

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ A  
METROLOGIE



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Metodika nastavení korekcí pro poháněné nástroje u 4 osého soustruhu

Methodology of driven tools correction setting on 4-axis lathe

AUTOR: Vojtěch Fiala

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

STUDIJNÍ OBOR: Technologie, materiály a ekonomika strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Pavel Novák, Ph.D.

PRAHA 2022



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Fiala** Jméno: **Vojtěch** Osobní číslo: **490934**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Metodika nastavení korekcí pro poháněné nástroje u 4 osého soustruhu**

Název bakalářské práce anglicky:

**Methodology of driven tools correction setting on 4-axis lathe**

Pokyny pro vypracování:

1. Problematika nastavení korekcí.
2. Návrh metodik pro nastavení korekcí.
3. Ověření metodik a jejich zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Pavel Novák, Ph.D. ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.03.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29.07.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. Pavel Novák, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady ze zdrojů uvedených v příloženém seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne .....

.....

Podpis

## **Anotace**

Tato bakalářská práce je zaměřena na nalezení a ověření nejvhodnější metodiky pro zarovnání osy upnutého, nástroje v radiálně poháněném držáku. Také se zabývá metodikou pro určení správných korekcí v ose X, Y a Z.

## **Klíčová slova**

CNC soustruh, radiálně poháněný držák nástrojů, korekce, revolverová hlava, zarovnání

## **Annotation**

This bachelor's thesis is focused on finding and validating the most appropriate methodology for aligning the tool axis in a mounted radial driven tool holder. It also delas with methodology for determining the proper corrections in the X, Y and Z axis.

## **Keywords**

CNC lathe, radial driven toolholder, corrections, turret, alignment

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Pavlu Novákovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady a připomínky při konzultacích a za odborné vedení bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Šimotovi za pomoc při měření.

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>1 SOUŘADNÝ SYSTÉM 4 OSÉHO SOUSTRUHU</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVOLVEROVÁ HLAVA</b> .....	<b>14</b>
2.1 REVOLVEROVÁ HLAVA TYPU VDI.....	15
<b>3 POHÁNĚNÉ DRŽÁKY NÁSTROJŮ</b> .....	<b>17</b>
3.1 AXIÁLNÍ POHÁNĚNÉ DRŽÁKY NÁSTROJŮ.....	18
3.2 RADIÁLNÍ POHÁNĚNÉ DRŽÁKY NÁSTROJŮ.....	19
<b>4 KOREKCE</b> .....	<b>20</b>
4.1  NÁSTROJOVÁ SONDA.....	20
<b>5 POUŽITÉ STROJE, NÁSTROJE A PŘÍSLUŠENSTVÍ</b> .....	<b>21</b>
5.1 STROJ.....	21
5.2 DRŽÁKY.....	22
5.3 STOJÁNEK NA ÚCHYLKOMĚR .....	24
5.4 PŘÍPRAVEK NA ÚCHYLKOMĚR.....	24
<b>6 NÁVRH MOŽNÝCH METODIK</b> .....	<b>25</b>
6.1 PRVNÍ METODIKA.....	25
6.2 DRUHÁ METODIKA.....	26
6.3 TŘETÍ METODIKA .....	27
6.3.1 <i>Funkční plocha držáku Kintek 116-43035 (2516)</i> .....	28
6.3.2 <i>Funkční plocha držáku Kintek 116-43035 (2517)</i> .....	28
6.3.3 <i>Funkční plocha držáku Kintek 116-43036 (2709)</i> .....	29
6.3.4 <i>Funkční plocha držáku WTO 410516045</i> .....	29
<b>7 KOREKCE V OSÁCH X, Y A Z</b> .....	<b>30</b>
<b>8 VYHODNOCENÍ METODIK</b> .....	<b>32</b>
<b>9 OVĚŘENÍ ZVOLENÉ METODIKY</b> .....	<b>33</b>
9.1 MĚŘENÍ FUNKČNÍCH PLOCH.....	34
9.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....	35
<b>10 POSTUP ZAROVNÁNÍ DRŽÁKU A NASTAVENÍ KOREKČÍ</b> .....	<b>36</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>40</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>43</b>



<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>45</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>46</b>
PŘÍLOHA 1: VÝSLEDKY MĚŘENÍ KINTEK 116-43035 (2516).....	46
PŘÍLOHA 2: VÝSLEDKY MĚŘENÍ KINTEK 116-43035 (2517).....	48
PŘÍLOHA 3: VÝSLEDKY MĚŘENÍ KINTEK 116-43036 (2709).....	50
PŘÍLOHA 4: VÝSLEDKY MĚŘENÍ KINTEK 116-43036 (2709).....	53



# Úvod

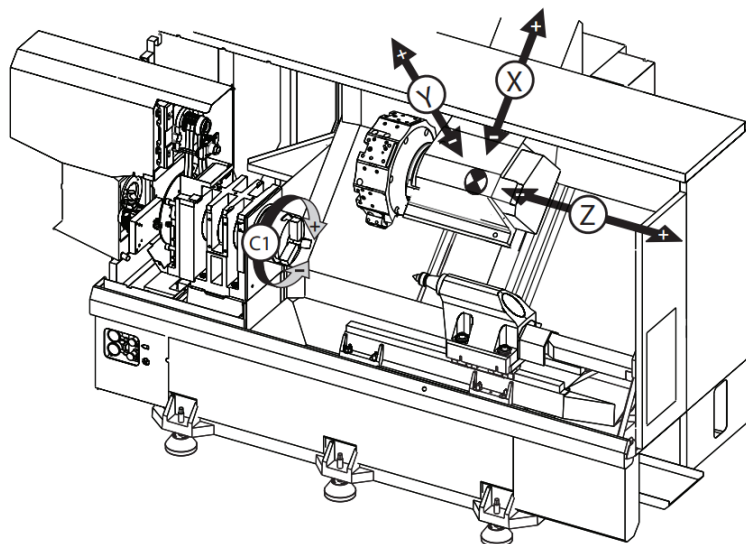
Víceosé soustružení umožňuje provést více výrobních technologií na jedno upnutí obrobku. S využitím radiálně poháněných nástrojů na čtyř osém soustruhu je možné vyrábět prvky (díry které jsou od sebe o přesný úhel, drážky, závity) kolmé na osu Z, bez potřeby využití jiných strojů, například frézek.

Při využívání radiálně poháněných držáků, je důležité, aby byly upnuty přesně, jinak by docházelo ke zmetkové výrobě. Po přesném upnutí je stejně důležité uskutečnit naměření a zanesení korekcí do řídicího systému soustruhu.

Cílem této práce je nalézt, zvolit a ověřit nejvhodnější metodiku nastavení korekcí a přesného upínání radiálních držáků poháněných nástrojů do revolverové hlavy tak, aby osa poháněného nástroje byla rovnoběžná s osou X a došlo k zadání správných korekcí na CNC soustruhu OKUMA GENOS L200E-MY.

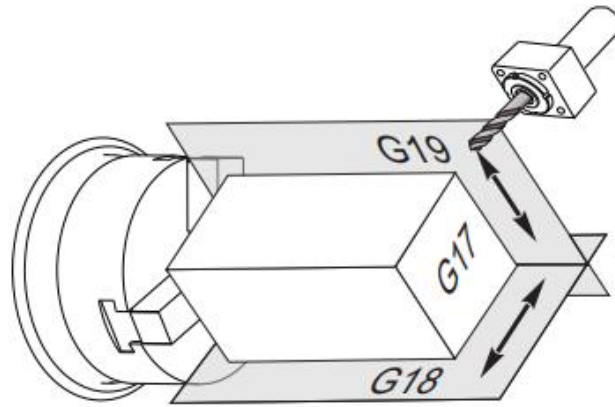
# 1 Souřadný systém 4 osého soustruhu

4 osý soustruh je víceosý soustruh, který v případě stroje OKUMA GENOS L200E-MY využívá osy X, Y, Z a C (viz Obrázek 1). Takovéto výrobní stroje využívají kombinaci svých os pro výrobu komplexních součástí (výroba šestihranů, vrtání děr kolmo na osu Z, frézování drážek, ...). [1]; [2]; [3]; [4]



Obrázek 1: Souřadný systém 4 osého soustruhu [1]

- Osa X: Kolmá na osu vřetena.
- Osa Y: Kolmá na osu X a Z, umožňuje vertikální pohyb pro vrtání či frézování.
- Osa Z: Totožná jako osa vřetena soustruhu.
- Osa C: Umožňuje natočení vřetena o přesný úhel, měřený ve stupních. [4]; [5]



Obrázek 2: Zobrazení rovin na soustruhu [1]

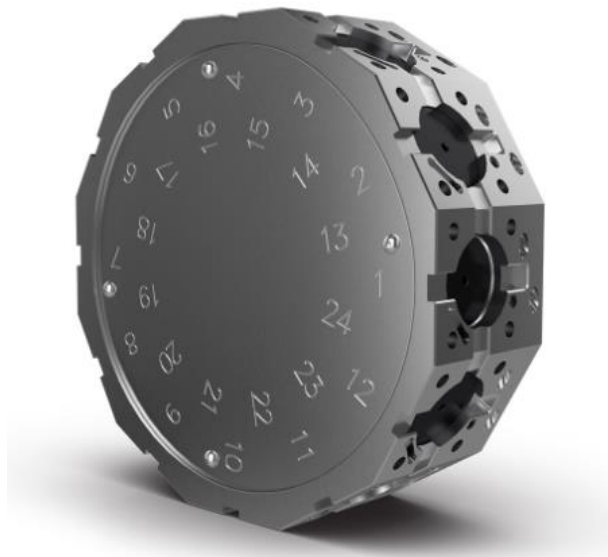
Roviny vytvořené souřadným systémem 4 osého soustruhu jsou tři (viz Obrázek 2) a dělí se následovně:

- Rovina G17: Jedná se o rovinu tvořenou osou X a Y.
- Rovina G18: Jedná se o rovinu tvořenou osou X a Z.
- Rovina G19: Jedná se o rovinu tvořenou osou Y a Z. [1]

## 2 Revolverová hlava

Revolverová hlava je nedílnou součástí CNC soustruhu. Umožňuje upínání držáků na nástroje ať už se jedná například o radiální či axiální držáky na soustružnické nože, nebo radiální a axiální poháněné držáky. Pro poháněné nástroje existují dva druhy revolverových hlav, a to VDI a BMT. [3]; [6]; [7]

