

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 VÍCEDRÁŽKOVÉ ŘEMENICE PRO STOLNÍ PROVEDENÍ KOTOUČOVÉ PILY

SOLUTION TECHNOLOGY MULTIPLE GROOVE GUIDE PULLEY TO CIRCULAR SAW

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jiří Koryčan

VEDOUcí 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): Jiří Koryčan

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 vícedrážkové řemenice pro stolní provedení kotoučové pily.

v anglickém jazyce:

Solution technology multiple groove guide pulley to circular saw.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor technologičnosti součástí. Stanovení obráběcí technologie v závislosti na vyráběném množství. Přiřazení výkonných nástrojů. Ekonomické vyhodnocení.

Cíle bakalářské práce:

Stanovení technologie pro náročnější součást. Logicky a správně směřovaná volba nářadí. Ekonomické zhodnocení a posouzení návrhu.

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. KOCMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

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

V Brně, dne

L.S.



prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia předkládá návrh technologie vícedrážkové řemenice pro stolní provedení kotoučové pily. V rámci práce je zpracován návrh výroby součástí pro kusovou a sériovou výrobu, dále volba polotovaru, zpracování a popis jednotlivých operací výroby, včetně použitého nářadí pro kusovou i sériovou výrobu, návrh výrobního pracoviště pro sériovou výrobu a vyhodnocení navržených variant výroby. Tato bakalářská práce byla vypracována na základě teoretických vědomostí získaných při studiu na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně a vlastních zkušeností.

Klíčová slova

návrh výroby, kusová výroba, sériová výroba, výrobní postup, operace, soustružení

ABSTRACT

The project developed within the bachelor's degree by the pulley multiple groove design of the technology for desktop performance circular saws. The design work is finished the production of components for the piece and batch production, the choice of the intermediate processing and description of manufacturing operations, including tools used for the single and series production, production design work for production and evaluation of the proposed variants of the production. This thesis has been developed on the basis of the theoretical knowledge gained while studying at the Faculty of Mechanical Engineering in Brno and personal experiences.

Key words

production design, piece production, serial production, manufacturing process, operation, turning

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KORYČAN, Jiří. *Návrh technologie vícedrážkové řemenice pro stolní provedení kotoučové pily*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 37 s., 31 příloh. Vedoucí práce: Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie vícedrážkové řemenice pro stolní provedení kotoučové pily vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 22.5.2011

.....
Jiří Koryčan

Poděkování

Děkuji tímto všem vyučujícím za předání informací během studia na této fakultě a zvláště pak vedoucímu závěrečného projektu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

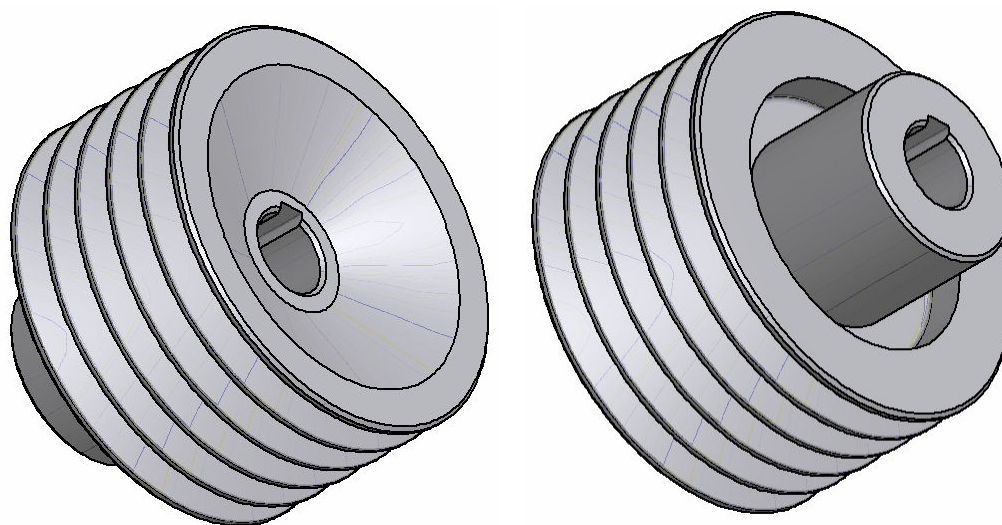
OBSAH

Abstrakt.....	3
Prohlášení.....	4
Poděkování	5
Obsah	6
Úvod	7
1 VÝROBA ŘEMENICE Z TYČOVÉHO MATERIÁLU	8
1.1 Volba přídavků na obrábění a výpočet velikosti polotovaru.....	8
1.2 Rámcový výrobní postup	8
1.3 Výpočet strojního času	10
1.4 Výpočet spotřeby náradí.....	13
2 VÝROBA ŘEMENICE Z POLOTOVARU ODLITKU	13
2.1 Výrobní postup pro výrobu z polotovaru odlitku.....	13
2.2 Výpočet strojního času	15
2.3 Výpočet spotřeby náradí.....	19
2.4 NC program pro obrábění drážek na CNC stroji.....	20
3 NÁVRH PROJEKTU DÍLNY PRO SÉRIOVOU VÝROBU	24
3.1 Vstupní hodnoty.....	24
3.2 Kapacitní výpočty	24
3.3 Výpočet pracovníků	25
4 ZHODNOCENÍ ZVOLENÝCH VARIANT VÝROBY	26
4.1 Kusová výroba.....	26
4.2 Sériová výroba.....	27
Závěr.....	28
Seznam použitých zdrojů	29
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	30
Seznam příloh.....	37

ÚVOD

Zadaná součást (viz. Příloha č. 1) je rotační součást, která je vyráběna pro stolní provedení kotoučové pily. Uživatelem této součásti bude koncový (domácí) spotřebitel. Pro daného spotřebitele je důležitá její přesnost, kvalita a cena, poněvadž se aktivně podílí na stanovení ceny celého produktu.

Jde tu o rotační součást, jejímž hlavním úkolem je přenos kroutícího momentu od elektromotoru přes klínové řemeny na kotouč pily. Součást má odstupňovaný válcový tvar a je osově symetrická. Jsou na ni kladeny rozměrové a geometrické nároky v oblasti drážek pro klínové řemeny a v oblasti díry pro náboj, kde dochází k přenosu kroutícího momentu přes unašecí pero. Ostatní rozměry mají obvyklou rozměrovou a geometrickou toleranci. Ustavení a upnutí ve směru osy otáčení je realizováno za pomoci šestihranné matice a rozpěrné podložky.



Obr. 1.1 Vyráběná součást

1 VÝROBA ŘEMENICE Z TYČOVÉHO MATERIÁLU

V této kapitole je zpracován návrh kusové výroby čítající 40 ks.

1.1 Volba přídaveků na obrábění a výpočet velikosti polotovaru

Přídavek na délku na obě strany byl zvolen 5mm.

Přídavek na průměr d_p

$$d_p = \frac{5 \cdot d}{100} + 2 = \frac{5 \cdot 150}{100} + 2 = 9,5 \text{ mm} \quad (1.1)$$

$$D_p = d + d_p = 150 + 9,5 = 159,5 \text{ mm} \Rightarrow \underline{160 \text{ mm}}$$

Všechny zkratky a symboly použité ve všech výpočtech jsou obsaženy v "Seznam použitých značek a symbolů".

Polotvar dle normy ČSN 42 6510

Ø160-125mm

1.2 Rámcový výrobní postup

Rámcový výrobní postup obsahuje pouze popis operace. Veškeré obráběcí úkony jsou zařazeny pouze do jedné operace (Příloha č. 2 a č. 3) a to z toho důvodu, že při kusové výrobě čítající 40 ks, ke které nejsou vyráběny přípravky a není sestavován podrobný výrobní postup, je výroba zadávána zkušenému pracovníkovi. Ten si detaily postupu jednotlivých úkonů volí sám dle vlastního uvážení a zkušeností. Četnost kontroly všech funkčních rozměrů na konci výroby je stanovena 100 %, protože korekce nástroje je pracovníkem prováděna během výroby. Nefunkční rozměry kontrolovat s četností 25 %.

Pro kusovou výrobu byl vybrán starší typ univerzálního hrotového soustruhu SUS 32. Stroj je výrobcem používán a pracovník má s výrobou na tomto stroji profesní zkušenosti. Parametry stroje vyhovují požadovaným nárokům na výrobu. (Příloha č. 4)

Vyměnitelné břitové destičky (dále jen VBD) a držáky pro kusovou výrobu byly vybrány z katalogu firmy SECO. Na trhu je v současné době více výrobců, ale produkty firmy SECO jsou z důvodu dosavadních dobrých zkušeností zárukou bezproblémové výroby. Pro vrtání díry byl vybrán monolitní vrták dle normy ČSN 22 1140 s ohledem na jeho pořizovací cenu a počet vyráběných kusů. Na výrobu přesné díry (Ø30H8) byl zvolen vnitřní soustružnický nůž místo finančně nákladného výstružníku. Drážka bude vyráběna za pomoci svislého obrážecího nože z důvodu výroby menšího počtu kusů, poněvadž použití protahovacího trnu by bylo finančně nákladnější. Pro výrobu drážky, ve které je veden řemen, bude pracovníkem nabroušen tvarový nůž z nástrojové oceli. Z důvodu jednodušších pohybů nástroje při její výrobě bude použit pouze kolmý přísuv. (Přílohy č. 5 až č. 13)

