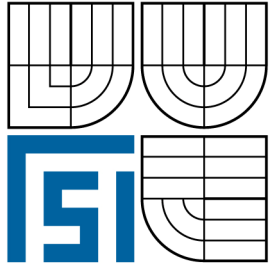




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH REALIZACE TECHNOLOGIE SOUČÁSTI**  
**„TRAKČNÍ KOTOUČ LANOVÉHO VÝTAHOVÉHO**  
**STROJE“**

**SOLUTION TECHNOLOGY OF PART "SOLID BELT PULLEY OF HOIST-ELEVATOR"**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. ZDENĚK PROCHÁZKA**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. MILAN KALIVODA**

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2009/10

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Procházka Zdeněk, Bc.

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

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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:

**Návrh realizace technologie součásti "trakční kotouč lanového výtahového stroje".**

v anglickém jazyce:

**Solution technology of part "solid belt pulley of hoist-elevator".**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukčně-technologický rozbor součásti (funkce, rozměry, výběr materiálu). Vymezení podmínek pro zavedení do výroby (definování firemních podmínek). Návrh technologie pro konkrétní podmínky ve 2 variantách. Specifikace moderních nástrojů a strojů. Vzájemné ekonomické zhodnocení.

Cíle diplomové práce:

Prokázání schopnosti kompletace podkladů pro TPV v podmínkách konkrétní firmy s využitím moderních nástrojů a strojů. Formulace nezbytných kritérií v závislosti dle objemu výroby. Doložení přínosů pro firmu.

Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kalivoda


Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 20.11.2009

L.S.



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Návrh technologie výroby trakčního lanového kotouče výtahového stroje, konstrukčně technologický rozbor součástí, funkční rozbor drážek, výběr materiálu polotovaru, výběr řezných materiálů a specifikace výrobních strojů. Vytvoření pracovních postupů vybraných variant řešení výroby, ekonomické zhodnocení a zpracování programů pro výrobu na CNC strojích. Návrh provedení zkoušek funkčnosti nového výrobku.

**Klíčová slova**

Výtah, trakční lanový kotouč, drážka, polotovar, odlitek, obrábění, obráběcí centrum, zkouška, kontrola

**ABSTRACT**

This diploma work deals with a production technology of a tractive bearer rope wheel as a part of a hoist-elevator. A design and technological analysis of the components is studied, including a functional analysis of the grooves, a selection of the material of semi-manufactured blank, a selection of the cutting materials and production machines also. New CNC programs for production of the part have been worked-out. The work includes some suggestions for testing of the part function.

**Key words**

Hoist-elevator, wheel, CNC, testing, production

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PROCHÁZKA, Z. *Návrh realizace technologie součástí "trakční kotouč lanového výtahového stroje"*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 60 s., 17 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Milan Kalivoda.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Návrh realizace technologie součásti "trakční kotouč lanového výtahového stroje"* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

14.5.2010

.....  
Bc. Zdeněk Procházka

## **Poděkování**

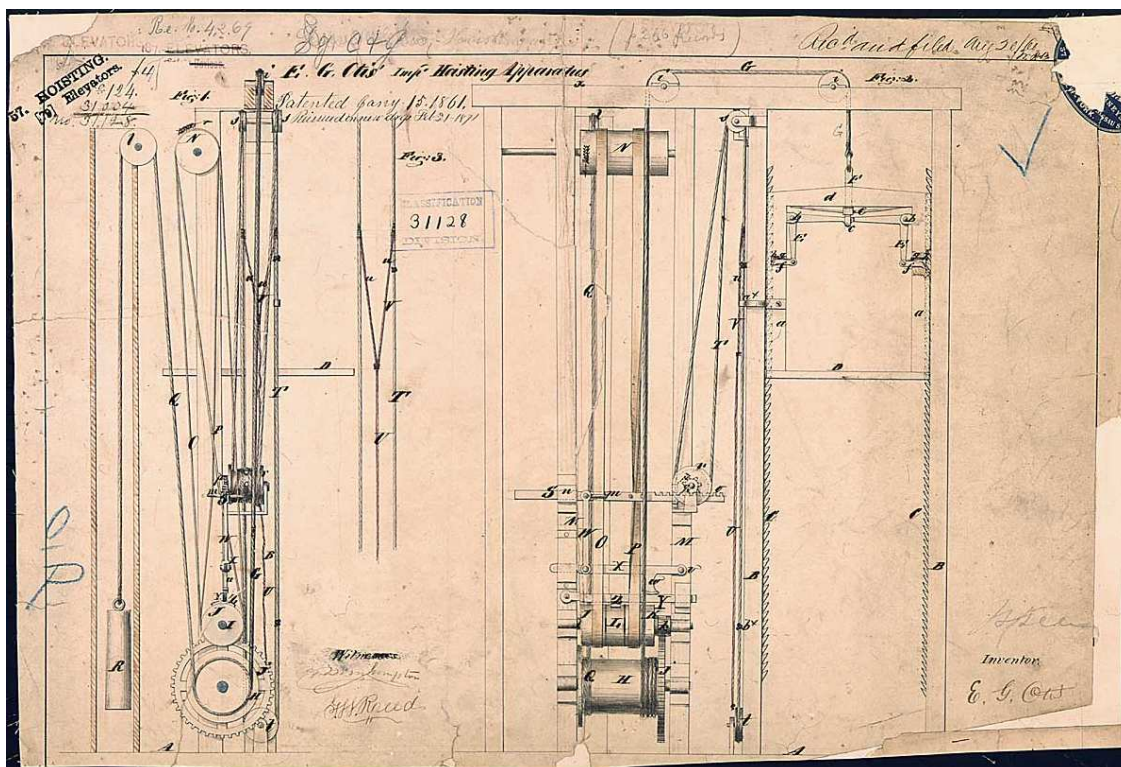
Děkuji tímto paní Naděždě Polové z fy. PBS Turbo Velká Bíteš a.s., dále Ing. Milanu Kalivodovi z FSI VUT Brno a v neposlední řadě svému zaměstnavateli, firmě Výtahy s.r.o. Velké Meziříčí za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH .....	7
ÚVOD.....	8
1 SPECIFIKACE SOUČÁSTI, ZAŘAZENÍ DO CELKU.....	9
1.1 Koncepce bezstrojovného výtahu .....	9
1.2 Trakční lanový kotouč.....	10
1.3 Definice úkolů pro technickou přípravu výroby – TPV .....	11
2 PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA VÝROBY.....	12
2.1 Drážkování věnce.....	12
2.2 Kontrola tlaku v drážce .....	13
2.3 Součinitel smykového tření.....	15
2.4 Výpočet trakční schopnosti.....	16
2.5 Výběr drážky .....	16
3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE.....	17
3.1 Materiál trakčního lanového kotouče .....	18
3.1.1 Litina s lupínkovým grafitem.....	19
3.1.2 Litina s kuličkovým grafitem .....	20
3.2 Konstrukční řešení trakčního kotouče .....	21
3.2.1 Výběr konstrukčních řešení pro realizaci.....	22
3.2.2 Vyhodnocení a směry dalšího řešení .....	25
3.3 Technologická příprava výroby součástí .....	26
3.3.1 Výroba polotovaru .....	26
3.3.2 Metody třískového obrábění.....	29
3.3.3 Montáž .....	31
3.3.4 Povrchová úprava .....	31
3.3.5 Tepelné zpracování.....	32
3.4 Vymezení podmínek pro zavedení do výroby.....	33
3.4.1 Strojní park.....	33
3.4.2 Technická data.....	36
3.4.3 Materiály pro řezné nástroje.....	37
4 PRACOVNÍ POSTUPY.....	40
4.1 Vyhodnocení výrobní metody .....	42
4.1.1 Určení celkových časů .....	42
4.1.2 Kritéria pro stanovení celkových nákladů .....	43
4.1.3 Náklady – varianta A, monoblok odlitek LLG.....	44
4.1.4 Náklady – varianta D, náboj LLG, věnec LKG .....	44
5 SESTAVENÍ PROGRAMU S PODPOROU CAD/CAM.....	46
6 OVĚŘENÍ A KONTROLA NOVÉHO VÝROBKU.....	49
6.1 Příprava zkušebních vzorků .....	50
6.2 Srovnávací zkouška přenosu trakce.....	52
ZÁVĚR.....	56
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	57
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	59
SEZNAM PŘÍLOH.....	60

## ÚVOD

Výtahem rozumíme strojní zařízení, které slouží k vertikální dopravě osob a břemen mezi dvěma nebo více místy. Dopravované osoby nebo břemena spočívají při dopravě na plošině, která je nosnou částí kabiny nebo klece. Klec je vedena pevnými vodítky, která jsou zakotvena v šachtě výtahu. Vodítka umožňují jediný pohyb klece – přímočarý posuv nahoru a dolů. Klec je zavěšena na jednom nebo více nosných orgánech, které ji spojují s motorickým zdvihacím ústrojím, tzv. výtahovým strojem<sup>(1)</sup>.



Obr. 1 Otis elevator patent 1861<sup>(2)</sup>

Rozdělení výtahů podle druhu pohonu:

- a) výtahy s elektrickým pohonem
- b) výtahy s hydraulickým pohonem
- c) výtahy s pneumatickým pohonem

Všechny tyto výtahy se dělí dle dopravovaného nákladu na osobní, osobonákladní a nákladní. U elektrických výtahů, které nás zajímají, můžeme hovořit o pohonu pomocí:

- a) pastorku s ozubeným řemenem
- b) řetězového kola
- c) bubnu
- d) trakčního kotouče<sup>(1)</sup>.

Každý z těchto pohonů má své oblasti použití, firma Výtahy s.r.o. Velké Meziříčí má ve svém výrobním programu výtahy s hydraulickým a elektrickým pohonem, u elektrických výtahů používá pohon pomocí řetězového kola, bubnu a trakčního kotouče.

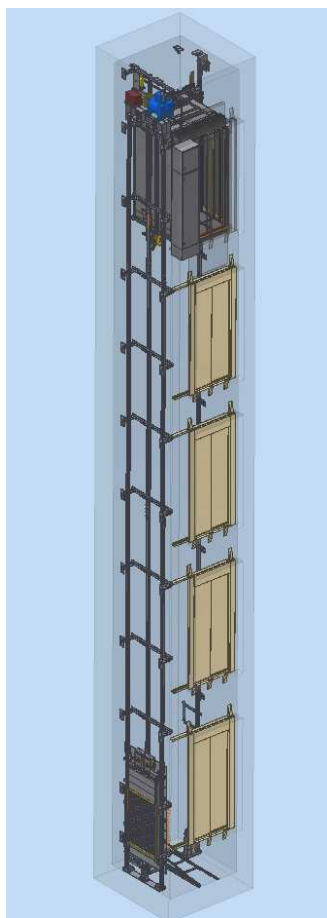
Firma Výtahy s.r.o. musela v návaznosti na celosvětový trend zařadit do svého výrobního programu výtahy s trakčním lanovým pohonem bez strojovny, kdy celá technologie je umístěna pouze ve výtahové šachtě a jejím opláštění. Tento trend, který je všeobecně vítaný u investorů staveb a architektů, s sebou přináší nové problémy s následným servisem, ale hlavně na nová konstrukční řešení se značnými technologickými nároky.

## 1 SPECIFIKACE SOUČÁSTI, ZAŘAZENÍ DO CELKU

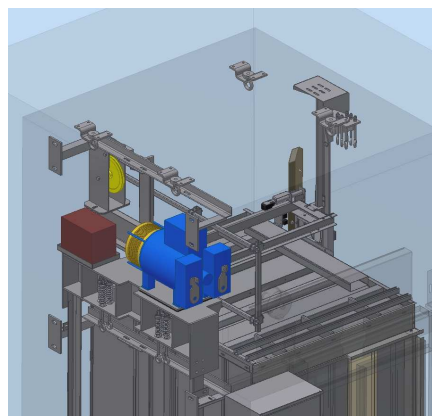
Výtahový stroj s trakčním lanovým kotoučem tvoří jednu z hlavních částí výtahu, která je podřízena přísným kritériím ČSN EN 81 - 1.

### 1.1 Koncepce bezstrojnového výtahu

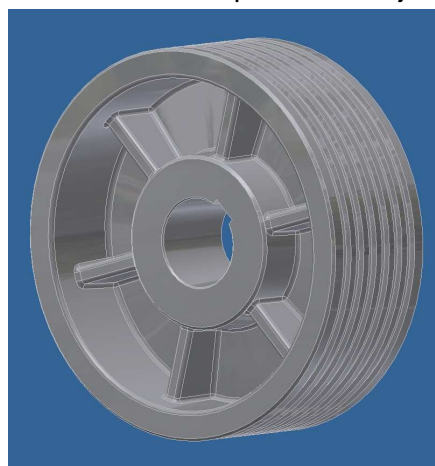
Bezstrojnový výtah firmy Výtahy s.r.o. dle obr. 1.1 využívá trakčního pohonu s hnacím lanovým kotoučem. Stroj je umístěn v horní části šachty vedle klece, hnací kotouč je jedenkrát opásán, lanový převod použit 2 : 1, zde pro menší dopravní zdvihy bez kompenzace. Volbě lanového systému je třeba věnovat velkou pozornost, poněvadž na něm do značné míry závisí životnost lan.<sup>(1)</sup> Použito je ocelového lana o průměru 6 mm, dle EN 12385 - 5.



Obr. 1.1 Bezstrojnový výtah



Obr. 1.2 Detail prostoru stroje



Obr. 1.3 Trakční lanový kotouč

## 1.2 Trakční lanový kotouč

Přenos obvodové hnací síly z lanového kotouče na nosná lana je umožněn výhradně třením, součástí, jenž toto umožňuje je právě trakční lanový kotouč dle obr. 1.3.

Životnost lan vzrůstá s rostoucím průměrem hnacího kotouče. Minimální průměr hnacího kotouče se stanoví v závislosti na jmenovitém průměru nosného lana podle vztahu:

Minimální průměr lana pro jmenovitou rychlost výtahu do 1, 4 m·s<sup>-1</sup>(<sup>1</sup>):

$$\frac{Dh}{d} \geq 40 \quad (1.1)$$

respektive

Minimální průměr lana - jmenovitá rychlost výtahu nad 1, 4 m·s<sup>-1</sup> (<sup>1</sup>):

$$\frac{Dh}{d} \geq 45 \quad (1.2)$$

Kde:

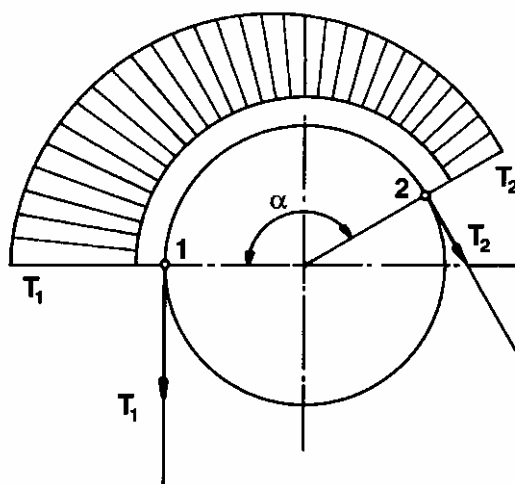
Dh – průměr lanového kotouče [mm]

d – průměr lana [mm]

S nástupem bezpřevodových výtahových strojů v posledních 10-ti letech bylo nutno zmenšovat i trakční kotouče. Nyní se tedy používají lana o průměru 6 mm a k nim přísluší dle vztahu minimální průměr lanového kotouče Dh = 240 mm. Z konstrukčního hlediska a v návaznosti na ostatní technologie je zvolen průměr 280 mm.

Větec kotouče je drážkován. V současné době se běžně používají drážky dvou různých profilů. Drážky hnacího kotouče budou přesně rozebrány a specifikovány v kapitole č. 2. Schopnost přenosu hnací síly vzrůstá se zmenšujícím se úhlem drážky, současně však vzrůstá opotřebení lana a klesá jeho trvanlivost. Úhel drážky proto nesmí být menší než 32°. Příčinou opotřebení je jednak vtlačování lan do drážek kotouče, jednak tzv. plížení lana v drážce. Plížení lana je elementární skluz lana v drážce resultující z rozdílného tahu v laně v různých místech podél opásání kotouče(<sup>1</sup>).

Na nabíhající straně hnacího kotouče je větší zatížení, a tedy i větší poměrné prodloužení lana než na straně sbíhající (obr.1.4). Deformace povrchu drážky kotouče v tangenciálním směru je v podstatě nulová, a proto dochází ke skluzu mezi kotoučem a lanem, jehož následkem je opotřebení lana i povrchu drážky. Toto opotřebení vzrůstá s rostoucím měrným tlakem mezi lanem a kotoučem.

Obr. 1.4 Poměry na trakčním lanovém kotouči <sup>(3)</sup>

Tímto je možno již zde definovat první dílčí závěr – materiál věnců kotoučů s více drážkami musí být homogenní se stejnou tvrdostí v oblasti všech drážek, aby opotřebení bylo všude stejné. V opačném případě dochází u drážek více opotřebovaných k delšímu skluzu lan následkem menší obvodové rychlosti a povrch drážek se ještě více vydírá<sup>(1)</sup>. Tento problém musíme mít na zřeteli o to více, když používáme menších kladek.

### 1.3 Definice úkolů pro technickou přípravu výroby – TPV

Vedení společnosti rozhodlo o řešení návrhu výroby nového trakčního lanového kotouče, který by řešil problémy stávajících kotoučů používaných v běžné praxi, v souladu s firemními závazky na jakost a environmentální aspekty výroby pro rok 2010.

Požadavky na řešení:

- trakční kotouč musí být kompatibilní pro stroje zahraniční provenience, v současnosti běžně používané,
- trakční kotouč bude používán pro výrobu připravovaného stroje vlastní výroby,
- maximální využití vlastních výrobních prostředků,
- kotouč bude vyroben z materiálů z dostupných zdrojů,
- jeden kus bude vyroben a zkontrolován ve zkušební věži,
- před schvalovacím procesem bude dokumentace TPV se všemi nedílnými částmi, tedy:
  - a) projektovou přípravou výroby (PPV)
  - b) konstrukční přípravou výroby (KPV)
  - c) technologickou přípravou výroby (TgPV)

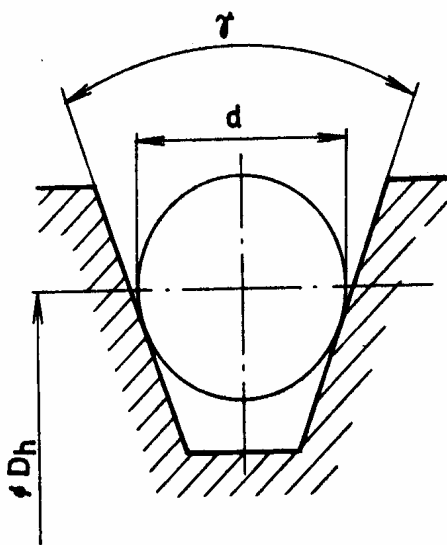
předložena vedení společnosti k posouzení a následnému vybrání vyhovující varianty řešení.

## 2 PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA VÝROBY

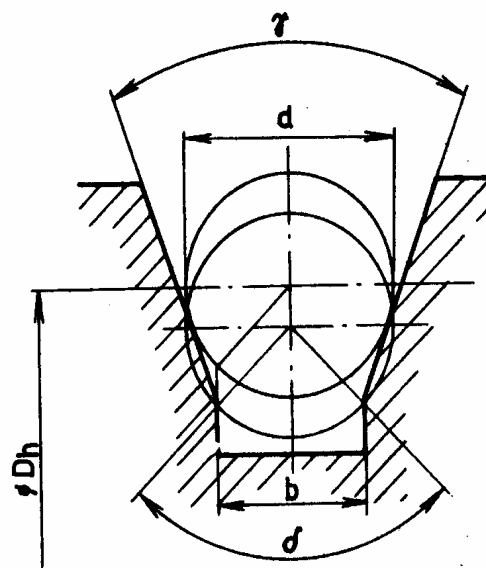
U součásti trakční lanový kotouč se musí vždy na přípravě výroby podílet i projektant výtahu, který jako jediný zná přesné zařazení do celku zařízení.

### 2.1 Drážkování věnce

Výběru drážky je nutno přiložit zvláštní pozornost. Je možno uvažovat použití dvou různých profilů drážky a jejich modifikací. Prvním možným typem je klínová drážka tvaru „V“ s úhlem  $35^\circ$  až  $45^\circ$  dle obr. 2.1 a klínová drážka „V“ se zářezem dle obr. 2.2<sup>(1)</sup>.