Revolverové hlavy mají obvykle 12 pozic pro osazení. V případě revolverové hlavy BMT65 od společnosti Haas (viz Obrázek 3) je možné upnout až 24 nástrojů najednou. Každá pozice má své dané číslo a při upínání držáku s nástrojem do zvolené pozice se zaznamenává do soustruhu, jaký držák, s jakým nástrojem se do dané pozice upíná. Při obrábění polotovaru je pak možné využít až všech dvanáct pozic pro různé nástroje a použít je během jedné operace. [6]; [7]



Obrázek 3: Revolverová hlava BMT65 [7]

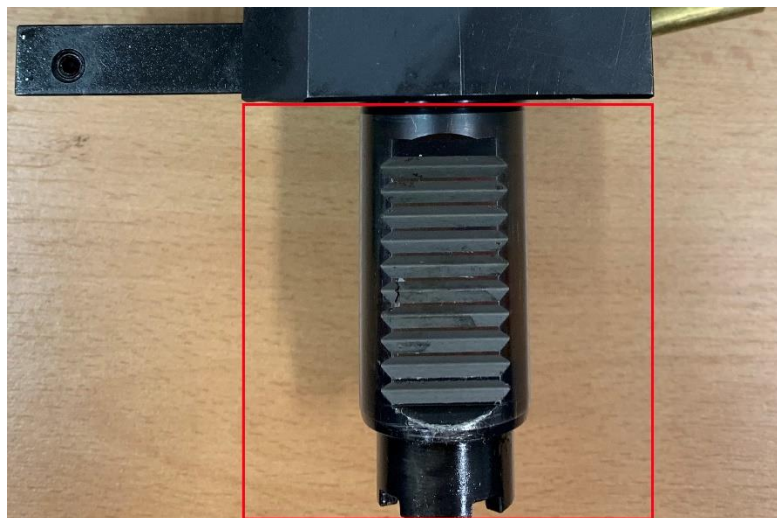
## 2.1 Revolverová hlava typu VDI

Revolverová hlava typu VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (viz Obrázek 4), je velmi rozšířeným druhem revolverových hlav. Držák na nástroje (viz Obrázek 5) je uchycen pomocí klínu, který při utahování působí silou na držák a tím ho drží zajištěný. [7]; [8]; [9]



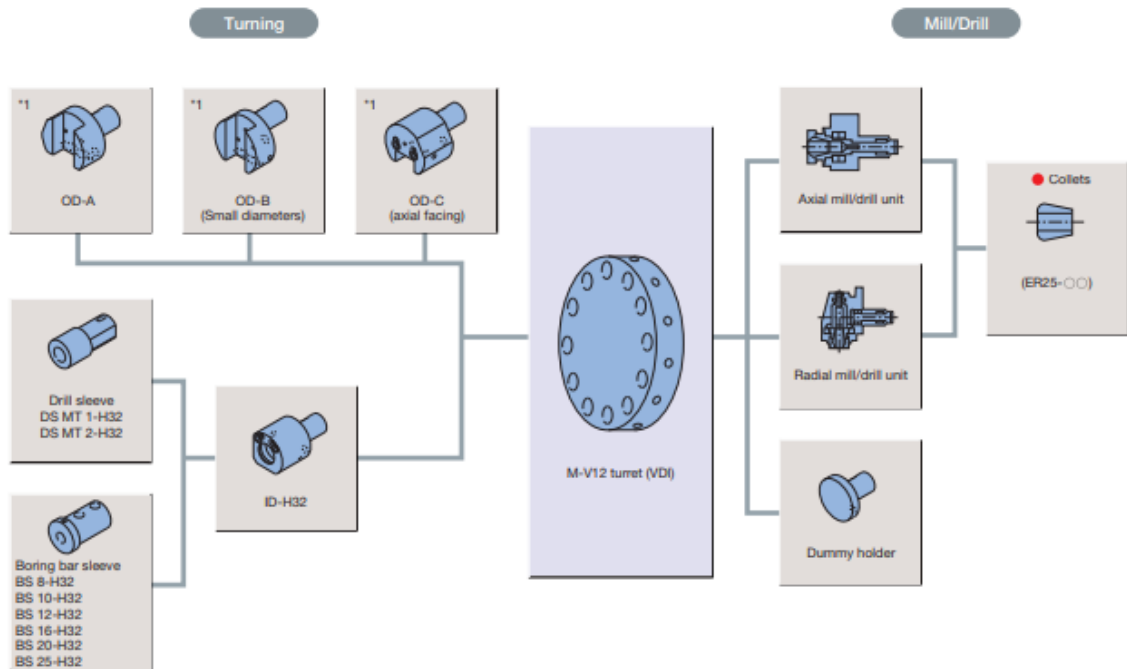
Obrázek 4: Revolverová hlava VDI na soustruhu OKOUMA GENOS L200E-MY [3]

Výhodou revolverových hlav typu VDI je, že umožňují jednoduché upnutí držáků. Jediné, co je zapotřebí pro povolení klínu pomocí šroubu, který ho jistí, nasadit nástroj a následně klín znovu utáhnout. Revolverové hlavy VDI jsou levnější než revolverové hlavy BMT. Protože držák je uchopen pomocí pouze jednoho klínu je zapotřebí držák následně zarovnat s příslušnou osou. [7]; [8]; [9]



Obrázek 5: Část držáku s VDI zuby pro uchycení

Pro revolverovou hlavu VDI v soustruhu OKUMA GENOS L200E-MY existuje několik variant držáků jak pro soustružnické nože, tak pro poháněné nástroje a také záslepka pro nevyužívanou pozici pro nástroj (viz Obrázek 6). [3]

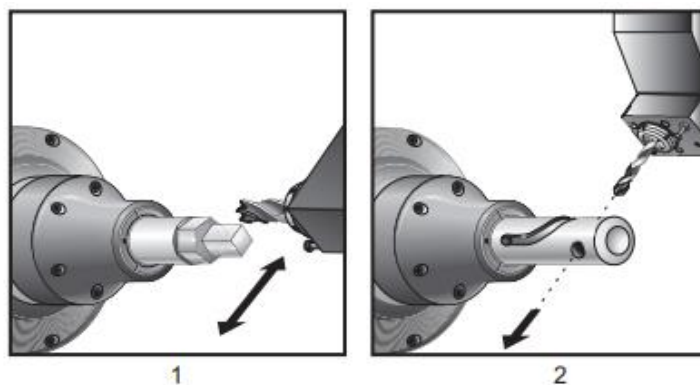


Obrázek 6: Kompatibilní držáky s Revolverovou hlavou na soustruhu OKUMA GENOS L200E-MY [3]



### 3 Poháněné držáky nástrojů

Pro poháněné nástroje existují tři druhy držáků, axiální a radiální (viz Obrázek: 7) a držák s nastavitelným úhlem osy nástroje (viz ). [1]; [10]



Obrázek: 7: Axiální (1) a radiální (2) poháněný držák [1]



Obrázek 8: Držák s nastavitelnou osou nástroje [10]

### 3.1 Axiální poháněné držáky nástrojů

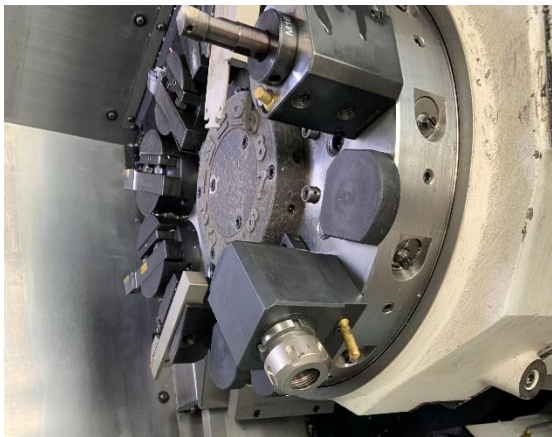
Axiální držáky (viz Obrázek 9) mají osu nástroje rovnoběžně s osou Z (osou vřetene). Využívají se pro frézování například šestihranů, nebo pro vrtání děr rovnoběžných s osou Z (ose vřetena). [1]; [11]



*Obrázek 9: Axiální poháněný držák nástrojů [12]*

### 3.2 Radiální poháněné držáky nástrojů

Radiálně poháněné držáky (viz Obrázek 10) mají osu nástroje rovnoběžnou s osou X (Kolmá na osu vřetene). Radiální držáky se využívají například pro vrtání děr kolmo na osu Z, nebo frézování drážek pro pero. Při upínání radiálních nástrojů do revolverové hlavy se držák dá pomocí čepu přesněji polohovat. Tento čep se nachází na revolverové hlavě a na držáku se pomocí dvou šroubků (viz Obrázek 11) řídí zarovnání držáku tak, aby osa nástroje byla rovnoběžná s osou X. [1]; [3]; [11]



Obrázek 10: Radiální poháněný držák v revolverové hlavě



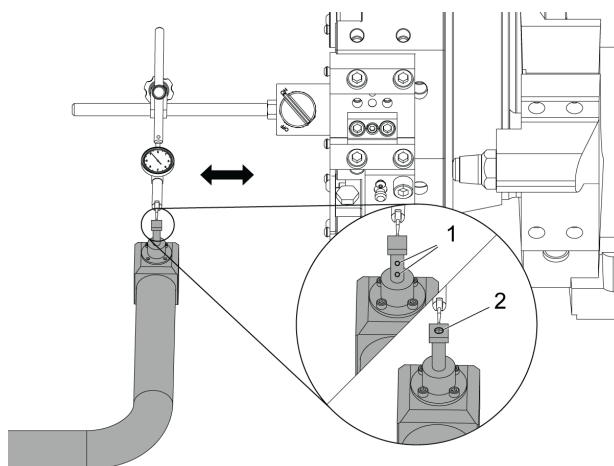
Obrázek 11: Šroubky pro zarovnání držáku

## 4 Korekce

Korekce jsou hodnoty, které popisují vlastnosti daného nástroje, který je uchopen ve stroji. Do tabulky hodnot korekcí se zadávají informace ohledně nástroje například délka a průměr daného nástroje. Počet možných parametrů korekcí nástroje závisí na tom, v jakém stroji se používá, kolik má os, zda je nástroj opotřebený, či ne. [13]

### 4.1 Nástrojová sonda

Nástrojová sonda umožňuje rychlé nastavení korekcí nástrojů v ose X a Z. Sonda od firmy Haas umí rozpoznat i rozbité nástroje, či upravovat korekce podle opotřebenosti nástroje. Pro změření korekcí pomocí nástrojové sondy lze využít i předpřipravené NC programy, které udělají dotyky nástroje a sondy rychleji, než kdyby to obsluha soustruhu dělala ručně [14]; [15]



