

VĚDECKÉ SPISY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ

Edice PhD Thesis, sv. 432

ISSN 1213-4198

thesis
S
IS

Ing. Štěpán Hampl

**Problematika
konstrukce krytování
u vysokorychlostně obrábějících strojů**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

Ing. Štěpán Hampl

**Problematika konstrukce krytování u
vysokorychlostně obrábějících strojů**

Problems with design of covers
of high - speed machine tools

Zkrácená verze Ph.D. Thesis

Obor: Konstrukční a procesní inženýrství

Školitel: Doc. Dr. Ing. Radek Knoflíček

Oponenti: Ing. Josef Vosolsobě
Doc. Ing. Viera Poppeová, Ph.D.
Prof. Ing. Karol Velíšek, CSc.

Datum obhajoby: 8. 11. 2007

Klíčová slova:

Teleskopický kryt, krytování vedení obráběcích strojů, tlumiče nárazu segmentů teleskopických krytů.

Key words:

Telescopic covers, covers of high - speed machine tools, dampers of shock forces of telescopic covers.

Název pracoviště, na kterém je uložena disertační práce:

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Obsah:

1.	Úvod.....	5
1.1	Důvody použití krytů na vedeních obráběcích strojů.....	5
2.	Současný stav řešené problematiky.....	5
2.1	Základní rozdělení krytů.....	5
2.2	Kryty pohybující se v jedné ose.....	5
2.2.1	Teleskopické kryty.....	6
2.2.2	Skládané měchy.....	6
2.2.3	Rolovací krytování.....	7
2.2.4	Stírací rámečky.....	8
2.2.5	Krytování pohybových šroubů spirálovým pružným krytem.....	9
2.2.6	Dvouosé kryty - deskové provedení typ X-Y.....	9
3.	Mechanismy pro vázaný pohyb teleskopických krytů.....	10
3.1	Obecné vlastnosti mechanismů.....	10
3.2	Nůžkový mechanismus.....	11
4.	Tlumiče rázů teleskopických krytů.....	12
4.1	Popis.....	12
4.2	Přední tlumiče.....	12
4.3	Zadní tlumiče.....	13
5.	Dynamický rozbor nůžkového mechanismu pro vázaný pohyb teleskopických krytů.....	13
5.1	Vyhodnocení dynamického rozboru.....	14
6.	Optimalizace dynamických vlastností TK.....	14
7.	Návrh nové konstrukce předního tlumiče.....	15
8.	Teoretické výsledky disertační práce.....	15
9.	Praktické výsledky disertační práce.....	15
9.1	Výroba experimentálního funkčního vzorku tlumiče.....	15
10.	Shrnutí.....	16
11.	Seznam použité literatury.....	17
12.	Použité www stránky.....	20
13.	Přehled publikací.....	22
13.1	Publikace.....	22
13.2	Díla.....	23
14.	Summary.....	24

1. Úvod

1.1 Důvody použití krytů na vedeních obráběcích strojů

Použití krytů u obráběcích strojů je podmíněno mnoha důvody, nejdůležitějším je zamezení vniknutí nečistot a řezné kapaliny na přesné vodící plochy obráběcího stroje. Tento požadavek souvisí se zachováním přesnosti, se kterou obráběcí stroj pracuje a s životností vodících ploch, na kterých značně závisí celá přesnost stroje. Dalším důvodem proč se kryty používají je splnění bezpečnostních požadavků při provozu obráběcího stroje, což souvisí se zamezením přístupu pracovníka, nebo obsluhy stroje k nebezpečným pohyblivým částem stroje a tím k možnosti vzniku úrazu. Posledním důvodem je vylepšení estetického vzhledu obráběcího stroje, kdy použité krytování navozuje dojem kompaktnosti celého stroje.

2. Současný stav řešené problematiky

2.1 Základní rozdělení krytů

Kryty můžeme dělit na:

- Kryty pohybující se v jedné ose
 - Teleskopické kryty*
 - Skládané měchy*
 - Rolovací krytování*
- Stírací rámečky
- Krytování pohybových šroubů spirálovým pružným krytem
- Dvousé kryty – deskové provedení typ X-Y

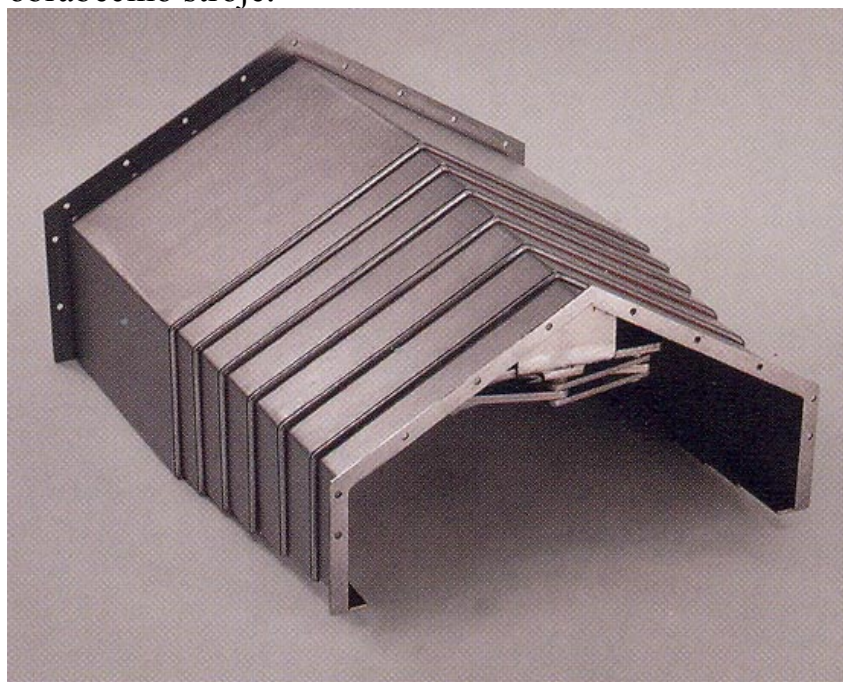
Teleskopické kryty a některé měchy se dále mohou dělit na kryty s mechanismem pro vázaný pohyb segmentů krytu a bez tohoto mechanismu.

