



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

Hodnocení snímacích systému souřadnicových měřicích strojů

Evaluation sensing systems CMM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

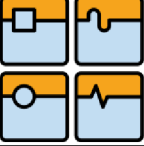
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ŠIMON GALEČKA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. JIŘÍ PERNIKÁŘ, CSC

BRNO 2011

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 2
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Šimon Galečka

který/která studuje v bakalářském studijním programu

obor: Stavba strojů a zařízení (2302R016)

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:

Hodnocení snímacích systémů souřadnicových měřicích strojů

v anglickém jazyce:


Evaluation sensing systems CMM

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

- 1.Základní pojmy a definice.
- 2.Metrologické charakteristiky současně používaných systémů.
- 3.Návrh metodiky objektivního hodnocení jakosti vybraných představitelů.
- 4.Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Vyhodnocení a srovnání dotykových a bezdotykových měřicích systémů souřadnicových měřicích strojů

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Seznam odborné literatury:

1. PERNIKÁŘ, J., TYKAL, M. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-2.
2. ČECH, J., PERNIKÁŘ, J., PODDANÝ, K. Strojírenská metrologie. 4. přepracované vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 176 s. ISBN 80-214-3070-2
3. CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M. Meranie technických veličín. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 1999. 688 s. ISBN 80-227-1275-2.
4. ČSN 01 0115 Mezinárodní slovník základních termínů v metrologii.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pernikář, CSc.

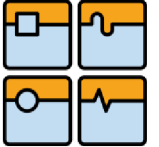
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 19.11.2010

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Abstrakt:

U souřadnicových měřicích strojů je třeba objektivně hodnotit jakost snímacích systémů, které ovlivňují přesnost měřidla. Práce navrhuje metodiku srovnávání bezdotykových a dotykových systémů.

Abstrakt - anglicky:

At crossbar measuring machines it is necessary to detachedly value the quality of sensing system, that have influence on accuracy of gauge. Work suggests philosophy of juxtaposition of contactless and tangent system.

Klíčová slova:


Přesnost, rozlišitelnost, nejistota měření, snímací systémy.

Klíčová slova - anglicky:

Accuracy, resolution, uncertainty metering, sensing system.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Galečka, Š. *Hodnocení snímacích systému souřadnicových měřicích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Jiří Perníkář, CSc

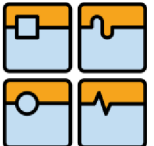
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Hodnocení snímacích systému souřadnicových měřicích strojů“ vypracoval samostatně po konzultacích s vedoucím práce. Vycházel jsem přitom ze svých vědomostí získaných při studiu, čerpal z uvedené literatury a internetových zdrojů.

V Brně dne

.....
Šimon Galečka

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Poděkování

Největší poděkování patří Doc. Ing. Jiří Perníkář, CSc, vedoucímu bakalářské práce, za odborné vedení a poskytnutou pomoc při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Martinu Šeplavému z firmy TM Technik za pomoc a odborné rady při měření a řediteli panu Pavlíkovi, že mi umožnil měření u něho ve firmě.

**Obsah**

Úvod	9
1. Základní pojmy a definice	10
1.1. Základní pojmy matematické statistiky	10
1.2. Základní pojmy přesnosti měření	11
1.3. Základní pojmy z mezinárodního slovníku základních a všeobecných termínů v metrologii	12
1.4. Chyby měření	13
1.5. Měřicí zařízení	14
2. Metodika měření a vyhodnocování	15
3. Provedení experimentů a jejich vyhodnocení	18
3.1. Provedení vlastního měření	23
3.2. Hodnocení podle c_g , c_{gk}	26
4. Závěr	32



Úvod

Tato práce pojednává o zjištění přesnosti stroje Baty Venture 3D CNC ve firmě TM Technik v Brně. Stroj Baty Venture 3D CNC je multisenzorová měřicí technika, je tedy osazena jak mechanickou dotykovou sondou tak i měřicí kamerou. Úkolem práce je tyto dvě měřicí techniky srovnat.

Práce je rozčleněna do 4 základních kapitol a to do první, která je o základních pojmech, které jsou důležité znát při vyhodnocování měření.

Druhá je o metodice měření, aby bylo jasné, jak se postupuje při proměřování základního etalonu.

Třetí je provedení samotného měření, kde bylo popsáno, jak se se strojem pracuje a v čem jsou jeho výhody. Dále jsou vypočteny střední hodnoty a směrodatné odchylky z naměřených hodnot a dále se postupovalo dle upravené metody c_g , c_{gk} , kdy se ze vzorců vypočítaly tolerance.

V závěru byly vyhodnoceny výsledky měření a výpočtů.

V bakalářské práci jsem čerpal z uvedených knih a ze znalostí z předmětu Strojírenská metrologie.



1. Základní pojmy a definice

Etalon

- Je ztělesněná míra, měřicí přístroj, měřidlo, referenční materiál nebo měřicí systém, který je určen k definování, realizování, uchování nebo reprodukci jednotky nebo jedné či více hodnot veličiny pro referenční účely

1.1. Základní pojmy matematické statistiky

Pravá hodnota (měřené veličiny)

- získáme ji naprosto přesným měřením
- pravé hodnoty jsou neurčitého charakteru; v podstatě je nelze určit

Výsledek měření

- naměřená hodnota, která se pouze blíží Pravé hodnotě. Proto se k výsledku měření musí uvádět informace o nejistotě měření

Nejistota měření

- definuje interval symetrický kolem výsledku měření, ve kterém s danou pravděpodobností leží hledaná pravá hodnota veličiny

Pro získání informace o nejistotě měření nestačí provést pouze jedno měření. Měření provádíme za podmínek opakovatelnosti vícekrát a tím získáme soubor hodnot, tzv. výběrový soubor, který vypovídá o základním souboru, ze kterého byl odvozen

(v tom případě se jedná o soubor s nekonečně velkým počtem měření)

Statistický soubor má v podstatě dva základní parametry:

- Střední hodnotu
- Rozptyl

Odhad střední hodnoty

Při statistické interpretaci výsledků měření jsou nejčastější tyto tři typy odhadů:

- Aritmetický průměr
- Modus (= nejčetnější hodnota)
- Medián (= prostřední hodnota z naměřených hodnot seřazených podle velikosti)



Rozptyl hodnot

Informace o střední hodnotě souboru sledovaných hodnot musí být doplněna o parametr rozptylu kolem střední hodnoty.

