



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIÍ PRE SÚČIASTKY "VODIACA SKRUTKA" A "MATICA SKRUTKY"

Proposal for Technology Components Guide Screw and Nut

BAKALÁRSKA PRÁCA
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Štefan STANÍK

VEDÚCI PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Štefan Staník

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 technologií pro součástky "vodiaca skrutka" a "matica skrutky"

v anglickém jazyce:

Proposal of Technologies for Components Guide Screw and Nut

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Konstrukce a rozbor zadaných součástí.
3. Návrh technologie pro firemní podmínky.
4. Sestavení TPV dokumentace.
5. Technicko-ekonomické vyhodnocení.
6. Diskuze.
7. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování technologického projektu pro výrobu 2 souvisejících součástí na základě stávajících možností firmy.

Seznam odborné literatury:

1. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
4. PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.
5. FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD

systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN

978-80-251-2504-5.

6. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

7. SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.

8. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda


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

V Brně dne 21. 11. 2014





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Bakalárska práca popisuje návrh technológie pre výrobu vodiacej skrutky a matice nožového suportu pre mechanický sústruh SV 18 RA. Veľkosť výrobnéj série je 200 kusov ročne a výroba sa bude vykonávať na konvenčných strojoch. Na výrobu vodiacej skrutky bude použitá ocel ČSN 411700.1 a na výrobu matice skrutky zliatina medi ČSN 423123. Pre výrobu súčiastok boli spracované výrobné výkresy, technologický postup výroby oboch súčiastok a návrh strojov a nástrojov. Na záver bolo spracované ekonomické zhodnotenie celej výroby.

Kľúčové slová

vodiaca skrutka, matica, sústruh, frézka, brúska

ABSTRACT

Bachelor thesis describes the design technology for the production of guide screw and nut tool carrier for mechanical lathe SV 18 RA. The batch size is 200 units per year and production will be carried out on conventional machines. For the production of the guide screw will be used steel ČSN 411700.1 and for the nut a copper alloy ČSN 423123. To produce the components were processed manufacturing drawings, technologically process of producing the two components and design of machines and tools. At the conclusion it has been incorporated economic evaluation of the whole production.

Key words

guide screw, nut, lathe, milling machine, grinding machine

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

STANÍK, Štefan. *NÁVRH TECHNOLOGIE PRE SÚČIASTKY "VODIACA SKRUTKA" A "MATICA SKRUTKY"*. Brno 2014. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brne, Fakulta strojního inžénrství, Ústav strojírenské technologie. 46 s. 7 príloh. Vedúci práce: Ing.Milan Kalivoda.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému **NÁVRH TECHNOLOGIE PRE SÚČIASTKY "VODIACA SKRUTKA" A "MATICA SKRUTKY"** vypracoval samostatne s použitím odbornej literatúry a prameňov, uvedených na zozname, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

22.5.2015

Dátum

Štefan Staník

POĎAKOVANIE

Chcel by som poďakovať Ing. Milanovi Kalivodovi za cenné pripomienky a rady pri vypracovaní bakalárskej práce.

Ďalej by som chcel taktiež poďakovať Ing. Štefanovi Staníkovi za rady a pripomienky pri tvorbe bakalárskej práce.

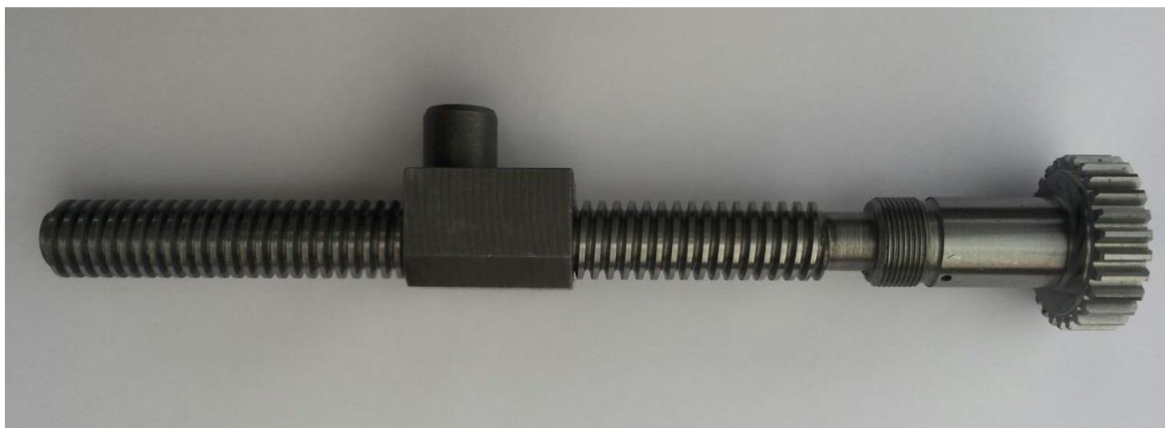
OBSAH

ABSTRAKT	4
PREHLÁSENIE.....	5
POĎAKOVANIE	6
ÚVOD.....	9
1. PREZENTÁCIA FIRMY	10
2. ROZBOR SÚČIASTKY	11
2.1. Funkcia súčiastky	11
2.2. Konštrukčné posúdenie	12
2.2.1. Vodiaca skrutka	12
2.2.2. Matica skrutky	13
2.3. Tvorba výkresovej dokumentácie súčiastok	13
2.4. Materiály pre výrobu súčiastok	14
2.4.1. Vodiaca skrutka	14
2.4.2. Matica skrutky	14
2.5. Voľba materiálu na základe chemického zloženia.....	15
2.6. Spotreba materiálu pre vodiacu skrutku.....	15
2.7. Spotreba materiálu pre maticu skrutky	15
3. PODMIENKY VÝROBY.....	18
3.1. Technologický postup výroby vodiacej skrutky	18
3.2. Technologický postup výroby matice skrutky	20
3.3. Výpočtové vzťahy	21
3.3.1. Sústruženie.....	21
3.3.2. Frézovanie.....	22
3.3.3. Delenie materiálu	23
3.3.4. Brúsenie na guľato.....	23
4. NÁVRH STROJOV.....	25
4.1. Pásová píla BOMAR.....	25
4.2. Mechanický sústruh SV 18 RA.....	26
4.3. Odvalovacia obrážačka na ozubenie OHA 16B.....	27
4.4. Brúska na guľato 2UD 750	28
4.5. Frézka konzolová FA 3U	29
4.6. Moderný alternatívny návrh výroby.....	30
5. NÁVRH NÁSTROJOV A MERACÍCH ZARIADENÍ.....	31
5.1. Nástrojový list pre sústruženie.....	31
5.2. Nástrojový list pre frézovanie	33

5.3.	Nástrojový list pre brúsenie	33
5.4.	Príslušenstvo pre stroje	34
5.5.	List meracích zariadení	34
6.	EKONOMICKÁ ČASŤ	35
6.1.	Náklady na strojné zariadenie	35
6.2.	Náklady na materiál	35
6.2.1.	Náklady na materiál na vodiacu skrutku.....	35
6.2.2.	Náklady na materiál na maticu skrutky	35
6.3.	Náklady na náradie a príslušenstvo.....	36
6.4.	Náklady na mzdy.....	37
6.5.	Náklady na energiu	38
6.6.	Ostatné náklady	38
6.7.	Celkové náklady na 1 ks súčiastky.....	39
7.	DISKUSIA.....	40
	ZÁVER	41
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	42
	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV.....	44
	ZOZNAM PRÍLOH.....	46

ÚVOD

Téma bakalárskej práce bola zvolená s ohľadom na ďalšie využitie opisovanej tematiky vo firme. Cieľom práce bolo určiť koľko by stála výroba súčiastky a zhodnotiť výhodnosť navrhnutých technológií pre reálnu výrobu. Súčasťou práce sú spracované výkresy oboch súčiastok, návrh strojov a nástrojov a pre operáciu výroby ozubenia je navrhnutá vhodná kooperácia. V prvej kapitole je stručne predstavená firma, pre ktorú sa návrh výroby tvoril, v druhej kapitole je bližšie popísaná súčiastka z hľadiska funkcie a konštrukčného posúdenia jednotlivých rozmerov, vrátane návrhu polotovarov pre výrobu. V tretej kapitole sú spracované technologické postupy výroby, v ďalšej kapitole je spracovaný návrh strojov pre výrobu vrátane návrhu operácií ktoré sa budú vykonávať v kooperácii. Piata kapitola pojednáva o návrhu nástrojov a meracích zariadení, v šiestej kapitole je spracovaná ekonomická časť, z ktorej je ako výstup cena súčiastky. Na obrázku č.1 je uvedená vodiaca skrutka s maticou.



Obr.1 Vodiaca skrutka s maticou [1].

1. PREZENTÁCIA FIRMY

Firma pre ktorú je výroba súčiatsky navrhovaná vykonáva generálne opravy a servis obrábacích strojov, hlavne hrotových sústruhov vyrábaných v TOS Trenčín. Návrh pre zriadenie novej divízie, v ktorej by sa mohli vyrábať náhradné diely, ktoré sa menia pri oprave strojov, by mohol firme ušetriť náklady spojené s nákupom týchto dielov. Po zriadení vlastnej výroby by firma mohla ponúknuť kapacity pre kooperáciu pre iné firmy. Na obrázku č.2 je uvedená prevádzka firmy.

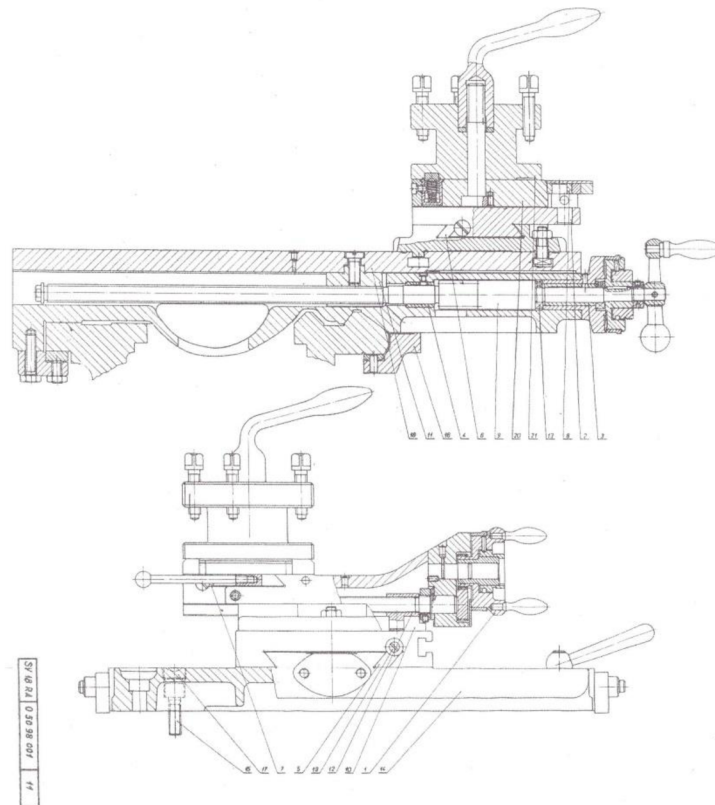


Obr.2 Prevádzka firmy [2].

2. ROZBOR SÚČIASTKY

2.1. Funkcia súčiastky

Súčiastka vodiaca skrutka nožového suportu s maticou pochádza z mechanického sústruhu SV 18 RA. Rovnaké prevedenie súčiastky sa nachádza i v sústruhu SV 18 R, ktorý je predchodca SV 18 RA a taktiež je rovnaká súčiastka i vo vyhotovení stroja s regulačným pohonom. U takéhoto stroja zabezpečuje plynulé radenie otáčok asynchrónny motor s frekvenčným meničom. Názov tohto novšieho vyhotovenia sústruhu je SV 18 RP. Vodiaca skrutka s maticou pozostáva z dvoch dielov uložených v nožovom suporte, ktorý slúži na obrábanie obrobku pomocou nožovej hlavy a rezného nástroja. Na stroji je možné obrábať rotačné súčiastky a rezať závitý pomocou odskoku nožového suportu. Na obrázku č.3 je výkres zostavy saní, priečného a nožového suportu sústruhu SV 18 RA.



Obr. 3 Zostava saní, priečného a nožového suportu sústruhu SV 18 RA [3].

