

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Krytování obráběcích strojů

Autor: **Jan KOŘÍNEK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Zdeněk HUDEC, CSc.**

Akademický rok 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan KOŘÍNEK**
Osobní číslo: **S13B0151K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Krytování obráběcích strojů**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Proveďte rešerši v dané oblasti. Zpracujte tematiku z hledisek principů, srovnání jednotlivých koncepcí, konstrukčních provedení, užitných vlastností a aplikací.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rešerše konstrukčních řešení u vybraných výrobců obráběcích strojů a dodavatelů krytí pro obráběcí stroje
2. Projekt krytí pro zadaný typ stroje
3. Konstrukční návrh vybrané varianty
4. Detail vybrané součásti
5. Technicko - ekonomické hodnocení navržené konstrukce

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

MAREK, J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů.* Praha: MM publishing, 2010


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Zdeněk Hudec, CSc.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Zdeněk Hudec, CSc.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kořínek	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	B 2301 – Strojní inženýrství		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hudec, CSc.	Jméno Zdeněk	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Krytování obráběcích strojů		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	37	TEXTOVÁ ČÁST	35	GRAFICKÁ ČÁST	2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje rešerši komponentů používaných při krytování obráběcích strojů. Obsahuje popis principu funkce a možnosti aplikace jednotlivých komponentů. V bakalářské práci je provedena analýza krytování portálového obráběcího stroje FVC 160/3 CNC a návržení nové koncepce krytování osy X.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Krytování, obráběcí stroj, FVC, dopravníky, bezpečnost</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Kořínek	Name Jan	
FIELD OF STUDY	B 2301 – Mechanical engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hudec, CSc.	Name Zdeněk	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Covering machine tools		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	37	TEXT PART	35	GRAPHICAL PART	2
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Bachelor thesis contains the search covers the components used in machine tools. It contains a description of the features and capabilities of individual components. In Bachelor work is the analysis covers gantry machine FVC 160/3 CNC and propose a new concept covers the axis X.
KEY WORDS	Covers, machine tool, FVC, conveyors, safety

Obsah

1	Úvod	4
2	Stanovení cílů práce	4
3	Možnosti krytování obráběcích strojů	4
4	Analýza provedení konstrukčních celků spojených s krytváním	5
4.1	Třískové hospodářství.....	5
4.1.1	Skluzy	5
4.1.2	Čláňkové dopravníky	6
4.1.3	Hrablové dopravníky	6
4.1.4	Šnekové dopravníky	7
4.1.5	Magnetické dopravníky	8
4.1.6	Přehled výrobců dopravníků třísek	8
4.2	Krytování pohyblivých částí stroje	8
4.2.1	Stírací rámečky	9
4.2.2	Teleskopické kryty	9
4.2.3	Měchové kryty	11
4.2.4	Spirálové kryty	11
4.2.5	Rolovací krytování	12
4.2.6	Dvouosé krytování.....	13
4.2.7	Přehled výrobců krytů pohyblivých částí stroje	13
4.3	Prostor obsluhy	14
4.4	Dveře	15
5	Bezpečnost práce.....	16
5.1	Přehled nejdůležitějších norem.....	16
5.2	Bezpečnostní prvky.....	16
5.2.1	Bezpečnostní zámky	16
5.2.2	Senzory pohybu	16
5.2.3	Tlakové lišty	16
5.3	Zkoušení bezpečnosti ochranných krytů	17
5.3.1	Popis metody	17
5.3.2	Zkušební postup	17
5.3.3	Vyhodnocení zkoušky	17
6	Zadání praktické části.....	18

7	Sestavy krytování celého stroje	19
7.1	Kryty osy X	19
7.2	Kryty osy Y	19
7.3	Kryty osy Z	20
8	Sestavy krytování spodní části osy X.....	20
8.1	Rámy.....	21
8.2	Žlaby	21
8.3	Kolejnice	22
8.4	Dokrytovací sestavy.....	22
9	Třískové hospodářství stroje	23
9.1	Popis jednotlivých kritérií a stanovení důležitosti.....	23
9.1.1	Univerzálnost použití.....	23
9.1.2	Cena	24
9.1.3	Možnost vynášení třísek do výšky	24
9.1.4	Přpravované množství	24
9.1.5	Odvod řezné kapaliny	24
9.1.6	Složitost montáže	25
9.2	Návrh nejvhodnější varianty.....	25
9.3	Návrh možné koncepce	26
10	Krytování pohyblivých částí stroje.....	27
10.1	Mechanická část osy X.....	27
10.2	Popis jednotlivých kritérií a stanovení důležitosti.....	28
10.2.1	Zatížitelnost třískami	28
10.2.2	Cena	28
10.2.3	Životnost a spolehlivost.....	29
10.2.4	Hmotnost.....	29
10.2.5	Možnost pocházení po krytu	29
10.2.6	Těsnost	29
10.2.7	Odolnost vůči žhavým třískám	29
10.3	Výběr nejvhodnější varianty.....	29
11	Analýza nového řešení	30
11.1	Kontrola konzole nesoucí teleskopické kryty	31
11.1.1	Výpočet deformace konzole	31
11.1.2	Výpočet MKP	32

12	Závěrečné zhodnocení práce	34
13	Seznam použité literatury	34

1 Úvod

Krytování je důležitou součástí každého obráběcího stroje. Musí být konstrukčně řešeno tak, aby splnilo náročné provozní požadavky, normy a různá nařízení spojená s provozem stroje. Nemalý ohled se bere také na kvalitní ergonomii a průmyslový design. Jednotlivé celky krytů plní obvykle hned několik aspektů najednou.

Hlavní funkce krytování jsou :

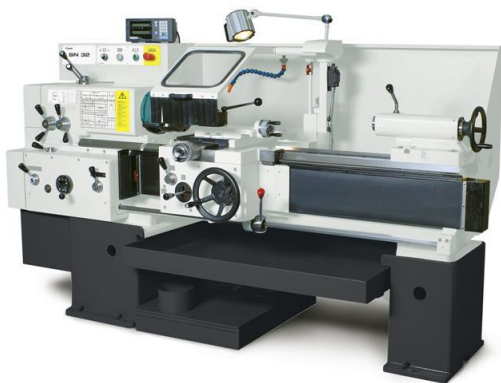
- Bezpečnost práce
- Odvod řezné kapaliny
- Odvod třísek z pracovního prostoru
- Ochrana určitých částí stroje před vlivy obrábění

2 Stanovení cílů práce

Primárním cílem této bakalářské práce je poskytnout obecný nástroj pro konstruktéra krytování portálových obráběcích strojů. Práce by měla pomoci při volbě jednotlivých komponentů krytování, získání základních informací o principu jejich funkce a možnosti aplikace.

3 Možnosti krytování obráběcích strojů

Zásadním pro typ krytování obráběcího stroje je typ vlastního obráběcího stroje a také jeho velikost. U malých obráběcích strojů obvykle stačí minimální zakrytí pracovního prostoru, jako je tomu u univerzálního hrotového soustruhu na Obr. 1. Pokud jsou požadavky na zakrytí celého stroje, je možné řešení utěsněného krytování jako u obráběcího centra na Obr. 2. U velkých strojů s velkými posuvy je utěsněné zakrytí celého stroje a obráběcího prostoru problematické a mnohdy i nemožné jako je tomu u např. u velkého horizontálních vyvrtávaček (Obr. 3). U každého typu obráběcího stroje je brán ohled na jiné vlastnosti a požadavky, které od krytování očekáváme.



Obr. 1 - Krytování soustruhu [3]



Obr. 2 - Krytování vertikálního obráběcího centra [4]



Obr. 3 Horizontální vyvrtávačka [5]

Při obrábění bez použití chladicí řezné kapaliny mohou být stroje otevřené konstrukce. Do této kategorie mohou spadat velké konstrukce, jako jsou např. horizontální vyvrtávačky, karusely a velké portálové stroje.

Pokud ale obrábění probíhá za použití chlazení a zvláště pak při použití velkých tlaků či použití chlazení mlhou, je řešení konstrukčních celků složitější a snažíme se o utěsněnou koncepci celého stroje.

Při konstrukci celků krytování, na které dopadá chladicí kapalina přímo nebo i po odrazu od jiných částí stroje nebo krytů, se musí dbát na spád všech stěn. Spád těchto stěn by měl být co největší, aby se zamezilo shlukování tříšek a u kapaliny vytváření případné kaluže. [1]

4 Analýza provedení konstrukčních celků spojených s krytováním

Základní kostra stroje je tvořena litinovými případně svařovanými celky. Na tomto základu jsou připevněny další komponenty stroje jako jsou pohony, vedení a mnoho dalších prvků.

4.1 Třískové hospodářství

Dopravníky tříšek u kterých se některé jejich části pohybují a mohlo by dojít k ohrožení obsluhy stroje, musí být od pracovního prostoru odděleny rošty. Velikost děr v roštech by měla být přiměřená očekávanému typu tříšek a jejich množství. Maximální velikost jednotlivých děr je však omezena normou. Jednotlivé dopravníky mohou být osazeny filtrační jednotkou, která umožňuje vrátit chladicí kapalinu zpět do pracovního procesu v předem definovaném stupni čistoty..

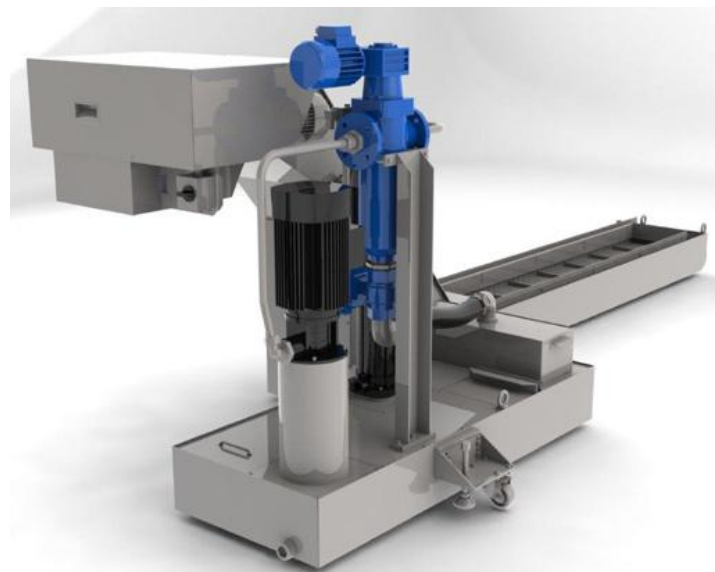
4.1.1 Skluzy

Je to nejlevnější možná varianta dopravy tříšek. Jedná se v podstatě pouze o plechové koryto (či stěnu) po kterém samospádem sklouzávají třísky spolu s chladicí kapalinou do filtrační jednotky či dopravníku. Pro zvýšení účinnosti mohou být skluzové plochy opatřeny tryskami pro odplavení nánosu tříšek. Pokud není používána chladicí, či mazací kapalina při výrobním procesu, mohou třísky sklouzávat rovnou do sběrné nádoby.

Výhody:	Nevýhody:
- Velice levná výroba - Není potřeba žádného motoru, či jiného hnacího zařízení	- potřeba dodržení minimálního spádu po celé délce dopravníku

4.1.2 Článkové dopravníky

V dopravníku se pohybuje řetěz, na který dopadají třísky a jsou po něm vezeny do místa propadu nad sběrnou nádobou. Článkové dopravníky třísek jsou vhodné k přepravě většiny druhů třísek: drobné, dlouhé, spirálové i spletené třísky do větších celků. Ale i k přepravě drobných výrobků a odpadu (kov, plast, sklo apod.)



Obr. 4 Článkový dopravník s přidruženou filtrační jednotkou [6]

Výhody:	Nevýhody:
- Délka omezena pouze hmotností třísek v dopravníku a výkonem pohonu - Součástí dopravníku bývá i filtrační jednotka - Možnost vynášení třísek do výšky	- Vyšší cena

4.1.3 Hrablové dopravníky

Hlavní částí dopravníku je řetěz s hrably. Třísky propadají skrz hrablový řetěz na dno dopravníku, po kterém jsou hrably sunuty. Hrablové dopravníky jsou vhodné především pro dopravu drobných a krátkých třísek, obzvláště jsou doporučovány pro třísky z hliníku, barevných kovů a litiny.



Obr. 5 Hrablový dopravník [7]

Výhody:	Nevýhody:
- Délka omezena pouze hmotností třísek v dopravníku a výkonem pohonu	- Vyšší cena - Bez možnosti separace kapaliny od dopravovaného materiálu

4.1.4 Šnekové dopravníky

Nejdůležitější součástí je šnek, což je plech nebo profil vinutý ve šroubovici. Šneky mohou být duté, nebo pro zvýšení jejich tuhosti může být středem šneku veden trubkový profil. Rychlost přepravy je dána otáčkami a stoupáním šroubovice. Jsou určeny k přepravě různých drobných třísek. Nevhodné je jejich použití tam, kde je možnost dlouhých vinutých třísek. Tyto třísky se pak namotávají na šnek a způsobují komplikace s jeho provozem.



Obr. 6 Šnekový dopravník [7]

Výhody:	Nevýhody:
- Nízká cena	- Omezená délka - Nevhodné pro dlouhé třísky - Bez možnosti separace kapaliny od dopravovaného materiálu

4.1.5 Magnetické dopravníky

Jsou velmi efektivní pro lámavé a jemné třísky. S výhodou se používají pro kovový prach. Pracují na principu permanentního magnetu. Uvnitř dopravníku se na pásu pohybují jednotlivé magnety a ty přitahují třísky na skluzovou desku. Po této nepohyblivé desce se třísky posunují za magnetem až do sběrné nádoby. Po oddálení magnetu od skluzové desky slábnou účinky magnetického pole a třísky spadávají do sběrné nádoby.



