

Ú V O D N Í L I S T

Vysoká škola strojní a textilní Liberec

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor - strojní technologie

zaměření - obrábění a montáž

NÁVRH TECHNOLOGIE OPRACOVÁNÍ KONCŮ HLINÍKOVÝCH TRUBEK

KOM - OM - 715

JAN KOMÁREK

Vedoucí práce: Ing. Karel BUKAČ

Počet stran	40
Počet příloh	2
Počet obrázků.....	0
Počet výkresů	5
Počet modelů	0

3.května 1991

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra **obrábění a montáže**

Školní rok: **1990/91**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

PRO **Jana K o m á r k a**

obor **strojírenská technologie**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Návrh technologie opracování konců hliníkových trubek.**

Zásady pro vypracování:

1. Hospodářský úvod.
2. Rozbor současného stavu stávající technologie.
3. Ideový návrh zařízení pro eboustranné opracování konců trubek.
4. Návrh nástrojů a řezných podmínek.
5. Ekonomické zhodnocení.

V 71/915

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

KOM/OM

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah průvodní zprávy: **40 - 50 stran textu**
Seznam odborné literatury:

1. **PŘIKRYL, Z. - MUSÍLKOVÁ, R.:** Teorie obrábění, SNTL Praha 1982.
2. **ŘASA, J.:** Technologická cvičení - Návrh nástrojů pro obrábění, SNTL Praha 1981.
3. **SCHMIDT, R.:** Příručka řezných nástrojů, SNTL Praha 1974.

Časopisecká literatura.

Podniková dokumentace.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Karel Bukač**
Konzultant: **Ing. Jiří Lorenc - FEROX Děčín**

Zadání diplomové práce: **31.10.1990**
Termín odevzdání diplomové práce: **1.5.1991**



Gabriel
Doc. Ing. Vladimír Gabriel, CSc. Prof. Ing. Zdeněk Kovář, CSc.

Vedoucí katedry

Kovář
Děkan

V Liberci

dne **31.10.** 1990.

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, dne 3.5.1991

Komárek Jan

.....
KOMÁREK Jan

O B S A H

	strana
1. ÚVOD	7
2. PRŮZKUM SOUČASNÉHO STAVU OBRÁBĚNÍ HLINÍKOVÝCH SLITIN	9
2.1. Hliníkové slitiny.....	10
2.1.1. Rozdělení hliníkových slitin.....	10
2.1.2. Obrobitelnost hliníkových slitin.....	11
2.2. Třískové obrábění.....	14
2.2.1. Frézování	15
2.2.2. Řezné podmínky	15
2.2.2.1. Řezné podmínky při frézování.....	15
2.3. Řezné nástroje.....	16
2.3.1. Fréza	16
2.4. Požadavky na stroje pro obrábění hliníkových slitin	18
2.5. Řezné kapaliny.....	18
3. IDEOVÝ NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO OBOUSTRANNÉ OPRACOVÁNÍ KONCŮ ŽEBROVANÝCH TRUBEK	20
3.1. Trubková sekce	20
3.1.1. Žebrovaná trubka.....	20
3.1.1.1. Rozměry žebrované trubky.....	21
3.1.1.2. Materiál žebrované trubky.....	22
3.2. Stávající strojní zařízení.....	22
3.3. Návrh technologie pro oboustranné opracování konců.....	23
3.4. Návrh strojního zařízení pro oboustranné opracování konců.....	24
3.4.1. Návrh upínací části.....	24
3.4.2. Návrh nástrojové části.....	25
3.4.3. Návrh přestavení zařízení pro opracování konců kratších trubek.....	25

4. VÝPOČET A KONTROLA NAVRHOVANÝCH ČÁSTÍ STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	27	str.
4.1. Návrh nástroje.....	27	
4.1.1. Rozklad sil na nástroji.....	27	
4.2. Návrh řezných podmínek	29	
4.3. Pevnostní výpočet.....	30	
4.3.1. Návrh řemenového převodu a výpočet řemenic..	30	
4.3.2. Určení momentových podmínek.....	32	
4.3.3. Pevnostní kontrola hřídele.....	35	
4.3.4. Výpočet a kontrola ložisek.....	35	
5. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	38	
6. ZÁVĚR.....	39	
Literatura.....	40	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

<u>Symbol, zkratka</u>	<u>Význam, popř. název</u>
n	- otáčky frézy
n'	- otáčky motoru
n_0	- otáčky obrobku
P	- výkon elektromotoru
P_j	- jmenovitý výkon
P_1	- jmenovitý výkon přenášený jedním řemenem
M_k	- kroutící moment
$M_k^{\check{r}}$	- kroutící moment řemenice
ω	- úhlová rychlost
$F_v (F_T)$	- hlavní složka řezné síly
F_c	- obvodová síla
F_R	- radiální složka řezné síly
F_a	- axiální síla
F_e	- ekvivalentní dynamické zatížení
F_h, F_1, F_2	- obvodové hnací síly na řemenici
F_A, F_B, F_{r1}, F_{r2}	- skutečné zatížení ložisek
λ	- úhel sklonu ostří
α	- úhel opásání
μ	- doplňkový úhel opásání
$v_{\check{r}}$	- řezná rychlost
v	- rychlost řemene
s_z	- posuv na zub
s_s	- posuv za sekundu
s_{ot}	- posuv na otáčku
φ_{max}	- záběrový úhel
h	- hloubka řezu
D	- průměr frézy
D_1, D_2	- průměry řemenic

Symbol, zkratka

Význam, popř. název

C_1	- součinitel úhlu opásání
C_2	- součinitel provozního zatížení
C_3	- součinitel délky klínového řemene
D_o	- průměr obrobku
i	- převodové číslo
A	- osová vzdálenost
L_p	- výpočtová délka řemene
L_i	- vnitřní délka řemene
z	- počet zubů frézy
$z_{\check{r}}$	- počet řemenů
f	- součinitel tření
R_A, R_B	- reakce v ložiskách
M_A, M_B, M_o	- ohybové momenty na hřídeli
R_m	- mez pevnosti v tahu
k	- součinitel bezpečnosti
σ_D	- dovolené napětí v tahu
d	- průměr hřídele
V, X, Y	- součinitelé pro výpočet ložisek
C	- dynamická únosnost
C_o	- statická únosnost
L	- základní trvanlivost
L_h	- základní trvanlivost v hodinách
m	- součinitel pro kuličková ložiska
a, b, c, x	- délkové rozměry hřídele

1. ÚVOD

Obrábění se v posledních letech stává velice progresivní a rozvíjející se strojírenskou technologií. Těžko bychom asi hledali v průmyslu kovovou součást, která by neprošla nějakou obráběcí operací. Přitom jde o procesy značně náročné na přesnost provedení (přesnost rozměrů, geometrických tvarů a jakosti povrchu), vyžadující nákladné výrobní zařízení i velmi kvalifikovanou sílu. Snaha po maximální produktivitě vede k vysokým řezným rychlostem, ty zase k přesně tvarovým řezným částem z materiálů o vysoké řezivosti. Velký rozvoj obrábění vede ke zlepšování nástrojů, ale také k vyvíjení zcela nových konstrukcí nástrojů.

Moje diplomová práce spadá do oblasti obrábění, konkrétně řeším problém týkající se obrábění hliníkových slitin.

Práci provádím ve s.p. FEROX Děčín, jehož hlavní výrobní náplní je výroba hlubokoteplotních zařízení pro dlouhodobé skladování zkapalněných kryogenních plynů jako kapalný kyslík, dusík, argon.

Můj úkol zapadá do rozsáhlé oblasti vzduchem chlazených chladičů a kondenzátorů, které jsou navrženy se zřetelem na bezporuchový provoz, účinnou výměnu tepla a dlouhodobou životnost. Konstrukčně jsou přizpůsobeny provozu venku pod přímými účinky povětrnosti. Zvláštní důraz je kladen na jednoduchost obsluhy a spolehlivost v provozu. Základní jednotka vzduchem chlazeného výměníku se skládá z trubkových sekcí sestavovaných z žebrových trubek, vzduchové skříně, ventilátorů, nosné konstrukce a případně dalšího příslušenství.

V mém zadání se konkrétně jedná o strojní zařízení na opracování konců hliníkových trubek s vyválcovanými žebry. Pro umožnění provedení spoje žebrovaná trubka - trubkownice ve výrobě vzduchem chlazených výměníků je nutné produktivně opracovat oba konce trubky (žebra, částečně plný materiál) na požadovaný průměr. Pro uvedenou trubku

je tedy třeba navrhnout a konstrukčně zpracovat strojní zařízení, pomocí kterého by bylo možné opracovat současně oba dva konce trubky. Vkládání a vyjímání trubek je uvažováno provádět ručně.

