

Stredná priemyselná škola techniky a dizajnu

Mnoheľova 828, 05846 Poprad

**CNC sústruh riadený riadiacim systémom SINUMERIK**

Strojár inovátor

Poprad

2023/2024

Riešiteľ

Daniel Ondrušek

Ročník štúdia: štvrtý

Školiteľ: Ing. Vladimír Derevjanik

## **Obsah**

<b>Zoznam obrázkov a tabuliek.....</b>	<b>3</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Ciele práce.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Praktická časť.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Výrobný výkres.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Technologický postup výroby na konvenčnom sústruhu .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Výroba súčiastky na konvenčnom sústruhu .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Model súčiastky v programe Inventor.....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Model súčiastky v programe FeatureCAM.....</b>	<b>11</b>
<b>2.6 Výroba súčiastky na CNC sústruhu.....</b>	<b>12</b>
<b>3 Výsledky práce.....</b>	<b>18</b>
<b>4 Záver.....</b>	<b>19</b>
<b>5 Zhrnutie.....</b>	<b>20</b>

## **Zoznam obrázkov a tabuliek**

### **Zoznam obrázkov**

- Obr. 1 – univerzálny hrotový sústruh SN 400 X 1000
- Obr. 2 – výrobný výkres
- Obr. 3 – polotovár z hliníka
- Obr. 4 – otáčky
- Obr. 5 – pozdĺžne sústruženie ( $\varnothing 22,4$ )
- Obr. 6 – sústruženie kužeľa
- Obr. 7 – sústruženie zápichu
- Obr. 8 – pozdĺžne sústruženie ( $\varnothing 16$ )
- Obr. 9 – sústruženie cela
- Obr. 10 – 3D model v programe inventor
- Obr. 11 – 3D model pravej strany súčiastky v programe FeatureCAM
- Obr. 12 – 3D model ľavej strany súčiastky v programe FeatureCAM
- Obr. 13 – základne body CNC sústruhu
- Obr. 14 – sústruženie cela súčiastky (CNC) pred
- Obr. 15 – sústruženie cela súčiastky (CNC) po
- Obr. 16 – rezne podmienky (DORMER PRAMET)
- Obr. 17 – držiaky platničiek (DORMER PRAMET)

### **Zoznam tabuliek**

- Tab. 1 – porovnanie rozmerov súčiastok

## Úvod

Práca je zameraná na porovnávanie spôsobu výroby identických súčiastok na konvenčnom sústruhu a CNC sústruhu v podmienkach našej školy. Ako prvé sme vytvorili výrobný výkres a technologicky postup, na základe technologického postupu sme vyrobili súčiastku na konvenčnom sústruhu SN400x1000. Následne sme urobili model súčiastky v programe Inventor podľa výrobného výkresu súčiastky. Potom sme vytvorili simuláciu obrábania v programe FeatureCAM. Pre výrobu súčiastky na CNC sústruhu sme vytvorili technologicky postup v programe SINUMERIK. Kvôli tvaru súčiastky bolo potrebné vytvoriť dva NC programy pre pravú aj ľavú stranu zvlášť. Na CNC sústruhu sme zarovnali čelá a stiahli na požadovaný rozmer, následne stačilo nahráť NC program do CNC sústruhu pomocou USB kľúča a stačilo spustiť.

# 1 Ciele práce

Hlavným cieľom práce je vyrobiť súčiastku na konvenčnom sústruhu a CNC sústruhu, porovnať náročnosť prípravy výroby a samotnej výroby uvedenými spôsobmi.

Vedľajšie ciele:

- Vytvoriť výkres v programe AutoCAD
- Vytvoriť 3D model v programe Inventor
- Vytvoriť simuláciu obrábania a v programe FeatureCAM
- Vytvoriť technologický postup pre trieskové obrábanie na konvenčnom sústruhu
- Vytvoriť NC program pre CNC sústruh KC 6A

## 2 Praktická časť

Práca je zameraná na porovnávanie spôsobu výroby identických súčiastok na konvenčnom sústruhu a CNC sústruhu v podmienkach nasej školy. Prvý spôsob výroby bol realizovaný na konvenčnom univerzálnom sústruhu SN 400 x 1000 (obr.1). Druhý spôsob výroby bol realizovaný na CNC sústruhu KC 6A od výrobcu BOW. V oboch prípadoch sme mali k dispozícii polotovary  $\text{Ø}30 \times 90$  EN 2007 T4511.

