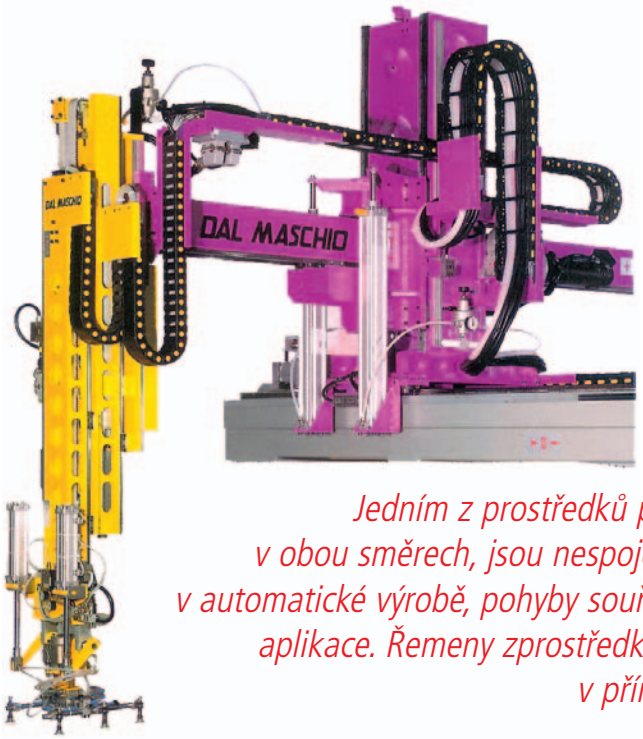


pokračování z TT9/2006

ŘEMENY pro přímočarý pohyb

Jedním z prostředků pro přenos pohybu na strojní části, které se posouvají v obou směrech, jsou nespojené ozubené řemeny. Řeší se tak manipulace výrobky v automatické výrobě, pohyby souřadnicových stolů, průmyslové výtahy a další obdobné aplikace. Řemeny zprostředkují převod rotačního pohybu motoru na vratný pohyb v přímce nebo po oblouku čistě, bez mazání a vytahování.

