

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VÁLEČKOVÝCH TRATÍ DESIGN OF ROLLWAY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR ŠTEFAŇÁK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PŘEMYSL POKORNÝ, PH.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Štefaňák

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Konstrukční řešení válečkových tratí

v anglickém jazyce:

Design of rollway

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešeršní práce z dostupných informačních zdrojů za účelem zjištění možných konstrukčních řešení válečkových tratí a jejich uplatnění v provozu.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je shromáždit dostupné informace o konstrukčních provedeních a postupech výpočtu gravitačních a poháněných válečkových tratích.

Seznam odborné literatury:

Firemní literatura

GAJDŮŠEK, J. - ŠKOPÁN, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení. Skriptum VUT Brno 1988

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 20.10.2008

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na zpracování přehledu konstrukcí válečkových tratí a jejich základních výpočtových návrhů z dostupné firemní a odborné literatury.

Klíčová slova

Válečková trať, váleček, pohon válečků

Abstract

This bachelor thesis is aimed on the review of construction of roller tracks and their basic design proposals from the company and the available scientific literature.

Keywords

Roller track, roller, powered rollers

Bibliografická citace mé práce:

ŠTEFANÁK, P. *Konstrukční řešení válečkových tratí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 38 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 21.5.2009

Petr Štefaňák

.....

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Přemyslu Pokornému, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce.

Obsah:

1 Úvod	2
2 Rozdělení válečkových tratí	3
3 Výpočty základních parametrů válečkových tratí	4
3.1 Výpočet gravitačních tratí	4
3.1.1 Určení sklonu tratě pomocí odporů působících proti pohybu.....	4
3.1.2 Určení rychlosti předmětu v konkrétním místě tratě.....	7
3.2 Výpočet poháněných tratí	8
3.2.1 Určení výkonu motoru pomocí odporů působících proti pohybu.....	8
3.2.2 Stanovení počtu poháněných válečků pod jedním břemenem	10
4 Ukázka výpočtu výkonu	11
5 Konstrukce válečkových tratí	12
5.1 Válečky	12
5.1.1 Konstrukce válečků	12
5.1.3 Kuželové válečky	13
5.1.4 Brzdné válečky	14
5.1.5 Namáhání válečků	16
5.1.6 Způsoby mazání ložisek válečků.....	17
5.2 Rámy	18
5.2.1 Konstrukce rámu	18
5.2.2 Uchycení válečků v rámu	19
5.3 Pohony	20
5.3.1 Přenos výkonu na válečky	21
5.3.1.1 Tvarový přenos výkonu	21
5.3.1.2 Silový přenos výkonu	23
5.3.1.3 Elektroválce	25
6 Příslušenství válečkových tratí	26
6.1 Boční vedení	26
6.2 Zařízení pro změnu směru dopravy	27
6.3 Bezpečnostní prvky	28
7 Závěr	30

1 Úvod

Tato rešeršní práce se zaměřuje na postupy výpočtů základních parametrů válečkových tratí a na konstrukční provedení jejich jednotlivých prvků. Dále se věnuje průzkumu současného stavu tratí. Válečkové tratě jsou zařízení sloužící k přepravě kusových předmětů, které mají alespoň jednu rovnou ložnou plochu. Ostatní předměty se přepravují na paletách nebo v přepravkách. Výhodou válečkových tratí je jejich jednoduchá konstrukce, malá spotřeba energie, jednoduchá údržba, velká spolehlivost a možnost složitých forem automatizace.

2 Rozdělení válečkových tratí

Válečkové tratě můžeme dělit podle několika hledisek:

Podle způsobu jakým se předměty pohybují po trati:

Gravitační tratě (Obr.1) - u těchto tratí dochází k přesunu materiálu vlivem složky tíhové síly

Poháněné tratě (Obr.2) - rotace válečků a následný pohyb materiálu zajišťuje hnací jednotka

Podle účelu lze válečkové tratě dělit na :

Dopravní tratě - slouží k přemísťování předmětů na větší vzdálenosti

Výrobní tratě - jsou součástí výrobních linek, nachází se v těsné blízkosti výrobního stroje

Montážní tratě - specifický případ výrobní tratě, kdy je výrobek montován přímo na lince

Podle konstrukce a zatížení :

Lehké tratě - pro zatížení 1 kN na metr

Střední tratě - pro zatížení 2 kN na metr tratě

Těžké tratě - pro zatížení 5 kN na metr tratě



Obr. 1 Gravitační tratě [5]



Obr. 2 Poháněná tratě [6]

3 Výpočty základních parametrů válečkových tratí

Základní parametry válečkových poháněných i nepoháněných tratí jsou dány normou :
ČSN 26 4501

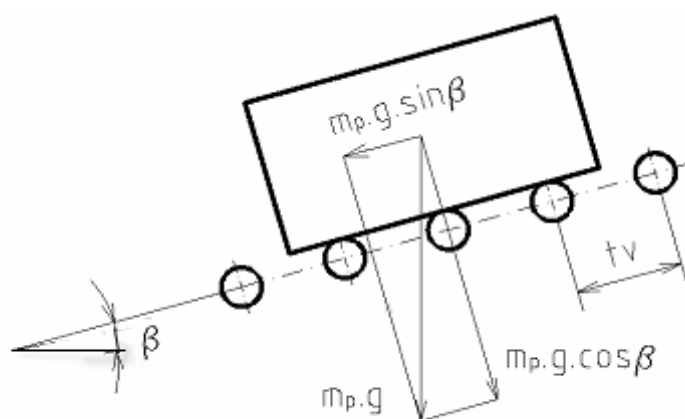
3.1 Výpočet gravitačních tratí

Gravitační válečkové tratě, u nichž k přesunu břemene dochází vlivem tíhové síly, mívají obvykle úhel sklonu do 5° . U delších tratí nesmí břemeno během pohybu nabýt příliš vysoké rychlosti. Někdy je nezbytné použití brzdných zařízení (brzdné válečky, brzdné třecí řemeny). Hlavním cílem výpočtu je stanovení úhlu sklonu β tak, aby se břemeno pohybovalo požadovanou rychlostí v určitých místech tratě nebo stálou rychlostí během celého pohybu.

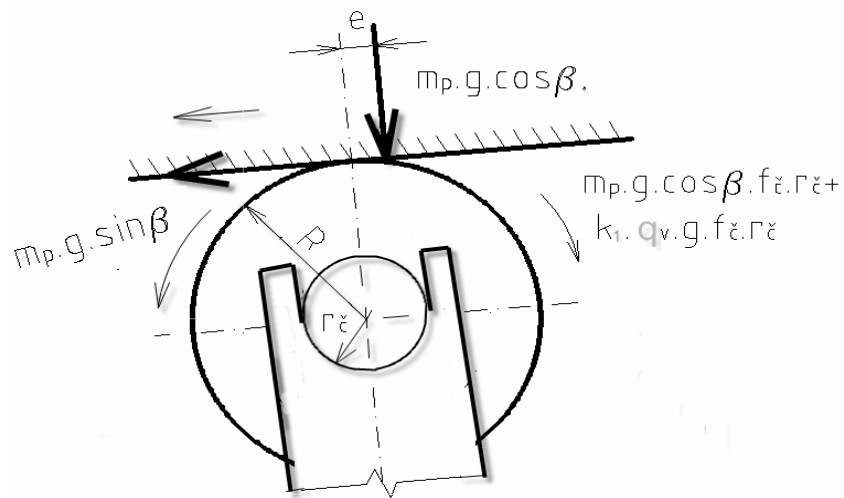
3.1.1 Určení sklonu tratě pomocí odporů působících proti pohybu

a) odpor valivého a čepového tření

Vycházíme z podmínky momentové rovnováhy na válečku (Obr. 3, Obr.4).