2.2 Kryty pohybující se v jedné ose

Mohou být vyrobeny z ocelových nebo nerezových plechů, plastů, pryže nebo kompozitů a pod. Tento typ krytování chrání pouze jednu pohybovou osu stroje. Má-li stroj více pohyblivých os, u kterých je nutné použít krytování vedení, pak je nutné každou tuto osu opatřit vlastním krytem.

2.2.1 Teleskopické kryty

Teleskopický kryt (viz obr. 2.2.1) (dále jen TK) je jedním z nejpoužívanějších typů jednoosých krytů. Vyrábí se z ocelových nebo nerezových plechů, konstrukce je robustní a odolává i velkým vnějším zatížením. Skládá se z několika do sebe zasunutých dílů, pro vyšší posuvové rychlosti (od 50 do 140 m/min) je opatřen rozvíracím mechanismem pro vázaný pohyb jednotlivých dílů. U nižších posuvových rychlostí (do 50 m/min) a menších hmotností se u TK vystačí pouze s tlumiči nárazů. Okraje jednotlivých segmentů TK jsou po obvodě opatřeny stíracími lištami, vyrobenými většinou z polyuretanu, které brání vniknutí řezné kapaliny a drobných nečistot do krytovaného prostoru obráběcího stroje.

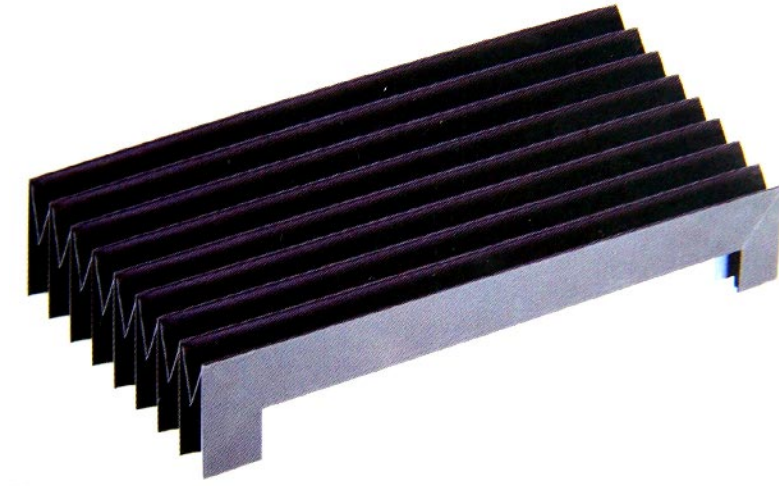


Obr. 2.2.1 Teleskopický kryt střečového tvaru [5].

2.2.2 Skládané měchy

Tento kryt je vhodný, vzhledem ke své nepatrné hmotnosti, pro krytování částí stroje, pohybujících se s vyššími rychlostmi a zrychleními. Tvarem je toto krytování podobné tahací harmonice. Vyrábí se z vícevrstevných umělých tkanin nebo pryže. Kryt však není možné použít v aplikacích, kde by hrozilo větší zatížení jeho povrchu, například od obrobku, nástroje nebo třísek vzniklých obráběním. Pro zvýšení tepelné odolnosti tohoto krytu se na hřbetové spoje připevňují tenké kovové lišty (šupiny, nebo lamely), které zajistí oddělení

žhavých třísek od povrchu měchu. Tvary profilů těchto krytů se vyrábějí ve třech základních variantách: tvar žaluziový, U-profil a různé uzavřené profily, které slouží ke krytování převážně pohybových šroubu nebo válcových vedení obráběcích strojů.

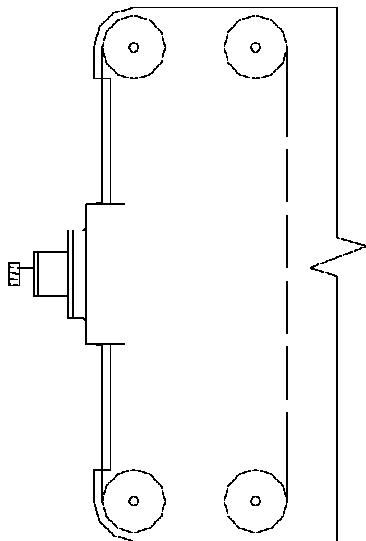


Obr. 2.2.2 Skládáný měch [3].

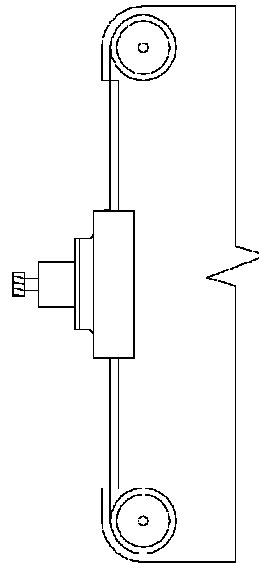
Měchy jsou dále vybaveny nosnými rámečky z PVC, které slouží pro udržení krytu v pevném tvaru. Rámečky jsou připevněny mezi švy vždy ke každému spoji. Svoji vnitřní plochou se rámečky pohybují po vedení stroje, a tak měch podpírají v celé jeho délce. U některých aplikací pro větší zdvihy je měch doplněn jednoduchým nůžkovým mechanismem pro vázaný pohyb

2.2.3 Rolovací krytování

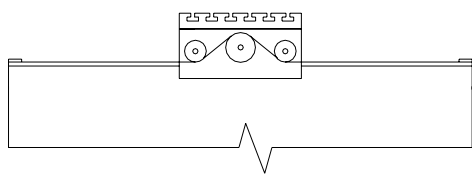
Tento typ krytů má stejně jako skládané měchy nízkou hmotnost a lze jej tedy použít u obráběcích strojů, které pracují s vyššími rychlostmi a zrychleními. Pás rolety se vyrábí z vícevrstvé syntetické tkaniny a pryže nebo tenkého pružného plechu. Nevýhodou tohoto krytu je nízká odolnost vůči vnějšímu zatížení a nebo poškození od žhavých třísek. Umístění rolovacího krytování bývá tedy z těchto důvodů ve svislé poloze, kde nemůže být kryt tolik ohrožen vnějším zatížením například od hmotnosti třísek. Většinou se používají čtyři konstrukční uspořádání



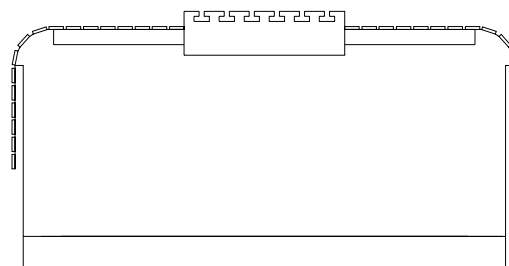
Obr. 2.2.3 Uzavřený systém.



