

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI V  
PODMÍNKÁCH FIRMY „JIŘÍ KREJČÍ – BRUKR“  
SOLUTION TECHNOLOGY OF PRODUCTION PART IN CONDITIONS FIRM  
„JIŘÍ KREJČÍ – BRUKR“

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

LUKÁŠ PILNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

*BRNO 2008*

## ABSTRAKT

Návrh technologie výroby stavěcího šroubu v podmínkách firmy „Jiří Krejčí – Brukr“. Volba strojů pro zajištění výroby. Návrh polotovarů a výběr jejich optimálních variant pro uvažované alternativy výroby. Nalezení problematických míst ve výrobě a návrh její modernizace. Ekonomické zhodnocení uvažovaných výrobních variant.

### Klíčová slova

CNC obrábění, NC program, vyměnitelná břitová destička (VBD), výrobní návodka, výrobní postup, řezná rychlost, strojní čas

## ABSTRACT

Technological resolution of setscrew processing in conditions of specified company „Jiří Krejčí – Brukr“. Selection of machinery to assure production. Design of semi-factured parts and selection of their optimal variants in intended alternatives of production. Retrieval of critical points during production and concept of manufacturing modernization. Economical improvement of intended production variants.

### Key words

CNC-cutting, NC-program, exchangeable cutting tip, instruction of manufacture, process of manufacture, cutting speed, machine time

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PILNÝ, Lukáš. *Řešení technologie výroby součásti v podmínkách firmy „Jiří Krejčí – Brukr“: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 50 s., 8 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Řešení technologie výroby součástí v podmínkách firmy „ Jiří Krejčí – Brukr “ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

23. 5. 2008

.....  
Lukáš Pilný

## **Poděkování**

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji firmě „Jiří Krejčí – Brukr“ za možnost spolupráce.

**OBSAH**

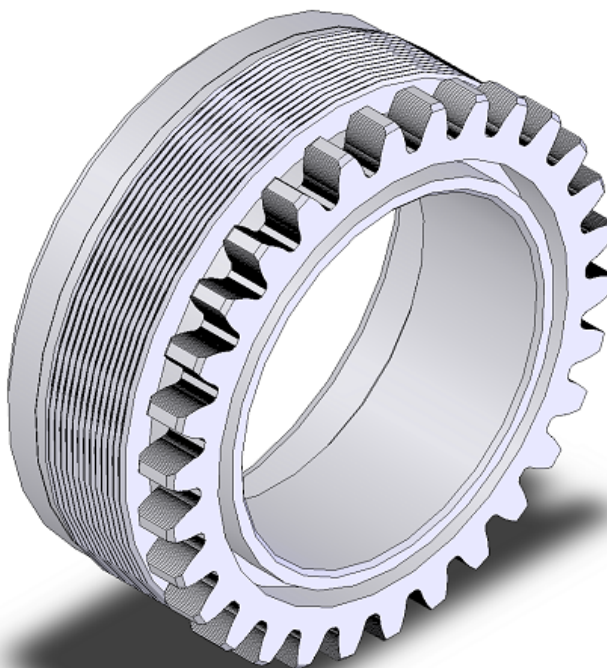
Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	9
1 ROZBOR STÁVAJÍCÍHO STAVU VE FIRMĚ.....	10
1.1 Historie firmy.....	10
1.2 Současný stav ve firmě.....	10
2 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI.....	11
2.1 Návrh technologií výroby.....	11
2.2 Použité technologie výroby – Aktuální studie.....	11
2.3 Použité technologie výroby – Výhledová studie.....	11
2.3.1 Použité strojní vybavení.....	12
2.1 Druh použitého materiálu.....	17
2.2 Použité nástroje.....	17
3 NÁVRH POLOTOVARU A VÝPOČET SPOTŘEBY MATERIÁLU PRO AKTUÁLNÍ STUDII.....	24
3.1 Návrh alternativ polotovaru.....	24
3.2 Volba výchozího polotovaru.....	24
3.2.1 Volba průměru polotovaru.....	24
3.2.2 Volba délky polotovaru.....	25
3.3 Výpočet normy spotřeby materiálu.....	25
3.3.1 Počet polotovarů z jedné tyče.....	26
3.3.2 Počet tyčí potřebných na vyrobení 100 ks výrobků.....	26
3.3.3 Nevyužitý materiál z jedné tyče.....	27
3.3.4 Nevyužitý materiál připadající na 1 kus výrobku.....	27
3.3.5 Výpočet koeficientu využití materiálu.....	28
4 NÁVRH POLOTOVARU PRO VÝHLEDOVOU STUDII.....	32
4.1 Návrh alternativ polotovaru.....	32
4.2 Volba polotovaru.....	32
4.3 Výpočet koeficientu využití materiálu.....	32
4.4 Porovnání stupně využití materiálu dle finální součásti s aktuální studií.....	34
5 VYTIPOVÁNÍ ÚZKOPROFILOVÝCH MÍST A NÁVRH MODERNIZACE.....	35
5.1 Uvažovaná úzkoprofilová místa v technologickém postupu.....	35
5.2 Návrh modernizace NC programu při daných požadavcích.....	35
5.3 Návrh alternativního řešení pro výrobu ozubení.....	36
5.3.1 Výrobní sortiment.....	36
5.3.2 Navrhovaný výrobní stroj.....	36
5.3.3 Kapacitní propočet potřebných výrobních strojů.....	37
6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	39
6.1 Výpočet ceny součásti pro aktuální studii.....	39
6.2 Výpočet ceny součásti pro výhledovou studii.....	41
6.2.1 Výpočet ceny součásti – polotovar kovaný kroužek.....	41
6.2.2 Výpočet ceny součásti – polotovar přířez.....	42
6.2.3 Porovnání polotovarů z ekonomického hlediska.....	44
6.3 Orientační ekonomické zhodnocení výroby ozubení v rámci firmy.....	44

7 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ .....	45
Závěr.....	46
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	48
Seznam příloh.....	50

## ÚVOD

Předmětem této bakalářské práce je návrh řešení technologie výroby součásti stavěcího šroubu v podmínkách firmy „Jiří Krejčí – Brukr“. Tato firma působí na trhu od roku 1992 v Královéhradeckém kraji v oblasti kovoobrábění a broušení nářadí.

Návrh technologie výroby bude řešen ve dvou variantách, pro výrobní dávku aktuální studie  $100 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$  a výhledové studie  $40\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Volba optimálního výchozího polotovaru pro výrobu daných studií s ohledem na spotřebu strojních časů při obrábění a zhodnocení ekonomické stránky pro co možná nejlepší cenovou nabídku pro zákazníka. Výrobní stroje budou použity dle možností a vybavení v dané firmě, výběr primárního typu CNC soustruhu pro výrobu a určení dalších typů CNC soustruhů pro zajištění výroby při možné poruše primárního stroje, či volných výrobních kapacitách daných strojů. Dle požadavku firmy budou použity stávající nástroje pro obrábění, jimiž je firma vybavena. Dále bude pro uvažovaná úzkoprofilová místa ve výrobě navrhována modernizace, popřípadě navrhována alternativní řešení a jejich ekonomická zhodnocení.



Obr. 1 Model součásti – stavěcí šroub

## **1 ROZBOR STÁVAJÍCÍHO STAVU VE FIRMĚ**

### **1.1 Historie firmy**

Firma „Jiří Krejčí – Brukr“ byla založena v roce 1992 s původním zaměřením na broušení nářadí. V roce 1995 byla činnost rozšířena o kusovou a malosériovou výrobu kovoobrábění. O rok později byl s ohledem na potřeby zákazníků zahájen i prodej některých nástrojů pro obrábění dřeva a kovů.<sup>1</sup>

### **1.2 Současný stav ve firmě**

Po vytvoření široké zákaznické základny firma v současné době pokračuje v nastolených činnostech, tedy kovoobrábění a broušení široké škály nástrojů pro zpracování dřeva, kovů, plastů, potravinářského průmyslu a dalších.

Vzhledem k aktuálním trendům na našem trhu zavádí do výroby nové technologie, především stroje s CNC řízením. Rozsah typu výroby se díky novým strojům s CNC řízením, automatickými podavači tyčí, lapači obrobků, dopravníků třísek aj. rozšiřuje též do oblasti středně sériové výroby s využitím automatizace.

Firma tedy v současnosti pokrývá výrobu kusovou, od 1 ks na konvečních obráběcích strojích, až po středně sériovou na automatizovaných strojích s CNC řízením pro zakázky např. automobilního průmyslu.

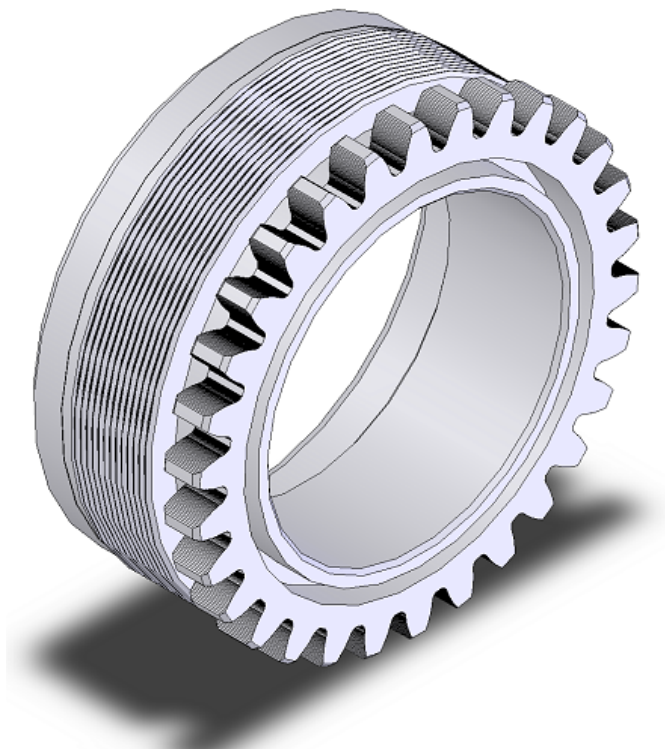
Zajištěny jsou i další služby, které jsou řešeny kooperačně (např. tepelné zpracování, zhotovení ozubení atd.).<sup>1</sup>

Problém, s nímž se firma v současnosti potýká, je nemožnost dále rozšiřovat strojní vybavení z důvodu nedostatku výrobních prostor. Momentálně firma hledá vhodné prostory k pronájmu, kam by výrobu přesunula a mohla se dále rozvíjet.

V prodejní oblasti je firma zaměřena především na bimetalické pilové pásy firmy WIKUS, dále je nabízen široký výběr dřevoobráběcích nástrojů od italského výrobce FREUD a také sortiment tuzemského výrobce PILANA TOOLS.<sup>1</sup>

## 2 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI

Stavěcí šroub, výkresová dokumentace viz. příloha 6 (č. v. BP – 01 – 2008)



Obr. 2.1 Model součásti – stavěcí šroub

### 2.1 Návrh technologií výroby

- a) Aktuální studie ( $100 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$ ), dále označovaná pouze jako Aktuální studie
- b) Výhledová studie ( $40\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$ ), dále označovaná pouze jako Výhledová studie

### 2.2 Použité technologie výroby – Aktuální studie

1. Dělení materiálu (řezání)
2. Vrtání
3. Soustružení
4. Frézování
5. Obrázení ozubení – KOOPERACE

### 2.3 Použité technologie výroby – Výhledová studie

1. Dělení materiálu – KOOPERACE
2. Zápustkové kování – KOOPERACE
3. Soustružení
4. Frézování
5. Obrázení ozubení

### 2.3.1 Použité strojní vybavení

#### Pásová pila na kov ARG 250 PLUS S.A.F.



Obr. 2.2 Pásová pila na kov ARG 250 PLUS S.A.F.<sup>2</sup>

Po stisknutí jediného spínače se provede celý řezací cyklus – upnutí materiálu, zapnutí pilového pásu, provedení řezu, zastavení pilového pásu, zvednutí ramene do původní (nastavitelné) horní polohy a rozepnutí svěráku. To ve spojení s hydraulickým posunem pilového pásu do řezu podstatně zvyšuje produktivitu řezání, zvláště u plných materiálů. Všechny funkce je možno ovládat samostatně. Posuv materiálu je ruční. Pila je vybavena silnějším motorem a frekvenčním měničem, které umožňují plynulou regulaci rychlosti pilového pásu v rozsahu 15–90 m · min<sup>-1</sup>. Optimální nastavení rychlosti pilového pásu podstatně zvyšuje produktivitu stroje, přesnost řezu a životnost pilových pásů. Možnost velmi rychlého, plynulého přestavování požadovaných úhlů s rozsahem 60° vpravo a 45° vlevo, nachází všeobecné uplatnění od řemeslnických dílen až po tovární provozy. Regulace tlaku svěráku je u všech typů ARG ve standardní výbavě.<sup>2</sup>