Obr. 3 Síly působící na předmět



Obr.4 Momentová rovnováha na válečku

$$W_1 = m_p \cdot g \cdot \cos \beta \cdot \frac{f_\varepsilon \cdot r_\varepsilon + e}{R} + k_1 \cdot q_r \cdot g \cdot \frac{f_\varepsilon \cdot r_\varepsilon}{R} \quad [N] \quad (1)$$

kde: m_p ... hmotnost předmětu [kg]

R ... poloměr válečku [mm]

e ... rameno valivého odporu [mm]

f_ε ... součinitel čepového tření

r_ε ... poloměr čepu válečku v ložiskách [mm]

k_1 ... počet válečků pod jedním předmětem

q_r ... hmotnost rotujících částí jednoho válečku [kg]

b) odpor způsobený rozběhem válečku při nájedzu předmětu

Při určování tohoto odporu vycházíme z předpokladu, že obvodová rychlost rozbíhajícího se válečku dosáhne hodnoty průměrné rychlosti předmětu pohybujícího se po trati právě v okamžiku, kdy předmět najíždí na následující váleček. Přepřavovaný předmět ztrácí energii dvěma způsoby. Po najetí předmětu na stojící váleček vzniká v místě styku povrchů smykové tření, které jednak brzdí předmět a jednak uvádí do pohybu váleček. Zpočátku dochází k prokluzu, důsledkem čehož se část energie mění na teplo. Druhá část energie se přemění na kinetickou energii válečku. Lze dokázat, že hodnoty těchto ztrátových energií se rovnají. Odpor W_2 se pak určí jako dvojnásobek rotační kinetické energie rotujícího válečku.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2 \quad [J] \quad (1.2)$$

kde : J ... moment setrvačnosti rotujících částí válečku

ω ... úhlová rychlost válečku $[s^{-1}]$

$$W_2 = \frac{J \cdot \omega^2}{t_v} \quad [N] \quad (1.3)$$

kde : t_v ... rozteč válečků $[m]$

$$m_p \cdot g \cdot \sin \beta = W_1 + W_2 \quad [N] \quad (1.4)$$

$$m_p \cdot g \cdot \sin \beta = m_p \cdot g \cdot \cos \beta \frac{f_c \cdot r_c + e}{R} + k_1 \cdot q_r \cdot g \cdot \frac{f_c \cdot r_c}{R} + \frac{J \cdot \omega^2}{t_v} \quad (1.5)$$

Za předpokladu malého sklonu gravitačních tratí lze s dostatečnou přesností položit výraz $\cos \beta = 1$. Následně můžeme lehce určit úhel sklonu β . Takto vypočtený úhel zajistí rovnoměrnou rychlost pohybu předmětu po trati.

$$\sin \beta = \frac{f_c \cdot r_c + e}{R} + \frac{k_1 \cdot q_r}{m_p} \cdot \frac{f_c \cdot r_c}{R} + \frac{J \cdot \omega^2}{m_p \cdot g \cdot t_v} \quad (1.6)$$

3.1.2 Určení rychlosti předmětu v konkrétním místě tratě

V případě, že budeme chtít určit velikost rychlosti předmětů ve specifických místech obecně skloněné trati, vyjdeme z předpokladu, že vzrůst kinetické energie předmětu na dráze L musí být roven úbytku potenciální energie předmětu.

$$\frac{1}{2} \cdot m_p \cdot (v^2 - v_1^2) = m_p \cdot g \cdot L \cdot \sin \beta - L \cdot (W_1 + W_2) \quad (1.7)$$

kde: v_1 ... vstupní rychlost předmětů na trať $[m \cdot s^{-1}]$

v ... okamžitá rychlost předmětu po uražení dráhy L $[m \cdot s^{-1}]$

$$W_2 = \frac{J \cdot \omega_s^2}{t_v} = \frac{J}{t_v} \cdot \frac{(v_1 + v)^2}{4 \cdot R^2} \quad (1.8)$$

kde: ω_s ... střední úhlová rychlost válečku aritmeticky vypočtená z rychlosti počáteční a konečné $[s^{-1}]$

Ze vztahů 1.7 a 1.8 lze vyjádřit okamžitou rychlost předmětu po uražení dráhy L.

3.2 Výpočet poháněných tratí

U poháněných válečkových tratí je rotace válečků a následný pohyb materiálu vyvozen pomocí hnací jednotky.

3.2.1 Určení výkonu motoru pomocí odporů působících proti pohybu

a) složka vlastní tíhové síly

$$W_a = \pm m_p \cdot g \cdot \sin \beta \quad [N] \quad (1.9)$$

kde : m_p ... hmotnost přepravovaného předmětu [kg]

znaménko + platí pro zvedání břemene, znaménko – pro spouštění břemene

b) odpor valivého a čepového tření

$$W_b = m_p \cdot g \cdot \cos \beta \cdot \frac{f_{\dot{\epsilon}} \cdot r_{\dot{\epsilon}} + e}{R} + k_1 \cdot q_r \cdot g \cdot \frac{f_{\dot{\epsilon}} \cdot r_{\dot{\epsilon}}}{R} \quad [N] \quad (1.10)$$

c) odpor způsobený montážními a výrobními nepřesnostmi nepravidelnými stykovými plochami předmětu

Tento odpor nelze jednoznačně stanovit, bere se proto jako empirická hodnota 0,5% z normálového zatížení válečku.

$$W_c = 0,005 \cdot m_p \cdot g \cdot \cos \beta \quad [N] \quad (1.11)$$

Celkový odpor na jednom válečku

$$W = W_a + W_b + W_c \quad (1.12)$$

$$W = m_p \cdot g \cdot (\pm \sin \beta + \cos \beta \cdot (\frac{f_{\dot{c}} \cdot r_{\dot{c}} + e}{R} + 0,005)) + q_r \cdot g \cdot k_1 \cdot \frac{f_{\dot{c}} \cdot r_{\dot{c}}}{R} \quad [N] \quad (1.13)$$