Číslo operace:	Pracoviště Typ stroje:	Popis práce:	Nástroj:
0	Pásová pila 350x400 SHI-LR-F 05967	Nadělit na délku 125	Pilový pás 4520x34x1,1 M51 PILART s r.o.
1	OTK 09863	Kontrolovat délku 125-četnost 100%	Posuvné měřítko oboustranné s hloubkoměrem 0-160, ČSN 25 1238
2	Univerzální hrotový soustruh SUS 32 04125	Zarovnat čela na délku 120; Hrubovat na $\varnothing 152-120$; Hrubovat $\varnothing 60-40$; Srazit hranu $1,5 \times 45^\circ$ Soustružit na čisto $\varnothing 60-55$; Vrtat díru $\varnothing 28-100$; Soustružit díru $\varnothing 30H8-100$; Hrubovat pod úhlem 62° na $\varnothing 45$ na délce 19; Soustružit na čisto pod úhlem 62° na $\varnothing 45$ na délce 20, $\varnothing 150-80$, Soustružit 5xdrážku dle výkresu č.3P-2-00;	Vnější: Hrubování: Držák PCLNR 2020K12 VBD CNMG 120404- M5 Dokončení: Držák PCLNR 2020K12 VBD CNMG 120404- MF2 Soustružení zápichu: Držák CFIR 2525M06R 100070 VBD LCMF 160608 -0600-MG Tvarový nůž na drážku Vnitřní: Vrták: ČSN 22 1140 $\varnothing 28 \times 291/170$ Dokončení: -Držák A16-SWLCR06 -VBD WCMT 06T308- F1
3	OTK 09863	Kontrolovat rozměry: $\varnothing 150$; $\varnothing 122,5$; 34° ; R1; 15; 10; 80; 100; $\varnothing 30H8$; -četnost 100% Kontrolovat rozměry: $\varnothing 100$; $\varnothing 60$; 55; 62° ; $\varnothing 45$; 20;- četnost 25%	Posuvné měřítko oboustranné s hloubkoměrem 0-160, ČSN 25 1238; Poloměrové šablony lístkové 1-7 ČSN 3816; Mezní válečkový kalibr oboustranný $\varnothing 30H8-50$ ČSN 25 3110; Univerzální digitální úhloměr 360°
4	Obrážecí stroj TS 350AT 04936	Obrážet drážku 10P9-100	Obrážecí nůž drážkovací 223681 10x18x165
5	Ruční dílna 09421	Srazit ostříny	Sada Mango Basic

6	OTK 09863	Kontrolovat rozměry-10P9; 33,3;-četnost 100% Kontrolovat vizuálně-četnost 100%	Posuvné měřítko oboustranné s hloubkoměrem 0-160, ČSN 25 1238
7	Balírna 09913	Konzervovat a balit	

1.3 Výpočet strojního času

Výpočet strojních časů pro návodku (1/2)

$t_{ASK(1/2)-1}$

K- kusová výroba

(1/2)- návodka pro kusovou výrobu první část

1- číslo dané třísky

Strojní čas pro třísku č.1 (z čela)

$$t_{ASK(1/2)-1} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot [(D_p + l_p) - (d_M - l_n)]}{2000 \cdot f_{(1/2)-1} \cdot v_{c(1/2)-1}} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot [(160 + 0) - (0 - 2)]}{2000 \cdot 0,4 \cdot 330} \quad (1.2)$$

$$t_{ASK(1/2)-1} = 0,32 \text{ min} = 18,74 \text{ s}$$

Strojní čas pro třísku č.2 (válcová plocha)

$$n_{(1/2)-2} = \frac{v_{c(1/2)} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{(1/2)-2}} = \frac{275 \cdot 1000}{\pi \cdot 150} = 583,56 \Rightarrow 584 \text{ min}^{-1} \quad (1.3)$$

$$t_{ASK(1/2)-2} = \frac{l_n + L_{(1/2)-A} + l_p}{n_{(1/2)-2} \cdot f_{(1/2)}} = \frac{2 + 40 + 0}{584 \cdot 0,6} = 0,13 \text{ min} = 7,53 \text{ s} \quad (1.4)$$

Dílčí výpočty a výsledky pro třísky 3-17 jsou uvedeny v následujících tabulkách (Tab. 1.3a, Tab. 1.3b).

Tab. 1.3a Vypočtené otáčky pro jednotlivé třísky pro návodku (1/2)

i	$v_c [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	D [mm]	n [min^{-1}]
1	330	160	---
2	275	150	584
3	275	140	626
4	275	130	673
5	275	120	730
6	275	110	796
7	275	100	875
8	275	90	973
9	275	80	1094
10	275	70	1251
11	275	60	1459
12	275	66	1326
13	275	78	1122
14	275	90	973

15	275	98	893
16	---	---	256
17	390	30	4138

Tab. 1.3b Vypočtené strojní časy pro jednotlivé třísky pro návodku (1/2)

i	D _p [mm]	d _M [mm]	f [mm]	v _c [m·min ⁻¹]	t _{ASK} [s]
1	160	0	0,4	330	18,74
---	L [mm]	n [min ⁻¹]	f [mm]	---	t _{ASK} [s]
2	40	584	0,6		7,53
3	40	626	0,6		7,2
4	40	673	0,6		6,6
5	40	730	0,6		6
6	40	796	0,6		5,52
7	40	875	0,6		5,04
8	40	973	0,6		4,5
9	40	1094	0,6		4,02
10	40	1251	0,6		3,54
11	40	1459	0,6		3
12	15	1326	0,6		1,44
13	15	1122	0,6		1,68
14	15	973	0,6		1,98
15	15	893	0,6		2,1
16	122,5	256	0,31		95,4
17	105	4138	0,2		7,8

Výpočet strojních časů pro návodku (2/2)

Strojní čas pro třísku č.1 (z čela)

$$t_{ASK(2/2)-1} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot [(D_p + l_p) - (d_{M(2/2)} - l_n)]}{2000 \cdot f_{(1/2)-1} \cdot v_{c(1/2)-1}} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot [(160 + 2) - (28 - 2)]}{2000 \cdot 0,4 \cdot 330} \quad (1.5)$$

$$t_{ASK(2/2)-1} = 0,26 \text{ min} = 15,6 \text{ s}$$

Strojní čas pro třísku č.2 (válcová plocha)

$$n_{(2/2)-2} = \frac{v_{c(2/2)-A} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{(2/2)-2}} = \frac{275 \cdot 1000}{\pi \cdot 49,5} = 1768,39 \Rightarrow 1768 \text{ min}^{-1} \quad (1.6)$$

$$t_{ASK(2/2)-2} = \frac{l_n + L_{(2/2)-2} + l_p}{n_{(2/2)-2} \cdot f_{(2/2)-A}} = \frac{2 + 12 + 2}{1768 \cdot 0,6} = 0,015 \text{ min} = 1 \text{ s} \quad (1.7)$$

Dílčí výpočty a výsledky pro třísky 3-8 jsou uvedeny v následujících tabulkách (Tab. 1.3c, Tab. 1.3d).

Strojní čas pro třísku č.9

$$n_{(2/2)-9} = \frac{v_{c(2/2)-9} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{(2/2)-9}} = \frac{120 \cdot 1000}{\pi \cdot 150} = 254,64 \Rightarrow 255 \text{ min}^{-1} \quad (1.8)$$

Protože tato tříška je obráběna tvarovým nožem, je posuv zvolen na základě zkušeností a odhadu pracovníka. Nelze tudíž přesně vyčíslit strojní čas.

Tab. 1.3c Vypočtené otáčky pro jednotlivé třísky pro návodku (2/2)

i	v_c [m·min ⁻¹]	D [mm]	n [min ⁻¹]
1	330	160	---
2	275	49,5	1768
3	275	70,5	1242
4	275	92	952
5	275	113	775
6	390	120	1035
7	275	160	547
8	390	152	817
9	120	150	255

Tab. 1.3d Vypočtené strojní časy pro jednotlivé třísky pro návodku (2/2)

i	D _p [mm]	d _M [mm]	f [mm]	v_c [m·min ⁻¹]	t _{ASK} [s]
1	160	28	0,4	330	15,6
---	L [mm]	n [min ⁻¹]	f [mm]	---	t _{ASK} [s]
2	12	1768	0,6		1
3	24	1242	0,6		2,3
4	35	952	0,6		4,1
5	45,5	775	0,6		6,6
6	50	1035	0,2		15,6
7	80	547	0,6		15,6
8	80	817	0,2		31,2
9	---	255	---		---

Celkový strojní čas

$$\begin{aligned}
 t_{ASK} &= t_{ASK(1/2)-1} + t_{ASK(1/2)-2} + t_{ASK(1/2)-3} + t_{ASK(1/2)-4} + t_{ASK(1/2)-5} + t_{ASK(1/2)-6} + \\
 &+ t_{ASK(1/2)-7} + t_{ASK(1/2)-8} + t_{ASK(1/2)-9} + t_{ASK(1/2)-10} + t_{ASK(1/2)-11} + t_{ASK(1/2)-12} + t_{ASK(1/2)-13} + \\
 &+ t_{ASK(1/2)-14} + t_{ASK(1/2)-15} + t_{ASK(1/2)-16} + t_{ASK(1/2)-17} + t_{ASK(2/2)-1} + t_{ASK(2/2)-2} + t_{ASK(2/2)-3} + \\
 &+ t_{ASK(2/2)-4} + t_{ASK(2/2)-5} + t_{ASK(2/2)-6} + t_{ASK(2/2)-7} + t_{ASK(2/2)-8} = 18,74 + 7,53 + 7,2 + 6,6 + (1.9) \\
 &+ 6 + 5,52 + 5,04 + 4,5 + 4,02 + 3,54 + 3 + 1,44 + 1,68 + 1,98 + 2,1 + 95,4 + 7,8 + 15,6 + 1 + \\
 &+ 2,3 + 4,1 + 6,6 + 15,6 + 15,6 + 31,2 = 274,09 \text{ s} = 4,568 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Čas soustružení pro všechny kusy

$$t_{ASK40} = n_k \cdot t_{ASK} = 40 \cdot 4,568 = 182,72 \text{ min} = 3,045 \text{ hod} \quad (1.10)$$

Všechny vypočtené hodnoty otáček jsou pouze teoretické hodnoty pro ideální podmínky. Pracovník si reálné hodnoty bude upravovat podle otáčkových řad na stroji. Také strojní časy jednotlivých třisek jsou vypočteny pro ideální hodnoty, reálné hodnoty budou pravděpodobně vyšší - přesné hodnoty můžeme získat například měřením přímo ve výrobě.

1.4 Výpočet spotřeby nářadí

Pro výpočet spotřeby jednotlivých VBD bude vycházeno z trvanlivosti nástroje pro dokončení $tr_{dok} = 15 \text{ min}$, pro hrubování $tr_{hrub} = 20 \text{ min}$. Pro trvanlivost monolitního vrtáku $tr_{vrt} = 85 \text{ min}$.

