

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A  
ROBOTIKY  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## TŘÍSKOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ OBRÁBĚCÍHO STROJE METAL CHIP MANAGEMENT OF PRODUCTION MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. VÍT BÍLEK

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. MICHAL HOLUB, Ph.D.



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Vít Bílek

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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

### **Třískové hospodářství obráběcího stroje**

v anglickém jazyce:

### **Metal chip management of production machine**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro obráběcí stroj, který je využíván na obrábění slitin hliníku navrhnout dopravník třísek z pracovního prostoru a následně jejich zpracování.

Cíle diplomové práce:

- Rozbor a specifikace úlohy
- Výpočtová dokumentace, 3D model a výkresová dokumentace.

Seznam odborné literatury:

- WECK, Manfred, BRECHER, Christian. Werkzeugmaschinen : Konstruktion und Berechnung. 2006. überarb. Auflage. Verlag Berlin Heidelberg : Springer, 2006. 701 s. ISBN 3-540-22502-1.
- Marek, Jiří, MM Průmyslové spektrum: Konstrukce CNC obráběcích strojů. 2006. Speciální vydání. Dostupný z WWW: <[www.mmspektrum.com](http://www.mmspektrum.com)>. ISSN 1212-2572.
- BORSKÝ, Václav. Základy stavby obráběcích strojů. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1986. 145 s. ISBN 55-600-86.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Holub, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 3.11.2010

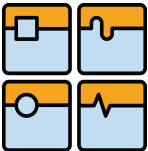
L.S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

|                                                                                  |                                            |        |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 5 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |        |

## ABSTRAKT

Tato práce se zabývá třískovým hospodářstvím obráběcího stroje a skládá se ze tří částí.

V teoretické části je popsán mechanismus tvorby třísky, její tvar, teplota, technologické veličiny popisující třísku, třískové dopravníky, drtiče třísek, briketovací lisy a filtry řezné kapaliny. V další části je návrh třískového hospodářství pro výrobní úsek skládající se z šesti obráběcích strojů. V poslední části je konstrukční návrh a výpočet dopravníku třísek.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Třísky, třískové hospodářství, dopravník třísek, drtič, briketovací lis, filtr řezné kapaliny

## ABSTRACT

This thesis is concerned with cutting farm machine and it consists of three parts.

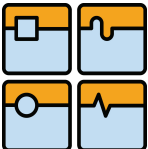
Theoretical part describes mechanism of chip formation, shape of the chips, temperature of the chips, technological variables describing chips, chip conveyor, chip crusher, briquetting press and coolant filter. In the next part there is proposal of design of cutting farm machine for production cell consists of six machining center. At last part there is design proposal and calculation of chip conveyor.

## KEYWORDS

Chip, metal chip management, chip conveyor, chip crusher, briquetting press, coolant filter.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BÍLEK, V. Třískové hospodářství obráběcího stroje. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 68 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Holub, Ph.D.

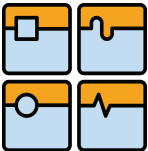
|                                                                                  |                                            |        |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 6 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |        |

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Třískové hospodářství obráběcího stroje vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a podkladů, uvedených v seznamu použité literatury.

V Brně 25. 5. 2012

Podpis.....

|                                                                                  |                                            |        |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 7 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |        |

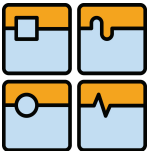
## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Michalu Holubovi, Ph.D. za vedení a rady při tvorbě této diplomové práce.

## OBSAH

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| ABSTRAKT .....                                  | 5  |
| PROHLÁŠENÍ .....                                | 6  |
| PODĚKOVÁNÍ .....                                | 7  |
| OBSAH.....                                      | 8  |
| ÚVOD .....                                      | 10 |
| 1. TŘÍSKY .....                                 | 11 |
| 1.1 Technologie obrábění.....                   | 11 |
| 1.2. Mechanismus tvorby třísky.....             | 12 |
| 1.3. Tvar Třísky.....                           | 12 |
| 1.4. Teplo při obrábění .....                   | 14 |
| 1.5. Technologické charakteristiky třísky ..... | 14 |
| 1.5.1 Součinitel pěchování třísky [5].....      | 15 |
| 1.5.2. Objemový součinitel třísek [5] .....     | 15 |
| 1.6. Obráběný materiál.....                     | 16 |
| 2. SOUČÁSTI TŘÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ.....        | 17 |
| 2.1. Odvod třísek.....                          | 17 |
| 2.2. Druhy dopravníků třísek .....              | 17 |
| 2.2.1 Článekový dopravník .....                 | 18 |
| 2.2.2. Hrablový dopravník.....                  | 19 |
| 2.2.3. Šnekový dopravník.....                   | 19 |
| 2.2.4. Magnetický dopravník .....               | 20 |
| 2.2.5. Harpunovitý dopravník .....              | 20 |
| 2.2.6. Pásový dopravník.....                    | 21 |
| 2.3. Separátory a filtrace řezné kapaliny ..... | 21 |
| 2.3.1. Odstředivé separátory .....              | 21 |
| 2.3.2. Pásové filtry .....                      | 22 |
| 2.3.3. Magnetické filtry.....                   | 22 |
| 2.4. Drtiče třísek .....                        | 23 |
| 2.4.1. Nožové mlýny .....                       | 23 |
| 2.4.2. Dvuhřídelový drtič .....                 | 23 |
| 2.4.3. Jednohřídelový drtič .....               | 24 |
| 2.4.4. Hranolové drtiče .....                   | 24 |

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 2.5. Briketovací lisy.....                              | 24 |
| 2.6. Obráběcí centrum .....                             | 25 |
| 3. NÁVRH TŘÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ .....                  | 28 |
| 3.1. Výpočet objemu třísek .....                        | 28 |
| 3.2. Objem odebraného materiálu .....                   | 28 |
| 3.3. Objem volně ložených třísek.....                   | 29 |
| 3.4. Výpočet odebraného materiálu výrobního úseku ..... | 29 |
| 3.5. Návrh centrálního dopravníku .....                 | 30 |
| 3.6. Návrh drtiče.....                                  | 30 |
| 3.7. Návrh briketovacího lisu .....                     | 30 |
| 3.8. Návrh filtrační stanice .....                      | 31 |
| 3.9. Vizualizace třískového hospodářství .....          | 32 |
| 4. NÁVRH TŘÍSKOVÉHO DOPRAVNÍKU .....                    | 33 |
| 4.1. Varianty uspořádání výrobního úseku .....          | 33 |
| 4.2. Prostorová dispozice .....                         | 35 |
| 4.3. Konstrukce dopravníku .....                        | 35 |
| 4.4. Výpočet dopravníku .....                           | 38 |
| 4.4.1. Dopravní rychlost .....                          | 38 |
| 4.4.2. Stanovení odporů proti pohybu.....               | 39 |
| 4.4.3. Síly působící na dopravní pás .....              | 42 |
| 4.4.4. Volba motoru .....                               | 45 |
| 4.4.5. Pevnostní kontrola hřídelů.....                  | 46 |
| 4.4.6. Výpočet trvanlivosti ložisek.....                | 56 |
| 4.4.7. Kontrola pera .....                              | 58 |
| 4.4.8. Volba čerpadla .....                             | 59 |
| 5. Vizualizace dopravníku.....                          | 60 |
| 6. Technicko-ekonomické zhodnocení.....                 | 62 |
| ZÁVĚR .....                                             | 63 |
| Seznam použitých zdrojů: .....                          | 65 |
| Seznam obrázků .....                                    | 67 |
| Seznam příloh.....                                      | 68 |

|                                                                                  |                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 10 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

## ÚVOD

V mnoha odvětvích průmyslové výroby se používá při výrobním procesu technologie obrábění. Při obrábění vzniká mimo požadovaný výrobek (obrobek) také nežádoucí odpadní materiál ve formě směsi třísek obráběného materiálu řezných olejů, emulzí a kalů. Nakládání s těmito odpady se obecně nazývá třískové hospodářství. Třískové hospodářství zahrnuje zejména dopravu, drcení, odstředění, lisování třísek a filtraci olejů a řezných kapalin.

Snahou je oddělit od sebe jednotlivé složky odpadu a ty pak dále zpracovat a recyklovat. Odstředěné třísky se dají prodat do výkupu druhotných surovin. Výhodné je lisování třísek do briket, jejich slisováním se zvyšuje jejich výkupní cena. Slisované třísky se navíc stávají nebezpečným odpadem, jsou méně náročné na prostor při skladování a manipulaci. Při tavení briket se, oproti tavení volně sypaných třísek, zmenšuje ztráta materiálu vlivem oxidace. Řezná kapalina zbavená třískami a nečistotami z obrábění je znovu použitelná v obráběcím procesu. Recyklací třísek a řezných kapalin šetříme náklady a přírodní zdroje.

Automatizací celého třískového hospodářství se sníží nároky na obsluhu a manipulaci.

Dobře fungující třískové hospodářství je tedy ekologické a ekonomické. Nemělo by být opomíjeno všude tam, kde se obrábí železné i neželezné kovové materiály.

Cílem mé diplomové práce je pro obráběcí stroj, který je využíván na obrábění slitin hliníku navrhnout dopravník třísek z pracovního prostoru stroje. Dále pak pro výrobní úsek, skládající se z 6 obráběcích center, navrhnou odvod a další zpracování třísek, tedy třískové hospodářství. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce bylo zadání upraveno. Namísto slitin hliníku budou obráběcí centra obrábět mosazi. Ostatní části zadání zůstaly nezměněny.

## 1. TŘÍSKY

### 1.1 Technologie obrábění

Obrábění patří, spolu s tvářením, mezi nejrozšířenější a nejpoužívanější výrobní technologii. Slouží k výrobě hotových výrobků nebo k výrobě nástrojů pro jiné výrobní technologie (tvářením, sléváním, stříháním, svařováním, prášková metalurgie, nekonvenční metody obrábění, formy pro vstřikování plastů atd.).

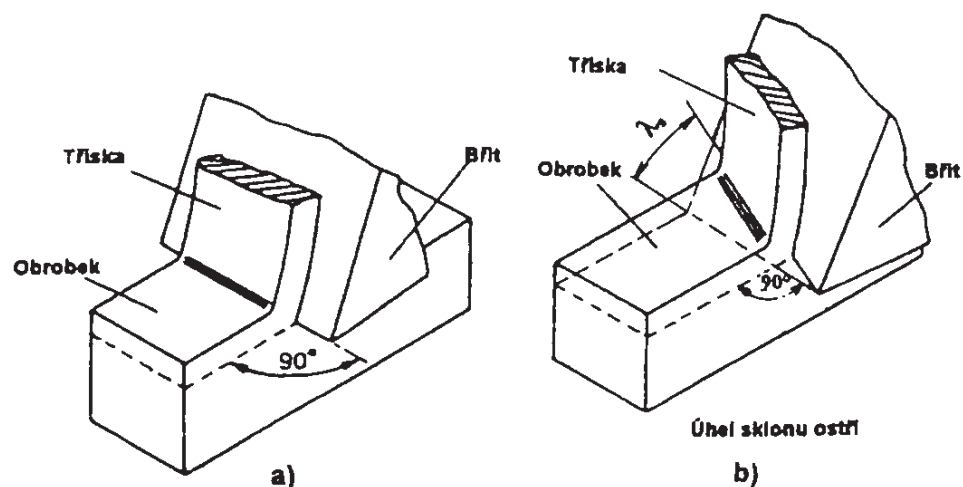
Obrábění je technologický proces, při kterém dáváme obrobku požadovaný geometrický tvar, rozměry a jakost povrchu odebráním částic materiálu. Obrábění můžeme rozdělit na třískové obrábění, řezání a nekonvenční způsoby obrábění jako např. obrábění laserem, ultrazvukem, elektrochemické obrábění, obrábění vodním paprskem atd.

Mezi technologie, jež jsou založeny na principu třískového obrábění, řadíme: soustružení, frézování, vrtání, hoblování, obrážení, broušení atd.

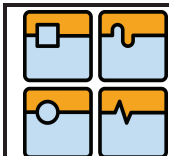
Při třískovém obrábění dáváme výrobku požadovaný geometrický tvar a jakost povrchu oddělováním materiálu ve formě třísek. Vznikající třísky mají rozličný tvar a velikost, závislé na technologii obrábění, na obráběném materiálu a řezných podmínkách.

Proces řezání probíhá v soustavě stroj – nástroj - obrobek. Při řezání je nástroj klínového tvaru vtlačován do obráběného materiálu, čímž dochází k oddělování materiálu. Podle polohy ostří vůči směru řezného pohybu rozlišujeme ortogonální a obecné řezání - obr. 1.

Při ortogonální řezání je ostří kolmé na směr řezného pohybu (zapichování, obrábění frézou s přímými zuby, protahování). U obecného řezání svírá ostří se směrem řezného pohybu obecný úhel (podélné soustružení, frézování nástrojem s šikmými zuby). [5]



obr. 1 Realizace řezného procesu [5]  
a) ortogonální řezání, b) obecné řezání

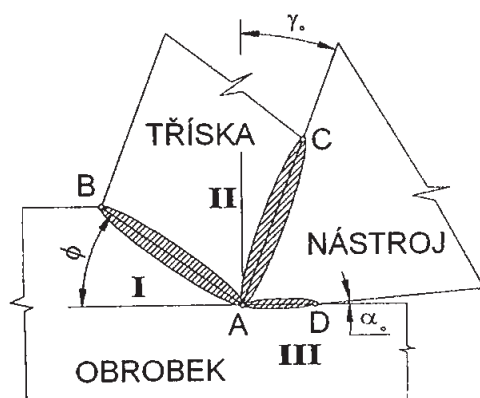


### 1.2. Mechanismus tvorby třísky

Mechanismus tvorby třísky je závislý na struktuře materiálu. U krystalických materiálů je fyzikální podstatou řezání plastická deformace probíhající za extrémních podmínek zatěžování, tj. vysokých tlaků, vysokých teplot a vysokých deformačních rychlostí. Obráběný materiál prochází v oblasti tvorby třísky pružnou a následně plastickou deformací, po vyčerpání plasticity materiálu dochází k lomovému porušení.

U nekystalického materiálu nedochází v místě vzniku třísky k plastické deformaci, tříska se odděluje křehkým lomem nebo štěpením.

Celý proces probíhá velmi rychle a při reálném obrábění se nedají pozorovat jednotlivá pásma deformace. Oblast, v níž dochází k oddělení třísky od zbytku materiálu, nazýváme kořenem třísky - obr. 2. Tvar a velikost kořene třísky závisí na vlastnostech materiálu a na řezných podmínkách. Úhel střižné roviny  $\phi$  má vliv na tloušťku třísky. U obrábění nastává největší plastická deformace a porušení materiálu v primární oblasti. [3], [5]



obr. 2 Oblast plastických deformací v kořenu třísky [3]

I, II, III – primární, sekundární a terciární oblast plastické deformace

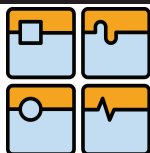
### 1.3. Tvar Třísky

Tvar třísky závisí na vlastnostech obráběného materiálu, geometrii nástroje, řezných podmínkách (řezná a posuvová rychlost, hloubka záběru) a na tření mezi třískou a nástrojem. Základní dělení třísek dle firmy SECO je na obr. 3.

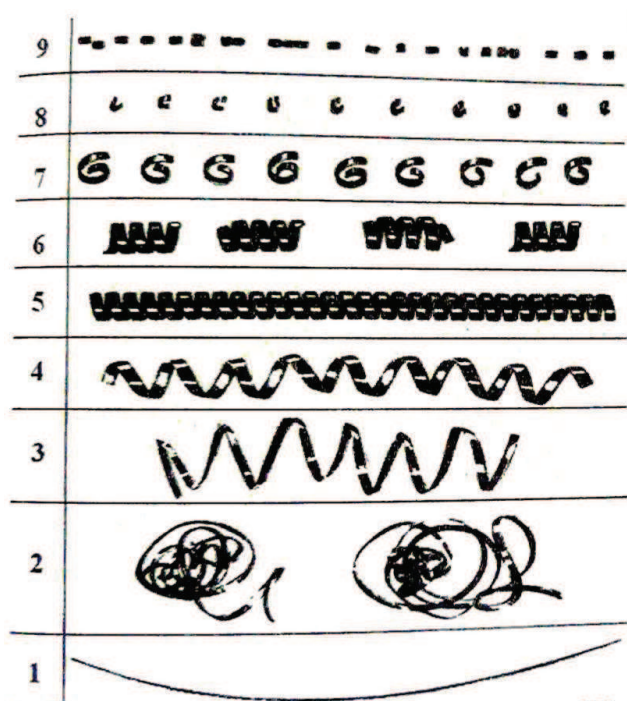
Z hlediska odvodu třísek ze stroje, odstředování třísek od řezné kapaliny, manipulace a jejich další zpracování je snaha, aby vzniknuvší třísky, zaujímali co nejmenší objem.

Pro docílení optimálního tvaru a tím minimálního objemu třísek se používají:

- utvářeče třísek, tj. lámání třísky o hřbet nástroje pomocí čelních utvářečů třísek
- usměrňování a lámání třísek o obrobenou plochu (u hrubování)
- přerušování posuvu nástroje a tím dělení třísky na menší segmenty



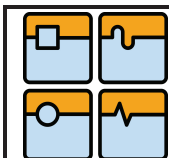
Dalším způsobem snížení objemového součinitele třísek je použití drtičů třísek a lisování třísek do briket.[3] Tvary třísek v závislosti na složení mosazi jsou na obr. 4.



obr. 3 Dělení třísek podle firmy SECO. 1-5 nevyhovující tvary třísek, 6-9 vyhovující, 9- třísky přetvářené [3].



obr. 4 Utváření třísky při soustružení odlitků průměru 45 mm a) CuZn40Mg0,4P0,4 (P4), b) CuZn4Mg0,4P0,4Bi0,4 (P5), c) CuZn40Pb2, d) CuZn40 (P1).[19]



#### 1.4. Teplo při obrábění

Většina mechanické energie vynaložená na tvorbu třísky se přeměňuje na tepelnou energii (95 až 98%). Množství tepla závisí na vlastnostech materiálu obrobku, geometrii nástroje a řezných podmínkách. Vzniklé teplo se přenáší do třísky, obrobku i nástroje a negativně ovlivňuje řezný proces. Rozdělení tepelné energie mezi třísku, nástroj a obrobek není rovnoměrné a záleží na druhu obrábění. Při soustružení oceli je největší část tepla odváděna třískou - obr. 5. Naopak při Broušení oceli je největší část tepla předána obrobku (70 až 90%). Celková tepelná energie je součtem několika dílčích energií [3]:

$$Q = Q_{sh} + Q_{\gamma} + Q_{\alpha} + Q_{ch} \quad (1.1)$$

Kde:

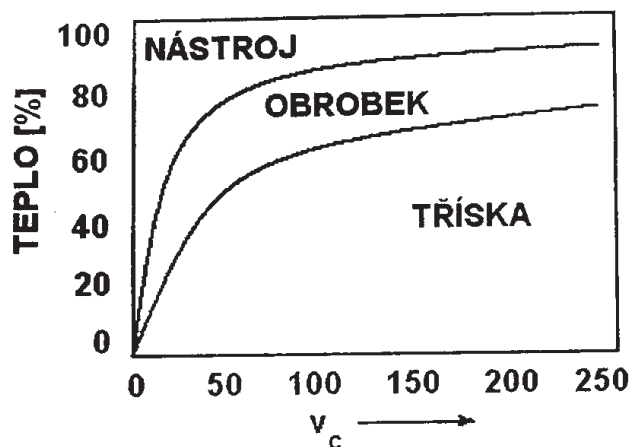
$Q_{sh}$  teplo způsobené plastickou deformací ve smykové rovině

$Q_{\gamma}$  teplo způsobené třením mezi třískou a čelem nástroje

$Q_{\alpha}$  teplo způsobené třením mezi obrobenou plochou a hřbetem nástroje

$Q_{ch}$  teplo způsobené utvářením a dělením třísky

Vzniklé teplo ovlivňuje jednak samotný řezný proces ale i celou obráběcí soustavu (stroj – nástroj - obrobek). V řezném procesu teplo negativně ovlivňuje řezné vlastnosti nástroje a mechanické vlastnosti obráběného materiálu. U obrobku, nástroje a obráběcího stroje způsobuje tepelné dilatace, čímž ovlivňuje přesnost obrábění.[3].



obr. 5 Poměrná distribuce tepla v závislosti na řezné rychlosti (při obrábění za sucha) [3]

#### 1.5. Technologické charakteristiky třísky

Hlavními technologickými charakteristikami třísek jsou součinitel pěchování třísek a objemový součinitel třísek.

### 1.5.1 Součinitel přechování třísky [5]

V důsledku plastických deformací v oblasti tvorby třísky dochází při odchodu třísky z oblasti řezání k jejímu přechování. U ortogonálního řezání může vycházet z rovnosti objemů odřezané vrstvy materiálu a třísek.

$$A_D \cdot v_c = A_{Dc} \cdot v_t \quad (1.2)$$

Kde

$A_D$  - jmenovitá plocha řezu

$A_{Dc}$  - plocha průřezu třísky

$v_c$  - řezná rychlost

$v_t$  - rychlost třísky

Součinitel přechování třísky dostaneme úpravou předešlého vztahu

$$\lambda = \frac{A_{Dc}}{A_D} = \frac{v_c}{v_t} > 1 \quad (1.3)$$

kde plochy  $A_D$ ,  $A_{Dc}$  lze vyjádřit ve tvaru:

$$A_D = h_D \cdot b_D \quad (1.4)$$

$$A_{Dc} = h_{Dc} \cdot b_{Dc} \quad (1.5)$$

kde

$h_D$  - jmenovitá tloušťka řezu

$h_{Dc}$  - tloušťka třísky

$b_D$  - jmenovitá šířka řezu

$b_{Dc}$  - šířka třísky

Z hlediska praktického řešení předpokládáme  $b_D \cong b_{Dc}$ , součinitel přechování pak lze vyjádřit vztahem:

$$\lambda = \frac{h_{Dc}}{h_D} \quad (1.6)$$

Jmenovitou tloušťku řezu  $h_D$  máme danou a tloušťku třísky  $h_{Dc}$  odměříme na realizované třísece.

### 1.5.2. Objemový součinitel třísek [5]

Je dán poměrem objemu třísek a objemem odebraného materiálu. Pro dobrou manipulovatelnost a skladnost třísek by měla být hodnota  $W$  co nejmenší. Hodnoty  $W$  pro vybrané tvary třísek jsou uvedeny na obr. 7.

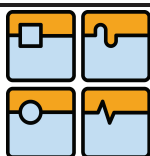
$$W = \frac{V_t}{V_m} \quad (1.7)$$

Kde

$V_t$  - objem volně ložených třísek

$V_m$  - objem odebraného materiálu korespondující s  $V_t$

V závislosti na složení mosazi se mění i její mechanické (tvrdost, pevnost, mechanická opracovatelnost), fyzikální (bod tání, zpracovatelnost litím atd.) i vzhledové vlastnosti (barva). Na těchto vlastnostech záleží její použití a technologie zpracování. Hustota mosazi, v závislosti na jejím složení, je v rozsahu 8400 až 8700 kg.m<sup>-3</sup>. Teplota tání je přibližně 850 až 920°C.



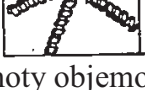
## 2. SOUČÁSTI TŘÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

### 2.1. Odvod třísek

Dříve, u starších konvenčních strojů, zajišťovala odvod a úklid třísek obsluha stroje. U novějších strojů tuto činnost zajišťují dopravníky třísek. Zvláštní pozornost je potřeba věnovat odvodu třísek u velkých výkonných hrubovacích strojů, automatických výrobních linek a obráběcích center pracujících v bezobslužném režimu.