2. PRŮZKUM SOUČASNÉHO STAVU OBRÁBĚNÍ HLINÍKOVÝCH SLITIN /2,3/

Zemská kůra obsahuje 1,5x více hliníku než železa a přesto patří hliník k nejmladším používaným kovům. Je to důsledek toho, že nebylo možno dlouho najít způsob jeho izolace. Toto zpoždění bylo však nahrazeno velmi rychlým rozvojem výroby hliníku.

Velký význam hliníku pro rozvoj strojírenství i celého hospodářství vedl k tomu, že se v r. 1953 začal vyrábět i u nás. V současné době hliník a jeho slitiny co do objemu výroby zaujímají 2. místo hned za ocelí. Jeho výroba poroste i nadále zrychleným tempem. Hliníkové slitiny v řadě oblastí národního hospodářství úspěšně nahrazují tradičně používané kovy a slitiny.

Prudký rozvoj spotřeby hliníku lze vysvětlit především jeho výhodnými fyzikálními, mechanickými, chemickými i optickými vlastnostmi. Je však nutné si uvědomit, že ocel můžeme nahradit hliníkovým materiálem jen po důkladné technické i ekonomické úvaze. Hliníkový materiál bude pravděpodobně i nadále dražší než ocel a bude se ho proto z hospodárných důvodů používat jen tam, kde vyšší cena bude bezpečně vyvážena dosaženými výhodami.

Malá měrná váha, dobrá chemická odolnost hliníku a některých jeho slitin vůči řadě chemických látek a velmi dobrá tepelná vodivost, to jsou vlastnosti, jež činí z hliníku výhodný materiál pro konstrukce zařízení v chemickém a potravinářském průmyslu. Další výhodou tohoto materiálu je, že soli hliníku jsou bezbarvé a zdraví lidskému nezávadné. Použití hliníku v chemii a potravinářství je tedy velmi rozsáhlé.

2.1. HLINÍKOVÉ SLITINY /2,3,6/

Použití hliníkových slitin ve větším měřítku je podmíněno získáním nových slitin s dobrými mechanickými vlastnostmi. V posledních letech nacházejí širší uplatnění především různé siluminy, které obsahují měď, křemík a jiné přísady. Legující prvky přisazené k hliníku nejen zvyšují jeho tvrdost a pevnost, ale současně mění i jiné vlastnosti slitiny.

2.1.1. ROZDĚLENÍ SLITIN HLINÍKU /3,6/

Přísadou různých prvků se dají vyrobit slitiny hliníku, které mají vhodné vlastnosti pro různé způsoby použití. Obecně mají slitiny hliníku malou měrnou váhu, dobré mechanické vlastnosti, jsou dobře tvárné za tepla i studena, některé z nich jsou dobře slévatelné a některé dobře odolávají korozi, všechny jsou nemagnetické a jsou dobře elektricky i tepelně vodivé. Hliníkových slitin se vyrábí značné množství a mají daleko větší technickou důležitost z hlediska namáhaných konstrukcí než čistý hliník.

Nejčastěji dělíme hliníkové slitiny podle:

a) chemického složení

Hliník se leguje nejčastěji mědí, zinkem, křemíkem a hořčíkem, v menších množstvích se přidávají mangan, nikl a jiné prvky.

Nejdůležitější skupiny slitin hliníku jsou:

Al-Cu-Mg	Al-Mg	Al-Mn
Al-Cu-Ni	Al-Mg-Si	Al-Zn
Al-Zn-Mg	Al-Si	

b) způsobu zpracování

A to na slitiny:

- 1) **k tváření** - Příkladové prvky nedosahují u těchto slitin eutektických obsahů. Tvoří se Al tuhé roztoky nebo také různé mezikovové sloučeniny, jež se v litém stavu vyskytují podél hranic zrn tuhých roztoků. Tyto slitiny jsou dobře tvářitelné za tepla i za studena.
- 2) **k odlévání** - Tyto slitiny obsahují více přísadových prvků, takže vznikají až eutektické nebo nadeutektické slitiny. Rozsáhlý výskyt mezikovových sloučenin zhoršuje tvářitelnost těchto slitin.

c) schopnosti k tepelnému zpracování na:

- 1) Vytvrzovatelné slitiny (slitiny Al s Cu, Mg, Zn, Si, Ni)
- 2) Nevytvrzovatelné slitiny

d) odolnosti proti chemickým vlivům

Přísadou některých chemických prvků se buď zvyšuje nebo snižuje (Cu) odolnost proti chemickým vlivům. Proto je rozdělujeme na:

- 1) slitiny s menší odolností proti chem. vlivům
- 2) slitiny se zvýšenou odolností proti chem. vlivům

2.1.2. OBROBITELNOST SLITIN HLINÍKU 12,3,6/

Pro maximální využití výrobnosti daného OS a pro dosažení maximálního ekonomického efektu procesu obrábění, je nutným předpokladem volba optimálních rezných podmínek a tím i bezpodmínečně nutná znalost obrobitelnosti materiálu obrobku.

Pod pojmem obrobiteľnosť materiálu rozumíme súhrnný vliv fyzikálnych vlastností a chemického zloženia kovů na průběh a na ekonomické i kvalitatívne výsledky procesu řezání. Obrobiteľnosť kovů lze obecně posuzovat z hlediska vlivu materiálu obrobku na intenzitu otěru, z hlediska energetické bilance procesu řezání a také z hlediska jejich vlivu na proces tvoření třísky a vytvoření nových povrchů na obrobku.

Slitiny hliníku se vyznačují nižší měrnou hmotností, tvrdostí i malým modulem pružnosti, který zvyšuje nebezpečí deformace obrobku při upínání. Příznivě působí zvýšená tepelná vodivost na dobrý odvod vzniklého tepla z místa řezu. Vysoká plasticita těchto slitin silně ovlivňuje tvoření a tvar třísky. Některé ze slitin hliníku jsou velmi náchylné k tvoření nárůstku za určitých řezných podmínek, který má poněkud jinou formu než při obrábění uhlíkových ocelí. Svým tvarem a velikostí může způsobit extrémní zvýšení řezné síly, což může vést až k destrukci relativně velmi pevných nástrojů. Kromě toho při obrábění těchto slitin se při tvoření nárůstku zhoršuje drsnost obrobkové plochy a také odchod třísek. Důležitou funkci zde proto mají řezné kapaliny a to nejen svým chladícím účinkem (snížení teploty řezání a odvod tepla), ale zejména svým mazacím působením na snížení tření v místech styků nástroje a obrobku, zlepšuje odchod třísek a snižuje drsnost povrchu obrobkové plochy. Obrobiteľnosť hliníkových slitin závisí na jejich chemickém zložení, způsobu zpracování polotovárů (tažení, kování, slévání) a u některých také na tepelném zpracování.

Z hlediska chemického zloženia je možno slitiny hliníku dle obrobiteľnosti rozdělit do 3 skupin:

- 1)...nejlépe obrobiteľné slitiny: Al+Cu, Al+Mg, Al+Cu+Mg, dural, Al+Cu+Zn+Mn
- 2)...hůře obrobiteľné slitiny : Al+Si, Al+Si+Cu (Si 5%)
- 3)...nejhůře obrobiteľné slitiny: Al+Si (Si až 12%)

Slitinové prvky, pokud jsou v základní hmotě hliníku rozpuštěny, jeho obrobitelnost zlepšují. Je-li obsah větší, vytvářejí v hliníku samostatnou fázi a obrobitelnost zpravidla zhoršují. Z chemických prvků, které mají vliv na obrobitelnost hliníkových slitin lze uvést:

- MĚĎ (Cu) - do obsahu 0,5 % tvoří s Al tuhý roztok. Nad toto množství se vylučuje krystalická složka $Cu Al_2$, která do obsahu 12 % Cu zvyšuje pevnost a tvrdost, ale snižuje tažnost. Obrobitelnost a jakost obrobeného povrchu se zlepšuje.
- KŘEMÍK (Si) - je v Al prakticky nerozpustný a tvoří s ním eutektikum. Zlepšuje slévatelnost a odolnost proti korozi, snižuje tažnost. Zhoršuje obrobitelnost.
- HORČÍK (Mg) - do obsahu 2,5% tvoří s Al tuhý roztok. Nad tuto mez tvoří krystalickou složku Al Mg. Do obsahu 10 % Mg zvyšuje pevnost, tvrdost a odolnost proti korozi. Zlepšuje obrobitelnost.
- MANGAN (Mn) - rozpouští se v Al do obsahu 0,2 %. Nad toto množství tvoří eutektikum a krystalickou sloučeninu $Mn Al_6$. Do obsahu 2% zvyšuje pevnost a tvrdost, snižuje tažnost. Zlepšuje obrobitelnost.
- ZINEK (Zn) - se používá společně s Cu a Mg do obsahu 12%. Zvyšuje tvrdost, zlepšuje slévatelnost a obrobitelnost.
- NIKL (Ni) - používá se pouze v kombinaci s Cu. Do obsahu 2,5 % zvyšuje pevnost, tvrdost, snižuje tažnost a trochu zlepšuje obrobitelnost.