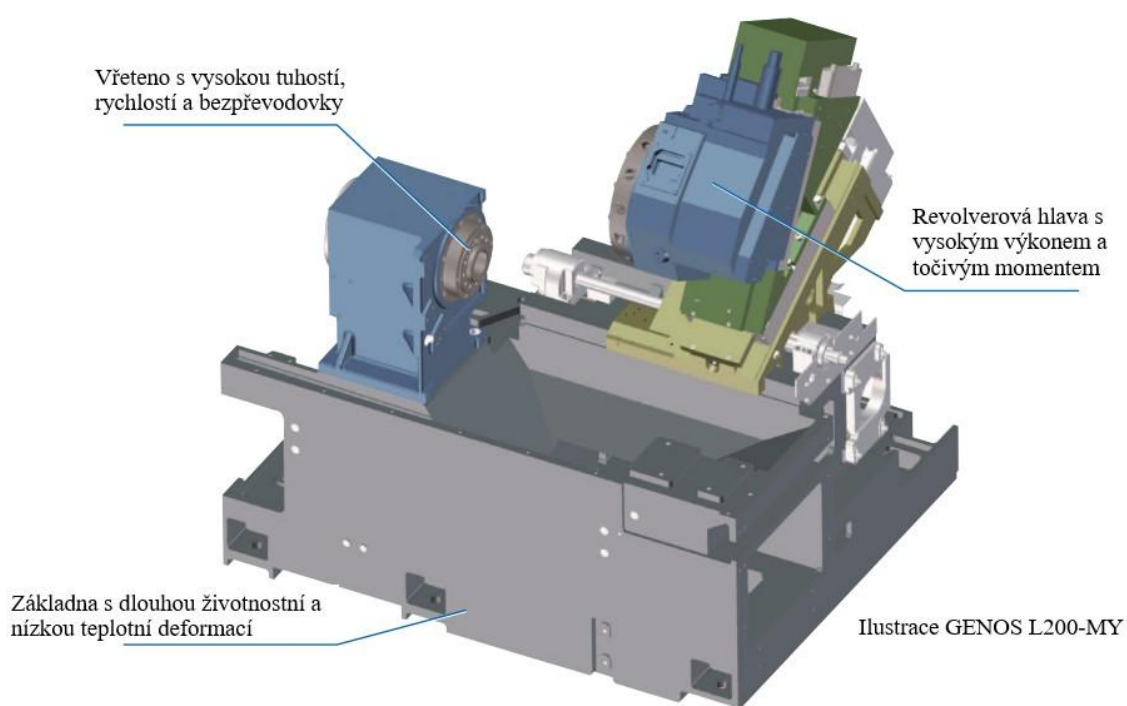
Obrázek 12: Nástrojová sonda [14]

## 5 Použité stroje, nástroje a příslušenství

### 5.1 Stroj

4 osý soustruh, pro který hledám nejvhodnější metodiku je OKUMA GENOS L200E-MY (viz Obrázek 13). Jedná se o čtyř osý soustruh (viz Kapitola 1).

Tento soustruh dokáže obrábět polotovar o velikosti průměru až 200 mm a o délce 380 mm. Výkon hlavního vřetene je 11,5 kW a točivý moment 93 Nm. Výkon vřete pro poháněné nástroje je 4 kW a točivý moment 15 Nm. [3]



Obrázek 13: OKUMA GENOS L200E-MY [3]

## 5.2 Držáky

Držáky, pro které budu navrhovat metodiky jsou všechny radiální poháněné držáky. Níže jsem uvedl všechny, které musí být zarovnány pomocí vybrané metodiky (viz Obrázek 14 - Obrázek 17).



Obrázek 14: Kintek 116-43035 (2516)



Obrázek 15: Kintek 116-43035 (2517)





Obrázek 16: Kintek 116-43036 (2709)



Obrázek 17: WTO 410516045

### 5.3 Stojánek na úchylkoměr

Jedná se o nastavitelný stojánek na úchylkoměr s magnetickou základnou, který je možné uchytit na vřeteno soustruhu (viz Obrázek 18).



Obrázek 18: Uchycení přípravku a stojánku pro úchylkoměr

### 5.4 Přípravek na úchylkoměr

Pro přesnější uchopení úchylkoměru je také možné využít tento přípravek, který se dá upnout do vřetene. Do jedné z vybrané díry je možné vložit úchylkoměr a zajistit ho šroubkem. Tento přípravek je pevnější než stojánek na úchylkoměr, proto je vhodnější ho používat místo stojánku, pokud možno.



Obrázek 19: Přípravek na úchylkoměr



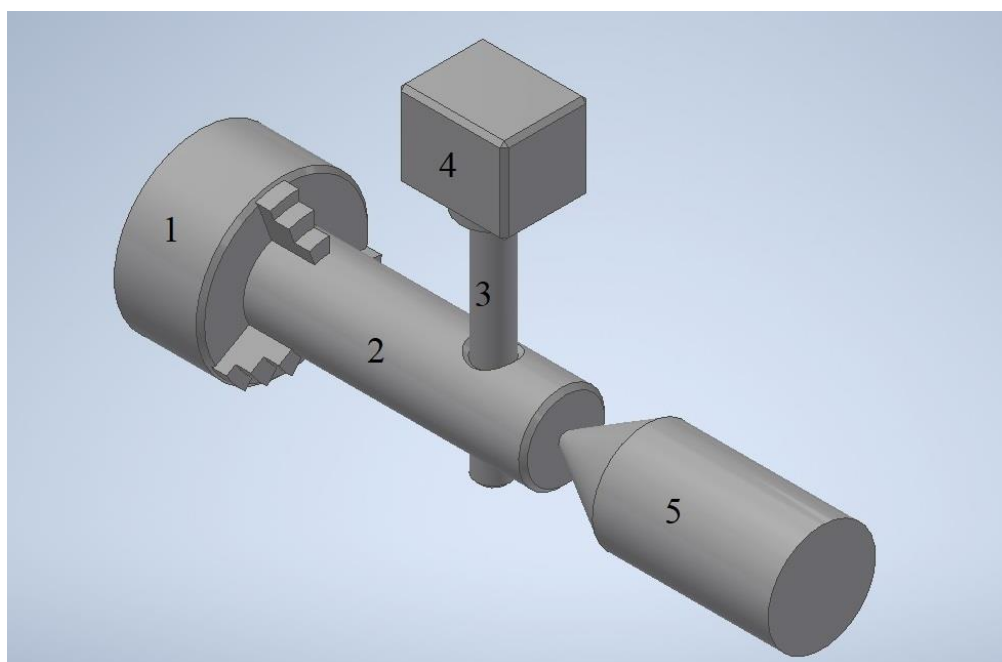
## 6 Návrh možných metodik

Všetchny metodiky se budou zabývat zarovnávaním osy nástroje s osou X a následně nastavení korekcí v osách X, Y Z.

### 6.1 První metodika

Pro zarovnaní nástroje bych využíval sestavu (viz Obrázek 20), která by se skládala z následujících součástí:

1. Vřeteno
2. Tyč s přesnou dírou, která prochází skrz osu vřetene
3. Přesně broušená tyč, která by se upínala do kleštiny místo nástroje pro přesnější výsledky
4. Držák nástroje
5. Koník

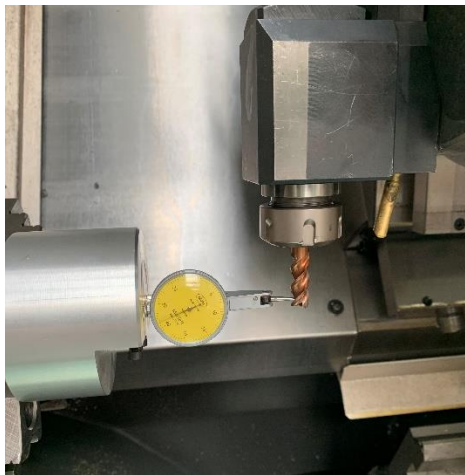


Obrázek 20: Sestava pro zarovnávaní osy nástroje (první metodika)

Uložení mezi dírou a hřídelí by bylo uložení s vůlí, v případě zvolení této metodiky je třeba zvolit vhodné uložení, aby zarovnaní osy nástroje bylo přesné a zároveň, aby se dalo s broušenou tyčí najet do díry.

## 6.2 Druhá metodika

Druhá metodika by pro zarovnání osy nástroje s osou X místo upnutí tyče s dírou, využívala upnutí přípravku pro úchylkoměr (viz Kapitola 5.4), či stojánku pro úchylkoměr (viz Kapitola 5.3). Místo nástroje by se upnula přesně broušená tyč, na které by se měřily odchylky. Kde pohybováním držáku nahoru a dolů v ose X a povolováním a utahováním šroubků (viz Obrázek 11) by se zarovnala osa nástroje tak, aby byla rovnoběžná s osou X (viz Obrázek 21).



*Obrázek 21: Ilustrativní zobrazení druhé metodiky*

Nastavení korekcí bude stejné, jako u první metodiky (viz Kapitola 7).

### 6.3 Třetí metodika

Při konzultování možností výroby broušené tyče pro druhou metodiku, jsem se doslechl, že radiálně poháněné držáky, které jsou na hale (viz Kapitola 5.2), mají na sobě funkční plochu/plochy, které by mohly být využity pro zarovnávání osy nástroje s osou X. Kolega to využíval na jednom držáku, kde byla tato ploška viditelná a výsledky zarovnávání jsou docela dobré. Tím pádem, by se nemusela zbytečně vyrábět broušená tyčka, která by měla stejnou funkci jako tyto plochy a výsledné zarovnání by bylo přesnější, jelikož broušená tyčka by se upínala do kleštiny, která má radiální házivost a přinášela by další nepřesnosti. Pro využití těchto ploch pro zarovnávání bude třeba ověřit jejich rovnoběžnost s osou nástroje pomocí měření.



Obrázek 22: Třetí metodika

Nastavení korekcí bude stejné, jako u první metodiky (viz Kapitola 7).