Obr. 7 Magnetické dopravníky [8]

Výhody:	Nevýhody:
<ul style="list-style-type: none"> - Přeprava třísek i pod velkými úhly - Možnost lomení dopravníku pod několika různými úhly - Nehrozí jejich ucpání - Nehrozí kontakt s pohybujícími se částmi dopravníku 	<ul style="list-style-type: none"> - Použití pouze pro magnetické materiály - Nevhodné pro přepravu velkého množství třísek

4.1.6 Přehled výrobců dopravníků třísek

Výrobce	Vyráběný typ dopravníku třísek
Astos	Článekové, Hrablové, Šnekové, Kruhové, Magnetické
Tecnimetal	Článekové, Hrablové, Šnekové
BroxTec	Článekové, Hrablové, Magnetické
SE-MI Technology	Článekové, Hrablové

Tab. 1 Tabulka výrobců

4.2 Krytování pohyblivých částí stroje

Elementy zajišťující pohyb stroje musí být umístěny v čistém prostředí, aby byla zajištěna jejich maximální funkčnost a životnost. Komponenty jako jsou kuličkové šrouby, posuvové hřebeny a lineární vedení musí být chráněny od nečistot a od vlivů obrábění jako je chladicí kapalina, ale hlavně od třísek odlétávajících při obrábění. Nesmí se zapomenout ani na ochranu elektroinstalace, kabelů a hadic rozvádějících vzduch a další media po stroji.

4.2.1 Stírací rámečky

Zajišťují čistotu kluzných ploch a vedení stroje. Moderní stírací systémy jsou konstruovány z kovového nosného rámečku, na kterém je navulkanizován stěrač ze syntetického kaučuku. Rámečky mohou být jak otevřené, tak uzavřené a přesně kopírují daný profil vedení. Mohou se vyrábět jako dělené, tvarové vyrobené z jednoho kusu, nebo u složitějších tvarů se mohou stírací rámečky i svařit z jednotlivých segmentů.



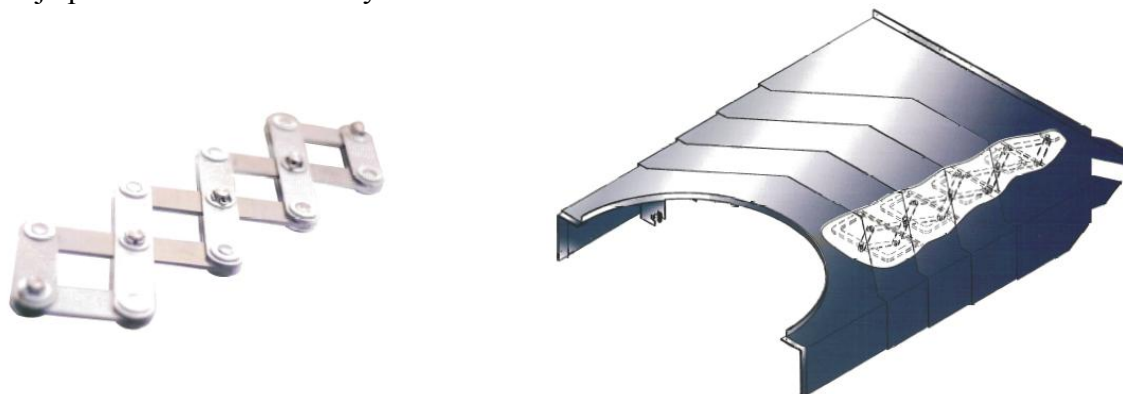
Obr. 8 Různá provedení tvarových stěračů [9]

Výhody:	Nevýhody:
- Nižší cena	- Stěry pouze čistí povrch, ale vedení není chráněno proti vlivům obrábění

4.2.2 Teleskopické kryty

Teleskopické kryty se vyrábějí z ocelových nebo nerezových plechů, konstrukce je robustní a odolává i velkým vnějším zatížením. Skládají se z několika do sebe zásuvných dílů. Je to jeden z nejčastěji používaných pohyblivých krytů na obráběcích strojích. Stěny krytů by měli mít určitý minimální spád, aby bylo umožněno odtékání řezné kapaliny. Jednotlivé elementy jsou po obvodu vybaveny pryžovými nebo polyuretanovými stěrači, které musí vydržet náročné podmínky a působení chladicí a řezné kapaliny. Uvnitř krytu je každý element vybaven opěrnými rolnami nebo mosaznými kluzáky, které se pohybují po vedení stroje a tím zvyšují svoji celkovou tuhost. Vrchní element může být opatřen pochozím plechem a tím dovoluje obsluze se po krytu pohybovat při seřizování stroje nebo při ustavování obrobku. Při pohybu se jednotlivé díly vzájemně strhávají a tím vznikají rázy. Pro tlumení těchto rázů může být prostor mezi elementy vyplněn speciální pěnovou hmotou. Při malých posuvových rychlostech jsou rázy zanedbatelné, ale při vysoké rychlosti mohou rázy zhoršit přesnost

stroje. Pro vysoké rychlosti se doporučuje zvolit teleskopický kryt s integrovaným mechanickým pantografovým systémem. Tento systém se s výhodou používá u širokých krytů, kde zabraňuje přičení a zasekávání krytů.



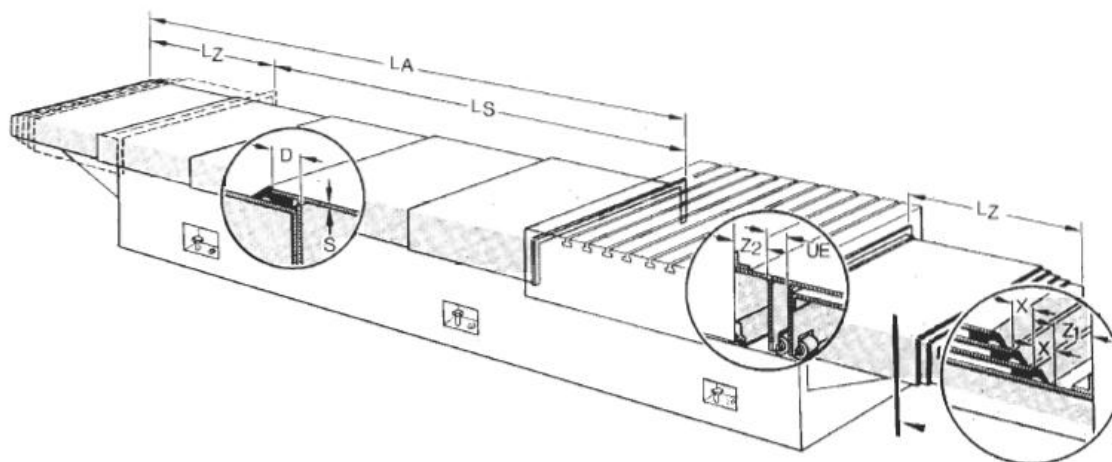
Obr. 9 Pantografový systém teleskopických krytů [10]

Výhody:	Nevýhody:
- Vysoká únosnost	- Bez použití tlumiče vznikají při vysokých rychlostech rázy - Vysoká hmotnost - Potřebný zástavbový prostor

Potřebný zástavbový prostor se vypočte ze vztahu:

$$L = L_S + 2 \cdot L_Z \text{ [mm]}$$

- L [mm] ... Celkový zástavbový prostor potřebný pro teleskopické kryty
 L_S [mm] ... Velikost posuvu v daném směru
 L_Z [mm] ... Velikost shrnutých teleskopických krytů na minimální délku
 L_A [mm] ... Maximální možná délka rozvinutí teleskopického krytu

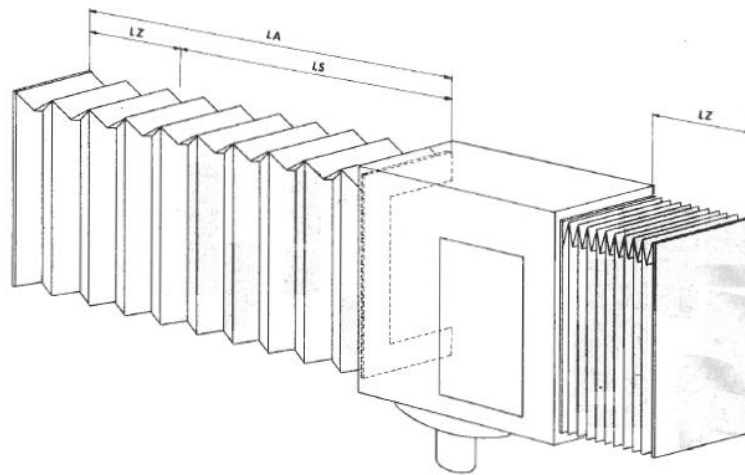


Obr. 10 Prostor potřebný pro instalaci teleskopických krytů [10]

4.2.3 Měchové kryty

Tyto kryty jsou vzhledem ke své poměrně malé hmotnosti vhodné pro krytování částí stroje pohybujících se s vyššími rychlostmi a zrychleními. Měch je tvořen vodíci profily, které jsou spojeny vícevrstvou umělou tkaninou. Pro snížení hmotnosti mohou být vodící profily vyrobeny z plastu. Protože je kryt vyroben z tkaniny, tak není vhodné jeho použití v místech, kde mohou dopadat žhavé třísky a v místech kde by byl vystaven nějakému většímu zatížení např. od nahromaděných třísek. Pro zvýšení tepelné odolnosti měchů se někdy používají krycí šupiny z lehkých kovů nebo z nerezového plechu. Pro ochranu válcových (tyčových) částí stroje se používají uzavřené kruhové nebo úhelníkové skládané měchy. Tento druh měchů se také používá pro krytování kuličkových šroubů.

Potřebný zástavbový prostor se vypočte podle stejného vzorce jako pro kryty teleskopické. U měchových krytů je potřebný zástavbový prostor menší než u krytů teleskopických při zachování stejné velikosti posuvu.

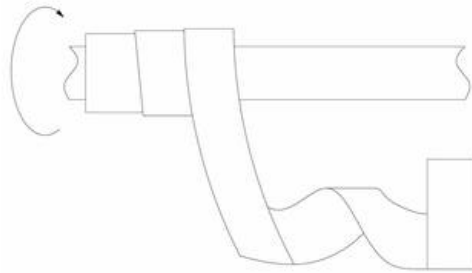


Obr. 11 Prostor potřebný pro instalaci teleskopických krytů [10]

Výhody:	Nevýhody:
<ul style="list-style-type: none">- Nízká hmotnost- Potřebný relativně malý zástavbový prostor- Malý sklad měchu	<ul style="list-style-type: none">- Nevydrží velké vnější zatížení- Nevhodné do míst kam mohou dopadat žhavé třísky

4.2.4 Spirálové kryty

Tento kryt se používá pro ochranu pohybových šroubů, pístů a jiných válcových částí obráběcího stroje. Vyrábí se navíjením pásů z pružinové oceli. Tloušťka pásů bývá od 0,2 do 1 mm pro standardní provedení. Tento druh krytu nepotřebuje žádné vedení, kryt se rozpíná a tím zajišťuje pokrytí potřebného prostoru. Mohou se montovat i jako dodatečný prvek při repasích starších strojů převíjením okolo válcové součásti.



Obr. 12 Možná montáž spirálového krytu [11]

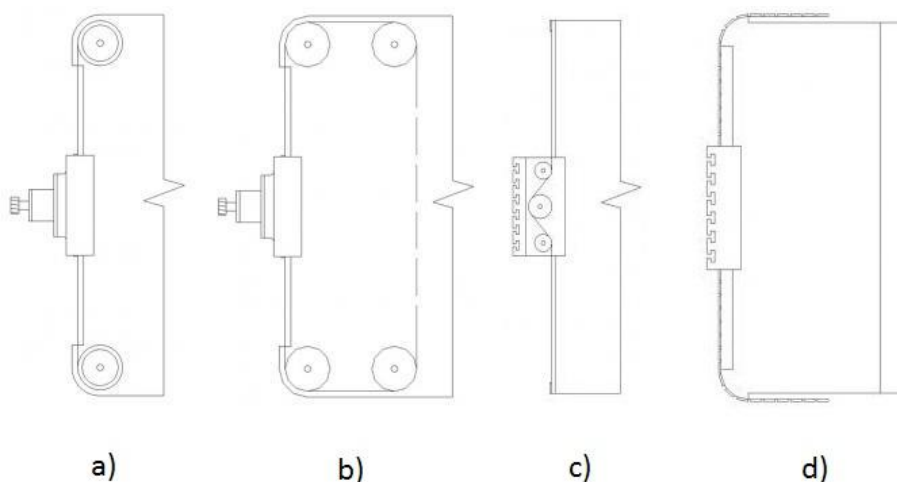
Výhody:	Nevýhody:
- Nízká cena - Jednoduchost	- Není vodotěsný

4.2.5 Rolovací krytování

Rolovací kryt má nízkou hmotnost, a proto se může použít u strojů pracujících s vyššími rychlostmi a zrychlením. Tyto kryty dokážou až zrychlení 2G. Základem je buben, ve kterém je na cívce navinutý pás. Konec toho pásu je připevněn k části která koná pohyb (přípustné je i opačné řešení). Pásky navíjené na buben se vyrábějí z velkého množství materiálů. Mohou být vyrobeny z vícevrstvé syntetické tkaniny, pryže nebo z tenkého plechu. Existují i pásky vytvořené z kovových elementů spojené pryžovým pásem pro zajištění ohebnosti. U těchto typů krytů občas nastává problém s dostatečným utěsněním boků. Pro jejich malou odolnost proti vysokým teplotám a malou schopnost normálového zatížení (např. od nahromaděných třísek) se tyto kryty používají převážně ve svislé poloze.