CHROM (Cr) - je v hliníku nerozpustný. Zlepšuje obrobitelnost a odolnost proti korozi.

VIZMUT a OLOVO (Bi, Pb) - do obsahu 0,5% zlepšují obrobitelnost, slouží jako příměs do automatových slitin.

ŽELEZO (Fe) - v Al nerozpustné, ale tvoří s ním eutektikum s krystalickou sloučeninou $Fe Al_3$. Způsobuje křehkost Al slitin, což má za následek lámání třísek.

2.2. TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ /1,4 /

Hliník a jeho slitiny lze obrábět všemi dosud známými způsoby třískového obrábění, které se používají např. u ocelí a litin.

Porovnáme-li obrábění slitin hliníku a oceli z hlediska řezných podmínek, zjišťujeme některé specifické odlišnosti, zejména několikanásobné zvýšení řezné rychlosti při stejné trvanlivosti nástroje.

To je umožněno těmito vlastnostmi:

- 1) vysoká tepelná vodivost, umožňuje dobrý odvod tepla
- 2) relativně nízká vrubová pevnost
- 3) malá pevnost ve stříhu, a tudíž nízký řezný odpor
- 4) nízká měrná váha (dovoluje vyšší otáčky při soustružení velkých obrobků).

Na třískové obrábění slitin má značný vliv i tvar odcházející třísky. Čistý hliník má při obrábění dlouhou houževnatou třísku. Odstraňování třísek je v důsledku jejich velkého objemu obtížné.

Vystárnuté hliníkové slitiny se dobře třískově obrábí, ale mají rovněž dlouhou třísku. U těchto materiálů je vhodné používat přiložených utvařečů třísek nebo utvařečů přímo vytvořených na břitu nástroje (např.: u břitových destiček ze slinutých karbidů).

Některé slitiny hliníku, jak už jsem se dříve zmínil, jsou velmi náchylné na tvorbu nárůstku. Proto se musí při obrábění používat nástroj s velmi kladným úhlem čela a lapovanými činnými plochami.

2.2.1. FRÉZOVÁNÍ /1,4 /

Rozeznáváme 2 základní druhy frézování, a to čelní a obvodové. Protože ve své práci používám frézování obvodové, zmíním se v další části pouze o něm.

Pro obvodové frézování se používá nejčastěji válcových, nebo kotoučových fréz se šikmými zuby. Geometrii nástroje obsahuje TABULKA 1. (viz PŘÍLOHA 2)

Používá se fréz s velkou roztečí zubů, to zn. s velkou mezerou pro odvádění třísek. Výhodnější je frézování sousledné (pokud je ovšem konstrukce frézovacího stroje umožní) nežli nesousledné.

2.2.2. ŘEZNÉ PODMÍNKY /2,4 /

Všechny slitiny hliníku lze obrábět velkou řeznou rychlostí, mají-li nástroje správnou geometrii. U některých slitin však velká řezná rychlost způsobuje hospodářsky neúnosné opotřebení nástrojů zvláště při obrábění pouze několika kusů obrobků. K dosažení optimálních podmínek z hlediska jakosti povrchu a opotřebení nástrojů, se doporučuje volit řezné podmínky dle TABULKY 2. (viz PŘÍLOHA 2)

2.2.2.1. ŘEZNÉ PODMÍNKY PŘI FRÉZOVÁNÍ /10/

Při frézování je volba řezných podmínek závislá nejen na obrobitelnosti materiálu a řezivosti nástroje, ale také do značné míry na druhu použitého nástroje, způsobu frézování, řezném prostředí, požadované přesnosti a jakosti povrchu. Dále je nutno mnohdy upravit řezné podmínky se zřetelem na tuhost technologické soustavy stroj-nástroj-přípravek-obrobek tak, aby nedocházelo ke chvění, které by mohlo negativně ovlivnit řezný proces.

2.3. ŘEZNÉ NÁSTROJE /3,8,7/

Každý nástroj používaný ve výrobě musí mít vlastnosti, které zaručují správnou funkci. Při obrábění je nástroj namáhán mechanicky, tepelně a na otěr. Všechna tato namáhání, jejichž velikost záleží na druhu nástroje, obrobku i způsobu obrábění, způsobují postupné znehodnocování břitu až do úplného otupení. Aby pracovní doba nástroje byla co nejdelší, je nutné pro danou pracovní metodu volit vhodný nástrojový materiál a jemu odpovídající řezné podmínky.

Pro obrábění součástí z hliníkových slitin je možno dle

2.3. ŘEZNÉ NÁSTROJE /3,8,7/

Každý nástroj používaný ve výrobě musí mít vlastnosti, které zaručí správnou funkci. Při obrábění je nástroj namáhán mechanicky, tepelně a na otěr. Všechna tato namáhání, jejichž velikost záleží na druhu nástroje, obrobku i způsobu obrábění, způsobují postupné znehodnocování břitu až do úplného otupení. Aby pracovní doba nástroje byla co nejdélejší, je nutné pro danou pracovní metodu volit vhodný nástrojový materiál a jemu odpovídající řezné podmínky.

Pro obrábění součástí z hliníkových slitin je možno dle vhodnosti použít většinu nástrojových materiálů.

Rychlořezná ocel je zvláště vhodná pro sériové obrábění materiálu skupiny obrobitelnosti I. a II. a také pro menší řezné rychlosti a přerušovaný řez.

Největší řezné výkony a nejdélejší životnost ostří, mají nástroje používající slinuté karbidy. Pro opracování slitin hliníku s vyšším obsahem křemíku (skupina III.), jsou takové nástroje bezpodmínečně nutné. Pro nižší řezné rychlosti a přerušované řezy, jsou však tyto nástroje nevhodné z důvodu nárazového účinku.

Pro životnost nástrojů není důležitá pouze volba materiálů řezné části nástroje, ale i geometrie. Všechny hliníkové slitiny lze obrábět vyšší rychlostí, mají-li nástroje správnou geometrii. Doporučené úhly pracovní části nástroje pro frézování, jsou shrnuty v TABULCE 2. (viz *PRÍLOHA 2*)

2.3.1. FRÉZA / 8 /

Je to mnohábitý nástroj (mnohozubý), který se otáčí kolem své osy a má posuv kolmo (obvykle) na osu nástroje. Současný záběr dává velkou produktivnost fréz. Ta se dá ještě zvýšit vsazením nožů s rychlořeznými nebo karbidovými břity, nebo navařenými břity z rychlořezné ocele, či napájením karbidových destiček na tělesa fréz z konstrukčního materiálu.

Tvar povrchu fréz je určen účelem frézy a je buďto válcový, válcový a rovinný, kuželový nebo zakřivený podle obráběného materiálu.

Hlavními částmi fréz je těleso frézy, zuby frézy (vytvořené frézováním, podsoustružením či litím, někdy jsou vsazeny do tělesa frézy) a drážky pro odvod třísek.

Zuby mohou být přímé - rovnoběžné s osou frézy, nebo šroubovitě se sklonem .

Dále rozdělujeme frézy podle:

- 1) řezného pohybua) pravořezné
b) levořezné
- 2) způsobu upínánía) nástrčné (nasazují se na frézovací trn válcový nebo kuželový)
b) stopkové (upínací část je stopka a to buď válcová nebo kuželová)
- 3) poměru počtu zubů k průměru...a) jemnozubé
b) polohrubozubé
c) hrubozubé
- 4) počtu dílů, z nichž se fréza skládá na:
 - a) celistvé (těleso i zuby jsou z jednoho kusu, nebo jsou zuby nerozebíratelně spojeny s tělesem-navařené..)
 - b) s vyměnitelnými zuby (mechanicky upevněné zuby-šrouby..)
 - c) dělené na 2 či více dílů, z nichž každý je opatřen zuby
 - d) složené (kombinované)

Při konstrukci frézy pro slitiny hliníku se vychází také ze zásady, že mají větší zubovou rozteč (tedy méně zubů), než frézy pro ocel a velkou drážku pro dobrý odvod třísky. Pro frézy ze slinutých karbidů se například doporučuje 1 zub na každých 25 mm průměru nástroje.