### 6.3.1 Funkční plocha držáku Kintek 116-43035 (2516)

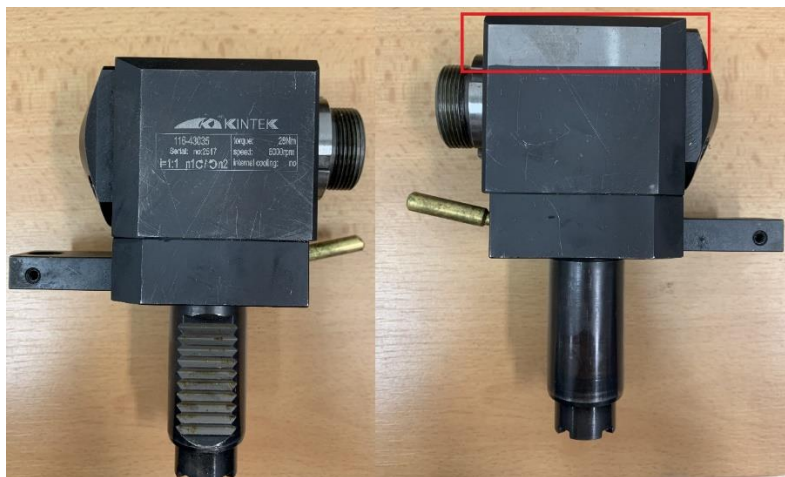
Tento držák má vybroušenou funkční plochu na svém boku (viz Obrázek 23).



Obrázek 23: Kintek 116-43035 (2516) s označenou funkční plochou

### 6.3.2 Funkční plocha držáku Kintek 116-43035 (2517)

Jedná se o stejný držák, má pouze jiné sériové číslo a vybroušenou funkční plochu má na stejném místě (viz Obrázek 24).



Obrázek 24: Kintek 116-43035 (2517) s označenou funkční plochou

### 6.3.3 Funkční plocha držáku Kintek 116-43036 (2709)

Tento držák (viz Obrázek 16) je vybaven vnitřním chlazením, a proto je jeho tvar rozdílný od držáku Kintek 116-43035. Místo funkční plochy na svém boku má na svém vrchu drážku a jeho funkční plochy jsou boky této drážky (viz Obrázek 25).



Obrázek 25: Kintek 116-43036 (2709) s označenými funkčními plochami

### 6.3.4 Funkční plocha držáku WTO 410516045

Odsazený držák má svou funkční plochu pro zarovnávání osy nástroje s osou X na svém boku začerněnou (viz Obrázek 26).



Obrázek 26: WTO 410516045 s označenou funkční plochou

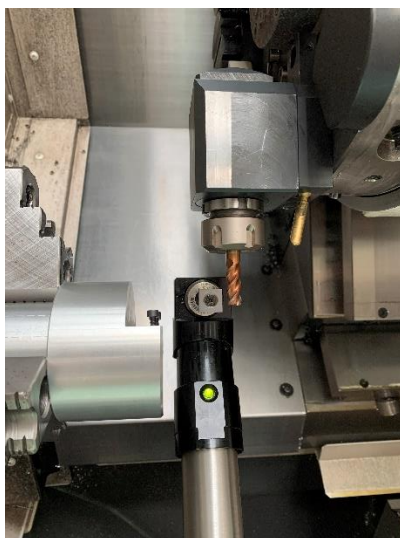
## 7 Korekce v osách X, Y a Z

Pro zjištění korekce nástroje v ose X a Z využijí dotykovou sondu (viz Obrázek 27 a Obrázek 28). V případě nastavení korekce v ose X pro radiální poháněné nástroje stačí najet s nástrojem nad dotykovou sondu a následně se nástrojem pohybem po ose X sondy dotknout. Stroj zaznamená korekci nástroje v ose X za mě.



*Obrázek 27: Nastavení korekce v ose X*

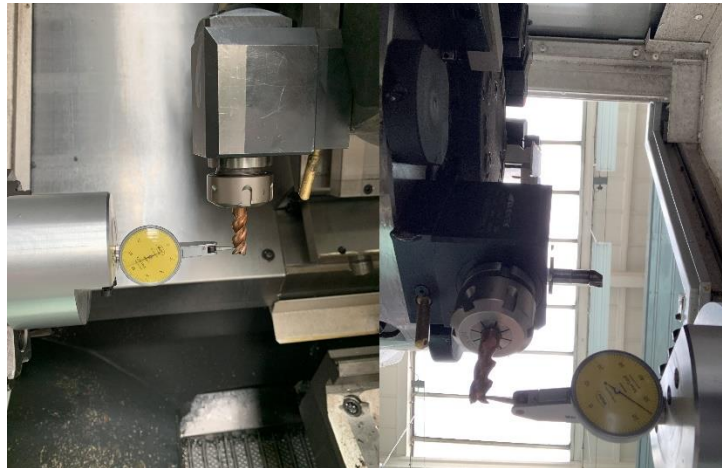
Pro nastavení korekce v ose Z pro radiální poháněné nástroje stačí najet s nástrojem zprava od sondy a následně se nástrojem pohybem po ose Z dotknout sondy. Stroj zaznamená hodnotu korekce nástroje v ose Z. Ale protože jsme se sondy dotknuli bokem nástroje, je třeba od hodnoty korekce odečíst poloměr nástroje.



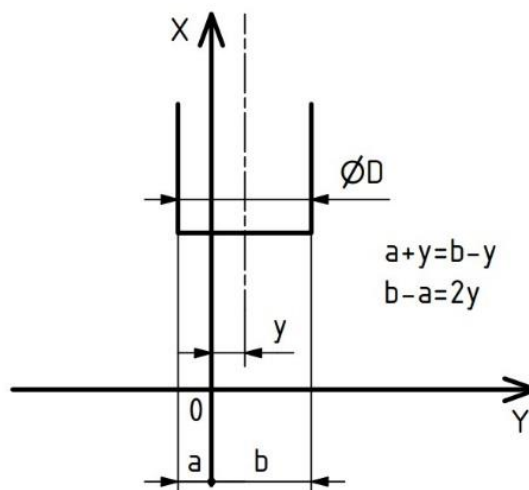
*Obrázek 28: Nastavení korekce v ose Z*



Pro nastavení korekce v ose Y je třeba využít osy C, kde pomocí úchylkoměru a rotací nástroje v neřzném pohybu (viz Obrázek 29) (aby nedošlo k obrobení úchylkoměru), se nejprve naměří odchylka „a“. Následně se otočí vřeteno o 180° a provede se naměření hodnoty „b“. Po vypočítání hodnoty „y“ se zanese do stroje v záporné hodnotě.



Obrázek 29: Měření korekcí pomocí úchylkoměru



Obrázek 30: Nastavení korekce v ose Y

## 8 Vyhodnocení metodik

Všechny metodiky by teoreticky měly zaručit zarovnání osy nástroje s osou X a následně umožnit nastavení korekce v osách X, Y a Z. Jelikož metodika nastavení korekcí je stejná ve všech případech, budu vyhodnocovat nejhodnější metodiku pouze podle způsobu zarovnávání osy nástroje do osy X.

První metodika je nejnáročnější na výrobu, pro její realizaci by bylo třeba vyrobit 2 součásti, kde tyč s dírou (viz Obrázek 20), by byla poměrně nákladná na výrobu a hůře skladovatelná. Celé toto řešení není efektivní i díky tomu, že je třeba na soustruhu najet s tyčí, která je uchopena v držáku nástrojů do díry v tyči, která je uchopena do vřetena. Aby se tento úkon dal zvládnout, bez toho, aniž by došlo k nabourání stroje, tak tolerance mezi hřídelí a dírou nesmí být příliš těsné, ale tím pádem je celý tento systém méně efektivní v zarovnávání. Proto je první metodologie zbytečně komplikovaná a neefektivní ve srovnání s ostatními.

Druhá metodika využívá přesně broušené tyče, která se upíná místo nástroje a úchylkoměru upnutého do sklíčidla (viz Obrázek 21), pomocí kterého by došlo k zarovnání osy nástroje rovnoběžně s osou X.

Třetí metodika využívá ploch na držácích nástrojů, které by mohly být funkční a přesně broušené tak, aby byly rovnoběžné s osou nástroje poháněného držáku. Tato metoda nevyžaduje výrobu žádné součásti navíc, a díky tomu, by nebylo třeba skladovat další součásti, jako v předešlých metodikách. Proto volím jako nejhodnější třetí metodiku, avšak musím ověřit, zda jsou tyto plochy opravdu rovnoběžné s osou nástroje. V případě, že by měření nevyšlo, tak bych přešel k druhé metodice, která využívá broušenou tyč.

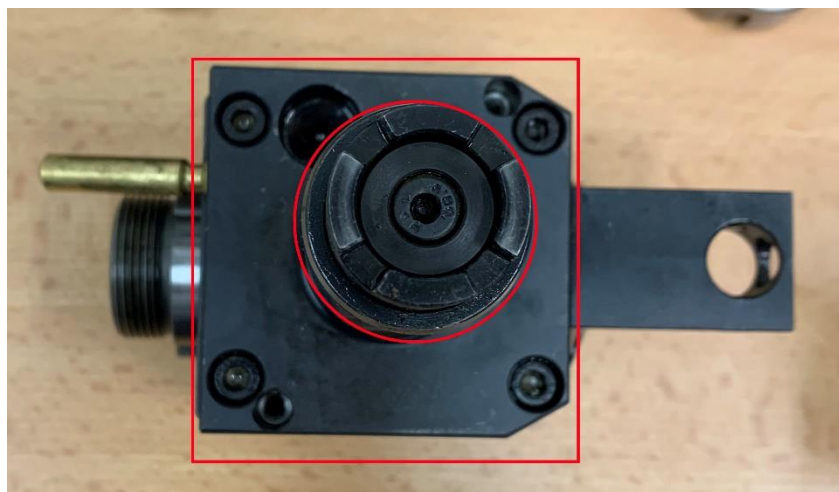


## 9 Ověření zvolené metodiky

Metodiku vybranou z Kapitoly 8 je nejprve zapotřebí ověřit měřením. Radiálně poháněné držáky jsme měřili dotykovým měřením na stroji CMM Carl Zeiss O-INSPECT 322. Soustředili jsme se na měření rovnoběžnosti funkční plochy s osou nástroje a jaký úhel mezi sebou svírají (viz Obrázek 31), měření rovnoběžnosti plochy, která při upnutí tvoří kontakt s revolverovou hlavou a jaký úhel mezi sebou svírají (viz Obrázek 32).



