



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGICKÝ PROCES PRO SOUČÁST "PŘÍRUBA"

TECHNOLOGICAL PROCESS FOR PART FLANGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZDENĚK KRÁL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Zdeněk Král

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:

Technologický proces pro součást "příruba"

v anglickém jazyce:

Technological process for part flange

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Představení součásti "příruba".
3. Sestavení technologického postupu (operace, stroje, nástroje).
4. Vypracování TPV dokumentace (návodky, NC program).
5. Technicko-ekonomické vyhodnocení.
6. Diskuze.
7. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Sestavení technologického projektu zohledňujícího výrobní možnosti současného stavu v oblasti obrábění kovů.



Seznam odborné literatury:

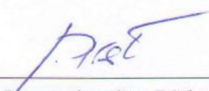
1. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2005. 272 s. ISBN 80-214-3068-0.
3. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
5. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

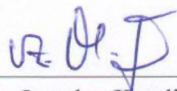
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 21.11.2014





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je sestaven technologický proces pro součást příruba. Práce obsahuje rozbor součásti, volbu materiálu a volbu polotovaru. Jsou zde zvoleny dvě technologie výroby. Výroba na univerzálním hrotovém soustruhu a na CNC soustruhu. Další kapitola pojednává o výpočtech časů. Po té následuje technicko-ekonomické zhodnocení, ve kterém je porovnání obou variant výroby.

Klíčová slova

Soustružení, výměnná břitová destička, příruba, soustruh, technologický postup

ABSTRACT

In This thesis the technological process for part flange is compiled. The thesis includes analysis of component, material choice and choice of semi – finished product. Two technologies of production have been chosen. The production on the universal center lathe and the production on the CNC lathe. In another chapter calculation times are being discussed. Lastly the technical-economic evaluation is pictured, which contains the comparison between two technologies of production.

Keywords

Turning, indexable cutting insert, flange, lathe, technological process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRÁL, Zdeněk. *Technologický proces pro součást "příruba"*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 45 s. 10 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Technologický proces pro součást "příruba"** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Zdeněk Král

PODĚKOVÁNÍ

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

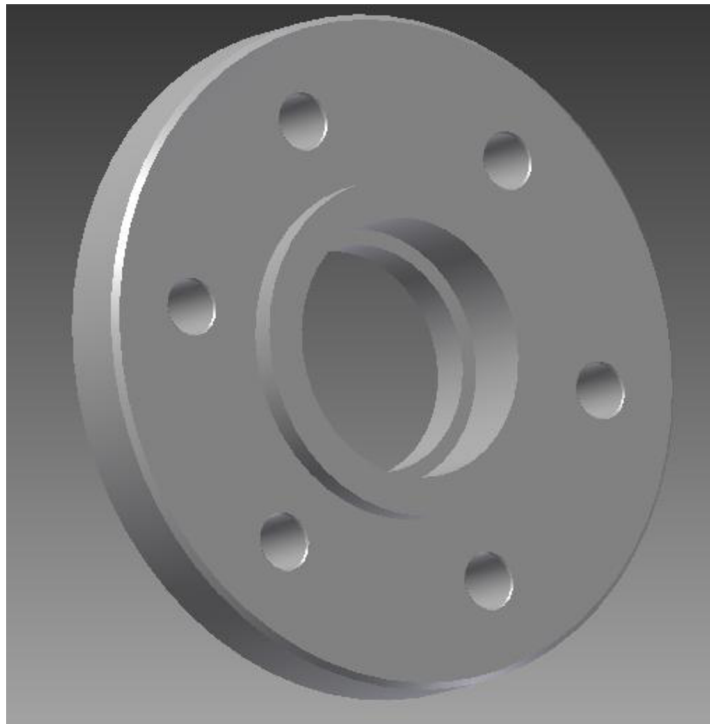
OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 PŘEDSTAVENÍ SOUČÁSTÍ PŘÍRUBA	10
1.1 Funkčnost a tvar součásti	10
1.2 Materiál	10
1.2.1 Vlastnosti	10
2 NÁVRH A VÝPOČET POLOTOVARU	12
2.1 Rozměry polotovaru	12
2.2 Volba polotovaru	12
2.3 Norma spotřeby materiálu	13
2.3.1 Výpočet normy spotřeby materiálu.....	13
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	16
3.1 Technologie výroby pro univerzální stoj	16
3.1.1 Volba strojů.....	16
3.1.2 Volba nástrojů.....	18
3.1.3 Technologický postup.....	20
3.2 Technologie výroby pro CNC stroj	22
3.2.1 Volba strojů.....	23
3.2.2 Volba nástrojů.....	24
3.2.3 Technologický postup.....	26
4 VYPRACOVÁNÍ TPV	29
4.1 Výpočet strojních časů.....	29
4.2 Vedlejší časy	30
4.3 Celkový čas na obrobění součástí na univerzálním a CNC soustruhu	30
5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	31
5.1 Náklady na nástroje, měřidla a materiál	31
5.2 Náklady na materiál	33
5.3 Náklady na mzdy	33
5.4 Náklady na elektřinu.....	35
5.5 Celkové náklady na výrobu	36

6	DISKUZE	38
	ZÁVĚR	39
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	42
	SEZNAM PŘÍLOH.....	45

ÚVOD

Tato práce pojednává o technologickém procesu součásti příruba (obr. 1). Práce obsahuje představení součásti příruba a jejího použití. Dále je zvolen materiál, který odpovídá požadovaným vlastnostem potřebným k zaručení funkčnosti součásti. Následně je sestavený technologický postup, který je rozdělený na výrobu na dvou strojích, aby bylo na konci práce možné porovnat, za kolik se daná součást vyrobí na jednom a na druhém stroji a od jakého počtu kusů se vyplatí vyrábět danou součást na CNC stroji. Jedním zvoleným strojem je univerzální soustruh, který má využití spíše pro kusovou a malosériovou výrobu, ale při použití automatizačních prvků se dá použít i v sériové výrobě. Druhým zvoleným strojem je CNC soustruh. Technologické postupy u obou variant se od sebe liší hlavně druhem použitých nástrojů a rychlostí výroby součásti. Po sestavení technologických postupů jsou sestavené návody znázorňující průběh obrábění a zvolené řezné podmínky. Také jsou stanoveny vedlejší časy výroby, z důvodu pouhých teoretických znalostí s minimální praxí jsou vedlejší časy stanoveny pomocí normativu vrtačky popisujícího časy úkonů, které se provádí u soustruhu stejně jako u vrtačky. Závěr práce obsahuje technicko ekonomické zhodnocení, jež shrnuje náklady na použité nástroje, materiál, elektřinu, také mzdu výrobních dělníků. Po sečtení všech výrobních nákladů získáme celkové náklady, z nichž se sestaví graf s počtem kusů, pro který je vhodné použít univerzální nebo CNC soustruh.



Obr. 1 Součást příruba.

1 PŘEDSTAVENÍ SOUČÁSTÍ PŘÍRUBA

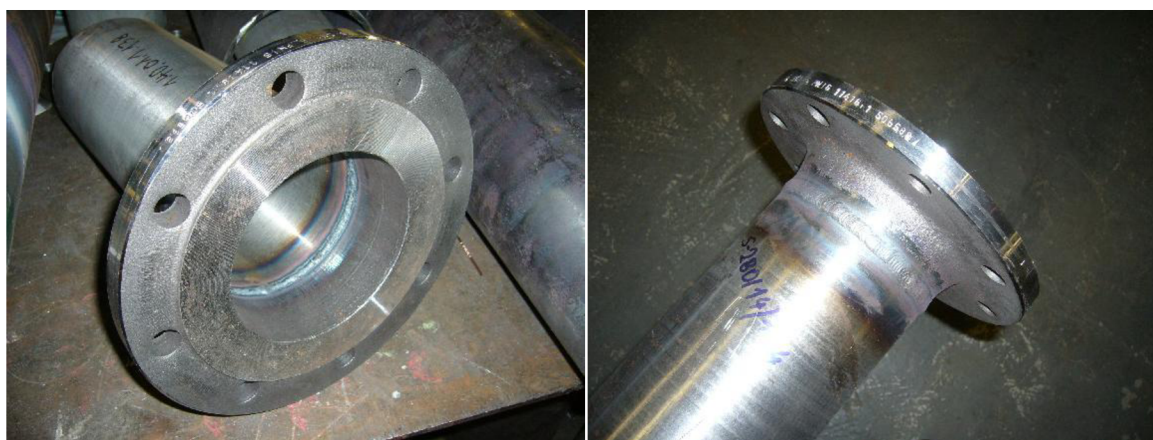
Jedná se o rotační součást typu kotouče, tato součást je definována poměrem délky L k průměru D , který je menší nebo roven 1. Vypočteno podle vztahu 1.1 [1].

$$\lambda = \frac{L}{D} \leq 1 \quad (1.1)$$

1.1 Funkčnost a tvar součásti

Jedná se o přírubu, které je používána pro spojení oběhového čerpadla topné sítě s topnou trasou. Toto čerpadlo slouží k oběhu topné vody v okruhu.

Příruba se vyrobí z polotovaru ve formě kruhové válcované tyče, ze které bude postupně odebírán materiál k dosažení požadovaného tvaru. Na výkrese (příloha 1) je vidět, že uprostřed součásti je díra o dvou průměrech, ty slouží k zasunutí trubky vedoucí od čerpadla. Větší průměr odpovídá vnějšímu průměru trubky a menší průměr odpovídá vnitřnímu průměru trubky. Hlavním důvodem je zajištění stálého průtoku proudícího média. Spoj trubky a příruby je proveden pomocí svařování (obr. 2). Na druhé straně je mírný výběžek o délce 2 mm, na který bude uloženo těsnění a spojí se s druhou přírubou pomocí šroubů. Druhá příruba může mít stejný průměr vnitřní díry, ale také větší nebo menší, podle toho zda chceme průtok média zvýšit nebo snížit a dosáhnout vyššího tlaku. Na roztečné kružnici o průměru 80 mm je 6 děr, tyto díry slouží ke spojení s další přírubou pomocí šroubů a zajištění těsnosti spoje.



Obr. 2 Ukázka svarového spoje příruby s trubkou a) vnitřní svar b) vnější svar.

1.2 Materiál

Příruba je z materiálu ocel 11 375 dle normy ČSN 41 1375 (EN 10025-2 S235JRG2). Jedná se o tyče válcované zatepla, které dále nejsou nijak tepelně zpracovány [2].

1.2.1 Vlastnosti

Levná, neušlechtilá ocel se zaručenou svařitelností. Použití pro součásti strojů a konstrukcí, které jsou namáhané staticky i dynamicky. Další možné využití je v oblasti energetických zařízení, vtokových objektů vodních turbín a tlakových nádob, které pracují pod omezeným přetlakem a teplotou do 300 °C [2]. Pro danou součást je zaručená svařitelnost důležitou vlastností, požadovanou od materiálu, neboť metodou pro spojení příruby

s trubicí vedoucí od čerpadla bude právě svařování. Mechanické vlastnosti a chemické složení jsou rozepsány v tab. 1 a tab. 2 [2].

Tab. 1 Mechanické vlastnosti [2].

Nejnižší mez kluzu $R_{e\ min}$	195	[MPa]
Pevnost v tahu R_m	340 – 470	[MPa]
Tažnost A_{min}	22	[%]
Obrobitelnost	14b	[-]

Tab. 2 Chemické složení [2].

		C	P	S	N
Chemické složení tavby	[%]	max. 0,20	max. 0,045	max. 0,045	max. 0,009
Dovolené úchyly chemického složení v hotovém výrobku	[%]	+0,02	+0,01	+0,01	+0,002

2 NÁVRH A VÝPOČET POLOTOVARU

2.1 Rozměry polotovaru

Přídavek je vrstva materiálu, kterou při obrábění odebíráme z povrchu materiálu pro získání požadovaného tvaru součásti. Velikost přídavku závisí na typu výroby, tedy počtu vyráběných kusů, na volbě materiálu a druhu polotovaru a nepřesnosti ve výrobě [3,4]. V kusové a malosériové výrobě mohou být větší než v sériové výrobě. U sériové výroby se díky výrobnímu zařízení a způsobu práce zmenšuje riziko vzniku chyb [4].

Velikost přídavku na obrábění pro polotovar z ocelových válcovaných tyčí stanovený výpočtem 2.1 [3]:

$$Z_{\phi} = \frac{5 \cdot d}{100} + 2 \quad (2.1)$$

Kde: Z_{ϕ} – přídavek na průměr [mm],
 d – průměr hotového obrobku [mm].

Stanovení průměru polotovaru ze vztahu 2.2:

$$d_p = d + Z_{\phi} \quad (2.2)$$

Kde: Z_{ϕ} – přídavek na průměr [mm],
 d – průměr hotového obrobku [mm],
 d_p – průměr polotovaru [mm].

Výpočet polotovaru:

$$Z_{\phi} = \frac{5 \cdot 115}{100} + 2 = 7,75 \text{ mm}$$
$$d_p = d + Z_{\phi} = 110 + 7,5 = 117,75 \text{ mm}$$

Délka obrobku: $l = 19 \text{ mm}$

Přídavek na délku se stanoví $2 \div 4 \text{ mm}$.

Přídavek na průměr z výpočtu 2.1 je poměrně nepřesný s využitím především pro kusovou výrobu. Pro sériovou a hromadnou výrobu platí, že přídavky mohou být menší než v kusové výrobě [4]. Z toho důvodu pro výrobu dostačuje ocelová kruhová válcovaná tyč o normalizovaném průměru 115 mm s garantovanou mezní úchylností $\pm 1,5 \text{ mm}$. Přídavek na délku je stanoven na 2 mm z každé strany. Tento větší přídavek je stanoven pro zajištění bezpečného upnutí polotovaru a snížení počtu operací při výrobě.

2.2 Volba polotovaru

Polotovar byl zvolen z katalogu firmy Z – Group Steel Holding, zvolena tyč ocelová kruhová válcovaná zatepla dle rozměrové normy ČSN EN 10060 o $\phi 115$ s mezní úchylností při normální přesnosti $\pm 1,5 \text{ mm}$ a hmotnosti $81,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$. Tyče budou dodávány o délce 3 m [5].