2.2. Konštrukčné posúdenie

Vodiaca skrutka nožového suportu je tvarovo zložitá súčiastka, ktorá je hriadelového charakteru. Na súčiastke sa nachádza priame ozubenie, ďalej dva druhy závitov, brúsená plocha a zápichy. Matica skrutky je kvadrovité teleso, na ktorom sa nachádza trapézový závit, technologický zápich a iné konštrukčné prvky. V tabuľke č.1 je uvedené konštrukčné posúdenie vodiacej skrutky a v tabuľke č.2 je uvedené konštrukčné posúdenie matice skrutky.

2.2.1. Vodiaca skrutka

Tab.1 Konštrukčné posúdenie vodiacej skrutky.

Rozmer [mm]	Popis rozmeru
213	Celková dĺžka skrutky
165	Potrebný zdvih nožového suportu
22,8	Presné uloženie vodiacej skrutky v telese nožového suportu (brúsená plocha)
$23,5_{0,0}^{-0,5}$	Vzdialenosť osy otvoru Ø 2H7 od opernej plochy
10	Šírka záberu ozubenia pre prenos krútiaceho momentu
9,5	Plocha pre zaistenie axiálnej vôle dvoma kontra-maticami
6	Výbeh noža zo závitov pri závitovaní
2,2	Ukončenie závitov M18x1
2	Ukončenie závitov TR16x3
1	Operná plocha pre uloženie skrutky v odliatku
Ø 35h11	Priemer hlavovej kružnice ozubenia
Ø 28	Operná plocha pre uloženie skrutky v odliatku
Ø 18f7	Brúsená plocha pre uloženie skrutky v odliatku
Ø 16,4	Ukončenie závitov
2 x Ø 12	Výbeh noža zo závitov pri závitovaní
Ø 2 H7x4	Otvor pre kolík
2x 2/4,25	Strediaci dulčík
M18x1	Závit pre zaistenie axiálnej vôle pomocou dvoch kontra matíc
TR16x3	Pohybový závit na prenos krútiaceho momentu (posuv nástroja do záberu)
G2,5/0,3	Technologický zápich

2.2.2. Matica skrutky

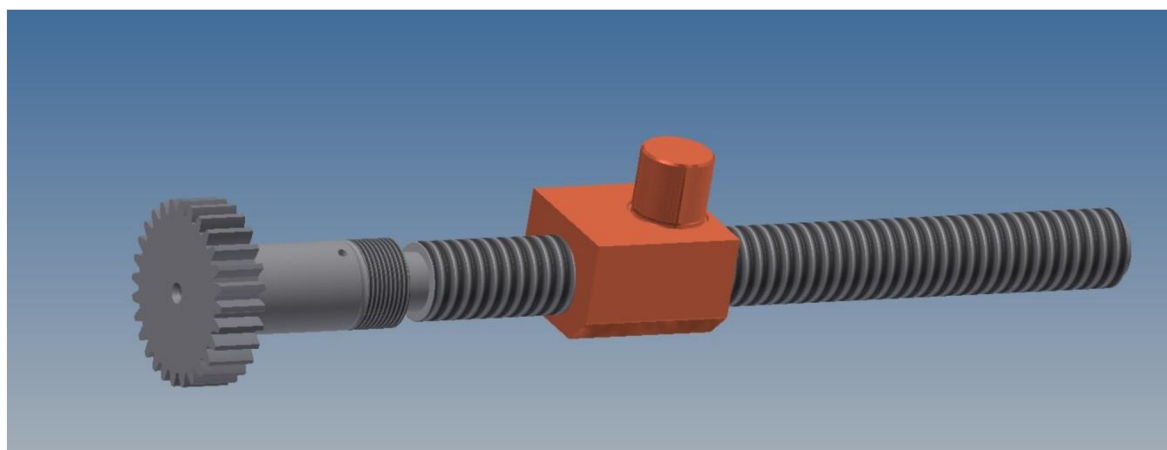
Tab.2 Konštrukčné posúdenie matice skrutky.

Rozmer [mm]	Popis rozmeru
36	Celková výška matice
32	Celková dĺžka matice
29	Potrebná šírka matice z hľadiska tuhosti
23	Operná plocha od osi čapu
22,5	Výška matice bez uloženia v telese
14,5	Os matice
13,5	Potrebná výška pre uloženie matice v telese odliatku nožového suportu
12,5	Os pre rezanie závitů TR16x3 od dosadacej plochy matice
5,5x45°	Zrazené hrany kvôli tvaru odliatku nožového suportu
Ø 15r6	Priemer pre uloženie a zalicovanie matice do odliatku
TR16x3	Pohybový závit na prenos krútiaceho momentu (posuv nástroja do záberu)
G2,0x0,2	Technologický zápich
0,5x45°	Zrazenie ostrých hrán
R1	Zaoblenie hrán kvôli manipulácii

2.3. Tvorba výkresovej dokumentácie súčiastok

Výkresovú dokumentáciu oboch súčiastok bolo potreba spracovať podľa reálneho modelu súčiastky. V prílohe č.1 a č.2 sú uvedené spracované výkresy oboch súčiastok.

Súčasťou vytvorenia dokumentácie súčiastok bolo aj vytvorenie 3D modelu v softvéri od firmy Autodesk, s názvom Inventor Professional 2014. Na obrázku č.4 je vyobrazený model zostavy vodiacej skrutky a matice.



Obr. 4 Model zostavy vodiacej skrutky a matice.

2.4. Materiály pre výrobu súčiastok

Pri voľbe materiálu sa bude vychádzať zo strojníckych tabuliek a všeobecných znalostí o materiáloch.

2.4.1. Vodiaca skrutka

Vodiacou skrutkou sa cez ozubenie prenáša krútiaci moment. Otáčavý pohyb je pomalý, je vykonávaný ručne obsluhou stroja, ktorá ho vykonáva pomocou náboja. Na výrobu vodiacej skrutky je navrhnutý materiál ČSN 411700.1, ktorý je vhodný pre súčiastky namáhané staticky a dynamicky, u ktorých sa nevyžaduje zvariteľnosť. Je vhodný pre výrobu hriadelí, ozubených kolies, pák, čapov a ďalších súčiastok. Materiály triedy 11 majú predpísaný obsah C, P, S, N. Materiálu ČSN 411700.1 odpovedá podľa EN normy materiál s označením E 360. Zvolený materiál budú tyče priemeru 40 mm v dĺžke 2000 mm valcované za tepla. V tabuľke č.3 je uvedené chemické zloženie materiálu ČSN 411700.1 [4].

Tab. 3 Chemické zloženie materiálu ČSN 411700.1 [4].

Materiál	obsah % C	obsah % S	obsah % P	obsah % N
11 700.1	max. 0,45	max. 0,045	max. 0,055	max. 0,009

V prípade sériovej výroby súčiastky by bolo možné ako polotovar použiť výkovok. Pri takejto voľbe polotovaru by sa skrátil čas obrábania a ušetril by sa materiál.

2.4.2. Matica skrutky

Pomocou matice, v ktorej je umiestnený trapézový závit, sa posúva teleso suportu na ktorom je umiestnená nožová hlava do záberu pri obrábaní. Na výrobu matice je navrhovaný materiál z bronzu ČSN 423123 čo je zliatina medi. Zvolený materiál budú tyče prierezu 40x40, dĺžky 1000 mm. Materiálu ČSN 423123 odpovedá podľa EN normy materiál s označením CuSn12. V tabuľke č.4 je uvedené chemické zloženie materiálu 423123 [4].

Tab. 4 Chemické zloženie materiálu ČSN 423123 [4].

Materiál	obsah % Cu	obsah % Sn	obsah % P	obsah % Ni
42 3123	85 ÷ 88,5	11 ÷ 13	max. 0,6	max. 0,2

Ďalšou alternatívou pre výrobu matice by bolo zvoliť ako materiál šedú liatinu. Matica z takto zvoleného materiálu by bola cenovo výhodnejšia a taktiež obrobenie liatinovej matice je menej náročné. Avšak pri výrobe matice z liatiny vzniká po kratšej dobe opotrebenie závit, čo vedie k nepresnostiam pri výrobe.

2.5. Voľba materiálu na základe chemického zloženia

Možnosťou na určenie pôvodných materiálov, z ktorých boli súčiastky vyrobené, je urobiť metalografické vzorky zo súčiastok. Na základe analýzy vzorkov by bolo možné vykonať chemickú analýzu podľa ktorej by sa dalo určiť z akého materiálu boli súčiastky vyrobené. Táto metóda je drahá, a preto ju nebolo možné realizovať a postupovalo sa pri určovaní materiálov podľa technických tabuliek.

2.6. Spotreba materiálu pre vodiacu skrutku

V tabuľke č.5 je uvedená spotreba materiálu pre vodiacu skrutku.

Tab.5 Spotreba materiálu pre vodiacu skrutku [5].

Priemer polotovaru	D_p	[mm]	40
Dĺžka polotovaru	L_p	[mm]	215
Dĺžka tyče	L_t	[mm]	2000
Celková hmotnosť hotovej súčiastky	Q_s	[kg]	0,41
Strata mat na kus	Z_m	[kg]	1,82
Počet súčiastok z jednej tyče	i	[ks]	9
Spotreba tyčí na výrobu 200 ks súčiastok	i_t	[ks]	23
Dĺžka nevyužitého konca tyče	l_{nk}	[mm]	83
Hmotnosť odpadu z celej série	m_{odpc}	[kg]	364
Hmotnosť tyče	m_t	[kg]	19,73
Využitie polotovaru na výrobu súčiastky	v_p	[%]	19,3
Strata materiálu obrábaním z jednej súčiastky	Z_{mo}	[kg]	1,71

2.7. Spotreba materiálu pre maticu skrutky

V tabuľke č.6 je uvedená spotreba materiálu pre maticu skrutky.

Tab.6 Spotreba materiálu pre maticu skrutky [5].

Dĺžka polotovaru	L_p	[mm]	30
Prierez polotovaru	S_p	[mm]	40 x 40
Celková hmotnosť hotovej súčiastky	Q_s	[kg]	0,14
Strata mat na kus	Z_m	[kg]	0,29
Počet súčiastok z jednej tyče	i	[mm]	33
Spotreba tyčí na výrobu 200 ks súčiastok	i_t	[ks]	6
Dĺžka nevyužitého konca tyče	l_{nk}	[mm]	76
Dĺžka tyče	l_t	[mm]	1000
Hmotnosť odpadu z celej série	m_{odpc}	[kg]	58
Hmotnosť tyče	m_t	[kg]	14,19
Využitie polotovaru na výrobu súčiastky	v_p	[%]	33
Strata materiálu obrábaním z jednej súčiastky	Z_{mo}	[kg]	0,28

Pri výpočtoch bol použitý software od firmy Autodesk Inventor 2014.

V tabuľke č.7 sú uvedené veličiny použité pre výpočet spotreby materiálu.

Tab. 7 Veličiny použité pre výpočet spotreby materiálu [5].