- *Rozpětí* (jednoduché, ale nic neříká o tom, jak jsou hodnoty rozptýleny kolem průměru)

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

- *Směrodatná odchylka* σ
- *Rozptyl* σ^2

Odhadem střední hodnoty μ je aritmetický průměr

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Odhadem směrodatné odchylky σ je:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

1.2. Základní pojmy přesnosti měření

Přesnost měření

- Těsnost shody mezi výsledkem měření a (konvenčně) pravou hodnotou měřené veličiny
- Přesnost je kvalitativní pojem a nedá se přímo kvantifikovat

Přesnost měřidla je určena pro určité konstantní podmínky (vnější prostředí – teplota, tlak, vlhkost...). K základním charakteristikám přesnosti měřidla, které se dají kvantifikovat, patří:

- *Rozlišitelnost* (indikačního zařízení) – můžeme ji vyjádřit jako hodnotu nejmenšího dílku stupnice u analogového měřidla; u měřidla digitálního je to hodnota jednoho digitu
- *Největší dovolená chyba* (měřidla) – žádný výsledek měření provedený za daných podmínek nesmí mít chybu větší než je největší dovolená

$$\delta = \pm(A + B * L) \leq C \quad [\mu m]$$

- kde
- L – hodnota měřené veličiny v mm (případně m)
 - A – konstanta zahrnující vliv náhodných chyb
 - B – konstanta zahrnující vliv nevyločených systematických chyb
 - C – horní hranice chyby δ



Nejistota měření

- Y – výsledek měření
- U – nejistota měření
- $\langle Y-U; Y+U \rangle$ - v tomto intervalu se nachází hledaná pravá hodnota s danou pravděpodobností (95%)

1.3. Základní pojmy z mezinárodního slovníku základních a všeobecných termínů v metrologii

Opakovatelnost (výsledků měření)

- je těsnost shody mezi výsledky po sobě jdoucích měření téže veličiny, provedených za stejných podmínek opakovatelnosti

Podmínky opakovatelnosti

- tentýž postup měření
- tentýž pozorovatel
- tentýž měřicí přístroj
- totéž místo
- opakování v průběhu krátké časové periody

Reprodukovatelnost (výsledků měření)

- je těsnost shody mezi výsledky měření téže veličiny, provedených za změněných podmínek opakovatelnosti

Opakovatelnost i reprodukovatelnost se kvantifikují pomocí parametrů rozptýlení (R, S)

Pravá hodnota – viz kapitola 1.1.

Konvenčně pravá hodnota (veličiny)

- je hodnota, která je přisuzována určité veličině a přijata konvencí jako hodnota, jejíž nejistota je vyhovující pro daný účel
- získá se např. měřením měřidlem s 10x vyšší rozlišitelností, nejčastěji měřením pomocí referenčního etalonu

Měření

- je soubor činností, jejichž cílem je stanovit hodnotu veličiny

Výsledek měření

- je hodnota získaná měřením a přisouzená měřené veličině

Metoda měření

- je logický sled po sobě následujících genericky posloupně popsanych činností, které jsou používány při měření

Postup měření

- je soubor specificky popsanych činností, které jsou používány při blíže určených měřeních podle dané metody měření

**Měřicí zařízení**

- jsou měřidla, etalony, certifikované referenční materiály, příslušenství a instrukce

Justování

- je operace určená k tomu, aby funkční stav a správnost měřidla odpovídaly podmínkám jeho používání

Kalibrace

- je srovnávání hodnot indikovaných měřidlem a referenčním etalonem
- provádí se u etalonů a pracovních měřidel
- kalibraci může provádět laboratoř, která vlastní referenční etalon s platným kalibračním listem, odpovídající prostory, zařízení a kvalifikované pracovníky

Ověření (stanoveného měřidla)

- je potvrzení, že stanovené měřidlo má požadované metrologické vlastnosti
- ověřování provádí Český metrologický institut nebo autorizovaná metrologická střediska

1.4. Chyby měření**Absolutní chyba měření**

- je rozdíl mezi výsledkem měření a (konvenčně) pravou hodnotou měřené veličiny

Relativní chyba

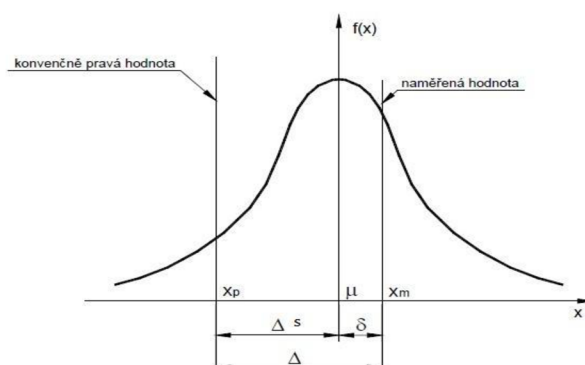
- je podíl chyby měření a pravé hodnoty měřené veličiny

Náhodná chyba δ

- je výsledek měření mínus střední hodnota, která by vznikla z nekonečného počtu měření téže měřené veličiny uskutečněné za podmínek opakovatelnosti

Systematická chyba Δs

- je střední hodnota, která by vznikla z nekonečného počtu měření téže měřené veličiny uskutečněné za podmínek opakovatelnosti, od které se odečte pravá hodnota měřené veličiny



Obr. 1.1.
Grafické
znázornění
chyb měření



1.5. Měřicí zařízení

Měřicí přístroj

- je zařízení určené k měření; může být samotné nebo ve spojení s přídatným zařízením

Měřicí zařízení obsahuje

- měřidlo
- etalony
- pomocná zařízení
- počítač
- software
- instrukce

Ztělesněná míra

- je zařízení k určení nebo reprodukování jedné nebo více známých hodnot dané veličiny
- např. koncová měrka, závaží, referenční materiál