2.3 Norma spotřeby materiálu

Spotřeba materiálu se stanoví propočtovou metodou, ve které jsou zahrnuty ztráty materiálu vzniklé dělením tyče, obráběním polotovaru a ztráty z nevyužitého konce tyče. Hmotnost hotové součásti byla zjištěna za pomoci software Autodesk Inventor Professional 2014 studentské verze. Hmotnost hotové součásti je 0,85 kg. Stupeň využití materiálu, který je v následující podkapitole počítán by se měl pohybovat v rozmezí 0,4 až 0,8. Podle velikosti stupně využití materiálu lze stanovit pracnost výroby a spotřebu strojního času. Při zvýšení stupně využití materiálu lze zvýšit produktivitu práce a snížit pracnost [4].

2.3.1 Výpočet normy spotřeby materiálu

Dělení tyčového materiálu na požadovanou délku bude uskutečněno pomocí gravitační pásové pily. Hmotnost polotovaru je vypočtena pomocí software Autodesk Inventor Professional 2014, kde volíme hustotu materiálu stejnou jako hustota oceli, tedy $7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Hmotnost polotovaru je 1,71 kg.

Počet přířezů z jedné tyče [4, 6]:

$$p_t = \frac{L_t}{l_p + s} \quad (2.3)$$

kde: L_t – celková délka tyče $L_t = 3000 \text{ mm}$,

p_t – počet přířezů z jedné tyče,

l – délka polotovaru $l = 23 \text{ mm}$,

s – šířka prořezu $s = 0,9 \text{ mm}$.

$$p_t = \frac{3000}{23 + 0,9} = 125,52 \text{ ks} \Rightarrow 125 \text{ ks}$$

Ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici [4, 6]:

$$q_d = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot s \cdot \rho \quad (2.4)$$

kde: q_d – ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici [kg],

d_p – průměr polotovaru [m],

s – šířka prořezu $s = 0,9 \text{ mm}$.

ρ – hustota oceli [$7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$].

$$q_d = \frac{\pi \cdot 0,115^2}{4} \cdot 0,0009 \cdot 7850 = 0,074 \text{ kg}$$

Hmotnost hotové součásti: (ze software Autodesk Inventor 2014 studentské verze)

$$m_o = 0,85 \text{ kg}$$

Hmotnost polotovaru: (ze software Autodesk Inventor 2014 studentské verze)

$$m_p = 1,71 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu vzniklá obráběním [4, 6]:

$$q_o = m_p - m_o \quad (2.5)$$

kde: q_o – ztráta vzniklá obráběním přídavku [kg/ks],

m_p – hmotnost polotovaru [kg/ks],

m_o – hmotnost hotové součásti [kg/ks].

$$q_o = 1,71 - 0,85 = 0,86 \text{ kg}$$

Délka nevyužitého konce tyče [4, 6]:

$$l_k = L_t - p_t \cdot (l + s) \quad (2.6)$$

kde: L_t – celková délka tyče $L_t = 3000$ mm,

p_t – počet přířezů z jedné tyče,

l – délka polotovaru $l = 23$ mm,

s – šířka prořezu $s = 0,9$ mm.

$$l_k = 3000 - 125 \cdot (23 + 0,9) = 12,5 \text{ mm}$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadajícího na jednici [4, 6]:

$$q_k = \frac{\pi \cdot d_p^2 \cdot l_k}{4 \cdot p_t} \cdot \rho \quad (2.7)$$

kde: q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici [kg],

d_p – průměr polotovaru [m],

l_k – délka nevyužitého konce tyče [m],

p_t – počet přířezů z jedné tyče,

ρ – hustota oceli [7850 kg.m⁻³].

$$q_k = \frac{\pi \cdot 0,115^2 \cdot 0,0125}{4 \cdot 125} \cdot 7850 = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 0,0082 \text{ kg}$$

Celkové ztráty materiálu na jednici [4, 6]:

$$Z_m = q_k + q_o + q_d \quad (2.8)$$

kde: q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici [kg],

q_d – ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici [kg],

q_o – ztráta vzniklá obráběním přídavku [kg].

$$Z_m = q_k + q_o + q_d = 0,0082 + 0,86 + 0,074 = 0,942 \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu [4, 6]:

$$N_m = m_o + Z_m \quad (2.9)$$

kde: N_m – norma spotřeby materiálu [kg],
 m_o – hmotnost hotové součásti [kg/ks],
 Z_m – celkové ztráty materiálu na jednici [kg].

$$N_m = 0,85 + 0,942 = 1,792 \text{ kg}$$

Stupeň využití materiálu [4, 6]:

$$k_m = \frac{m_o}{N_m} \quad (2.10)$$

kde: m_o – hmotnost hotové součásti [kg/ks],
 N_m – norma spotřeby materiálu [kg].

$$k_m = \frac{0,85}{1,792} = 0,47$$

Stupeň využití materiálu, by se měl pohybovat v rozmezí 0,4 až 0,8 [4]. Vypočtená hodnota vyhovuje danému rozmezí.

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

V této kapitole je zpracován návrh technologie výroby součásti příruba pro dva rozdílné stroje, kterými jsou CNC soustruh a univerzální hrotový soustruh. Nejdříve se stanoví stroje, na kterých bude součást vyráběna, poté nástroje a sestaví se technologický postup. Jedná se o teoretický způsob výroby jednoho druhu součásti na univerzálním stroji a na CNC stroji.

3.1 Technologie výroby pro univerzální stoj

Univerzální hrotový soustruh se volí především pro kusovou nebo malosériovou výrobu. Stroj umožňuje soustružení přílbových a hřidelovitých obrobků různých tvarů a rozměrů bez složitého seřizování. Jsou kladeny vysoké požadavky na odbornou kvalifikaci soustružníka. Nutnými znalostmi soustružníka je znalost stroje a jeho funkcí. Soustružník musí sledovat obráběcí proces a ručně řídit funkce stroje [7]. Kusovou výrobou je označována výroba 1 až 100 kusů jednoho druhu výrobku, kdy sortiment výrobků může být velmi rozsáhlý, i stovky druhů výrobků. Použitým materiálem polotovarů jsou především normalizované polotovary [3].

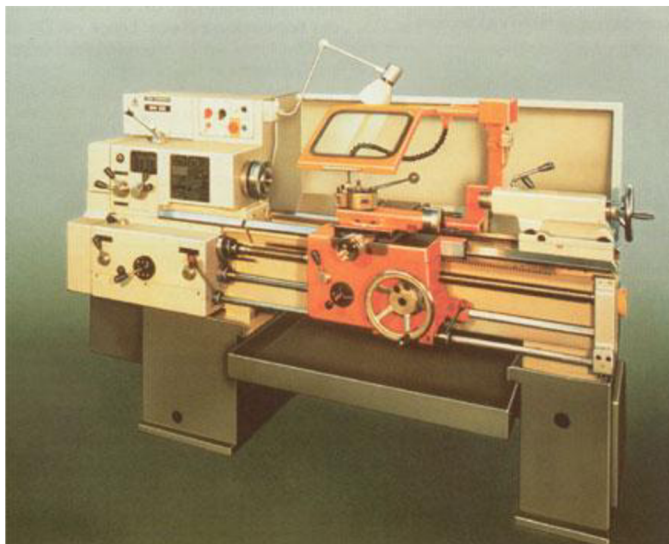
3.1.1 Volba strojů

Před samotným začátkem obrábění pro získání požadovaného tvaru je nutné zvolit stroj, který nařeže tyčový materiál na požadovanou délku polotovaru. Vhodným strojem pro řezání je manuální pásová pila Pegas 220 x 250 MAN-R (obr. 3). Jedná se o pásovou pilu, u které je nutná obsluha, neboť se jedná o zcela manuální stroj. Základní funkcí pily je řezání pod úhlem 0°, ale dokáže řezat i pod úhlem naklonění 60° vpravo. Zvládá řezání profilů, ale také i plných polotovarů. Jedná se o vhodný stroj pro kusovou nebo i malosériovou výrobu. Díky robustnosti konstrukce je možné dělit velké množství druhů materiálů, jak konstrukční oceli, tak i nerez. Při dělení materiálu, se bude dělit z tyče o délce 3 metry. Pro ulehčení manipulace s tyčovým materiálem se k pile umísťuje válečkový dopravník, po kterém lze posunovat materiál (příloha 2) [8].



Obr. 3 Pásová pila Pegas 220 x 250 MAN-R [8].

Nejdůležitější částí obrábění pro dosažení požadovaného tvaru je soustružení. Jedná se o obrobení vnějšího tvaru součásti a dvou vnitřních otvorů. Zvolený stroj pro soustružení je univerzální hrotový soustruh SN 32 od firmy TRENS (obr. 4). Soustruh SN 32 je stroj, který se používá pro výrobu hřídelových a přírubových součástí. Uplatnění najde v kusové i sériové výrobě. Dále se soustruh vyznačuje, nízkými provozními náklady, jednoduchou údržbou, dlouhou životností a vysokou přesností obrábění [9].



Obr. 4 Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENS [9].

Po obrobení požadovaného tvaru musí následovat vyvrtání 6 děr pro spojení přírubového spoje. Před samotným vrtáním dojde k navrtání středících důlků na jednotlivých roztečných kružnicích, pod daným úhlem stanoveným výkresem. Jelikož je součást vyráběna na soustruhu, který nemá třetí pomocnou osu, musíme pro vyvrtání děr zvolit vrtačku. Pro zaručení přesnosti umístění děr je zvolena radiální číslicově ovládaná rychlovrtačka G 34 NC od firmy GOOS (obr. 5), určená k vrtání, vyhrubování a zahlubování pro kusovou nebo malosériovou výrobu [10].



Obr. 5 Radiální rychlovrtačka G 34 NC GOOS [10].

3.1.2 Volba nástrojů

Pilový pás

Doporučený pilový pás pro pilu Pegas 220 x 250 MAN-R je pilový pás 2450x27x0,9 M5 1 3/4z – BOMAR STG 2000 (obr. 6, příloha 5). Jedná se o pás pro dělení plných polotovarů, s konstantním počtem zubů vhodný pro širokou paletu materiálů, včetně nástrojových ocelí [11].



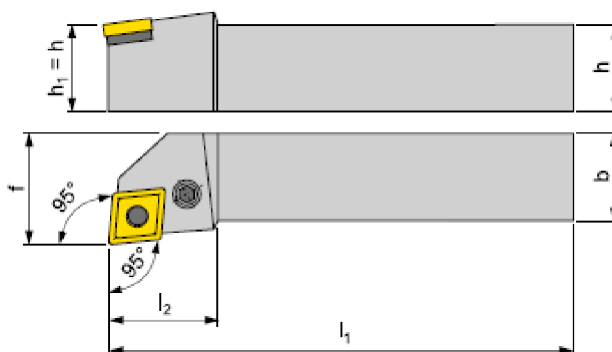
Obr. 6 Pilový pás [11].

Soustružnické nože

Při obrábění bude soustružena čelní i válcová plocha, ale také vnitřní díra. Budou potřeba dva druhy soustružnických nožů, a to pro vnitřní a pro vnější soustružení.

Vnější soustružení

U nože pro vnější soustružení je zvolen nůž PCLNR 3225 P16, který zvládne podélné i čelní soustružení [12].



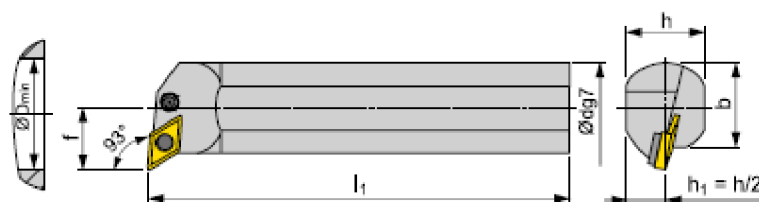
Obr. 7 Nůž PCLNR 3225 P16 [12].

Tab. 3 Rozměry vnějšího nože [12].

$h=h_1$	b	f	l_1	l_2	λ_s	γ_o
[mm]					[°]	
32	25	32	170	40	-6	-6

Vnitřní soustružení

Pro soustružení díry je nutné, aby se zvolený nůž vešel do předvrtané díry. Předvrtaná díra má průměr 34 mm a zvolený nůž se vejde do díry o minimálním průměru 32 mm. Opět se jedná o pravý nůž a to o nůž S25T – PDUNR 11 [12].



Obr. 8 Nůž S25T – PDUNR 11 [12].

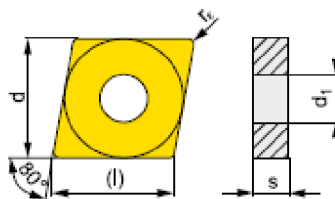
Tab. 4 Rozměry vnitřního nože [12].

d	f	l_1	h	b	D_{min}	λ_s	γ_o
[mm]						[°]	
25	17	300	23	23	32	-12	-6

Výměnné břitové destičky

Pro vnější tvar

Pro vnější soustružení je zvolena destička CNMM 160612 E-DR, jedná se o destičku pro polohrubovací a hrubovací soustružení. Hlavní oblast užití této VBD je skupina P, ve které se nachází materiály, jako jsou oceli a ocelolitiny, nelegované oceli, hůře obrobitelné nelegované a nízkolegované ocelolitiny a další. Povrch destičky je povlakován materiálem T9325 (příloha 7) [12].



Obr. 9 VBD CNMM 160612 E-DR [12].

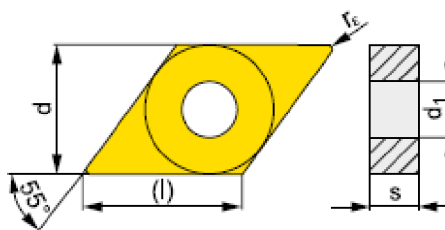
Tab. 5 Parametry CNMM 12 04 08 E-NR [12].

l	d	d_1	s	r_e	f_{min}	f_{max}	a_{pmin}	a_{pmax}
[mm]								
16,1	15,875	6,35	6,35	1,2	0,3	0,85	2,5	9

Kde: f – posuv na otáčku, a_p – šířka záběru ostří.