Tab.2.1 Technické parametry pásové pily na kov ARG 250 PLUS S.A.F.<sup>2</sup>

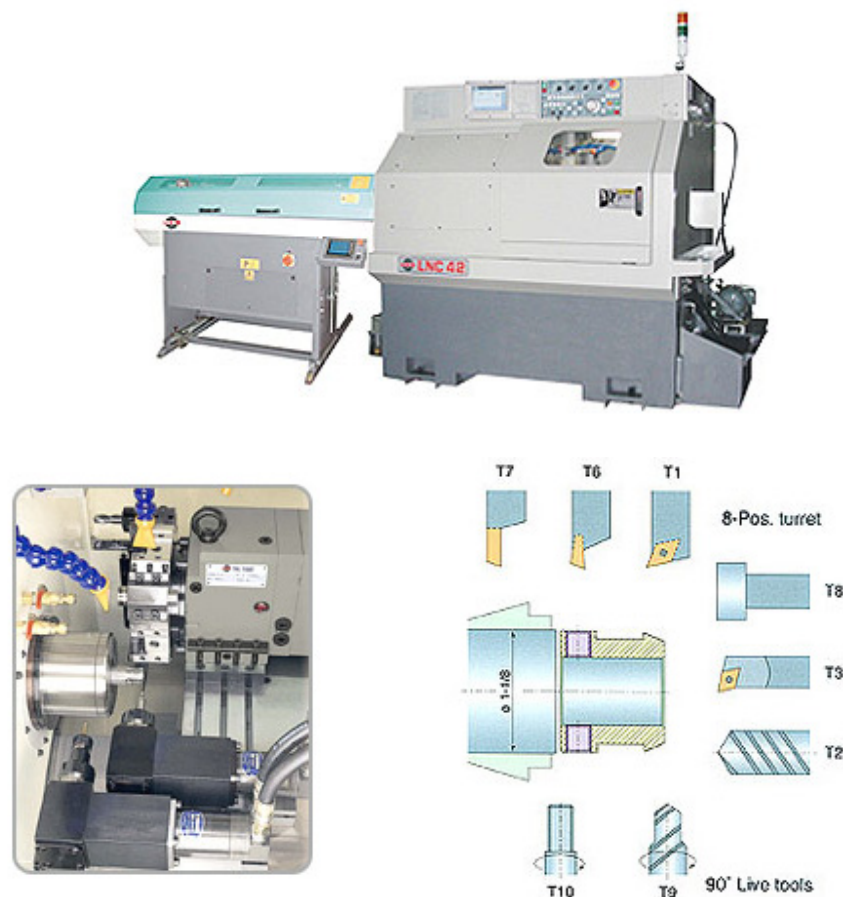
	90°	-45°	+45°	+60°		
●	250	170	190	125		400V, 2,3 kW
■	240	140	180	120		15–90 m · min <sup>-1</sup>
	300x160	160x100	190x130	120x120		1400x900x1330
	270x240	120x200	175x220	105x150		580 kg

Rozměr pilového pásu: 2710x27x0,9

### CNC soustruh Lico LNC 42

Tab.2.2 Technické parametry CNC soustruhu Lico LNC 42<sup>3</sup>

Technické údaje	Hodnota	Jednotky
Max. průměr pro obrábění z tyčí (kleština)	42	mm
Oběžný průměr nad ložem	260	mm
Oběžný průměr nad saněmi	150	mm
Max. obráběný průměr (tříčelistové sklíčidlo)	165	mm
Max. obráběná délka (revolverová hlava – kleština/sklíčidlo)	205/180	mm
Výkon motoru	7,5	kW
Max. otáčky	5000	min <sup>-1</sup>
Počet nástrojů v nástrojové hlavě	8	ks
Pracovní posuvy	0–10 000	mm · min <sup>-1</sup>
Rychloposuv	15	m · min <sup>-1</sup>



Obr. 2.3 CNC soustruh Lico LNC 42<sup>3</sup>

**CNC soustruh S50**Tab.2.3 Technické parametry CNC soustruhu S50 <sup>1</sup>

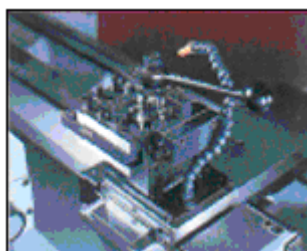
Technické údaje	Hodnota	Jednotky
maximální průměr tyče	50	mm
vrtání včetně	63	mm
maximální průměr obrábění	270	mm
Max.délka obrábění s koníkem	535	mm
Počet nástrojů v nástrojové hlavě	12	ks
Výkon motoru	7,5	KW
Rozsah otáček	75–4500	min <sup>-1</sup>
Rozsah posuvů podélných a příčných	0,001–99	mm · ot <sup>-1</sup>
Hydraulický upínací agregát		
Pracovní tlak čerpadla	35	Bar
Množství dodávané kapaliny	175	l · min <sup>-1</sup>
Výkon motoru	1,5	kW
Otáčky motoru	1450	ot · min <sup>-1</sup>
Objem nádrže	9	l

Obr. 2.4 CNC soustruh S50 <sup>1</sup>

### Ruční/CNC soustruh Alpha 1350XT

Tab.2.4 Technické parametry Ručního/CNC soustruhu Alpha 1350XT <sup>4</sup>

Technické údaje	Hodnota	Jednotky
Oběžný průměr nad ložem	350	mm
Oběžný průměr nad suportem	196	mm
Vzdálenost mezi hroty	650	mm
Průchod vřetenem	41	mm
Výkon motoru	7,5	KW
Rozsah otáček	86–3500	min <sup>-1</sup>
Rozsah pracovních posuvů	0,03–0,6	mm · ot <sup>-1</sup>
Rychloposuv	4	m · min <sup>-1</sup>
Rychlovýměnná nástrojová hlava – držáky	4	ks
Zdvih pinoly koníku	140	mm
Hmotnost stroje	2000	kg
Příkon	22	kVA

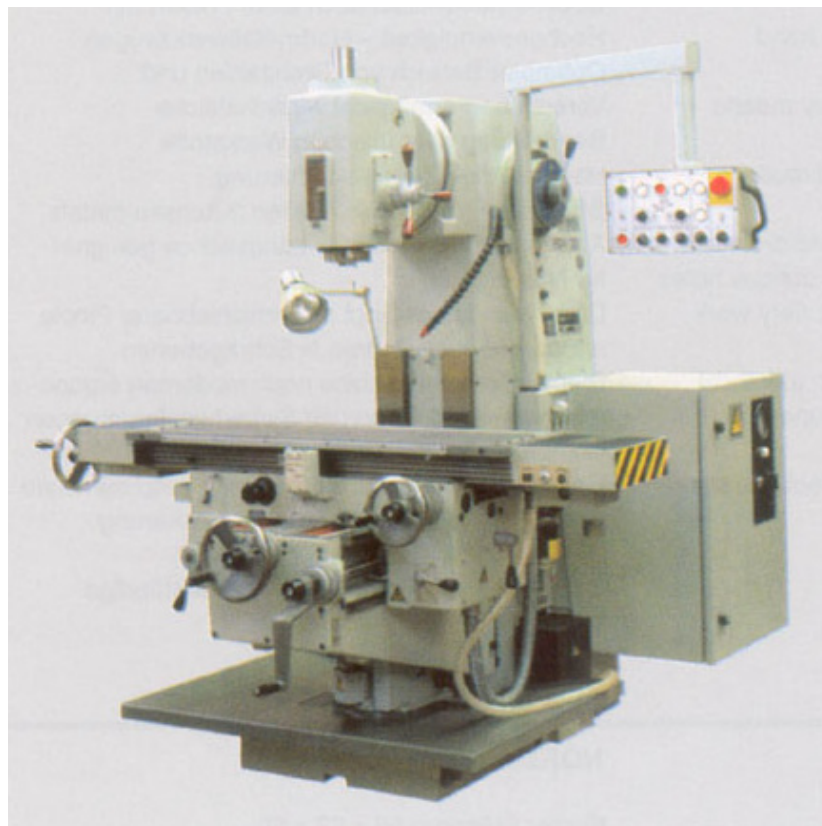


Obr. 2.5 Ruční/CNC soustruh Alpha 1350XT <sup>4</sup>

Tyto 3 varianty CNC soustruhů ze strojního vybavení firmy jsou schopny vyrábět danou součást.

**Jako primární výrobní stroj bude použit CNC soustruhu S50**, jakožto nejvýhodnější varianta vzhledem k typu vyráběné součásti. Zbylé 2 varianty CNC soustruh Lico LNC 42 je využít pro automatizovanou výrobu z tyčí do  $\varnothing 42\text{mm}$ . Ručního/CNC soustruhu Alpha 1350XT je užito pro rozmanitou kusovou výrobu. Tyto stroje je možné použít při poruše primárního výrobního stroje či volných výrobních kapacitách.

## Frézka konzolová FGU 32

Obr. 2.6 Frézka konzolová FGU 32 <sup>5</sup>Tab.2.5 Technické parametry Frézky konzolové FGU 32 <sup>5</sup>

Technické údaje	Hodnota	Jednotky
Pojezd podélný – osa X	850	mm
Pojezd příčný – osa Y	275	mm
Pojezd svislý – osa Z	420	mm
Max.zatížení stolu	300	kg
Upínací plocha	320x1250	mm
Pracovní posuv osa X, Y	20–900	mm · min <sup>-1</sup>
Pracovní posuv osa Z	5,7–250	mm · min <sup>-1</sup>
Rychloposuv osa X, Y	1635	mm · min <sup>-1</sup>
Rychloposuv osa Z	460	mm · min <sup>-1</sup>
Kuželová dutina vřetene	50	ISO
Rozsah otáček	1,5–1400	min <sup>-1</sup>
Počet stupňů otáček	12	-
Výkon hlavního motoru	5,5	kW
Celkový příkon	7,3	kVA
Hmotnost	2800	kg

## 2.1 Druh použitého materiálu

Ocel E335 dle EN 10025 (11 600.0 dle ČSN). Konstrukční ocel, tavná svařitelnost obtížná. Pro větší namáhání strojních součástí namáhaných staticky i dynamicky : hřídele, ozubená kola, strojní součásti soustružené, čepy, kolíky, podložky, příruby, pouzdra, základové desky, šrouby, matice, kladky, hrdla apod. Kovové součásti tepelných energetických zařízení. Kované a lisované součásti vystavené velkému tlaku o velké tvrdosti bez tepelného zpracování (klíny, čepy, pastorky, šneky, včetně lisů).<sup>6</sup>

Tab.2.6 Označení oceli dle EN normy<sup>7</sup>

Označení dle ČSN	Označení dle EN 10027-1	Norma EN	Označení W. Nr.
11 600.0	E335	10025	1.0060

Tab.2.7 Tepelné zpracování oceli 11 600.0<sup>6</sup>

Teplené zpracování	Teplota [°C]	Poznámka
Normalizační žíhání	850–880	
Žíhání na měkko	680–720	
Kalení	850–870	Voda, olej
Popouštění	530–670	Vzduch

Tab.2.8 Vlastnosti oceli 11 600.0<sup>6</sup>

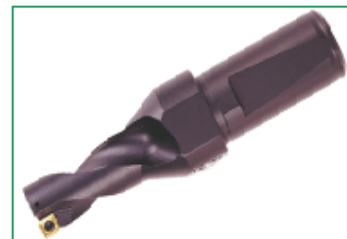
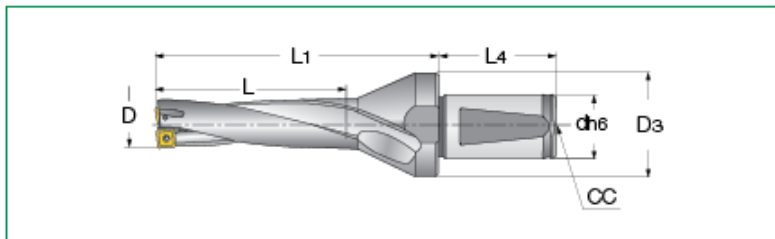
Označení podle ČSN	Mechanické vlastnosti			Třída odpadu
	R <sub>m</sub> [Mpa]	R <sub>e min</sub> [Mpa]	Tvrdost [HB]	
11 600.0	590 až 705	295	Max.205	001

## 2.2 Použité nástroje

V této kapitole jsou vzhledem k rozsahu práce detailně zobrazeny pouze nástroje pro obrábění na CNC stroji (operace číslo 20, 30 viz. příloha 5 – Výrobní postup). Ostatní použité nástroje jsou uvedeny ve výrobních pomůckách viz příloha 5 – Výrobní postup.

