

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Zabezpečování jakosti

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Kompenzace přesnosti kruhové interpolace CNC strojů
analytickými nástroji řídicích systémů**

Autor: **Tomáš Gillich**

Vedoucí práce: **Ing. Zdeněk Pospěch Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

Prohlášení o autorství

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

„Kompenzace přesnosti kruhové interpolace CNC strojů analytickými nástroji řídicích systémů.“

vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeněka Pospěcha Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární i odborné zdroje.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Anotační list k diplomové práci

AUTOR	Příjmení Gillich	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ OBOR	N 2301 „Strojní inženýrství“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Pospěch Ph.D.	Jméno Zdeněk	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Kompenzace přesnosti kruhové interpolace CNC strojů analytickými nástroji řídicích systémů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	76	TEXTOVÁ ČÁST	76	GRAFICKÁ ČÁST	
---------------	----	---------------------	----	----------------------	--

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Představení firmy, historie, současnost, produkty a reference Přesnost kruhové interpolace, nejčastější chyby obráběcích strojů Metody měření kruhové interpolace Popis měřených strojů, průběhy testů Analýza naměřených hodnot
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Kruhová interpolace, řídicí systém, obráběcí stroj, Ballbar, analýza

Summary of diploma sheet

AUTHOR	Surname Gillich	Name Tomáš	
FIELD OF STUDY	N2301 "Mechanical Engineering"		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Pospěch Ph.D.	Name Zdeněk	
INSTITUTION	ZČU - FST – KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Compensation of circular interpolation accuracy in CNC machines by means of control systems analytical tools		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	76	TEXT PART	76	GRAPHICAL PART	
----------------	----	------------------	----	-----------------------	--

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Company profile, history, present, products and references Accuracy of circular interpolation, the most common errors of machine tools Methods of measurement of circular interpolation Popis měřených strojů, průběhy testů Analysis of measured values
KEY WORDS	Circular interpolation, control system, machine tool, Ballbar, analysis

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Zdeňku Pospěchovi Ph.D a konzultantovi ze společnosti ŠKODA MACHINE TOOL Ing. Petru Sekerkovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	10
SEZNAM SYMBOLŮ.....	11
ÚVOD	12
1 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI ŠKODA MACHINE TOOL	13
1.1 O společnosti.....	13
1.2 Historie.....	13
1.3 Současnost.....	13
1.4 Reference	14
1.5 Produkty	14
2 PŘESNOST KRUHOVÉ INTERPOLACE.....	18
2.1 Vzájemná poloha dvou pohonů na stroji	18
2.2 Lineární interpolace v rovině.....	19
2.3 Kruhová interpolace	20
2.3.1 Chyba při kruhové interpolaci na poloměru R_0	21
2.3.2 Vliv různosti polohového zesílení na přesnost kruhové interpolace	22
2.3.3 Vliv nekolmosti vedení na přesnost kruhové interpolace.....	23
2.3.4 Chyby měření způsobené obousměrnou opakovatelností	23
2.3.5 Chyba způsobená vlivem roztažení nebo smrštění lineární stupnice nebo kuličkového šroubu	24
2.3.6 Cyklická chyba způsobená lineárním odměřováním nebo kuličkovým šroubem	24
2.3.7 Cyklická chyba způsobená vibracemi ovlivňující snímače polohy a snímače rychlosti	25
2.3.8 Chyba způsobená vůlí v ose X (platí i pro ostatní osy).....	25
2.3.9 Chyba způsobená kompenzační vůlí	26
2.3.10 Chyba kompenzace přesnosti odměřování	26
2.3.11 Chyba pravoúhlosti mezi dvěma kolmými osami	27
2.3.12 Chyba přímosti vedení	27
2.3.13 Chyba způsobená špatným ustavením stroje do základů.....	28
2.3.14 Chyba způsobená elastickou deformací těla obráběcího stroje změnou polohy těžiště	28
2.3.15 Chyba způsobená zvýšením tření vlivem špatného mazání ložisek	29

2.3.16 Chyba způsobená ztrátou pohyblivosti řídicích mechanismů	29
2.3.17 Chyba způsobená zatuhnutím pohonů.....	30
2.3.18 Chyba způsobená zadrháváním suportů	30
2.3.19 Chyba způsobená neshodou polohového zesílení	31
2.3.20 Chyba způsobená vibracemi vlivem řetězových nebo hydraulických posuvů	31
2.3.21 Chyba způsobená levitací suportů vlivem hydrodynamické síly	32
2.3.22 Chyba měření způsobená gravitací.....	32
3 METODY MĚŘENÍ PŘESNOSTI KRUHOVÉ INTERPOLACE.....	34
3.1 ČSN ISO 230-4	34
3.2 Měření kruhové interpolace pomocí speciálních měřících přístrojů	37
3.2.1 Heidenhain	37
3.2.2 Renishaw	38
3.2.3 API Sensors.....	40
3.3 Měření kruhové interpolace pomocí řídicího systému obráběcího stroje	40
4 POSOUZENÍ RELEVANTNOSTI VÝSLEDKŮ PŘESNOSTI KRUHOVÉ INTERPOLACE STANOVENÉ ŘÍDICÍM SYSTÉMEM.....	41
4.1 Plán experimentu	41
4.2 Naměřené hodnoty	44
4.2.1 HCW2 17. 1. 2012	44
4.2.2 FCW150 6. 4. 2012	47
4.2.3 HCW3 27. 4. 2012	50
4.2.4 WEA160 9. 5. 2012.....	53
4.2.5 WEQ200NC 10. 5. 2012	55
4.2.6 W200H-1 10. 5. 2012.....	58
4.2.7 W200H-1 10. 5. 2012.....	61
4.3 Analýza výsledků.....	63
4.3.1 HCW2	63
4.3.2 FCW150.....	63
4.3.3 HCW3	64
4.3.4 WEA160.....	65

4.3.5 WEQ200NC	65
4.3.6 W200H-1	66
4.3.7 W200H-2	66
4.3.8 Vyhodnocení analýzy	67
ZÁVĚR	69
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	70
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	74
SEZNAM PŘÍLOH	76

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACCOM	software spol. Heidenhain
a. s.	akciová společnost
CNC	číslicové řízení počítačem (computer numeric control)
ČSN	česká soustava norem
FCW	řada strojů ŠMT
HCW	řada strojů ŠMT
ISO	mezinárodní organizaci zabývající se tvorbou norem (International Standard Organisation)
KGM	mřížkový snímač společnosti Heidenhain
PC	osobní počítač (personal computer)
SR	řada strojů ŠMT
s. r. o.	společnost s ručením omezeným
ŠMT	ŠKODA MACHINE TOOL
TDV	otočný stůl ŠMT
NC	číslicové řízení (numeric control)

SEZNAM SYMBOLŮ

Jednotka	Značka	Popis
Milimetr	H	Kruhová hystereze
Milimetr	G	Úchylka kruhovitosti
Milimetr	F	Radiální úchylka

ÚVOD

Tématem této diplomové práce je problematika přesnosti kruhové interpolace CNC strojů se souvislým řízením ve společnosti ŠKODA MACHINE TOOL, a.s. Konkrétně jsem se ve své práci zaměřil na porovnání výsledků zkoušky kruhové interpolace změřené diagnostickými nástroji řídicího systému obráběcího stroje a výsledků zkoušky kruhové interpolace změřené pomocí teleskopického systému Ballbar od společnosti Renishaw. Hlavním problémem, kterým se práce zabývá, je analýza naměřených hodnot a odhalení příčin různorodosti výsledků použitých metod. Toto téma bylo zadáno společností ŠKODA MACHINE TOOL, a.s., pro zjištění přesnosti zkoušky kruhové interpolace a tím zpřesnění obráběcích strojů a také pro zajištění konkurenceschopnosti.

