

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE PRO OBRÁBĚNÍ SOUČÁSTI "VÍKO-PŘÍRUBA"

SOLUTION TECHNOLOGY FOR CUTTING OPERATION OF "COVER" PART

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUBOŠ CHLÁD

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Luboš Chlád

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:

Návrh technologie pro obrábění součásti "víko-příruba"

v anglickém jazyce:

Technology solution with cutting operation of "cover" component

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor součásti "víko-příruba", základní technologická kritéria. Navržení technologie (samostatná varianta versus větvení technologického postupu pro náhradní stroj). Využití CNC strojů u obráběcích operací a navržení nářadí ze slinutých karbidů. Doložení technologické dokumentace pro potřebu TPV. Ekonomické porovnání.

Cíle bakalářské práce:

Sestavení technologie pro charakteristické přírbové součásti. Orientace ve výběru strojů a nářadí. Vyhodnocení trvanlivosti nářadí. Porovnání variant technologie.

Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOČMAN, K. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.



prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu




prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

V návrhu technologie součásti víko je zpracován rozbor součásti, návrh polotovaru a technologie výroby. Jsou zvoleny konkrétní stroje a nástroje pro výrobu, dále je vypracován technologický postup výroby. Na závěr je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, které se zabývá výpočtem časů u jednotlivých operací, počtu strojů, nástrojů a dělníků.

Klíčová slova

Soustružení, vyměnitelná břitová destička, slinutý karbid, nástroj.

ABSTRACT

In mentioned solution technology of cover part is processed component analysis, proposal of semi-finished product and production technology. In this thesis are selected concrete cutting machines, tools and technological process is elaborated. At the end the techno-economic evaluation is done. This evaluation deals with calculation of times for separate cutting operations, number of machines, tools and workers.

Key words

Turning, indexable cutting insert, cemented carbide, tool.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CHLÁD, Luboš. *Návrh technologie pro obrábění součásti "víko-příruba": Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 38 s., 8 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Návrh technologie pro obrábění součásti "víko-příruba"* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

21. 5. 2011

.....
Luboš Chlád

Poděkování

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

OBSAH

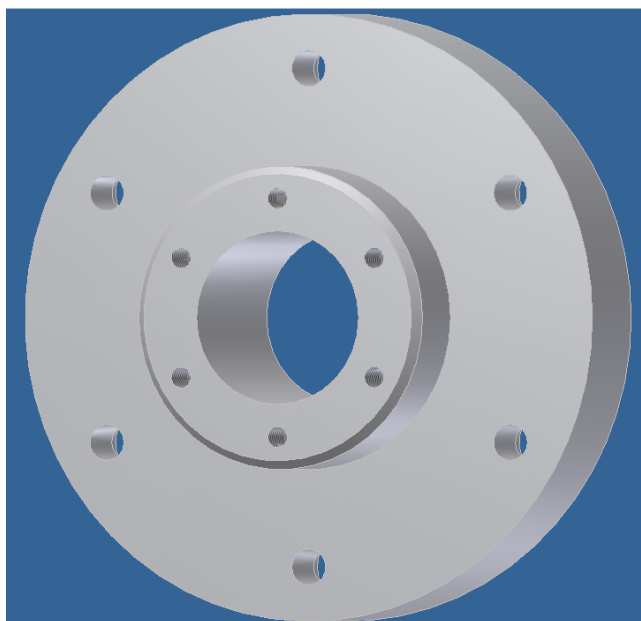
Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod	8
1 ROZBOR SOUČÁSTI	9
1.1 Tvar součásti	9
1.2 Materiál součásti	9
1.3 Obrobitelnost materiálu součásti	10
1.4 Přesnosti obrobených ploch.....	11
2 NÁVRH POLOTOVARU	12
2.1 Materiál polotovaru	12
2.2 Rozměry polotovaru	12
2.3 Výpočet normy spotřeby materiálu.....	13
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	18
3.1 Technologie výroby.....	18
3.1.1 Řezání	18
3.1.2 Soustružení	18
3.1.3 Vrtání.....	18
3.2 Výrobní stroje.....	18
3.2.1 Všeobecná pravidla CNC strojů.....	18
3.2.2 Návrh výrobních strojů.....	19
3.3 Výrobní nástroje	20
3.3.1 Všeobecná pravidla pro návrh nástrojů	20
3.3.2 Návrh nástrojů.....	20
3.3.3 Trvanlivost nástroje.....	26
3.4 Technologický postup výroby.....	26
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	28
4.1 Stanovení výrobních časů	28
4.2 Výpočet strojů a jejich využití	29
4.3 Počet dělníků	30
4.4 Výpočet ploch	31
4.5 Spotřeba nářadí.....	31
Závěr	33
Seznam použitých zdrojů	34
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	36
Seznam příloh	38

ÚVOD

Tato práce řeší sestavení technologie pro součást víko-příruba (Obr. 1). Práce obsahuje rozbor součásti a návrh polotovaru, ve kterém jsou stanoveny rozměry polotovaru a je vypočítáno využití materiálu příruby včetně výpočtu všech ztrát materiálu (dělením materiálu, obráběním přídatků a rozměrově nevyužitelného konce tyče). V závislosti na tvaru a složitosti příruby jsou zvoleny konkrétní stroje a nástroje pro výrobu.

V technologickém postupu výroby jsou navrženy všechny operace potřebné k výrobě zadané součásti. Operace jsou seřazeny podle funkčních požadavků příruby. Stroje jsou vybrány podle jednotlivých operací, tak jak následují po sobě. Jedná se o typickou rotační součást, která je obráběna soustružením. Ve výrobních návodkách jsou stanoveny základní řezné podmínky pro výrobu. Příruba je vyráběna v počtu tisíců kusů ročně.

Technicko-ekonomické zhodnocení se zabývá stanovením strojních časů pro jednotlivé operace, výpočtem počtů strojů a dělníků. Počet nástrojů a vyměnitelných břitových destiček pro výrobu jsou teoreticky vypočítány podle počtu vyráběných kusů.

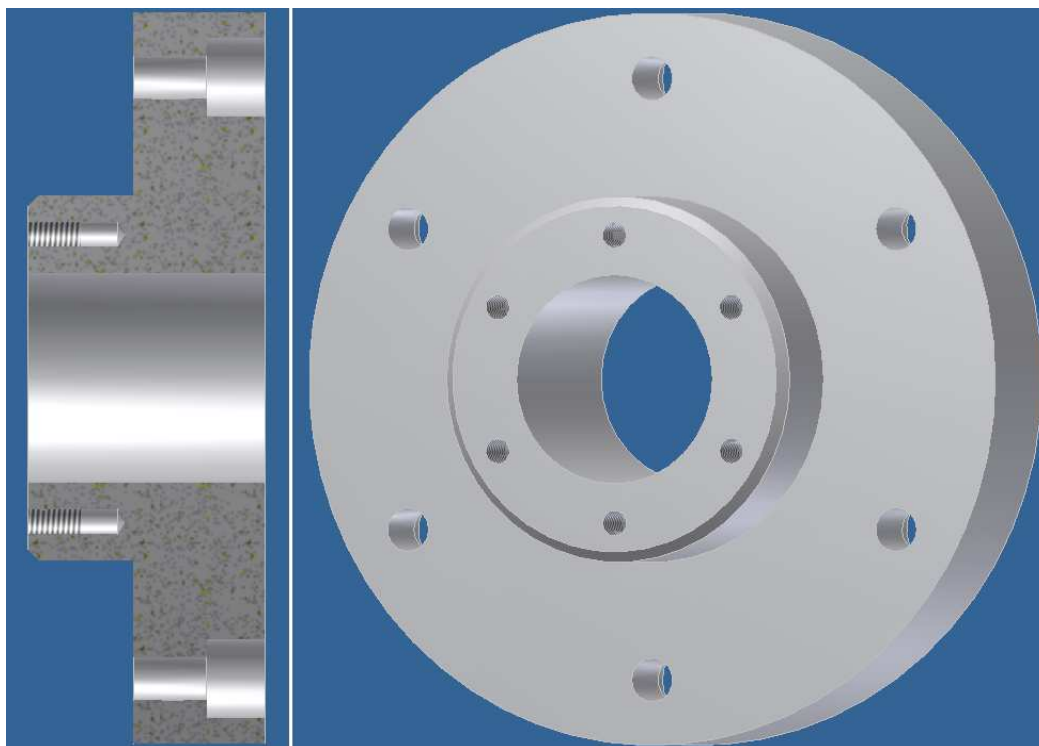


Obr. 1 Víko.

1 ROZBOR SOUČÁSTI

Výroba součásti je zvolena podle materiálu, tvaru a požadované přesnosti zadané součásti (Obr. 1.1).

V sérii je zvolena výroba 20 000 ks součástí.



Obr. 1.1 Součást (řez a pohled).

1.1 Tvar součásti

Rotační součást je charakterizována přírubovým tvarem. Příruba obsahuje ve své rotační ose funkční díru $\varnothing 40H9$. Na roztečné kružnici $\varnothing 115$ mm je 6 zahloubených děr po 60° pro upevnění protisoučásti a na menší roztečné kružnici $\varnothing 55$ mm je 6 neprůchozích děr s určitou délkou (17 mm) a s danou délkou závitu (10 mm).

1.2 Materiál součásti

Materiál ČSN 11 500 – ocel konstrukční (max. 0,35 % C), svařitelnost obtížná. Strojní součásti namáhané staticky i dynamicky: hřídele, ozubená kola, strojní součásti soustružené, čepy, kolíky, podložky, příruby, pouzdra, základové desky, šrouby, matice, kladky apod. Kovové součásti tepelných energetických zařízení^{4,5}.

Tabulka 1.1 Mechanické vlastnosti oceli ČSN 11 500⁴.

Mez pevnosti R_m [MPa]	470 až 610
Mez kluzu $R_{e\ min}$ [MPa]	245
Tvrdość HB	max. 268
Třída odpadu	001

Tabulka 1.2 Označení oceli dle EN normy⁵.

Označení dle ČSN	Označení dle ČSN EN 10027-1	Norma EN	Označení W. Nr.
11 500	E295	10025	1.0050

Tabulka 1.3 Tepelné zpracování oceli ČSN 11 500⁴.

Tepelné zpracování	Teplota [°C]	Poznámka
Normalizační žihání	850 až 880	-
Žihání na měkko	680 až 720	-
Kalení	850 až 870	Voda, olej
Popouštění	530 až 670	Vzduch

1.3 Obrobitelnost materiálu součásti

Všeobecná pravidla:

Obrobitelnost je vlastnost materiálu charakterizující jeho vhodnost k obrábění. Nejdůležitější vlastnosti ovlivňující obrobitelnost jsou:

- tvrdost a pevnost,
- tvárnost,
- tepelná vodivost,
- zpevnění zastudena,
- vměstky,
- přísady pro zlepšení obrobitelnosti¹.

Další faktory s vlivem na obrobitelnost jsou: struktura materiálu, stav obrobku, legující prvky a stav povrchové vrstvy. Obrobitelnost závisí i na způsobu obrábění a řezných podmínkách. Strojírenské materiály jsou rozděleny do devíti skupin, označovaných malými písmeny abecedy (b – oceli). Materiály v jednotlivých skupinách se zařazují do dvaceti tříd obrobitelnosti. Nejhubě obrobitelná je třída 1 a nejlépe třída 20^{1,2}.