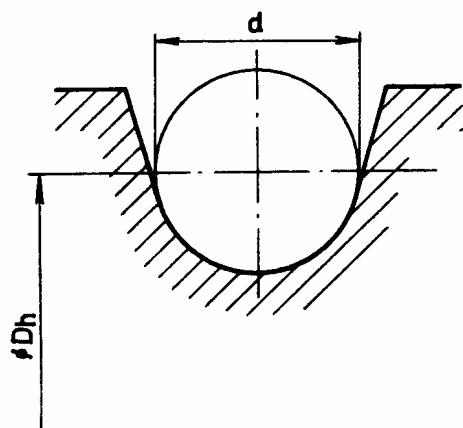
Obr. 2.1 Klínová drážka <sup>(1)</sup>



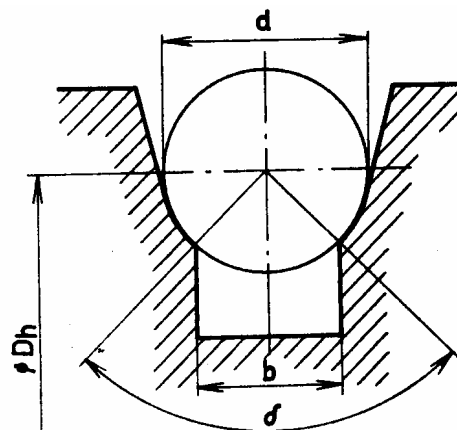
Obr. 2.2 Klínová drážka se zářezem <sup>(1)</sup>

U těchto drážek vzrůstá schopnost přenosu hnací síly se zmenšujícím se úhlem drážky, avšak se zmenšujícím se úhlem klesá životnost<sup>(1)</sup>.

Alternativním typem je polokruhová drážka, nebo polokruhová drážka se zářezem dle vyobrazení obr. 2.3 a 2.4.



Obr. 2.3 Polokruhová drážka <sup>(1)</sup>



Obr. 2.4 Polokruhová drážka se zářezem<sup>(1)</sup>

Těchto se používá tam, kde již není možno z důvodu vysokého měrného tlaku mezi lanem a drážkou užít drážky klínové. Zaručují zvýšení životnosti nosných lan, avšak trakční schopnost je podstatně menší než u drážek klínových, což vyžaduje větší úhel opásání, který ze systému trakčního výtahu dosáhneme pomocí zvýšení vzdálenosti mezi kladkou nebo zvoleným systémem se dvojnásobným opásáním lanového kotouče<sup>(1)</sup>. Je tedy patrné, že zde stojíme před volbou jednoho, či druhého systému drážkování věnce.

Proto je v ČSN EN 81 – 1 a v odborné literatuře doporučen algoritmus výpočtu drážek trakčního kotouče a to u obou kritérii bezpečnosti.

1. Kontrola tlaku v drážce kotouče.
2. Výpočet součinitele smykového tření v drážce<sup>(4)</sup>.

## 2.2 Kontrola tlaku v drážce

Pro konkrétní typ výtahu je zadání následující:

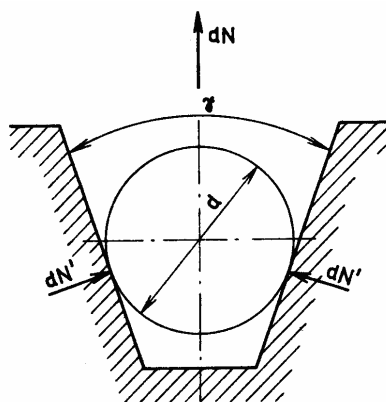
Q =	630 kg	– nosnost výtahu
K =	730 kg	– hmotnost klece
Z =	1045 kg	– hmotnost vyvažovacího závaží
L =	20 kg	– hmotnost jedné větve nosných lan
$i_k$ =	2	– lanový převod
$\gamma$ =	42°	– úhel drážky
$\alpha$ =	180°	– úhel opásání
$v_c$ =	0,63 m·s <sup>-1</sup>	– rychlost výtahu
m =	6	– počet lan

Maximální statický tah v lanech na straně klece<sup>(1,3,4)</sup>:

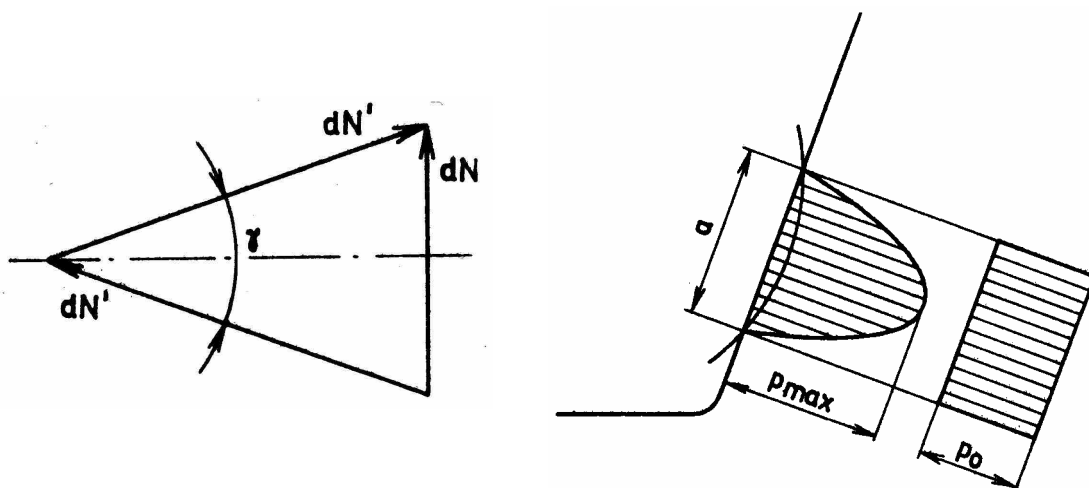
$$T = \left( \frac{K + Q}{i_k} + L \right) \cdot g \quad (2.1)$$

$$T = \left( \frac{730 + 630}{2} + 20 \right) \cdot 10 = 7000 \text{ N}$$

a) Klínová drážka



Obr. 2.5 Elementární reakce v drážce<sup>(1)</sup>

Obr. 2.6 Uvolnění reakcí, průběh měrného tlaku <sup>(1)</sup>

Maximální měrný tlak má hodnotu<sup>(3)</sup>:

$$P_{\max} = \frac{3 \cdot \pi \cdot T}{m \cdot 2D \cdot d \cdot \sin \frac{\gamma}{2}} \quad (2.2)$$

$$P_{\max} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 7000}{6 \cdot 2 \cdot 280 \cdot 6 \cdot \sin 21}$$

$$P_{\max} = 9,13 \text{ MPa}$$

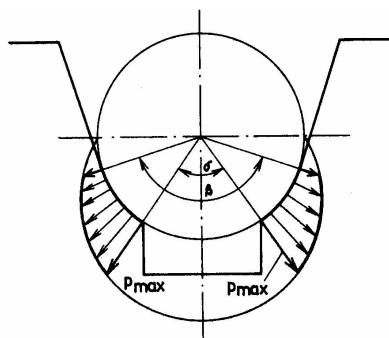
Vztah dle ČSN EN 81 – 1 musí být menší než

$$P_{dov} = \frac{12,5 + 4 \cdot v_c}{1 + v_c}$$

$$P_{dov} = \frac{12,5 + 4 \cdot 0,63}{1 + 0,63}$$

$$P_{dov} = 9,21 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Drážka vyhovuje}$$

b) Polokruhová drážka

Obr. 2.7 Průběh měrného tlaku v drážce <sup>(1)</sup>

Maximální měrný tlak má hodnotu:

$$P_{\max} = \frac{8 \cdot T \cdot \cos \frac{\delta}{2}}{m \cdot D \cdot d \cdot (\beta - \delta + \sin \beta - \sin \delta)} \quad (2.3)$$

$$P_{\max} = \frac{8 \cdot T \cdot \cos \frac{\delta}{2}}{m \cdot D \cdot d \cdot (\beta - \delta + \sin \beta - \sin \delta)}$$

$$P_{\max} = \frac{8 \cdot 7000 \cdot \cos 52,5^\circ}{6 \cdot 280 \cdot 6 \cdot \left( \frac{\pi}{2} - \frac{105}{180} \cdot \pi - \sin 105^\circ \right)}$$

$$P_{\max} = \frac{34090,64}{10080 \cdot (0,9867 \cdot 2,17567)} = 1,57 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Drážka vyhovuje}$$

### 2.3 Součinitel smykového tření

Součinitel smykového tření v drážce je hlavním faktorem pro výpočet trakční schopnosti výtahu.

$f'$  - součinitel smykového tření v drážce

$f$  - součinitel smykového tření na nosné ploše = 0,09<sup>(1,4)</sup>

a) pro klínovou drážku platí vztah<sup>(1,4)</sup>:

$$f' = f \cdot \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \quad (2.4)$$

$$f' = \frac{0,09}{\sin 21^\circ}$$

$$f' = 0,251$$

b) pro polokruhovou drážku se zářezem platí vztah<sup>(1,3)</sup>:

$$f' = 4 \cdot f \cdot \frac{1 - \sin \frac{\delta}{2}}{\pi - \delta - \sin \delta} \quad (2.5)$$

$$f' = 4 \cdot 0,09 \cdot \frac{1 - \sin 60^\circ}{\pi - \frac{105}{180} \cdot \pi - 105^\circ}$$

$$f' = 4 \cdot f \cdot \frac{0,0744}{2,5582 \cdot 2,175}$$

$$f' = 0,2168$$

## 2.4 Výpočet trakční schopnosti

Při známém součiniteli smykového tření se trakční schopnost lanového kotouče počítá dle ČSN EN 81 – 1 jak při nakládání, tak při plně zatížené kleci v dolní stanici, při prázdné kleci v horní stanici (u obou případů jak při rozjezdu, tak i při dojezdu) a při najetí naložené klece na nárazníky<sup>(4)</sup>.

Ne vždy je však možno zjistit všechny údaje pro výpočet, tento je složitý, lze použít algoritmus pro jednoduchý výpočet, který využijeme<sup>(3)</sup>.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1,25 \cdot Q + K}{z} \quad (2.6)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1,25 \cdot 630 + 730}{1045} = 1,452$$

$$\frac{T_1}{T_2} \cdot C \leq e^{f \cdot \alpha} \quad (2.7)$$

$$\text{kde } c = \frac{g_n + 1}{q - 1} = \frac{10,81}{8,81} = 1,227$$

$$1,452 \cdot 1,227 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$1,782 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$f_{\min} = 0,2046$$

## 2.5 Výběr drážky

Z předchozích výpočtů je zjevné, že oba typy drážek pro zkoumaný případ vyhovují.

Ze zkušenosti z poslední doby, kdy byly nasazeny do provozu výtahy s extrémně malými průměry lanovnic a malými průměry lan, kdy všechny tyto výpočty souhlasí, ale dochází k mechanickému porušení drážek se musí zkoumat další vlivy provozu.

Vlivy poškozující drážku:

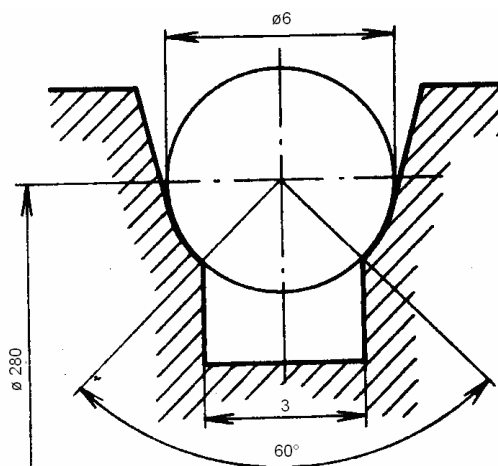
- špatné usazení trakčního kotouče proti závěsu lan nebo proti odkláněcím kladkám, kdy šikmý tah v laně způsobuje namáhání pouze jedné poloviny drážky v náběžné hraně lanovnice,
- nestejně napnutá lana – při malém průměru lan je nutno přidávat počet lan. Při počtu 6-ti ks lan je velký problém při lanování 1 : 2 a zdvihu kolem 30 m všech 6 lan napnout na pružném závěsu na stejný tah. Dochází potom k neúměrnému opotřebení jednotlivých drážek,
- tepelná roztažnost lan, kdy koeficient roztažnosti lana není normou vyžadován, dochází k jevu, že lano, které je vinuto ve šroubovici se teplotou prodlužuje, tím se mění i periodičita záběru a pak dochází k abrazivnímu opotřebení drážek,<sup>(1,3)</sup>

d) nepřesný výpočet hmotnosti klece - je samozřejmostí, že je nutno stroj začít vyrábět v předstihu, aby se stihl dodržet termín uvedení do provozu. Mnohdy ještě investor neví, jak má výtah vypadat. Není potom problém, aby klec ve finálním provedení byla o 200 kg těžší, než byl záměr. Rozdíl ve hmotnosti se samozřejmě dá vyvážit na závaží, aby zařízení fungovalo, tedy, aby byla dodržena trakční schopnost, ale nedá se nic dělat s tlakem v drážce.

Dílčí závěr:

Z těchto důvodů si tedy musíme vybrat drážku, která zaručuje trakční schopnost a má dostatečnou rezervu v hodnotě maximálního tlaku v drážce třecího kotouče.

Volíme tedy U – drážku se zářezem pro lano 6 mm dle obr. 2.8.



Obr. 2.8 Drážka pro lano pro řešený případ <sup>(1)</sup>

### 3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE

Technologičnost konstrukce není jednoznačný pojem. Technologické hledisko konstrukce je do určité míry vázáno na výrobní podmínky závodu, v němž se bude součást vyrábět, na počet součástí, které se budou v určitém časovém soudobí vyrábět. Technologičnost konstrukce je pojem komplexní, zahrnující všechny faktory, které konstruktér uvažuje při navrhování jednotlivých součástí i celého výrobku a je ovlivňována mnoha činiteli.

Nejpodstatnějšími činiteli pro posuzování součástí jsou:

- volba materiálu,
- volba polotovarů a přídavků,
- dodržení tvaru a geometrie součástí, tj. volba způsobu obrábění, strojů a nástrojů,
- specifikace základů,
- zvýšení produktivity práce a efektivnost výroby<sup>(5,6)</sup>.

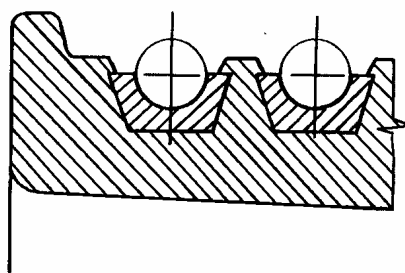
### 3.1 Materiál trakčního lanového kotouče

Pro výrobu lanového kotouče musíme hledat materiál, který při solidní tvrdosti a homogenitě povrchu zaručí vysoký součinitel tření s ocelí, ze které je vyrobeno lano. Ze základních materiálů, které jsou k dispozici, můžeme při výrobě uvažovat tyto:

- oceli,
- polyamidy,
- litiny.

U oceli lze využít dobré homogenity a tvrdosti, ale součinitel tření je tak nízký, že oceli jsou pro tento druh součásti nevyhovující.

V oblasti polyamidů došlo v poslední době k výraznému posunu užitečných vlastností výrobků. Samozřejmě je snaha tyto materiály, které svou hmotností a cenovou progresí nahrazují zaběhnuté konstrukční materiály, použít i ve výtahové technice. Po úspěšném použití polyamidů na odkláněcí a závěsné kladky, přes zdárné použití u navíjecích bubnů, byly učiněny pokusy užít tento materiál i na trakční kotouče výtahových strojů. Jedním směrem, kterým se vývoj ubíral, bylo vyztužení matrice polyamidů ocelovými vlákny, tady forma kompozitu, tento vývoj provedl dodavatel výše uvedených komponentů, firma Schwartz- plastic, ale vývoj nepřinesl hmatatelné výsledky. Dalším způsobem užití polyamidů je použití pružné vložky drážky dle fy. OTIS Elevátor Co. dle obrázku 3.1.



Obr. 3.1 Polyamidová pružná vložka <sup>(3)</sup>

Tato vložka byla s úspěchem nasazena u výtahů s rychlostí kolem 5 m/s, kdy se projevily výhody tlumení materiálů, ale tento způsob díky složité výrobě a specifické funkci nenašel uplatnění pro běžně sériově vyráběné typy výtahů. <sup>(3)</sup>

Nejstarším, pravděpodobně nejlepším a v současnosti prakticky jediným způsobem je použití litiny. Litina, pokud splňuje nároky na homogenitu (což se dá kontrolovat) je pevnostně vynikající a splňuje i požadavky na koeficient tření. Tento materiál bude nadále preferován i v této práci.

**Litiny** jsou slitiny železa s uhlíkem, křemíkem, manganem a dalšími prvky, v nichž obsah uhlíku činí minimálně 2 %. Grafitické litiny neobsahují volný cementit a mají veškerý uhlík nebo jeho převážnou část vyloučenu jako grafit. Tyto slitiny mají ve srovnání s ocelí mnohé přednosti – o cca 8 % nižší měrnou hmotnost, lepší obrobiteľnosť a třecí vlastnosti, větší schopnost tlumení a menší citlivost na vruby. U litin s výhodnějšími tvary grafitu lze

dosáhnout mechanických vlastností srovnatelných s ocelí a přitom zachovat jejich specifické vlastnosti<sup>(7)</sup>.

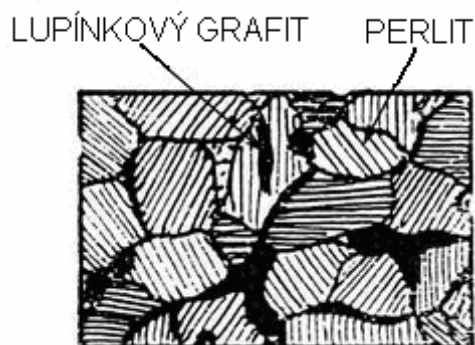
Mechanické vlastnosti závisí nejen na tvaru a velikost grafitu, ale i na matici (feritická, feriticko – perlitická, perlitická), což je základní kovová hmota, ve které je uložen grafit. Se zvyšujícím se podílem perlitu ve struktuře narůstají pevnostní charakteristiky a naopak tažnost či houževnatost klesají<sup>(8)</sup>. Konkrétní údaje poskytuje tabulka 3.1.

Tab.3.1 Vlastnosti litin<sup>(8)</sup>

Litiny	Feritická matrice	Feriticko-perlitická matrice	Perlitická matrice
Litina s lupínkovým grafitem	100-155HB Rm=100-200MPa	120-195 HB Rm=150-300MPa	145-215 HB Rm=250-350MPa
Litina s kuličkovým grafitem	Rm=350-400MPa A=15-22%	Rm=400-600MPa A=3-10%	Rm=600-900MPa A=2%
Litina s vermikulárním grafitem	Mechanické vlastnosti leží mezi litinou s lupínkovým a kuličkovým grafitem.		
Temperovaná litina s bílým lomem	Rm=350- 550MPa A=4-12% 200-250HB		
Temperovaná litina s černým lomem	Rm=350-800MPa A=1-10% 140-320HB		

### 3.1.1 Litina s lupínkovým grafitem

Litina s lupínkovým grafitem ČSN EN 1561 je definována jako slitina železa a uhlíku na odlitky, v níž je volný uhlík přítomen jako grafit, převážně ve tvaru laterálních částic – lupínků<sup>(7)</sup>.



Obr. 3.2 Litina s lupínkovým grafitem s maticí perlitickou<sup>(8)</sup>

Je to poměrně levný konstrukční materiál s dobrými slévárenskými vlastnostmi. Protože lupínky grafitu vytváří v základní kovové hmotě litiny velké množství vrubů, snižují mechanické vlastnosti. Deformační charakteristiky jsou minimální, tažnost těchto litin je menší než 1 %.<sup>(7)</sup> Na druhé straně se lupínky grafitu projevují pozitivně ve struktuře zvýšením schopnosti útlumu a tím snížením citlivosti na účinek vrubů. Skutečnost, že grafit je téměř spojitý rozvětvený útvar se projevuje také kladně na slévárenských vlastnostech, které jsou s ohledem na vynikající zabíhavost a s relativně malým sklonem k smršťování, nejlepší z grafitických litin. Dále mají grafitické litiny, litina LLG obzvláště, lepší tepelnou vodivost než oceli. Kromě tvaru grafitu je také důležitá velikost grafitických částic, čím více máme částic a jsou menší, tím se zvyšuje pevnost litiny<sup>(8)</sup>.