Tab.2.9 Vrták DR050 – 100 – 40 – 16

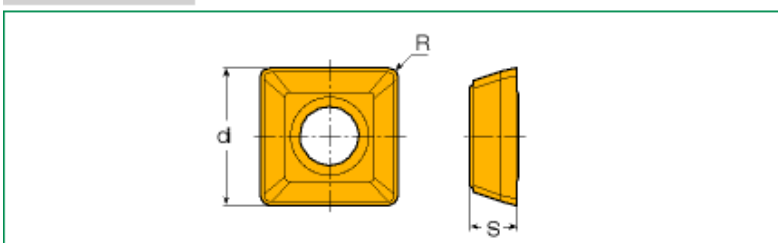
Číslo nástroje	Typ vrtáku	Vyměnitelná břitová destička
T0101	DR050 – 100 – 40 – 16	SOMT 160512 – DT



D	L	L1	D max	d	D3	L4	cc
50,00	100,0	134,0	54,00	40,00	60,00	68,0	R1/4

Obr. 2.7 Vrták DR050 – 100 – 40 – 16<sup>8</sup>

SOMT 160512-DT



di	S	R
16,000	5,56	1,20

Obr. 2.8 VBD – SOMT 160512 – DT<sup>8</sup>

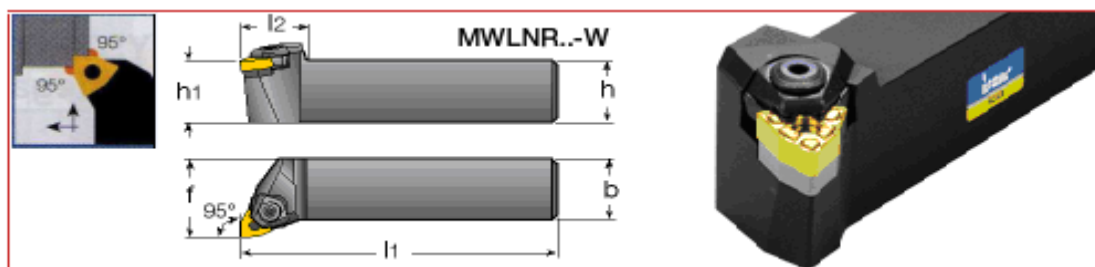
Doporučené řezné podmínky:<sup>8</sup>

$$f = 0,13 (0,13-0,20) \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$$

$$v_c = 200 (200-220) \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Tab.2.10 Nůž pro vnější soustružení

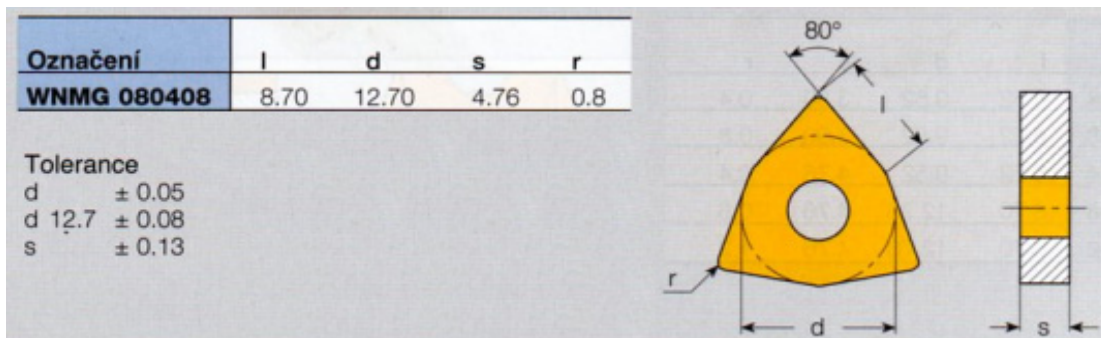
Číslo nástroje	Nožový držák	Vyměnitelná břitová destička
T0202	MWLNL 2525M – 08W	WNMG 080408 – GN



\*Zobrazen pravý nástroj

Označení	h=h <sub>1</sub>	b	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	f	γ <sub>a</sub>	γ <sub>r</sub>	Destičky
MWLNR/L 2525M-08W	25	25	150	30	32	-6°	-6°	WNMG□08...

Obr. 2.10 Nůž pro vnější soustružení MWLNL 2525M – 08W<sup>9</sup>

Obr. 2.11 VBD – WNMG 080408<sup>9</sup>Tab.2.11 Doporučené řezné podmínky pro VBD – WNMG 080408<sup>9</sup>

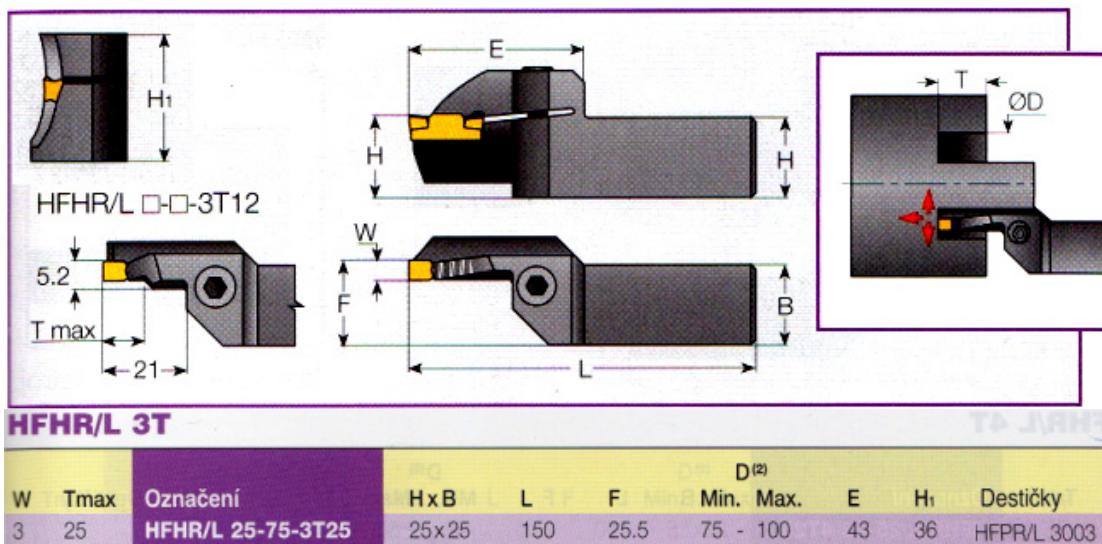
Označení	Doporučené řezné podmínky							f (mm/ot)	ap (mm)
	IC3028	IC635	IC9025	IC8048	IC9015	IC530N IC520N	IC907		
WNMG 080408-PP	50-180 50-180	80-150 80-150	150-300 100-180	200-300	200-350	200-300 150-280	40-55 180-300	0.14-0.30	1.0-5.0

← HOUŽEVNATEJŠÍ

Vc (m/min)

Tab.2.12 Čelní zapichovací nůž

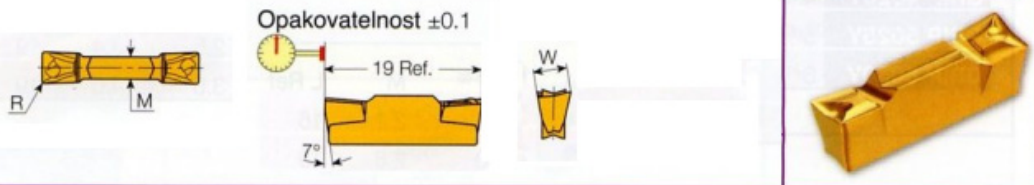
Číslo nástroje	Nožový držák	Vyměnitelná břitová destička
T0303	HFHR 25 – 75 – 3T25	HFPR 3003

Obr. 2.12 Čelní zapichovací nůž HFHR 25 – 75 – 3T25<sup>9</sup>

## Vyměnitelné destičky pro čelní obrábění

## HFPR/L

Označení	W	M	R±0.05
HFPR/L 3003	3±0.03	2.1	0.3

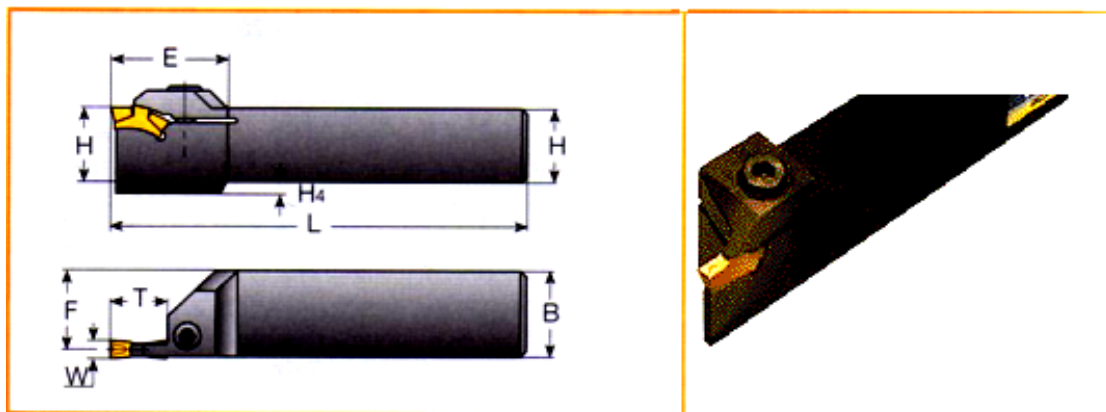
Obr. 2.13 VBD – HFPR 3003<sup>9</sup>Doporučené řezné podmínky:<sup>9</sup>

$$f = 0,08 (0,04-0,14) \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$$

$$v_c = 70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Tab.2.13 Zapichovací nůž

Číslo nástroje	Nožový držák	Vyměnitelná břitová destička
T0404	TGDL 2525 – 4M	TGMF 304



\*Zobrazen pravý nástroj

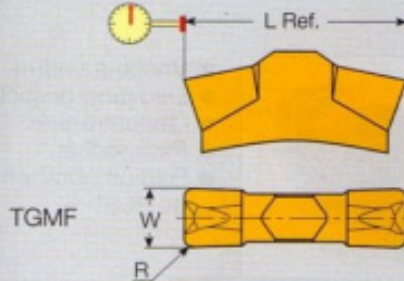
## TGDR/L

W	Tmax	Označení	HxB	L	F	E	H4	Šroub	Destička
3	7.5	TGDR/L 2525-3M	25x25	140	23.75	30.5	-	SR M5x20	TGMF 3..

Obr. 2.14 Zapichovací nůž TGDL 2525 – 4M<sup>9</sup>

### Lisované destičky pro vnější a vnitřní obrábění

Opakovatelnost  
 $\pm 0.1$



- Vnější a vnitřní
- Lisovaná destička
- Oboustranná
- Nízké až střední posuvy

Obr. 2.15 VBD – TGMF 304<sup>9</sup>

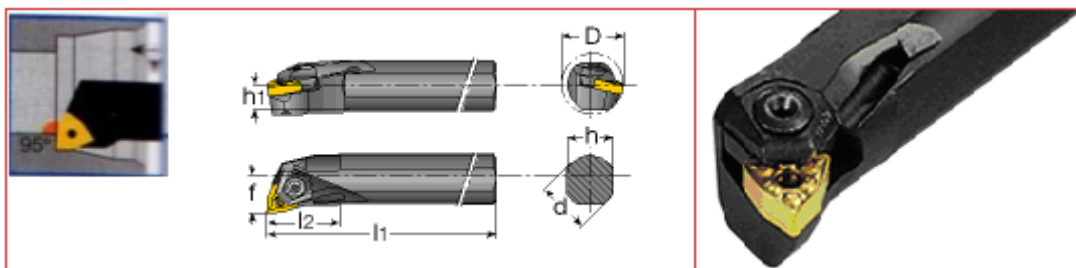
Tab.2.14 Doporučené řezné podmínky pro VBD – TGMF 304<sup>9</sup>

TGMF/P				Doporučené řezné podmínky pro soustružení <sup>(1)</sup>					
W $\pm 0.05$	Označení	R $\pm 0.05$	L	Materiál	Vc (m/min)			f (mm/ot)	ap (mm)
3.0	TGMF 304	0.4	13.55	●	IC908	IC9015	IC20N	0.1-0.22	0.4-2.0
				●	Uhlíková ocel				

<sup>(1)</sup> Při zapichování snižte řeznou rychlost o 30% a posuv o 50%.  
Podrobnější řezné podmínky viz str. B176-179.