Pro vnitřní tvar

Pro vnitřní dokončující a polohrubovací soustružení je zvolena destička s označením DNMG 110402ER - SI. Hlavní oblast užití této VBD je skupina P, převážně oceli a litiny. Povrch destičky je povlakován materiálem T9325 (příloha 7) [12].



Obr. 10 VBD DNMG 110402ER - SI [12].

Tab. 6 Parametry DNMG [12].

l	d	d ₁	s	r _ε	f _{min}	f _{max}	a _{pmin}	a _{pmax}
[mm]								
11,6	9,525	3,81	4,76	0,4	0,20	0,24	0,8	3,3

Kde: f – posuv na otáčku, a_p – šířka záběru ostří.

Vrtání

Pro daný soustruh jsou zvoleny vrtáky s válcovou stopkou, upnutou do sklíčidla, které se následně vkládá do pinoly koníku. Pro vrtačku jsou zvoleny vrtáky s kuželovitou stopkou, protože v základním příslušenství vrtačky je redukční pouzdro MORSE [10]. Vrtáky a navrtávky byly zvoleny od firmy Stimzet.

Tab. 7 Parametry vrtáků s válcovou stopkou [13].

Vrták	φ d [mm]	L [mm]	l [mm]	Norma
Vrták středící 60°	1	31,5	–	DIN 333 A
Vrták s válcovou stopkou φ 10	10	133	87	DIN 338 RN
Vrták s válcovou stopkou φ 34	34	135	70	DIN 1897 RN

Tab. 8 Parametry vrtáků s kuželovou stopkou [13].

Vrták	φ d [mm]	L [mm]	l [mm]	Norma
Vrták s kuželovou stopkou φ 9	2	108	204	DIN 345 RN
Záhlubník s válcovou stopkou	2,8	40	–	DIN 335

Kde: φ d_v – průměr vrtáku, L_v – délka vrtáku se stopkou, l_v – délka šroubovice [13].

3.1.3 Technologický postup

Tabulka 9 obsahuje seznam měřidel, která budou potřebná pro kontrolu dané součásti. Hlavním měřidlem je posuvné měřítko, kterým se po nařezání polotovaru zkontroluje správná délka a v operaci kontrola se přeměří velikost prostředních děr. Pro kontrolu děr o průměru 9 mm se použije válečkový normalizovaný kalibr.

Tab. 9 Seznam použitých měřidel [14, 15].

VUT BRNO FSI ÚST		LIST MĚŘIDEL	
Pozice měřidla	Název měřidla	Výrobce	Označení výrobce
M1	Posuvné měřítko 150 mm	Kinex	6040.2
M2	Válečkový kalibr φ 9 h11	Zbrojovka	011002100

V tabulce 10 jsou zvolené nástroje, které jsou blíže popsány v kapitole 3.1.2. Většina nástrojů pro soustružení je zvolena od firmy Pramet Tools, jedná se o jednu z velice známých firem zabývajících se výrobou soustružnických nožů a výměnných břitových destiček. Pro vrtání jsou zvoleny vrtáky od firmy Stimzet. Většina nástrojů je vyrobena z rychlořezné oceli, ale výměnné břitové destičky jsou povlakovány slinutým karbidem T9325 metodou MT-CVD od firmy Pramet Tools. Jedná se o funkčně gradientní substrát

se středním obsahem kobaltové pojící fáze. Tento povlak je určen především pro obrábění skupiny P a M a vyznačuje se velmi dobrou provozní spolehlivostí. Je určen pro střední a vyšší řezné rychlosti [12].

Tab. 10 Nástrojový list [11, 12, 13].

VUT BRNO FSI ÚST		NÁSTROJOVÝ LIST		
Pozice nástroje	Název nástroje	Výrobce	Označení výrobce	Materiál
T1	Pilový pás	Bomar	2450x27x0,9 M51 3/4	HSS
T2	VBD hrubovací Nůž pro vnější soustružení	Pramet Pramet	CNMM 120408 E-NR PCLNR 3225 P16	SK (T9325) HSS
T3	Středící vrták s průměrem špičky 1 mm	Stimzet	A100100V000S	HSS
T4	Vrták s válcovou stopkou ϕ 10 mm	Stimzet	A211000T000S	HSS
T5	Vrták s válcovou stopkou ϕ 34 mm	Stimzet	A823400F000S	HSS
T6	VBD dokončovací Nůž pro vnitřní soustružení	Pramet Pramet	DNMG 110402 E-FF S25T – PDUNR 11	SK (T9325) HSS
T7	Vrták s kuželovou stopkou krátký ϕ 9 mm	Stimzet	A400900V000S	HSS
T8	Záhlubník s válcovou stopkou	Stimzet	C259124F000S	HSS

Tab. 11 obsahuje technologický postup, kde je popsáno, jaká operace se bude provádět a na jakém stroji. První operací je nařezání polotovaru z tyče o délce 3 m na požadovanou délku. V další operaci se soustruží celá jedna strana příruby včetně děr v ose součásti. Třetí operace popisuje opracování druhé strany příruby, po kterém následuje přemístění na radiální rychlovrtačku, kde následuje navrtání, vyvrtání a zkosení děr, které leží mimo osu a na univerzálním soustruhu není možné je vyrobit. Poslední fází výroby je kontrola, kde se kontroluje součást vzhledově, zda odpovídá výkresu a poté se měří rozměry děr. Po provedení kontroly je součást poslána na sklad a po výrobě požadovaného počtu kusů expedována zákazníkovi.

Tab. 11 Technologický postup [8, 9, 10].

VUT BRNO FSI ÚST		TECHNOLOGICKÝ POSTUP		
Materiál: 11 375	Polotovar: ϕ 115-23 ČSN EN 10060	Hrubá hmotnost: 1,71 kg		Čistá hmotnost: 0,85 kg
Číslo operace:	Název, označení stroje:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Nástroje a měřidla:
1/1	Pásová pila Pegas 220 x 250 GH-R 05967	Dělna	Řezat materiál ϕ 115 na délku $23 \pm 0,15$. Kontrolovat nařezanou délku četnost 100 %.	T1 M1
2/2	Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENS	Obrobná	Upnout do skličidla za ϕ 115 za délku 4. Zarovnat čelo.	T2

	04125		Hrubovat z ϕ 115 na ϕ 110 v délce 17. Hrubovat z ϕ 110 na ϕ 55 v délce 4. Srazit hrany $1 \times 45^\circ$ na ϕ 110. Navrtat středící důlek. Předvrtat díru nahrubo ϕ 10. Vrtat díru nahrubo ϕ 34. Soustružit z ϕ 34 na ϕ 37,2 do hloubky 21. Soustružit z ϕ 37,2 na ϕ 42,4 do vzdálenosti 12 od čela.	T2 T2 T2 T3 T4 T5 T6 T6
3/3	Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENS 04125	Obrobna	Otočit o 90° , upnout do sklíčidla za ϕ 110. Zarovnat čelo. Hrubovat z ϕ 115 na ϕ 57 v délce 2. Srazit hrany $1 \times 45^\circ$ na ϕ 110.	T2 T2 T2
4/4	Radiální rychlovrtačka G34 NC GOOS 34613	Obrobna	Upnout do strojního svěráku. Navrtat středícím vrtákem 6x díru po 60° na roztečné kružnici ϕ 80. Vrtat 6 průchozích děr ϕ 9. Srazit 6x hrany $0,3 \times 45^\circ$.	T3 T7 T8
5/5	Radiální rychlovrtačka G34 NC GOOS 34613	Obrobna	Otočit, upnout do strojního svěráku. Srazit 6x hrany $0,3 \times 45^\circ$ po 60° na roztečné kružnici ϕ 80.	T8
6/6	KONTROLA 09863		Kontrolovat vzhledem tvar a míry 100 %. Kontrolovat díru ϕ 37,2 ϕ 42,4, četnost 20 %. Kontrolovat umístění děr na začátku směny.	M1 M2
7/7	EXPEDICE		Razit číslo výkresu pomocí raznic na hranu vnějšího průměru. Konzervovat, balit, expedovat.	

3.2 Technologie výroby pro CNC stroj

Poloautomatické a automatické obráběcí stroje se volí především pro sériovou a hromadnou výrobu, ale dají se použít i pro kusovou výrobu, zejména náročnějších součástek. Stroj je řízen programem, který vytvořil před obráběním programátor a pracovník koná dozor [16]. Přibližný sortiment sériové výroby je od 5 do 50 druhů a to řádově $10^2 \div 10^4$ počtu kusů jednoho druhu. Použitým materiálem pro polotovary mohou být normalizované i nenormalizované polotovary [3].

3.2.1 Volba strojů

První potřebnou operací je dělení tyčového materiálu na polotovary o dané délce. Použitým strojem pro řezání je manuální pásová pila Pegas 220 x 250 MAN-R (obr. 3), jejíž parametry jsou v kapitole 3.1.1. Hlavní operací pro výrobu požadovaného tvaru součástí je soustružení a další nutnou operací je vyvrtání otvorů, které leží mimo osu součástí. Proto je nutné zvolit stroj, který dokáže společně se soustružením vyvrtat i zbylé požadované otvory. K tomu, aby soustruh mohl vyvrtat otvory ležící mimo osu, je nutná poháněná třetí pomocná osa. Z toho důvodu je pro sériovou výrobu zvolen CNC soustruh SP 280 SMC od firmy Kovosvit Mas. Stroj obsahuje dvě vřetena, která s pomocí rotační osy C umožňují vysokou dynamiku funkcí a vysokou produktivitu. Tento soustruh se hodí jak na kruhové části do průměru 280 mm, tak i na součásti typu hřídelí do délky 450 mm. U stroje je možné zvolit ze tří moderních řídicích systémů, a to systémů SINUMERIK 840D, GE FANUC OI nebo GE FANUC 30 OI. Dále se soustruh vyznačuje vysokou tuhostí, vysokým krouticím momentem na vřetenu a dynamikou [16, 17].

Tab. 12 Parametry soustruhu SP 280 SMC [17].

Pracovní prostor	Oběžný průměr nad ložem	570	mm
	Max. délka soustružení	450	mm
	Max. průměr soustružení	280	mm
Hlavní vřeteno	Max. otáčky	4700	min ⁻¹
Protivřeteno	Max. otáčky	6000	min ⁻¹
Nástrojová hlava	Počet poloh	12	–
	Maximální otáčky nástrojového vřetena	4000	min ⁻¹
Rozměry a hmotnost stroje	Délka	3875	mm
	Šířka	2122	mm
	Výška	2345	mm
	Hmotnost	7800	kg
Motor vřetena	Elektrovřeteno – Výkon S1/S6 – 40%	20,9/27	kW
	Protivřeteno – Výkon S1/S6 – 40%	7,5/9	kW
	Nástrojové vřeteno – Výkon S3 – 40%	8	kW



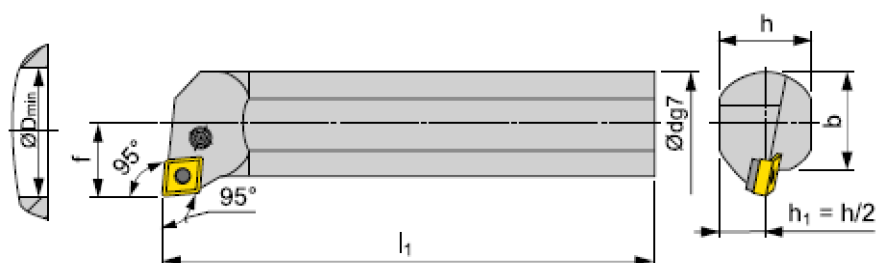
Obr. 11 Soustruh SP 280 [16].

3.2.2 Volba nástrojů

Pro soustružení vnější kontury je použit stejný nůž a výměnné břitové destičky jako pro univerzální soustruh. Vnější soustružení bude probíhat v pravém i v levém vřetenu, proto je potřebný pravý i levý nůž. Dělení tyčového materiálu na polotovary bude uskutečněno řezáním na pásové pile, opět stejný nástroj jako u univerzálního soustruhu.

Soustružnický nůž pro vnitřní soustružení

Pro soustružení vnitřního tvaru součásti je nutné, aby se zvolený nůž vešel do předvrtané díry. Předvrtaná díra má průměr 25 mm a zvolený nůž se vejde do díry o minimálním průměru 20 mm. Jedná se o pravý a to o nůž A16M-PCLNR 09 [12].



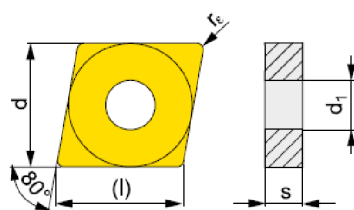
Obr. 12 Nůž A16M-PCLNR 09 [12].

Tab. 13 Rozměry vnitřního nože [12].

d	f	l_1	h	b	D_{\min}	λ_s	γ_o
[mm]						[°]	
16	11	150	15	15	20	-13,5	-5

Výměnná břitová destička pro vnitřní tvar

Pro vnitřní dokončující až polohrubovací soustružení je zvolena destička s označením CNMG 090304R-FM. Hlavní oblast užití skupina P. Povrch destičky je povlakován materiálem T9325 (příloha 7) [12].



Obr. 13 VBD CNMG 090304R-FM [12].

Tab. 14 Parametry DNMG [12].

l	d	d ₁	s	r _e	f _{min}	f _{max}	a _{pmin}	a _{pmax}
[mm]								
11,6	9,7	3,81	3,18	0,4	0,1	0,3	0,5	6,3

Kde: f – posuv na otáčku, a_p – šířka záběru ostří.

Vrtání

Pro předvrtání díry je použitý vrták s výměnnými břitovými destičkami. Pro vyvrtání děr ležících mimo osu obrobku postačí monolitní karbidový vrták. Pro sražení hran je použitý záhlubník s válcovou stopkou. Vrtáky a navrtávačky byly zvoleny od firem Stimzet a Pramet Tools [13, 18].