Autor: Ing. Václav Brož

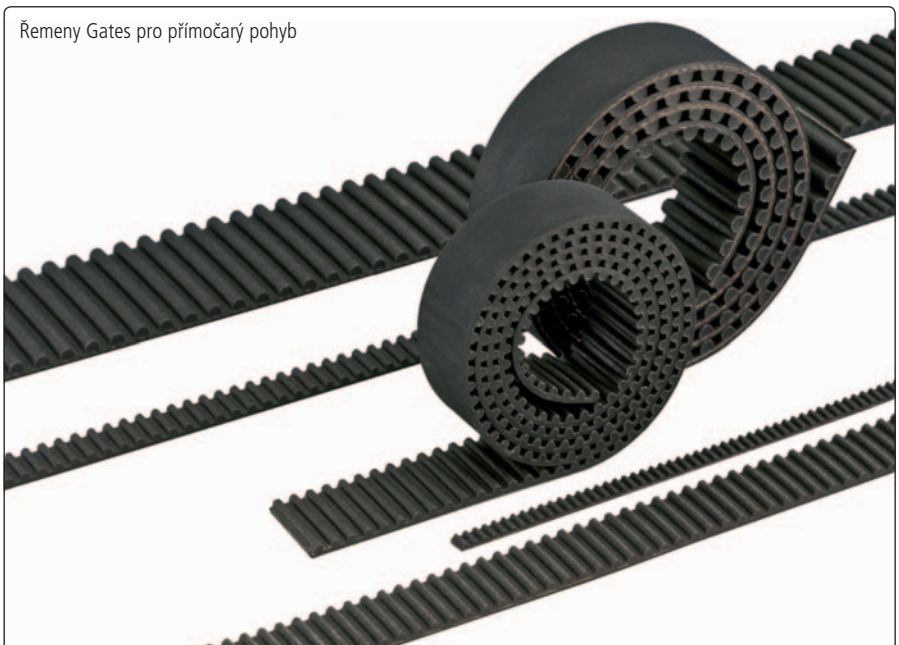
Výhody ozubených řemenů

Jednoduchost ovládání pohybu řemenem se projeví zejména u dlouhých vedení. Gates a GatesMectrol vyrábí řemeny v metráži s prakticky neomezenou délkou a s různými profily zubů. Popis a vlastnosti jednotlivých tvarů ozubení řemenů GatesMectrol byl obsažen v článku „Nespojené ozubené řemeny“ v časopisu Technika a trh 9/2006, který je ke stažení na www.uzimex.cz. Podél přímého vedení lze bez technických problémů natáhnout řemen s délkou několik desítek metrů. Naproti tomu ovládání pohybu pohybovým šroubem je nákladné a výrobní délky šroubů jsou omezené. Dlouhý šroub se při větší rychlosti snadno příčně rozkmitá. Řešení s pastorkem a ozubeným hřebenem vyžaduje seřízení ozubených segmentů po celé délce a v ozubení je vždy vůle. Je-li ozubení řemenu v záběru s nejméně deseti drážkami hnací řemenice, vůle jednoho zubu řemenu se neprojeví. Je to proto, že rozteče zubů řemenu se pružně mění s délkou řemenu, který se protahuje podle tahu. Rozteče drážek na obvodu řemenice záleží na průměru plochy, o kterou je řemen opřen, v rozsahu výrobních tolerancí. U většiny ozubení je to vnější průměr řemenice s tolerancemi 0,05 až 0,2 mm do plusu. Mírný nesoulad roztečí zubů řemenu a řemenice způsobí, že se zuby na začátku a na konci opásání opřou o opačné boky a vůle se vymezí.

Výhodou řemenů oproti článkovým řetězům je čistý provoz bez přimazávání, malá hmotnost a tichý chod. V řetězech vzniká vlivem opotřebení pouzder podélná vůle, kterou je potřeba periodicky vymezovat. Protažení řemenů během času je nepatrné.

Přípustný tah řemenu

Tah přenášený řemenem se posuzuje ze dvou hledisek. Jednak s ohledem na pevnost lanek tažné vrstvy, jednak s respektováním pevnosti zubů.



Řemeny Gates pro přímočarý pohyb

Tloušťka a pevnost tažné vrstvy souvisí s velikostí rozteče zubů. Řemeny s jemnými zuby mají i tenkou tažnou vrstvu. Takový řemen je ohebný a může se opásat i kolem malé řemenice. Gates i GatesMectrol udávají pro své řemeny pevnost v tahu tažné vrstvy pro řemeny definované šířky. Přestože se jedná o dva samostatné výrobce s vlastními technologiemi, pevnosti standardních tažných vrstev řemenů s často používaným ozubením HTD8 s ocelovými lanky se liší jenom o 16 % ve prospěch GatesMectrol. Většina řemenů Gates je pryžová a řemeny GastesMectrol polyuretanové. Gates ovšem vyrábí například řemen HTD8 i se skleněnými lanky s pevností o 3 % vyšší a řemen s podobným tvarem zubů 8MR, který je z tvrdší pryže a pevnost lanek má dvojnásobnou. Podobně GatesMectrol dodává alternativu řemenu HTD8 s kevlarovými lanky o pevnosti o 9 % vyšší než má ocel. GatesMectrol dodává řemeny s některými tvary ozubení se silnějšími ocelovými lanky o pevnosti vyšší o 50–65 %. Ty ale jsou většinou méně ohebné a vyžadují větší řemenice. Je patrné, že pro určitou aplikaci je z čeho vybírat.

Největší tah v řemenu nesmí přesáhnout čtvrtinu pevnosti, u svislých pohybů osminu až desetinu pevnosti.

Další parametr řemenu je síla, kterou může na řemen přenášet řemenice. Odvozuje se od pevnosti jednoho zubu na ohyb a na střih. Pevnost záleží na materiálu a na tvaru a velikosti, tj. rozteči zubů. Nelze ale uspořádat převod se záběrem jednoho zubu, jak je to u převodu pastorkem a ozubeným hřebenem. Řemen musí mít v záběru s řemenicí současně alespoň tři zuby.

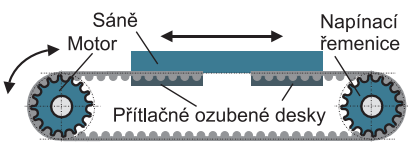
Gates uvádí sílu, kterou řemenice přenese na řemen při alespoň 6 zabírajících zubech. GatesMectrol uvádí přenášenou sílu 15 nebo více zuby. Menší počet zubů v záběru přenese nižší sílu. Na řemen se 3 zuby v záběru lze přenést 40 % katalogové síly. Vliv na sílu, kterou mohou přenášet zuby, má i průměr řemenice. Zmenšováním průměru až na nejmenší doporučený průměr se přípustná síla zmenší o 10 až 45 %. Vliv se projeví zejména u řemenů z nejpevnější pryže s ozubením MR, která se ohýbáním více zahřívá a jejíž nadměrné deformace by přispívaly k únavovým jevům materiálu.