1 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI ŠKODA MACHINE TOOL

1.1 O společnosti

Firma ŠKODA MACHINE TOOL je akciovou společností, jejímž předmětem podnikání je podle výpisu z obchodního rejstříku zámečnictví, projektování elektrických zařízení, nástrojářství povrchové úpravy a svařování kovů a dalších materiálů, kovoobráběčství, výroba strojů a zařízení pro využití mechanické energie, poskytování software a poradenství v oblasti hardware a software, výzkum a vývoj v oblasti přírodních a technických věd nebo společenských věd, příprava a vypracování technických návrhů velkoobchod testování, měření, analýzy a kontroly. [10]

1.2 Historie

Podnik ŠKODA byl založen v roce 1859 a již koncem 19. století se dostal mezi přední strojírenské závody v Evropě. Růst podniku na počátku 20. století si vyžádal vznik nového oboru – konstrukce a výroba obráběcích strojů. První unikátní obráběcí stroje byly vyrobeny v roce 1911. Zpočátku šlo o obráběcí stroje pro vlastní potřebu. Po 1. světové válce byla zahájena výroba obráběcích strojů pro tuzemské i zahraniční zákazníky. Během 2. světové války došlo v tomto oboru k útlumu. S koncem války však přišel opět rozvoj oboru, kdy byl doplněn moderními konstrukčními prvky. V poválečné době byla v podniku vyvinuta a vyrobena celá řada strojů, které se ve své době řadily mezi světovou špičku. V 90. letech byl vytvořen společný podnik ŠKODA MACHINE TOOL – DÖRRIES SCHARMANN GROUP, s. r. o. V této době bylo vytvořeno speciální pracoviště a byly vyvinuty a vyrobeny nové typy soustruhů. V roce 1996 se stala tehdejší ŠKODA a.s. majoritním vlastníkem společnosti. Změna majoritního vlastníka nastala v roce 2005, kdy se vlastníkem 98% podílu společnosti stala společnost TELONIA TRADING LIMITED. S novým vlastníkem získala ŠMT silné kapitálové zázemí pro svůj další rozvoj. V roce 2007 byla založena EASTERN SKODA MACHINE TOOL MODERNIZATION CO., LTD. Poslední změna v podniku proběhla v březnu 2011 kdy ŠMT vstoupila do skupiny ALTA. Tato skupina je jednou z nejvýznamnějších českých výrobně-engineeringových společností v oblasti strojírenství. [9]

1.3 Současnost

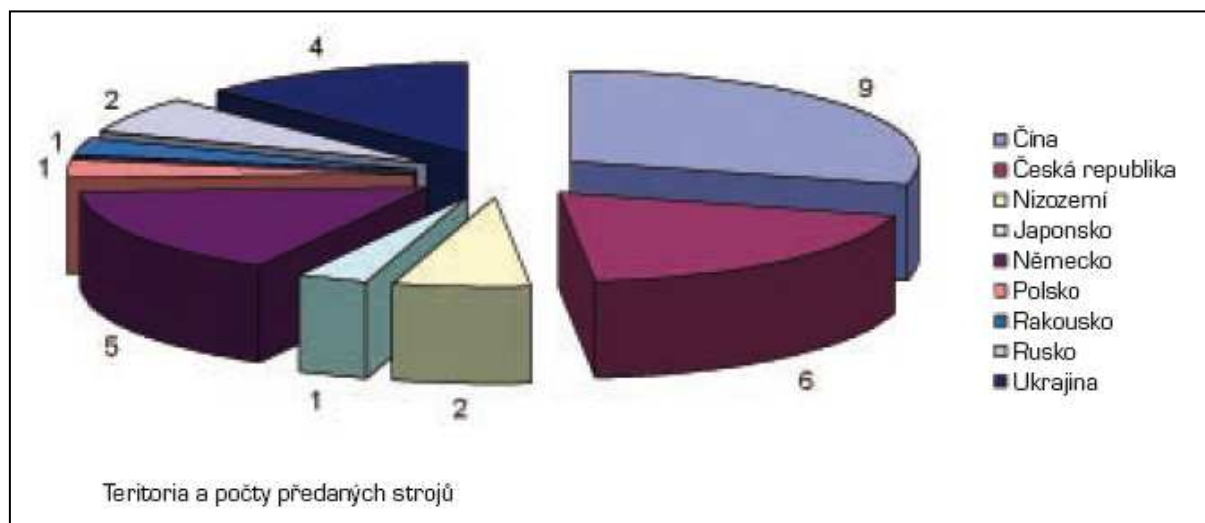
Před několika lety ŠKODA MACHINE TOOL zcela inovovala svoje klíčové výrobky, ty jsou neustále zdokonalovány. ŠMT vytvořila zcela nové těžké horizontální vyvrtávačky typu HCW, které doplnila lehčí řadou horizontálních frézek typu FCW. Horizontková pracoviště je

možné vybavit otočnými stoly typu TDV a řadou různých frézovacích a vyvrtávacích hlav a dalšího příslušenství. Vznikly také nové řady těžkých soustruhů s označením SR. Ve všech případech se jedná o modulární stavebnicové řady, které dovolují rychle reagovat na potřeby zákazníků a umožňují také výstavbu speciálních pracovišť, např. pro opracování rotorů turbogenerátorů, rotorů parních turbin, těžkých klikových hřídelí a dalších těžkých a tvarově náročných obrobků. Společnost se snaží o neustálé zvyšování spolehlivosti a produktivity svých strojů formou generálních oprav a modernizací v rozsahu podle přání zákazníka. Společnost ŠMT se také stala držitelem certifikátu systému řízení kvality ISO 9001:2008. [10]

1.4 Reference

ŠMT má své zákazníky především v těchto zemích: Kanada, Švýcarsko, Korea, Německo, Itálie, Holandsko, Čína, Rusko. Jak lze vidět na následujícím grafu, tak nejčastějšími zákazníky jsou čínští a tuzemští zákazníci. [15]

Obr. č. 1: Teritoria zákazníků ŠMT



Zdroj: [15]

1.5 Produkty

Mezi technicky nejvyspělejší vyvrtávačky produkce ŠKODA patří stroje řady **ŠKODA HCW**. Tyto stroje jsou svým pracovním rozsahem, vysokým instalovaným výkonem a přesností určeny pro výkonné a přesné obrábění těžkých a rozměrných obrobků frézováním, vrtáním a vyvrtáváním. [11]

Obr. č. 2: Stroj řady ŠKODA HCW



Zdroj: [11]

Řada stojů **ŠKODA FCW** je nejlehčí řadou nové koncepce s vřeteníkem ve smykadlovém provedení. Tato řada představuje ve své velikosti nejmodernější koncepci. Pro pojezd v osách X, Y a Z jsou použita kompaktní valivá vedení zaručující vysokou dynamiku a přesnost. Vybavení NC řídicím systémem umožňuje využít vysoký stupeň automatizace, jako jsou automatické výměny nástrojů, automatická výměna technologického příslušenství, měřicí sondy pro proměňování obrobku a nástroje, kontroly zatížení, lomu a životnosti nástroje. [12]

Obr. č. 3: Stroj řady ŠKODA FCW



Zdroj: [12]

Řada těžkých horizontálních hrotových soustruhů ŠKODA SR představuje stroje moderní koncepce pro efektivní a přesné opracování rotačních obrobků vybavené NC řízením. K těmto strojům je dodáván široký sortiment příslušenství a přídatných zařízení (frézovací, brousící a vyvrtávací) pro speciální operace a komplexní opracování obrobku. [13]

Obr. č. 4: Stroj řady ŠKODA SR



Zdroj: [13]

Otočné stoly ŠKODA TDV slouží pro rozšíření technologických možností horizontkových pracovišť. Ve spojení s horizontálními frézovacími a vyvrtávacími stroji ŠKODA vytvářejí moderní, vysoce produktivní pracoviště pro opracování velmi složitých a komplikovaných obrobků skříňového a deskovitého tvaru. [14]

Obr. č. 5: Otočný stůl ŠKODA TDV



Zdroj: [14]

ŠKODA MACHINE TOOL ke všem svým strojům dodává bohatou škálu příslušenství, které podstatnou měrou rozšiřuje jejich technologické možnosti a zvyšuje produktivitu práce. Společnost dále nabízí technickou pomoc při sestavení optimálního pracoviště podle představ zákazníka či podle technologických požadavků na opracování zadaných obrobků.

2 PŘESNOST KRUHOVÉ INTERPOLACE

Kruhová interpolace je vlastně pohyb v rovině po kružnici o daném poloměru posuvovou rychlostí mezi dvěma body. Dnešním trendem je při obrábění složitých součástí provádět maximum možných operací na jednom stroji na jedno upnutí. Proto je snaha například nahrazovat soustružení válcových ploch frézováním, z toho důvodu je zapotřebí vysoké přesnosti kruhové interpolace. Tento trend zkracuje dobu obrábění. Nedochozí totiž k manipulaci s obrobkem a přeupínání na další stroj, to je hlavně u nadměrných obrobků složité.