Třísky vznikající při obrábění vyzařují teplo, které po přestupu do stroje ovlivňuje, vlivem teplotních dilatací, přesnost stroje. Proto je potřeba dostat třísky co nejrychleji z prostoru obráběcího stroje. Dalším důvodem je zabránění hromadění třísek v pracovním prostoru stroje a jejich možným ovlivněním kvality povrchu obrobku. V neposlední řadě je potřeba třísky odvádět z bezpečnostních důvodů, aby nedošlo ke zranění obsluhy.

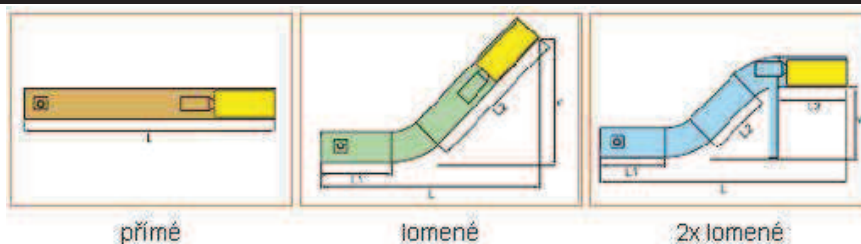
Všechny plochy, na něž dopadají třísky, by měly být skloněny pod úhlem min. 50°, aby mohlo docházet ke gravitačnímu skluzu třísek. Tam, kde to není možné, musíme zajistit odplavování třísek řeznou kapalinou. V případě suchého obrábění pak odsávání nebo odfuk proudem vzduchu. Dalším řešením může být použití závěsných, výkyvných hradel na posuvném stole, při pohybu stolu pak dochází k posouvání třísek [2].

| Tvary třísek                                                                        | W                                       | Tvary třísek                                                                         | W                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  | STUŽKOVÉ<br>DLOUHÉ<br>400<br>a<br>více  |  | SPIRÁLOVÉ<br>PLOCHÉ<br>10<br>až<br>20   |
|  | STUŽKOVÉ<br>SMOTANÉ<br>300<br>až<br>400 |  | OBLOUKOVITÉ<br>SPOJENÉ<br>8<br>až<br>10 |
|  | VINUTÉ<br>DLOUHÉ<br>80<br>až<br>150     |  | ELEMENTÁRNÍ<br>4<br>až<br>6             |
|  | VINUTÉ<br>KRÁTKÉ<br>40<br>až<br>60      |                                                                                      |                                         |

obr. 7 Hodnoty objemového součinitele třísek W pro vybrané typy třísek [5]

### 2.2. Druhy dopravníků třísek

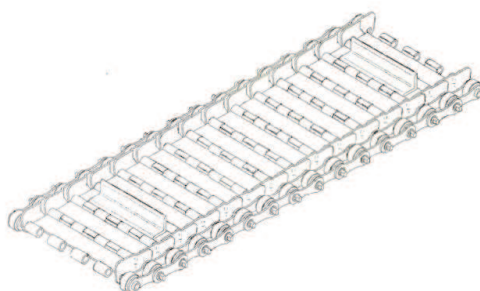
Jak bylo řečeno výše je vlivem rostoucí automatizace obráběcích strojů, snaha zavádět také automatický odvod třísek pomocí třískových dopravníků. Mezi základní druhy třískových dopravníků patří článkový, hrablový, magnetický, pásový, a harpunovitý dopravník. Druh dopravníku se volí v závislosti na velikosti a tvaru třísek, dopravní vzdálenosti, tvaru dopravní dráhy, magnetičnosti třísek atd. Každý výrobce pak má své varianty a konstrukční řešení jednotlivých druhů dopravníků. Konstrukce dopravníků bývají stavebnicové, takže výrobci jsou schopni sestavit celý dopravník přesně na míru zákaznickovy. Podle prostorového uspořádání můžeme dopravníky třísek rozdělit na přímé, jednou nebo dvakrát lomené - obr. 8.



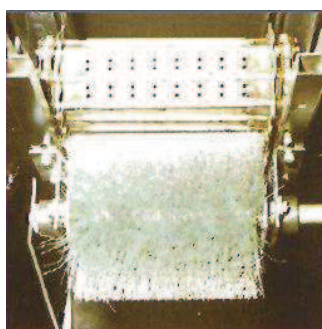
obr. 8 Typy dopravníků třísek [8]

### 2.2.1 Článkový dopravník

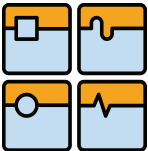
Článkové dopravníky jsou vhodné pro většinu druhů třísek. Dopravník je tvořen články -obr. 9, které mohou být pro lepší odvod řezné kapalina děrované. Výrobce článkových dopravníků Hennlich doporučuje použít děrované články při průtoku chladicí kapaliny větším než 40 l/min. Aby se zabránilo přičení, jsou články po obou stranách taženy nekonečným řetězem. Článkové dopravníky mohou být ploché, nebo mohou být, pro lepší unášení třísek, opatřeny hrábly. Po stranách článků jsou bočnice, které zabraňují padání třísek mimo dopravní pás. Pod vynášecí částí může být umístěn ocelový kartáč, který čistí dopravník od prachu a usazených třísek - obr. 10. Článkové dopravníky mohou být přímé i lomené. Dopravníky, které nejsou součástí obráběcího stroje, mohou být vybaveny koly. Při údržbě a opravě je možno je přemístit, čímž se usnadní přístup k dopravníku i obráběcímu stroji.



obr. 9 Pás článkového dopravníku od firmy TECHNIMETAL[9]



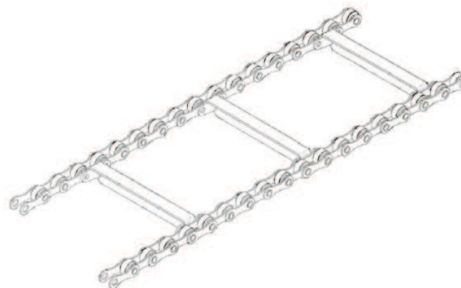
obr. 10 Čistící kartáč [9]

|                                                                                  |                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 19 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

### 2.2.2. Hrablový dopravník

Třísky jsou posouvány pomocí hrabel po dnu dopravníku. Dno musí být z otěru vzdorného materiálu. Používají se tzv. hardoxové plechy, které mají velkou odolnost proti otěru. Hrabla mohou být tažena jedním dopravním řetězem umístěným uprostřed hrabel, nebo jsou tažena řetězy po obou stranách - obr. 11. Tak jako u článkových dopravníků můžou být i hrablové dopravníky přímé nebo lomené.

Hrablové dopravníky jsou vhodné k přepravě drobných a krátkých třísek. Podle firmy Hennlich nejsou vhodné pro lehké nebo plovoucí třísky. Např. lehké hliníkové třísky jsou unášeny turbulentním prouděním, vznikajícím při pohybu hrabel po dně. Hrabla třísky nezachytávají a ty pak zůstávají na místě, čímž se výrazně snižuje účinnost dopravníku.



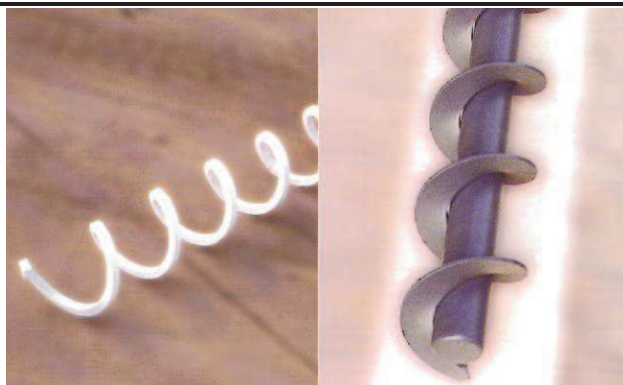
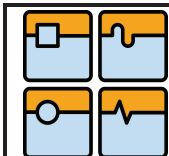
obr. 11 Pás hrablového dopravníku [9]

### 2.2.3. Šnekový dopravník

Šnekové dopravníky jsou velmi účinné při dopravě malých, drobných a menších vinutých třísek. Základními částmi jsou šnek a koryto. Při menších dopravních dálkách je šnek uložen jen na jedné straně, obvod spirály pak klouže v korytu. Tyto tzv. samonosné šnekové dopravníky se lépe čistí. Šnekové dopravníky zaujímají malý prostor, a proto se používají tam, kde není dostatek prostoru.

Dopravníky mohou mít různý průřez spirálové části. Dopravníky se čtvercovým průřezem, jsou vhodné pro malé třísky. Dopravníky s obdélníkovým průřezem, jsou vhodné pro středně velké třísky - obr. 12.

Nevýhodou je, že šnekové dopravníky nemohou být lomené. Proto se u obráběcích strojů šnekové dopravníky používají v kombinaci s jinými druhy dopravníků, které na ně navazují. Šnekové dopravníky se používají k vynášení třísek z pracovního prostoru, na ně pak navazují např. článkový dopravník.



obr. 12 Druhy šneků [9]

#### 2.2.4. Magnetický dopravník

Magnetické dopravníky třísek jsou určeny k přepravě krátkých, jemných a lámavých třísek z feromagnetických materiálů s kapalinou nebo bez ní - obr. 13. Podle spol. ASTOS nejsou vhodné pro přepravu dlouhých třísek. Magnetismu lze s výhodou použít k oddělení řezné kapaliny od třísek. Mohou být přímé i lomené.

Třísky jsou na pás přitahovány a posunovány pomocí magnetů, které běží pod vnějším nerezovým pásem, na konci dopravníku na třísky přestane působit magnetické pole a třísky odpadávají do zásobníku. Celé zařízení bývá uzavřené a vodotěsné, aby nedocházelo k průniku řezné kapaliny do dopravníku. Někteří výrobci počítají sílu magnetů přímo podle požadavků zákazníka.



obr. 13 Magnetický dopravník [8]

#### 2.2.5. Harpunovitý dopravník

Jsou určeny především pro dopravu dlouhých vinutých třísek na dlouhé přepravní vzdálenosti. Pohyblivá část koná přímočarý vratný pohyb, čímž přesouvá třísky - obr. 14. Harpunovitý dopravník může být pouze přímý.



obr. 14 Harpunovitý dopravník třísek [10]

### 2.2.6. Pásový dopravník

Pásový dopravník nabízí široké uplatnění v různých oblastech průmyslu. Jsou vhodné pro přepravu sypkých materiálů, drobných součástek, drceného odpadu. Pro dopravu třísek se nepoužívají. Dopravní pás by musel být odolný proti ostrým, abrazivním a horkým třískám a řezné kapalině.



obr. 15 Pásový dopravník [8]

## 2.3. Separátory a filtrace řezné kapaliny

Při obrábění dochází k mísení řezné kapaliny s třískami. Abychom mohli řeznou kapalinu opět použít, musíme ji zbavit třísek a nečistot. Pro filtraci řezné kapaliny se používají zejména pásové a magnetické filtry příp. jejich kombinace. Pro oddělení třísek od řezné kapaliny se používají odstředivé separátory.

### 2.3.1. Odstředivé separátory

Separátory odlučují třísky od chladicí kapaliny. Pracují na principu odstředivých sil, kdy jsou třísky umístěny do rychle se otáčejícího perforovaného bubnu a působením odstředivých sil dochází k oddělení kapaliny od třísek. Množství zpracovaných třísek závisí na druhu materiálu. Např. největší odstředivka firmy Lanner typ DS100 je schopna zpracovat 10 t/h ocelových třísek, 6 t/h mosazných třísek, 15 t/h třísek šedé litiny, 3 t/h hliníkových třísek nebo

8 t/h brusných kalů. Odstředivky pracují v poloautomatickém nebo automatickém bezobslužném provozu. Výrobci udávají dosažitelnou zbytkovou vlhkost až 1%. [20].

### 2.3.2. Pásové filtry

Princip filtrace spočívá v průtoku filtrované kapaliny přes pás filtrační tkaniny. Po ucpání pásu nečistotami začne nad pásem stoupat hladina filtrované kapalina. Hladinoměr sepne elektromotor, který odvine ze zásobní role nový pás filtrační tkaniny.

Kvalita filtrace závisí na druhu filtrační tkaniny. Všeobecně platí, že čím větší je gramáž filtrační tkaniny, tím menší jsou zůstatkové nečistoty v kapalině a tím menší je průtok filtrované kapaliny přes filtrační tkaninu. Na obr. 16 je pásový filtr společnosti Astos.



obr. 16 Pásový filtr [16]

### 2.3.3. Magnetické filtry

Magnetický filtr se skládá z několika magnetických disků, na které se zachycují pevné magnetické nečistoty, obsažené v řezné kapalině. Příklad magnetického filtru je na obr. 17. Magnetický filtr se může použít v kombinaci s pásovým filtrem, který odstraní jemné nemagnetické nečistoty. Někteří výrobci tuto kombinaci dodávají v kompaktním provedení.



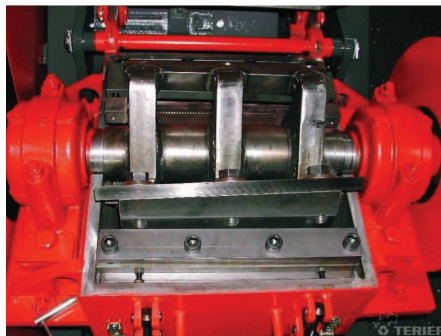
obr. 17 Magnetický filtr spol. Belmet [17]

## 2.4. Drtiče třísek

Pro zpracování třísek po obrábění (odloučení chladicí kapaliny, lisování třísek do briket) bývá nutné třísky předpřipravit drcením. Problém může nastat, jsou-li v třískách nedělitelné kusy materiálu. Tyto kusy mohou poškodit drtič, a je proto nutné provést taková opatření aby toto nenastalo. Na trhu je celá řada drtičů pro zpracování různých druhů průmyslových odpadů. V následujícím přehledu jsou základní typy, které se dají použít pro drcení třísek z barevných kovů.

### 2.4.1. Nožové mlýny

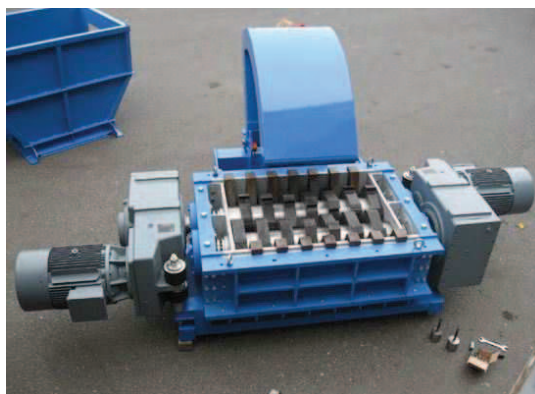
Používají se na drcení jedno druhových odpadů, kde je potřeba zajistit přesnou výstupní frakci. V závislosti na druhu drceného materiálu se vyrábějí jako pomaluběžné nebo rychloběžné. Nejčastější jsou používány na drcení plastů, gumy, hadrů, papírů, barevných kovů apod. Na obr. 18 je nožový mlýn od společnosti Terier.



obr. 18 Nožový mlýn společnosti Terier [14]

### 2.4.2. Dvouhřídelový drtič

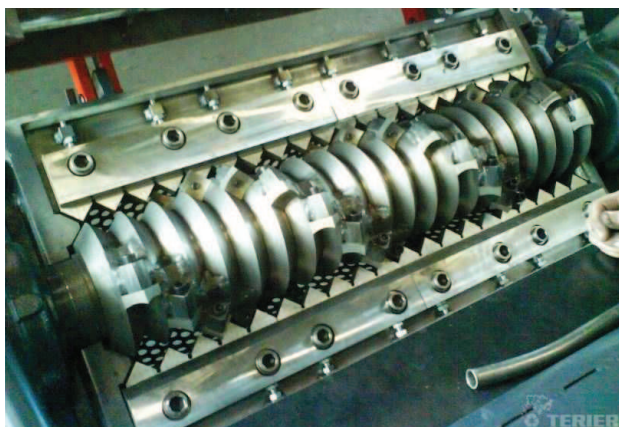
Je určen k drcení plastů, papíru, Al plechovek, PET lahví, elektroodpadu, dřeva, Al, Cu kabelů apod. Drtič se skládá ze dvou hřídelů, na kterých jsou upevněny drtící segmenty – obr. 19. Segmenty mohou být vybaveny výměnnými břity. Otáčením hřídelů proti sobě dochází k vtahování a drcení odpadu.



obr. 19 Dvouhřídelový drtič [15]

### 2.4.3. Jednohřídelový drtič

Je vhodný na směsný odpad, kde je třeba definovat zrnitost výstupu. Často se používají k drcení velkých bloků materiálu, (dřevařský a nábytkářský průmysl), směsných plastů nebo při předdrcení kabelů. Na obr. 20 je jednohřídelový drtič společnosti Terier.



obr. 20 Jednohřídelový drtič spol. Terier [14]

### 2.4.4. Hranolové drtiče

Používají se na drcení křehkých materiálů (sklo, sláma, chemikálie, křehké plasty). Jsou ideální na drcení barevných kovů, kabelů a elektro odpadu. Příklad hranového drtiče od společnosti Terier je na obr. 21.



obr. 21 Hranový drtič společnosti Terier [14]

### 2.5. Briketovací lisy

Briketovací lisy slouží k lisování třísek do briket definovaného tvaru. Třísky jsou lisovány pod velkým tlakem bez použití pojiva. Brikety jsou mechanicky odolné, jejich hustota se pohybuje v rozsahu 60 až 90% hustoty původního materiálu. Měrná hmotnost mosazných briket je, dle spol. Briklis, od 5500 do 6800 kg/m<sup>3</sup>. Briketovací lisy jsou vybaveny váhou, pro

přesné dávkování lisovaného materiálu. Třísky se lisují v lisovací komoře, pro lepší slisování je materiál stlačen z obou stran. Vylisovaná řezná kapalina odchází do záchytné vany, odkud je odčerpávána čerpadly. Lis může být vybaven násypkou se šnekovými podavači. Dlouhé třísky musejí být před lisováním rozlámány v drtiči třísek. Na obr. 22 je briketovací lis společnosti Briklis

Výhody lisování:

- slisované třísky mají až 8 krát menší objem
- lépe se skladují a převážení
- při tavení briket jsou menší ztráty, vlivem oxidace, než při tavení volně ložených třísek
- při lisování dochází k vytlačení řezné kapaliny, kterou je možno recyklovat



obr. 22 Briketovací lis BrikStar MR [21]

## 2.6. Obráběcí centrum

Hlavním cílem této práce je navrhnout dopravník třísek pro obráběcí centrum Mazak Integrex 200-IVST-1000. Dalším cílem je navrhnout třískové hospodářství výrobního úseku, obsahující 6 těchto obráběcích center. Mazak Integrex 200-IVST-1000 (obr. 23) je multifunkční obráběcí centrum s automatickou výměnou nástrojů, osou Y a B pro soustružení, frézování, vrtání a řezání závitů, s druhým vřetenem a spodní revolverovou hlavou.



obr. 23 MAZAK INTEGRGX 200-IVST-1000 [11]

Konstrukce stroje umožňuje provádět na stroji soustružnické i frézovací operace poháněným nástrojem. Nástrojové vřeteno je naklápěcí a umožňuje nastavit nástroj do požadované polohy v rozsahu 225°. Obrobky vyžadující po soustružení operace jako frézování, vrtání a řezání závitů se dají na tomto stroji vyrobit na jedno upnutí [11].

Vřetena jsou poháněna integrovanými motory. Stroj je standardně vybaven osou C, která umožňuje nastavení obrobku v krocích po 0,001°. Vybavení obou vřeten umožňuje předávání vícestranných, nebo nepravidelných profilů mezi oběma vřeteny.

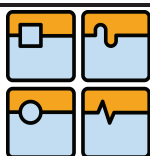
Do nástrojového vřetene, s integrovaným motorem a šnekovou převodovkou, je možno upnout pevné i poháněné nástroje. Na obr. 24 můžeme vidět pracovní prostor stroje, hlavní a vedlejší vřeteno, nástrojové vřeteno a revolverovou hlavu.



obr. 24 Pracovní prostor obráběcího centra [12]

Stroj umožňuje automatickou výměnu nástroje. Bubnový zásobník má kapacitu 20 nástrojů, lze však rozšířit na 40, 80 nebo až 120 nástrojů v řetězovém provedení zásobníku. V nástrojovém vřetenu je vždy upnut jeden nástroj. Ostatní nástroje jsou v zásobníku a nezabírají prostor v pracovním prostoru stroje. Spodní revolverová hlava má 9 míst pro upnutí soustružnických nožů. Na přání lze stroj vybavit revolverovou hlavou s naháněnými nástroji. Dále je možné stroj vybavit portálovým robotem nebo systémem pro posuv tyčí pro automatickou výměnu obrobku.

Stroj je vybaven inteligentním systémem, který snímá teploty na důležitých místech stroje a vypočítává a nastavuje, za účelem co největší přesnosti obrábění, kompenzace teplotní roztažnosti. Dále je vybaven kontrolou kolizí, aktivní kontrolou vibrací a hlasovým poradcem. Základní technická data stroje jsou uvedena v tab. 1.



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| hlavní vřeteno              |                     |
| Rozsah otáček               | 35-5000 ot/min      |
| Výkon motoru                | 22 kW               |
| Max. krouticí moment        | 467 Nm              |
| druhé vřeteno               |                     |
| Rozsah otáček               | 35-5000 ot/min      |
| Výkon motoru                | 18,5 kW             |
| Max. krouticí moment        | 325 Nm              |
| Nástrojová hlava            |                     |
| Výkon motoru                | 18,5 kW             |
| Max. krouticí moment        | 119 Nm              |
| Rozsah otáček               | 15-12000 ot/min     |
| Pracovní prostor            |                     |
| Max. soustružený Ø          | 660 mm              |
| Dráha pojezdu X / Y / Z     | 580/160/1045 mm     |
| Rychloposuv v ose X / Y / Z | 38/26/38 m/min      |
| Objem chladicí kapaliny     | 410 l               |
| Oplach                      | 20 l/min            |
| Rozměry stroje              |                     |
| šířka                       | 3820 mm             |
| hloubka                     | 2503 mm             |
| výška                       | 2597 mm             |
| půdorysná plocha            | 8,98 m <sup>2</sup> |
| hmotnost                    | 10360 kg            |

tab. 1 Technická data obráběcího centra

### 3. NÁVRH TŘÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

#### 3.1. Výpočet objemu třísek

Při výpočtu objemu odebraného materiálu vycházíme z řezného výkonu při obrábění a rovinné plastické deformaci:

$$P_c = F_c \cdot v_c \text{ [W]}. \quad (3.1)$$

Z měrného řezného odporu si vyjádříme řeznou sílu:

$$k_c = \frac{F_c}{A_D} \rightarrow F_c = k_c \cdot A_D, \text{ kde:} \quad (3.2)$$

$F_c$  řezná síla [N]

$A_D$  průřez třísky [m<sup>2</sup>]

$v_c$  řezný rychlost [m/s]

Po dosazení rovnice (3.2) do rovnice (3.1) dostaneme:

$$P_c = k_c \cdot A_D \cdot v_c \text{ [W]}, \quad (3.3)$$

kde součin  $A_D \cdot v_c$  je objem odebraného materiálu. Rovnici (3.3) můžeme přepsat na tvar:

$$P_c = k_c \cdot V_m \text{ [W]}. \quad (3.4)$$

**Měrný řezný odpor**

$$k_c = \frac{k_{c1}}{h_d^{m_c}} = 2783 \text{ MPa} \quad (3.5)$$

Kde:

Měrný řezný odpor pro mosaz  $k_{c1} = 700 \text{ MPa}$

Tloušťka třísky  $h_d = 0,004 \text{ m}$

Exponent  $m_c$  závisí na fyzikálních vlastnostech materiálu obrobku a řezných podmínkách, zejména na tloušťce třísky  $h_d$ . Zmenšuje li se, tloušťka třísky, zvětšuje se poměrná hodnota deformační práce. Se zvětšující se hodnotou deformační práci, se zmenšuje objem odebraného materiálu a tedy i objem třísek. Při návrhu dopravníku proto volíme větší třísku, která odpovídá spíše hrubovacím operacím.

$$m_c = 0,25$$

**3.2. Objem odebraného materiálu** vyjádříme z rovnice (3.4),

$$V_m = \frac{P_c}{k_c} = \frac{40,5}{27830} = 0,05238 \text{ m}^3/h \quad (3.6)$$

Při výpočtu uvažujeme pouze hlavní a druhé vřeteno, protože mohou pracovat současně. V případě obrábění nástrojovou hlavou (např. frézování drážky) musí některé z vřeten stát. Výkon druhého vřetene a nástrojové hlavy je stejný. Řezný výkon je tedy  $P_c = P_{hv} + P_{dv} = 22 + 18,5 = 40,5 \text{ kW}$ .