Tah v řemenu se liší od síly přenášené ozubením o předpětí vyvozené vyvažováním výtahu nebo o předpětí zavedené do řemenu s cílem zamezit prověšení uvolněné větve. K prověšení dochází proto, že tažná část řemenu se pružně prodlouží a prodloužení je řemenicí přesunuto do uvolněné větve.

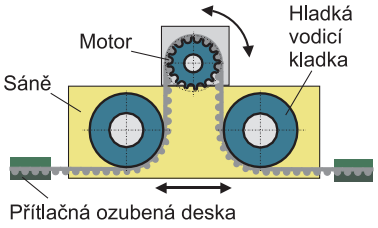
Podélná tuhost ozubených řemenů

Řemen je podélně pružný člen, jehož tuhost je závislá na materiálu a průměru lanek tažné vrstvy a na šířce řemenu. Tuhost je jedním z parametrů, se kterým se počítá při dimenzování řemenu. Najdeme ji v manuálech řemenů. Pro představu uvádím, že 3 m dlouhá větev řemenu Polychain GT2 s roztečí 8 mm, s kevlarovou tažnou vrstvou, širokého 21 mm, se přípustným zatížením 2 400 N pružně prodlouží o 7,2 mm. Řemeny s pevnější tažnou vrstvou mají větší podélnou tuhost. Tuhost zvýšíme i použitím širšího řemenu. Těmito konstrukčními opatření zmenšíme pružení řemenu při zadaném podélném tahu. Řemen je pak pevnostně předimenzován. Zatížíme-li pevnější řemen jeho přípustnou silou, která je větší, prodlouží se přibližně o hodnotu, která je uvedena v příkladu.

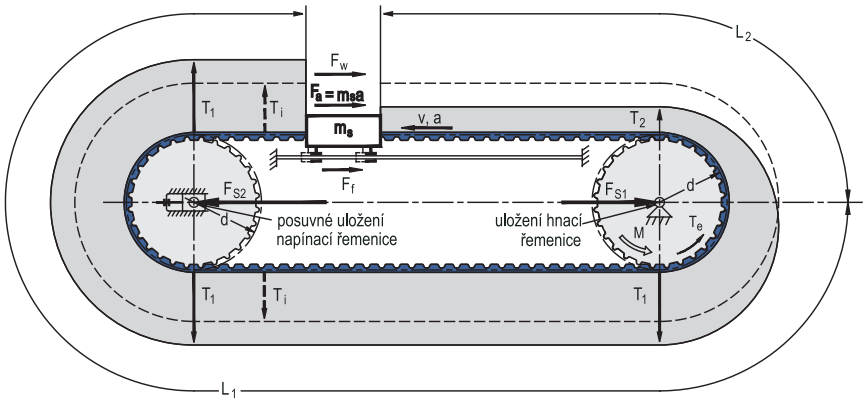
Obr. 1: Konstrukční uspořádání řemenů pro přímočarý pohyb



Uspořádání převodu na přímočarý pohyb s vratnou větví



Uspořádání se dvěma řemenicemi a s vedením omega



Obr. 2:
Ti = předpětí
T1, T2 = tah v řemenu z jedné a druhé strany saní
L1, L2 = délky zatížené a odlehčené části řemenu
M = hnací moment
Fa= síla na zrychlení saní
ms = hmota saní
a, v = zrychlení a rychlost saní
Fw = vnější síly na sáně včetně váhy u svislých vedení
Ff = třecí odpor
FS1, FS2 = síla na ložiska hnací a napínací řemenice
Te = hnací síla. Při poměru délek L1 > L2 na obrázku je pokles Ti – T2 je větší než nárůst T1 – Ti

Konstrukční uspořádání a tuhost

Řemeny se používají ve dvou konstrukčních uspořádáních (Obr. 1):

1. Řemen je opásán přes dvě řemenice na koncích vedení. Jednu z nich pohání motor. Konce řemenu se tvarovanými příložkami připevní na pohyblivé sáně.
2. Řemen je veden podél vedení a upevněn na jeho koncích. Motor s řemenicí je umístěn na saních. Dostatečné opásání kolem řemenice se dosahuje vedením řemenu přes dvě přídavné vnější kladky, takže řemen vytvoří smyčku ve tvaru velkého písmene Omega. Konce řemenu se přitahují ke konstrukci příložkami, na jejichž povrchu jsou zuby odpovídající ozubení řemenu.

počítáme s tím, že síla proti vychýlení saní je daná součtem nárůstu tahu řemenu ze strany, na které se řemen prodlužuje a poklesu tahu na opačné straně, kde se řemen zkracuje.