Obr. 2.2.4 Navijákový systém.



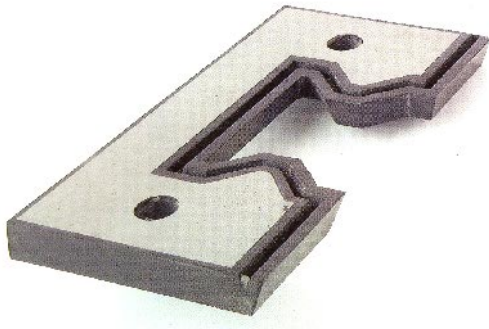
Obr. 2.2.5 Systém s pevnými konci.



Obr. 2.2.6 Systém s volnými konci.

2.2.4 Stírací rámečky

Stírací rámečky se vyrábí z nosného kovového rámu, na němž je navulkanizován pryžový nebo plastový stěrač, nebo může být do rámu zasunut. Rámečky tvarem přesně kopírují profil vedení obráběcího stroje, které stírají. Pomocí otvorů na čelní stěně se stírací rámečky šroubují k valivému nebo kluznému vedení. Při pohybu dochází k stírání plochy a rámeček tak brání vniknutí drobných nečistot do vnitřního prostorů valivého, nebo kluzného vedení. Tyto rámečky bývají i v provedení s malým zásobníkem pro mazivo k mazání vedení. Stírací rámečky většinou dodávají výrobci jako součást valivého nebo kluzného vedení.



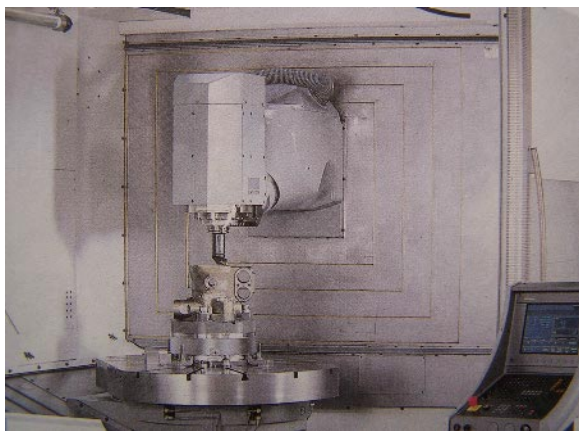
Obr. 2.2.7 Stírací rámeček [5].

2.2.5 Krytování pohybových šroubů spirálovým pružným krytem

Tento kryt se používá pro ochranu pohybových šroubů a jiných válcových částí obráběcího stroje. Poskytuje kvalitní trvalou ochranu vůči řezné kapalině a třískám. Má také vysokou odolnost proti tepelnému zatížení. Vyrábí se navíjením pásů z pružinové oceli. Okraje těchto pásů jsou zaobleny pro snadné posouvání.

2.2.6 Dvouosé kryty - deskové provedení typ X-Y

Tento typ krytování chrání vedení obráběcího stroje při pohybu vřeteníku ve dvou osách současně. Používá se hlavně u obráběcích center s vodorovnou osou vřeteníku (viz obr. 2.2.8) Konstrukce dvouosého krytu je složitější a dražší, než je u krytů jednoosých. Z tohoto důvodu není ani použití dvouosého deskového krytu příliš časté. Pro výrobu se používá ocelových nebo nerezových plechů, které jsou po obvodě vyztuženy plechovým rámem. V rozích jsou pak společně spojeny prostřednictvím mechanismu pro vázaný pohyb, nazývaným též nůžkový mechanismus se širokými rameny.



Obr. 2.2.8 Deskový TK na frézovacím obráběcím centru s vodorovnou osou vřeteníku [39].

