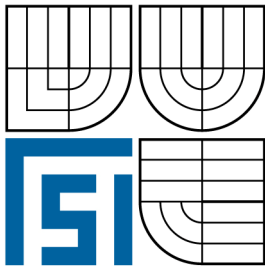


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE DVOUDRÁŽKOVÉ ŘEMENICE PRO DVA TYPY POLOTOVARŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ROBERT POKLADNÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pokladník Robert

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

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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 bakalářské práce:

Řešení technologie dvoudrážkové řemenice pro dva typy polotovarů.

v anglickém jazyce:

Solution technology of two groove guide pulley production.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor zadané součásti. Rozbor dvou typů odlitků. Sestavení technologie s větvením dle použití dvou různých odlitků. Vliv na navržené nářadí. Ekonomické zhodnocení.

Cíle bakalářské práce:

Navržení technologie pro optimální využití různých polotovarů. Rozbor limitujících podmínek při produkci.

Seznam odborné literatury:

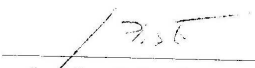
1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC **M**achining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje 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 bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.


doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Technologie zpracovává výrobu dvoudrážkové řemenice pro dva různé typy polotovarů. Jako polotovar je v obou případech použit odlitek. Materiálem výrobku je vždy šedá litina ČSN 42 24 25. Technologický postup řeší výrobu obou variant od návržení polotovaru až po předání do výstupního skladu. Výroba je realizována technologií třískového obrábění s použitím CNC strojů. Náradí využívá v maximální míře vyměnitelných břitových destiček. Závěrem jsou obě varianty posouzeny z ekonomického hlediska.

Klíčová slova

Obrábění, technologie, odlitek, litina, řemenice, soustružení, nástroj, soustruh, CNC stroj

ABSTRACT

Technology compiling two groove pulley making for two types of billets. As a billets is used in both cases a cast iron EN-GJL-250. The technological process solves production of both variants from designing the billets to transmission to the storeroom. The production is realized through cutting operation by CNC machines. The tools are selected with cutting tip. Finally both variants are compared from economical perspective.

Key words

Machining, technology, cast, cast iron, pulley, turning, tool, lathe, CNC machine

Bibliografická citace

POKLADNÍK, Robert. *Řešení technologie dvoudrážkové řemenice pro dva typy polotovarů: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 43 s., 8 příloh. Vedoucí práce. Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Řešení technologie dvoudrážkové řemenice pro dva typy polotovarů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

07.05.2009

.....
Robert Pokladník

Poděkování

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

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	7
Poděkování.....	8
Obsah.....	9
Úvod.....	11
1 PARAMETRY VÝROBKU	12
1.1 Technologičnost výrobku.....	12
2 NÁVRH POLOTOVARU	13
2.1 Popis polotovaru.....	13
2.2 Rozbor polotovarů tyč, odlitek.....	14
2.3 Zhodnocení polotovarů tyč, odlitek.....	17
3 NÁVRH TECHNOLOGIE	18
3.1 Popis technologie.....	18
3.2 Zásady výrobního postupu.....	18
3.3 Volba řezných nástrojů.....	19
3.3.1 Vybrané nástroje.....	19
3.4 Návrh technologického postupu.....	23
3.5 Výpočet výrobních časů.....	25
4 KAPACITNÍ PROPOČTY	26
4.1 Vstupní hodnoty.....	26
4.2 Výpočet strojů a ručních pracovišť.....	27
4.2.1 Počty strojů a ručních pracovišť.....	27
4.2.2 Využití strojů.....	27
4.2.3 Výpočet spotřeby nářadí pro variantu 1.....	28
4.3 Výpočet pracovníků.....	32
4.3.1 výpočet výrobních dělníků.....	32
4.3.2 Pomocní dělníci a obslužný personál.....	32
4.3.3 Výpočet pracovníků kontroly.....	33
4.3.4 Výpočet ITA pracovníků.....	33
4.3.5 Celkový počet pracovníků útvaru.....	33
4.3.6 Výpočet nákladů na pracovníky.....	33
4.4 Výpočet ploch.....	34
4.4.1 Výpočet výrobních ploch.....	34
4.4.2 Výpočet pomocné podlahové plochy.....	34
4.4.3 Výpočet provozní podlahové plochy.....	35
4.5 Instalovaný příkon.....	36
4.5.1 Výpočet příkonů strojů.....	36
4.5.2 Výpočet příkonu osvětlení.....	36
4.5.3 Celkový instalovaný příkon.....	38
5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	39
5.1 Srovnání z hlediska polotovarů.....	39
5.2 Srovnání z hlediska časové náročnosti výroby.....	39
5.3 Srovnání z hlediska spotřeby a ceny nástrojů.....	40
5.4 Srovnání z hlediska spotřebované energie.....	40
5.5 Srovnání z hlediska nákladů na pracovníky.....	40
5.6 Vyhodnocení výhodnější varianty.....	41
Závěr.....	42
Seznam použitých zdrojů.....	43

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	44
Seznam příloh.....	45

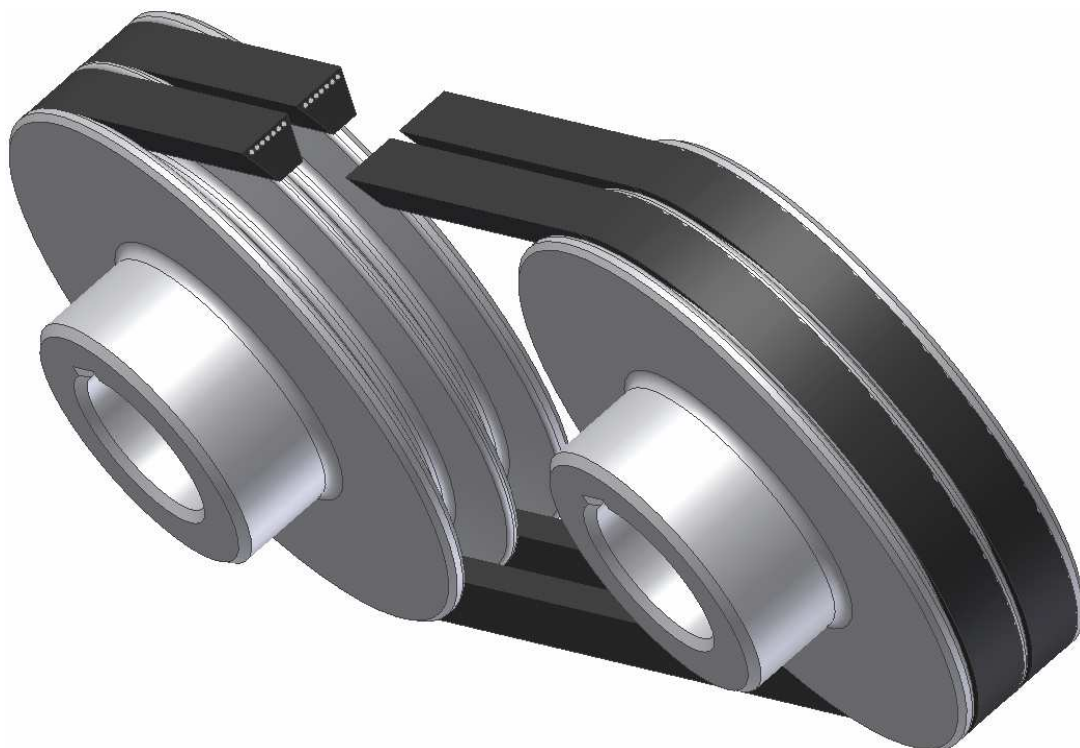
ÚVOD

Pohony jsou jedním z odvětví strojírenské praxe. Tyto mechanismy slouží k přenosu kroutícího momentu a neodmyslitelně patří ke každému běžně používanému stroji. Základem jakéhokoliv pohonu je hnací člen. Další jednotka pohonu je člen hnaný. Tyto dva členy je nutné spojit prostřednictvím převodu, který je realizován jednou z mnoha možných variant. Mezi často používané převody lze bezpečně zařadit převody řemenové.

Řemenové převody přenáší kroutící moment z hnacího členu na člen hnaný. Toto je uskutečněno pomocí tření mezi povrchem řemene a řemenice. Řemen je ohebný člen pohonu, který je opásán kolem kotoučů nasazených na hřídelech. Tyto kotouče se nazývají řemenice.

Jednotlivé řemenové převody se liší především profilem řemenu. Jeden z nejpoužívanějších je klínový řemen. Klínový řemen je vyroben z pryže a jako výtuhu je užito několik textilních vložek.

Řemenové převody patří k důležitým součástím mechanismů. Jejich použití a technologie výroby podstatně ovlivňuje činnost zařízení. Pokud se jedná o výrobní stroj pak je ovlivněna především přesnost stroje.



Obr. 1 Řemenový převod

1 PARAMETRY VÝROBKU

1.1 Technologičnost výrobku

- Výrobek je z hlediska funkce správně navržen. Řemenice je navržena pro běžné použití do obvodové rychlosti $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Množství řemenic, které se má vyrobit je 20 000 ks.
- Rozměry obrobku jsou na výkrese zakótovány úplně a jednoznačně. Velikost drážky pro pero je volena s ohledem na průměr hřídele dle ČSN 02 2507. Struktura povrchu boků drážek řemenice je stanovena podle ČSN 02 3179 na hodnotu $1,6 \mu\text{m}$. (8)
- Polotovarem pro obě varianty je litina ČSN 42 24 25 (dle evropské normy: EN-GJL-250). Jedná se o šedou litinu s lupínkovým grafitem. Pevnost v tahu použitého materiálu je 250 MPa. Mechanické vlastnosti navrženého materiálu jsou dostačující pro správnou funkci součásti. Materiál je volen z pevnostního hlediska tak, aby byla zaručena požadovaná životnost součásti.

Tab. 1.1 Chemické složení použitého materiálu

	C	Si	Mn	P	S	Tvrdość HB
Obsah prvků [%]	3,1 ÷ 3,3	1,7 ÷ 1,9	0,8 ÷ 1,0	max. 0,5	max. 0,15	max. 240

- Součást je konstruována s ohledem na použití vhodných ploch jako základen. Přesnost výrobku je navržena tak, aby nebyla větší než je nezbytné pro správnou funkci výrobku. Na součásti se nevyskytují žádné plochy, které by nešlo dostupnými technologiemi obrobit. (8)

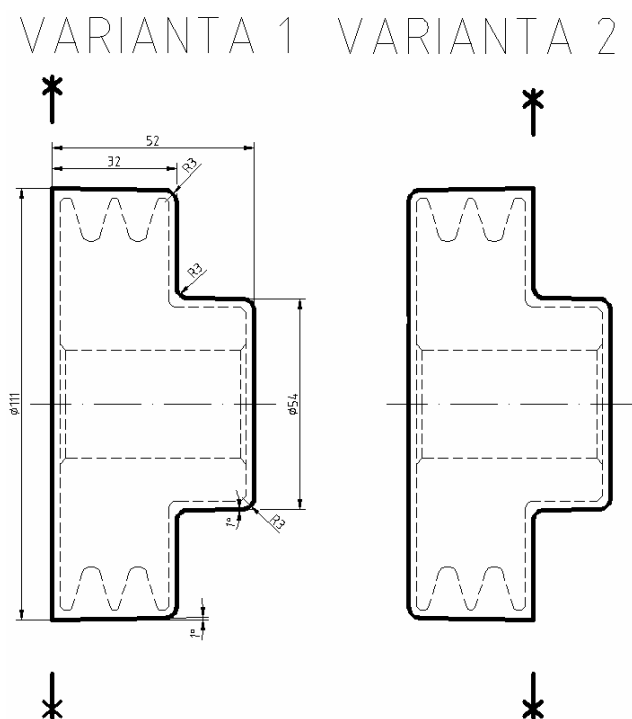
2 NÁVRH POLOTOVARU

2.1 Popis polotovaru

Materiál ČSN 422425 je pro výrobu řemenic běžně používán. Polotovar je navržen podle používaných pravidel a zásad používaných při konstrukci odlitků. Jsou dodrženy všechny technologické požadavky pro výrobu odlitků. Technologické úkosity pro vyjímání modelu z formy jsou stanoveny podle normy ČSN 04 20 21 na 1°. Vzhledem k použití odlitku pro výrobu řemenice se tvar polotovaru příliš neliší od tvaru hotové součásti. Toto řešení minimalizuje přídavky na obrábění, které jsou stanoveny dle normy ČSN EN ISO 8062–3 na hodnotu 2 mm. Tímto je výrazně snížena spotřeba materiálu.

Použití odlitku jako polotovaru zajistí značnou úsporu materiálu a tím i příznivé ovlivnění výrobních nákladů, jak dokazuje níže provedený výpočet.

Z důvodu možné změny dodavatele polotovarů byly navrženy dvě varianty polotovaru. Navržené varianty se od sebe liší polohou dělicí roviny odlitku. Tato skutečnost se při výrobě projeví zejména při první operaci, odlišným upínáním odlitku.