VBD CNMG 120404-M5

$$S_{NKHHRUB} = \frac{t_{ASK(1/2)-1} + t_{ASK(1/2)-2} + t_{ASK(1/2)-3} + t_{ASK(1/2)-4} + t_{ASK(1/2)-5} + t_{ASK(1/2)-6} + t_{ASK(1/2)-7} + t_{ASK(1/2)-8} + t_{ASK(1/2)-9} + t_{ASK(1/2)-10} + t_{ASK(1/2)-11} + t_{ASK(2/2)-1} + t_{ASK(2/2)-2} + t_{ASK(2/2)-3} + t_{ASK(2/2)-4} + t_{ASK(2/2)-5} + t_{ASK(2/2)-7}}{4 \cdot tr_{hrub}} \cdot kusy = \frac{18,74 + 7,53 + 7,2 + 6,6 + 6 + 5,52 + 5,04 + 4,5 + 4,02 + 3,54 + 3 + 15,6 + 1 + 2,3 + 4,1 + 6,6 + 15,6}{4 \cdot 1200} \cdot 40 = 0,974 \Rightarrow \underline{1 \text{ ks}} \quad (1.11)$$

VBD CNMG 120404-MF2

$$S_{NKDOK} = \frac{t_{ASK(2/2)-6} + t_{ASK(2/2)-8}}{4 \cdot tr_{dok}} \cdot n_k = \frac{15,6 + 31,2}{4 \cdot 900} \cdot 40 = 0,52 \Rightarrow \underline{1 \text{ ks}} \quad (1.12)$$

Vrták Ø28x291/170

$$S_{NKVRT} = \frac{t_{ASK(1/2)-16}}{tr_{vrt}} \cdot n_k = \frac{95,4}{5100} \cdot 40 = 0,748 \Rightarrow \underline{1 \text{ ks}} \quad (1.13)$$

VBD WCMT 06T308-F1

$$S_{NKDOK} = \frac{t_{ASK(1/2)-17}}{3 \cdot tr_{dok}} \cdot n_k = \frac{7,8}{3 \cdot 900} \cdot 40 = 0,116 \Rightarrow \underline{1 \text{ ks}} \quad (1.14)$$

VBD LCMF 160608-0600-MG

$$S_{NKDOK} = \frac{t_{ASK(1/2)-12} + t_{ASK(1/2)-13} + t_{ASK(1/2)-14} + t_{ASK(1/2)-15}}{2 \cdot tr_{dok}} \cdot n_k = \frac{1,44 + 1,68 + 1,98 + 2,1}{2 \cdot 900} \cdot 40 = 0,16 \Rightarrow \underline{1 \text{ ks}} \quad (1.15)$$

Výpočet spotřeby nářadí v kusové výrobě je pouze orientační. Zjišťuje, zda není potřeba objednat nářadí, kterého by byla větší spotřeba, než kolik je naskladněno v nářadovně.

2 VÝROBA ŘEMENICE Z POLOTOVARU ODLITKU

V této kapitole je zpracován návrh sériové výroby čítající 40000 ks.

2.1 Výrobní postup pro výrobu z polotovaru odlitku

Jako polotvar pro sériovou výrobu, v objemu 40 000 ks za rok, dané součásti byl vybrán odlitek (Příloha č. 14). Není to jediný možný polotovar, ze kterého by se daná součást dala vyrábět, ale tento polotovar byl zvolen pro

kompaktnost vyráběné součásti a menšího poměru odpadu materiálu, než u výroby z kusového materiálu.

Součást je vyráběna na CNC soustruhu SFB 50-65 (Příloha č. 15). Výroba je rozdělena do třech operací. Každé upnutí během výroby je považováno za samostatnou operaci, protože každá operace bude realizována samostatně (Příloha č. 16 až č. 19).

VBD a držáky pro sériovou výrobu byly rovněž vybrány z katalogu firmy SECO. Pro vrtání díry byl vybrán vrták s vyměnitelnými destičkami od firmy SANDVIK, který je finančně nákladnější, ale oproti monolitnímu vrtáku (použitému v kusové výrobě) výhodnější pro vyšší rychlost vrtání. Na výrobu přesné díry ($\varnothing 30H8$) byl zvolen (stejně jako v kusové výrobě) vnitřní soustružnický nůž. Pro výrobu drážky, ve které je veden řemen, bude použit zapichovací nůž na hrubování drážky a zapichovací nůž pro dokončení tvaru. Pro vedení nástroje v drážce bude použit řídicí software CNC soustruhu.

Pro výrobu drážky v náboji byla vybrána metoda protahování. A to pro možnost protahování několika součástí najednou a pro vysokou přesnost zvolené metody. Z důvodu vysoké pořizovací ceny stroje a nástroje pro tuto metodu, byla zvolena možnost kooperace se specializovanou firmou. Firem zaměřených na tuto problematiku je v dnešní době na trhu velké množství. (Přílohy č. 20 až č. 30)

Číslo operace:	Pracoviště Typ stroje:	Popis práce:	Nástroj:
0	OTK 09863	Kontrolovat polotovar vizuálně- četnost 100%	
1	SFB 50-65 04513	Zarovnat čelo; Hrubovat $\varnothing 152$ - 58, pod úhlem 62° na $\varnothing 45$ na délku 19; Soustružit na čisto pod úhlem 62° na $\varnothing 45$ na délku 20	Hrubování: Držák: DRSNR 2525M12 VBD RNMA 120400 Dokončení: Držák: SRDCN 2525M12 VBD RCMT 1204M0-F2
2	SFB 50-65 04513	Zarovnat čelo na délku 120 Hrubovat $\varnothing 152$ - 26; $\varnothing 60$ -40; Soustružit zápich $\varnothing 60$ -55 Vrtat $\varnothing 28$ -100; Soustružit $\varnothing 30H8$ - 100 Srazit hranu $1,5 \times 45^\circ$	Hrubování: Držák: DRSNR 2525M12 VBD RNMA 120400 Soustružení zápichu: Držák CFIR 2525M06R100070 VBD LCMF 160608-0600-MG Vrtání: Držák: 880-D2800L32-05 VBD Vnitřní 880-05 03 05H-C-GM Vnější 880-05 03 W05H-P-GM Dokončení: Držák A20Q-SWLCL06

			VBD WNGG 060402-MF1
3	SFB 50-65 04513	Soustružit Ø150-80; Hrubovat drážku; Soustružit na čisto 5x drážku Srazit hrany 1,5x45°	Držák PCLNR 2020K12 VBD CNMG 120404-MF2 Drážka: Hrubování: Držák CFMR 2020K03 VBD LCMF 160304-0300-FT Dokončení: Držák CFMR 2020K03 VBD LCGN 1603M0-0100R-R
4	OTK 09863	Kontrolovat rozměry Ø150; Ø30H8; 80; 100; 34°±1°; 10; 15; R1	Mezní válečkový kalibr oboustranný Ø30H8, ČSN 25 3110; Posuvné měřítko oboustranné s hloubkoměrem 0- 160, ČSN 25 1238
5	Protahovací stroj VARINELLI 8/10 05434	Protáhnout drážku 10P9-100	Kooperace
6	OTK 09863	Kontrolovat rozměry-10P9; 33,3;-četnost 100% Kontrolovat vizuálně-četnost 100%	Posuvné měřítko oboustranné s hloubkoměrem 0-160, ČSN 25 1238
7	Balírna 09913	Konzervovat a balit	

2.2 Výpočet strojního času

Výpočet strojního času pro návodku č.1

$t_{AS1(1/2)-1}$

S- sériová výroba

1- číslo návodky

(1/2)- návodka první část

1- číslo dané třísky

Strojní čas pro třísku č.1

$$n_{1-1} = \frac{v_{c1-1} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{1-1}} = \frac{170 \cdot 1000}{\pi \cdot 154} = 351,38 \Rightarrow 351 \text{ min}^{-1} \quad (1.16)$$

$$t_{ASS1-1} = \frac{\pi \cdot D_{1-1} \cdot [(D_{1-1} + l_p) - (d_{1-1} - l_n)]}{2000 \cdot f_{1-1} \cdot v_{c1-1}} = \frac{\pi \cdot 154 \cdot [(154 + 1) - (111,7 - 1)]}{2000 \cdot 0,6 \cdot 170} \quad (1.17)$$

$$t_{ASS1-1} = 0,105 \text{ min} = 6,3 \text{ s}$$

Strojní čas pro třísku č.2

$$n_{1-2} = \frac{v_{c1-1} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{1-2}} = \frac{170 \cdot 1000}{\pi \cdot 152} = 356,01 \Rightarrow 356 \text{ min}^{-1} \quad (1.18)$$

$$t_{ASS1-2} = \frac{l_n + L_{1-2} + l_p}{n_{1-2} \cdot f_{1-1}} = \frac{1 + 58 + 0}{356 \cdot 0,6} = 0,276 \text{ min} = \underline{16,56 \text{ s}} \quad (1.19)$$

Strojní čas pro třísku č.3

$$n_{1-3} = \frac{v_{c1-1} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{1-3}} = \frac{170 \cdot 1000}{\pi \cdot 116} = 466,49 \Rightarrow 466 \text{ min}^{-1} \quad (1.20)$$

$$t_{ASS1-3} = \frac{l_n + L_{1-3} + l_p}{n_{1-3} \cdot f_{1-1}} + \frac{\pi \cdot D_{1-31} \cdot [(D_{1-31} + l_p) - (d_{1-31} - l_n)]}{2000 \cdot f_{1-1} \cdot v_{c1-1}} =$$

$$\frac{1 + 40,5 + 0}{466 \cdot 0,6} + \frac{\pi \cdot 44,5 \cdot [(44,5 + 0) - (0 - 0)]}{2000 \cdot 0,6 \cdot 170} = 0,179 \text{ min} = \underline{10,74 \text{ s}} \quad (1.21)$$

Strojní čas pro třísku č.4

$$n_{1-4} = \frac{v_{c1-4} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{1-4}} = \frac{345 \cdot 1000}{\pi \cdot 120} = 915,14 \Rightarrow 915 \text{ min}^{-1} \quad (1.22)$$

$$t_{ASS1-4} = \frac{l_n + L_{1-4} + l_p}{n_{1-4} \cdot f_{1-4}} + \frac{\pi \cdot D_{1-41} \cdot [(D_{1-41} + l_p) - (d_{1-41} - l_n)]}{2000 \cdot f_{1-4} \cdot v_{c1-4}} =$$

$$\frac{1 + 42,6 + 0}{915 \cdot 0,2} + \frac{\pi \cdot 45 \cdot [(45 + 0) - (0 - 0)]}{2000 \cdot 0,2 \cdot 345} = 0,284 \text{ min} = \underline{17,04 \text{ s}} \quad (1.23)$$

Tab. 2.2a Vypočtené otáčky pro jednotlivé třísky pro návodku 1

i	v_c [m·min ⁻¹]	D [mm]	n [min ⁻¹]
1	170	154	351
2	170	152	356
3	170	116	466
4	345	120	915

Tab. 2.2b Vypočtené strojní časy pro jednotlivé třísky pro návodku 1

i	L [mm]	D [mm]	d [mm]	n [min ⁻¹]	f [mm]	v_c [m·min ⁻¹]	t_{ASS} [s]
1	---	154	111,7	351	0,6	170	6,3
2	58	---	---	356	0,6	170	16,56
3	40,5	44,5	0	466	0,6	170	10,74
4	42,6	45	0	915	0,2	345	17,04

