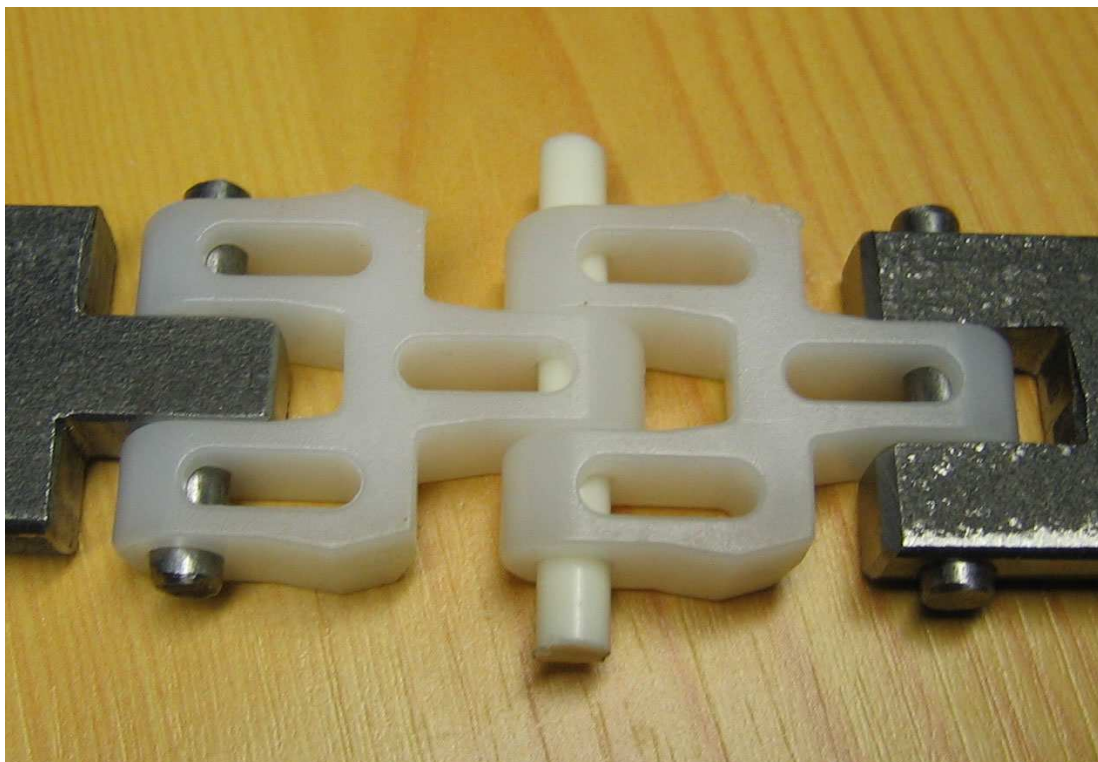
Obr. 8. Trhací zkouška, test č.22



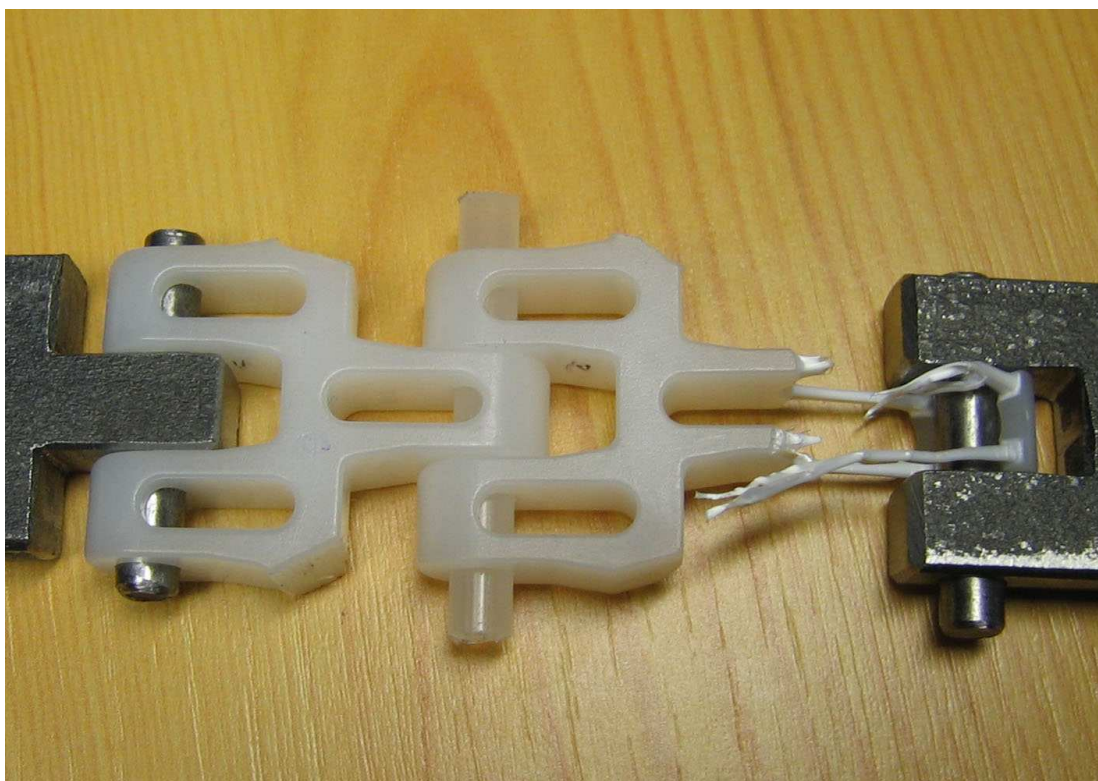
Obr. 9. Vzorek z PMA před tahovou zkouškou