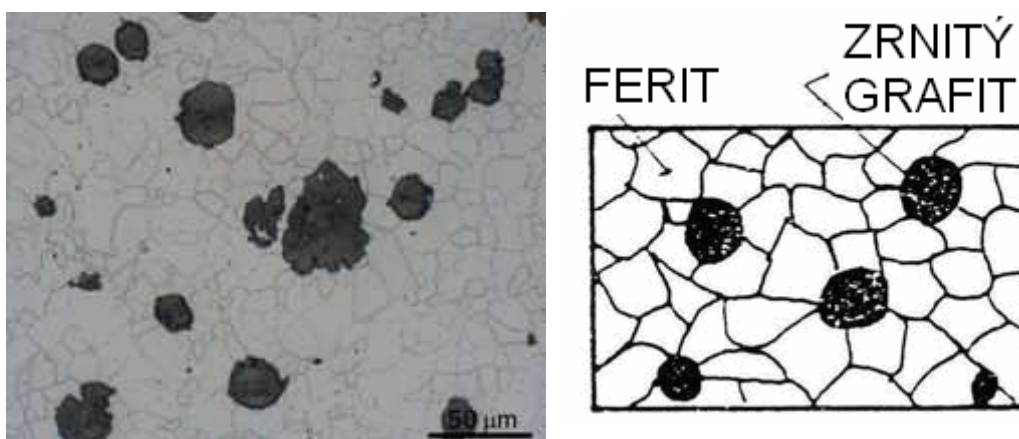
Prvním materiálem, který bude uvažován na výrobu trakčního kotouče, je litina EN GJL 200, dle označení ČSN – 42 2420, se svými charakteristikami utříděnými do materiálové tabulky v příloze 1.

Tato litina, která je zařazována mezi očkované litiny, které jsou obvykle očkované 75% ferosiliciem. Je určena pro odlitky, u nichž se požaduje záruka mechanických vlastností<sup>(8)</sup>, její perlitická struktura bude využita k povrchovému kalení drážek.

Litina EN GJL 200 je osvědčeným materiálem, kdy technologie zpracovaná na výrobu odlitků a posléze obrábění je již dovedena téměř k dokonalosti. Z tohoto materiálu uděláme porovnávací základnu pro druhý navrhovaný materiál, který prozatím není k výrobě používán.

### 3.1.2 Litina s kuličkovým grafitem

Litina s kuličkovým grafitem ČSN EN 1563 je slitina železa a uhlíku a dalších prvků, v nichž je uhlík přítomen převážně ve tvaru částic kuličkového grafitu.<sup>(7)</sup>



Obr. 3.3 Litina s kuličkovým grafitem s matricí feritickou<sup>(8)</sup>

Litina s kuličkovým grafitem je vysoce jakostní materiál, který v sobě spojuje přednosti oceli na odlitky s přednostmi litiny s lupínkovým grafitem. Hodnoty meze kluzu a tažnosti spojené s vysokou pevností v tahu jsou srovnatelné s ocelí. Zachovává si ve značné míře mnohé vlastnosti litiny s lupínkovým grafitem – větší schopnost útlumu, menší vrubovou citlivost,

lepší slévateľnosť, ťrečie schopnosť a mimořadně dobrou obrobiteľnosť. V porovnaní s litinou s lupínkovým grafitom jsou pevnostní charakteristiky u litin s kuličkovým grafitom méně závislé na tloušťce stěny odlitků.<sup>(7)</sup> Vlastnosti odlitků z litin LKG závisí na množství, velikosti a druhu grafitu (dokonalý a částečně zrnitý) a od složení základní matrice (poměr mezi feritem a perlitom). Množství a velikost grafitu závisí u nelegovaných litin na množství uhlíku, křemíku a manganu, dále na rychlosti ochlazování (tloušťka stěny, materiál formy).

Stabilizace perlitu ve struktuře a tím zvýšení pevnosti a tvrdosti litiny zabezpečují přísady, jako je Sn, Mo, P, Cu, Ti, Mn, Ni, Cr, ze kterých mají negativní účinky P, Ti, a Cr, z ekonomických důvodů se nedoporučuje Ni a Mo. Základní perlitizační přísadou jsou Cu a Sn<sup>(8)</sup>.

Druhým materiálem uvažovaným pro výrobu je litina EN GJS 400 15, označení dle ČSN – 42 2304 se svými charakteristikami utříděnými do materiálové tabulky v příloze 2. Litina je určena pro běžné použití, která pracuje i při nízkých teplotách, je vhodná na odlitky dynamicky namáhané, u kterých se požaduje záruka mechanických vlastností a hlavně vysoké plastické hodnoty i při nízkých teplotách<sup>(8)</sup>.

Tato litina se prozatím pro výrobu trakčních kotoučů nepoužívá. Jediným důvodem opomíjení litiny s kuličkovým grafitem pro výrobu je ekonomická náročnost výroby polotovarů.

V dalších oddílech práce bude proveden pokus o nalezení takového tvaru polotovaru nebo kombinace výchozích materiálů, aby bylo možno uvažovat použití jakostnějšího materiálu v místě drážek. Samozřejmě za předpokladu, že ekonomické hledisko výroby bude důležitým kritériem výběru.

### 3.2 Konstrukční řešení trakčního kotouče

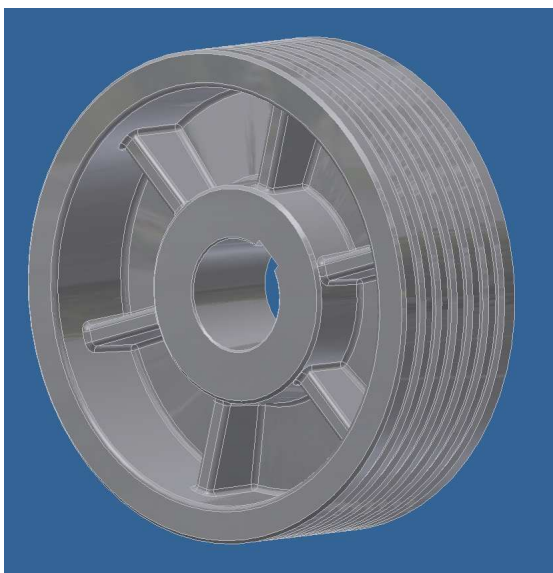
Po vyhodnocení předchozích dílčích závěrů a prostudování dokumentace montážního celku je možno provést konstrukční návrh trakčního lanového kotouče.

Při návrhu bylo přihlédnuto ke specifikacím obchodního oddělení, které předpokládá roční výrobní množství 500 ks, při výrobní dávce 10 ks týdně. Předpoklad vyráběného množství 500 ks, dle předchozích zkušeností z výroby a strategie managementu, vylučuje použití polotovaru – přířez z plného tyčového materiálu. Z tohoto důvodu lze konstrukčně problém vyřešit čtyřmi základními způsoby.

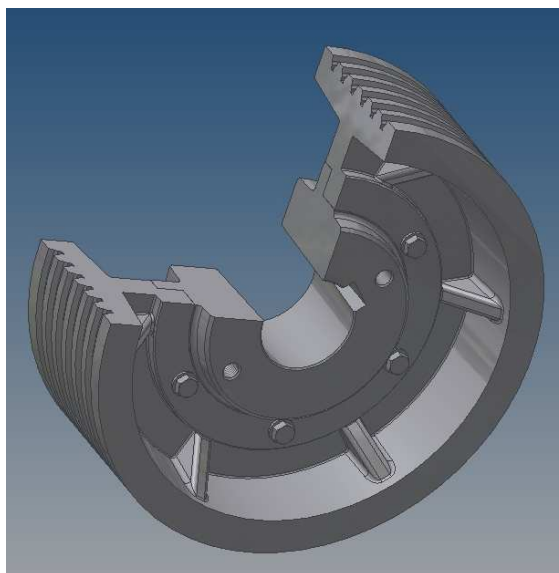
- A) trakční kotouč odlitek monoblok z litiny s lupínkovým grafitem, což je běžný způsob dle obr. 3.4, nově budou drážky povrchově kaleny,
- B) trakční kotouč odlitek monoblok z litiny s kuličkovým grafitem, tvarově stejné provedení jako způsob A, tedy dle obr. 3.4.
- C) trakční kotouč dle obr. 3.5, složený ze dvou částí, kdy náboj a část těla je odlitek z litiny s lupínkovým grafitem a věnec, společně s druhou částí těla je odlitek z litiny s kuličkovým grafitem. Tento způsob je často používán při

použití jednoho stroje, potažmo hřídele a několika možných roztečných průměrech věnce.

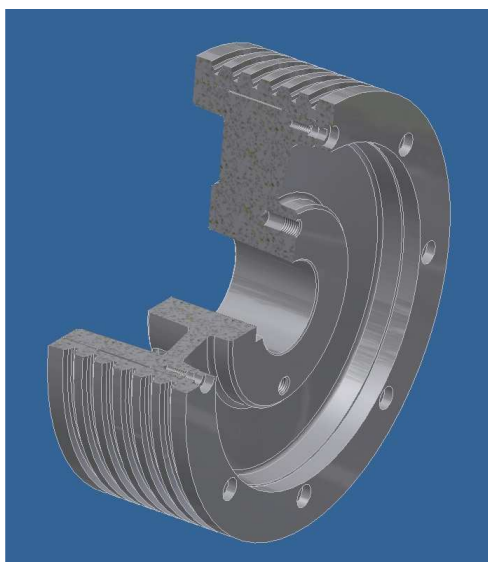
- D) Trakční kotouč nové koncepce, složený ze dvou částí dle obr. 3.6 , kdy náboj a tělo je odlitek z litiny s lupínkovým grafitem a věnec je vyráběn z polotovaru trubka z litiny s kuličkovým grafitem.



Obr. 3.4 Trakční lanový kotouč monoblok



Obr. 3.5 Trakční lan. kotouč složený



Obr. 3.6 Trakční lanový kotouč nové koncepce

### **3.2.1 Výběr konstrukčních řešení pro realizaci**

V minulém bodě byly určeny čtyři základní možnosti konstrukčního řešení trakčního lanového kotouče. Z těchto čtyř základních možností řešení, které byly vygenerovány z dílčích závěrů, je nutno vybrat maximálně dvě, které budou detailně rozebrány a mezi kterými bude vybrána finální varianta.

Pro rozhodování ze čtyř základních variant bude nutno v rámci technologické přípravy výroby vytvořit rámcové pracovní postupy výroby jednotlivých konstrukčních návrhů s alespoň základním rozdělením pracovišť, případně vymezit požadavky na kooperaci.

Z rámcových technologických postupů je patrné, že každá z možných variant má výhody a nevýhody, jak konstrukční, tak hlavně technologické.

Varianta A, dle tab. 3.2 - jednoznačnou výhodou je použití známého, osvědčeného a hlavně svým poměrem cena x užité vlastnosti výhodného materiálu. Nově je zde uvažováno o povrchovém kalení drážek, což zpevní povrchové vrstvy materiálu, při zachování houževnatosti jádra. Ekonomicky se neprojeví zásadním způsobem. Toto řešení přináší dvě základní neznámé, za prvé, jak se bude chovat povrchově kalená vrstva ve styku s ocelovým lanem a za druhé, po konzultaci s prof. Ing. Miroslavem Píškou, CSc. , zde vyvstává otázka, zda po zakalení drážek nebude zvýšena možnost únavového lomu v zápichu pod drážkou.

Tab.3.2 Varianta výroby A

RÁMCOVÝ PRACOVNÍ POSTUP	
Trakční lanový kotouč	
Varianta A	
Polotovár – odlitek - monoblok	
Materiál - LLG	
Popis výroby	Pracoviště
Výroba polotovaru - odlitek	Kooperace
Obrábění rotačních tvarů	Obrobna: MAZAK INTEGREGEX 300ST
Obrábění drážek pro lano	
Obrábění drážky pro pero	
Řezání závitů	Kooperace
Povrchové kalení	
Odmaštění	Lakovna:
Práce natěračské	STROJ ODMAŠŤOVACÍ DC3
Kontrola	Kontrolní stanoviště
Uložení do skladu	

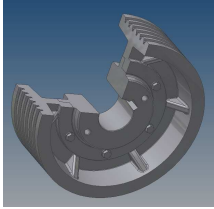
Varianta B, dle tab. 3.3 - nově použitý materiál, litina LKG svou strukturou vykazuje daleko větší tvrdost, než první varianta, což lze považovat za jednoznačnou výhodu, jejíž validitu však degraduje značná nevýhoda, totiž použití ekonomicky náročnějšího materiálu i v místech součásti, kde jeho přednosti zcela nevyužijeme.

Tab.3.3 Varianta výroby B

RÁMCOVÝ PRACOVNÍ POSTUP	
Trakční lanový kotouč	
Varianta B	
Polotovary – odlitek - monoblok	
Materiál - LKG	
Popis výroby	Pracoviště
Výroba polotovaru - odlitek	Kooperace
Obrábění rotačních tvarů	Obrobna: MAZAK INTEGRIX 300ST
Obrábění drážek pro lano	
Obrábění drážky pro pero	
Řezání závitů	
Odmaštění	Lakovna: STROJ ODMAŠŤOVACÍ DC3
Práce natěračské	
Kontrola	Kontrolní stanoviště
Uložení do skladu	

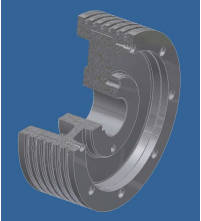
Varianta C, dle tab. 3.4 - konstrukční provedení této varianty, použití polotovaru odlitek z LLG na náboj a odlitek z litiny LKG na věnec, řeší svým způsobem vyvážení výhod a nevýhod obou předchozích návrhů. Tento fakt zmíněnou variantu jednoznačně zvýhodňuje, avšak svým řešením z hlediska technologického ztrácí na hodnotě volbou polotovaru, kdy náboj i věnec jsou odlity, to znamená výrobou dvou modelů ve slévárně, takže tyto náklady, které jsou nezanedbatelným, možná i klíčovým faktorem v hodnocení.

Tab.3.4 Varianta výroby C

RÁMCOVÝ PRACOVNÍ POSTUP	
Trakční lanový kotouč	
Varianta C	
Polotovary – náboj – odlitek – věnec – odlitek	
Materiál – náboj – LLG – věnec – LKG	
Popis výroby	Pracoviště
Výroba polotovaru – náboj – odlitek	Kooperace
Výroba polotovaru – věnec – odlitek	
Obrábění rotačních tvarů – náboj	Obrobna: MAZAK INTEGRIX 300ST
Obrábění drážky pro pero – náboj	
Řezání závitů – náboj	
Vrtání otvorů – náboj	
Obrábění rotačních tvarů – věnec	
Obrábění drážek pro lano – věnec	
Vrtání otvorů – věnec	
Odmaštění – náboj	
Odmaštění – věnec	Lakovna: STROJ ODMAŠŤOVACÍ DC3
Práce natěračské	
Montáž sestavy	Montáž
Kontrola	Kontrolní stanoviště
Uložení do skladu	

Varianta D, dle tab. 3.5 - Předpokládá provedení náboje trakčního lanového kotouče z polotovaru odlitek z litiny LLG, to znamená výhodu v ekonomicky výhodném výběru polotovaru v hlavní objemové části výrobku a věnec je řešen jako přířez z trubkového polotovaru litiny LKG. Je zajištěna houževnatost a tlumící schopnosti náboje a dostatečná tvrdost hlavních funkčních ploch. Toto lze považovat za výhody, avšak velkou nevýhodou je technologicky náročná výroba dvou hlavních částí. Požadavky na přesnost budou vysoké, pro zvolení této varianty však hovoří fakt, že toto uspořádání poskytuje možnost variability ve výrobě drážek a možnost dalšího modulárního upravování součásti věnec.

Tab.3.5 Varianta výroby D

RÁMCOVÝ PRACOVNÍ POSTUP	
Trakční lanový kotouč	
Varianta D	
Polotovar – náboj – odlitek – věnec – přířez	
Materiál – náboj – LLG – věnec – LKG	
Popis výroby	Pracoviště
Výroba polotovaru – náboj – odlitek	Kooperace
Výroba polotovaru – věnec – přířez	Příprava výroby
Obrábění rotačních tvarů – náboj	Obrobna: MAZAK INTEGREGX 300ST
Obrábění drážky pro pero – náboj	
Řezání závitů – náboj	
Obrábění rotačních tvarů – věnec	
Obrábění drážek pro lano – věnec	
Vrtání otvorů – věnec	Lakovna: STROJ ODMAŠŤOVACÍ DC3
Odmaštění – náboj	
Odmaštění – věnec	
Práce natěračské	Montáž
Montáž sestavy	
Kontrola	Kontrolní stanoviště
Uložení do skladu	

### 3.2.2 Vyhodnocení a směry dalšího řešení

Rozhodnout mezi všemi pro a proti nemůže pouze jedna osoba, protože v systému je příliš mnoho neznámých, proto je tedy nutno v daný okamžik prezentovat výsledky práce vedení společnosti s doporučením dalšího postupu.

Jako nejvýhodnější se jeví pro další zpracování „varianta A“ pro svou výhodnost materiálovou a technologickou nenáročnost a „varianta D“, která pro svoji modulárnost a servisní výhody, kdy funkční část je poškozena z jakýchkoliv důvodů popsaných v podkapitole 2.5, je lehce vyměnitelná při ponechání původního náboje, šetří náklady firmy a z hlediska environmentálních aspektů může být pouze přínosem.

Tyto dvě varianty budou dále řešeny v rámci technologické přípravy, aby z nich na konci byla vedením firmy vybrána varianta pro výrobu. Výrobní výkres pro variantu A č. výkresu A2/BS – 006 – 001 – 00 je uložen v příloze 3. Výrobní výkresy pro variantu D č. výkresu A3/BS – 016 – 002 – 00 je včetně detailů uložen v příloze 4.

### 3.3 Technologická příprava výroby součástí

V podkapitolách 3.1.1 a 3.1.2 byly vyspecifikovány dva základní materiály, z nichž bude součást vyrobena. Jedná se v obou případech o litiny, je nutno tedy zjistit, jaké jsou kladeny nároky na nástroje a stroje – tedy jaká je obrobitelnost litin.

Obrobitelnost litin závisí na jejich chemickém složení, způsobu výroby a její struktuře. Na obrobitelnost všech druhů litin má vliv především uhlík a jeho forma, v jaké je obsažen. Obrobitelnost LLG je tím lepší, čím větší jsou rozměry a počet částic grafitu. Přítomnost křemíku v litině zlepšuje obrobitelnost litiny, poněvadž křemík způsobuje grafitizaci uhlíku. Optimální obsah křemíku z hlediska obrobitelnosti je asi 2,5 – 2,7 %. Při větším obsahu křemíku se obrobitelnost litiny zhoršuje. Přítomnost fosforu ve větším množství než 0,3 % působí na obrobitelnost nepříznivě. Síra a mangan působí na obrobitelnost litiny příznivě. Při zvýšení obsahu manganu nad 0,8 % se obrobitelnost litiny zhoršuje. Značný vliv na obrobitelnost litiny má její mikrostruktura, závislá na podmínkách lití, tuhnutí, tepelném zpracování a chemickém složení. Litina s grafitickou strukturou – grafit v základní formě feritu – je dobře obrobitelná především z hlediska trvanlivosti břitů, struktura perlitická naopak obrobitelnost zhoršuje. Výhodnější je zde struktura zrnitého perlitu<sup>(9)</sup>.

Litina LLG je obecně dobře obrobitelná, její tříska je zpravidla elementární. Stupeň její obrobitelnosti závisí na struktuře a na tloušťce stěn odlitku. Se zmenšující se tloušťkou se obrobitelnost zhoršuje.

Litina LKG je pro vyšší pevnost a houževnatost hůře obrobitelná než LLG. Součásti z této litiny jsou proti součástem z oceli stejné pevnosti hůře obrobitelné z důvodu její nižší tepelné vodivosti<sup>(9)</sup>.

#### 3.3.1 Výroba polotovaru

Ačkoliv slévárenství patří mezi nejstarší výrobní postupy, stále se bez odlévaných dílů neobejde žádný složitější strojírenský výrobek. Současné možnosti slévárenské technologie díky pokroku v oblasti metalurgie i výroby forem, systému jakosti a možnosti využití počítačové simulace, která napomáhá optimalizovat konstrukci odlitku s ohledem na zatížení, nebezpečí výskytu vad, pnutí a deformací, udržují slévárenství stále konkurenceschopné s ostatními odvětvími výroby polotovarů<sup>(10)</sup>.