Je možná možnost několika druhů konstrukčních řešení:

- a) Navijákový systém
- b) Uzavřený systém
- c) Systém s pevnými konci
- d) Systém s volnými konci

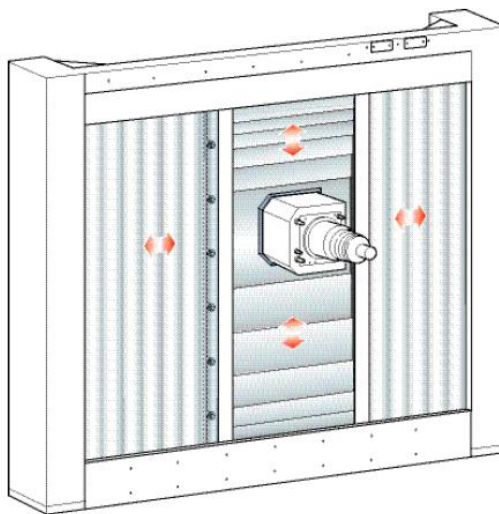


Obr. 13 Možnosti uložení rolovacího krytování [11]

Výhody:	Nevýhody:
- Vhodné pro velké zrychlení	- Malou schopnost normálového zatížení - Malá odolnost proti vysokým teplotám

4.2.6 Dvouosé krytování

Kombinace výše zmíněných jednoosých krytů jsou používány pro zakrytí dvou pohybových os. Klasické uspořádání tvoří dva úzké vertikální a dva široké horizontální kryty, které jsou na sebe napojené.



Obr. 14 Kombinace jednoosého krytování [12]

Výhody:	Nevýhody:
- Utěsněnost pracovního prostoru	- Vhodnost použití - Vysoká cena

4.2.7 Přehled výrobců krytů pohyblivých částí stroje

Výrobce	Vyráběný typ
Hestego	Stírací rámečky, Teleskopické kryty, Měchové kryty, Spirálové kryty, Rolovací krytování
Tecnimetal	Stírací rámečky, Teleskopické kryty, Měchové kryty, Spirálové kryty, Rolovací krytování
P.E.I. GmbH	Stírací rámečky, Teleskopické kryty, Měchové kryty, Rolovací krytování, Dvouosé krytování
FIPA GmbH	Stírací rámečky, Spirálové kryty

Tab. 2 Tabulka výrobců

4.3 Prostor obsluhy

Mezi jednu z hlavních částí krytování je ochrana okolí a hlavně ochrana pracovníků obsluhujících stroj před vlivy obrábění. Základním požadavkem je bezpečnost, ale musí být současně zajištěn i dostatečně velký prostor pro náhled do pracovního prostoru.

U strojů menších konstrukcí, kde je zvoleno utěsněné krytování celého pracovního prostoru, je obsluha vně stroje a pracovní prostor má možnost kontrolovat skrz okno.

U velkých strojů kde je zvoleno minimální krytování by hrozilo vystavení obsluhy vlivům obrábění, jako je rozstřík chladicí kapaliny a odletování často žhavých třísek. Při obrábění se vyskytnou ale situace, při kterých musí mít obsluha stroje možnost snadného přístupu k obráběcímu nástroji (ruční výměna nástroje, optická kontrola opotřebování nástroje), nebo obrobku (kontrola rozměru obrobku, očištění obrobku od třísek). Proto musí být stěna složitelné nebo posuvné konstrukce a nebo by měla být vybavena dveřmi. Toto je možnost, která se volí převážně u strojů konstrukce s pevnými stojany a pohyblivým stolem, kde se stanoviště obsluhy nemění.

U strojů konstrukce horní gantry je prostor obsluhy umístěn v přední části stroje. Řady stojanů jsou z čelní části uzavřeny dveřmi posuvné nebo skládací konstrukce. Prostor pro obsluhu je od pracovního prostoru oddělen právě těmito dveřmi. Nevýhodou může být při velkých pojezdech v ose X velká vzdálenost obsluhy od místa kde probíhá obrábění. V těchto případech je pak nejčastěji použit kamerový systém.



Obr 15 Prostor obsluhy u stroje FPPC typu horní gantry [13]

Další možností je vytvoření samostatné ochranné kabiny, toto provedení je často k vidění u horizontálních vyvrtávaček. U strojů s pohyblivými stojany, tedy u strojů typu spodní gantry, se může ochranná kabina připevnit ke stojanu a pojíždět společně s celým portálem. To zaručuje i při velkých pojezdech ve směru osy X vždy optimální vzdálenost obsluhy pro vizuální kontrolu výrobního procesu.



Obr 16 Kabina obsluhy umístěna na stojanu se společným pojezdem [5]

4.4 Dveře

Dveře umožňují vstup obsluhy stroje do pracovního prostoru pro ustavení obrobku, zakládání obrobku, výměnu nástroje, či jiné potřebné úkony. V zásadě máme dvě možnosti pro volbu typu dveří. Buď dveře posuvné nebo dveře výklopné. Při konstrukci dveří se nesmí zapomenout na správnou ergonomii. Kliky dveří, nebo madlo či jiný úchopový element, je nutné umístit do správné výšky. Pokud je ve dveřích umístěno sklo pak jeho umístění by se mělo také řídit ergonomickým doporučením. Dveře mohou být ovládány ručně, nebo strojně. Dveře se strojním automatickým posuvem musí být vybaveny bezpečnostní lištou. Ta zajišťuje bezpečnost při případném sevření obsluhy stroje ve dveřích. Dveře ovládané lidskou silou je vhodné navrhovat tak, aby jejich hmotnost byla co nejmenší a manipulace s nimi nebyla pro obsluhu příliš náročná. Pokud není možnost navrhnutí dveří lehčí konstrukce, tak se doporučuje dveře opatřit nějakým podpurným mechanismem usnadňující manipulaci s nimi, jako je například podpora vzduchovým pístem. Hlavně u strojů uzavřené utěsněné konstrukce se nesmí opomenout nutnost nakládání hmotnějších polotovarů do pracovního prostoru pomocí jeřábu. Proto pohyb některých dveří je provázán s pohybem střechy stroje, nebo je část střechy přímo součástí dveří. Dveře musí být opatřeny bezpečnostními prvky (zámky) zajišťující uzavření ochranných dveří při spuštění stroje v pracovní cyklus.

Posuvné dveře jsou opatřeny rolíčkami s ložisky, které jsou vedeny po určené dráze ve vedení. Vedení může být rovné či obloukové. U dveří výklopných jsou na boku dveří připevněny panty, okolo kterých se dveře otáčí. Při konstrukci dveří výklopných se musí dbát na potřebný prostor pro otevření dveří. Pro snazší manipulaci a skladnost může být dveřní systém rozdělen na několik segmentů.

5 Bezpečnost práce

5.1 Přehled nejdůležitějších norem

ČSN EN 12417 +A2 (200710) - Bezpečnost obráběcích a tvářecích strojů - Obráběcí centra

ČSN EN 13128 +A2 (200711) - Bezpečnost obráběcích a tvářecích strojů – Frézky a
vyvrtávačky

5.2 Bezpečnostní prvky

Bezpečnostní prvky zamezují tomu, aby se obsluha stroje (nebo i jiná osoba přítomna v blízkém okolí stroje) dostala do přímého kontaktu s obráběcím nástrojem, nebo do jeho blízkosti během procesu obrábění. Po aktivaci bezpečnostního prvku by se mělo přerušit obrábění a stroj by se měl zastavit.

5.2.1 Bezpečnostní zámky

Pokud má stroj dveře sloužící ke vstupu do pracovního prostoru, musí být tyto dveře opatřeny bezpečnostním zámkem. Pokud jsou dveře otevřeny, nemůže být stroj spuštěn na automatický pracovní cyklus, ale pouze na cyklus seřizování, ve kterém jsou výrazně omezeny rychlosti posuvu jednotlivých os a rychlost otáčení vřetene. Stroj může být spuštěn v automatickém pracovním cyklu pouze po uzavření veškerých dveří a tedy uzavření bezpečnostního okruhu stroje.

5.2.2 Senzory pohybu

Převážně obráběcí stroje velkých rozměrů, kde není pevné krytování stroje mohou být opatřeny senzory pohybu. Jejich použití je vhodné u strojů, kde je ochranný bezpečnostní prostor okolo stroje označen pouze bezpečnostním řetězem v normou dané vzdálenosti.

5.2.3 Tlakové lišty

Mohou být umístěny na hraně strojně řízených dveří, či jiného posuvového prvku. Lišty zabraňují stlačení předmětu či obsluhy stroje mezi posouvající se prvky. V pryžové tlakové liště jsou uloženy dva vodící pásy, které po stlačení a vzájemném dotyku vyšlou signál do řídicího systému, aby se pohyb přerušil



Obr. 17 Profily bezpečnostních tlakových lišt [14]

5.3 Zkoušení bezpečnosti ochranných krytů

5.3.1 Popis metody

Pro zkoušení ochranných krytů, materiálů krytů a materiálů průzorů se používá tzv. metoda zkoušky nárazem. Zkouška má za cíl napodobit nebezpečí, které se objeví v případě havárie, kdy se uvolní obrobek nebo se roztrhne nástroj a jeho části jsou vymrštěny do ochranného krytu. Zkouška spočívá ve vystřelení ocelového projektilu kolmo na zkušební předmět. Materiál a rozměry projektilu jsou dané normou ČSN EN 12417. Zkoušený kryt musí být k rámu zkušebního stroje připevněn stejně jako bude upevněn na obráběcím stroji. Projektil je vždy mířen do nejzranitelnějšího místa krytu. Pokus se zkouší bezpečnost průhledového panelu je střela mířena do středu panelu.

5.3.2 Zkušební postup

Pro výpočet je nutné nejprve určit maximální řeznou rychlost dle vztahu (1). Dále je nutné vypočítat teoretickou rázovou energii (2) a měrnou energii (3). Pro platnost zkoušky by vypočtená měrná rázová energie měl mít stejnou, popřípadě vyšší hodnotu, než teoretická rázová energie.

Maximální řezná rychlost:
$$v_c = B \cdot \pi \cdot n \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (1)$$

B – maximální průměr nástroje, který může být upnut do zásobníku nástrojů
n – maximální frekvence otáčení vřetene

Teoretická rázová energie:
$$J_c = \frac{m \cdot v_c^2}{2} \quad [J] \quad (2)$$

m – hmotnost projektilu
 v_c – maximální řezná rychlost

Měrná rázová energie:
$$J_m = \frac{m \cdot v_m^2}{2} \quad [J] \quad (3)$$

m – hmotnost projektilu
 v_c – měrná rychlost nárazu (naměřená skutečná rychlost projektilu při nárazu)

5.3.3 Vyhodnocení zkoušky

Poškození nalezené na zkušebním kuse po zkoušce musí být posuzeno jako jeden z následujících případů:

- a) Vyboulení (trvalá deformace bez prasknutí)
- b) Povrchové prasknutí (viditelné jen na povrchu)
- c) Prasknutí v celé tloušťce (je vidět z jedné strany na druhou)
- d) Průnik (projektil proniknul zkoušeným materiálem)

Zkoušce bylo vyhověno v případě, že nenastalo prasknutí v celé tloušťce nebo nedošlo k proniknutí projektilu zkoušeným předmětem. [2]

6 Zadání praktické části

Proveďte analýzu stávajícího konstrukčního řešení podélné posuvové osy X portálového obráběcího stroje FVC 160/3 CNC z výrobního portfolia firmy Strojírna Tyc, s.r.o. Zhodnoťte stávající řešení dle stanovených kritérií a navrhňte případné inovativní řešení.

- Analyzujte stávající řešení krytování stroje
- Navrhňte nejvhodnější řešení pro třískové hospodářství stroje
- Navrhňte nejvhodnější řešení zaskytování pohyblivých částí osy X

Stroj FVC 160/3

Jedná se frézovací a vrtací centrum tuhé portálové konstrukce s pojízdným stojem. Jako opce je možné zvolit na stroj karuselovací stůl. Označení 160/3 udává rozměry upínací plochy stolu, která je v tomto případě 3200 x 1600 mm. Tento stroj našel uplatnění v širokém spektru technologických operací, kterými jsou například výroba forem, hrubování a dokončování výrobků z nejrůznějších materiálů. U specifikace se zvýšenou přesností také jako velmi přesný stroj pro dokončování rovinných i tvarových ploch. Stroj je utěsněné konstrukce, což umožňuje ve stroji použití chlazení olejovou mlhou. V přední části je dvojice posuvných dveří pro snadné zakládání obrobku na stůl. U panelu obsluhy jsou dveře sloužící k ruční výměně nebo kontrole nástroje.