Výpočet strojního času pro návodku č.2

Strojní čas pro třísku č.1 (z čela)

$$n_{2-1} = \frac{v_{c2-1} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{2-1}} = \frac{170 \cdot 1000}{\pi \cdot 64} = 845,51 \Rightarrow 846 \text{ min}^{-1} \quad (1.24)$$

$$t_{ASS2-1} = \frac{\pi \cdot D_{2-1} \cdot [(D_{2-1} + l_p) - (d_{2-1} - l_n)]}{2000 \cdot f_{2-1} \cdot v_{c2-1}} = \frac{\pi \cdot 64 \cdot [(64 + 0) - (0 - 1)]}{2000 \cdot 0,6 \cdot 170} \quad (1.25)$$

$$t_{ASS2-1} = 0,064 \text{ min} = 3,84 \text{ s}$$

Strojní čas pro třísku č.2

$$n_{2-2} = \frac{v_{c2-1} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{2-2}} = \frac{170 \cdot 1000}{\pi \cdot 152} = 356,01 \Rightarrow 356 \text{ min}^{-1} \quad (1.26)$$

$$t_{ASS2-2} = \frac{l_n + L_{2-2} + l_p}{n_{2-2} \cdot f_{2-1}} = \frac{1 + 26 + 1}{356 \cdot 0,6} = 0,131 \text{ min} = 7,86 \text{ s} \quad (1.27)$$

Strojní čas pro třísku č.3

$$n_{2-3} = \frac{v_{c2-1} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{2-3}} = \frac{170 \cdot 1000}{\pi \cdot 60} = 901,88 \Rightarrow 902 \text{ min}^{-1} \quad (1.28)$$

$$t_{ASS2-3} = \frac{\pi \cdot D_{2-31} \cdot [(D_{2-31} + l_p) - (d_{2-31} - l_n)]}{2000 \cdot f_{2-1} \cdot v_{c2-1}} + \frac{l_n + L_{2-3} + l_p}{n_{2-3} \cdot f_{2-1}} =$$

$$\frac{\pi \cdot 152 \cdot [(152 + 0) - (60 - 1)]}{2000 \cdot 0,6 \cdot 170} + \frac{0 + 40 + 1}{902 \cdot 0,6} = 0,293 \text{ min} = 17,58 \text{ s} \quad (1.29)$$

Dílčí výpočty a výsledky pro třísky 4-9 jsou uvedeny v následujících tabulkách (Tab. 2.2c, Tab. 2.2d).

Tab. 2.2c Vypočtené otáčky pro jednotlivé třísky pro návodku 2

i	v_c [m·min ⁻¹]	D [mm]	n [min ⁻¹]
1	170	64	846
2	170	152	356
3	170	60	902
4	170	60	902
5	170	72	752
6	170	84	644
7	170	96	564
8	213	28	2421
9	345	30	3661

Tab. 2.2d Vypočtené strojní časy pro jednotlivé třísky pro návodku 2

i	L [mm]	D [mm]	d [mm]	n [min ⁻¹]	f [mm]	v_c [m·min ⁻¹]	t_{ASS} [s]
1	---	64	0	846	0,6	170	3,84
2	26	---	---	356	0,6	170	7,86
3	40	152	60	902	0,6	170	17,58
4	15	---	---	902	0,6	170	1,8
5	15	---	---	752	0,6	170	2,1
6	15	---	---	644	0,6	170	2,46
7	15	---	---	564	0,6	170	2,82
8	100	---	---	2421	0,16	213	15,78
9	100	---	---	3661	0,2	345	8,34

Výpočet strojního času pro návodku č.3 (1/2)

Strojní čas pro třísku č.1

$$n_{3(1/2)-1} = \frac{v_{c3(1/2)-1} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{3(1/2)-1}} = \frac{345 \cdot 1000}{\pi \cdot 150} = 732,11 \Rightarrow 732 \text{ min}^{-1} \quad (1.30)$$

$$t_{ASS3(1/2)-1} = \frac{l_n + L_{3(1/2)-1} + l_p}{n_{3(1/2)-1} \cdot f_{3(1/2)-1}} = \frac{1 + 80 + 1}{732 \cdot 0,2} = 0,560 \text{ min} = \underline{33,6 \text{ s}} \quad (1.31)$$

Tab. 2.2e Vypočtené otáčky pro jednotlivé třísky pro návodku 3 (1/2)

i	v_c [m·min ⁻¹]	D [mm]	n [min ⁻¹]
1	345	150	732

Tab. 2.2f Vypočtené strojní časy pro jednotlivé třísky pro návodku 3 (1/2)

i	L [mm]	D [mm]	d [mm]	n [min ⁻¹]	f [mm]	v_c [m·min ⁻¹]	t_{ASS} [s]
1	80	---	---	732	0,2	345	33,6

Výpočet strojního času pro návodku č.3 (2/2)

Strojní čas pro třísku č.1

$$n_{3(2/2)} = \frac{v_{c3-1} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{3-1}} = \frac{170 \cdot 1000}{\pi \cdot 150} = 360,75 \Rightarrow 361 \text{ min}^{-1} \quad (1.32)$$

$$t_{ASS3(2/2)-1} = \frac{\pi \cdot D_{3-1} \cdot [(D_{3-1} + l_p) - (d_{3-1} - l_n)]}{2000 \cdot f_{3-1} \cdot v_{c3-1}} = \frac{\pi \cdot 150 \cdot [(150 + 0) - (145,84 - 1)]}{2000 \cdot 0,6 \cdot 170} \quad (1.33)$$

$$t_{ASS3(2/2)-1} = 0,0119 \text{ min} = 0,714 \text{ s}$$

Dílčí výpočty a výsledky pro třísky 3-8 jsou uvedeny v následujících tabulkách (Tab. 2.2e, Tab. 2.2f).

Strojní čas pro třísku č.17

$$n_{3(2/2)-17} = \frac{v_{c3(2/2)-17} \cdot 1000}{\pi \cdot D_{3-1}} = \frac{345 \cdot 1000}{\pi \cdot 150} = 732,11 \Rightarrow 732 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1} \quad (1.34)$$

$$t_{ASS3(2/2)-17} = \frac{l_n + L_{3(2/2)-17} + l_p}{n_{3(2/2)-17} \cdot f_{3(2/2)-17}} = \frac{1 + 30,7 + 1}{732 \cdot 0,2} = 0,2234 \text{ min} = \underline{13,404 \text{ s}} \quad (1.35)$$

Tab. 2.2e Vypočtené otáčky pro jednotlivé třísky pro návodku 3 (1/2)

i	v_c [m·min ⁻¹]	D [mm]	n [min ⁻¹]
1	170	150	361
17	345	150	732

Tab. 2.2f Vypočtené strojní časy pro jednotlivé třísky pro návodku 3 (1/2)

i	L [mm]	D [mm]	d [mm]	n [min ⁻¹]	f [mm]	v_c [m·min ⁻¹]	t_{ASS} [s]
1	---	150	145,84	361	0,6	170	0,714
2	---	150	142,5	361	0,6	170	1,176
3	---	150	139,16	361	0,6	170	1,644
4	---	150	135,82	361	0,6	170	2,106
5	---	150	132,46	361	0,6	170	2,568

6	---	150	129,1	361	0,6	170	3,036
7	---	150	125,74	361	0,6	170	3,504
8	---	150	124	361	0,6	170	3,744
9	---	150	124	361	0,6	170	3,744
10	---	150	127,36	361	0,6	170	3,276
11	---	150	130,72	361	0,6	170	2,808
12	---	150	134,1	361	0,6	170	2,34
13	---	150	137,46	361	0,6	170	1,878
14	---	150	140,82	361	0,6	170	1,41
15	---	150	144,18	361	0,6	170	0,936
16	---	150	147,54	361	0,6	170	0,48
17	30,7	---	---	732	0,2	345	13,404

Strojní čas pro jednu drážku řemenu

$$\begin{aligned}
 t_{ASSD} = & t_{ASS3(2/2)-1} + t_{ASS3(2/2)-2} + t_{ASS3(2/2)-3} + t_{ASS3(2/2)-4} + t_{ASS3(2/2)-5} + t_{ASS3(2/2)-6} + \\
 & t_{ASS3(2/2)-7} + t_{ASS3(2/2)-8} + t_{ASS3(2/2)-9} + t_{ASS3(2/2)-10} + t_{ASS3(2/2)-11} + t_{ASS3(2/2)-12} + \\
 & t_{ASS3(2/2)-13} + t_{ASS3(2/2)-14} + t_{ASS3(2/2)-15} + t_{ASS3(2/2)-16} + t_{ASS3(2/2)-17} = 0,714 + 1,176 + \\
 & 1,644 + 2,106 + 2,568 + 3,036 + 3,504 + 3,744 + 3,744 + 3,276 + 2,808 + 2,34 + \\
 & 1,878 + 1,41 + 0,936 + 0,48 + 13,404 = 0,8128 \text{ min} = \underline{48,768 \text{ s}}
 \end{aligned} \quad (1.36)$$

Strojní čas pro celou součást

$$\begin{aligned}
 t_{ASS} = & t_{ASS1-1} + t_{ASS1-2} + t_{ASS1-3} + t_{ASS1-4} + t_{ASS2-1} + t_{ASS2-2} + t_{ASS2-3} + t_{ASS2-4} + t_{ASS2-5} + \\
 & t_{ASS2-6} + t_{ASS2-7} + t_{ASS2-8} + t_{ASS2-9} + t_{ASS3(1/2)-1} + 5 \cdot t_{ASSD} = 6,3 + 16,56 + 10,74 + \\
 & 17,04 + 3,84 + 7,86 + 17,58 + 1,8 + 2,1 + 2,46 + 2,82 + 15,78 + 8,34 + 33,6 + 5 \cdot 48,768 \\
 & = 6,511 \text{ min} = \underline{390,66 \text{ s}}
 \end{aligned} \quad (1.37)$$

Strojní čas pro celou sérii

$$t_{ASS40000} = n_s \cdot t_{ASS} = 40000 \cdot 6,511 = 260440 \text{ min} = \underline{4340,6 \text{ hod}} \quad (1.38)$$

2.3 Výpočet spotřeby nářadí

Pro výpočet spotřeby jednotlivých VBD bude vycházeno s trvanlivostí pro dokončení $tr_{dok} = 15 \text{ min}$, pro hrubování $tr_{hrub} = 20 \text{ min}$.