2.4. POŽADAVKY NA STROJE PRO OBRÁBĚNÍ HLINÍKOVÝCH SLITIN/ 2 /

Požadujeme-li hospodárné obrábění slitin hliníku, musíme mít k dispozici stroj, který umožňuje dosahovat vysoké řezné rychlosti. Při obrábění těchto materiálů se používají běžné obráběcí stroje s dostatečnou tuhostí, upravených výkonnějšími motory s vysokým počtem otáček. Při navrhování speciálních obráběcích strojů pro obrábění hliníkových slitin se dbá na možnost snadného odvodu třísek, vysokou tuhost a otáčky vřetene.

Použijeme-li pro obrábění diamantový nástroj, musí být dodrženy dvě následující podmínky:

- a) zamezení vzniku rázových zatížení
- b) zachování předepsaných řezných podmínek

Měrný tlak při obrábění hliníkových slitin představuje 1/4 měrného tlaku při obrábění oceli a v případě, že požadujeme, aby trvanlivost břítu dosahovala při dodržení řezných rychlostí 60 min., musíme zajistit přibližně 3x vyšší výkon motoru obráběcího stroje než u oceli.

Výkon není závislý v takové míře na druhu obrábění hliníkových slitin, ale především na formě a stupni otupení nástroje.

2.5. ŘEZNÉ KAPALINY / 11 /

Většina operací při obrábění kovů je neproveditelná bez použití pomocných prostředků, které ulehčují odvod třísky a omezují vyvíjení tepla, respektive odvádějí teplo vznikající při řezání. Čím větší jsou požadavky na hospodárné obrábění, čím více rostou řezné rychlosti, což je u slitin hliníku zvláště aktuální, tím více stoupají i požadavky na tyto pomocné prostředky, které se stávají nezbytnou součástí technologického postupu.

Prvotním požadavkem na zmíněné prostředky je účinný odvod tepla. Tato podmínka předurčila pro obrábění kovů pomocné prostředky kapalné.

Řezné kapaliny podstatně ovlivňují celý proces obrábění tím, že mají vliv na trvanlivost břítu nástroje, na řezné síly a tím tedy i na spotřebu energie, na drsnost povrchu a teplotu v místě řezu. Neméně důležitým úkolem řezné kapaliny je zabránit nalepování materiálu na ostří nástroje a odvod třísky z místa řezu.

Na hospodárnost obrábění má vliv kromě jiného také přívod řezné kapaliny. U hliníkových slitin, kde proces obrábění probíhá za vysokých řezných rychlostí, se v poslední době zavádí chlazení vzduchem, v němž je řezná kapalina rozptýlena v drobných kapičkách, aby se dosahovalo vyšší účinnosti.

Pro obrábění hliníku a jeho slitin je nejvhodnější kapalinou emulgační olej ALEX (tuzemské výroby). Byl vyvinut jako náhrada za petrolej, který byl z hlediska zdravotní nezávadnosti nevhodný. ALEX - koncentrát je zařazen do II. třídy hořlavin a je tedy třeba při práci s ním dodržovat stejná opatření pro ochranu zdraví jako s ostatními hořlavými kapalinami.

Je však možné použít i dalších kapalin jako například:

- ložiskový olej PO - ČSN 656612
- řezný olej MS - ON 656811

které se doporučují pro obrábění neželezných kovů.

Správná a hospodárná volba typu řezných kapalin znamená nejen zvětšený výkon obrábění, ale i značné hospodárné úspory z hlediska trvanlivosti nástroje a jakosti obrobeneho povrchu.

3. IDEOVÝ NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO OBOUSTRANNÉ OPRACOVÁNÍ KONCŮ ŽEBROVANÝCH TRUBEK

3.1. TRUBKOVÁ SEKCE

Trubkové sekce se skládají ze svazku žebrovaných trubek, komor a rámů. Konce žebrovaných trubek jsou zavařeny nebo zaválcovány do komor. Trubkový svazek s komorami je vložen do rámu tvořeném bočnicemi a vzpěrami. Celá sekce tvoří tuhý samonosný celek. Jedna z komor je v rámu uložena posuvně pro vymezení tepelné dilatace trubek svazku.

V trubkovém svazku je 4 až 6 řad žebrových trubek, vyjíměčně 8 řad. Trubky jsou ve svazku uspořádány buď klasicky do rovnostranného trojúhelníka, nebo se zvětšenou roztečí ve vodorovném směru, při které je podstatně nižší tlaková ztráta na straně vzduchu. Šířka trubkových sekcí je přednostně 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 mm. V případě potřeby je možno vyrobit sekce v jiných šířkách. Maximální délka trubek v sekci je 12 metrů.

Svazek žebrovaných trubek tvoří tzv. kondenzační sekci a je vystužený nosnými částmi, které umožňují manipulaci při výrobě, dopravě a montáži. Svazek je tvořen obvykle třemi až čtyřmi řadami žebrovaných trubek a případně ještě dvěma řadami nízkožebrovaných trubek na spodní části svazku.

3.1.1. ŽEBROVANÁ TRUBKA

Je základním komponentem vzduchového chlazení. Žebrované trubky mají kruhová žebra vytvořená buď válcováním ze silnostěnné hliníkové trubky, nebo navinutím hliníkového pásku do drážky vyříznuté v základní trubce. Trubky s vyválcovanými žebry mohou být celohliníkové (případ v mé DP), nebo bimetalické, u kterých jsou žebra naválcována na základní trubku z libovolného materiálu. Tato možnost je důležitá, když je nutné použití korozivzdorných materiálů jako mosazi nebo oceli třídy 17 a pod.

Navíjená žebra mohou být provedena pouze z trubek z uhlíkových ocelí. Trubky s navinutým hliníkovým žebrem jsou chráněny proti atmosférické korozi ochranným povlakem, vytvořeným žárovou metalizací hliníku. Metalizace chrání proti korozi základní trubku a podstatně zvyšuje životnost trubek a udržuje jejich stálý výkon, protože nemůže dojít k uvolnění žebra v rážce vlivem elektrochemické koroze při styku dvou různých materiálů trubky a žebra.

Všechny typy trubek mohou mít žebro hladké nebo na obvodu prostřihované. Při použití trubek s prostřihovanými žebry se zvyšuje výkon výměníku o 4 až 7 %.

Nepatrně vyšší cena trubek s válcovanými žebry je vyvážena vyšší odolností proti korozi a tyto trubky jsou zvláště vhodné pro použití v prostředí s vysoce korozní atmosférou. Pro chlazení viskozních médií se používají žebrované trubky s vnitřní vestavbou (turbolizátory). Vestavby zvyšují turbulenci při proudění media v trubce a tím se současně zvyšuje součinitel přestupu tepla na straně media. U viskozních médií je tak možno použitím trubek s vestavbou podstatně snížit velikost a váhu výměníku ve srovnání s hladkými trubkami užívanými u většiny výrobců pro chlazení viskozních médií. Druh vnitřní vestavby je navrhován s ohledem na požadovaný výkon a tlakovou ztrátu výměníku.

3.1.1.1. ROZMĚRY ŽEBROVANÉ TRUBKY

Upravená žebrovaná trubka má tyto rozměry:

Vnější průměr žeber	60+1 mm
Vnitřní průměr žeber	32 mm
Tloušťka žebra	0,5 mm
Stoupání šroubovice	3 mm
Vnitřní průměr trubky	28 mm
Vnější průměr opracovaných konců trubky	33,5+0,2 mm
Délka opracování konců trubky	80 mm

Jakost materiálu trubky424446.01
Délka trubky10 m

Výkres trubky viz PŘÍLOHA

3.1.1.2 MATERIÁL ŽEBROVANÉ TRUBKY

Materiálem trubky je poněkud méně používaná slitina hliníku 424446.01. Jde o Al-slitinu tvářenou s tímto chemickým složením:

<u>Chemické složení</u>	Fe	Si	Cu	Mg	Mn	ostatní celkem	Al
						jednotl. všech	
- maximální	0,15	0,15	-	-	-	-	- zbytek
- minimální	0,45	0,45	0,30	0,30	0,10	0,15	0,75

Doplňkové číslo 01 vyjadřuje stav slitiny, v tomto případě se jedná tedy o slitinu tvářenou za tepla.