K řešené součásti:

tyče ocelové kruhové válcované za tepla z materiálu ČSN 11 500 mají obrobitelnost 14b, která patří mezi lépe obrobitelné materiály.

1.4 Přesnosti obroběných ploch

Všeobecná pravidla:

obráběcí proces se koná různými metodami obrábění. K nejvíce používaným metodám obrábění patří soustružení, frézování, vrtání, vyhrubování a vystružování. Každá metoda obrábění má jiný stupeň přesnosti rozměrů (IT) po obrobění. Uvedené metody jsou charakterizovány použitím nástrojů s definovanou geometrií břitu a v současné době představují nejvíce využívané aplikace při obrábění strojírenských součástí².

K řešené součásti:

na výkresu příruby (Příloha 1) je jedna plocha v přesnosti IT8 a jedna plocha v přesnosti IT9. Příruba obsahuje tři plochy s vyššími nároky na průměrnou aritmetickou úchylku Ra. K výrobě stanovených přesností obroběných ploch příruby jsou zapotřebí soustružení (vnější a vnitřní) a vrtání – Tab. 1.4.

Tab. 1.4 Dosahované parametry přesnosti obroběných ploch k výrobě přírub².

Metoda obrábění		Přesnost rozměrů IT		Průměrná aritmetická úchylka profilu Ra [μm]	
		střední	rozsah	střední	rozsah
Vnější rotační plochy	Soustružení				
	hrubování	13	11 až 14	25	12,5 až 50
	dokončování jemné slinutým karbidem	10 8	9 až 11 7 až 9	3,2 0,8	1,6 až 12,5 0,4 až 1,6
Vnitřní rotační plochy	Soustružení				
	hrubování	12	11 až 13	25	12,5 až 50
	dokončování	10	9 až 12	3,2	1,5 až 12,5
	Vrtání šroubovým vrtákem				
	bez vedení	13	12 až 14	6,3	6,3 až 25
	s vedením	12	10 až 13	3,2	3,2 až 25

2 NÁVRH POLOTOVARU

Pro výrobu zadané součásti byl zvolen běžný hutní materiál, což je tyč kruhového průřezu o délce 3 m. Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla dle ČSN EN 10060 (ČSN 42 5551) z materiálu ČSN 11 500.

2.1 Materiál polotovaru

Výchozím polotovarem je tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla dle ČSN 42 5551 z materiálu ČSN 11 500 (viz 1.2 Materiál součásti).

2.2 Rozměry polotovaru

Pro polotovary z tyčí válcovaných za tepla je přídavek na průměr určen z empirického vzorce⁷:

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

kde: p – přídavek na průměr [mm],
 d – největší průměr obrobku [mm].

$$p = 0,05 \cdot 140 + 2 = 9 \text{ mm}$$

Výpočet průměru polotovaru D_p :

$$D_p = d + p \quad (2.2)$$

kde: p – přídavek na průměr [mm],
 d – největší průměr obrobku [mm].

$$p = 140 + 9 = 149 \text{ mm}$$

Výpočet délky polotovaru L_p :

přídavek na délku je zvolen 2 mm.

$$L_p = l + 2 \quad (2.3)$$

Kde: l – největší délka obrobku [mm].

$$L_p = 45 + 2 = 47 \text{ mm}$$

Průměr polotovaru je zvolen 150 mm (vybrán z tabulek – nejbližší vyšší normalizovaný průměr kruhové tyče válcované za tepla). Délka polotovaru je 47 mm.

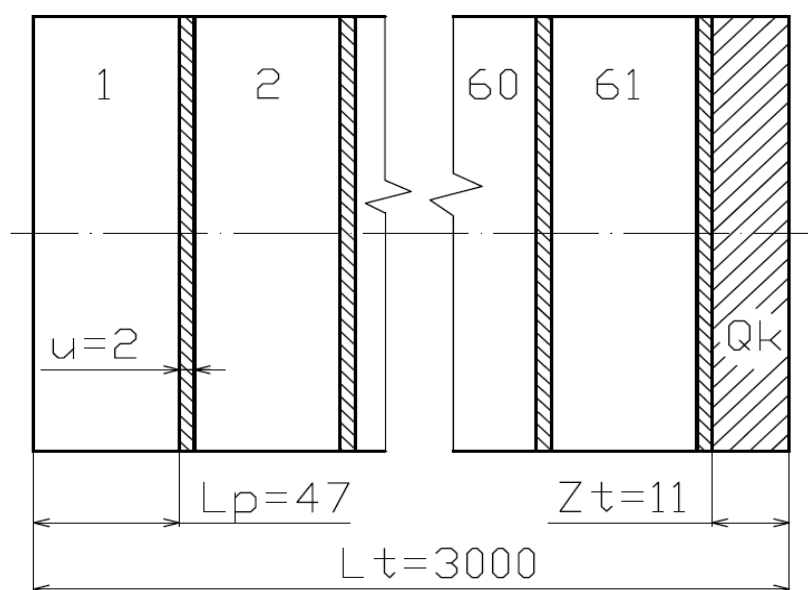
2.3 Výpočet normy spotřeby materiálu⁷

Sestavení výpočtu stupně využití materiálu je závislý na hmotnosti součásti i na normě spotřebě materiálu, ve které jsou obsaženy všechny ztráty materiálu.

Ztráty vzniklé při zpracování tyčí:

- dělení materiálu (řezání),
- obrábění přídavků,
- z konce tyče, který není rozměrově využitelný pro další výrobu.

tyč



Obr. 2.1 Schéma řezání tyče.

Počet polotovarů z jedné tyče:

$$N_p = \frac{L_t}{L_p + u} \quad (2.4)$$

kde: L_t – délka tyče [mm],
 L_p – délka polotovaru [mm],
 u – prořez pásovou pilou [mm].

$$N_p = \frac{3000}{47 + 2} = 61 \text{ ks}$$

Počet tyčí potřebných na vyrobení 20 000 ks přírub:

$$N_t = \frac{N}{N_p} \quad (2.5)$$

kde: N_p – počet polotovarů z jedné tyče [ks],
 N – počet vyráběných kusů [ks].

$$N_t = \frac{20\,000}{61} = 327,8 \Rightarrow 328 \text{ ks}$$

Nevyužitý materiál z jedné tyče:

první až předposlední tyč.

$$Zt_1 = L_t - [(L_p + u) \cdot N_p] \quad (2.6)$$

Kde: L_t – délka tyče [mm],
 L_p – délka polotovaru [mm],
 u – prořez pásovou pilou [mm],
 N_p – počet polotovarů z jedné tyče [ks],
 N – počet vyráběných kusů [ks].

$$Zt_1 = 3\,000 - [(47 + 2) \cdot 61]$$

$$Zt_1 = 11 \text{ mm}$$

Poslední tyč.

$$Zt_2 = L_t - [(L_p + u) \cdot (N - (N_t - 1) \cdot N_p)] \quad (2.7)$$

$$Zt_2 = 3\,000 - [(47 + 2) \cdot (20\,000 - 327 \cdot 61)]$$

$$Zt_2 = 403 \text{ mm}$$

Zbytek materiálu na první až předposlední tyči je rozměrově nevyužitelný. Zbytek materiálu z poslední tyče je rozměrově využitelný a může se použít na jinou zakázku. Tento materiál bude uložen zpět do skladu materiálu a nebude započítán do výpočtu ztrát.

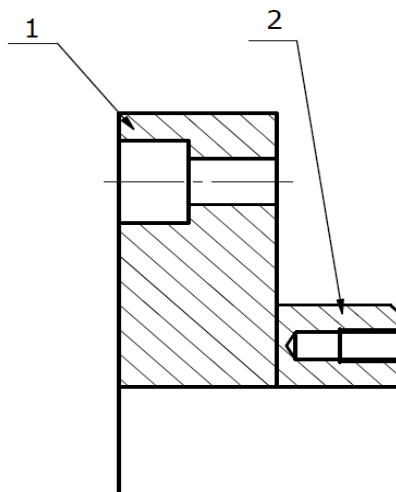
Nevyužitý materiál připadající na 1 kus příruby:

$$Z_n = \frac{Zt_1}{N_p} \quad (2.8)$$

kde: Zt_1 – nevyužitý materiál z jedné tyče [mm],
 N_p – počet polotovarů z jedné tyče [ks].

$$Z_n = \frac{11}{61} = 0,18 \text{ mm}$$

Výpočet koeficientu využití materiálu.



Obr. 2.2 Schéma úseků pro výpočet objemu a hmotnosti příruby.

Tab. 2.1 Vypočítané hodnoty objemů a hmotností.

Úsek	Objem [mm ³]	Hmotnost [kg]
1.	337 110,92	2,646
2.	489 52,30	0,384
Součást celkem	386 063,22	3,030
Polotovar	830 558,50	6,519

Pro výpočet objemů byl použit vzorec (2.9) a přepočítání hmotností dle vzorce (2.10). Rozměry součásti (viz Příloha 1 – výkres součásti).

Výpočet objemu polotovaru:

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

kde: L_p – délka polotovaru [mm],
 D_p – průměr polotovaru [mm].

$$V_p = 47 \cdot \frac{\pi \cdot 150^2}{4} = 830\,558,5 \text{ mm}^3$$

Výpočet hmotnosti polotovaru:

$$m_p = V \cdot \rho \quad (2.10)$$

kde: V_p – objem polotovaru [mm³],
 ρ – hustota oceli [kg·mm⁻³].

$$m_p = 830\,558,5 \cdot 7\,850 \cdot 10^{-9} = 6,519 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus příruby:

$$q_o = m_p - m_s \quad (2.11)$$

kde: m_p – hmotnost polotovaru [kg],
 m_s – hmotnost součásti [kg].

$$q_o = 6,519 - 3,03 = 3,489 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus příruby:

$$q_u = u \cdot \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot \rho \quad (2.12)$$

kde: u – prořez pásovou pilou [mm],
 D_p – průměr polotovaru [mm],
 ρ – hustota oceli [$\text{kg} \cdot \text{mm}^{-3}$].

$$q_u = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 150^2}{4} \cdot 7\,850 \cdot 10^{-9} = 0,277 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče:

$$Q_k = Zt_1 \cdot \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot \rho \quad (2.13)$$

kde: Zt_1 – nevyužitý materiál z jedné tyče [mm],
 ρ – hustota oceli [$\text{kg} \cdot \text{mm}^{-3}$],
 D_p – průměr polotovaru [mm].

$$Q_k = 11 \cdot \frac{\pi \cdot 150^2}{4} \cdot 7\,850 \cdot 10^{-9} = 1,526 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus příruby:

$$q_k = \frac{Q_k}{N_p} \quad (2.14)$$

kde: N_p – počet polotovarů z jedné tyče [ks],
 Q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg].

$$q_k = \frac{1,526}{61} = 0,025 \text{ kg}$$

Celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus příruby:

$$Z_m = q_k + q_u + q_o \quad (2.15)$$

kde: q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus příruby [kg],

q_u – ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus příruby [kg],

q_o – ztráta materiálu obráběním připadající na 1 ks příruby [kg].

$$Z_m = 0,025 + 0,277 + 3,489 = 3,791 \text{ kg}$$

Pro přehled jsou všechny vypočítané hodnoty uvedeny v Tab. 2.2.

Tab. 2.2 Shrnutí všech vypočítaných hodnot.