Odborná literatura udává bezpočet hodnocení odlitků oproti ostatním druhům polotovarů, z nejzákladnějších se dá vybrat pro řešení výrobek těchto několik výhod:

- přímá cesta od surovin k výrobku s nízkým počtem operací a meziproductů,

- možnost dosažení i poměrně jednoduchými postupy značně složitých prostorových tvarů. Ve srovnání s jinými polotovary jsou odlitky výhodné zejména pro součásti se složitou trojrozměrnou geometrií a vnitřními dutinami,
- možnost tvarování odlitků dle zatížení nebo potřeby ohraničit prostor. Odlitky je možno prakticky neomezeně dimenzovat (např. dle průběhu silových toků) tak, aby byl jejich materiál plně využit a zároveň se nikde nevytvářely nebezpečné „špičky“ napětí. Tzn., že odlitek může být zesílen v místech největšího zatížení, např. v okolí spojovacích šroubů, přírub, ložisek apod. a na druhé straně odlehčen v nezátížených oblastech,
- možnost dosažení vysoké tuhosti vhodným prostorovým rozložením materiálu a žebrováním,
- možnost ovládání struktury a vlastností odlitků volbou složení, modifikací a očkovaním taveniny, řízeným tuhnutím a tepelným zpracováním. Např. u litin je možno ovládním rychlosti tuhnutí dosáhnout zjemnění struktury, změn podílu grafit/cementit i podílů jednotlivých strukturních složek. Rozpouštěním grafitu při tepelném zpracování je možno základní hmotu "zevnitř" nauhličit a tak zvýšit podíl perlitu na úkor feritu. Naopak ohřevem a pomalým ochlazováním z austenitizační teploty je možno u litin přeměnit perlitickou strukturu na feritickou. Při určitém chemickém složení takto lze dosáhnout široké škály struktur a vlastností, a to dokonce i na jediném odlitku. Řízením postupu tuhnutí je možno ovládat i orientaci vznikajících krystalů, a tím získat odlitky se zvýšenými pevnostními charakteristikami v určitém směru (užíváno např. u lopatek turbín).
- vysoké využití materiálu a vysoká míra recyklovatelnosti,
- relativně nízká spotřeba energie ve srovnání s tvářením i obráběním z válcovaných polotovarů,
- hospodárnost v kusové i hromadné výrobě. Díky široké škále technologií je možno volit provedení modelů, postup výroby forem a jader i způsob lité nejen dle technických specifik, ale i s ohledem na požadované množství odlitků tak, aby náklady na jeden odlitek nebo požadovanou sérii nebyly příliš vysoké<sup>(10)</sup>.

Samozřejmě, jako všechny technologie, má i tato své nevýhody, na které musíme pamatovat. Pro řešenou součást jsou relevantní následující:

- rozdíly v tloušťce stěn odlitku vedou k nerovnoměrnému tuhnutí a chladnutí, které způsobuje rozdíly ve struktuře a vlastnostech jednotlivých částí odlitku, vznik prnutí, deformací, až poruch souvislosti (trhlin, prasklin),
- pomalé chladnutí silnostěnných odlitků vede ke vzniku hrubozrnné struktury, odmíšenin, zhoršení mechanických vlastností a rozdílu vlastností na povrchu a uvnitř odlitku,

- nebezpečí výskytu vnitřních vad (staženin, porezity, bublin apod.) může být výrazně eliminováno vhodnou konstrukcí, která zajišťuje vhodný postup tuhnutí, pamatuje na přístupnost pro umístění,
- omezená možnost dosáhnout vysoké přesnosti a jakosti povrchu. S ohledem na ni je třeba usilovat o taková konstrukční řešení, která kladou nejmenší nároky na potřebu obrábění, a to tím více, čím pevnější a tvrdší je zvolený materiál<sup>(10)</sup>.

#### Příprava polotovaru – odlitek:

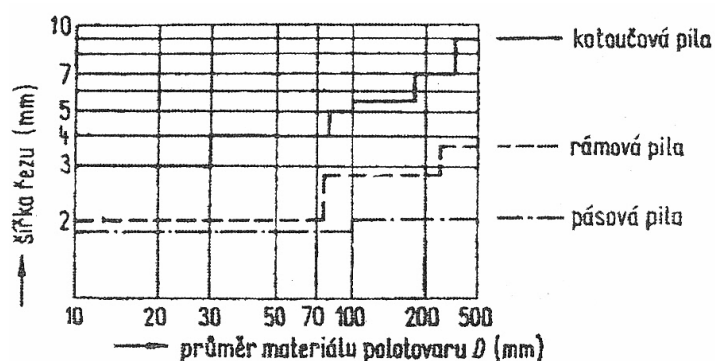
Součásti trakční lanový kotouč předpokládá při variantě A monoblok z odlitého polotovaru i ve variantě D je uvažován polotovar odlitek u součásti náboj. Při návrhu polotovaru, jehož výsledkem je podklad pro slévárnu byla vzata v úvahu obecně platná pravidla pro technologičnost konstrukce odlitku, která jsou shrnuta v těchto bodech.

- nejmenší tloušťky stěn odlitků určují pevnostní výpočty<sup>(11)</sup>, navíc princip usměrněného tuhnutí odlitků je zabezpečen tehdy, když v každém tepelném uzlu stěn se rychlost tuhnutí zmenšuje směrem k nálitku<sup>(10)</sup>,
- poloměry vnitřních zaoblení usnadňují výrobu forem, zatékání kovů do formy a brání vzniku trhlin při tuhnutí. Jejich velikost závisí na tloušťce připojovaných stěn a úhlu styku<sup>(11)</sup>,
- stěny mají mít stejnou tloušťku, není-li tomu tak, je nutno vhodně volit přechody<sup>(11)</sup>,
- slévárenské úkosity jsou dvou druhů. Za prvé technologické úkosity, které slouží především pro snadné vyjmutí modelu z formy bez jejího poškození a konstrukční úkosity, které stanoví konstruktér s ohledem na namáhání součásti<sup>(10)</sup>,
- předlité díry jsou navrhovány dle celkové koncepce, kde jsou rozlišeny otvory neobrobené a obrobené<sup>(11)</sup>,
- stanovení přídavek na obrábění, kdy přídavek je určen stupněm přesnosti odlitku, rozměry, polohou a materiálem odlitku<sup>(11)</sup>.

#### Příprava polotovaru – dělení hutního materiálu:

Tyčový materiál profilu trubka  $\varnothing$  290 mm, s tloušťkou stěny 38 mm, je uvažován jako polotovar pro výrobu věnce trakčního lanového kotouče varianty D, materiálem polotovaru je litina s kuličkovým grafitem. Vzhledem ke způsobům dalšího obrábění bude šířka polotovaru určena s ohledem na dodržení kolmosti čel, tedy 3 – 5 %, respektive  $\pm 0,1$  na 100 mm délky<sup>(12)</sup>.

Vlastní příprava polotovaru bude provedena řezáním na pásové pile, která vzhledem k průměru materiálu polotovaru vykazuje nejmenší prořez.

Obr. 3.7 Závislost prořezu na typu pily<sup>(12)</sup>

S ohledem na tvar a další způsoby již nebudou zařazeny další operace, které spadají do přípravy polotovaru, tedy nebude se materiál ani rovnat, ani nebudou navrtány středící důlky.

S přihlédnutím ke způsobu dělení a dalším potřebám pro obrábění je volen polotovar přířez -TR D290/215, L = 105 mm, výkres polotovaru se neprovádí.

### 3.3.2 Metody třískového obrábění

#### Soustružení:

Technologie soustružení bude při výrobě součásti trakční lanový kotouč převažovat, soustruženy budou čela kotouče, obvodové kontury včetně lanových drážek, otvor pro hřídel bude taktéž soustružen.

Soustružení je obráběcí metoda používaná pro zhotovení součásti rotačních tvarů, při níž se většinou používají jednobřité nástroje různého provedení.

Hlavní pohyb je obvykle rotační pohyb obrobku, přičemž rychlost hlavního pohybu je současně řeznou rychlostí  $v_c$ .

Řezná rychlost  $v_c$  závisí zejména na vlastnostech obráběného materiálu, řezných vlastnostech materiálu nástroje, jmenovitém průřezu třísky a na zvolené trvanlivosti břitu<sup>(13)</sup>.

Tab.3.6 Rozsahy řezných rychlostí při soustružení<sup>(13)</sup>

Materiál obrobku	Hrubování $f > 0,3$ mm		Soustružení na čisto $f = 0,3$ až $0,05$ mm		Jemné soustružení $f < 0,05$ mm	
	materiál nástroje		materiál nástroje		materiál nástroje	
	RO	SK	RO	SK	RO	SK
Nelegovaná ocel $R_m < 800$ MPa	17 až 45	65 až 155	25 až 70	100 až 200	70 až 120	170 až 300
Nelegovaná ocel $R_m > 800$ MPa	12 až 40	45 až 110	20 až 55	80 až 160	60 až 90	150 až 250
Legované oceli	10 až 40	40 až 120	20 až 55	50 až 180	35 až 70	70 až 170
Litina	17 až 35	35 až 100	25 až 55	70 až 110	-	70 až 130
Slitiny hliníku	25 až 90	90 až 220	45 až 120	140 až 350	100 až 150	150 až 600

Šířka záběru ostří  $a_p$  je limitována mechanickými vlastnostmi obráběného materiálu, tuhostí obrobku a způsobem obrábění, pokud možno, aby byl přídavek odebrán na 1 třísku<sup>(13)</sup>.

#### Vrtání:

Vrtání je základní výrobní metoda, kterou se zhotovují, nebo zvětšují již předvrtané díry. Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj, méně často obrobek.

Tab.3.7 Řezné podmínky pro vrtáky z RO<sup>(13)</sup>

Obráběný materiál	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	Posuv na otáčku $f$ [mm]						
		Průměr vrtáku $D$ [mm]						
		2	5	8	12	16	25	40
Ocel $R_m = 700$ až $900$ MPa	25 až 30	0,04	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Ocel korozivzdorná	8 až 12	-	0,05	0,10	0,12	0,15	0,20	0,20
Šedá litina 200 HB	18 až 25	0,06	0,15	0,22	0,30	0,36	0,40	0,60
Mosaz	60 až 70	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,32	0,40
Měď	40 až 55	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,32	0,40
Hliníkové slitiny	70 až 85	0,06	0,12	0,20	0,28	0,32	0,40	0,50
Plasty	20 až 35	0,08	0,16	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70

Technologie vrtání bude při výrobě součásti trakční lanový kotouč využita k přípravě otvorů pro řezání závitů v náboji pro stahovák u varianty A i D, k přípravě otvorů pro řezání závitů pro lícované šrouby v náboji pro varantu D a k vrtání otvorů ve věnci téže varianty pro lícované šrouby.

#### Vyhrubování a vystružování:

Je nutno použít tam, kde je vyžadována vysoká přesnost. Takovéto otvory se budou obrábět na trakčním lanovém kotouči varanty D jak na náboji, tak na věnci pro lícované šrouby.

Díry do průměru 10 se pouze vystružují, jmenovitý průměr vrtáku pro díru 8H7 je dle literatury 7,8mm, doporučené řezné podmínky pro litinu  $V_c = 10 - 30$  m.min<sup>-1</sup>,  $f = 0,1 - 1$ mm<sup>(13)</sup>.

#### Výroba závitů:

Na řešené součásti se nacházejí vnitřní závity M12 v náboji pro nasazení stahováku, tyto jsou logicky u varianty A i varianty D, navíc u varianty D jsou po obvodu náboje závity M6 pro spojení součásti náboj a věnec, do kterých budou šroubovány lícované šrouby. Výroba závitů je zařazena do speciálních metod obrábění. Z technologického hlediska se rozlišuje obrábění vnitřních a vnějších závitů. Řezání vnitřních závitů se provede závitníky. Závitník je v podstatě šroub, na němž jsou vytvořeny břity jednou až osmi přímými nebo šroubovitými drážkami<sup>(13)</sup>.

Tab.3.8 Doporučené řezné podmínky<sup>(13)</sup>

Nástroj		Řezná rychlost [ m.min <sup>-1</sup> ]			
		Ocel		Litina	Hliníkové slitiny
		nelegovaná	legovaná		
Kruhové závitové čelisti	NO RO	2 až 5 4 až 12	3 až 6 3 až 6	2 až 5 4 až 10	6 až 10 10 až 15
Závitové hlavy		5 až 15	3 až 8	3 až 8	12 až 20
Závitníky		8 až 15	3 až 10	6 až 12	12 až 20

Pro strojní řezání se obvykle používá jeden závitník s kratším řezným kuželem, s jednou nebo více drážkami přímými nebo ve šroubovici, které jsou průběžné nebo neprůběžné<sup>(13)</sup>.

#### Obrázení:

V náboji trakčního lanového kotouče je vyroben kuželový otvor s drážkou pro pero, do které je nasouván hřídel motoru. Jelikož je otvor kuželový, přichází v úvahu pouze výroba obrázení.

Hlavní pohyb je přímočarý vratný, posuvový pohyb je přerušovaný, probíhá vždy na konci pracovního dvojzdvihu a je kolmý na směr hlavního pohybu. Řezné podmínky při hoblování se mohou určit na základě doporučených podmínek pro soustružení, avšak řezná rychlost se snižuje o 10 až 30 %<sup>(13,14,15)</sup>.

### **3.3.3 Montáž**

Při výrobě trakčního lanového kotouče dle varianty D musí obě části, věnec a náboj, projít oddělením montáže, kde budou obě části smontovány, a kde v případě umístění trakčního lanového kotouče do stroje vlastní výroby, bude celý kotouč namontován do skříně.

Montáž celku výrobku je často nejsložitější etapou výrobního procesu, kde se koncentrují výsledky činnosti technické, technologické, organizační a ekonomické. Podíl pracnosti při montáži vůči celkové pracnosti činí asi 30-40 %. Do montážních činností se zahrnuje<sup>(12)</sup>:

- doprava,
- přizpůsobovací práce,
- příprava montáže,
- montáž,
- skladování<sup>(12)</sup>.

### **3.3.4 Povrchová úprava**

Řešená součást bude povrchově upravována. Z bezpečnostního hlediska předepisuje ČSN EN 81-1 barvu točivých částí – žlutá. Avšak drážky nesmějí být nikterak ošetřeny, styková plocha s ocelovým nosným lanem musí být z materiálu, pro který je spočítána, tedy litina, proto při povrchové úpravě musejí být drážky mechanicky chráněny. Vzhledem k materiálu a

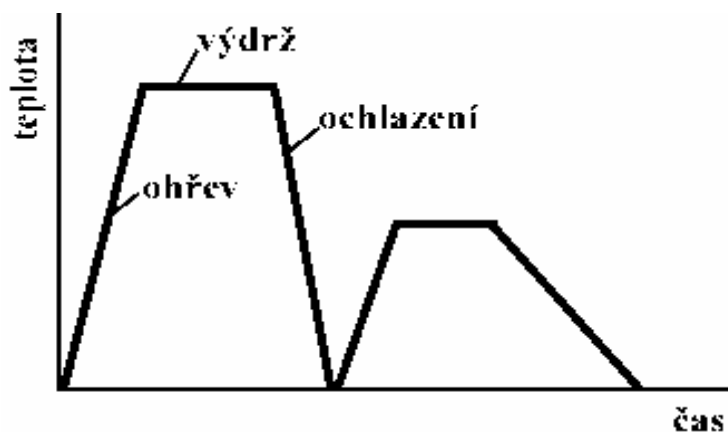
dalším požadavkům je zvolen nástřik dvousložkovými polyuretanovými barvami SELEMIX, RAL 1023, před nástřikem bude provedeno odmaštění.

### 3.3.5 Tepelné zpracování

Pro variantu A, trakční kotouč z materiálu litina LLG, polotovar odlitek monoblok, bude provedeno povrchové kalení drážek pro lana.

Povrchové kalení řešeného rotačního dílce může být prováděno metodou středofrekvenčního kalení, uvažováno je o kooperaci s firmou Agrostroj Pelhřimov a.s., která poskytla i popis technologie.

Kalení se provádí na stroji EFD. Ohřev je prováděn induktorem, který je nástrojem indukčního kalení. Je upraven do tvaru smyčky, zhotoven je z měděné trubky smyčky čtvercového průřezu a je chlazen vodou. Induktor obklopuje kalené místo, oddělen je od kovového předmětu vzduchovou mezerou, jejíž vzdálenost je nutno dodržovat. Kalený předmět se ohřívá postupně, dle rychlosti rotace. Induktor a sprcha jsou na společném držáku a postupují při ohřevu společně. Ochlazení sprchou je prováděno sprchou polymerem Aquatensid-BW. Do tohoto polymeru přidáváme Ferosept 777. Je to vysoce účinný baktericidní výrobek, který má dlouhodobou účinnost proti širokému spektru bakterií. Kalicí roztok Aquatensid umožňuje v závislosti na použité koncentraci regulaci chladicí intenzity v širokém rozmezí mezi vodou a olejem. Ohřev se provádí na teplotu 850 °C. Po následném zakalení je nutno kalený předmět popustit, stabilizovat, na teplotu asi 350°C. Indukční ohřev trvá krátce, dle standardního schématu, dle obr.3.8



Obr. 3.8 Schéma průběhu kalení<sup>(16)</sup>

Kalený předmět se kalí na stroji EFD. Lze kalit jen litinu perlitickou, feritickou ne. Přehřeje-li se litina nad 1000 °C, pak se rozpouští podstatně i grafit a vrstva je převážně ledeburitická a má vlastnosti bílé litiny. Velikost proudu se volí v závislosti na dosažené tvrdosti.



Obr. 3.9 Středofrekvenční povrchové kalení<sup>(17)</sup>

### 3.4 Vymezení podmínek pro zavedení do výroby

Vybavení závodu bylo od počátku působení firmy budováno pro specifickou výrobu, tedy hlavně dodávku technologických celků - výtahů.

#### 3.4.1 Strojní park

Důraz byl kladen na výrobu z plechů, k tomuto účelu byly celkem logicky nakupovány stroje a zařízení hlavně tvářecí. Ve strojovém parku tedy najdeme:

- nůžky na plech NTC 2000/4 a CO 3006,
- lis ohraňovací LVD a ohýbačka XOVM,
- lis vystřihovací FIN POVER,
- bodová svářečka BN 10,
- strojní pásové pily PP 361,
- svářečky WIG 160 a Neomig 320.

Stroje pro třískové obrábění byly vždy zastoupeny stroji univerzálními:

- pásová pila PP 300H,
- soustruhy SV 18 RA, SU 80 A/ 1250, SK 12, SU 63/3500,
- vyvrtávačka horizontální WHN 9 A a W 100A,
- obrázečka ST 250 a protahovačka RWI 10,
- brusky BPH 20 a BN 102 A,

avšak za poslední zhruba tři roky se park, díky významnému posunu výrobního programu rozrostl o moderní CNC stroje, a to o univerzální centrum MAZAK INTEGREGX 300 ST a MAZAK INTEGREGX e-800V/5-II.

Prvně jmenované univerzální centrum je uvažováno jako hlavní stroj, na kterém bude vyráběna součást.

### MAZAK INTEGREX 300-IVST-1500<sup>(18)</sup>

Multifunkční obráběcí centrum s automatickou výměnou nástrojů, osou Y a B pro soustružení, frézování, vrtání a řezání závitů - s druhým vřetenem, prodlouženým pracovním prostorem a spodní revolverovou hlavou.



Obr. 3.10 Mazak Integrex 300 – IVST – 1500<sup>(18)</sup>

Stroj je koncipován tak, aby dosáhl dalšího zvýšení produktivity CNC řízených soustružnických center. Promyšlená konstrukce umožňuje použít stroj pro výkonné soustružení i pro výkonné obrábění poháněným nástrojem. Nástrojové vřeteno je naklápěcí (osa B) a umožňuje nástroj nastavit do požadovaného úhlu. Velká část soustružených obrobků vyžaduje po soustružení ještě k dokončení celou řadu dalších následných operací jako frézování, vrtání a řezání závitů i na šikmých plochách. Na stroji z řady INTEGREX lze takovou součást vyrobit na jedno upnutí.

#### Přednosti stroje:

Robusní lože z meehanitové litiny, která vykazuje vynikající vlastnosti při tlumení kmitů, umožňuje plné využití nainstalovaného výkonu. Celý stroj se všemi vedlejšími agregáty tvoří ucelenou, stabilní jednotku. Na základě tohoto konstrukčního provedení je pracovní prostor včetně upínacího zařízení a nástrojového zásobníku uspořádán tak, aby odpadala dlouhodobá únavná práce.

Neobvyklá všestrannost v kompletním obrobení na jedno upnutí, automatickým přepnutím obrobku mezi vřeteny. A dále možností frézování v obou vřetenech, libovolném osazení zásobníku nástrojů pevnými, nebo poháněnými nástroji.

Nainstalovaný výkon hlavního vřetena spojený s vhodným průběhem kroutícího momentu zajišťuje nejen hospodárnost při rychlostním, ale i výkonovém obrábění. Pro dosažení vysokých otáček je vřeteno uloženo v dostatečně dimenzovaných přesných ložiskách. Stroj je standardně vybaven osou C, numericky řízenou. Tím lze na stroji obrábět i komplikované tvary.

Stroj je standardně vybaven osou Y. Konstrukčně je tato osa provedena tak, že hlavní podíl řezné síly od soustružení nepůsobí pouze na osu Y, ale je

rozdělen na osy dvě. Tím se při obrábění docílí vysoké tuhosti. Standardní pojezd v ose Y je  $\pm 115$  mm. Lze tak snadno obrábět mimo střed osy, jako např. kompletní opracování klínové drážky, vrtání otvorů mimo střed apod.

Druhé vřeteno umožňuje široký rozsah nasazení při frézování, vrtání a závitování ze zadní strany jak na plochách, tak na průměru v krocích po  $0,0001^\circ$ . Vybavení obou vřeten umožňuje předávání vícestranných, nebo nepravidelných profilů mezi oběma vřeteny. Výkon druhého vřetena daleko přesahuje obdobné konkurenční stroje.