VBD RNMA 120400

$$\begin{aligned}
 S_{NSHRUB} = & \frac{t_{ASS1-1} + t_{ASS1-2} + t_{ASS1-3} + t_{ASS2-1} + t_{ASS2-2} + t_{ASS2-3}}{4 \cdot tr_{hrub}} \cdot n_s = \\
 & \frac{6,3 + 16,56 + 10,74 + 3,84 + 7,86 + 17,58}{4 \cdot 1200} \cdot 40000 = 524 \Rightarrow \underline{524 \text{ ks}}
 \end{aligned} \quad (1.39)$$

VBD RCMT 1204M0-F2

$$S_{NSDOK} = \frac{t_{ASS1-4}}{2 \cdot tr_{dok}} \cdot n_s = \frac{17,04}{2 \cdot 900} \cdot 40000 = 378,6 \Rightarrow \underline{379 \text{ ks}} \quad (1.40)$$

VBD LCMF 160608-0600-MG

$$S_{NSDOK} = \frac{t_{ASS2-4} + t_{ASS2-5} + t_{ASS2-6} + t_{ASS2-7}}{2 \cdot tr_{dok}} \cdot n_s = \frac{1,8 + 2,1 + 2,46 + 2,82}{2 \cdot 900} \cdot 40000 \quad (1.41)$$

$$= 204 \Rightarrow \underline{204 \text{ ks}}$$

VBD Vnitřní 880-05 03 05H-C-GM, Vnější 880-05 03 W05H-P-GM

$$S_{NSVRT} = \frac{t_{ASS2-8}}{2 \cdot tr_{hrub}} \cdot n_s = \frac{15,78}{2 \cdot 1200} \cdot 40000 = 263 \Rightarrow \underline{263 \text{ ks}} \quad (1.42)$$

Výpočet je pouze jeden, ale platí stejně jak pro vnější tak pro vnitřní destičku.

VBD WNGG 060402-MF1

$$S_{NSDOK} = \frac{t_{ASS2-9}}{6 \cdot tr_{dok}} \cdot n_s = \frac{8,34}{6 \cdot 900} \cdot 40000 = 61,7 \Rightarrow \underline{62 \text{ ks}} \quad (1.43)$$

VBD CNMG 120404-MF2

$$S_{NSDOK} = \frac{t_{ASS3(1/2)-1}}{4 \cdot tr_{dok}} \cdot n_s = \frac{33,6}{4 \cdot 900} \cdot 40000 = 373,3 \Rightarrow \underline{374 \text{ ks}} \quad (1.44)$$

VBD LCMF 160304-0300-FT

$$S_{NSHRUB} = \frac{5 \cdot (t_{ASSD} - t_{ASS3(2/2)-17})}{2 \cdot tr_{hrub}} \cdot n_s = \frac{5 \cdot (48,768 - 13,404)}{2 \cdot 1200} \cdot 40000 \quad (1.45)$$

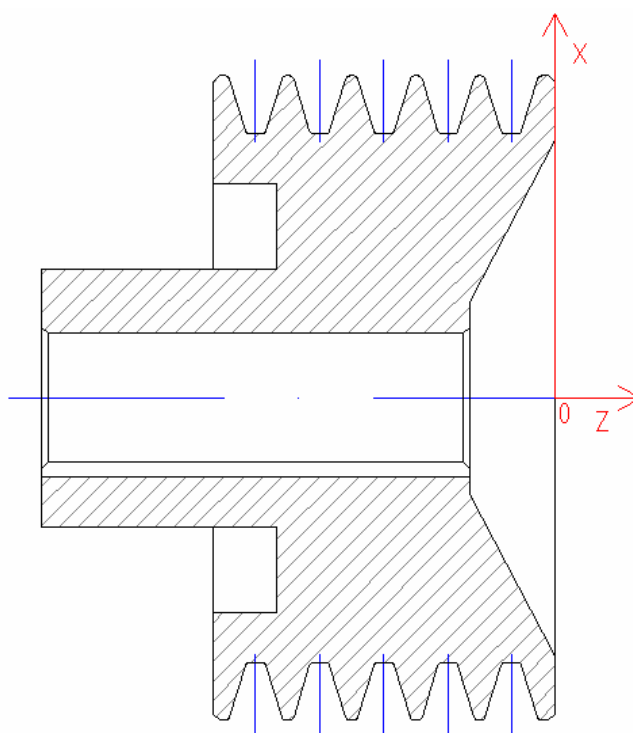
$$= 2947 \Rightarrow \underline{2947 \text{ ks}}$$

VBD LCGN 1603M0-0100R-R

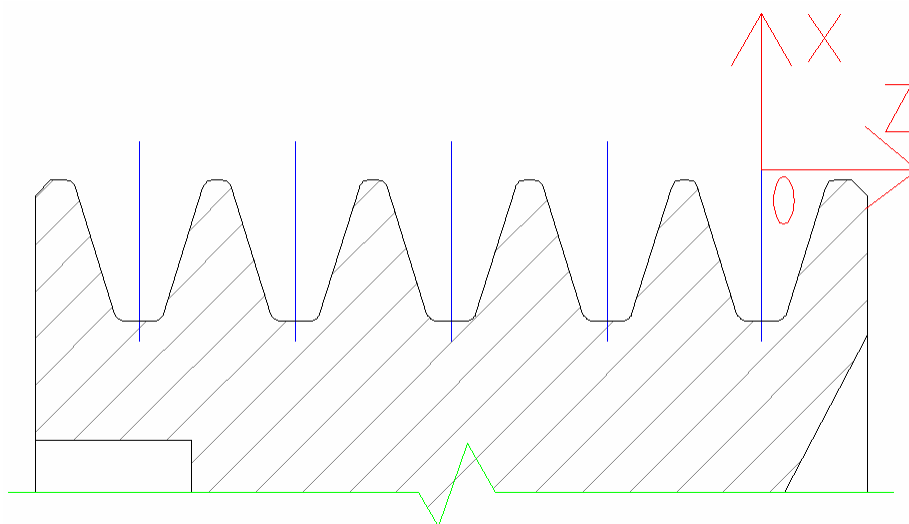
$$S_{NSDOK} = \frac{5 \cdot t_{ASS3(2/2)-17}}{1 \cdot tr_{dok}} \cdot n_s = \frac{5 \cdot 13,404}{1 \cdot 900} \cdot 40000 = 2978,6 \Rightarrow \underline{2979 \text{ ks}} \quad (1.46)$$

2.4 NC program pro obrábění drážek na CNC stroji

Program je vytvořen tak, že obrábění drážek je rozděleno do dvou podprogramů. První z nich je určen pro předhrubování drážky za pomoci zapichovacího nože. Druhý je určen pro finální obrábění tvaru drážky. Tyto podprogramy mají posunut nulový bod do osy každé obráběné drážky. Důvodem je jednoduchost zadávaných souřadnic a vyšší přesnost obrábění. Z předchozí části programu je stanoveno, že nulový bod je v ose čela obrobku. Veškeré souřadnice v ose X jsou zadávány ve formě průměrů.



Obr. 2.1 Umístění souřadného systému a nulového bodu pro hlavní NC program



Obr. 2.2 Umístění souřadného systému pro obrábění jedné drážky

Jedná se o základní zápis NC programu bez provázanosti na konkrétní řídicí systém. Uvedené dráhy nástroje jsou řešeny vůči kontuře součásti v zavedeném souřadném systému

Část hlavního programu

N050	M06	X-----	Z-----	T 2
N060	G00	X+152.000	Z+4.000	
N070	G00	X+152.000	Z-10.000	
N080	G92	X+152.000	Z-10.000	
N090	G25	L N400		
N110	G00	X0.000	Z-15.000	
N120	G92	X0.000	Z-15.000	
N130	G25	L N400		
N150	G00	X0.000	Z-15.000	
N160	G92	X0.000	Z-15.000	
N170	G25	L N400		
N180	G00	X0.000	Z-15.000	
N190	G92	X0.000	Z-15.000	
N200	G25	L N400		
N210	G00	X0.000	Z-15.000	
N220	G92	X0.000	Z-15.000	
N230	G25	L N400		
N240	G00	X+4.000	Z+80.000	
N250	M06	X-----	Z-----	T 3
N260	G00	X+4.000	Z+60.000	
N270	G92	X+4.000	Z+60.000	
N280	G25	L N900		
N290	G00	X0.000	Z-15.000	
N300	G92	X0.000	Z-15.000	
N280	G25	L N900		
N290	G00	X0.000	Z-15.000	
N300	G92	X0.000	Z-15.000	
N280	G25	L N900		
N290	G00	X0.000	Z-15.000	
N300	G92	X0.000	Z-15.000	
N280	G25	L N900		
N290	G00	X0.000	Z-15.000	
N300	G92	X0.000	Z-15.000	
N280	G25	L N900		
N290	G00	X0.000	Z-15.000	
N300	G92	X0.000	Z-15.000	

Podprogram pro hrubování drážky

N400	G95			
N410	G96			
N420	G00	X0.000	Z-5.170	
N430	G00	X0.000	Z-5.170	
N440	G01	X-6.154	Z-5.170	F0.600
N450	G00	X0.000	Z-5.170	
N460	G00	X0.000	Z-4.650	
N470	G01	X-9.506	Z-4.650	F0.600
N480	G00	X0.000	Z-4.650	
N490	G00	X0.000	Z-4.130	

N500	G01	X-12.835	Z-4.130	F0.600
N510	G00	X0.000	Z-4.130	
N520	G00	X0.000	Z-3.610	
N530	G01	X-16.174	Z-3.610	F0.600
N540	G00	X0.000	Z-3.610	
N550	G00	X0.000	Z-3.090	
N560	G01	X-19.538	Z-3.090	F0.600
N570	G00	X0.000	Z-3.090	
N580	G00	X0.000	Z-2.560	
N590	G01	X-22.901	Z-2.560	F0.600
N600	G00	X0.000	Z-2.560	
N610	G00	X0.000	Z-2.040	
N620	G01	X-26.264	Z-2.040	F0.600
N630	G00	X0.000	Z-2.040	
N640	G00	X0.000	Z-1.770	
N650	G01	X-28.000	Z-1.770	F0.600
N660	G00	X0.000	Z-1.770	
N670	G00	X0.000	Z-1.231	
N680	G01	X-28.000	Z-1.231	F0.600
N690	G00	X0.000	Z-1.231	
N700	G00	X0.000	Z-0.707	
N710	G01	X-24.637	Z-0.707	F0.600
N720	G00	X0.000	Z-0.707	
N730	G00	X0.000	Z-0.184	
N740	G01	X-21.273	Z-0.184	F0.600
N750	G00	X0.000	Z-0.184	
N760	G00	X0.000	Z+0.340	
N770	G01	X-17.910	Z+0.340	F0.600
N780	G00	X0.000	Z+0.340	
N790	G00	X0.000	Z+0.864	
N800	G01	X-14.547	Z+0.864	F0.600
N810	G00	X0.000	Z+0.864	
N820	G00	X0.000	Z+1.388	
N830	G01	X-11.183	Z+1.388	F0.600
N840	G00	X0.000	Z+1.388	
N850	G00	X0.000	Z+1.911	
N860	G01	X-7.82	Z+1.911	F0.600
N870	G00	X0.000	Z+1.911	
N880	G00	X0.000	Z+2.435	
N885	G01	X-4.457	Z+2.435	F0.600
N890	G00	X0.000	Z+2.435	
N895	M17			

Podprogram pro dokončení tvaru drážky

Souřadnice pro podprogram jsou vytvořeny pro střed rádiusu nože na dokončení tvaru. Požadovaný tvar vznikne tečně ke hraně tělesa VBD.