### 3.3. Objem volně ložených třísek

V závislosti na řezných podmínkách vznikají různé tvary třísek, s rozdílnými objemovými součiniteli. Navrhujeme dopravník pro obráběcí centrum, které umožňuje mnoho technologií obrábění (soustružení, frézování, vrtání, řezání závitů atd.) Při těchto operacích budou vznikat různé tvary třísek. Dopravník proto dimenzujeme na všechny tvary třísek, od elementárních až po dlouhé stužkové. Volím průměrnou hodnotu objemového součinitele třísek  $w_t = 200$

$$V_t = w_t \cdot V_m = 200 \cdot 0,05238 = 10,476 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.7)$$

Objem volně ložených třísek pro různé druhy třísek je v následující tabulce:

| Druh třísek         | Objemový součinitel | Objem třísek hlavního vřetene [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] | Objem třísek druhého vřetene [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] |
|---------------------|---------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| stužkové, dlouhé    | 400                 | 12,035                                                  | 10,120                                                 |
| stužkové, smotané   | 350                 | 10,530                                                  | 8,855                                                  |
| vinuté dlouhé       | 115                 | 3,460                                                   | 2,909                                                  |
| vinuté krátké       | 50                  | 1,504                                                   | 1,265                                                  |
| spirálové ploché    | 15                  | 0,451                                                   | 0,379                                                  |
| obloukovité spojené | 9                   | 0,271                                                   | 0,228                                                  |
| elementární         | 5                   | 0,150                                                   | 0,126                                                  |

tab. 2 Objem volně ložených třísek

### 3.4. Výpočet odebraného materiálu výrobního úseku

Výrobní úsek bude obsahovat 6 obráběcích center. Při výpočtu uvažujeme, že jednotlivé stroje budou obrábět 85% času.

$$V_{mVU} = 6 \cdot 0,85 \cdot V_m = 6 \cdot 0,05238 = 0,267 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.8)$$

Objem třísek výrobního úseku

$$V_t = w_t \cdot V_{mVU} = 200 \cdot 0,267 = 53,4 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.9)$$

Výpočet hmotnosti třísek výrobního úseku

$$m_{VU} = V_{mVU} \cdot \rho_m = 0,267 \cdot 8550 = 2282 \text{ kg/h} \quad (3.10)$$

Hustota mosazi se v závislosti na jejím složení pohybuje v rozmezí 8400 až 8700  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Volíme  $\rho_m = 8550 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

### 3.5. Návrh centrálního dopravníku

Pro centrální dopravník volím článkový dopravník. Výrobci jsou schopni dodat dopravník přímo na míru zákaznickou, podle dopravovaného materiálu a požadovaných rozměrů dopravníku. Pro návrh vynášecího dopravníku uvažujeme výšku nakládací části centrálního dopravníku 400 mm.

### 3.6. Návrh drtiče

Při návrhu drtiče můžeme uvažovat dvě varianty:

#### 1. Menší drtič třísek u každého obráběcí stroje

Výhody:

- drtič můžeme zapínat a vypínat podle toho jak stroj pracuje
- při poruše drtiče, bude odstaven pouze jeden obráběcí stroj
- pro nadrcené třísky možno použít hrablový centrální dopravník

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady

#### 2. Centrální drtič pro celý výrobní úsek

Výhody:

- nižší pořizovací náklady
- menší zastavěný prostor u každého stroje

Nevýhody:

- při poruše centrálního drtiče budou odstaveny všechny stroje výrobního úseku

Z důvodů nižších pořizovacích nákladů a menšího zastavěného prostoru u strojů volím variantu s centrálním drtičem. Volím drtič 65G/GH společnosti Lanner. Katalogový list drtiče je v příloze 1. Pro jednoznačné stanovení vhodné varianty bychom potřebovali znát více vstupních údajů, jako např.: ekonomický dopad při poruše centrálního drtiče, prostorové uspořádání výrobní haly nebo např. možnost využití drtiče pro zpracování třísek z jiných výrobních úseků.

### 3.7. Návrh briketovacího lisu

Při návrhu drtiče můžeme uvažovat dvě varianty řešení:

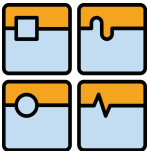
#### 1. Menší briketovací lis u každého obráběcí stroje

Výhody:

- při poruše lisu, bude odstaven pouze jeden obráběcí stroj

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady
- větší zastavěný prostor u každého stroje
- odpadá centrální dopravník třísek, nutno ale řešit odvod briket
- u jednotlivých strojů by zřejmě nebyla využita kapacita lisu

|                                                                                  |                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 31 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

## 2. Centrální briketovací lis pro celý výrobní úsek

Výhody: -nižší pořizovací náklady  
-lepší využití kapacity lisu

Nevýhody: -při poruše centrálního lisu budou odstaveny všechny stroje výrobního úseku

Z důvodů malého množství vstupních údajů opět nemůže zvolit jednoznačně nejlepší variantu. Z důvodů nižších pořizovacích nákladů a menšího zastavěného prostoru u strojů volím variantu s centrálním lisem. Lis může být využit i pro lisování třísek z jiných výrobních úseků. Volím briketovací lis LB600 společnosti Lanner. Katalogový list briketovacího lisu je v příloze 2.

### 3.8. Návrh filtrační stanice

Při návrhu filtrační stanice můžeme uvažovat dvě varianty

#### 1. Menší filtrační zařízení u každého obráběcího stroje

Výhody: - - spínání filtračního zařízení jen při obrábění stroje  
-při poruše filtrační stanice bude odstaven jen jeden obráběcí stroj  
-odpadají potrubní rozvody řezné kapaliny  
-nedochází k mísení řezných kapalin jednotlivých strojů

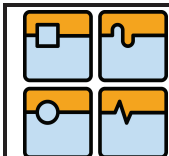
Nevýhody: -větší pořizovací náklady  
-větší zastavěný prostor u každého obráběcího stroje  
- nutno doplňovat kapalinu, která ulpí na třískách

#### 2. Centrální filtrační stanice

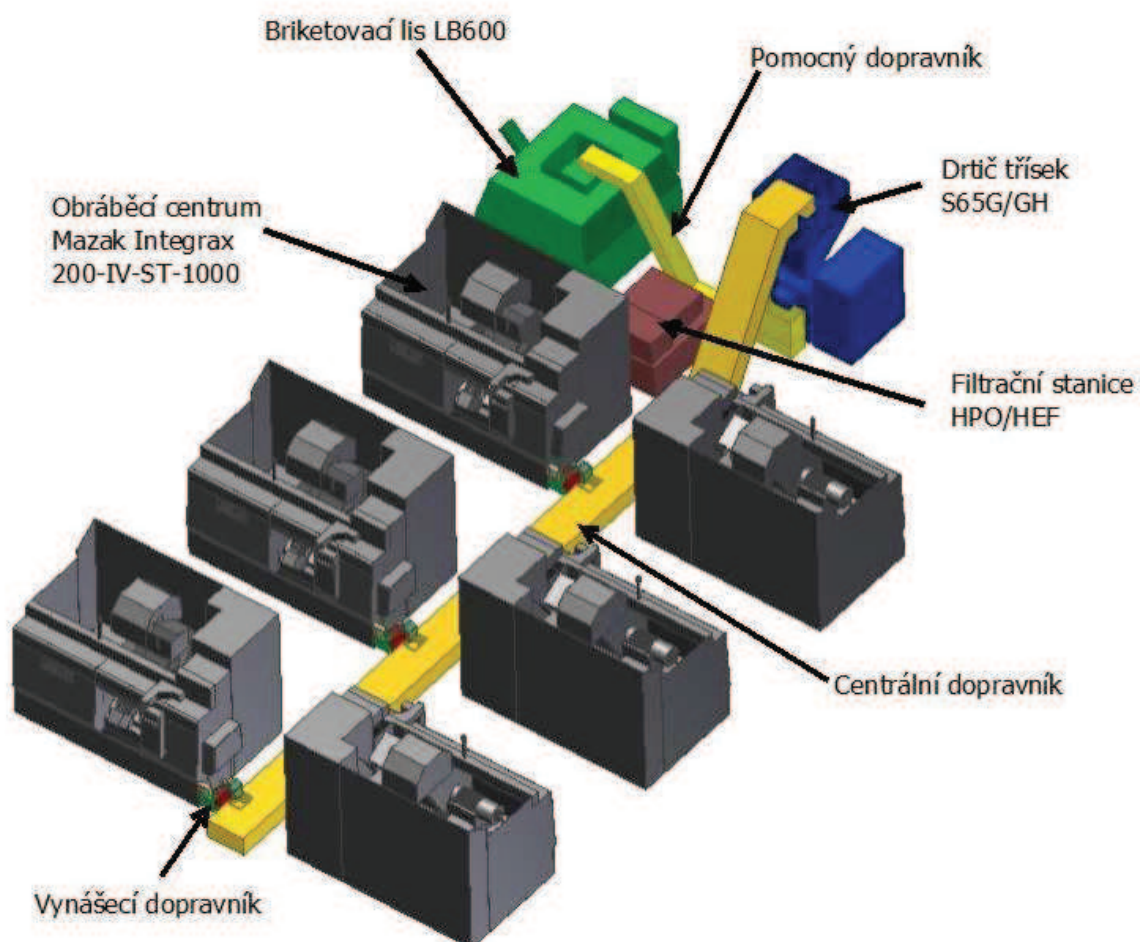
Výhody: -nižší pořizovací náklady  
-menší zastavěný prostor u jednotlivých obráběcích strojů  
-jednodušší a rychlejší údržba

Nevýhody: - při poruše filtrační stanice bude odstaven celý výrobní úsek  
-dochází k mísení řezných kapalin jednotlivých strojů  
-nutné potrubí pro rozvod řezné kapaliny k jednotlivým strojům

Jednotlivé stroje mají oplach  $V_{fj} = 20 \text{ l/min}$ . Objem řezné kapaliny výrobního úseku je:  $V_f = 6 \cdot V_{fj} = 6 \cdot 20 = 120 \text{ l/min}$ . Z hlediska nižších pořizovacích nákladů volím centrální filtrační stanici HPF/HEF společnosti Mayfran. Maximální průtok stanice je 200 l/min. Katalogový list je v příloze 3.



### 3.9 Vizualizace třískového hospodářství



obr. 25 Vizualizace třískového hospodářství

## 4. NÁVRH TŘÍSKOVÉHO DOPRAVNÍKU

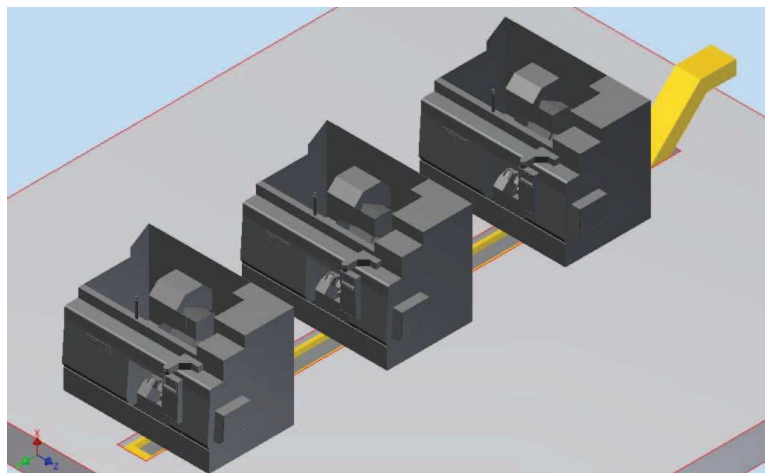
### 4.1. Varianty uspořádání výrobního úseku

#### 1. varianta

První varianta spočívá v umístění centrálního vynášecího dopravníku pod obráběcí stroje - obr. 26. Třísky jsou z prostoru stroje dopravovány gravitací po skluzech.

Výhody: + odpadnou náklady na pořízení, a údržbu vynášecích dopravníků ze stroje  
+úspora energie (vynášení třísek ze stroje pomocí gravitace)

Nevýhody -nutné stavební úpravy výrobní haly  
-dopravník prochází základem stroje  
-špatná dostupnost dopravníku při opravách a údržbě  
- obráběcí stroje uspořádané v linii



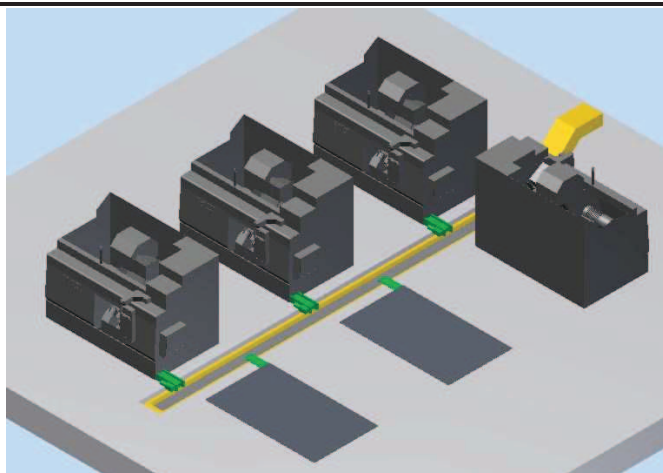
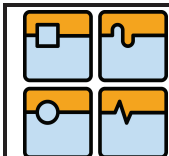
obr. 26 Varianta 1

#### 2. varianta

Centrální dopravník je zabudovaný v podlaze mezi stroji. Třísky jsou ze stroje vynášeny přímými dopravníky - obr. 27.

Výhody: +jednodušší konstrukce vynášecích dopravníků (dopravník není lomený, může být použitý např. i šnekový dopravník)  
+obráběcí centra mohou být umístěna po obou stranách centrálního dopravníku (lepší využití prostoru)

Nevýhody: -nutné stavební úpravy haly  
-horší dostupnost centrálního dopravníku při opravách a údržbě  
-větší pořizovací náklady, větší náklady na údržbu a větší spotřeba energie oproti 1. variantě



obr. 27 Varianta 2

### 3. varianta

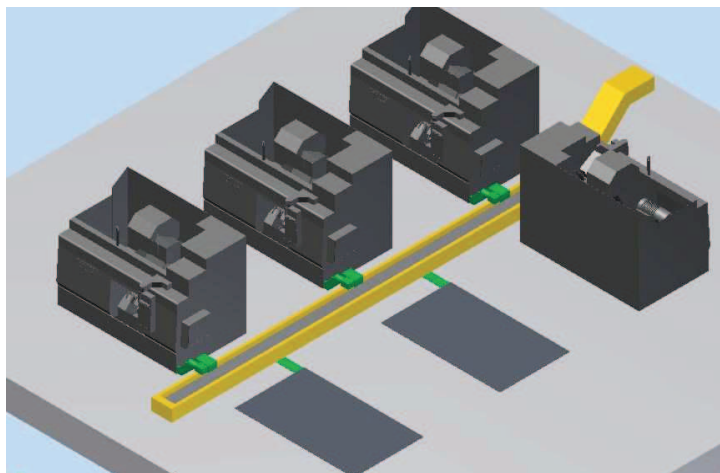
Centrální dopravník je umístěn na podlaze mezi obráběcími stroji -obr. 28. Třísky jsou ze stroje vynášeny dopravníkem, který musí překonat dopravní výšku.

#### Výhody

- +nejsou nutné žádné stavební úpravy
- +všechny části dopravníku jsou dostupné pro opravy a údržbu
- + OC mohou být umístěny po obou stranách dopravníku (lepší využití prostoru)

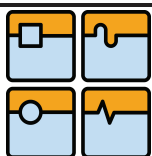
#### Nevýhody

- složitější konstrukce vynášecích dopravníků (1krát nebo 2krát lomené)
- větší pořizovací a provozní náklady
- větší spotřeba energie oproti 1. variantě



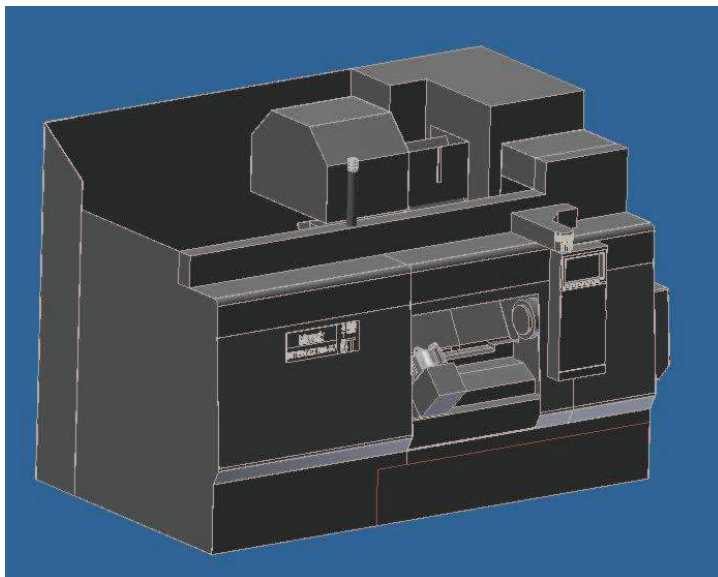
obr. 28 Varianta 3

Volíme 3. variantu jelikož nevyžaduje žádné stavební úpravy výrobní haly.

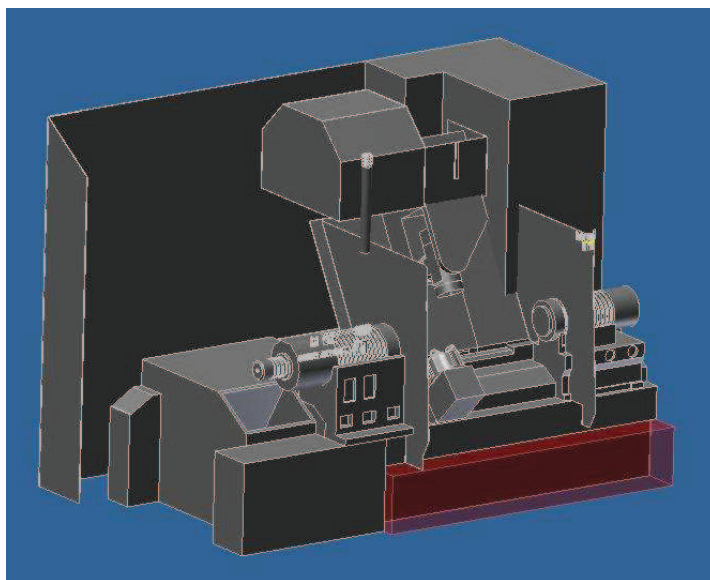


#### 4.2. Prostorová dispozice

Prostor pro dopravník uvnitř obráběcího stroje je ohraničen rámem stroje a krytováním - obr. 29. Má rozměry 300x457x2534 mm. Prostor pro třískový dopravník je graficky znázorněn na obr. 30.



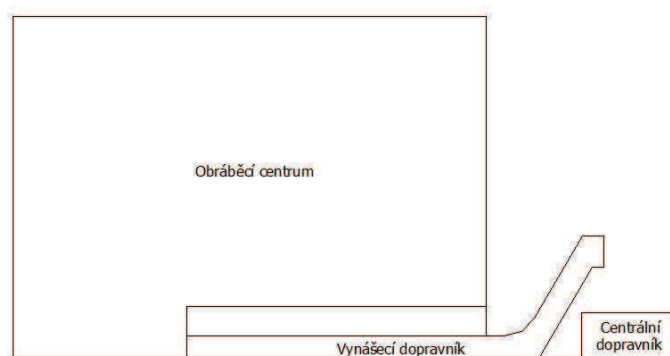
obr. 29 Krytování obráběcího stroje



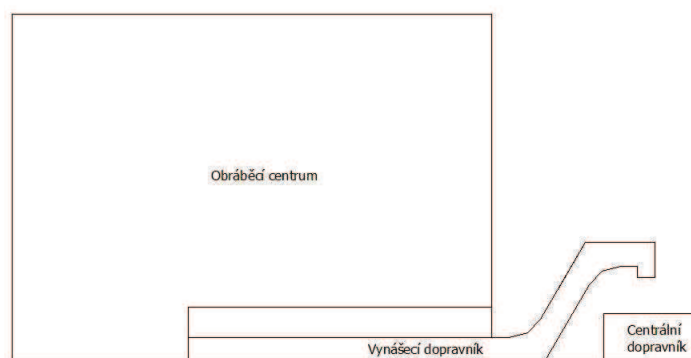
obr. 30 Prostor pro dopravník uvnitř obráběcího centra

#### 4.3. Konstrukce dopravníku

Dopravník bude vynášet třísky z obráběcího stroje na centrální dopravník. Musí být lomený, aby překonal dopravní výšku. Uvažujeme dopravu elementárních i vinutých třísek, pro něž je vhodný článkový dopravník třísek. Volím 1krát lomený dopravník - obr. 31. Oproti 2krát lomenému dopravníku - obr. 32 má jednodušší konstrukci a zároveň plně vyhovuje danému účelu.



obr. 31 1 krát lomený dopravník



obr. 32 2krát lomený dopravník

## Rám

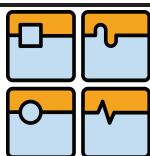
Rám dopravníku se skládá z několika částí, které jsou k sobě svařeny a tvoří nosnou konstrukci dopravníku. Rám se skládá z poháněcí stanice, lomené části, napínací stanice a spojovací části - obr. 33. Na rám je navařený kolejový systém, po kterém se pohybují řetězové kladky dopravního pásu. Obě poloviny rámu jsou spojeny příčnými výztuhami. Šikmá část rámu je skloněna pod úhlem  $60^\circ$ .

## Poháněcí stanice

Dopravní pás je poháněn elektromotorem s převodovkou. Z důvodů velkého převodového poměru je zvolena šneková převodovka. Na výstupu z převodovky je náboj, do kterého je zasunutý hnací hřídel. Hřídel je uložen v ložiskových jednotkách společnosti SKF. Pro vyrovnaní výrobních a montážních nepřesností, zejména odchylky od souososti, jsou zvolena jednořadá naklápací kuličková ložiska. Řetězová kola jsou svařena s hřídelí.