Skratka	Jednotka	Význam
D_p	[mm]	Priemer polotovaru
L_p	[mm]	Dĺžka polotovaru
Q_p	[kg]	Hmotnosť polotovaru pre výrobu jednej súčiastky
Q_s	[kg]	Celková hmotnosť hotovej súčiastky
Z_m	[kg]	Strata materiálu na kus
i	[ks]	Počet súčiastok z jednej tyče
i_t	[ks]	Počet tyčí potrebných na výrobu 200 ks súčiastok
l_d	[mm]	Šírka odrezku
l_{nk}	[mm]	Dĺžka nevyužitého konca tyče
l_t	[mm]	Dĺžka tyče
m_{odpc}	[kg]	Hmotnosť odpadu z celej série
n	[ks]	Počet vyrábaných kusov
q_d	[kg]	Strata materiálu vzniknutá delením materiálu
q_{nk}	[kg]	Strata materiálu z nevyužitého konca tyče
v_p	[%]	Využitie polotovaru na výrobu súčiastky
Z_{mo}	[kg]	Strata materiálu obrábaním z jednej súčiastky
ρ	[kg.m ⁻³]	Hustota materiálu

Použité vzťahy pre výpočty [5]:

$$z_{mo} = Q_p - Q_s \text{ [kg]} \quad (2.1)$$

$$i = \frac{l_t}{L_p} \text{ [ks]} \quad (2.2)$$

$$Z_m = z_{mo} + \frac{q_d}{i} + q_{nk} \text{ [kg]} \quad (2.3)$$

$$i_t = \frac{n}{i} \text{ [ks]} \quad (2.4)$$

$$m_{odpc} = Z_m \cdot n \text{ [kg]} \quad (2.5)$$

$$l_{nk} = L_t - i \cdot (L_p - l_d) \text{ [mm]} \quad (2.6)$$

$$q_d = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot l_d \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (2.7)$$

$$q_{nk} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4 \cdot i} \cdot l_k \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (2.8)$$

$$v_p = \frac{Q_p}{Q_s} \text{ [%]} \quad (2.9)$$

Vzorový výpočet pre polotovar vodiacej skrutky:

$$z_{mo} = Q_p - Q_s = 2,12 - 0,41 = 1,71 \text{ kg}$$

$$i = \frac{l_t}{L_p} = \frac{2000}{215} = 9,3 \Rightarrow 9 \text{ ks}$$

$$q_d = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot l_d \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} \cdot 0,002 \cdot 7850 = 0,02 \text{ kg}$$

$$l_{nk} = L_t - i \cdot (L_p - l_d) = 2000 - 9 \cdot (215 - 2) = 83 \text{ mm}$$

$$q_{nk} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4 \cdot i} \cdot l_{nk} \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4 \cdot 9} \cdot 0,083 \cdot 7850 = 0,09 \text{ kg}$$

$$Z_m = z_{mo} + q_d + q_{nk} = 1,71 + 0,02 + 0,09 = 1,82 \text{ kg}$$

$$i_t = \frac{n}{i} = \frac{200}{9} = 22,22 \Rightarrow 23 \text{ ks}$$

$$v_p = \frac{Q_p}{Q_s} = \frac{0,41}{2,12} = 0,193 \Rightarrow 19,3 \%$$

$$m_{odpc} = Z_m \cdot n = 1,82 \cdot 200 = 364 \text{ kg}$$

3. PODMIENKY VÝROBY

Návrh je spracovaný pre výrobu súčiastok pre firmu na rozšírenie činnosti. Navrhovaná výroba je pre objem výroby v počte okolo 200 kusov za rok. Výroba sa bude prevádzať na klasických konvenčných strojoch. Na zabezpečenie výroby súčiastky je potrebné použiť operácie sústruženia, frézovania, vrtania, brúsenia, delenia materiálu a v kooperácii výrobu ozubenia. Výroba ozubenia sa bude vykonávať v kooperácii z dôvodu nákupnej ceny stroja a vyšších nárokov na kvalifikáciu obsluhy stroja pri výrobe ozubených kolies.

Technologický postup je navrhnutý tak, aby sa výroba na danom stroji prevádzala vždy v dávke 50 ks. Dávka je volená s ohľadom na zoradenie stroja pre dané operácie, čím bude dosiahnutá efektívnejšia práca. Návrh otáčok vretena sústruhu SV 18RA bol volený podľa štítku otáčok, ktorý je uvedený v prílohe č.3. V tabuľke č.8 je uvedený technologický postup výroby vodiacej skrutky a v tabuľke č.9 je uvedený technologický postup výroby matice skrutky [5, 6, 7, 8, 9, 10].

3.1. Technologický postup výroby vodiacej skrutky

Tab.8 Technologický postup výroby vodiacej skrutky.

Číslo operácie	Popis práce v operácii	v_c [$m \cdot \min^{-1}$]	n [\min^{-1}] f [mm]	a_c a_p [mm]	i	Nástroj označ.
00/00	Deliť materiál na dĺžku $215 \pm 0,5$	70	2640 0,05			
01/01	Vrtať dulčík ISO 6411- A2/4,25 z každej strany	17,6	2800 0,15			M5
02/02	Upnúť do sklučovadla za $\varnothing 40$ zarovnať obe čelá na kótu $213 \pm 0,5$	226	1800 0,15			T2
03/03	Hrubovať na $\varnothing 20$ v dĺžke $201 \pm 0,5$	176	1400 0,15	10 3,4	3	T1
	Hrubovať na $\varnothing 36,5$ v dĺžke $12 \pm 0,2$	176	1400 0,15	1,75 1,75	1	T1
	Hrubovať $\varnothing 20$ na $\varnothing 17,5$ v dĺžke $170 \pm 0,5$	151	2240 0,15	1,25 1,25	1	T1
04/04	Sústružiť na čisto na $\varnothing 35h11$ v dĺžke $10 \pm 0,2$ ($h11 = {}^0_{-160}$) μm	252	2240 0,15	0,75 0,75	1	T2
	Sústružiť na čisto $\varnothing 28$ v dĺžke $1 \pm 0,1$	197	2240 0,15	4,25 1,5	3	T2
	Sústružiť na čisto $\varnothing 18,2$ v dĺžke $202 \pm 0,5$	141	2240 0,15	1,8 1,8	1	T2
	Sústružiť na čisto $\varnothing 16,4$ v dĺžke $2,2 \pm 0,1$	141	2240 0,15	0,45 0,45	1	T2
	Sústružiť zápch G2,5/0,3	128	2240 0,15	2,5 2	1	T3
	Sústružiť na čisto $\varnothing 18$ v dĺžke $9,5 \pm 0,2$ vo vzdialenosti 171	141	2240 0,15	0,1 0,1	1	T2

	Sústružiť Ø 16 v dĺžke 165±0,5	141	2240 0,15	1,1 1,1	1	T2
	Sústružiť na čisto Ø 12 v dĺžke 6±0,2 vo vzdialenosti 159	141	2240 0,15	3,1 2,6	2	T2
	Sústružiť na čisto Ø 12 v dĺžke 2±0,1	141	2240 0,15	3,1 1,6	2	T2
	Sústružiť závit M18x1-6G v dĺžke 9,5±0,2 vo vzdialenosti 165	41	710 0,15			T4
	Sústružiť závit TR16x3 ľavý v dĺžke 163±0,5 vo vzdialenosti 159	36	710 0,15			T5
05/05	Kontrolovať Ø 18,2 početnosť 20 % Ø 35h11 početnosť 20 % Ø 28 početnosť 30 % Závit Tr 16x3 ľavý početnosť 100 % Závit M18x1 početnosť 100 %					
06/06	Vítať dieru Ø 2H7x4 na kótu $23,5_{0,0}^{-0,5}$ ($H7 =_{0}^{+10}$) µm	12,6	2000 0,15			M4
07/07	Kontrolovať vzdialenosť $23,5_{0,0}^{-0,5}$ početnosť 30 %					
08/08	Upnúť medzi hroty Brúsiť Ø 18f7 v dĺžke 25,3 na Ra 0,4 ($f7 =_{-41}^{-20}$) µm	35,7 m.s ⁻¹	1950 0,1			G1
09/09	Kontrolovať Ø 18f7 početnosť 100 % Ra 0,4 početnosť 30 %					
10/10	Výroba ozubenia v kooperácii Modul 1,25, počet zubov 28, priemer roztečnej kružnice 32,5, šírka ozubenia 10					
11/11	Kontrola vizuálna početnosť 100 % Ozubenia početnosť 100 % Závit Tr 16x3 ľavý početnosť 20 % Závit M18x1 početnosť 20 % Ø 18f7 početnosť 20 %					
12/12	Zakonzervovanie súčiastky, balenie do bedne					
Pri operácii č.00/00, 01/01, 02/02, 03/03, 04/04, 06/06 a 08/08 použiť procesnú kvapalinu Statoil Toolway ST .						

3.2. Technologický postup výroby matice skrutky

Tab.9 Technologický postup výroby matice skrutky.

Číslo operácie	Popis práce v operácii	v_c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹] f [mm]	a_c a_p [mm]	i	Nástroj označ.
00/00	Deliť materiál na dĺžku 30±0,3	70	2640 0,05			
01/01	Upnúť za rozmer 40x30 frézovať na výšku 32±0,3	161	1600 0,15	8 2	4	M1
02/02	Upnúť za rozmer 32x30 frézovať na výšku 36,2±0,3	161	1600 0,15	3,8 2	2	M1
03/03	Upnúť za rozmer 36,2x32 frézovať na výšku 29±0,2	161	1600 0,15	1 1	1	M1
	Zraziť hrany 2x 5,5x45	139,5	1600 0,15	5,5 3	2	M2
04/04	Kontrolovať rozmer 32x29x36,2 početnosť 30 % zrazenie hrán 5,5x45° početnosť 20 %					
05/05	Upnúť do lícnej dosky so špeciálnou upínkou za rozmer 32x29 (vyvážiť excentricitu) hrubovať Ø 15,8 v dĺžke 13,5±0,2	153,8	900 0,15	10,5 3	4	T1
	Sústružiť na čisto Ø 15,2 v dĺžke 13,5±0,2	96	1800 0,15	1,8 1,8	1	T2
	Zraziť hrany 0,5x45° na Ø 15,2	86	1800 0,1	0,5 0,5	1	T2
	Sústružiť zápich G2,0x0,2	106	2240 0,15	2,0 2	1	T3
06/06	Kontrolovať Ø 15r6 početnosť 100 %					
07/07	Upnúť do lícnej dosky so špeciálnou upínkou za 32x22,5 (vyvážiť excentricitu) vítať strediací dulčík ISO 6411-A2/4,25	17,6	2800 0,15			M5
	Vítať priechodziu dieru Ø 13	91,5	2240			M3
	Rezať priechodzí závit TR16x3 ľavý závitníkom	14	280			T6
08/08	Kontrolovať závit TR 16x3 ľavý početnosť 100 %					
09/09	Upnúť do lícnej dosky so špeciálnou upínkou za rozmer 32x29 (vyvážiť excentricitu) brúsiť Ø15,2 na Ø 15r6 do hĺbky 13,5 na Ra 0,8 ($r6 = \begin{smallmatrix} +34 \\ +23 \end{smallmatrix} \mu\text{m}$)	35,7 m.s ⁻¹	1950 0,1			G1

10/10	Kontrolovať Ø 15r6 početnosť 100 % drsnosť Ra 0,8 početnosť 30 %					
11/11	Kontrola vizuálna početnosť 100 % Závit TR 16x3 ľavý početnosť 30 % Ø 15k6 početnosť 30 % Ra 0,8 početnosť 30 %					
12/12	Zakonzervovanie súčiastky, balenie do bedne					
Pri operácii č.00/00, 05/05, 07/07 a 09/09 použiť procesnú kvapalinu Statoil Toolway ST.						

3.3. Výpočtové vzťahy

3.3.1. Sústruženie

V tabuľke č.10 sú uvedené veličiny sústruženia [5].

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3.1)$$

$$L = l_n + l + l_p [\text{mm}] \quad (3.2)$$

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} [\text{min}] \quad (3.3)$$

Tab.10 Veličiny sústruženia [5].

D	[mm]	Priemer obrábanej súčiastky
L	[mm]	Dráha nástroja
f	[mm]	Posuv na otáčku
l	[mm]	Dráha nástroja v zábere
l _n	[mm]	Dráha nábehu nástroja
l _p	[mm]	Dráha prebehu nástroja
n	[min ⁻¹]	Počet otáčok stroja
t _{AS}	[min]	Strojný čas
v _c	[m.min ⁻¹]	Rezná rýchlosť

Názorný výpočet pre operáciu č.3 pre výrobu vodiacej skrutky:
Hrubovať na Ø 36,5 v dĺžke 12±0,2

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 1400}{10^3} = 176 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$L = l_n + l + l_p = 2 + 12 + 2 = 16 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{16}{1400 \cdot 0,15} = 0,08 \text{ min}$$

3.3.2. Frézovanie

V tabuľke č.11 sú uvedené veličiny frézovania [5].

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3.4)$$

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \text{ [min]} \quad (3.4)$$

$$v_f = f_n \cdot n \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3.6)$$

$$L = l + l_n + l_p + l_{nf} \text{ [mm]} \quad (3.7)$$

$$l_{nf} = \sqrt{H \cdot (D - H)} \text{ [mm]} \quad (3.8)$$

Tab.11 Veličiny frézovania [5].

D	[mm]	Priemer frézy
H	[mm]	Hĺbka záberu
L	[mm]	Dráha nástroja
f_n	[mm]	Posuv na otáčku
i	[-]	Počet záberov
l	[mm]	Dráha nástroja v zábere
l_n	[mm]	Dráha nábehu nástroja
l_{nf}	[mm]	Dĺžka nábehu frézy
l_p	[mm]	Dráha prebehu nástroja
n	[min^{-1}]	Počet otáčok stroja
t_{AS}	[min]	Strojný čas
v_c	[$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	Rezná rýchlosť
v_f	[$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	Posuvová rýchlosť

Názorný výpočet pre operáciu č.1 pre výrobu matice:

Upnúť za rozmer 40x30, frézovať na výšku 32 mm

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} = \frac{\pi \cdot 32 \cdot 1600}{10^3} = 161 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$l_{nf} = \sqrt{H \cdot (D - H)} = \sqrt{2 \cdot (32 - 2)} = 7,75 \text{ mm}$$

$$v_f = 0,15 \cdot 1600 = 240 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{40 + 2 + 2 + 7,75}{240} \cdot 4 = 0,88 \text{ min}$$

3.3.3. Delenie materiálu

V tabuľke č.12 sú uvedené veličiny delenia materiálu [5].