Jestliže celkový počet přepravovaných předmětů na trati je z , pak celkový počet válečků na kterých předměty spočívají je $z \cdot k_1$. Zbytek válečků překonává pouze třecí odpory v ložiskách vlivem vlastní tíhy jejich rotujících částí. Celkový výkon hnací jednotky pro rovnoměrný pohyb předmětů po trati pak bude :

$$P = (z \cdot m_p \cdot g (\pm \sin \beta + \cos \beta \cdot (\frac{f_{\dot{c}} \cdot r_{\dot{c}} + e}{R} + 0,005)) + q_r \cdot g \cdot n \cdot \frac{f_{\dot{c}} \cdot r_{\dot{c}}}{R}) \cdot \frac{v}{\eta} \quad [W] \quad (1.14)$$

kde : n ... celkový počet válečků $n = \frac{L}{t_v}$

L ... délka válečkové tratě

t_v ... rozteč válečků

v ... rychlost pohybu předmětu po trati $[m \cdot s^{-1}]$

η ... účinnost převodu mezi motorem a válečky

Počet předmětů na trati délky L závisí na dopravním výkonu n_p a dopravní rychlosti v

$$z = \frac{L \cdot n_p}{3600} \quad (1.15)$$

kde : n_p ... dopravní výkon $[kusů \cdot h^{-1}]$

3.2.2 Stanovení počtu poháněných válečků pod jedním břemenem

Válečkové tratě nemusí mít poháněné všechny válečky. Uvažujme, že z celkového počtu válečků pod předmětem k_1 je počet hnaných válečků k_p . Síla přenášená na předmět těmito válečky pomocí smykového tření pak musí být větší nebo minimálně stejně velká jako součet odporů působících proti pohybu předmětu.

$$\begin{aligned} m_p \cdot \frac{k_p}{k_1} \cdot g \cdot f \cdot \cos \beta \geq \pm m_p \cdot g \cdot \sin \beta + \left(\frac{f_{\dot{\epsilon}} \cdot r_{\dot{\epsilon}} + e}{R} + 0,005 \right) \cdot m_p \cdot g \cdot \cos \beta + \\ + q_r \cdot k_1 \cdot g \cdot \frac{f_{\dot{\epsilon}} \cdot r_{\dot{\epsilon}}}{R} - k_p \cdot \left(\left(\frac{f_{\dot{\epsilon}} \cdot r_{\dot{\epsilon}} + e}{R} + 0,005 \right) \cdot \frac{m_p}{k_1} \cdot g \cdot \cos \beta + q_r \cdot g \cdot \frac{f_{\dot{\epsilon}} \cdot r_{\dot{\epsilon}}}{R} \right) \end{aligned} \quad (1.16)$$

Z tohoto vztahu lze následně určit počet hnaných válečků pod jedním předmětem k_p .
Může nastat několik případů:

$k_p > k_1$... trať stoupá pod příliš velkým úhlem, válečky prokluzují pod předměty

$k_1 > k_p > 0$... trať je nutno pohánět

$k_p = 0$... gravitační trať

$-k_1 \leq k_p < 0$... poháněná trať nebo gravitační trať s brzdnými válečky

$k_p < -k_1$... trať klesá pod příliš velkým úhlem, předměty sklouzávají po válečcích

4 Ukázka výpočtu výkonu [4]

Požadované parametry navrhované tratě:

úhel sklonu tratě 5° (stoupající trať), délka tratě 25 [m], hmotnost jednoho předmětu 70 [kg], dopravní rychlost $0,5 \text{ [m}\cdot\text{s}^{-1}]$, dopravní výkon 175 [ks/hod], zatížení jednoho válečku 23,3 [kg] (pod předmětem se nacházejí tři válečky)

Celkový výkon hnací jednotky:

$$P = (z \cdot m_p \cdot g(\sin \beta + \cos \beta \cdot (\frac{f_\xi \cdot r_\xi + e}{R} + 0,005)) + q_r \cdot g \cdot n \cdot \frac{f_\xi \cdot r_\xi}{R}) \cdot \frac{v}{\eta}$$

$$P = (3 \cdot 70 \cdot 9,81(\sin 5^\circ + \cos 5^\circ \cdot (\frac{0,02 \cdot 0,01 + 0,0001}{0,0445} + 0,005)) + 7 \cdot 9,81 \cdot 132 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,01}{0,0445}) \cdot \frac{0,5}{0,85}$$

$$P = 148,6W$$

z ... počet předmětů na trati

m_p ... hmotnost jednoho předmětu [kg]

g ... tíhové zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

β ... sklon tratě [$^\circ$]

e ... součinitel valivého tření

f_ξ ... součinitel čepového tření

r_ξ ... poloměr čepu [m]

R ... poloměr válečku [m]

q_r ... hmotnost rotujících částí válečku [kg]

n ... celkový počet válečků na trati

v ... dopravní rychlost [m.s]

η ... účinnost řemenových převodů [%]

Potřebný výkon motoru u poháněných tratí vychází velice malý (řádově v desítkách až stovkách wattů). Z toho vyplývá, že válečkové tratě umožňují ekonomicky nenáročný způsob přepravy materiálu.

5 Konstrukce válečkových tratí

Válečkové tratě se skládají z několika hlavních konstrukčních prvků. Jsou to: válečky, rám, hnací jednotka, kryt pohonu a ostatní příslušenství (boční vedení, přesuvníky, točny, zařízení pro změnu směru atd.).

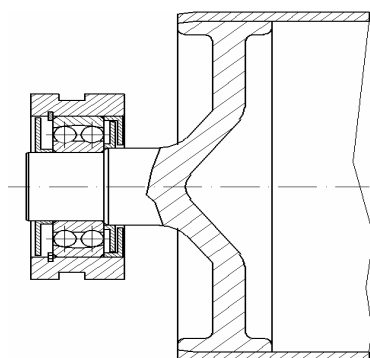
5.1 Válečky

Válečky jsou nejdůležitějším prvkem u tratí jak poháněných tak gravitačních. Podle jejich funkce je lze rozdělit na dva základní typy. Jsou to válečky nosné a válečky poháněné. Každý nosný váleček se skládá ze tří hlavních součástí: ložiska, osa a trubka. U poháněných válečků se pak nachází ještě hnaný člen (řetězové kolo, řemenice ...)

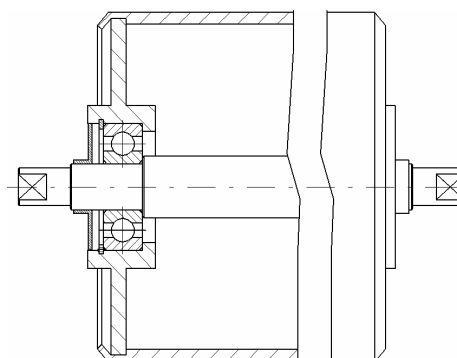
5.1.1 Konstrukce válečků

Válečky bývají uloženy na valivých ložiskách, pouze u lehčích přenosných tratí se používají ložiska kluzná. Váleček by měl klást malý odpor proti otáčení, měl by mít malou hmotnost a dobrou životnost, měl by být výrobně jednoduchý a neměl by vyžadovat časté mazání a údržbu a musí být staticky a dynamicky vyvážen.. Pláště válečků se vyrábí z bezešvých trubek, které nemají po celé délce stejnou tloušťku stěny nebo ze zkrouceného a svařeného plechu. Pro zvýšení třecí síly mezi předmětem a trubkou lze váleček pogumovat. V současnosti se stále více uplatňují plastové pláště válečků, které mají dostatečnou pevnost a oproti ocelovým plášťům jsou lehčí.