Obr. 2.1 Varianty polotovarů

2.2 Rozbor polotovarů tyč, odlitek

Polotovar tyč se pro výrobu řemenic běžně nepoužívá. Zde je volen jako náhradní (nouzové) řešení, pro případ výpadku výroby a srovnání s odlitekem.

a) Přídavek na průměr obrobku:

$$p = 0,05 \cdot d + 2 \quad (2.1)$$

kde: d..... největší průměr obrobku v mm
p..... velikost přídavku na průměr polotovaru

$$p = 0,05 \cdot 106 + 2 = 7,3 \text{ mm}$$

↓

$$D = d + p = 106 + 7,3 = 113,3 \text{ mm} \Rightarrow \text{volím } \underline{\underline{115 \text{ mm}}}$$

kde: D.....průměr polotovaru v mm

Dle online nabídky společnosti Feron a.s. volím jako polotovar kruhovou tyč válcovanou za tepla ČSN EN 10084 průměr 115 mm.

b) Přídavek na délku polotovaru

$$\Delta l \in (2;4) \text{ mm}$$

Vzhledem k prořezu, který může u takto velkého průměru může být velký, volím $\Delta l = 4 \text{ mm}$.

$$l_p = l + \Delta l = 48 + 4 = \underline{\underline{52 \text{ mm}}},$$

kde: l_p délka polotovaru
 l délka hotového obrobku
 Δl přídavek na délku

c) Množství tyčí potřebné pro výrobu celé série

Tyče jsou dodávané v délce 3000 mm.

- Výpočet počtu polotovarů z jedné tyče:

$$p_t = \frac{l_t}{(l_p + l_u)} \quad (2.2)$$

kde: l_t délka tyče
 l_u ztráta materiálu vzniklá dělením
 p_p počet polotovarů z jedné tyče

$$p_p = \frac{3000}{(52+1)} = 56,6 \Rightarrow 56 \text{ ks}$$

- Stanovení velikosti nevyužitého konce tyče:

$$l_k = l_t - (p_t \cdot (l_p + l_u)) \quad (2.3)$$

kde: l_k Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče

$$l_k = 3000 - (56 \cdot (52 + 1)) = 32 \text{ mm}$$

- Množství tyčí potřebných pro celou sérii:

$$p_t = \frac{M}{P_p} \quad (2.4)$$

kde: p_t potřebný počet tyčí

M množství vyráběných kusů

$$p_t = \frac{20000}{56} = 357,1 \Rightarrow 358 \text{ ks}$$

- Výpočet množství materiálu na polotovaru:

- Polotovarem je tyč

$$l_c = p_t \cdot l_t \quad (2.5)$$

kde: l_c celková délka tyčí

$$l_c = 358 \cdot 3000 = 1\,074\,000 \text{ mm} = 1\,074 \text{ m}$$

$$V_p = l_p \cdot S_T \quad (2.6)$$

kde: V_p objem polotovaru

S_T plocha příčného průřezu tyče

$$V_p = l_p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.7)$$

$$V_p = 0,052 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,115^2}{4} = \underline{\underline{0,000\,539 \text{ m}^3}}$$

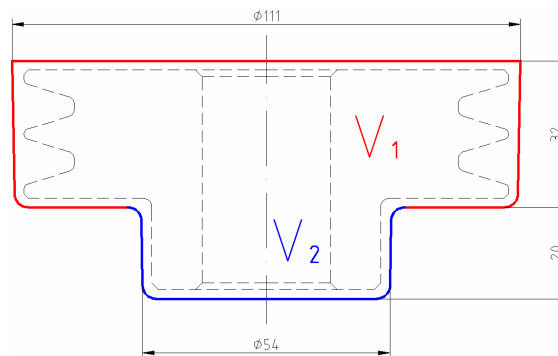
Katalogová cena tyčí uváděná na internetových stránkách společnosti Ferrona a.s. je $2\,469,5 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-1}$.

$$c_T = l_p \cdot 2469,5 \quad (2.8)$$

$$c_T = 0,052 \cdot 2469,5 = \underline{\underline{128,5 \text{ Kč}}}$$

kde: c_T cena polotovaru z tyče

- Polotovarem je odlitek



Obr. 2.2 Náskres polotovaru (odlitek)

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h \quad (2.9)$$

kde: V.....objem válce
h..... výška válce
D..... průměr podstavy válce

Úkosity odlitku byly pro zjednodušení výpočtu hmotnosti zanedbány.

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0,111^2}{4} \cdot 0,032 = 0,000\,217\text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 0,054^2}{4} \cdot 0,02 = 0,000\,046\text{ m}^3$$

$$V_C = V_1 + V_2$$

$$V_C = 0,000\,217 + 0,000\,046 = \underline{\underline{0,000\,263\text{ m}^3}}$$

kde: V_C objem polotovaru

$$m_p = \rho_L \cdot V_C \quad (2.21)$$

$$m_p = 7\,100 \cdot 0,000\,263 = 1,86\text{ kg}$$

kde: m_p hmotnost polotovaru
 ρ_L hustota šedé litiny

Podle zjištěné ceny odlitků ze společnosti GIFF a.s. ($27\text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$) lze stanovit cenu polotovaru.

$$c_o = m_p \cdot 27 \quad (2.22)$$

$$c_o = 1,86 \cdot 27 = \underline{\underline{50,22\text{ Kč}}}$$

kde: c_o cena polotovaru

Na výši ceny litinových polotovarů nemá však vliv pouze velikost resp. hmotnost odlitku. Při stanovování nákladů na výrobu odlitků je nutné brát také v potaz cenu modelového zařízení. Cena modelového zařízení v případě daného polotovaru je znázorněna v tabulce 2.21

Tab. 2.1 Cena modelového zařízení

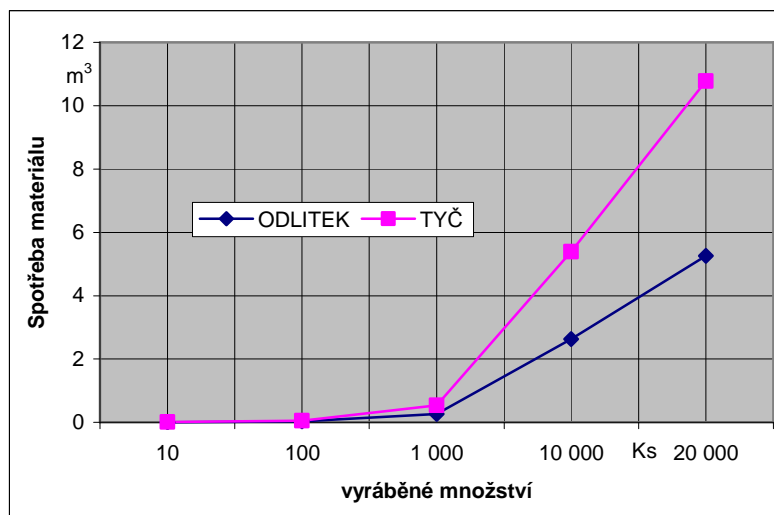
VYRÁBĚNÉ MNOŽSTVÍ [ks]	ZPŮSOB FORMOVÁNÍ	CENA MODELOVÉHO ZAŘÍZENÍ [Kč]	CENA MATERIÁLU [Kč·kg ⁻¹]
10 - 100	ruční	5 500	55
>1000	strojní	15 000	27

Z tabulky 2.21 vyplývá, že výroba odlitků při malém vyráběném množství je díky ceně modelového zařízení poměrně nákladná. Z tohoto důvodu je výroba řemenic z tyče při náhradním (nouzovém řešení) výhodná.

2.3 Zhodnocení polotovarů tyč, odlitek

Tab. 2.2 Závislost spotřeby materiálu na vyráběném množství

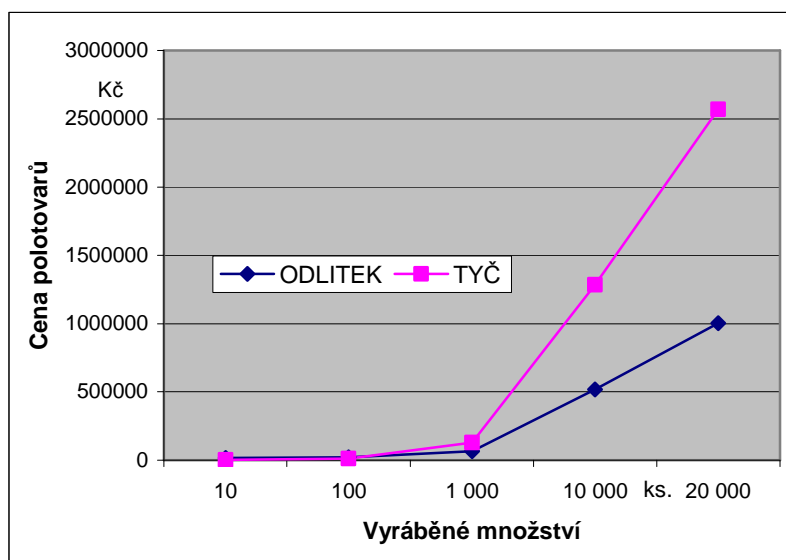
		Vyráběné množství [ks.]				
		10	100	1 000	10 000	20 000
Spotřeba materiálu [m ³]	LITINA	$2,63 \cdot 10^{-3}$	$2,63 \cdot 10^{-2}$	0,263	2,63	5,26
	TYČ	$5,39 \cdot 10^{-3}$	$5,39 \cdot 10^{-2}$	0,539	5,39	10,78



Obr. 2.2 Závislost spotřeby materiálu na vyráběném množství

Tab. 2.3 Závislost ceny polotovaru na vyráběném množství

		Vyráběné množství [ks.]				
		10	100	1 000	10 000	20 000
Cena polotovarů [Kč]	ODLITEK	15502,2	20022	65220	517200	1019400
	TYČ	1285	12850	128500	1285000	2570000



Obr. 2.3 Závislost ceny polotovaru na vyráběném množství

Vzhledem k malé velikosti grafu na obrázku 2.3 není možné rozlišit rozdíl ceny pro případ odlitku a tyče. Rozdíl je však možno vidět v tabulce 2.32, kde je při malém vyráběném množství nesporně výhodnější tyč.

3 NÁVRH TECHNOLOGIE

3.1 Popis technologie

Pro výrobu dané součásti je použita technologie třískového obrábění. Vzhledem k rotačně symetrickému tvaru součásti je užito zejména soustružení. Vedle soustružení se ve výrobním postupu vyskytuje také vrtání, vystružování, protahování, atd. Pro zadanou součást je navržen kompletní technologický postup. Řešení rovněž obsahuje návrh strojů a nástrojů potřebných pro realizaci výrobku. Podrobně jsou také rozebrány kapacitní propočty (plochy dílny, počty pracovníků, počty strojů, atd.).

3.2 Zásady výrobního postupu

Výrobní postup obsahuje pořadí operací, které jsou nutné pro výrobu součásti. Operace byly navrženy na základě funkčních tvarů součásti.

3.3 Volba řezných nástrojů



Nářadí je voleno s ohledem na sériovou výrobu. Jsou použity převážně nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami. Řezné podmínky jsou voleny tak, aby byly vyměnitelné břitové destičky maximálně využity. Vzhledem k tomu, že vyráběná součást má v obou řešených variantách stejný tvar, jsou nástroje sjednocené pro obě použití. Vybrané nástroje jsou seřazeny v následujících tabulkách.

Použité nástroje:

- soustružnický nůž vnější,
- vrták,
- soustružnický nůž vnitřní,
- výstružník,
- zapichovací nůž - Klínové Drážky,
- protahovák 8P9.

Jako dodavatelé nástrojů byly vybrány společnosti SANDVIK Coromant a HAM-FINAL, s.r.o.

Tab. 3.1 Dodavatelé nástrojů

logo firmy	adresa firmy	odebírané nástroje
	SANDVIK COROMANT s.r.o Na Pankráci 30 Praha 4 140 00	držáky soustružnických nožů, vyměnitelné břitové destičky
	HAM-FINAL s.r.o. Vlárská 22 627 00 Brno Czech Republic	výstružníky

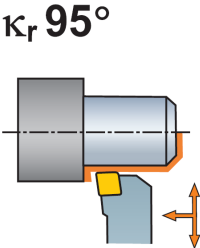
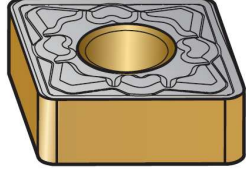
Sandvik Coromant je jedním z největších světových výrobců nástrojů pro obrábění kovů. Tato společnost byla založena v roce 1862 ve Švédsku. Společnost Sandvik má své zastoupení v 60 zemích po celém světě.

HAM-FINAL je česko-německá firma se sídlem v Brně. Tato společnost s dlouholetou tradicí se zabývá vývojem, výrobou a prodejem nástrojů pro výstružování, vyvrtávání a obrábění přesných děr. Firma vznikla v roce 1997 a dokázala si od této doby vydobýt své nezastupitelné místo na trhu.