2.1 Vzájemná poloha dvou pohonů na stroji

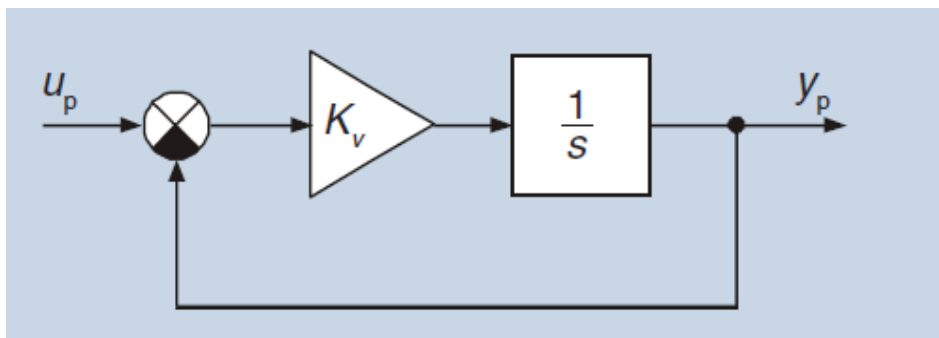
Pro nejčastější případ rovinného obrábění v souřadnicích x a y se stačí zabývat součinností dvou regulačních pohonů posuvů. Dynamiku regulační smyčky lze vyjádřit přenosovou funkcí prvního řádu mezi požadovanou polohou u_p a skutečnou polohou y_p ve tvaru:

$$F_p(s) = \frac{y_p(s)}{u_p(s)} = \frac{1}{\tau_v s + 1} = \frac{K_v}{s + K_v}$$

kde: K_v je rychlostní konstanta. [2]

Zjednodušené blokové schéma každého typu pohonu je znázorněno na následujícím obrázku.

Obr. č. 6: Zjednodušené blokové schéma



Zdroj: [2]

2.2 Lineární interpolace v rovině

Při pohybu v rovině XY jsou konstantní složkové rychlosti v_x a v_y vyjádřeny rychlostí v_B .

$$v_B = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

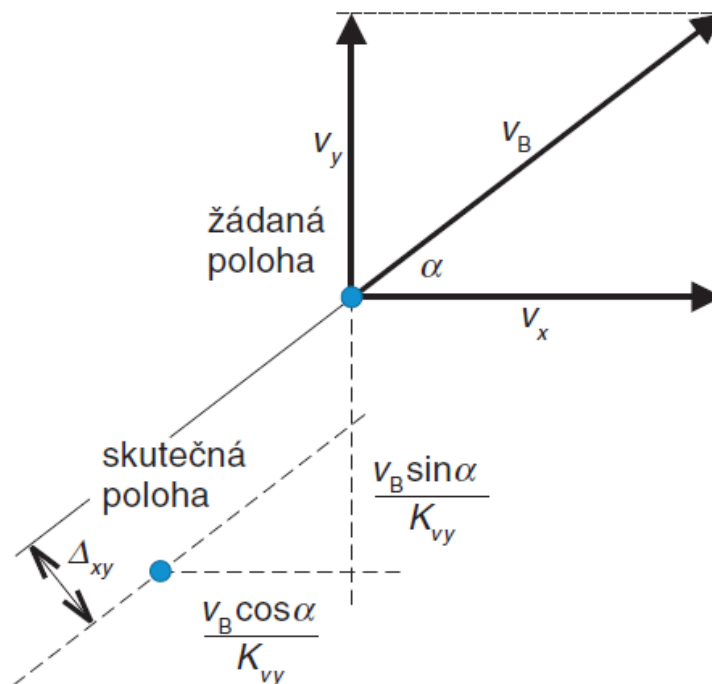
$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

Odchylky polohy lze poté vypočíst ze vztahů:

$$\Delta_x = \frac{v_x}{K_{vx}} \quad \Delta_y = \frac{v_y}{K_{vy}}$$

Paralelní odlehlost při lineární interpolaci:

Obr. č. 7: Paralelní odlehlost při lineární interpolaci



Zdroj: [2]

Paralelní odlehlost je dána vztahem:

$$\Delta_{xy} = \frac{v_B}{2} \sin 2\alpha \left| \frac{K_{vx} - K_{vy}}{K_{vx} K_{vy}} \right|$$

Aby bylo $\Delta_{xy} = 0$, pak se musí rovnat K_{vx} a K_{vy} . Dojde ke sloučení odchylek Δ_x a Δ_y do směru α a chyba bude nulová. V bodech, kde dochází k napojování lineárních úseků s různými směrnici (uzly interpolace), toto tvrzení neplatí. Po pohonech se požaduje nekonečně velké zrychlení z důvodu skokové změny rychlosti v uzlech interpolace. [2]

2.3 Kruhová interpolace

Při kruhovém pohybu po kružnici o poloměru R_0 rychlostí v_b je také potřebné velké zrychlení, neboť pro dostředivé zrychlení a_0 platí:

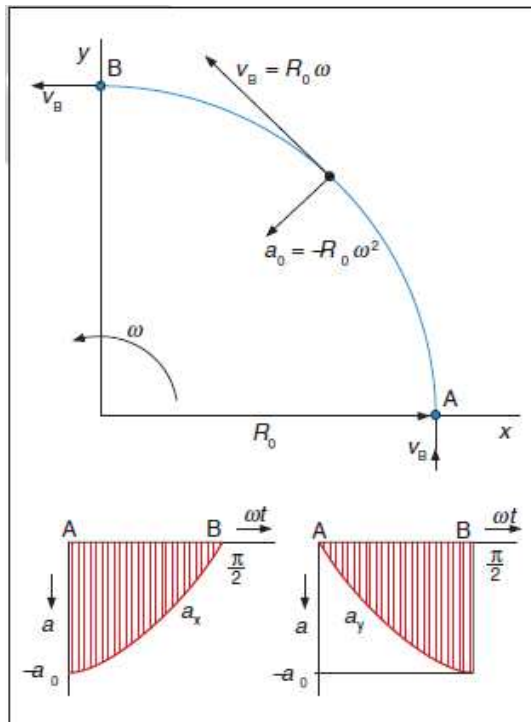
$$a_0 = \frac{v_B^2}{R_0} = R_0 \omega^2$$

Požadavky však nejsou tak vysoké jako při lineární interpolaci. Pro polohu a zrychlení na kružnici platí vztahy:

$$\begin{aligned}x &= R_0 \cos \omega t \\ \ddot{x} &= -R_0 \omega^2 \cos \omega t \\ \ddot{x}_{\max} (\omega t = 0) &= -R_0 \omega^2 = -a_0 \\ y &= R_0 \sin \omega t \\ \ddot{y} &= -R_0 \omega^2 \sin \omega t \\ \ddot{y}_{\max} (\omega t = \pi/2) &= -R_0 \omega^2 = -a_0 \\ v_B &= R_0 \omega\end{aligned}$$

Při kruhovém pohybu ve směru naznačeném na obrázku je zapotřebí, aby v bodě A maximálně zrychloval pohon v ose x směrem vlevo, při přechonu z kružnice na vodorovnou přímku v bodě B nastává opačný případ, skoková změna z maximálního zpomalení na nulu v ose y. Skokové změny zrychlení mohou mít za následek rázy, tyto změny nevznikají pouze v přechodu z kružnice na vodorovnou přímku, ale i při jakékoliv jiné změně trajektorie. [2]

Obr. č. 8: Požadavky na zrychlení při kruhové interpolaci



Zdroj: [2]

Na kruhovou interpolaci působí mnoho vlivů, které ovlivňují její přesnost. V následující kapitole jsou nejdůležitější z nich popsány. Také jsou zde graficky zobrazeny průběhy daných chyb.

2.3.1 Chyba při kruhové interpolaci na poloměru R_0

Přenos pohonu $F_p(s) = \frac{y_p(s)}{u_p(s)} = \frac{1}{\tau_v s + 1} = \frac{K_v}{s + K_v}$ je zároveň přenosem filtru

s propustným pásmem $\omega_v = 2\pi f_v = K_v$. Budicí funkce pro osy x a y v kruhové interpolaci jsou harmonické kmity s amplitudou R_0 se stejnou frekvencí a vzájemným fázovým posunem o 90° . Z frekvenční charakteristiky přenosu pohonu je možné zjistit fázový posun odezev obou pohonů při této frekvenci, který je však v osách x a y stejný, takže jej není možné při stanovení trajektorie uvažovat. Maximální hodnota harmonických kmitů se při frekvenci ω zmenší z hodnoty R_0 na hodnotu $R = R_0 / \sqrt{\delta + 1}$.