Konstrukční provedení válečků:



Obr. 3 Váleček bez hřídele

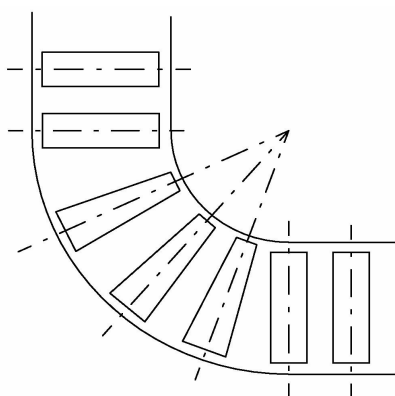


Obr. 4 Váleček s průběžnou hřídelí

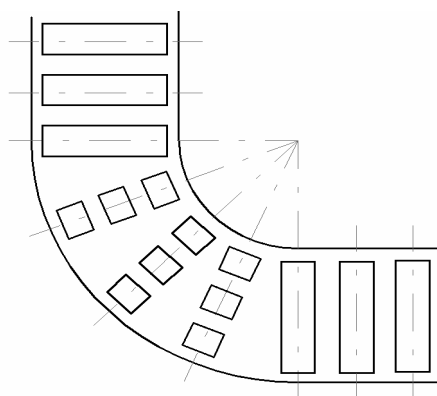
Nevýhodou válečků bez hřídele je nutnost přesného uložení do rámu a tím i náročnost montáže. Výhodou je jejich nízká hmotnost a menší cena. Nevýhodou válečků s pevnou osou je jejich vyšší hmotnost. Jejich výhodou je naopak snadná vyměnitelnost a jejich nižší odpory proti otáčení. V současnosti proto dává většina výrobců přednost válečkům s pevnou osou, které lze nalézt u naprosté většiny válečkových tratí.

5.1.3 Kuželové válečky

Pokud chceme změnit směr dopravy bez použití přesuvných zařízení nebo točen, můžeme trať stočit do oblouku. Při použití běžných válečků by docházelo vlivem rozdílných rychlostí (obvodová rychlost válečků roste směrem od středu oblouku až k vnějšímu poloměru.) k přidavnému smykovému tření mezi předmětem a válečkem a tím i k nárůstu pasivních odporů proti pohybu. Tomu lze zabránit použitím kuželových válečků (Obr.5) nebo několika samostatně otočně uložených kladiček (Obr.6).



Obr. 5 Oblouk s kuželovými válečky



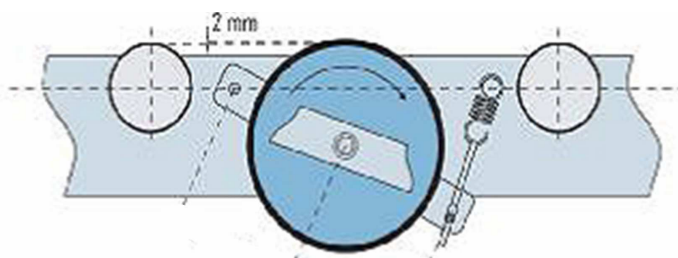
Obr. 6 Oblouk s kladičkami

5.1.4 Brzdné válečky

Při pohybu předmětu po gravitační trati musíme udržet rychlost v bezpečných mezích, aby nedošlo k poškození přepravovaného předmětu při opouštění tratě. Je to důležité především při přepravě těžších břemen. Pokud výpočtem zjistíme, že je nutné předmět brzdit (viz. vztah 1.16), pak je nezbytné použití brzdných zařízení, jakými jsou třecí brzdné pásy nebo třecí brzdné válečky. Třecí brzdné pásy jsou umístěny pod nosnými válečky a jsou k nim přitlačovány pomocí napínacích kladek. Brzdné válečky v sobě mají zabudovaný planetový převod, který při roztočení přitlačuje odstředivou silou brzdné čelisti zevnitř na těleso válečku. Předností tohoto způsobu brzdění je to, že přitlačná síla brzdících čelistí je přímo úměrná okamžitým otáčkám brzdného válečku. Nevýhodou tohoto způsobu je nutnost přesného seřízení a ustavení každého válečku.

Brzdění přímé

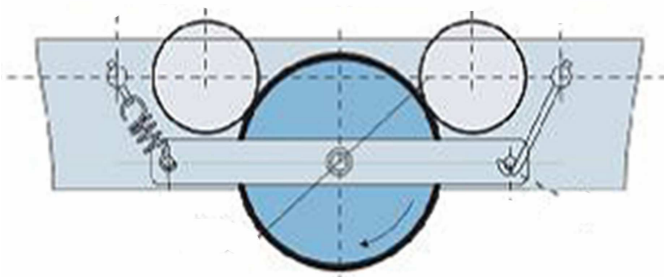
Při přímém brzdění dochází k přímému kontaktu brzdného válečku a transportovaného předmětu. Brzdný váleček musí přesahovat nad horní hranu nosných válečků. Přitlačnou sílu zajišťuje tažná pružina.



Obr. 7 Přímé brzdění [7]

Brzdění nepřímé

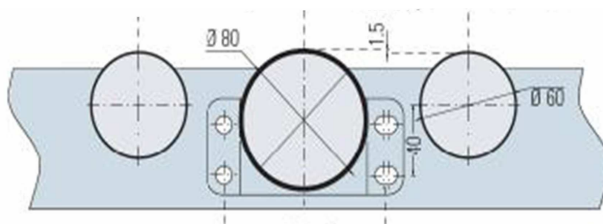
Brzdění nepřímé se používá častěji než přímé, neboť kontakt k předmětu je zde zprostředkován přes dva nosné válečky. I v tomto případě zajišťuje přitlačnou sílu tažná pružina.



Obr. 8 Nepřímé brzdění [7]

Brzdění nosnými brzdícími válečky

Brzdění pomocí nosného brzdícího válečku je srovnatelné s brzděním přímým. Při tomto způsobu brzdění je váleček pevně uchycen v rámu, proto nejsou nutné časté seřizovací kontroly jako u předcházejících způsobů. Nevýhodou však je, že při najetí předmětu na váleček dochází k jeho mírnému nadzvedávání, což je způsobeno přesazením brzdícího nosného válečku nad válečky nosné.

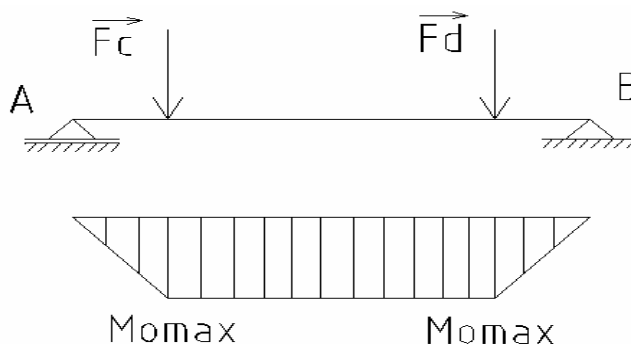


Obr. 9 Brzdění nosným brzdícím válečkem [7]

5.1.5 Namáhání válečků

Válečky jak nosné, tak poháněné, jsou namáhány především ohybovým momentem. Nosnost válečku je pak závislá na délce, průměru a materiálu osy a trubky. Pro výběr vhodného válečku nabízejí výrobci diagramy závislosti: zatížení válečku - délka válečku, kdy při snížení zatížení vychází větší maximální možná délka válečku a naopak. Únosnost válečků se v současnosti pohybuje v rozmezí 300 až 2500 kg. Při vlastním návrhu válečku vychází bezpečnost trubky k meznímu stavu pružnosti větší než bezpečnost osy. Proto je důležitější kontrola osy. Trubka musí mít především dostatečnou tloušťku stěny, aby nedošlo během provozu k jejímu proražení nebo deformaci. Osa musí být dostatečně pevná, protože kdyby došlo k jejímu průhybu, natočily by se vnitřní kroužky ložisek, což by mělo za následek zvýšení pasivních odporů a snížení celkové životnosti válečku.