Tab.2.15 Nůž pro vnitřní soustružení

Číslo nástroje	Nožový držák	Vyměnitelná břitová destička
T0505	S25T MWLNL – 06W	WNMG 06T304 – TF



\*Zobrazen pravý nástroj

**S/A-MWLNR/L-W**

Označení	od	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	h	h <sub>1</sub>	f	γ <sub>a</sub>	γ <sub>r</sub>	ØD min	Destičky
S25T MWLNR/L-06W	25	300	35	23	11.7	17	-6°	-14°	32	WNMG 06T3...-

Obr. 2.16 Nůž pro vnitřní soustružení S25T MWLNL – 06W<sup>9</sup>

Označení	l	d	s	r
<b>WNMG 06T304</b>	6.52	9.52	3.90	0.4

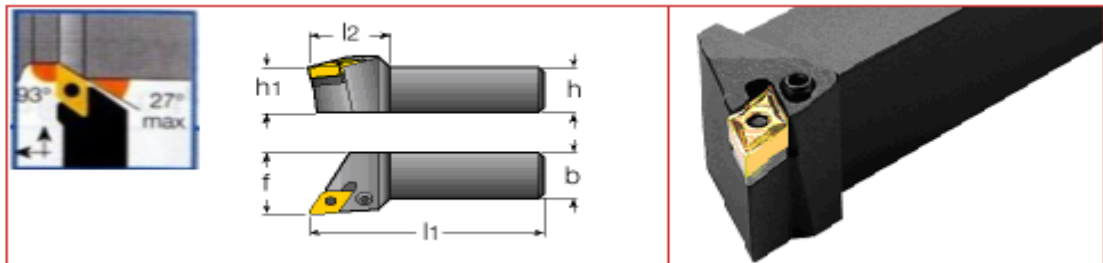
Tolerance  
d ± 0.05  
d 12.7 ± 0.08  
s ± 0.13

Obr. 2.16 VBD – WNMG 06T304<sup>9</sup>Tab.2.16 Doporučené řezné podmínky pro VBD – WNMG 06T304<sup>9</sup>

Označení	Doporučené řezné podmínky							f (mm/ot)	ap (mm)
	← HOUŽEVNATEJŠÍ								
	Vc (m/min)								
	IC3028	IC635	IC9025	IC8048	IC9015	IC530N IC520N	IC907		
WNMG 06T304-PP		80-150 80-150	150-300 100-180	200-300	200-350	200-300 150-280	40-55 180-300	0.14-0.30	1.0-3.0

Tab.2.17 Nůž pro vnější soustružení

Číslo nástroje	Nožový držák	Vyměnitelná břitová destička
T0606	PDJNL 2525M – 11	DNMG 110404 – SF



\*Zobrazen pravý nástroj

**PDJNR/L**

Označení	h=h <sub>1</sub>	b	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	f	γ <sub>a</sub>	γ <sub>r</sub>	Destičky
PDJNR/L 2525M-11	25	25	150	30	32	-6°	-7°	DNMG 1104... ..

Obr. 2.17 Nůž pro vnější soustružení PDJNL 2525M – 11<sup>9</sup>

Označení	l	d	s	r
<b>DNMG 110404</b>	11.63	9.52	4.76	0.4

Tolerance  
d 9.52 ± 0.05  
d 12.70 ± 0.08  
s ± 0.13

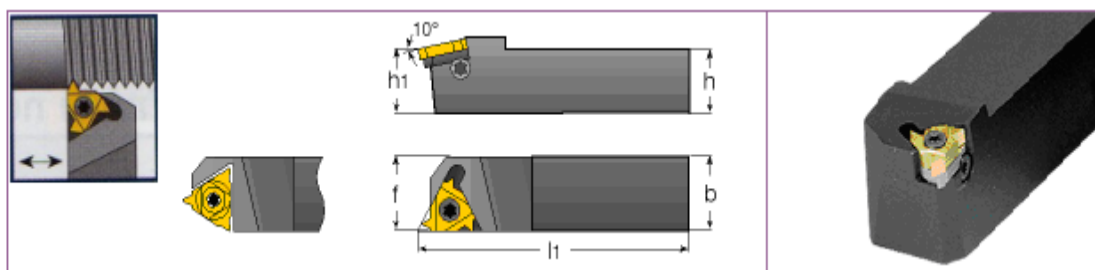
Obr. 2.18 VBD – DNMG 110404 – SF<sup>9</sup>

Tab.2.18 Doporučené řezné podmínky pro VBD – DNMG 110404 – SF<sup>9</sup>

Označení	Doporučené řezné podmínky							f (mm/ot)	ap (mm)
	IC3028	IC635	IC9025	IC8048	IC9015	IC530N IC520N	IC907		
DNMG 110404-SF			150-350 100-200		250-400	200-300 150-280		0.06-0.25	0.5-3.0

Tab.2.19 Závitový nůž

Číslo nástroje	Nožový držák	Vyměnitelná břitová destička
T0707	SER 2525 M16	16ERM 1.50 ISO

**SER/L**

Označení	Rozměry				Destička
	h=h1	b	l	f	
SER/L 2525 M16	25	25	150	25	16 ER/L...

Obr. 2.19 Závitový nůž SER 2525 M16<sup>9</sup>Tab.2.20 Počet řezných průchodů pro regulerní typ destiček<sup>9</sup>

Stoupání mm Z/P	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	6.0
Počet průchodů	48	24	16	12	10	8	6	4
	4-6	5-9	5-12	6-14	7-15	8-17	10-20	11-22

Tab.2.21 Maximální hloubka prvního řezu na CNC stroji<sup>9</sup>

Plný profil	Stoupání	Z/P	Označení destičky	Počet průchodů		Max.hloubka pro první průchod (D1) mm									
						Nízkouhlíkové oceli		Vysokouhlíkové oceli		Legované oceli		Nerez ocel		Neželez. mat. Hliník	
ISO metrické	1.50		16 ERM 1.50 ISO	Min.	Max.	Rovnom.	Zmenš.	Rovnom.	Zmenš.	Rovnom.	Zmenš.	Rovnom.	Zmenš.	Rovnom.	Zmenš.
				6	12	0.46	0.69	0.41	0.62	0.37	0.55	0.30	0.45	0.64	0.97

Doporučené řezné podmínky:<sup>9</sup>

$$v_c = 125 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

### 3 NÁVRH POLOTOVARU A VÝPOČET SPOTŘEBY MATERIÁLU PRO AKTUÁLNÍ STUDII

#### 3.1 Návrh alternativ polotovaru

- a) Kruhová tyč
- b) Silnostěnná trubka
- c) Výpalek

Oslovení čtyři dodavatelé s hutním materiálem v Hradci Králové nejsou schopni zajistit vhodnou variantu silnostěnné trubky, jen teoretický rozbor by v tomto případě neměl pro firmu smysl. Proto varianta b) nebude řešena.

Jednáním s firmami zhotovující výpalky byla zavržena i varianta c) pro nevýhodné nabídky.

Dále bude v práci řešena pouze varianta a) Kruhová tyč.

#### 3.2 Volba výchozího polotovaru

Výchozím polotovarem je volena kruhová tyč. Tyče jsou dodávány v délkách 3 až 6 m. Pro výrobu byla zvolena tyč délky 3m z důvodu ulehčení manipulace. Průměr tyče viz. výpočet kapitola 3.2.1

Výchozí polotovar – Tyč kruhová EN 10060 – 120x3000E

Ocel EN 10025 – E335

##### 3.2.1 Volba průměru polotovaru

Pro polotovary z tyčí válcovaných za tepla se přídavek na průměr určí z empirického vzorce (3.1)

##### a) Hodnota přídavku

Vstupní hodnoty:

- Největší průměr obrobku  $D = 115 \text{ mm}$

$$p = 0,05D + 2 \quad (3.1)$$

Hodnota přídavku  $p = 7,75 \text{ mm}$ .

##### b) Orientační průměr polotovaru

Vstupní hodnoty:

- Největší průměr obrobku  $D = 115 \text{ mm}$
- Přídavek  $p = 7,75 \text{ mm}$

$$D_p = D + p \quad (3.2)$$

Vypočtený orientační průměr polotovaru  $D_p = 122,7$  mm.

→ dle sortimentu firmy Feron s.r.o. dodávající hutní polotovary byl zvolen normalizovaný rozměr průměru tyče  $\varnothing D = 120$  mm EN 10060. Tato hodnota je menší než vypočtená, avšak při vystředění polotovaru při upnutí zcela dostačující.

### 3.2.2 Volba délky polotovaru

Přídavek na délku volen 4mm (2mm z každé strany z důvodu vytvoření rezervy při nepřesnostech upnutí a odchylek kolmosti při řezu pásovou pilou). Celková délka polotovaru  $L_p = 51$ mm.

Výsledný polotovar (přířez): EN 10060 – 120x51E, ocel EN 10025 – E335.

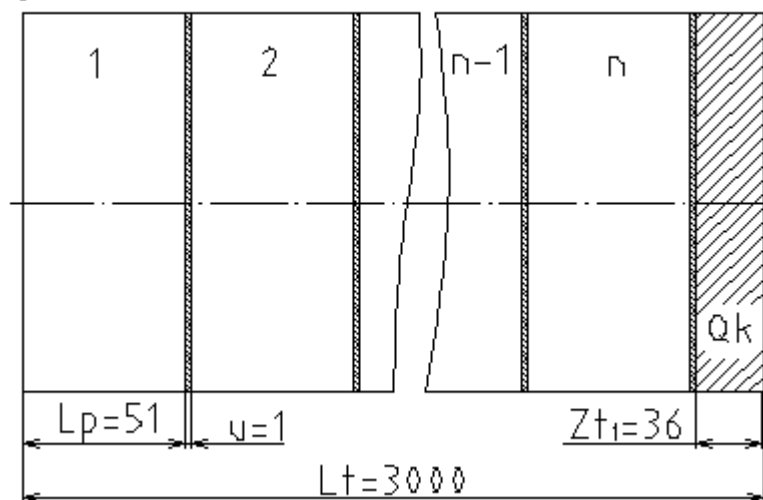
### 3.3 Výpočet normy spotřeby materiálu

Výpočet normy spotřeby materiálu je ve výrobě důležitým podkladem k sestavení plánu MTZ (materiálně technického zásobování) a také pro výpočet výrobních nákladů.

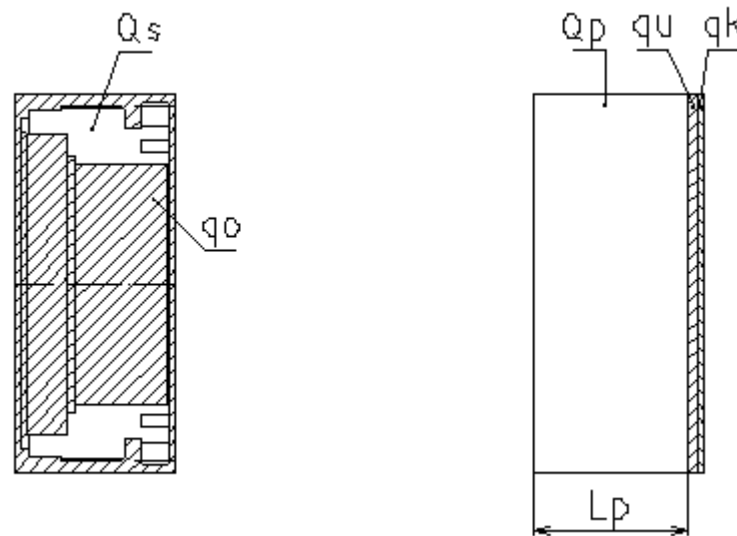
Ztráty vzniklé při zpracování tyčí :

- při dělení materiálu
- obráběním přídavků
- z konce tyče, jež není rozměrově využitelný

tyč



a)



b)

Obr. 3.1 a) Schéma dělení tyče řezáním

b) Popis ztrát materiálu

### 3.3.1 Počet polotovarů z jedné tyče

Vstupní hodnoty:

- Délka tyče  $L_t = 3000$  mm
- Délka polotovaru  $L_p = 51$  mm
- Prořez pásovou pilou  $u = 1$  mm

$$\sum_{pol} = \frac{L_t}{(L_p + u)} \quad (3.3)$$

Z jedné tyče bude vyrobeno  $\sum_{pol} = 57$  kusů polotovarů.