Podle způsobu vyjádření měřené veličiny se měřicí přístroje dělí na:

- analogové
- digitální

Analogový přístroj

- sleduje měřenou veličinu plynule a průběh jejího údaje v závislosti na čase je obdobný průběhu měřené veličiny
- jsou převážně výchylkové, mohou však být uspořádány jako číslicové

Digitální přístroj

- vytváří signál podle stejně velkých jednotek, tzv. digitů, na které se dá rozdělit hodnota měřené veličiny
- rozlišitelnost přístroje je totožná s hodnotou jednoho digitu

Měřicí rozsah

- je soubor hodnot měřených veličin, pro které se předpokládá, že chyba měřicího přístroje leží v rozsahu specifikovaných mezních hodnot



Metodika měření a vyhodnocování

Základní popis měřícího zařízení

Multisenzorová měřící technika je určena zejména pro měření délek, tj. pro všechny rozměry strojírenských součástek a výrobků ve všech třech osách X, Y, Z. Základní prvek zařízení je senzor (snímač), v našem případě kamera a mechanická dotyková sonda, díky níž určíme polohu měřeného bodu v prostoru. Vyhodnocovací zařízení vypočítá vzájemnou polohu dvou nebo více měřených tvarů. Hledanou hodnotu (= rozdíl polohy hledaných bodů) určíme okótováním těchto bodů na „výkrese“.

Princip měření mechanickou dotykovou sondou, kamerou

a) Obecný postup dotykového 3D měření

V zásadě je dotykové 3D měření zachycení daného bodu v prostoru. Body leží na povrchu měřené součásti a jejich poloha je jednoznačně určena souřadným systémem x, y, z.

b) Obecný postup měření bezdotykového (kamerou)

Z principu lze kamerou měřit pouze plochu (obvykle v ose XY). Měření je bezdotykové. Body v souřadném systému XY určující tvar a polohu součásti jsou definovány na základě kontrastu měřených ploch.

Princip vyhodnocování měření dotekem x kamerou

a) Vyhodnocování dotykového 3D měření

Soustava bodů jednoznačně určuje kontrolované rozměry součástky. Konstrukce stroje umožňuje tyto rozměry definovat i graficky znázornit včetně určení tolerancí tvaru, polohy i vlastního rozměru.

b) Vyhodnocování měření bezdotykového (kamerou)

Soustava bodů jednoznačně určuje kontrolované rozměry součástky. Technické vlastnosti kamery umožňují tyto rozměry definovat i graficky znázornit včetně určení tolerancí tvaru, polohy i vlastního rozměru. Měření lze provádět pouze ve 2D.

Základní rozdíl dotykového a bezdotykového měření je patrný z předešlého textu; další rozdíl je v přesnosti (beru přímo použité měřící zařízení). U bezdotykového měření výrobce udává přesnost 7,5 μm a rozlišitelnost 0,001 mm. U mechanické dotykové sondy je přesnost i rozlišitelnost větší - přesnost 2,5 μm a rozlišitelnost 0,0005 mm



Použité měřicí zařízení

Měření bude prováděno na stroji *Baty Venture model CNC*. Stroj je opatřen dotykovou sondou a pro bezdotykové měření je opatřen kamerou. Výstupem je grafické zobrazení měřeného vzorku (barevné rozlišení bodů v toleranci a mimo ni).

Rozměr stolu: 300mm x 300mm, rozsah osy Z: 165mm

Rozlišitelnost dotyková sonda - 0,0005 mm

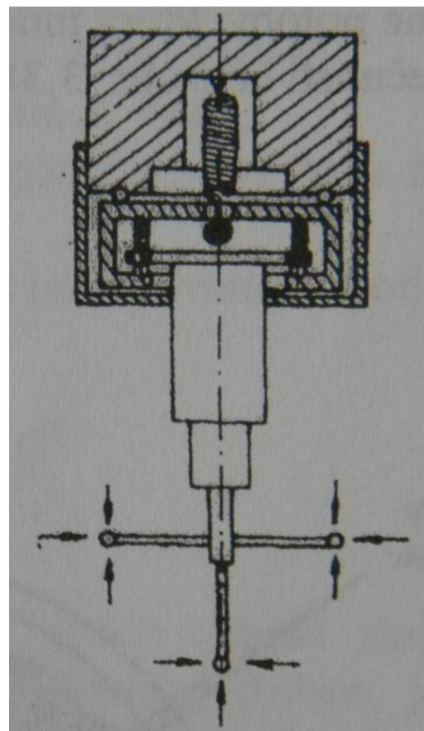
Rozlišitelnost kamera – 0,001mm

Metodika měření bezdotykového (kamerou)


Kamera pracuje na principu kontrastu (stínová metoda). Na měřicí stůl, který je zpravidla skleněný, se umístí měřená součástka. Pro měření důležité světlo je umístěno uvnitř stolu i v tubusu kamery (různé součástky potřebují různě nasvítit). Pro naši měřenou součástku (koncová měrka) stačilo světlo umístěno ve stole. Kamerou najedeme nad měřenou plochu a objeví se hranice světla a stínu na Monitoru 1. Hranici musíme přesně zaostřit, chyba při zaostřování byla nulová, všechny výsledky vyšly stejně. Následné měření spočívá v tom, že v softwaru zvolíme, co chceme měřit (bod, přímka, oblouk...) a klikneme na hranici světla a stínu; pro bod jednou, pro přímku dvakrát. Software naměřený bod zapíše na Monitor 2. Poté přejedeme kamerou nad druhou měřenou plochu koncové měrky a postup měření bodu opakujeme. Až máme oba protilehlé body vykresleny na Monitoru 2, můžeme je jednoduše okótovat a tím zjistíme požadovanou naměřenou hodnotu.