Pro úhlovou rychlost při pohybu po kružnici platí:

$$\omega = \frac{v_B}{R_0} \ll K_v$$

takže

$$\delta = \left(\frac{\omega}{K_v} \right)^2 \ll 1$$

Z Taylorova Rozvoje plyne:

$$\frac{R}{R_0} = (1 + \delta)^{-1/2} \approx 1 - \frac{1}{2} \delta$$

z toho plyne, že chyba poloměru je zhruba:

$$\Delta R = R - R_0 \approx -\frac{R_0 \omega^2}{2K_v^2} = -\frac{a_0}{2K_v^2} = -\frac{v_B^2}{2R_0 K_v^2}$$

Při kruhové interpolaci je chyba poloměru přímo úměrná rychlosti v_B a klesá s rostoucím zesílením K_v . Pro přesné obrábění je tedy nezbytné velké zrychlení pohonu a také velké zesílení polohové smyčky. [2]

2.3.2 Vliv různosti polohového zesílení na přesnost kruhové interpolace

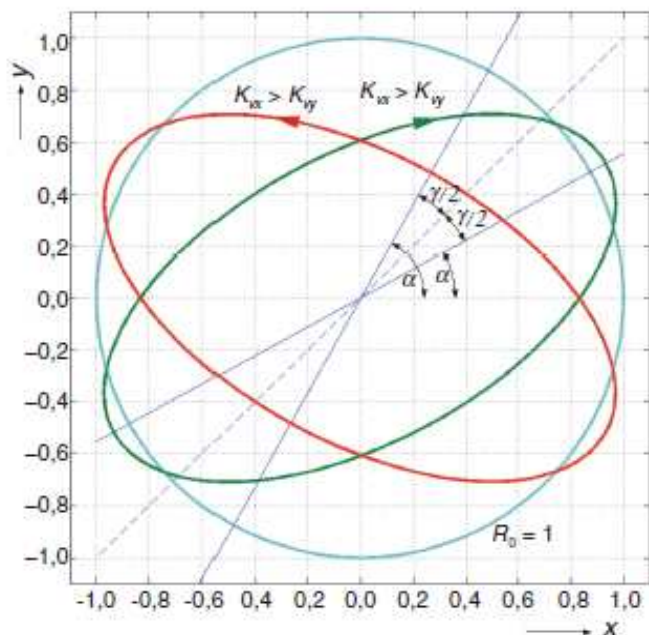
Pokud jsou zesílení K_{vx} a K_{vy} rozdílná, pak odezvy obou pohonů na budicí funkce budou harmonické s různými amplitudami a fázovými posuny. Skutečná trajektorie nebude tedy kružnice, ale obecně skloněná elipsa, pro jejíž úhel sklonu α platí vztah:

$$\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2} \arctan \frac{\omega(K_{vx} + K_{vy})}{2K_{vx}K_{vy}}$$

kde: ω je úhlová rychlost.

Zkreslení kružnic při nestejně velikosti polohových zesílení.

Obr. č. 9: Zkreslení kružnic při nestejně velikosti polohových zesílení



Zdroj: [2]

Eliptické dráhy jsou zobrazeny pro kladný i záporný smysl rotace, je zde patrná závislost sklonu elipsy na smyslu rotace. [2]

2.3.3 Vliv nekolmosti vedení na přesnost kruhové interpolace

Dalším příčina vzniku eliptické trajektorie je způsobena nekolmostí vodicích ploch. Při chybě kolmosti η obou souřadnicových os jsou poloosy elipsy

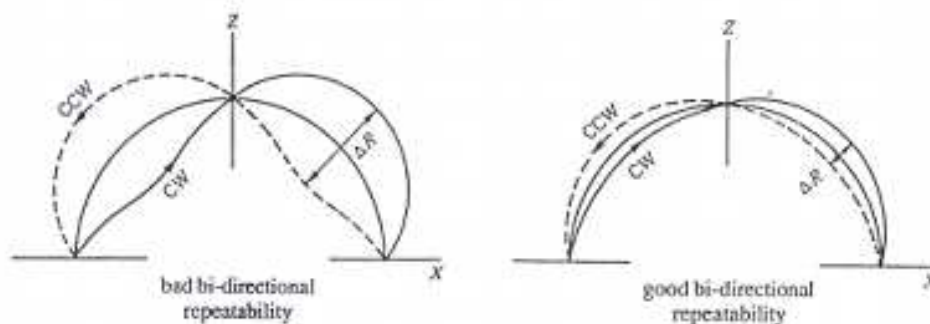
$$A = R_0 \sqrt{1 + \sin \eta}$$
$$B = R_0 \sqrt{1 - \sin \eta}$$

Pro úhel sklonu α platí $\tan 2\alpha = -1/\tan \eta$ a hlavní poloosa elipsy se sklání ve směru narůstajícího úhlu η . Hlavním znakem nekolmosti vodicích ploch je nezávislost tvaru a sklonu elipsy na smyslu objíždění kružnice. [2]

2.3.4 Chyby měření způsobené obousměrnou opakovatelností

Obousměrná opakovatelnost je důležitá pro obrábění ve dvou směrech. Velikost nepřesnosti obráběných povrchů se zvyšuje s chybou opakovatelnosti.

Obr. č. 10: Chyby měření způsobené obousměrnou opakovatelností

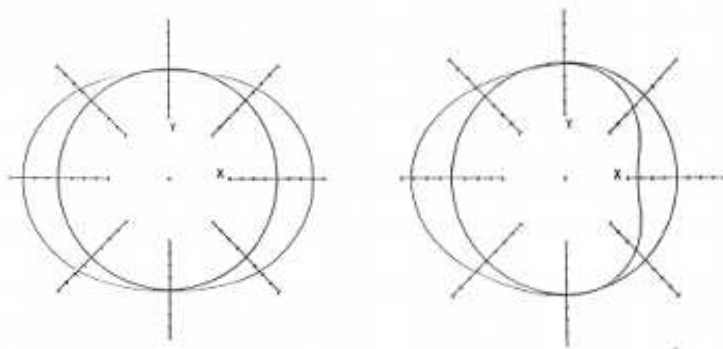


Zdroj: [1]

2.3.5 Chyba způsobená vlivem roztažení nebo smrštění lineární stupnice nebo kuličkového šroubu

Lineární pravítko je vyrobeno s vysokou přesností, nicméně vlivem teploty dochází k jeho deformaci. Kuličkové šrouby jsou také vyrobeny s vysokou přesností, ale díky vysoké rychlosti obrábění vzniká v maticích a v ložiscích teplo. Teplotní deformace se projeví okamžitě chybou polohy. Aby se tomuto zamezilo, vyrábějí se kuličkové šrouby s lehce menším stoupáním a instalují se lehce předepnuté, aby byly schopny absorbovat deformace způsobené vlivem teploty. Nicméně u velkých průměrů kuličkových šroubů a u vysokých rychlostí obrábění dochází k nepatrným deformacím stále.

Obr. č. 11: Chyba způsobená vlivem roztažení nebo smrštění lineární stupnice nebo kuličkového šroubu

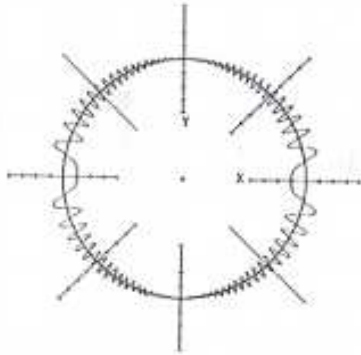


Zdroj: [1]

2.3.6 Cyklická chyba způsobená lineárním odměřováním nebo kuličkovým šroubem

Předpokládá se existence cyklické chyby v ose X vyjádřená vzorcem $e_{xX} = a \sin(2\pi X/P + \Phi_X)$, kde P (mm) je stoupání lineární stupnice nebo kuličkového šroubu, a (μm) je amplituda a Φ_X je fázový posun.

Obr. č. 12: Cyklická chyba způsobená lineárním odměřováním nebo kuličkovým šroubem

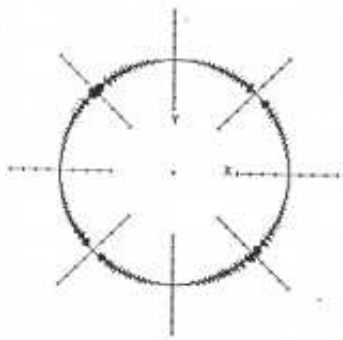


Zdroj: [1]

2.3.7 Cyklická chyba způsobená vibracemi ovlivňující snímače polohy a snímače rychlosti

Pro snímání polohy suportů, úhlu natočení kuličkového šroubu a dalších pohybů na NC obráběcími stroji jsou použity speciální snímače. Mnoho z nich má specifické stoupání. Hluk obsažený v detekovaném signálu má často cyklický charakter. Pokud není tento signál odhlušen, projeví se jako cyklická chyba v pohybu stroje. Pokud obrábíme ve dvou osách zároveň, tato cyklická chyba způsobí zvýšení vyšší harmonické složky a tím dojde k nepřesnosti obráběného profilu.