Další její vlastnosti dle ČSN jsou:

- zaručená jakost
- mez pevnosti v tahu: $R_m = 130 \text{ MPa}$
- nejnižší tažnost: $A_5 \% \dots 16$
 $A_{10} \% \dots 15$
- tvrdost dle Brinella je HB (20 - 30)

3.2. STÁVAJÍCÍ STROJNÍ ZAŘÍZENÍ

Žebrovaná trubka, jako základní komponent vzduchového chlazení, musí být na obou koncích obrobena na požadovaný průměr z důvodu zasunutí do trubkovnice.

Stávající strojní zařízení obrábělo žebrovanou trubku pouze z jedné strany a po otočení trubky i ze strany druhé. Jako způsob opracování trubky bylo zvoleno frézování, konkrétně frézování obvodové. Nástrojem je fréza ČSN 222125 s průměrem 100 mm a šířkou 85 mm.

Uchycení trubky je vyřešeno unášecím sklíčidlem s rozpěrným trnem, který upnul trubku za její vnitřní průměr. Sklíčidlo je přes řemenový převod spojeno s motorem, který udává trubce potřebné otáčky.

Posuv frézy do řezu je ruční a potřebný záběr frézy na požadovaný průměr opracované trubky, je zajištěn dorazem. Vzhledem k tomu, že nejsou zvláštní nároky na drsnost opracované části, není již třeba po frézování žeber dalších povrchových úprav.

Po celé délce vedení trubky na tzv. dráze je umístěno pět rolen s volnoběžnými válci, které současně trubku podpírají a umožňují i její otáčení.

Doposud probíhala obsluha stroje takto:

- uložení trubky do pracovního prostoru stroje a upnutí za unášecí sklíčidlo (druhý konec trubky je volný),
- spuštění motorů, udávající otáčky trubce a fréze,
- ruční posuv frézy do záběru, až na požadovaný průměr opracování,
- vyjetí frézy ze záběru, vypnutí motorů,
- odepnutí trubky, její odložení do zásobníků,
- otočení celého přepravníku s trubkami,
- stejný postup opracování druhého konce trubky.

3.3. NÁVRH TECHNOLOGIE PRO OBOUSTRANNÉ OPRACOVÁNÍ KONCŮ

Svůj návrh volím s ohledem na co největší využití stávajícího strojního zařízení, jednoduchost chodu doplňující konstrukce i nízkou cenu. Proto se neodchyluji od původní technologie opracování a oba konce trubky budou obráběny frézováním. Použiji i stejného nástroje, frézy ČSN 22 2125 průměru 100 mm.

Fréza bude ustavena obdobně jako v případě druhé strany trubky, otáčky ji bude dávat elektromotor stejného typového označení.

3.4. NÁVRH STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO OBOUSTRANNÉ OPRACOVÁNÍ KONCŮ

Navrhované zařízení se skládá z původního stroje doplněného o posuvové lože a upínací prvek trubky. Obě části pozměňují tu část celkového zařízení, v které byla trubka původně volně uložená. Posuvové lože se skládá z vedení, úložné desky, elektromotoru a uchycení frézy. Upínací částí je pak koník s trnem. O obou návrzích pojednávám podrobněji v dalších kapitolách.

3.4.1. NÁVRH UPÍNACÍ ČÁSTI

Z hlediska jednoduché konstrukce, nízké ceny, požadované tuhosti a spolehlivosti, se jeví jako nejvhodnější - upnutí za vnitřní průměr trubky. A to konkrétně tak, že ponechám trubce její otáčky udávané elektromotorem na jedné straně strojního zařízení a na druhé straně (kde byla původně trubka volně uložená) trubku tuhostně přidržím volnoběžným kuželem, upnutým za již zmíněný vnitřní průměr. Kužel bude uložen v tuhém vedení, tzv. koníku, který je konstrukčně řešen obdobně jako koník u universálního soustruhu. Ustavení tělesa (koníku) bude zajištěno šrouby k desce, která bude upevněna k vedení trubky (dráze).

V koníku je umístěno pouzdro, jištěné proti pootočení a vysunutí a je závitem s maticí nalisovanou v pouzdru, uváděno do posuvného pohybu směrem k čelu trubky a naopak. V pouzdře je uložen otočný soustružnický hrot (kužel) ČSN 24 3324, který je volnoběžný spolu s otáčející se trubkou. Vyložením pouzdra do maximální délky (130 mm) je dostatečně zajištěno vložení trubky a následné dosednutí kužele do vnitřního průměru.

Celá tato upínací část nahrazuje poslední rolnu s volnoběžnými válci na původním strojním zařízení.

/Zobrazení upínací části viz PŘÍLOHA-Výkres /

3.4.2. NÁVRH NÁSTROJOVÉ ČÁSTI

Pro navrhnuté frézování používám stejný nástroj, jako u původního stroje, a to válcovou frézu ČSN 22 21 25 o průměru 100 mm a šířky 82 mm.

Fréza je uložena na hřídeli a zajištěna proti posunutí maticí. Na opačném konci hřídele je řemenice ČSN 02 3180 pro přenos kroutícího momentu z elektromotoru na frézu. Řemenice je jištěna proti pootočení perem a má dvě drážky pro klínové řemeny.

Celý hřídel je uchycen ve dvou kuličkových ložiskách ČSN 02 4633. Ložiska jsou vsazena do pouzdra (trubky) a zajištěna kroužky a osazením hřídele.

Tato nástrojová část i s elektromotorem je připevněna na posuvnou desku, sloužící jako příčné lože pro posuv frézy do záběru. Vedení lože je vyřešeno dvěma tyčemi a posuv vodícím šroubem s maticí, která je k posuvné desce přivařena.

Kromě těchto částí je nutné k fréze připevnit plechový kryt, z důvodu ochrany obsluhy před nebezpečným odvodem třísek.

/Detailní nákres nástrojové části viz PŘÍLOHA - Výkres /

3.4.3. NÁVRH PŘESTAVĚNÍ ZAŘÍZENÍ PRO OPRACOVÁNÍ KONCŮ KRATŠÍCH TRUBEK

V budoucnu je uvažována možnost obrábět i trubky kratších délek (8 m, 6 m, 4 m). Proto je nutné přemístit

obě nové části zařízení (upínací a nástrojovou) do příslušného místa řezu. Jednoduchým úkonem, kdy nejprve odmontujeme stojinu s deskou (na které je fréza i koník) a ustavíme ji opět na dráhu o potřebnou délku, je tento problém vyřešen. V dráze jsou vždy přesně po dvou metrech navrtány odpovídající otvory pro šrouby, které stojinu s deskou dokonale k dráze připevní. Po tomto přemístění můžeme u trubky o příslušné délce odstranit žebra frézováním dle předchozího postupu.

4. VÝPOČET A KONTROLA NAVRHOVANÝCH ČÁSTÍ STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ

4.1. NÁVRH NÁSTROJE

Jak jsem se již zmínil v minulých kapitolách, používám pro svůj návrh stejného nástroje jako u stávajícího strojního zařízení, a to válcovou frézu ČSN 222125. Její rozměry jsou dané normou, volím pouze její šířku 82 mm.

4.1.1. ROZKLAD SIL NA NÁSTROJI

Výchozími údaji pro výpočet sil na fréze jsou:

- otáčky frézyn = 3000 min
- výkon elektromotoru.....P = 1,1 kW

1) Výpočet kroutícího momentu (M_k):

$$M_k = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (1)$$

$$\underline{M_k = 3,5 \text{ Nm}}$$

2) Výpočet obvodové síly (F_c):

$$M_k = F_c \cdot \frac{D}{2} \quad (2) \Rightarrow \underline{F_c} \quad D - \text{průměr frézy (D=100 mm)}$$

$$F_c = \frac{2 \cdot M_k}{D} \quad (3)$$

$$\underline{F_c = 70 \text{ N}}$$

3) Určení hlavní složky řezné síly (F_v):

Hlavní složka řezné síly působí ve směru vektoru hlavního řezného pohybu, určuje velikost momentu kroucení a výkonu potřebného k frézování.

$$F_v = F_c$$

$$\underline{F_v = 70 \text{ N}}$$

4) Určení radiální složky řezné síly (F_R):

Radiální složka zatěžuje ložiska včetně a obrobek.