Obr. 18. Stroj řady FVC [13]

Parametr	Hodnota	Jednotky
Upínací plocha stolu	3 200 x 1 600	mm
Zatížení stolu	8 000	kg
Pracovní zdvih – osa X	3 400	mm
Pracovní zdvih – osa Y	2 500	mm
Pracovní zdvih – osa Z	1000	mm
Rychloposuvy X,Y,Z	20 000	mm / min
Rozměry stroje	10 200 / 5 000 / 5 100	mm
Hmotnost stroje	38 000	kg

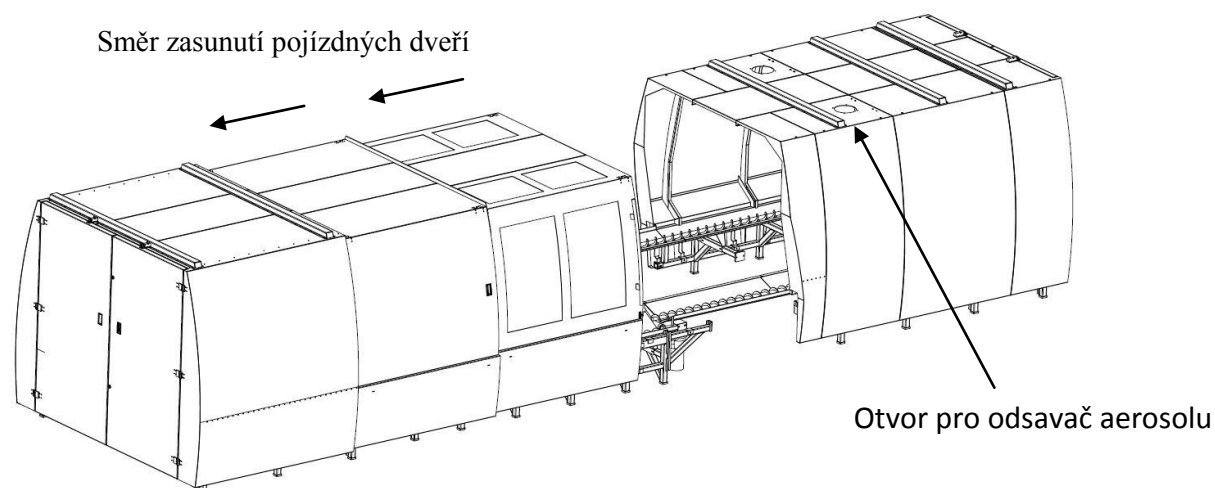
Tab. 3. Základní parametry stroje FVC 160/3 [16]

7 Sestavy krytování celého stroje

Kryty stroje FVC 160/3 jsou rozděleny do 3 základních celků. Rozdělení krytů je provedeno podle osy, ke které jsou kryty montovány.

7.1 Kryty osy X

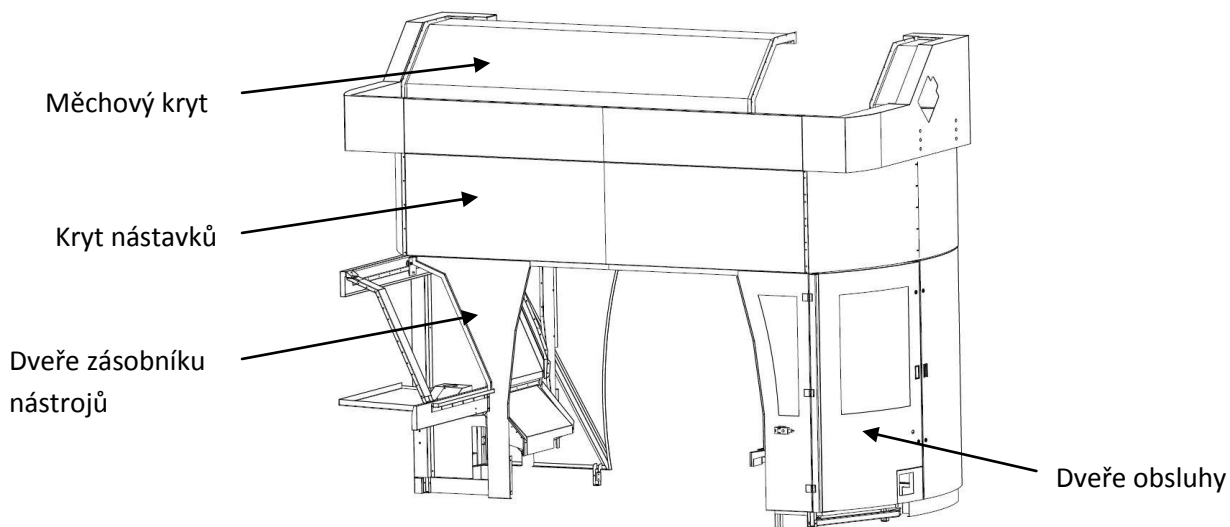
Jedná se o sestavu obsahující nejvíce krytových dílů. Základem těchto krytů jsou jeklové rámy, na těchto rámech jsou usazeny veškeré kryty osy X. Vnější kryty mají oblý tvar, který udává typický vzhled stroje. Přední vnější kryty se stávají ze dvou posuvných dveří a jednoho statického segmentu. Nejmenší pojízdné dveře jsou opatřeny skly pro snazší kontrolu řezného procesu. V zadní části jsou z vrchu umístěny otvory pro odsavače aerosolu. Z čel oblých krytů jsou umístěny dveře sloužící k údržbě stroje.



Obr. 19 Sestava krytů osy X

7.2 Kryty osy Y

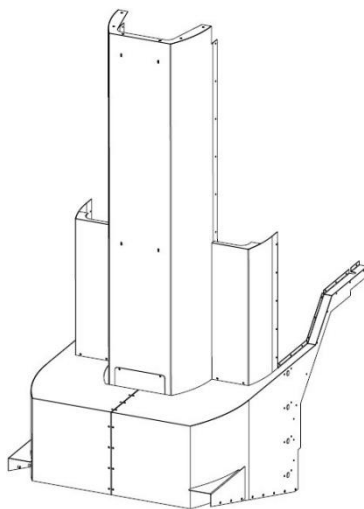
Osa Y se skládá ze dvou stojanů spojených příčnicí. Sestava krytů obsahuje 3 větší sestavy, 2 z nich kryjí stojany (jedná se o sestavu dveří obsluhy a sestava dveří zásobníku) a poslední zakrývá příčnicí, na kterém jsou uloženy posuvové a vodící členy. Mezi kryty stojanů a kryt příčnicí se variantně vkládá kryt nástavku, zde záleží na zvolené výšce portálu. Kryty osy Y dodržují oblý tvar pro zachování celistvosti designu stroje.



Obr. 20 Sestava krytů osy Y

7.3 Kryty osy Z

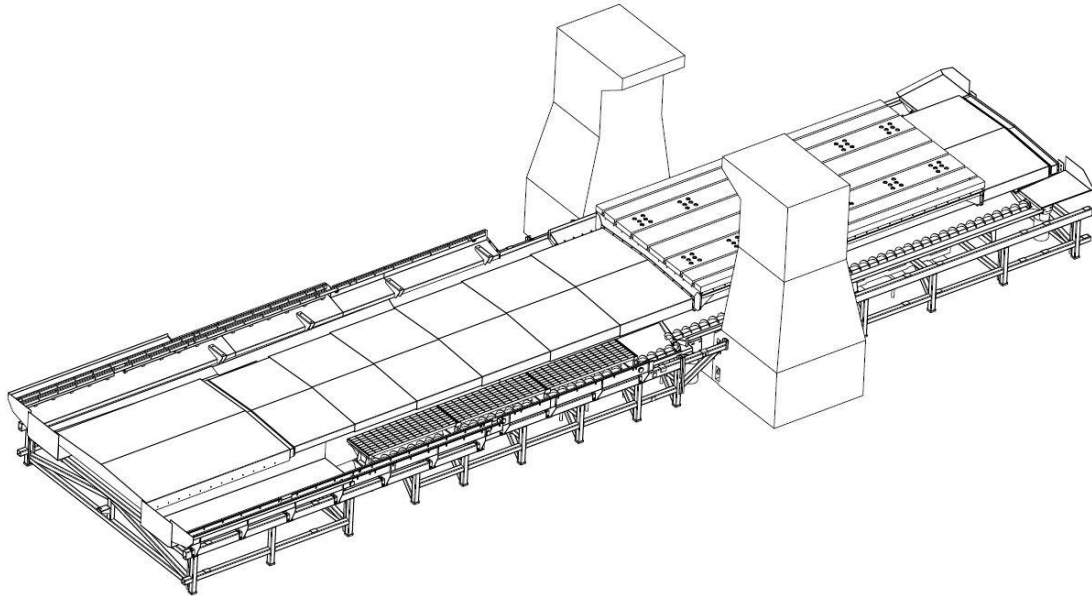
Kryty jsou montovány na smykadlo, se kterým se pohybují ve směru osy Z. Boky jsou uzpůsobeny pro montáž měchových krytů navazujících na kryty osy Y.



Obr. 21 Sestava krytů osy Z

8 Sestavy krytování spodní části osy X

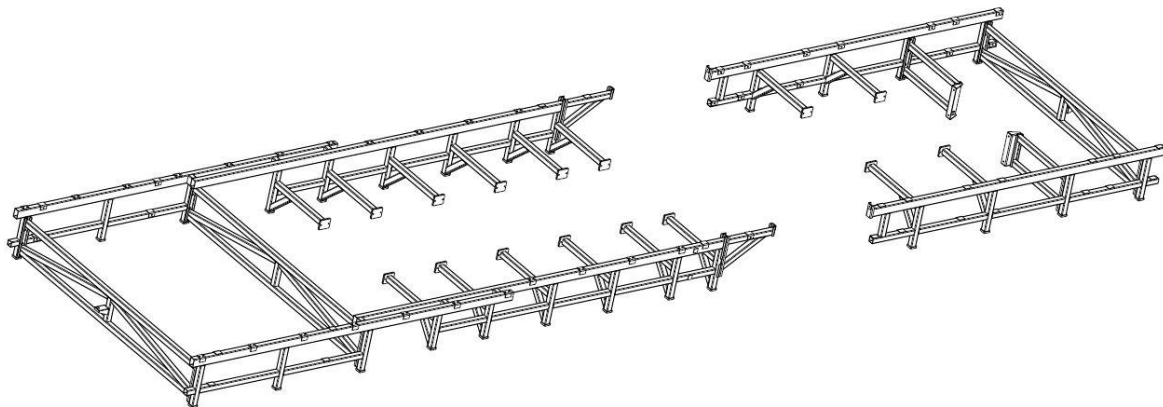
Spodní část krytů osy X patří k jedné z nejdůležitějších částí stroje. Hlavní funkcí je odvod třísek a řezné kapaliny z pracovního prostoru. Do této sestavy jsou zakomponovány dopravníky třísek i teleskopické kryty kryjící důležité pohyblivé prvky stroje. Další důležitou roli hrají i rámy nesoucí váhou vnějších oblých krytů.



Obr. 22 Krytování spodní osy X

8.1 Rámy

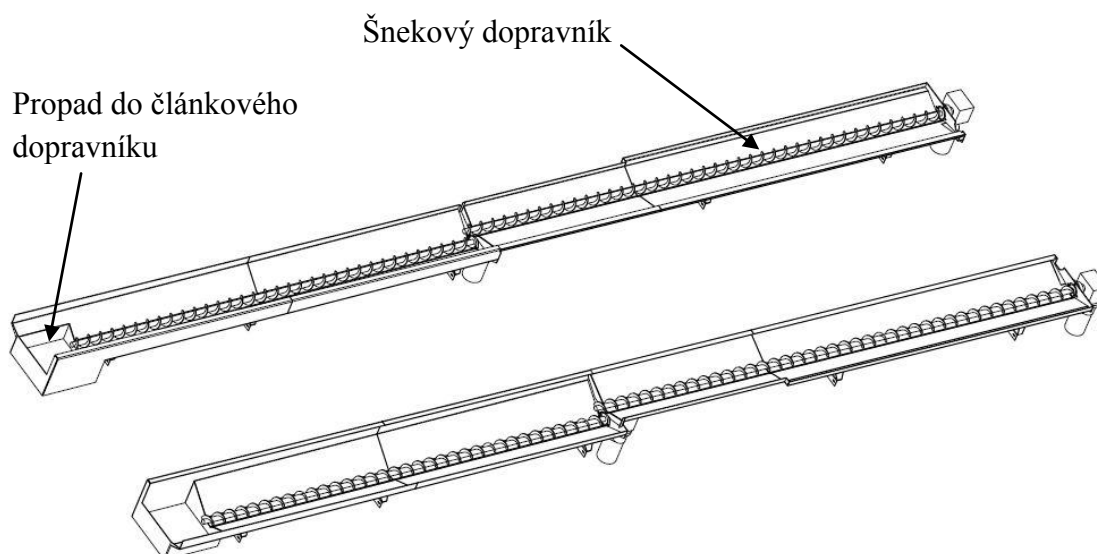
Rámy jsou nosnou částí celé osy X. Určují ustavení do přesné polohy většiny sestav krytů osy X. Protože nesou hmotnost velkého množství krytů jsou rámy vyrobeny z trubkového profilu 50x50 pouze jekly na které přímo dosedají kryty, jsou vyrobeny z profilu 80x50 pro zvýšení pevnosti a tuhosti rámové konstrukce.