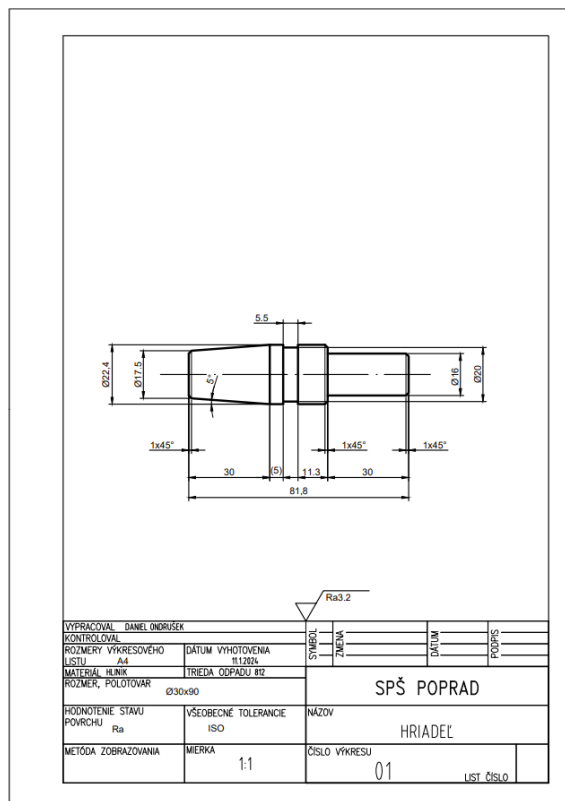


Obr. 1

### 2.1 Výrobný výkres

Ako prvé sme vytvorili výrobný výkres súčiastky v programe AutoCAD. Výkres bol vo formáte A4 a mierka súčiastky je 1:1. (obr. 2)

Obr. 2



## 2.2 Technologický postup výroby na konvenčnom sústruhu

Vzhľadom na to, že sme sa nevedeli dostať k normatívu pre technologické podmienky obrábania hliníka na konvenčnom sústruhu tak uvádzame modelový výpočet rezných podmienok pre sústruženie ocele. V technologickom postupe sú všetky podmienky určené podľa strojníckych tabuliek ako aj pre samotný sústruh. V reálnych podmienkach pri výrobe súčiastky sme použil hrotový sústruh SN 400 x 1000, ktorý dosahuje maximálne otáčky 1500 ot/min

## 2.3 Výroba súčiastky na konvenčnom sústruhu

- Mal som dostupný polotovár z hliníka (obr. 3), dĺžka polovýrobku bola 90mm a priemer bol 30mm.



Obr. 3

- Z dôvodu bezpečnosti a stavu sústruhu som nemohol dodržať drsnosti povrchov, kvôli obmedzeniu otáčok na maximálnu rýchlosť 765 otáčok za minútu. (obr. 4)



Obr. 4

- Upol som polovýrobok do čelustí 60mm a zarovnal čelo na čisto a zobral 2mm s ohnutým uberacím nožom.
- Následne som vyvrtal strediací otvor so 60° strediacím vrtákom na strediacie jamky tvaru A.
- Povytiahol som polovýrobok, upol na 30mm a podoprel polovýrobok koníkom.
- Začal som sústružiť súčiastku po dĺžke 58mm priamym uberacím nožom na priemer 22,4mm. (obr. 5)



Obr. 5

- Následne som polovýrobok otočil a upol na 45mm, zarovnal čelo na čisto a zobral 1mm a dosústružil druhú stranu tiež na 22,4mm.