Obr. 10. Vzorek z PE před tahovou zkouškou



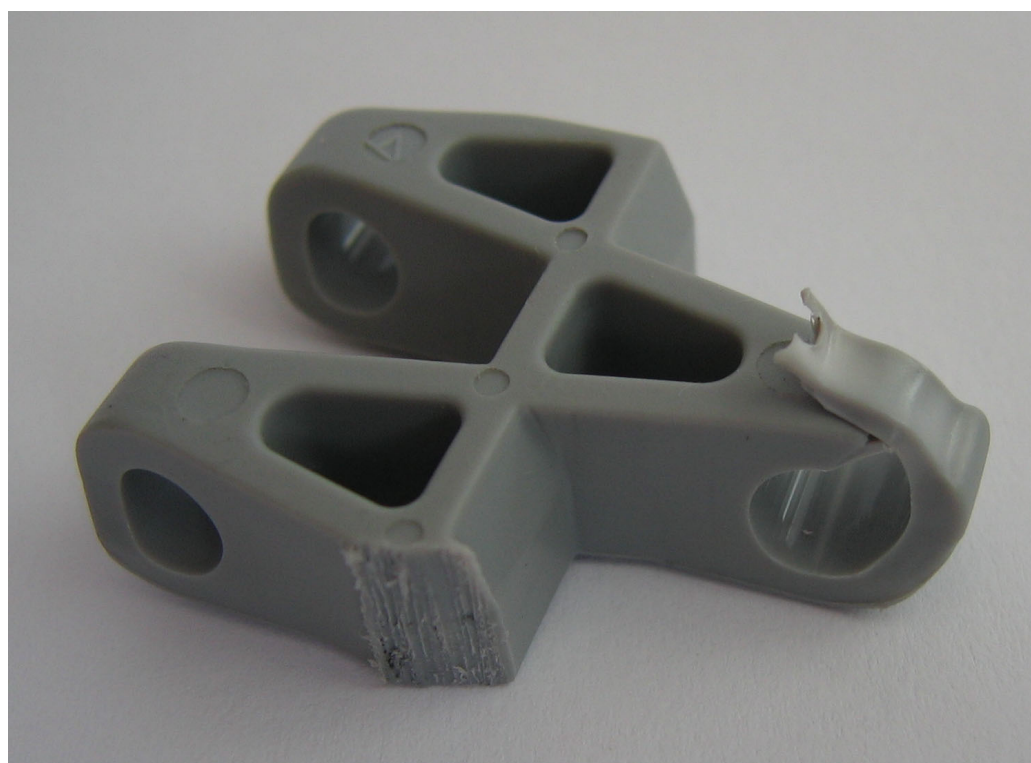
Obr. 11. Sestava dvou článků PE a čepu z PP před tahovou zkouškou



Obr.12. Sestava dvou článků PE a čepu z PP po tahové zkoušce



Obr. 13. Vzorek z PE po tahové zkoušce



Obr. 14. Vzorek z PP po tahové zkoušce





Obr.15. Mikrovlnná trouba



Obr.16. Roztavené vzorky PMA poškodily okolní vzorky

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### *Odborné publikace:*

- 1) DRAŽAN, František, KUPKA, Ladislav. Transportní zařízení. 1. vyd. Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 456 s. ISBN 04-207-66
- 2) JÍLEK, Vladimír, LÍBAL, Vladimír, REMTA, František. Manipulace s materiálem. 1. vyd. Státní nakladatelství technické literatury, 1978. 232 s. ISBN: 04-321-78