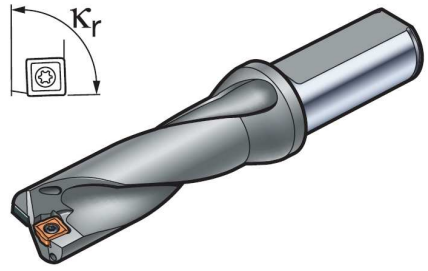
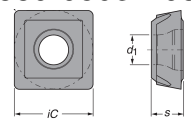
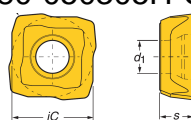
3.3.1 Vybrané nástroje

Nástroje byly voleny s ohledem na materiál obrobku ČSN 422425. Obrázky použité v tabulkách (od Tab. 3.3.1 do Tab. 3.3.6) jsou převzaty z katalogů výše uvedených firem. Následující nástroje jsou použity při výrobě obou variant.

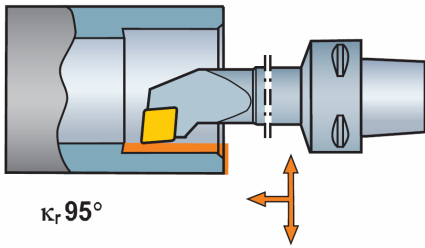
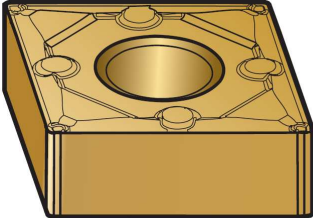
Tab. 3.2 Soustružnický nůž vnější

Operace č. 3,4 Soustružení kontury obrobku					
Držák: PCLNR 20 20 K12			VBD: CNMG 12 04 12-KM		
			 CNMG-KM		
Pro hrubování je vybrán nástroj s negativní geometrií z nabídky společnosti SANDVIK. Úhel nastavení hlavního ostří $\kappa_r = 95^\circ$, což je úhel vhodný pro obrábění litin. Úhel čela $\gamma = -6^\circ$, úhel sklonu ostří $\lambda_s = -6^\circ$, poloměr špičky nástroje $r_\epsilon = 1,2$. Materiál vyměnitelné břitové destičky je GC 3210. (2)					
Šířka záběru ostří a_p [mm]			Posuv na otáčku f [mm]		
Dop.	Min.	Max.	Dop.	Min.	Max.
3	0,3	6	0,4	0,15	0,6
Posuv na otáčku f [mm]			0,2	0,4	0,6
Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]			355	290	245

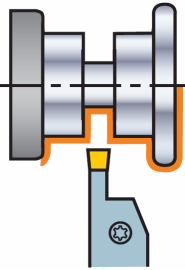
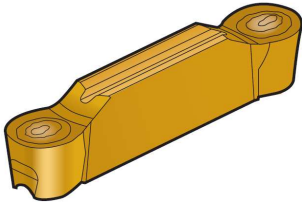
Tab. 3.3 Vrták

Operace č. 3 Vrtání otvoru $\varnothing 27$ mm					
Držák: 880 D2700L32-02			Vyměnitelná břitová destička:		
			Obvodová: 880-0503W08-P-GR  Středová: 880-050305H-C-GR 		
Pro vrtání otvoru $\varnothing 27$ mm byl vybrán vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami od společnosti SANDVIK. Geometrie vrtáku - GR, je vhodná pro vrtání ocelí a litin vysokou rychlostí posuvu. VBD s pevným zesíleným břitem jsou určeny zejména pro hrubování. (2)					
Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]			Posuv na otáčku f [mm]		
Dop.	Min.	Max.	Dop.	Min.	Max.
100	85	115	0,35	0,26	0,46

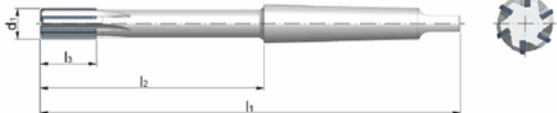
Tab. 3.4 Soustružnický nůž vnitřní

Operace č. 5 Soustružení otvoru $\varnothing 28H7$					
Držák: C4-DCLNR 13080-09			VBD: CNMG 090308-WF		
			 CNMG-WF		
<p>Pro soustružení otvoru $\varnothing 28H7$ byl zvolen vnitřní soustružnický nůž s úhlem sklonu hlavního ostří $\kappa_r = 95^\circ$. Nástroj byl vybrán z nabídky společnosti SANDVIK. Úhel čela $\gamma_o = -6^\circ$, úhel sklonu ostří $\lambda_s = -6^\circ$, poloměr špičky nástroje $r_\epsilon = 0,8$ mm. Materiál vyměnitelné břitové destičky je GC 3215. (2)</p>					
Šířka záběru ostří a_p [mm]			Posuv na otáčku f [mm]		
Dop.	Min.	Max.	Dop.	Min.	Max.
1	0,3	2	0,3	0,1	0,5
Posuv na otáčku f [mm]			0,2	0,4	0,6
Řezná rychlost v_c [$m \cdot min^{-1}$]			300	250	210

Tab. 3.5 Soustružnický nůž Zapichovací

Operace č. 5 Soustružení klínových drážek					
Držák: D3-RF123E15-22055B			VBD: N123E2-0239-RO		
			 123-RO		
<p>VBD má dvě řezné hrany. Dobrá kontrola utváření třísek při malých rychlostech posuvu a malých hloubkách řezu. Obrobená plocha je vysoce kvalitní. Upínání břitové destičky pomocí šroubu. Maximální hloubka řezu vybraného nástroje je 19 mm, což je pro výrobu klínové drážky zcela dostačující. (2)</p>					
Šířka záběru ostří a_p [mm]			Posuv na otáčku f [mm]		
Dop.	Min.	Max.	Dop.	Min.	Max.
0,6	0,3	1	0,15	0,1	0,2
Posuv na otáčku f [mm]			0,05	0,2	0,5
Řezná rychlost v_c [$m \cdot min^{-1}$]			210	185	110

Tab. 3.6 Výstružník

Operace č. 5 Vystružování otvoru	
Ham-final 6311-2800	
	
Zvolený výstružník je vhodný pro obrábění litiny. Nástroj má kuželovou stopku Morse 3. Výstružník má osm zubů, které jsou osazeny břity ze slinutého karbidu	
Řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	Posuv na zub f_z [mm]
10 - 15	0,06

Tab. 3.7 Protahovací trn

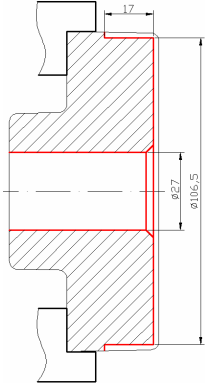
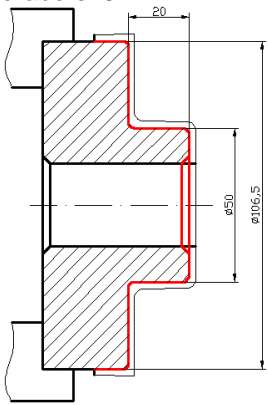
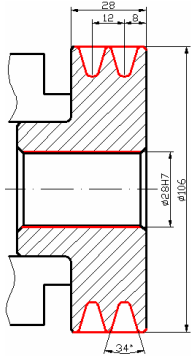
Operace č. 3,4 Protahování drážky			
Protahovací trn 8C-1			
			
Pro výrobu drážky pro pero 8P9 byl vybrán protahovací trn 8C-1 od firmy Hoffmann Group. Vnitřní průměr otvoru, kde má být drážka vytvořena leží v intervalu (22 - 30 mm). V takovém případě firma dodává nástroj, u kterého není zapotřebí vodící pouzdro. Materiál nástroje rychlořezná ocel HSS.			
Posuv na zub f_z [mm]	0,02	0,1	0,2
Řezná rychlost v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	20	13	5

3.4 Návrh technologického postupu

Tab. 3.8 Návrh technologického postupu pro variantu 1

č. op.	Pracoviště Tř. č.	Popis práce	Nákres
1	OTK 09863	Kontrolovat odlitek rozměry: $\varnothing 106$, $\varnothing 54$, délku odlitku 52 mm, četnost 10%	<p>Operace č. 3:</p>
2	Ruční pra- coviště 09421	Obrousit výronek	
3	Soustruh 34412	Upnout odlitek za $\varnothing 111$ mm, dorazit na čelo, zarovnat čelo nálitku. Soustružit $\varnothing 50$ na $\varnothing 50,5$ v délce 20 mm včetně rádiusu R2. Soustružit $\varnothing 106$ na $\varnothing 106,5$ do hloubky 17 mm Soustružit $\varnothing 50$ do hloubky 20 mm včetně zkosení $1,5 \times 45^\circ$ a rádiusu R2 na hotovo. Soustružit $\varnothing 106$ do hloubky 17 mm včetně zkosení $1 \times 45^\circ$ na hotovo. Vrtat otvor $\varnothing 28H7$ na $\varnothing 27$. Srazit hranu $1,5 \times 45^\circ$ v otvoru hotov ě.	
4	OTK 09863	Kontrolovat rozměry: $\varnothing 106$, $\varnothing 50$ do hloubky 20, otvor $\varnothing 27$, četnost 10%	<p>Operace č. 5:</p>
5	Soustruh 34412	Upnou obrobek za $\varnothing 50$, dorazit na obrobené čelo. Soustružit čelo na rozměr 28 mm na hotovo. Soustružit $\varnothing 106$ na $\varnothing 106,5$ do hloubky 12 mm Soustružit $\varnothing 106,5$ (napojit) na $\varnothing 106$ z předchozí operace. Srazit hranu $1 \times 45^\circ$. Srazit hranu $1,5 \times 45^\circ$ v otvoru hotov ě. Soustružit otvor $\varnothing 28H7$ s přídavkem na vystružování na $\varnothing 27,7$. Vystružit otvor $\varnothing 28H7$ na hotovo. Soustružit klínové drážky dle kót výkresu	
6	OTK 09863	Kontrolovat rozměry: $\varnothing 106$, délku 28 mm, otvor $\varnothing 28H7$, kontrolovat klínové drážky, četnost 10%	
7	Obrážečka	Obrážet drážku 8P9 dle výkresu	
8	Technická pračka 16361	Obrobek čistit, odmastit	
9	OTK 09863	Kontrolovat drážku 8P9, četnost 10%	
10	Expedice 09626	Balení Součásti	

Tab. 3.9 Návrh technologického postupu pro variantu 2

č. op.	Pracoviště	Popis práce	Nákres
1	OTK 09863	Kontrolovat odlitek rozměry: $\varnothing 106$, $\varnothing 54$, délku odlitku 52 mm, čtenost 10%	Operace č. 3: 
2	Ruční pra- coviště 09421	Obrousit výronek	
3	Soustruh 34412	Upnout odlitek za $\varnothing 111$ mm, dorazit na čelo, zarovnat čelo Soustružit $\varnothing 106$ na $\varnothing 106,5$ do hloubky 17 mm. Vrtat otvor $\varnothing 28H7$ na $\varnothing 27$. Srazit hranu $1,5 \times 45^\circ$ v otvoru hotov ě.	
4	OTK 09863	Kontrolovat rozměry: $\varnothing 106,5$, otvor $\varnothing 27$, čtenost 10%	Operace č. 5: 
5	Soustruh 34412	Upnout odlitek za $\varnothing 106,5$, dorazit na obrobené čelo. Soustružit čelo nálitku na rozměr 48mm na hotovo. Soustružit $\varnothing 50$ na $\varnothing 50,5$ v délce 20 mm. včetně rádiusu R2 Soustružit $\varnothing 106$ na $\varnothing 106,5$ do hloubky 12 mm, srazit hranu $1 \times 45^\circ$ hotov ě. Soustružit $\varnothing 50$ do hloubky 20 mm včetně zkosení $1,5 \times 45^\circ$ a rádiusu R2 na hotovo. Srazit hranu $1,5 \times 45^\circ$ v otvoru hotov ě.	
6	OTK 09863	Kontrolovat rozměry: $\varnothing 50$, $\varnothing 106,5$, čtenost 10%	
7	Soustruh 34412	Upnout součást za $\varnothing 50$, dorazit na obrobené čelo. Soustružit $\varnothing 106$ včetně zkosení $1 \times 45^\circ$ hotov ě. Soustružit otvor $\varnothing 28H7$ na $\varnothing 27,7$ Vystružit otvor $\varnothing 28H7$ na hotovo Soustružit klínové drážky dle kót výkresu	Operace č. 6: 
8	OTK 09863	Kontrolovat rozměry: $\varnothing 106$, délku 28 mm, otvor $\varnothing 28H7$, kontrolovat klínové drážky čtenost 10%	
9	Obrážečka	Obrážet drážku 8P9 dle výkresu	
10	Technická pračka 16361	Obrobek čistit, odmastit	
11	OTK 09863	Kontrolovat drážku 8P9, čtenost 10%	
12	Expedice 09626	Balení Součásti	

3.5 Výpočet výrobních časů

a) Strojní čas t_{AS} :

$$t_{AS} = \frac{l}{n \cdot f} \quad (3.1)$$

kde: t_{AS} strojní čas [min]

l obráběná délka [mm]

n otáčky za minutu [min^{-1}]

f posuv [mm]

Vzorový výpočet t_{AS} pro operaci 3 (hrubování $\varnothing 50$ mm):

- *výpočet otáček:*

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} \Rightarrow n = \frac{10^3 \cdot v_c}{\pi \cdot D} = \frac{10^3 \cdot 290}{\pi \cdot 50} \cong \underline{\underline{1846 \text{ min}^{-1}}} \quad (3.2)$$

- *výpočet t_{AS} :*

$$t_{AS} = \frac{l}{n \cdot f} = \frac{22}{1846 \cdot 0,4} \cong \underline{\underline{0,03 \text{ min}}} \quad (3.3)$$

kde: v_c řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

D rozměr obráběného průměru [mm]

b) Kusový čas t_A :

$$t_A = t_{AS} + t_{AV} \quad (3.4)$$

kde: t_{AV} čas vedlejší [min] (např.: výměna nástroje, měření, apod.)