Metodika měření mechanickou dotykovou sondou

Při měření mechanickou dotykovou sondou postupujeme takto. Opět umístíme měřený objekt na měřicí stůl. Poté musíme v měřicím softwaru označit, kterým měřicím hrotem chceme měřit. Dále zvolíme, jestli budeme měřit bod, přímku, oblouk, plochu aj. a najedeme měřicím hrotem co nejbližší k měřené ploše součástky. Zmáčkne tlačítko na ovládacím joysticku pro naměření hodnoty (je to jemné najetí a následný dotek hrotu na měřenou plochu). Naměřený bod se nám vykreslí na Monitoru 2 jako při měření kamerou. Dále přejedeme na druhou stranu koncové měrky a určíme (změříme) bod na druhé měřené ploše koncové měrky. Opět můžeme oba body okótovat a máme požadovanou naměřenou hodnotu. Na obr..2.1. je schéma mechanické dotykové sondy.



Obr 2.1.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Vyhodnocování měření

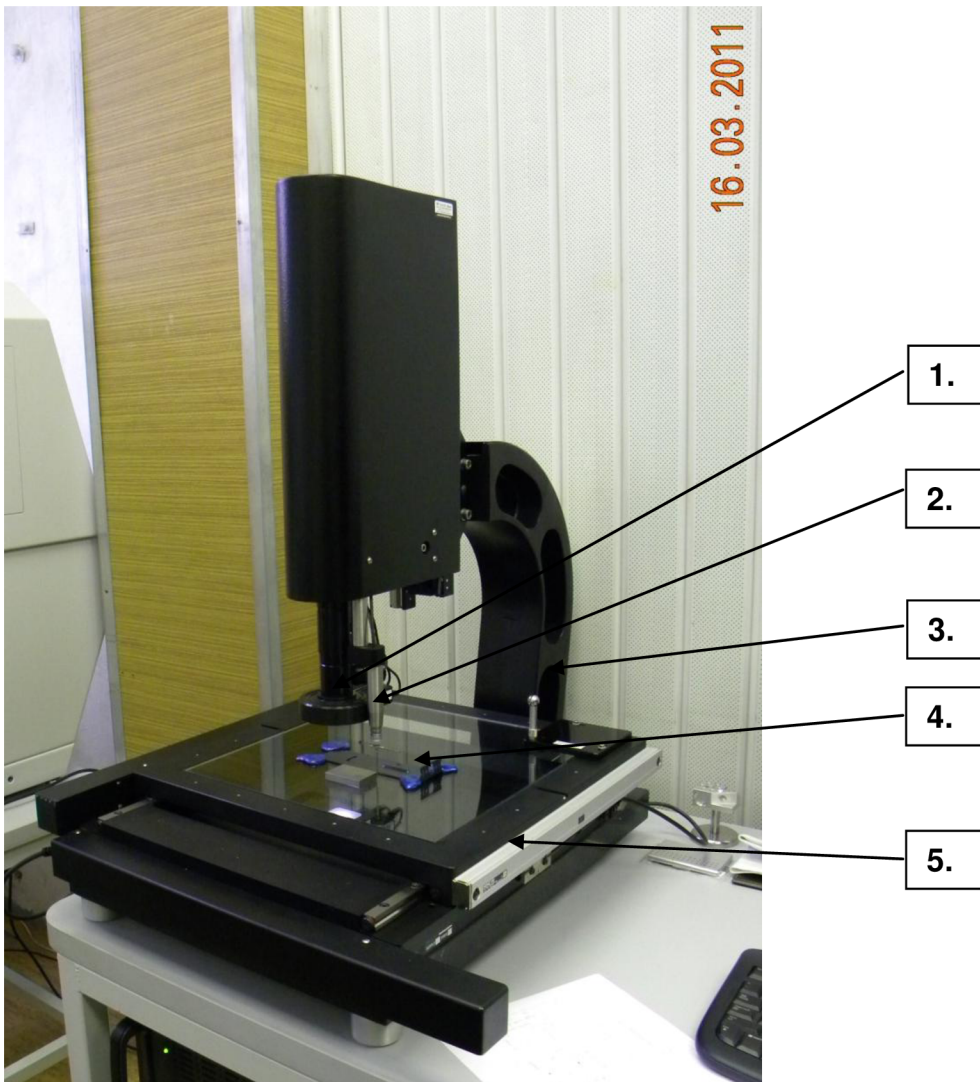
Aby se vyhodnotila přesnost měření kamerou a mechanickou dotykovou sondou, byla použita metoda Hodnocení podle c_g , c_{gk} v našem případě byla metoda upravena. Proměříme koncovou měрку a to tak, že budeme opakovaně najíždět na jeden bod na jedné funkční ploše koncové měřky a na jemu odpovídající bod na druhé funkční ploše a zapisovat naměřené hodnoty. Tento postup budeme opakovat celkem třicetkrát kamerou i mechanickou dotykovou sondou. Následně hodnoty zapíšeme do tabulky ve vyhodnocovacím archu a vypočítáme střední hodnotu \bar{x}_g , směrodatnou odchylku s_g . Dále položím c_g a c_{gk} rovno 1,33 (minimální hodnota při které měřidlo vyhovuje) a zpětně vypočtu tolerance.

Metoda samotná je dále popsána v textu v kapitole 3.2.



3. Provedení experimentů a jejich vyhodnocení

Měření se provádí ve firmě TM Technik na stroji Baty Venture 3D CNC



Obr 3.1.

1. Snímač 1 – kamera
2. Snímač 2 – dotyk
3. Nosník – umožňuje pohyb v ose Z (zaostřování přístroje nebo přesný nájezd dotyku na měřenou součástku); jsou na něm vertikálně uchyceny snímače
4. Měřená součást
5. Pohyblivý stůl – umístění součástky a pohyb v ose X a Y