## Napínací stanice

Dopravní pás bude napínán pohybem napínacího hřídele v ose dopravníků. Pohyb bude vyvozen pomocí stavěcích šroubů přes napínací ložiskové domečky. Jsou zvoleny napínací ložiskové domečky společnosti SKF přímo určené pro napínání dopravních pásu. Naklápací



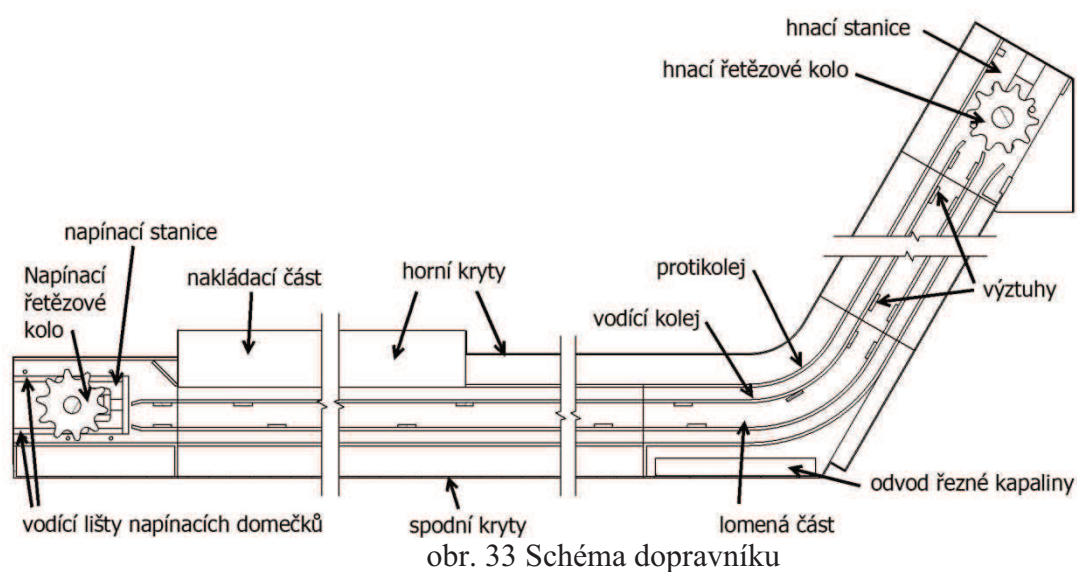
kuličková ložiska opět vyrovnají nepřesnosti v souososti ložisek. Napínací domečky se pohybují po vodících lištách, které jsou přišroubovány k rámu dopravníku.

### Krytování

Spodní krytování tvoří vanu pro řeznou kapalinu, otvorem v lomené části odtéká řezná kapalina do nádrže, odkud je odčerpávána čerpadlem. Z důvodů těsnosti jsou spodní kryty přivařeny k rámu. Hodní kryty jsou k rámu přišroubovány, čímž se zaručí přístup do dopravníku při montáži a údržbě. Kryty v plnicí části dopravníku, na které dopadají třísky, jsou skloněny pod úhlem 45°.

### Spojovací části

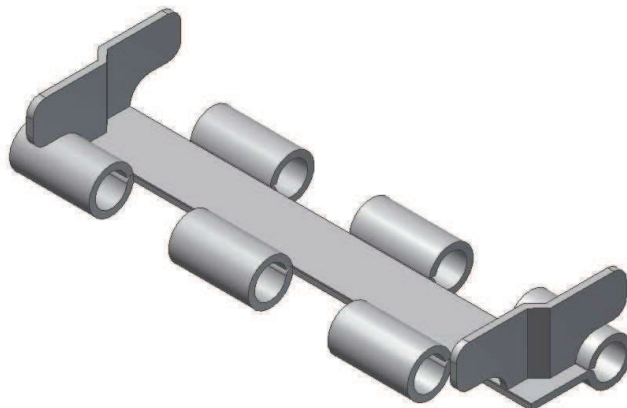
Spojovací části jsou vytvořeny z ohýbaných plechů, do nichž jsou navařeny dráhy pro vedení dopravního pásu. Změnou délky spojovacích částí se dají upravit hlavní rozměry dopravníku i pro jiné obráběcí centra.



### Dopravní pás

Výrobou dopravníků třísek se zabývá mnoho firem, kromě kompletních dopravníků dodávají i jednotlivé díly, včetně dopravních pásů. Dopravní pás tedy nenavrhujeme, ale volíme dopravní pás od společnosti Hennlich. Pás sestává z článků, jež jsou po stranách unášeny dopravním řetězem. Články jsou vyrobeny z plechu tloušťky 2 mm. Po stranách mají bočnice, které zabraňují padání třísek mimo pás - obr. 34. Spol. Hennlich dodává pásy s roztečí 31,75; 50; 75 a 100 mm. S rostoucí roztečí narůstají rozměry dopravních řetězů. Pro nás je důležitá zejména šířka řetězů, která ovlivňuje celkovou šířku pásu. Při návrhu dopravníku jsme omezeni prostorem v obráběcím stroji, zejména šířkou, která činí 300 mm. Z tohoto důvodu

volíme dopravní pás s roztečí 31,75 mm. Pro lepší unášení třísek je každý desátý článek opatřen hrablem. Výkres dopravního pásu od spol. Hennlich je v příloze 4.

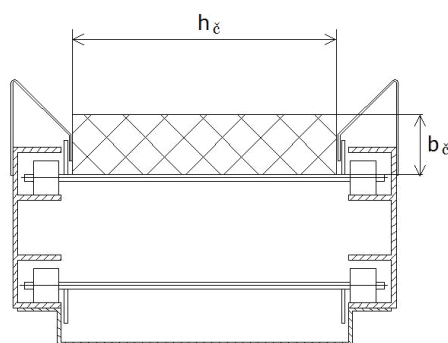


obr. 34 Článek dopravního pásu

#### 4.4. Výpočet dopravníku

##### 4.4.1. Dopravní rychlost

Pro výpočet rychlosti musíme stanovit průřez náplně dopravníku. Dpravovaný materiál se bude skládat z různých tvarů třísek, u nichž neznáme sypaný úhel, uvažujete tedy obdélníkový průřez náplně - obr. 35. Šířka průřezu  $h_{\xi} = 130 \text{ mm}$  je dána rozměry dopravního článku. Výšku průřezu volím  $b_{\xi} = 70 \text{ mm}$ .



obr. 35 Průřez náplně dopravníku

$$\text{Průřez náplně dopravníku } S_d = h_{\xi} \cdot b_{\xi} = 130 \cdot 70 = 9100 \text{ mm}^2. \quad (4.1)$$

Při výpočtu dopravní rychlosti vycházíme z objemu třísek, které musí projít průřezem náplně dopravníku.

$$v_d = \frac{V_t}{S_d} = \frac{0,00291}{0,0091} = 0,32 \text{ m/s} \quad (4.2)$$

Při výpočtu objemu třísek vycházíme z průměrného objemového součinitele a tloušťky třísky, odpovídající spíše hrubovacím operacím. Můžeme však předpokládat, že v praxi vzniklé třísky budou mít menší objem. Při stejné ploše průřezu dopravovaného materiálu je pak potřeba menší dopravní rychlost. Volím  $v_d = 0,25 \text{ m/s}$ .

#### Sypná hmotnosť dopravovaného materiálu

$$\rho_s = \frac{V_t \cdot \rho_m}{V_t \cdot w_t} = \frac{\rho_m}{w_t} = \frac{8550}{200} = 42,75 \text{ kg/m}^3 \quad (4.3)$$

#### Měrná délková hmotnost dopravovaného materiálu

$$q_d = S_d \cdot \rho_s = 0,0091 \cdot 42,75 = 0,389 \text{ kg/m} \quad (4.4)$$

#### Měrná hmotnost dopravního pásu

$$q_2 = 2 \cdot m_v + m_{\check{c}} \cdot i_{\check{c}} = 2 \cdot 3,7 + 0,154 \cdot 31 = 12,2 \text{ kg/m} \quad (4.5)$$

Kde:

Hmotnost řetězu  $m_v = 3,7 \text{ kg/m}$

Hmotnost článku  $m_{\check{c}} = 0,154 \text{ kg}$

Počet článků na 1 m  $i_{\check{c}} = 31 \text{ 1/m}$

#### 4.4.2. Stanovení odporů proti pohybu

##### Odpor k překonání dopravní výšky pro horní větev

$$F_{1h} = (q_d + q_2) \cdot g \cdot H_d = (0,389 + 12,2) \cdot 9,81 \cdot 0,85 = 104,7 \text{ N} \quad (4.6)$$

Kde:

Dopravní výška  $H_d = 0,85 \text{ m}$

Gravitační zrychlení  $g = 9,81 \text{ kg/s}^2$

##### Odpor k překonání dopravní výšky pro dolní větev

$$F_{1d} = q_2 \cdot g \cdot H_d = 12,2 \cdot 9,81 \cdot 0,85 = 101,5 \text{ N} \quad (4.7)$$

##### Odpor způsobený třením dopravního pásu v důsledku zatížení materiálem

$$F_2 = \mu_1 \cdot q_d \cdot g \cdot L_v = 0,133 \cdot 0,389 \cdot 9,81 \cdot 3,6 = 1,8 \text{ N} \quad (4.8)$$

Stanovení součinitele  $\mu_1$

$$\mu_1 = \frac{e_v + f_1 \cdot r_{\check{c}1}}{R_k} = \frac{1 + 0,15 \cdot 10,19}{19,050} = 0,133 \quad (4.9)$$

Kde:

součinitel valivého odporu  $e_v = 1 \text{ mm}$

součinitel čepového tření  $f_1 = 0,15$

poloměr čepu  $r_{\check{c}1} = 10,19 \text{ mm}$

poloměr valivé kladky řetězu  $R_k = 19,05 \text{ mm}$

#### Dopravní vzdálenost

$$L_v = L_{h1} + \frac{H_d}{\sin \varepsilon_d} = 2,6 + \frac{0,85}{\sin 60^\circ} = 3,6 \text{ m} \quad (4.10)$$

Kde:

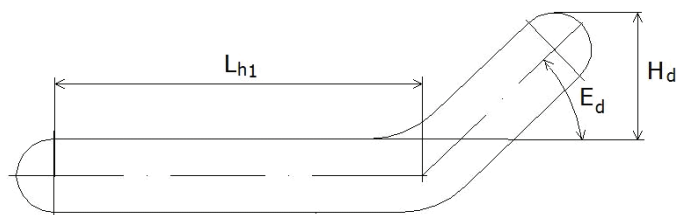
Sklon dopravníku  $\varepsilon_d = 60^\circ$

Rozměry dopravníku  $L_{h1} = 2,6 \text{ m}$

$H_d = 0,85 \text{ m}$



## DIPLOMOVÁ PRÁCE



obr. 36 Rozměry dopravníku

**Odpor způsobený třením dopravního pásu v důsledku zatížení vlastní hmotností**

$$F_3 = \mu_1 \cdot q_2 \cdot g \cdot L_v = 0,133 \cdot 12,2 \cdot 9,81 \cdot 3,6 = 56,8 \text{ N} \quad (4.11)$$

**Odpor napínací řetězové kladky**

$$F_4 = \left( f_2 \frac{d_2}{D_p} + f_{\check{c}1} \frac{d_{\check{c}\check{r}}}{D_p} \right) \cdot z_n = \left( 0,03 \cdot \frac{0,02}{0,103} + 0,4 \cdot \frac{0,01019}{0,103} \right) \cdot 2000 = 89,5 \text{ N} \quad (4.12)$$

Kde

Součinitel čepového tření v ložiskách napínacího řetězového kola při valivém vedení

$$f_2 = 0,03$$

Součinitel čepového tření v řetězu  $f_{\check{c}1} = 0,4$ Průměr čepu řetězu  $d_{\check{c}\check{r}} = 10,19 \text{ mm}$ Napínací síla se předběžně volí:  $z_n = 2000 \text{ N}$ **Roztečný průměr řetězové kladky**

$$D_{pp} = \frac{t_{\check{r}}}{\sin\left(\frac{\pi}{z}\right)} = \frac{31,75}{\sin\left(\frac{\pi}{10}\right)} = 0,103 \text{ m} \quad (4.13)$$

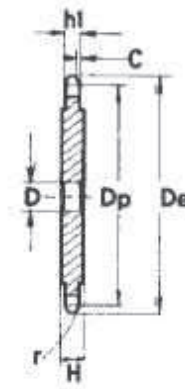
Kde

Rozteč řetězu  $t_{\check{r}} = 31,75 \text{ mm}$ Počet zubů řetězové kladky  $z = 10$ 

Volím ploché řetězové kolo pro válečkové řetězy dle ČSN 01 4811. Schéma kola je na obr. 37. Kola jsou navařena na hřídeli. Pro zaručení všech rozměrových a geometrických tolerancí budou kola i hřídel obráběny až po svaření. Výkres svarku řetězového kola a hřídele je v příloze 2. Základní rozměry řetězu a řetězového kola:

**ŘETEZ**Rozteč  $p = 31,75 \text{ mm}$ Vnitřní šířka  $W = 19,56 \text{ mm}$ Průměr válečku  $D = 19,05 \text{ mm}$ **ŘETĚZOVÉ KOLO 31,75 x 19,56**Průměr kola  $D_e = 117,9 \text{ mm}$ Průměr roztečné kružnice  $D_p = 102,74 \text{ mm}$ Průměr náboje  $D_n = 25 \text{ mm}$ Počet zubů  $z = 10$ Poloměr  $r = 32 \text{ mm}$ Šířka sražení  $C = 3,5 \text{ mm}$

Šířka zubu  $h_1 = 18,5 \text{ mm}$   
Celková šířka  $H = 20 \text{ mm}$



obr. 37 Řetězové kolo [29]

### Odpor vlivem změny sklonu dopravníku

Odpor se bere v úvahu jen při konkávním provedení vedení, při konvexním vedení je tento odpor nepatrný, proto jej zanedbáváme.

### Odpor pevného bočního vedení

Materiál je veden za pohybu oboustranným bočním vedením. Pro výpočet odporu bočního vedení je potřeba znát sypný úhel dopravovaného materiálu, Dopravovaný materiál tvoří směs různých druhů třísek, u nichž neznáme a ani nejsme schopni zjistit sypný úhel. V závislosti na úhlu nabývá Rankinova konstanta hodnot v intervalu 0 až 1, Střední hodnota 0,5 odpovídá sypnému úhlu  $20^\circ$ .

$$F_8 = f_{tř} \cdot h_1^2 \cdot \rho_s \cdot g \cdot l_1 \cdot k_1 = 0,4 \cdot 0,07^2 \cdot 42,75 \cdot 9,81 \cdot 7,2 \cdot 0,49 = 2,9 \text{ N} \quad (4.14)$$

Kde

Součinitel smykového tření mezi částicemi materiálu s bočním vedením  $f_{tř} = 0,4$

Výška vrstvy materiálu u bočního vedení  $h_1 = 0,07 \text{ m}$

Délka bočního vedení

$$l_1 = 2 \cdot L_v = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \text{ m} \quad (4.15)$$

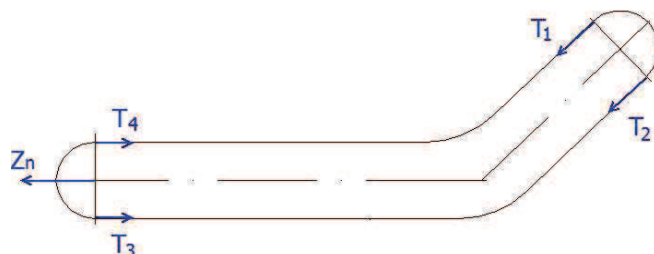
Rankinova konstanta

$$k_1 = tg^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\rho_{syp}}{2} \right) = tg^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{20}{2} \right) = 0,49 \quad (4.16)$$

Sypný úhel  $\rho_{syp} = 20^\circ$

#### 4.4.3. Síly působící na dopravní pás

Z vypočítaných odporů určíme tahové síly působící na dopravní pás - obr. 38.



obr. 38 Tahové síly na pásu

**Tahová síla v pásu na náběžné straně napínací kladky**

$$T_3 = \frac{z_n}{2} = \frac{2000}{2} = 1000 \text{ N} \quad (4.17)$$

**Tahová síla v pásu na sbíhavé straně napínací kladky**

$$T_4 = T_3 + F_4 = 1000 + 89,5 = 1089,5 \text{ N} \quad (4.18)$$

**Tahová síla v pásu na náběžné straně poháněcí kladky**

$$T_1 = T_4 + F_{1h} + F_2 + F_3 + F_8 = 1089,5 + 104,7 + 1,8 + 56,8 + 2,9 = 1256 \text{ N} \quad (4.19)$$

**Tahová síla v pásu na sbíhavé straně poháněcí kladky**

$$T_2 = T_3 - F_{1d} + F_3 = 1000 + 101,5 + 56,8 = 955,3 \text{ N} \quad (4.20)$$

**Odpor hnací řetězové kladky**

$$F_6 = \left( f_3 \frac{d_1}{D_p} + f_{\check{c}1} \frac{d_{\check{c}r}}{D_p} \right) \cdot (T_1 + T_2) \\ = \left( 0,03 \cdot \frac{0,025}{0,103} + 0,4 \cdot \frac{0,01019}{0,103} \right) \cdot 1256 + 955,3 = 103 \text{ N} \quad (4.21)$$

Kde

|                                        |                                     |
|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Součinitel čepového tření hnací kladky | $f_3 = 0,03$                        |
| Průměr čepu napínací kladky            | $d_1 = 25 \text{ mm}$               |
| Průměr čepu řetězu                     | $d_{\check{c}r} = 10,19 \text{ mm}$ |
| Roztečný průměr napínací kladky        | $D_p = 0,103 \text{ mm}$            |

**Stanovení obvodové síly na hnacích řetězových kladkách**

$$F_o = T_1 + F_6 - T_2 = 1256 + 103 - 955,3 = 403,7 \text{ N} \quad (4.22)$$

**Stanovení napínací síly při dopravě směrem k pohonu**

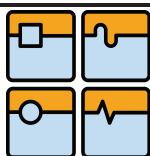
$$F_z = 2 \cdot (F_o - q_2 \cdot g \cdot L_v) = 2 \cdot (402 - 12,2 \cdot 9,81 \cdot 3,6) = -49,9 \text{ N} \quad (4.23)$$

**Dynamická složka tažné síly**

Při přenosu tažné síly z řetězového kola na řetěz dochází k rázovému zatížení řetězu a vzniku dynamické síly, protože rychlost řetězu  $v_r$  je funkcí úhlu natočení kola  $\varphi$  - obr. 39.

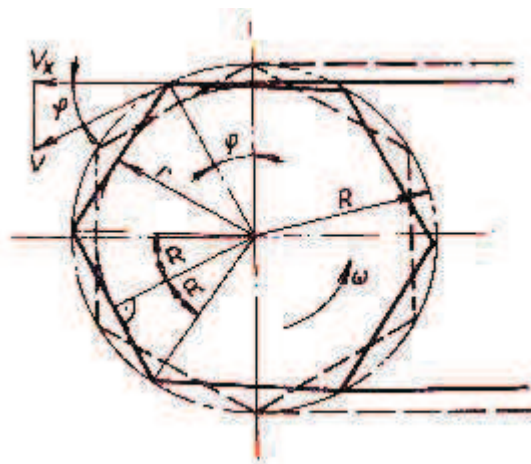
Velikost proměnlivé rychlosti řetězu

$$v_r = v_k \cdot \cos(\varphi) \quad (4.24)$$

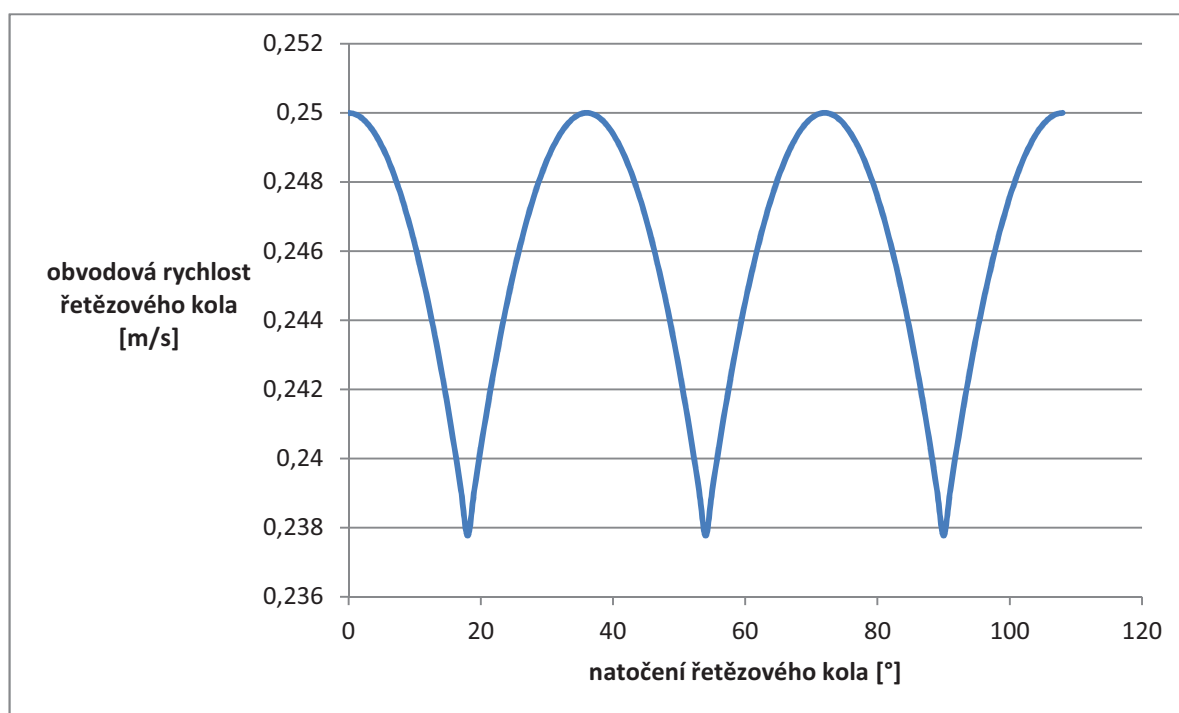


# DIPLOMOVÁ PRÁCE

Úhel  $\varphi$  se mění v intervalu  $\langle -\frac{\alpha}{2}; +\frac{\alpha}{2} \rangle$ ,  $\alpha$  je úhel pootočení kola o jeden zub.  $\alpha = \frac{360}{z} = \frac{360}{10} = 36^\circ$ , kde  $z$  je počet zubů řetězového kola. Průběh rychlosti v závislosti na natočení řetězového kola zobrazuje graf 1. Nejmenší hodnoty dosáhne při  $\phi = \pm \frac{\alpha}{2}$  kdy jeden zub končí záběr a druhý zub přichází do záběru.



obr. 39 Schéma ozubeného kola [23]

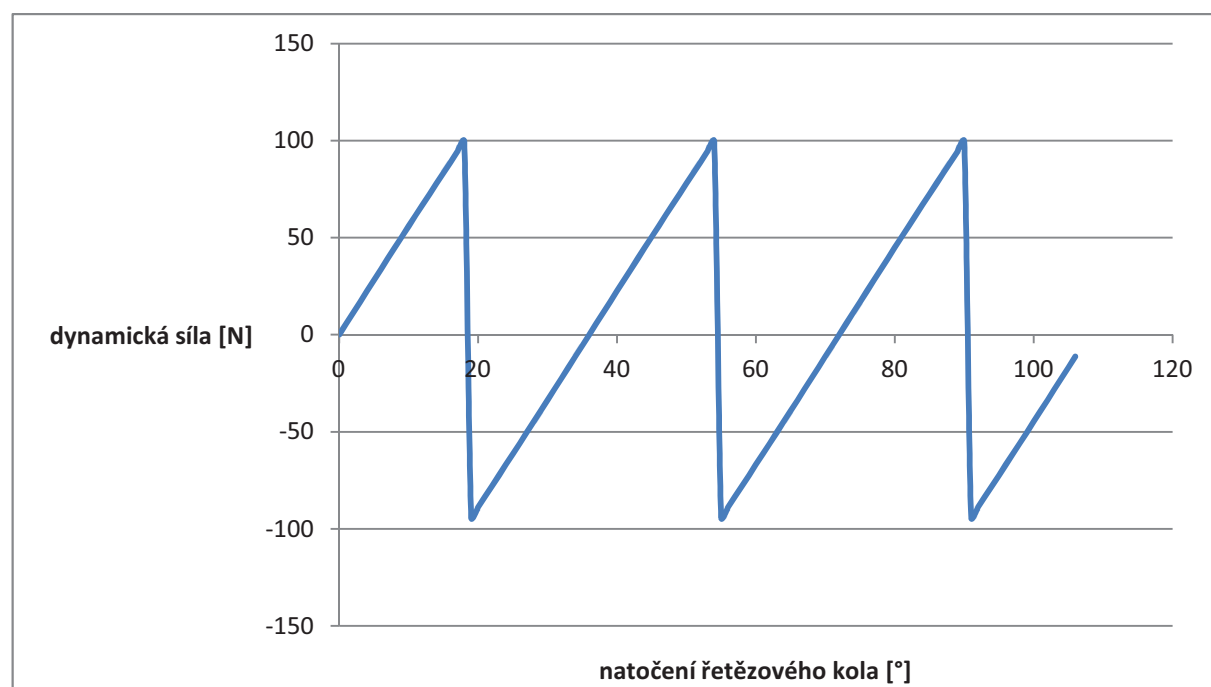


graf 1 Průběh obvodové rychlosti řetězového kola

**Zrychlení řetězu** je časovou derivací jeho rychlosti.

$$a_x = -R_k \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) \quad (4.25)$$