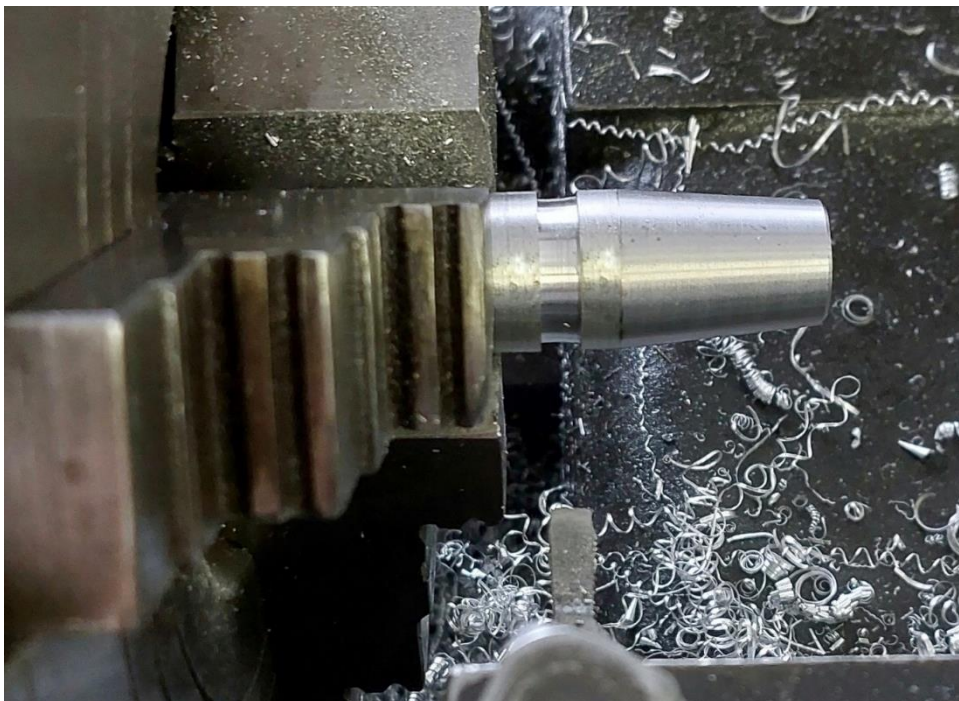


- Ako ďalšie som pootočil nožovú hlavu o  $5^\circ$  a začal sústružiť kúzel po dĺžke 30mm a zrazil hrany na konci kužeľa. (obr. 6)



Obr. 6

- Na dĺžke 35mm som vysústružil zápich o šírke 5,5mm pomocou zapichovacieho noža na priemer 20mm (obr. 7), priemer nie je rovnaký na celom zápichu kvôli uhlu brúsenia noža pre lepši odvod triesky.



Obr. 7

- Otočil som súčiastku a upol do čeľustí na 45mm a podoprel koníkom.

- Začal som sústružiť súčiastku po dĺžke 35,2mm priamym uberacím nožom na priemer 16mm (obr. 8), a zrazil hrany



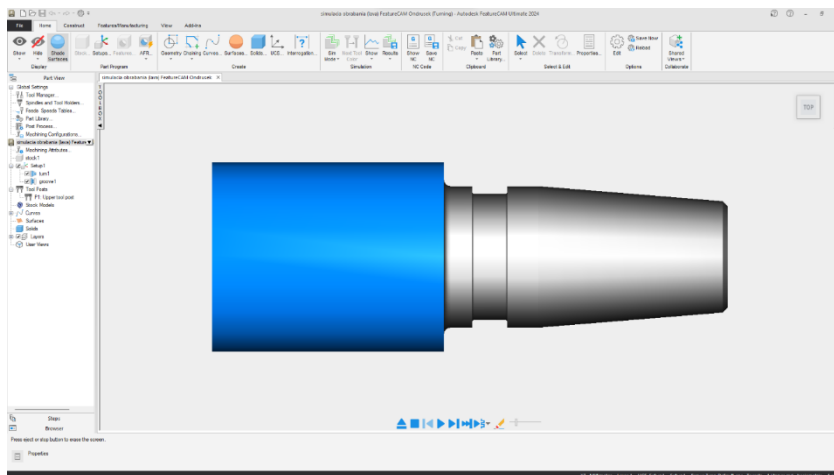
Obr. 8

- Upol som polovýrobok na 50mm a odobral som koníka
- Zarovnal som čelo na čisto a zobral 5,2mm s ohnutým uberacím nožom, a zrazil hrany (obr. 9)