3. Mechanizmy pro vázaný pohyb teleskopických krytů

3.1 Obecné vlastnosti mechanismů

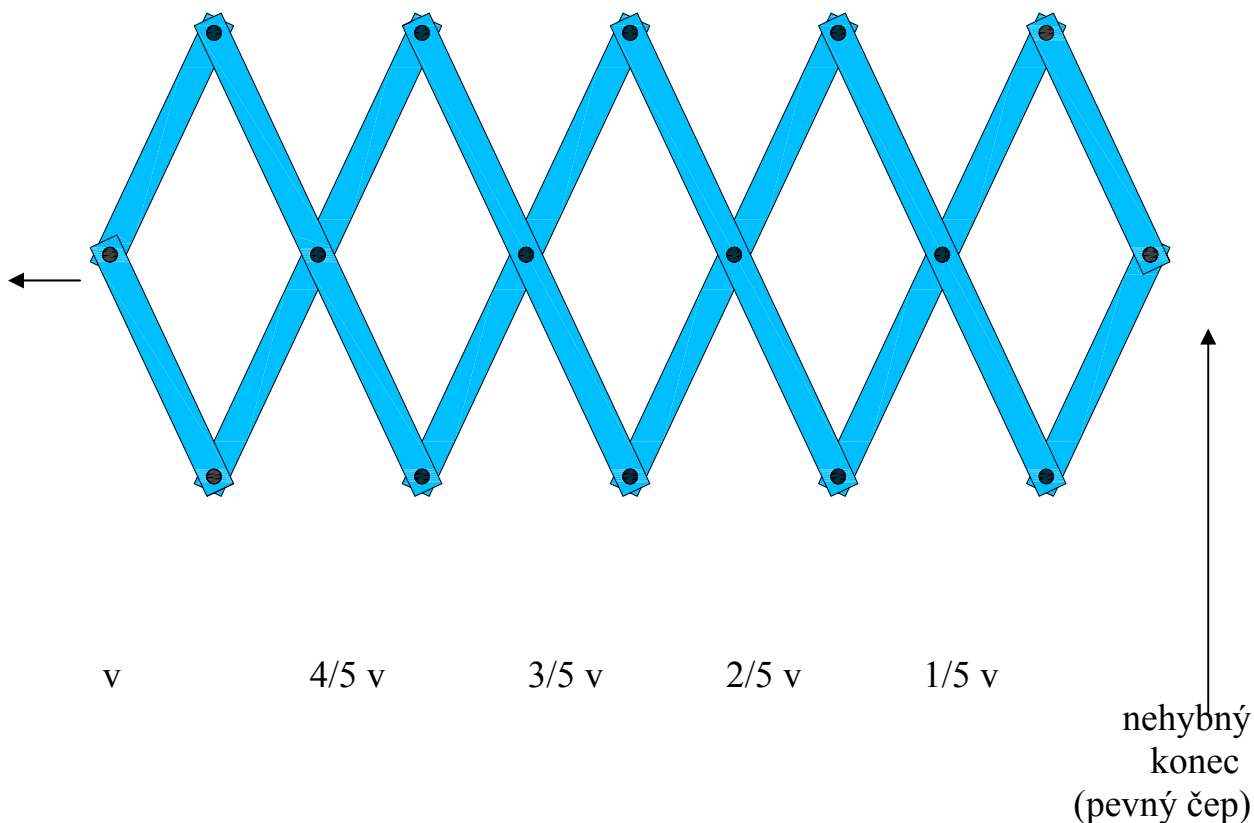
Existuje několik typů mechanismů pro vázaný pohyb krytů (dále jen mechanismů). Tyto mechanismy mají za úkol plynulé vysouvání všech segmentů krytu současně a zabraňují vzniku rázových sil. Rázové síly vznikají důsledkem vzájemných střetů spolu zabírajících segmentů u teleskopických krytů bez těchto mechanismů. Mezi největší výhody teleskopického krytu používající mechanismus patří možnost jeho použití i pro vyšší posuvové rychlosti až do 200 m/min a zrychlení 2g - uvádí firma Keyarrow [7]. Do nevýhod se zahrnuje hlavně vyšší (až dvojnásobná) cena krytu a velké třecí síly, způsobené současným pohybem všech dílů. Teleskopické kryty které nemají tyto mechanismy musí být opatřeny tlumiči rázových sil a lze je použít pouze pro maximální posuvové rychlosti (kolem 30 až 50 m/min). K výhodám teleskopických krytů bez mechanismu patří jednoduchost výroby a nižší cena krytu. Pro srovnání je zde uvedena (tab. 3.1), ve které jsou shrnuty hlavní výhody a nevýhody teleskopického krytu s mechanismem a bez mechanismu.

Tab. 3.1 Tabulka výhod a nevýhod teleskopických krytů s mechanismem pro vázaný pohyb a bez tohoto mechanismu.

TELESKOPICKÝ KRYT S MECHANIZMEM PRO VÁZANÝ POHYB		TELESKOPICKÝ KRYT BEZ MECHANIZMU PRO VÁZANÝ POHYB	
VÝHODY:	<ul style="list-style-type: none"> * pohyb krytu je plynulý * kryt lze použít pro vyšší rychlosti (do 150 m/min) 	VÝHODY:	<ul style="list-style-type: none"> * tření ve stěrači je pozitivní - brzdí setrvačnou sílu * výsledná třecí síla od stěračů je nižší pohybuje se pouze jeden díl krytu * nižší cena krytu * jednodušší konstrukce
NEVÝHODY:	<ul style="list-style-type: none"> * vyšší cena krytu * tření ve stěrači působí negativně * výsledná třecí síla od stěračů je velká současný pohyb všech dílů krytu * vyšší hmotnost 	NEVÝHODY:	<ul style="list-style-type: none"> * vznikají rázy při vzájemných střetech dílů krytu * použití pro nižší rychlosti do (50m/min)
MOŽNÁ VYLEPŠENÍ:	<ul style="list-style-type: none"> * snížení třecí síly na stěrači, pro použití na vyšších rychlostí a zrychlení * zjednodušení výroby mechanismu z důvodů nižších výrobních nákladů * zdokonalit mechanismus např. natočením U-drážky o 45° 	MOŽNÁ VYLEPŠENÍ:	<ul style="list-style-type: none"> * zdokonalit přední tlumič krytu pro jeho použití i na vyšší rychlosti a zrychlení

3.2 Nůžkový mechanismus

Nejčastěji používaným mechanismem je tzv. nůžkový mechanismus. Je složen z několika ramen vyrobených z plechu, nebo z rovného profilu. Ramena jsou vzájemně spojena pomocí čepů. Čepy umístěné na krajních stranách slouží pro přenos síly na sousední ramena. Čepy umístěné v prostřední řadě mechanismu jsou spojeny k jednotlivým segmentům teleskopického krytu, kterými posouvají a jsou tedy namáhány na ohyb a na otláčení od síly potřebné na zrychlení jednotlivých segmentů krytu. Prostřední čepy jsou tedy ve srovnání s čepy krajními namáhány více přibližně dvakrát. Rozdílné silové namáhání čepů také souvisí s různě velikými rychlostmi a zrychleními jednotlivých čepů. Konstrukce nůžkového mechanismu totiž zajišťuje to, že poslední čep (ten nejvzdálenější vzhledem k čepu, který se nepohybuje) urazí největší dráhu a má největší rychlost a zrychlení a přenáší největší sílu. Směrem k pevnému čepu ujeté dráhy, velikosti rychlostí, zrychlení a přenášené síly ostatních čepů rovnoměrně klesají, což je také důsledkem klesající síly potřebné pro zrychlení jednotlivých dílů krytu. Pro uvedený příklad nůžkového mechanismu na (obr.3.2). s pěti pohyblivými čepy a jedním pevným se tedy poslední čep pohybuje rychlostí pětinasobnou v porovnání s prvním pohybujícím se čepem - to samé platí i pro ujetou dráhu a zrychlení posledního čepu.