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} [\text{min}] \quad (3.9)$$

Tab.12 Veličiny delenia materiálu [5].

L	[mm]	Dráha nástroja
f	[mm · min ⁻¹]	Posuv na otáčku
n	[min ⁻¹]	Počet otáčok stroja
t _{AS}	[min]	Strojný čas
v _c	[m · min ⁻¹]	Rezná rýchlosť

Názorný výpočet pre operáciu č.0 pre výrobu vodiacej skrutky:
Deliť materiál na tyč dĺžky 215 mm

Odporúčaná rezná rýchlosť podľa výrobcu

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

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{40}{2640 \cdot 0,05} = 0,3 \text{ min}$$

3.3.4. Brúsenie na guľato

V tabuľke č.13 sú uvedené veličiny brúsenia [5].

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_k}{60 \cdot 10^3} [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.10)$$

$$t_{AS} = \frac{l_a}{f_a \cdot n_w} \cdot \frac{p}{2 \cdot f_r} [\text{min}] \quad (3.11)$$

$$v_w = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_w}{60 \cdot 10^3} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3.12)$$

$$l_a = l_{na} + l_w + l_{pa} [\text{mm}] \quad (3.13)$$

$$l_{pa} = l_{na} + \frac{b_s}{2} [\text{mm}] \quad (3.14)$$

Tab.13 Veličiny brúsenia [5].

b _s	[mm]	Šírka brúsneho kotúča
d _s	[mm]	Priemer brúsneho kotúča
d _w	[mm]	Priemer brúseného obrobku
f _a	[mm]	Axiálny posuv stolu brúsky na jednu otáčku obrobku
f _r	[mm]	Radiálny posuv stolu brúsky na jeden axiálny zdvih stolu
n _w	[min ⁻¹]	Frekvencia otáčania obrobku
l _a	[mm]	Dĺžka axiálnej dráhy brúsiaceho kotúča
l _{na}	[mm]	Dĺžka nábehu v axiálnom smere

l_{pa}	[mm]	Dĺžka prebehu v axiálnom smere
l_w	[mm]	Dĺžka obrobku
n_k	$[\text{min}^{-1}]$	Frekvencia otáčania kotúča
p	[mm]	Prídavok na brúsenie
t_{AS}	[min]	Strojný čas
v_c	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	Rezná rýchlosť
v_w	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	Obvodová rýchlosť obrobku

Názorný výpočet pre operáciu č.8 pre výrobu vodiacej skrutky:
Brúsiť $\varnothing 18f7$ v dĺžke 25,3 na Ra 0,4

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_k}{60 \cdot 10^3} = \frac{\pi \cdot 350 \cdot 1950}{60 \cdot 10^3} = 35,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_w = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_w}{60 \cdot 10^3} = \frac{\pi \cdot 25 \cdot n_w}{60 \cdot 10^3} = 25 \Rightarrow n_w = 354 \text{ min}^{-1}$$

$$l_{pa} = l_{na} + \frac{b_s}{2} = 3 + \frac{12}{2} = 9 \text{ mm}$$

$$l_a = l_{na} + l_w + l_{pa} = 3 + 23,5 + 9 = 37,3 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{l_a}{f_a \cdot n_w} \cdot \frac{p}{2 \cdot f_r} = \frac{37,3}{7,2 \cdot 354} \cdot \frac{0,2}{2 \cdot 0,1} = 0,02 \text{ min}$$

4. NÁVRH STROJOV

Na zabezpečenie výroby súčiastky budú navrhnuté konvenčné stroje pre kompletnú výrobu oboch dielcov okrem výroby ozubenia. V rámci výroby vo firme budú navrhnuté stroje pre operácie delenie materiálu, sústružnícke a frézovacie oprácie a operácie brúsenia. Výroba ozubenia bude riešená kooperáciou s inou firmou. Na základe spracovaného technologického postupu budú navrhnuté vhodné stroje pre výrobu. V návrhu sú navrhnuté konvenčné stroje ktoré sú pre daný typ výhodnejšie z ekonomického hľadiska.

4.1. Pásová píla BOMAR

Typ Ergonomic 230.190 G.

Vysoko kvalitný stroj pre malé dielne, opravárenské podniky, školy a učilištia s rovnakým vybavením ako väčšie stroje. Prítlak do stroja je zaistený hmotnosťou ramena s hydraulickou reguláciou rýchlostí. Štandardne je možné nastaviť dve rýchlosti pílového pásu. Stroj je vybavený prevodovkou s olejovou vaňou a tvrdokovovým vedením pílového pásu pre tichý chod a správnu rýchlosť pri rezaní ocelí a nerezových materiálov.

Na obrázku č.5 je uvedená pásová píla od firmy Bomar, spol. s r.o. (Bomar). V tabuľke č.15 sú uvedené technické parametre pásovej píly Bomar a v tabuľke č.16 využitie stroja v jednotlivých operáciách [11].



Obr.5 Pásová píla Bomar [11].

Tab.15 Technické parametre pásovej píly Bomar [11].

Výrobca	Bomar
Najväčší priemer kruhového polotovaru	190 mm
Najväčší prierez štvorcového polotovaru	190x190 mm
Najväčší prierez obdĺžnikového polotovaru	210x150 mm
Najmenší rezaný priemer	5 mm
Rýchlosť pílového pásu	37/ 70 m.min ⁻¹
Rozmer pílového pásu	2470x20x0,9 mm
Výkon motoru	0,9 kW
Hmotnosť stroja	183 kg

Tab.16 Využitie stroja v jednotlivých operáciách [12].

Súčiastka	Číslo operácie	Triediace číslo pracoviska
Vodiaca skrutka	00/00	05967
Matica skrutky	00/00	05967

4.2. Mechanický sústruh SV 18 RA

Univerzálny hrotový sústruh určený pre obrábanie hriadeľových a prírubových súčiastok v kusovej a malosériovej výrobe. Veľký rozsah sústružníckych operácií, vysoká pracovná presnosť, jednoduchá obsluha, bohaté príslušenstvo, ponuka zvláštnych vyhotovení.

Na obrázku č.6 je mechanický sústruh SV 18 RA. V tabuľke č.17 sú uvedené technické parametre sústruhu SV 18 RA a v tabuľke č.18 využitie stroja v jednotlivých operáciách [13].



Obr.6 Mechanický sústruh SV 18 RA [13].

Tab.17 Technické parametre mechanického sústruhu [13].

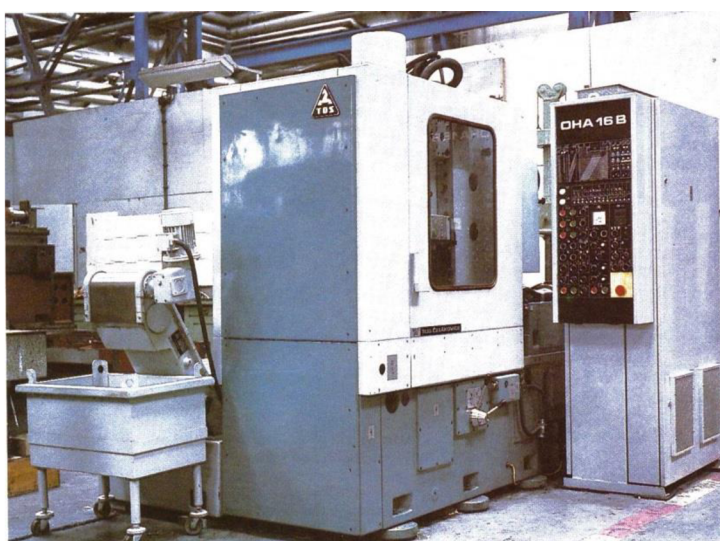
Výrobca	TOS Trenčín
Obežný priemer nad kalenými vodiacimi plochami loží	380 mm
Maximálna dĺžka obrábania (vzdialenosť špičiek)	750 mm
Obežný priemer nad suportom	215 mm
Priemer skľučovadla	160-250 mm
Najväčší prierez noža	22x22 mm
Maximálne otáčky vretena	2800 min ⁻¹
Pozdĺžne posuvy v rozsahu	0,02 – 5,6 mm
Priečne posuvy v rozsahu	0,01 – 2,8 mm
Výkon hlavného motora	6 kW
Pôdorysná plocha stroja (šírka x dĺžka)	950x2720 mm
Hmotnosť stroja s normálnym príslušenstvom	1800 kg

Tab.18 Využitie stroja v jednotlivých operáciách [12].

Súčiastka	Číslo operácie	Triediace číslo pracoviska
Vodiaca skrutka	01/01, 02/02, 03/03, 04/04	04131
Matica skrutky	05/05, 07/07	04131

4.3. Odvalovacia obrážačka na ozubenie OHA 16B

Zvislá odvalovacia obrážačka na ozubenie OHA 16B je vysoko výkonný univerzálny stroj pre obrážanie vonkajších i vnútorných ozubení čelných ozubených kolies s priamymi a šikmými zubami. Mimo výroby ozubených kolies je možné ďalej na stroji obrážať ozubené segmenty, hrebene, spojky a rôzne krivkové kotúče, vyrábané odvalovaním obrážacieho nástroja. Stroj je určený pre kusovú a malosériovú výrobu, tak i pre sériovú výrobu. Pre svoj vysoký výkon a veľkú tuhosť nájde v prevedení ako zoradený stroj uplatnenie v hromadnej výrobe, zvlášť potom v spojení s mechanizovanou manipuláciou obrobku. Na obrázku č.7 je odvalovacia obrážačka na ozubenie V tabuľke č.19 sú uvedené technické parametre odvalovacej obrážačky na ozubenie a v tabuľke č.20 využitie stroja v jednotlivých operáciách [14].



Obr.7 Odvalovacia obrážačka na ozubenie [14]

Tab.19 Technické parametre odvalovacej obrážačky na ozubenie [14].

Výrobca	TOS Čelakovice
Maximálny modul	4 mm
Minimálny modul	0,5 mm
Maximálny priemer obrázaného kola s vonkajším ozubením	160 mm
Minimálny priemer obrázaného kola s vonkajším ozubením	20 mm
Maximálna šírka ozubenia obrázaného kola	45 mm
Menovitý priemer nástroja	100 mm
Maximálna hmotnosť obrobku	130 kg
Rozsah dvojzdvihov	180-1120 min ⁻¹
Celkový príkon stroja	12,5 kW
Výkon hlavného motora	4 kW
Hmotnosť stroja	4900 kg
Rozmery stroja (dĺžka x šírka x výška)	2730x2500x2340 mm

Tab.20 Využitie stroja v jednotlivých operáciách [12].

Súčiastka	Číslo operácie	Triediace číslo pracoviska
Vodiaca skrutka	10/10	04921
Matica skrutky	-	-

4.4. Brúska na guľato 2UD 750

Brúska je určená k presnému brúseniu súčiastok do hmotnosti 30 kg v kusovej i sériovej výrobe spôsobom pozdĺžnym alebo zapichovacím. Čelné plochy sa môžu brúsiť buď stranou brúsiaceho kotúča šikmým zápichom pri vychýlení brúsiaceho vreteníka alebo pri letnom upnutí súčiastky obodom brúsiaceho kotúča s natočeným unášacím vreteníkom o 90°. Vychýlením stolu je možné brúsiť vonkajšie kuželové plochy a s použitím zariadenia pre vnútorné brúsenie, brúsiť otvory a vnútorné kuželové plochy.

Na obrázku č.8 je brúska na guľato. V tabuľke č.21 sú uvedené technické parametre brúsky na guľato a v tabuľke č.22 využitie stroja v jednotlivých operáciách [15].



Obr.8 Brúska na guľato [15].

Tab.21 Technické parametre brúsky na guľato [15].