Obr. č. 13: Cyklická chyba způsobená vibracemi ovlivňující snímače polohy a snímače rychlosti

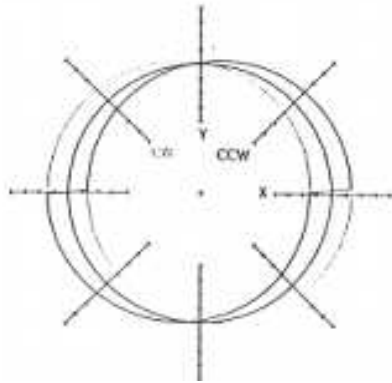


Zdroj: [1]

2.3.8 Chyba způsobená vůlí v ose X (platí i pro ostatní osy)

Většina vůlí v mechanismech, které nemění rychlost, jako jsou řemenové nebo řetězové, sloužících pouze k přenosu pohybu, vzniká jejich přetížením. Zde se ale jedná o vůli v ose X v řádu mikronů. Tato odchylka $e_{xX} = a/2$ je buď kladná, nebo záporná vlivem směru obrábění.

Obr. č. 14: Chyba způsobená vůlí v ose X

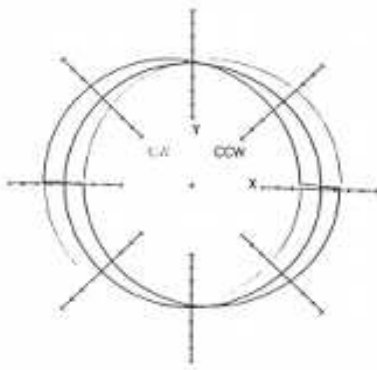


Zdroj: [1]

2.3.9 Chyba způsobená kompenzací vůlí

Pokud je špatně zvolena velikost kompenzace nepřesnosti polohy v ose X, dojde k negativnímu posunu trajektorie vůči ideálnímu kruhu v ose X.

Obr. č. 15: Chyba způsobená kompenzací vůlí

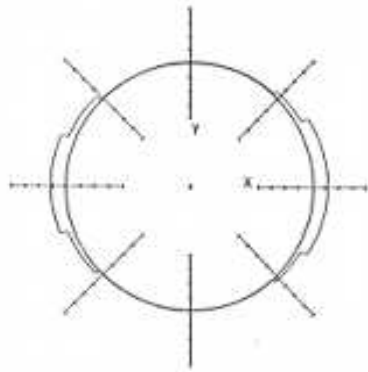


Zdroj: [1]

2.3.10 Chyba kompenzace přesnosti odměřování

Z obrázku je patrná špatná kompenzace stoupání v ose X. Je patrná symetrie podle osy X. U současných obráběcích strojů se takto symetrické chyby nevyskytují díky interpolaci.

Obr. č. 16: Chyba kompenzace přesnosti odměřování

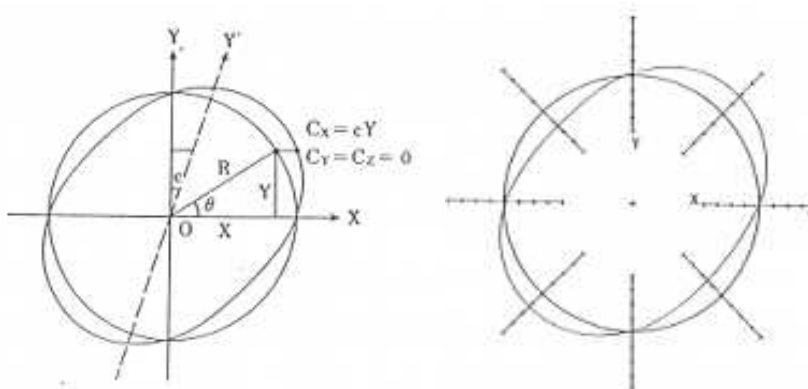


Zdroj: [1]

2.3.11 Chyba pravoúhlosti mezi dvěma kolmými osami

Uvažujeme případ, kde osa Y je vyosena z ideální polohy vůči ose X o malý úhel c (mrad = $\mu\text{m}/\text{mm}$), jak je znázorněno na obrázku. V grafu se nám tato chyba projeví jako elipsa skloněná pod 45° .

Obr. č. 17: Chyba pravoúhlosti mezi dvěma kolmými osami

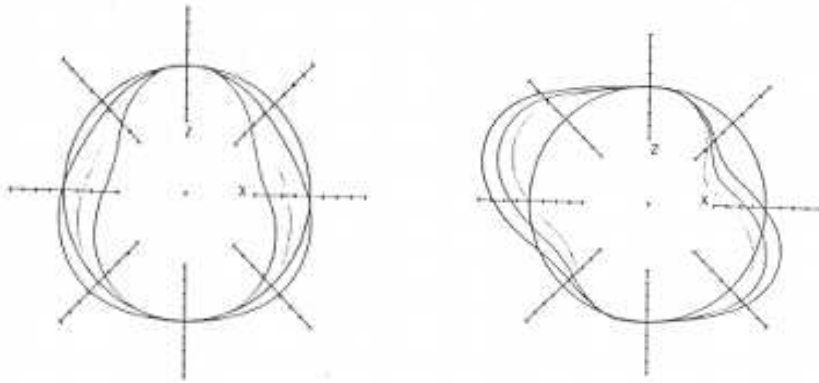


Zdroj: [1]

2.3.12 Chyba přímosti vedení

Vedení na obráběcích strojích je vyráběno s vysokou přesností, přesto jeho přímost nemusí být ideální. Nepřímost může být způsobena i špatnou instalací vedení. Navíc, pokud není vedení dostatečně žíháno, po určité době dojde k vychylce a deformaci struktury. V mnoha případech to zapříčiní odklon od ideální přímky.

Obr. č. 18: Chyba přímosti vedení

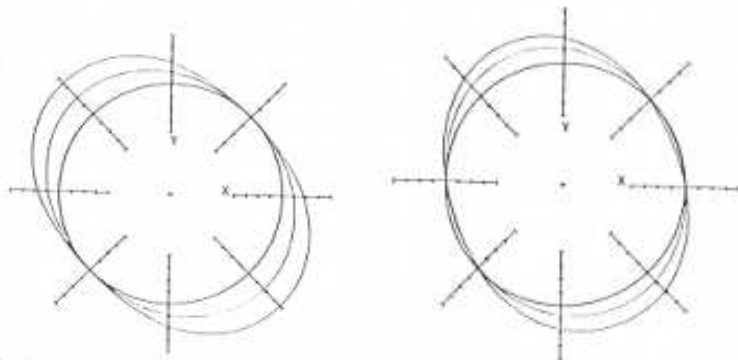


Zdroj: [1]

2.3.13 Chyba způsobená špatným ustavením stroje do základů

Jednou z možností je špatná rovinatost základu, dochází k elastické deformaci těla stroje. Pokud uvažujeme čtyři podpěry a jedna z nich je vůči ostatním utopená nebo naopak vyčnívá, dochází ke zkřížení těla stroje. Je důležité, aby stroj byl ustaven v rovnováze.

Obr. č. 19: Chyba způsobená špatným ustavením stroje do základů

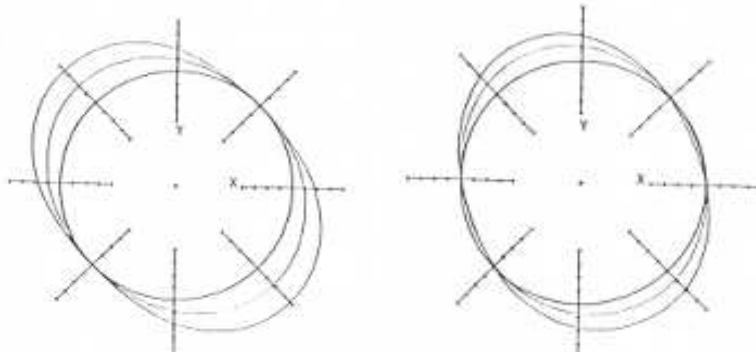


Zdroj: [1]

2.3.14 Chyba způsobená elastickou deformací těla obráběcího stroje změnou polohy těžiště

Vlivem změny polohy těžiště, což je zapříčiněno pohybem některých částí stroje např. pohybem supportů, dochází k elastické deformaci.