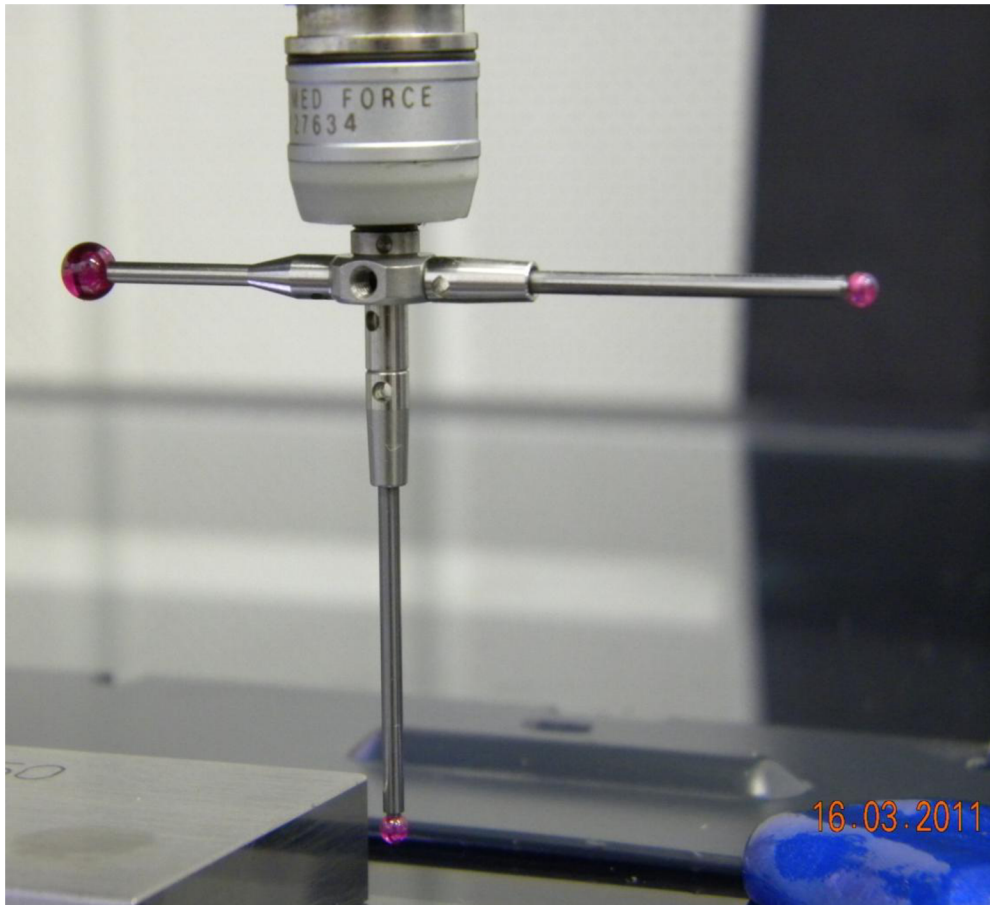
1.

2.

3.

Obr 3.2.

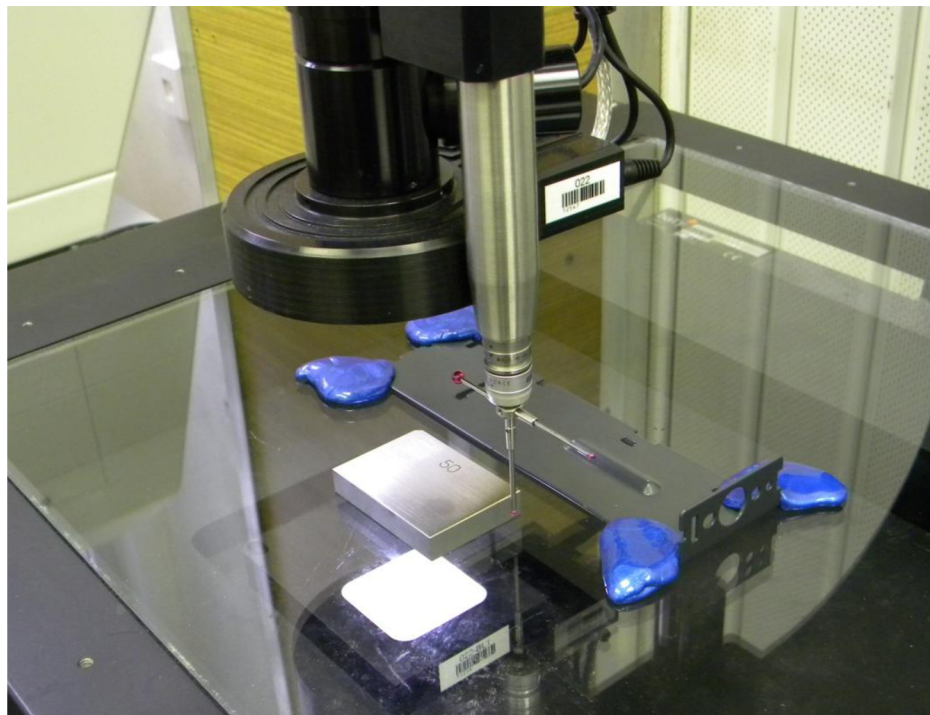
1. Monitor 1 – zobrazuje vidění kamery a provádí se na něm měření
2. Joystick – ovládání stolu (posuv osy X a Y) a posuv měřiče v ose Z a jemné najetí měřiče dotyku na měřenou součástku
3. Monitor 2 – zobrazení výsledků měření, jak zobrazení výstupu z dotyku, tak i z kamery.



Obr 3.3.

Na obr. 3. 3. je detail mechanické dotykové sondy, která je složena z hlavice pro upnutí doteku a doteku samotného. Dotek je složen ze stopky, na konci které je měřicí hrot, většinou rubínová kulička různého průměru (případně disk nebo válec).

Určení polohy bodu v prostoru a jeho následného zapsání na monitor dojde při dotyku měřicího hrotu a měřené součástky.



Obr 3.4.

Na obr. 3. 4. je mechanický měřicí dotyk ve snímací poloze. Vedle něj je na nosníku umístěn tubus s kamerou, která ve druhé fázi může změřit tentýž bod na předmětu. Kamera měří na principu kontrastu, a proto je velmi důležité světlo; jedno je umístěno ve stole a druhé přímo v tubusu kamery. Tyto světla lze velmi jednoduše ovládat z ovládacího PC (softwaru). Dále je v tubusu umístěno i přibližovací zařízení, které je velmi důležité při zaostřování měřeného předmětu. Přiblížení musí být optické, ne digitální, protože by se jenom zvětšily pixely a výsledná naměřená hodnota by nebyla použitelná. Měření kamerou se používá při měření velmi malých nebo tvarově složitých součástí, kde je dotyk nepoužitelný. Kamera snímá body, které „vidí“ a zobrazuje je na Monitor 1 a zaznamenává ho měřicí software.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Měřicí přístroj Bathy Venture 3D CNC je osazen oběma měřicími zařízeními (dotykem i kamerou); říkáme, že je to multisenzorové měřicí zařízení.