Obr. 3.2 Velikosti rychlostí čepů nůžkového mechanismu.



Obr. 3.3 Teleskopický kryt s nůžkovým mechanismem pro vázaný pohyb [5].

4. Tlumiče rázů teleskopických krytů

4.1 Popis

Tlumiče rázů se používají u teleskopických krytů bez mechanismů pro vázaný pohyb, s posuvovými rychlostmi vyššími než 12 m/min. Tlumiče teleskopických krytů lze rozdělit na tlumiče rázů při roztahování teleskopického krytu (přední, za stěračem) a tlumiče pro tlumení rázů při skládání krytu (na zadní stěně). Vzhledem ke konstrukci teleskopických krytů je prostor pro tlumiče na zadní stěně zpravidla výrazně větší než pro tlumiče za stěračem. Jelikož se pro oba typy tlumičů používají stejné materiály a oba tlumiče musí tlumit stejnou energii, jsou pro teleskopický kryt kritické tlumiče za stěračem (přední).

4.2 Přední tlumiče

Jako tlumiče za stěračem k tlumení rázů při roztahování teleskopického krytu se standardně používají prvky z pryže, polyuretanu, případně pěnového polyuretanu, které jsou upevněny pod krytem za stěračem, nebo přímo integrovány do stěrače. Vzhledem k malému prostoru, který je mezi jednotlivými díly krytu, jsou tyto tlumiče značně limitujícím prvkem při návrhu

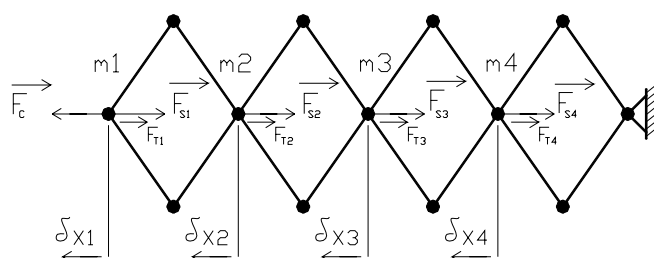
krytu. Omezený rozměr tlumiče v rovině kolmé na směr pohybu nepříznivě ovlivňuje také maximální možný zdvih tlumiče a tím snižuje energii, kterou je tlumič na této dráze schopen utlumit. Ačkoli je toto řešení pro velmi lehké kryty použitelné až do rychlosti 30-50 m/min, pro standardní kryty maximální rychlost klesá na 20-30m/min a u těžkých nebo velmi těžkých krytů jejich použitelnost klesá na 15-20 m/min, případně jsou zcela nepoužitelné. U předních tlumičů se také ojediněle používají soustavy vinutých pružin, jejich použití je ovšem náročné a zvyšuje stavební výšku celého krytu. Nevýhodou těchto typů tlumičů je také to že pružiny velmi často praskají, protože jsou navinuty z tlustého drátů na poměrně malý průměr - z důvodů minimalizace vlastních rozměrů pružiny. Vzhledem ke zvyšujícím se požadavkům na rychlost pohybu strojů je třeba vyvinout řešení tlumení krytů, které by umožnilo tlumení i při vyšších rychlostech, respektive hmotnostech krytu a odstranilo některé nepříznivé vlastnosti stávajících řešení při použití v mezních oblastech

4.3 Zadní tlumiče

Zadní tlumiče jsou umístěny na svislé zadní stěně segmentu teleskopického krytu. Toto umístění je již co se týče prostoru podstatně výhodnější a není již tak kritické jak tomu je u předních tlumičů. Dá se zde použít více typů tlumičů různých konstrukcí a z různých materiálů. Vyrábí se z pryže, pěnové hmoty, nebo s použitím spirálových pružin. Ojediněle se také používají u velkých krytů tlumiče hydraulické, nebo plynové, jsou však velmi drahé.

5. Dynamický rozbor nůžkového mechanismu pro vázaný pohyb teleskopických krytů

K sestavení pohybové rovnice dynamiky byl použit princip virtuálních prací [13] [59].



$$\begin{array}{cccc} \vec{v} & \frac{3\vec{v}}{4} & \frac{\vec{v}}{2} & \frac{\vec{v}}{4} \\ \vec{\alpha} & \frac{3\vec{\alpha}}{4} & \frac{\vec{\alpha}}{2} & \frac{\vec{\alpha}}{4} \end{array}$$

Obr.5.1 Dynamický popis nůžkového mechanismu.

$$\delta L = F_C \delta_{x1} - F_{T1} \delta_{x1} - m_1 a_1 \delta_{x1} - F_{T2} \delta_{x2} - m_2 a_2 \delta_{x2} - F_{T3} \delta_{x3} - m_3 a_3 \delta_{x3} - F_{T4} \delta_{x4} - m_4 a_4 \delta_{x4} = 0 \quad (5.2)$$

δ_{x1}, a_1 jsou voleny jako nezávislé parametry

$$\begin{aligned} \delta_{x2} &= \frac{3}{4} \delta_{x1} & a_2 &= \frac{3}{4} a_1 \\ \delta_{x3} &= \frac{1}{2} \delta_{x1} & a_3 &= \frac{1}{2} a_1 \\ \delta_{x4} &= \frac{1}{4} \delta_{x1} & a_4 &= \frac{1}{4} a_1 \end{aligned} \quad (5.3)$$

Po dosazení do rovnice:

$$\delta L = F_C \delta_{x1} - F_{T1} \delta_{x1} - m_1 a_1 \delta_{x1} - F_{T2} \frac{3}{4} \delta_{x1} - m_2 \frac{3}{4} a_1 \frac{3}{4} \delta_{x1} - F_{T3} \frac{\delta_{x1}}{2} - m_3 \frac{a_1}{2} \frac{\delta_{x1}}{2} - F_{T4} \frac{\delta_{x1}}{4} - m_4 \frac{a_1}{4} \frac{\delta_{x1}}{4} = 0 \quad (5.4)$$