Maxima budou při  $\phi = \pm \frac{\alpha}{2}$ ,  $a_{xmax} = \pm R_k \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t)$ . V okamžicích kdy jeden zub končí záběr a druhý zub přichází do záběru je funkce  $v_r$  nespojitá. V těchto okamžicích dochází ke skokové změně zrychlení:  $\Delta a = 2 \cdot a_{xmax}$ . Vzniká ráz a v soulase s naukou o pružnosti se v takovém případě předpokládá dvojnásobně velký silový účinek. Dynamická síle je pak  $F_d = 2 \times 2a_{xmax} \cdot m$ , kde  $m$  je zrychlovaná hmota. Než však vznikne  $F_d$  pohybuje se řetěz zpomaleným pohybem  $a_x = -R_k \cdot \omega^2 \cdot \sin(\phi)$ . V intervalu  $0 < \phi < \frac{\alpha}{2}$ . Okamžitá dynamická síla zmenšuje statickou sílu (obvodovou sílu, vypočítanou výše). Průběh dynamické síly zobrazuje graf 2.



graf 2 Průběh dynamické síly

#### Celková síla v řetězu:

$$T_{max} = T_{st} - R_k \cdot \omega^2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot m + 2 \cdot 2R_k \cdot \omega^2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot m = T_{st} + 3R_k \cdot \omega^2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot m =$$

$$402 + 3 \cdot 51,5 \cdot 4,9^2 \cdot \sin \frac{36}{2} \cdot 88,6 = 501,6 \text{ N} \quad (4.26)$$

Kde

#### Součet zrychlovaných hmot

$$m_s = L_v \cdot (q_d + C_k \cdot q_2) = 3,6 \cdot (0,389 + 2 \cdot 12,2) = 88,6 \text{ kg} \quad (4.27)$$

#### Korekční součinitel $C_k$

Při výpočtu zrychlovaných hmot, vycházíme z předpokladu, že tažné řetězy jsou pružné a v jejich čepech jsou vůle. Zejména u delších dopravníků tak nedochází ke zrychlování

(zpomalování) celého pásu ale jen jeho části. Korekční součinitele, závislé na délce dopravníku, jsou uvedeny v tab. 3. Pro délku dopravníku  $L_v = 3,6 \text{ m}$  volíme  $C_k = 2$

| L [m]          | do 25 | 25 až 60 | přes 60 |
|----------------|-------|----------|---------|
| C <sub>k</sub> | 2     | 1,5      | 1       |

tab. 3 Korekční součinitel  $C_k$  [24]

### Výpočet parametrů poháněcí stanice

Celkový provozní výkon

$$P = \frac{T_{max} \cdot v_d}{\eta_p} = \frac{501,6 \cdot 0,25}{0,65} = 193 \text{ W} \quad (4.28)$$

Kde

Účinnost mechanických převodů  $\eta_p = 0,65$

Dopravní rychlost  $v_d = 0,25 \text{ m/s}$

#### 4.4.4. Volba motoru

Moment na hřídeli motoru při ustáleném chodu

$$M_s = F_o \cdot \frac{D_p}{2} \cdot \frac{1}{i_p \cdot \eta_{ps}} = 402 \cdot \frac{0,103}{2} \cdot \frac{1}{37,66 \cdot 0,6} = 0,915 \text{ Nm} \quad (4.29)$$

Kde

Převodový poměr převodovky  $i_p = 37,66$

Účinnost poháněcí stanice  $\eta_{ps} = 0,60$

**Moment potřebný pro urychlení posuvných a rotujících hmot přepočtený na hřídel motoru**

$$M_d = \left[ (q_d + q_2) \cdot L_v \cdot \frac{D_p}{2} \cdot \frac{1}{\eta_p \cdot i_p} + \frac{2 \cdot (J_{hk} + J_{nk})}{D_p} \cdot \frac{1}{\eta_p \cdot i_p} + \frac{2 \cdot (J_p + J_s)}{D_p \cdot \eta_p} \right] \cdot \frac{v_d}{t_r} =$$

$$\left[ (0,389 + 12,2) \cdot 3,6 \cdot \frac{0,103}{2} \cdot \frac{1}{0,65 \cdot 37,66} + \frac{2 \cdot (2 \cdot 0,001711)}{0,103} \cdot \frac{1}{0,65 \cdot 37,66} + \frac{2 \cdot (0,0077 + 0,00044)}{0,103 \cdot 0,65} \right] \cdot \frac{0,25}{1} =$$

$$= 2,319 \text{ N m} \quad (4.30)$$

Kde

**Moment setrvačnosti hnacích řetězových kol**

Při výpočtu uvažujeme mezikruží o průměrech  $D_p = 0,103 \text{ m}$ ,  $D_n = 0,025 \text{ m}$  a šířce řetězového kola  $b_{ok} = 0,02 \text{ m}$ .

$$J_{hk} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \rho_{ocel} \cdot b_{ok} \cdot \left( \frac{D_p^4 - D_n^4}{2^4} \right) = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot 7850 \cdot 0,02 \cdot \left( \frac{0,103^4 - 0,025^4}{2^4} \right) =$$

$$= 0,001711 \text{ kgm}^2 \quad (4.31)$$

### Moment setrvačnosti hnacích řetězových kol

Napínací ozubená kola jsou stejná jako hnací ozubená kola.  $J_{nk} = J_{hk} = 0,001711 \text{ kgm}^2$

### Moment setrvačnosti převodovky

$$J_p = 0,0077 \text{ kgm}^2$$

### Moment setrvačnosti spojky

$$J_s = 0,00044 \text{ kgm}^2$$

### Točivý moment na hřídeli motoru při rozběhu

$$M_m = M_d + M_s = 2,319 + 0,915 = 3,235 \text{ Nm} \quad (4.32)$$

### Točivý moment na výstupu z převodovky při rozběhu

$$M_p = M_m \cdot i_p \cdot \eta_{ps} = 3,235 \cdot 37,66 \cdot 0,6 = 73,1 \text{ Nm} \quad (4.33)$$

### Volba motoru a převodovky

Volím motor se šnekovou převodovkou od společnosti SEW. Motor má výkon 370W, šneková převodovka má převodový poměr  $i_p = 37,66$ , výstupní otáčky  $n_v = 37 \text{ ot/min}$  a výstupní krouticí moment  $M_v = 76 \text{ Nm}$ . Další parametry jsou v příloze 5.

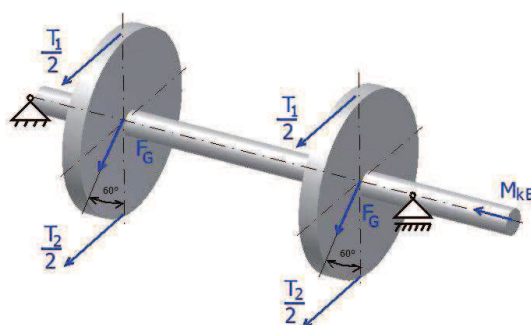
### Přepočet dopravní rychlosti

$$v_d = 2 \cdot \pi \cdot n_v \cdot \frac{D_p}{2} = 2 \cdot \pi \cdot 0,616 \cdot \frac{0,103}{2} = 0,199 \text{ m/s} \quad (4.34)$$

### 4.4.5. Pevnostní kontrola hřídelů

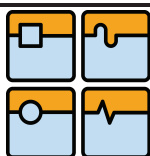
#### Kontrola hnacího hřídele

Hnací hřídel je zatížen silami od dopravního pásu, krouticím momentem a tíhovou silou dle obr. 40.



obr. 40 Zatížení hnacího hřídele

Hmotnost dopravního pásu spolu s hmotností dopravovaného materiálu je přes klady řetězů přenášena na rám stroje. V místě hnacích a napínacích řetězových kol tato hmotnost zatěžuje hnací a napínací hřídel. Hmotnost se skládá z hmotnosti hřídele, řetězových kol, dopravního pásu a dopravovaného materiálu v místě opásání. Pro zjednodušení uvažujeme opásání po celém obvodu.



### Součet hmotností zatěžující hnací hřídel

$$m_{G1} = \pi \cdot D_p \cdot q_d + \pi \cdot D_p \cdot q_2 + 2 \cdot m_k + m_{hh} =$$

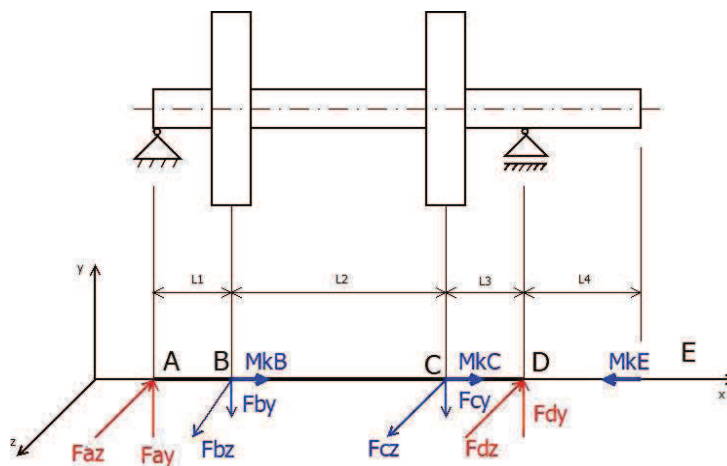
$$= \pi \cdot 0,103 \cdot 0,389 + \pi \cdot 0,103 \cdot 12,2 + 2 \cdot 0,9 + 2,3 = 8,16 \text{ kg} \quad (4.35)$$

Kde

Hmotnost řetězového kola  $m_k = 0,9 \text{ kg}$

Hmotnost hnacího hřídele  $m_{hh} = 2,3 \text{ kg}$

Síly zatěžující hnací hřídel - obr. 41



obr. 41 Síly zatěžující hnací hřídel

$$F_{G1} = \frac{m_{G1}}{2} \cdot g = \frac{8,16}{2} \cdot 9,81 = 39,9 \text{ N} \quad (4.36)$$

$$F_{By} = F_{G1} \cdot \cos 60 = 39,9 \cdot \cos 60 = 19,9 \text{ N} \quad (4.37)$$

$$F_{Cy} = F_{G1} \cdot \cos 60 = 39,9 \cdot \cos 60 = 19,9 \text{ N} \quad (4.38)$$

$$F_{Bz} = \frac{T_1 + T_2 + F_d}{2} \cdot F_{G1} \cdot \sin 60 = \frac{1256 + 955 + 99,9}{2} \cdot 9,9 \cdot \sin 60 = 1190 \text{ N} \quad (4.39)$$

$$F_{Cz} = \frac{T_1 + T_2 + F_d}{2} \cdot F_{G1} \cdot \sin 60 = \frac{1256 + 955 + 99,9}{2} \cdot 9,9 \cdot \sin 60 = 1190 \text{ N} \quad (4.40)$$

$$M_{kB} = (T_1 + F_d - T_2) \cdot \frac{D_p}{2} = (1256 + 99,9 - 955) \cdot \frac{0,103}{2} = 20,5 \text{ Nm} \quad (4.41)$$

$$M_{kC} = (T_1 + F_d - T_2) \cdot \frac{D_p}{2} = (1256 + 99,9 - 955) \cdot \frac{0,103}{2} = 20,5 \text{ Nm} \quad (4.42)$$

### Výpočet reakcí

$$F_{Dy} = \frac{F_{By} \cdot L_1 + F_{Cy} \cdot (L_1 + L_2)}{(L_1 + L_2 + L_3)} = \frac{19,9 \cdot 0,047 + 19,9 \cdot (0,047 + 0,171)}{(0,047 + 0,171 + 0,047)} = 19,9 \text{ N} \quad (4.43)$$

$$F_{Dz} = \frac{F_{Bz} \cdot L_1 + F_{Cz} \cdot (L_1 + L_2)}{(L_1 + L_2 + L_3)} = \frac{1900 \cdot 0,047 + 1900 \cdot (0,047 + 0,171)}{(0,047 + 0,171 + 0,047)} = 1190 \text{ N} \quad (4.44)$$

$$F_{Ay} = F_{By} + F_{Cy} - F_{Dy} = 19,9 + 19,9 - 19,9 = 19,9 \text{ N} \quad (4.45)$$

$$F_{Az} = F_{Bz} + F_{Cz} - F_{Dz} = 1190 + 1190 - 1190 = 1190 \text{ N} \quad (4.46)$$

$$M_{kE} = M_{kB} + M_{kC} = 20,5 + 20,5 = 41 \text{ Nm} \quad (4.47)$$



Kde

Rozměry hnacího hřídele:  $L_1 = 0,047 \text{ m}$

$L_2 = 0,171 \text{ m}$

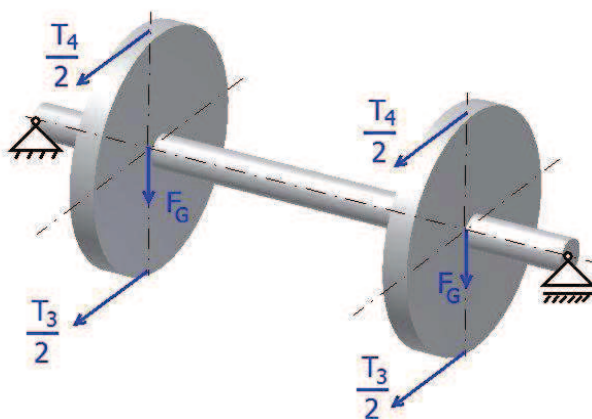
$L_3 = 0,047 \text{ m}$

$L_4 = 0,047 \text{ m}$

Výpočet výsledných vnitřních účinků je v příloze 6. Průběhy výsledných vnitřních účinků jsou na obr. 44.

### Kontrola napínacího hřídele

Napínací hřídel je zatížen napínacími a tíhovou silou dle obr. 42.



obr. 42 Zatížení napínacího hřídele

Tak jako hnací hřídel je i napínací hřídel zatížen hmotností hřídele, řetězových kol, dopravního pásu a dopravovaného materiálu v místě opásání. Pro zjednodušení uvažujeme opásání po celém obvodu.

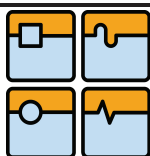
### Součet hmotností zatěžující napínací hřídel

$$\begin{aligned} m_{G2} &= \pi \cdot D_p \cdot q_d + \pi \cdot D_p \cdot q_2 + 2 \cdot m_k + m_{hh} \\ &= \pi \cdot 0,103 \cdot 0,389 + \pi \cdot 0,103 \cdot 12,2 + 2 \cdot 0,9 + 1,1 = 6,96 \text{ kg} \end{aligned} \quad (4.48)$$

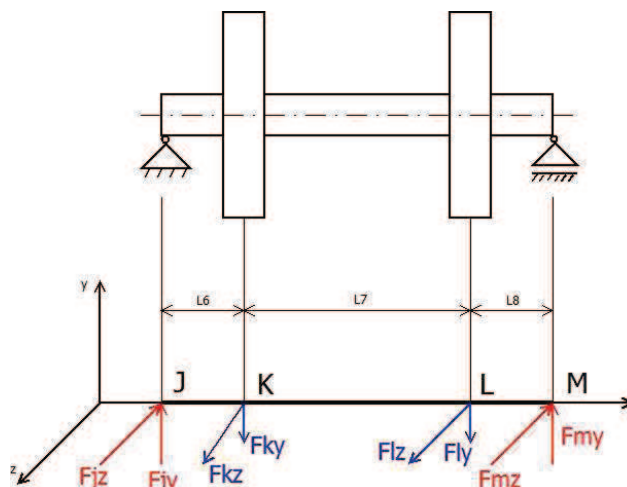
Kde

Hmotnost řetězového kola  $m_k = 0,9 \text{ kg}$

Hmotnost napínacího hřídele  $m_{nh} = 1,1 \text{ kg}$



Síly zatěžující napínací hřídel - obr. 43.



obr. 43 Síly zatěžující napínací hřídel

$$F_{G2} = \frac{m_{G2}}{2} \cdot g = \frac{6,96}{2} \cdot 9,81 = 34,1 N \quad (4.49)$$

$$F_{Ky} = F_{G2} = 34,1 N \quad (4.50)$$

$$F_{Ly} = F_{G2} = 34,1 N \quad (4.51)$$

$$F_{Kz} = \frac{T_3 + T_4}{2} = \frac{1000 + 1090}{2} = 1045 N \quad (4.52)$$

$$F_{Lz} = \frac{T_3 + T_4}{2} = \frac{1000 + 1090}{2} = 1045 N \quad (4.53)$$

$$M_{kK} = (T_4 - T_3) \cdot \frac{D_p}{2} = (1090 - 1000) \cdot \frac{0,103}{2} = 4,6 Nm \quad (4.54)$$

$$M_{kL} = (T_4 - T_3) \cdot \frac{D_p}{2} = (1090 - 1000) \cdot \frac{0,103}{2} = 4,6 Nm \quad (4.55)$$

Výpočet reakcí

$$F_{My} = \frac{F_{Ky} \cdot L_6 + F_{Ly} \cdot (L_6 + L_7)}{(L_6 + L_7 + L_8)} = \frac{34,1 \cdot 0,038 + 34,1 \cdot (0,038 + 0,171)}{(0,038 + 0,171 + 0,038)} = 34,1 N \quad (4.56)$$

$$F_{Mz} = \frac{F_{Kz} \cdot L_6 + F_{Lz} \cdot (L_6 + L_7)}{(L_6 + L_7 + L_8)} = \frac{1045 \cdot 0,047 + 1045 \cdot (0,047 + 0,171)}{(0,038 + 0,171 + 0,038)} = 1045 N \quad (4.57)$$

$$F_{Jy} = F_{Ky} + F_{Ly} - F_{My} = 34,1 + 34,1 - 34,1 = 34,1 N \quad (4.58)$$

$$F_{Az} = F_{Kz} + F_{Lz} - F_{Mz} = 1045 + 1045 - 1045 = 1045 N \quad (4.59)$$

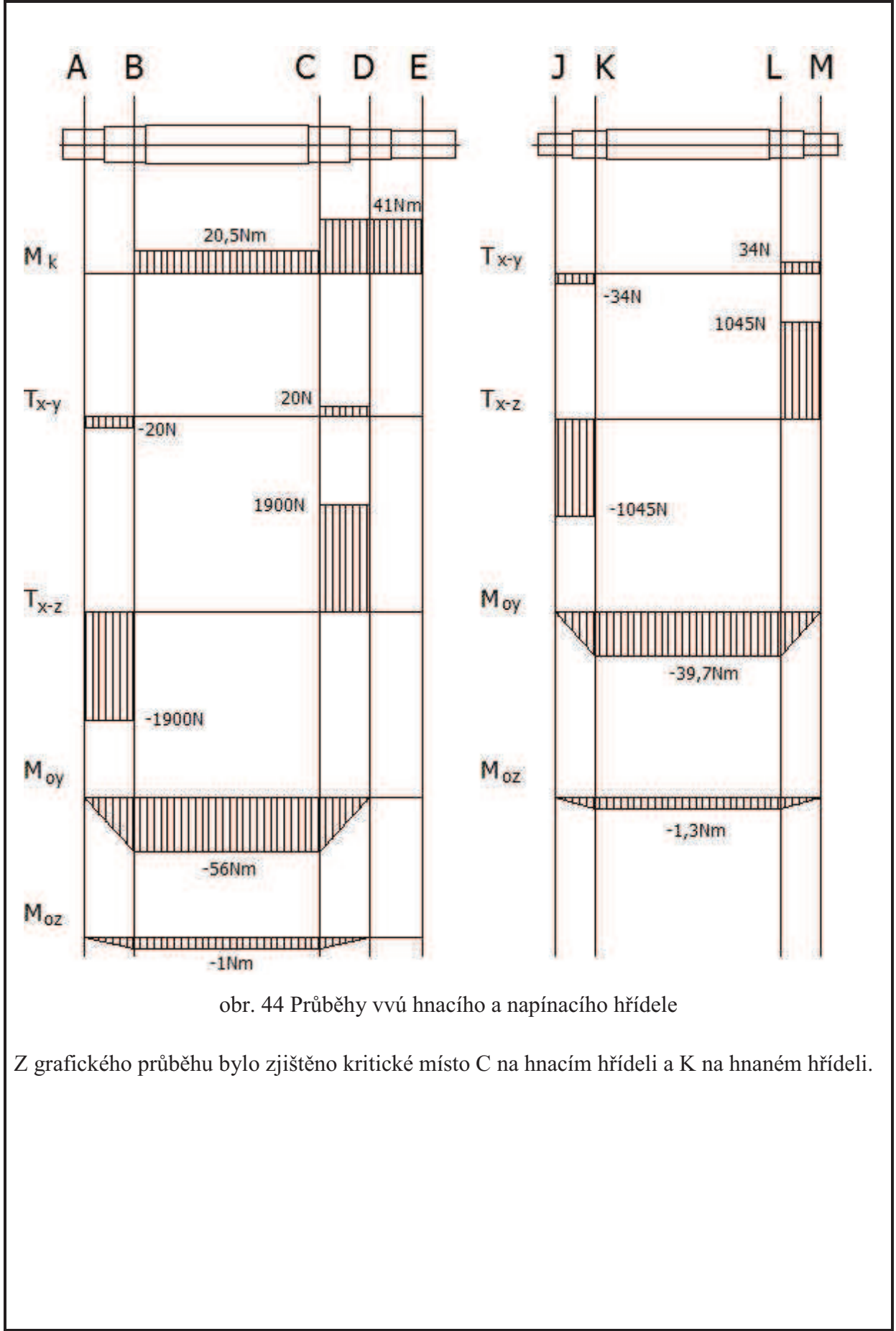
Kde

Rozměry napínacího hřídele:  $L_6 = 0,038 m$

$L_7 = 0,171 m$

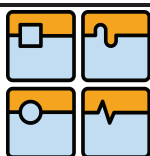
$L_8 = 0,038 m$

Výpočet výsledných vnitřních účinků je v příloze 7. Průběhy výsledných vnitřních účinků jsou na obr. 44.



obr. 44 Průběhy vvů hnacího a napínacího hřídele

Z grafického průběhu bylo zjištěno kritické místo C na hnacím hřídeli a K na hnaném hřídeli.

**Výpočet bezpečnosti vůči meznímu stavu pružnosti v kritickém průřezu C hnacího hřídele.****Ohybový moment**

$$M_{oC} = \sqrt{M_{oyII}^2 + M_{ozII}^2} = \sqrt{56^2 + 1^2} = 56 Nm \quad (4.60)$$

kde ohybové momenty  $M_{oyII} = 56 Nm$  a  $M_{ozII} = 1 Nm$ , výpočet momentů je v příloze 6.

**Ohybové napětí**

$$\sigma_{oC} = \frac{32 \cdot M_{oC}}{\pi \cdot d_c^3} = \frac{32 \cdot 56}{\pi \cdot 0,028^3} = 2,596 \cdot 10^7 Pa \quad (4.61)$$

Kde

Průměr hřídele v místě C  $d_c = 0,028 m$

**Napětí v krutu**

$$\tau_{kC} = \frac{16 \cdot M_{kC}}{\pi \cdot d_c^3} = \frac{16 \cdot 41}{\pi \cdot 0,028^3} = 9,543 \cdot 10^6 Pa \quad (4.62)$$

Kde

Krouticí moment  $M_{kC} = 41 Nm$  je vypočten v příloze 6.