Multisenzorové měřicí zařízení má velké výhody, můžeme měřit malé i tvarově složité součástky najednou kamerou i dotekem. Kde nelze použít jedna technika použijeme druhou a to na jedno „upnutí“ součástky. Právě kvůli tomu je velmi složité provést srovnání těchto dvou měřících zařízení, protože kde lze použít jedno nelze druhé a naopak. Výstupní hodnoty z obou měřících technik se zobrazují na Monitoru 2 a lze výsledné body vzájemně měřit a srovnávat.

[2]



3.1. Provedení vlastního měření

Pro vyhodnocení přesnosti měření se měřila za podmínek opakovatelnosti 30x koncová měrka která sloužila jako etalon realizující přesnou délku.

Nejprve umístíme na stůl přístroje měřenou součástku a zajistíme ji, aby se neposunula, případně ji vyrovnáme do vodorovné roviny.

Poté musíme určit referenční geometrii, aby software „věděl“ s čím má naměřené hodnoty srovnávat. Můžeme ji určit dotykem nebo kamerou. Zpravidla určujeme jednu plochu pomocí čtyř bodů a dvě na sebe kolmé přímky.

Dále už můžeme měřit dotekem nebo kamerou potřebné rozměry, které se budou zobrazovat na Monitoru 2 jako body, případně přímky (plochy), a můžeme je okótovat, čímž získáme požadovanou hodnotu. Takto se dá velice jednoduše vykreslit výkres, který můžeme brát jako požadovaný výstup.

Proměrování koncové měrky

Definice koncových měrek dle ČSN EN ISO 3650

Koncová měrka

- ztělesněná míra pravoúhlého průřezu, vyrobená z materiálu odolného proti opotřebení, s jedním párem rovinných navzájem rovnoběžných měřících ploch, které mají schopnost přilnout k měřícím plochám jiných měrek nebo pomocným rovinným destičkám.

[1]

Délka koncové měrky I

- kolmá vzdálenost určitého bodu měřící plochy měrky a plochy pomocné rovinné destičky ze stejného materiálu a se stejnými povrchovými vlastnostmi, na kterou je druhá měřící plocha měrky přilnuta nasunutím.

[1]

Volba koncové měrky

Měřidlo : Koncové měrky
Výrobce : Zeiss
Rozsah : 0,5-100 mm zvolena měrka o rozměru 50,0mm
Identifikační číslo : 30 130
Sekundární řád : 4

Etalon : Sekundární etalon 2. Řádu ČMI IO Brno,
Sada koncových měrek 0,5 – 100 mm Somet Z4-95 201



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

D018/00.

Etalon ověřen v ČMI OI-Liberec, OL č. CM 431-OL-

Podmínky měření :Měření provedeno porovnávací metodou na přístroji TESA Modul.
Teplota vzduchu v laboratoři $20 \pm 0,3^\circ\text{C}$

Metoda měření :Měření se uskutečnilo podle pracovního postupu ČMI OI Brno č. 601-MP-C003-01

Nejistota měření : $U = (0,2 + 2L) \mu\text{m}$, L je jmenovitá délka v m

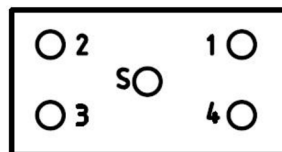
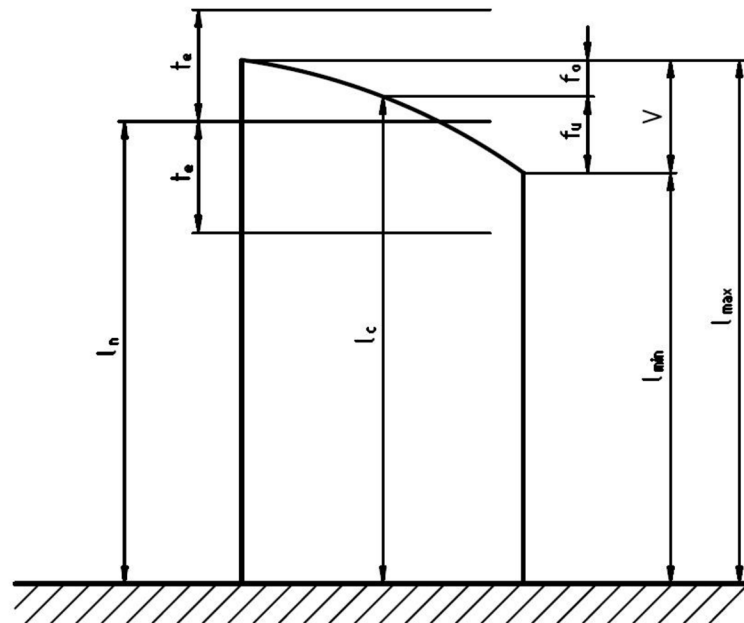
Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA4/02

Dovolená úchylka jmenovité délky $t_e = \pm 0,8 \mu\text{m}$ a tolerance pro rozpětí délky $t_v = 0,3 \mu\text{m}$. Systematická chyba měřidla podle kalibračního listu je $-0,17 \mu\text{m}$.

Konvenčně pravá hodnota délky = jmenovitá délka + odchylka s uvedeným znaménkem
 $50 - 0,00017 = 49,99983 \text{ mm}$



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr 3.5.

Na Obr 3. 5. je znázorněna koncová měrka a její popis dle rozměrů

- l_n – jmenovitá délka
- l_c – středová délka
- v - rozpětí délky (rozdíl mezi největší l_{max} a nejmenší l_{min} délkou koncové měrky)
- t_e – dovolená úchylka jmenovité délky

[1]



3.2. Hodnocení podle c_g , c_{gk}

Tento postup slouží pro hodnocení měřidel, kde nedochází k ovlivnění výsledků měření obsluhou. Měření samotné zajišťuje stroj Baty Venture 3D CNC. Hodnocení se posuzuje podle strannosti a opakovatelnosti.