N_p – počet polotovarů z jedné tyče	61 ks
N_t – počet tyčí potřebných na vyrobení 20 000 kusů přírub	328 ks
Z_{t_1} – nevyužitý materiál z jedné tyče	11 mm
Z_{t_2} – nevyužitý materiál z poslední tyče	403 mm
Z_n – nevyužitý materiál připadající na 1 kus příruby	0,18 mm
q_o – ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus příruby	3,489 kg
q_u – ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus příruby	0,277 kg
q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus příruby	0,025 kg
Z_m – celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus příruby	3,791 kg
Q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče	1,526 kg

Norma spotřeby materiálu:

$$N_m = m_s + Z_m \quad (2.16)$$

kde: m_s – hmotnost součásti [kg],

Z_m – celkové ztráty materiálu připadající na 1 ks příruby [kg].

$$N_m = 3,03 + 3,791 = 6,821 \text{ kg}$$

Stupeň využití materiálu příruby:

$$k_m = \frac{m_s}{N_m} \quad (2.17)$$

kde: m_s – hmotnost součásti [kg],

N_m – norma spotřeby materiálu [kg].

$$k_m = \frac{3,03}{6,821} = 0,444 \Rightarrow 44,4 \%$$

Stupeň využití materiálu příruby je poměrně malý ($k_m = 44,4 \%$), a to z důvodu použití výchozího polotovaru kruhové tyče válcované za tepla. Stupeň využití materiálu se ve strojírenství udává přibližně mezi $0,4 \div 0,8^7$.

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

V návrhu technologie výroby jsou zpracovány technologie výroby, návrh výrobních strojů a nástrojů. Vypracován je i technologický postup výroby.

3.1 Technologie výroby

Použité technologie pro výrobu příruby jsou zvoleny řezání (dělení materiálu), soustružení a vrtání.

3.1.1 Řezání

Řezání polotovaru je prováděno na automatické pásové pile na kov, kde bude nařezán polotovar na délku 47 mm.

3.1.2 Soustružení

Pro výrobu příruby se použije jako hlavní metoda soustružení. Jako primární stroj se použije CNC soustružnické centrum QUICK TURN NEXUS – 300M II – 1500, které je schopno vyrobit celou součást. V případě poruchy stroje bude použit náhradní stroj soustruh – SF 48 CNC, který nezajistí výrobu na 100 % jako primární soustružnické centrum, ale z důvodu nepřerušeni hlavní výroby může být použit.

3.1.3 Vrtání

Pro výrobu děr bude použita technologie vrtání, kterou se vytváří nebo zvětšují již předvrtané díry. Výroba bude prováděna na CNC soustružnickém centru QUICK TURN NEXUS – 300M II – 1500. V případě poruchy bude použit náhradní stroj, na kterém bude vyvrtána pouze díra v ose obrobku. Ostatní díry budou dodělány na primárním stroji po jeho zprovoznění.

3.2 Výrobní stroje

V současné době jsou využívány především moderní CNC výrobní stroje, které mají řadu výhod oproti starším strojům.

3.2.1 Všeobecná pravidla CNC strojů

Číslicově řízené výrobní stroje (CNC – Computer Numerical Control) jsou charakteristické ovládním pracovních funkcí stroje, které je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí znaků. Program se vytváří pomocí bloků nebo vět, které jsou dány posloupností oddělených skupin znaků. Program zaručuje, aby proběhla požadovaná výroba součástí. Stroje CNC se uplatňují ve všech oblastech strojírenské výroby³.

Jedna z kategorií CNC strojů jsou obráběcí centra, u kterých existuje velmi málo součástí, které jsou vyrobeny pouze jednou technologií. Ekonomika provozu vede k sloučení několika způsobů technologie obrábění do jednoho obráběcího stroje (centra). Důvody jsou ve snížení (odstranění) vedlej-

ších časů (upínání na dalším stroji) a také se zvyšuje přesnost výroby. Pro ekonomiku to znamená:

- zkrácení průběžné doby a zvýšení přesnosti práce,
- snížení nákladů na výrobu (místo několika strojů se pořizuje jeden),
- možnost snadněji automatizovat výrobu,
- u strojů s technologií HSC (High Speed Cutting – vysokorychlostní obrábění) je zvýšení produktivity³.

3.2.2 Návrh výrobních strojů

Zvolení výrobních strojů k výrobě příruby, na kterých je součást možno vyrobit. Výrobní stroje jsou vybrány z CNC techniky.

Automatická pásová pila na kov 370 AF 90° CNC (Příloha 2).

Pila je stroj s hydraulickým pohonem, určena pro řezání menších a středních rozměrů materiálů s úhly do 90°. Stroj je vhodný pro použití ve výrobě, kde je potřeba dosáhnout vysoké kvality a vysoké rychlosti práce. Ovládací válec ramene umístěn vepředu kvůli zvýšení stability systému a přesnosti řezu a tím i životnosti pilového pásu. Mechanické napětí pilového pásu kontrované pomocí koncového snímače. Posuv je seřízen (rychlejší nebo pomalejší) dle průřezu a druhu materiálu. Automatické nastavení řezané délky pomocí mechanické zářezky kontrované snímacím zařízením. V automatickém cyklu se doporučuje nepřesahovat $\varnothing 150 \text{ mm}$ ⁶.

CNC soustružnické centrum QUICK TURN NEXUS – 300M II – 1500 s poháněnými nástroji (Příloha 3).

Hlavní předností strojů QT NEXUS je mimořádná univerzálnost a produktivnost, možnost obrábění součásti soustružením, frézováním, vrtáním a závitováním. Velká revolverová hlava zabírá kolizím nástrojů a umožňuje libovolné osazování pevnými nebo poháněnými nástroji. Toto CNC soustružnické centrum odpovídá vysokým požadavkům (vyšší rychlosti, vyšší přesnosti a spolehlivosti). Vysokou přesností a spolehlivostí hlavního motoru integrovaného s vřetenem jsou zaručeny dokonalé opracované povrchy a vysoká geometrická přesnost obrobených ploch. Nástrojová revolverová hlava má dvanáct pozic, kde jsou využívány i poháněné nástroje⁸.

Soustruh – SF 48 CNC (Příloha 4).

CNC soustruhy tohoto konstrukčního řešení jsou univerzální modifikovatelné soustruhy s vodorovným ložem souvisle řízené v osách X a Z s možností rozšíření řízení i na osu C. Jsou určeny pro obrábění rotačních součástek jak z děleného i tyčového materiálu tak i z hutních polotovarů. Umožňuje tři režimy ovládní: manuální, poloautomatický a plně automatický. Jejich předností je vysoká tuhost stroje, přesně broušené vodorovné lože a precizní uložení supportu, zabezpečující stabilitu procesu obrábění a dosažení požadovaných parametrů výrobku. Pro tyto stroje je charakteristická vysoká přesnost, rychlost a jednoduchá obsluha při dlouhodobé životnosti⁹.

3.3 Výrobní nástroje

Nástroje pro soustružení a vrtání byly přednostně voleny od firmy Pramet Tools s.r.o., která se již dlouho let zabývá vývojem a výrobou nástrojů. Firma se především zabývá výrobou řezných nástrojů osazených slinutým karbidem.

3.3.1 Všeobecná pravidla pro návrh nástrojů

Volba nástrojů a řezných podmínek je důležitá a závisí na správné volbě obráběného materiálu. Tyto obráběné materiály jsou rozděleny dle normy ISO 513 do šesti základních skupin – Tab. 3.1 (P, M, K, N, S, H). Jednotlivé skupiny materiálů vyvolávají podobný typ zatížení a opotřebení břitu¹⁰.

Tab. 3.1 Rozdělení obráběných materiálů¹⁰.

Skupina	Obráběné materiály
P	uhlíkové nelegované oceli třídy 10, 11, 12 legované oceli tříd 13, 14, 15, 16 nástrojové oceli uhlíkové (191..., 192..., 193...) nástrojové legované oceli (193... až 198...) uhlíková ocelolitiny skupiny 27 (4227 ...) feritické a martenzitické korozivzdorné oceli (třídy 17..., lité 42...)
M	austenitické a feriticko estetické oceli korozivzdorné, žáruvzdorné a žárovevné oceli nemagnetické a otěruvzdorné
K	šedá litina nelegovaná i legovaná (4224...) tvárná litina (4223...) temperovaná litina (4225...)
N	neželezné kovy, slitiny Al a Cu
S	speciální žárovevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti
H	zušlechtnuté oceli s pevností nad 1500 MPa kalené oceli HRC 48 ÷ 60 tvrzené kokilové litiny HSh 55 ÷ 85

3.3.2 Návrh nástrojů

Nástroje pro soustružení byly zvoleny nože s vyměnitelnými břitovými destičkami (dále jen VBD) ze slinutého karbidu (dále jen SK). Vrtáky jsou vybrány s VBD i monolitické vrtáky ze SK. Záhlubník je z materiálu HSS (High Speed Steel) a strojní závitník byl zvolen ze SK.

Uhlíková nelegovaná ocel třídy 11 je zahrnuta do skupiny P a řezné podmínky budou voleny podle této skupiny.

Soustružnické nože udávají způsob upnutí VBD (C, D, P, M, S, X, G) a další základní rozměry (nože, destičky a držáku). Značení vnějších (Tab. 3.2) a vnitřních (Tab. 3.3) soustružnických nožů je trochu rozdílné (Příloha 5,6). Značení VBD (Tab. 3.4). Nože budou upevněny v nožových držácích stroje.

Tab. 3.2 Značení vnějších nožů¹⁰.

1	2	3	4	5		6	7	8	9		10
P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-	S
Význam označení jednotlivých skupin											
1	způsob upínání					6	výška držáku				
2	tvar destičky					7	šířka držáku				
3	tvar nože - úhel nastavení					8	celková délka				
4	úhel hřbetu					9	velikost destičky				
5	směr řezu					10	údaje výrobce				

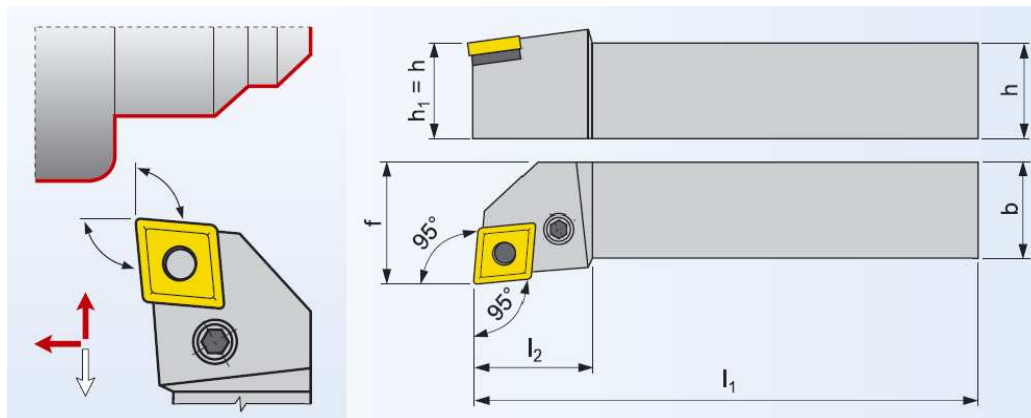
Tab. 3.3 Značení vnitřních nožů¹⁰.