$$\frac{F_R}{F_v} = (0,6 \text{ až } 0,8) \quad (4)$$

$$F_{R \max} = 0,8 \cdot F_v$$

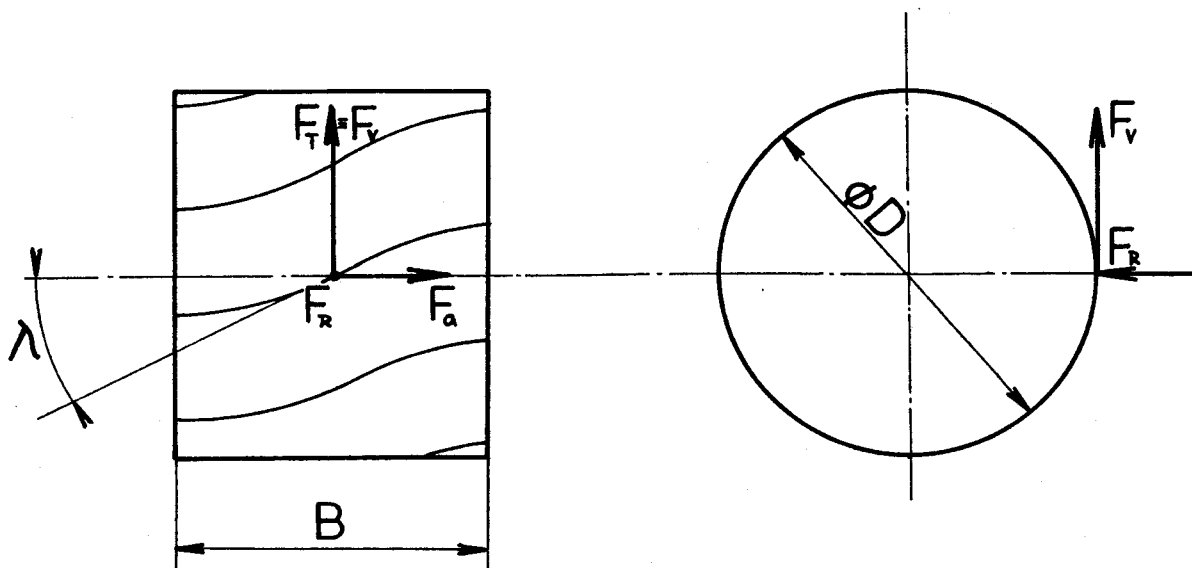
$$\underline{F_{R \max} = 56 \text{ N}}$$

5) Určení axiální síly (F_a):

Axiální síla je důležitá pro výpočet ložisek.

$$F_a = F_v \cdot \operatorname{tg} \lambda \quad (5) \quad \lambda - \text{úhel sklonu ostří } (\lambda = 35^\circ)$$

$$\underline{F_a = 49 \text{ N}}$$



4.2. NÁVRH ŘEZNÝCH PODMÍNEK

Stanovení řezných podmínek je závislé na postupu obrábění. Protože v tomto případě jde o ruční posuv, budou hodnoty vypočtených posuvů a hloubky třísky sloužit pouze pro orientaci obsluhy. Přesto se o nich ve svém návrhu zmíním.

Konkrétní postup bude následující:

- uložení trubky do pracovního prostoru stroje, upnutí na trn a zajištění (na druhé straně) koníkem,
- spuštění obou elektromotorů, udávající otáčky fréze a trubce,
- najetí fréz do záběru a postupné odebírání třísky v celé délce 80 mm až na požadovaný průměr 33,5 mm (zajištěno dorazem),
- vyjetí fréz ze záběru, vypnutí elektromotorů,
- odepnutí trubky na obou koncích, vyjmutí z pracovního prostoru.

1) Určení řezné rychlosti (v):

Řeznou rychlost považujeme za obvodovou a vypočteme dle vztahu (6):

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6)$$

$$v = 15,71 \quad \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2) Orientační určení posuvů:

$$\text{a) } s_z = \frac{n_0 \cdot \pi \cdot D_0}{n \cdot z} \quad (7)$$

$$n_0 = 20 \text{ min}$$

$$s_z = 0,1 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$$

$$D_0 = 60 \text{ mm}$$

$$\text{b) } s_s = s \cdot z \cdot n \quad (8)$$

$$z = 12 \text{ zubů}$$

$$s_s = 60 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{c) } s_{st} = s \cdot z \quad (9)$$

$$s_{st} = 1,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$$

3) Orientační určení hloubky řezu:

$$\sin \frac{\varphi_{\max}}{2} = \sqrt{\frac{h}{D}} \quad (10) \quad \varphi_{\max} = 25,4^{\circ}$$

$$\begin{aligned} \text{z (10) vyplývá} \quad h &= \sin^2 \frac{\varphi_{\max}}{2} \cdot D \\ h &= \underline{4,87 \text{ mm}} \end{aligned}$$

4.3. PEVNOSTNÍ VÝPOČET

Z navržených částí zařízení jsem pevnostně kontroloval ložiska, hřídel a řemenový převod.

4.3.1. NÁVRH ŘEMENOVÉHO PŘEVODU A VÝPOČET ŘEMENIC

Ve výpočtu řemenic vycházím ze zadaných otáček a výkonu elektromotoru.

$$\text{hnací} \dots\dots n' = 2810 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{hnané} \dots\dots n = 3000 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{výkon} \dots\dots P = 1,1 \text{ kW}$$

1) Jmenovitý výkon

$$P_j = P \cdot c_2 \quad [\text{W}] \quad (11)$$

$$\text{z tabulek} \dots c_2 = 1,2$$

$$P_j = \underline{1,32 \text{ kW}}$$

2) Profil řemene

Volba řemene - ŘEMEN Z - 655 ČSN 02 3110

- rozměry řemene...Z (10×6)

Volba průměru větší řemenice... $D_1 = (50 \div 71) \text{ mm}$

$$D_1 = \underline{63 \text{ mm}}$$

3) PŘEVODOVÉ ČÍSLO

$$i = \frac{n'}{n} \quad (12)$$

$$i = \underline{0,936}$$

Pro určení koeficientů z tabulek je $i \doteq 1$
 Z převodového čísla lze určit průměr menší řemenice:

$$D_2 = i \cdot D_1 \quad (13)$$

$$\underline{D_2 = 56 \text{ mm}}$$

4) Jmenovitý výkon přenášený jedním řemenem

Určen z tabulek $P_1 = 0,78 \text{ kW}$

5) Úhel opásání a osová vzdálenost

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot A} \quad (14) \quad A = 130 \text{ mm}$$

Ze vztahu (14) plyne $\frac{\alpha}{2} \doteq 89,118^\circ$, $\alpha \doteq 178^\circ 14'$

$$\mu = \frac{180^\circ - \alpha}{2} \quad (15)$$

$$\underline{\mu \doteq 52'}$$

6) Výpočtová délka řemene

$$L_p = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{\pi \cdot \Delta L}{180^\circ} (D_1 - D_2) \quad (16)$$

$$\underline{L_p = 442,22 \text{ mm}}$$

$$\text{Vnitřní délka řemene ... } L_i = L_p - \Delta L \quad (17) \quad \Delta L = 25 \text{ mm}$$

$$L_i = 417,22 \text{ mm}$$

$$\text{- dle ČSN } \underline{L_i = 475 \text{ mm}}$$

$$L_{p\text{skut.}} = L_i + \Delta L \quad (18)$$

$$\underline{L_{p\text{skut.}} = 500 \text{ mm}}$$

7) Skutečná osová vzdálenost

$$A_{\text{skut.}} = p + \sqrt{p^2 - q} \quad (19)$$

$$p = 0,25 \cdot L_p - 0,393 \cdot (D_1 + D_2) \quad (20)$$

$$\underline{p = 80,984}$$

$$q = 0,125 (D_1 - D_2) \quad (21)$$

$$\underline{q = 2}$$

$$\text{Ze vzorce (19): } \underline{A_{\text{skut.}} = 162 \text{ mm}}$$

8) Počet řemenů

Z tabulek zvolena hodnota součinitelů:

$$c_1 = 0,9$$

$$c_3 = 0,96$$

$$z_{\text{ř}} = \frac{P \cdot c_2}{P_1 \cdot c_1 \cdot c_3} \quad (22)$$

$$z_{\text{ř}} = 1,96$$

Z výpočtu plyne volba 2 řemenů Z - 655 ČSN 02 3110

9) Určení sil na řemenici

$$M_{\text{kr}} = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (23)$$

$$M_{\text{kr}} = F_h \cdot D/2 \quad (24)$$

Ze vzorců (23), (24) vyplývá vztah pro F_h :

$$F_h = \frac{2 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot D_2} \quad (25)$$