Jsou vytknuty δ_{x1} a získána výsledná rovnice

$$\begin{aligned} \delta L &= \delta_{x1} \left[F_C - F_{T1} - m_1 a_1 - \frac{3}{4} F_{T2} - \frac{9}{16} m_2 \cdot a_1 - \frac{1}{2} F_{T3} - \frac{1}{4} m_3 \cdot a_1 - \frac{1}{4} F_{T4} - \frac{1}{16} m_4 \cdot a_1 \right] = 0 \\ 0 &= F_C - F_{T1} - m_1 a_1 - \frac{3}{4} F_{T2} - \frac{9}{16} m_2 \cdot a_1 - \frac{1}{2} F_{T3} - \frac{1}{4} m_3 \cdot a_1 - \frac{1}{4} F_{T4} - \frac{1}{16} m_4 \cdot a_1 \\ F_C &= F_{T1} + m_1 a_1 + \frac{3}{4} F_{T2} + \frac{9}{16} m_2 \cdot a_1 + \frac{1}{2} F_{T3} + \frac{1}{4} m_3 \cdot a_1 + \frac{1}{4} F_{T4} + \frac{1}{16} m_4 \cdot a_1 \end{aligned}$$

5.1 Vyhodnocení dynamického rozboru

Z výše získané rovnice jsme schopni vypočítat celkovou sílu F_C , potřebnou pro vlastní pohyb krytu, pro případ známých hmotností jednotlivých segmentů krytu, třecích sil od stěračů a zrychlení, se kterým se bude kryt pohybovat.

6. Optimalizace dynamických vlastností TK

V NMU působí ve vodící drážce třecí síla. Je dána součinem setrvačné síly F_s (F_s působí kolmo na směr pohybu v drážce) a součinitelem valivého tření ξ . Změnou velikosti těchto dvou veličin můžeme tedy měnit i velikost výsledné třecí síly. Součinitel valivého tření se dá snížit použitím kvalitnějšího materiálu vodící drážky, nebo dobrým mazáním drážky. Setrvačnou sílu F_s je možné snížit buď použitím lehčích materiálu krytu, nebo omezením zrychlení krytu, což je

však nežádoucí. U mechanismu v provedení NMU lze snížení třecí síly také dosáhnout změnou směru síly F_s a jejím následným rozkladem. Změnu směru síly F_s lze realizovat natočením profilové lišty s U-drážkou. U mechanismu v provedení s profilovými lištami tvaru U rovnoběžně za sebou, je normálová síla přímo síla setrvačná. Při natočení lišt například o úhel 45° však bude v kolmém směru na U-drážku působit pouze jedna ze složek setrvačné síly, která bude menší, než síla setrvačná

7. Návrh nové konstrukce předního tlumiče

V této práci byla navržena nová konstrukce předního tlumiče pro utlumení větších kinetických energií. Použití tohoto tlumiče směřuje k velkým a těžkým TK, u kterých zatím není zcela vyřešeno tlumení nárazových sil jednotlivých segmentů TK. V disertační práci je uveden jednodušší a levnější návrh konstrukce tlumiče s použitím svazku pružinových drátů. Další typ konstrukce tlumiče s použitím listových pružin je uvedena v příloze a byl vyroben ve spolupráci s firmou Hestego s.r.o.[5] Součástí přílohy disertační práce je výkresová dokumentace tohoto tlumiče (viz. příloha na CD).

8. Teoretické výsledky disertační práce

Jedním z výsledků této disertační práce bylo nové konstrukční řešení předního tlumiče, které vycházelo z výsledků rozboru průhybů, v kapitole analýza variant navržených pružných členů. Dále byl vytvořen 3D model tohoto tlumiče a následně proveden výpočet deformací pomocí MKP.

9. Praktické výsledky disertační práce

9.1 Výroba experimentálního funkčního vzorku tlumiče

Pro další ověřování a porovnávání teoretických výpočtů a praktických změřených hodnot průhybu (stlačení) byl tlumič vyroben ze svazku pružinových drátů a ocelových profilů. Dále pak byl prakticky testován na univerzálním zkušebním stroji ZWICK Z020. Bylo provedeno několik měření stlačení tlumiče a změřené výsledky pak byly dále statisticky zpracovány a porovnány s teoretickými vypočítanými hodnotami stlačení tlumiče. Rozdíl byl asi $\pm 7\%$.

10. Shrnutí

Tato disertační práce se zabývá rozbohem současného stavu techniky v oblasti krytování vedení obráběcích strojů. Dále se tato práce specializuje pouze na konkrétní problematiku konstrukce teleskopických krytů. Použití teleskopických krytů i pro vyšší posuvové rychlosti OS je důsledkem stále se zvyšujících požadavků na dynamické parametry OS. Vylepšení konstrukce a vlastností TK a jeho součástí je tedy pro splnění stanovených cílů této disertační práce hlavním úkolem této práce. Pro splnění tohoto požadavku byl vyvinut nový přední tlumič pro TK.

Tento nový přední tlumič je určen pro rozměrnější TK s větší hmotností, kde už nevyhovují běžné současné tlumicí systémy, nebo tlumení těchto vyšších hmotností přináší větší náklady na konstrukci TK.

Použití tlumiče v praxi by mělo zajistit použitelnost rozměrnějších TK i pro vyšší posuvové rychlosti a snížení nákladů na konstrukci TK.

Výsledek disertační práce je tedy možnost použití větší a těžších TK pro vyšší posuvové rychlosti, při současném zachování ekonomičnosti jejich výroby.

Výsledkem této disertační práce je také podání přihlášky užitného vzoru s žádostí o zápis do rejstříku Úřadu průmyslového vlastnictví. Název užitného vzoru : „tlumicí zařízení pro teleskopické kryty“ jednacím číslem: PUV 2006-18333. V současné době se také zpracovává „Smlouva o společném výzkumu a vývoji a využití výsledků společného výzkumu a vývoje tlumicího zařízení pro teleskopické kryty“ mezi VUT FSI Brno a firmou Hestego s.r.o. Výškově a výhledově se také uvažuje rozšíření užitného vzoru PUV 2006-18333 na evropský patent.