Gates udává tuhost jako sílu na prodloužení řemenu o 1 promile. Z délek řemenu na jedné a na druhé straně se vypočítá síla k posunutí saní o 1 mm. GatesMectrol udává specifickou tuhost csp v N/mm, ze které se určí síla K pro posunutí saní o 1 mm vynásobením šířkou a celkovou délkou obou částí řemenu a vydělením součinem délek zatížené a odlehčené části řemenu. K=csp×b×(L1+L2)/(L1×L2).

Tuhost v jednotkách N/0,1 % podle definice Gatese získáme pro řemeny GatesMectrol vynásobením csp šířkou v mm a dělením 1 000.

Uvedené vztahy platí za předpokladu, že se odlehčená větev neuvolní tak, že by ztratila předpětí a prověsila se. Zabránit prověšení je úkol předpětí řemenu.

Tuhost stabilizace polohy saní se určí z délek zatížené a odlehčené části řemenu a jeho katalogové tuhosti

Konstrukce má vliv jednak na potřebnou délku řemenu, jednak na tuhost ovládání pohyblivých saní. Řemen má nejmenší tuhost v krajní poloze saní, kdy síla řemenu začne pohybovat sáněmi ke střední poloze a kdy je zatížená část řemenu nejdelší. Při uspořádání s pohonem na saních je délka řemenu mezi hnací řemenicí a upevněným koncem řemenu nejvýš rovna délce vedení. V konstrukci se dvěma řemenicemi je délka řemenu od hnací řemenice k saním v jednom směru krátká, ale v druhém směru zhruba dvojnásobek délky vedení. Dvakrát dlouhý řemen se stejnou silou prodlouží o dvojnásobek.

Tuhost stabilizace saní řemenem v určitém konstrukčním uspořádání určíme z délek zatížené a odlehčené části řemenu a tuhosti podle katalogu. Přitom

Předpětí

Předpětí zajistí, že odlehčená větev řemenu se při přenosu mechanického momentu neprověsí a že zuby řemenu nenaběhnou na zuby řemenic, obr. 2. Osvědčené předpětí má hodnotu, která při zatížení převodu zajistí tah v odlehčené větvi alespoň 10 – 30% hnací síly. Velikost předpětí se měří na nezatíženém převodu vhodným přístrojem. Napnutí řemenu na větvi přiměřené délky změříme nejlépe Gatesovým elektronickým

Horizontální nebo vertikální aplikace pro dveřní systémy

přístrojem Sonic se zvukovým analyzátorem. Předpětí dlouhých převodů zjistíme lépe změřením lineárního prodloužení označené délky na řemenu.

Předpětí odlehčené části řemenu se sníží pružným prodloužením natahované zatížené části řemenu. Prodloužení se přitom řemenicí přenese do odlehčené části. Velikost prodloužení roste s délkou zatížené větve, která se mění s posouváním saní ve vedení. Přitom se mění i délka odlehčené větve. V jedné krajní poloze je odlehčená větev krátká, takže vstřebá jen část prodloužení, pak se začne uvolňovat a prověsí se. Podélná tuhost převodu se zmenší na polovinu, protože se uplatní pouze tuhost zatížené větve. Mimoto vznikne nebezpečí, že zuby řemenu naskočí na zuby řemenice. Proto se řemeny přímočarých pohybů předepínají na 100–200 % největšího tahu, potřebného pro pohyb saní, který se v řemenu může vyskytnout. To je 2–4× více než u řemenů uzavřených přes dvě řemenice, u kterých se délky zatížené a odlehčené větve nemění.

Síla pro dimenzování řemenu

V zatížené větvi se při přenosu momentu nebo síly hnací síla přičítá k předpětí, v odlehčené větvi se od předpětí odčítá. Rozhodující pro dimenzování řemenu je největší tažná síla v zatížené větvi. Je potřeba uvážit, že při vyvození hnacího momentu řemenicí se síla na tažené části saní zvětšuje a síla na opačné straně saní zmenšuje, tak jak se hnací síla přičítá nebo odčítá od předpětí. Pro pohyb saní je rozhodující rozdíl tahů na obou stranách. Největší tažná síla v tažné větvi vznikne v té krajní poloze saní, kdy je tažná větev krátká a její pružné prodloužení se vstřebá do odlehčené větve bez znatelného poklesu předpětí. V tom případě je celkový tah v tažné větvi jen o málo menší než součet předpětí a hnací síly.