N900	G95		
N905	G96		
N910	G00	X0.000	Z+7.077

N915	G01	X-4.000	Z+7.077	F0.200	
N920	G02	X-6.811	Z+5.167	R2.000	F0.200
N925	G01	X-31.000	Z+1.401	F0.200	
N930	G01	X-31.000	Z-1.401	F0.200	
N935	G01	X-6.811	Z-5.167	F0.200	
N940	G02	X-4.000	Z-7.077	R2.000	F0.200
N945	G00	X0.000	Z0.000		
N950	M17				

3 NÁVRH PROJEKTU DÍLNY PRO SÉRIOVOU VÝROBU

V této kapitole je výpočtově i pozičně řešen projekt výrobního pracoviště.

3.1 Vstupní hodnoty

Název součásti: ŘEMENICE VELKÁ

Číslo výkresu: BC-3P1-2011-03 (Příloha č. 31)

Výrobní kapacita: $N = 40000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$

Čistá hmotnost součásti: $H_c = 8,35 \text{ kg}$

Hrubá hmotnost součásti: $H_h = 11,9 \text{ kg}$

Roční fond ručního pracoviště v jedné směně

$$E_r = 365 - 110 - \left(12 \cdot \frac{2}{7}\right) = 251,57 \Rightarrow \underline{252 \text{ dní}} \quad (1.47)$$

Roční fond strojního pracoviště

$$E_s = E_r - (E_r \cdot 0,11) = 252 - (252 \cdot 0,11) = 224,28 = \underline{224 \text{ dní}} \quad (1.48)$$

Efektivní časový fond dělníka:

$$E_d = E_r - 20 - 14 = 252 - 20 - 14 = \underline{218 \text{ dní}} \quad (1.49)$$

Směnnost strojních pracovišť

$$S_s = 2$$

Koeficient překračování norem strojních

$$k_{pns} = 1,2$$

3.2 Kapacitní výpočty

Výpočet počtu strojů pro operaci č. 1

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot 8 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{0,844 \cdot 40000}{60 \cdot 8 \cdot 224 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,131 \text{ stroj} \quad (1.50)$$

$$\underline{P_{sk1} = 1 \text{ stroj}}$$

Výpočet počtu strojů pro operaci č. 2

$$P_{th2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot 8 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,043 \cdot 40000}{60 \cdot 8 \cdot 224 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,162 \text{ stroj} \quad (1.51)$$

$$\underline{P_{sk2} = 1 \text{ stroj}}$$

Výpočet počtu strojů pro operaci č. 3

$$P_{th3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot 8 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{4,624 \cdot 40000}{60 \cdot 8 \cdot 224 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,717 \text{ stroj} \quad (1.52)$$

$$P_{sk3} = 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje v operaci č. 1

$$\eta_{s1} = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{0,131}{1} \cdot 100 = 13,1 \% \quad (1.53)$$

Využití stroje v operaci č. 2

$$\eta_{s2} = \frac{P_{th2}}{P_{sk2}} \cdot 100 = \frac{0,162}{1} \cdot 100 = 16,2 \% \quad (1.54)$$

Využití stroje v operaci č. 3

$$\eta_{s3} = \frac{P_{th3}}{P_{sk3}} \cdot 100 = \frac{0,717}{1} \cdot 100 = 71,7 \% \quad (1.55)$$

Z důvodu malého využití strojů pro první a druhou operaci bude první a druhá operace prováděna na jednom stroji. Dojde k úspoře jednoho stroje. Malé využití stroje pro první a druhou operaci může být kompenzováno přidáním výroby jiného obrobku. Třetí operace bude prováděna na samostatném stroji z důvodu její složitosti a náročnosti na postup a přesnost.

Využití prvního stroje pro operaci č. 1 a č. 2

$$\eta_{s1-2} = \frac{P_{th1} + P_{th2}}{P_{sk1-2}} \cdot 100 = \frac{0,131 + 0,162}{1} \cdot 100 = 29,3 \% \quad (1.56)$$

3.3 Výpočet pracovníků

Výpočet počtu dělníků pro strojní pracoviště, operace č.1

$$D_{vs1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot 8 \cdot E_s \cdot k_{pns}} = \frac{0,844 \cdot 40000}{60 \cdot 8 \cdot 224 \cdot 1,2} = 0,262 \Rightarrow 1 \text{ dělník} \quad (1.57)$$

Výpočet počtu dělníků pro strojní pracoviště, operace č.2

$$D_{vs2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot 8 \cdot E_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,043 \cdot 40000}{60 \cdot 8 \cdot 224 \cdot 1,2} = 0,323 \Rightarrow 1 \text{ dělník} \quad (1.58)$$

Výpočet počtu dělníků pro strojní pracoviště, operace č.3

$$D_{vs3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot 8 \cdot E_s \cdot k_{pns}} = \frac{4,624 \cdot 40000}{60 \cdot 8 \cdot 224 \cdot 1,2} = 1,433 \Rightarrow 2 \text{ dělníci} \quad (1.59)$$

Sloučením první a druhé operace provedené na jednom stroji, dojde k úspoře jednoho pracovníka.

Výpočet počtu dělníků pro strojní pracoviště, operace č.1 a č.2

$$D_{vs1-2} = \frac{(t_{k1} + t_{k2}) \cdot N}{60 \cdot 8 \cdot E_s \cdot k_{pns}} = \frac{(0,844 + 1,043) \cdot 40000}{60 \cdot 8 \cdot 224 \cdot 1,2} = 0,585 \Rightarrow 1 \text{ dělník} \quad (1.60)$$

Výroba dané součástky bude prováděna na jednom místě. Stroj pro výrobu 1. a 2. operace bude umístěn hned vedle stroje pro výrobu 3. operace. Toto umístění zjednoduší manipulaci materiálu mezi stroji. A také podle výrobního taktu a časové náročnosti výroby na jednu součástku může být obsluha obou strojů svěřena jednomu pracovníkovi, což by mohlo vést k dalším úsporám. Úspora pracovníka může být provedena až po důkladném proměření časové náročnosti výroby, aby nedošlo k úspoře pracovníka na úkor výkonnosti a počtu vyrobených kusů.

Doprava polotovaru ze skladu a odvoz hotového výrobku do skladu budou realizovány za pomoci nízkozdvížného vozíku v kovových přepravních bednách. Doprava polotovaru ke stroji bude prováděna na začátku každé pracovní směny a nebo na pokyn obsluhujícího pracovníka. Odvoz hotových výrobků do skladu bude proveden po naplnění určitého počtu beden.

U každého z výrobních strojů je umístěno kontrolní pracoviště vybavené měřicím vybavením pro kontrolu a měření rozměrů dané operace z toho důvodu, že obsluha stroje bude provádět namátkovou kontrolu vyrobených rozměrů. Na základě zjištěných skutečností bude ve výrobních programech obsluhou prováděna korekce rozměrů. Předpokládáme že tato zpětná vazba přímo na výrobním pracovišti povede k průběžné optimalizaci rozměrů, což následně sníží zmetkovitost výroby.

Rozložení strojů a zařízení je zobrazeno na výkrese výrobního pracoviště BC-3P1-2010-03 (Příloha č. 31).

4 ZHODNOCENÍ ZVOLENÝCH VARIANT VÝROBY

V této kapitole je provedeno zhodnocení obou vybraných variant výroby.

4.1 Kusová výroba

Kusová výroba je realizována z polotovaru tyče válcované za tepla dle ČSN 42 6510 o rozměrech $\varnothing 160-6000$. Dělení tyče bude prováděno na pásové pile, takže na prořez uvažujeme šířku řezu 3 mm. Z tohoto důvodu tyč bude dělena na stejnoměrné díly po 128mm.

Spotřeba materiálu

$$Sp_t = n_k \cdot L_{PK} = 40 \cdot 128 = \underline{5128 \text{ mm}} \quad (1.61)$$

Počet tyčí

$$P_t = \frac{Sp_t}{L_T} = \frac{5128}{6000} = 0,855 \Rightarrow \underline{1ks} \quad (1.62)$$

Zbytek nevyužitého materiálu lze použít jako náhradní materiál v případě vzniku neopravitelných dílců.

Cena za metr tyče kruhové $\varnothing 160$ mm činí podle fa. Feron $z_{oceli} = 3\,489,62 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-1}$ bez DPH.

Cena materiálu

$$z_t = \frac{L_T}{1000} \cdot z_{oceli} = \frac{6000}{1000} \cdot 3489,62 = \underline{20937,72 \text{ Kč}} \quad (1.63)$$

Náklady na pořízení materiálu na kusovou výrobu činí 20937,72 Kč bez DPH.

Náklady na personál jsou vyčísleny pouze orientačně, protože je spočten čas pouze strojní, a to ještě pouze pro ideální podmínky. V tomto čase není zahrnut čas na přípravu výroby, nastavení stroje, ustavení obrobku, kontrolu a měření, ani časy na přejezdy nástrojů mimo obráběcí pohyb.

Náklady na personál (100 Kč·hod⁻¹)

$$z_{NPK} = 100 \cdot t_{ASK40} = 100 \cdot 3,045 = \underline{304,5 \text{ Kč}} \quad (1.64)$$

Uvedené číslo je pouze orientační, v závislosti na výrobě naroste.