11. Seznam použité literatury

- [1] WECK Manfred
Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme Konstruktion und Berechnung,
Band 2 VDI Verlag, Düsseldorf 2001, ISBN 3-18-401384-7
- [2] WALTHER Eduard a kol.
Technické vzorce, vydalo Alfa nakladatelství technické a ekonomické
literatury, Bratislava 1982, ISBN 63-164-84
- [6] Firemní literatura
Zakrytí vodících ploch obráběcích strojů, Továrny strojírenské
techniky, Praha 1969 podnikové normy
- [9] TOLNAY L. Magdolen M.
Napěťová analýza teleskopických krytů obráběcích strojů, článek ve
sborníku z konference Setkání ústavů a kateder oboru výrobní stroje
a robotika ČVUT v Praze, Praha 2003, ISBN 80-01-02815-1
- [13] MIŠUN Vojtěch
Dynamika výrobních strojů, 2. vydání, učební texty VUT Brno
Nakladatelství VUT v Brně 1991, ISBN 80-214-0297-0
- [14] MIZUNO Shigeru
Řízení jakosti, Z amerického originálu přeložil Ing. P. Soukup vydalo
Victoria publishing a.s., Praha 1988 ISBN 80-85605-38-4
- [15] VAVŘÍK Ivan, Blecha Petr
Jakost II, metody a nástroje zabezpečování jakosti, interní učební texty
ÚVSSR VUT Brno, 1998
- [16] ČERNOCH Svatopluk
Strojně technická příručka I, 13. upravené vydání SNTL Praha 1977,
ISBN 04-224-77
- [17] ČERNOCH Svatopluk
Strojně technická příručka II, 13. upravené vydání SNTL Praha 1977,
ISBN 04-224-77
- [18] LEINVEBER Jan, Řasa Jaroslav, Vávra Pavel
Strojnické tabulky – 3. upravené a doplněné vydání, vydalo pedagogické
nakladatelství Praha 1999, ISBN 80-7183-164-6

- [19] FIALA J., Bebr A., Matoška Z.
Strojnické tabulky I, materiály pro strojnickou výrobu vydalo SNTL Praha 1987, ISBN 04-202-87
- [21] BRENÍK Přemysl, PÍČ Josef a kol.
Obráběcí stroje, konstrukce a výpočty, vydalo SNTL Praha 1986 ISBN 04-235-86
- [22] ZILVAR Václav
Plasty a kompozity laboratorní cvičení, vydalo nakladatelství ČVUT, učební texty ČVUT, Praha 1990
- [40] BORSKÝ Václav
Obráběcí stroje, 1. vydání, učební texty VUT Brno, vydalo VUT Brno 1992, ISBN 80-214-0470-1
- [42] KOLÁŘ Petr, Ondráček Miroslav
Surface covering for high dynamic movable axis, mezinárodní konference MATAR ČVUT, článek ve sborníku, Praha 2004, ISBN 80-903421-3-2
- [44] MRŇÁK Ladislav, Drdla Alexandr
Mechanika, pružnost a pevnost, 3. opravené vydání, vydalo SNTL Praha 1980, ISBN 04-005-80
- [45] KLEPŠ Zdeněk, Nožička Jiří a kol.
Technické tabulky, vydalo SNTL Praha 1977, ISBN 04-228-77
- [46] ORLOV Pavel
Základy konštruovania, vydalo Alfa nakladatelství technické a ekonomické literatury Bratislava 1979, ISBN 63-184-79
- [47] JENČÍK Josef, Kun Ludvík a kol.
Technická měření ve strojnictví, vydalo SNTL Praha 1982, 04-223-82
- [48] MACA Radek
Power point 2000, první vydání, Grada Publishing, spol. s.r.o. Praha 1999, ISBN 80-7169-862-8

- [49] NĚMEC Jaroslav, Dviřák Jan, Hosch Cyril
Pružnost a pevnost ve strojírenství, vydalo SNTL Praha 1989,
ISBN 80-03-00193-5
- [50] BOLEK Alfred, Kochman Josef a kol.
Části strojů 1. svazek, páté přepracované vydání, vydalo SNTL Praha
1989, ISBN 80-03-00046-7
- [51] BOLEK Alfred, Kochman Josef a kol.
Části strojů 2. svazek, páté přepracované vydání, vydalo SNTL Praha
1990, ISBN 80-03-00426-6
- [52] MIROLJUBOV I.N. a kol.
Řešení úloh z pružnosti a pevnosti, druhé vydání SNTL Praha 1982,
04-210-82
- [53] BROUSIL Jaromír, Slavík Jaromír, Zeman Vladimír
Dynamika, vydalo SNTL Praha 1989, ISBN 80-03-00164-1
- [54] KŘÍŽ Rudolf, Vávra Pavel
Strojírenská příručka 1. svazek, Veličiny a jednotky, Matematika, Elektrotechnika, vydalo SNTL Praha 1992, ISBN 80-03-00-680-5
- [55] KŘÍŽ Rudolf, Vávra Pavel
Strojírenská příručka 2. svazek, Měřicí technika a bezdemontážní diagnostika, Regulační technika. CIM-počítačová podpora výrobního procesu, vydalo SNTL Praha 1993, ISBN 80-85827-00-X
- [56] KŘÍŽ Rudolf, Vávra Pavel
Strojírenská příručka 5. svazek, Technika konstruování, Technická dokumentace, Části strojů a převody (1. část), vydalo SNTL Praha 1994,
ISBN 80-85827-59-X
- [57] KŘÍŽ Rudolf, Vávra Pavel
Strojírenská příručka 6. svazek, Části strojů a převody (2. část), vydalo
SNTL Praha 1995, ISBN 80-85827-88-3
- [58] KŘÍŽ Rudolf, Vávra Pavel
Strojírenská příručka 8. svazek, Tváření, Výrobky ze slinovaných prášků, Výrobky z plastů, svařování součástí, protikorozní ochrana materiálů,
vydalo SNTL Praha 1998, ISBN 80-7183-054-2