Při aplikaci této metody se musí dodržet tyto podmínky:

- minimálně třicet opakování měření kontrolního etalonu
- měření provádí jedna osoba
- měření se realizuje jedním měřidlem
- měření se realizuje jedním postupem
- během měření jsou zajištěny stejné podmínky
- měření probíhá v relativně krátkém časovém intervalu

Strannost

Je rozdíl mezi přijatou referenční hodnotou a střední hodnotou výsledků zkoušek. Strannost je míra systematické chyby. Pro kvantifikaci strannosti je třeba získat konvenčně pravou hodnotu znaku, která se získá zpravidla pomocí referenčního etalonu.

Jestliže je strannost výsledků měření příliš velká, je nutno prověřit potenciální příčiny:

- chyba etalonu
- opotřebení měřidla
- měřidlo není vyrobeno pro daný rozměr
- nesprávná kalibrace
- vliv operátora
- vliv prostředí

Opakovatelnost

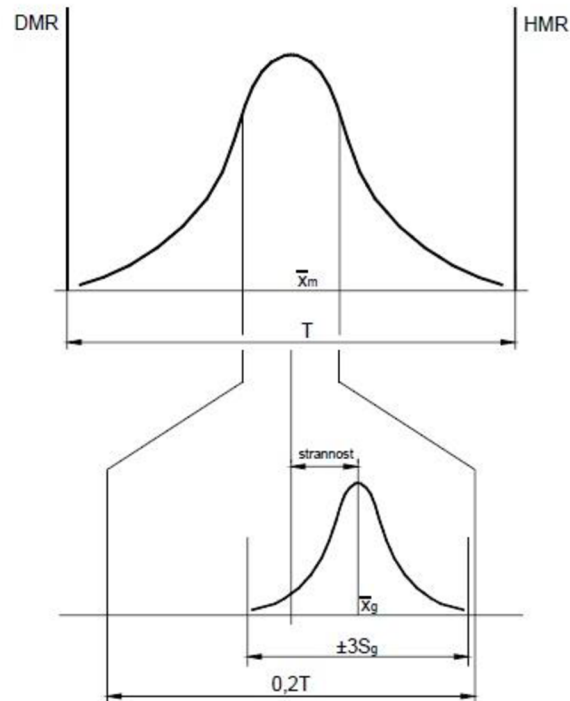
Před hodnocením opakovatelnosti je konzistentní variabilita vlastního systému (systém je zvládnut). Zdrojem neopakovatelnosti bývá obvykle měřidlo a variabilita polohy měřeného objektu v měřidle. Tyto skutečnosti nejvíce ovlivňují velikost rozpětí výsledků opakovaných měření za stejných podmínek. Opakovatelnost se kvantifikuje pomocí parametru rozptylu výsledků měření. V případě příliš velkého rozptylu je nutno provést rozbor příčin a jejich následné odstranění.

[3]

Při našich výpočtech byla použita upravená metoda c_g , c_{gk} která je blíže popsána níže



Koncová měrka je etalon a položili jsme ji jako střed tolerance měřeného rozměru.



Obr 4.1. grafické znázornění C_g , C_{gk}

Metoda c_g , c_{gk} slouží pro hodnocení spolehlivosti kontrolních procesů při kontrole dané délky s danou tolerancí. Kontrolní proces je vyhovující, jestliže pro hodnoty parametrů platí:

$$C_g > 1,33$$

$$C_{gk} > 1,33.$$

Z definice obou parametrů vyplývá, že:

$$C_g \geq C_{gk},$$

proto pro vyhodnocení daného procesu je vždy rozhodující parametr C_{gk} .

V našem případě byla metoda upravena tak, že hodnoty parametrů

$$C_g = C_{gk} = 1,33$$

a z daných vztahů byly vypočítány hodnoty minimálních tolerancí. Které mohou tyto metody spolehlivě kontrolovat.

**Výpočty:**a) pro dotyk: x_g – Výběrový průměr výsledků měření kontrolního etalonu

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} x_i = \frac{1}{30} \cdot (0,000 + \dots + 0,000) = \mathbf{0,0005}$$

 s_g – výběrová směrodatná odchylka výsledků měření kontrolního etalonu

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2} = \sqrt{\frac{1}{30-1} \sum_{i=1}^{30} (x_i - \bar{x}_g)^2} =$$
$$= \sqrt{\frac{1}{30-1} \cdot [(0,000 - 0,0005)^2 + \dots + (0,000 - 0,0005)^2]} = \mathbf{0,000731mm}$$

Opakovatelnost je dána vztahem $c_g = \dots$

$$c_g = \frac{0,2 \cdot T}{6 \cdot s_g} = 1,33$$
$$T = \frac{6 \cdot c_g \cdot s_g}{0,2} = \frac{6 \cdot 1,33 \cdot 0,000731}{0,2} = \mathbf{0,0300mm}$$

Strannost je dána vztahem $c_{gk} = \dots$

$$c_{gk} = \frac{0,1 \cdot T - |\bar{x}_g - x_m|}{3 \cdot s_g} = 1,33$$
$$T = \frac{c_{gk} \cdot 3 \cdot s_g + |\bar{x}_g - x_m|}{0,1} =$$
$$= \frac{1,33 \cdot 3 \cdot 0,000731 + |0,0005 - (-0,00017)|}{0,1} = \mathbf{0,0360mm}$$



b) pro kameru:

x_g – Výběrový průměr výsledků měření kontrolního etalonu

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} x_i = \frac{1}{30} \cdot (0,001 + \dots + 0,000) = \mathbf{0,00067mm}$$

s_g – výběrová směrodatná odchylka výsledků měření kontrolního etalonu

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2} = \sqrt{\frac{1}{30-1} \sum_{i=1}^{30} (x_i - \bar{x}_g)^2} =$$
$$= \sqrt{\frac{1}{30-1} \cdot [(0,001 - 0,00067)^2 + \dots + (0,000 - 0,00067)^2]} = \mathbf{0,000962mm}$$