$$F_h = 125 \text{ N}$$

Z tabulek $v_{\text{ř}} = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$f = 0,35 + 0,012 \cdot v_{\text{ř}} \quad (26)$$

$$f = 0,59$$

$$\widehat{L} = 2\pi \cdot \frac{d}{360^\circ} \quad (27)$$

$$\widehat{L} = 3,122$$

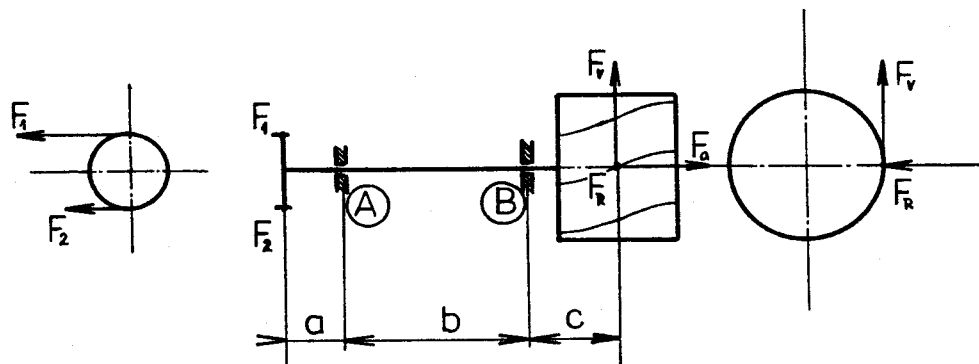
$$e^{f\widehat{L}} = 6,31$$

$$F_1 = F_h \cdot \frac{e^{f\widehat{L}}}{e^{f\widehat{L}} - 1} \quad (28) \quad F_2 = F_h \cdot \frac{1}{e^{f\widehat{L}} - 1} \quad (29)$$

$$F_1 = 148,5 \text{ N}$$

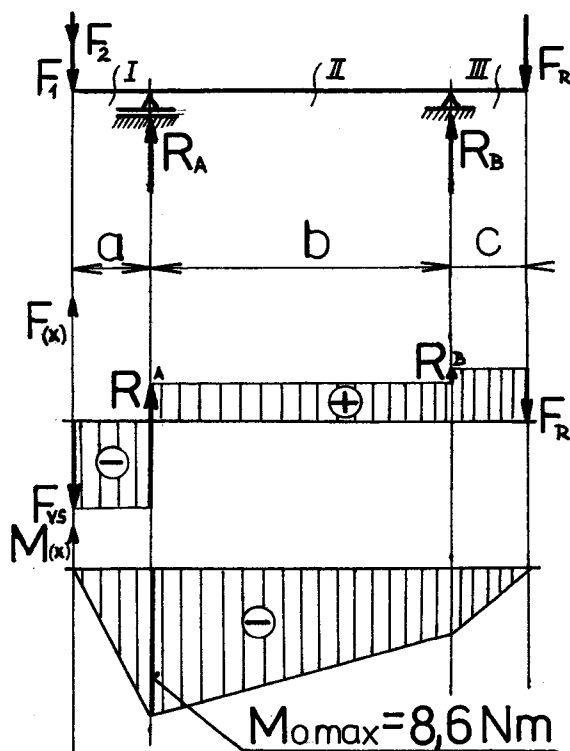
$$F_2 = 23,5 \text{ N}$$

4.3.2. URČENÍ MOMENTOVÝCH PODMÍNEK



Případ tohoto nosníku je nutné řešit ve dvou rovinách (T, R), určit momenty v nich a potom je vektorově sečíst.

1) Řešení momentů v rovině R:



$$a = 50 \text{ mm}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$c = 70 \text{ mm}$$

$$F_{vs} = F_1 + F_2 = 172 \text{ N} \quad (30)$$

$$F_R = 56 \text{ N}$$

$$\overset{+}{\curvearrowright} M : F_{vs} \cdot (a+b) - R_A \cdot b - F_R \cdot c = 0 \quad (31)$$

Ze vzorce (31) vychází $R_A = 218,8 \text{ N}$

$$\overset{+}{\curvearrowright} M : F_{vs} \cdot a + R_B \cdot b - F_R \cdot (b+c) = 0 \quad (32)$$

Ze vzorce (32) vychází $R_B = 9,2 \text{ N}$

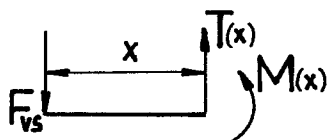
$$(0 < x < a) \quad F_{vs} - F(x) = 0 \quad (33)$$

$$F_{vs} \cdot x + M(x) = 0 \quad (34)$$

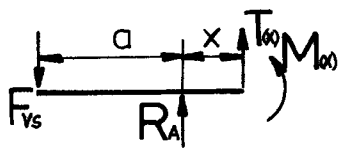
$$M(x) = -F_{vs} \cdot x$$

$$M(0) = 0$$

$$M(a) = -F_{vs} \cdot a = \underline{\underline{-8600 \text{ N mm}}}$$



$$(0 < x < b)$$



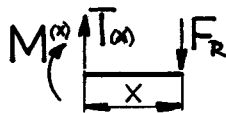
$$M(x) = R_A \cdot x - F_{vs} \cdot (a+x) \quad (35)$$

$$M(0) = -F_{vs} \cdot a = -8600 \text{ N mm}$$

$$M(b) = R_A \cdot b - F_{vs} \cdot (a+b)$$

$$M(b) = -3920 \text{ N mm}$$

$$(0 < x < c)$$

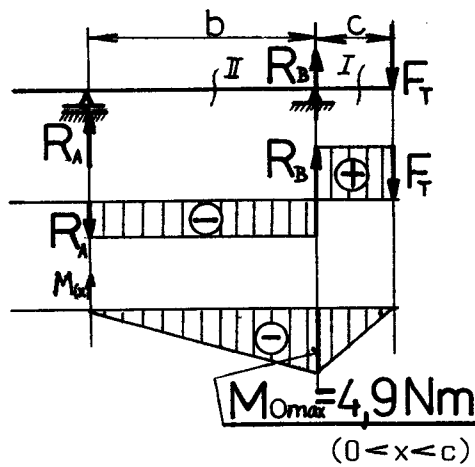


$$M(x) = -F_R \cdot x \quad (36)$$

$$M(0) = 0$$

$$M(c) = -F_R \cdot c = -3920 \text{ N mm}$$

2) Řešení momentů v rovině T:



$$+\downarrow : -R_A - R_B + F_T = 0 \quad (37)$$

$$+\curvearrowleft : F_T \cdot (b+c) - R_B \cdot b = 0 \quad (38)$$

Ze vztahů (37), (38) lze určit R_A, R_B :

$$R_B = 119 \text{ N}$$

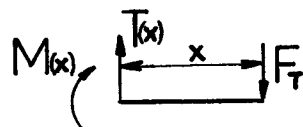
$$R_A = -49 \text{ N}$$

$$(F_T = F_V = 70 \text{ N})$$

$$M(x) = -F_T \cdot x \quad (39)$$

$$M(0) = 0$$

$$M(c) = -F_T \cdot c = -4900 \text{ N mm}$$

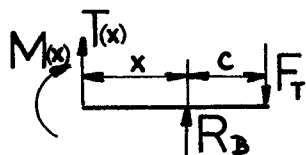


$$(0 < x < b)$$

$$M(x) = R_B \cdot x - F_T \cdot (x+c) \quad (40)$$

$$M(0) = -F_T \cdot c = -4900 \text{ N mm}$$

$$M(b) = R_B \cdot b - F_T \cdot (b+c) = \underline{0}$$



3) Vektorový součet momentů

Bod A : $M_{OR} = 8,6 \text{ N m}$

$M_{OT} = 0$

$$M_{O1} = \sqrt{M_{OR}^2 + M_{OT}^2} \quad (41)$$

$M_{O1} = 8,6 \text{ N m}$

Bod B : $M_{OR} = 3,92 \text{ Nm}$

$M_{OT} = 4,9 \text{ Nm}$

$M_{O2} = 6,82 \text{ Nm} \dots \dots \text{dle (41)}$

$M_b \text{ max} = M_{O1} = \underline{8,6 \text{ Nm}}$

$M_k \text{ max} = \underline{3,5 \text{ Nm}}$

4.3.3. PEVNOSTNÍ KONTROLA HŘÍDELE

Materiál hřídele11500

$R_m = 500 \text{ MPa}$, $k = 1,4$

$$\sigma_D = \frac{0,6 \cdot R_m}{k} \quad (42)$$

$\sigma_D = 214,3 \text{ MPa}$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{O \text{ max}} + \sqrt{3} \cdot 16 \cdot M_{k \text{ max}}}{\pi \cdot \sigma_D}} \quad (43)$$