Osa je pevně uložena v rámu (Obr. 10). Zatížení se na ni přenáší z pláště přes ložiska. Tíha předmětu se rozloží na určitý počet válečků. Zatížení jednoho válečku se pak určí jako podíl tíhy předmětu a celkového počtu válečků pod předmětem.



Obr. 10 Zatížení osy válečku

Podmínka bezpečnosti k meznímu stavu pružnosti pro osu:

$$k = \frac{Re}{\sigma_{o\max}} \geq 1$$

kde: k ... bezpečnost k meznímu stavu pružnosti [-]

Re ... mez kluzu materiálu v tahu [MPa]

$\sigma_{o\max} = \frac{M_{o\max}}{W_o}$... maximální ohybové napětí [MPa]

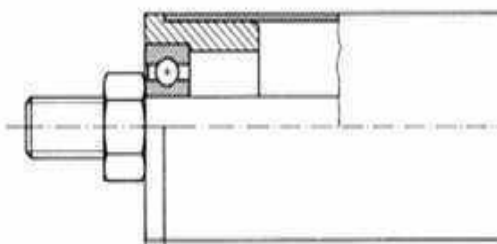
$M_{o\max}$... maximální ohybový moment [Nmm]

$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$... průřezový modul v ohybu [mm³]

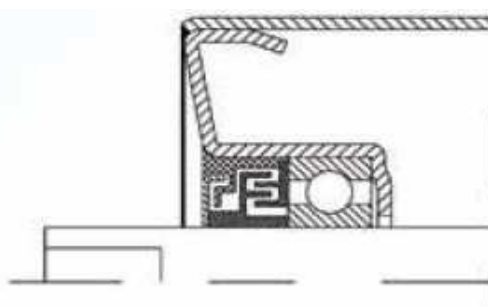
d ... průměr hřídele [mm]

5.1.6 Způsoby mazání ložisek válečků

Životnost a cena válečků se odvíjí především od typu použitých ložisek, proto je důležité zajistit jejich správné mazání. Konstrukce válečkových tratí neumožňuje olejové mazání ložisek. Tento způsob mazání by byl neekonomický a také neekologický z důvodu možného úniku oleje. Mazání se proto realizuje tuhými mazivy. Nejjednodušším a nejlevnějším způsobem mazání je použití krytovaných ložisek s celoživotní náplní maziva (Obr.11). Pokud se válečková trať nachází v prašnějším prostředí, je vhodnější použít válečky utěsněné (i v tomto případě se používají krytovaná ložiska). K utěsnění se používají gumové těsnící kroužky nebo labyrintová těsnění (Obr.12). Těsnící kroužky jsou jednoduché a levné, ale mají větší odpor proti valení. Používají se u válečků s menšími průměry. Labyrintová těsnění se lisují z plechu nebo se soustruží, čímž však roste složitost a cena válečku.



Obr.11 Váleček bez těsnění [8]



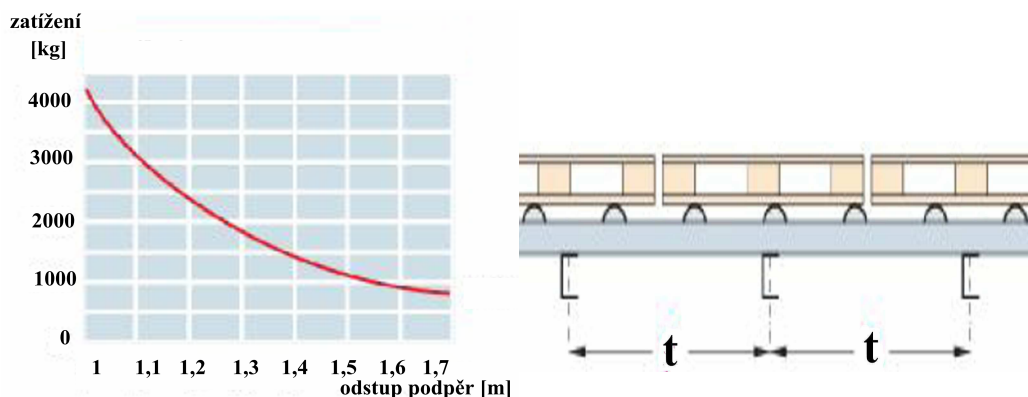
Obr.12 Váleček s labyrintovým těsněním [9]

5.2 Rámy

Rám je prvkem, který umožňuje po připojení válečků a ostatního příslušenství, sestavení samostatných poháněných úseků válečkových tratí. Tyto úseky lze následně napojovat dle potřeby do libovolných délek.

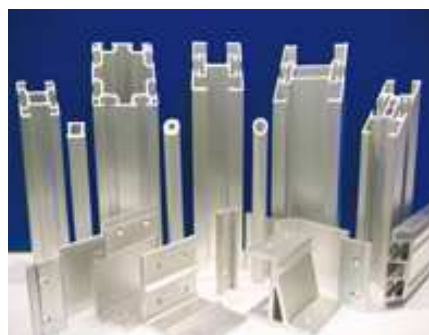
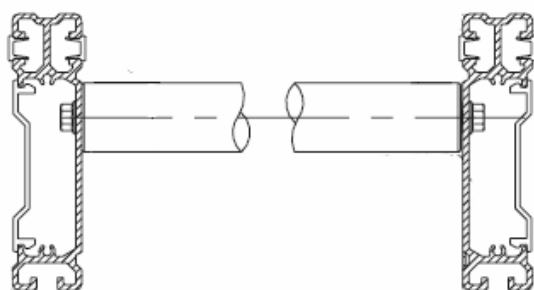
5.2.1 Konstrukce rámu

Rámy musí mít dostatečnou nosnost a tuhost. Rám se vždy skládá z bočnic, ve kterých jsou uchyceny válečky. U těžších nepřenosných tratí jsou pak k bočnicím připevněny podpěry, které umožňují ustavení tratě. Menší přenosné tratě tyto podpěry mít nemusí. Nosnost rámu je limitována odstupem jednotlivých podpěr (Obr.13). Vzdálenosti mezi nimi musí být voleny tak, aby nedocházelo k příliš velkým průhybům válečkových tratí. Při vysokých zatíženích by byl díky průhybu ohrožen hladký průběh pohybu přepravovaných předmětů (válečky by v místě průhybu nebyly v kontaktu s předmětem).