1	2	3		4	5	6	7	8	9		10
A	40	T	-	P	C	L	N	L	12	-	X
Význam označení jednotlivých skupin											
1	provedení držáku					6	tvar nože - úhel nastavení				
2	průměr držáku					7	úhel hřbetu				
3	celková délka					8	směr řezu				
4	způsob upínání					9	velikost destičky				
5	tvar destičky					10	údaje výrobce				

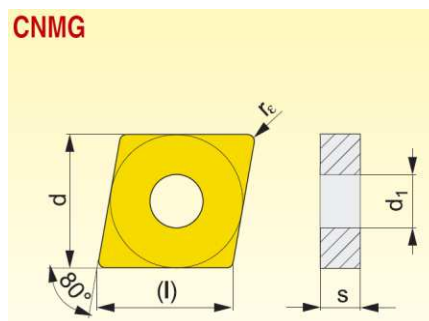
Tab. 3.4 Značení VBD¹⁰.

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
T	N	M	G	22	04	08	E	N	-	M
Význam označení jednotlivých skupin										
1	tvar destičky				6	tloušťka				
2	úhel hřbetu				7	rádius špičky				
3	tolerance				8	provedení řezné hrany				
4	provedení				9	směr posuvu				
5	délka řezné hrany				10	utvařec				

Pro soustružení (hrubování) je použit nůž PCLNR 2525 M 12 (obr. 3.1). Nůž je schopen soustružit čelní, podélnou i zkosenou plochu. VBD je zvolena dle nože – CNMG 120416E-M (Obr. 3.2). Na VBD je použit povlakovaný materiál typu 6615. Destička se používá na polohrubovací a dokončovací soustružení a hlavní oblast užití je obrábění materiálů skupin P a K¹⁰.

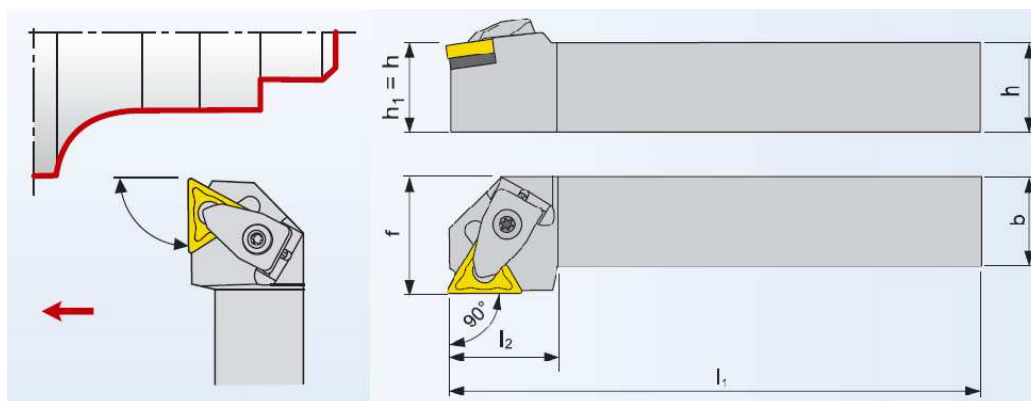
Obr. 3.1 Nůž PCLNR 2525 M 12¹⁰.Tab. 3.5 Rozměry nože PCLNR 2525 M 12¹⁰.

$h = h_1$ [mm]	b [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	l_{2max} [mm]	λ_s [°]	γ_o [°]	VBD
25	25	32	150	36	-6	-6	CNM. 1204..E

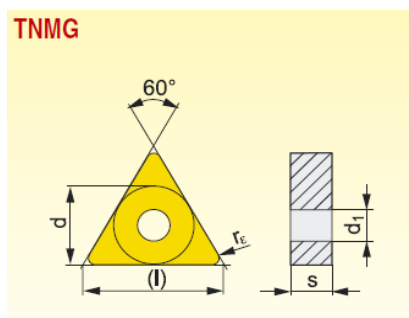
Obr. 3.2 VBD CNMG 120416E-M¹⁰.Tab. 3.6 Rozměry a řezné podmínky VBD CNMG 120416E-M¹⁰.

l [mm]	d [mm]	d_1 [mm]	s [mm]	r_ϵ [-]	f [mm]	a_p [mm]
12,9	12,7	5,16	4,76	1,6	0,17 ÷ 0,8	1,6 ÷ 6

Pro soustružení (dokončení) vnější kontury je zvolen nůž DTGNR 2525 M 16 (Obr. 3.3) a v noži je uchycena VBD TNMG 160408E-F (Obr. 3.4). Povlakovaný typ materiálu VBD je 6615. Tento substrát obsahuje relativně nízký procento kobaltu. Tato destička je vhodná pro kontinuální a za určitých podmínek i přerušovaný řez¹⁰.

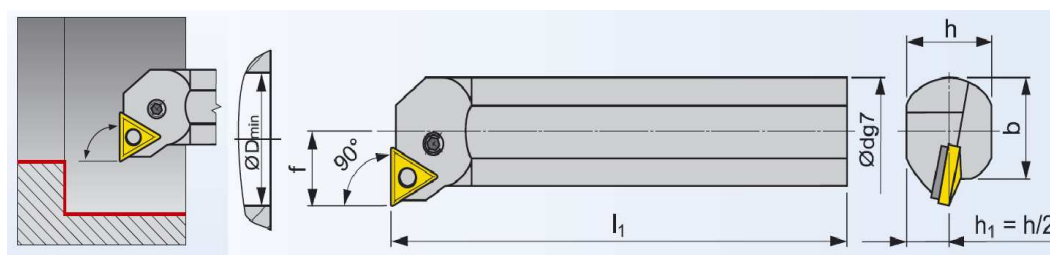
Obr. 3.3 Nůž DTGNR 2525 M 16¹⁰.Tab. 3.7 Rozměry nože DTGNR 2525 M 16¹⁰.

$h = h_1$ [mm]	b [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	l_{2max} [mm]	λ_s [°]	Y_o [°]	VBD
25	25	32	150	25	-6	-6	TNM. 1604..E

Obr. 3.4 VBD TNMG 160408E-F¹⁰.Tab. 3.8 Rozměry a řezné podmínky VBD TNMG 160408E-F¹⁰.

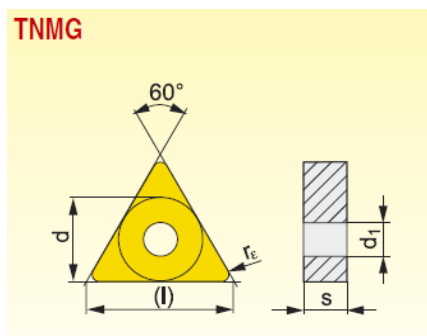
(l) [mm]	d [mm]	d_1 [mm]	s [mm]	r_e [-]	f [mm]	a_p [mm]
16,5	9,525	3,81	4,76	0,8	0,08 ÷ 0,35	0,8 ÷ 3

Pro vnitřní soustružení (hrubování) se použije nůž A25R-PTFNR 16 (Obr. 3.5) a VBD TNMG 160412E-M (Obr. 3.6). Tento nůž je použitelný do minimální díry o průměru 32 mm, která je vytvořena vrtákem. VBD je povlakovaná materiálem 6630. Používá se na dokončovací až hrubovací soustružení materiálu skupin P, M a K. Použitelný pro kontinuální i přerušovaný řez¹⁰.

Obr. 3.5 Nůž A25R-PTFNR 16¹⁰.

Tab. 3.9 Rozměry nože A25R-PTFNR 16¹⁰.

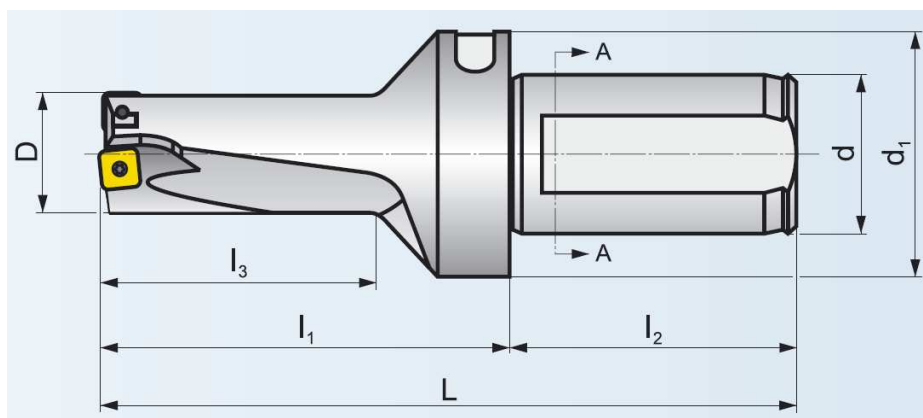
Ødg7 [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	h [mm]	b [mm]	ØD_{\min} [mm]	λ_s [°]	γ_o [°]	VBD
25	17	200	23	23	32	-12	-6	TNM.1604..

Obr. 3.6 VBD TNMG 160412E-M¹⁰.Tab. 3.10 Rozměry a řezné podmínky VBD TNMG 160412E-M¹⁰.

(l) [mm]	d [mm]	d_1 [mm]	s [mm]	r_e [-]	f [mm]	a_p [mm]
16,5	9,525	3,81	4,76	1,2	0,15 ÷ 0,6	1,2 ÷ 5

Pro soustružení (dokončení) díry se použije stejný nožový držák jako pro hrubování – A25R-PTFNR 16 (Obr. 3.5). VBD je zvolena stejná jako u soustružení (dokončení) vnější kontury – VBD TNMG 160408E-F (Obr. 3.4), která je vhodná pro dokončení díry příruby s nižším posuvem a menší hloubkou záběru.

Poháněné nástroje jsou upevněny v poháněných držácích stroje. Pro vrtání průchozí díry $\text{Ø} 32$ mm v ose obrobku je použit vrták 802D-32 (Obr. 3.7). Ve vrtáku jsou upevněny vnitřní VBD XPET 0903AP a vnější VBD SCET 09T308-UD (Obr. 3.8). Díra $\text{Ø} 32$ mm je minimálně potřebná pro vnitřní soustružení nožem.

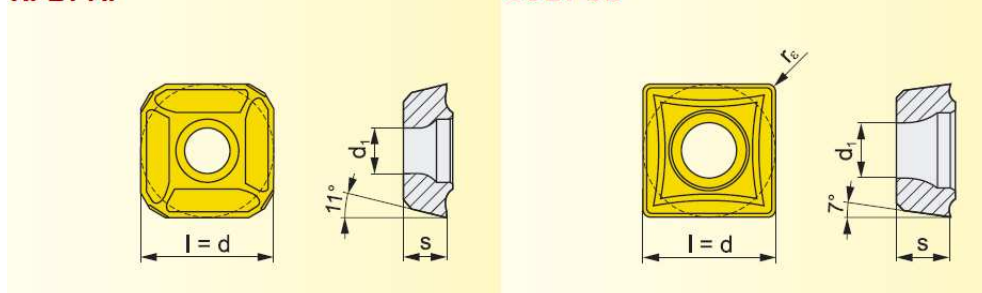
Obr. 3.7 Vrták 802D-32¹¹.