Obr. č. 20: Chyba způsobená elastickou deformací těla obráběcího stroje změnou polohy těžiště

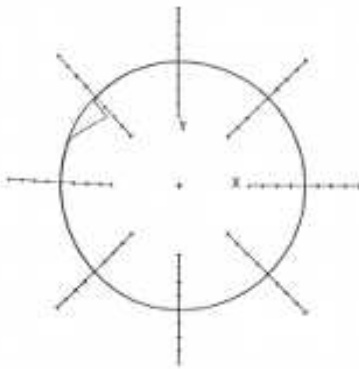


Zdroj: [1]

2.3.15 Chyba způsobená zvýšením tření vlivem špatného mazání ložisek

K této poruše dochází při přerušení dodávky mazacího oleje do ložisek. K tomu dochází v případě defektu na olejové soustavě stroje např. prasknutí olejové hadice. Většinou je tato chyba snadno odhalitelná na první pohled, pokud ale ne, je diagnostikovatelná jen velmi obtížně.

Obr. č. 21: Chyba způsobená zvýšením tření vlivem špatného mazání ložisek

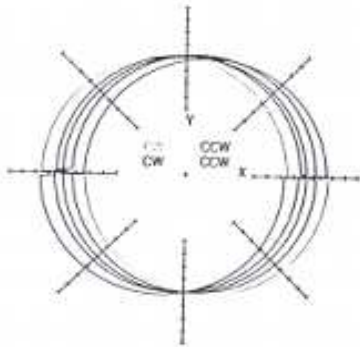


Zdroj: [1]

2.3.16 Chyba způsobená ztrátou pohyblivosti řídicích mechanismů

Ztráta pohyblivosti řídicích mechanismů je způsobena zvýšením smykového tření. To vzniká následkem váhy obrobku, viskozitou mazacího oleje nebo přetížením obráběcího stroje.

Obr. č. 22: Chyba způsobená ztrátou pohyblivosti řídicích mechanismů

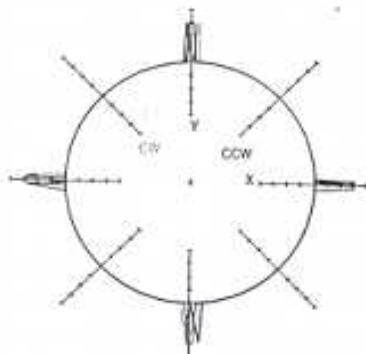


Zdroj: [1]

2.3.17 Chyba způsobená zatuhnutím pohonů

Příčinou této chyby je doba odezvy řídicího systému při reverzaci pohybu. Na obrázku je případ, kdy je support chvíli po reverzaci držen v původním stavu. Na chvíli zastaví a pak se zrychleně přesune, aby dohnal předepsanou pozici.

Obr. č. 23: Chyba způsobená zatuhnutím pohonů

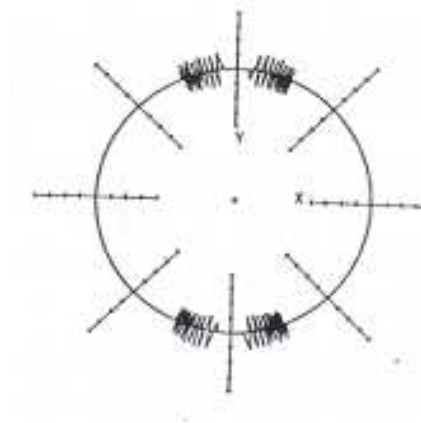


Zdroj: [1]

2.3.18 Chyba způsobená zadržáváním suportů

K zadržávání dochází, jestliže je rychlost posuvu nízká, a při níž se support opakovaně v rychlém sledu rozjíždí a zastavuje. Dochází zde ke zvýšenému tření na kluzné ploše. Tomu lze předejít nalepením samomazného plastu na kluznou plochu.

Obr. č. 24: Chyba způsobená zadržáváním suportů

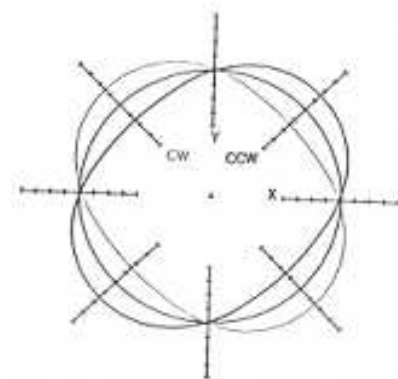


Zdroj: [1]

2.3.19 Chyba způsobená neshodou polohového zesílení

Tato chyba je způsobena neshodou polohy zesílení, tuto chybu analyzujeme v případě, že pracovní rychlost je v ustáleném stavu.

Obr. č. 25: Chyba způsobená neshodou polohového zesílení

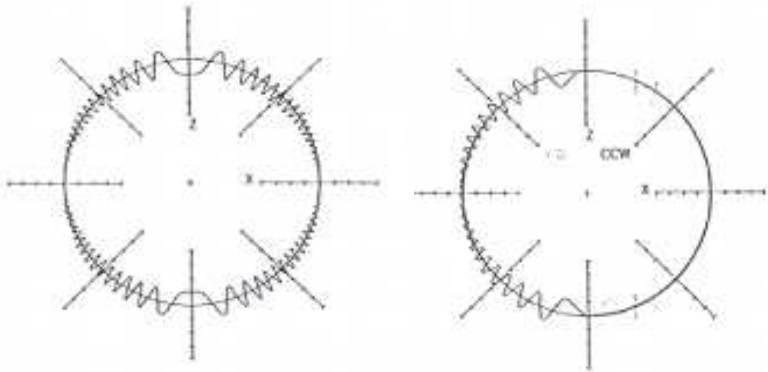


Zdroj: [1]

2.3.20 Chyba způsobená vibracemi vlivem řetězových nebo hydraulických posuvů

Při pohybu vřetene dolů přepouští hydraulický píst olej přes pojistný ventil, v tu chvíli začne pojistný ventil vibrovat v určité frekvenci a tyto vibrace jsou přenášeny do vřetene a způsobují periodickou chybu. Při použití řetězu na protizávaží, v případě, že tvar zubu ozubeného kola přesně neodpovídá použitému řetězu, vzniká periodická kolísavá síla, která je transmitována do vřetene.

Obr. č. 26: Chyba způsobená vibracemi vlivem řetězových nebo hydraulických posuvů

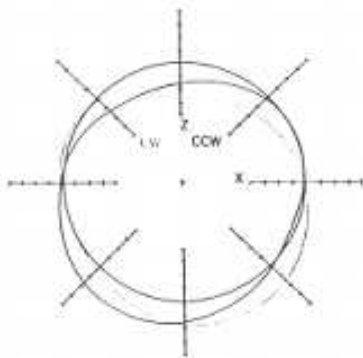


Zdroj: [1]

2.3.21 Chyba způsobená levitací suportů vlivem hydrodynamické síly

V případě posuvných vedení, při rychlejšímu posuvu, způsobí hydrodynamická síla působící na kluznou plochu levitaci suportu.

Obr. č. 27: Chyba způsobená levitací suportů vlivem hydrodynamické síly

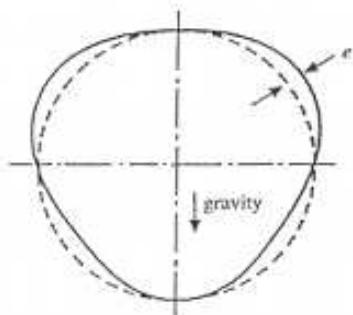


Zdroj: [1]

2.3.22 Chyba měření způsobená gravitací

Tato chyba vzniká pouze při měření kruhové interpolace přístrojem Ballbar a je způsobena vlastní vahou měřicího přístroje, který váží okolo 200g. Tuto chybu tedy není možno diagnostikovat řídicím systémem. Při průběhu testu kruhové interpolace se mění poloha měřicího přístroje a tím se mění i vliv gravitace.

Obr. č. 28: Chyba měření způsobená gravitací



Zdroj: [1]

3 METODY MĚŘENÍ PŘESNOSTI KRUHOVÉ INTERPOLACE

Pro zjištění kruhové interpolace lze postupovat dvěma metodami.

Metodou nepřímou, u které zjišťujeme přesnost válcové plochy vyfrézované na obrobku, který je předpřipraven tak, aby docházelo jen k minimálnímu úběru. Princip spočívá v proměření přesnosti kruhu o určitém poloměru na daném obrobku pomocí souřadnicového měřicího stroje. Tato metoda je přesná, ačkoliv se do ní promítá i nepřesnost souřadnicového měřicího přístroje a odchylka způsobená řeznými silami.