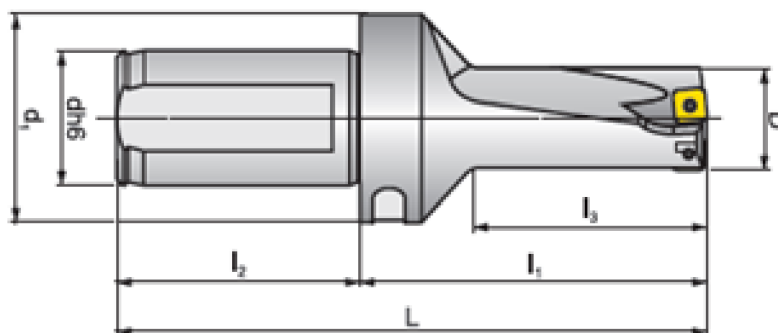
Tab. 15 Parametry zvolených vrtáků pro vyvrtání děr ležících mimo osu obrobku.

Vrták	φ d [mm]	L [mm]	l [mm]	Norma
Vrták středící 60°	1	31,5	–	DIN 333 A
Tvrdokovový vrták s válc. stopkou φ 9	9	84	40	DIN 6535/1897
Záhlubník s válcovou stopkou	2,8	40	–	DIN 335

Kde: φ d_v – průměr vrtáku, L_v – délka vrtáku se stopkou, l_v – délka šroubovice [13].

Vrtání

Potřebný nástroj pro vyvrtání díry ležící v ose obrobku je vrták s výměnnými břitovými destičkami o φ 25, který předvrtá požadovanou díru, potřebnou pro vnitřní nůž k dokončení vnitřního tvaru.



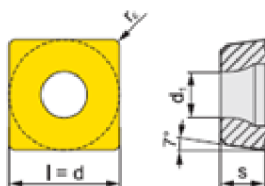
Obr. 14 Vrták 802D-25-50-S32 [18].

Tab. 16 Rozměry vrtáku [18].

L	l ₁	l ₂	l ₃	dh6	d ₁	D
[mm]						
145	85	60	57	32	50	25

Pro vrtání

Pro vrtání je zvolena destička SCET 070308-UD, na daný nástroj jsou potřebné 2 destičky. Hlavní oblast použití této VBD je skupina P.



Obr. 15 VBD SCET 070308-UD [18].

Tab. 17 Parametry SCET 070308-UD [18].

l	d	d ₁	s	r _ε	f _{min}	f _{max}
[mm]						
7,937	7,937	3,5	3,18	0,8	0,07	0,18

3.2.3 Technologický postup

Tabulka 18 obsahuje seznam měřidel, použitých při kontrole po výrobě součásti na CNC soustruhu. Posuvné měřítko a válečkový kalibr průměru 9 mm jsou zvoleny stejně jako u univerzálního soustruhu. Pro případnou velkosériovou výrobu z časového hlediska pro urychlení kontroly jsou zvoleny i nenormalizované kalibry na ostatní průměry děr.

Tab. 18 Seznam použitých měřidel [14, 15, 19].

VUT BRNO FSI ÚST		LIST MĚŘIDEL	
Pozice měřidla	Název měřidla	Výrobce	Označení výrobce
M1	Posuvné měřítko 150 mm	Kinex	6040.2
M2	Válečkový kalibr ϕ 9 h9	Zbrojovka	011002100
M3	Válečkový kalibr ϕ 37,2h11	TOOLS s.r.o	-
M4	Válečkový kalibr ϕ 42,4h11	TOOLS s.r.o	-

Tab. 19 Nástrojový list [11, 12, 13, 18].

VUT BRNO FSI ÚST		NÁSTROJOVÝ LIST		
Pozice nástroje	Název nástroje	Výrobce	Označení výrobce	Materiál
T1	Pilový pás	Bomar	2450x27x0,9 M51 3/4	HSS
T2	VBD hrubovací Nůž pro vnější soustružení pravý	Pramet Pramet	CNMM 120408 E-NR PCLNR 3225 P16	SK (T9325) HSS
T3	VBD pro vrtání Vrták ϕ 25	Pramet Pramet	SCET 070308-UD 802D-25-50-S32	SK HSS

T4	VBD dokončovací Nůž pro vnitřní soustružení	Pramet Pramet	CNMG 090304R-FM A16M-PCLNR 09	SK (T9325) HSS
T5	Středící vrták s průměrem špičky 1 mm	Stimzet	A100100V000S	HSS
T6	Tvrdokovový vrták s válč. stopkou ϕ 9 mm	Stimzet	F180900V700S	SK
T7	Záhlubník s válcovou stopkou	Stimzet	C259124F000S	HSS
T8	VBD hrubovací Nůž pro vnější soustružení levý	Pramet Pramet	CNMM 120408 E-NR PCLNL 3225 P16	SK (T9325) HSS

V tabulce 20 je sestavený technologický postup. V první operaci dojde k opracování celé jedné strany příruby a vyvrtání děr ležících mimo osu obrobku, za použití poháněného nástrojového vřetena. V druhé operaci se opracuje druhá strana příruby a srazí hrany děr ležících mimo osu obrobku. Po dokončení vrtání se soustruh vypne, vytáhne se součást a přemístí se ke kontrole rozměrů.

Tab. 20 Technologický postup [8, 17].

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		
Materiál: 11 375	Polotovar: ϕ 115-23 ČSN EN 10060	Hrubá hmotnost: 1,71 kg	Čistá hmotnost: 0,85 kg	
Číslo operace:	Název, označení stroje:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Nástroje a měřidla:
1/1	Pásová pila Pegas 220 x 250 GH-R 05967	Dělna	Řezat materiál ϕ 115 na délku $23 \pm 0,15$. Kontrolovat nařezanou délku četnost 100 %.	T1 M1
2/2	CNC soustruh SP 280 SMC Kovosvit MAS 34156	Obrobna	Upnout do sklíčidla za ϕ 115 vysunutého z levého vřetena za délku 3. Zarovnat čelo. Hrubovat z ϕ 115 na ϕ 110 v délce 18. Hrubovat z ϕ 110 na ϕ 55 v délce 4. Srazit hrany $1 \times 45^\circ$ na ϕ 110. Vrtat průchozí díru ϕ 25. Soustružit z ϕ 25 na ϕ 37,2 do hloubky 25 od čela. Soustružit z ϕ 37,2 na ϕ 42,4 do vzdálenosti 12 od čela. Navrtat středícím vrtákem 6 děr po 60° na roztečné kružnici ϕ 80. Vrtat 6 průchozích děr ϕ 9 do hloubky 15.	T2 T2 T2 T2 T3 T4 T4 T5 T6

			Srazit 6x hrany 0,3x45°.	T7
3/3	CNC soustruh SP 280 SMC Kovosvit MAS 34156	Obrobna	Upnout do pravého vřetena za ϕ 110. Zarovnat čelo Hrubovat z ϕ 115 na ϕ 57 v délce 2. Srazit hrany 1x45° na ϕ 110. Srazit 6x hrany 0,3x45° po 60° na roztečné kružnici ϕ 80.	T8 T8 T8 T7
4/4	KONTROLA 09863		Kontrolovat vzhledem tvar a míry 100 %. Kontrolovat díru ϕ 37,2 a ϕ 42,4, četnost 20 %. Kontrolovat umístění děr na začátku směny.	M1, M2, M3, M4
5/5	EXPEDICE		Razit číslo výkresu pomocí raznic na hranu vnějšího průměru. Konzervovat, balit, expedovat.	

4 VYPRACOVÁNÍ TPV

Tato kapitola obsahuje ukázkový výpočet strojních časů pro vybrané operace a také posouzení celkového výrobního času zadané součástky na univerzálním stroji a na CNC stroji. V přílohách 8 a 9 jsou sestaveny návody k daným operacím se stanovenými řeznými podmínkami a grafickým vyjádřením. Příloha 10 obsahuje část NC programu pro výrobu součásti na CNC stroji.

4.1 Výpočet strojních časů

Základní vztah potřebný pro výpočet strojních časů [4]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (4.1)$$

kde: v_c – řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$],
 D – průměr obrobku [mm],
 n – otáčky obrobku [min^{-1}].

Matematické vyjádření výpočtu otáček ze vzorce 4.1:

$$n = \frac{10^3 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (4.2)$$

Výpočet strojního času pro podélné soustružení válcové plochy a pro vrtání, dle literatury [3, 4]:

$$t_{AS} = \frac{L_n \cdot i}{n \cdot f} = \frac{(l_n + l_i + l_p) \cdot i}{n \cdot f} \quad (4.3)$$

kde: n – otáčky obrobku [min^{-1}],
 f – posuv obrobku [mm],
 L_n – dráha nástroje [mm],
 l_n – délka náběhu [mm],
 l_p – délka přeběhu [mm],
 l_i – délka soustružené plochy [mm],
 i – počet záběrů [-].

Výpočet strojního času pro čelní soustružení při konstantních otáčkách dle literatury [4, 20]:

$$t_{AS} = \frac{(D_{\max} + 2 \cdot l_n) - (D_{\min} - 2 \cdot l_p)}{2 \cdot n \cdot f} \quad (4.4)$$

kde: n – otáčky obrobku [min^{-1}],
 f – posuv obrobku [mm],
 D_{\max} – maximální průměr [mm],
 D_{\min} – průměr díry [mm],
 l_n – délka náběhu [mm],
 l_p – délka přeběhu [mm].

Výpočet strojního času pro univerzální soustruh pro operaci 2/2 hrubování z ϕ 115 na ϕ 110. Jedná se o podélné soustružení válcové plochy, nejprve se vychází ze vztahu 4.2, ze kterého se stanoví otáčky obrobku a poté dosadí do vztahu 4.3.

$$n = \frac{10^3 \cdot 238}{\pi \cdot 115} = 660 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(2 + 17 + 0)}{660 \cdot 0,4} = 0,072 \text{ min}$$

Při výpočtu strojního času pro čelní soustružení, pro operaci 3/3 zarovnání čela se vychází ze vztahu 4.4, neboť se jedná o soustružení mezikruží.

$$t_{AS} = \frac{(115 + 2 \cdot 1,5) - (37,2 - 2 \cdot 1,5)}{2 \cdot 660 \cdot 0,4} = 0,159 \text{ min}$$

4.2 Vedlejší časy

Vedlejší časy při výrobě byly stanoveny dle normativu vrtačky [21]. V tomto normativu jsou zpracovány vedlejší časy úkonů, jako je upínání obrobku do sklíčidla, zapnutí a vypnutí otáček, zapnutí a vypnutí posuvu, výměna nástrojů, očištění, také časy potřebné k měření a mnoho stejných operací, které se dají použít jak pro vrtačku, tak i pro univerzální a CNC soustruh. U metody s využitím univerzálního soustruhu je velké množství vedlejších časů, od obrábění na soustruhu až po vrtání děr na vrtačce. Vedlejší čas pro technologický postup výroby s využitím univerzálního soustruhu a ostatních strojů byl stanoven na 1,42 min. A pro CNC soustruh byl vedlejší čas stanoven na 0,41 min. Tento čas je kratší neboť je stroj plně automatizovaný, člověk zde pouze stroj zapne a vypne, vytáhne obrobek. Nástroje jsou uloženy v revolverové hlavě, tak časy na výměnu nástrojů jsou mnohem rychlejší.

4.3 Celkový čas na obrobení součásti na univerzálním a CNC soustruhu

Tab. 21 Časy na výrobu součásti.

Číslo operace	Univerzální soustruh a další potřebné stroje [min]	CNC soustruh [min]
2/2	0,920	1,229
3/3	0,282	0,394
4/4	1,290	–
5/5	0,169	–
Vedlejší časy	1,420	0,410
Celkové časy	4,081	2,033

5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V předchozích kapitolách byly zpracovány dva technologické postupy, tak i ekonomické zhodnocení bude rozděleno na část týkající se výroby součásti na univerzálním soustruhu a na CNC soustruhu. Hlavními hledisky, ve kterých se tyto metody budou porovnávat, jsou náklady, které je nutno vynaložit na vybavení stroje nástroji potřebnými pro výrobu a mzdy dělníků obsluhujících stroje. Dalším hlediskem jsou náklady na materiál a spotřeba elektrické energie. Závěrem v ekonomickém zhodnocení bude stanovení dávky, pro kterou se vyplatí součást vyrábět na univerzálním nebo na CNC stroji.

5.1 Náklady na nástroje, měřidla a materiál

V následujících tabulkách (tab. 22-24) jsou zpracovány náklady na nástroje. Tyto náklady se budou u každé z variant lišit, neboť je zvolen odlišný způsob výroby. Pro dosažení základního tvaru součásti jsou u obou variant použity stejné výměnné břitové destičky, ale ostatní nástroje se liší. Měřidla jsou stejná pro obě varianty, jen u CNC soustruhu jsou použity dva kalibry navíc, jedná se o nenormalizované kalibry a v této kalkulaci jejich náklady zanedbáme.

Tab. 22 Parametry použitých nástrojů pro konvenční soustruh [11, 12, 13].

Druh nástroje	Označení	Počet břitů/Počet naostření nástrojů [-]	Trvanlivost [min]	Cena [Kč]	Čas nástroje v záběru [min]
Pilový pás	Bomar	–	300	487	2,060
VBD	CNMM 120408 E-NR	4	15	214	0,701
	DNMG 110402 E-FF	4	15	229	0,116
Držák VBD	PCLNR 3225 P16	–	–	1874	–
	S25T – PDUNR 11	–	–	4456	–
Vrtáky	A100100V000S	2	15	38	0,134
	A211000T000S	2	15	48	0,223
	A823400F000S	15	15	702	0,143
	A400900V000S	15	15	237	1,006
	C259124F000S	15	15	177	0,338

Tab. 23 Parametry použitých nástrojů pro CNC soustruh [11, 12, 13, 18].