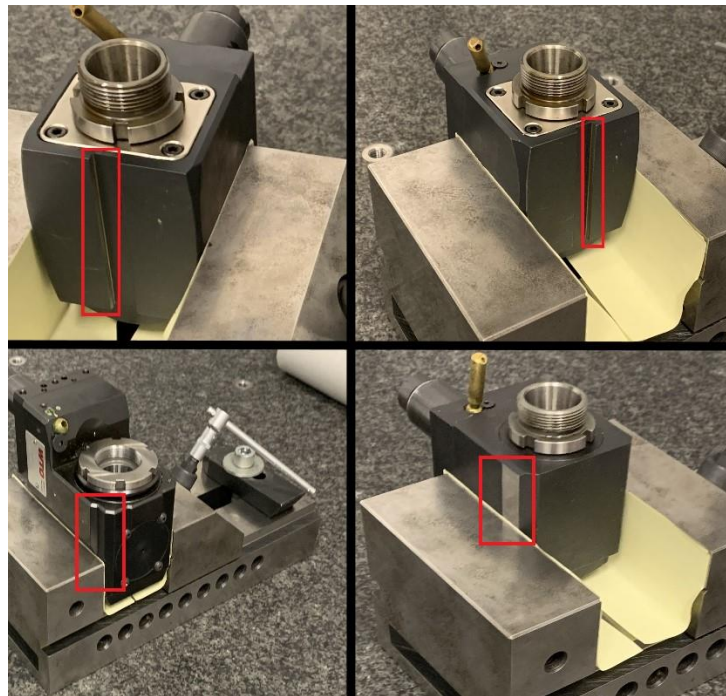
*Obrázek 31: Kintek 116-430535 (2516) s označenou funkční plochou*



*Obrázek 32: Plocha tvořící kontakt s revolverovou hlavou při upnutí*

## 9.1 Měření funkčních ploch

Měření funkčních ploch na poháněných radiálních držácích jsme prováděli na multisenzorovém stroji CMM Carl Zeiss O-INSPECT 322 s panem Ing. Janem Šimotou. Při měření všech čtyř radiálně poháněných držáků, které jsou určeny pro obrábění na soustruhu OKUMA GENOS L200E-MY, jsme použili filtr a eliminaci odlehlých hodnot, jelikož některé funkční plochy měly na sobě malý škrábanec, který zkresloval celkové měření.



*Obrázek 33: Měření radiálních poháněných držáků*

## 9.2 Výsledky měření

Protokoly s výsledky měření radiálně poháněných držáků a jejich ploch jsou uvedeny v přílohách v plném rozsahu i s popisky. Na všech funkčních plochách měřených držáků byly naměřeny velmi téměř velmi přijatelné a díky tomu, lze tuto metodiku využívat pro všechny radiálně poháněné držáky. Níže jsou pouze vybrané hodnoty jednotlivých výsledků měření každého držáku.

*Tabulka 1: Vybrané výsledky měření*

Název držáku	Rovnoběžnost s osou nástroje [mm]	Úhel svíraný s osou nástroje [°]
Kintek 116-43035 (2516)	0,0032	0,0067
Kintek 116-43035 (2517)	0,005	0,0037
Kintek 116-43036 (2709)	0,0083	0,0134
	0,0105	-0,018
WTO 4105160045	0,0111	-0,0129

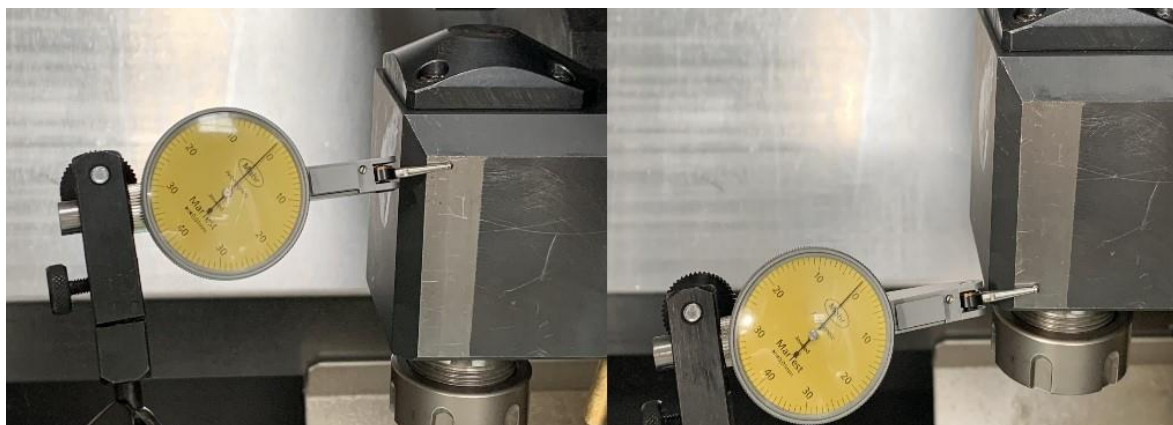
## 10 Postup zarovnání držáku a nastavení korekcí

Pro zarovnávání držáku je nejprve nutné si upnout nástroj do držáku a následně tento držák upnout do revolverové hlavy soustruhu. Následně upnout do vřetene přípravek na úchylkoměr a stojánek na úchylkoměr (viz Obrázek 34).



*Obrázek 34: Upnutí úchylkoměru pro zarovnání osy nástroje*

Následně pomocí úchylkoměru a posuvu radiálně poháněného držáku na nástroje zarovnat osu nástroje rovnoběžně s osou X (viz Obrázek 35), pomocí povolování a utahování šroubků na držáku (viz Obrázek 36).

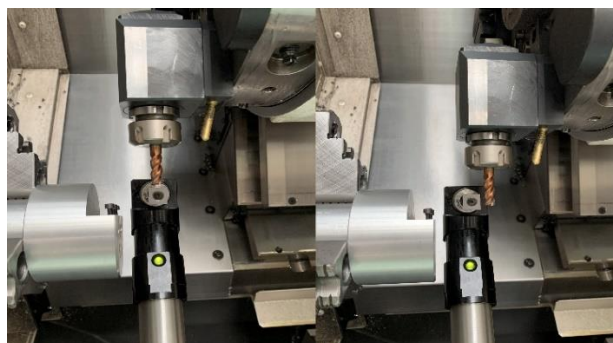


*Obrázek 35: Osa nástroje rovnoběžná s osou X*



Obrázek 36: Utahování a povolování šroubků na držáku

Pomocí dotykové sondy nastavit korekce nejprve pro osu X a poté pro osu Z (viz Obrázek 37). V případě korekce nástroje v ose Z pro radiálně poháněné nástroje je důležité od zaznamenané hodnoty odečíst poloměr nástroje.



Obrázek 37: Korekce v osách X a Z pomocí dotykové sondy

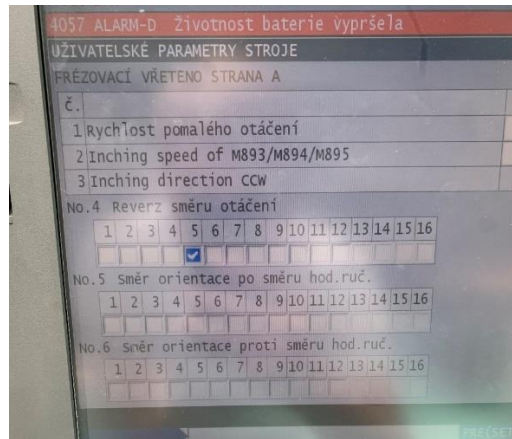
Pro získání korekcí v ose Y je třeba využít osy C, kde pomocí úchylkoměru a rotací nástroje v neřzném pohybu (aby nedošlo k obrobení úchylkoměru), se nejprve naměří hodnota „a“. Následně se otočí vřeteno o 180° a provede se naměření hodnoty „b“. Po vypočítání hodnoty „y“ (viz Obrázek 30), ji stačí pouze zadat do stroje v záporné hodnotě (viz Obrázek 38).



Obrázek 38: Hodnota korekce nástroje v ose Y



Na závěr zbývá jen zapnout reverz otáček, aby se nástroj točil správným směrem (viz Obrázek 39).



Obrázek 39: Reverz otáček poháněného nástroje

## Závěr

Metodik pro nastavení korekcí a správného nastavení osy nástroje pro radiálně poháněné držáky jsem našel celkem tři. Všechny metodiky jsem zhodnotil a zvolil z nich tu nejvhodnější.

Zvolenou metodiku jsme ověřili měřením na stroji CMM Carl Zeiss O-INSPECT 322 a výsledky potvrdily, že je možné danou metodiku využít. Všechny protokoly s výsledky měření naleznete v přílohách.

Následně jsem pomocí dané metodiky upnul radiální držák poháněných nástrojů a zarovnal rovnoběžně s osou X a pak jsem změřil a zanesl korekce nástroje pro osy X, Y a Z do soustruhu OKUMA GENOS L200E-MY.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] Lathe Operator's Manual. *Haas Automation Inc. - CNC Machine Tools* [online]. Spojené státy americké: Haas Automation Inc. - CNC Machine Tools [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/content/dam/haascnc/en/service/manual/operator/english---lathe-ngc---operator's-manual---2017.pdf>
- [2] SEÇGIN, Ömer. Multi-objective Optimization of Ms58 Brass Machining Operation by Multi-axis CNC Lathe. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2021, **46**(3), 2133-2145. ISSN 2191-4281. Dostupné z: doi:10.1007/s13369-020-04984-8
- [3] OKUMA Genos Series. *BULMAKMETAL* [online]. Bulharsko: BULMAKMETAL, 2016 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <http://bulmakmetal.com/wp-content/uploads/2016/10/GENOS-L-E-7a-300Mar2015.pdf>
- [4] Guide to 4-axis turning. *Kingsbury* [online]. Velká Británie: Kingsbury [cit. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://kingsburyuk.com/guide-to-4-axis-turning/>
- [5] Different Types CNC Lathes. *Tramar Industries* [online]. Spojené státy americké: Tramar Industries, 2018 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://www.tramarindustries.com/2020/04/23/different-types-cnc-lathes/>
- [6] HU, Wei, Zhaojun YANG, Chuanhai CHEN, Bo SUN a Qunya XIE. A vibration segmentation approach for the multi-action system of numerical control turret. *Signal, Image and Video Processing*. 2022, **16**(2), 489-496. ISSN 1863-1711. Dostupné z: doi:10.1007/s11760-021-01990-7
- [7] Turrets & Live Tooling. *Haas Automation Inc. - CNC Machine Tools* [online]. Spojené státy americké: Haas Automation Inc. - CNC Machine Tools [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/productivity/turret.html>