Co dále přibližuje tento stroj k frézovacím centrům je výměna nástrojů. Stroj je vybaven zásobníkem pro 20 nástrojů v bubnovém provedení (lze zvolit i 40, 80 a 120 v řetězovém provedení). Upínání nástrojů je v provedení KM63, lze též použít CAPTO C6, popř. BT40. pracovním prostoru je pouze jeden nástroj upnutý v nástrojovém vřetenu (jedna pozice pro pevný i poháněný nástroj). Ostatní nástroje jsou v zásobníku nástrojů a nezabírají v pracovním prostoru místo potřebné pro obrábění. Výměna nástrojů je díky nové konstrukci výměníku nástrojů velmi rychlá. Kombinované nasazení nástrojů pro soustružení, frézování, vrtání a řezání závitů umožňuje konečné obrobení na jedno upnutí.

Dle charakteru výroby je možno vybrat si správný typ z široké nabídky automatizačních komponentů, jako jsou portálové roboty, systémy pro posuv tyčí a různé kontrolní funkce umožňují bezobslužný provoz.

Stroj je vybaven v současné době nejpokrokovějším dvoujádrovým procesorem v 64 bitovém CNC řídicím systému MAZATROL Matrix. Ve spojení nového procesoru pro řízení stroje s PC technologií a Windows XP tak Mazak nabízí rychlost, spolehlivost a snadnost obsluhy spolu s celosvětovým standardem uživatelského rozhraní. Komunikační otevřenost systému umožňuje uživateli snadné začlenění do podnikové sítě, pevný disk o kapacitě 20 GB spolu s dvěma Cardbus sloty a PCMCIA rozhraním představuje řádově vyšší úroveň ukládání a výměny uživatelských programů a dat. V dnešním dialogovém systému MAZAK jsou zabudovány připomínky a zkušenosti zákazníků z celého světa od prvního uvedení na trh v roce 1981.



Obr. 3.11 Pracovní prostor stroje<sup>(18)</sup>

**3.4.2 Technická data**Tab.3.9 Parametry stroje<sup>18)</sup>

<b>Pracovní prostor stroje</b>	
Max. oběžný průměr	850 mm
Max. soustružený průměr	760 mm
Max. průměr soustružení nad ložem	760 mm
Max. hmotnost obrobku - hlavní vřeteno	450 kg
Max. hmotnost obrobku - vedlejší vřeteno	450 kg
Max. průměr tyče	77 mm
<b>Hlavní vřeteno</b>	
Rozsah otáček	35-4000 ot/min
Výkon hlavního motoru - 30min/trvale	30/22 kW
Max. krouticí moment	724 Nm
Zakončení vřetena	A2-8 "
Vrtání vřetena	88 mm
Průměr sklíčidla	254 mm
<b>Nástrojová hlava - poháněné nástroje</b>	
Výkon pohonu - 30 min/trvalý	18,5 kW
Max. krouticí moment	119,4 Nm
Rozsah otáček	15-12000 ot/min
Upnutí nástroje	KM63/CAPTO C6/CAT40
<b>NC řízený koník</b>	
Upínací kužel	-
Dráha koníka	- mm
<b>Druhé vřeteno</b>	
Rozsah otáček	35-4000 ot/min
Výkon - 10min./trvale	26/22 kW
Max. krouticí moment	500 Nm
Průměr sklíčidla	254 mm
<b>Spodní revolverová hlava</b>	
Počet nástrojových míst	9
Držák soustružnického nože	25x25x125 mm
Držák vyvrtávací tyče (průměr)	32 mm
Čas indexace, 1 krok	0,14 s
<b>Zásobník nástrojů</b>	
Provedení	bubnový
Počet nástrojových míst	20
Průměr nástroje	90 mm
Průměr nástroje při vynechání vedlejšího místa	125 mm
Maximální délka nástroje	400 mm
Čas výměny nástroje (nástroj-nástroj)	1,3 s
<b>Dráha pojezdů</b>	
Osa X / Y / Z	630/230/1585 mm
Osa X2 / Z2 (spodní rev. hlava)	230/1530 mm
Osa W (2. vřeteno)	1530 mm
<b>Rychlost pojezdů</b>	
Rychloposuv v ose X / Y / Z	38/26/38 m/min
Rychloposuv v ose X2 / Z2	38/38 m/min
Rychloposuv v ose W	30 m/min
Rychloposuv v ose C	555 ot/min
Pracovní posuv os X, / Y / Z	- m/min
Pracovní posuv osy C	- 9min

<b>Strojní data</b>	
Příkon	90,69 kVA
Provozní napětí, frekvence proudu	400, 50 V, Hz
Stlačený vzduch - tlak, průtok	5, 700 bar, L/min
Délka	5110 mm
Šířka	2609 mm
Výška	2798 mm
Půdorysná plocha	13,33 m <sup>2</sup>
Hmotnost	13410 kg

### 3.4.3 Materiály pro řezné nástroje

Jestliže v kapitole číslo 3.3 byla definována obrobiteľnosť litin, dalším faktorem pro produktivitu práce bude volba druhu řezného materiálu.

Každý z řezných materiálů je vhodný zpravidla pro určité aplikace, žádný univerzální nástrojový materiál na všechny obráběné materiály doposud neexistuje<sup>(9)</sup>.

Výběr řezného materiálu bude záležet všeobecně vzato na:

- rozměrech obrobku, jeho tvaru, druhu obráběného materiálu, sériovosti výroby,
- technologii výroby polotovaru, stavu povrchové kůry, druhu vměstků, jejich distribuce,
- tvaru a druhu řezu - řez plynulý nebo přerušovaný, podmínkách chlazení a mazání,
- obráběcím stroji - druhu, fyzickém stavu, jeho ekonomické provozní náročnosti,
- finanční náročnosti řezného materiálu, nákladů na jeho provoz a údržbu,
- odolnosti proti opotřebení - fyzikálnímu i chemickému, zvláště zatížení za tepla,
- požadavcích na kvalitu obrobeného povrchu,
- požadavcích na spolehlivost, bezpečnost a ekologii obráběcího provozu,
- možnosti recyklace nebo bezpečné likvidace opotřebovaného nástroje<sup>(9)</sup>.

Tyto zásady, formulované v odborné literatuře, společně s úrovní vybavenosti firmy, ve které má být součást vyráběna, budou rozhodovat o materiálech pro řezné nástroje.

Základní rozdělení nástrojových materiálů dosud známých, které lze uvažovat vypadá takto:

- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| A) Nástrojové oceli | E) Cermety                   |
| B) Stellite         | F) Řezná keramika            |
| C) Coronite         | G) Kubický nitrid bóru (KNB) |
| D) Slinuté karbidy  | H) Diamant <sup>(9)</sup>    |

Kategorie nástrojových materiálů „A“, nástrojové oceli, lze rozdělit dle několika kritérií.

A) Nástrojové oceli je možno rozdělit podle:

- chemického složení ,
- druhu ochlazovacího prostředí,
- způsobu použití<sup>(19)</sup>.

Podle chemického složení se rozlišují oceli dle tabulky.

Tab.3.10 Rozdělení a označování nástrojových ocelí<sup>(13)</sup>

Základní číselná značka	Význam třetí číslice v základní značce oceli	
19 0xx 19 1xx 19 2xx	Dvojcísle ze 3. a 4. číslice vyjadřuje střední obsah uhlíku	Nástrojové oceli nelegované
19 3xx	Oceli manganové, křemíkové, vanadové	Nástrojové oceli legované
19 4xx	Oceli chromové	
19 5xx	Oceli chrommolybdenové	
19 6xx	Oceli niklové	
19 7xx	Oceli wolframové	
19 8xx	Oceli rychlořezné	
19 9xx	Volné	

Podle druhu ochlazovacího prostředí se dělí na:

- kalitelné do vody,
- kalitelné do oleje,
- kalitelné na vzduchu<sup>(19)</sup>.

Většina nástrojových oceli se po zakalení popouští za nízkých teplot. Vyšší popouštěcí teploty se používají u ocelí, u kterých se žádá zvýšená houževnatost, u ocelí pro práci za tepla a u ocelí s výraznou sekundární tvrdostí - rychlořezné oceli. Po zakalení tvoří matici obvykle martenzitu nebo směs martenzitu a bainitu. Jehlice martenzitu musí být pevné, protože hrubozrnný martenzit má horší mechanické vlastnosti<sup>(19)</sup>.

Rychlořezné oceli jsou charakteristické střední odolností proti opotřebení a vysokou lomovou pevností. Nejčastěji jsou používány pro tvarové nástroje, výstružníky, závitníky, frézy menších rozměrů, protahovací trny a nástroje vystavené rázům při přerušovaném řezu<sup>(13)</sup>.

Pro součást trakční lanový kotouč bude použito těchto rychlořezných ocelí dle základního rozdělení:<sup>(19)</sup>

- ocel s vysokým výkonem - 19857 pro operace vrtání,
- ocel výkonná - 19830 pro operace vystružování a výrobu závitů,
- ocel pro běžné použití -19800 pro operace obrábění a soustružení tvarovým nožem.

Druhým materiálem použitým při třískovém obrábění součástí „trakční lanový kotouč“ pro operace soustružení a vrtání - nepovlakovaný slinutý karbid.

Základním karbidem pro výrobu všech druhů slinutých karbidů pro obrábění (nepovlakovaných i povlakovaných) je karbid wolframu (WC), pojícím kovem je kobalt (Co), jako další složky jsou používány karbidy titanu (TiC), tantalu (TaC), niobu (NbC) a chromu ( $Cr_3C_2$ ). Vzhledem ke svému složení jsou běžné SK někdy též označovány jako jednodobidové (K), dvojkobidové (P) a vícekarbidové (M)<sup>(20)</sup>.

Skupina K: WC+ Co+ (TaC.NbC)	/značení červená/
Skupina P: WC+ TiC+ Co+ (TaC.NbC)	/značení modrá/
Skupina M: WC+ TiC+ TaC.NbC+ Co	/značení žlutá/ <sup>(20)</sup> .

Skupina M má univerzální použití a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku, řezné síly dosahují středních až vysokých hodnot, dochází k vydrolování ostří<sup>(20)</sup>.

Při porovnávání s ocelí je slinutý karbid podstatně tvrdší a má mnohem vyšší pevnost v tlaku, je ovšem citlivější na namáhání tahem. Modul pružnosti je u slinutých karbidů 2 - 3x vyšší, součinitel tepelné roztažnosti je poloviční, což ztěžuje jejich pájení na těleso nástroje<sup>(21)</sup>.

#### 4 PRACOVNÍ POSTUPY

Po definování firemních možností co se týče strojního zařízení pro jednotlivé operace výroby součásti a výběru nástrojových materiálů lze sestavit pracovní postupy pro obě uvažované varianty. V práci jsou uvedeny zkrácené pracovní postupy, plné verze z tabulkového procesoru jsou uloženy v příloze 5 pro variantu A, a v příloze 6 pro variantu D.

			<b>TRAKČNÍ KOTOUČ MONOBLOK /d280-6xd6</b>		<b>ID číslo</b>
op.	BS-006-001-00		odlitek LLG	20,35kg=1180,3Kč	
10	9860	KONTROLA	Kontrola rozměrů odlitku	Posuvné měřítko	
20	44429	MAZAK INTEGREX 300ST	Upnout za levou stranu mezi žebra	sklíčidlo SHB-J-100+1MM	711052
			Zarovnat čelo u D130, kontrovat míru l=5	Posuvné měřítko	
			Zarovnat čelo D285/D238 na míru l=20		
			Soustružit povrch D285,		710410
			Soustružit otvor D59+0,04 s 5,54°		
			Obrazit drážku 20P9	Měřidlo na drážku 20P9	711437
			Soustružit drážky dle det. "C"	Kontrolní váleček	710244
			Navrtat		710698
			Vrtat 2xpro M12, srazit hranu ,		711116
			Závit vyřezat	Kalibr závitový Mtz M12	711436
			Srazit hrany 0,5x45°		
			Přepnout do protivřetena, vystředit,		
			Upnout do upravených čelistí za povrchD285	sklíčidlo SHB-J-100+1MM	711052
			Zarovnat čelo na míru l=100,	Posuvné měřítko	
			Zarovnat čelo na míru l=62		710672
Srazit hrany 0,5x45°					
Odepnout a očistit					
30	9999	POVRCHOVÁ UPRAVA	Povrchově kalit	KOOPERACE	
40	26322	STROJ OMAŠTOVACÍ DC3	Odmastit dle TO-P82020		
50	9672	PRÁCE NATĚRAČSKÉ	Natřít dle TO-P82002		
60	9860	KONTROLA	Kontrola dle kontrolní návody .		
			Vystavit protokol o shodě.		
			Uložit do meziskladu		

			<b>TRAKČNÍ KOTOUČ DĚLENÝ /d280-6Xd6</b>		<b>ID číslo</b>
op.	BS016-002-00		SESTAVA		
10	09860N	KONTROLA	Kontrola počtu kusů	Posuvné měřítko	
20	09421/6	PRÁCE ZÁMEČNICKÉ	Nalisovat věnec do náboje a přišroubovat	Šroubovák	
			vyrazit logo VÝTAHY		
30	09860S	KONTROLA	Kontrola dle kontrolní návody .		
			Vystavit protokol o shodě.		
			Uložit do meziskladu		

		<b>VĚNEC TRAKČNÍHO KOTOUČE</b>			ID číslo
op.	BS006-002-02		TRKR D290/D215 x 105	8,62kg = 2131Kč	
			Litina LKG GGG40		
10	9860	KONTROLA	Kontrola rozměrů odlitku	Posuvné měřítko	
20	44429	MAZAK INTEGREX 300ST	Upnout za levou stranu za část otvoru	sklíčidlo SHB-J-100+1MM	710410
			Zarovnat čelo	Posuvné měřítko	
			Soustružit povrch D285,		711052
			Soustružit drážky dle det. "B"	Kontrolní váleček D6	
			Soustružit otvor D221		710951
			Navrtat		710698
			Vrtat 8xD7,8		711434
			Vystružit 8xD8H7,	Kalibr Mt8H7	711433
			Zahloubit 8x D15,		710955
			Srazit hrany 0,5x45°		
			Přepnout do protivřetena, vystředit dle D221		
			Upnout do upravených čelistí za povrchD285	sklíčidlo SHB-J-100+1MM	710410
			Zarovnat čelo na míru l=100,	Posuvné měřítko	
			Soustružit otvor D255H7 na =88,	Mikrometr	711052
			Odjehlit 8x D8H7,		
Srazit hrany 0,5x45°					
Odepnout a očistit					
30	26322	STROJ OMAŠTOVACÍ DC3	Odmastit dle TO-P82020		
40	9860	KONTROLA	Kontrola dle kontrolní návodky .		
			Vystavit protokol o shodě.		
			Uložit do meziskladu		

		<b>NÁBOJ TRAKČNÍHO KOTOUČE</b>			ID číslo
op.	BS006-002-03		odlitek LLG	16,2kg=939,6Kč	
10	9860	KONTROLA	Kontrola rozměrů odlitku	Posuvné měřítko	
20	44429	MAZAK INTEGREX 300ST	Upnout za levou stranu mezi žebra	sklíčidlo SHB-J-100+1MM	
			Zarovnat čelo u D130	Posuvné měřítko	711052
			Zarovnat čelo D255/D220 na míru l=8		
			Soustružit povrch D255, vybrání D253		710672
			Soustružit otvor D59+0,04 s 5,54°		
			Obrazit drážku 20P9	Měřidlo na drážku 20P9	711437
			Navrtat		710458
			Vrtat 2xpro M12, 8xpro M6, 8x D7,8		711116, 711056,
			Vrtat 8x D8H7 dle det. "C"	Kalibr Mt8H7	710909
			Srazit hranu ,závit vyřezat	Kalibr závitový Mtz M12	711436
			Srazit hrany 0,5x45°	Kalibr závitový Mtz M6	
			Přepnout do protivřetena, vystředit		
Upnout do uprav. čelistí za povrch D255	sklíčidlo SHB-J				

			Zarovnat čelo na míru l=88	Posuvné měřítko	710950
			Zarovnat čelo u D130 na míru l=62		
			Srazit hrany 0,5x45°		710672
			Měření		
			Odepnout, očistit		
30	26322	STROJ OMAŠTOVACÍ DC3	Odmastit dle TO-P82020		
40	9860	KONTROLA	Kontrola dle kontrolní návodky .		
			Vystavit protokol o shodě.		
			Uložit do meziskladu		

## 4.1 Vyhodnocení výrobní metody

Pro výběr vhodné metody výroby dle varianty A, nebo D, bude využit způsob přímého vzájemného porovnání výrobních nákladů jednotlivých variant.

Podklady pro porovnání budou získány:

- výpočtovou metodou s podporou podnikových normativ pro určení celkových časů,
- metodou porovnávací s využitím podnikových normativ pro zámečnické a natěračské práce,
- vyčíslení přímých nákladů pro operace, které se budou vyrábět v kooperaci.

### 4.1.1 Určení celkových časů

Časy  $T_c$  jsou vyznačeny v nezkráceném pracovním postupu, který je uložen v příloze 5 a 6 a jsou vypočítány dle všeobecného vzorce<sup>(12)</sup>.

$$T_c = t_{AC} + t_{BC} \quad (4.1)$$

Kde:

- $t_{BC}$  je čas dávkový s přírůžkou času směnového, který je určen podnikovými předpisy,
- $t_{AC}$  je čas jednotkový s podílem času směnového, který vypočítáme dle vzorce:<sup>(12)</sup>

$$t_{AC} = k_C \cdot t_A \quad (4.2)$$

Kde:

- $k_C$  je koeficient přírůžky a je stanoven 1,1,
- $t_A$  je čas soustružení, který spočítáme ze vzorce<sup>(12)</sup>.

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \quad (4.3)$$

Kde:

- L je celková dráha nástroje [mm]
- $l_n$  je dráha náběhu nástroje [mm]
- $l_p$  je dráha přeběhu nástroje [mm]
- l je délka obráběné plochy [mm]
- n je frekvence otáček obrobku [ $\text{min}^{-1}$ ]
- f je posuv na otáčku [mm]

Pro operaci 20, soustružení povrchu  $\varnothing 285$  mm na  $l = 100$  mm bude výpočet vypadat takto:

$$t_{AS} = 2 \cdot \frac{3 + 100 + 3}{345 \cdot 0,18} = 3,41 \text{ min}$$

$$t_{AC} = 1,1 \cdot 3,41 = 3,75 \approx 3,8 \text{ min}$$

Stejným postupem se stanoví  $t_{AC}$  pro všechny operace.

#### 4.1.2 Kritéria pro stanovení celkových nákladů

- $N_h$  – náklady na provoz stroje
- $N_o$  – náklady na obsluhu stroje
- $T_c$  – čas celkový
- $N_p$  – náklady na polotovary
- $N_k$  – náklady na tepelné zpracování
- $N_{mz}$  – náklady na modelovací zařízení

Pro soustružnické operace je stanovena	$N_{h1} = 1503 \text{ Kč.hod}^{-1}$ $N_{o1} = 83,8 \text{ Kč.hod}^{-1}$
Pro odmašťovací operace je stanovena	$N_{h2} = 400 \text{ Kč.hod}^{-1}$ $N_{o2} = 77,4 \text{ Kč.hod}^{-1}$
Pro operace natěračské je stanovena	$N_{h3} = 648 \text{ Kč.hod}^{-1}$ $N_{o3} = 83,4 \text{ Kč.hod}^{-1}$
Pro zámečnické operace je stanovena	$N_{h4} = 570 \text{ Kč.hod}^{-1}$ $N_{o4} = 83,8 \text{ Kč.hod}^{-1}$
Pro operaci řezání je stanovena	$N_{h5} = 450 \text{ Kč.hod}^{-1}$ $N_{o5} = 77,4 \text{ Kč.hod}^{-1}$

Náklady na tepelné zpracování	$N_k = 1270$ Kč
Náklady na spojovací materiál	$N_S = 226$ Kč
Náklady na polotovar – varianta A	$N_{pA} = 1180,3$ Kč
Náklady na polotovar – varianta D	$N_{pD1} = 1983$ Kč $N_{pD2} = 939,6$ Kč
Náklady na modelovací zařízení – varianta A – varianta D	$N_{mzA} = 82\,300$ Kč $N_{mzD} = 81\,100$ Kč

#### 4.1.3 Náklady – varianta A, monoblok odlitek LLG

Kalkulační vzorec pro 500 kusů

$$N_c = (N_{h1} \cdot T_{c1} + N_{o1} \cdot T_{c1}) + (N_{h2} \cdot T_{c2} + N_{o2} \cdot T_{c2}) + (N_{h3} \cdot T_{c3} + N_{o3} \cdot T_{c3}) + N_k + N_{pA} + \frac{N_{mzA}}{500} \quad (4.4)$$

$$N_c = (1503 \cdot 0,62 + 83,8 \cdot 0,62) + (400 \cdot 0,008 + 77,4 \cdot 0,008) + (648 \cdot 0,058 + 83,4 \cdot 0,058) + 1270 + 1180,3 + \frac{82300}{500} = \underline{3650,50 \text{ Kč}}$$

#### 4.1.4 Náklady – varianta D, náboj LLG, věnec LKG

Kalkulační vzorec pro 500 kusů

$$N_c = (N_{h1} \cdot T_{c1} + N_{o1} \cdot T_{c1}) + (N_{h2} \cdot T_{c2} + N_{o2} \cdot T_{c2}) + (N_{h3} \cdot T_{c3} + N_{o3} \cdot T_{c3}) + (N_{h4} \cdot T_{c4} + N_{o4} \cdot T_{c4}) + (N_{h5} \cdot T_{c5} + N_{o5} \cdot T_{c5}) + N_{pD1} + N_{pD2} + N_S + \frac{N_{mzD}}{500} \quad (4.5)$$

$$N_c = (1503 \cdot 1,18 + 83,8 \cdot 1,18) + (400 \cdot 0,016 + 77,4 \cdot 0,016) + (648 \cdot 0,058 + 83,4 \cdot 0,058) + (570 \cdot 0,11 + 83,8 \cdot 0,11) + (450 \cdot 0,117 + 77,4 \cdot 0,117) + 1983 + 939,6 + 226 + \frac{81100}{500} = \underline{5367 \text{ Kč}}$$

Dle výpočtu a srovnání obou způsobů je jednoznačně z ekonomického hlediska výroby **lepší varianta A**.