Obr. 23 Rámová konstrukce

8.2 Žlaby

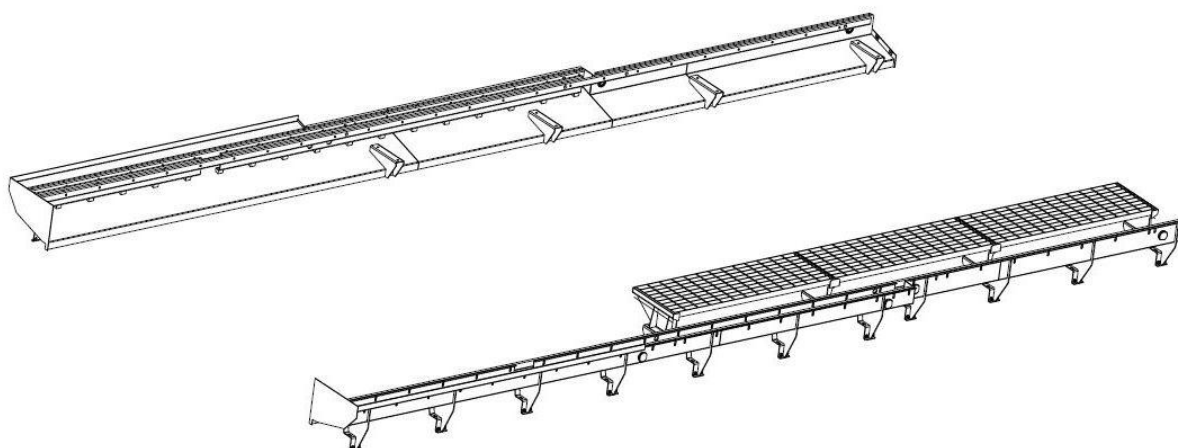
Sestava žlabů se skládá ze čtyř podobných sestav jednotlivých žlabů. Do žlabů stéká řezná kapalina rozstříkující se po pracovním prostoru stroje a je žlabem vedena do příčného článkového dopravníku třísek, odkud je přečerpána do filtrační jednotky. Zde je kapalina vyčištěna a znovu použita v řezném procesu. Do žlabů spadávají také třísky vznikající při obrábění. Středem každého žlabu je veden šnekový dopravník, který třísky dopraví do propadu. Propadem se třísky dostanou na článkový dopravník, který třísky vyveze ven ze stroje a separuje je od řezné kapaliny. Po celé délce žlabů musí být dodržen minimální sklon pro správný odtok kapaliny k propadu.



Obr. 24 Sestava žlabů

8.3 Kolejnice

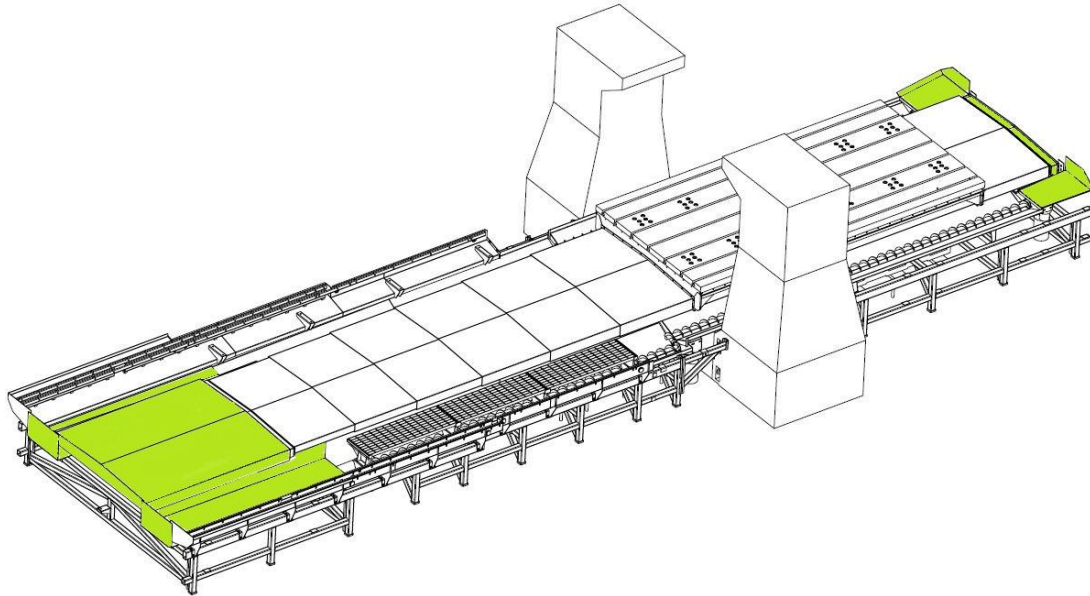
Tato sestava má za úkol svedení řezné kapaliny stékající z posuvných dveří a pevného segmentu do žlabů. K bokům sestavy jsou přišroubovány kolejnice, po kterých jsou vedeny posuvné dveře. Posuvné dveře musí být teleskopické konstrukce, a proto mají každé dveře svoje vlastní kolejnice. Ke spodním stranám jsou přivařena nosná žebra, přes které se potom sestava přišroubuje k rámcům. Na vrchní straně jsou na sestavu z jedné strany přimontovány pochozí rošty a z druhé je namontována stěna zabraňující odletu třísek ze stroje při ofukování stolu (tato stěna není zobrazena).



Obr. 25 Sestava kolejnic

8.4 Dokrytovací sestavy

Jedná se o malé sestavy nebo pouze samostatné plechy. Tyto plechy slouží k dodržení vodotěsnosti a správnému vedení řezné kapaliny do žlabů nebo rovnou do propadu ve žlabech. Na obrázku jsou tyto sestavy zvýrazněny zelenou barvou.



Obr. 26 Koncové dokrytovací plechy

9 Třískové hospodářství stroje

9.1 Popis jednotlivých kritérií a stanovení důležitosti

Pro posouzení vhodnosti dopravníku byla zvolena kritéria:

- *univerzálnost použití*
- *cena*
- *možnost vynášení třísek do výšky*
- *přepřavované množství*
- *odvod řezné kapaliny*
- *složitost montáže*

jednotlivá kritéria jsou blíže popsána níže. U každého kritéria byl zvolen také index důležitosti v rozmezí od 1 do 3, kde:

- | | | |
|---|-----|--|
| 1 | ... | méně důležité (doplňkové vlastnosti, neovlivňující funkci) |
| 2 | ... | spíše důležité (není podmínkou nutnou, přináší přidanou hodnotu) |
| 3 | ... | velmi důležité (vlastnost je základním požadavkem, nezbytné pro správnou funkci) |

9.1.1 Univerzálnost použití

V dnešní době se výrobci snaží o co největší univerzálnost jejich strojů. Do strojů FVC je možná zakomponovat karuselovací stůl a tím rozšířit technologické možnosti stroje. Při aplikaci karuselovacího stolu je možné na stroji kromě frézování a vrtání, také soustružit. Při frézování vzniká krátká tříska, zatímco při vrtání hlubokých děr, nebo při soustružení na rotačním stole vzniká u určitých druhů materiálů tříska tvářená plynulá

Zvolena úroveň důležitosti: 3

9.1.2 Cena

Vzhledem ke snaze co nejvíce snižovat úplné vlastní náklady stroje, je nutné posoudit i tento aspekt. Ceny dopravníků pro tuto koncepci stroje se pohybují v rozmezí od 25 000 Kč do 150 000 Kč. V tab.4 jsou uvedeny přibližné ceny pro jednotlivé dopravníky pro sběrnou délku okolo 4 000 mm. Ceny jsou uvedeny v určitém rozsahu, protože o přesné ceně dopravníku rozhoduje i jeho šíře, kterou není zatím přesně specifikována a také dodavatel.

Zvolena úroveň důležitosti: 2

	Článekové dopravníky	Hrablový dopravník	Šnekový dopravník	Magnetický dopravník
Cena [Kč]	120 000 ÷ 150 000	110 000 ÷ 140 000	25 000 ÷ 35 000	140 000 ÷ 170 000

Tab. 4 Porovnání cen dopravníků třísek

9.1.3 Možnost vynášení třísek do výšky

Při konstrukci některých obráběcích strojů jsou dopravníky zapuštěny do základů stroje. Toto řešení se provádí z důvodu možnosti dodržení dostatečného spádu okolních stěn pro skluz třísek a stékání kapaliny do dopravníku. Dalším možným důvodem může být nedostatek místa a také nutnost třísky dopravit do kontejnerů, pokud nejsou zabudovány nádoby pod úroveň podlahy.

Zvolena úroveň důležitosti: 1

9.1.4 Přepřavované množství

Stroje FVC mohou být nasazeny do různorodých provozů za účelem plnění velkého spektra technologického využití. Za tímto účelem lze stroj vybavit několika typy vřeten a frézovacích hlav. Po detailním posouzení všech možných variant je zřejmé, že největší odebíraný objem materiálu nastane při nasazení elektrovřetene VE-15/167 s výkonem 70 kW a krouticím momentem 210Nm a to především v leteckém průmyslu. Při hrubování obrobku (slitiny hliníku) s takovýmto výkonem, vysokými reznými rychlostmi a posuvem vzniká velké množství třísek, které musí být dopravník schopen za určitou časovou jednotku dopravit ven z pracovního prostoru.

Zvolena úroveň důležitosti: 3

9.1.5 Odvod řezné kapaliny

Do dopravníku nepadají jen třísky, ale stéká do něj také veškerá řezná kapalina použita v rezném procesu. Na stroji je středové chlazení nástrojem o průtoku 30 l/min. Dále má stroj

také vnější chlazení o stejném průtoku. Při návrhu průtočného množství kapaliny budeme uvažovat rezervu 20 % z celkového součtu středového a vnějšího chlazení stroje.

Zvolena úroveň důležitosti: 3

Průtočné množství:

$$\dot{V} = (30 + 30) \cdot 1,2 = 72 \text{ l/min}$$

9.1.6 Složitost montáže

Složitost montáže ovlivňuje délku času potřebného pro kompletaci stroje a tedy částečně i celkovou cenu výroby stroje. Složitost montáže souvisí také se složitostí demontáže, při případných poruchách dopravníku.

Zvolena úroveň důležitosti: 2

9.2 Návrh nevhodnější varianty

Každý dopravník bude bodově ohodnocen v rozmezí od 1 do 4 bodů, kde 1 bod bereme, jak nevyhovující a 4 jako plně postačující. U každého kritéria budou body násobeny důležitostmi a poté sečteny. Dopravník s nejvyšším ohodnocením je pro nás nevhodnější.

Kritérium	Důležitost	Článekový dopravník	Hrablový dopravník	Šnekový dopravník	Magnetický dopravník	Ideální dopravník
Univerzálnost použití	3	4	2	1	1	4
Cena	2	2	2	4	1	4
Možnost vynášení třísek do výšky	1	3	2	1	4	4
Přepravované množství	3	4	4	2	2	4
Odvod řezné kapaliny	3	4	4	3	3	4
Složitost montáže	2	4	4	2	3	4
Celkem		51	44	31	30	56
Celkové normované hodnocení		91,07 %	78,57 %	55,36 %	53,57 %	100 %
Pořadí		1.	2.	3.	4.	

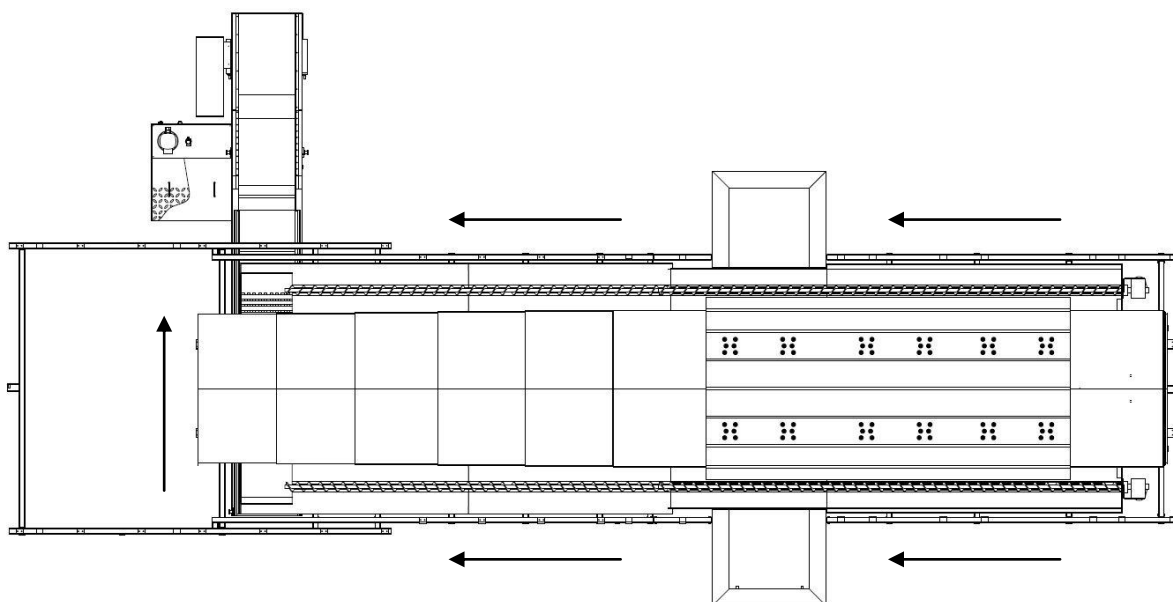
Tab. 5 Rozhodovací tabulka pro výběr dopravníku třísek

S ohledem na výsledek rozhodovací metody, můžeme jako nejvhodnější variantu třískového hospodářství zvolit článekový dopravník.