- [8] VDI and BMT Turret Analysis. *MYLAS* [online]. Taiwan: MYLAS [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: [https://www.mylascnc.com/en/tech/tech\\_detail-2.htm](https://www.mylascnc.com/en/tech/tech_detail-2.htm)
- [9] *VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.* [online]. Německo: VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://www.vdi.de/>
- [10] Driven tool holders VDI40 DIN 5480 ALGRA. *Link Gruppo S.p.A.* [online]. Link Gruppo S.p.A. [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://www.linkindustrialtools.com/en/driven-tool-holders-vdi40-din-5480-algra.html>
- [11] VDI / BMT TOOL HOLDERS INSTRUCTIONS. *SC Nova Grup SRL* [online]. Rumunsko: SC Nova Grup SRL [cit. 2022-07-28]. Dostupné z: [https://ngt.novagrup.ro/userfiles/fdebc878-00d3-420b-9067-cc212a362ef1/prod\\_files/VDI%20BMT%20LIVE%20INSTRUCTION.pdf](https://ngt.novagrup.ro/userfiles/fdebc878-00d3-420b-9067-cc212a362ef1/prod_files/VDI%20BMT%20LIVE%20INSTRUCTION.pdf)
- [12] VDI30 DIN5480 AXIAL DRILLING MILLING HEAD ER25. *TOOL HOLDER SHOP Inc.* [online]. [cit. 2022-07-28]. Dostupné z: [https://www.toolholdershop.com/tool\\_holder\\_driven\\_live\\_tooling/vdi\\_axial\\_drilling\\_milling\\_head/vdi30\\_din5480\\_axial\\_drilling\\_milling\\_head\\_er25](https://www.toolholdershop.com/tool_holder_driven_live_tooling/vdi_axial_drilling_milling_head/vdi30_din5480_axial_drilling_milling_head_er25)
- [13] Nebojte se FANUC programování – seznamte se s CNC systémy bez hranic. *Technický týdeník* [online]. Česká Republika: Technický týdeník [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/priklady-z-programovani-ridici-system-fanuc/nebojte-se-fanuc-programovani-seznamte-se-s-cnc-systemy-bez-hranic-v\\_47631.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/priklady-z-programovani-ridici-system-fanuc/nebojte-se-fanuc-programovani-seznamte-se-s-cnc-systemy-bez-hranic-v_47631.html)

- [14] Automatic Tool Presetter (ATP) - Alignment - Test - Calibration. *Haas Automation Inc. - CNC Machine Tools* [online]. Spojené státy americké: Haas Automation Inc. - CNC Machine Tools [cit. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/service/troubleshooting-and-how-to/how-to/-automatic-tool-presetter--atp-----alignment--test--and-calibrat.html>
- [15] Automatic Tool Presetter. *Haas Automation Inc. - CNC Machine Tools* [online]. Spojené státy americké: Haas Automation Inc. - CNC Machine Tools [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://www.haascnc.com/productivity/probe-system/atp.html?ad=semD&an=msn\\_s&am=broad&q=Cnc+Tool+Presetter&o=22875&qsrc=999&l=sem&askid=6ea4360b-c916-4ad1-8f75-e85f158685e1-0-ab\\_msb](https://www.haascnc.com/productivity/probe-system/atp.html?ad=semD&an=msn_s&am=broad&q=Cnc+Tool+Presetter&o=22875&qsrc=999&l=sem&askid=6ea4360b-c916-4ad1-8f75-e85f158685e1-0-ab_msb)

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Souřadný systém 4 osého soustruhu [1] .....	12
Obrázek 2: Zobrazení rovin na soustruhu [1] .....	13
Obrázek 3: Revolverová hlava BMT65 [7] .....	14
Obrázek 4: Revolverová hlava VDI na soustruhu OKOUMA GENOS L200E-MY [3] .....	15
Obrázek 5: Část držáku s VDI zuby pro uchycení .....	15
Obrázek 6: Kompatibilní držáky s Revolverovou hlavou na soustruhu OKUMA GENOS L200E-MY [3] .....	16
Obrázek 7: Axiální (1) a radiální (2) poháněný držák [1] .....	17
Obrázek 8: Držák s nastavitelnou osou nástroje [10] .....	17
Obrázek 9: Axiální poháněný držák nástrojů [12] .....	18
Obrázek 10: Radiální poháněný držák v revolverové hlavě .....	19
Obrázek 11: Šroubky pro zarovnání držáku .....	19
Obrázek 12: Nástrojová sonda [14] .....	20
Obrázek 13: OKUMA GENOS L200E-MY [3] .....	21
Obrázek 14: Kintek 116-43035 (2516) .....	22
Obrázek 15: Kintek 116-43035 (2517) .....	22
Obrázek 16: Kintek 116-43036 (2709) .....	23
Obrázek 17: WTO 410516045 .....	23
Obrázek 18: Uchycení přípravku a stojánku pro úchylkoměr .....	24
Obrázek 19: Přípravek na úchylkoměr .....	24
Obrázek 20: Sestava pro zarovnávání osy nástroje (první metodika) .....	25
Obrázek 21: Ilustrativní zobrazení druhé metodiky .....	26
Obrázek 22: Třetí metodika .....	27
Obrázek 23: Kintek 116-43035 (2516) s označenou funkční plochou .....	28
Obrázek 24: Kintek 116-43035 (2517) s označenou funkční plochou .....	28
Obrázek 25: Kintek 116-43036 (2709) s označenými funkčními plochami .....	29
Obrázek 26: WTO 410516045 s označenou funkční plochou .....	29
Obrázek 27: Nastavení korekce v ose X .....	30
Obrázek 28: Nastavení korekce v ose Z .....	30
Obrázek 29: Měření korekcí pomocí úchylkoměru .....	31
Obrázek 30: Nastavení korekce v ose Y .....	31

Obrázek 31: Kintek 116-430535 (2516) s označenou funkční plochou.....	33
Obrázek 32: Plocha tvořící kontakt s revolverovou hlavou při upnutí.....	33
Obrázek 33: Měření radiálních poháněných držáků.....	34
Obrázek 34:Upnutí úchylkoměru pro zarovnání osy nástroje.....	36
Obrázek 35: Osa nástroje rovnoběžná s osou X.....	36
Obrázek 36:Utahování a povolování šroubků na držáku .....	37
Obrázek 37Korekce v osách X a Z pomocí dotykové sondy .....	37
Obrázek 38: Hodnota korekce nástroje v ose Y .....	37
Obrázek 39: Reverz otáček poháněného nástroje.....	38

# Seznam tabulek

Tabulka 1: Vybrané výsledky měření.....	35
---	----

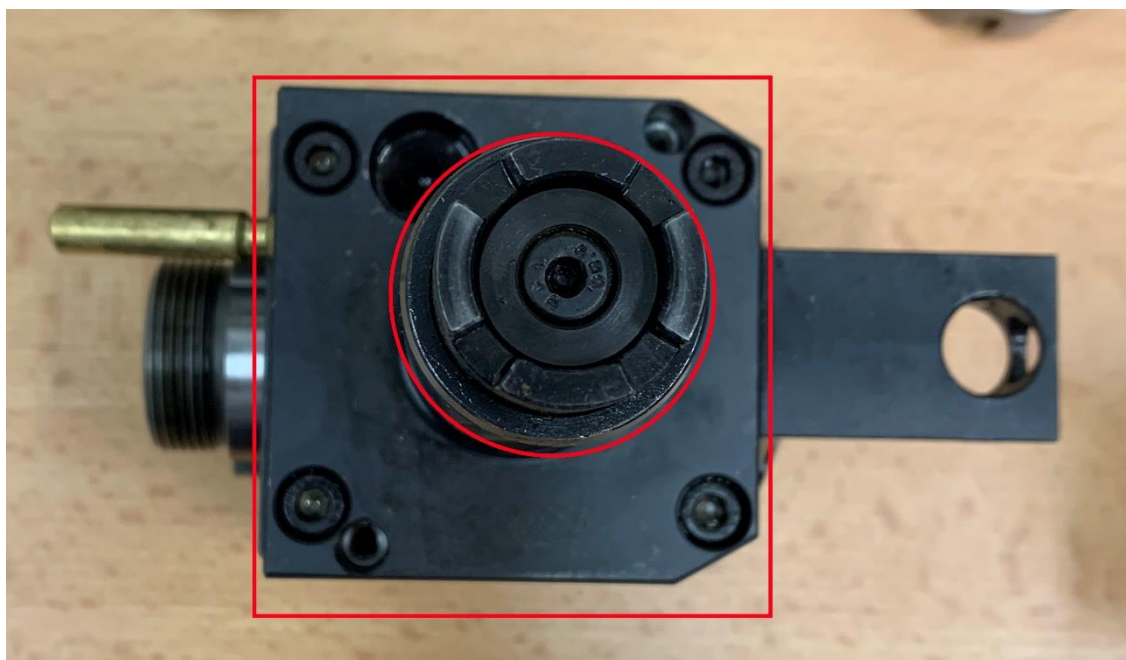
# Přílohy

## Příloha 1: Výsledky měření Kintek 116-43035 (2516)

**Rovnoběžnost 1** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a funkční plochou. **Proj.úhel 1-  
\_Rovina2** je úhel svíraný mezi osou nástroje a funkční plochou:



**Rovnoběžnost 2** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a touto plochou. **Proj.úhel 2-  
\_Rovina3** je úhel svíraný mezi osou nástroje a označenou plochou:



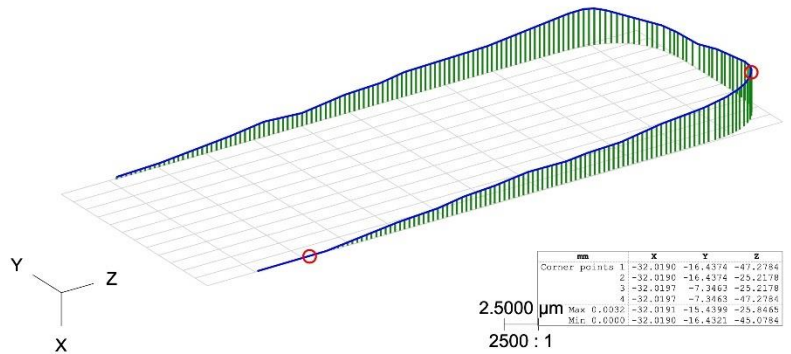


Part name **2516**  
 Drawing number  
 Order number  
 Variant  
 Company  
 Department  
 Typ stroje PRISMO  
 Č.stroje 094728  
 Operator Jan Simota  
 Text

Last 1 measurements  
 ► Approval ≠ Blocked  
 Part ident 1  
 Time/Date 25.07.2022 8:50  
 Run Všechny charakteris...  
 No. measured values 4  
 No. values: red ● 2  
 Measurement Duration 00:01:27,0