V závislosti na výsledcích ve výpočtech (č. 1.52 až č. 1.54) není nutné nakupovat nástroje do zásoby, pokud vycházíme z předpokladu, že výroba je realizována nástroji, které podnik vlastní a tudíž jich má vlastní operační zásobu.

4.2 Sériová výroba

Sériová výroba je realizována z polotovaru odlitku (Příloha č. 30) o hmotnosti $m_o=11,9$ kg.

Spotřeba materiálu

$$Sp_o = n_s \cdot m_o = 40000 \cdot 11,9 = \underline{476000 \text{ kg}} \quad (1.65)$$

Na roční výrobu o sérii 40 000 ks je zapotřebí 476000 kg odlitku.

Náklady na personál jsou vyčísleny pouze orientačně, protože je spočten čas pouze strojní. V tomto čase není zahrnut čas na přípravu výroby, nastavení stroje, ustavení obrobku, kontrolu a měření ani časy na přejezdy nástrojů mimo obráběcí pohyb.

Náklady na personál (100 Kč·hod⁻¹)

$$z_{NPS} = 100 \cdot t_{ASS40000} = 100 \cdot 4340,6 = \underline{434066,6 \text{ Kč}} \quad (1.66)$$

Tento výpočet je pouze orientační, v závislosti na výrobě se zvýší.

V závislosti na výpočtech (č. 1.39 až č. 1.46) je dána plánovaná spotřeba nářadí pro sériovou výrobu. Jeho cena je závislá na ceně VBD a držáků dohodnuté s dodavatelem.

ZÁVĚR

Cílem projektu byl návrh kusové a sériové výroby “Řemenice velká” včetně rozpracování návrhů jednotlivých výrobních postupů, rozpracování návrhů použitých strojů a nářadí. Součástí projektu je i zpracování časové a materiálové náročnosti.

Kusová výroba je navržena na stroj, který je ve firmě dlouhodobě používán pro svou výkonnost a přesnost. Návrh výroby obsahuje rámcový výrobní postup s doporučeným výrobním a měřicím nářadím - konkrétní výrobní postup, řezné podmínky a možné změny nástrojů jsou ponechány na zkušenostech pracovníka. Návrh předpokládá použití nářadí ze skladových zásob firmy.

Návrh sériové výroby byl původně navržen pro realizaci výroby na třech strojích, kdy na každém stroji měla být prováděna jedna operace. V závislosti na provedených výpočtech využití strojů však bylo zjištěno, že je ekonomičtější první a druhou operaci provádět na jednom stroji, čímž dojde k úspoře jednoho stroje a jednoho pracovníka a současně ke zvýšení procentuálního využití stroje, na kterém bude první a druhá operace prováděna. Realizace třetí operace byla ponechána na třetím stroji samostatně z důvodu své složitosti a náročnosti. Nářadí bylo voleno pro optimální průběh výroby a je předepsáno pro každý úkon. Realizace pracoviště byla navržena tak, aby výroba celé součásti probíhala na jednom místě. Návrh současného uspořádání strojního pracoviště pro dva pracovníky umožňuje v budoucnu (v případě realizace ideálního výrobního taktu) obsluhu strojů pouze jedním pracovníkem.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. LEINVEBER, J.; ŘASA, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky : (Upravené a doplněné vydání)*. 3., doplněné vyd. Praha : Scientia, 2000. 985 s. ISBN 80-7183-164-6
2. SVOBODA, P.; BRANDEJS, J.; PROKEŠ, F. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. 1. Brno : Akademické nakladatelství CERM[®], 2006. 223 s. ISBN 80-7204-465-6
3. KOČMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. Brno : Akademické nakladatelství CERM[®], 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0
4. KOČMAN, Karel. *Speciální technologie. Obrábění*. 1. Brno : Akademické nakladatelství CERM[®], 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8
5. SVOBODA, P.; BRANDEJS, J.; PROKEŠ, F. *Základy konstruování*. 4., přepracované. Brno : Akademické nakladatelství CERM[®], 2006. 199 s. ISBN 80-7204-458-3
6. PILART s r. o. : *(Dřevoobráběcí a kovoobráběcí stroje)* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.pilart.cz/>>
7. KOVÁŘ-NÁŘADÍ s. r. o. : *(Specializovaný obchod s obráběcím nářadím)* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web: <http://www.kovar-naradi.cz/pdf/soustruzeni/soustr_01.pdf>
8. Exapro s r. o. : *(Czech Republic)* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.exapro.eu/cz/produit-39191-novy-svisly-obra-stroj-350at.html>>
9. KRTIČKA, František. *SOMET CZ s. r. o.* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web:< <http://www.sometcz.com/cz/sortiment/15/meridla-na-mereni-uhlu/101/digitalni-uhlomery/762/univerzalni-digitalni-uhlomer-360/>>
10. *Ruční odjehlování* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web: <<http://nastroje.hyperlink.cz/rucniodjehlovani/sady/sady.htm>>
11. *FERMAT Group, a. s.* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/11-cnc-soustruhy/16-sfb-50-cnc.html>>
12. *Exapro s r. o. : (Czech Republic)* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web:< <http://www.exapro.eu/cz/produit-34738-protahovaci-stroj-varinelli.html>>
13. *Ferona, a. s.* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=23784>>
14. *Seco Tools CZ, spol. s r. o.* [online]. 2010. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.secotools.com>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
d	[mm]	Průměr vyráběné součásti
d_p	[mm]	Přídavek na průměr u kus. Výroby
D_p	[mm]	Průměr polotovaru u kus. Výroby
d_M	[mm]	Nejmenší průměr soustruženého čela
Zkratky a symboly pro kusovou výrobu návodka (1/2)		
l_p	[mm]	délka přeběhu nástroje
l_n	[mm]	délka náběhu nástroje
$t_{ASK(1/2)-1}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 1
$f_{(1/2)-1}$	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 1
$v_{c(1/2)-1}$	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 1
$n_{(1/2)-2}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 2
$t_{ASK(1/2)-2}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 2
$v_{c(1/2)}$	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 2 až č. 15
$D_{(1/2)-2}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 2
$L_{(1/2)-A}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 2 až č. 11
$f_{(1/2)}$	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 2 až č. 15
$n_{(1/2)-3}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 3
$t_{ASK(1/2)-3}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 3
$D_{(1/2)-3}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 3
$n_{(1/2)-4}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 4
$t_{ASK(1/2)-4}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 4
$D_{(1/2)-4}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 4
$n_{(1/2)-5}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 5
$t_{ASK(1/2)-5}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 5
$D_{(1/2)-5}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 5
$n_{(1/2)-6}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 6
$t_{ASK(1/2)-6}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 6
$D_{(1/2)-6}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 6
$n_{(1/2)-7}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 7
$t_{ASK(1/2)-7}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 7
$D_{(1/2)-7}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 7
$n_{(1/2)-8}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 8
$t_{ASK(1/2)-8}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 8
$D_{(1/2)-8}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 8
$n_{(1/2)-9}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 9
$t_{ASK(1/2)-9}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 9
$D_{(1/2)-9}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 9
$n_{(1/2)-10}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 10
$t_{ASK(1/2)-10}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 10
$D_{(1/2)-10}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 10
$n_{(1/2)-11}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 11
$t_{ASK(1/2)-11}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 11
$D_{(1/2)-11}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 11

$n_{(1/2)-12}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 12
$t_{ASK(1/2)-12}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 12
$D_{(1/2)-12}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 12
$n_{(1/2)-13}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 13
$t_{ASK(1/2)-13}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 13
$D_{(1/2)-13}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 13
$n_{(1/2)-14}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 14
$t_{ASK(1/2)-14}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 14
$D_{(1/2)-14}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 14
$n_{(1/2)-15}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 15
$t_{ASK(1/2)-15}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 15
$D_{(1/2)-15}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 15
$n_{(1/2)-16}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 16
$t_{ASK(1/2)-16}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 16
$f_{(1/2)-16}$	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 16
$n_{(1/2)-17}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 17
$t_{ASK(1/2)-17}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 17
$v_{c(1/2)-17}$	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 17
$D_{(1/2)-17}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 17
$L_{(1/2)-17}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 17
$f_{(1/2)-17}$	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 16
Zkratky a symboly pro kusovou výrobu návodka (2/2)		
$t_{ASK(2/2)-1}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 1
$n_{(2/2)-2}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 2
$v_{c(2/2)-A}$	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 2 až č. 5 a č. 7
$v_{c(2/2)-B}$	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 6 až č. 8
$f_{(2/2)-A}$	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 2 až č. 5 a č. 7
$f_{(2/2)-B}$	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 6 až č. 8
$t_{ASK(2/2)-2}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 2
$D_{(2/2)-2}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 2
$L_{(2/2)-2}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 2
$n_{(2/2)-3}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 3
$t_{ASK(2/2)-3}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 3
$D_{(2/2)-3}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 3
$L_{(2/2)-3}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 3
$n_{(2/2)-4}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 4
$t_{ASK(2/2)-4}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 4
$D_{(2/2)-4}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 4
$L_{(2/2)-4}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 4
$n_{(2/2)-5}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 5
$t_{ASK(2/2)-5}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 5
$D_{(2/2)-5}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 5
$L_{(2/2)-5}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 5
$n_{(2/2)-6}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 6
$t_{ASK(2/2)-6}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 6
$D_{(2/2)-6}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 6

$L_{(2/2)-6}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 6
$n_{(2/2)-7}$	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 7
$t_{\text{ASK}(2/2)-7}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 7
$D_{(2/2)-7}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 7
$L_{(2/2)-7}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 7
$n_{(2/2)-8}$	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 8
$t_{\text{ASK}(2/2)-8}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 8
$D_{(2/2)-8}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 8
$L_{(2/2)-8}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 8
$n_{(2/2)-9}$	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 9
$D_{(2/2)-9}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 9
t_{ASK}	[min]	Celkový strojní čas
$t_{\text{ASK}40}$	[min]	Čas soustružení pro všechny kusy
tr_{dok}	[min]	Trvanlivost dokončovacích VBD
tr_{hrub}	[min]	Trvanlivost hrubovacích VBD
tr_{vrt}	[min]	Trvanlivost monolitního vrtáku
S_{NKHRUB}	[ks]	Počet VBD na hrubovací práci
S_{NKDOK}	[ks]	Počet VBD na dokončovací práci
S_{NKVRT}	[ks]	Počet monolitních vrtáků na vrtací práci
n_k	[ks]	počet vyrobených kusů součástí v kusové výrobě
Zkratky a symboly pro sériovou výrobu návodka č. 1		
n_{1-1}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 1
$t_{\text{ASS}1-1}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 1
v_{c1-1}	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	Řezná rychlost pro třísku č. 1 až č. 3
D_{1-1}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 1
f_{1-1}	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 1 až 3
d_{1-1}	[mm]	Nejmenší průměr soustruženého čela pro třísku č. 1
n_{1-2}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 2
$t_{\text{ASS}1-2}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 2
D_{1-2}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 2
L_{1-2}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 2
n_{1-3}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 3
$t_{\text{ASS}1-3}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 3
D_{1-3}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 3
L_{1-3}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 3
D_{1-31}	[mm]	Největší průměr soustruženého čela pro třísku č. 3
d_{1-31}	[mm]	Nejmenší průměr soustruženého čela pro třísku č. 3
n_{1-4}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 4
$t_{\text{ASS}1-4}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 4
v_{c1-4}	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	Řezná rychlost pro třísku č. 4
D_{1-4}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 4