Opakovatelnost je dána vztahem $c_g = \dots$

$$c_g = \frac{0,2 \cdot T}{6 \cdot s_g} = 1,33$$
$$T = \frac{6 \cdot c_g \cdot s_g}{0,2} = \frac{6 \cdot 1,33 \cdot 0,000962}{0,2} = \mathbf{0,0400 mm}$$

Strannost je dána vztahem $c_{gk} = \dots$

$$c_{gk} = \frac{0,1 \cdot T - |\bar{x}_g - x_m|}{3 \cdot s_g} = 1,33$$
$$T = \frac{c_{gk} \cdot 3 \cdot s_g + |\bar{x}_g - x_m|}{0,1} =$$
$$= \frac{1,33 \cdot 3 \cdot 0,000962 + |0,00067 - (-0,00017)|}{0,1} = \mathbf{0,0470mm}$$



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

 C_g, C_{gk} - Vyhodnocovací protokol

Měřicí přístroj	Baty venture 3D CNC – mechanická dotyková sonda	Měřená součást	koncová měrka
Inventární číslo		Výkres	
Rozměr	50,00mm	Tolerance	

Střední hodnota $\bar{x}_g = 0,0005mm$ Směrodatná odchylka $S_g = 0,000731mm$ Opakovatelnost měřidla: $C_g = 1,33$ Strannost měřidla: $C_{gk} = 1,33$

	Toleranční pole	
	Tol < 50 μm	Tol > 50 μm
Měřidlo vyhovuje <input type="radio"/>	$C_g, C_{gk} \geq 1$	$C_g, C_{gk} \geq 1,33$
Měřidlo podmíněně vyhovuje <input type="radio"/>	$C_g, C_{gk} < 1$	$C_g, C_{gk} < 1,33$
Měřidlo nevyhovuje <input type="radio"/>		
Podmíněně uvolnil:	Podpis:	Datum:

Odůvodnění:

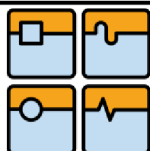
Číslo měření	Úchylky od jmenovité délky v mm					
1 - 6	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001
7 - 12	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
13 - 18	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001
19 - 24	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001
25 - 30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Datum:

Podpis:

Míra spolehlivosti = 99,73%

Musí být provedeno minimálně 30 měření



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

 C_g, C_{gk} - Vyhodnocovací protokol

Měřicí přístroj	Baty venture 3D CNC – kamera	Měřená součást	koncová měrka
Inventární číslo		Výkres	
Rozměr	50,00mm	Tolerance	

Střední hodnota $\bar{x}_g = 0,00067mm$ Směrodatná odchylka $s_g = 0,000962mm$ Opakovatelnost měřidla: $c_g = 1,33$ Strannost měřidla: $c_{gk} = 1,33$

	Toleranční pole	
	Tol < 50 μm	Tol > 50 μm
Měřidlo vyhovuje <input checked="" type="radio"/>	$C_g, C_{gk} \geq 1$	$C_g, C_{gk} \geq 1,33$
Měřidlo podmíněně vyhovuje <input type="radio"/>	$C_g, C_{gk} < 1$	$C_g, C_{gk} < 1,33$
Měřidlo nevyhovuje <input type="radio"/>		
Podmíněně uvolnil:	Podpis:	Datum:

Odůvodnění:

Číslo měření	Úchylky od jmenovité délky v mm					
1 - 6	0,001	0,002	0,000	0,003	0,001	0,000
7 - 12	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,002
13 - 18	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000
19 - 24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
25 - 30	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000

Datum:

Podpis:

Míra spolehlivosti = 99,73%

Musí být provedeno minimálně 30 měření



4. Závěr

Cílem práce bylo srovnání dotykového a bezdotykového měřicího zařízení, a to na stroji Baty Venture 3D CNC, proměření koncové měrky (etalonu) a následné vyhodnocení výsledků.

První kapitola byla pojata jako základní seznámení s pojmy v metrologii a statistice.

Druhá kapitola byla zaměřena na seznámení s měřícím strojem a na popis metodiky měření, které bylo prováděno ve firmě TM Technik. Třetí kapitola je popis a výpočet samotného měření.

Vypočtené výsledky:

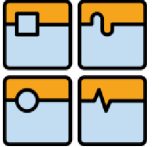
Tolerance pro mechanickou dotykovou sondu vyšla u opakovatelnosti $T=0,0300\text{mm}$ a u strannosti $T=0,0360\text{mm}$

Tolerance pro bezdotykové měření kamerou vyšla u opakovatelnosti $T=0,0400$ a u strannosti $T=0,0470\text{mm}$.

Tolerance u strannosti (c_{gk}) je důležitější, proto ji bereme jako stěžejní.

Při tomto měření bylo ověřeno, že dotykové měření je přesnější (udává to i výrobce).

Měřidla jsou způsobilá právě pro tyto vypočtené tolerance.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

- [1] Prof. Ing. Jaroslav Čech, CSc, Doc. Ing. Jiří Perníkář, CSc. Ing. Kamil Podaný, Ph.D.: Strojírenská Metrologie I, 3 vyd. Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o. Brno, ISBN 978-80-214-4010-4
- [2] Česká metrologická společnost: Měřicí technika pro kontrolu jakosti
- [3] Doc. Ing. Jiří Perníkář, CSc. Doc. Ing. Miroslav Tykal, CSc.: Strojírenská Metrologie II, 1 vyd. Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o. Brno, ISBN 80-214-3338-8

**SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN:**

Veličina	Symbol	Jednotka
Střední hodnota	\bar{x}	[mm]
Směrodatná odchylka	S_g	[mm]
Jmenovitá délka koncové měrky	l	[mm]
Nejistota měření	U	[mm]
Dovolená úchylka jmenovité délky	t_e	[mm]
Tolerance pro rozpětí délek	t_b	[mm]
Koeficient pro opakovatelnost	C_g	[mm]
Koeficient pro strannost	C_{gk}	[mm]
Tolerance	T	[mm]