Vzorový výpočet t_{AV} pro operaci 3 (hrubování $\varnothing 50$ mm):

$$t_A = t_{AS} + t_{AV} = 0,03 + 0,03 = \underline{\underline{0,06 \text{ min}}}$$

Ostatní výpočty provedené pomocí aplikace MS Excel jsou provedeny v návodce (viz. Příloha č. 1).

Pozn.:

- hodnoty t_{AV} jsou stanoveny odborným odhadem. Řada firem využívá své interní podklady např. normativní tabulky, které jsou sestaveny na základě měření a statistických vyhodnocení,
- hodnoty v_c a f jsou převzaty z katalogových listů výrobců nástrojů.

4 KAPACITNÍ PROPOČTY

4.1 Vstupní hodnoty

Název součásti: Řemenice

Vyráběné množství: $20\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$

Čistá hmotnost součásti: 1,35 kg

Hrubá hmotnost součásti: 1,86 kg

Roční využitelné časové fondy:

- E_r roční fond ručního pracoviště v jedné směně:

Je stanoven z počtu pracovních dní (tj. 251) v kalendářním roce 2009 a délky směny. (6)

$$E_r = 251 \cdot 8 = \underline{2008 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}}$$

- E_s roční fond strojního pracoviště:

Je stanoven z ročního fondu ručního pracoviště, který vzhledem k možným opravám strojů snižujeme o 11%. (6)

$$E_s = E_r - 0,11 \cdot E_r = 2008 - 0,11 \cdot 2008 = \underline{1787,12 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}}$$

- E_d efektivní časový fond dělníka:

Je stanoven z ročního fondu ručního pracoviště, od kterého je odečtena dovolená a průměrná nemocnost. (dovolená – 20 dní, průměrná nemocnost – 14 dní). (6)

$$E_d = E_r - (20 + 14) \cdot 8 = 2008 - 272 = \underline{1736 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}}$$

směnnost:

- ruční pracoviště $S_R = 1$,
- strojní pracoviště $S_S = 1$.

koeficient překračování norem:

- ruční pracoviště $k_{pnr} = 1,2$,
- ruční pracoviště $k_{pnr} = 1,2$.

4.2 Výpočet strojů a ručních pracovišť

Zadané hodnoty:	Výpočet:	Vypočtené hodnoty:
<p> $N = 20\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$ $E_S = 1787 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$ $S_S = 1$ $S_R = 1$ $k_{pns} = 1,20$ $k_{pnr} = 1,20$ $t_{k2} = 0,58 \text{ min}$ $t_{k3} = 0,85 \text{ min}$ $t_{k5} = 3,9 \text{ min}$ $t_{k7} = 0,5 \text{ min}$ $E_r = 2008 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$ </p>	<p style="text-align: center;">4.2.1 Počty strojů a ručních pracovišť</p> <p>Stroje:</p> <p>Potřebný počet strojů byl stanoven z celkového potřebného času na provedení dané operace u všech kusů za rok a času který máme k dispozici na jednom stroji za rok. (6)</p> <p>Operace 3 a operace 5 se provádí na jednom stroji.</p> <p>Počet strojů pro operaci 3 a 5:</p> $P_{th35} = \frac{(t_{k3} + t_{k5}) \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot S_S \cdot k_{pns}} = \frac{(0,85 + 2,41) \cdot 20000}{60 \cdot 1787 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,5 \quad (4.1)$ $P_{th35} = 0,5 \Rightarrow P_{sh35} = 1 \text{ stroj}$ <p>Počet strojů pro operaci 7:</p> $P_{th7} = \frac{t_{k7} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot S_S \cdot k_{pns}} = \frac{0,5 \cdot 20000}{60 \cdot 1787 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,077 \quad (4.2)$ $P_{th7} = 0,077 \Rightarrow P_{sh7} = 1 \text{ stroj}$ <p>Ruční pracoviště:</p> <p>Potřebný počet ručních pracovišť byl stanoven obdobně jako u strojních pracovišť. Z celkového potřebného času na provedení dané operace u všech kusů za rok a času který máme k dispozici na jednom ručním pracovišti za rok. (6)</p> <p>Počet ručních pracovišť pro operaci 2:</p> $P_{rsk2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot S_R \cdot k_{pnr}} = \frac{0,58 \cdot 20000}{60 \cdot 2008 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,08 \quad (4.3)$ $P_{rsk2} = 0,08 \Rightarrow 1 \text{ ks}$ <p style="text-align: center;">4.2.2 Využití strojů</p> <p>Ze vzájemného poměru P_{th}/P_{sk} vynásobeného 100, je pak získáno předpokládané využití stroje v dané operaci v procentech η. (6)</p> <p>Využití strojů v operaci 3 a 5:</p> $\eta_{35} = \frac{P_{th35}}{P_{sh35}} \cdot 100 = \frac{0,5}{1} \cdot 100 = 50\% \quad (4.4)$	<p> $P_{sh35} = 1 \text{ stroj}$ $P_{sh7} = 1 \text{ stroj}$ $P_{rsk2} = 1 \text{ ks}$ $\eta_{35} = 50\%$ </p>
<p> $P_{th3} = 0,13$ $P_{sh5} = 1$ </p>		

Zadané hodnoty:	Výpočet:	Vypočtené hodnoty:
$P_{th5} = 0,6$ $P_{th7} = 0,077$ $P_{sh5} = 1$ $P_{sh7} = 1$	<p>Využití strojů v operaci 7:</p> $\eta_7 = \frac{P_{th7}}{P_{sh7}} \cdot 100 = \frac{0,077}{1} \cdot 100 = 7,7\% \quad (4.4)$ <p>Vzhledem k nízkému využití stroje v operaci 7 (protahování drážky 8P9), bude vhodné tuto operaci řešit v rámci kooperace s jinou firmou.</p>	$\eta_7 = 7,7\%$

4.2.3 Výpočet spotřeby nářadí pro variantu 1

Potřebná množství a ceny nástrojů se vyčíslují pro výrobu požadované série. Výsledné hodnoty jsou soustředěny v tab. 4.2.1

Firmu Sandvik zastupuje v ČR firma OSTRAVA NÁSTROJE s.r.o., jejíž dealer stanovil ceny držáků i vyměnitelných břitových destiček nástrojů použitých při výrobě. Řezné podmínky uvedené v katalogu jsou navrženy na trvanlivost břitu nástroje 15 min.

Soustružnický nůž vnější:

Držák PCLNR 20 20 K12:

2 kusy PCLNR 20 20 K12 $\Rightarrow c_{D1} = 2 \cdot 1728 = 3456 \text{ Kč}$

Pro omezení prodlevy výroby při případném poškození držáku byli objednány 2 kusy držáků.

Vyměnitelné břitové destičky: CNMG 12 04 12-KM

Při výrobě jedné součásti je uvedena vyměnitelná břitová destička (dále jen VBD) v činnosti po dobu $t_{T1} = 0,51 \text{ min}$. Pak pro trvanlivost břitu $T_1 = 15 \text{ minut}$ vychází, že jeden břit VBD je schopen obrobít 30 ks. součástí.

$$n_1 = \frac{T_1}{t_{T1}} = \frac{15}{0,51} = 29,4 \Rightarrow 30 \text{ kusů} \quad (4.5)$$

Zvolená VBD má řezné hrany čtyři. Z toho lze stanovit celkový počet obrobe-ných kusů n_{c1} jednou VBD.

$$n_{c1} = 4 \cdot n_1 = 4 \cdot 30 = 120 \text{ kusů} \quad (4.6)$$

Pro výrobu celé série 20 000 ks. bude zapotřebí $n_{s1} = 167 \text{ ks. VBD}$.

$$n_{s1} = \frac{20\,000}{n_{c1}} = \frac{20\,000}{120} = 166,6 \Rightarrow 167 \text{ kusů} \quad (4.7)$$

CNMG 12 04 12-KM $\rightarrow 217,46 \text{ Kč}$

Pro výrobu celé série 20 000 kusů pak bude cena VBD $c_1 = 36\,306 \text{ Kč}$

$$c_1 = n_{s1} \cdot 217,4 = 167 \cdot 217,4 = 36\,306 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

Celkové náklady na nástroj pro vnější soustružení c_{c1} jsou:

$$c_{c1} = c_{D1} + c_1 = 3\,456 + 36\,306 = \underline{\underline{39\,762 \text{ Kč}}} \quad (4.9)$$

Soustružnický nůž vnitřní:

Držák: C4-DCLNR 13080-09

2 kusy C4-DCLNR 13080-09 $\Rightarrow c_{D2} = 2 \cdot 5\,557 = 11\,114 \text{ Kč}$

Vyměnitelné břitové destičky: CNMG 09 03 08 - WF

VBD v činnosti při výrobě jednoho kusu $t_{T2} = 0,05$ minut

trvanlivost břitu $T_2 = 15$ minut

Jeden břit vyrobí:
$$n_2 = \frac{15}{0,05} = 300 \text{ kusů} \quad (4.5)$$

Jedna VBD vyrobí:
$$n_{c2} = 4 \cdot 300 = 1200 \text{ kusů} \quad (4.6)$$

Potřebné množství VBD:
$$n_{s2} = \frac{20\,000}{1200} = 16,6 \Rightarrow 17 \text{ kusů} \quad (4.7)$$

Cena potřebného množství VBD:
$$c_2 = 17 \cdot 164,3 = 2\,793 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

Celkové náklady:
$$c_{c2} = 11\,114 + 2\,793 = \underline{\underline{13\,907 \text{ Kč}}} \quad (4.9)$$

Zapichovací soustružnický nůž:

Držák: C3-RF123E15-22055B

2 kusy C3-RF123E15-22055B $\Rightarrow c_{D3} = 2 \cdot 4\,932 = 9\,864 \text{ Kč}$

Vyměnitelné břitové destičky: N123E2-0239-RO

VBD v činnosti při výrobě jednoho kusu $t_{T3} = 2,21$ minut

Jeden břit vyrobí:
$$n_3 = \frac{15}{0,99} = 15,2 \Rightarrow 16 \text{ kusů} \quad (4.5)$$

Jedna VBD vyrobí:
$$n_{c3} = 2 \cdot 16 = 32 \text{ kusů} \quad (4.6)$$

Potřebné množství VBD:
$$n_{s3} = \frac{20\,000}{32} = 625 \text{ kusů} \quad (4.7)$$

Cena potřebného množství VBD:
$$c_3 = 625 \cdot 550 = 343\,750 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

Celkové náklady:
$$c_{c3} = 9\,864 + 343\,750 = \underline{\underline{353\,614 \text{ Kč}}} \quad (4.9)$$

Výroba klínových drážek je vzhledem k vysoké ceně VBD velmi nákladná. Tento problém je eliminován výběrem levnější VBD, která bude použita pro hrubování drážky. Dokončení drážky pak bude provedeno stávající VBD N123E2-0239-RO.

Zapichovací soustružnický nůž (hrubování drážky):

1 kus C3-RF123E15-22055B $\Rightarrow c_{D3H} = 4\,932 \text{ Kč}$

Pro tento nástroj nejsou zakoupeny 2 kusy držáků. Držák je shodný jako u následujícího nože, celkem jsou tedy k dispozici 3 držáky. V případě poškození nástroje jeden držák jako náhradní kus stačí.