L_{1-4}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 4
D_{1-41}	[mm]	Největší průměr soustruženého čela pro třísku č. 4
d_{1-41}	[mm]	Nejmenší průměr soustruženého čela pro třísku č. 4
f_{1-4}	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 4
Zkratky a symboly pro sériovou výrobu návodka č. 2		
n_{2-1}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 1
$t_{\text{ASS2-1}}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 1
v_{c2-1}	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	Řezná rychlost pro třísku č. 1 až č. 7
f_{2-1}	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 1 až č. 7
D_{2-1}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 1
d_{2-1}	[mm]	Nejmenší průměr soustruženého čela pro třísku č. 1
n_{2-2}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 2
$t_{\text{ASS2-2}}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 2
D_{2-2}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 2
L_{2-2}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 2
n_{2-3}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 3
$t_{\text{ASS2-3}}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 3
D_{2-3}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 3
D_{2-31}	[mm]	Největší průměr soustruženého čela pro třísku č. 3
d_{2-31}	[mm]	Nejmenší průměr soustruženého čela pro třísku č. 3
D_{2-4}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 4
L_{2-4}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 4
n_{2-4}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 4
$t_{\text{ASS2-4}}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 4
n_{2-5}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 5
$t_{\text{ASS2-5}}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 5
D_{2-5}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 5
L_{2-5}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 5
n_{2-6}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 6
$t_{\text{ASS2-6}}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 6
D_{2-6}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 6
L_{2-6}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 6
n_{2-7}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 7
$t_{\text{ASS2-7}}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 7
D_{2-7}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 7
L_{2-7}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 7
n_{2-8}	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pro třísku č. 8
$t_{\text{ASS2-8}}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 8
v_{c2-8}	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	Řezná rychlost pro třísku č. 8
D_{2-8}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 8
L_{2-8}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 8

f_{2-8}	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 8
n_{2-9}	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 9
t_{ASS2-9}	[min]	Strojní čas pro třísku č. 9
v_{c2-9}	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 9
D_{2-9}	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 9
L_{2-9}	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 9
f_{2-9}	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 9
Zkratky a symboly pro sériovou výrobu návodka č. 3 (1/2)		
$n_{3(1/2)-1}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 1
$t_{ASS3(1/2)-1}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 1
$v_{c3(1/2)-1}$	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 1
$D_{3(1/2)-1}$	[mm]	Obráběný průměr pro třísku č. 1
$L_{3(1/2)-1}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 1
$f_{3(1/2)-1}$	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 1
Zkratky a symboly pro sériovou výrobu návodka č. 3 (2/2)		
$n_{3(2/2)}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 1
$t_{ASS3(2/2)-1}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 1
v_{c3-1}	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 1 až č. 16
D_{3-1}	[mm]	Největší průměr soustružené třísky pro třísku č. 1 až č. 16
f_{3-1}	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 1 až č. 16
d_{3-1}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 1
$t_{ASS3(2/2)-2}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 2
d_{3-2}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 2
$t_{ASS3(2/2)-3}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 3
d_{3-3}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 3
$t_{ASS3(2/2)-4}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 4
d_{3-4}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 4
$t_{ASS3(2/2)-5}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 5
d_{3-5}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 5
$t_{ASS3(2/2)-6}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 6
d_{3-6}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 6
$t_{ASS3(2/2)-7}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 7
d_{3-7}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 7
$t_{ASS3(2/2)-8}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 8
d_{3-8}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 8
$t_{ASS3(2/2)-9}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 9
d_{3-9}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 9

$t_{ASS3(2/2)-10}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 10
d_{3-10}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 10
$t_{ASS3(2/2)-11}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 11
d_{3-11}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 11
$t_{ASS3(2/2)-12}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 12
d_{3-12}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 12
$t_{ASS3(2/2)-13}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 13
d_{3-13}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 13
$t_{ASS3(2/2)-14}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 14
d_{3-14}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 14
$t_{ASS3(2/2)-15}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 15
d_{3-15}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 15
$t_{ASS3(2/2)-16}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 16
d_{3-16}	[mm]	Nejmenší průměr soustružené třísky pro třísku č. 16
$n_{3(2/2)-17}$	[min ⁻¹]	Otáčky pro třísku č. 17
$t_{ASS3(2/2)-17}$	[min]	Strojní čas pro třísku č. 17
$v_{c3(2/2)-17}$	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost pro třísku č. 17
$L_{3(2/2)-17}$	[mm]	Obráběná délka pro třísku č. 17
$f_{3(2/2)-17}$	[mm]	Posuv nástroje pro třísku č. 17
t_{ASSD}	[min]	Strojní čas pro jednu drážku řemenu
t_{ASS}	[min]	Strojní čas pro celou součást
$t_{ASS40000}$	[min]	Strojní čas pro celou sérii
S_{NSHRUB}	[ks]	počet VBD na hrubovací práci
S_{NSDOK}	[ks]	počet VBD na dokončovací práci
S_{NSVRT}	[ks]	počet VBD na vrtací práci
n_s	[ks]	počet vyrobených kusů součástí v sériové výrobě
Zkratky a symboly pro návrh projektu dílny pro sériovou výrobu		
E_r	[den]	Roční fond ručního pracoviště v jedné směně
E_s	[den]	Roční fond strojního pracoviště
E_d	[den]	Efektivní časový fond dělníka
S_s	[---]	Směnnost strojních pracovišť
k_{pns}	[---]	Koeficient překračování norem strojních
P_{th1}	[stroj]	Teoretický počet strojů pro operaci č. 1
P_{sk1}	[stroj]	Skutečný počet strojů pro operaci č. 1
P_{th2}	[stroj]	Teoretický počet strojů pro operaci č. 2
P_{sk2}	[stroj]	Skutečný počet strojů pro operaci č. 2
P_{th3}	[stroj]	Teoretický počet strojů pro operaci č. 3
P_{sk3}	[stroj]	Skutečný počet strojů pro operaci č. 3

η_{s1}	[%]	Využití stroje v operaci č. 1
η_{s2}	[%]	Využití stroje v operaci č. 2
η_{s3}	[%]	Využití stroje v operaci č. 3
η_{s1-2}	[%]	Využití stroje v operaci č. 1 a č. 2
D_{vs1}	[dělník]	Počet dělníků pro strojní pracoviště, operace č. 1
D_{vs2}	[dělník]	Počet dělníků pro strojní pracoviště, operace č. 2
D_{vs3}	[dělník]	Počet dělníků pro strojní pracoviště, operace č. 3
D_{vs1-2}	[dělník]	Počet dělníků pro strojní pracoviště, operace č. 1 a č. 2
Zhodnocení – Kusová výroba		
P_t	[mm]	Spotřeba mater. Kus. Výroba
L_{PK}	[mm]	Délka polotovaru kus. Výroba
z_t	[ks]	Počet tyčí
L_T	[mm]	Délka tyče na řezání polotovarů
Z_{NPK}	[Kč]	Náklady na personál v kus. výrobě
Zhodnocení – Sériová výroba		
Sp_o	[kg]	Spotřeba mater. Na sériovou výrobu
Z_{NPS}	[Kč]	Náklady na personál v sériové výrobě

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres BC-3P1-2011-01 (Řemenice velká)
Příloha 2 Tech. návodka pro kusovou výrobu č. op. 1 (1/2)
Příloha 3 Tech. návodka pro kusovou výrobu č. op. 1 (2/2)
Příloha 4 Univerzální hrotový soustruh SUS 32
Příloha 5 Držák pro břitové destičky PCLNR 2020K12
Příloha 6 Vyměnitelná břitová destička CNMG 120404.M5
Příloha 7 Vyměnitelná břitová destička CNMG 120404-MF2
Příloha 8 Vnitřní držák pro vyměnitelné břitové destičky A16M-SWLCR06
Příloha 9 Vyměnitelná břitová destička WCMT 06T308-F1
Příloha 10 Obrázcí nůž drážkovací 223681 10x18x165
Příloha 11 Svislý obrázcí stroj TS 350AT
Příloha 12 Vnější držák vyměnitelných břitových destiček pro vnější zapichování CFIL 2525M06R100070
Příloha 13 Vyměnitelná břitová destička LCMF 160608-0600-MG
Příloha 14 Výkres BC-3P1-2011-02 (Řemenice velká-odlitek)
Příloha 15 CNC soustruh SFB 50-65 CNC
Příloha 16 Tech. návodka pro sériovou výrobu č. op. 1
Příloha 17 Tech. návodka pro sériovou výrobu č. op. 2
Příloha 18 Tech. návodka pro sériovou výrobu č. op. 3 (1/2)
Příloha 19 Tech. návodka pro sériovou výrobu č. op. 3 (2/2)
Příloha 20 Vnější držák vyměnitelných břitových destiček DRSNR 2525M12
Příloha 21 Vyměnitelná břitová destička RNMA 120400
Příloha 22 Vnější držák vyměnitelných břitových destiček SRDCN 2525M12
Příloha 23 Vyměnitelná břitová destička RCMT 1204M0-F2
Příloha 24 Vrták CoroDrill 880 5x28
Příloha 25 Vyměnitelná břitová destička pro vrták CoroDrill 880
Příloha 26 Vnitřní držák vyměnitelných břitových destiček A20Q-SWLCL06
Příloha 27 Vyměnitelná břitová destička WNGG 060402-MF1
Příloha 28 Vnější držák vyměnitelných břitových destiček CFMR 2020K03
Příloha 29 Vyměnitelná břitová destička LCMF 160304-0300-FT
Příloha 30 Vyměnitelná břitová destička LCGN 1603M0-0100R-R
Příloha 31 Výkres BC-3P1-2011-03 (Výrobní pracoviště)