Tab. 3.11 Rozměry vrtáku 802D-32¹¹.

h_{\max} [mm]	D [mm]	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	l_3 [mm]	d [mm]	d_1 [mm]
64	32	167	99	68	70	40	59

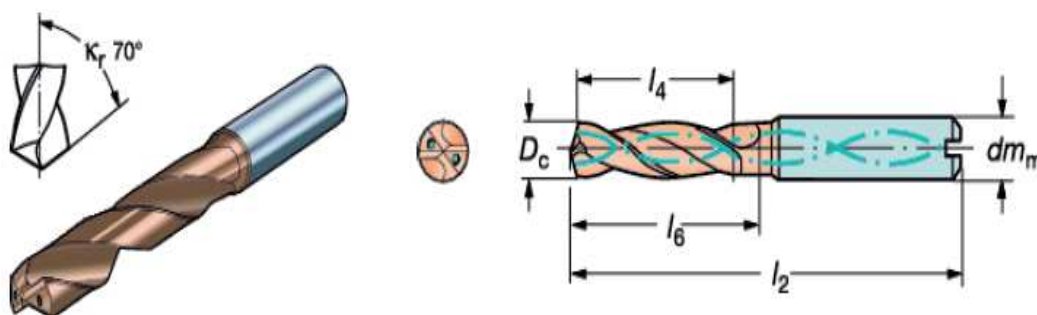
XPET AP

SCET-UD

Obr. 3.8 VBD pro vrtání¹¹.Tab. 3.12 Rozměry VBD¹¹.

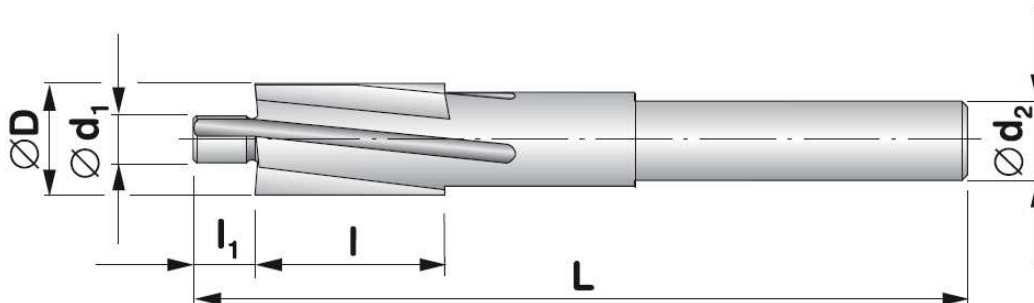
VBD	$l = d$ [mm]	s [mm]	d_1 [mm]	r_ϵ [-]
XPET 0903AP	9,525	3,18	3,5	-
SCET 09T308-UD	9,525	3,97	4,5	0,8

Na vrtání děr $\varnothing 5$ mm a $\varnothing 8,4$ mm jsou zvoleny monolitní vrtáky R840 ze SK od firmy Sandvik Coromant (Obr. 3.9). Zvolené vrtáky jsou vyráběny v určitých rozměrech – a to od $\varnothing 3 \div 20$ mm a mají vnitřní přívod řezné kapaliny¹².

Obr. 3.9 Monolitní vrtáky R840 ze SK¹².Tab. 3.13 Rozměry vrtáků¹².

D_c [mm]	dm_m [mm]	l_2 [mm]	l_4 [mm]	l_6 [mm]
5	6	82	35	44
8,4	10	103	44	61

Pro zahloubení díry $\varnothing 15$ mm je zvolen záhlubník s válcovou stopkou a vodícím čepem (Obr. 3.10). Vodící čep slouží k vystředění záhlubníku. Nástroj je z materiálu HSS¹³.

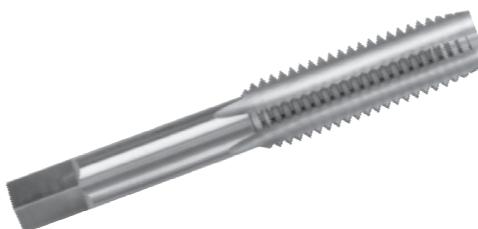


Obr. 3.10 Záhlubník s válcovou stopkou a vodícím čepem¹³.

Tab. 3.14 Rozměry záhlubníku¹³.

$\varnothing D_{z9}$ [mm]	$\varnothing d_{1e8}$ [mm]	$\varnothing d_{2h9}$ [mm]	l_1 [mm]	l [mm]	L [mm]
15	8,4	12,5	8	22	100

Strojní závitník je vybrán M6 se stoupáním 1 mm (Obr. 3.11). Závitník je vyroben ze SK.



Obr. 3.11 Závitník M6 x 1 mm¹⁴.

3.3.3 Trvanlivost nástroje

Trvanlivost nástrojů pro katalogové hodnoty v_c , a_p , f platí standardní hodnota 15 minut.

3.4 Technologický postup výroby

Pracovní postup rámcový (Tab. 3.15) je vytvořen na základě sledu operací, které budou prováděny na výrobě příruby. Úplný technologický postup výroby je vypracován v příloze 7, kde jsou vypsány všechny operace podrobněji. V případě poruchy primárního stroje je navržen pracovní postup rámcový pro náhradní stroj (Tab. 3.16), kde budou odpadat některé operace. Tyto operace budou dodělány na primárním stroji po jeho zprovoznění. V pracovním postupu pro náhradní stroj jsou operace uspořádány podle pracovního postupu hlavního stroje (stejné číslování operací).

K operacím potřebným pro výrobu součásti jsou vypracovány výrobní návody (Příloha 8), ve kterých jsou uvedeny základní parametry pro výrobu.

Tab. 3.15 Pracovní postup – rámcový.

Číslo operace	Název stroje	Pracoviště	Popis práce
00/00	Pila	Dělrna	Dělení materiálu
01/01	-	OTK	Kontrolovat
02/02	Soustružnické centrum	Obrobna	Soustružit
03/03	Soustružnické centrum	Obrobna	Vrtat Zahloubit
04/04	Soustružnické centrum	Obrobna	Soustružit Vrtat
05/05	Soustružnické centrum	Obrobna	Soustružit Kontrolovat
06/06	Soustružnické centrum	Obrobna	Vrtat
07/07	Soustružnické centrum	Obrobna	Řezat závit
08/08	-	OTK	Kontrolovat
09/09	-	Sklad	Konzervace, balení

Tab. 3.16 Pracovní postup pro náhradní stroj – rámcový.

Číslo operace	Název stroje	Pracoviště	Popis práce
00/00	Pila	Dělrna	Dělení materiálu
01/01	-	OTK	Kontrolovat
02/02	Soustružnické centrum	Obrobna	Soustružit
04/04	Soustružnické centrum	Obrobna	Soustružit Vrtat
05/05	Soustružnické centrum	Obrobna	Soustružit Kontrolovat
08/08	-	OTK	Kontrolovat

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V technicko-ekonomickém zhodnocení jsou posouzeny strojní časy třískových operací, celkový čas výroby příruby, výpočet strojů a jejich využití, stanovení počtu dělníků, výpočet výrobních ploch a spotřeba nářadí.

4.1 Stanovení výrobních časů

Jednotkový strojní čas je vypočítán z dráhy nástroje, počtu třísek a posuvové rychlosti²:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{v_f} \quad (4.1)$$

kde: t_{AS} – jednotkový strojní čas [min],
 i – počet třísek [-],
 L – dráha nástroje [mm],
 v_f – posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$].

Dráha nástroje je stanovena z délky obráběné plochy, délky náběhu a přeběhu. Posuvová rychlost je stejná po celou dráhu nástroje včetně délky náběhu a přeběhu, kdy nástroj neodebírá třísku².

$$L = l_n + l + l_p \quad (4.2)$$

Kde: L – dráha nástroje [mm],
 l_n – délka náběhu [mm],
 l – délka obráběné plochy [mm],
 l_p – délka přeběhu [mm].

Velikost posuvové rychlosti je vypočítán z posuvu a otáček².

$$v_f = f \cdot n \quad (4.3)$$

Kde: v_f – posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$],
 f – posuv na otáčku [mm],
 n – otáčky [min^{-1}].

Výpočet otáček je vypočítán ze vzorce¹⁰:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (4.4)$$

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

Vzorový výpočet otáček a jednotkového strojního času pro operaci 05/05, soustružení načisto díry $\varnothing 40$ mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 230}{\pi \cdot 40} = 1830 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(1 + 45 + 1) \cdot 1}{1830 \cdot 0,1} = 0,257 \text{ min}$$

Všechny hodnoty řezných rychlostí, otáček, posuvů na otáčku a všech ostatních řezných podmínek jsou uvedeny v návodkách (Příloha 8). Jednotkové strojní časy pro jednotlivé operace (obrábění) jsou zapsány v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Strojní časy pro jednotlivé operace.

Číslo operace	t_{AS} [min]
02/02	0,495
03/03	1,328
04/04	1,043
05/05	0,992
06/06	0,227
07/07	0,389
Jednotkový strojní čas všech operací	4,474

Celkový součet časů je stanoven z jednotkového strojního času všech operací a jednotkového vedlejšího času. Jednotkový vedlejší čas t_{AV} je závislý na technologickém postupu výroby, počtu upnutí obrobku, počtu výměn nástroje apod. Tento čas je stanoven na 2,526 min a jedná se o teoretickou hodnotu. Určení skutečné hodnoty se dá ověřit až praktickým provedením a může být změněna.

$$t_A = t_{AS} + t_{AV} \quad (4.5)$$

Kde: t_A – celkový čas [min],
 t_{AS} – jednotkový strojní čas [min],
 t_{AV} – jednotkový vedlejší čas [min].

$$t_A = 4,474 + 2,526 = 7 \text{ min}$$

Celkový čas výroby příruby je 7 minut.

4.2 Výpočet strojů a jejich využití

Vstupní hodnoty pro výpočet fondu strojního pracoviště jsou uvedeny v Tab. 4.2. Délka směny je zvolena 7,5 hodiny.

Tab. 4.2 Vstupní hodnoty.

Počet pracovních dní v roce 2011	253 dní
E_R – roční fond strojního pracoviště v jedné směně	1897 h
E_S – roční fond strojního pracoviště	1688 h
E_d – efektivní časový fond dělníka	1627 h
N – Počet vyráběných kusů	20 000 ks

Efektivní časový fond dělníka¹⁵:

$$E_d = E_R - (E_{dov} + E_{nem}) \quad (4.6)$$

kde: E_{dov} – roční dovolená dělníka [h],

E_{nem} – roční průměrná nemocnost dělníka [h].

$$E_d = 1897 - (21 \cdot 7,5 + 15 \cdot 7,5) = 1627 \text{ h}$$

Roční fond strojního pracoviště je vzhledem k možným opravám strojního zařízení snížen o 11 %¹⁵.

$$E_s = E_R \cdot 0,89 \quad (4.7)$$

$$E_s = 1897 \cdot 0,89 = 1688 \text{ h}$$

Potřebný počet strojů je vypočítán z rovnice¹⁵:

$$P_{th} = \frac{t_A \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} \quad (4.8)$$

kde: P_{th} – počet strojů [ks],

t_A – celkový čas [min],

N – počet vyráběných kusů [ks],

E_s – roční fond strojního pracoviště [h],

S – směnnost [-],

k_{pns} – koeficient překračování norem [-].

$$P_{th} = \frac{7 \cdot 20\,000}{60 \cdot 1688 \cdot 1 \cdot 1,2} = 1,152 \Rightarrow 2 \text{ ks}$$

K výrobě obrábění příruby budou zapotřebí 2 stroje.