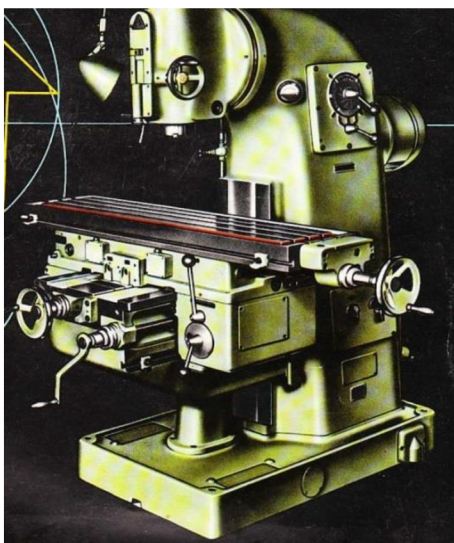
Výrobca	TOS Hostivař
Obežný priemer	290 mm
Vzdialenosť hrotov	750 mm
Priemer brúsneho kotúča	350 mm
Šírka brúsneho kotúča	50 mm
Maximálna váha obrobku	30 kg
Priemer skľučovadla	125 mm
Natočenie brúsiaceho vreteníku	$\pm 45^\circ$
Otáčky brúsiaceho vretena	1640, 1950 min^{-1}
Otáčky pracovného vretena	38-380 min^{-1}
Príkonnosť elektromotorov	6,9 kW
Rozmery stroja (dĺžka x šírka)	3340x1520 mm
Hmotnosť stroja	2250 kg

Tab.22 Využitie stroja v jednotlivých operáciách [12].

Súčiastka	Číslo operácie	Triediace číslo pracoviska
Vodiaca skrutka	08/08	05513
Matica skrutky	09/09	05513

4.5. Frézka konzolová FA 3U

Konzolové frézky rady FA 3 splňujú všetky podmienky pre výkonné a presné frézovanie obrobku do 250 kg v kusovej i sériovej výrobe. Ich jednoduchá, účelne riešená konštrukcia a prvotriedne výrobné spracovanie sú zárukou dlhoročnej prevádzkovej spoľahlivosti a presnosti obrábania. Stroje zaručujú pri vhodných rezných podmienkach pokojnú a presnú prácu bez chvenia a otrasov i pri najväčšom výkone. Značný rozsah otáčok vretena i rýchlostí posuvov umožňuje hrubé i jemné opracovanie všetkých bežných kovov a zliatin a je zárukou hospodárneho využitia týchto strojov. Na obrázku č.9 je uvedená univerzálna frézka FA 3U. V tabuľke č.23 sú uvedené technické parametre frézky univerzálnej a v tabuľke č.24 využitie stroja v jednotlivých operáciách [16].



Obr.9 Konzolová frézka [16].

Tab.23 Technické údaje frézky [16].

Výrobca	TOS Kuřim
Upínacia plocha stola (šírka x dĺžka)	250x1250 mm
Kužel vo vretene	MORSE 4
Rozsah otáčok vretena	45 – 2000 min ⁻¹
Počet stupňov otáčok vretena	12
Rozsah pozdĺžnych posuvov	14 – 900 mm
Rozsah priečných posuvov	14 – 900 mm
Rozsah zvislých posuvov	4 – 250 mm
Maximálna vzdialenosť osy vretena od upínacej plochy stola	425 mm
Minimálna vzdialenosť osy vretena od upínacej plochy stola	15 mm
Výkon motora pre náhon vretena	4,2 kW
Maximálna hmotnosť obrobku	250 kg
Výkon motora pre náhon posuvov	0,75 kW
Hmotnosť stroja	1600 kg

Tab.24 Využitie stroja v jednotlivých operáciách [12].

Súčiastka	Číslo operácie	Triediace číslo pracoviska
Vodiaca skrutka	06/06	05132
Matica skrutky	01/01, 02/02, 03/03	05132

4.6. Moderný alternatívny návrh výroby

Okrem strojov, ktoré sú navrhnuté v kapitole č.4, by bolo možné výrobu vykonávať i na iných strojoch. V návrhu strojov v kapitole č.4 boli volené konvenčné stroje, ktoré majú nižšiu zriaďovaciu cenu a sú menej náročné na kvalifikáciu obsluhy. V prípade sústružníckych operácií je alternatíva k navrhovanému hrotovému sústruhu SV 18 RA napríklad CNC sústruh od firmy Yamazaki Mazak Central Europe s.r.o. (Mazak) typu QUICK TURN NEXUS II 250-II MSY. Pri voľbe takéhoto stroja by sa výrazne skrátili výrobné časy a vzhľadom na vybavenie stroja počítačovým riadením by sa znížila manuálna práca obsluhy stroja. Pri takto vybavenom stroji sú potrebné vyššie znalosti obsluhy týkajúce sa obsluhy systému stroja, ktoré obsluha konvenčného stroja nemusí mať. Pre frézovacie operácie je možnou alternatívou na voľbu stroja, voľba vertikálneho obrábacieho centra od firmy Mazak typu VERTICAL CENTRE SMART 530C. Podobne ako u voľby moderného CNC sústruhu, tak u voľby takéhoto moderného stroja by sa výrazne skrátili strojné časy, znížila by sa manuálna pracovnosť výroby súčiastky a taktiež by boli požadované rozšírené znalosti obsluhy stroja pri práci so systémom stroja. Pre operácie brúsenia je alternatívou k zvolenej brúske novší typ brúsky napríklad UB 25 CNC od výrobcu TOS Hostivař. Brúska okrem práce v ručnom režime ponúka možnosť využitia plne automatického brúsiaceho cyklu. V prílohe č.4, č.5, č.6 a č.7 sú uvedené technické parametre strojov uvedených ako alternatívy k pôvodnému návrhu strojov [17, 18, 19].

Výroba ozubenia je riešená formou kooperácie s inou firmou. Firma ktorá bude kooperáciu vykonávať, disponuje odvalovacou obrážačkou na ozubenie OHA 16. Výrobu ozubenia na vodiacej skrutke by bolo možné okrem obrážacím spôsobom vykonať i odvalovacím spôsobom alebo frézovaním ozubenia. Ozubenie by bolo možné vyrobiť aj obrábaním na 5-osom obrábacom centre od firmy Mazak typu INTEGREGEX i-200ST. V prípade voľby takéhoto stroja by nebolo treba ďalšie stroje na sústružnicke a frézarské operácie.

V tabulke č.14 sú uvedené približné ceny navrhovaných alternatívnych strojov. Z cien strojov je možné usúdiť prečo je vhodnejší pôvodný návrh konvenčných strojov pre výrobu súčiastok v množstve okolo 200 ks za rok [20].

Tab.č.14 Alternatívny návrh strojov [17, 18, 19, 20].

Druh stroja	Výrobca	Typ stroja	Nákupná cena
CNC sústruh	Mazak	QUICK TURN NEXUS II 250-II MSY	199 600 Eur
Vertikálne obrábacie centrum	Mazak	VERTICAL CENTRE SMART 530C	109 200 Eur
Brúska na guľato	TOS Hostivař	UB 25 CNC	45 000 Eur
Obrábacie centrum	Mazak	INTEGREGEX i-200ST	420 400 Eur

5. NÁVRH NÁSTROJOV A MERACÍCH ZARIADENÍ

Nástroje pre sústružnicke a frézovacie operácie boli navrhované od firmy Pramet Tools, s.r.o. Vrtáky sú navrhnuté od firmy M&V, spol. s r.o., Divízia STIMZET (Stimzet) a strediaci vrták je od firmy Atorn. Pre výrobu trapézového závitú v matici bude použitý maticový závitník vyrobený na zákazku. Brúsny kotúč je od firmy Tyrolit CEE k.s. (Tyrolit). Návrh meracích zariadení je od firmy Mitutoyo Česko s.r.o. (Mitutoyo) [21, 22, 23, 24, 25].

5.1. Nástrojový list pre sústruženie

Sústružnicke nože a VBD sú navrhnuté od firmy Pramet. V tabuľke č.25 je uvedený nástrojový list pre sústruženie [21].

Tab.25 Nástrojový pre sústruženie [21].

Názov nástroja	Označenie výrobcu	Označenie nástroja	Doporučené rezné podmienky
Držiak noža	DCLNR 2020 K09	T1	$v_c = 155 \div 270 \text{ m.min}^{-1}$ $a_p = 0,8 \div 3,0 \text{ mm}$ $f = 0,15 \div 0,5 \text{ mm}$
VBD	CNMG 090304E-FM		
Držiak noža	DCLNR 2020 K09	T2	$v_c = 155 \div 270 \text{ m.min}^{-1}$ $a_p = 0,8 \div 3,0 \text{ mm}$ $f = 0,15 \div 0,5 \text{ mm}$
VBD	CNMG 090304E-FM		
Držiak noža	GFKR 2020 K02	T3	$v_c = 130 \div 200 \text{ m.min}^{-1}$ $a_p = 0,2 \div 2,0 \text{ mm}$ $f = 0,08 \div 0,2 \text{ mm}$
VBD	LCMF 022002-F1		
Držiak noža	SER 2020 K16	T4	$v_c = 160 \div 200 \text{ m.min}^{-1}$ $a_p = 0,2 \div 5,0 \text{ mm}$ $f = 0,25 \div 0,5 \text{ mm}$
VBD	VBD TN16ER100M		
Držiak noža	SER 2020 K16	T5	$v_c = 160 \div 200 \text{ m.min}^{-1}$ $a_p = 0,2 \div 5,0 \text{ mm}$ $f = 0,25 \div 0,5 \text{ mm}$
VBD	VBD TN16ER300TR		
Závitník TR16x3 ľavý	TR 16x3 ľavý	T6	

V tabuľke č.26 sú uvedené veličiny pre výpočet spotreby VBD.

Tab.26 Veličiny pre výpočet spotreby VBD [5].

VBD	[ks]	Spotreba vymeniteľných britových doštičiek
T_{opt}	[min]	Optimálny čas opotrebenia VBD
i	[ks]	Počet britov VBD
n	[ks]	Počet vyrábaných kusov

t_{AS}	[min]	Strojný čas
----------	-------	-------------

$$VBD = \frac{n \cdot t_{AS}}{T_{opt} \cdot i} [\text{ks}] \quad (5.1)$$

Názorný výpočet pre spotrebu VBD pre hrubovacie operácie sústruženia:

$$VBD = \frac{n \cdot t_{AS}}{T_{opt} \cdot i} = \frac{200 \cdot 4,05}{45 \cdot 4} = 4,5 \Rightarrow 5 \text{ ks}$$

Názorný výpočet pre spotrebu VBD pre dokončovacie operácie sústruženia:

$$VBD = \frac{n \cdot t_{AS}}{T_{opt} \cdot i} = \frac{200 \cdot 1,72}{14 \cdot 4} = 6,1 \Rightarrow 7 \text{ ks}$$

Pre hrubovaciu operáciu je volený T_{opt} v čase 45 min. Pre dokončovacie operácie je volený T_{opt} v čase 14 min.

Druhou alternatívou k voľbe sústružníckych nožov s VBD by bola voľba nožov s pájenými doštičkami. Na obrázku č.10 je uvedený sústružnícky nôž pre vonkajšie sústruženie. Výhodou týchto nožov je nižšia nákupná cena a taktiež možnosť preostrenia reznej časti. Tieto nože sa stále využívajú v praxi, predovšetkým pri výrobe na konvenčných strojoch.



Obr.10 Sústružnícky nôž [26].

5.2. Nástrojový list pre frézovanie

Frézy a VBD sú navrhnuté od firmy Pramet, vrtáky od firmy Stimzet a strediaci vrták od firmy Atorn. V tabuľke č.27 je uvedený nástrojový list pre frézovanie [22, 23, 24].

Tab.27 Nástrojový list pre frézovanie [17, 18, 19].

Názov nástroja	Označenie výrobcu	Označenie nástroja	Doporučené rezné podmienky
Stopková fréza	32A3R050E03-CSC12	M1	$v_c = 170 \div 270 \text{ m.min}^{-1}$ $a_p = 0,3 \div 4,0 \text{ mm}$ $f = 0,05 \div 0,2 \text{ mm}$
VBD	SCKR 09T340EN-F		
Stopková fréza pre zrážanie 45°	25N3R043E03-SSD09-A	M2	$v_c = 200 \div 250 \text{ m.min}^{-1}$ $a_p = 1,0 \div 4,5 \text{ mm}$ $f = 0,15 \div 0,3 \text{ mm}$
VBD	SDEW 090308EN		
Vrták Ø 13 mm	A211300V000S	M3	$v_{c \text{ max}} = 20 \text{ m.min}^{-1}$
Vrták Ø 2 mm	A210200V000S	M4	$v_{c \text{ max}} = 20 \text{ m.min}^{-1}$
Vrták strediaci	Vrták strediaci tvar A 60° SK D2	M5	$v_{c \text{ max}} = 20 \text{ m.min}^{-1}$

5.3. Nástrojový list pre brúsenie

Brúsiaci kotúč je navrhnutý od firmy Tyrolit. Zvolený brúsiaci kotúč je zložený z mikrokryštalického korundu s keramickým pojivom. Odporúčané použitie kotúča je pre ocele do tvrdosti 55 HRC. Farba brúsiaceho kotúča je modrá. V tabuľke č.28 je uvedený nástrojový list pre brúsenie [25].