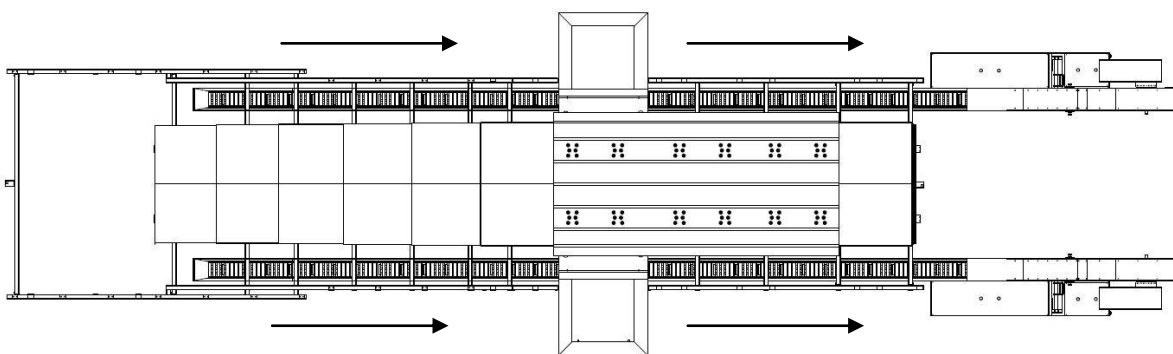
9.3 Návrh možné koncepce

V současném řešení jsou třísky z pracovního prostoru odváděny čtyřmi šnekovými dopravníky do příčného článekového dopravníku. Vzhledem ke koncepci stroje by bylo nejvhodnější článekové dopravníky umístit podél osy X na místo šnekových dopravníků používajících se při současné koncepci stroje. Soustrojí se tak zjednoduší z 5 mechanismů na pouhé 2, tím se stroj částečně zjednoduší.

Na obrázcích 28. a 29. je ukázán rozdíl mezi současným a navrhovaným provedení třískového hospodářství. Šipky ukazují směr toku třísek.



Obr. 28 Současné řešení třískového hospodářství stroje



Obr. 29 Návrh uspořádání článekových dopravníků ve stroji

Pro možnost použití nového uspořádání třískového hospodářství by se museli konstrukčně upravit rámy stroje a také deska spojující stojany s ložem osy X.

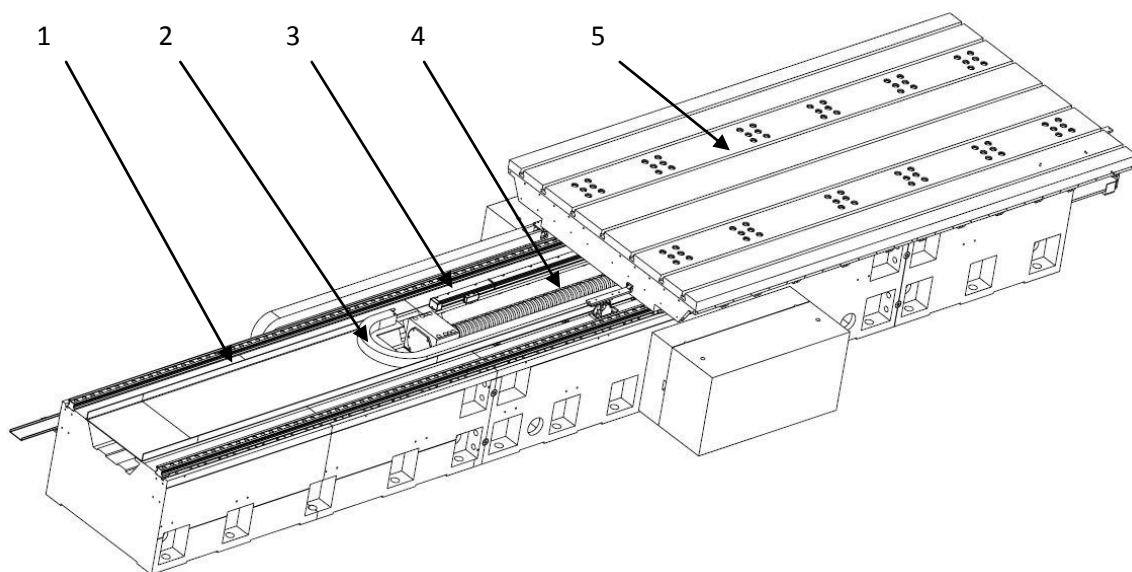
Součastné řešení		Nový návrh	
Typ dopravníku (délka)	Cena [Kč]	Typ dopravníku (délka)	Cena [Kč]
Šnekový (4 m)	4 x 32 000	Článkový (8,6 m)	2 x 170 000
Článkový (2,7 m)	1 x 109 000		
Celková cena	237 000	Celková cena	340 000

Tab. 6 Přibližný výpočet ceny třískového hospodářství stroje

10 Krytování pohyblivých částí stroje

10.1 Mechanická část osy X

Mezi základní části osy X patří litinové lože, posuvový mechanismus osy X a litinový stůl. Stůl je poháněn kuličkovým šroubem a pohybuje se na předepnutých valivých vedeních. Jak kuličkový šroub, tak valivé vedení je nutné zcela separovat od vlhkosti a mechanických nečistot. V opačném případě může dojít k poškození pryžových stěračů, nebo valivých tělísek a tím zničení celého mechanismu. Dále je nutno bránit zadržování třísek a řezné kapaliny v prostoru mezi lineárním vedením. Řezná kapalina by mohla zapříčinit zkrat elektrických členů uložených pod stolem.



Obr. 30 Popis důležitých částí mechaniky osy X

- 1 ... Lineární valivé vedení – po něm se pohybuje stůl, umožňuje lineární pohyb za vysoké geometrické přesnosti
- 2 ... Energořetězy – slouží k vedení elektrické kabelů a hadic
- 3 ... Odměrování – pravítko odměřující přesnou polohu stolu
- 4 ... Kuličkový šroub – broušený o přesnosti IT3 s předepnutou maticí
- 5 ... Stůl – slouží k upínání obrobku

10.2 Popis jednotlivých kritérií a stanovení důležitosti

Pro posouzení vhodnosti dopravníku byla zvolena kritéria:

- *zatížitelnost třískami*
- *cena*
- *životnost a spolehlivost*
- *hmotnost*
- *možnost pocházení po krytu*
- *těsnost*
- *odolnost vůči žhavým třískám*

jednotlivá kritéria jsou popsána níže. U každého kritéria byl zvolen také index důležitosti v rozmezí od 1 do 3, kde:

- | | | |
|---|-----|--|
| 1 | ... | méně důležité (doplňkové vlastnosti, neovlivňující funkci) |
| 2 | ... | spíše důležité (není podmínkou nutnou, přináší přidanou hodnotu) |
| 3 | ... | velmi důležité (vlastnost je základním požadavkem, nezbytné pro správnou funkci) |

10.2.1 Zatížitelnost třískami

Kryt musí být schopen unést na sobě co největší vrstvu třísek, aniž by to ovlivnilo jeho funkčnost. Protože se jedná o kryt osy X je kryt uložen v horizontálním směru a možnosti jeho sklonu jsou vzhledem k výšce stolu malé, proto je velice pravděpodobné, že se na krytu budou hromadit třísky z řezného procesu.

Zvolena úroveň důležitosti: 3

10.2.2 Cena

Cena krytu se promítne do celkové ceny stroje, a proto je uvažováno toto kritérium při výběru krytu. Ceny krytů se pohybují v rozmezí od 10 000 Kč do 40 000 Kč. V tab. 7 jsou uvedeny přibližné ceny pro jednotlivé kryty pro délku v roztaženém stavu okolo 4 000 mm. Ceny jsou uvedeny v určitém rozsahu, protože o přesné ceně teleskopických a měchových krytů rozhoduje jejich přesné tvarové provedení. U rolovacích krytů zase jejich přesná šíře.

Zvolena úroveň důležitosti: 2

	Stěrací rámečky + spirálové kryty	Teleskopické kryty	Měchové kryty	Rolovací kryty
Cena [Kč]	18 000 ÷ 22 000	15 000 ÷ 18 000	10 000 ÷ 15 000	30 000 ÷ 40 000

Tab.7 Porovnání cen krytů pohyblivých částí

10.2.3 Životnost a spolehlivost

Tyto kryty patří k jedné z nejvíce namáhaných částí krytování stroje. Vzhledem k možnosti každodenního používání stroje je životnost velice důležitá. Tyto kryty jsou namáhány nejen obtížením nahromaděných třísek, ale také od jejich častého skládání a rozkládání. Životnost by se měla blížit 10 000 pracovních hodin, protože to je život včetně hlav a dalších částí vyžadující generální opravy.

Zvolena úroveň důležitosti: 3

10.2.4 Hmotnost

Obecně lze říci, že vysoká hmotnost teleskopických krytů může mít vliv na zatížení posuvového mechanismu a setrvačná síla krytů může negativně ovlivnit dynamiku osy. Vzhledem k hmotnosti krytů vůči hmotnosti stolu (3000 kg) a možné zatížitelnosti (až 6500 kg) je tento vliv u posuzovaného stroje minimální.

Zvolena úroveň důležitosti: 1

10.2.5 Možnost pocházení po krytu

Stroj FVC má v prostoru obsluhy stroje pochozí rošty, ale při upínání složitých obrobků nebo při úklidu pracovního prostoru může nastat situace, kdy bude potřebovat obsluha stroje přístup z čela či z druhé strany stolu.

Zvolena úroveň důležitosti: 2

10.2.6 Těsnost

Možnost utěsnění od okolních vlivů obrábění má velký vliv na ochranu a životnost mechanických částí osy X. Do tohoto kritéria je také zahrnuta možnost utěsnění krytu z boků, aby byla zajištěna vodotěsnost při případném rozstříku řezné kapaliny o další kryty stroje.

Zvolena úroveň důležitosti: 3

10.2.7 Odolnost vůči žhavým třískám

Při procesu obrábění na kryt dopadají žhavé třísky. Proto je nutné, aby kryt odolával vlivu žhavých třísek a nedošlo ke snížení funkčnosti a těsnosti krytu.

Zvolena úroveň důležitosti: 3

10.3 Výběr nejvhodnější varianty

Každý dopravník bude bodově ohodnocen v rozmezí od 1 do 4 bodů, kde 1 bod bereme, jak nevyhovující a 4 jako plně postačující. U každého kritéria budou body násobeny důležitostí a poté sečteny. Kryt s nejvyšším ohodnocením je pro nás nejvhodnější.

Kritérium	Důležitost	Stěrací rámečky + spirálové k.	Teleskopické kryty	Měchové kryty	Rolovací kryty	Ideální kryt
Zatížitelnost třískami	3	1	4	1	3	4
Cena	2	2	3	4	1	4
Životnost a spolehlivost	3	3	4	2	2	4
Hmotnost	1	4	2	4	3	4
Možnost pocházení po krytu	2	1	4	1	2	4
Těsnost	3	1	4	3	2	4
Odolnost vůči žhavým třískám	3	2	4	1	4	4
Celkem		31	64	35	42	68
Celkové normované hodnocení		45,59 %	94,11 %	51,47 %	61,76 %	100 %
Pořadí		4.	1.	3.	2.	

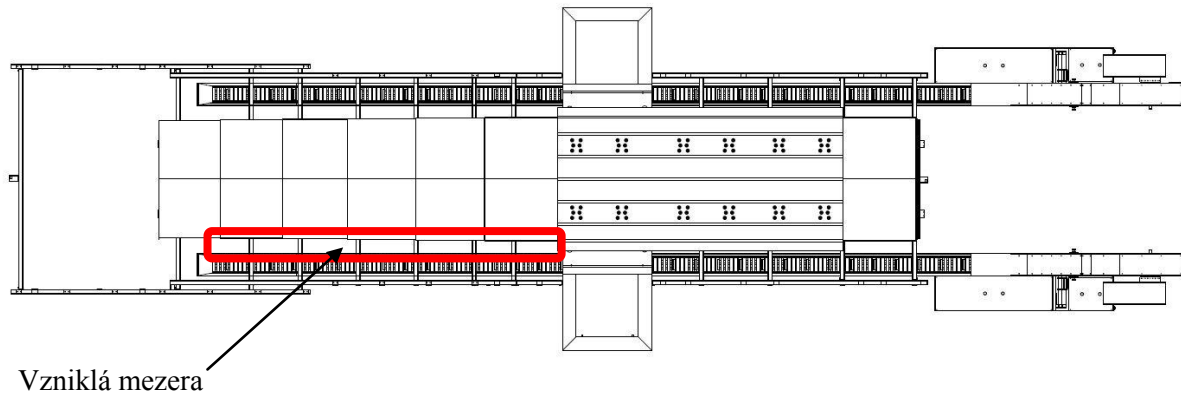
Tab. 8 Rozhodovací tabulka pro výběr krytu pohyblivých částí

S ohledem na výsledek rozhodovací metody, můžeme jako nejvhodnější variantu pro krytování pohyblivých částí osy X zvolit teleskopický kryt. Teleskopické kryty jsou používány při současném provedení stroje.

11 Analýza nového řešení

Jako nejvhodnější varianta nám vyšla kombinace dvou článkových dopravníků zajišťujících správné třískové hospodářství stroje a teleskopických krytů chránící pohyblivé části stroje. Oproti minulému řešení, kde byli použity šnekové dopravníky, jsou navrhované článkové dopravníky užší. Mezi článkovými dopravníky a litinou osy X musí být dodržen určitý prostor, aby byla dobrá přístupnost ke stavěcím šroubům stroje. Tyto šrouby jsou umístěny na spodní části mechaniky osy X a používají se k vyrovnávání stroje.