### 3.3.2 Počet tyčí potřebných na výrobu 100 ks výrobků

Vstupní hodnoty:

- Počet polotovarů z jedné tyče  $\sum_{pol} = 57$  ks
- Požadovaný počet kusů  $\sum_{kus} = 100$  ks

$$\sum_{tyč} = \frac{\sum_{kus}}{\sum_{pol}} \quad (3.4)$$

Na výrobu 100 ks výrobků je třeba  $\sum_{tyč} = 2$  ks tyčí.

### 3.3.3 Nevyužitý materiál z jedné tyče

1.tyč

Vstupní hodnoty:

- Délka tyče  $L_t = 3000$  mm
- Délka polotovaru  $L_p = 51$  mm
- Prořez pásovou pilou  $u = 1$  mm
- Počet polotovarů z jedné tyče  $\Sigma pol = 57$  ks

$$Z_{t_1} = L_t - [(L_p + u) \cdot \Sigma pol] \quad (3.5)$$

Zbytek materiálu z první tyče  $Z_{t_1} = 36$  mm  $\Rightarrow$  rozměrově nevyužitelný.

2.tyč

Vstupní hodnoty:

- Délka tyče  $L_t = 3000$  mm
- Délka polotovaru  $L_p = 51$  mm
- Prořez pásovou pilou  $u = 1$  mm
- Počet polotovarů z jedné tyče  $\Sigma pol = 57$  ks
- Požadovaný počet kusů  $\Sigma kus = 100$  ks

$$Z_{t_2} = L_t - [(L_p + u) \cdot (\Sigma kus - \Sigma pol)] \quad (3.6)$$

Zbytek materiálu z druhé tyče  $Z_{t_2} = 764$  mm.  $\Rightarrow$  Tento zbylý materiál je rozměrově využitelný, bude uložen zpět do skladu materiálu a využitelná část pro další zakázku (728 mm) nebude započítávána do ztrát a nákladů.

### 3.3.4 Nevyužitý materiál připadající na 1 kus výrobku

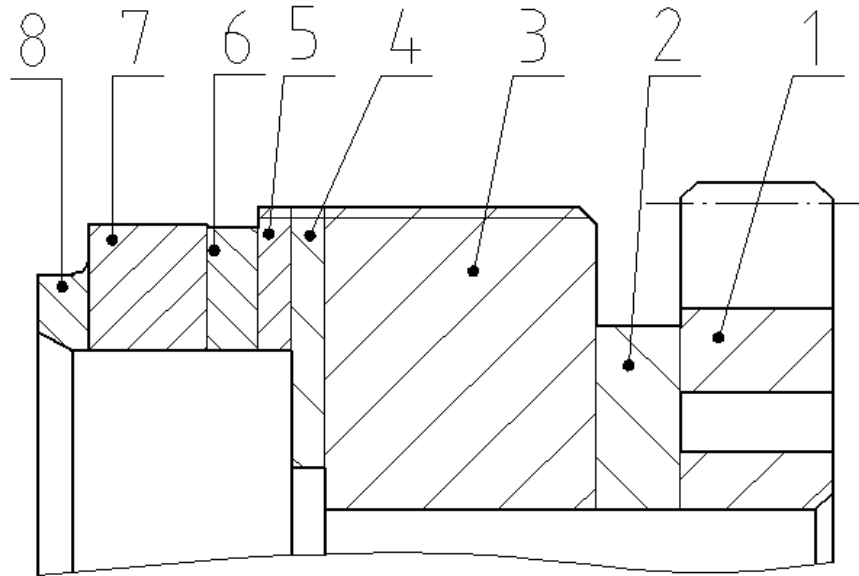
Vstupní hodnoty:

- Nevyužitý materiál z jedné tyče  $Z_{t_1} = 36$  mm
- Počet polotovarů z jedné tyče  $\Sigma pol = 57$  ks

$$Z_j = \frac{Z_{t_1}}{\Sigma pol} \quad (3.7)$$

Nevyužitý materiál připadající na 1 kus výrobku  $Z_j = 0,63$  mm  $\cdot$  ks<sup>-1</sup>.

### 3.3.5 Výpočet koeficientu využití materiálu



Obr. 3.2 Schéma úseků pro výpočet objemu a hmotnosti

Tab.3.1 Hodnoty objemů a hmotností jednotlivých úseků součásti a součásti celkem

Úsek	Objem [mm <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]
1.	32298,12	0,254
2.	15032,52	0,118
3.	85049,19	0,668
4.	9398,074	0,0738
5.	5527,632	0,0434
6.	7090,001	0,0557
7.	16905,7	0,133
8.	4219,944	0,0331
<b>Součást celkem</b>		
	175521,181	<b>Qs = 1,3778</b>

Pro výpočet objemu byl použit vzorec (3.8). Rozměry viz. příloha 6 výkres součásti (č.v. BP – 01 – 2008). Přepočet hmotností dle vzorce (3.9).

**Objem polotovaru**

Vstupní hodnoty:

- Délka polotovaru  $L_p = 51 \text{ mm}$
- Průměr polotovaru  $D_p = 120 \text{ mm}$

$$V = L \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.8)$$

Objem polotovaru  $V = 576\,794,4 \text{ mm}^3$ .**Hmotnost polotovaru**

Vstupní hodnoty:

- Objem polotovaru  $V = 576\,794,4 \text{ mm}^3$
- Hustota oceli  $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3}$

$$Q_p = V \cdot \rho \quad (3.9)$$

Hmotnost polotovaru  $Q_p = 4,528 \text{ kg}$ .**Ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus výrobku**

Vstupní hodnoty:

- Hmotnost polotovaru  $Q_p = 4,528 \text{ kg}$
- Hmotnost součásti  $Q_s = 1,3778 \text{ kg}$

$$q_o = Q_p - Q_s \quad (3.10)$$

Ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus výrobku  $q_o = 3,150 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$ .**Ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus výrobku**

Vstupní hodnoty:

- Prořez pásovou pilou  $u = 1 \text{ mm}$
- Průměr polotovaru  $D_p = 120 \text{ mm}$
- Hustota oceli  $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3}$

$$q_u = \left[ u \cdot \left( \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \right) \right] \cdot \rho \quad (3.11)$$

Ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus výrobku  $q_u = 0,089 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$ .

**Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče**

Vstupní hodnoty:

- Nevyužitý materiál z jedné tyče  $Z_{t1} = 36$  mm
- Hustota oceli  $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6}$  kg · mm<sup>-3</sup>
- Průměr polotovaru  $D_p = 120$  mm

$$Q_k = \left[ Z_{t1} \cdot \left( \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \right) \right] \cdot \rho \quad (3.12)$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče  $Q_k = 3,196$  kg.**Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus výrobku**

Vstupní hodnoty:

- Počet polotovarů z jedné tyče  $\Sigma_{pol} = 57$  ks
- Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče  $Q_k = 3,196$  kg

$$q_k = \frac{Q_k}{n} \quad (3.13)$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus výrobku

 $q_k = 0,056$  kg · ks<sup>-1</sup>.**Celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus výrobku**

Vstupní hodnoty:

- Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus výrobku  $q_k = 0,056$  kg · ks<sup>-1</sup>
- Ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus výrobku  $q_u = 0,089$  kg · ks<sup>-1</sup>
- Ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus výrobku  $q_o = 3,150$  kg · ks<sup>-1</sup>

$$Z_m = q_k + q_u + q_o \quad (3.14)$$

Celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus výrobku  $Z_m = 3,295$  kg · ks<sup>-1</sup>.

**Norma spotřeby materiálu**

Vstupní hodnoty:

- Hmotnost součásti  $Q_s = 1,3778$  kg
- Celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus výrobku  
 $Z_m = 3,295$  kg · ks<sup>-1</sup>

$$N_m = Q_s + Z_m \quad (3.15)$$

Norma spotřeby materiálu  $N_m = 4,673$  kg.

**Stupeň využití materiálu dle finální součásti**

Vstupní hodnoty:

- Hmotnost součásti  $Q_s = 1,3778$  kg
- Norma spotřeby materiálu  $N_m = 4,673$  kg

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \quad (3.16)$$

Stupeň využití materiálu  $k_m = 0,29$ , což je 29 %.

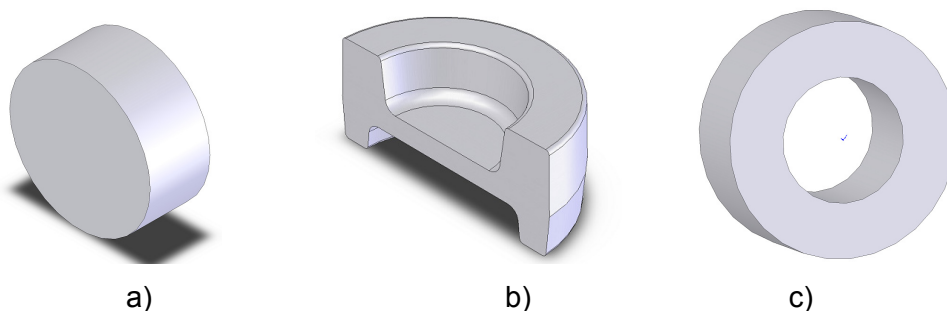
V našem případě je stupeň využití materiálu malý z důvodu použití výchozího polotovaru kruhové tyče válcované za tepla. Ovšem s ohledem na požadovaný počet kusů je z ekonomického hlediska tato navrhovaná varianta nejvýhodnější.

Pro zlepšení využití materiálu byly uvažovány další alternativy polotovaru řešené v bodě 3.1, jež ztroskotaly.

## 4 NÁVRH POLOTOVARU PRO VÝHLEDOVOU STUDII

### 4.1 Návrh alternativ polotovaru

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| a) Kruhová tyč        | c) Kovaný kroužek |
| b) Zápustkový výkovek | d) Odlitek        |



Obr. 4.1 a) Model přířezu z kruhové tyče

b) Model zápustkového výkovku v řezu

c) Model kovaného kroužku

### 4.2 Volba polotovaru

Výchozím polotovarem je volen kovaný kroužek  $\varnothing 120_{-1}^{+2} \times \varnothing 70_{-2}^{+1} - 51_{-1}^{+2}$

zhotovovaný kooperačně firmou ZVU Kovárna a.s. Hradec Králové. Tato varianta je z hlediska cena polotovaru × náklady na obrobení ve finální součást nejvýhodnější. Ekonomické zhodnocení řešeno v bodě 6.2.3, kde je uvedeno porovnání variant přířez z kruhové tyče × kovaný kroužek.

Varianta zápustkového výkovku nebude řešena pro méně výhodnou cenovou nabídku (viz. příloha 7) oproti kovanému kroužku (viz. příloha 8).

Varianta odlitku nebude vzhledem k omezenému rozsahu práce řešena.

### 4.3 Výpočet koeficientu využití materiálu

#### Objem polotovaru

Vstupní hodnoty:

- Délka polotovaru  $L_p = 51 \text{ mm}$
- Průměr polotovaru  $D_p = 120 \text{ mm}$
- Vnitřní průměr polotovaru  $d_p = 70 \text{ mm}$

Objem polotovaru kovaného kroužku  $V = 380\,525,4 \text{ mm}^3$ .

Pro výpočet objemu byl použit vzorec (3.8).

### Hmotnost polotovaru

Vstupní hodnoty:

- Objem polotovaru  $V = 380\,525,4 \text{ mm}^3$
- Hustota oceli  $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3}$

Hmotnost polotovaru kovaného kroužku  $Q_p = 2,987 \text{ kg}$ .  
Přepočítání hmotnosti dle vzorce (3.9).

### Ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus výrobku

Vstupní hodnoty:

- Hmotnost polotovaru  $Q_p = 2,987 \text{ kg}$
- Hmotnost součásti  $Q_s = 1,3778 \text{ kg}$

Ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus výrobku  $q_o = 1,609 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$ .