Druh nástroje	Označení	Počet břitů /Počet naostření nástroje [-]	Trvanlivost [min]	Cena [Kč]	Čas nástroje v záběru [min]
Pilový pás	Bomar	–	300	487	2,060
VBD	CNMM 120408 E-NR	4	15	214	0,336
	CNMM 120408 E-NR	4	15	214	0,225
	CNMG 090304E-FM	4	15	169	0,180
	SCET 070308-UD	4	15	294	0,065
Držák VBD	PCLNR 3225 P16	–	–	1874	–
	A16M-PCLNR 09	–	–	3880	–

Vrtáky	802D-25-50-S32	–	–	7750	–
	A100100V000S	2	15	38	0,115
	F180900V700S	15	15	820	0,364
	C259124F000S	15	15	177	0,338

Ukázkový výpočet počtu potřebných VBD pro hrubování pro sérii 500 kusů pro univerzální soustruh:

$$P = \frac{t_z \cdot s_v}{T \cdot p_b} \quad (5.1)$$

kde: P - Počet VBD,
 t_z - čas destičky v záběru,
 s_v - výrobní série,
T - trvanlivost destičky,
 p_b - počet břitů na destičce.

$$P = \frac{0,701 \cdot 500}{15 \cdot 4} = 5,842 \Rightarrow 6 \text{ destiček}$$

Vrtáky z HSS a ze SK pro vyšší série budou zakoupeny minimálně po 2 kusech z důvodu zajištění nepřetržité výroby během broušení jednoho z nástrojů. Pozice nástrojů jsou stanoveny dle nástrojových listů v kapitole 3.1.3 a kapitole 3.2.3.

Tab. 24 Počet potřebných nástrojů.

Pozice nástroje	Série pro konvenční stroj [ks]									
	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
T2	1	1	1	2	3	6	12	24	59	117
T3	1	1	1	1	2	5	9	18	45	90
T4	1	1	1	2	3	8	15	30	75	149
T5	1	1	1	1	2	2+3	2+8	2+18	3+42	7+83
T6	1	1	1	1	1	1	2	4	10	20
T7	1	2	2 + 2	2+5	2+12	3+31	5+63	9+126	23+313	45+626
T8	1	1	2	2+1	2+3	2+10	2+21	3+43	8+105	16+210
Cena [Kč]	1645	1882	2159	2621	4073	6756	11631	21094	52349	104851
Pozice nástroje	Série pro CNC stroj [ks]									
	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
T2	1	1	1	1	2	3	6	12	28	56
T3	2	2	2	2	2	2	4	6	12	22
T4	1	1	1	1	1	2	3	6	15	30
T5	1	1	1	1	2	4	8	16	39	77
T6	1	1	2	2+1	2+3	2+11	2+23	4+45	9+113	17+226
T7	1	1	2	2+1	2+3	2+10	2+21	4+42	8+105	16+210
T8	1	1	1	1	1	2	4	8	19	38
Cena [Kč]	2265	2265	3262	3362	3814	5282	8456	14924	37974	74502

Pozn. Značení + v tabulce znamená počet broušení.

5.2 Náklady na materiál

Z nabídky od firmy Z-Group Steel holding byla zvolena jako výchozí materiál válcovaná tyč z materiálu 11 375 o průměru 115 mm. Její hmotnost je $81,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ [5]. Od obchodní referentky Železárny Hrádek byla zjištěna cena 17 Kč/kg. Hmotnost polotovaru je 1,71 kg, tato hmotnost byla zjištěna pomocí software Inventor 2014 v kapitole 2.3 a jejích podkapitolách. Ze vzorce 5.2 je vyjádřena hmotnost potřebné tyče pro výrobu a ze vzorce 5.3 vyjádřena cena tohoto množství materiálu.

$$m = m_p \cdot s_v \quad (5.2)$$

kde: m - hmotnost tyčí pro výrobní sérii,
 m_p - hmotnost polotovaru pro výrobu součásti,
 s_v - výrobní série.

$$C = m \cdot c_{kg} \quad (5.3)$$

kde: C - cena tyčí pro výrobní sérii,
 m - hmotnost tyčí pro výrobní sérii,
 c_{kg} - cena za kilogram tyče.

$$m = m_p \cdot s = 1,71 \cdot 10 = 17,1 \text{ kg}$$

$$C = m \cdot c_{kg} = 17,1 \cdot 17 = 290,7 \text{ Kč}$$

Tab. 25 Hmotnost a cena materiálu pro různé série výroby.

Série	Hmotnost [kg]	Cena [Kč]
10	17,1	290,7
20	34,2	581,4
50	85,5	1453,5
100	171	2907
200	342	5814
500	855	14535
1000	1710	29070
2000	3420	58140
5000	8550	145350
10000	17100	290700

5.3 Náklady na mzdy

Pro pracoviště s univerzálním soustruhem i pro pracoviště s CNC soustruhem je zvolen jeden pracovník obsluhující stroj. Mzda dělníka za provedení práce, je získána z času normovaného, který se skládá z času práce jednotkové, dávkové a směnové a z času obecně nutných přestávek, do nichž jsou započteny přestávky na osobní potřeby a na osobní očistu [22].

Výpočet koeficientu přírážky směnového času [22]:

$$k_c = \frac{T_{sm}}{T_{sm} - t_c} \quad (5.4)$$

kde: k_c - koeficient přírážky směnového času,
 T_{sm} - normální čas směny,
 t_c - čas na přípravu, úklid pracoviště a osobní potřeby.

Doporučený odhad na přípravu a úklid pracoviště 20 minut a pro přestávku dělníka na osobní potřeby a osobní očistu 25 minut. Normální čas směny počítáme 8 hodin (480 minut) [22].

$$k_c = \frac{480}{480 - 45} = 1,10345$$

Ukázka výpočtu normy jednotkového času s přírážkou směnového času pro CNC soustruh [22]:

$$t_{AC} = t_A \cdot k_c \quad (5.5)$$

kde: k_c - koeficient přírážky směnového času,
 t_{AC} - norma času jednotkového s přírážkou času směnového,
 t_A - jednotkový čas.

$$t_{AC} = 2,033 \cdot 1,10345 = 2,243 \text{ Nmin. ks}^{-1}$$

Ukázka výpočtu normy dávkového času s přírážkou směnového času pro CNC soustruh pro dávku 10 kusů [22]:

$$t_{BC} = t_B \cdot k_c \quad (5.6)$$

$$t_B = d_{vd} \cdot t_A \quad (5.7)$$

$$t_B = 10 \cdot 2,033 = 20,33 \text{ min}$$

$$t_{BC} = 20,33 \cdot 1,10345 = 22,433 \text{ Nmin. dávka}^{-1}$$

kde: k_c - koeficient přírážky směnového času,
 t_{BC} - norma času dávkového s přírážkou času směnového,
 t_B - dávkový čas,
 d_{vd} - velikost dávky.

Většinou se do výroby zadává více kusů než jeden, tedy výrobní dávka. Díky tomu se rozdělí dávkový čas počtem kusů v dávce a tím ses níží normovaný čas na operaci [22]. Výpočet optimálního normovaného času:

$$t_{op} = \frac{t_{AC} + t_{BC}}{d_{vd}} \quad (5.8)$$

kde: t_{AC} - norma času jednotkového s přírážkou času směnového,
 t_{BC} - norma času dávkového s přírážkou času směnového,
 d_v - velikost dávky.

$$t_{op} = \frac{2,243 + 22,433}{10} = 2,468 \text{ Nmin. ks}^{-1}$$

Výpočet nákladů na mzdu dělníků

Mzda pracovníka na univerzálním soustruhu je 130 Kč/hod a pro pracovníka na CNC stroji je stanovena hodinová sazba na 160 Kč. Výpočet byl proveden v aplikaci Microsoft Excel 2011, v tabulce 26 jsou uvedeny zaokrouhlené hodnoty, ale samotný výpočet probíhal bez zaokrouhlování.

Tab. 26 Náklady na provoz strojů pro jednotlivé série.

Série [ks]	Norma směnového času na dávku		Náklady na mzdy soustružníka [Kč]	Norma směnového času na dávku		Náklady na mzdy CNC obsluhy [Kč]
	[Nmin]	[Nhod]		[Nmin]	[Nhod]	
10	49,53	0,826	107,3	24,68	0,411	65,8
20	94,57	1,576	204,9	47,11	0,785	125,6
50	229,66	3,828	497,6	114,41	1,907	305,1
100	454,82	7,580	985,4	226,57	3,776	604,2
200	905,14	15,086	1961,1	450,91	7,515	1202,4
500	2256,09	37,602	4888,2	1123,90	18,732	2997,1
1000	4507,68	75,128	9766,6	2245,56	37,426	5988,2
2000	9010,86	150,181	19523,5	4488,87	74,815	11970,3
5000	22520,40	375,340	48794,2	11218,81	186,980	29916,8
10000	45036,30	750,605	97578,6	22435,38	373,923	59827,7

5.4 Náklady na elektřinu

U metody výroby na univerzálním soustruhu je potřebný další stroj, kterým je radiální rychlovrtačka. Pro druhou metodu výroby součásti je pouze jeden stroj a tím je CNC soustruh. V tab. 27 jsou uvedené stroje a jejich příkony a čas běhu stroje na jednu součást. Aktuální cena elektřiny 1 kWh je stanovena na 4,75 Kč [23].

Tab. 27 Hmotnost a cena materiálu pro různé série výroby.

Stroj	Příkon stroje [kW]	Doba běhu stroje na jednu součást [min]
Univerzální soustruh	5,2	1,202
Radiální rychlovrtačka	6,5	1,344
Celkem	11,7	2,546
CNC soustruh	22	1,623

Tab. 28 Náklady na provoz strojů pro jednotlivé série.

Série [ks]	Čas chodu univerzální soustruhu a rychlovrtačky	Náklady na provoz univ. soust. [Kč]	Čas chodu pro CNC soustruh	Náklady na provoz CNC soustruhu [Kč]
	[hod]		[hod]	
10	0,444	2,1	0,427	2,0
20	0,887	4,2	0,815	3,9

50	2,218	10,5	1,980	9,4
100	4,435	21,1	3,921	18,6
200	8,870	42,1	7,804	37,1
500	22,175	105,3	19,450	92,4
1000	44,350	210,7	38,862	184,6
2000	88,700	421,3	77,685	369,0
5000	221,750	1053,3	194,154	922,2
10000	443,500	2106,6	388,269	1844,3

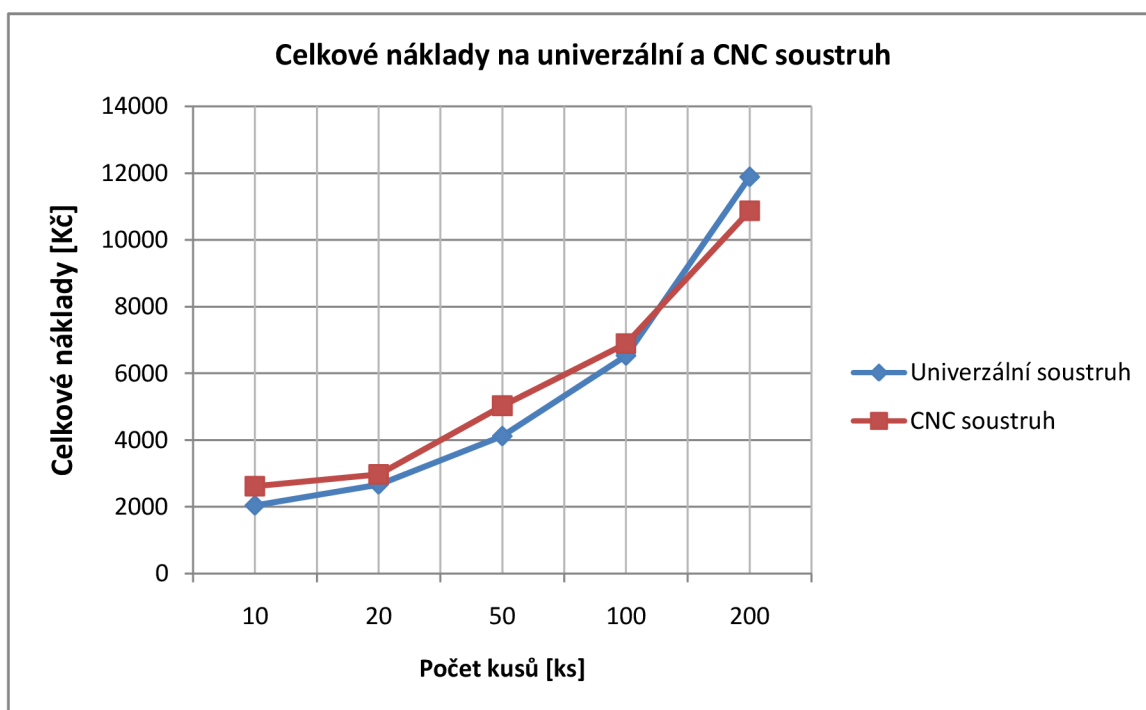
5.5 Celkové náklady na výrobu

Tab. 29 Celkové náklady pro univerzální soustruh pro dané série.

Série [ks]	Nástroje [Kč]	Materiál [Kč]	Elektřina [Kč]	Mzda [Kč]	Celkem [Kč]
10	1645	290,7	2,1	107,3	2045,1
20	1882	581,4	4,2	204,9	2672,5
50	2159	1453,5	10,5	497,6	4120,6
100	2621	2907	21,1	985,4	6534,5
200	4073	5814	42,1	1961,1	11890,2
500	6756	14535	105,3	4888,2	26284,5
1000	11631	29070	210,7	9766,6	50678,3
2000	21094	58140	421,3	19523,5	99178,8
5000	52349	145350	1053,3	48794,2	247546,5
10000	104851	290700	2106,6	97578,6	495236,2

Tab. 30 Celkové náklady pro CNC soustruh pro dané série.

Série [ks]	Nástroje [Kč]	Materiál [Kč]	Elektřina [Kč]	Mzda [Kč]	Celkem [Kč]
10	2265	290,7	2	65,8	2623,5
20	2265	581,4	3,9	125,6	2975,9
50	3262	1453,5	9,4	305,1	5030
100	3362	2907	18,6	604,2	6891,8
200	3814	5814	37,1	1202,4	10867,5
500	5282	14535	92,4	2997,1	22906,5
1000	8456	29070	184,6	5988,2	43698,8
2000	14924	58140	369	11970,3	85403,3
5000	37974	145350	922,2	29916,8	214163
10000	74502	290700	1844,3	59827,7	426874



Obr. 16 Graf celkových nákladů pro univerzální a CNC soustruh.