Vyměnitelné břitové destičky: N123E2-0200-0002-CM

VBD v činnosti při výrobě jednoho kusu $t_{T3H} = 0,31$ minut

trvanlivost břitu $T_{3H} = 15$ minut

$$\text{Jeden břit vyrobí: } n_{3H} = \frac{15}{0,31} = 48,4 \Rightarrow 49 \text{ kusů} \quad (4.5)$$

$$\text{Jedna VBD vyrobí: } n_{c3H} = 2 \cdot 49 = 98 \text{ kusů} \quad (4.6)$$

$$\text{Potřebné množství VBD: } n_{3H} = \frac{20\,000}{98} = 204,08 \Rightarrow 205 \text{ kusů} \quad (4.7)$$

$$\text{Cena potřebného množství VBD: } c_{3H} = 205 \cdot 400 = 82\,000 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

$$\text{Celkové náklady: } c_{c3H} = 4\,932 + 82\,000 = \underline{86\,932 \text{ Kč}} \quad (4.9)$$

Zapichovací soustružnický nůž (dokončování drážky):

VBD v činnosti při výrobě jednoho kusu $t_{T3H} = 0,4$ minut

2 kusy C3-RF123E15-22055B $\Rightarrow c_{D3D} = 2 \cdot 4\,932 = 9\,864 \text{ Kč}$

$$\text{Jeden břit vyrobí: } n_{3D} = \frac{15}{0,4} = 37,5 \Rightarrow 38 \text{ kusů} \quad (4.5)$$

$$\text{Jedna VBD vyrobí: } n_{c3D} = 2 \cdot 38 = 76 \text{ kusů} \quad (4.6)$$

$$\text{Potřebné množství VBD: } n_{3D} = \frac{20\,000}{76} = 263,15 \Rightarrow 264 \text{ kusů} \quad (4.7)$$

$$\text{Cena potřebného množství VBD: } c_{3D} = 264 \cdot 550 = 145\,200 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

$$\text{Celkové náklady: } c_{c3D} = 9\,864 + 145\,200 = \underline{155\,064 \text{ Kč}} \quad (4.9)$$

Použitím dvou VBD pro výrobu klínové drážky dojde k třetinové úspoře nákladů na nástroj.

Náklady na výrobu drážky jednou VBD:

$$c_{c3} = 353\,614 \text{ Kč}$$

Náklady na výrobu drážky dvěma VBD:

$$c_{c32} = c_{c3H} + c_{c3D} = 86\,932 + 155\,064 = 241\,996 \text{ Kč} \quad (4.10)$$

Vrták:Držák: 880 D2700L32-022 kusy 880 D2700L32-02 $\Rightarrow c_{D4} = 2 \cdot 9\,614 = 19\,228 \text{ Kč}$ Vyměnitelné břitové destičky:

Obvodová: 880-0503W08-P-GR

Středová: 880-050305H-C-GR

VBD v činnosti při výrobě jednoho kusu $t_{T3} = 0,18$ minut

$$\text{Jeden břit vyrobí: } n_4 = \frac{15}{0,18} = 83,3 \Rightarrow 84 \text{ kusů} \quad (4.5)$$

$$\text{Jedna VBD vyrobí: } n_{c4} = 4 \cdot 84 = 336 \text{ kusů} \quad (4.6)$$

$$\text{Potřebné množství VBD: } n_{s4} = \frac{20\,000}{336} = 59,5 \Rightarrow 60 \text{ kusů} \quad (4.7)$$

$$\text{Cena středových VBD: } c_{4s} = 60 \cdot 294 = 17\,240 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

$$\text{Cena obvodových VBD: } c_{4o} = 60 \cdot 294 = 17\,240 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

$$\text{Celkové náklady: } c_{c4} = 19\,228 + 2 \cdot 17\,240 = \underline{\underline{53\,708 \text{ Kč}}} \quad (4.9)$$

Tab. 4.1 Náklady na nástroje pro výrobu celé série varianta 1

název	označení	kusů	cena [Kč]	celková cena [Kč]
Soustružnická nůž vnější	PCLNR 20 20 K12	2	3 456	39 762
	CNMG 12 04 12-KM	167	36 306	
Soustružnická nůž vnitřní	C4-DCLNR 13080-09	2	11 114	13 907
	CNMG 09 03 08 - WF	17	2 793	
Soustružnická nůž zapichovací (HRUBOVÁNÍ DRÁŽKY)	C3-RF123E15-22055B	1	4 932	86 932
	N123E2-0200-0002-CM	205	82 000	
Soustružnická nůž zapichovací (DOKONČOVÁNÍ DRÁŽKY)	C3-RF123E15-22055B	2	9 864	155 064
	N123E2-0239-RO	264	145 200	
Vrták	880 D2700L32-02	2	19 228	53 708
	880-0503W08-P-GR	60	17 240	
	880-050305H-C-GR	60	17 240	
CELKEM				349 373 Kč

Výpočet nákladů na nástroje pro výrobu celé série dle varianty 2 je uveden v příloze č. 5.

4.3 Výpočet pracovníků

Zadané hodnoty:	Výpočet:	Vypočtené hodnoty:
<p>$N = 20\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$</p> <p>$E_s = 1787 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$</p> <p>$k_{pns} = 1,20$</p> <p>$k_{pnr} = 1,20$</p> <p>$t_{k2} = 0,58 \text{ min}$</p> <p>$t_{k3} = 0,85 \text{ min}$</p> <p>$t_{k5} = 3,9 \text{ min}$</p> <p>$E_r = 2008 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$</p> <p>$E_d = 1736 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$</p>	<p>4.3.1 výpočet výrobních dělníků</p> <p>Je nutné vypočítat potřebný počet dělníků, pro každé pracoviště. (6)</p> <p>Dělníci pro strojní pracoviště, operace 3 a 5:</p> $D_{VST35} = \frac{(t_{k3} + t_{k5}) \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot k_{pns}} = \frac{(0,85 + 2,41) \cdot 20000}{60 \cdot 1787 \cdot 1,2} = 0,5$ <p>Z vypočtených hodnot byl stanoven evidenční stav dělníků zohledněním rozdílu mezi jednotlivými časovými fondy E_r, E_s, E_d. (6)</p> $D_{eVST35} = D_{VST35} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 0,5 \cdot \frac{1787}{1736} = 0,52 \quad (4.11)$ $D_{eVST3} = 0,52 \Rightarrow 1 \text{ dělník}$ <p>Dělníci pro ruční pracoviště, operace 2:</p> $D_{VR} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot k_{pnr}} = \frac{0,58 \cdot 20000}{60 \cdot 2008 \cdot 1,2} = 0,08 \quad (4.12)$ $D_{eVR2} = D_{VR2} \cdot \frac{E_r}{E_d} = 0,08 \cdot \frac{2008}{1736} = 0,09 \quad (4.13)$ $D_{eVR} = 0,09 \Rightarrow 1 \text{ dělník}$ <p>Součtem D_{eVST} a D_{eVR} (včetně evidenčních pomocných dělníků) je získáno celkový evidenční počet dělníků D_{eVC}. (6)</p> $D_{eVC} = D_{eVST35} + D_{eVR2} + D_{eP} = 1 + 1 + 1 = 3 \quad (4.14)$ <p>Součtem dělníků strojních a ručních je vypočten celkový počet výrobních dělníků D_V. (6)</p> $D_V = D_{eVST35} + D_{eVR2} = 1 + 1 = 2 \quad (4.15)$ <p>4.3.2 Pomocní dělníci a obslužný personál</p> <p>Výpočet pomocných dělníků je stanoven jako procentuální hodnota z výrobních dělníků. (6)</p> $D_P = 0,35 \cdot D_V = 0,35 \cdot 2 = 0,7 \quad (4.16)$ <p>Evidenční počet pomocných dělníků je pak navýšen o 10%. (5)</p> $D_{eP} = 1,1 \cdot D_P = 1,1 \cdot 0,7 = 0,77 \Rightarrow 1 \text{ dělník} \quad (4.17)$	<p>$D_{eVST35} = 1 \text{ dělník}$</p> <p>$D_{eVR} = 1 \text{ dělník}$</p> <p>$D_{eVC} = 3 \text{ dělníci}$</p> <p>$D_V = 2 \text{ dělníci}$</p> <p>$D_{eP} = 1 \text{ dělník}$</p>

Zadané hodnoty:	Výpočet:	Vypočtené hodnoty:
$D_{eVC}=3$ dělníci $D_{eVST}=1$ dělník	<p>Počty pomocného personálu stanovíme poměrem z celkového evidenčního počtu dělníků (2%) a přepočítáme na evidenční hodnotu zvýšením o 10%. (6)</p> $D_{POP} = 0,02 \cdot D_{eVC} = 0,02 \cdot 3 = 0,06 \quad (4.18)$ $D_{ePOP} = 1,1 \cdot D_{POP} = 1,1 \cdot 0,06 = 0,066 \Rightarrow 1 \text{ dělník}$	$D_{ePOP}=1$ dělník
	<p>4.3.3 Výpočet pracovníků kontroly</p> <p>Je vypočten jako procentuální hodnota (6%) strojních dělníků. (6)</p> $D_K = 0,06 \cdot D_{eVST} = 0,06 \cdot 1 = 0,06 \Rightarrow 1 \text{ dělník} \quad (4.19)$	$D_K=1$ dělník
	<p>4.3.4 Výpočet ITA pracovníků</p> <p>Mezi ITA pracovníky jsou řazeni konstruktéři, mistři, technologové. Tento počet je stanoven operativně, jako 20% z celkového počtu pomocných a výrobních pracovníků. (6)</p> $ITA = 0,2 \cdot (D_{eVC} + D_{ePOP}) = \quad (4.20)$ $= 0,2 \cdot (3 + 1) = 0,8 \Rightarrow 1 \text{ pracovník}$	ITA=1pracovník
	<p>4.3.5 Celkový počet pracovníků útvaru</p> <p>Celkový počet pracovníků útvaru je stanoven součtem všech jednotlivých skupin pracovníků.</p> $P_C = D_{eVC} + ITA + D_{ePOP} = \quad (4.21)$ $= 3 + 1 + 1 = 5 \text{ pracovníků}$	$P_C=5$ dělníků

4.3.6 Výpočet nákladů na pracovníky

Pracovník v operaci 3 a 5 (soustružení):

Doba realizace operací 3 a 5 je $t_{A35} = 3,26$ min

Při výrobě celé série 20 000 kusů je pro uskutečnění operací 3 a 5 zapotřebí:

$$t_{AC35} = 20\,000 \cdot t_{A35} = 20\,000 \cdot 3,26 = 65\,200 \text{ min} \cong 1\,087 \text{ hod} \quad (4.22)$$

Mzda operátora na CNC stroji činí $m_{35} = 130$ Kč za hodinu práce. Z těchto údajů je stanovena výše nákladů na pracovníka v operaci 3, 5 na:

$$N_{35} = 130 \cdot t_{AC35} = 130 \cdot 1\,087 = \underline{\underline{141\,300 \text{ Kč}}} \quad (4.23)$$

Pracovník v operaci 2 (ruční pracoviště):

$$t_{A2} = 0,4 \text{ min} \Rightarrow t_{AC2} = 20\,000 \cdot 0,4 = 8\,000 \text{ min} \cong 134 \text{ hod} \quad (4.24)$$

$$m_2 = 100 \text{ Kč} \Rightarrow N_2 = 100 \cdot t_{AC2} = 100 \cdot 134 = \underline{\underline{13\,400 \text{ Kč}}} \quad (4.25)$$

Výpočet pracovníků kontroly viz. Příloha čís. 6

4.4 Výpočet ploch

Zadané hodnoty:	Výpočet:	Vypočtené hodnoty:
<p> $F_{S8} = 5 \text{ m}^2$ $P_{sh} = 1 \text{ stroj}$ $D_k = 1 \text{ dělník}$ $P_{r2} = 1 \text{ pracoviště}$ $p_s = 8,6 \text{ m}^2$ $p_o = 7 \text{ m}^2$ </p>	<p>4.4.1 Výpočet výrobních ploch</p> <p>Výrobní plocha se skládá z plochy pro strojní a ruční pracoviště. (6)</p> $F_V = F_r + F_{S3} + F_{S8} = 6 + 15,6 + 5 = 26,6 \text{ m}^2 \quad (4.26)$ <p>Pro ruční pracoviště je zapotřebí přibližně $f_r = 6 \text{ m}^2$ podlahové plochy. (6)</p> <p>V případě operace 2 potřebná podlahová plocha činí:</p> $F_{r2} = f_r \cdot P_{r2} = 6 \cdot 1 = 6 \text{ m}^2 \quad (4.27)$ <p>U strojního pracoviště je potřebná plocha stanovena především podle půdorysu stroje p_s, ke kterému je přičtena plocha pro obsluhu a pomocná zařízení p_o. (6)</p> <p>V případě soustruhu SP 180 činí půdorys stroje $p_s = 8,6 \text{ m}^2$. Plocha p_o byla pro soustruh stanovena na 7 m^2.</p> $F_{S3} = p_s + p_o = 8,6 + 7 = 15,6 \text{ m}^2 \quad (4.28)$ <p>Plocha pro čištění a omašťování hotových součástí byla stanovena na $F_{S8} = 5 \text{ m}^2$.</p> <p>4.4.2 Výpočet pomocné podlahové plochy</p> <p>- Plocha výdejny náradí:</p> <p>Plochu výdejny je stanovena podle vzorce</p> $F_{pv} = 0,4 \cdot P_{sh} = 0,4 \cdot 1 = 0,4 \text{ m}^2 \quad (4.29)$ <p>Teoreticky vypočtená hodnota $0,4 \text{ m}^2$ je díky malému počtu strojů prakticky nereálná, proto je plocha výdejny stanovena odhadem na 3 m^2</p> <p>- Plocha kontrolního pracoviště:</p> <p>Na jedno kontrolní pracoviště obvykle připadá 6 m^2 podlahové plochy. (6)</p> $F_{pk} = 6 \cdot D_k = 6 \cdot 1 = 6 \text{ m}^2 \quad (4.30)$ <p>- Skladové plochy:</p> <p>Plocha skladů je vypočtena jako 15 % z plochy výrobní (6)</p> $F_{pskl} = 0,15 \cdot F_V = 0,15 \cdot 21,6 = 3,24 \text{ m}^2 \quad (4.31)$	<p>$F_V = 26,6 \text{ m}^2$</p> <p>$F_{r2} = 6 \text{ m}^2$</p> <p>$F_{S3} = 15,6 \text{ m}^2$</p> <p>$F_{pv} = 3 \text{ m}^2$</p> <p>$F_{pk} = 6 \text{ m}^2$</p> <p>$F_{pskl} = 3,24 \text{ m}^2$</p>