Předpokládané využití stroje¹⁵:

$$\eta = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \quad (4.9)$$

kde: P_{th} – počet strojů [ks],

P_{sk} – skutečný počet strojů [ks].

$$\eta = \frac{1,152}{2} \cdot 100 = 57,6 \%$$

4.3 Počet dělníků

Výroba součástí bude prováděna v jednosměnném provozu, k tomu jsou zapotřebí 2 dělníci (2 stroje). Dále je zvolen 1 dělník pro pásovou pilu, 1 dělník pro kontrolu a 1 dělník v případě nečekaných událostí (nemoc, dovolená apod.). Výroba příruby tedy bude prováděna 5 dělníky.

4.4 Výpočet ploch

Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště¹⁵:

$$F_s = \sum_{i=1}^n f_s \quad (4.10)$$

kde: F_s – celková plocha strojních pracovišť [m^2],
 f_s – plochy jednotlivých strojů [m^2].

$$F_s = 30,5 \text{ m}^2$$

Celková plocha strojních pracovišť je vypočítána z půdorysných ploch jednotlivých strojů (včetně manipulačního prostoru kolem stroje).

Výpočet pomocné podlahové plochy¹⁵:

$$F_p = 0,5 \cdot F_s \quad (4.11)$$

kde: F_p – pomocná podlahová plocha [m^2],
 F_s – celková plocha strojních pracovišť [m^2].

$$F_p = 0,5 \cdot 30,5 = 15,25 \text{ m}^2$$

V pomocné podlahové ploše jsou zahrnuty plocha pro hospodaření s náradím, plocha údržby, plocha skladů, plocha dopravních cest a kontrolní plocha.

4.5 Spotřeba náradí

Tab. 4.3 Strojní časy jednotlivých nástrojů nebo VBD.

Nástroj nebo VBD	t_{AS} [min]
VBD CNMG 120416E-M, počet břitů – 2x2	0,913
VBD TNMG 160408E-F, počet břitů – 3x2	1,317
VBD TNMG 160412E-M, počet břitů – 3x2	0,088
VBD XPET 0903AP, počet břitů – 4x1	0,212
VBD SCET 09T308-UD, počet břitů – 4x1	0,212
R840-0500-50-A1A – vrták Ø 5	0,227
R840-0840-50-A1A – vrták Ø 8,4	0,572
C047084F000S – záhlubník Ø 15	0,756
43023 – strojní závítník M6x1	0,389

Vzorové stanovení počtu držáků a výpočet množství VBD pro zvolenou sérii.

Počet držáků je závislý na jedné straně VBD, kterou je obráběno po určité době a poté se musí držák vyměnit s novou VBD. V případě poškození držáku je uvažován o 1 kus držáku více. Držáků jsou zvoleny 3 kusy.

Zvolená VBD CNMG 120416E-M má počet břitů 4, trvanlivost VBD je při doporučených řezných podmínkách 15 minut.

Vzorový výpočet počtu obrobených kusů jednou stranou VBD.

$$n_{s1} = \frac{T_1}{t_{AS1}} \quad (4.12)$$

$$n_{s1} = \frac{15}{0,913} = 16,4 \text{ ks}$$

Vzorový výpočet počtu obrobených kusů jednou VBD, která má 4 břity.

$$n_{rd} = 4 \cdot n_{s1} \quad (4.13)$$

$$n_{rd} = 4 \cdot 16,4 = 65,6 \text{ ks}$$

Vzorový výpočet počtu VBD pro celou sérii.

$$n_{VBD} = \frac{N}{n_{rd}} \quad (4.14)$$

$$n_{VBD} = \frac{20\,000}{65,6} = 304,9 \Rightarrow 305 \text{ ks}$$

V tabulce 4.4 jsou uvedeny názvy nástrojů, označení a celkové počty držáků, nebo nástrojů a VBD, které jsou zapotřebí pro výrobu zadané série. Nástroje bez VBD jsou závislé na počtu přeostření a jsou stanoveny teoreticky podle jednotlivých strojních časů nástrojů a množství vyráběných kusů.

Tab. 4.4 Celková spotřeba držáků, nebo nástrojů a VBD.

Název nástrojů	Označení	Počet [ks]
Soustružnický nůž vnější hrubovací	Držák PCLNR 2525 M 12	3
	VBD CNMG 120416E-M	305
Soustružnický nůž vnější dokončovací	Držák DTG NR 2525 M 16	3
	VBD TNMG 160408E-F	237
Soustružnický nůž vnitřní hrubovací	Držák A25R-PTFNR 16	2
	VBD TNMG 160412E-M	20
Soustružnický nůž vnitřní dokončovací	Držák A25R-PTFNR 16	2
	VBD TNMG 160408E-F	58
Vrták Ø 32	Držák 802D-32	3
	VBD XPET 0903AP	71
	VBD SCET 09T308-UD	71
Záhlubník Ø 15	C047084F000S	5
Vrták Ø 5	R840-0500-50-A1A	10
Vrták Ø 8,4	R840-0840-50-A1A	10
Závitník M6x1	43023	5

ZÁVĚR

Tato práce navrhuje technologii pro výrobu součásti víko-příruba. Pro výrobu příruby je zvoleno dělení materiálu na CNC pásové pile. Soustružení (vnější i vnitřní) a vrtání jsou provedeny na CNC soustružnickém centru z hlediska funkčních ploch příruby.

Polotovarem je zvolena ocelová kruhová tyč, která je prvně dělena na pile a následně obráběna na soustružnickém centru. V práci je uveden rozbor součásti, stanovení hmotnosti součásti (3,03 kg) a všech ztrát materiálu během výroby. Následné využití materiálu je vyčísleno na 44,4 %. Příruba bude vyráběna v sérii o počtu 20 000 kusů za rok.

Hlavní metodou obrábění součásti je zvoleno soustružení. Nástroje pro soustružení byly přednostně vybrány od firmy Pramet Tools s.r.o.. Vybrané nástroje jsou soustružnické nože (držáky) s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu. Základní parametry VBD jsou závislé na volbě jednotlivých nožů. Pro vrtání byly zvoleny vrtáky s VBD, ale i vrtáky monolitické ze SK.

V technologickém postupu výroby (Příloha 7) jsou rozepsány jednotlivé operace a jejich popis práce. V příloze 8 jsou výrobní návodky, ve kterých jsou znázorněny jednotlivé třísky, popsány všechny nástroje a stanoveny základní řezné podmínky pro výrobu.

Na závěr je teoreticky vypočítán celkový čas výroby jednoho kusu příruby, který je stanoven na 7 minut. Pro zvolený jednosměnný provoz jsou vypočítány počty strojů a dělníků, které jsou zapotřebí pro výrobu. Ve spotřebě náradí je zahrnuto stanovení počtu nástrojů (držáků) a VBD nezbytný pro výrobu zvolené série. Tyto výsledky se dají ověřit až reálným provedením.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. 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.
2. KOČMAN, Karel a Jiří PROKOP. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
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. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2003. 868 s. ISBN 80-86490-74-2.
5. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. *Výběry z norem: pro konstrukční cvičení*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 223 s. ISBN 978-80-7204-534-1.
6. V.I.P. s.r.o. *Pásové pily na kov Bianco: Automatické pásové pily CNC*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.pily-bianco.cz/pasove-pily-na-kov-bianco/automaticke-pasove-pily-cnc/automaticka-pila-na-kov-mod-370-af-90-cnc>>.
7. KOČMAN, Karel a Jiří PERNIKÁŘ. *Ročníkový projekt II – obrábění*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Zpracováno v rámci projektu studijních opor v kombinované formě bakalářského studia "Strojírenská technologie". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002, 26 s. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf>.
8. MISAN s.r.o. *Mazak: Soustružnická centra – Katalog – Misan*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.misan.cz/mazak/katalog-detail/qtnx300mii-1500-quick-turn-nexus---300m-ii---1500/?viewpart=1>>.
9. FERMAT CZ s.r.o. *Nové stroje: CNC soustruhy*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/11-cnc-soustruhy/15-sf-48-cnc.html>>.
10. PRAMET TOOLS s.r.o. *Soustružení / Sústruženie*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/Turning%202010%20CZ%20prog.pdf>>.
11. PRAMET TOOL s.r.o. *Vrtání / Drilling*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/Drills%202011%20CZ-EN%20screen.pdf>>.

12. SANDVIK COROMANT *Vrtání*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:
<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/ROT_E.pdf>.
13. STIM ZET a.s. *Katalog výrobků STIM ZET a.s. 2009*. [online]. [cit. 2011-05-15] Dostupné z WWW:
<http://www.stimzet.cz/down/Katalog_STIM_ZET_2009.pdf>.
14. NORTH AMERICAN TOOL CORPORATION *Special taps, Dies and Gages Catalog*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:
<<http://www.natool.com/files/documents/NATool%20SpecialTapCatalog%20w%20index.pdf>>.
15. HLAVENKA, Bohumil. *Technologický projekt dílny*. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW:
<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech_projekt/technologicke_projektovani_navody.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer Numeric Control – počítačem řízené stroje
HSC	[-]	High Speed Cutting - vysokorychlostní obrábění
HSS	[-]	High Speed Steel – rychlořezná ocel
SK	[-]	slinutý karbid
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
D	[mm]	průměr obráběného materiálu
D_p	[mm]	průměr polotovaru
E_d	[h]	efektivní časový fond dělníka
E_{dov}	[h]	roční dovolená dělníka
E_{nem}	[h]	roční průměrná nemocnost dělníka
E_R	[h]	roční fond strojního pracoviště v 1 směně
E_S	[h]	roční fond strojního pracoviště
F_p	[m ²]	pomocná podlahová plocha
F_s	[m ²]	celková plocha strojních pracovišť
L	[mm]	dráha nástroje
L_p	[mm]	délka polotovaru
L_t	[mm]	délka tyče
N	[ks]	počet vyráběných kusů
N_m	[kg]	norma spotřeby materiálu
N_p	[ks]	počet polotovarů z jedné tyče
N_t	[ks]	počet tyčí
P_{sk}	[ks]	skutečný počet strojů
P_{th}	[ks]	počet strojů
Q_k	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče
Ra	[μm]	průměrná aritmetická úchylnka profilu
R_e	[MPa]	mez kluzu
R_m	[MPa]	mez pevnosti
S	[-]	směnnost
V_p	[mm ³]	objem polotovaru
Z_m	[kg]	celkové ztráty materiálu připadající na 1 kus příruby
Z_n	[mm]	nevyužitý materiál připadající na 1 kus příruby
Z_{t1}	[mm]	zbytek materiálu z tyčí
Z_{t2}	[mm]	zbytek materiálu z poslední tyče
a_p	[mm]	šířka záběru ostří
d	[mm]	největší průměr obrobku
f	[mm]	posuv na otáčku
f_s	[m ²]	plochy jednotlivých strojů
i	[-]	počet třísek
k_m	[%]	stupeň využití materiálu příruby