$d \hat{=} 8,2 \text{ mm}$

4.3.4. VÝPOČET a KONTROLA LOŽISEK

- 1) Určení skutečného zatížení ložiska radiální (F_r) a axiální silou (F_a):

Ložisko A: $F_{Ax} = -49 \text{ N}$
 $F_{Ayr} = 218,8 \text{ N}$
 $F_{Aya} = F_a \cdot \frac{D}{2 \cdot b} = 24,5 \text{ N} \quad (44)$

$F_A = [F_{Ax}^2 + (F_{Ayr} + F_{Aya})^2]^{0,5} \quad (45)$
 $F_A = 248,185 \text{ N} = Fr_1$

Ložisko B: $F_{Bx} = 119 \text{ N}$
 $F_{Byr} = 9,2 \text{ N}$
 $F_{Bya} = -F_a \cdot \frac{D}{2 \cdot b} = -24,5 \text{ N} \quad (46)$

$F_B = [F_{Bx}^2 + (F_{Byr} + F_{Bya})^2]^{0,5} \quad (47)$
 $F_B = 120 \text{ N} = Fr_2$

2) Výpočet ekvivalentního dynamického zatížení (Fe)

Ložisko A: $F_e = X \cdot V \cdot Fr_1 + Y \cdot F_a \quad (48)$

$\frac{F_a}{V \cdot Fr_1} = 0,197 < e (=0,22) \dots \dots \dots \text{z tabulek :}$
 $X = 1, Y = 0,$
 $V = 1$

$F_e = 248,2 \text{ N}$

Ložisko B: $F_e = X \cdot V \cdot Fr_2 + Y \cdot F_a \quad (48)$

$\frac{F_a}{V \cdot Fr_2} = 0,408 > e (=0,22) \dots \dots \dots \text{z tabulek :}$
 $X = 0,56, Y = 1,99,$
 $V = 1$

$F_e = 164,71 \text{ N}$

3) Určení základní dynamické únosnosti (C) pro požadovanou základní trvanlivost (L):

- z rovnice trvanlivosti (49) určíme \underline{C}

$$L = \left[\frac{C}{F_e} \right]^m \quad (49)$$

z tabulek:

$L_h = 15\,000$ hod.

$m = 3$ (kuličk.ložisko)

$$C = \sqrt[m]{L} \cdot F_e$$

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n} \cdot 10^6 \quad (50) \quad \dots \text{odtud} \quad L = \frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{10^6}$$

$$\underline{L = 2\,700}$$

$$\underline{C = 13,92 \cdot F_e}$$

4) Návrh a kontrola valivého ložiska

Ložisko A: $\underline{C = 3\,455 \text{ N}}$ ($\sim C_{\text{tab.}} = 3\,550 \text{ N}$)

$$\frac{F_a}{C_0} = 0,0254 \quad \left(\sim \left| \frac{F_a}{C_0} \right|_{\text{tab.}} = 0,028 \right)$$

Z vypočtených hodnot určeno z tabulek:

LOŽISKO 6000 ČSN 02 46 30

Zvolené ložisko je určeno pro hřídel $\emptyset d = 10 \text{ mm}$.

Ložisko B: $\underline{C = 2\,293 \text{ N}}$ ($\sim C_{\text{tab.}} = 3\,550 \text{ N}$)

$$\frac{F_a}{C_0} = 0,0254 \quad \left(\sim \left| \frac{F_a}{C_0} \right|_{\text{tab.}} = 0,028 \right)$$

Z vypočtených hodnot určeno z tabulek stejné ložisko:

LOŽISKO 6000 ČSN 02 46 30

Zvolené ložisko je určeno pro hřídel $\emptyset d = 10 \text{ mm}$.

5. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Ekonomické zhodnocení obsahuje výpočet mzdových nákladů v porovnání starého a nového způsobu opracování.

Norma spotřeby času:

- stará technologie ~ 6,7 min.
- nová technologie ~ 3,3 min.

Mzdové náklady na 1 kus vyráběné součásti:

- tarif na 1 pracovníka je 20,167 Kčs za 100 min.
- stará technologie $\frac{20,167}{100} \cdot 6,7 = 1,35$ Kčs
- nová technologie $\frac{20,167}{100} \cdot 3,3 = 0,67$ Kčs

Úspora mzdových nákladů na 1 kus je tedy:

$$1,35 - 0,67 = \underline{0,68 \text{ Kčs}}$$

Celková úspora mzdových nákladů

- při roční produkci v průměru 10 000 ks/rok je pak úspora:
 $0,68 \text{ Kčs} \cdot 10\,000 \text{ ks} = \underline{6\,800,- \text{ Kčs}}$

Průměrnou roční produkci 10 000 kusů jsem bral jako přibližný údaj za poslední dobu, záleží však na četnosti zakázek během roku, která v posledních letech klesá.

6. ZÁVĚR

Úkolem mé diplomové práce bylo vyřešit praktický problém, týkající se obrábění hliníkových žebrových trubek. Držel jsem se pokynů o využití stávajícího strojního zařízení, které odstraňovalo žebra v požadované délce pouze na jedné straně trubky a po otočení i na straně druhé. Ve své práci jsem navrhl celek, který se umístí na původní stroj a tím umožní současně obrobení žeber z trubky na obou koncích najednou. Tento celek se skládá z upínacího zařízení, zajišťující dostatečně tuhé upnutí i při malé délkové úchylce trubky a řezné části, provádějící obrobení trubky v požadované délce. Jestliže dříve bylo nutné otočení trubky mezi operacemi, nyní tento úkon odpadá, čímž dojde k 50-ti %-ní úspoře strojního času a tím tedy i k úspoře mzdových nákladů ve výši 50 %.

Pro tento návrh jsem se rozhodl především z důvodu nenáročnosti, dostupnosti a nízké pořizovací ceně použitých součástí u zařízení.

Návrh jsem prodiskutoval nejen se svým konzultantem, ale dbal jsem i rad a připomínek pracovníků, kteří jsou se zařízením v praktickém styku.

Závěrem d ě k u j i za pomoc při vypracování tohoto problému svému vedoucímu diplomové práce Ing. Karlu Bukačovi i podnikovému konzultantovi a pracovníkům st. p. FEROX, kteří mi poskytli nezbytné rady při řešení daného problému.

LITERATURA

- / 1/ Příklad Z. - Musílková R.: TEORIE OBRÁBĚNÍ, 3.vydání
SNTL Praha 1982
- / 2/ M.Drica - L. Rajtabarg : ALJUMINIEVYE SPLAVY - 13.vydání
MOSKVA
- / 3/ Chvojka - Brzobohatý : ZPRACOVÁNÍ A POUŽITÍ HLINÍKU
A JEHO SLITIN, 1 vydání SNTL PRAHA 1961
- / 4/ Moucha - kol. : TEORIE OBRÁBĚNÍ, 1.vydání PRAHA 1985
- / 5/ Kolektiv : STROJÍRENSTVÍ, 9. vydání 1986
- / 6/ Píšek - Jeníček - Ryš: NAUKA O MATERIÁLU - sv.3
NEŽELEZNÉ KOVY Academia PRAHA 1973
- / 7/ Řasa J. : TECHNOLOGICKÁ CVIČENÍ - NÁVRH NÁSTROJŮ PRO
OBRÁBĚNÍ, SNTL PRAHA 1981
- / 8/ Schmidt R. : PŘÍRUČKA ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ, SNTL PRAHA 1974
- / 9/ J.Řasa a kol.: VÝPOČETNÍ METODY V KONSTRUKCI ŘEZNÝCH
NÁSTROJŮ, SNTL PRAHA 1986
- /10/ Dráb a kol.: TECHNOLOGIE I, scripta VŠST LIBEREC 1985
- /11/ Kolektiv: ŘEZNÉ KAPALINY a JEJICH EFEKTIVNÍ VYUŽITÍ VE
STROJÍRENSTVÍ, PRAHA 1984
- /12/ DP - M.Scheibinger : DATABANKA ŘEZNÝCH PODMÍNEK PRO
FRÉZOVÁNÍ, LIBEREC 1989 VŠST
- /13/ Časopisecká literatura
- /14/ Podniková literatura
- /15/ Čs. státní normy - ČSN 22 2125,
ČSN 24 3324
ČSN 02 3110