Zadané hodnoty:	Výpočet:	Vypočtené hodnoty:
<p> $F_{pskl} = 3,24 \text{ m}^2$ $N = 20\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$ $Q_c = 1,35 \text{ kg}$ $S_o = 1,2$ $t = 4$ $i = 1$ $D = 251 \text{ dní}$ $Q = 15\,000 \text{ Pa}$ $S_v = 0,25$ $t_{k5} = 3,9 \text{ min}$ $t_{k7} = 0,5 \text{ min}$ $E_r = 2008 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$ $F_{pv} = 3 \text{ m}^2$ $F_{pk} = 6 \text{ m}^2$ $F_v = 26,6 \text{ m}^2$ </p>	<p>Skladová plocha se skládá z plochy vstupního skladu a výstupního skladu. (6)</p> $F_{pskl} = F_{pvs} + F_{pvys} \quad (4.32)$ <p>Velikost plochy vstupního a výstupního skladu jsou stejné.</p> $F_{pvs} = F_{pvys} = \frac{F_{pskl}}{2} = \frac{3,24}{2} = 1,62 \text{ m}^2 \quad (4.33)$ <p>Vypočtená hodnota je v praxi nedostačující, proto je skutečná plocha vstupního a výstupního skladu stanovena odhadem na 5 m^2.</p> <p>Plochu meziskladu F_{pms} vypočítáme jako:</p> $F_{pms} = \frac{Q_c \cdot N \cdot S_o \cdot t \cdot i}{D \cdot Q \cdot S_v} = \quad (4.34)$ $= \frac{1,35 \cdot 20\,000 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 1}{251 \cdot 15\,000 \cdot 0,25} = 0,14 \text{ m}^2$ <p>Teoretická hodnota plochy meziskladu vyšla příliš malá, proto je skutečná plocha stanovena na 3 m^2.</p> <p>Celková skladová plocha je součtem ploch všech skladů.</p> $F_{Cskl} = F_{pvs} + F_{pvys} + F_{pms} = 5 + 5 + 3 = 13 \text{ m}^2 \quad (4.35)$ <p>Celková hodnota pomocných podlahových ploch činí:</p> $F_p = F_{pv} + F_{pk} + F_{Cpskl} = 3 + 6 + 13 = 22 \text{ m}^2 \quad (4.36)$ <p>4.4.3 Výpočet provozní podlahové plochy</p> <p>Celková provozní podlahová plocha je stanovena jako součet výrobní a pomocné podlahové plochy. (6)</p> $F_{PR} = F_p + F_v = 22 + 26,6 = 48,6 \text{ m}^2 \quad (4.37)$ <p>Pro zahrnutí chodeb v dílně je tato hodnota ještě zvětšena o 40%.</p> $F_{PRC} = 1,4 \cdot F_{PR} = 1,4 \cdot 48,6 \cong 68,04 \Rightarrow \underline{70 \text{ m}^2} \quad (4.38)$	<p> $F_{pvs} = 5 \text{ m}^2$ $F_{pvys} = 5 \text{ m}^2$ $F_{pms} = 3 \text{ m}^2$ $F_{Cskl} = 13 \text{ m}^2$ $F_p = 22 \text{ m}^2$ </p>

4.5 Instalovaný příkon

4.5.1 Výpočet příkonů strojů

- soustruh SP180:

Příkon soustruhu SP 180 je podle informací výrobce $P_{SP} = 30 \text{ kW}$. Pro výrobu celé série je soustruh v provozu $t_{AC35} = 1087 \text{ hod}$ (dle výpočtu v kap. 4.3.6). Z těchto hodnot je vypočten celkový příkon P_{CSP} potřebný pro výrobu 20 000 kusů.

$$P_{CSP} = P_{SP} \cdot t_{AC35} = 30 \cdot 1087 = \underline{32\,610 \text{ kWh}} \quad (4.39)$$

- Ruční bruska Narex EBU 12:

Příkon brusky činí $P_{EBU} = 750 \text{ W}$. Tato úhlová bruska má hmotnost 1,5 kg. Nízká hmotnost hraje důležitou roli při únavě pracovníka, zvláště u výroby s větším počtem kusů. Pro obroušení všech kusů je bruska v provozu $t_{AC2} = 134 \text{ hod}$. Potřebný příkon P_{CEBU} pro výrobu 20 000 kusů je tedy

$$P_{CEBU} = P_{EBU} \cdot t_{AC2} = 0,75 \cdot 134 = \underline{100,5 \text{ kWh}} \quad (4.40)$$

4.5.2 Výpočet příkonu osvětlení

- Osvětlení dílny

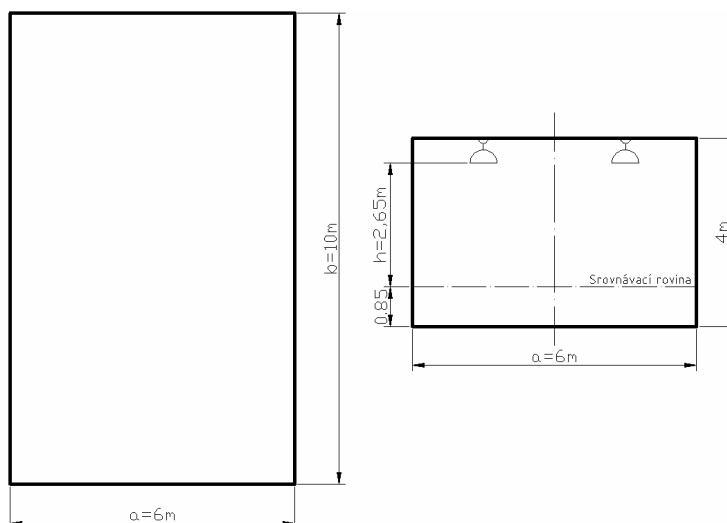
Výpočet je proveden podle metody, která je převzata z publikace Osvětlování vnitřních prostorů. Výška dílny $h_D = 4 \text{ m}$.

Požadované osvětlení prostoru dílny při dobré světelné pohodě $E_D = 400 \text{ lx}$.

- a) Výpočet činitele místnosti m :

$$m = \frac{a}{h} = \frac{6}{2,65} = 2,26 \quad (4.41)$$

- kde: a..... délka kratší strany dílny (6 m)
 h..... výška svítidel nad srovnávací rovinou (2,65 m)
 m..... činitel místnosti (-)



Obr. 4.5.1 Osvětlení dílny

b) Potřebný měrný výkon osvětlovací soustavy:

Odrazivost stěn v dílně je zhruba 60%. Místnost s touto odrazivostí je považována za světlou. Z tabulky (viz. Příloha 3) stanovíme potřebný měrný příkon osvětlovací soustavy $P_m = 93 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ (typ svítidel: nepřímý, $m = 2,26$).

c) Potřebný příkon osvětlovací soustavy:

$$P = P_m \cdot \left(\frac{E_D}{10\eta} \right) \cdot S = 93 \cdot \left(\frac{400}{10 \cdot 80} \right) \cdot 60 = \underline{2790 \text{ W}} \quad (4.42)$$

kde: P_m měrný příkon osvětlení ($93 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$)

E_D požadovaná osvětlenost (400 lx)

η měrný výkon použitých světelných zdrojů ($80 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$)

Splocha místnosti (60 m^2)

Ppříkon osvětlovací soustavy (W)

Pro osvětlení dílny jsou vybrány Halogenidové výbojky od firmy Osram. Výbojka: HQI-TS 400/NDL, výkon 400 W.

d) Potřebný počet osvětlovacích těles:

Příkon potřebný pro osvětlení celé dílny je $P = 2790 \text{ W}$, při výkonu jedné výbojky $P_V = 400 \text{ W}$ bude potom zapotřebí $n_{VT} = 7$ výbojek.

$$n_{VT} = \frac{P}{P_V} = \frac{2790}{400} = 6,97 \Rightarrow 7 \text{ výbojek} \quad (4.43)$$

Osvětlovací tělesa budou v dílně umístěné ve dvou řadách z toho důvodu je počet výbojek stanoven na $n_V = 8$ výbojek (4 výbojky v každé řadě).

Celkový příkon pro osvětlení prostoru dílny (8 výbojek) je $P_{CD} = 3200 \text{ W}$.

$$P_{CD} = n_V \cdot 400 = 8 \cdot 400 = \underline{3200 \text{ W}} \quad (4.44)$$

Pro osvětlení dílny při výrobě 20 000 kusů je hodnota spotřebované energie $P_D = 3479 \text{ kWh}$.

$$P_D = P_{CD} \cdot t_{AC35} = 3,2 \cdot 1087 \cong \underline{3479 \text{ kWh}} \quad (4.45)$$

- *Osvětlení skladu*

Rozměry půdorysu skladu 2 x 4 m, osvětlení $E_S = 200 \text{ lx}$.

a) Výpočet činitele místnosti m:

$$m = \frac{a}{h} = \frac{2}{2,65} = 0,75 \quad (4.41)$$

kde: a..... délka kratší strany dílny (2 m)

h..... výška svítidel nad srovnávací rovinou (2,65 m)

m..... činitel místnosti (-)

Z tabulky (viz. Příloha 3) určíme $P_m = 158,7 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$

b) Potřebný příkon osvětlovací soustavy:

$$P = P_m \cdot \left(\frac{E_S}{10\eta} \right) \cdot S = 158,7 \cdot \left(\frac{200}{10 \cdot 80} \right) \cdot 8 = \underline{317,4 \text{ W}} \Rightarrow 1 \text{ výbojka} \quad (4.42)$$

Celkový příkon pro osvětlení prostoru skladu (1 výbojka) je $P_{CS} = 400 \text{ W}$

$$P_{CS} = 1 \cdot 400 = \underline{400 \text{ W}} \quad (4.44)$$

Pro osvětlení skladu při výrobě 20 000 kusů je hodnota spotřebované energie $P_S = 3\,479\text{ W}$.

$$P_S = P_{CS} \cdot t_{AC35} = 400 \cdot 1087 \cong 434\,800\text{ Wh} = \underline{435\text{ kWh}} \quad (4.45)$$

- *Osvětlení kontrolního pracoviště*

Rozměry půdorysu kontrolního pracoviště 2 x 3 m osvětlení $E_K = 750\text{ lx}$.

a) Výpočet činitele místnosti m :

$$m = \frac{a}{h} = \frac{2}{2,65} = 0,75 \quad (4.41)$$

kde: a..... délka kratší strany dílny (2 m)
h..... výška svítidel nad srovnávací rovinou (2,65 m)
m..... činitel místnosti (-)

Z tabulky určíme $P_m = 158,7\text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ (viz. Příloha 3).

b) Potřebný příkon osvětlovací soustavy:

$$P = P_m \cdot \left(\frac{E_K}{10\eta} \right) \cdot S = 158,7 \cdot \left(\frac{750}{10 \cdot 80} \right) \cdot 6 = \underline{892,6\text{ W}} \Rightarrow 3\text{ výbojky} \quad (4.42)$$

Celkový příkon pro osvětlení prostoru kontroly (3 výbojky) je $P_{CK} = 1\,200\text{ W}$.

$$P_{CK} = 3 \cdot 400 = \underline{1200\text{ W}} \quad (4.44)$$

Pro osvětlení kontroly při výrobě 20 000 kusů je hodnota spotřebované energie $P_K = 3\,479\text{ W}$.

$$P_K = P_{CK} \cdot t_{AC35} = 1,2 \cdot 1087 \cong \underline{1304\text{ kWh}} \quad (4.45)$$

Tab. 4.2 Tabulka Osvětlení

Pracoviště	Počet osvětlovacích těles	Celk. příkon osvětlení [kW]	Energie spotřebovaná při výrobě 20 000 kusů [kWh]
Dílna	8	3	3 479
Sklad	1	0,4	435
Kontrola	3	1,2	1 304
Celkem	12	4,8	5218

4.5.3 Celkový instalovaný příkon

Tab. 4.3 Tabulka příkonů

Spotřebiče	Příkon	Energie spotřebovaná při výrobě 20 000 kusů [kWh]
Soustruh SP 180	30	32 610
Bruska EBU 12	0,75	100,5
Osvětlení prostor	4,8	5 218
Celkem	35,55	37 928,5

Aktuální cena energie pro průmyslovou výrobu činí $c = 4,65\text{ Kč}\cdot\text{kWh}^{-1}$.
Energie spotřebovaná pro výrobu 20 000 kusů dle varianty 1 bude tedy stát $C_{E1} = 176\,366\text{ Kč}$.

$$C_{E1} = c \cdot E_{S1} = 4,65 \cdot 37\,928 = \underline{176\,366 \text{ Kč}} \quad (4.46)$$

kde: c..... aktuální cena energie (4,65 Kč)
 E_{S1} spotřebovaná energie, varianta 1 (37 928 kWh)
 C_E cena energie na výrobu 20 000 kusů

Výpočet ceny spotřebované energie dle varianty 2 proveden v příloze č. 5

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

5.1 Srovnání z hlediska polotovarů

Rozdíl v ceně polotovarů použitých pro výrobu obou variant bude zanedbatelný. Cena může být v jednotlivých variantách různá díky odlišnému tvaru modelu použitého pro výrobu formy. Tato skutečnost však na cenový rozdíl obou variant nebude mít díky velkému množství vyráběných kusů zásadní vliv. Odlišnost polotovarů má ovšem za následek jinou technologii výroby součástí. Rozdíly se projeví v první soustružnické operaci různým upnutím součástí.