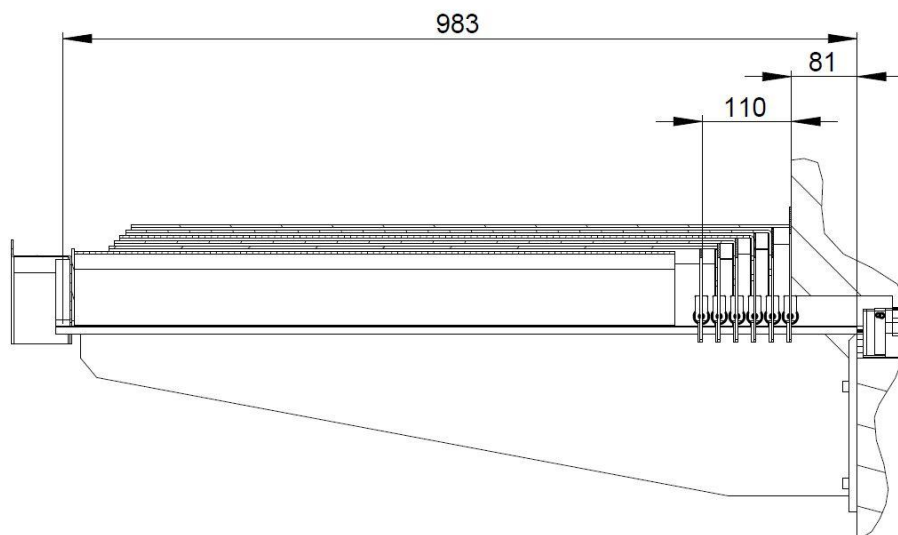
Tím ale vznikne mezera mezi teleskopickými kryty a článkovým dopravníkem. Pro zamezení této mezery je vhodné například zvolení širších teleskopických krytů.



Obr. 31 Nové řešení stroje

11.1 Kontrola konzole nesoucí teleskopické kryty

Rozšířením teleskopických krytů se zvětší i jejich celková hmotnost. Je nutné rozšíření o 200 mm na každou stranu, proto bude uvažovat zvětšení hmotnosti o 20 %. Výpočet bude proveden na konzoli číslo výkresu 22_109 (viz příloha č.1). Při výpočtu budeme uvažovat shrnuté teleskopické kryty. Při této poloze veškerá váha teleskopických krytů působí přímo na konzoli. Kryt působí na konzoli ve vzdálenosti 81 mm od spoje konzole s ložem osy X. V tomto místě jsou na délce 110 mm jednotlivé segmenty opřeny o vodící rolničky. Další místo, kde působí kryty na konzoli je na nejvzdálenějším místě od vetknutí. V tomto místě je poslední nejmenší segment přišroubován ke konzoli a vrchní segmenty jsou o něj opřeny.



Obr. 32 Místa opřených teleskopických krytů o konzoli

11.1.1 Výpočet deformace konzole

Hmotnost původních teleskopických krytů: $m_p = 198 \text{ kg}$

Hmotnost nových teleskopických krytů: $m = 198 \cdot 1,2 = 237,6 \text{ kg}$

Hmotnost působící na přední a zadní část není rovnoměrně rozložena. Budeme uvažovat, že hmota působící na přední část (místo spojení krytu se stolem) je 60% z celkové hmotnosti krytu.

Síla působící na válečky:

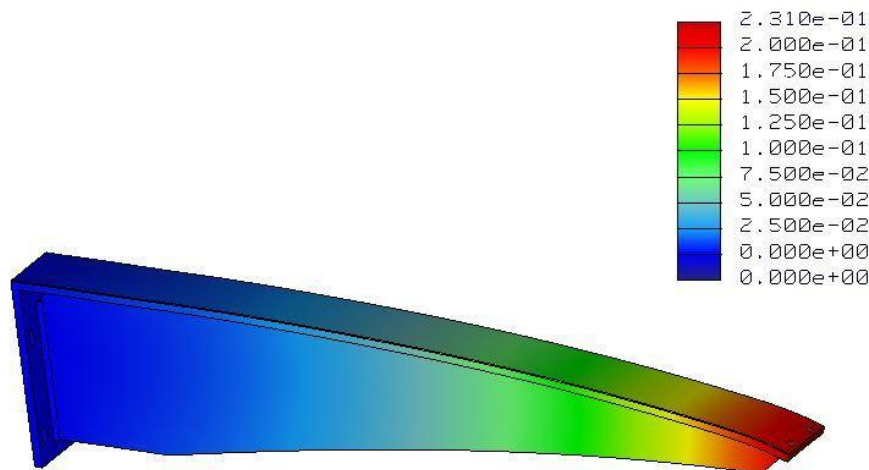
$$F_1 = (m \cdot 0,6) \cdot g = (237,6 \cdot 0,6) \cdot 9,81 = 1\,398,51\,N$$

Síla působící na konci konzole:

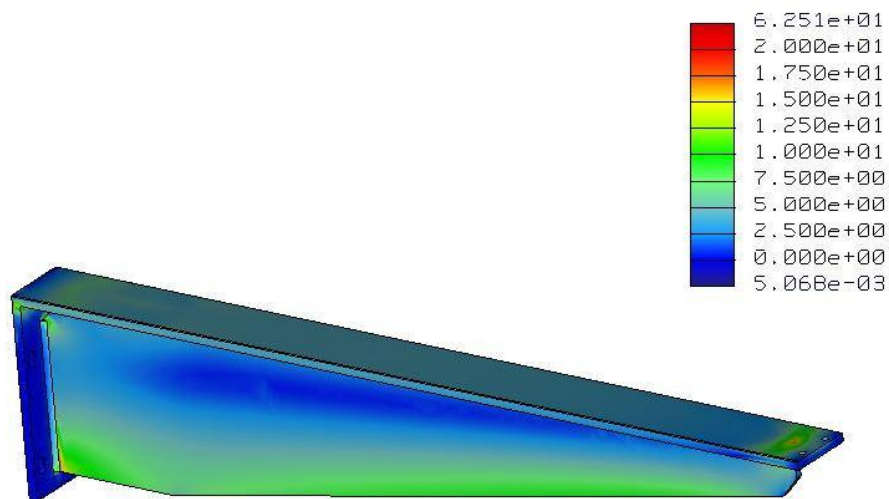
$$F_1 = (m \cdot 0,4) \cdot g = (237,6 \cdot 0,4) \cdot 9,81 = 932,34\,N$$

11.1.2 Výpočet MKP

Pro zjištění maximálního napětí a maximální deformace konzole byla zvolena metoda konečných prvků. Výpočet byl proveden v programu Pro/Mechanica. Byla zvolena metoda Multi-pass adaptive s nastavením na 9 polygonů.



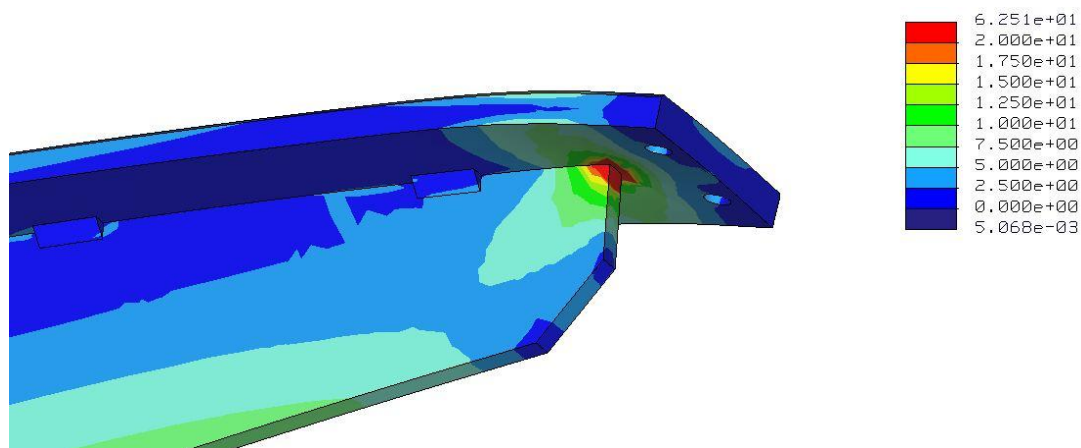
Obr. 33 Deformace konzole [mm]



Obr. 34 Napětí v konzoli – redukované napětí HMH [MPa]

Analýza deformace ukazuje, že průhyb na konci konzole je 0,23 mm. Tato hodnota přijatelná k ohledu na funkci.

Analýza napětí ukazuje, že napětí v konzoli se většinou pohybuje do 10 MPa. Maximální napětí 62,5 MPa vzniklo na konci ve spoji mezi vrchní deskou a žebrem. Toto napětí můžeme částečně zanedbat, protože jeho značná část vznikla částečnou chybou při výpočtu vrubu spoje.



Obr. 35 Místo maximálního napětí – redukované napětí HMH [MPa]

12 Závěrečné zhodnocení práce

V této práci jsem měl shrnout všechny komponenty používané v oblasti krytování obráběcích strojů. Toto bylo provedeno v první části mé práce, ale krytování celého stroje je velice obsáhlé téma a jednotlivé komponenty by bylo možné podrobněji popsat, ale to by zdaleka přesahovalo rozsah této práce. Tato práce může posloužit konstruktérovi obráběcích strojů jako podklad pro získání základních informací o možnostech zakrytování obráběcího stroje a v orientování se ve výrobcích jednotlivých komponentů.

V druhé části mé práce byla provedena analýza současného krytování osy X u stroje FVC 160/3 firmy Strojírna TYC. Během analýzy bylo zjištěno, že by bylo vhodnější použití dvou článkových dopravníků namísto současné verze stroje se čtyřmi šnekovými a jedním příčným článkovým dopravníkem. Tento návrh i s podklady byl předložen firmě Strojírna TYC.

13 Seznam použité literatury

Použitá literatura:

[1] MAREK, J., A KOLEKTIV Konstrukce CNC obráběcích strojů, Praha: MM publishing, 2010

[2] Norma ČSN EN 12417+A2 (20 0710) - Bezpečnost obráběcích a tvářecích strojů - Obráběcí centra, 2009

Internetové zdroje:

[3] TRENS SK, a.s., www.trens.sk
http://www.trens.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=66&lang=sk

[4] MAZAK, www.mazak.eu
<http://www.mazak.eu/jkcm/mazakproduct.aspx?pg=1514&SizeCode=00000>

[5] TOS VANS DORF a.s., www.tosvansdorf.cz
<http://www.tosvansdorf.cz/cz/produkty/horizontalni-vyvrtavacky-deskove/wrd-170-q/popis-stroje.html>

[6] ASTOS, www.astos.cz
<http://www.astos.cz/cs/produkty/dopravniky>

[7] SE-MI TECHNOLOGY, www.se-mi.cz
<http://www.se-mi.cz/vyrobn-program/clankove-dopravniky/triskove-dopravniky/>

[8] BROXTEC, www.broxtec.cz
<http://www.broxtec.cz/page/67987.dopravniky-magneticke-mc/>

[9] HESTEGO, *www.hestego.cz*
<http://www.hestego.cz/krytovani-stroju/stiraci-systemy/>

[10] TECHNIMETAL, *www.tecnimetal.cz*
<http://www.tecnimetal.cz/produkty/teleskopicke-kryty/>
<http://www.tecnimetal.cz/produkty/mechove-kryty/>

[11] HENLICH, *www.hennlich.cz*
<http://www.hennlich.cz/produkty/krytovani-stroju-spiralove-kryty-2650/montaz.html>

[12] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM, *www.mmspektrum.com*
<http://www.mmspektrum.com/clanek/parametry-krytu-vedeni-obrabecich-stroju.html>

[13] STROJÍRNA TYC s.r.o., *www.strojrna-tyc.cz*
http://www.strojirna-tyc.cz/?page=devel_prog&subpage=fvc

[14] AMTEK, *www.amtek.cz*
<http://www.amtek.cz/bezpecnostni-spinaci-listy>

[15] P.I.E., *www.pei-gmbh.com*
http://www.veemtrading.cz/produkty.php?menu2=produkty/produkty_pei5&produkty=pei_kryci_zastery&titulek=titulky/pei_kryci_zastery