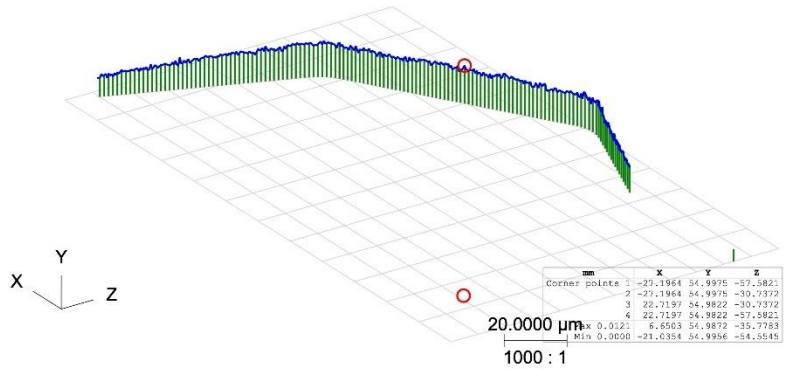
Name	Measured value	Nominal value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
// Rovnoběžnost1	0.0032	0.0000	0.0300	0.0000	0.0032

Body 497  
 Typ filtru Nízkopásm. Spline  
 Lc 2.5  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 8.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss



// Rovnoběžnost2	0.0121	0.0000	0.0300	0.0000	0.0121
------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Body 459  
 Typ filtru Žádný filtr  
 Lc  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 8.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss

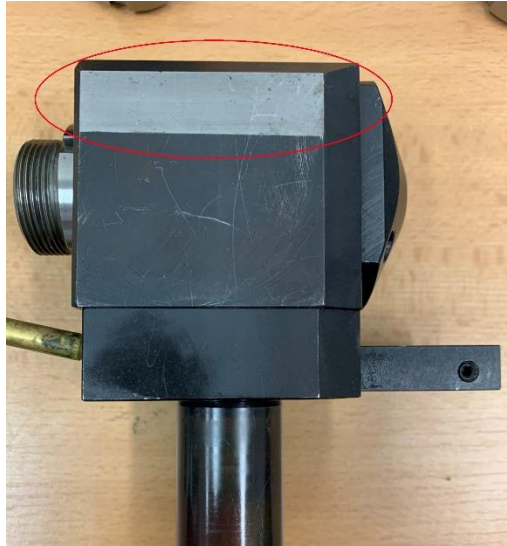


↙ Proj.úhel 1-_Rovina2	-0.0067	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0067 ●	-0.0067
↙ Proj.úhel 1-_Rovina3	-0.0171	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0171 ●	-0.0171

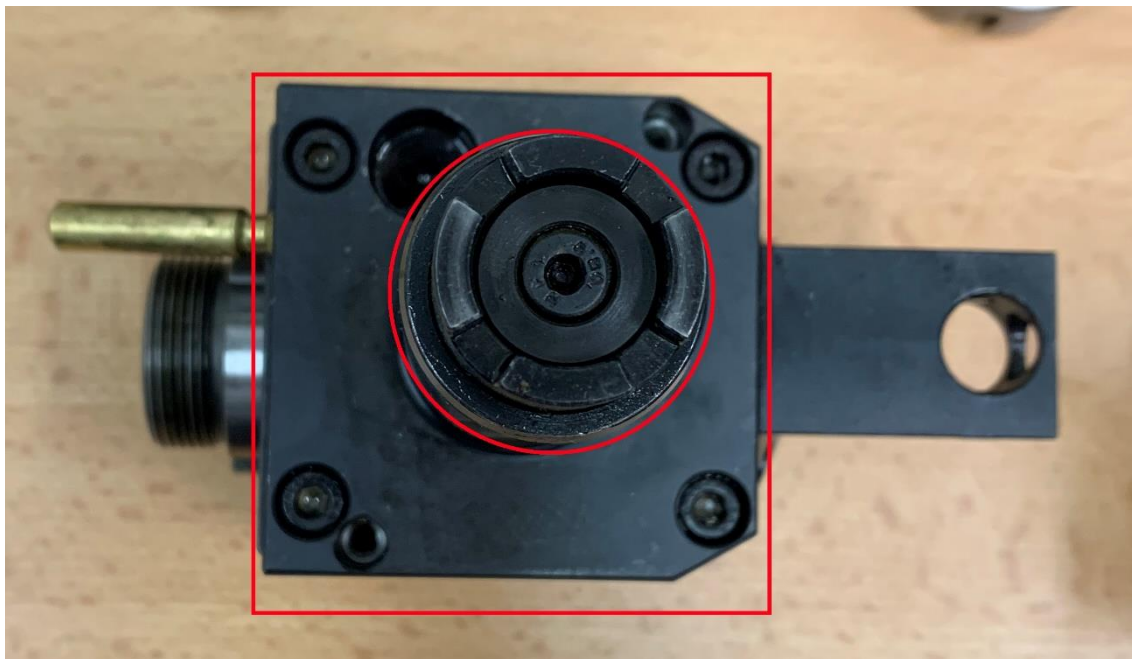
Text	Událost
	-
	n.def.

## Příloha 2: Výsledky měření Kintek 116-43035 (2517)

**Rovnoběžnost 1** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a funkční plochou. **Proj.úhel 1-  
\_Rovina2** je úhel svíraný mezi osou nástroje a funkční plochou:



**Rovnoběžnost 2** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a touto plochou. **Proj.úhel 2-  
\_Rovina3** je úhel svíraný mezi osou nástroje a označenou plochou:







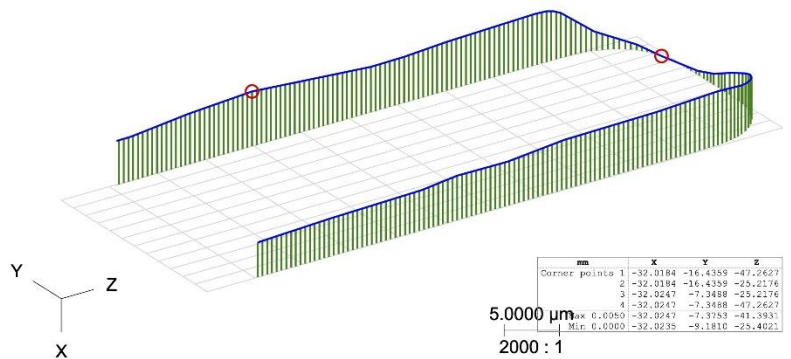
Part name 2517  
 Drawing number  
 Order number  
 Variant  
 Company  
 Department  
 Typ stroje PRISMO  
 Č.stroje 094728  
 Operator Jan Simota  
 Text

Last 1 measurements  
 ► Approval ≠ Blocked

Part ident 2  
 Time/Date 25.07.2022 8:54  
 Run Všechny charakteris...  
 No. measured values 4  
 No. values: red ● 2  
 Measurement Duration 00:01:09,0

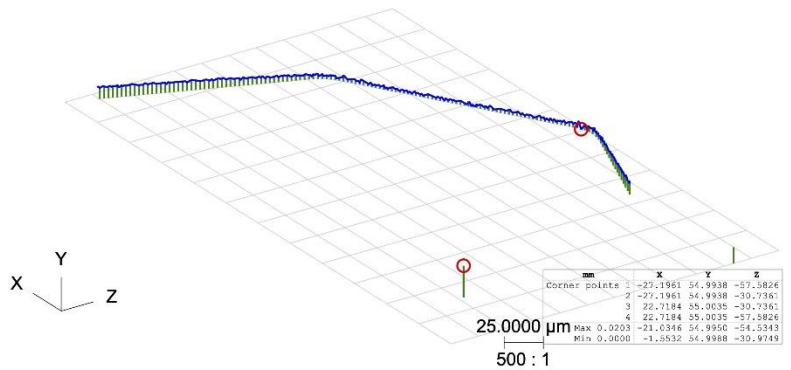
Name	Measured value	Nominal value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
// Rovnoběžnost1	0.0050	0.0000	0.0300	0.0000	0.0050

Body 494  
 Typ filtru Nízkopásm. Spline  
 Lc 2.5  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 8.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss



// Rovnoběžnost2	0.0203	0.0000	0.0300	0.0000	0.0203
------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Body 457  
 Typ filtru Žádný filtr  
 Lc  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 8.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss

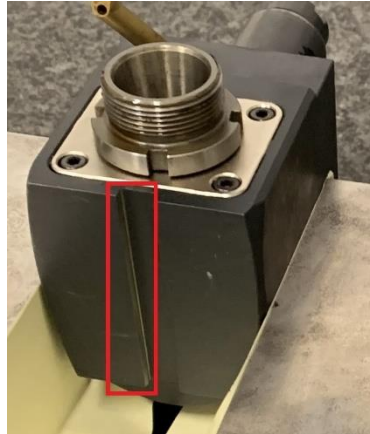


↙ Proj.úhel 1-_Rovina2	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037 ●	0.0037
↙ Proj.úhel 1-_Rovina3	0.0285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0285 ●	0.0285

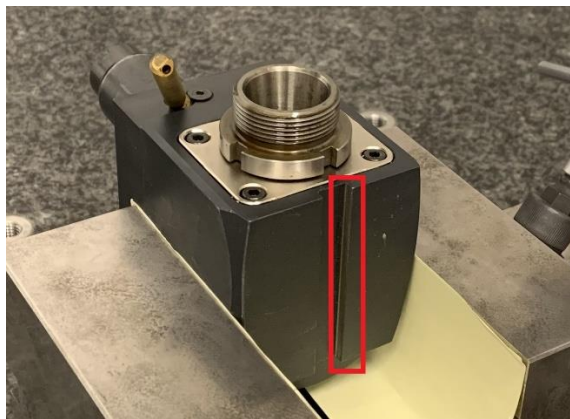
Text	Událost
	-
	n.def.