Pro výpočet ztráty mat. obráběním připadající na 1 kus výrobku byl použit vzorec (3.10).

### Celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus výrobku

Vstupní hodnoty:

- Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus výrobku  $q_k = 0 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$
- Ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus výrobku  $q_u = 0 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$
- Ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus výrobku  $q_o = 1,609 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$

Celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus výrobku  $Z_m = 1,609 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$ .

Pro výpočet celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus výrobku byl použit vzorec (3.14).

### Norma spotřeby materiálu

Vstupní hodnoty:

- Hmotnost součásti  $Q_s = 1,3778 \text{ kg}$
- Celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus výrobku  $Z_m = 1,609 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$

Norma spotřeby materiálu  $N_m = 2,987 \text{ kg}$ .

Pro výpočet normy spotřeby materiálu byl použit vzorec (3.15).

### Stupeň využití materiálu dle finální součásti

Vstupní hodnoty:

- Hmotnost součásti  $Q_s = 1,3778$  kg
- Norma spotřeby materiálu  $N_m = 2,987$  kg

Stupeň využití materiálu  $k_m = 0,46$ , což je 46 %.

Pro výpočet stupně využití materiálu byl použit vzorec (3.16).

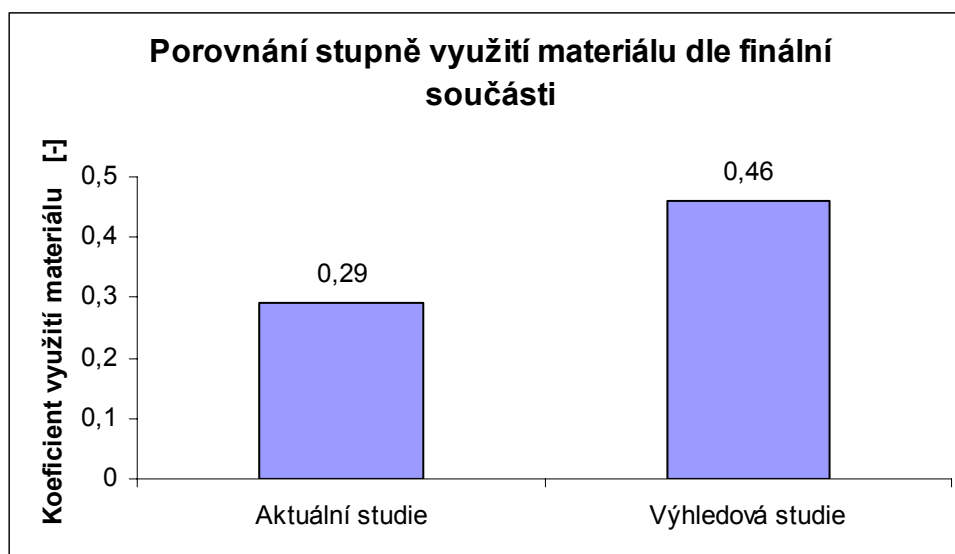
#### 4.4 Porovnání stupně využití materiálu dle finální součásti s aktuální studií

a) Aktuální studie ( $100 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$ )

Stupeň využití materiálu  $k_m = 0,29$  dle bodu 3.3.5

b) Výhledová studie ( $40\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$ )

Stupeň využití materiálu  $k_m = 0,46$  dle bodu 4.3



Obr. 4.2 Porovnání stupně využití materiálu dle finální součásti

Dle stupně využití materiálu máme možnost posuzovat celkovou pracnost výrobku a pokrokovost použitých technologických metod. Pokud se blíží  $k_m = 1$ , značí to, že třísek je odebíráno malé množství a obrábění tedy vyžaduje malou spotřebu pracovního času a naopak. Snížení pracnosti a zvýšení produktivity práce lze dosáhnout zvýšením stupně využití materiálu  $k_m$ .

Ve strojírenství se pohybuje v rozmezí  $k_m = 0,4-0,8$ , což odpovídá 40%–80% využití materiálu.

## 5 VYTIPOVÁNÍ ÚZKOPROFILOVÝCH MÍST A NÁVRH MODERNIZACE

### 5.1 Uvažovaná úzkoprofilová místa v technologickém postupu

- 1) Dlouhá doba jednotkového strojního času  $t_{AS}$  obrábění na CNC soustruhu a obtížné dodržení požadované Ra obrobeneé plochy.
- 2) Výroba ozubení v kooperaci.

### 5.2 Návrh modernizace NC programu při daných požadavcích

Při požadavku firmy, aby byly v návrhu modernizace zachovány stávající nástroje, byly vypracovány výrobní návodky viz. příloha 1, příloha 2 a nové NC programy viz. příloha 3 a příloha 4 pro výrobu součástí pro aktuální studii. Dále obecný pracovní postup viz. příloha 5, kde při aktuální studii je na zbavení nečistot místo pračky použit ofuk stlačeným vzduchem.

Řezné podmínky jsou voleny vzhledem k doporučením výrobce daných nástrojů ISCAR viz. kapitola 2.2.

Orientační hodnoty otáček uvedené ve výrobních návodkách jsou vypočteny dle vzorce (5.1)

$$n = \left( \frac{10^3 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \right) \quad (5.1)$$

Orientační strojní časy  $t_{AS}$  uvedené ve výrobních návodkách jsou vypočteny :

- Pro soustružení čelních ploch při konstantní řezné rychlosti <sup>11</sup>

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot \left[ (D_{\max_n} + 2l_n)^2 - (D_{\min} - 2l_p)^2 \right]}{4 \cdot 10^3 \cdot v_c \cdot f} \quad (5.2)$$

- Pro soustružení válcových ploch při konstantní řezné rychlosti <sup>11</sup>

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} \quad (5.3)$$

Rozměry viz. příloha 6 – Výkres součásti (č.v. BP – 01 – 2008)

Výpočet maximálního možného posuvu viz. Tab. 5.1 při dodržení požadované Ra obrobeneé plochy je provedeno dle vzorce (5.4)

$$Ra = 0,26 \cdot \frac{f^2}{8 \cdot r_{\varepsilon}} \cdot 10^3 \quad (5.4)$$

Tab.5.1 Max. hodnoty posuvů při požadované Ra obrobených ploch

Číslo nástroje	Poloměr špičky nástroje [mm]	Požadovaná Ra obrobené plochy [ $\mu\text{m}$ ]	Vypočtená max. hodnota posuvu [ $\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ ]
T0404	$r_{\varepsilon} = 0,4$	Ra = 3,2	0,20
T1111	$r_{\varepsilon} = 0,4$	Ra = 1,6	0,14
T1111	$r_{\varepsilon} = 0,4$	Ra = 0,8	0,10

Celkové zkrácení jednotkového strojního času při daných podmínkách přepracováním NC programu je při operaci č. 20 – 0,4 min , při operaci č. 30 – 0,2 min.

Optimalizováním hodnot max. posuvů bylo dosaženo požadovaných Ra obrobených ploch.

### 5.3 Návrh alternativního řešení pro výrobu ozubení

Pro aktuální studii je varianta s výrobou ozubení v kooperaci vhodná. Ekonomicky se nevyplatí pořizovat potřebné strojní vybavení a nástroje. Pro výhledovou studii bude řešen návrh na výrobu ozubení v rámci firmy a potřebného strojního vybavení.

#### 5.3.1 Výrobní sortiment

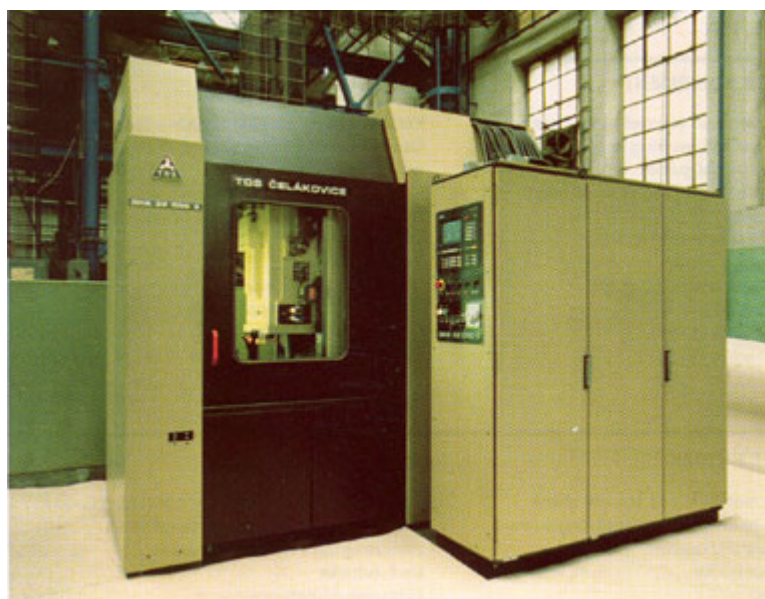
Ve firmě je trvale vyráběno více typů součástí stavěcí šroub a ve výhledu je počítáno s rozšířením výroby i těchto součástí. Dále bude stroj při volných kapacitách užit pro výrobu zakázek kusového sortimentu.

#### 5.3.2 Navrhovaný výrobní stroj

##### OHA 32 CNC 5

Užití stroje:

Svislá odvalovací obrážka OHA 32 CNC 5 je určena pro obrázení přímého i šikmého čelního, vnějšího i vnitřního ozubení. Kromě ozubených kol je možno na stroji obrážet ozubené segmenty, hřebeny do délky 500 mm, spojky a různé křivkové kotouče vyráběné odvalováním obrážecího nástroje. U stroje je použit číslicový řídicí systém SINUMERIK 840 D firmy Siemens, který zajišťuje řízení pěti os. Umožňuje navolit pevně naprogramované pracovní cykly stroje, nebo je možno přímo na stroji naprogramovat i jiné pracovní cykly podle speciálního případu obrázení obrobku.<sup>10</sup>

Obr. 5.1 Svislá odvalovací obrázečka OHA 32 CNC 5<sup>10</sup>Tab.5.2 Technické parametry svislé odvalovací obrázečky OHA 32 CNC 5<sup>10</sup>

Technické údaje	Hodnota	Jednotky
Max. modul obráženého ozubení	6	mm
Max. průměr obráženého ozubení	320	mm
Max. šířka obráženého ozubení	80	mm
Max.zatížení stolu	200	kg
Průměr upínacího stolu	320	mm
Vrtání upínacího stolu	110	mm
Výšková přestavitelnost smykadla	235	mm
Max. vzdálenost osy smykadla od osy stolu napravo	280	mm
nalevo	80	mm
Jmenovitý průměr nástroje	125	mm
Max. úhel sklonu zubů nástroje jmen. prům.	41	°
Rozsah dvojzdvihů	50–1000	min <sup>-1</sup>
Rozsah kruhových posuvů	0–15 700	mm · min <sup>-1</sup>
Rozsah radiálních posuvů	0–5000	mm · min <sup>-1</sup>
Výkon hlavního motoru	12	kW
Celkový příkon	58	kVA

### 5.3.3 Kapacitní propočet potřebných výrobních strojů

Od firmy ZVU servis a.s. dosud zajišťující výrobu ozubení dané součásti byl zjištěn přibližný čas přípravný  $t_B = 60$  min a čas kusový  $t_A = 15,00$  min potřebný pro výrobu. Tyto hodnoty budou dále použity pro výpočet kapacitního propočtu potřebných výrobních strojů.

**Dávkový čas pro výrobu ozubení**

Vstupní hodnoty:

- čas přípravný  $t_B = 60$  min
- čas kusový  $t_A = 15,00$  min
- Požadovaný počet kusů  $\Sigma kus = 40\ 000$  ks

$$t_{BC} = t_B + \Sigma kus \cdot t_A \quad (5.5)$$

Čas dávkový pro výrobu ozubení  $t_{BC} = 600\ 060$  min.**Potřebný počet pracovních dní na výrobu 40 000 ks výrobků jedním strojem**

Vstupní hodnoty:

- čas dávkový  $t_{BC} = 600\ 060$  min = 10 001 hod
- pracovní doba dělníka za den  $Pd = 7,5$  hod
- Počet pracovních směn  $s = 3$

$$\Sigma dni = \frac{t_{BC}}{Pd \cdot s} \quad (5.6)$$

Potřebný počet pracovních dní na výrobu 40 000 ks výrobků jedním strojem  $\Sigma dni = 444,48$  dní.**Potřebný počet strojů na pokrytí výroby 40 000 ks výrobků za rok**

Vstupní hodnoty:

- Roční fond strojního pracoviště  $Es = 240$  dní  $\cdot$  rok<sup>-1</sup>
- Počet potřebných dní na výrobu 40 000 ks výrobků jedním strojem  $\Sigma dni = 444,48$  dní

$$\Sigma stroj = \frac{\Sigma dni}{Es} \quad (5.7)$$

Pro pokrytí výroby 40 000 ks výrobků za rok je zapotřebí 1,85  $\Rightarrow$  2 ks výrobních strojů.