Obr. 13 Zatížení pro U profil 40/80/40x3 [7]

Bočnice se obvykle vyrábí z otevřených ocelových nebo hliníkových U nebo L profilů. Tyto tvary profilů umožňují ukrytí hnaných částí válečků (řetězová kola, řemenice...). Jednotlivé části se spojují pomocí šroubů nebo se svařují. V současnosti se pro konstrukci ráků stále více používají stavebnicové hliníkové systémy. Jedná se o profily složitějších tvarů vyrobené kontinuálním tlakovým litím. Tvary těchto profilů umožňují spojení jakéhokoliv komponentu s ostatními bez použití speciálních nástrojů nebo sváření. Hliníkové profily dosahují přibližně třetinové hmotnosti oproti profilům ocelovým. Z toho vyplývá, že rám lze navrhnout tak, aby při zachování stejných mechanických vlastností dosahoval menší hmotnosti než rám ocelový.



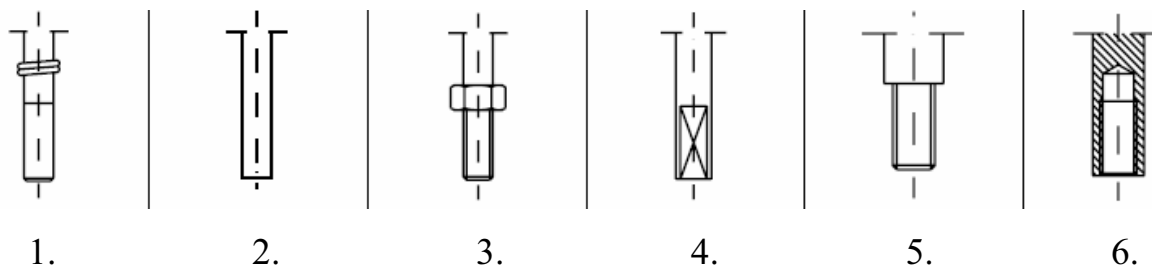
Obr. 14 Řez rámem z hliníkových profilů [10]

Obr.15 Hliníkové profily [11]

5.2.2 Uchycení válečků v rámu

Uložení válečků v bočnicích se realizuje více způsoby (Obr.16). Tyto způsoby lze rozdělit na dva základní typy: uložení volné (konce válečků leží volně v drážce rámu), uložení pevné (konce válečků jsou pevně přitaženy šrouby k rámu). Z hlediska kompenzace výrobních nepřesností bočnic, je nejvhodnější kombinace těchto dvou konců na jednom válečku (jeden konec je pevně přitažen šroubem a druhý je volně uložen a umožňuje mírný posuv v axiálním směru). Uložení válečku v rámu také určuje obtížnost jeho výměny v případě poškození. Výměna by měla být proveditelná v co nejkratším čase. Uložení by proto mělo umožňovat vyjímání jednotlivých válečků. Důležitá je také správná volba roztečí válečků a to nejen kvůli jejich nosnosti, ale také pro zajištění plynulého pohybu přepravovaného materiálu po trati. Pro stabilní pohyb předmětu po trati se předmět musí

nacházet teoreticky na třech válečcích (při přejezdu na následující váleček se předmět dočasně ocitne na dvou válečcích). V praxi se umísťuje pod předmět obvykle pět a více válečků.



Obr.16 Uložení válečků v bočnicích (1. pérová osa, 2. hladký konec, 3. vnější závit, 4. tvarová plocha, 5. samostatný vnější závit s osazením, 6. vnitřní závit) [9]

5.3 Pohony

Pro pohon válečkových tratí se běžně používají asynchronní třífázové motory. Otáčky těchto motorů se dají snadno řídit frekvenčním měničem, což je nejrozšířenější způsob (maximální rychlost přepravy u válečkových tratí bývá obvykle do 1 [m.s⁻¹]). Rozlišujeme asynchronní motory s kroužkovou kotvou a s kotvou nakrátko. Jednodušším a používanějším řešením je motor s kotvou nakrátko. Má vyšší životnost, jednoduchou stavbu a nízkou cenu. Nevýhodou třífázových asynchronních motorů je jejich malý záběrný moment. Při výběru vhodného motoru je proto nutno brát ohled na způsob provozu válečkové tratě. Provoz může být kontinuální bez zastávek nebo cyklický (přerušovaný). U přerušovaného provozu se používají výkonnější motory než u kontinuálního. Vyšší výkon je potřebný k rozběhu zastavené, plně naložené tratě, kdy je nutné uvést do pohybu nejen válečky, ale i přepravované předměty. Pokud by měl motor příliš malý záběrový moment, nedošlo by k uvedení tratě do chodu. Motory se používají obvykle v kombinaci s přírubovými nebo patkovými šnekovými převodovkami (Obr.17, Obr.18). Šnekové převodovky jsou výhodné u stoupajících poháněných tratí, kdy díky samosvornosti šnekového převodu nemůže dojít po vypnutí motoru ke zpětnému rozpohybování naložené tratě.



Obr. 17 Patková šneková převodovka [12]



Obr.18 Přírubová šneková převodovka [5]

5.3.1 Přenos výkonu na válečky

Přenos kroutícího momentu a otáček na jednotlivé válečky můžeme rozdělit na přenos tvarový a silový dle zprostředkujícího členu.

5.3.1.1 Tvarový přenos výkonu

Jedná se o řetězové převody nebo převody s ozubenými řemeny. Tyto převody jsou u válečkových tratí určeny pro přenos vyšších výkonů. Používají se při přepravě těžších materiálů nebo pokud chceme mít zajištěn kontinuální provoz (nedochází k prokluzu, mají stálé převodové číslo).

Nejčastějšími řetězy jsou řetězy válečkové. Mezi jednotlivými pohyblivými součástmi řetězu jsou přesně definované vůle, které zajišťují správný provoz a ohebnost řetězu. Tyto vůle slouží jako zásobník maziva, které je nutné k zajištění dlouhé životnosti řetězu, ale také přispívá k tlumení hluku při provozu. Otočný váleček v řetězu umožňuje snadné odvalování po profilu zubu řetězového kola a tím snižuje jeho opotřebení a zvyšuje životnost hnacího válečku.

Ozubené řemeny v současnosti umožňují přenos stejných výkonů jako řetězy. Řemeny se vystužují ocelovými popřípadě kevlarovými vlákny. Oproti řetězům mají méně hlučný chod a jsou lehčí. Nevýhodou je jejich menší chemická odolnost, což znemožňuje jejich použití v některých provozech.

Převod pomocí jedné smyčky

Převod je realizován pomocí jedné smyčky (Obr.19). Každý váleček je opatřen jedním řetězovým kolem (ozubenou řemenicí), na které se přenáší hnací moment. U dlouhých řetězových smyček se během provozu vymezí vůle mezi jednotlivými pohyblivými částmi a smyčky se protahují, proto musí být umožněno jejich dodatečné napínání, aby nedocházelo k přeskokování řetězu přes zuby řetězových kol. Z důvodu protahování během provozu musí být dodatečné napínání umožněno i u ozubených řemenů.