Nevýhody: Časová náročnost způsobená samotným obráběním a následným proměřováním. Spotřeba materiálu a s tím související náklady na měřený obrobek.

Výhody: Reálný obrobený kus, jsou zde promítnuty vlivy řezných sil.

Metodou přímou získáme průběh kruhové interpolace mnohem rychleji než první popsanou metodou. Kruhovou interpolaci je možno měřit speciálním měřicím přístrojem nebo řídicím systémem obráběcího stroje. Jejím výsledkem je graf znázorňující kruhovitosť zobrazený na ovládacím panelu obráběcího stroje nebo přímo v PC. Výsledky měření jsou získány při chodu nezatíženém chodu stroje.

Nevýhody: Do měření se nepromítnou vlivy řezných sil, které mohou způsobit při nedostatečné tuhosti stroje nepřesnosti při obrábění, např. vlivem vychýlení vřetene.

Výhody: Rychlost testu. Nízké náklady na test.

Zásady měření přesnosti kruhové interpolace jsou dány normou ČSN ISO 230-4. Existují i další normy pro její měření, např. ve Velké Británii jsou to normy ASME B5.54, ASME B5.57 a v Japonsku používaná norma JIS B6194.

3.1 ČSN ISO 230-4

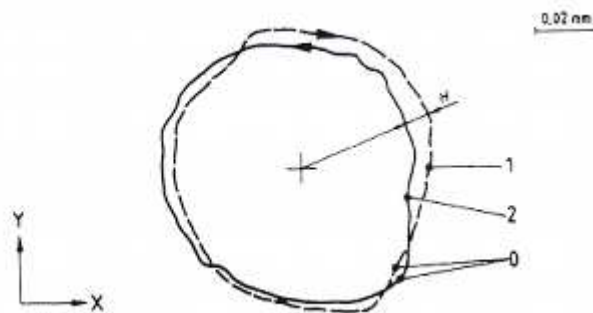
Norma ČSN ISO 230-4 se zabývá zásadami zkoušek obráběcích strojů. Pro řešení této diplomové práce bude zmíněna pouze část 4: Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů.

„Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 230-4: 1996. Mezinárodní norma ISO 230-4: 1996 má status české technické normy. Tato část ISO 230 specifikuje metody zkoušek a vyhodnocení kruhové hysterese, úchylky kruhovitosti a radiální úchylky kruhové dráhy, která je tvořena současným pohybem ve dvou lineárních osách. Účelem této normy je stanovit metody pro měření tvarů vykonávaných pohybů u číslicově řízených obráběcích strojů.“ [16]

„Pro účely této části ISO 230 platí následující definice:

- Jmenovitá dráha: číslíkově řízená a programovaná kruhová dráha, definovaná svým průměrem (nebo poloměrem), polohou svého středu a orientací v pracovním prostoru obráběcího stroje, která může být tvořena úplnou kružnicí, nebo jen její částí alespoň v rozsahu 90° .
- Skutečná dráha: dráha vytvářená strojem při zadaném programu pohybu po jmenovité dráze.
- Kruhová hystereze, H: největší radiální vzdálenost mezi dvěma skutečnými drahami, z nichž jedna vznikla při pohybu ve směru pohybu hodinových ručiček a druhá při pohybu proti směru pohybu hodinových ručiček.“ [16]

Obr. č. 29: Kruhová hystereze $H_{xy} = 0,008 \text{ mm}$

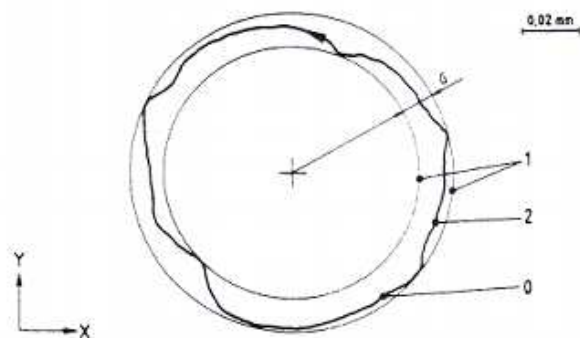


Zdroj: [16]

- kde: + střed kružnice vytvořené metodou nejmenších čtverců ze dvou skutečných drah
0 počáteční bod
1 skutečná dráha, ve směru pohybu hodinových ručiček
2 skutečná dráha, proti směru pohybu hodinových ručiček

„- Úchylka kruhovitosti, G: nejmenší radiální vzdálenost mezi dvěma soustřednými kružnicemi, obalujícími skutečnou dráhu (kružnice s nejmenší vzdáleností), jak je ukázáno na obrázku č.30, která může být vyhodnocena jako největší radiální rozsah okolo kružnice vytvořené metodou nejmenších čtverců.“ [16]

Obr. č. 30: Úchylka kruhovitosti, $G_{xy} = 0,012 \text{ mm}$



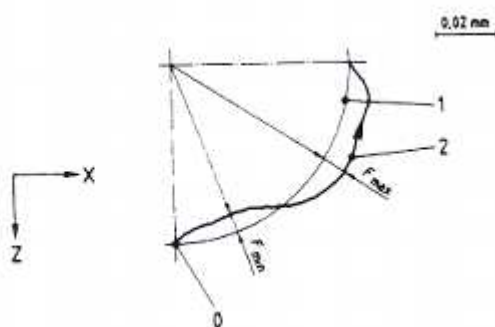
Zdroj: [16]

- kde: + střed kružnic s nejmenší vzdáleností
0 počáteční bod
1 kružnice s nejmenší vzdáleností
2 skutečná dráha

„- Radiální úchylka, F: úchylka skutečné dráhy od dráhy jmenovité, přičemž střed jmenovité dráhy se zjistí:

- buď ze středění měřicího přístroje na stroji
- nebo ze středící analýzy nejmenších čtverců, pouze pro celou kružnici“ [16]

Obr. č. 31: Radikální úchylka, $F_{zx \max} = + 0,008 \text{ mm}$; $F_{zx \min} = - 0,006 \text{ mm}$



Zdroj: [16]

- kde: + střed jmenovité kružnice
0 počáteční bod
1 jmenovitá dráha
2 skutečná dráha

„- Identifikace os: označení os, ve kterých je vykonáván pohyb pro vytvoření skutečné dráhy

- Smysl pohybu po dráze: (ve smyslu nebo proti smyslu pohybu hodinových ručiček pro úchylku kruhovitosti G a radiální úchylku F). Smysl je vyjádřen posloupností indexů, které identifikují osy, ve kterých je vykonáván pohyb, přičemž výsledný pohyb je ve smyslu od kladné části osy, uvedené na prvním místě, ke kladné části osy uvedené na místě druhém; například úchylka kruhovitosti G , vzniklá při výsledném pohybu ve smyslu pohybu hodinových ručiček při současném pohybu v osách X a Y , je označena G_{yx} , při výsledném pohybu proti smyslu pohybu hodinových ručiček G_{xy} .“ [16]

3.2 Měření kruhové interpolace pomocí speciálních měřících přístrojů

Měřením kruhové interpolace se zabývá několik světových výrobců a vyvinutých metod pro její měření je několik.