## 6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### 6.1 Výpočet ceny součásti pro aktuální studii

#### Náklady na materiál 1 kusu polotovaru přířezu

Vstupní hodnoty:

- Hmotnost polotovaru  $Q_p = 4,528 \text{ kg}$
- Cena materiálu (ocel 11 600,  $\varnothing 120 \text{ mm}$ )  $N_{O11600} = 27,47 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$N_p = Q_p \cdot N_{O11600} \quad (6.1)$$

Náklady na materiál 1 kusu polotovaru přířezu  $N_p = 124,38 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$ .

#### Ztráty z nevyužitelného konce tyče připadající na 1 kus výrobku

Vstupní hodnoty:

- Ztráta materiálu z nevyužitelného konce tyče připadající na 1 kus výrobku  $q_k = 0,056 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$
- Cena materiálu (ocel 11 600,  $\varnothing 120 \text{ mm}$ )  $N_{O11600} = 27,47 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$N_{qk} = q_k \cdot N_{O11600} \quad (6.2)$$

Ztráty z nevyužitelného konce tyče připadající na 1 kus výrobku  $N_{gk} = 1,54 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$ .

#### Ztráty z prořezu pásovou pilou připadající na 1 kus výrobku

Vstupní hodnoty:

- Ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus výrobku  $q_u = 0,089 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$
- Cena materiálu (ocel 11 600,  $\varnothing 120 \text{ mm}$ )  $N_{O11600} = 27,47 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$N_{qu} = q_u \cdot N_{O11600} \quad (6.3)$$

Ztráty z prořezu pásovou pilou připadající na 1 ks výrobku  $N_{gu} = 2,44 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$ .

#### Celkové materiálové náklady připadající na 1 kus výrobku

Vstupní hodnoty:

- Náklady na materiál 1 kusu polotovaru přířezu  $N_p = 124,38 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$

- Ztráty z nevyužitelného konce tyče připadající na 1 kus výrobku  $N_{qk} = 1,54 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$
- Ztráty z prořezu pásovou pilou připadající na 1 kus výrobku  $N_{qu} = 2,44 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$

$$N1 = N_p + N_{qk} + N_{qu} \quad (6.4)$$

Celkové materiálové náklady připadající na 1 ks výrobku  $N1 = 128,36 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$ .

### Celkový čas dávkový $\Sigma t_{BC}$

Vstupní hodnoty:

- Požadovaný počet kusů  $\Sigma kus = 100 \text{ ks}$

Tab.6.1 Časová náročnost výroby aktuální studie

Číslo operace	Čas přípravný $t_B$ [min]	Čas kusový $t_A$ [min]	Čas dávkový $t_{BC}$ [min]
10	12,00	5,20	532,00
20	20,00	7,20	740,00
30	20,00	4,80	500,00
60	20,00	4,80	500,00
$\Sigma t_{BC} =$			2272 = 37,86 hod

Čas dávkový  $t_{BC}$  v tab.1.1 byl vypočten dle vzorce (5.5)

Čas dávkový  $t_{BC}$  a jeho složky jsou uváděny dle firemních zvyklostí, počítáno je pouze s operacemi, které jsou časově náročné. Ruční a kontrolní operace jsou pokryty časem dělníků při automatickém chodu stroje, popř. z režie. Výpočet je vztažen k obecnému pracovnímu postupu viz. Příloha 5.

### Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku

Vstupní hodnoty:

- Celkový čas dávkový  $\Sigma t_{BC} = 37,86 \text{ hod}$
- Hodinová mzda dělníka  $N_d = 150 \text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1}$
- Požadovaný počet kusů  $\Sigma kus = 100 \text{ ks}$

$$N2 = \frac{\Sigma t_{BC} \cdot N_d}{\Sigma kus} \quad (6.5)$$

Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku  $N2 = 56,79 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$ .

**Celková cena výrobku**

Vstupní hodnoty:

- Režijní náklady střediska (obrobna)  $N_{režo} = 400 \text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1}$
- Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku  $N2 = 56,79 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$
- Celkový čas dávkový  $\Sigma t_{BC} = 37,86 \text{ hod}$
- Celkové materiálové náklady připadající na 1 kus výrobku  $N1 = 128,36 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$
- Požadovaný počet kusů  $\Sigma kus = 100 \text{ ks}$
- Náklady na výrobu ozubení v kooperaci  $Nk = 270 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$

$$Nc = N1 + N2 + Nk + N_{režo} \cdot \frac{\Sigma t_{BC}}{\Sigma kus} \quad (6.6)$$

Celková cena výrobku  $Nc = 606,60 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$ .**6.2 Výpočet ceny součásti pro výhledovou studii**

Tato kapitola bude řešena pro 2 varianty polotovaru.

**6.2.1 Výpočet ceny součásti – polotovar kovaný kroužek****Materiálové náklady připadající na 1 kus výrobku**

Náklady na 1 kus polotovaru kovaného kroužku zhotovovaného kooperačně firmou ZVU Kovárna a.s. Hradec Králové  $N1 = 163,80 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$ . Cenová nabídka od firmy ZVU Kovárna a.s. Hradec Králové přiložena viz. příloha 8.

**Celkový čas dávkový  $\Sigma t_{BC}$** 

Vstupní hodnoty:

- Požadovaný počet kusů  $\Sigma kus = 40\,000 \text{ ks}$

Tab.6.2 Časová náročnost výroby výhledové studie – polotovar kovaný kroužek

Číslo operace	Čas přípravný $t_B$ [min]	Čas kusový $t_A$ [min]	Čas dávkový $t_{BC}$ [min]
10	-	-	-
20	20,00	4,50	180 020
30	20,00	4,80	192 020
60	20,00	4,80	192 020
90	60,00	15,00	600 060
		$\Sigma t_{BC} =$	1 164 120 = 19 402 hod

Čas dávkový  $t_{BC}$  v tab.1.1 byl vypočten dle vzorce (5.5)

Čas dávkový  $t_{BC}$  a jeho složky jsou uváděny dle firemních zvyklostí, počítáno je pouze s operacemi, které jsou časově náročné. Ruční a kontrolní operace jsou pokryty časem dělníků při automatickém chodu stroje, popř. z režie. Výpočet je vztažen k obecnému pracovnímu postupu viz. Příloha 5. Operace, jež nejsou ve výhledové studii prováděny, jsou proškrtnuty.

### **Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku**

Vstupní hodnoty:

- Celkový čas dávkový  $\Sigma t_{BC} = 19\,402$  hod
- Hodinová mzda dělníka  $N_d = 150$  Kč · hod<sup>-1</sup>
- Požadovaný počet kusů  $\Sigma_{kus} = 40\,000$  ks

Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku  $N_2 = 72,76$  Kč.

Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku byly vypočteny dle vzorce (6.5).

### **Celková cena výrobku**

Vstupní hodnoty:

- Režijní náklady střediska (obrobna)  $N_{režo} = 400$  Kč · hod<sup>-1</sup>
- Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku  $N_2 = 72,76$  Kč · ks<sup>-1</sup>
- Celkový čas dávkový  $\Sigma t_{BC} = 19\,402$  hod
- Celkové materiálové náklady připadající na 1 kus výrobku  $N_1 = 163,80$  Kč · ks<sup>-1</sup>
- Požadovaný počet kusů  $\Sigma_{kus} = 40\,000$  ks

Celková cena výrobku  $N_c = 430,60$  Kč · ks<sup>-1</sup>.

Celková cena výrobku byla vypočtena dle vzorce (6.6).

### **6.2.2 Výpočet ceny součástí – polotovar přířez**

#### **Materiálové náklady připadající na 1 kus výrobku**

Výpočet je shodný s materiálovými náklady viz. kapitola 6.1.

Celkové materiálové náklady připadající na 1 ks výrobku  $N_1 = 128,36$  Kč · ks<sup>-1</sup>.

#### **Celkový čas dávkový $\Sigma t_{BC}$**

Vstupní hodnoty:

- Požadovaný počet kusů  $\Sigma_{kus} = 40\,000$  ks

Tab.6.3 Časová náročnost výroby výhledové studie – polotovar přířez z kruhové tyče

Číslo operace	Čas přípravný $t_B$ [min]	Čas kusový $t_A$ [min]	Čas dávkový $t_{BC}$ [min]
10	12,00	5,20	208 012
20	20,00	4,50	180 020
30	20,00	4,80	192 020
60	20,00	4,80	192 020
90	60,00	15,00	600 060
$\Sigma t_{BC} =$			1 372 132 = 22 868,9 hod

Čas dávkový  $t_{BC}$  v tab.1.1 byl vypočten dle vzorce (5.5)

Čas dávkový  $t_{BC}$  a jeho složky jsou uváděny dle firemních zvyklostí, počítáno je pouze s operacemi, které jsou časově náročné. Ruční a kontrolní operace jsou pokryty časem dělníků při automatickém chodu stroje, popř. z režie. Výpočet je vztažen k obecnému pracovnímu postupu viz. Příloha 5. Operace, jež nejsou ve výhledové studii prováděny, jsou proškrtnuty.

#### Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku

Vstupní hodnoty:

- Celkový čas dávkový  $\Sigma t_{BC} = 22\,868,9$  hod
- Hodinová mzda dělníka  $N_d = 150$  Kč · hod<sup>-1</sup>
- Požadovaný počet kusů  $\Sigma_{kus} = 40\,000$  ks

Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku  $N_2 = 85,76$  Kč · ks<sup>-1</sup>.

Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku byly vypočteny dle vzorce (6.5).

#### Celková cena výrobku

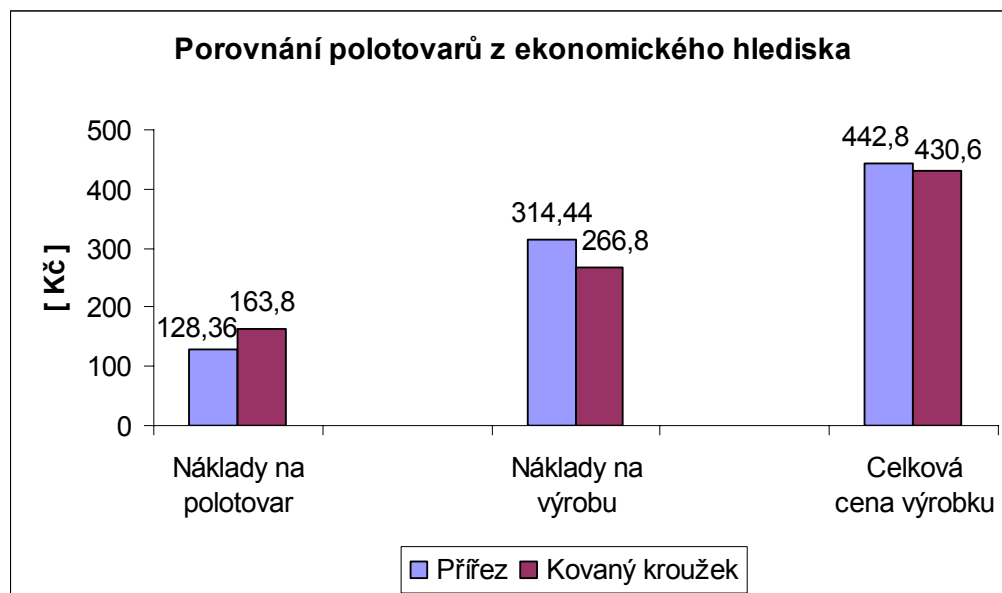
Vstupní hodnoty:

- Režijní náklady střediska (obrobna)  $N_{režo} = 400$  Kč · hod<sup>-1</sup>
- Náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku  $N_2 = 85,76$  Kč · ks<sup>-1</sup>
- Celkový čas dávkový  $\Sigma t_{BC} = 22\,868,9$  hod
- Celkové materiálové náklady připadající na 1 kus výrobku  $N_1 = 128,36$  Kč · ks<sup>-1</sup>
- Požadovaný počet kusů  $\Sigma_{kus} = 40\,000$  ks

Celková cena výrobku činí  $N_c = 442,80$  Kč · ks<sup>-1</sup>.