Obr. 9





Obr. 12

## 2.6 Výroba súčiastky na CNC sústruhu

Sústruh KC 6A je riadený riadiacim systémom SINUMERIK 808D. NC program je možné vytvoriť priamo na sústruhu, alebo v simulačnej verzii SINUMERIK 808D on PC určenej pre vytvorenie programu v počítači, odsimulovanie, odhalenie a odstránenie prípadných chýb mimo sústruhu. Vytvorený NC program je možné preniesť prostredníctvom USB kľúča, alebo internetu do sústruhu. Na našej škole máme možnosť NC program preniesť len pomocou USB kľúča. Tento simulačný program SINUMERIK 808D on PC je voľne stiahnuteľný po zaregistrovaní z oficiálnej stránky jeho výrobcu SIEMENS.

Pri vytváraní NC programu je potrebné akceptovať:

- Použitý súradnicový systém X – Z pričom:
  - X – určuje priemer – priečna os
  - Z – určuje dĺžku – pozdĺžna os
- Požité absolútne programovanie (od čela súčiastky t. j. nulového bodu obrobku)
- Metrické miery
- Pri zostavovaní NC programu sme využili G-kódy ktoré tvoria základ pre vytvorenie riadiaceho programu v tomto rozsahu.

**G 18** - rovina X-Z

**G 90** - absolútne programovanie

**G 71** – metrické miery

**G 40** - zrušenie korekcie rádiusu nástroja

**G54, G55** – nulový bod súčiastky

**G 95** - posuv v mm/ot

**LIMS** – obmedzenie max. otáčok  
**G 00** - rýchloposuv do súradníc bodu  
**G 01** - pracovný posuv do bodu posuvom F  
**S** - rezná rýchlosť  
**F** – posuv  
**T1D1** – voľba nástroja  
**M 03** – spustenie otáčok vretena  
**M 30** – ukončenie programu  
**Cycle 95** – cyklus na vytvorenie obrysu  
**Cycle 93** – cyklus na vytvorenie zápichu

Pri vytváraní programu je potrebné tento program rozdeliť na dva samostatné programy pre obrobenie tzv. pravej a následne ľavej strany obrobku a preto po otočení súčiastky po obrobení jednej strany je nutne opätovne zamerať opačné čelo súčiastky.

Pred samotným obrábaním súčiastky je nutne vykonať vyber nástrojov podľa podmienok určených katalógom výrobcu nástrojov. Z tohto katalógu určujeme aj výber rezných podmienok na dosiahnutie kvality povrchu pre určený materiál súčiastky

Pre sústruh KC 6A určil jeho výrobca rozmer telesa, nástroja 10 x 10 mm, čo je rozhodujúce pre dosiahnutie osi rotácie súčiastky špičkou nástroja. Naša škola používa rezne nástroje od výrobcu DORMER PRAMET, ktorý k nim dodáva aj katalóg, z ktorého je možné určiť tvar reznej platničky a k nej prislúchajúci držiak potrebný na dosiahnutie požadovaného tvaru súčiastky. V katalógu sú určené aj rezné podmienky pre obrábanie jednotlivých materiálov obrobku.

Pre nami používaný materiál – hliník EN 2007. T4511 sú v katalógu uvedene:

- Tvar telesa držiaka SDJC R 1010R07
- Rezná platnička DCMT 070204

Tieto hodnoty načítame do riadiaceho systému. S nimi potom sa vykonávajú korekcie

- Rezná rýchlosť  $v_c = 450$  m/min
- Posuv  $f = 0,14$  mm/ot
- Prísuv  $a_p = 0,8$  mm