Tab.28 Nástrojový list pre brúsenie [25].

Názov nástroja	Označenie výrobcu	Označenie nástroja	Doporučené rezné podmienky
Brúsiaci kotúč keramický 350x40x127	454A46H5V40	G1	$v_c = 30 \div 40 \text{ m.s}^{-1}$ $n = 1900 \div 2100 \text{ min}^{-1}$

5.4. Príslušenstvo pre stroje

V tabuľke č.29 je uvedené príslušenstvo potrebné k navrhnutým strojom.

Tab.29 Príslušenstvo pre stroje [13, 14, 15, 16].

Názov	Použitie pre stroj
Lícna doska Ø 275 mm so špeciálnou upínkou	Brúska 2UD 750
Skľučovadlo Ø 160 mm	Brúska 2UD 750
Lícna doska Ø 275 mm so špeciálnou upínkou	Sústruh SV 18 RA
Pevný hrot MORSE 4 (2 ks)	Sústruh SV 18 RA
Skľučovadlo na vrtáky do koníka	Sústruh SV 18 RA
Skľučovadlo Ø 160 mm	Sústruh SV 18 RA
Redukcia MORSE 4 na MORSE 3	Univerzálna frézka FA3 U
Strojný sverák s rozverom čelustí 100 mm	Univerzálna frézka FA3 U

5.5. List meracích zariadení

Návrh meracích zariadení je volený s ohľadom na požiadavky merania vychádzajúce z navrhnutého technologického postupu. Na kontrolu trapézového závitú sú potrebné kalibre, ktoré budú vyrobené na objednávku. Alternatívou k navrhnutým klasickým meracím zariadeniam by bolo použitie súradnicového meracieho zariadenia ktoré by nahradilo navrhnuté meracie zariadenia. V tabuľke č.30 je uvedený list meracích zariadení [21, 22].

Tab.30 List meracích zariadení [21, 22].

Názov meracieho zariadenia	Katalógové číslo
Drsnomer Surfest SJ-210	178-560-01D
Mikrometer 0-25 mm delenie stupnice 0,001 mm	102-707
Mikrometer 25-50 mm delenie stupnice 0,001mm	102-708
Posuvné meradlo 0-300mm	500-718-11
Závitový kaliber M18x1-6G	Kružok M18x1-6g
Závitový kaliber TR 16x3 ľavý vonkajší	
Závitový kaliber TR 16x3 ľavý vnútorný	

6. EKONOMICKÁ ČASŤ

Cieľom ekonomickej časti je určiť náklady na výrobu jedného kusu vodiacej skrutky a matice po zarátaní všetkých nákladov. Cena strojného vybavenia sa bude rozpisovať do nákladov na výrobu na najbližších päť rokov.

6.1. Náklady na strojné zariadenie

Firma vlastní mechanický sústruh SV 18 RA a teda nebude súčasťou nákladov na nákup strojného vybavenia. Cena strojov pre výrobnú sériu 200 ks sa bude počítat' ako jedna pätina ceny stroja, ktorá sa bude zarátavať do ceny výroby po dobu 5 rokov. V tabuľke č.30 je zoznam nakupovaných strojov.

Tab.31 Zoznam nakupovaných strojov [11, 15, 16].

Názov stroja	Výrobca	Nákupná cena stroja
Brúska na guľato 2UD 750	TOS Hostivař	2 200 Eur
Pásová píla Bomar	Bomar	1 300 Eur
Univerzálna frézka FA 3U	TOS Kuřim	1 850 Eur

Cena za stroje spolu 5350 Eur. Cena na jednu výrobnú sériu je $N_S = 1070$ Eur.

6.2. Náklady na materiál

6.2.1. Náklady na materiál na vodiacu skrutku

Na základe výpočtov spotreby materiálu v kapitole č.2 je potreba zakúpiť 23 kusov tyčí v dĺžke 2000 mm priemeru 40 mm. Cena za kilogram polotovaru je 0,8 Eur. V tabuľke č.32 sú uvedené náklady na materiál na vodiacu skrutku [23].

Tab.32 Náklady na materiál na vodiacu skrutku [23].

Polotovar	Cena za kg	Cena na výrobu 200 ks
Tyč priemer 40 mm	0,8 Eur	368 Eur

$N_{M1} = 368$ Eur

6.2.2. Náklady na materiál na maticu skrutky

Na základe výpočtov spotreby materiálu v kapitole č.2 je potreba zakúpiť 6 kusov tyčí v dĺžke 1000 mm prierezu 40 x 40 mm. Cena za kilogram polotovaru je 9,8 Eur. V tabuľke č.33 sú uvedené náklady na materiál na vodiacu skrutku [24].

Tab.33 Náklady na materiál na maticu skrutky [24].

Polotovár	Cena za kg	Cena na výrobu 200 ks
Tyč prierez 40x40 mm	9,8 Eur.	834 Eur.

$N_{M2} = 834$ Eur

6.3. Náklady na náradie a príslušenstvo

V tabuľke č.34 sú uvedené náklady na náradie a príslušenstvo. Cena meracích zariadení sa bude rozpisovať na výrobu po dobu piatich rokov, a teda cena na výrobu jednej série bude jedna pätina nákupnej ceny.

Tab.34 Náklady na náradie a príslušenstvo [21, 22, 23, 24, 25].

Názov	Výrobca	Cena za ks [Eur]	Počet ks	Cena spolu [Eur]
Držiak noža DCLNR 2020 K09	Pramet	59	2	118
Držiak noža SER 2020 K16	Pramet	86	1	86
Držiak noža GFKR 2020 K02	Pramet	85	1	85
VBD CNMG 090304E-FM	Pramet	5,2	12	62,4
VBD TN16ER100M	Pramet	15,2	1	15,2
VBD TN16ER300TR	Pramet	17,6	8	140,8
VBD LCMF 022002-F1	Pramet	16,8	1	16,8
Stopková fréza 32A3R050E03-CSC12	Pramet	239	1	239
Stopková fréza pre zrážanie hrán 45° 25N3R043E03-SSD09-A	Pramet	171	1	171

VBD SCKR 09T340EN-F	Pramet	9,4	18	169,2
VBD SDEW 090308EN	Pramet	7	3	21
Vrták Ø 13 mm ISO 11 4000-13	Stimzet	6,6	2	13,2
Vrták Ø 2 mm ISO 11 4000-13	Stimzet	0,5	1	0,5
Vrtak strediaci tvar A 60° SK D2	Atom	26,3	1	26,3
Závitník TR 16x3 ľavý		120	5	600
Brúsiaci kotúč keramický 350x40x127	Tyrolit	193	1	193
Posuvné meradlo 0-300 mm	Mitutoyo	370	1	370
Mikrometer 0-25 mm	Mitutoyo	74	1	74
Mikrometer 25-50 mm	Mitutoyo	121	1	121
Závitový kaliber TR 16x3 ľavý vonkajší		60	1	60
Závitový kaliber TR 16x3 ľavý vnútorný		60	1	60
Závitový kaliber M18x1-6G		31	1	31
Drsnomer Surfes SJ-10	Mitutoyo	2215	1	2215

Cena za nástroje na jednu výrobnú sériu je $N_N = 2493,6$ Eur.

6.4. Náklady na mzdy

Náklady na mzdy pracovníkov budú počítané na základe spočítaných strojných časov pre jednotlivé operácie. Mzda bude pre každého pracovníka v hodnote 8 Eur na hodinu. Spočítané budú celkové mzdy pre výrobu série 200 kusov vodiacej skrutky s maticou. V tabuľke č.35 sú uvedené náklady na mzdy.

Tab.35 Náklady na mzdy.

Druh operácie	Celkový strojný čas [min]	Mzda [Eur]
Strojný čas delenia materiálu	120	16
Strojný čas brúsenia	3	0,4
Strojný čas frézovania	330	44
Strojný čas sústruženia	1534	204,6
Kontrolné operácie	557,5	74,3

Mzda spolu na jednu výrobnú sériu je $N_{Mz} = 339,3$ Eur.

6.5. Náklady na energiu

Náklady na energiu budú spočítané na základe spočítaných strojných časov a podľa príkonov jednotlivých strojov. Cena za 1 kWh elektrickej energie je približne 0,2 Eur. V tabuľke č.36 sú uvedené náklady na energiu [25].

Tab.36 Náklady na energiu [25].

Typ stroja	Príkon stroja [kW]	Cena za energiu [Eur]
Brúska na guľato 2UD 750	6,9	0,1
Pásová píla Bomar	0,9	0,4
Sústruh SV 18	6,5	49,3
Univerzálna frézka FA 3U	5,5	6,1

Náklady na energiu na jednu výrobnú sú $N_E = 55,9$ Eur.

6.6. Ostatné náklady

Náklady na kooperáciu a réžia podniku.

Tab.37 Ostatné náklady.

Názov	Cena [Eur]
Réžia podniku 30 %	1534
Výroba ozubenia v kooperácii	1600

Náklady na kooperáciu na jednu výrobnú sú $N_O = 3\,134$ Eur.

6.7. Celkové náklady na 1 ks súčiastky

Celkové náklady na výrobu jedného kusu vodiacej skrutky a matice:

$$N_C = \frac{N_S + N_{M1} + N_{M2} + N_N + N_{MZ} + N_E + N_O}{n} [\text{Eur}] \quad (6.1)$$

$$N_C = \frac{1070 + 368 + 834 + 2493,6 + 339,3 + 55,9 + 3134}{200} = 41,2 \text{ Eur}$$

7. DISKUSIA

Navrhovaný polotovár na výrobu vodiacej skrutky sú ocelové tyče, u ktorých tvorí odpad z opracovania až viac ako 80 %, a preto by bola vhodnejšia alternatíva pre polotovár voľba výkovku. Pri voľbe výkovku by sa výrazne ušetril materiál a tiež by sa skrátili strojné časy obrábania. Voľba výkovku by bola dobrá alternatíva pri väčšom objeme výroby ako je 200 ks za rok.

V kapitole návrh strojov je uvedená pásová píla Bomar pre operácie delenia materiálu. Ďalej mechanický sústruh SV 18 RA, ktorý vlastní firma. Na operácie frézovania je navrhnutá konzolová frézka FA 3U. Alternatívou k tejto frézke by bola napríklad nástrojárska frézka FNGJ 32 ktorá je modernejšia, avšak má aj vyššiu nákupnú cenu. Ďalej pre operácie brúsenia je navrhnutá univerzálna brúska na guľato 2 UD 750 ktorá je vhodná pre brúsenia hriadeľov a tiež pre brúsenie otvorov. Pre výrobu ozubenia je volená kooperácia s externou firmou. Výroba ozubenia sa bude vo firme prevádzať na odvalovacej obrážacke OHA 16B. Ozubenie by bolo možné vyrábať i frézovaním odvalovacím spôsobom.

V kapitole s alternatívnym moderným návrhom výroby sú navrhnuté nové moderné stroje. Pri takejto voľbe strojov by sa znížila pracnosť výroby vzhľadom na výbavu strojov s CNC riadením. Nároky na kvalifikáciu obsluhy by sa tiež zvýšili vzhľadom na vybavenie strojov CNC riadením. Voľba navrhnutých strojov by sa však v prípade výroby okolo 200 ks súčiastok za rok nevyplatila z ekonomického hľadiska. Uvedené stroje pri ich zriaďovacích cenách, ktoré sa pohybujú v stotisícoch eur, by mali pracovať na tri smeny aby sa vyplatil ich nákup.

Pri voľbe nástrojov pre sústruženie boli volené nástroje s vymeniteľným britovými doštičkami. Alternatívou k takýmto nástrojom je voľba nástrojov s pájenými doštičkami. Takéto nástroje sa bežne používajú pri práci na konvenčných strojoch. Ich cena je nižšia, avšak i ich trvanlivosť je kratšia. Výhodou takýchto nožov je možnosť ľahkého preostrenia reznej časti.