Pro převod zvolíme tvar ozubení, velikost rozteče a šířku řemenu tak, aby hnací síla k překonání setrvačnosti, vnějších sil na sáně a třecích odporů saní Fa+Fw+Ff nepřekročila přípustnou sílu na zuby řemenu, obr. 2. Volíme tažnou vrstvu, která má 4–10 × vyšší pevnost než je největší tažná síla v tažné větvi T1.

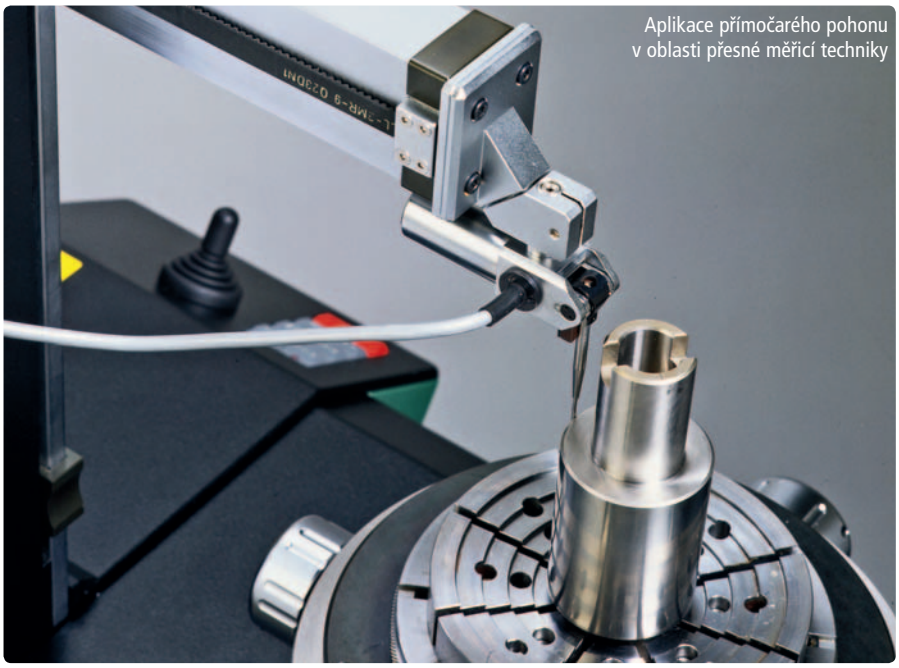
Dodavatel komponent Uzimex

O podrobnou technickou dokumentaci pro vlastní návrh požádejte Uzimex. Technici Uzimexu doporučí pro projekt optimální řemeny, řemenice, pouzdra pro jejich upevnění, koncové příložky, spojky a pomocné řemenové převody od motoru, přímočaré valivé vedení. Jedná li se o malé síly, navrhne pohon motorem do 400 W s převodovkou, snímačem a řídicí jednotkou.

Pro manipulaci v opakované výrobě nabízíme polyuretanové dopravní pásy s ozubením a pro jejich krokování vačkové převodovky. Vačkové stoly provádějí přesně a s optimálním časovým průběhem přerušovaný pohyb po kruhu. Zachytí i velké síly. Vačkové manipulátory pohybují výrobky i po složitých drahách.

Uzimex může dodat měřicí laserové přístroje pro kontrolu přímosti, kolmosti a rovnoběžnosti, laserový interferometr, jednoduchý laser pro kontrolu geometrického usazení řemenic nebo přístroj se zvukovým analyzátorem pro měření předpětí řemenů. Dodává dílenské přístroje měření drsnosti s kvalitou a příslušenstvím pro laboratorní použití. T+T

www.uzimex.cz


Aplikace přímočarého pohonu v oblasti přesné měřicí techniky

PODĚKOVÁNÍ
Ing. Václavu BROŽOVI

Vždy, když odejde z našeho světa člověk, je to smutné.

V dubnu 2008 nás opustil Ing. Václav Brož, špičkový technik a autor mnoha odborných článků, které přinášely novinky ze světa řídicích procesů elektrických pohonů a převodů čtenářům nejednoho odborného periodika.

Někdy po člověku zůstane prázdné místo nejenom mezi známými, kamarády a spolupracovníky, ale i v běžném lidském životě. Nicméně na pana Brože můžeme vzpomínat jako na vitálního technika, který zanechal v našich odborných médiích mnoho kvalitních informací, které nesmazatelně zůstanou v našich archivech.

Ke vzpomínce se připojují kolegové z firmy UZIMEX, kde Ing. Václav Brož pracoval jako hlavní technický inženýr, ale i pracovníci redakce.

redakce T+T Technika a trh