### **Příloha 3: Výsledky měření Kintek 116-43036 (2709)**

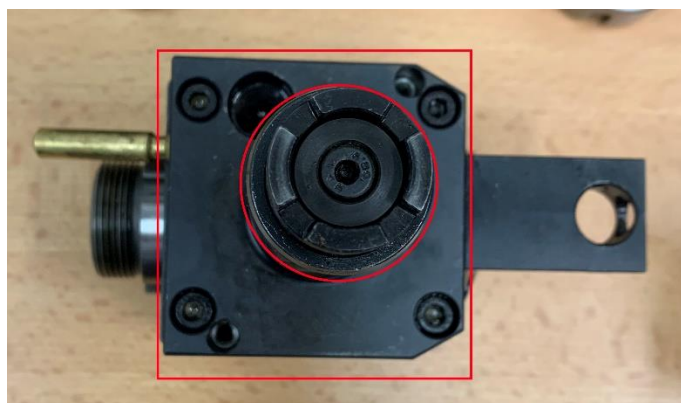
**Rovnoběžnost 1** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a funkční plochou. **Proj.úhel 1-  
\_2D** **přímka 2** je úhel svíraný mezi osou nástroje a funkční plochou:



**Rovnoběžnost 2** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a touto plochou. **Proj.úhel 2-  
\_2D** **přímka 3** je úhel svíraný mezi osou nástroje a funkční plochou:



**Rovnoběžnost 3** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a touto plochou. **Proj.úhel 1-  
\_Rovina2** je úhel svíraný mezi osou nástroje a označenou plochou:





Part name **2709**  
 Drawing number  
 Order number  
 Variant  
 Company  
 Department  
 Typ stroje PRISMO  
 Č.stroje 094728  
 Operator Jan Simota  
 Text

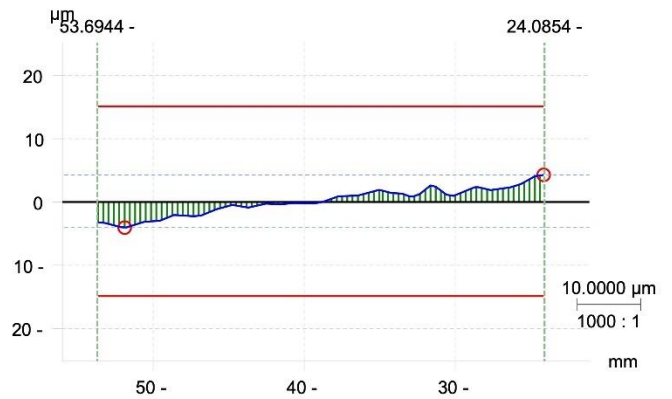
Last 1 measurements  
 ► Approval ≠ Blocked  
 Part ident 1  
 Time/Date 25.07.2022 8:25  
 Run Všechny charakteris...  
 No. measured values 6  
 No. values: red ● 3  
 Measurement Duration 00:00:00,0

Name	Measured value	Nominal value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
------	----------------	---------------	------	------	--------------

// Rovnoběžnost1	0.0083	0.0000	0.0300	0.0000	0.0083
------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Body 250  
 Typ filtru Nízkopásm. Spline  
 Lc 2.5  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 10.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss

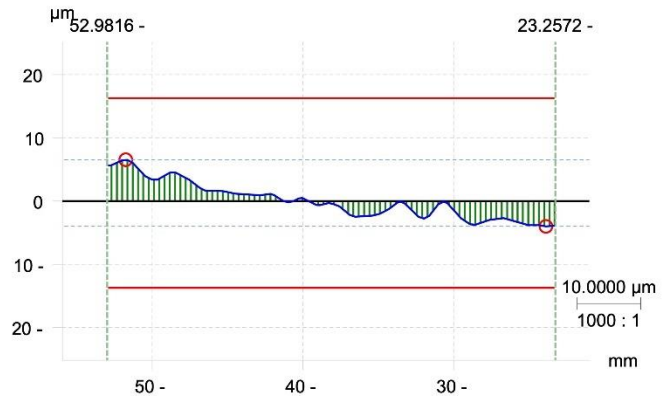
X  
Z



// Rovnoběžnost2	0.0105	0.0000	0.0300	0.0000	0.0105
------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Body 251  
 Typ filtru Nízkopásm. Spline  
 Lc 2.5  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 10.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss

Z  
X





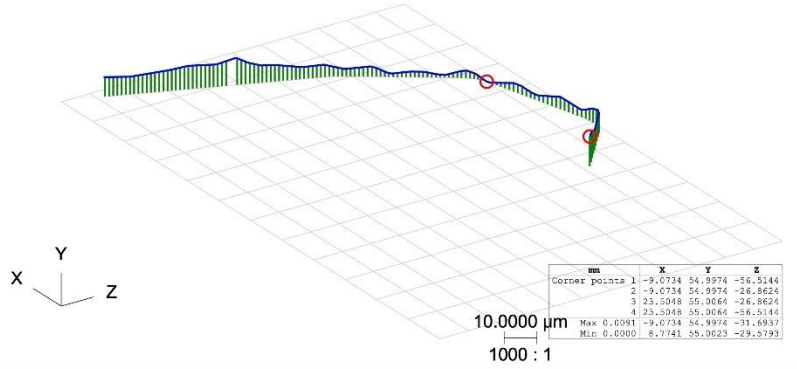
# ZEISS CALYPSO

7.0.0211

Part name **2709**  
 Order number  
 Part ident **1**  
 Operator **Jan Simota**  
 Time/Date **25.07.2022 8:25**

Name	Measured value	Nominal value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
// Rovnoběžnost3	0.0091	0.0000	0.0300	0.0000	0.0091

Body 439  
 Typ filtru Nízkopásm. Spline  
 Lc 2.5  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 10.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss



↖ Proj.úhel 1-_2D přímka2	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0134
↗ Proj.úhel 2-_2D přímka3	-0.0180	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0180	-0.0180
↖ Proj.úhel 1-_Rovina2	0.0242	0.0000	0.0000	0.0000	0.0242	0.0242

Text	Událost
	-
	n.def.

## Příloha 4: Výsledky měření Kintek 116-43036 (2709)

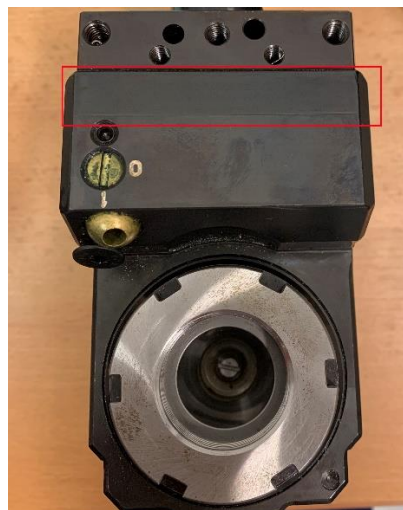
**Rovnoběžnost 1** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a funkční plochou. **Proj.úhel 2-  
\_Rovina2** je úhel svíraný mezi osou nástroje a funkční plochou:



**Rovnoběžnost 2** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a touto plochou. **Proj.úhel 2-  
\_Rovina3** je úhel svíraný mezi osou nástroje a označenou plochou:



**Kolmost 1** je rovnoběžnost a mezi osou nástroje a touto plochou. **Proj.úhel 1-  
\_Rovina4** je úhel svíraný mezi osou nástroje a označenou plochou:





Part name **WTO**

Drawing number

Order number

Variant

Company

Department

Typ stroje

Č.stroje

Operator

Text

PRISMO

094728

Jan Simota

Last 1 measurements

► Approval ≠ Blocked

Part ident

Time/Date

Run

No. measured values

No. values: red

Measurement Duration

1

25.07.2022 9:32

Všechny charakteris...

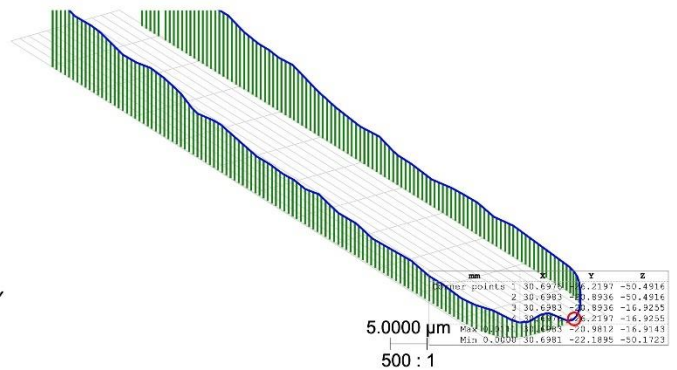
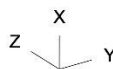
6

3

00:01:30,0

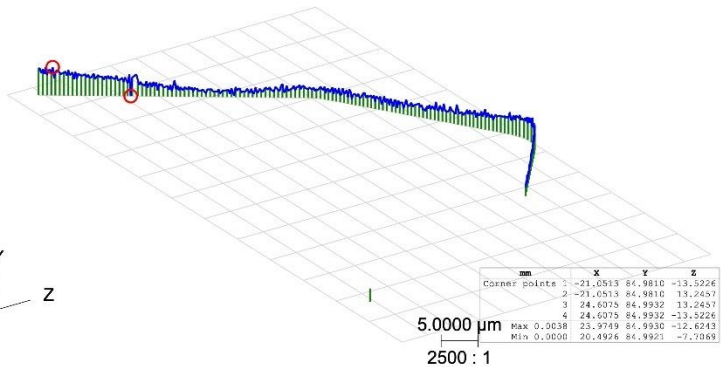
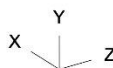
Name	Measured value	Nominal value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
// Rovnoběžnost1	0.0111	0.0000	0.0300	0.0000	0.0111

Body 688  
 Typ filtru Nízkopásm. Spline  
 Lc 2.5  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 8.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss



// Rovnoběžnost2	0.0038	0.0000	0.0300	0.0000	0.0038
------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Body 456  
 Typ filtru Žádný filtr  
 Lc  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 8.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss







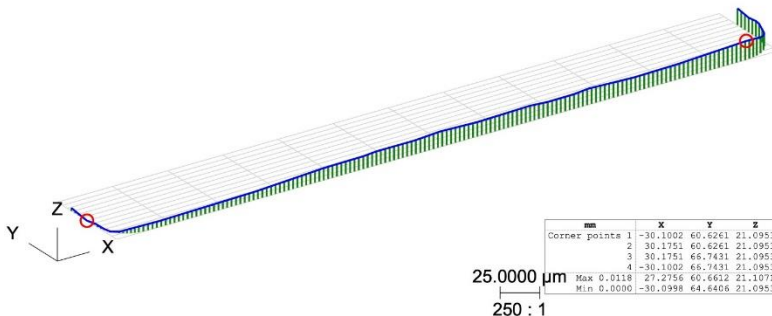
# ZEISS CALYPSO

7.0.0211

Part name **WTO**  
 Order number  
 Part ident **1**  
 Operator **Jan Simota**  
 Time/Date **25.07.2022 9:32**

Name	Measured value	Nominal value	+Tol	-Tol	Odchylka +/-
Kolmost1	0.0118	0.0000	0.0300	0.0000	0.0118

Body 690  
 Typ filtru Nízkopásm. Spline  
 Lc 2.5  
 upr  
 Vmess[mm/sec] 8.00  
 Poloměr snímače 1.5003  
 Metoda vyhodnocení Element-Gauss



Proj.úhel 2-_Rovina2	-0.0129	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0129	-0.0129
Proj.úhel 2-_Rovina3	0.0403	0.0000	0.0000	0.0000	0.0403	0.0403
Proj.úhel 1-_Rovina4	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0024

Text

Událost