5.2 Srovnání z hlediska časové náročnosti výroby

Pro srovnání časové náročnosti byly důležité pouze operace soustružení které se v obou variantách liší. Ostatní operace podílející se na výrobě součástí jsou shodné v obou variantách, např. čas na obroušení výronku ve variantě 1 i variantě 2 je shodný. Z tohoto důvodu nejsou operace (mimo soustružení) do zhodnocení z hlediska časové náročnosti zahrnuty.

Tab. 5.1 Tabulka časů

VARIANTA 1.		VARIANTA 2.	
Operace	t_A [min]	Operace	t_A [min]
3	0,85	3	0,63
5	2,41	6	0,51
		7	2,22
Σ	3,26		3,36
čas pro výrobu 20 000 kusů	65200		67200

Rozdíl výrobních časů obou variant zjištěný výpočtem činí $t_R = 2\,000 \text{ min} = 33,3 \text{ hodin}$. Tato skutečnost se projeví navýšením nákladů na výrobu v případě použití varianty 2. Vyčíslení tohoto navýšení je provedeno v následujících kapitolách.

Drážka pro pero 8P9 je vyráběna v kooperaci. Po konzultaci s firmou VÍTKOVICE GEARWORKS, a.s., která se zabývá výrobou ozubených kol, je cena za výrobu jednoho kusu 95 Kč. Doba výroby je odhadnuta na 3 měsíce.

5.3 Srovnání z hlediska spotřeby a ceny nástrojů

Náklady na nástroje při výrobě 20 000 kusů řemenic podle postupu varianty 1 činí: $N_{V1} = 349\,373$ Kč, (viz tab. 4.2.1).

Při výrobě řemenic podle postupu varianty 2 náklady na nástroje činí:

$$N_{V2} = 351\,982 \text{ Kč, (viz příloha č.3 list 3 Tab. 4.2.2).}$$

Rozdíl mezi variantami je 2 609 Kč. Je patrné, že jiný tvar polotovaru resp. dodavatel odlitků nemá na cenu výrobku nijak zásadní vliv.

5.4 Srovnání z hlediska spotřebované energie

Z výpočtů provedených v příloze č. 4 plyne, že kapacitní propočty týkající se spotřebované energie jsou shodné jak pro variantu 1 tak pro variantu 2. Shodné budou počty pracovníků (kontroly, výrobních dělníků,...). Tato skutečnost zapříčiní i shodnou velikost provozních ploch a s tím související osvětlení.

Spotřebovaná energie ve variantě 2 bude odlišná pouze díky delšímu výrobnímu času při soustružení. Výpočty spotřebované energie pro variantu 2 jsou provedeny v příloze č. 5.

Tab. 5.2 Tabulka spotřebované energie

Spotřebič	Energie spotřebovaná při výrobě 20 000 kusů [kWh]	
	VARIANTA 1	VARIANTA 2
Soustruh SP 180	32 610	33 600
Bruska EBU 12	100,5	100,5
Osvětlení prostor	5 218	5 376
CELKEM	37 929	39 077

5.5 Srovnání z hlediska nákladů na pracovníky

Tab. 5.3 Tabulka nákladů na pracovníky

Pracovník	Náklady na mzdu [Kč]	
	VARIANTA 1	VARIANTA 2
operátor CNC soustruhu	141 300	145 600
Pracovník kontroly	108 700	112 000
Pracovník na ruč. Pracovišti	13 400	13 400
CELKEM	263 400	271 000

Ve srovnání z hlediska nákladů na pracovníky nejsou vyčísleny mzdy všech pracovníků podílejících se na výrobě součástí (obsluha technické pračky, skladník, pracovník expedice). Tyto částky se ještě zřetelně projeví na

celkových nákladech na výrobu. Při srovnání varianty 1 a 2 je však rozdíl, který způsobují tyto sumy zanedbatelný. Operace s výrobkem které jsou těmito pracovníky vykonávány se v jednotlivých variantách prakticky neliší.

5.6 Vyhodnocení výhodnější varianty

Tab. 5.4 Celková cena

Vstupující činitele	VARIANTA 1	VARIANTA 2
Ceny nástrojů [Kč]	349 373	351 982
Energie [Kč]	176 366	181 708
Náklady na pracovníky [Kč]	263 400	271 000
cena polotovaru [Kč]	1 004 400	1 004 400
Kooperace (8P9) [Kč]	1 400 000	1 400 000
CELKEM [Kč]	3 193 539	3 209 090
Rozdíl obou variant [Kč]	15 551	

Na cenu jednoho výrobku budou mít vliv hodnoty vypočítané a uvedené v projektu. Do ceny jednoho výrobku uvedené v tabulce 5.6.2 nejsou zahrnuty náklady na některé pracovníky (ITA pracovník, pracovník ve skladu, obsluha technické pračky, pracovník expedice). Stanovení výše mzdy těchto zaměstnanců není předmětem práce technologa.

Tab. 5.5 Cena jedné řemenice

	VARIANTA 1	VARIANTA 2
Cena 20 000 kusů	3 193 539	3 209 090
Cena jedné řemenice	159,7	160,5

V ceně za jednu řemenici není rovněž započítán žádný zisk podniku, tento zisk by měl činit alespoň 10 %. Po přičtení zisku bude orientační cena za jednu řemenici činit zhruba 175 korun.

Varianta 1 a varianta 2 se z cenového hlediska příliš neliší. To je pro firmu dobré, protože při případné změně dodavatele odlitků nebude mít odlišný tvar polotovaru vliv na cenu hotového výrobku.

Z pohledu časové náročnosti výroby se obě varianty liší. Doba výroby řemenic podle technologického postupu varianty 1 je o 33 hodin kratší než výroba podle postupu varianty 2. Tato doba v praxi znamená týdenní zpoždění dodávky. To může zapříčinit případné penále a různé další problémy. Z provedených výpočtů se tedy jeví výroba řemenic podle varianty 1 jako výhodnější.

ZÁVĚR

Zadáním a úkolem této bakalářské práce bylo navržení technologie dvoudrážkové řemenice pro dva typy polotovarů.

Výsledky bakalářské práce jsou shrnuty v následujících bodech:

- V práci jsou navrženy dva polotovary. Tyto polotovary jsou odlitky ze šedé litiny ČSN 422425. Vzhledem k použití odlitku je při výrobě dobrá využitelnost materiálu.
- Práce obsahuje technologické postupy, a to jak pro variantu 1, tak pro variantu 2. Navržené technologické postupy řeší výrobu součásti od úpravy polotovaru až po expedici.
- Náradí použité pro výrobu řemenice je voleno v maximální možné míře s vyměnitelnými břitovými destičkami. Jako přední dodavatel nástrojů pro soustružení je vybrána švédská firma Sandvik, která je v tomto oboru světovou špičkou.
- Součástí práce jsou kapacitní propočty, které řeší počty strojů, pracovníků množství ploch a jiné informace důležité pro výrobu.
- Na závěr jsou obě navržené varianty posouzeny a porovnány z ekonomického hlediska. Součástí této kapitoly je také vyhodnocení výhodnější z obou variant.

Technologie navržená v projektu je koncipována tak, že v obou variantách jsou použité stroje a nástroje sjednoceny. Toto sjednocení zajistí, že při případné změně dodavatele bude čas mezi přechodem z varianty 1 na variantu 2 minimální. V případě výpadku výroby slévárny je možné vzít v úvahu odběr polotovarů od jiného dodavatele. V takovém případě bude tato práce dobrým podkladem pro zjištění zda je změna ekonomicky výhodná.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. DAŠEK, Martin. *Osvětlování vnitřních prostorů: praktické rady nejen pro elektrikáře*. vyd. Praha: SEVEN, Středisko pro efektivní využívání energie, 2002. 95 s.
ISBN 80 – 238 – 9285 – 1.
2. *Main catalogue: A – všeobecné soustružení*. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. vyd. 2009. Dostupné z <http://www.sandvik.com/sandvik/0110/internet/I-Kit1/se02673.nsf/alldocs/Main*catalogue*2ACzech>
3. *CoroKey*. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. vyd. 2008. 208 s. Dostupné z <http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/CoroKey_2008.pdf>
4. *Main catalogue: B – upichování a zapichování*. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. vyd. 2009. Dostupné z <http://www.sandvik.com/sandvik/0110/internet/I-Kit1/se02673.nsf/alldocs/Main*catalogue*2ACzech>
5. SVOBODA, P. – BRANDEJS, J. – PROKEŠ, F. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2006. 223 s.
ISBN 80 – 7204 – 465 – 6.
6. *Technologický projekt dílny*. [online]. [200-]. [cit. 2009-04-05]. Dostupné z <<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory>>
7. SVOBODA, P. – BRANDEJS, J. – PROKEŠ, F. *Základy konstruování*. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2003. 200 s.
ISBN 80 – 7204 – 306 – 4.
8. ZEMČÍK, O. *Technologické procesy*. [online]. [200-]. [cit. 2009-04-10]. Dostupné z <<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
VBD		vyměnitelná břitová destička
P_{th}	[-]	teoretický počet strojů
P_{sh}	[-]	skutečný počet strojů
P_{rsk}	[-]	počet ručních pracovišť
D_{vst}	[-]	teoretický počet strojních dělníků
D_{evst}	[-]	evidenční počet strojních dělníků
D_{vr}	[-]	teoretický počet ručních dělníků
D_{evr}	[-]	evidenční počet ručních dělníků
D_v	[-]	celkový počet výrobních dělníků
D_p	[-]	teoretický počet pomocných dělníků
D_{ep}	[-]	evidenční počet pomocných dělníků
D_{epop}	[-]	počet pomocného personálu
D_k	[-]	počet pracovníků kontroly
ITA	[-]	počet ITA pracovníků
P_c	[-]	celkový počet pracovníků
F_v	[m ²]	výrobní plocha
F_r	[m ²]	plocha ručního pracoviště
F_s	[m ²]	plocha strojního pracoviště
F_{pv}	[m ²]	plocha výdejny
F_{pk}	[m ²]	plocha kontroly
F_{pskl}	[m ²]	skladová plocha
F_{pvs}	[m ²]	plocha vstupního skladu
F_{vys}	[m ²]	plocha výstupního skladu
F_{pms}	[m ²]	plocha meziskladu
F_{cskl}	[m ²]	celková skladová plocha
F_p	[m ²]	pomocná podlahová plocha
F_{PRC}	[m ²]	provozní podlahová plocha

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Tabulky výrobních časů
- Příloha 2 Technické parametry soustruhu SP 180
- Příloha 3 Tabulka měrných příkonů osvětlovací soustavy
- Příloha 4 Spotřeba náradí pro variantu 2
- Příloha 5 Náklady na nástroje pro výrobu celé série varianta 2
- Příloha 6 Kapacitní výpočty pro variantu 2
- Příloha 7 Výpočet spotřebované energie varianta 2
- Příloha 8 Návodky

Příloha 2



Obr. 4.5.1 Soustruh SP 180 (KOVOSVIT MAS)

Technické parametry SP 180

Pracovní rozsah

Oběžný průměr nad ložem [mm]	530
Max. průměr soustružení [mm]	180
Max. délka soustružení [mm]	360