Průnik obou čar, je hodnota, od které se vyplatí použít CNC soustruh, do této hodnoty je vhodnější univerzální soustruh. Přibližná hodnota průniku je 120 kusů.

6 DISKUZE

Prvním úkolem bylo stanovit vhodný materiál pro danou součást, tak aby byly splněny požadované materiálové vlastnosti. Zvoleným materiálem byla ocel 11 375. Důležitým faktorem pro volbu materiálu součásti bylo, aby byl materiál svařitelný, neboť pokud by se nedal svařit, nebyla by zajištěna požadovaná funkčnost součásti a nemohlo by být uskutečněno spojení topné trasy a oběhového čerpadla. Zvolená ocel je ocel 11 375 se zaručenou svařitelností.

V kapitole návrh a výpočet polotovaru jsou zvoleny rozměry polotovaru výpočtem. Tento výpočet není příliš přesný a jeho použitelnost je především pro kusovou výrobu. Pro výrobu dané součásti byl zvolen normalizovaný polotovar ϕ 115, který pro danou součást dostačuje. Při sériové výrobě by se dalo uvažovat o použití výkovků vzhledem k vysokému odpadu materiálu.

V kapitole návrh technologie výroby je rozdělení na výrobu na univerzálním soustruhu a CNC soustruhu. Univerzální soustruh byl zvolen z důvodu konzultace s odborníkem z praxe, který stejný stroj obsluhoval. Moderní CNC stroj byl volen se dvěma vřeteny pro zkrácení strojního času a minimalizaci lidského faktoru při výrobě. Většina nástrojů pro výrobu byla zvolena od firmy Pramet Tools, z jejichž katalogu se podařilo získat potřebné informace o vlastnostech vybraných nástrojů i o jejich ceně. Pro operace vrtání byly zvoleny nástroje od firmy Stimzet, která vyrábí vysoce kvalitní řezné nástroje a specializuje se na nástroje na vrtání otvorů. Nástroje na kontrolu rozměrů jsou u obou metod podobné, jen pro CNC pro případ velkosériové výroby, jsou pro zkrácení časů kontroly stanoveny nenormalizované polotovary, které je možno vyrobit na zakázku.

Vedlejší časy výroby, jako jsou upnutí obrobku, spuštění stroje a další byly z důvodu malých znalostí z praxe stanoveny na základě odborného odhadu z normativu vrtačky, ve kterém jsou podobné úkony definovány s délkou jejich trvání.

Kromě stanovení časů je v příloze 10 uvedena ukázka NC programu v nejzákladnější verzi programování pomocí základních příkazů G00 a G01. Kromě základní verze by bylo možné použít verzi s využitím standardních vrtacích cyklů, kde není nutné rozepisovat jednotlivé pojezdy. Zadají se pouze parametry děr s najetím souřadnic děr a vyvolá se vrtací cyklus, který vykoná operaci.

V technicko ekonomickém zhodnocení je zvolena trvanlivost pilového pásu na 300 minut kde doba řezání je 2,06 minuty. Trvanlivost byla stanovena po konzultaci s odborníkem od firmy Bomar, podle jehož rady se všeobecně udává 1 až 1,5 m² plného materiálu na 1 metr pilového pásu, přičemž závisí na chlazení, rychlosti pilového pásu a rychlosti posuvu řezu. Cenou a počet pilových pásu se v kalkulaci nezapočítává, neboť je pro obě varianty technologického postupu stejná. Vrtáky z HSS použité pro CNC i univerzální soustruh budou ostřeny, maximální počet ostření je 15.

ZÁVĚR

Zadáním této práce bylo sestavení technologického procesu pro součást příruba. Technologický proces byl vypracován pro dva způsoby výroby. Jedním ze způsobů výroby bylo obrábění na starším univerzálním hrotovém soustruhu a druhým způsobem výroby byla výroba na CNC soustruhu. Vypracování technologického procesu bylo z teoretického hlediska, bez realizace výroby součásti.

Zvolený polotovár pro výrobu součásti na obou strojích je stejně velký, jedná se o polotovár délky 23 mm o průměru 115 mm, který se dělí na pásové pily z normalizované tyče o délce 3 m. Z volby polotovaru a výpočtu normy spotřeby materiálu vyplývá také stupeň využití materiálu, který by se měl pohybovat v rozmezí od 0,4 do 0,8. Vypočtený stupeň využití materiálu je 0,47. Který se vešel do teoretického intervalu pro obrábění.

Po stanovení stojů a nástrojů byl sestaven technologický postup pro obě varianty výroby.

Pro variantu s univerzálním soustruhem vyšel celkový výrobní čas jedné součásti na 4,081 min, ve kterém jsou započítány vedlejší časy na manipulaci s polotovarem a obsluhou stroje. Pro CNC soustruh je celkový čas přibližně poloviční, a to 2,033 min.

Náklady výrobu součásti se skládají z nákladů na nástroje, materiál, mzdy dělníků a náklady na elektřinu. Z těchto nákladů byly stanoveny celkové náklady, ze kterých byl stanoven graf množství kusů, od kterého se vyplatí součást vyrábět na modernějším CNC stroji. Množství kusů, které se z hlediska nákladů vyplatí vyrábět na univerzálním soustruhu je do 120 kusů součásti. Větší množství je výhodnější na CNC stroji. Například náklady na výrobu 10 kusů na univerzálním soustruhu jsou 2045,1 Kč, což je o 578,4 Kč levnější než na CNC stroji. Naopak pro výrobu 200 kusů už jsou náklady na výrobu výhodnější pro CNC stroj.

Z ekonomického hlediska je výhodnější univerzální soustruh zařadit do kusové výroby a CNC stroj je výhodnější zařadit do sériové výroby.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PÍŠKA, Miroslav. *Speciální technologie obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
- [2] ČSN 41 1375. *Ocel 11 375*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [3] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [4] ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-x.
- [5] Z - Group Steel Holding. Z - GROUP STEEL HOLDING. [online]. [vid. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.steel-holding.cz/cs/sortiment/tyce/ocel-valcovana-za-tepla-kruhova-ocel-v-tycich.html>
- [6] KOČMAN, Karel a Jiří PERNIKÁŘ. *Ročníkový projekt II – obrábění*. [online]. [vid. 2015-03-26]. Zpracováno v rámci projektu studijních opor v kombinované formě bakalářského studia "Strojírenská technologie". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002, 26 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf
- [7] MIKOVEC, Miroslav. *Příručka pro soustružníky*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1972, 404 s. ISBN 04-226-72.
- [8] PEGAS GONDA s.r.o: Manuální pásová pila 220 x 250 MAN-R. *PEGAS GONDA s.r.o* [online]. [vid. 2015-03-06]. Dostupné z: http://www.pegas-gonda.cz/cz/pily/pasova-pila-na-kov-pegas_113.htm
- [9] *Katalog obráběcích a tvářecích strojů* [online]. 2002 [vid. 2015-03-06]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/ssn32_1.html
- [10] *Katalog obráběcích a tvářecích strojů* [online]. 2002 [vid. 2015-03-06]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/sg34nc_1.html
- [11] *Fipas pásové pily* [online]. 2015 [vid. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.pilous-pily.cz/eshop/bomar-stg-200-pilovy-pas-2450x27x09-m51-34z>
- [12] *Katalog Pramet: Soustružení* [online]. 2014 [vid. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.pramet.cz/cz/ke-stazeni.html>
- [13] STIM ZET a.s. *Nástroje na obrábění otvorů STIM ZET a.s. 2013*. [online]. [vid. 2015-03-16] Dostupné z: http://stimzetzsetin.cz/down/Katalog_STIMZET_2013.pdf
- [14] M&B CALIBR IVANČICE. [online]. [vid. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.mbcaltbr.cz/prodej-produkt-26-posuvne-meritko-kinex-digi.html>
- [15] *BTC - Nářadí: Válečkové kalibry* [online]. [vid. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.btc-naradi.cz/btc-naradi/eshop/1-1-Vyprodej/221-4-prumer-5-0-9-9-mm/5/1545-Valeckovy-kalibr-D-9-H11//download#anch1>
- [16] Kovosvit Mas: *CNC soustruhy* [online]. [vid. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/produkty/technologie-soustruzeni/cnc-soustruhy/sp-280>
- [17] SP line: *Číslicově řízené soustruhy 280* [online]. [vid. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/upload/products/pdf/sp-280-1415364895.pdf>

- [18] *Katalog Pramet: Obrábění dř* [online]. 2014 [vid. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.pramet.cz/cz/ke-stazeni.html>
- [19] *Michovský tools: Kalibry* [online]. 2014 [vid. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.kalibry.cz/kalibry/valeckove-kalibry/>
- [20] HUMÁR, Anton. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Technologie I.: Technologie obrábění - 1. část*. Brno, 2003. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [21] ZEMČÍK, Oskar. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Jednotné normativy: Vrtáčky*. 2006. vyd. Brno, 2006, 91 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/technologicke_procesy_etr/ETR_cviceni_03/normativ_vrtacky.pdf
- [22] NĚMEC, Vladimír. *Projektový management*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002, 182 s. Poradce. ISBN 80-247-0392-0.
- [23] Energie123. *Cena 1kWh* [online]. [vid. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>
- [24] ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-7300-207-8.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer numerice control
ČSN	[-]	Česká státní norma
EN	[-]	Evropská norma
HSS	[-]	High speed steel
NC	[-]	Numerical control
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
SK	[-]	slinutý karbid
TPV	[-]	technologická příprava výroby

Symbol	Jednotka	Popis
A_{min}	[%]	tažnost
C	[Kč]	cena tyčí pro výrobní sérii
D	[mm]	průměr obrobku
D_{max}	[mm]	maximální průměr
D_{min}	[mm]	průměr díry
L	[mm]	délka
L_n	[mm]	dráha nástroje
L_t	[mm]	celková délka tyče
L_v	[mm]	délka vrtáku se stopkou
N_m	[-]	norma spotřeby materiálu
P	[ks]	počet VBD
R_{emin}	[MPa]	nejnižší mez kluzu
R_m	[MPa]	pevnost v tahu
T	[min]	trvanlivost destičky
T_{sm}	[min]	normální čas směny
Z_m	[kg]	celkové ztráty materiálu na jednici
Z_ϕ	[mm]	přídavek na průměr
a_p	[mm]	šířka záběru ostří

c_{kg}	[Kč]	cena za kilogram tyče
d	[mm]	průměr hotového obrobku
d_p	[mm]	průměr polotovaru
d_v	[mm]	průměr vrtáku
d_{vd}	[ks]	velikost dávky
f	[mm]	posuv na otáčku
i	[-]	počet záběrů
k_c	[-]	koeficient přírážky směnového času
k_m	[-]	stupeň využití materiálu
l	[mm]	délka polotovaru
l_i	[mm]	délka soustružené plochy
l_k	[mm]	délka nevyužitého konce tyče
l_n	[mm]	délka náběhu
l_p	[mm]	délka přeběhu
l_v	[mm]	délka šroubovice
m	[kg]	hmotnost tyčí pro výrobní sérii
m_o	[kg]	hmotnost hotové součásti
m_p	[kg]	hmotnost polotovaru
n	[min ⁻¹]	otáčky
p	[mm]	přídavek na průměr
p_b	[ks]	počet břitů na destičce
p_t	[ks]	počet přířezů z jedné tyče
q_d	[kg]	ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici
q_k	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče
q_o	[kg]	ztráta vzniklá obráběním
s	[mm]	šířka prořezu
s_v	[ks]	výrobní série
t_A	[min]	jednotkový čas
t_{AC}	[Nmin.ks ⁻¹]	norma času jednotkového s přírážkou směnového
t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas

t_B	[min]	dávkový čas
t_{BC}	[Nmin.dávka ⁻¹]	norma času dávkového s přírážkou směnového
t_c	[min]	čas na přípravu, úklid pracoviště a osobní potřeby
t_{op}	[Nmin.ks ⁻¹]	optimální normovaný čas
t_z	[min]	čas destičky v záběru
v_c	[mm.min ⁻¹]	řezná rychlost
λ	[-]	poměr délky ku průměru
ρ	[kg.m ⁻³]	hustota