Nutno však říci, že byly důsledně dodržovány zadávací podmínky, tudíž vyráběné množství 500 Ks ročně při výrobních dávkách 10 Ks týdně. Výrobní

dávky jsou úmyslně stanoveny tak, aby bylo možno pružně měnit jak počet lanových drážek (4 až 7 kusů), tak i tvar drážky (3 používané druhy) podle zadaných dispozic projektanta.

Je jasné, že varianta A musí být počítána na tyto výrobní dávky, ale u varianty D se dá uvažovat o zvýšení výrobní dávky části náboj a ponechání výrobní dávky u části věnec trakčního kotouče, u kterého právě požadujeme pružné změny při výrobě.

Uvažujme tedy o stejném vyráběném množství, 500 ks ročně, ale s tím, že výrobní dávku části věnec ponecháme na 10 Ks týdně a výrobní dávku části náboj stanovíme na 100 Ks týdně s úpravou dávkových časů pro jednotlivé varianty klesnou náklady na hodnotu:

$$N_c = 5188 \text{ Kč}$$

O větší výrobní dávce nežli je 100 Ks nelze vzhledem ke specifické situaci firmy uvažovat. I při této uvažované úpravě jednoznačně ekonomicky **vychází lépe varianta A.**

Řešené varianty D nabízí ještě jednu výhodu, která řeší problémy se servisem namontovaných zařízení. Problémy s nestejně napnutými lany byly již popsány, jakkoli se budeme snažit tyto problémy řešit, existuje stále velké riziko opotřebení drážek. Potom musí přijít výměna kotouče. Zatímco u varianty A se musí vyměnit celý kotouč, který výrobními náklady dosahuje výše 3650,5 Kč, pak varianta „D“ umožňuje výměnu pouze věnce, zatímco náboj zůstane původní.

Výrobní náklady na věnec trakčního kotouče můžeme vyjádřit podobně jako předešlé dle vztahu:

$$N_{cv} = (N_{h1} \cdot T_{c1} + N_{o1} \cdot T_{c1}) + (N_{h2} \cdot T_{c2} + N_{o2} \cdot T_{c2}) + (N_{h3} \cdot T_{c3} + N_{o3} \cdot T_{c3}) + (N_{h5} \cdot T_{c5} + N_{o5} \cdot T_{c5}) + N_{pD1} \quad (4.6)$$

$$N_{cv} = (1503 \cdot 0,61 + 83,8 \cdot 0,61) + (400 \cdot 0,008 + 77,4 \cdot 0,008) + (648 \cdot 0,06 + 83,4 \cdot 0,06) + (450 \cdot 0,117 + 77,4 \cdot 0,117) + 1983 = \underline{2964 \text{ Kč}}$$

Výměna pouze věnce je nákladově vyčíslena sumou 2964 Kč, tímto konstatováním se při tomto rozboru končí, nebude se dále ekonomicky hodnotit, protože přímo nesouvisí se zadáním technické přípravy výroby. K tomuto doplňujícímu rozboru může být přihlédnuto při rozhodování o výběru varianty.

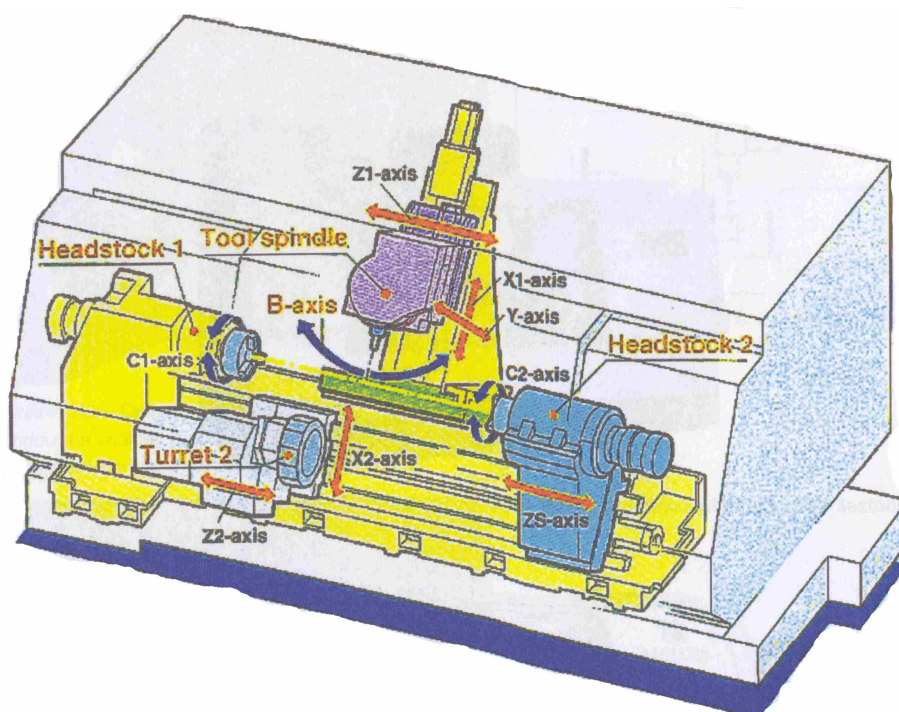
## 5 SESTAVENÍ PROGRAMU S PODPOROU CAD/CAM

Před zadáním do softwaru bylo nutno dle jednotlivých operací na CNC stroji určit nástroje používané pro obrábění součásti, byl vytvořen seřizovací list nástrojů, jenž je uložen v příloze 7 a 8.

Vytvoření CNC programu

Číslicově řízení výrobní stroje (CNC) jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu<sup>(22)</sup>.

Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfanumerických znaků. Vlastní program je dán posloupností oddělených skupin znaků, které se nazývají bloky nebo věty<sup>(22,23)</sup>.

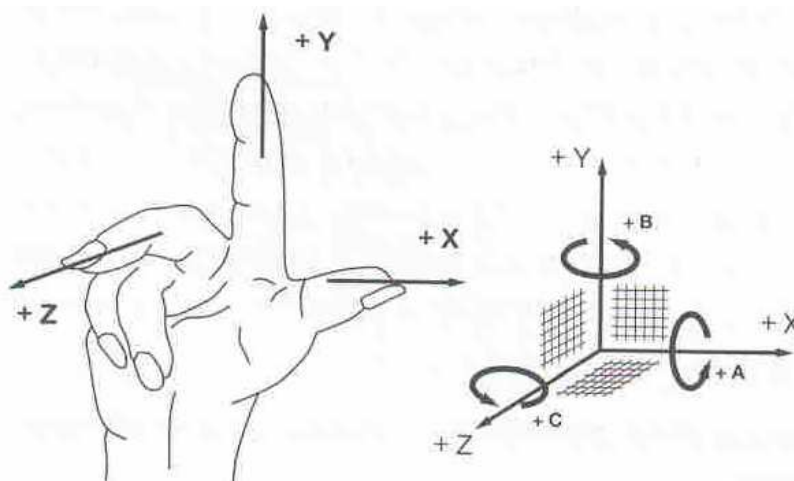


Obr. 5.1 Schéma soustruhu<sup>(22)</sup>

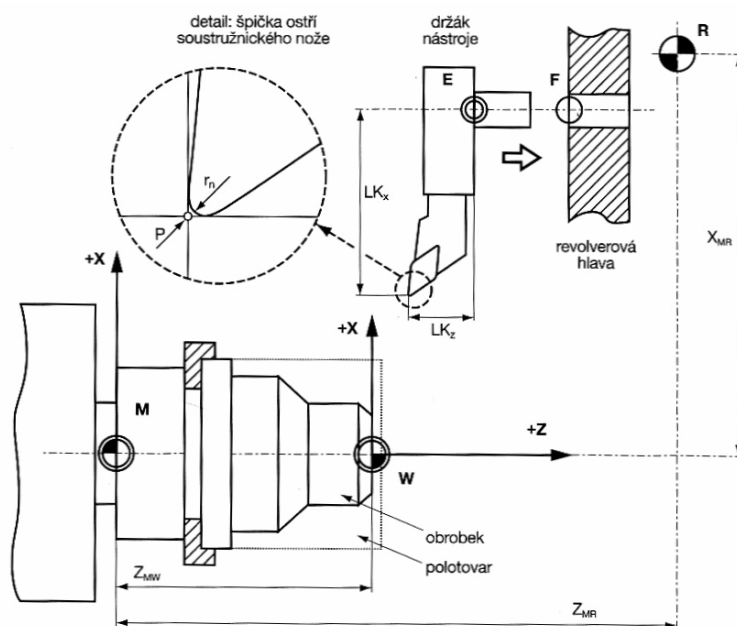
Informace, které program obsahuje lze rozdělit na:

- geometrické, které popisují dráhy nástroje,
- technologické stanovující technologii obrábění z hlediska řezných podmínek,
- pomocné, které řeší pomocné funkce jako chlazení, směr otáček vřetene apod.<sup>(22,23)</sup>.

Při programování je nutno se seznámit se souřadnicovým systémem stroje. Výrobní stroje používají kartézský systém souřadnic, systém je pravotočivý, pravouhlý s osami X, Y, Z, otáčivé pohyby, jejíž osy jsou rovnoběžné s osami X, Y, Z, se označují A,B,C<sup>(22)</sup>, dle obr. 5.2.

Obr. 5.2 Definování kartézských souřadnic <sup>(22)</sup>

Jestliže je definován základní souřadnicový systém, pak je nutno definovat nulové a vztažné body. Řídicí systém CNC stroje po zapnutí aktivuje souřadnicový systém ve vlastním stroji. Souřadnicový systém má svůj počátek, nulový bod, který musí být přesně stanoven <sup>(22)</sup>.

Obr. 5.3 Souřadnicový systém soustruhu <sup>(22)</sup>

M – Nulový bod stroje – stanoven výrobcem, výchozí bod pro všechny další souřadnicové systémy.

W – Nulový bod obrobku – nastavuje programátor, dle řídicího systému stroje.

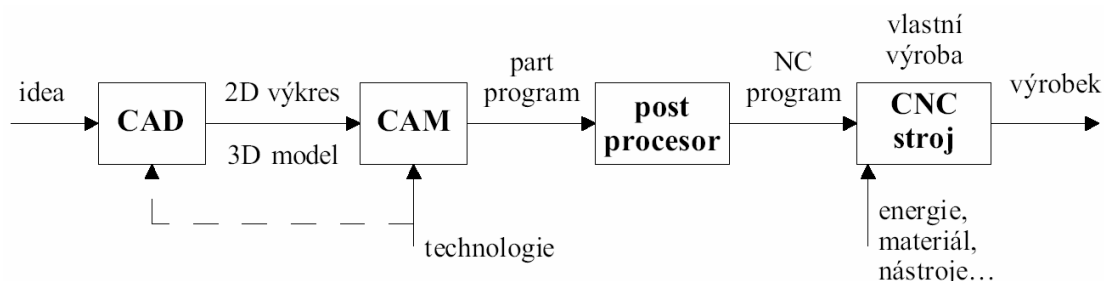
R – Referenční bod stroje – stanoven výrobcem, vymezen konc. spínači.

P – Bod špičky nástroje – pro stanovení délkové korekce nástroje.

F – Vztažný bod suportu, nebo vřetene – bod výměny nástroje.

E – Bod nastavení nástroje – bod na držáku nástroje, po upnutí totožný s F. <sup>(22)</sup>

CAD/ CAM systémy realizují vyšší stupeň počítačové podpory než ruční CNC programování. Výkres vytvořený v systému CAD se kopíruje pro další práci v modulu CAM<sup>(22)</sup> dle schématu.



Obr. 5.4 Schéma CAD/CAM systému<sup>(23)</sup>

Obráběcí multifunkční centrum Mazak je standartně dodáváno s CAM systémem Matrix Cam, jež je softwarem pro vytvoření programu v dialogovém jazyce Mazatrol<sup>(18)</sup>.



Obr. 5.5 Pracovní prostředí Mazatrol<sup>(18)</sup>

Mazatrol je dialogové programování, tzn. klade otázky, programátor odpovídá, postupně tímto dialogem vzniká program, který je strukturován dle obr. 5.6.

MAZATROL:124 (15-2.UPNUTI,NACISTO A FREZOVANI) STRAN 1

PC.	MAT.	VNE-MAX	VNI-MIN	DELKA	ZAROV	CELA	VYMENA	MAX-OT	volba materiálu, hlavní rozměry polotovaru, omezení otáček					
0	TVAT LIT	270.	34.	135.	8.	0	500							
PC.	PROCES	PALETA	Cis.	číslo palety										
1	V-PALET	1												
PC.	PROCES	POLOHA X	POLOHA Y	POLOHA Z	UHEL B	UHEL C	Polohování nástroje do bezpečné pozice, index pro B osu							
2	INDEX	0.	-400.	0.	0.	0.								
PC.	PROCES	KOD-WPC	X	Y	th	Z	C	WPC, souřadnice nulového bodu obrobku						
3	WPC- 0	OSA.SOUS	OSA.SOUS	0.	-576.315	166.952								
PC.	PROCES	TYP	PRB-X	PRB-Z	PRID-X	PRID-Z	typ obráběcí operace							
4	SOU	VNE	154.	0.	0.	0.								
SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
H	1 NUZ	CEL	40.	B	0	2.5				180	0.25	8	51	
FIG	PTN	P-SRAZ	POB-X	POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/\$	R/th	DRS					
	1VAL				150.	10.								
PC.	PROCES	TYP	PRB-X	PRB-Z	PRID-X	PRID-Z	použitý nástroj, řezné podmínky, druh chlazení							
5	SOU	CEL	270.	23.	1.	0.5								
SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
H	1 NUZ	CEL	40.	B	0	2.5				200	0.3	8	51	
FIG	PTN	P-SRAZ	POB-X	POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/\$	R/th	DRS					
	1VAL				220.	29.								
	2KUZ		220.	29.	208.	23.		45.						
PC.	PROCES	TYP	PRB-X	PRB-Z	PRID-X	PRID-Z	použitý nástroj, řezné podmínky, druh chlazení							
6	SOU	CEL	252.	23.	1.	0.5								
SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
F	1 NUZ	CEL	32.	A				0.	0.	220	0.2	8	51	
FIG	PTN	P-SRAZ	POB-X	POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/\$	R/th	DRS					
	1VAL				220.	29.01								
	2KUZ		220.	29.	208.	23.		45.						

Obr. 5.6 Struktura programu <sup>(18)</sup>

Program pro vyráběnou součást je uložen v příloze 9 a 10.

## 6 OVĚŘENÍ A KONTROLA NOVÉHO VÝROBKU

Při technické přípravě byly vypracovány dvě varianty řešení návrhu výroby součásti trakční lanový kotouč.

V obou variantách dojde ke zvýšení tvrdosti drážek pro lana, tímto bylo učiněno maximum pro eliminování opotřebení drážek lanem. Druhá oblast, která je důležitá pro funkčnost celého zařízení, jak bylo ukázáno v projektové přípravě výroby, je schopnost přenosu síly třením.

V podkapitole 2.2 byl zmíněn součinitel smykového tření na nosné ploše  $f = 0,09$ . Tento je definován ve veškeré dostupné literatuře, týkající se výtahové techniky a normativních, jako součinitel mezi litinou (materiál lanovnice) a ocelí (materiál lana). U obou variant nového řešení trakčního lanového kotouče je předpoklad splněn – oba kotouče jsou vyrobeny z litiny.

Avšak součinitel smykového tření na nosné ploše  $f$  byl specifikován pro litinu s lupínkovým grafitem. Jelikož varianta A je sice řešena jako výrobek z materiálu LLG, ale drážky budou povrchově kaleny a u varianty D je materiálem v místě styku s lanem litina LKG, zcela jistě dojde k určitému posunu hodnoty součinitele. Tyto hodnoty nejsou v současné době tabelizovány, proto po konzultaci s prof. Ing. Lubomírem Janovským, CSc,

bude uvažováno o uskutečnění srovnávacího experimentu při zkouškách součásti ve zkušební věži.

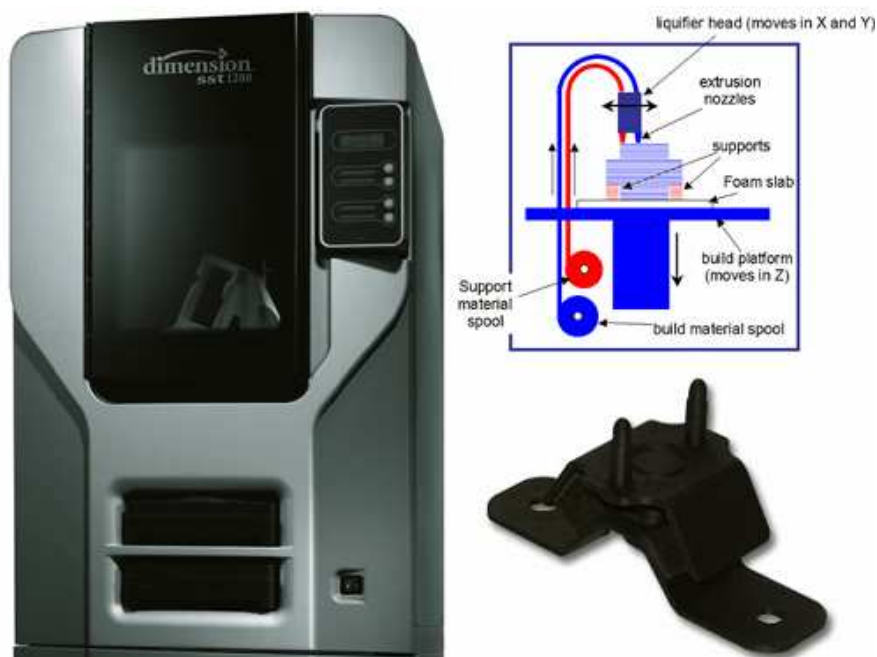
## 6.1 Příprava zkušebních vzorků

Jelikož náklady na výrobu modelu jsou značné, bylo by vhodné použít některé metody RAPID PROTOTYPINGU k výrobě modelu pro výrobu odlitku metodou přesného lití.



Obr. 6.1 Princip tvorby 3D modelu<sup>(24)</sup>

Metody RAPID PROTOTYPINGU, ve spojení s vhodným softwarovým vybavením dávají technikům při přiměřených nákladech zcela nové, dříve netušené možnosti ověření výsledků své práce. Vzhledem k rozměrům součásti lze uvažovat o výrobě modelu přímo s pomocí 3D tiskárny a použití hotového modelu pro lití pomocí vytavitelného voskového modelu. Model je vytvořen CAD systémem Autodesk Inventor a může být bez úprav poslán přímo na 3D tiskárnu.



Obr. 6.2 3D tiskárna SST 1200 a její princip<sup>(25)</sup>

Bude tedy nutno vyhledat firmu, popřípadě instituci, která by byla schopna takovýto model vyrobit. Nejbližší a nejdostupnější technologii vlastní VOŠ a SPŠ ve Žďáře nad Sázavou. Škola disponuje 3D tiskárnou Dimension SST 1200 dle obr 6.2, která využívá principu FDM (Fused Deposition Modeling) – postupné nanášení taveniny po velmi tenkých vrstvách<sup>(24)</sup> a na stavbu modelu spotřebuje jenom tolik modelovacího materiálu, který je nezbytný pro jeho stavbu. Tato technologie umožňuje zhotovit velmi kompaktní tvary s dutinami, které vytváří z rozpustných podpor<sup>(24,25)</sup>.