#### Parametre KC 6A

- max. točný priemer nad suportom 110 mm
- max. točný priemer nad lôžkom 250 mm

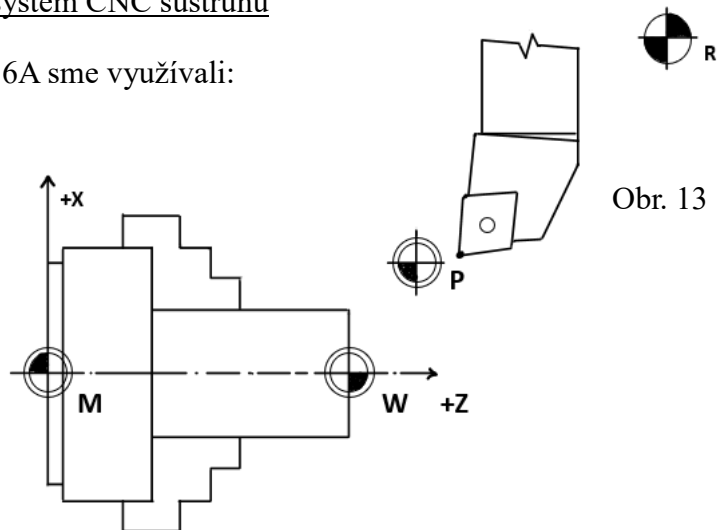
- max. točná dĺžka 450 mm
- otáčky 100 – 3 000 ot/min
- pracovný posuv X/Z 500 mm/min
- rýchloposuv posuv X/Z 2 000 mm/min
- opakovateľná presnosť  $\pm 0,01$  mm

### Základné body a súradnicový systém CNC sústruhu

Pri práci na CNC sústruhu KC 6A sme využívali:

-základne body

- M** Nulový bod stroja
- W** Nulový bod obrobku
- R** Referenčný bod stroja
- P** Bod špičky nástroja



- Súradnicový systém

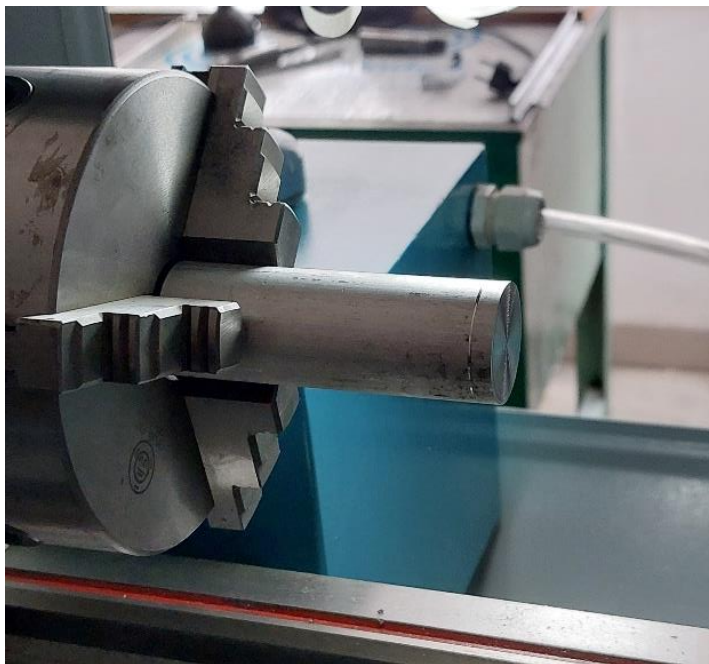
Os „Z“ je rovnobežná s osou pracovného vretena (totožná s osou rotácie) kladný zmysel smeruje od skl'učovadla ku koníkovi

Os „X“ smeruje od osi pracovného vretena k povrchu obrobku (kladný zmysel)

### **Postup pri výrobe súčiastky na CNC sústruhu KC 6A**

Z dôvodu zjednodušenia výroby súčiastky sme si polotovar odrezali na rámovej píle z tyčového materiálu, ktorý sa používa aj pri hrotovom sústruhu, pripravili na presný dĺžkový rozmer a zarovnali obidve čela. Pri zarovnávaní čela a sústružení na presnú dĺžku sme s výhodou využili odmeriavací systém sústruhu, ktorý meria s presnosťou na 0,001mm. Po zarovnaní čela a zmeraní nezarovnanej dĺžky sme na neobrobenom čele na druhej strane urobili dotyk s nožom na čelo, vynulovali súradnicu „Z“ a prebytok materiálu v osi „Z“ ručne obrábali až na požadovanú dĺžku presne podľa odmeriavania

súradníc sústruhu. Tak sme si pripravili polotovár na dĺžku s presnosťou 0,01mm. (obr. 14; 15)