**Redukované napětí podle podmínky max  $\tau$** 

$$\sigma_{redC} = \sqrt{\sigma_{oC}^2 + (4 \cdot \tau_{kC})^2} = \sqrt{25,96^2 + (4 \cdot 9,54)^2} = 46 MPa \quad (4.63)$$

Hřídel bude vyroben z dobře svařitelné, konstrukční oceli 11 500. Mez kluzu v tahu  $R_{ehh} = 250 MPa$

**Bezpečnost vůči meznímu stavu pružnosti v průřezu C**

$$k_{pC} = \frac{R_{ehh}}{\sigma_{redC}} = \frac{250}{46} = 5,4 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (4.64)$$

Vyšší bezpečnost je dána většími průměry hřídele, které se odvíjí od výstupního průměru převodovky a odstupňování jednotlivých funkčních ploch hřídele.

**Výpočet bezpečnosti vůči únavovému poškození v průřezu C**

Při rotaci hřídele dochází v průběhu času, ke střídavému namáhání. Např. vlákna na povrchu rotujícího hřídele jsou, při každé otáčce, střídavě namáhá na tah a tlak. U takto namáhaných součástí je pak skutečné maximální dovolené napětí mnohem nižší, než jeho mez pevnosti, někdy i meze kluzu.

**Součinitel vlivu jakosti povrchu**

$$k_a = a \cdot R_{mhh}^b = 4,51 \cdot 550^{-0,265} = 0,847 \quad (4.65)$$

Kde

Mez pevnosti v tahu  $R_{mhh} = 550 MPa$

Součinitel pro povrch dokončený obráběním nebo tažením za studena  $a = 4,51$

Exponent  $b = -0,265$

### Součinitel vlivu velikosti tělesa

$$k_b = \left(\frac{d_c}{7,62}\right)^{-0,107} = 0,87 \quad (4.66)$$

### Součinitel vlivu způsobu zatěžování

-pro namáhání ohybem  $k_c = 1$

### Součinitel vlivu teploty

$$k_d = 1$$

### Součinitel vlivu spolehlivosti

-pro spolehlivost 95%

$$k_e = 0,868$$

### Mez únavy zkušební tyče v ohybu za rotace

$$\sigma_{Co} = 0,504 \cdot R_{mhh} = 0,504 \cdot 550 = 277 \text{ MPa} \quad (4.67)$$

### Korigovaná mez únavy v kritickém místě součásti

$$\sigma'_{Co} = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \sigma_{Co} = 0,847 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,868 \cdot 277 = 177,3 \text{ MPa} \quad (4.68)$$

### Součinitel vrubu

$$\beta_C = \frac{\alpha_C}{1 + \frac{2 \cdot (\alpha_C - 1) \cdot \sqrt{A_C}}{\alpha_C \cdot \sqrt{r_C}}} = \frac{1,95}{1 + \frac{2 \cdot (1,95 - 1) \cdot 0,253}{1,95 \cdot \sqrt{1}}} = 1,57 \quad (4.69)$$

Kde

Poloměr zaoblení přechodu  $r_C = 1 \text{ mm}$

Tvarový součinitel  $\alpha_C = 1,95$

Součinitel  $\sqrt{A_C} = \frac{139}{550} = 0,253$

### Bezpečnost vůči únavovému poškození v průřezu C

$$k_{\sigma C} = \frac{\sigma'_{Co}}{\sigma_{oc} \cdot \beta_C} = \frac{177}{25,96 \cdot 1,57} = 4,4 \quad \rightarrow \quad \text{VYHOVUJE} \quad (4.70)$$

### Výpočet bezpečnosti vůči únavovému poškození, vlivem pulsujícího krouticího momentu, v průřezu C

Řetězové kolo má tvar mnohoúhelníku, jeho otáčení dochází ke změně dynamické složky odvodové síly. Tato síla zatěžuje hřídel pulsujícím krouticím momentem.

### Maximální krouticí moment

$$M_{kmax} = (F_s + F_d) \cdot \frac{D_p}{2} = (402 + 100) \cdot \frac{0,103}{2} = 25 \text{ Nm} \quad (4.71)$$

### Minimální krouticí moment

$$M_{kmin} = (F_s - F_d) \cdot \frac{D_p}{2} = (402 - 100) \cdot \frac{0,103}{2} = 15 \text{ Nm} \quad (4.72)$$

### Maximální smykové napětí

$$\tau_{nmax} = \frac{16 \cdot M_{kmax}}{\pi \cdot d_c^3} = \frac{16 \cdot 25}{\pi \cdot 0,028^3} = 5,99 \text{ MPa} \quad (4.73)$$

### Minimální smykové napětí

$$\tau_{nmin} = \frac{16 \cdot M_{kmin}}{\pi \cdot d_c^3} = \frac{16 \cdot 15}{\pi \cdot 0,028^3} = 3,61 \text{ MPa} \quad (4.74)$$

### Střední smykové napětí

$$\tau_{nm} = \frac{\tau_{nmax} + \tau_{nmin}}{2} = \frac{5,99 + 3,61}{2} = 4,79 \text{ MPa} \quad (4.75)$$

### Amplituda smykového napětí

$$\tau_{na} = \frac{\tau_{nmax} - \tau_{nmin}}{2} = \frac{5,99 - 3,61}{2} = 1,19 \text{ MPa} \quad (4.76)$$

### Součinitel vrubu

$$\beta = 1 + q_T \cdot (\alpha_T - 1) = 1 + 0,88 \cdot (1,248 - 1) = 1,218 \quad (4.77)$$

Kde

Součinitel tvaru  $\alpha_T = \frac{\tau_{nmax}}{\tau_{nm}} = \frac{5,99}{4,79} = 1,248$

Vrubová citlivost  $q_T = 0,88$

### Amplituda s uvažováním součinitele vrubu $\beta$

$$\tau_a = \tau_{na} \cdot \beta = 1,19 \cdot 1,218 = 1,45 \text{ MPa} \quad (4.78)$$

### Střední napětí s uvažováním součinitele vrubu $\beta$

$$\tau_m = \tau_{nm} \cdot \beta = 4,79 \cdot 1,218 = 5,85 \text{ MPa} \quad (4.79)$$

### Mez únavy reálné součásti

$$\tau'_c = k_a \cdot k_b \cdot k_{ct} \cdot k_d \cdot k_e \cdot \sigma_{Co} = 0,847 \cdot 0,87 \cdot 0,59 \cdot 1 \cdot 0,868 \cdot 277 = 108,5 \text{ MPa} \quad (4.80)$$

kde

### Součinitel vlivu jakosti povrchu

$$k_a = a \cdot R_{mhh}^b = 4,51 \cdot 550^{-0,265} = 0,847 \quad (4.81)$$

Kde

Mez pevnosti v tahu  $R_{mhh} = 550 \text{ MPa}$

Součinitel pro povrch dokončený obráběním nebo tažením za studena  $a = 4,51$

Exponent  $b = -0,265$

### Součinitel vlivu velikosti tělesa

$$k_b = \left( \frac{d_c}{7,62} \right)^{-0,107} = 0,87 \quad (4.82)$$

### Součinitel vlivu způsobu zatěžování

-pro namáhání krutem

$k_{ct} = 0,59$

### Součinitel vlivu teploty

$$k_d = 1$$

### Součinitel vlivu spolehlivosti

-pro spolehlivost 95%

$$k_e = 0,868$$

### Bezpečnost vůči únavovému poškození vlivem pulzujícího krouticího momentu

$$k_{\tau C} = \frac{1}{\frac{\tau_a}{\tau'_C} + \frac{\tau_m}{R_{sm}}} = \frac{1}{\frac{1,45}{108,5} + \frac{5,85}{368,5}} = 34,2 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (4.83)$$

Kde

### Mez pevnosti ve smyku

$$R_{sm'} = 0,67 \cdot R_{sm} = 0,67 \cdot 550 = 368,5 \text{ MPa} \quad (4.84)$$

### Celková bezpečnost vůči únavovému poškození v průřezu C

$$k_{celkC} = \frac{k_{\sigma C} \cdot k_{\tau C}}{\sqrt{k_{\sigma C}^2 + k_{\tau C}^2}} = \frac{4,4 \cdot 34,2}{\sqrt{4,4^2 + 34,2^2}} = 4,3 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (4.85)$$

### Výpočet bezpečnosti vůči meznímu stavu pružnosti v kritickém průřezu K napínacího hřídele

#### Ohybový moment

$$M_{oK} = \sqrt{M_{oy2}^2 + M_{oz2}^2} = \sqrt{39,7^2 + 1,3^2} = 39,7 \text{ Nm} \quad (4.86)$$

kde ohybové momenty  $M_{oy2} = 39,7 \text{ Nm}$  a  $M_{oz2} = 1,3 \text{ Nm}$ , výpočet momentů je v příloze 7.

#### Ohybové napětí

$$\sigma_{oK} = \frac{32 \cdot M_{oK}}{\pi \cdot d_K^3} = \frac{32 \cdot 39,7}{\pi \cdot 0,025^3} = 2,59 \cdot 10^7 \text{ Pa} \quad (4.87)$$

Kde

Průměr hřídele v místě K  $d_K = 0,025 \text{ m}$

Hřídel bude vyroben z dobře svařitelné, konstrukční oceli 11 500. Mez kluzu v tahu  $R_{ehh} = 250 \text{ MPa}$

### Bezpečnost vůči meznímu stavu pružnosti v průřezu K

$$k_{pK} = \frac{R_{ehh}}{\sigma_{oK}} = \frac{250}{2,59} = 9,6 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (4.88)$$

Vyšší bezpečnost je dána většími průměry hřídele, které se odvíjí od průměrů ložisek napínacích domků a odstupňování jednotlivých funkčních ploch hřídele.

### Výpočet bezpečnosti vůči únavovému poškození v průřezu K napínacího hřídele

#### Součinitel vlivu jakosti povrchu

$$k_a = a \cdot R_{mnh}^b = 4,51 \cdot 550^{-0,265} = 0,847 \quad (4.89)$$

Kde

Mez pevnosti v tahu  $R_{mnh} = 550 \text{ MPa}$

Součinitel pro povrch dokončený obráběním nebo tažením za studena  $a = 4,51$

Exponent  $b = -0,265$

#### Součinitel vlivu velikosti tělesa

$$k_b = \left( \frac{d_K}{7,62} \right)^{-0,107} = 0,88 \quad (4.90)$$

#### Součinitel vlivu způsobu zatěžování

-pro namáhání ohybem  $k_c = 1$

#### Součinitel vlivu teploty

$k_d = 1$

#### Součinitel vlivu spolehlivosti

-pro spolehlivost 95%  $k_e = 0,868$

#### Mez únavy zkušební tyče v ohybu za rotace

$$\sigma_{Co} = 0,504 \cdot R_{mhh} = 0,504 \cdot 550 = 277 \text{ MPa} \quad (4.91)$$

#### Korigovaná mez únavy v kritickém místě součásti

$$\sigma'_{Co} = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \sigma_{Co} = 0,847 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,868 \cdot 277 = 179,5 \text{ MPa} \quad (4.92)$$

#### Součinitel vrubu

$$\beta_K = \frac{\alpha_C}{1 + \frac{2 \cdot (\alpha_C - 1)}{\alpha_C} \cdot \frac{\sqrt{A_C}}{\sqrt{r_C}}} = \frac{1,95}{1 + \frac{2 \cdot (1,95 - 1)}{1,95} \cdot \frac{0,253}{\sqrt{1}}} = 1,57 \quad (4.93)$$

Kde

Poloměr zaoblení přechodu  $r_K = 1 \text{ mm}$

Tvarový součinitel  $\alpha_K = 1,95$

Součinitel  $\sqrt{A_K} = \frac{139}{550} = 0,253$

#### Bezpečnost vůči únavovému poškození v průřezu K

$$k_{\sigma K} = \frac{\sigma'_{Co}}{\sigma_{oK} \cdot \beta_K} = \frac{179,5}{25,9 \cdot 1,57} = 4,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (4.94)$$

#### 4.4.6. Výpočet trvanlivosti ložisek

##### Výpočet trvanlivosti ložisek hnacího hřídele

Výsledná radiální síla v podporách

$$F_{Ar} = \sqrt{F_{Ay}^2 + F_{Az}^2} = \sqrt{19,9^2 + 1190^2} = 1190 \text{ N} \quad (4.95)$$

$$F_{Dr} = \sqrt{F_{Dy}^2 + F_{Dz}^2} = \sqrt{19,9^2 + 1190^2} = 1190 \text{ N} \quad (4.96)$$

Ložiska jsou namáhána pouze radiální silou. Pro hnací hřídel volím jednořadé naklápěcí kuličkové ložisko YAR 205-2F a ložiskovou skříň FY 505M od společnosti SKF. Technické parametry jsou v příloze 8.

##### **Hodnoty od výrobce**

Základní dynamická únosnost  $C_A = 14 \text{ kN}$

Základní statická únosnost  $C_{0A} = 7,8 \text{ kN}$

Mezní hodnota určující velikost koeficientů X a Y  $e_A = 0,29$

$$e_{kA} = \frac{F_{Aa}}{F_{Ar}} = \frac{0}{1190} = 0 \quad (4.97)$$

$$e_{kA} < e_A$$

Koeficienty  $X_A = 1$

$$Y_A = 0$$

##### **Ekvivalentní dynamického zatížení**

$$P_A = X_A \cdot F_{rA} = 1 \cdot 1190 = 1190 \text{ N} \quad (4.98)$$

##### **Základní rovnice trvanlivosti**

$$L_{hA} = \left(\frac{C_A}{P_A}\right)^{a_p} \cdot \frac{10^6}{3600 \cdot n_k} = \left(\frac{14000}{1190}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{3600 \cdot 0,775} = 583600 \text{ h} \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (4.99)$$

Kde

Exponent pro kuličková ložiska  $a_p = 3$

Otáčky hřídele  $n_k = 0,755 \text{ s}^{-1}$

Vysoká hodinová trvanlivost je dána průměrem hřídele pod ložiskem, který se odvíjí od výstupního průměru převodovky.

### Výpočet trvanlivosti ložisek napínacího hřídele

Výsledná radiální síla v podporách

$$F_{Jr} = \sqrt{F_{Jy}^2 + F_{Jz}^2} = \sqrt{34,1^2 + 1045^2} = 1045 \text{ N} \quad (4.100)$$

$$F_{Mr} = \sqrt{F_{My}^2 + F_{Mz}^2} = \sqrt{34,1^2 + 1045^2} = 1045 \text{ N} \quad (4.101)$$

Ložiska jsou namáhána pouze radiální silou. Pro napínací hřídel volím jednořadé naklápěcí kuličkové ložisko YET 204 a napínací ložiskový domeček TU 504 M společnosti SKF.

Technické parametry jsou v příloze 9.

#### **Hodnoty od výrobce**

Základní dynamická únosnost  $C_J = 12,7 \text{ kN}$

Základní statická únosnost  $C_{0J} = 6,55 \text{ kN}$

Mezní hodnota určující velikost koeficientů X a Y  $e_J = 0,29$

$$e_{kJ} = \frac{F_{Ja}}{F_{Jr}} = \frac{0}{1045} = 0 \quad (4.102)$$

$$e_{kJ} < e_J$$

Koeficienty  $X_J = 1$

$$Y_J = 0$$

#### **Ekvivalentní dynamického zatížení**

$$P_J = X_J \cdot F_{rJ} = 1 \cdot 1045 = 1045 \text{ N} \quad (4.103)$$

#### **Základní rovnice trvanlivosti**

$$L_{hJ} = \left(\frac{C_J}{P_J}\right)^{a_p} \cdot \frac{10^6}{3600 \cdot n_k} = \left(\frac{12700}{1045}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{3600 \cdot 0,775} = 643400 \text{ h} \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (4.104)$$

Kde

Exponent pro kuličková ložiska  $a_p = 3$

Otáčky hřídele  $n_k = 0,755 \text{ s}^{-1}$

Vysoká hodinová trvanlivost je dána výběrem ložiska s napínacím domkem, které společnost SKF vyrábí od průměru 20 mm.



#### 4.4.7. Kontrola pera

Pero přenáší krouticí moment ze šnekové převodovky na hnací hřídel.

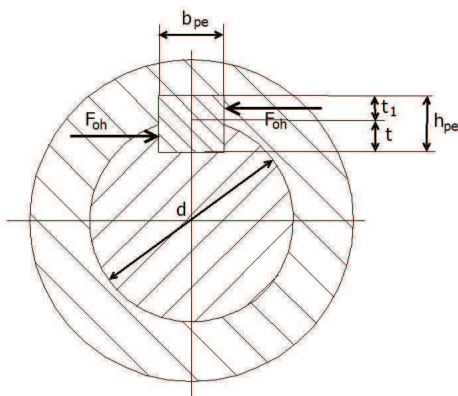
Obvodová síla na povrchu hřídele - obr. 45.

$$F_{oh} = \frac{2 \cdot M_p}{d_h} = \frac{2 \cdot 73}{0,02} = 7310 N \quad (4.105)$$

Kde

Průměr konce hnacího hřídele  $d_h = 0,02 m$

Krouticí moment na výstupu z převodovky  $M_p = 73 Nm$



obr. 45 Schéma zatížení pera

Volíme PERO 6e7x6x50 ČSN 02 2562.

Mez kluzu pera  $R_{ep} = 340 MPa$

Mez kluzu ve smyku  $R_{se} = 0,577 \cdot R_{ep} = 0,577 \cdot 340 = 196 MPa$

Návrhový součinitel  $k_n = 2,8$

Rozměry pera  $b_{pe} = 6 mm$

$h_{pe} = 6 mm$

$t_1 = 2,5 mm$

**Minimální délka pera**

$$l_{pp} = \frac{F_{oh} \cdot k_n}{R_{se} \cdot b_{pe}} = \frac{7310 \cdot 2,8}{196 \cdot 6} = 17 mm \quad (4.106)$$

Volím délku pera  $l_p = 50 mm$

**Tlak mezi bokem drážky v náboji a perem.**

$$p_p = \frac{F_{oh}}{t_1 \cdot (l_p - b_{pe})} = \frac{7310}{2,5 \cdot (50 - 6)} = 66,5 MPa \quad (4.107)$$

Dovolený tlak, pro pero z konstrukční oceli 11 600, při míjivém tlaku je:  $p_{pd} = 140 MPa$

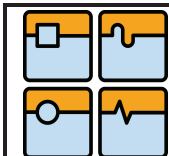
Tlak mezi nábojem a perem je menší než dovolený tlak, pero vyhovuje.

#### 4.4.8. Volba čerpadla

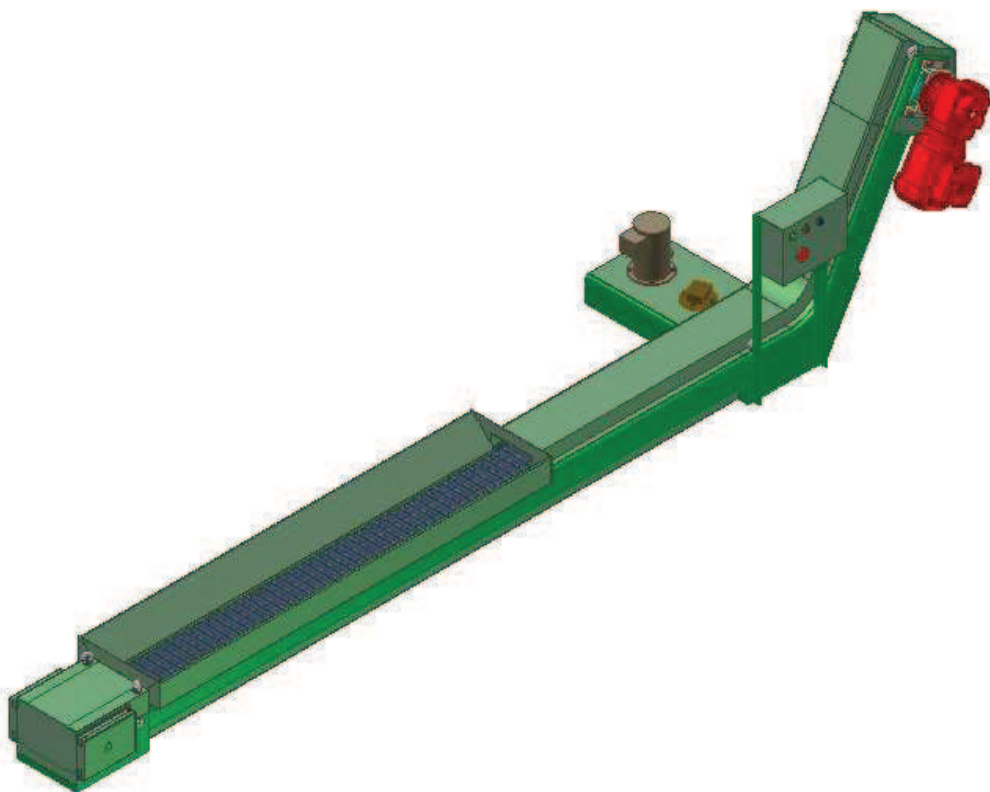
Čerpadlo bude odčerpávat řeznou kapalinu ze dna dopravníku. Musí mít stejný nebo větší průtok, než je max. oplach obráběcího stroje (20 l/min). Protože neznáme průběh dodávaného množství řezné kapaliny během obrábění. Je čerpadlo spínáno pomocí snímače hladiny. Senzor vyloučí chod čerpadla naprázdno. Spínání čerpadla jen při max. hladině šetří energie. Volíme jednostupňové odstředivé čerpadlo 4COA2-09 společnosti EMP Slavkov. Čerpadlo je určené pro čerpání řezných kapalin a olejů s viskozitou 1-150 mm<sup>2</sup>/s. Technické parametry čerpadla jsou uvedeny v tab. 4. Rozměry čerpadla jsou v příloze 10. Pro snímání výšky hladiny volíme plovákový snímač s jazýčkovým relé.

| Typ            | Výtlač<br>Pressure<br>Förderhöhe |     | Průtok<br>Amount<br>Förderstrom | Přikon<br>Power<br>Leistung | Proud<br>Current<br>Strom |   | Jistící proud<br>Assured current<br>Sicherstrom |   |
|----------------|----------------------------------|-----|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|-------------------------------------------------|---|
|                | m                                | kPa |                                 |                             | (při 400V)                | A | (při 400V)                                      | A |
| 2COP1-; 2CPP1- | 2                                | 20  | 16                              | 0,060                       | 0,23                      |   | 0,35                                            |   |
| 4COP2-; 4COA2- | 4                                | 40  | 25                              | 0,090                       | 0,24                      |   | 0,35                                            |   |
| 4COP4-; 4COA4- | 4                                | 40  | 40                              | 0,120                       | 0,29                      |   | 0,45                                            |   |
| 4COP6-; 4COA6- | 4                                | 40  | 63                              | 0,155                       | 0,38                      |   | 0,60                                            |   |
| 4COA10-        | 4                                | 40  | 100                             | 0,310                       | 0,64                      |   | 1,20                                            |   |
| 4COA14-        | 4                                | 40  | 140                             | 0,340                       | 0,85                      |   | 1,40                                            |   |
| 4COA16-        | 4                                | 40  | 160                             | 0,400                       | 1,01                      |   | 1,70                                            |   |
| 4COA25-        | 4                                | 40  | 260                             | 1,100                       | 1,70                      |   | 2,50                                            |   |