Tiskárna je řízena pomocí software Catalyst, který načítá hotové 3D modely ve formátu STL, orientuje je do polohy pro výrobu, zároveň dovozuje řídit a sledovat postup výroby<sup>(25)</sup>.

Výstupem ze zařízení může být model z plastu ABS (P400), který by sloužil pro přípravu silikonové formy, do které by se lily voskové modely.

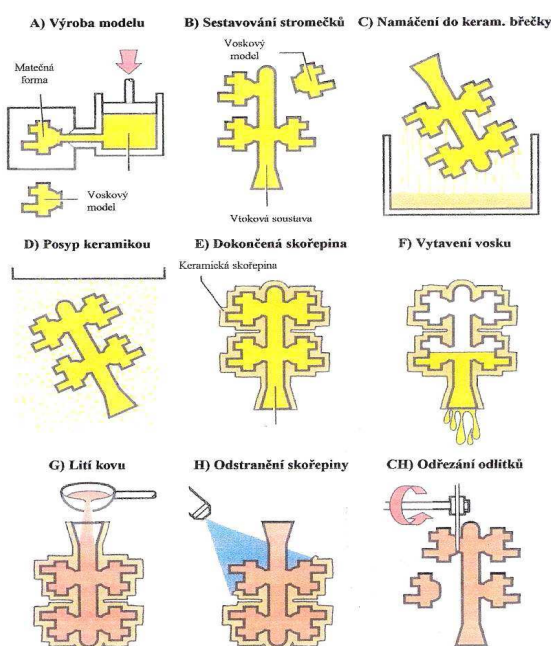
Jako alternativního může být užito přímo vosku ICW 06.

Nutno podotknout, pokud lze logisticky akci dotáhnout do vyšší kooperace, je vhodné, aby model 3D součásti byl dle specifikací slévárny doplněn o vtokovou soustavu.

Celá příprava metodou FDM tady končí vyrobením voskových modelů odlitků trakčních lanových kotoučů. Nyní se již končí fáze výroby polotovarů pro ověřovací sérii v kancelářském prostředí.

Je tedy patrné, že metoda RAPID PROTOTYPINGU zjednoduší výrobu polotovaru, nemusí se složitě vyrábět forma (kovová, duralová) na vstřikolís.

Použitím metody FDM je možno výstupní materiál – MODEL – přímo obalovat a sušit, aby se soustava odlitků ve stromečku mohla v boilerklávu párou zbavit vosku. Výsledné skořepiny pak již po zahřátí slouží k vlastnímu lití kovu.



Obr. 6.3 Postup výroby metodou přesného lití<sup>(26)</sup>

Tuto metodu výroby odlitků metodou přesného lití dlouhodobě používá a stále vylepšuje firma PBS a.s. Velká Bíteš, kde je uvažováno o přípravě polotovarů pro výrobu ověřovací série.

## 6.2 Srovnávací zkouška přenosu trakce

Experiment vychází z předpokladu, že při záběru, přesněji při počátku rotace trakčního lanového kotouče vždy dojde k elementárnímu proklouznutí lana po nosné ploše kotouče.

Jak již bylo zmíněno, součinitel smykového tření na nosné ploše  $f$  byl experimentálně stanoven pro litinu LLG.

Trakční lanový kotouč z litiny s lupínkovým grafitem bude tvořit srovnávací základnu pro další dva materiály užitě na součást.

### Princip zkoušky:

Bude se zkoumat časová a délková prodleva od okamžiku počátku rotace trakčního lanového kotouče po počátek pohybu ocelového lana. Experiment bude prováděn postupně pro všechny tři použité materiály patnáctkrát, při nejnevýhodnějším postavení kabiny s plně naloženým nákladem ve spodní stanici. Aby bylo možno jev ve skutečnosti pozorovat, bude využito moderního prostředku – vysokorychlostní kamery. Jednotlivá měření budou zaznamenána, aby z nich posléze mohly být vytvořeny závislosti MATERIÁL x POSUV x ČAS.

Vznikne tak první hmatatelná závislost prokluzu lan při jednotlivých materiálech lanovnice, vztažená ke srovnávacímu materiálu.

### Technické provedení:

Zkouška bude provedena ve zkušební věži, za předpokladu, že zkušební výtah bude náležitě namontován, veškeré technologické celky zkontrolovány a v neposlední řadě váhové poměry zcela v souladu s předpoklady statického výpočtu.

V souladu s poznatky z minulých oddílů této práce, musí být lana ideálně napnuta, proto se doporučuje použití nového napínače lan, který by řešil automaticky nestejně napnutí lan. Ten je volně prodejný trhu, proto bude nanejvýš vhodné tento přístroj použít.

Ve zkušební věži bude nainstalována vysokorychlostní kamera, která asi jako jediná dokáže jevy při rozjezdu a dojezdu nejen zaznamenat, ale ve spojení s nejmodernějším softwarem i vyhodnotit.

Vysokorychlostní video záznam umožňuje zachytit obrazy v rychlosti od 60 do 150 000 snímků za sekundu v normálním režimu. Videosekvence jsou ukládány v digitální podobě do paměti pomocí na míru vyvinutého softwaru, který operátorovi umožňuje analyzovat obrazy a provádět jejich vyhodnocení, jakož i výpočty rychlosti a vzdálenosti<sup>(27)</sup>.

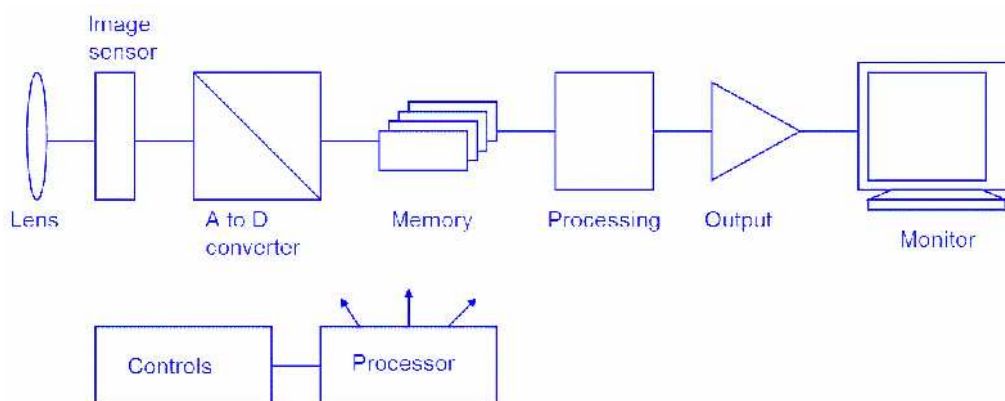
### Kamera I - SPEED 3 firmy OLYMPUS



Obr. 6.4 Sestava kamery I - SPEED<sup>(27)</sup>

I-SPEED 3 je ideální nástroj pro analýzu na vysoké úrovni výzkumu, z jeho předností bude při experimentu využita hlavně palubní analýza funkce umožňující měření vzdálenosti, rychlosti, zrychlení, úhel a úhlové rychlosti<sup>(27)</sup>.

Kamery mohou být provozovány standardně jako samostatný systém nebo v sestavě s PC dle obr 6.5<sup>(27)</sup>.



Obr. 6.5 Schéma zapojení kamery<sup>(27)</sup>

#### **Optimální PC Doporučení :**

Windows XP operační systém

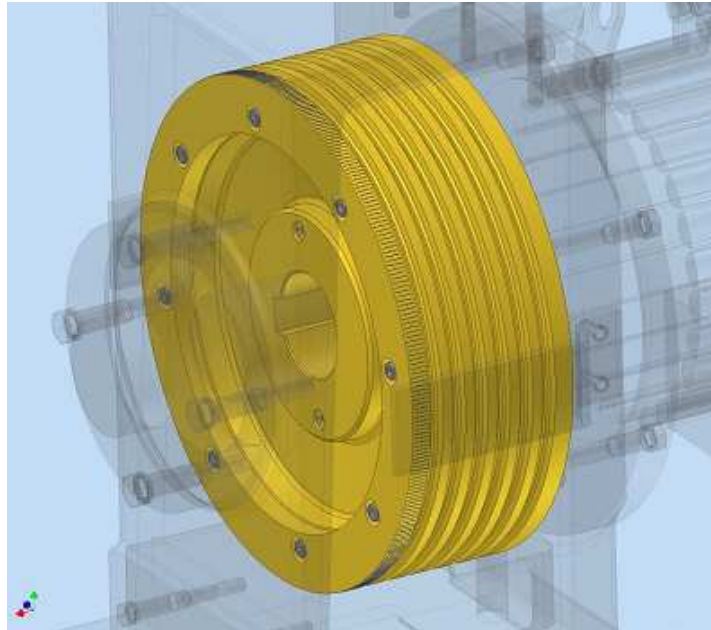
3GHz procesor

2 GB paměti

500 GB pevný disk pro ukládání video

### High-rychlost grafického adaptéru 1Gb Ethernet

Zkoušené zařízení Trakční lanový kotouč bude pro experiment upraven následovně: na obvodu kotouče bude nalepena nebo strojně vyrobena dílková řada dle obr 6.6.



Obr. 6.6 Úprava trakčního kotouče - dílkování

Zkušební zařízení – nosná lana budou pro experiment upravena následovně- dle telefonické konzultace se zástupcem dodavatele nosných lan – firmou Beránek s.r.o., bude do ocelového lana vpleten jeden, popřípadě několik indikačních drátků, které svou povrchovou úpravou budou rozděleny na segmenty, viz obr. 6.7, které mohou být s dílky na trakčním kotouči srovnávány.

Obr. 6.7 Úprava nosného lana

Vyhodnocení zkoušky

Vysokorychlostní kamerou snímaná soustava bude vyhodnocována pro všechny tři materiály, kdy, jak už bylo uvedeno, základnou pro srovnání bude užito neupraveného trakčního lanového kotouče z litiny s lupínkovým grafitem.

Grafický, nebo numerický výstup ze zkoušky, ve kterém bude vyjádřen posun záběru lana k počátku rotace trakčního kotouče, bude tvořit první díl úkolu zkoušky. Druhou částí experimentu bude zkoumání vlivu výše uvedeného posunu na opotřebení drážky. Po cyklickém zatěžování součásti bude provedeno kontrolní měření tvaru drážek trakčního lanového kotouče proti původnímu tvaru drážek, k tomuto se uvažuje použití metody RP-scanování systémem ATOS, použití k tomuto účelu bylo konzultováno a doporučeno Ing. Janem Zouharem, Ph.D., který se touto problematikou zabývá.

Vlastní provedení zkoušky bude provedeno dle dispozic a za dohledu SZÚ Brno, který funguje jako „Autorizovaná osoba“ při uvádění vyhrazených zařízení do provozu. Na jeho doporučení potom budou provedeny korekce ve statických výpočtech pro jednotlivé typy výtahů.

## ZÁVĚR

S rychlým vývojem elektrotechniky v současné době, kdy nástup motorů s permanentními magnety umožňuje snižování nároků jak energetických, tak prostorových pro výtahové stroje, jsou kladeny vyšší nároky i na čistě mechanické segmenty stroje. Je tedy nutno hledat nové konstrukční a technologické prvky a postupy, které by vedly k minimalizování nákladů, avšak při co možná nejvyšší míře spolehlivosti součástí. K tomuto výrobce nutí trh s vysokou konkurencí a v neposlední řadě hodnocené environmentální aspekty výroby.

S těmito základními požadavky bylo uvažováno při sestavování diplomové práce, kdy musely být provedeny rozborů součástí z hlediska funkčnosti drážek s výběrem jejich tvaru. V dalším oddíle byly vyspecifikovány možné alternativy použití materiálů pro součást a jejich kombinace, se stanovením možných konstrukčních řešení s výběrem dvou variant pro technologickou přípravu. První variantou je výroba součástí z polotovaru odlitek z osvědčeného materiálu, litiny s lupínkovým grafitem, nově bylo uvažováno o povrchovém kalení drážek pro lana. Varianta č.2 předpokládá výrobu součástí ze dvou dílů, náboj z odlitku z litiny s lupínkovým grafitem a věnce z polotovaru přířez z litiny s kuličkovým grafitem. Technologická příprava vybrala operace pro výrobu, určila materiály pro řezné nástroje, vybrala stroje nutné pro výrobu. Na základě těchto informací byly vytvořeny pracovní postupy pro obě varianty, z nichž mohlo být provedeno ekonomické zhodnocení. Pro perspektivní metodu byl vypracován CNC program a pro kompletní posouzení obou variant byl proveden návrh pro realizaci srovnávací zkoušky přenosu trakce při ověřování prvního kusu.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. JANOVSÝ, L; a DOLEŽAL, J. *Výtahy a eskalátory*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1980. 1696 s. 04 - 228 - 80.
2. CNY Elevator Inspections, 1861 Otis Elevator Patent. [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupné na www: <<http://www.cnyei.com/company/otis.php>>
3. JANOVSÝ, L. *Elevator mechanical design*. 3. vyd. U.S. : Edwards Brothers, Inc., 1999. 401 s. ISBN 1-886-536-26-0.
4. ČSN EN 81-1. *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – část 1: Elektrické výtahy*. Praha: Český normalizační institut, 1999. 146 s.
5. *Strojírenská příručka* - svazek 7, SCIENTIA, spol. s r.o., 1996. 211 s. ISBN 80-7183-024-0.
6. Z. PŘIKRYL a KOL. *Technologie obrábění*. SNTL Praha 1. 1967, 444 s. DT 621.9
7. PTÁČEK, L. a Kol. *Nauka o materiálu II*. 2. vyd., Brno, Akademické nakladatelství CERM, 2003, 392 s. ISBN 80-7204-248-3
8. PODRÁBSKÝ Tomáš, POSPÍŠILOVÁ Simona. *Struktura a vlastnosti grafitických litin* [online]. [cit. 2010-04-18]. Dostupné na www: <<http://ime.fme.vutbr.cz/studijni%20opory.html>>
9. PÍŠKA, M., Forejt M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
10. ČVUT. *Technologičnost konstrukcí* [online]. [Cit.2010-04-04]. Dostupné na www:<<http://u12134.fsid.cvut.cz/?udaj=predmet&id=C31065>>
11. SOBEK, E., BRANDEJS, J., DVOŘÁČEK, J., MAZAL, P., SVOBODA. F., *Základy konstruování Návody pro konstrukční cvičení*, Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 20045, 53 s., ISBN 80-7204-331-5
12. ZEMČÍK, O. *Technologická příprava výroby*. 1. vyd. Brno : CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-0019-X.
13. KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 2001. 270 s. ISBN 80-214-3068 - 0.
14. HUMÁR, Anton. *Výrobní technologie I* [online]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru "Strojírenská technologie" BS studijního programu "Strojírenství". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002, 84 s. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobniTechnologie\\_I.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobniTechnologie_I.pdf)>
15. HUMÁR, Anton. *Výrobní technologie II* [online]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru "Strojírenská technologie" BS studijního programu "Strojírenství". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002, 84 s. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobniTechnologie\\_II.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobniTechnologie_II.pdf)>

16. MOLÍKOVÁ, Eva. *Nauka o materiálu - Distanční výuka* [online]. [cit. 2010-03-01]. Dostupné na [www:< http://ime.fme.vutbr.cz/studijni%20opory.html>](http://ime.fme.vutbr.cz/studijni%20opory.html)
17. MARTENZIT. [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupné na [www:<http://www.martenzit.cz/Kalstredo.html>](http://www.martenzit.cz/Kalstredo.html)
18. MISAN s.r.o. [online]. [cit. 2010-04-21]. Dostupné na [www:<http://www.misan.cz/swf/?file=Mazatrol-Matrix&w=1024&h=820&kat=2>](http://www.misan.cz/swf/?file=Mazatrol-Matrix&w=1024&h=820&kat=2)
19. FREMUNT, P; KREJČÍK, J; PODRÁBSKÝ, T. *Nástrojové oceli*. Brno : Dům Techniky, 1994. 229 s.
20. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
21. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Prel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Prel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
22. ŠTULPA, M. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 80-7300-207-8.
23. KELLER, Petr. Programování a řízení CNC strojů [online]. Prezentace přednášek. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů. 2005, 100 s. Dostupné na [www:<http://www.kvs.tul.cz/download/obor/pnc\\_2.pdf >](http://www.kvs.tul.cz/download/obor/pnc_2.pdf)
24. MCAE SYSTEMS s.r.o. [online]. [cit. 2010-05-05]. Dostupné na [www:<http://www.mcae.cz>](http://www.mcae.cz)
25. DESIGNTECH, otevřený publikační portál. [online]. [cit. 2010-05-10]. Dostupné na [www: http://www.designtech.cz/c/it-reseni/tiskneme-ve-3d.htm](http://www.designtech.cz/c/it-reseni/tiskneme-ve-3d.htm)
26. ELBEL, Tomáš. *Základy slévárenské technologie* [online]. Učební text pro předmět Průmyslové technologie. VŠB – TU Ostrava, FMMI, 2006, 37 s. Dostupné na World Wide Web:  
< [http://katedry.fmmi.vsb.cz/632/zaklady\\_slevarenske\\_technologie.pdf](http://katedry.fmmi.vsb.cz/632/zaklady_slevarenske_technologie.pdf) >
27. OLYMPUS. [online]. [cit. 2010-05-14]. Dostupné na [www:< http://www.olympus-ims.com/cs/hsv-products/ >](http://www.olympus-ims.com/cs/hsv-products/)

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
d	[mm]	průměr lana
$T_1$	[N]	max. tah v lanech na straně klece
$T_2$	[N]	max. tah v lanech na straně závaží
$\alpha$	[°]	úhel opásání
$\gamma$	[°]	úhel drážky
g	[N.kg <sup>-1</sup> ]	gravitační zrychlení
A	[%]	tažnost
$R_m$	[MPa]	tažnost
TiC	[-]	karbid titanu
TaC	[-]	karbid tantalu
NbC	[-]	karbid niobu
RO	[-]	rychlořezná ocel
CNC	[-]	computer numerical control
3D	[-]	three dimensional
CAD	[-]	computer aided design
CAM	[-]	computer aided manufacturing
ABS	[-]	akrylonitrilbutanadienstyren
$a_p$	[mm]	šířka záběru ostří
$v_c$	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
f	[mm]	posuv na otáčku
D	[mm]	průměr vrtáku

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	Materiálový list - litina LLG
Příloha 2	Materiálový list - litina LKG
Příloha 3	Výkres trakčního kotouče – varianta A
Příloha 4	Výkres trakčního kotouče – varianta D
Příloha 5	Pracovní postup – varianta A
Příloha 6	Pracovní postup – varianta D
Příloha 7	Seřizovací listy varianta D – věnec
Příloha 8	Seřizovací listy varianta D – náboj
Příloha 9	CNC program – varianta D - věnec
Příloha 10	CNC program – varianta D - náboj