Vřeteno

Elektrovřeteno A5 [min^{-1}]	4700
Protivřeteno A5 [min^{-1}]	4700

Nástrojová hlava

Počet poloh	12
-------------	----

Koník

Kužel dutiny MORSE	Mo 5
--------------------	------

Rozměry stroje

Délka x šířka x výška [mm]	3875 x 2122 x 2345
----------------------------	--------------------

Hmotnost [kg]	7000
----------------------	------

Příloha 3

Tab. 3.1 Tabulka měrných příkonů osvětlovací soustavy

Typ svítidel	Činitel místnosti	Stěny a strop osvětleného prostoru		
		světlé	střední	tmavé
Měrný příkon lm/W				
Přímá	1	51	59,5	79,4
	1-1,5	43,4	50,2	62,7
	1,5-2	33,4	37,4	41,4
	2-3	29,0	31,6	34,2
	3-4	25,8	27,8	29,9
	4-6	23,5	25,1	26,3
	>6	22,3	23,8	24,6
Smišená	1<	84	142,9	204,1
	1-1,5	73,1	116,1	161,6
	1,5-2	56,6	80,4	107,1
	2-3	45,9	63,2	83,3
	3-4	38,3	51,3	66,8
	4-6	33,4	43,7	55,7
	>6	31,1	39,7	49,3
Nepřímá	1<	95,2	158,7	-
	1-1,5	89,6	144,3	-
	1,5-2	73,1	116,0	208,3
	2-3	57,5	93	168,7
	3-4	48,1	76	144,3
	4-6	41,5	63,8	119,9
	>6	39,7	59,5	109,9
Nepřímé stropními římsami	-	91,4	137,1	-

Poznámka: Měrné příkony osvětlovací soustavy byly stanoveny pro osvětlenost 100 lx a měrný výkon světelných zdrojů 10 lm/W
Zdroj: Osvětlování vnitřních prostorů, kolektiv autorů, vydavatel SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie o.p.s., září 2002

Příloha 4

list 1/2

Spotřeba náradí pro variantu 2

Soustružnický nůž vnější:

Držák PCLNR 20 20 K12:

$$2 \text{ kusy PCLNR 20 20 K12} \Rightarrow c_{D1} = 2 \cdot 1728 = 3456 \text{ Kč}$$

Vyměnitelné břitové destičky: CNMG 12 04 12-KM

$$\text{Jeden břit vyrobí:} \quad n_1 = \frac{15}{0,54} = 27,7 \Rightarrow 28 \text{ kusů}$$

$$\text{Jedna VBD vyrobí:} \quad n_{c1} = 4 \cdot 28 = 112 \text{ kusů}$$

$$\text{Potřebné množství VBD:} \quad n_{s1} = \frac{20000}{112} = 178,6 \Rightarrow 179 \text{ kusů}$$

$$\text{Cena potřebného množství VBD:} \quad c_1 = 179 \cdot 217,4 = 38915 \text{ Kč}$$

$$\text{Celkové náklady:} \quad c_{c1} = 3456 + 38915 = \underline{\underline{42371 \text{ Kč}}}$$

Soustružnický nůž vnitřní:

Držák: C4-DCLNR 13080-09

$$2 \text{ kusy C4-DCLNR 13080-09} \Rightarrow c_{D2} = 2 \cdot 5557 = 11114 \text{ Kč}$$

Vyměnitelné břitové destičky: CNMG 09 03 08 - WF

$$\text{Jeden břit vyrobí:} \quad n_2 = \frac{15}{0,05} = 300 \text{ kusů}$$

$$\text{Jedna VBD vyrobí:} \quad n_{c2} = 4 \cdot 300 = 1200 \text{ kusů}$$

$$\text{Potřebné množství VBD:} \quad n_{s2} = \frac{20000}{1200} = 16,6 \Rightarrow 17 \text{ kusů}$$

$$\text{Cena potřebného množství VBD:} \quad c_2 = 17 \cdot 164,3 = 2793 \text{ Kč}$$

$$\text{Celkové náklady:} \quad c_{c2} = 11114 + 2793 = \underline{\underline{13907 \text{ Kč}}}$$

Příloha 4

list 2/2

Zapichovací soustružnický nůž (hrubování drážky):

1 kus C3-RF123E15-22055B $\Rightarrow c_{D3H} = 4\,932 \text{ Kč}$

Vyměnitelné břitové destičky: N123E2-0200-0002-CM

Jeden břit vyrobí: $n_{3H} = \frac{15}{0,31} = 48,4 \Rightarrow 49 \text{ kusů}$

Jedna VBD vyrobí: $n_{c3H} = 2 \cdot 49 = 98 \text{ kusů}$

Potřebné množství VBD: $n_{3H} = \frac{20\,000}{98} = 204,08 \Rightarrow 205 \text{ kusů}$

Cena potřebného množství VBD: $c_{3H} = 205 \cdot 400 = 82\,000 \text{ Kč}$

Celkové náklady: $c_{c3H} = 4\,932 + 82\,000 = \underline{\underline{86\,932 \text{ Kč}}}$

Vrták:

Držák: 880 D2700L32-02

2 kusy 880 D2700L32-02 $\Rightarrow c_{D4} = 2 \cdot 9\,614 = 19\,228 \text{ Kč}$

Vyměnitelné břitové destičky:

Obvodová: 880-0503W08-P-GR

Středová: 880-050305H-C-GR

Jeden břit vyrobí: $n_4 = \frac{15}{0,18} = 83,3 \Rightarrow 84 \text{ kusů}$

Jedna VBD vyrobí: $n_{c4} = 4 \cdot 84 = 336 \text{ kusů}$

Potřebné množství VBD: $n_{s4} = \frac{20\,000}{336} = 59,5 \Rightarrow 60 \text{ kusů}$

Cena středových VBD: $c_{4s} = 60 \cdot 294 = 17\,240 \text{ Kč}$

Cena středových VBD: $c_{4o} = 60 \cdot 294 = 17\,240 \text{ Kč}$

Celkové náklady: $c_{c4} = 19\,228 + 2 \cdot 17\,240 = \underline{\underline{53\,708 \text{ Kč}}}$

Příloha 5

Tab. 5.1 Náklady na nástroje pro výrobu celé série varianta 2

název	označení	kusů	cena [Kč]	celková cena [Kč]
Soustružnická nůž vnější	PCLNR 20 20 K12	2	3 456	42 371
	CNMG 12 04 12-KM	179	38 915	
Soustružnická nůž vnitřní	C4-DCLNR 13080-09	2	11 114	13 907
	CNMG 09 03 08 - WF	17	2 793	
Soustružnická nůž zapichovací (HRUBOVÁNÍ DRÁŽKY)	C3-RF123E15-22055B	1	4 932	86 932
	N123E2-0200-0002-CM	205	82 000	
Soustružnická nůž zapichovací (DOKONČOVÁNÍ DRÁŽKY)	C3-RF123E15-22055B	2	9 864	155 064
	N123E2-0239-RO	264	145 200	
Vrták	880 D2700L32-02	2	19 228	53 708
	880-0503W08-P-GR	60	17 240	
	880-050305H-C-GR	60	17 240	
CELKEM				351 982 Kč

Příloha 6

Kapacitní výpočty pro variantu 2:

Počty strojů a ručních pracovišť pro variantu 2

Operace 3, 6, 7 se provádí na jednom stroji.

Počet strojů pro operaci 3 a 5:

$$P_{th367} = \frac{(t_{k3} + t_{k6} + t_{k7}) \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pn_s}} = \frac{(0,63 + 0,51 + 2,22) \cdot 20000}{60 \cdot 1787 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,52$$
$$P_{th35} = 0,52 \Rightarrow P_{sh35} = 1 \text{ stroj}$$

výpočet výrobních dělníků varianta 2

Dělníci pro strojní pracoviště, operace 3, 6, 7:

$$P_{th367} = \frac{(t_{k3} + t_{k6} + t_{k7}) \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot k_{pn_s}} = \frac{(0,63 + 0,51 + 2,22) \cdot 20000}{60 \cdot 1787 \cdot 1,2} = 0,52$$
$$D_{eVST35} = D_{VST35} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 0,52 \cdot \frac{1787}{1736} = 0,54$$
$$D_{eVST3} = 0,54 \Rightarrow 1 \text{ dělník}$$

Výpočet nákladů na pracovníky varianta 2

- Realizace operací 3, 6 a 7 trvá na soustruhu $t_{A367} = 3,36$ min

$$t_{AC367} = 20\,000 \cdot 3,36 = 67\,200 \text{ min} \cong 1120 \text{ hod}$$

- Mzda operátora na CNC stroji činí $N_{367} = 145\,600$ Kč

$$N_{367} = 130 \cdot t_{AC367} = 130 \cdot 1120 = \underline{\underline{145\,600 \text{ Kč}}}$$

- Mzda pracovníka kontroly

Hodinová mzda pracovníka na kontrolním pracovišti je $m_K = 100$ Kč.

varianta 1:

$$N_{K1} = 100 \cdot t_{AC35} = 100 \cdot 1\,087 = \underline{\underline{108\,700 \text{ Kč}}}$$

varianta 2

$$N_{K2} = 100 \cdot t_{AC367} = 100 \cdot 1120 = \underline{\underline{112\,000 \text{ Kč}}}$$

Příloha 7

Výpočet spotřebované energie varianta 2

Výpočet energie spotřebované stroji varianta 2

soustruh SP180:

$$P_{CSP} = P_{SP} \cdot t_{AC367} = 30 \cdot 1120 = \underline{33\,600 \text{ kWh}}$$

Výpočet energie spotřebované na osvětlení

Osvětlení dílny

$$P_D = P_{CD} \cdot t_{AC367} = 3,2 \cdot 1120 \cong \underline{3\,584 \text{ kWh}}$$

Osvětlení skladu

$$P_S = P_{CS} \cdot t_{AC367} = 400 \cdot 1120 \cong 448\,000 \text{ Wh} = \underline{448 \text{ kWh}}$$

Osvětlení kontrolního pracoviště

$$P_K = P_{CK} \cdot t_{AC367} = 1,2 \cdot 1120 \cong \underline{1\,344 \text{ kWh}}$$

Tab. 7.1 Tabulka Osvětlení varianta 2

Pracoviště	Počet osvětlovacích těles	Celk. příkon osvětlení [kW]	Energie spotřebovaná při výrobě 20 000 kusů [kWh]
Dílna	8	3	3 584
Sklad	1	0,4	448
Kontrola	3	1,2	1 344
Celkem	12	4,8	5 376

Cena spotřebované energie varianta 2

(spotřebovaná energie viz. Tab 5.4.1)

$$C_{E2} = 4,65 \cdot 39\,077 = \underline{181\,708 \text{ Kč}}$$

Tab. 8.1 Návodka varianta 1 operace 3

VUT FSI BRNO	NÁVODKA	Název součástky REMENICE	čís. Výkresu: 4-3P2-84997	č. operace 3					
<p>Nástroje: Držák: PCLNR 20 20 K12 VBD: CNMG 12 04 12-KM Držák: 880 D2700L32-02 VBD: 880-0503W08-P-GR VBD: 880-050305H-C-GR Držák: C4-DCLNR 13080-09 VBD: CNMG 090308-WF</p> <p>Upínače: 3 čelistové sklíčidlo ø160 IUS 160/3 -1- M1 243801.0 203110 čelisti CODE 243851 160/3-1/203100</p> <p>Měřidla: POSUVNÉ MĚŘÍTKO 250, ČSN 15 12 34</p>									
		6	vrtání ø 27	1137	0,25	52	0,13		
		5	dokončení ø106	1066	0,2	17	0,08		
		4	dokončení ø50	2260	0,2	20	0,04		
		3	hrubování ø106	871	0,4	17	0,05		
		2	hrubování ø50	1846	0,4	20	0,03		
		1	zarovnání čela	3077	0,4	50	0,04	t_{AS} [min]	
		Sled:	Popis práce:	n [min ⁻¹]	f [mm]	l [mm]	t_{ASi} [min]	0,45	
		Obsahuje stroje:	1	Upnuto kusů:	1				
Vypracoval:	Pokladník	Název	SP 180	Dílna:	t_{AC} [min]	t_{BC} [min]	Třídící číslo:		
Datum:	27.3.2009	stroje:		soustružna	0,85	25	34412		

Tab. 8.2 Časy k návodce varianta 1 operace 3

i	popis	v_c [m.min ⁻¹]	D [mm]	n [min ⁻¹]	f [mm]	l [mm]	a_p [mm]	t_{av_i} [min]	t_{as_i} [min]	
1	zarovnání čela	290	30	3077	0,4	50	0,5	0,03	0,04	
2	hrubování ø50	290	50	1846	0,4	22	1,5	0,03	0,03	
3	hrubování ø106	290	106	871	0,4	19	1,5	0,03	0,05	
4	dokončení ø50	355	50	2260	0,2	22	0,5	0,03	0,05	
5	dokončení ø106	355	106	1066	0,2	19	0,5	0,03	0,09	
6	vrtání ø 27	100	28	1137	0,25	52		0,05	0,18	
7	Výměna nástroje								0,2	
Σ								0,4	0,45	
t_A								0,85		