Celková cena výrobku byla vypočtena dle vzorce (6.6).

### 6.2.3 Porovnání polotovarů z ekonomického hlediska



Obr. 6.1 Porovnání polotovarů z ekonomického hlediska

Z tohoto hodnocení vyplývá, že volba kovaného kroužku jakožto polotovaru pro výhledovou studii je výhodnější o  $12,20 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$ . Což na výrobní dávce 40 000 ks činí 488 000 Kč.

## 6.3 Orientační ekonomické zhodnocení výroby ozubení v rámci firmy

### Finanční ztráty způsobené výrobou ozubení v kooperaci

Vstupní hodnoty:

- Požadovaný počet kusů  $\Sigma kus = 40\,000 \text{ ks}$
- Náklady na výrobu ozubení v kooperaci  $Nk = 270 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}$

$$Z = \Sigma kus \cdot Nk \quad (6.7)$$

Finanční ztráty způsobené výrobou ozubení v kooperaci při požadované výrobní dávce 40 000 ks činí 10 800 000 Kč.

Orientační cena nového stroje na obrázení ozubení OHA 32 CNC 5

Viz. Bod 5.3.2 se pohybuje v rozmezí 2–3 mil. Kč.

Dle bodu 5.3.3 je zapotřebí 2 ks strojů, orientační náklady na pořízení strojního vybavení se tedy pohybují do 6 mil. Kč. Návratnost nákladů vynaložených na pořízení strojního vybavení vzhledem k finančním ztrátám způsobeným výrobou ozubení v kooperaci činí zhruba 1 rok. Proto doporučuji rozšíření strojního vybavení a tím pokrytí výroby ozubení v rámci firmy.

## 7 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ

Řešením navrhované výroby stavěcího šroubu byly zvoleny jako optimální varianty hodnoty uvedené v tabulkách 7.1 a 7.2 pro dané studie. Kde hlavním kritériem pro řešení byla co možná nejlepší cenová nabídka pro zákazníka za zhotovený výrobek.

- aktuální studie (100 ks · rok<sup>-1</sup>)

Tab.7.1 Vyhodnocení výroby aktuální studie

Polotovar	Přířez z kruhové tyče	Viz. kapitola
Koeficient využití materiálu dle finální součásti	0,29	3.2 3.3.5
Náklady na polotovar	128,36 Kč · ks <sup>-1</sup>	6.1
Náklady na výrobu	208,24 Kč · ks <sup>-1</sup>	6.1
Náklady na kooperaci	270 Kč · ks <sup>-1</sup>	6.1
Celková cena výrobku	606,60 Kč · ks <sup>-1</sup>	6.1

- výhledová studie (40 000 ks · rok<sup>-1</sup>)

Tab.7.2 Vyhodnocení výroby výhledové studie

Polotovar	Kovaný kroužek	Viz. kapitola
Koeficient využití materiálu dle finální součásti	0,46	4.2 4.3
Náklady na polotovar	163,80 Kč · ks <sup>-1</sup>	6.2.1
Náklady na výrobu	266,80 Kč · ks <sup>-1</sup>	6.2.1
Celková cena výrobku	430,60 Kč · ks <sup>-1</sup>	6.2.1

Kde hodnoty pro výhledovou studii jsou uvedeny pro výrobu ozubení v rámci firmy a pro aktuální studii v kooperaci.

Z porovnání polotovarů výhledové studie (viz. kapitola 6.2.3) je patrné, že volbou polotovaru kovaného kroužku je na celkové ceně výrobku ušetřeno 12,20 Kč · ks<sup>-1</sup>, což na výrobní dávce 40 000 ks činí 488 000 Kč oproti variantě přířezu z kruhové tyče.

Řešením vytipovaných úzkoprofilových míst ve výrobě (viz. kapitola 6) bylo vypracováním nových NC programů za daných požadavků (viz. kapitola 6.2) dosaženo zkrácení výrobního jednotkového strojního času při operaci č. 20 – 0,4 min, při operaci č. 30 – 0,2 min a optimalizováním hodnot max. posuvů bylo dosaženo požadovaných Ra obrobených ploch. Dále byla orientačně řešena výroba ozubení pro výhledovou studii v rámci firmy (viz. kapitola 5.3). Kdy návratnost nákladů vynaložených na pořízení strojního vybavení vzhledem k finančním ztrátám způsobeným výrobou ozubení v kooperaci činí zhruba 1 rok (viz. kapitola 6.3). Proto doporučuji rozšíření strojního vybavení a tím pokrytí výroby ozubení v rámci firmy.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout řešení technologie výroby součásti stavěcího šroubu v podmínkách konkrétní firmy „Jiří Krejčí – Brukr“, nalezení problémových míst ve výrobě a navrhnout její modernizaci, případně alternativní řešení.

Návrhy řešení výroby byly provedeny pro dvě studie s rozdílnými výrobními dávkami. Hodnoty uváděné v této práci vycházejí z podkladů pro technologickou přípravu výroby v dané firmě, či firmě dosud zajišťující kooperaci určité části výroby. Proto jsou závěry uvedené v této bakalářské práci použitelné do výroby, s ohledem na možné drobné změny v ekonomické stránce, při úvaze vývoje cen materiálů, energie a mnoha jiných faktorů.

Uvažovaná problémová místa výroby byla řešena za daných požadavků a možností firmy. Alternativní řešení byla navržena pro volbu výrobního obráběcího CNC stroje při možné poruše, či volných výrobních kapacitách dalších strojů schopných výroby této součásti za použití stejných výrobních nástrojů a NC programů. Pro výrobu ozubení bylo orientačně uvažováno alternativní řešení s výrobou v rámci firmy a potřebného pořízení strojního vybavení vzhledem k vzniklým ztrátám a z toho plynoucího snížení zisku výrobou ozubení v kooperaci.

## Seznam použitých zdrojů

1. Jiří Krejčí – Brukr. [online]. [cit. 2008-2-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.brukr.cz>>.
2. Karas pily. *Pásové pily na kov*. [online]. [cit. 2008-3-20]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.pasove-pily.eu/PASOVE-PILY-NA-KOV/PILOUS/Poloautomaticke-pasove-pily-/1587-PILOUS-pasova-pila-na-kov-ARG-250-PLUS-S-A-F-.html>>.
3. LICO MACHINERY. *Product list* [online]. [cit. 2008-2-20]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.cnc-lathe-manufacturer.com/lnc/lnc42-65/features.htm>>.
4. CONSORTA Praha. *Sortiment* [online]. [cit. 2008-2-20]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.consorta.cz/index.php?akc=alphaxt>>
5. Katalog obráběcích a tvářecích strojů 2002 – 2004 [online]. [cit. 2008-2-20]. Dostupné na World Wide Web: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/sfgu32\\_1.html](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/sfgu32_1.html)>.
6. LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. doplněné vydání. Úvaly: Albra – pedagogické nakladatelství, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7
7. Feron. *Sortimentní katalog* [online]. [cit. 2008-5-10]. Dostupné na World Wide Web: <[http://62.168.62.45/cze/katalog/oceli.php?typ=prirazeni\\_znacek\\_oceli](http://62.168.62.45/cze/katalog/oceli.php?typ=prirazeni_znacek_oceli)>.
8. ISCAR. *Katalog nástrojů* [online]. [cit. 2008-2-10]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.iscar.com/ecat/open.asp?lang=EN&ECommerce=N&GFSTYP=M&MultLang=Y&CountryId=1>>.
9. ISCAR. *Nástroje pro soustružení 2007*. ILKAMETAL s.r.o., Pardubice, Česká republika. Zář 2007.
10. TOS. *Ozubárenské stroje* [online]. [cit. 2008-3-20]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tos.celakovice.cz/Cesky/Ozubstroje/OHA32CNC5.htm>>.
11. KOČMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1.vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer Numeric Control
NC	[-]	Numeric Control
VBD	[-]	Výměnná Břitová Destička
D	[mm]	průměr obrobku
$D_p$	[mm]	průměr polotovaru
$E_s$	[den · rok <sup>-1</sup> ]	roční fond strojního pracoviště
$L_p$	[mm]	délka polotovaru
$L_t$	[mm]	délka tyče
$N_1$	[Kč · ks <sup>-1</sup> ]	celkové materiálové náklady připadající na 1 kus výrobku
$N_2$	[Kč · ks <sup>-1</sup> ]	náklady na mzdy připadající na 1 kus výrobku
$N_c$	[Kč · ks <sup>-1</sup> ]	celková cena
$N_d$	[Kč · hod <sup>-1</sup> ]	hodinová mzda dělníka
$N_k$	[Kč · ks <sup>-1</sup> ]	náklady na kooperaci
$N_m$	[kg]	norma spotřeby materiálu
$N_{O11\ 600}$	[Kč · kg <sup>-1</sup> ]	náklady na materiál (ocel 11 600)
$N_p$	[Kč · ks <sup>-1</sup> ]	náklady na polotovar
$q_k$	[Kč · ks <sup>-1</sup> ]	ztráty z nevyužitelného konce tyče připadající na 1 kus výrobku
$N_{qu}$	[Kč · ks <sup>-1</sup> ]	náklady na prořez pásovou pilou připadající na 1 kus výrobku
$N_{režO}$	[Kč · hod <sup>-1</sup> ]	režijní náklady střediska (obrobna)
$P_d$	[hod · den <sup>-1</sup> ]	počet pracovních hodin za den
$Q_k$	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče
$Q_p$	[kg]	hmotnost polotovaru
$Q_s$	[kg]	hmotnost součásti
$R_a$	[μm]	průměrná aritmetická úchylka profilu
$R_{e\ min}$	[Mpa]	minimální mez kluzu v tahu
$R_m$	[Mpa]	mez pevnosti v tahu
$V$	[mm <sup>3</sup> ]	objem
$Z_j$	[mm · ks <sup>-1</sup> ]	nevyužitý materiál připadající na 1 kus výrobku
$Z_m$	[kg · ks <sup>-1</sup> ]	celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus výrobku
$Z_{t_1}$	[mm]	zbytek materiálu z první tyče
$Z_{t_2}$	[mm]	zbytek materiálu z druhé tyče
$a_p$	[mm]	hloubka řezu
$d_p$	[mm]	vnitřní průměr polotovaru
$f$	[mm · ot <sup>-1</sup> ]	posuv

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
$k_m$	[-]	stupeň využití materiálu
$l_n$	[mm]	délka náběhu
$l_p$	[mm]	délka přeběhu
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky
$p$	[mm]	přídavek
$q_k$	[kg · ks <sup>-1</sup> ]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus výrobku
$q_o$	[kg · ks <sup>-1</sup> ]	ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus výrobku
$q_u$	[kg · ks <sup>-1</sup> ]	ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus výrobku
$r_\varepsilon$	[mm]	poloměr špičky nástroje
$s$	[-]	počet pracovních směn
$t_A$	[hod]	čas kusový
$t_{AS}$	[min]	jednotkový čas strojní
$t_B$	[hod]	čas přípravný
$t_{BC}$	[hod]	čas dávkový
$u$	[mm]	prořez
$v_c$	[m · min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
$\rho$	[kg · mm <sup>-3</sup> ]	hustota
$\Sigma \text{dni}$	[den]	potřebný počet pracovních dnů na výrobu dávky
$\Sigma \text{kus}$	[ks]	požadovaný počet kusů
$\Sigma \text{pol}$	[ks]	počet polotovarů
$\Sigma \text{stroj}$	[ks]	počet výrobních strojů
$\Sigma t_{BC}$	[hod]	celkový čas dávkový
$\Sigma \text{tyč}$	[ks]	počet tyčí

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Výrobní návodka operace č. 20  
Příloha 2 Výrobní návodka operace č. 30  
Příloha 3 NC program operace č. 20  
Příloha 4 NC program operace č. 30  
Příloha 5 Výrobní postup  
Příloha 6 Výkres součásti stavěcí šroub č.v. BP – 01 – 2008  
Příloha 7 Cenová nabídka výkovku od firmy ZVU Kovárna a.s. Hradec  
Králové  
Příloha 8 Cenová nabídka kovaného kroužku od firmy ZVU Kovárna a.s.  
Hradec Králové