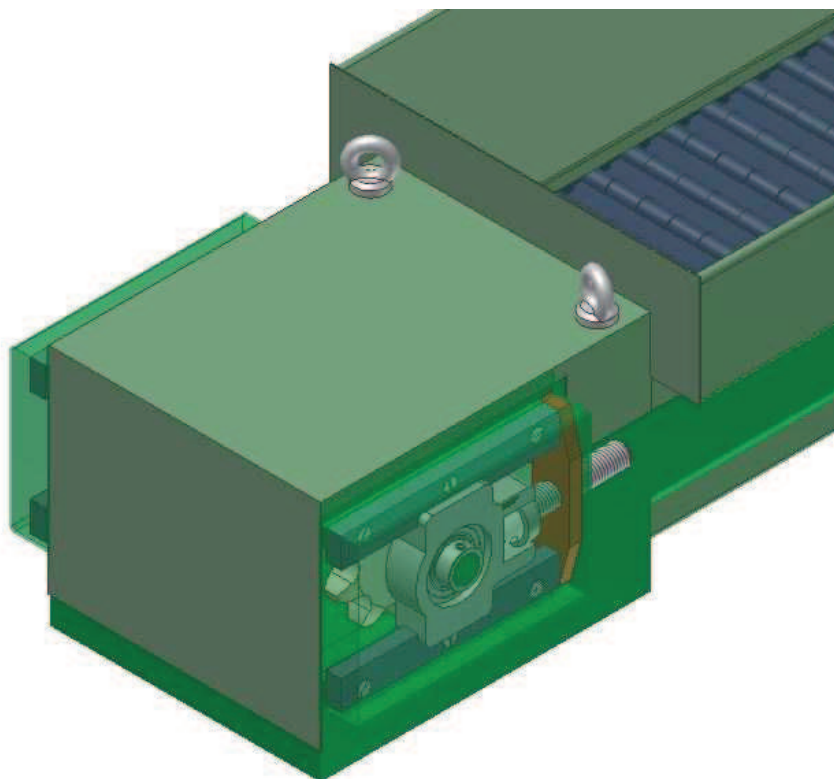
tab. 4 Technické parametry čerpadla [22]



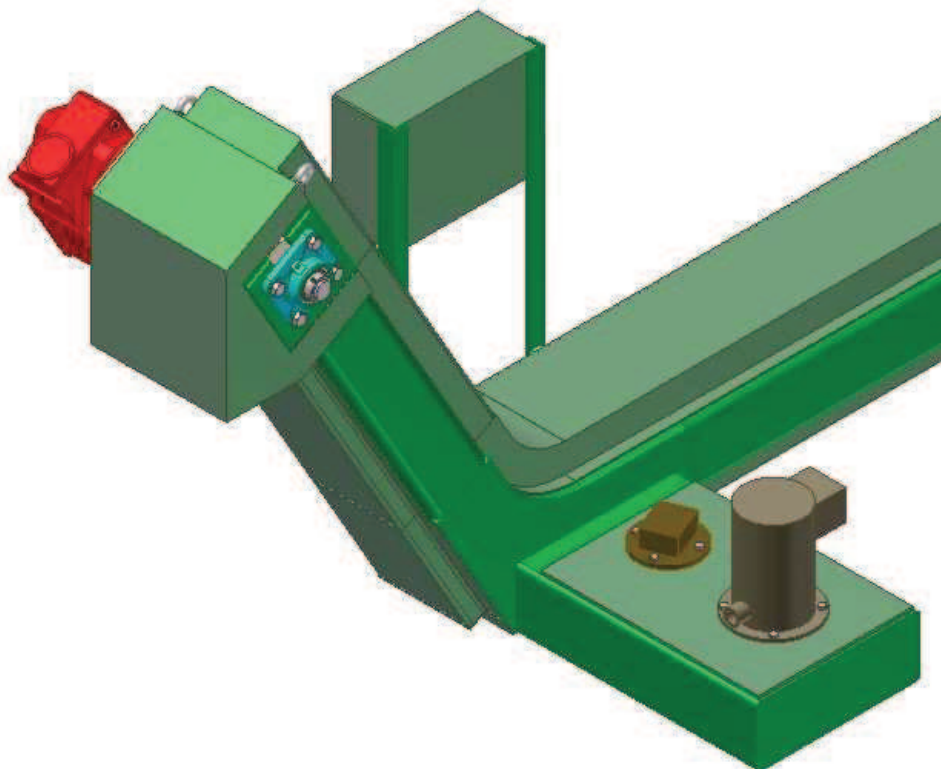
## 5. Vizualizace dopravníku



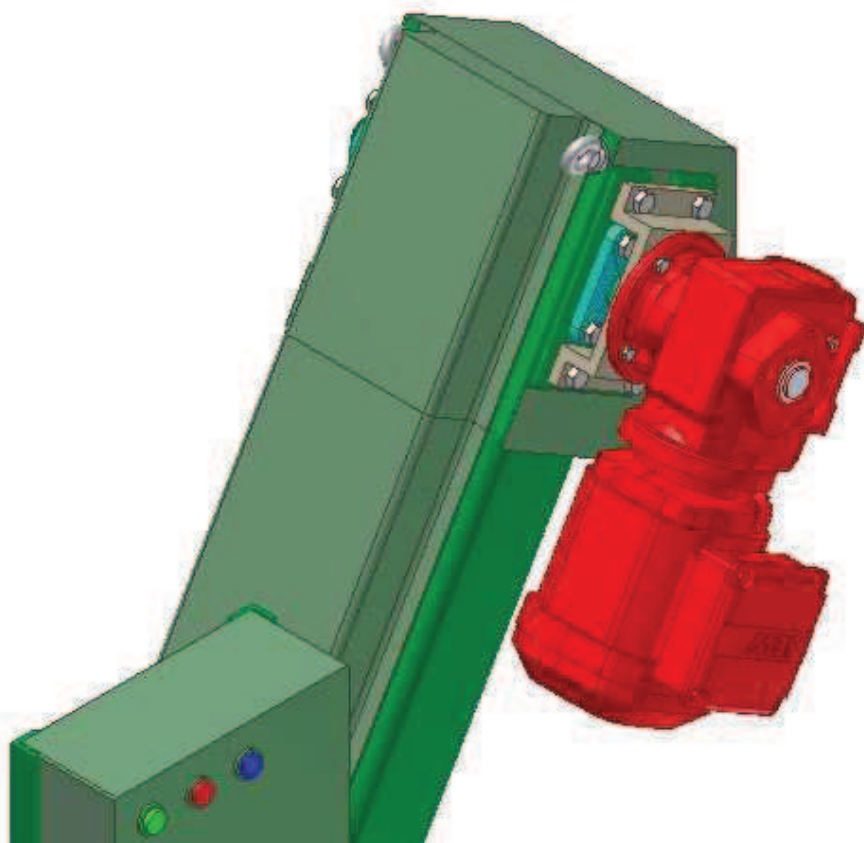
obr. 46 Celkový pohled na dopravník



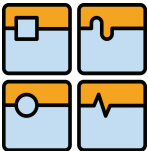
obr. 47 Detail napínací stanice dopravníku



obr. 48 Detail zatáčky dopravníku, nádrže, čerpadla a senzoru



obr. 49 Detail poháněcí stanice dopravníku

|                                                                                  |                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 62 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

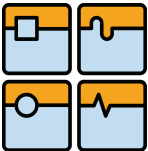
## 6. Technicko-ekonomické zhodnocení

Řešení třískového hospodářství obráběcího stroje vychází ze zadaných počátečních parametrů. Těchto počátečních parametrů není mnoho a nelze tedy jednoznačně určit nejlepší technicko-ekonomickou variantu řešení. Třískové hospodářství je proto navrženo pro maximální množství třísek a řezné kapaliny, které jsou obráběcí centra schopny při obrábění vytvořit. Pro přesnější technicko-ekonomické zhodnocení by bylo potřeba znát:

- Výrobní program výrobního úseku, zejména počtu vyráběných součástí, technologií výroby a výrobní časy
- množství a tvar třísek odvíjející se od technologie obrábění
- Plánovaný výrobní program do budoucna

Při návrhu třískového dopravníku vycházíme z předpokladu výroby 6 kusů, tedy kusové výroby. Dopravník se převážně skládá ze svařovaných a ohýbaných plechů. Dopravník je dimenzován na všechny druhy třísek, v případě menších a elementárních třísek by např. mohl být použit hrablový dopravník.

Při návrhu zařízení třískového hospodářství volíme jednotlivé stroje z dostupných katalogů výrobců. Výrobci však dodávají mimo samostatné zařízení také kompletní linky pro zpracování třísek. Které mohou být technologicky i ekonomicky výhodnější. Při neznalosti cen zařízení a ekonomického dopadu v případě jejich poruchy však nejsme schopni toto posoudit. Při zhodnocení návrhu zařízení třískového hospodářství můžeme vzít v potaz také využití jednotlivých zařízení pro zpracování třísek i z jiných výrobních úseků.

|                                                                                  |                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 63 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

## ZÁVĚR

Úvodní část rešerše je věnována seznámení s třískami a jejich vlastnostmi. Krátce je popsána technologie obrábění, zejména v souvislosti se vznikem třísek jako vedlejšího produktu obrábění. Dále je popsán mechanismus tvorby třísky, problematika tvaru třísky, teplo vznikající při obrábění a technologické charakteristiky třísky, což jsou součinitel pěchování třísky a objemový součinitel třísky. Tyto kapitoly jsou psány s ohledem na pozdější využití těchto informací při návrhu dopravníku.

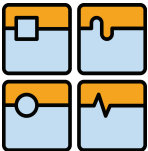
Dále se rešerše zabývá součástmi třískového hospodářství. Popisuje jednotlivé druhy dopravníků používaných pro odvod třísek, briketovací lisy, drtiče třísek a filtry řezné kapaliny. Je popsána funkce jednotlivých zařízení, jejich možné použití případně jejich výhody a nevýhody. Informace z těchto kapitol slouží při návrhu dopravníku a třískového hospodářství.

Závěr rešerše se věnuje obráběnému materiálu a obráběcímu stroji. U obráběného materiálu, mosazi, jsou uvedeny její vlastnosti a použití. Popis obráběcího stroje je zde hlavně pro představu jaké technologie obrábění stroj umožňuje a jaké má technické parametry. Vše opět s ohledem na cíl této diplomové práce, tedy návrh dopravníku třísek a třískového hospodářství.

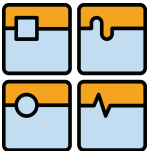
V praktické části se nejprve věnujeme výpočtu množství třísek a řezné kapaliny, které je obráběcí stroj, resp. celý výrobní úsek, schopný vyprodukovat. Na základě těchto údajů a informací z rešeršní části navrhujeme třískové hospodářství pro výrobní úsek čítající 6 obráběcích strojů. Jsou zde popsány možné varianty řešení. Varianty volíme zejména podle ekonomického hlediska, protože nemáme dostatek vstupních údajů, pro jednoznačnou volbu vhodné varianty. Více k volbě variant je ve slovním technicko-ekonomickém zhodnocení, uvedeném v poslední kapitole této práce.

Při návrhu dopravníku vycházíme ze zvolené varianty uspořádání výrobního úseku. Tato varianta nevyžaduje žádné stavební úpravy výrobní haly. Vynášecí dopravník ze stroje i centrální dopravník leží na podlaze. Materiál musí překonat dopravní výšku, takže dopravník musí být lomený. Dále musí umožňovat dopravu všech tvarů třísek. Na základě těchto kritérií je zvolen článkový dopravník třísek.

Při konstrukci dopravníku jsou omezující rozměry, vymezené pro dopravník, uvnitř obráběcího stroje. Na základě těchto rozměrů je navrhnut rám a dopravní pás dopravníku. Ze zatížení pásu, třískami a vlastní vahou, jsou spočítány síly zatěžující pás. Z tohoto zatížení

|                                                                                  |                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 64 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

pak vychází návrh pohonu, hřídelů a ložisek. Ve výpočtech je dále kontrola minimální trvanlivosti ložisek a pevnostní kontrola hřídelů. Na základě těchto výpočtu byl vypracovaný model a vizualizace navrhovaného dopravníku. Výkres sestavy a vybraných prvků jsou v příloze. Konstrukce je navržena s ohledem na jednoduchost, funkčnost a smontovatelnou. Technicko-ekonomické zhodnocení je v poslední kapitole.

|                                                                                  |                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 65 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

### Seznam použitých zdrojů:

- [1] MAREK, J. Konstrukce CNC obráběcích strojů. 2. vydání, Praha, MM publishing, 2010, ISBN 978-80-254-7980-3
- [2] BORSKÝ, V. Základy stavby obráběcích strojů. 2. vydání, Brno: VUT Brno, 1991, ISBN 80-214-0361-6
- [3] FOREJT, M. – PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vydání, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, ISBN 80-214-2374-9
- [4] HUMÁR, A. Technologie I: Technologie obrábění.(Studijní opory pro magisterskou formu studia)
- [5] KOČMAN, K. – PROKOP, J. Technologie obrábění. 2. vydání, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, ISBN 80-214-3068-0
- [6] BUMBÁLEK, L. Deformační chování materiálu při řezání se zaměřením na přesné obrábění. 1. vydání, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, ISBN 80-7204-325-0
- [7] POLÁK, Jaromír, Aleš SLÍVA a Jiří PAVLISKA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001, 99 s. ISBN 80-248-0043-8.
- [8] Dopravníky třísek a filtrace [online]. 2009 [cit. 2011-04-20]. ASTOS. Dostupné z WWW: <<http://www.astos.cz/cs/produkty/dopravniky/clankove>>.
- [9] Dopravníky třísek [online]. 2010 [cit. 2011-04-20]. TECNIMETAL. Dostupné z WWW: <<http://www.tecnimetal.cz/produkty/dopravniky-trisek/>>.
- [10] Conveying [online]. 2010 [cit. 2011-04-26]. PRAB. Dostupné z WWW: <<http://www.prab.eu/conveying/harpoon-conveyors.html>>
- [11] Katalog multifunkčních center [online]. 2011 [cit. 2011-11-30]. Mazak. Dostupné z WWW: <http://www.misan.cz/mazak/katalog-detail/igx200ivst-1000-integrex-200-ivst-1000/?viewpart=4>
- [12] Mazak-Integrex 200-iv-st [online]. 2011 [cit. 2011-11-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.ebay.com/itm/MAZAK-Integrex-200-IV-ST-5-Axis-Turning-Center-80-Tool-ATC-2006-/230683592067>>.
- [13] POKORNÝ, Přemysl. Dopravní a manipulační zařízení: řešené příklady [online]. 2012 [cit. 2012-03-3]. Dostupné z WWW: <<http://www.iae.fme.vutbr.cz/opory/DMZ-priklady.pdf>>.
- [14] Katalog společnosti Terier [online]. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <[www.terier.cz](http://www.terier.cz)>.
- [15] Produkty společnosti Pavel Jelínek Stroje [online]. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.jelinek-stroje.cz/>>.

|                                                                                  |                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 66 |
|                                                                                  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

- [16] Filtrační zařízení [online]. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <http://www.astos.cz/cs/produkty/filtrani-zaizeni/>
- [17] Filtrační stanice [online]. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <http://www.belmet.cz/index.php?id=vYROBKY&typ=2>
- [18] MARTÍNEK, Petr. Transportní zařízení: Řešené příklady : Určeno pro posl. 4. roč. FS. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1993, 109 s. ISBN 80-707-8165-3.
- [19] FALTUS, Jiří, Jaroslav BALÍK, Jan MÁDL, KOUTNÝ, Boleslav EREMIÁŠ a Eva BENDÍKOVÁ. Vlastnosti ekologických nízkoolovnatých mosazí určených pro obrábění. s. 9. Dostupné z: <[http://www.metal2012.com/files/proceedings/metal\\_05/papers/42.pdf](http://www.metal2012.com/files/proceedings/metal_05/papers/42.pdf)>.
- [20] Katalog Lanner [online]. 2012 [cit. 2012-05-6]. Dostupné z WWW: <<http://www.lanner.de/web/index.php?id=68&L=1>>.
- [21] Produkty společnosti Brikliis [online]. 2012 [cit. 2012-05-5]. Dostupné z WWW: <[http://www.brikliis.cz/downloads/Brikliis\\_2-3\\_a\\_1-3P.pdf](http://www.brikliis.cz/downloads/Brikliis_2-3_a_1-3P.pdf)>.
- [22] Katalog společnosti EMP [online]. 2012 [cit. 2012-05-3]. Dostupné z WWW: <<http://www.emp-slavkov.cz/onas.html>>.
- [23] JANOVSÝ, Lubomír a Vítězslav PODIVÍNSKÝ. Transportní zařízení. 1.vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1976.
- [24] DRAŽAN, František a Ladislav KUPKA. Transportní zařízení. 1. vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966.
- [25] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [26] ZELENÝ, Jiří. Stavba strojů strojní součásti: Učebnice pro střední průmyslové školy. 2. vyd. Brno: Computer Press, 2003, 157 s. ISBN 80-722-6311-0.
- [27] LEINVEBER, Jan. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: ALBRA, 2003, 865 s. ISBN 80-864-9074-2.
- [28] Katalog společnosti SKF [online]. 2012 [cit. 2012-05-6]. Dostupné z WWW: <<http://www.skf.com/portal/skf/home>>.
- [29] Katalog Matis [online]. 2012 [cit. 2012-05-6]. Dostupné z WWW: <<http://www.matis.cz/cs/kategorie/prevody-valeckovymi-retezy>>.
- [30] Internetové stránky společnosti Hennlich [online]. 2012 [cit. 2012-05-7]. Dostupné z WWW: <<http://www.hennlich.cz/produkty/triskove-hospodarstvi-761.html>>.
- [31] On line konfigurace pohonu SEW [online]. 2012 [cit. 2012-05-7]. Dostupné z WWW: <<https://www.drivegate.biz/cz/>>.

## Seznam obrázků

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| obr. 1 Realizace řezného procesu [5] .....                                                        | 11 |
| obr. 2 Oblast plastických deformací v kořenu třísky [3] .....                                     | 12 |
| obr. 3 Dělení třísek podle firmy SECO .....                                                       | 13 |
| obr. 4 Utváření třísky při soustružení odlitků průměru 45 mm .....                                | 13 |
| obr. 5 Poměrná distribuce tepla v závislosti na řezné rychlosti (při obrábění za sucha) [3] ..... | 14 |
| obr. 6 Příklady výrobků z mosazi .....                                                            | 16 |
| obr. 7 Hodnoty objemového součinitele třísek W pro vybrané typy třísek [5] .....                  | 17 |
| obr. 8 Typy dopravníků třísek [8] .....                                                           | 18 |
| obr. 9 Pás článkového dopravníku od firmy TECHNIMETAL[9] .....                                    | 18 |
| obr. 10 Čistící kartáč [9] .....                                                                  | 18 |
| obr. 11 Pás hrablového dopravníku [9] .....                                                       | 19 |
| obr. 12 Druhy šneků [9] .....                                                                     | 20 |
| obr. 13 Magnetický dopravník [8] .....                                                            | 20 |
| obr. 14 Harpunovitý dopravník třísek [10] .....                                                   | 21 |
| obr. 15 Pásový dopravník [8] .....                                                                | 21 |
| obr. 16 Pásový filtr [16] .....                                                                   | 22 |
| obr. 17 Magnetický filtr spol. Belmet [17] .....                                                  | 22 |
| obr. 18 Nožový mlýn společnosti Terier [14] .....                                                 | 23 |
| obr. 19 Dvouhřídelový drtič [15] .....                                                            | 23 |
| obr. 20 Jednohřídelový drtič spol. Terier [14] .....                                              | 24 |
| obr. 21 Hranový drtič společnosti Terier [14] .....                                               | 24 |
| obr. 22 Briketovací lis BrikStar MR [21] .....                                                    | 25 |
| obr. 23 MAZAK INTEGREX 200-IVST-1000 [11] .....                                                   | 25 |
| obr. 24 Pracovní prostor obráběcího centra [12] .....                                             | 26 |
| obr. 25 Vizualizace třískového hospodářství .....                                                 | 32 |
| obr. 26 Varianta 1 .....                                                                          | 33 |
| obr. 27 Varianta 2 .....                                                                          | 34 |
| obr. 28 Varianta 3 .....                                                                          | 34 |
| obr. 29 Krytování obráběcího stroje .....                                                         | 35 |
| obr. 30 Prostor pro dopravník uvnitř obráběcího centra .....                                      | 35 |
| obr. 31 1 krát lomený dopravník .....                                                             | 36 |
| obr. 32 2krát lomený dopravník .....                                                              | 36 |
| obr. 33 Schéma dopravníku .....                                                                   | 37 |
| obr. 34 Článek dopravního pásu .....                                                              | 38 |
| obr. 35 Průřez náplně dopravníku .....                                                            | 38 |
| obr. 36 Rozměry dopravníku .....                                                                  | 40 |
| obr. 37 Řetězové kolo [29] .....                                                                  | 41 |
| obr. 38 Tahové síly na pásu .....                                                                 | 42 |
| obr. 39 Schéma ozubeného kola [23] .....                                                          | 43 |
| obr. 40 Zatížení hnacího hřídele .....                                                            | 46 |
| obr. 41 Síly zatěžující hnací hřídel .....                                                        | 47 |
| obr. 42 Zatížení napínacího hřídele .....                                                         | 48 |
| obr. 43 Síly zatěžující napínací hřídel .....                                                     | 49 |
| obr. 44 Průběhy vvv hnacího a napínacího hřídele .....                                            | 50 |
| obr. 45 Schéma zatížení pera .....                                                                | 58 |
| obr. 46 Celkový pohled na dopravník .....                                                         | 60 |
| obr. 47 Detail napínací stanice dopravníku .....                                                  | 60 |
| obr. 48 Detail zatáčky dopravníku, nádrže, čerpadla a senzoru .....                               | 61 |
| obr. 49 Detail poháněcí stanice dopravníku .....                                                  | 61 |

## Seznam příloh

- Příloha 1 - Technické parametry drtiče třísek [20]
- Příloha 2 - Technické parametry briketovacího lisu [20]
- Příloha 3 - Technické parametry filtrační stanice [20]
- Příloha 4 - Výkres dopravního pásu Hennlich
- Příloha 5 - Technické parametry motoru a převodovky [31]
- Příloha 6 – Výpočet výsledných vnitřních účinků hnacího hřídele
- Příloha 7 – Výpočet výsledných vnitřních účinků napínacího hřídele
- Příloha 8 - Technické parametry hnací ložiskové jednotky [28]
- Příloha 9 - Technické parametry napínací ložiskové jednotky [28]
- Příloha 10 - Technické parametry čerpadla [22]
- Příloha 11 – Výkres VUT 01 A0 Dopravník -sestava
- Příloha 12 – Výkres VUT 02 A2 Výrobní výkres napínacího hřídele

## Příloha 1 - Technické parametry drtiče třísek [20]

# Chip Crusher



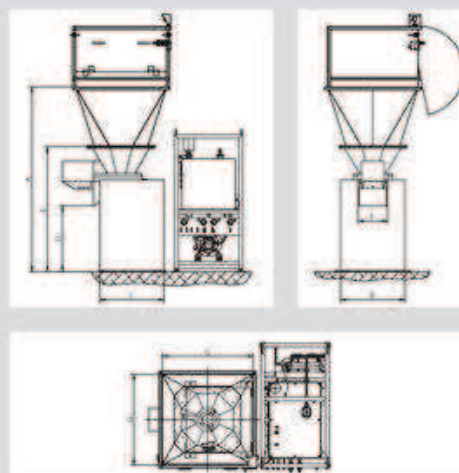
## Chip Crusher S30GF to S85GH

### >> Advantages

- > Vertical chip crusher
- > Highly wear-resistant execution
- > High-quality, hardened crushing tools
- > Possible volume reduction of up to 80%
- > Smooth and fully automatic operation
- > Different grinding mills
- > Automatic tramp metal ejector
- > Compact and robust design
- > Low energy requirement
- > Easy to maintain due to quickly interchangeable wear parts

### >> Functional principle

The woolly and long chips with coolant content to be crushed are fed with a conveyor or chip cart dumper into the infeed hopper of the chip crusher. A rotating knife head with hardened crushing tools moves the complete chip ball against the hardened tearing blocks fixed into the crushing hopper. The precrushed chips fall downwards into the crushing mill, where they are crushed to a minimum size. Tramp metals such as bar ends and tools can be ejected in automatic operation. Even the roughest chips can be crushed with this chip crusher.



| Type    | Throughput* [kg/h] |                 |           |       |       |       | Dimensions [mm] |     |       |     |       |   | Capacity [kW] | Weight [kg] |
|---------|--------------------|-----------------|-----------|-------|-------|-------|-----------------|-----|-------|-----|-------|---|---------------|-------------|
|         | Steel              | Stainless steel | Aluminium | Brass |       |       | A               | B   | C     | D   | E     | F | G             |             |
| S30GF   | 300                | 150             | 100       | 450   | 1.090 | 620   | 270             | 150 | 590   | 200 | 500   |   | 3             | 300         |
| S50GF   | 1.000              | 500             | 300       | 1.500 | 1.450 | 790   | 400             | 200 | 840   | 280 | 900   |   | 5.5           | 750         |
| S50G/GH | 1.000              | 500             | 300       | 1.500 | 1.930 | 700   | 750             | 680 | 1.320 | 280 | 900   |   | 5.5/15        | 900/1.500   |
| S65G/GH | 2.000              | 1.000           | 600       | 3.000 | 2.440 | 850   | 850             | 870 | 1.650 | 390 | 1.200 |   | 11/30         | 1.500/1.800 |
| S66G    | 2.000              | 1.000           | -         | -     | 2.440 | 850   | 850             | 870 | 1.650 | 390 | 1.200 |   | 15            | 1.700       |
| S75GH   | 5.000              | 2.500           | 1.500     | -     | 3.010 | 1.100 | 1.100           | 900 | 2.040 | 520 | 1.400 |   | 55            | 4.100       |
| S85GH   | 10.000             | 5.000           | 3.000     | -     | 3.500 | 1.300 | 1.300           | 920 | 2.350 | 630 | 1.600 |   | 75            | 7.000       |

\* Throughput with standard crushing mill, depending on kind and characteristics of the chips

**LANNER**  
The Specialist for chip processing

## Příloha 2 - Technické parametry briketovacího lisu [20]

# Briquetting press

**Briquetting press**  
LB100 to LB600



### >> Advantages

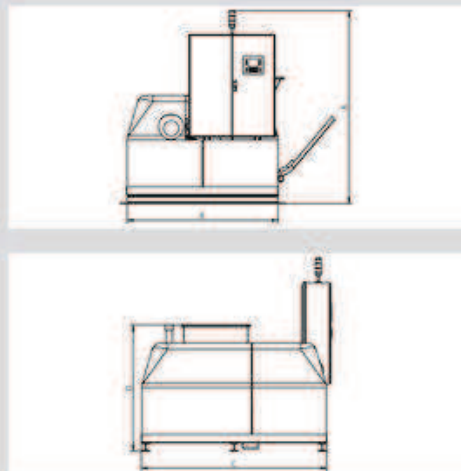
- > Compact and robust design
- > Oil-tightly mounted on oil tub according WRA
- > Integrated control cabinet, plug-in connection
- > Execution with integrated chip crusher and automatic tramp metal ejector possible
- > Fully automatic dosage of the chips
- > High pressures and high press power achievable
- > High and constant quality of the briquettes
- > Processing of more materials possible (Multipress execution)
- > Short start-up
- > Quiet operation
- > Short return to investment

### >> Functional principle

Chips containing coolant are fed into the infeed hopper. The dosing screw leads the chips into the pressing chamber in a continuous way. A high-pressure cylinder compresses the chips to a briquette. At this point the coolant is pressed out of the chips.