Podľa spracovaných údajov vyšla cena oboch súčiastok 41,2 Eur, čo je oproti nákupnej cene súčiastok u predajcu náhradných dielov cena o 25 Eur nižšia. Z toho vyplýva, že navrhnutý spôsob výroby je výhodný a je ho možné uskutočniť.

ZÁVER

Výroba vodiacej skrutky a matice je navrhovaná ako výroba v dávke okolo 200 ks. Na začiatku je vykonaný rozbor oboch súčiastok a následne bola spracovaná výkresová dokumentácia. Na základe výkresovej dokumentácie boli spracované technologické postupy, podľa ktorých boli následne navrhnuté stroje pre výrobu. Navrhované stroje sú staršie, použité konvenčné stroje, ktoré majú nižšiu zriaďovaciu cenu. Následne boli navrhnuté vhodné nástroje na obrábanie, meracie zariadenia a príslušenstvo pre stroje. Podľa takto spracovaných údajov boli v závere práce spočítané ekonomické zhodnotenia. Na základe ekonomického zhodnotenia vyšla cena oboch súčiastok 41,2 Eur, čo je cena o 25 Eur nižšia, než za akú sa náhradný diel predáva u predajcu náhradných dielov.

- výsledná cena oboch súčiastok je 41,2 Eur.
- nákupná cena oboch súčiastok u predajcu náhradných dielov je 65 Eur.

Navrhnutá výroba je teda výhodná a je ju možné realizovať.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] STAP. *Skrutka nožového suportu.jpg* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné po přihlášení do intraportálu firmy.
- [2] STAP. *Foto dielňa.jpg* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné po přihlášení do intraportálu firmy.
- [3] STAP. *Výkres zostavy saní.jpg* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné po přihlášení do intraportálu firmy.
- [4] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vyd. 4. Brno: CERM, 2011. 227 s. ISBN 978-80-7204-751-2.
- [5] KOČMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [6] STAP. *Štítok otáčok vretena SV 18 RA.jpg* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné po přihlášení do intraportálu firmy.
- [7] ZNAČKOVÁ MAZIVA. *STATOIL TOOLWAY ST (20L)* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.znackovamaziva.cz/e-shop/prumyslove-oleje/prumysl/rezne-kapaliny/s-toolway-st-20/>
- [8] *Katalog Soustružení 2014* [online]. 2014. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.pramet.cz/download.php?id=629>
- [9] *Katalog Frézování 2014* [online]. 2014. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.pramet.cz/download.php?id=628>
- [10] PRODEJ BRUSIVA. *Kotouč T1 350x40x127 454A46H5V40 305279 TYROLIT - Kotouče do 450mm* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.prodejbrusiva.cz/kotouc-t1-350x40x127-454a46h5v40-305279-tyrolit>
- [11] KARAS. Bomar - pásové pily na kov - BOMAR ERGONOMIC 230.190 G - Bomar - pásová pila na kov. *BOMAR-PILY.cz* [online]. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.bomar-pily.cz/Gravitacni-pasove-pily-na-kov/BOMAR-ERGONOMIC-230-190-G.html>
- [12] *Třídník výrobních strojů a zařízení ve strojírenství* [online]. 1980. Výzkumný ústav strojírenské technologie a ekonomiky VUŠTE.
- [13] *Sústruh SV 18 RA*. 1960. Trenčín: TOS Trenčín.
- [14] *KATALOG obráběcích a tvářecích strojů*. 1993. Praha: Svaz výrobců a dodavatelů strojírenské techniky.
- [15] STROJE SVOBODA. *Bruska hrotová univerzální #2715 (Stroje/Bruska)* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Bruska&key=&id=2715&ids=2752&o=1>
- [16] *FA 3A Konzolové frézky*. 1965. Kuřim: TOS Kuřim.
- [17] MAZAK EUROPE. *Quick Turn Smart 250 | Yamazaki Mazak Europe* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.mazak.eu/CNC-Turning-Centers/Quick-Turn-Smart-250>
- [18] MAZAK EUROPE. *Vertical Center Smart 530C | Yamazaki Mazak Europe* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.mazak.eu/Vertical-Machining-Centers/Vertical-Center-Smart-530C>
- [19] HOL-MONTA. *Univerzální hrotové brusky UB 25 CNC* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.hol-monta.com/cs/univerzalni-hrotove-brusky/ub-25-cnc>
- [20] MAZAK EUROPE. *INTEGREX i-200 | Yamazaki Mazak Europe* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.mazak.eu/Multi-tasking-machines/Integrex-i-200>
- [17] ČSN 221121 - DIN 338 RN, Vrták s válcovou stopkou. *STIMZET* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://www.stimzet.cz/data/csn221121_cz.html
- [18] MT-NÁSTROJE. *Navrtávky HSS, HSSCo a SK | Vrták středící tvar A 60° SK D2.00* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.mt-nastroje.cz/i-zavitniky/eshop/53-1-Navrtavaky-HSS-HSSCo-a-SK/0/5/12428-Vrtak-stredici-tvar-A-60-SK-D2-00>
- [21] *KATALOG MEŘÍCÍCH PŘÍSTROJŮ 2014/2015*. 2014. Mitutoyo.
- [22] KOVONASTROJE. *Závitový kalibr - kroužek M18 6g - dobrý M18x2,5, tol. 6g, dobrý* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.kovonastroje.cz/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Rezani-zavitu/Kalibry-zavitove/Zavitovy-kalibr-krouzek-M18-6g-dobry-M18x2-5-tol-6g-dobry.html>

[23] FERONA. *Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510. 11(A), normální přesnost, průměr 40 - Ferona a.s. - hutní materiál, velkoobchod s hutním materiálem* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=31728>

[24] SERVIS METAL. *Cínový bronz | katalóg materiálov | SERVIS METAL | obchod s farebnými kovmi - bronz, mosadz, med', hliník* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.servismetall.sk/katalog/cinovy-bronz/>

[25] TOTALMONEY. *Elektrina - Porovnanie cien elektriny* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://totalmoney.sk/elektrina/>

[26] MT-NÁSTROJE. *Soustružnické nože | Soustružnické nože SK pájené | Nůž ubírací přímý-pravý 20x20mm S10 (223710)* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.mt-nastroje.cz/i-zavitniky/eshop/49-1-Soustruznicke-noze/1187-2-Soustruznicke-noze-SK-pajene/5/16401-Nuz-ubiraci-primy-pravy-20x20mm-S10-223710>

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

Skratka/Symbol	Jednotka	Význam
C	[-]	Uhlík
Cu	[-]	Meď
D	[mm]	Priemer frézy
D	[mm]	Priemer obrábanej súčiastky
D _p	[mm]	Priemer polotovaru
H	[mm]	Hĺbka záberu
L	[mm]	Dráha nástroja
L _p	[mm]	Dĺžka polotovaru
L _t	[mm]	Dĺžka tyče
N _C	[Eur]	Náklady celkové
N _E	[Eur]	Náklady na energiu
Ni	[-]	Nikel
N _{M1}	[Eur]	Náklady na materiál na vodiacu skrutku
N _{M2}	[Eur]	Náklady na materiál na maticu skrutky
N _{Mz}	[Eur]	Náklady na mzdy
N _N	[Eur]	Náklady na náradie a príslušenstvo
N _O	[Eur]	Ostatné náklady
N _S	[Eur]	Náklady na výrobnú sériu
Q _p	[kg]	Hmotnosť polotovaru pre výrobu jednej súčiastky
Q _s	[kg]	Celková hmotnosť hotovej súčiastky
S	[-]	Síra
Sn	[-]	Cín
S _p	[mm]	Prierez polotovaru
T _{opt}	[min]	Optimálny čas opotrebenia VBD
Z _m	[kg]	Strata materiálu na kus
a _c	[mm]	Celková šírka záberu
a _p	[mm]	Šírka záberu ostria
b _s	[mm]	Šírka brúsneho kotúča
d _s	[mm]	Priemer brúsneho kotúča
d _w	[mm]	Priemer brúseného obrobku
f	[mm]	Posuv
f _a	[mm]	Axiálny posuv stolu brúsky na jednu otáčku obrobku
f _n	[mm]	Posuv na otáčku
f _r	[mm]	Radiálny posuv stolu brúsky na jeden axiálny zdvih stolu
i	[ks]	Počet britov VBD
i	[ks]	Počet súčiastok z jednej tyče

i_t	[ks]	Počet týčí potrebných na výrobu 200 ks súčiastok
l	[mm]	Dráha nástroja v zábere
l_a	[mm]	Dĺžka axiálnej dráhy brúsiaceho kotúča
l_d	[mm]	Šírka odrezku
l_n	[mm]	Dráha nábehu nástroja
l_{na}	[mm]	Dĺžka nábehu v axiálnom smere
l_{nf}	[mm]	Dĺžka nábehu frézy
l_{nk}	[mm]	Dĺžka nevyužitého konca tyče
l_p	[mm]	Dráha prebehu nástroja
l_{pa}	[mm]	Dĺžka prebehu v axiálnom smere
l_t	[mm]	Dĺžka tyče
l_w	[mm]	Dĺžka obrobku
m_{odpc}	[kg]	Hmotnosť odpadu z celej série
m_t	[kg]	Hmotnosť tyče
n	[min ⁻¹]	Počet otáčok stroja
n_k	[min ⁻¹]	Frekvencia otáčania kotúča
n_w	[min ⁻¹]	Frekvencia otáčania obrobku
\emptyset	[mm]	Priemer
p	[mm]	Prídavok na brúsenie
q_d	[kg]	Strata materiálu vzniknutá delením materiálu
q_{nk}	[kg]	Strata materiálu z nevyužitého konca tyče
t_{AS}	[min]	Strojný čas
v_c	[m.min ⁻¹]	Rezná rýchlosť
v_c	[m.s ⁻¹]	Rezná rýchlosť
v_f	[mm . min ⁻¹]	Posuvová rýchlosť
v_p	[%]	Využitie polotovaru na výrobu súčiastky
v_w	[m . min ⁻¹]	Obvodová rýchlosť obrobku
z_{mo}	[kg]	Strata materiálu obrábaním z jednej súčiastky
ρ	[kg . m ⁻³]	Hustota
č.	[-]	Číslo
CNC	[-]	Computer Numerical Control
ČSN	[-]	Československé štátne normy
kg	[-]	Kilogram
ks	[-]	Kus
kW	[-]	Kilowat
obr.	[-]	Obrázok
označ.	[-]	Označenie
TOS	[-]	Továrne obrábacích strojov
VBD	[-]	Vymeniteľná britová doštička