Obr. 14

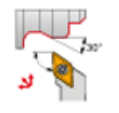
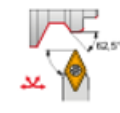
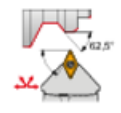
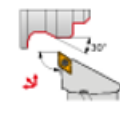


Obr. 15

Podľa katalógu výrobcu nástrojov DORMER PRAMET sme pre požadovaný tvar súčiastky určili tvar reznej platničky DCMT (strana 89) a tomu odpovedajúci držiak platničky SDJC (strana 84). Podľa odporúčania výrobcu nástrojov môžeme s výhodou v našom prípade použiť ten istý nástroj na čelne aj pozdĺžne sústruženie ako aj pre hrubovacie aj dokončovacie operácie. (obr. 16; 17)

CC	CP	DC	EC	EP	RC	SC	SP	TC	TP	VB	VC	WC							
⏪																			
Startovní řezné podmínky, řezná rychlost (Vc), posuv (f) a hloubka řezu (Ap). Další výpočty naleznete v naší aplikaci Kalkulátor řezných podmínek.																			
Produkt	RE (mm)	P			M			K			N			S			H		
		vc (m/min)	f (mm/rev)	ap (mm)	vc (m/min)	f (mm/rev)	ap (mm)	vc (m/min)	f (mm/rev)	ap (mm)	vc (m/min)	f (mm/rev)	ap (mm)	vc (m/min)	f (mm/rev)	ap (mm)	vc (m/min)	f (mm/rev)	ap (mm)
	15°	FM je geometrie pro dokončovací až polohrubovací operace, plynulý až mírně přerušovaný řez.																	
DCMT 070204E-FM	0.4	155	0.17	0.8	120	0.15	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.4	155	0.17	0.8	120	0.15	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.4	160	0.12	0.8	95	0.11	0.8	150	0.12	0.8	480	0.14	0.8	—	—	—	—	—	—
	0.4	150	0.12	0.8	90	0.11	0.8	140	0.12	0.8	450	0.14	0.8	—	—	—	—	—	—
	0.4	185	0.12	0.8	100	0.11	0.8	150	0.12	0.8	510	0.14	0.8	—	—	—	—	—	—
	0.4	255	0.12	0.8	—	—	—	240	0.12	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.4	190	0.18	0.8	110	0.16	0.8	180	0.18	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Obr. 16

ISO SOUSTRUŽENÍ – VNĚJŠÍ			
SDJC(RL) EXT	SDNCN EXT	C.-SDNCN EXT NEW	C.-SDJC(RL) EXT NEW
93°	62°30'	62°30'	93°
DC..	DC..	DC..	DC..
			
07 11 15	7 11	11	11
08x08 25x25	08x08 25x25	C4 C5	C3 C5
94	95	97	96
86-93	86-93	86-93	86-93

Obr. 17

Z katalógu sme si určili aj pre daný materiál obrobku Al EN 2007. T4511 a materiál platničky T8330 nasledovne rezne podmienky: (strana 89)

$$a_p = 0,8 \text{ mm}$$

$$f = 0,14 \text{ mm/ot}$$

$$v_c = 450 \text{ m/min}$$

Pre obrobenie súčiastky sme vytvorili samostatne programy pre pravú a ľavú stranu. Pre obrobenie pravej strany sme použili len jeden uberací nôž. Smer obrábania kontúry sme volili tak, aby sme nasledovne pri obrábaní ľavej strany mohli upnúť do čelusti za valcovú časť a zároveň vytvorené osadenie mohli oprieť o čelnú plochu čelusti a zvýšiť tak styčnú plochu pre zachytávanie rezných síl. Každá strana využíva svoj



vlastný nulový bod. Pri obrábaní načítame nástroje len raz. Nulový bod zameriame zvlášť pre pravú a zvlášť pre ľavú stranu. Na obrobenie pravej strany sme použili uberací nôž na obrobenie kontúry a drážkovací nôž na vytvorenie zápichu. Keďže sme nemali k dispozícii originálny drážkovací nôž od výrobcu, použili sme ako jeho náhradu nami upravený nôž. Pred samotným obrábaním kontúry sme do riadiaceho systému museli načítať a následne zamerať jednotlivé používané nástroje.