An optionally integrated chip crusher with automatic tramp metal ejector allows the processing of long and woolly chips.

The multipress execution allows the pressing of different materials to briquettes with different configuration of pressure.



| Type  | Brikett Ø [mm] | Throughput* [kg/h] | A     | Dimensions [mm] |       |  | D     | Capacity [kW] |
|-------|----------------|--------------------|-------|-----------------|-------|--|-------|---------------|
| LB100 | 50/65/80       | 40-330             | 2.300 | 1.600           | 2.000 |  | 1.500 | 4 - 7,5       |
| LB200 | 65/80/100      | 70-550             | 2.300 | 1.800           | 2.200 |  | 1.500 | 7,5 - 15      |
| LB400 | 80/100/120     | 200-1500           | 2.300 | 2.000           | 2.500 |  | 1.500 | 11 - 22       |
| LB600 | 100/120/135    | 500-2200           | 2.300 | 2.400           | 2.800 |  | 2.000 | 22 - 45       |

\* Approximate value – depends on kind and characteristic of the material

**LANNER**  
The Specialist for chip processing

### Příloha 3 - Technické parametry filtrační stanice [20]

## MMF Filter Range

Coolant cleaning for

Machine Tools



### HPF / HEF

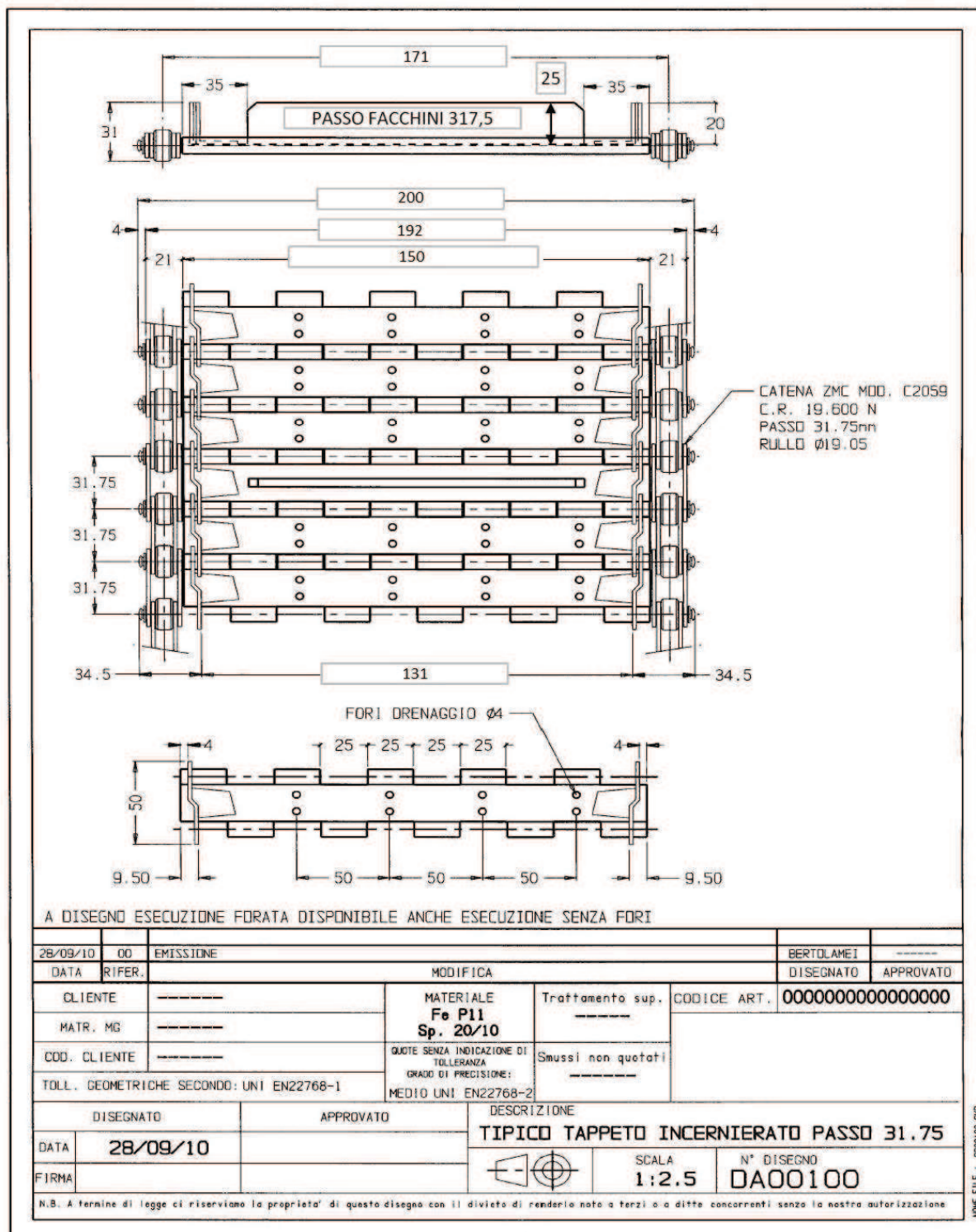
Mayfran's new filter is a modular system. This filter can be upgraded easily with additional options. This filter is available as a paper belt- and endless band version



There are 8 different models with different flow rates available.

| Type    | Flow rate<br>l/min | L    | width Filter<br>(with drive) | paper width |
|---------|--------------------|------|------------------------------|-------------|
| HPF/HEF | 100                | 1400 | 600 (900)                    | 500         |
| HPF/HEF | 200                | 1400 | 800 (1100)                   | 700         |
| HPF/HEF | 300                | 1400 | 1100 (1400)                  | 1000        |
| HPF/HEF | 400                | 1400 | 1400 (1700)                  | 1300        |
| HPF/HEF | 500                | 2500 | 600 (900)                    | 500         |
| HPF/HEF | 700                | 2500 | 800 (1100)                   | 700         |
| HPF/HEF | 1100               | 2500 | 1100 (1400)                  | 1000        |
| HPF/HEF | 1500               | 2500 | 1400 (1700)                  | 1300        |

## Příloha 4 - Výkres dopravního pásu Hennlich



## Příloha 5 - Technické parametry motoru a převodovky [31]



### AC gearmotor

#### SAF37DRS71S4

|                                               |                          |
|-----------------------------------------------|--------------------------|
| Rated motor speed                             | [1/min] : 1380           |
| Output speed                                  | [1/min] : 37             |
| Overall gear ratio                            | : 37,66                  |
| Output torque                                 | [Nm] : 76                |
| Service factor SEW-FB                         | : 1,05                   |
| input mounting position/IM                    | : M1A                    |
| Terminal box position                         | : 180                    |
| Cable entry/connector position                | : 1                      |
| Output shaft                                  | [mm] : 20                |
| Permitted output overhung load with<br>n=1400 | [N] : 4000               |
| Flange diameter                               | [mm] : 120               |
| Motor power                                   | [kW] : 0,37              |
| Duration factor                               | : S1-100%                |
| Efficiency class                              | : -                      |
| Efficiency (50/75/100% Pn)                    | [%] : 59,1 / 65,3 / 66,6 |
| CE mark                                       | : Yes                    |
| Motor voltage                                 | [V] : 230/400            |
| Wiring diagram                                | : R13                    |
| Frequency                                     | [Hz] : 50                |
| Rated current                                 | [A] : 1,98 / 1,14        |
| Cos Phi                                       | : 0,70                   |
| Thermal classification                        | : 130(B)                 |
| Motor protection type                         | : IP54                   |
| Design requirement                            | : IEC                    |
| Net weight                                    | [Kg] : 12,9              |

#### Additional feature and Options:

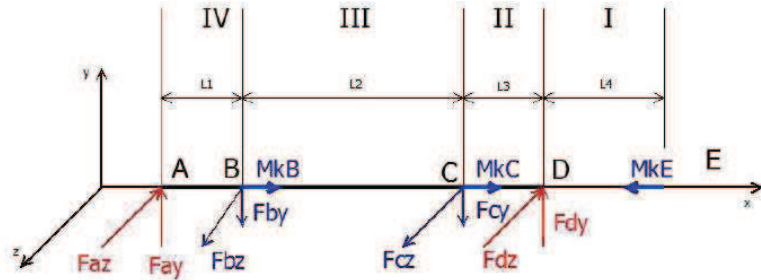
Color: 7031 Blue Grey (20070310)

Output shaft (diameter) 20 mm

Terminal box position: 180 ° / 1

## Příloha 6 – Výpočet výsledných vnitřních účinků hnacího hřídele

### Výsledné vnitřní účinky



#### Oblast I

$$M_{kI} = M_{kE} = 41.134 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

#### Oblast II

$$x_{II} = L_3 \quad x_{II} = 0 \dots L_3$$

$$T_{xyII} = F_{Dy} = 19.993 \text{ N}$$

$$T_{xzII} = F_{Dz} = 1.19 \times 10^3 \text{ N}$$

$$M_{oyII} = -F_{Dz} \cdot x_{II} = -55.934 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{ozII} = -F_{Dy} \cdot x_{II} = -0.94 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{kII} = M_{kE} = 41.134 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

#### Oblast III

$$x_{III} = L_2 \quad x_{III} = 0 \dots L_2$$

$$T_{xyIII} = F_{By} - F_{Cy} = 0 \text{ N}$$

$$T_{xzIII} = F_{Dz} - F_{Cz} = 0 \text{ N}$$

$$M_{oyIII} = F_{Cz} \cdot x_{III} - F_{Dz} \cdot (L_3 + x_{III}) = -55.934 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{ozIII} = F_{Cy} \cdot x_{III} - F_{Dy} \cdot (L_3 + x_{III}) = -0.94 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{kIII} = M_{kE} - M_{kC} = 20.567 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

#### Oblast IV

$$x_{IV} = L_1 \quad x_{IV} = 0 \dots L_1$$

$$T_{xyIV} = F_{Dy} - F_{By} - F_{Cy} = -19.993 \text{ N}$$

$$T_{xzIV} = F_{Dz} - F_{Bz} - F_{Cz} = -1.19 \times 10^3 \text{ N}$$

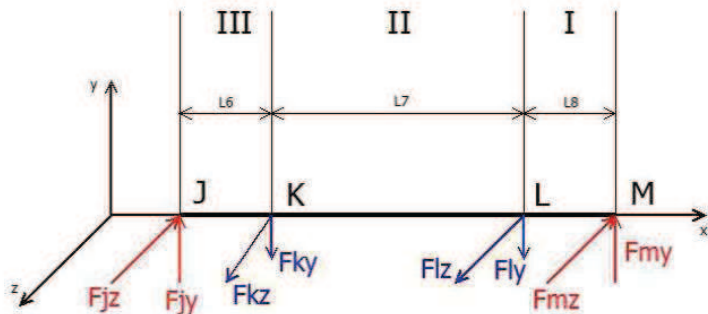
$$M_{oyIV} = -F_{Dz} \cdot (L_3 + L_2 + x_{IV}) + F_{Cz} \cdot (L_2 + x_{IV}) + F_{Bz} \cdot x_{IV} = 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{ozIV} = -F_{Dy} \cdot (L_3 + L_2 + x_{IV}) + F_{Cy} \cdot (L_2 + x_{IV}) + F_{By} \cdot x_{IV} = 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{kIV} = M_{kE} - M_{kC} - M_{kB} = 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

## Příloha 7 – Výpočet výsledných vnitřních účinků napínacího hřídele

### Výsledné vnitřní uvolnění



**Oblast 1**  $x_1 = L_8$   $x_1 = 0 \dots L_8$

$$T_{xy1} = F_{My} = 34.102 \text{ N}$$

$$T_{xz1} = F_{Mz} = 1.045 \times 10^3 \text{ N}$$

$$M_{oy1} = -F_{Mz} \cdot x_1 = -39.701 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{oz1} = -F_{My} \cdot x_1 = -1.296 \text{ N}\cdot\text{m}$$

**Oblast 2**  $x_2 = L_7$   $x_2 = 0 \dots L_7$

$$T_{xy2} = F_{My} - F_{Ly} = 0 \text{ N}$$

$$T_{xz2} = F_{Mz} - F_{Lz} = 0 \text{ N}$$

$$M_{oy2} = F_{Lz} \cdot x_2 - F_{Mz} \cdot (L_8 + x_2) = -39.701 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{oz2} = F_{Ly} \cdot x_2 - F_{My} \cdot (L_8 + x_2) = -1.296 \text{ N}\cdot\text{m}$$

**Oblast III**  $x_3 = L_6$   $x_3 = 0 \dots L_6$

$$T_{xy3} = F_{My} - F_{Ly} - F_{Ky} = -34.102 \text{ N}$$

$$T_{xz3} = F_{Mz} - F_{Kz} - F_{Lz} = -1.045 \times 10^3 \text{ N}$$

$$M_{oy3} = -F_{Mz} \cdot (L_8 + L_7 + x_3) + F_{Lz} \cdot (L_7 + x_3) + F_{Kz} \cdot x_3 = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{oz3} = -F_{My} \cdot (L_8 + L_7 + x_3) + F_{Ly} \cdot (L_7 + x_3) + F_{Ky} \cdot x_3 = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Příloha 8 - Technické parametry hnací ložiskové jednotky [28]

| Y-bearing flanged units, cast housing, square flange, grub screw locking, metric bearings |                |    |    |      |                    |                |                         |      |              |          |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|----|------|--------------------|----------------|-------------------------|------|--------------|----------|------------|
| Product information                                                                       |                |    |    |      |                    |                |                         |      |              |          |            |
| Dimensions                                                                                |                |    |    |      | Basic load ratings |                | Limiting speed          | Mass | Designations |          |            |
|                                                                                           |                |    |    |      | dynamic            | static         | with shaft tolerance h6 |      | Bearing unit | Housing  | Bearing    |
| d                                                                                         | A <sub>1</sub> | J  | L  | T    | C                  | C <sub>0</sub> |                         | kg   | -            |          |            |
| mm                                                                                        |                |    |    |      | kN                 |                | r/min                   |      |              |          |            |
| 25                                                                                        | 30             | 70 | 95 | 38,8 | 14                 | 7,8            | 7000                    | 0,77 | FY 25 TF     | FY 505 M | YAR 205-2F |

**Grub screw**  
Recommended tightening torque (Nm)  
Hexagonal key size (mm)

**End cover**

M 5x0,75  
4  
3  
BCV 205

Příloha 9 - Technické parametry napínací ložiskové jednotky [28]

| Y-bearing take-up units, cast housing, grub screw locking, metric bearings |    |    |                |    |                    |                |                         |      |              |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------|----|----|----------------|----|--------------------|----------------|-------------------------|------|--------------|---------|------------|
| Product information                                                        |    |    |                |    |                    |                |                         |      |              |         |            |
| Dimensions                                                                 |    |    |                |    | Basic load ratings |                | Limiting speed          | Mass | Designations |         |            |
|                                                                            |    |    |                |    | dynamic            | static         | with shaft tolerance h6 |      | Bearing unit | Housing | Bearing    |
| d                                                                          | A  | H  | H <sub>1</sub> | L  | C                  | C <sub>0</sub> |                         | kg   | -            |         |            |
| mm                                                                         |    |    |                |    | kN                 |                | r/min                   |      |              |         |            |
| 20                                                                         | 34 | 92 | 76             | 97 | 12,7               | 6,55           | 8500                    | 0,73 | TUU 20 TF    | TUU 504 | YAR 204-2F |

**Grub screw**  
Recommended tightening torque (Nm)  
Hexagonal key size (mm)

M 5x0,75  
4  
3

## Příloha 10 - Technické parametry čerpadla [22]

### **4COA2,4,6-**

#### Rozměry a váhy 4COA2,4,6-

v základním provedení a v provedení AV2

| Typ       | A   | B   | M   | kg  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 4COA2-09  | 90  | 156 | 59  | 3,4 |
| 4COA2-10  | 100 |     | 69  | 3,4 |
| 4COA2-12  | 120 |     | 80  | 3,5 |
| 4COA2-14  | 140 |     | 100 | 3,7 |
| 4COA2-17  | 170 |     | 130 | 3,8 |
| 4COA2-22  | 220 |     | 180 | 4,1 |
| 4COA2-27  | 270 |     | 230 | 4,4 |
| 4COA2-35* | 350 |     | 310 | 4,9 |
| 4COA4-09  | 90  | 156 | 59  | 3,4 |
| 4COA4-10  | 100 |     | 69  | 3,5 |
| 4COA4-12  | 120 |     | 80  | 3,7 |
| 4COA4-14  | 140 |     | 100 | 3,8 |
| 4COA4-17  | 170 |     | 130 | 4,0 |
| 4COA4-22  | 220 |     | 180 | 4,4 |
| 4COA4-27  | 270 |     | 230 | 4,7 |
| 4COA4-35* | 350 |     | 310 | 5,2 |
| 4COA6-09  | 90  | 171 | 59  | 4,0 |
| 4COA6-10  | 100 |     | 69  | 4,1 |
| 4COA6-12  | 120 |     | 80  | 4,3 |
| 4COA6-14  | 140 |     | 100 | 4,4 |
| 4COA6-17  | 170 |     | 130 | 4,6 |
| 4COA6-22  | 220 |     | 180 | 5,0 |
| 4COA6-27  | 270 |     | 230 | 5,3 |
| 4COA6-35* | 350 |     | 310 | 5,8 |

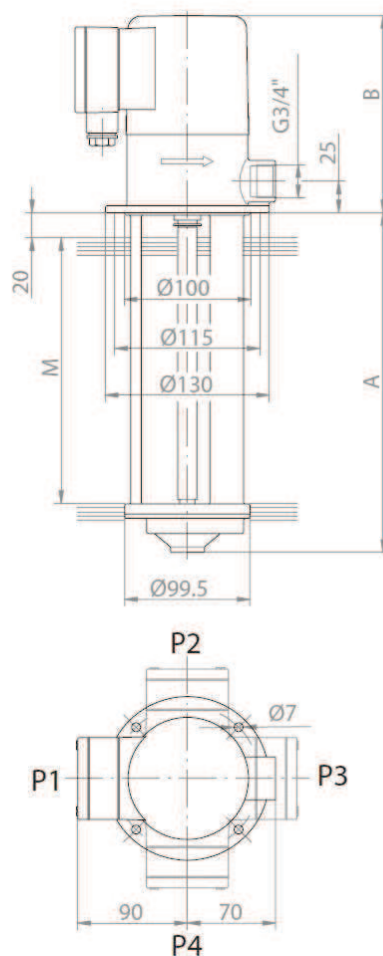
\* těleso je odlitek v celku (Al slitina)

#### Rozměry a váhy 4COA2,4,6-

v provedení AV

| Typ         | A   | B   | M   | kg  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 4COA2-12 AV | 120 | 156 | 80  | 7,2 |
| 4COA2-17 AV | 170 |     | 130 | 7,5 |
| 4COA2-22 AV | 220 |     | 180 | 7,8 |
| 4COA2-27 AV | 270 |     | 230 | 8,1 |
| 4COA2-35 AV | 350 |     | 310 | 8,5 |
| 4COA4-12 AV | 120 | 156 | 80  | 7,4 |
| 4COA4-17 AV | 170 |     | 130 | 7,7 |
| 4COA4-22 AV | 220 |     | 180 | 8,0 |
| 4COA4-27 AV | 270 |     | 230 | 8,3 |
| 4COA4-35 AV | 350 |     | 310 | 8,7 |
| 4COA6-12 AV | 120 | 171 | 80  | 8,0 |
| 4COA6-17 AV | 170 |     | 130 | 8,3 |
| 4COA6-22 AV | 220 |     | 180 | 8,6 |
| 4COA6-27 AV | 270 |     | 230 | 8,9 |
| 4COA6-35 AV | 350 |     | 310 | 9,3 |

těleso je odlitek v celku (Bronz)



#### Specifikace jednotlivých provedení:

##### Základní provedení

Je vhodné k čerpání řezných a chladicích emulzí u obráběcích strojů. Viskozita čerpané kapaliny může být max. 150mm<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>, teplota čerpané kapaliny cca 0-60°C.

##### Provedení AV2

Tzv. nerez provedení, odolává teplé a studené vodě o cca 0-60°C.

##### Provedení AV

Tzv. kyselinovzdorné provedení, je vhodné zejména pro kyseliny o kyselosti min. pH 3. Teplota čerpaného média max. 60°C.

##### Provedení HV

Odolává slabým zásadám. Teplota čerpaného média max. 60°C.