SEZNAM PŘÍLOH

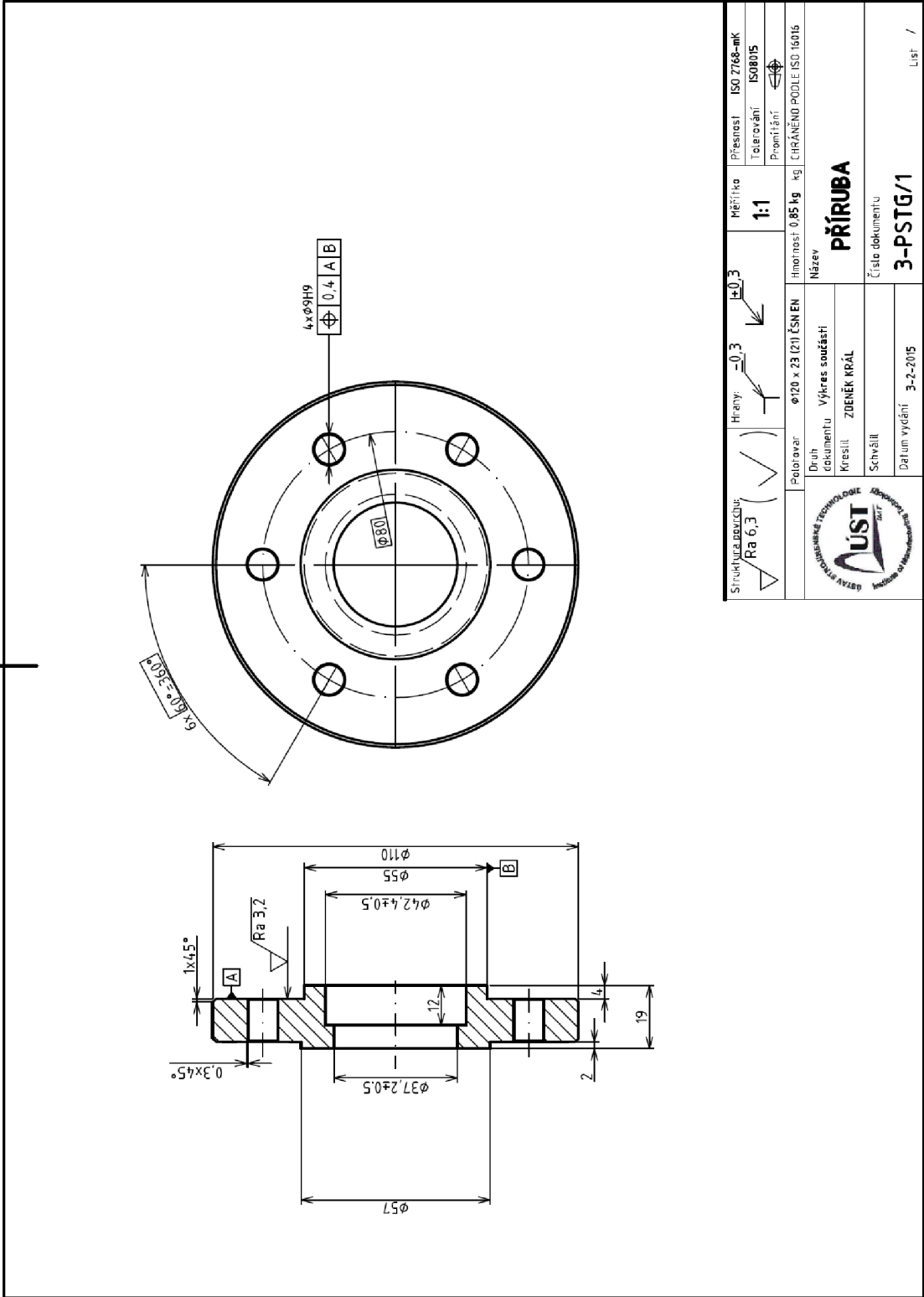
- Příloha 1 Výkres součásti
- Příloha 2 Parametry pásové pily Pegas 220x250 MAN-R a příslušenství
- Příloha 3 Parametry Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENDS
- Příloha 4 Parametry radiální rychlovrtačky G 34 NC GOOS
- Příloha 5 Pilový pás pro pásovou pilu
- Příloha 6 Základní koncepce stroje SP 280 SMC
- Příloha 7 Povlak VBD pro soustružení
- Příloha 8 Návodky pro univerzální soustruh
- Příloha 9 Návodky pro CNC soustruh
- Příloha 10 NC program na vrtání středících důlků pro díry ležící mimo osu

PŘÍLOHA 1

Výkres součásti

VTVORENÝ VE VTVOROVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VTVORENÝ VE VTVOROVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK













VTVORENÝ VE VTVOROVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

STUKTURĚ DOKUMENTU Ra 6,3	Hrany: -0,3	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768-mK
✓			Tolerování ISO 8015
			Prostřání
			ČÍSLOVĚNO PODLE ISO 16016
Podobař $\phi 120 \times 231$ ESN EN	Hmotnost 0,85 kg	Název PŘÍRUBA	
Druh dokumentu Kresli Schválil	Výkres součásti ZBĚNĚK KRÁL	Číslo dokumentu 3-PTG/1	
			Úst /
			3-2-2015

VTVORENÝ VE VTVOROVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

PŘÍLOHA 2

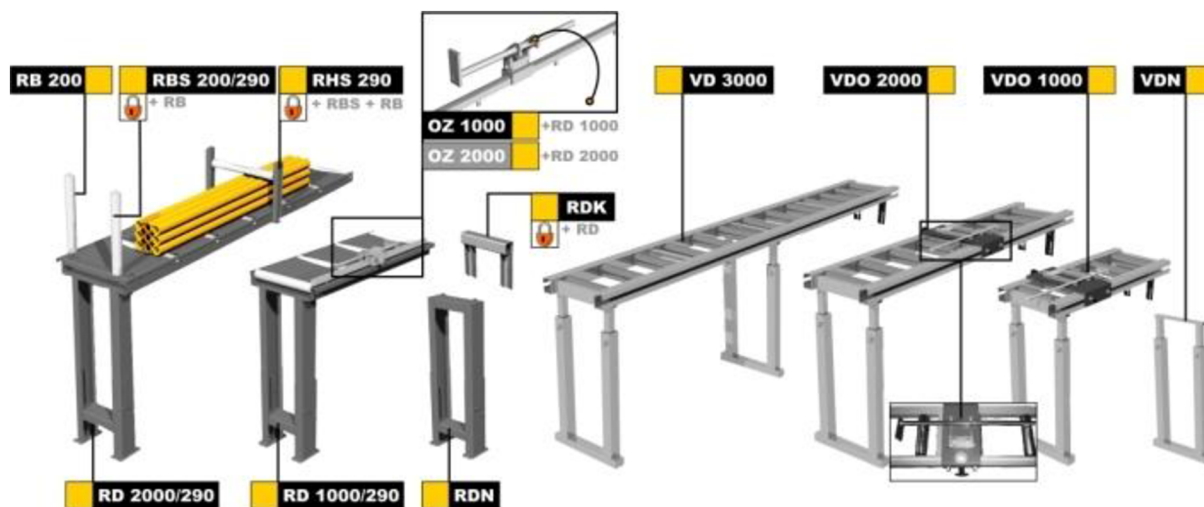
Parametry pásové pily Pegas 220x250 MAN-R a příslušenství (válečkový dopravník) [8]

	 0°	 45°	 60°	 45°	 60°	
	220	160	90	x	x	x
	120*	85*	55*	x	x	x
 a x b	230x190	160x90	90x90	x	x	230x120
 a x b	230x190	140x190	80x160	x	x	230x120

*doporučené hodnoty

	 kW	 m/min	 mm	 kg
3x400V	0,75/1,1	35/65	2450x27x0,9	260

L	Bmin	Bmax	Hmax	Hmin	V
1200	-	650	1500	1800	925



PŘÍLOHA 3

Parametry Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENS [9]

Pracovní rozsah		
Oběžný průměr nad ložem	330	mm
Oběžný průměr nad supportem	168	mm
Vzdálenost mezi hroty	750	mm
Maximální hmotnost obrobku	132	kg
Vřeteno		
Rozsah otáček	14 – 2500	min-1
Výkon hlavního motoru	4	kW
Stroj		
Celkový příkon	5,2	kVA
Rozměry		
Délka	2225	mm
Šířka	1000	mm
Výška	1375	mm
Hmotnost	1540	kg

PŘÍLOHA 4

Parametry radiální rychlovrtáčky G 34 NC GOOS [10]

Pracovní rozsah		
Max, průměr vrtání		
Do oceli o pevnosti 650 MPa	45	mm
Do šedé litiny o pevnosti 250 MPa	52	mm
Zdvih sloupu vrtačky	400	mm
Rychlost zdvihu sloupu	50	mm.s ⁻¹
Posun příčnicku	400	mm
Rychlost posuvu příčnicku	630	mm.s ⁻¹
Vřeteník		
Kužel ve vřetenu	MORSE	
Max. zdvih vřetena	170	mm
Rozsah otáček vřetena	38-3000	min ⁻¹
Rozsah posuvů	0,05-0,45	mm
Délka vřetena (krátké/dlouhé)	13/145	mm
Stroj		
Výkon hlavního elektromotoru	6,5	kW
Rozměry		
Délka	2000	mm
Šířka	1200	mm
Výška	2450	mm
Hmotnost	1750	kg

PŘÍLOHA 5

Pilový pás pro pásovou pilu [11]

TABULKA VELIKOSTI ZUBŮ PRO RŮZNÉ DRUHY MATERIÁLŮ					
PROFILOVÝ MATERIÁL			PLNÝ MATERIÁL		
t (mm)	PILOVÝ PÁS POČET ZUBŮ NA PALEČ		a (mm)	PILOVÝ PÁS POČET ZUBŮ NA PALEČ	
	zesílený	variabilní		konstantní	variabilní
0 - 2		10 / 14	0 - 10	18z	10 / 14
0 - 4		10 / 14	0 - 30	14	10 / 14
4 - 6	8 / 11	8 / 12	20 - 50	10	8 / 12
6 - 9	5 / 7	6 / 10	25 - 60	8	6 / 10
9 - 13	5 / 7	5 / 8	35 - 80	6	5 / 8
13 - 16	4 / 6	4 / 6	50 - 100	4	4 / 6
18 - 22	3 / 4	3 / 4	80 - 150	3	3 / 4
20 - 30	2 / 3	2 / 3	120 - 350	2	2 / 3
30 - 70		1.4 / 2	250 - 600	1.25	1.4 / 2

M 42 - Univerzální pás, vhodný pro širokou paletu materiálů, včetně nástrojových ocelí do tvrdosti 45 HRC. Pro plné i profilové materiály.
 M 51, QXP - Vhodný pro řezání většiny nástrojových a nerezových ocelí s tvrdostí do 50 HRC. Převážně pro plné materiály.
 M 42 P - Pilový pás pro dělení profilových materiálů se zesíleným ozubením proti vylomení.

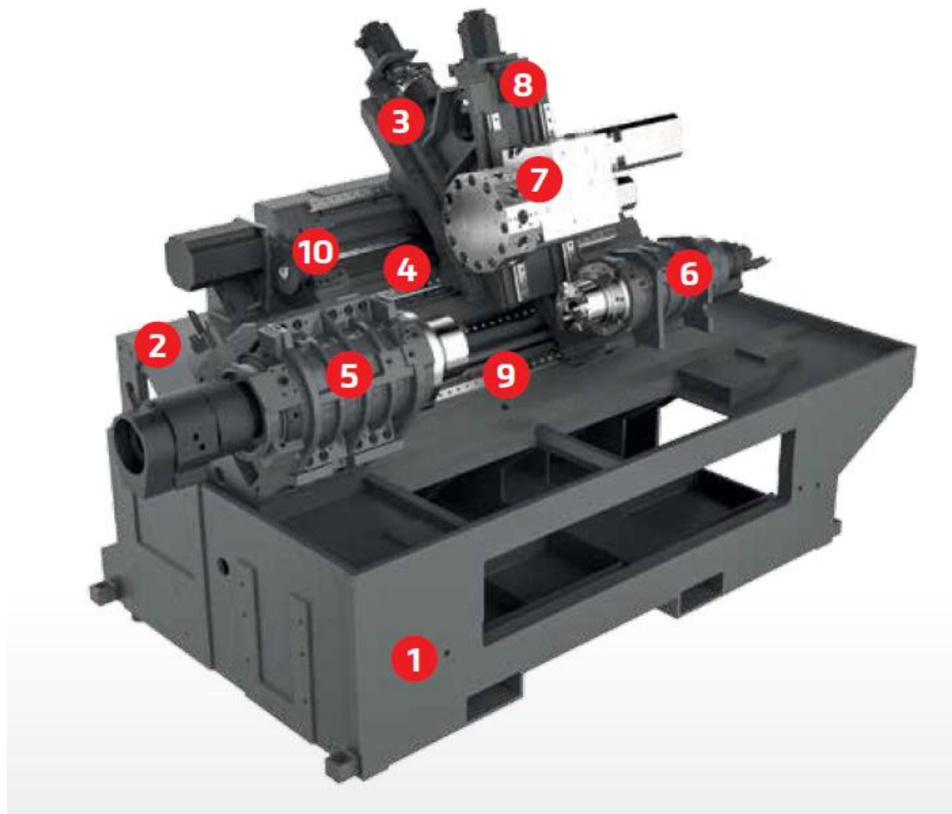
FIPAS – pily na kov s.r.o.
 Arbesova 866, 337 01 Rokycany
www.fipas.cz, info@fipas.cz
 tel: 371 720 100, mob: 607 574 313

PILOVÉ PÁSY • PÁSOVÉ PILY NA KOV • BRUSIVO • CHLADÍCÍ KAPALINY

PŘÍLOHA 6

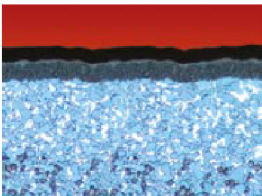
Základní koncepce stroje SP 280 SMC [17]

- 1| Základ stroje // Основание станка
- 2| Lože // Станина
- 3| Saně - posuv v ose Y' // Салазки - подача по оси Y'
- 4| Saně - posuv v ose Z1 // Салазки - подача по оси Z1
- 5| Hlavní vřeteno // Главный шпиндель
- 6| Protivřeteno // Контршпиндель
- 7| Nástrojová hlava // Инструментальная головка
- 8| Valivé vedení - osa X1 // Направляющая качения - ось X1
- 9| Valivé vedení - osa ZS // Направляющая качения - ось ZS
- 10| Valivé vedení - osa Z1 // Направляющая качения - ось Z1



PŘÍLOHA 7

Povlak VBD pro soustružení [12]

T9325	10 20 30 40					P	M	K	N	S	H	
	05	15	25	35	45							
												
						■						<ul style="list-style-type: none"> - funkčně gradientní substrát - střední obsah kobaltové pojící fáze - středně silný povlak nanesený metodou MT-CVD - vysoce univerzální materiál s velmi dobrou provozní spolehlivostí - povrch je speciálně upraven po povlaku - prioritně určený pro obrábění materiálů skupiny P a M dále K a S - střední a vyšší řezné rychlosti - kontinuální i přerušovaný řez - nepříznivé záběrové podmínky
							■					<ul style="list-style-type: none"> - funkčně gradientní substrát - střední obsah kobaltové spájací fáze - středně silný povlak nanesený metodou MT-CVD - vysokouniverzální materiál s velmi dobrou provozní spolehlivostí - povrch je speciálně upraven po povlaku - prioritně určený pro obrábění materiálů skupiny P a M, dále K a S - střední a vyšší rezní rychlosti - kontinuální aj přerušovaný řez - nepříznivé záběrové podmínky
									■			<ul style="list-style-type: none"> - funkčně gradientní substrát - střední obsah kobaltové spájací fáze - středně silný povlak nanesený metodou MT-CVD - vysokouniverzální materiál s velmi dobrou provozní spolehlivostí - povrch je speciálně upraven po povlaku - prioritně určený pro obrábění materiálů skupiny P a M, dále K a S - střední a vyšší rezní rychlosti - kontinuální aj přerušovaný řez - nepříznivé záběrové podmínky