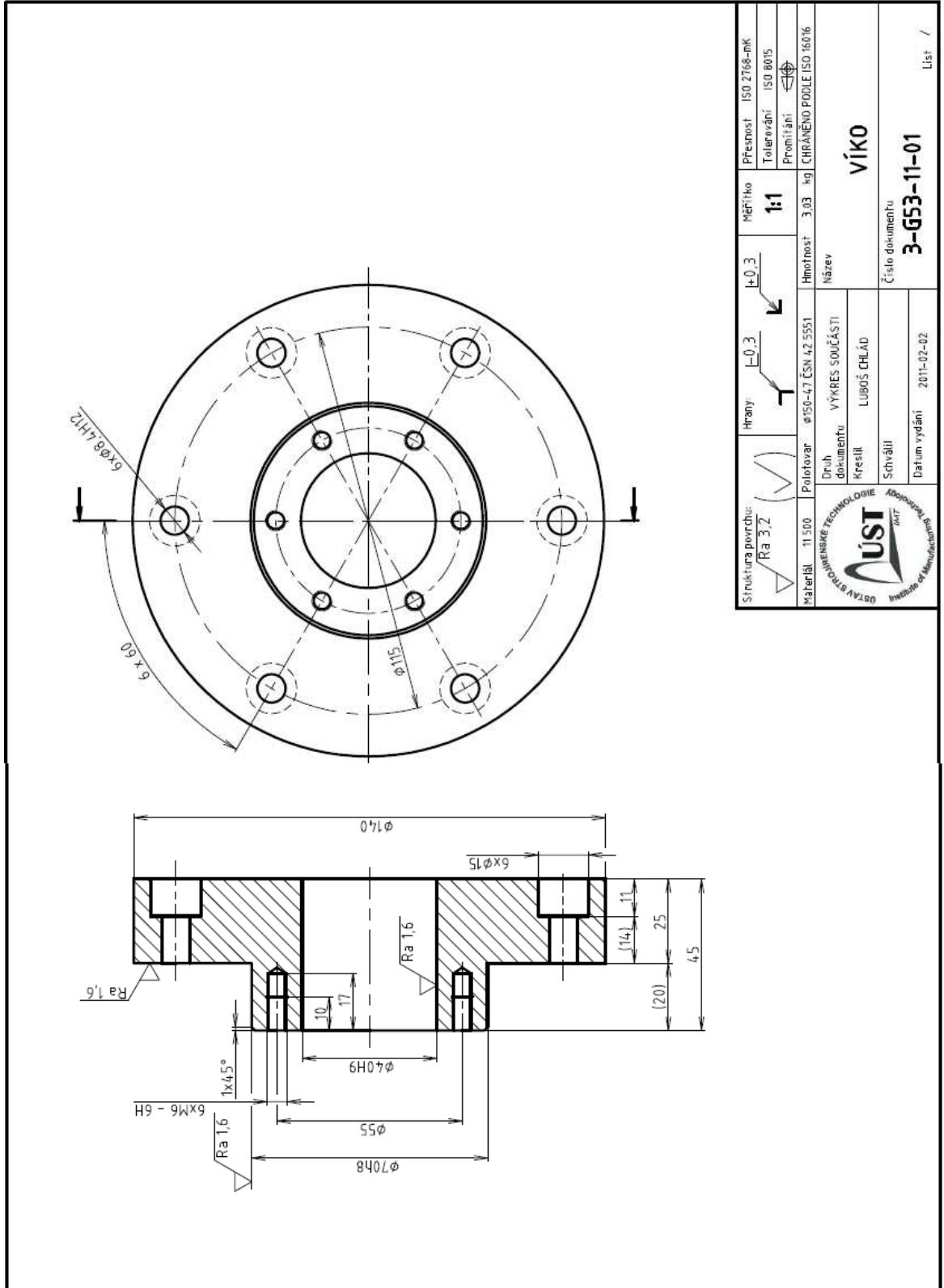
Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
k_{pns}	[-]	koeficient překračování norem
l	[mm]	největší délka obrobku
l_n	[mm]	délka náběhu
l_p	[mm]	délka přeběhu
m_p	[kg]	hmotnost polotovaru
m_s	[kg]	hmotnost součásti
n	[min ⁻¹]	otáčky
n_{s1}	[ks]	počet obrobených kusů 1 stranou VBD
n_{rd}	[ks]	počet obrobených kusů 1 VBD
n_{VBD}	[ks]	počet VBD
p	[mm]	přídavek na průměr
q_k	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na 1 kus příruby
q_o	[kg]	ztráta materiálu obráběním připadající na 1 kus příruby
q_u	[kg]	ztráta materiálu dělením připadající na 1 kus příruby
r_ϵ	[-]	rádius špičky nástroje
t_A	[min]	celkový čas
t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas
t_{AV}	[min]	jednotkový vedlejší čas
u	[mm]	prořez pásovou pilou
v_c	[m·min ⁻¹]	řezná rychlost
v_f	[mm·min ⁻¹]	posuvová rychlost
γ_o	[°]	úhel čela v ortogonální rovině
ρ	[kg·mm ⁻³]	hustota
η	[%]	využití stroje
λ_s	[°]	úhel sklonu ostří


SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres příruby
Příloha 2 Automatická pásová pila na kov 370 AF 90°C NC
Příloha 3 CNC soustružnické centrum QUICK TURN NEXUS – 300M II –
1500 s poháněnými nástroji
Příloha 4 Soustruh – SF 48 CNC
Příloha 5 Značení vnějších a vnitřních nožů
Příloha 6 Značení VBD
Příloha 7 Technologický postup výroby
Příloha 8 Výrobní návodky

Příloha 1

Výkres příruby



Struktura povrchu: Ra 3,2	✓	Hrany	-0,3	+0,3	Měřítko	1:1	Přesnost	ISO 2768-mK
Materiál	11.500	Paletovar	ø150-47	ČSN 42.5551	Hmotnost	3,03 kg	Tolerování	ISO 8015
Druh dokumentu		VÝKRES SOUČÁSTI		Název		CHRAŇEND PODLE ISO 15016		
Kreslil		LUBOŠ CHLÁD		Schválil		VÍKO		
Datum vydání		2011-02-02		Číslo dokumentu		3-G53-11-01		
						List /		

Příloha 2

Automatická pásová pila na kov 370 AF 90° CNC ⁶



Řezná kapacita

	90°
∅	280
∕	240
∕	330 x 240
D x Š x V mm 3120 x 27 x 0,9	

Technická specifikace

Rozměry pilového pásu (D x Š x V mm)	3120 x 27 x 0,9
Řezná rychlost (Standard)	m/1' 20 - 100
Rychloposuv	mm/1' 3500
Pracovní posuv	mm/1' 0 - 200
Řezný tlak	bar 5 - 20
Pracovní výška	mm 835
Motor pásu (Standard)	kW 1,5 (V400 - 50Hz)
Motor čerpadla hydrauliky	kW 0,75
Motor chlazení	kW 0,12
Váha	kg 945
Rozměry stroje (D x Š x V mm)	2850 x 1900 x 1900
Přepravní rozměry (D x Š x V mm)	2200 x 1500 x 1700

Příloha 3

CNC soustružnické centrum QUICK TURN NEXUS – 300M II – 1500 s poháněnými nástroji⁸



Technická data

Pracovní prostor

Velikost sklíčidla	10 "
Max. oběžný \varnothing	750 mm
Obráběný \varnothing - standard	336 mm

Vřeteno

Otáčky	4000 ot/min
Zakončení vřetene	A2-8 "
Vrtání vřetene	88 mm

Revolverová hlava

Počet nástrojových míst	12
Upnutí: vnější obrábění	25x25 mm
Upnutí: vnitřní obrábění \varnothing	50 mm
Indexace: 1 poloha / 6 poloh	0,25/0,8 s
Otáčky hnaného nástroje	4000 ot/min

Strojní data

Šířka	4140 mm
Hloubka	2050 mm
Výška	2000 mm
Zastavěná plocha	8,49 m ²
Hmotnost stroje	7800 kg

Příloha 4

Soustruh – SF 48 CNC⁹



Oběžný průměr nad ložem	mm	475
Oběžný průměr nad suportem	mm	240
Max. točný průměr	mm	460
Šířka vyjímatelného můstku lože	mm	248
Max. točná délka	mm	1000
Zakončení vřetena dle DIN 55026	-	D1-6
Vrtání vřetena	mm	65
Vrtání vřetena s hydraulickým sklíčidlem	mm	51
Otáčky vřetena	ot/min	100 - 4500
Počet pozic nástrojové hlavy	-	8(12)
Průřez těla nástroje ϕ	mm	25 x 25(20x20)
Délka	mm	3030
Šířka	mm	1935
Výška	mm	2022
Hmotnost	kg	3000


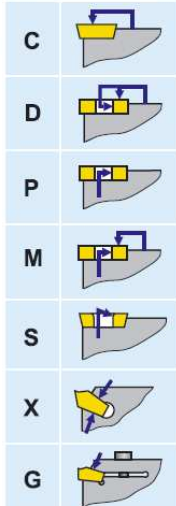


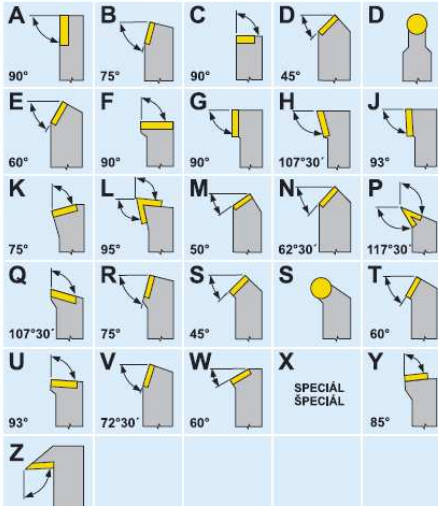
Příloha 5 (2/2)


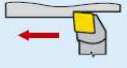
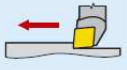
Značení vnitřních nožů¹⁰

1	
Provedení držáku Prevedenie držiaka	
S	Ocelový držák Oceľový držiak
A	Ocelový držák s chladičím otvorom Oceľový držiak s chladičím otvorom

2				
Průměr držáku [mm] Priemer držiaka [mm]				
08	10	12	16	20
25	32	40	50	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	40	T	-	P	C	L	N	L	12	-
										X

3		4		5		6					
Celková délka Celková dĺžka		Způsob upínání Spôsob upínania		Tvar destičky Tvar doštičky		Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia					
	l_1 [mm]					A	B	C	D	D	
	D					60	90°	75°	90°	45°	
	E					70	60°	90°	90°	107°30'	93°
	F					80	75°	95°	50°	62°30'	117°30'
	H					100	107°30'	75°	45°	60°	
	J					110	93°				
	K					125					
	L					140					
	M					150					
	N					160					
	P					170					
	Q					180					
	R					200					
	S					250					
	T					300					
	U					350					
V	400										
W	450										
X	Spec.										
Y	500										

7			9								10			
Úhel hřbetu Uhol chrbta			Velikost destičky Veľkosť doštičky								Údaje výrobce Údaje výrobcu			
	α_n		d [mm]	S	C	D	V	K	W	T	R	X	Speciální provedení stopky Špeciálne prevedenie stopky	
	N	C		P	6,00									06
	$\alpha_n=0^\circ$	$\alpha_n=7^\circ$		$\alpha_n=11^\circ$	6,35	06	07	11			11			08
					8,00									
8												87 90 93 · ·	Hodnota úhlu κ u nože tvaru "Z" Hodnota uhlu κ pri noži tvaru "Z"	
Směr řezu Smer rezu														
R			9,525	09	09	11	16	19	06	16	10			
			10,00								12			
			12,00								12			
			12,70	12	12	15			08	22	12			
			15,875	15	16					27	15			
			16,00								16			
L			19,05	19	19					19				
			20,00							20				
			25,00							25				
			25,40	25	25					25				