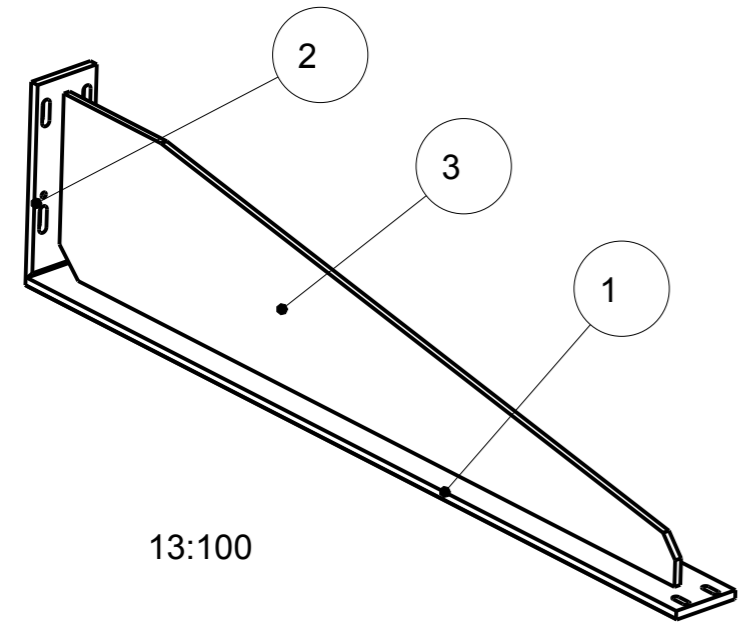
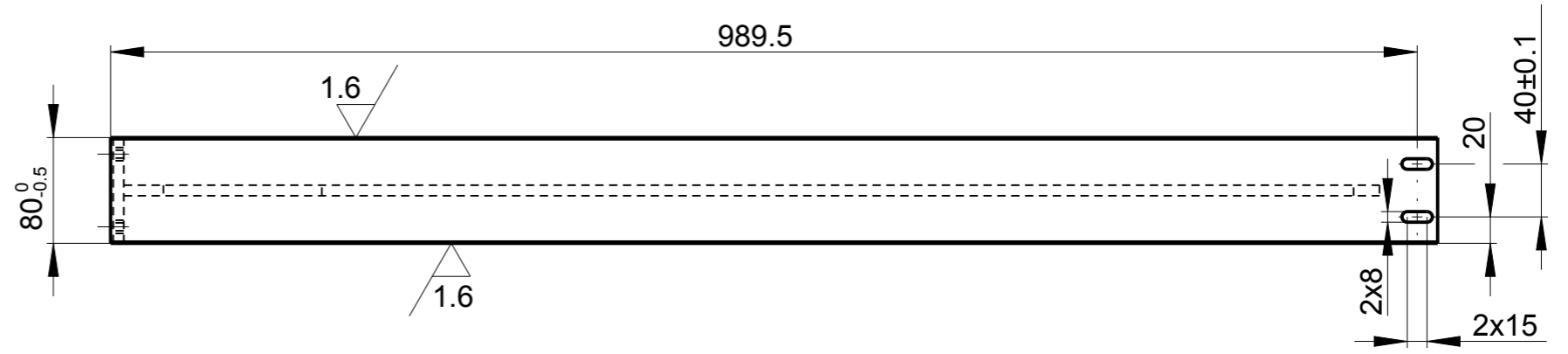
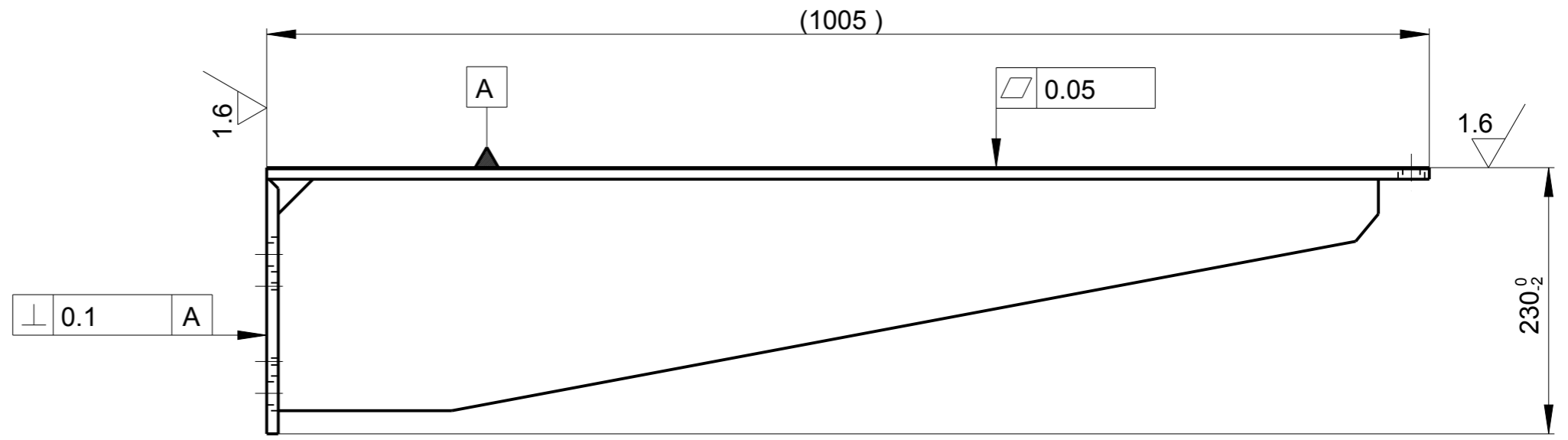
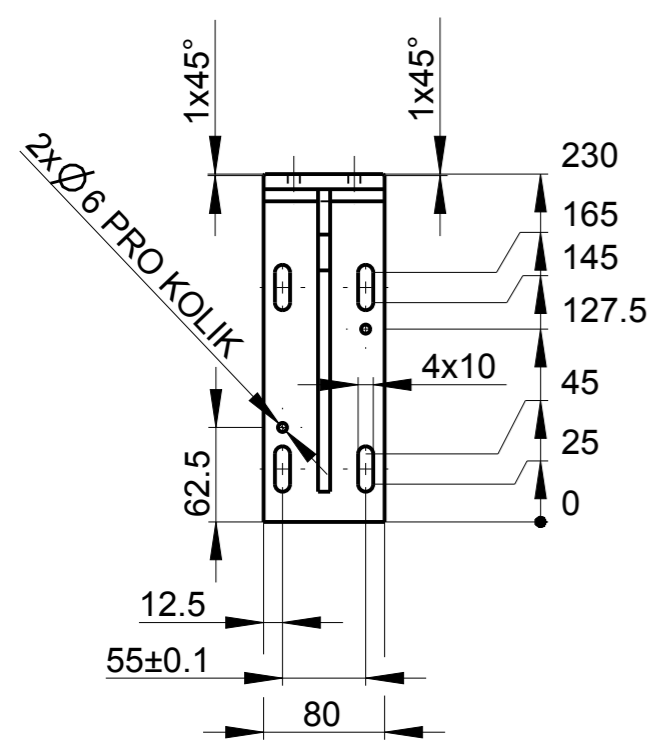
Katalogy výrobců:

[16] STROJÍRNA TYC s.r.o., FVC - portálové obráběcí centrum s pojízdným stolem

PŘÍLOHA č. 1

Výrobní výkres konzole teleskopických krytů č.v. 22_109

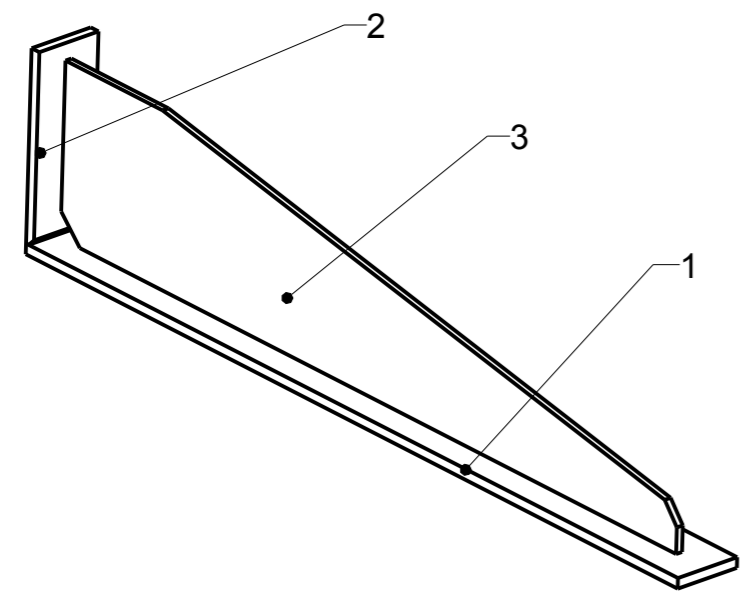
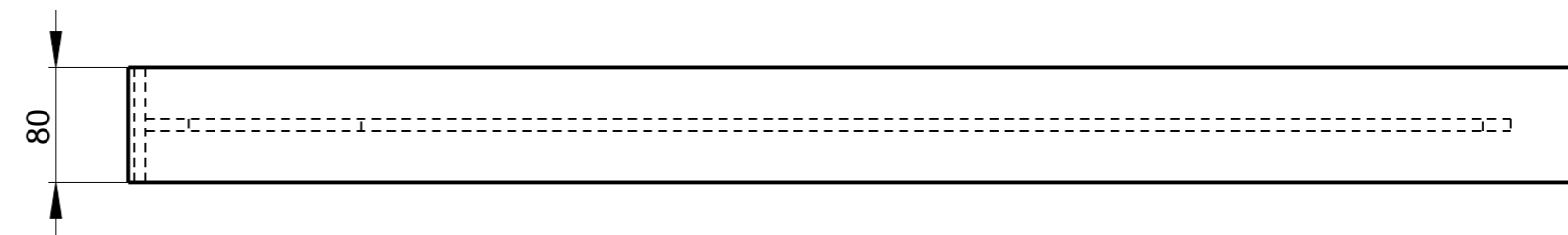
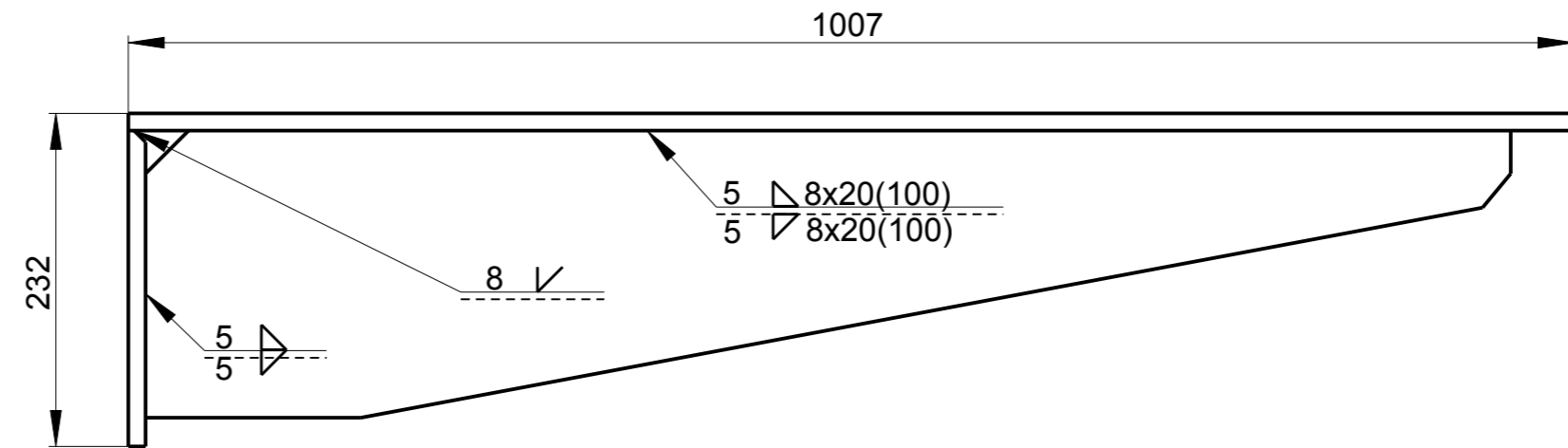
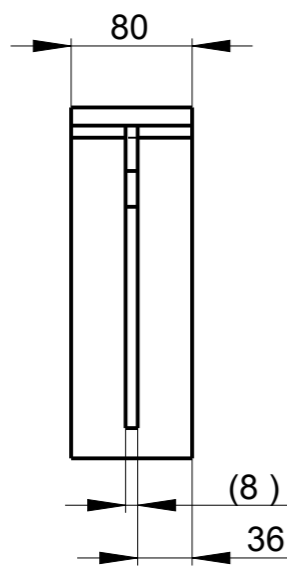
Cislo vykresu		Nazev			Typ		DATUM	
22_109		KONZOLA TELESKOPU			FVC		23.06.2014	
Poz.	Cislo vykresu	Nazev	Rozmer	Polotovar	Mat.konecny	C.hmotn.	Kus	
1	22_110	KONZOLA DIL HORNI	PL.10		11 373.1	7.589	1	
2	22_111	KONZOLA DIL BOCNI	PL.12		11 373.1	1.638	1	
3	22_112	KONZOLA DIL VZPERA	PL.8		11 373.1	8.132	1	



POLOTOVAR: 22_109_SVAR

CISLO ZMENY	DATUM	STARY VYKRES	POPIS ZMENY	POLOHA	AUTOR
			VSECHNA PRAVA VYHRAZENA. KOPIROVANI NEBO ZPROSTREDKOVANI V JAKEKOLIV PODOBE BEZ PISEMNEHO SOUHLASU FIRMY STROJIRNA TYC, S.R.O. JE ZAKAZANO.		
MERITKO	KRESLIL	KORINEK		SVARENCE DLE INTERNIHO PREDPISU D9_0178	
1:5	PREZKOUSEL			PRESNOST DLE CSN ISO 2768 - mK	
	SCHVALIL			PROMITANI: [ISO E]	
	DNE	23.03.2014		CELK. CISTA HMOTNOST [kg] 15.7	
PROJEKT			POVRCHOVA UPRAVA		
TYP		FVC		POCET LISTU	
NAZEV STROJE				2	
NAZEV		KONZOLA TELESKOPU		CISLO LISTU	
				1	
C.V.				22_109	

Poz.	Cislo vykresu	Nazev	Rozmer	Polotovar	Mat.konecny	C.hmotn.	Kus
1	22_110	KONZOLA DIL HORNI	PL.10		11 373.1	7.589	1
2	22_111	KONZOLA DIL BOCNI	PL.12		11 373.1	1.638	1
3	22_112	KONZOLA DIL VZPERA	PL.8		11 373.1	8.132	1



13:100

CISLO ZMENY	DATUM	STARÝ VYKRES	POPIS ZMENY	POLOHA	AUTOR
VSECHNA PRAVA VYHRAZENA. KOPIROVANI NEBO ZPROSTREDKOVANI V JAKEKOLIV PODOBE BEZ PISEMNEHO SOUHLASU FIRMY STROJIRNA TYC, S.R.O. JE ZAKAZANO.					
MERITKO	KRESLIL	KORINEK		SVARENCE DLE INTERNIHO PREDPISU D9_0178	
2:25	PREZKOUSEL			PRESNOST DLE CSN ISO 2768 - mK	
	SCHVALIL			PROMITANI: [ISO E]	
	DNE	23.03.2014		CELK. CISTA HMOTNOST [kg]	15.7
PROJEKT				POVRCHOVA UPRAVA	
		TYP	FVC		
		NAZEV STROJE			
		NAZEV	KONZOLA TELESKOPU		
				C.V.	22_109_SVAR
				POCET LISTU	2
				CISLO LISTU	2