Obr. 19 Pohon řešený pomocí jedné řetězové smyčky [13]

Převod pomocí více smyček z válečku na váleček

U dopravníků poháněných řetězem (ozubeným řemenem) z válečku na váleček je hnací síla přenášena pomocí krátkých smyček (Obr.20). Každá smyčka obepíná řetězové kolo (ozubenou řemenici) připojené k sousednímu poháněnému válečku a způsobuje tak jeho rotaci. Nevýhodou je, že všechny poháněné válečky mají dvě řetězová kola (ozubené řemenice), čímž roste cena a hmotnost válečku. Výhodou tohoto způsobu je možnost pohánění obloukových tratí s kuželovými válečky, což by při použití jedné dlouhé smyčky nebylo možné.

Ozubené řemeny jsou v současnosti na vysoké úrovni a při pohonu z válečku na váleček nevyžadují napínání. Mohou pracovat na pevných osových vzdálenostech bez přídavných napínacích kladek.



Obr.20 Pohon řešený více řetězovými smyčkami z válečku na váleček [13]

5.3.1.2 Silový přenos výkonu

Jedná se o kontaktní silové převody, kdy se hnací síla přenáší na válečky díky třecí síle mezi řemenem a hnaným členem. Třecí síla vzniká jako důsledek napínací síly. Tyto převody nejsou schopné přenášet takové výkony jako převody řetězové, proto se používají pro přepravu lehčích břemen. Přenášený výkon je omezen prokluzem, kterému nelze zabránit ani při dokonalé montáži. Během provozu se řemeny protahují, proto musí být umožněno jejich dodatečné napínání. Hlavní výhodou je nehluký chod a do jisté míry i kompenzace rázů vznikajících při rozběhu tratě nebo při položení předmětu na trať.

Převod pomocí jedné řemenové smyčky

Pohon zajišťuje jeden třecí řemen, který je přitlačován na jednotlivé válečky přítlačnými kladkami (Obr.21). Tento způsob pohonu umožňuje vypínání určitých úseků tratí z chodu.



Obr. 21 Pohon řešený pomocí jedné řemenové smyčky [13]

Převod pomocí více smyček z válečku na váleček

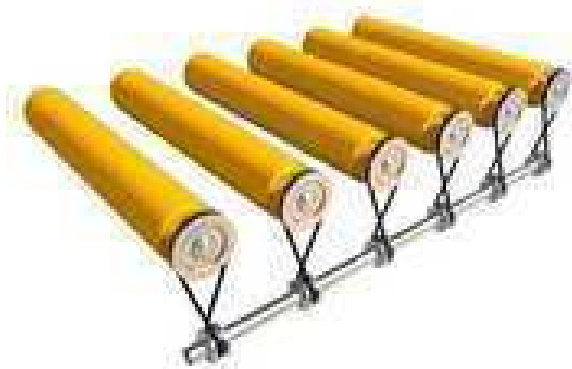
Pohon zde zajišťují řemeny kruhového profilu. Hlavní převod spojuje motor s prvním válečkem a následují spojovací řemenové smyčky mezi sousedními válečky (Obr.22,Obr.23). Řemenice jsou připevněné na válečky. Jejich osové vzdálenosti jsou pevné a liší se v přesnosti vrtání děr v bočnicích. Rozdílné tolerance umožňují napnutí řemenů.



Obr. 22 Pohon oblouku kruhovými řemínky[12] Obr.23 Pohon přímého úseku tratě[12]

Převod pomocí jediné hřídele

Pohon zajišťuje jediná hnací hřídel s kladkami umístěnými kolmo na válečky (Obr.24). Ve válečcích jsou vytvořeny drážky ekvivalentní velikosti kruhového řemene. Řemeny se napínají najednou pomocí posunu hnací hřídele.



Obr. 24 Pohon řešený pomocí jediné hřídele s kruhovými řemínky [13]

5.3.1.3 Elektroválce

Elektroválce jsou samostatné hnací jednotky s integrovaným motorem a planetovou převodovkou. Oproti klasické konstrukci pohonu tratí tzn. váleček + převodovka + motor má koncepce s elektroválci následující výhody: úsporu místa, nízké provozní náklady, rychlá a jednoduchá modifikace válečkových tratí. Umožňují snadné odstavení určitých částí trati z chodu a automatizaci dopravy jako např. : korekci rozestupů mezi předměty, akumulaci předmětů na trati (Obr 25). Nevýhodou je jejich vyšší cena a při delším provozu dochází k jejich přehřívání.



Obr. 25 Korekce rozestupů předmětů, akumulace předmětů [11]

6 Příslušenství válečkových tratí

Příslušenství zahrnuje zejména různá zařízení, která umožňují přísun břemen na válečkovou trať, jejich odsun z ní a zařízení umožňující spojení mezi různými trasami válečkových tratí. Jsou to například přesuvníky, převážecí vozíky, točny anebo zdvihací zařízení, umožňující přechod mezi tratěmi v různých výškách. Nezbytnou součástí poháněných tratí jsou také kryty pohonu.



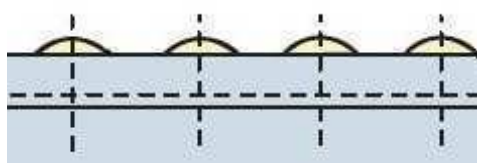
Obr. 26 Automatizace válečkových tratí [14]

Hlavní předností válečkových tratí je jejich spolehlivost, možnost větvení různých tras a možnost aplikace i náročných forem automatického provozu (Obr.26). Řídící systémy umožňují sledování a vyhodnocování pohybu materiálu a průběžného měření hlavních parametrů (rychlost pohybu, váha, počet kusů apod.). Válečkové tratě se často uplatňují jako příjmové a expediční linky v návaznosti na různé skladovací systémy.

6.1 Boční vedení

Pro udržení přepravovaných předmětů na trati je někdy nezbytné použít boční vedení. Konstrukční provedení závisí na druhu přepravovaného materiálu. Při přepravě palet nebo beden je nejjednodušším řešením použití bočních lišt, které jsou připevněny k rámu nebo jsou přímo nasazeny na válečcích ve formě nákrůžků (Obr.28). Nákrůžky se obvykle umísťují na jeden váleček z obou stran a následující váleček je bez nich nebo střídavě po jednom

nákružku na váleček (při pohledu ve směru dopravy vždy na jeden váleček vlevo a na následující vpravo). Při kontaktu předmětu s vedením vznikají třecí odpory, které musí být co nejmenší. Snížení třecích sil lze zajistit použitím trubkového vedení, kdy dochází k minimálnímu kontaktu mezi vedením a předmětem. Nejlepším způsobem vedení z hlediska velikosti třecích odporů je vedení s otočnými válečky, kdy se tření smykové mění na tření valivé (Obr.27).



Obr. 27 Boční vedení s válečky [7]



Obr.28 Nákružkové vedení [15]

6.2 Zařízení pro změnu směru dopravy

Další částí válečkových tratí mohou být zařízení pro třídění nebo změnu směru dopravovaného zboží. U lehčích předmětů postačí pro tento účel výhybky (Obr.29) nebo v případě ruční obsluhy kuličkové stoly (Obr.32). U těžších předmětů je nezbytné použití poháněných zařízení, jakými jsou točny (Obr.30) nebo točny v kombinaci s převážecími vozíky. Točny slouží ke změně směru pohybu palety při současném otočení o požadovaný úhel. Na základovém rámu točny je uložen samostatně hnaný válečkový dopravník. Otáčení tohoto dopravníku bývá řešeno pomocí klikového mechanismu, čímž jsou zabezpečeny přesné koncové polohy. Pro odsun palet z tratě slouží přesuvny. Jedná se o zařízení skládající se z poháněné válečkové tratě a řemenového nebo řetězového dopravníku, který umožňuje přesun v kolmém směru (Obr.31).