PŘÍLOHA 8 (1/4)

Návodky pro univerzální soustruh

Výrobní návodka								
Součást: Příklad					Číslo výkresu: 3-PSTG/1			
Stroj: Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENS			Polotovary: $\phi 120-21$ ČSN EN 42 5510			Materiál: 11 375		
								Číslo operace: 2/2
						<p>Č. op. - číslo operace</p> <p>v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]</p> <p>n - otáčky [min^{-1}]</p> <p>i - počet třísek [-]</p> <p>f - posuv na otáčku [mm]</p> <p>a_p - šířka záběru ostří [mm]</p> <p>L - dráha nástroje [mm]</p> <p>t_{AS} - strojní čas [min]</p>		
Č. op.	Popis práce	v_c	n	f	i	a_p	L	t_{AS}
		[$m \cdot min^{-1}$]	[min^{-1}]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[min]
2/2	Zarovnat čelo	238	660	0,4	1	1	60	0,227
2/2	Hrubovat z $\phi 115$ na $\phi 110$	238	660	0,4	1	2,5	19	0,072
2/2	Hrubovat z $\phi 110$ na $\phi 55$	230	660	0,4	1	4	30	0,114
2/2	Srazit hrany	230	660	0,4	1	1,5	1,5	0,006
2/2	Navrtat středící důlek	20	2000	0,06	-	-	2,3	0,019
2/2	Předvrtat $\phi 10$	23	700	0,16	-	-	25	0,223
2/2	Vrtat $\phi 34$	30	350	0,32	-	-	25	0,143
2/2	Soustružit načisto $\phi 37,2$	270	2300	0,2	1	0,8	23	0,050
2/2	Soustružit načisto $\phi 42,4$	280	2100	0,2	2	1,3	14	0,066
Celkem čas operace 2/2								0,920
Vytvořil: Zdeněk Král			Datum: 4.4.2015			Schválil:		

PŘÍLOHA 8 (2/4)

Návodky pro univerzální soustruh

Výrobní návodka																
Součást: Příklad						Číslo výkresu: 3-PSTG/1										
Stroj: Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENS				Polotovary: $\phi 120-21$ ČSN EN 42 5510												
						Materiál: 11 375										
								Číslo operace: 3/3								
						<table border="1"> <tr> <td>č. op. - číslo operace</td> </tr> <tr> <td>v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]</td> </tr> <tr> <td>n - otáčky [min^{-1}]</td> </tr> <tr> <td>i - počet třísek [-]</td> </tr> <tr> <td>f - posuv na otáčku [mm]</td> </tr> <tr> <td>a_p - šířka záběru ostří [mm]</td> </tr> <tr> <td>L - dráha nástroje [mm]</td> </tr> <tr> <td>t_{AS} - strojní čas [min]</td> </tr> </table>			č. op. - číslo operace	v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]	n - otáčky [min^{-1}]	i - počet třísek [-]	f - posuv na otáčku [mm]	a_p - šířka záběru ostří [mm]	L - dráha nástroje [mm]	t_{AS} - strojní čas [min]
č. op. - číslo operace																
v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]																
n - otáčky [min^{-1}]																
i - počet třísek [-]																
f - posuv na otáčku [mm]																
a_p - šířka záběru ostří [mm]																
L - dráha nástroje [mm]																
t_{AS} - strojní čas [min]																
Č. op.	Popis práce	v_c	n	f	i	a_p	L	t_{AS}								
		[$m \cdot min^{-1}$]	[min^{-1}]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[min]								
3/3	Zarovnat čelo	238	660	0,4	1	3	42	0,159								
3/3	Hrubovat z $\phi 115$ na $\phi 57$	238	660	0,4	1	2	31	0,117								
3/3	Srazit hrany	230	660	0,4	1	1,5	1,5	0,006								
Celkem čas operace 3/3								0,282								
Vytvořil: Zdeněk Král				Datum: 4.4.2015		Schválil:										

PŘÍLOHA 8 (3/4)

Návodky pro univerzální soustruh

Výrobní návodka																
Součást: Příruba						Číslo výkresu: 3-PSTG/1										
Stroj: Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENS				Polotovar: $\phi 120-21$ ČSN EN 42 5510												
				Materiál: 11 375												
								Číslo operace: 4/4								
				<table border="1"> <tr> <td>č. op. - číslo operace</td> </tr> <tr> <td>v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]</td> </tr> <tr> <td>n - otáčky [min^{-1}]</td> </tr> <tr> <td>i - počet třísek [-]</td> </tr> <tr> <td>f - posuv na otáčku [mm]</td> </tr> <tr> <td>a_p - šířka záběru ostří [mm]</td> </tr> <tr> <td>L - dráha nástroje [mm]</td> </tr> <tr> <td>t_{AS} - strojní čas [min]</td> </tr> </table>					č. op. - číslo operace	v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]	n - otáčky [min^{-1}]	i - počet třísek [-]	f - posuv na otáčku [mm]	a_p - šířka záběru ostří [mm]	L - dráha nástroje [mm]	t_{AS} - strojní čas [min]
č. op. - číslo operace																
v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]																
n - otáčky [min^{-1}]																
i - počet třísek [-]																
f - posuv na otáčku [mm]																
a_p - šířka záběru ostří [mm]																
L - dráha nástroje [mm]																
t_{AS} - strojní čas [min]																
Č. op.	Popis práce	v_c	n	f	i	a_p	L	t_{AS}								
		[$m \cdot min^{-1}$]	[min^{-1}]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[min]								
4/4	Navrtat středící důlek	20	2000	0,06	6	-	2,3	0,115								
4/4	Vrtat díru $\phi 9$	22	780	0,13	6	-	17	1,006								
4/4	Zkosit hrany	22	780	0,15	6	-	3,3	0,169								
Celkem čas operace 4/4								1,290								
Vytvořil: Zdeněk Král			Datum: 4.4.2015			Schválil:										

PŘÍLOHA 8 (4/4)

Návodky pro univerzální soustruh

Výrobní návodka								
Součást: Příklad						Číslo výkresu: 3-PSTG/1		
Stroj: Univerzální hrotový soustruh SN 32 TRENS				Polotovary: $\phi 120-21$ ČSN EN 42 5510				
						Materiál: 11 375		
								Číslo operace: 5/5
						č. op. - číslo operace v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$] n - otáčky [min^{-1}] i - počet třísek [-] f - posuv na otáčku [mm] a_p - šířka záběru ostří [mm] L - dráha nástroje [mm] t_{AS} - strojní čas [min]		
Č. op.	Popis práce	v_c	n	f	i	a_p	L	t_{AS}
		[$m \cdot min^{-1}$]	[min^{-1}]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[min]
5/5	Zkosit hrany	22	780	0,15	6	-	3,3	0,169
Celkem čas operace 5/5								0,169
Vytvořil: Zdeněk Král			Datum: 4.4.2015			Schválil:		

PŘÍLOHA 9 (1/2)

Návodky pro CNC soustruh

Výrobní návodka																
Součást: Příruba						Číslo výkresu: 3-PSTG/1										
Stroj: CNC soustruh SP 280 SMC Kovosvit MAS				Polotovary: $\phi 120-23$ ČSN EN 42 5510												
						Materiál: 11 375										
						Číslo operace: 2/2										
						<table border="1"> <tr> <td>č. op. - číslo operace</td> </tr> <tr> <td>v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]</td> </tr> <tr> <td>n - otáčky [min^{-1}]</td> </tr> <tr> <td>i - počet třísek [-]</td> </tr> <tr> <td>f - posuv na otáčku [mm]</td> </tr> <tr> <td>a_p - šířka záběru ostří [mm]</td> </tr> <tr> <td>L - dráha nástroje [mm]</td> </tr> <tr> <td>t_{AS} - strojní čas [min]</td> </tr> </table>			č. op. - číslo operace	v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]	n - otáčky [min^{-1}]	i - počet třísek [-]	f - posuv na otáčku [mm]	a_p - šířka záběru ostří [mm]	L - dráha nástroje [mm]	t_{AS} - strojní čas [min]
č. op. - číslo operace																
v_c - řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]																
n - otáčky [min^{-1}]																
i - počet třísek [-]																
f - posuv na otáčku [mm]																
a_p - šířka záběru ostří [mm]																
L - dráha nástroje [mm]																
t_{AS} - strojní čas [min]																
Č. op.	Popis práce	v_c	n	f	i	a_p	L	t_{AS}								
		[$m \cdot min^{-1}$]	[min^{-1}]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[min]								
2/2	Zarovnat čelo	195	540	0,6	1	1	60	0,185								
2/2	Hrubovat z $\phi 115$ na $\phi 110$	195	540	0,6	1	2,5	19	0,057								
2/2	Hrubovat z $\phi 110$ na $\phi 55$	195	565	0,6	1	4	30	0,088								
2/2	Srazit hrany	230	665	0,4	1	1,5	1,5	0,006								
2/2	Vrtat díru $\phi 25$	200	2550	0,15	1	-	25	0,065								
2/2	Soustružit načisto $\phi 37,2$	230	2000	0,3	3	2	25	0,125								
2/2	Soustružit načisto $\phi 42,4$	245	1800	0,3	2	1,3	15	0,055								
2/2	Navrtat středící důlky	20	2000	0,06	6	-	2,3	0,115								
2/2	Vrtat díru $\phi 9$	80	2800	0,1	6	-	17	0,364								
2/2	Srazit hrany $0,3 \times 45^\circ$	22	780	0,15	6	-	3,3	0,169								
Celkem čas operace 2/2								1,229								
Vytvořil: Zdeněk Král			Datum: 4.4.2015			Schválil:										

PŘÍLOHA 9 (2/2)

Návodky pro CNC soustruh

Výrobní návodka																
Součást: Příklad					Číslo výkresu: 3-PSTG/1											
Stroj: CNC soustruh SP 280 SMC Kovosvit MAS				Polotovary: $\phi 120-23$ ČSN EN 42 5510												
					Materiál: 11 375											
								Číslo operace: 3/3								
					<table border="1"> <tr><td>č. op. - číslo operace</td></tr> <tr><td>v_c - řezná rychlost [m.min⁻¹]</td></tr> <tr><td>n - otáčky [min⁻¹]</td></tr> <tr><td>i - počet třísek [-]</td></tr> <tr><td>f - posuv na otáčku [mm]</td></tr> <tr><td>a_p - šířka záběru ostří [mm]</td></tr> <tr><td>L - dráha nástroje [mm]</td></tr> <tr><td>t_{AS} - strojní čas [min]</td></tr> </table>				č. op. - číslo operace	v_c - řezná rychlost [m.min ⁻¹]	n - otáčky [min ⁻¹]	i - počet třísek [-]	f - posuv na otáčku [mm]	a_p - šířka záběru ostří [mm]	L - dráha nástroje [mm]	t_{AS} - strojní čas [min]
č. op. - číslo operace																
v_c - řezná rychlost [m.min ⁻¹]																
n - otáčky [min ⁻¹]																
i - počet třísek [-]																
f - posuv na otáčku [mm]																
a_p - šířka záběru ostří [mm]																
L - dráha nástroje [mm]																
t_{AS} - strojní čas [min]																
Č. op.	Popis práce	v_c	n	f	i	a_p	L	t_{AS}								
		[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[min]								
3/3	Zarovnat čelo	195	540	0,6	1	3	42	0,130								
3/3	Hrubovat z $\phi 115$ na $\phi 57$	195	540	0,6	1	2	31	0,09								
3/3	Srazit hrany 1x45°	230	665	0,4	1	1,5	1,5	0,005								
3/3	Srazit hrany 0,3x45°	22	780	0,15	6	-	3,3	0,169								
Celkem čas operace 3/3								0,394								
Vytvořil: Zdeněk Král			Datum: 4.4.2015		Schválil:											

PŘÍLOHA 10

NC program na vrtání středících důlků pro díry ležící mimo osu [24]

N10 G00 G53 G40	Vymazat korekce, vymazat posunutí.
N20 G92	Absolutní programování.
N30 G00 Z200	Odjetí na výměnu nástroje.
N40 M06 T5 D1	Výměna nástroje, korekce nástroje.
N50 M03 S2000	Spustit otáčky vřetene ve směru hodinových ručiček.
N60 G00 X40 Y0 Z5	Najetí nad pozici díry.
N70 G01 Z-2,3	Navrtání středícího důlku.
N80 G01 Z5	Vyjetí pracovním posuvem ze záběru.
N90 G00 X20 Y35	Najetí rychloposuvem na pozici další díry.
N100 G01 Z-2,3	Navrtání středícího důlku.
N110 G01 Z5	Vyjetí pracovním posuvem ze záběru.
N120 G00 X-20 Y35	Najetí rychloposuvem na pozici další díry.
N130 G01 Z-2,3	Navrtání středícího důlku.
N130 G01 Z5	Vyjetí pracovním posuvem ze záběru.
N140 G00 X-40 Y0	Najetí rychloposuvem na pozici další díry.
N150 G01 Z-2,3	Navrtání středícího důlku.
N160 G01 Z5	Vyjetí pracovním posuvem ze záběru.
N170 G00 X-20 Y-35	Najetí rychloposuvem na pozici další díry.
N180 G01 Z-2,3	Navrtání středícího důlku.
N190 G01 Z5	Vyjetí pracovním posuvem ze záběru.
N200 G00 X20 Y-35	Najetí rychloposuvem na pozici další díry.
N210 G01 Z-2,3	Navrtání středícího důlku.
N220 G01 Z5	Vyjetí pracovním posuvem ze záběru.
N230 G00 G53 G40 Z200	Odjetí na výměnu nástroje, smazání korekcí a posunutí.