### *WWW stránka*

- 3) Prezentace firmy Habasit [online]. 2004 [cit. 2004-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.habasit.cz>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$m_B$	hmotnost pásu [ $\text{kg/m}^2$ ]
$m_P$	hmotnost přepravovaného produktu [ $\text{kg/m}^2$ ]
$l_0$	dopravní délka [m]
$\mu_G$	součinitel tření mezi pásem a kluznou podpěrou
$c_S$	provozní součinitel
$F'n$	jmenovitá pevnost v tahu [MPa]
$c_t$	teplotní součinitel
$c_v$	rychlostní součinitel
$h_c$	výška průvěsu (odhad) [m]
$l_c$	délka průvěsu [m]
$\Delta l_c$	prodloužení pásu [m]
$d_p$	průměr roztečné kružnice [m]
$l_g$	celková délka pásu [m]
$T_1$	teplota při montáži [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$T_2$	teplota při provozu [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\alpha$	koeficient tepelné roztažnosti
$F'_S$	měrná tažná síla [N/m]
$b_0$	šířka pásu [m]
$v$	rychlost pásu [m/s]
$P_M$	výstupní výkon pohonu [W]
$F_W$	zatěžující síla [N]
$d_p$	průměr roztečné kružnice ozubeného kola [m]
$M_U$	užitečný moment [Nm]
$\tau_{\max}$	maximální napětí ve stříhu [MPa]
$d_w$	průměr hřídele pod ložiskem (nejmenší průměr) [mm]
$l_b$	rozteč ložisek na hřídeli [mm]
$t_{\max} / t_{\min}$	maximální / minimální rozteč ozubených kol [mm]
$F_{\max}$	max. dovolená obvodová síla na jedno ozubené kolo [N]
$M_k$	kroučící moment [Nm]
$\tau_{DK}$	pevnost v krutu [MPa]
$\tau_{DS}$	dovolené napětí ve stříhu [MPa]
$b$	šířka těsného pera [mm]
$d$	průměr hřídele [mm]
$p_D$	dovolený tlak [MPa]
$t$	hloubka pera [mm]
$R_M$	pevnost [MPa]
$R_B$	napětí při přetržení [MPa]
$\varepsilon_{R_M}$	poměrné prodloužení při přetržení [-]
$\varepsilon_{R_B}$	prodloužení při přetržení [mm]

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr.1: Základní rozdělení zařízení pro dopravu.....	8
Obr.2. Rozdělení dopravních zařízení .....	14
Obr. 3. Trhací zkouška, test č.3 .....	32
Obr. 4. Trhací zkouška, test č.5 .....	33
Obr. 5. Trhací zkouška, test č.8 .....	34
Obr.6. Trhací zkouška, test č.17 .....	35
Obr. 7. Trhací zkouška, test č.19 .....	36
Obr. 8. Trhací zkouška, test č.22 .....	37
Obr. 9. Vzorek z PMA před tahovou zkouškou.....	38
Obr. 10. Vzorek z PE před tahovou zkouškou.....	38
Obr. 11. Sestava dvou článků PE a čepu z PP před tahovou zkouškou.....	39
Obr.12. Sestava dvou článků PE a čepu z PP po tahové zkoušce .....	39
Obr. 13. Vzorek z PE po tahové zkoušce .....	40
Obr. 14. Vzorek z PP po tahové zkoušce.....	40
Obr.15. Mikrovlnná trouba .....	41
Obr.16. Roztavené vzorky PMA poškodily okolní vzorky .....	41

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Výsledky pevnostní zkoušky neohřívaných článků.....	32
Tab. 2: Výsledky pevnostní zkoušky ohřívaných článků .....	32
Tab. 3: Výsledky pevnostní zkoušky sestav článků s čepem.....	33
Tab. 4: Výsledky pevnostní zkoušky čepů.....	33

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- P 1 : Výkres sestavy, formát A3
- P 2 : Výkres dílu A rámu, formát A3
- P 3 : Výkres hřídele, formát A3
- P 4 : Výkres spodního ložiskového domku, formát A4
- P 5 : Výkres kratšího vodícího plechu, formát A3
- P 6 : Výkres kratší vodící lišty, formát A3
- P 7 : Výkres přidržovací destičky, formát A4
- P 8 : Kusovník sestavy, formát A4