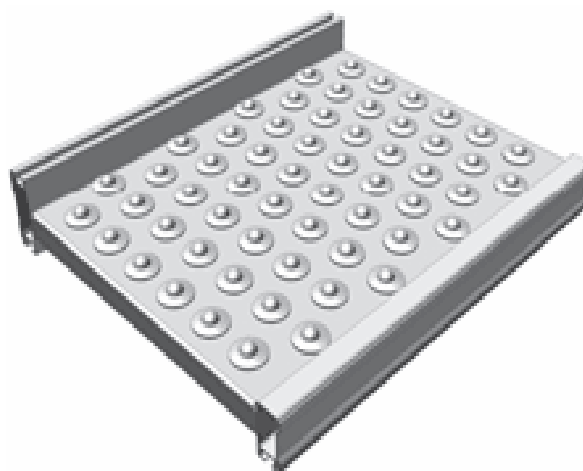
Obr. 29 Výhybka [16]



Obr. 30 Poháněná točna [14]



Obr.31 Přesuvna s plochými řemeny [14]



Obr.32 Kuličkový stůl [10]

Pohyb mezi různými výrobními nebo skladovacími systémy ve vertikálním směru zajišťují výtahy. Obvykle mají automatické řízení navázané na dopravní systém přivádějící břemena. Vertikální doprava ve výtahu může být jednosměrná nebo obousměrná. Jejich nosnosti se pohybují v rozmezí 50 - 5000 kg.

6.3. Bezpečnostní prvky

Pro zajištění bezpečného provozu válečkových tratí je nezbytné zakrytí pohyblivých částí pohonu (Obr.33). Bezpečnostní kryty jednak zabraňují vniknutí cizích předmětů do převodů a zamezují tak jejich poškození a zároveň zajišťují bezpečný provoz pro obsluhu. Kryty bývají připevněny k bočnicím pomocí šroubů, aby bylo možné po jejich sejmutí provádět kontrolu a seřízení hnacích prvků. Kryty nejsou nijak namáhány, a proto by měly být co nejlehčí, aby zbytečně nepřispívaly ke zvyšování hmotnosti tratě.



Obr. 33 Kryt řetězu [12]

7 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo vypracování přehledu současného stavu válečkových tratí a porovnání tohoto stavu s lety minulými. První část práce se zabývá výpočty základních parametrů tratí. Další část se věnuje konstrukčním řešením jejich jednotlivých prvků i tratí jako celku. Během shromažďování odborných materiálů jsem zjistil, že dostupné literatury není mnoho a je staršího data. Většina této literatury se dopodrobna zabývá výpočtovými návrhy tratí, avšak o konstrukcích se nezmiňuje vůbec nebo velmi stručně.

Výpočtové vztahy vychází z neměnných fyzikálních zákonů, a proto v současnosti plně postačují jak pro návrhy poháněných, tak gravitačních tratí. V oblasti konstrukce nedošlo oproti minulým rokům k mnoha změnám. Pouze u válečků dává většina výrobců přednost válečkům s průběžnou osou před válečky bez hřídele, protože umožňují jednoduchou vyměnitelnost, mají menší odpory proti otáčení a nevyžadují složitou montáž. K výraznějším změnám došlo v oblasti používaných materiálů. Pro stavbu rámu se stále více využívají hliníkové profily složitějších tvarů, které jsou lehčí než profily ocelové a umožňují jednoduchou montáž příslušenství. U válečků se začínají uplatňovat plastové pláště.

Válečkové tratě jsou momentálně hojně využívány a díky možnosti snadné automatizace jejich význam nadále vzrůstá. V současnosti neslouží pouze pro přepravu materiálu, ale stále více se také používají ve skladovacích systémech. Válečkové tratě umožňují ekonomický provoz díky malým potřebným výkonům hnacích motorů, a proto lze očekávat, že i v nejbližších letech budou hojně využívány.

Seznam použitých zdrojů

[1] DRAŽAN, František, KUPKA, Ladislav. *Transportní zařízení*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1966. Válečkové tratě. s. 311-318.

[2] JANOVSKEÝ, Lubomír; PODIVÍNSKEÝ, Vítězslav. *Transportní zařízení*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické, 1976. Válečkové tratě. s. 103-107.

[3] GAJDŮŠEK, Jaroslav, ŠKOPÁN, Miroslav. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. 1. vyd. Brno : Vysoké učení technické, 1988. Válečkové tratě. s. 214-219.

[4] HORÁK, J. *Poháněná válečková trať pro přepravu ocelových odlitků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2006. 24 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kašpárek

[5] AMG., [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupné z:

<<http://www.amgpicha.cz/valeckove-trate/>>

[6] JAKOS., [online]. [cit. 2009-03-05]. Dostupné z:

<<http://www.jakos.cz/?page=fotogalerie&fgalbrowsefotos=14&fgalpage&fgalfotonum=1>>

[7] BLUME., [online]. [cit. 2009-03-25]. Dostupné z:

<http://www.blume.cz/katalogy/zarizeni_pro_skladovou_manipulaci.pdf>

[8] ROLLEX., [online]. [cit. 2009-04-08]. Dostupné z:

<<http://www.rollex-czech.cz/katalogy.html>>

[9] DRAŠAR., [online]. [cit. 2009-03-25]. Dostupné z:

<<http://www.drasar-tmt.cz/index.php/ke-stazeni/category/4-dopravnikove-valeky>>

[10] INTERROLL., [online]. [cit. 2009-03-25]. Dostupné z:

<<http://www.interroll.cz/>>

- [11] DRAŠAR ., [online]. [cit. 2009-04-02]. Dostupné z:
<<http://www.drasartmt.cz/index.php/transportmanipulace/stavebnicovysystemmodularniretez>
>
- [12] ATYKO., [online]. [cit. 2009-03-17]. Dostupné z:
<<http://www.atyko.cz/cs/rizeni-dopravniku/valeckove-dopravniky/>>
- [13] TRANZA., [online]. [cit. 2009-03-18]. Dostupné z:
<<http://www.tranza.cz/cs/dopravni-systemy/valeckove-trate/>>
- [14] TRAMAZ., [online]. [cit. 2009-03-03]. Dostupné z:
<<http://www.tramaz.cz/valeckovetrata.htm>>
- [15] KRAUS ., [online]. [cit. 2009-04-02]. Dostupné z:
<<http://www.kraus.co.at/betriebsausstattung/img/Tragrollen/Downloads/Zubehoer.pdf>>
- [16] BALÍČÍ TECHNIKA ., [online]. [cit. 2009-03-21]. Dostupné z:
<<http://www.adresarobalare.cz/cz/sbornikshow.php?user=visitor&action=adedit&id=644>>