### 3 Výsledky práce

Po dokončení výroby obidvoch súčiastok sme na nich zmerali skutočné rozmery a zostavil porovnávaciu tabuľku, v ktorej sme zapísali hodnoty zo súčiastky vyrobenej na konvenčnom sústruhu a súčiastky vyrobenej na CNC sústruhu.

rozmer	Predpísaný rozmer	SN 400-1000	KC 6A
D1	Ø 16	Ø 15,98	Ø 16,03
D2	Ø 22,4	Ø 22,43	Ø 22,41
D3	Ø 20	Ø 20,07	Ø 20,00
D4	Ø 17,5	Ø 17,8	Ø 17,68
L1	30	30,4	30,27
L2	11,3	11,34	11,31
L3	5,5	5,51	5,8
L4	(5)	5,5	5,0
L5	30	29,79	30,11

Tab. 1

## 4 Záver

Porovnávaním spôsobu prípravy výroby ako aj samotnou výrobou súčiastok môžeme vyvodit' zaver, že každý z uvedených spôsobov výroby ma svoje špecifika.

### Konvenčný sústruh

Príprava výroby takého typu jednoduchej súčiastky spočíva vo vytvorení technologického postupu a osadení nástrojov je časovo menej náročná. Technologicky postup výroby spočíva v malom počte krokov, je časovo nenáročný.

Podobne je to aj pri samotnej výrobe. Pri dosahovaní požadovaných rozmerov výrobku začíname dotykom nástroja o polotovar, vynulovaním nonia na suporte a opakovane odoberáme z polotovaru materiál o predpísanej veľkosti triesky až po dosiahnutie požadovaných rozmerov. Kontrolu rozmerov môžeme vykonať kedykoľvek počas obrábania na zastavenej súčiastke. Tento spôsob výroby je vhodný pre kusovú a malosériovú výrobu. Presnosť výroby je do značnej miery daná zručnosťou obsluhy.

### CNC sústruhy

Príprava výroby sa transformuje do vyrobenia NC programu, ktorý je zároveň aj technologickým postupom a výberu technologických podmienok z katalógu výrobcovu nástrojov. NC program je možné doladiť a prípadne odstrániť chyby pred samotnou výrobou. Tato skutočnosť je výhodná najmä pri tvarovo zložitejších súčiastkach. Prípravu výroby časovo predlžuje taktiež zadávanie údajov o nástrojoch a ich parametrov do riadiaceho systému. Taktiež nie je možné bez skúšobnej prevádzky na overenie rozmerov vyrábanej súčiastky a ich korekcii zaručiť požadovanú presnosť výrobku. Korekcia hodnôt nástroju umožni vyrábať až zo zaručenou presnosťou výrobcom  $\pm 0,01$  mm. Časovo to ale značne predlžuje začiatok výroby. Po spustení NC programu je súčiastka vyrobená na CNC sústruhu za zlomok času voči konvenčnému sústruhu. Aj presnosť výrobku je možné dosiahnuť na CNC sústruhu vyššiu. CNC sústruhy nie sú určené pre kusovú výrobu, ale pre hromadnú a veľkosériovú výrobu. Tam sa uplatnia ich výhody.

## **5 Zhrnutie**

Cieľom tejto práce „CNC sústruh riadený riadiacim systémom SINUMERIK“ bolo porovnať prípravu výroby a výrobu identickej súčiastky na konvenčnom sústruhu a CNC sústruhu.

Výsledky práce nás oprávňujú skonštatovať, že konvenčne sústruhy nájdu uplatnenie hlavne v oblastiach kusovej výroby, prípadne opravárstva.

Naproti tomu na zdĺhavejší spôsob samotnej prípravy výroby CNC sústruhy sú určené na opakovanú výrobu väčších sérii výrobkov.

Pri konvenčných sústruhoch sú kladene vyššie požiadavky na zručnosť obsluhy. Pri CNC sústruhoch sú kladene na obsluhu vyššie nároky na znalosti a zručnosti v oblasti výpočtovej techniky a obsluhy riadiacich systémov.