Příloha 6 (1/2)

Značení VBD¹⁰

1			
Tvar destičky / Tvar doštičky			
H	O	P	R
S	T	C	D
E	M	V	W
L	A	B	K

2	
Úhel hřbetu / Uhol chrbta	
A	B
C	D
E	F
G	N
	Speciální Speciálny
P	O

4	
Provedení / Prevedenie	
N	R
F	A
M	G
W	T
	Speciální Speciálny
Q	X

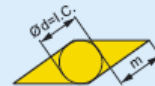
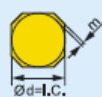
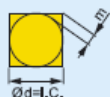
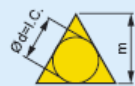
ISO kód

ANSI kód

T N M G 22 04 08 E N - M

1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G
1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G

3						
Tolerance / Tolerancia						
Označení / Označenie	Tolerance / Tolerancia [mm]			Tolerance / Tolerancia [Palce]		
	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)
A	0,005	0,025	0,025	0,0002	0,001	0,0010
F	0,005	0,025	0,013	0,0002	0,001	0,0005
C	0,013	0,025	0,025	0,0005	0,001	0,0010
H	0,013	0,025	0,013	0,0005	0,001	0,0005
E	0,025	0,025	0,025	0,0010	0,001	0,0010
G	0,025	0,130	0,025	0,0010	0,005	0,0010
J	0,005	0,025	0,05 + 0,13	0,0002	0,001	0,002 + 0,005
K	0,013	0,025	0,05 + 0,13	0,0005	0,001	0,002 + 0,005
L	0,025	0,025	0,05 + 0,13	0,0010	0,001	0,002 + 0,005
M	0,08 + 0,18	0,130	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,005	0,002 + 0,005
N	0,08 + 0,18	0,025	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,001	0,002 + 0,005
U	0,05 + 0,38	0,130	0,08 + 0,25	0,005 + 0,015	0,005	0,003 + 0,010



Příloha 6 (2/2)

Značení VBD¹⁰

d=I.C.		Délka řezné hrany / Dĺžka reznej hrany						
mm	Palce	R	S	T	C	D	V	W
3,97	5/32"			06				
5,00		05						
5,56	7/32"			09				03
6,00		06						
6,35	1/4"			11	06	07		04
8,00		08						
9,525	3/8"	09	09	16	09	11	16	06
10,0		10						
12,0		12						
12,7	1/2"	12	12	22	12	15		08
15,875	5/8"	15	15	27	16			
16,0		16						
19,05	3/4"	19	19	33	19			
20,0		20						
25,0		25						
25,4	1"	25	25		25			
31,75	1 1/4"	31						
32,0		32						
38,1	1 1/2"		38					

Tloušťka / Hrubka		
Označ.	mm	Palce
01	1,59	1/16"
T1	1,98	
02	2,38	3/32"
03	3,18	1/8"
T3	3,97	5/32"
04	4,76	3/16"
05	5,56	
06	6,35	1/4"
07	7,94	5/16"
09	9,52	3/8"

Rádus špičky / Rádus špičky		
Označ.	r _E	
	mm	Palce
00	0	0"
02	0,2	
04	0,4	1/64"
08	0,8	1/32"
12	1,2	3/64"
16	1,6	1/16"
24	2,4	3/32"
32	3,2	1/8"
Kruhové destičky / Kruhové doštičky		
d=I.C.	Označ.	
Palce	00	
mm	M0	

5
22
22

6
04
04

7
08
08

8
E

9
N

10
-
M

5A
4
4

6A
3
3

7A
2
2

8
E

9
N

10
-
M

ANSI kód								
Vepsaná kružnice Vpísaná kružnica	Tloušťka Hrubka	Rádus špičky Rádus špičky						
Označ.	d = I.C.		Označ.	s		Označ.	r _E	
	mm	Palce		mm	Palce		mm	Palce
1	3,175	1/8"	1	1,588	1/16"	0	0,050	1/512"
(1,2)	3,969	5/32"	(1,2)	1,984	5/64"	(0,2)	0,099	1/256"
(1,5)	4,763	3/16"	(1,5)	2,381	3/32"	(0,5)	0,198	1/128"
(1,8)	5,556	7/32"	2	3,175	1/8"	1	0,397	1/64"
2	6,350	1/4"	(2,5)	3,969	5/32"	2	0,794	1/32"
(2,5)	7,938	5/16"	3	4,763	3/16"	3	1,191	3/64"
3	9,525	3/8"	(3,5)	5,556	7/32"	4	1,588	1/16"
4	12,700	1/2"	4	6,350	1/4"	5	1,984	5/64"
5	15,875	5/8"	5	7,938	5/16"	6	2,381	3/32"
6	19,050	3/4"	6	9,525	3/8"	7	2,778	7/64"
7	22,225	7/8"	7	11,113	7/16"	8	3,175	1/8"
8	25,400	1"	8	12,700	1/2"	10	3,969	5/32"
10	31,750	1-1/4"	9	14,288	9/16"	12	4,763	3/16"
			10	15,875	5/8"	14	5,556	7/32"
						16	6,350	1/4"
						x	ostatní	

8	
Provedení řezné hrany / Prevedenie reznej hrany	
F Ostré hrany Ostré hrany	E Zaoblené hrany Zaoblené hrany
T Hrany s fazetkou Hrany s fazetkou	S Zaoblené hrany s fazetkou Zaoblené hrany s fazetkou
K Hrany s dvojitou fazetkou Hrany s dvojitou fazetkou	P Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou
9	
Směr posuvu / Smer posuvu	
R	N
L	
10	
Utvářeč / Utvárač	

Příloha 7

Technologický postup výroby

Technologický postup výroby		
Součást: Víko		Číslo výkresu: 3-G53-11-01
Materiál: 11 500	Polotovár: Ø150 x 47 mm	Hmotnost: hrubá: 6,821 kg čistá: 3,030 kg
Číslo operace	Název stroje	Popis práce
00/00	Automatická pásová pila 370 AF 90° CNC	Řezat na délku 47±0,3
01/01	OTK	Kontrolovat – 5 % Délku 47
02/02	CNC soustružnické centrum QUICK TURN NE-XUS – 300M II - 1500	Upnout za Ø150 / 17 Zarovnat čelo Hrubovat Ø142 / 25 Soustružit načisto Ø140±0,3 / 25±0,2
03/03	CNC soustružnické centrum QUICK TURN NE-XUS – 300M II - 1500	Vrtat Ø8,4 / 25 – 6x Zahloubit Ø15 / 11 – 6x Kontrolovat dotykovou sondou – 5 % Ø140, Ø15, Ø8,4
04/04	CNC soustružnické centrum QUICK TURN NE-XUS – 300M II - 1500	Upnout za Ø140 / 23 Zarovnat čelo Hrubovat Ø72 / 19 Vrtat díru Ø32 / 45 Hrubovat díru Ø38 / 45
05/05	CNC soustružnické centrum QUICK TURN NE-XUS – 300M II - 1500	Soustružit příčně načisto Ø140 ÷ 72 / 20±0,2 mm Ra1,6 Soustružit načisto Ø70 ⁰ _{-0,046} / 20±0,2 mm Ra1,6 Soustružit načisto díru Ø40 ^{+0,062} ₀ Ra1,6 Kontrolovat dotykovou sondou – 10 % Ø70h8, Ø40H9 Délky 20, 45
06/06	CNC soustružnické centrum QUICK TURN NE-XUS – 300M II - 1500	Vrtat díru Ø5 / 17 – 6x
07/07	CNC soustružnické centrum QUICK TURN NE-XUS – 300M II - 1500	Řezat závit M6x1-6H / 10 – 6x
08/08	OTK	Kontrolovat – 5 % Závity M6x1-6H / 10 Vizuálně Povrchy Ra1,6
09/09	Sklad	Konzervace, balení

Příloha 8 (1/2)

Výrobní návodka

Výrobní návodka									
Součást: Víko					Číslo výkresu: 3-G53-11-01				
Stroj: CNC soustružnické centrum QUICK TURN NEXUS – 300M II - 1500				Polotovary: Ø150 – 47		Číslo operace: 02/02, 03/03			
				Materiál: 11 500					
						v_c – řezná rychlost [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$] 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			
Č. op.	Popis práce	Výrobní pomůcky	v_c	n	f	i	a_p	L	t_{AS}
1	Zarovnat čelo	Hrubovací nůž vnější Držák PCLNR 2525 M 12 VBD CNMG 120416E-M	235	$500 \div 3800$	0,5	1	1	77	0,072
2	Hrubovat Ø142	Hrubovací nůž vnější Držák PCLNR 2525 M 12 VBD CNMG 120416E-M	235	530	0,5	1	4	26	0,098
3	Soustružit načisto Ø140	Dokončovací nůž vnější Držák DTG NR 2525 M 16 VBD TNMG 160408E-F	350	800	0,1	1	1	26	0,325
4	Vrtat Ø8,4	Vrták Ø8,4 SK	50	1890	0,15	6	-	27	0,572
5	Zahloubit Ø15	Záhlubník s vodícím čepem HSS	30	635	0,15	6	-	12	0,756

Příloha 8 (2/2)

Výrobní návodka

Výrobní návodka									
Součást: Víko					Číslo výkresu: 3-G53-11-01				
Stroj: CNC soustružnické centrum QUICK TURN NEXUS – 300M II - 1500			Polotovar: Ø150 – 47 Materiál: 11 500		Číslo operace: 04/04, 05/05, 06/06, 07/07				
				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					
Č. op.	Popis práce	Výrobní pomůcky	v_c	n	f	i	a_p	L	t_{AS}
1	Zarovnat čelo	Hrubovací nůž vnější Držák PCLNR 2525 M 12 VBD CNMG 120416E-M	235	500 ÷ 3800	0,5	1	1	77	0,072
2	Hrubovat Ø72	Hrubovací nůž vnější Držák PCLNR 2525 M 12 VBD CNMG 120416E-M	235	500 ÷ 1050	0,5	13	3	20	0,671
3	Vrtat díru Ø32	Vrták 802D-32 VBD XPET 0903AP VBD SCET 09T308-UD	150	1480	0,15	1	-	47	0,212
4	Hrubovat díru Ø38	Hrubovací nůž vnitřní Držák A25R-PTFNR 16 VBD TNMG 160412E-M	160	1340	0,4	1	3	47	0,088
5	Soustružit příčně načisto Ø140 ÷ 72	Dokončovací nůž vnější Držák DTG NR 2525 M 16 VBD TNMG 160408E-F	350	800 ÷ 1540	0,1	1	1	70	0,599
6	Soustružit načisto Ø70	Dokončovací nůž vnější Držák DTG NR 2525 M 16 VBD TNMG 160408E-F	350	1540	0,1	1	1	21	0,136
7	Soustružit načisto díru Ø40	Dokončovací nůž vnitřní Držák A25R-PTFNR 16 VBD TNMG 160408E-F	230	1830	0,1	1	1	47	0,257
8	Vrtat díru Ø5	Vrták Ø5 SK	50	3180	0,15	6	-	18	0,227
9	Řezat závit M6 x 1	Strojní závitník M6 x 1 SK	12	640	1	6	-	24	0,389