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1 Výkres vodiacej skrutky

Príloha 2 Výkres matice skrutky

Príloha 3 Štítok otáčok vretena sústruhu SV 18 RA

Príloha 4 CNC sústruh QUICK TURN NEXUS II 250-II MSY

Príloha 5 Vertikálne obrábacie centrum SMART 530C

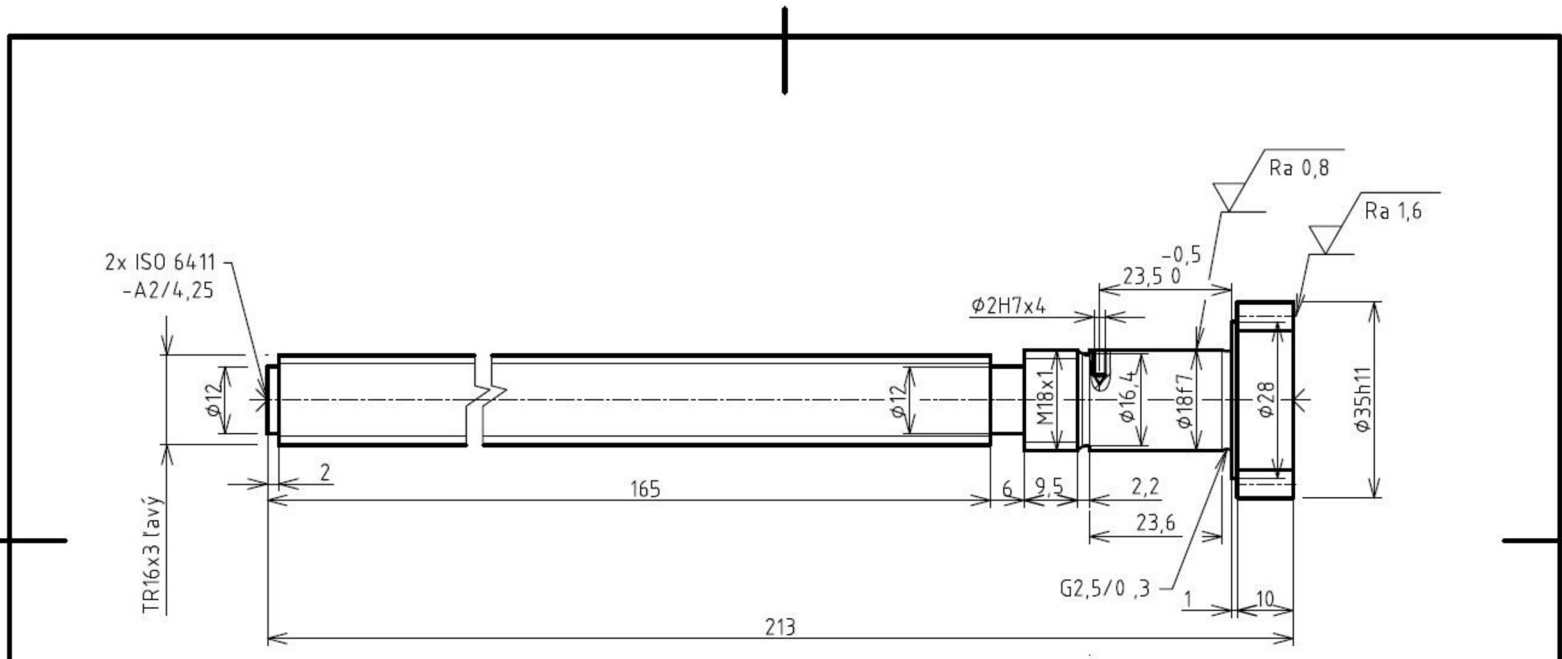
Príloha 6 Brúska na guľato UB 25 CNC

Príloha 7 Obrábacie centrum INTEGREGX i-200ST

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRÍLOHA 1
Výkres vodiacej skrutky

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Tabuľka údajov ozubenia	
Modul	1,25
Počet zubov	28
Priemer roztečnej kružnice	32,5
Priemer hlavovej kružnice	35
Priemer pätnjej kružnice	29,38

Štruktúra povrchu √ Ra 3.2 (✓)	Hrany: $\begin{matrix} \swarrow & \searrow \\ -0,3 & +0,3 \end{matrix}$	Merítka 1:1	Presnosť ISO2768-mK
Materiál E360	Polotovár ϕ 40-215 ČSN EN 10060	Hmotnosť 0,41 kg	Tolerovanie ISO_8015
	Druh dokumentu VÝKRES SÚČIASTKY	Názov VODIACA SKRUTKA	
	Kreslil STANÍK	Premietanie $\begin{matrix} \oplus \\ \ominus \end{matrix}$	
	Schválil	CHRÁNENÉ PODĽA ISO 16016	
		Číslo dokumentu 2015/01	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

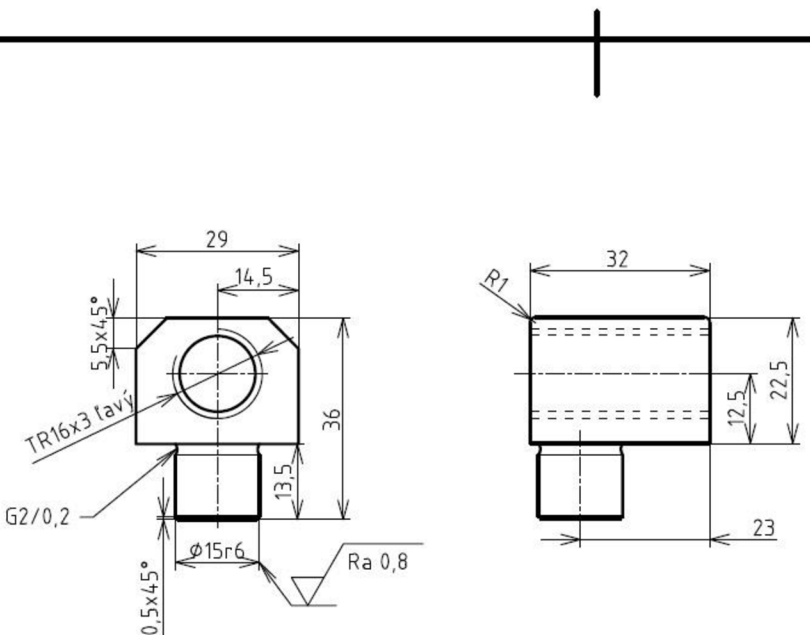
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRÍLOHA 2

Výkres matice skrutky

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



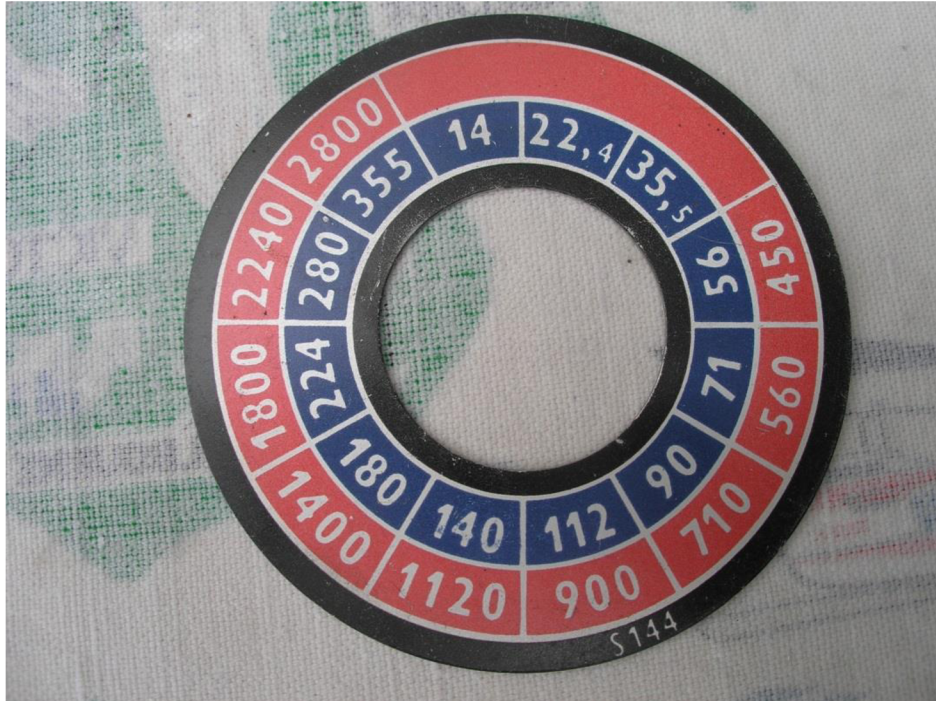
Štruktúra povrchu √ Ra 3.2 (✓)		Hrany: $\begin{matrix} \swarrow & \searrow \\ -0,3 & +0,3 \end{matrix}$		Merítka 1:1	Presnosť ISO2768-mK
Materiál CuSn12		Polotovár □40-30 ČSN EN 1414		Hmotnosť 0,14 kg	Tolerovanie ISO_8015
		Druh dokumentu VÝKRES SÚČIASTKY		Premietanie	
		Kreslil STANÍK		Názov MATICA SKRUTKY	
		Schválil		Číslo dokumentu 2015/02	
				CHRÁNENÉ PODĽA ISO 16016	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRÍLOHA 3

Štítok otáčok vretena sústruhu SV 18 RA [6].



PRÍLOHA 4

CNC sústruh QUICK TURN NEXUS II 250-II MSY [17].

QUICK TURN SMART 250

QUICK TURN SMART 300 (shown)



Quick Turn SMART 250 combines Productivity, High Accuracy and High Reliability, to deliver the performance you have been seeking, offering 280mm in machining diameter and up to 51mm in bar diameter. The latest Generation CNC system "Mazatrol Smart" delivers unsurpassed operating efficiency.

MAZATROL **MATRIX**

[CONTACT US](#)

[250](#) [250M](#)

[Back to Quick Turn SMART](#)

CAPACITY	
Chuck size main spindle	10 "
Maximum swing	660 mm
Maximum machining diameter	380 mm
Bar work capacity main spindle (dependant on chucking system)	80 mm
MAIN SPINDLE	
Rotating speed maximum	4,000 min ⁻¹
Motor output (30 minute rating)	26.0 kW
TURRET	
Number of tools	12
FEED AXES	
Travel (X axis)	210 mm
Travel (Z axis)	560 mm

PRÍLOHA 5

Vertikálne obrábacie centrum SMART 530C [18].

VERTICAL CENTER SMART 530C

VERTICAL CENTER SMART 530C (shown) **NEW**



The Smart series are designed for high productivity, compact design and environmental considerations. They provide high efficiency machining thanks to the No. 40 taper spindle with maximum spindle speed of 12000 rpm and high speed feedrates.

MAZATROL **MATRIX**

CONTACT US

[430A](#) [530C](#) [530C 2PC](#)

[Back to Vertical Center Smart series](#)

CAPACITY	
Work table cross dimension	1,300 mm
Work table longitudinal dimension	550 mm
SPINDLE	
Spindle taper bore	7/24 taper, No.40
Rotating speed maximum	12,000 min ⁻¹
FEED RATES	
Rapid traverse rate (X-axis)	42,000 mm/min
Rapid traverse rate (Y-axis)	42,000 mm/min
Rapid traverse rate (Z-axis)	42,000 mm/min
TABLE	
Table work dimension (cross)	1,300 mm
Table work dimension (longitudinal)	550 mm

PRÍLOHA 6

Brúska na guľato UB 25 CNC [19].

Univerzální hrotové brusky

UB 25 CNC

Univerzální hrotová bruska UB 25 CNC je určena pro broušení obrobku do kulata, max. průměru 250 mm a délky 1 000 mm, upnutých mezi hroty nebo letmo ve sklíčidle v unášecím vřeteníku s možností použití vnitřního broušení*. Stroj může být řízen ručně, nebo pracuje v plně automatickém broušícím cyklu. Na stroji je možno využít cyklu zapichovacího broušení, broušení postupným zápichem, podélného broušení, broušení většího počtu různých průměrů na jedno upnutí a oscilace stolu, automatické rovinné a tvarové orovnění a mezirovnění, s automatickou kompenzací úbytku kotouče. Při upnutí mezi hroty je možné brousit obrobky válcovité, kuželovité a tvarové s využitím lineární a kruhové interpolace* (vačkové hřídele).



Možnosti

- broušící vřeteník s plynulou regulací otáček - konstantní rychlost broušícího kotouče*
- volitelná velikost brusného kotouče, jeho uložení* a umístění*
- uzavřená kapotáž stroje s odsávacím zařízením
- dynamické vyvažování broušícího kotouče*
- monitorování broušícího a orovnávacího procesu*
- sledovací 3-impulzní měřidlo na stůl s příslušenstvím*
- sklápěcí sonda pro axiální ustavení obrobku*

Technické údaje

Vzdálenost hrotů	mm	630, 1000
Průměr broušeného válce, max.	mm	250
Minimální krok osy X	mm	0,001
Minimální krok osy Z	mm	0,005 (0,001*)
Max. hmotnost obrobku mezi hroty	kg	250
Max. hmotnost obrobku vč. upínače – letmé upnutí	kg	50
Průměr broušícího kotouče	mm	400, 500*
Pohon vřetene	kW	5,5
Řízení	CNC	Siemens 840Di, Kavalir K 51-2

*Zvláštní provedení

PRÍLOHA 7

Obrábacie centrum INTEGREGX i-200ST [20].

INTEGREGX i-200

INTEGREGX i-200S (shown)



The INTEGREGX i-200 is the latest generation multi-tasking machine providing versatility and performance in a state of the art designed package, that is both environmentally friendly and energy efficient.

MAZATROL **MATRIX**

[CONTACT US](#)

[i-200](#) [i-200S](#) [i-200ST](#)

[Back to Integrex i series](#)

CAPACITY	
Chuck size main spindle	8 "
Maximum machining diameter	658 mm
Bar work capability main spindle (dependant on chuck system)	65 mm
Maximum machining length	1,011 mm
MAIN SPINDLE	
Rotating speed maximum	5,000 min ⁻¹
Motor output (30 minute rating)	22.0 kW
MILLING HEAD	
Motor output (20% ED rating)	22.0 kW
Milling spindle speed maximum	12,000 min ⁻¹
FEED AXES	
Movement stroke X	615 mm