- [59] JULIŠ Karel, Brepta Rudolf a kol.
Mechanika II. díl Dynamika, vydalo SNTL Praha 1987, 04-220-87
- [60] ŠKRÁŠEK Josef, Tichý Zdeněk
Základy aplikované matematiky III, vydalo SNTL Praha 1990, 04-502-90
- [61] BLECHA Petr
Quality Assurance in the Design of machining Centres with the QSOFD Method, DAAAM International Scientific Book 2003, ISSN 1726-9687, ISBN 3-901-509-36-4
- [62] BLECHA Petr
Quality & Reliability & Safety Assurance of Production Machines with the Aid of MQD Method, MATAR 2004, ISBN 80-903421-2-4

12. Použité www stránky

- [3] Stránky firmy Hema www.advantage-hema.de
- [4] Stránky firmy Tecnimetal www.tecnimetal.com
- [5] Stránky firmy Hestego www.hestego.cz
- [7] Stránky firmy Keyarrow www.keyarrow.com
- [8] Stránky firmy Hennig www.hennig-gmbh.de
- [10] Stránky obsahující informace o plastech www.dupont.com/kevlar/
- [11] Stránky obsahující informace o plastech
www.lbl.gov/MicroWorlds/Kevlar/KevlarPutting.html
- [12] Odkaz na www stránkách obsahující informace o Kevlaru
www.en.wikipedia.org/wiki/Kevlar
- [23] Stránky firmy Oso Olomouc www.oso-olomouc.cz
- [24] Stránky firmy Kovosvit www.kovosvit.cz
- [25] Stránky firmy TOS Hulín www.toshulin.cz

- [26] Stránky firmy TOS Varnsdorf www.tosvarnsdorf.cz
- [27] Stránky firmy ZMT www.z-m-t.de
- [28] Stránky firmy Thissen thissen-gmbh.de
- [29] Stránky firmy Irudex www.irudex.com
- [30] Stránky firmy Kabelschlepp www.kabelschlepp.de
- [31] Stránky firmy Číhal www.cihal.cz
- [32] Stránky firmy Sermeto www.sermeto-ei.com
- [33] Stránky firmy Eitec www.eitec.de
- [34] Stránky firmy PEI www.pei-gmbh.com
- [35] Stránky firmy Arnold www.arno-arnold.de
- [36] Stránky firmy Gortite www.gortite.com
- [37] Stránky firmy Kuehner www.kuehner.de
- [38] Stránky firmy Emagindia www.emagindia.com
- [39] Stránky firmy Deckel Maho Gildemeister www.dmgczech.com
- [41] Stránky Výzkumného centra pro strojírenskou výrobní techniku ČVUT
www.rcmt.cvut.cz
- [43] Stránky firmy Bosch Rexroth www.boschrexroth.cz

13. Přehled publikací

13.1 Publikace:

Hampl Š. (2007)

Dampers of shock forces of telescopic covers

Education Research Innovation ERIN 2007 25-26.4. 2007 Bratislava,
ISBN 978-80-227-2636-8

Hampl Š. (2006)

Mechanismy pro vázaný pohyb teleskopických krytů

MM Průmyslové spektrum, No.10, (2006), pp.74-75, ISSN 1212-2572,
MM Publishing, s. r. o.

Hampl Š. (2006)

Parametry krytů vedení obráběcích strojů

MM Průmyslové spektrum, No.7,8, (2006), pp.68-69, ISSN 1212-2572,
MM Publishing, s. r. o.

Hampl Š. (2006)

Kinematic and dynamic analysis of scissor mechanism of telescopic covers

AED 2006 Advanced Engineering Design 11-14.6. 2006 Prague,
ISBN 80-86059-44-8

Knoflíček, R., Hampl Š. (2005)

Vlastnosti a konstrukce krytování pohyblivých částí obráběcích strojů

MM Průmyslové spektrum, No.11, (2005), pp.54-56, ISSN 1212-2572,
MM Publishing, s. r. o.

Nevrlý J., Vaďura, Hampl Š. (2004)

Funkční vzorek hydrostatického vedení smykadla svislého soustruhu

Výzkumná zpráva Brno 2004

13.2 Díla

Hampl Š. (2006)

Tlumící zařízení pro teleskopické kryty

Užitný vzor

Podán dne 4.12. 2006 na Úřadu průmyslového vlastnictví, Antonína Čermáka 2a
160 68 Praha 6 č. jednací: PUV 2006-18333

Projekt: Simulační modelování mechatronických soustav č. MSM 0021630518
útvár ÚVSSR

Hampl Š. (2006)

Tlumící zařízení pro teleskopické kryty se svazkem pružinových drátů

Funkční vzorek

Projekt: Simulační modelování mechatronických soustav č. MSM 0021630518
útvár ÚVSSR

Hampl Š. (2007)

Tlumící zařízení pro teleskopické kryty se svazkem listových pružin

Funkční vzorek

Projekt: Simulační modelování mechatronických soustav č. MSM 0021630518
útvár ÚVSSR

14. Summary

This dissertation work deal with analysis contemporary state of the technic in the area of cover bearing of machine tools. Further this work specialize only on concrete problems construction of telescopic covers. Using telescopic covers for higher feed velocity of machine tools follow of always raising requirements of dynamic characteristics of machine tools. Improvement construction and quality of telescopic covers and his parts is for discharge purpose this dissertation work as main task. To performance this requirements was developed new front shock absorber for telescopic covers.

This new front shock absorber is destined for telescopic covers with bigger weight, where common shock absorbers are unsatisfactory, or absorbing these bigger weights bears bigger financial expenses on construction of telescopic covers.

Practice using this new front shock absorber would had ensure usability bigger weight telescopic covers for higher feed velocity and cost reduction of construction of telescopic covers.

Result this dissertation work is possibility using bigger TK for higher feed velocity , and preservation economy their producing.