# Příloha 1

## Materiálový list - litina LLG

ČSN 42 2420		Litina s lupínkovým grafitem		LITINA							
STN 42 2420				42 2420							
<b>Chemické složení [hm. %]</b>											
P			S								
max 0,50			max 0,15								
<b>Charakteristika</b>											
Struktura tvořena peritem a feritem (u tenkých stěn převládá perlit) s lupínkovým grafitem.											
Střední hodnota stupně eutektičnosti $S_e = \frac{\% C}{4,23 - 0,3 (\% Si + \% P)} = 0,93 - 0,99$											
<b>Mechanické vlastnosti</b>											
Mez pevnosti $R_m$ [MPa] min			200								
Tvrdość HB max			220								
Modul pružnosti E [GPa]			109,9								
Pevnost v ohybu $R_{m0}$ [MPa] min			360								
Průhyb $y$ [mm] při vzdálenosti podpor 600 mm min			8								
Informativní hodnoty mechanických vlastností při snížených a zvýšených teplotách											
Teplota [°C]	-60	-40	-20	0	20	100	200	300	400	500	600
Pevnost v tahu $R_m$ [MPa] min	215	211	207	204	200	188	180	184	187	155	95
Rázová houževnatost [J.cm <sup>-2</sup> ] min	5,2	5,5	5,9	6,2	6,4	6,6	6,7	6,6	6,4	6,2	5,8
Pevnost v tahu a tvrdość válcových tyčí a stěn odlitků různých rozměrů, litých do pískových forem											
Průměr zkušební tyče [mm]	15	20	30	45	60	90					
Tloušťka stěny odlitku [mm]	4-8	8-15	15-30	30-45	45-80	80-120					
Pevnost v tahu $R_m$ [MPa] min	250	230	200	165	145	120					
Tvrdość HB	200-260	180-240	160-220	150-210	140-200	130-190					
Pevnost mezi klíny											
Typ zkušební tělesa	tyč neobrobená $\varnothing$ 30		tyč obrobená $\varnothing$ 20		kotouč $\varnothing$ 20 x 6						
Pevnost mezi klíny $\sigma_{yk}$ [MPa] min	125		145		140						
<b>Fyzikální vlastnosti</b>											
Hustota	Měrná tepelná kapacita	Tepelný součinitel roztažnosti		Tepelná vodivost		Lineární smrštění při tuhnutí					
$\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	$c_p$ [J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$\alpha$ [K <sup>-1</sup> ]		$\lambda_1$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]		[%]					
7 180	473	12,3.10 <sup>-6</sup>		49,4		1,2					
<b>Odolnost proti degradačním procesům</b>											
ODOLNOST PROTI KORÓZI											
běžná											
ODOLNOST PROTI ÚNAVĚ											
Mez únavy při ohybu za rotace $\sigma_{oc} = 93$ MPa											
<b>Technologické údaje</b>											
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ											
teploty přeměn $A_{11} = 738 + 5 (\% Si)^{\circ}C$ $A_{12} = 738 + 18 (\% Si)^{1,75} C$											
<b>Použití</b>											
Na odlitky o tloušťce stěn 8-45 mm, např. na strojní odlitky, amatury, části motorů, turbín, pístových strojů, na válce kompresorů a motorů.											
<b>Ostatní vlastnosti</b>											
Barevné značení podle ČSN 42 0010			Třída odpadu podle ČSN 42 0030								
-			212								
<b>Porovnání se zahraničními materiály</b>											
ISO		EURO		Německo							
Gr.200	ISO 185-87	-	-	GG20	DIN 1691						
Francie		Velká Británie		Rusko							
Ft20	NF A32-101	Gr.220	BS 1452-77	SČ20	GOST 1412-86						
FGL200	NF A32-101-87										
USA		Japonsko		Kanada							
Class 30B	ASTM A48-76	FC-20	JIS G5501	-	-						
		FC-200	JIS G5501-89								
Itálie		Rakousko		Švédsko							
G20	UNI 5007-69	GG200	ÖNORM M3191/83	O120-00	MNC 705E-89						
Polsko		Maďarsko		Norsko							
Zl200	PN H83101-86	Ov20	MSZ 8260	-	-						
Finsko		Švýcarsko		Španělsko							
GRS20	SFS H.1151	-	-	FG20	UNE 36111-73						
Belgie											
FGG20	NBN 830-01										

## Příloha 2

### Materiálový list - litina LKG

ČSN 42 2304		Feritická tvárná litina						LITINA	
STN 42 2304								42 2304	
<b>Chemické složení [hm. %]</b>									
nepředepisuje se									
<b>Charakteristika</b>									
Struktura tvořena feritem a zrnitým grafitem. Vzhled lomu je šedočerný.									
<b>Mechanické vlastnosti</b>									
Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa] min	250								
Mez pevnosti $R_m$ [MPa] min	400								
tažnost $A_5$ [%] min	12								
Vrúbová houževnatost KCV [J.cm <sup>-2</sup> ] min	10								
Tvrdost HB	150 - 200								
Modul pružnosti E [GPa]	169								
Modul pružnosti ve smyku G [GPa]	63,7 - 65,7								
<b>Informační hodnoty při snížených a zvýšených teplotách:</b>									
Teplota [°C]	-50	-20	100	200	300	400	500		
Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa] min	275	270	240	225	210	190	-		
tažnost $A_5$ [%] min	12	12	11	9	7	3	-		
Vrúbová houževnatost KCV [J.cm <sup>-2</sup> ] min	-	-	12	14	13	12	-		
Modul pružnosti E [GPa]	-	-	165	160	154	148	140		
<b>Fyzikální vlastnosti</b>									
Hustota $\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	Měrná tepelná kapacita $c_p$ [J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Teplotní součinitel roztažnosti $\alpha$ [K <sup>-1</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda_p$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Konduktivita $\lambda_n$ [MS.m <sup>-1</sup> ]					
7 040	473	13,0.10 <sup>-6</sup>	32,2	-					
<b>Odolnost proti degračním procesům</b>									
ODOLNOST PROTI KORÓZI									
běžná									
<b>Technologické údaje</b>									
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ									
teploty přeměn	$A_{c1} = 738 + 5 (\% Si)^{0,75} \text{ } ^\circ\text{C}$				$A_{c2} = 738 + 18 (\% Si)^{0,75} \text{ } ^\circ\text{C}$				
SVAŘITELNOST									
podmíněna kontrolovaným postupem svařování									
<b>Použití</b>									
Na odřívky s tloušťkou stěn 5-100 mm i více, jako nářadí na součásti silničních vozidel a zemědělských strojů, na převodové a ložiskové skříně, na tělesa amatur a jiné dynamicky namáhané odřívky.									
<b>Ostatní vlastnosti</b>									
Barevné značení podle ČSN 42 0010					Třída odpadu podle ČSN 42 0030				
-					225				
<b>Porovnání se zahraničními materiály</b>									
ISO		EURO			Německo				
400-12	ISO 1083-76	-	-	-	GGG40	DIN 1693	-		
					GJS400-15	DIN EN 1563E	-		
Francie		Velká Británie			Rusko				
FCS400-12	NFA32-201	Gr. 420-12	BS 2789-85	VČ40	GOST 7293-85	-			
USA		Japonsko			Kanada				
Gr. 60-40-18	ASTM A536-67	FCD40	JIS G5502	-	-	-			
		FCD400	JIS G5502-89	-	-	-			
Itálie		Rakousko			Švédsko				
GS400-12	UNI 4544	-	-	0717-00	NIHC 705 E-89	-			
Polsko		Maďarsko			Norsko				
Zs40015	PN H83123	-	-	-	-	-			
Finsko		Švýcarsko			Španělsko				
GRP40	SFS 2113	-	-	FGE 42-12	UNE 36118	-			
GRP400	SFS 2113	-	-	-	-	-			
Jugoslávie		-			-				
NL42	JUS C.12.022	-	-	-	-	-			
<b>Poznámky</b>									
uvedené mechanické hodnoty platí pro feritizačně žhnanou litinu s obsahem uvedených prvků v rozmezí Si = 2,3 - 2,8 %, Mn = max 0,3 %, P = max 0,05 %									















## Příloha 6 (3/3)

Pracovní postup varianta D - náboj








NÁBOJ TRAKČNÍHO KOTOUČE																
op.	BS006-002-03	odlítek LLG	16,2kg=939,6Kč	řezná rych.	otáčky	posuv/ot	počet třísek	hloub. řezu	ka	Tbc	Tac	ks	Tbc	Tac	Tc	ID číslo
	9860 KONTROLA	Kontrola rozměrů odlítka	Posuvné měřítko						10	9,6		1	0,96		0,96	
20	44429 MAZAK INTEGREX 300ST	Upnout za levou stranu mezi žebra Zarovnat čelo u D130 Zarovnat čelo D255/D220 na míru l=8 Soustružit povrch D255, vybrání D253 Soustružit otvor D59+0,04 s 5,54° Obrazit drážku 20P9 Navrtat Vrtat 2xpro M12, 8xpro M6, 8x D7,8 Vrtat 8x D8H7 dle det. °C° Srazit hranu ,závit vyřezat Srazit hrany 0,5x45° Přepnout do protivyřetena, vystředit	skřížklo SHB-J-100+ IMM Posuvné měřítko	180 260 120 200 70 70 80 15		0,18 0,18 0,12 0,18 0,1 0,2 0,15 1	2 2 1 5	2,5 2,5 2,5 2	10 75 26,6 3,6 0,76 0,75 5,3 1,8 4 0,43 1,25 0,63 0,9 0,43	27 26,6 3,6 0,76 0,75 5,3 1,8 4 0,43 1,25 0,63 0,9 0,43	1 7,5 26,6 3,6 0,76 0,75 5,3 1,8 4 0,43 1,25 0,63 0,9 0,43	12 7,5 26,6 3,6 0,76 0,75 5,3 1,8 4 0,43 1,25 0,63 0,9 0,43	27 26,6 3,6 0,76 0,75 5,3 1,8 4 0,43 1,25 0,63 0,9 0,43	39 34,1 3,6 0,76 0,75 5,3 1,8 4 0,43 1,25 0,63 0,9 0,43		
30	26322 STROJ OMAŠTOVAČI DC3	Odmastit dle TO-P82020							10	4,8		1	0,48		0,48	
40	9860 KONTROLA	Kontrola dle kontrolní návody . Vystaví protokol o shodě. Uložit do mezipřeladu							10	30		1	3		3	

## Příloha 7

Seřizovací listy varianta D – věnec

### Seřizovací list pro MAZAK program: 7400

Název součásti číslo části	VENEC TRAKČNÍHO KOTOUČE BS005-002-02	Fehler
číslo programu	7400	
číslo podprogramu		
vytveřil /změnil		
stroj	44429 MAZAK INTEGREX 300ST	
rozměry pořizovatele		

Pozice	D.číslo	Označení	T.Nr.	D.Nr.	Rev.	Délka Z.	Rožměr X	Radius	nahled.
1	711052	NUZ VNEJSI UT63-PWLN L R0.8 L=180mm;UT63-V63-120-M	1.13			180,00	-43,00	0,80	
2	710410	NUZ VNITRNI S32 PCLNR UTS63 L=242;QT1502 40/32	32.13			242,14	0,00	0,80	
3	710951	ZAPICHOVAK VNEJSI GHDR 25 S=3 L=163;UT63-SHR2525-M	3			163,00	-48,52	0,40	
4	711434	VRTAK D7.8 L146; UT63-HD20-85	7.8			146,00	0,00	0,00	
5	710955	FREZA TVRDOKOV D14 UTS63 L=111;UT63-ER32-60	14			111,00	0,00	0,00	
6	710698	NAVRTAVAK SECO 16 KRÁTKY ;UT63-WE25-80-MIY	16			160,00	0,00	0,00	
7	711433	VYSTRUZNIK D8 33/17;69871-ADB50-ER32-70	8			150,00	0,00	0,00	

Celkem: 7 nástrojů



## Příloha 9 (1/2)

### CNC program – varianta D - věnec

MASNTROL:10 STRAN 1

PC. MAT. VNB-MAX VNI-MIN DELKA ZAROV CELA VYEMNA MAX-OT SPHL.FR  
 0 TVRY LIT 290. 215. 195. 2.5 0 450

PC. PROCES TYP POL-B PRID-S  
 1 SCL CEL 90. 0.2  
 SCIs NASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-Z RYCH POSV M M M  
 H 1 MIZ VNE 1.13 A 2.5 240 0.2 153  
 F 2 MIZ VNE 1.13 A 260 0.2 153  
 FIG POB-X POB-Z KOB-X KOB-S DBS  
 1 290. 2.5 210. 0.

PC. PROCES TYP POL-B PRB-X PRB-S PRID-X PRID-S  
 2 SOU VNE 91. 290. 0. 0.4 0.2  
 SCIs NASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-Z RYCH POSV M M M  
 H 1 MIZ VNE 1.13 A 0 2.5 240 0.35 153  
 F 2 MIZ VNE 1.13 A 260 0.2 153  
 FIG PTN P-SRAS POB-X POB-Z KOB-X KOB-S K-SRAS/4 B/uh DBS  
 IVAL C 0.5 285. 102.5

PC. PROCES TYP POL-B PRB-X PRB-S PRID-X PRID-S  
 3 SOU VNI 0. 215. 0. 0.8 0.2  
 SCIs NASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-Z RYCH POSV M M M  
 H 1 MIZ VNI 32.13 A 0 2.7 240 0.35 153  
 F 2 MIZ VNI 32.13 A 260 0.2 153  
 FIG PTN P-SRAS POB-X POB-Z KOB-X KOB-S K-SRAS/4 B/uh DBS  
 IVAL C 5. 221. 15.

PC. PROCES TYP POL-B TYP Po. ROYTEC SIRKA PRID  
 4 S.ZAP VNE 91. 0 6 14. 3. 0  
 SCIs NASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-Z RYCH POSV M M M  
 F 1 ZPN VNE 3. A 15. 80 0.1 153  
 FIG P-SRAS POB-X POB-Z KOB-X KOB-S K-SRAS UHEL DBS  
 1 285. 15. 269. 15.

PC. PROCES MOD POL-B POL-C PR-SABL HL-SABL SRAB DNO PRU HLOUB  
 5 ZALOUB. IC 7.8 15. 6. 0.3 3 7.8 15.  
 SCIs NASTR NOM-B Cis # DIRA-B DIRA-EL PRE-D PRE-EL DBS HLOUB RYCH POSV M M M  
 1 VRTAK 7.8 7.8 15. 0. 100 CK-B T 3.9 70 0.18 169  
 2 ST-FREE 14. 15. 6. 7.8 LEV-SM 3 T 8.4 70 0.1 8  
 3 NAVRT 16. A 999. 70 0.15 8  
 FIG PTN POB-R/x POB-C/y POB-Z POC. UHEL Q R  
 IORG 120. 0. 0. 8 45. 0 1

PC. PROCES MOD POL-B POL-C PRU HLOUB SRAB PRED-VYST  
 6 STIRUZI IC 8. 15. 0. VRTAK  
 SCIs NASTR NOM-B Cis # DIRA-B DIRA-EL PRE-D PRE-EL DBS HLOUB RYCH POSV M M M  
 1 VYSTR 8. A 8. 15. 15 0.5 8  
 FIG PTN POB-R/x POB-C/y POB-Z POC. UHEL Q R  
 IORG 120. 0. 0. 8 45. 0 1

PC. PROCES TYP HLAVA VRET TLAK UPSUTI W1 W2 S-OFFSET C1 C2 C-OFFSET SPH.OOJ NAS  
 7 TRS POS 1463.8767 0. 1

PC. PROCES TYP POL-B PRID-Z  
 8 SCL ZAD 90. 0.23  
 SCIs NASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-Z RYCH POSV M M M



# Příloha 10(1/3)

## CNC program – varianta D – náboj

MASNTROL:8 STRAN 1

PC. MAT. VNE-MAX VNI-MIN DELKA ZAROV CELA VYMEHA MAX-OT SPHEL.PR  
 0 SEDA LIT 260. 45. 95. 3. 0 1200

PC. PROCES TYP POL-B PRID-3  
 1 SCL CEL 90. 0.2  
 SCIs MASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-2 RYCH POSV M M M  
 H 1 NUS VNE 1.13 A 5 1.5 240 0.25 153  
 F 2 NUS VNE 4.32 A 10 240 0.18 153  
 FIG PCB-X PCB-Z ROB-X ROB-Z DRS  
 1 260. 3. 210. 0.

PC. PROCES TYP POL-B PRB-X PRB-S PRID-X PRID-S  
 2 SOU VNE 90. 260. 0. 0.4 0.1  
 SCIs MASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-2 RYCH POSV M M M  
 H 1 NUS VNE 1.13 A 5 0 2.5 240 0.35 153  
 F 2 NUS VNE 4.32 A 10 240 0.18 153  
 FIG PTN P-SRAS PCB-X PCB-Z ROB-X ROB-Z K-SRAS/S R/uh DRS  
 IVAL C 1. 255. 92.

PC. PROCES TYP POL-B TYP Po. ROZTVC SIRKA PRID  
 3 S.SAP VNE 90. 1 1 0. 38. 0.2  
 SCIs MASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-2 RYCH POSV M M M  
 F 1 ZFN VNE 6. A 2.5 120 0.12 153  
 FIG P-SRAS PCB-X PCB-Z ROB-X ROB-Z K-SRAS UHEL DRS  
 1 C 0.2 255. 25. 253. 25.

PC. PROCES TYP POL-B PRB-X PRB-S PRID-X PRID-Z  
 4 SOU VNI 0. 45. 8. 0.4 0.2  
 SCIs MASTR NOM. Cis # TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-2 RYCH POSV M M M  
 H 1 NUS VNI 29.32 E 0 2. 180 0.2 153  
 F 2 NUS VNI 29.32 E 200 0.18 153  
 FIG PTN P-SRAS PCB-X PCB-Z ROB-X ROB-Z K-SRAS/S R/uh DRS  
 IVAL R 0.3 59. 8. 65. 62.

PC. PROCES MOD POL-B POL-C NOM- HLAV-Ø STOUK HL-Z. SRAS PR-SABL HL-ZABL SRAS DNO  
 5 ZABL/SAN XC 12. A 6. 6. 1. 8. 0.5 8. 5. 0.3 3  
 SCIs MASTR NOM-Ø Cis # DIRA-Ø DIRA-HL PRE-D PRE-HL DPS HLOUB RYCH POSV M M M  
 1 NAVRT 12. A 5.135 18.5 0. 100 90° NAVRT 70 0.1 8  
 2 VRTAK 5. A 5. 18.5 0. 100 CK-0 Y 2.55 70 0.2 169  
 3 ST-FRES 8. A 8. 5. 5. LEV-SM 3 Y 4.8 80 0.15 8  
 4 ZAVIT M 6. A 6. 13. ZAVIT FIX PL. 15 1. 169  
 FIG PTN PCB-B/x PCB-C/y PCB-S POC. UHEL Q R  
 IVAL 120. 0. 0. 8 45. 0 1

PC. PROCES MOD POL-B POL-C NOM- HLAV-Ø STOUK HL-Z. SRAS  
 6 ZAVIT XC 12. A 12. 12. 1.75 12. 2.5  
 SCIs MASTR NOM-Ø Cis # DIRA-Ø DIRA-HL PRE-D PRE-HL DPS HLOUB RYCH POSV M M M  
 1 VRTAK 10.2 10.2 14.25 0. 100 CK-0 Y 5.2 70 0.22 169  
 2 NAVRT 16. A 15.39 12. 12. 90° NAVRT 70 0.2 8  
 3 ZAVIT M12. A 12. 12. ZAVIT FIX PL.75 15 1.75 169  
 FIG PTN PCB-B/x PCB-C/y PCB-S POC. UHEL Q R  
 IVAL 52.5 91. 8. 2 180. 0 1

PC. PROCES PROG. OPAB. #  
 7 PCO PRO 9

## Příloha 10(2/3)

### CNC program – varianta D – náboj

MAZATROL:8 STRAN 2

PC.	PROCES	TYP	HLAVA	VRET	TLAK	UPNUTI	W1	W2	Z-OFFSET	C1	C2	C-OFFSET	SPH.ODJ	NAS
8	TRS	POS	♦	♦	♦	♦	♦	0.	1463.8767	♦	♦	0.		1

PC.	PROCES	TYP	HLAVA	VRET
9	SEP	SAMO	2	♦

PC.	PROCES	TYP	POL-B	PRB-X	PRB-Z	PRID-X	PRID-Z	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
10	SOU	ZAD	90.	255.	92.	0.	0.2										
	SCis	NASTR	NOM.	Cis #	TYP												
H	1	NUZ	VNE	1.13	B	0	2.	♦	♦	♦	♦	♦	240	0.25	153		
F	2	NUZ	VNE	4.32	B	♦	♦	♦	♦	0.	0.	0.	260	0.18	153		
	FIG	PTN	P-SRAZ	POB-X	POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/\$	R/uh	DRS							
			1VAL	C	1.	♦	♦	215.	88.	♦							

PC.	PROCES	TYP	POL-B	PRB-X	PRB-Z	PRID-X	PRID-Z	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
11	SOU	ZAD	180.	65.	64.	0.	0.2										
	SCis	NASTR	NOM.	Cis #	TYP												
H	1	NUZ	20.22	D	0	2.5	♦	♦	♦	♦	♦	♦	160	0.25	153		
F	2	NUZ	20.22	D	♦	♦	♦	♦	♦	0.	0.	0.	180	0.18	153		
	FIG	PTN	P-SRAZ	POB-X	POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/\$	R/uh	DRS							
			1VAL	C	0.5	♦	♦	135.	62.	♦							

PC.	PROCES	SOUV.	OPAK.	POSUN	POC.	NASTR	NAVRAT	SP	REV.	PROG.	DALSI
12	END		♦	♦							♦

### **Příloha 10(3/3)**

CNC program – varianta D – náboj

STANDARD PROGRAM PROGRAM : 9 BEZP.POLOHA 2.REVOL. 1

N355 T53.01M6 (OBRAZECI NASTROJ)

N360 G97 S0 M5

N361 G98 G40

N365 G0 X8. Z4. M8

N370 #1=59 (POCATEK V "X")

N375 #2=0.1 (PRIRUSTEK V "X")

N380 #3=72.3 (KONEC V "X")

N381 #4=#1

N385 #4=#4+#2

N390 IF [#4 GE #3] GOTO 420

N395 X#4

N400 G1 Z-16.8 F200

N405 G0 X#1

N410 Z10.

N415 GOTO 385

N420 X#3

N425 G1 Z-16.8 F200

N430 G0 X#1

N435 Z10.

N440 X#3

N445 G1 Z-16.8 F200

N450 G0 X#1

N455 Z20.

N460 X200. Z200.

N515 M99