3.2.1 Heidenhain

Jedním z výrobců je společnost Heidenhain, která nabízí mřížkové snímače KGM 181 a KGM 182. Tyto snímače jsou schopny testovat polohovou přesnost CNC řízeného obráběcího stroje. Dále mohou provádět test kruhové interpolace o poloměrech od 1 μm do 115 mm při posuvu 80 m/min. Výhodou snímače je bezkontaktní měření vylučující vlivy vůlí kuličkových spojení, které používá např. metoda Ballbar od Renishaw. Na druhé straně chyba, způsobená geometrií stroje nemá vliv na výsledky měření při velmi malých poloměrech. KGM se skládá ze dvou hlavních částí, první částí je měřící deska s křížovou mřížkou, která je umístěna v kovové montážní desce. Druhou částí je snímací hlava, ta se upevní do držáku nástroje. Během měření se snímací hlava pohybuje nad křížovou mřížkou, která je upevněna místo obrobku, bez vzájemného mechanického kontaktu. Pomocí folie se nastaví vzdálenost mezi snímací hlavou a křížovou mřížkou na $0,5 \pm 0,05$ mm. Přesnějšího nastavení lze dosáhnout pomocí šroubů na snímací hlavě, čímž se optimalizují snímané signály. Signály jsou vyhodnocovány softwarem ACCOM na PC. [7]

Obr. č. 32: Mřížkový snímač KGM 182



Zdroj: [7]

3.2.2 Renishaw

Dalším z výrobců je společnost Renishaw, která nabízí systém Ballbar QC20-W, který vznikl modernizací staršího systému QC-10. S běžnou soupravou QC20-W je možno měřit na poloměrech od 100 do 600 mm a posuvovou rychlostí do 15 m/min, se speciálními nástavci je možno testovat na poloměrech 50 nebo 100 až 1350 mm. Měření s přístrojem Ballbar je velmi rychlé a jednoduché a to tím, že výstup tohoto měření je vygenerován softwarem přímo v počítači. Tento software je schopen analyzovat provedená měření dle výše uvedených norem, nebo dle expertní analýzy Renishaw a odhalit pravděpodobné chyby stroje. Před začátkem testu kruhovitosti je zapotřebí synchronizovat obráběcí stroj s měřicím přístrojem. Hlavní parametry jsou rychlost posuvu, směr otáčení a poloměr, na kterém je test prováděn. Přičemž je možné zkoušku provádět na různých poloměrech, díky stavitelnosti měřicí sondy. Kulové držáky umožňují provádění testů na 220° v rovinách procházejících osou držáku. To znamená, že systémem můžeme testovat ve třech kolmých rovinách, aniž by bylo nutné přemístit magnetický držák. Standartně se však testy provádějí na celých 360° .

Samotné měření probíhá tak, že proti vřetenu na libovolný přípravek, který musí být dostatečně tuhý, ustavíme magnetický držák. Magnetický držák je zakončen dutou trubičkou, ve které jsou vytvořené tři výčnělky rozmístěné do trojúhelníku, aby byl zajištěn optimální kontakt mezi sondou a držákem. Do nástrojového držáku v pinole upneme druhý konec měřicí soustavy, který je zakončen stejně jako magnetický držák. Dále je nutné určit nulový bod, ten

se určí pomocí středící kuličky tak, že se najede s vřetenem přímo proti magnetickému držáku, který má trubičku, kterou je zakončen pohyblivou. Tím se snadněji srovná vřetenovo vůči držáku. Po srovnání se magnetický držák zaaretuje. Dalším krokem je najetí stroje na požadovaný poloměr, na kterém budeme měření provádět, přičemž díky programu obráběcí stroj nejprve najede na poloměr o 1,5 mm větší než je měřený. Po najetí na tento poloměr vložíme měřicí sondu mezi dva držáky. Tím, že je nastaven poloměr 151,5 mm, nalézá se měřicí sonda mimo měřicí rozsah. Při spuštění NC programu najede stroj na poloměr 150 mm a tím se spustí software pro měření, který následně zaznamenává průběh testu. Přenos hodnot ze sondy do PC je zajištěn pomocí bluetooth. [8]

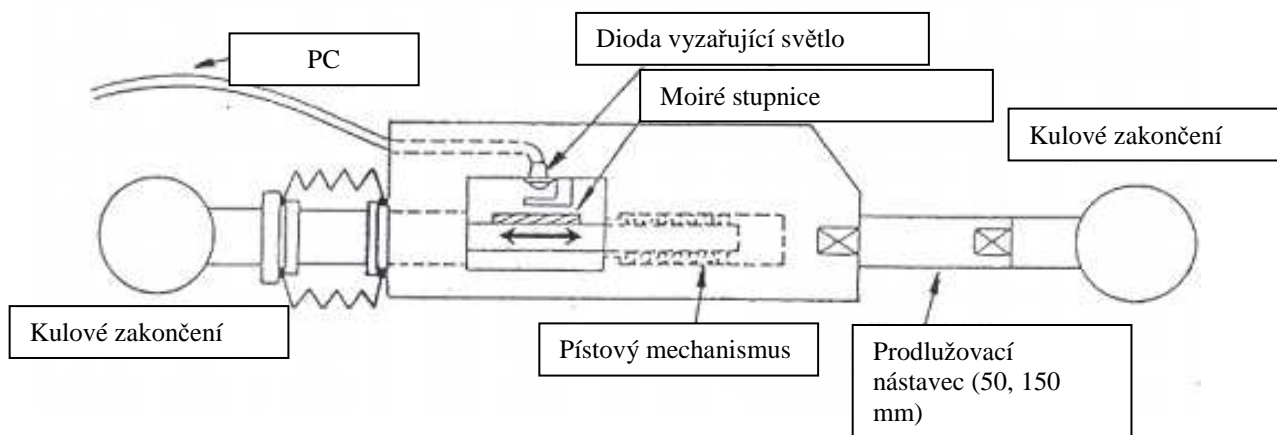
Obr. č. 33: Měřicí přístroj Ballbar



Zdroj: [8]

Obr. č. 34: Struktura měřicího doteku

Struktura měřicího doteku

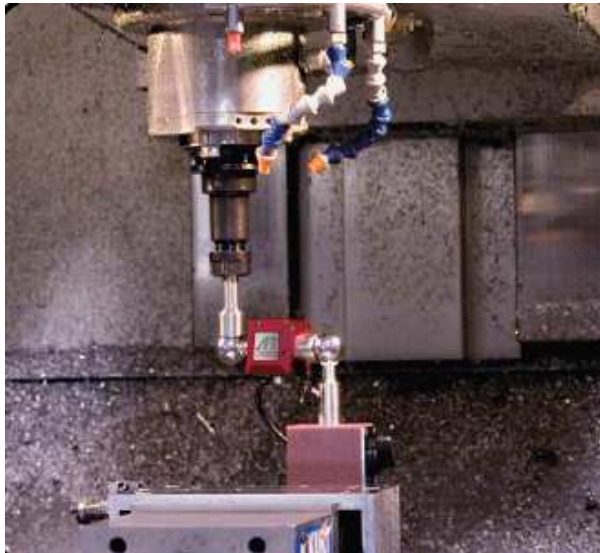


Zdroj: [17], vlastní úprava, 2012

3.2.3 API Sensors

Společnost API vyrábí obdobný měřicí systém jako je Ballbar od Renishaw. Tento přístroj nabízí měření až na poloměru 1500 mm. Nevýhodou Ballbaru od API vůči Ballbaru od Renishaw je přenos měřeného signálu po kabelu. Ten se v průběhu testu kruhovitosti může namotávat a jakékoliv zatažení za kabel může ovlivnit průběh testu kruhové interpolace. [3]

Obr. č. 35: Ballbar od společnosti API



Zdroj: [3]

3.3 Měření kruhové interpolace pomocí řídicího systému obráběcího stroje

Největší výrobci řídicích systémů pro obráběcí stroje, jako jsou Heidenhain, Fanuc, Siemens a další nabízí ve svých řídicích systémech diagnostiku, jejíž součástí je i test kruhové interpolace. Potřebné hodnoty pro vyhodnocení zkoušky kruhovitosti jsou získávány zpětnou vazbou z pohonů a snímačů polohy stroje.

Vlastní měření probíhá tak, že v diagnostice systému nadefinujeme test kruhové interpolace. Druhým krokem je spuštění jednoduchého NC programu, jehož parametry musí být nadefinovány shodně s diagnostikou. Definujeme poloměr, na kterém test kruhové interpolace probíhá, dále posuvovou rychlost, kterou volíme blížící se hodnotám při obrábění, z důvodu relevantnosti výsledků, směr pohybu atd. Po spuštění programu musíme v diagnostice stroje spustit start testu. Měření kruhovitosti systémem probíhá pouze v jednom směru. Řídicí systém zaznamenává hodnoty obvykle až po odjetí půlkruhu na daném poloměru, poté zaznamená celých 360° a dojíždí na konečných 720°. Prvních a posledních 180° se neměří z důvodu výkmitů při rozjíždění a dojíždění stroje. Při objíždění definovaného kruhu

obráběcím strojem se zaznamenávají hodnoty z pohonů a snímačů polohy. Po skončení testu se na monitoru ovládacího panelu zobrazí graf s průběhem testu. Jednotlivé testy je možno v systému ukládat, jako kopii obrazovky. Je však otázka, zda vzhledem k informacím, které může systém získat, jsou tyto údaje dostačující k změření skutečného průběhu kruhové interpolace. Což bude předmětem další kapitoly.

4 POSOUZENÍ RELEVANTNOSTI VÝSLEDKŮ PŘESNOSTI KRUHOVÉ INTERPOLACE STANOVENÉ ŘÍDICÍM SYSTÉMEM

Změření kruhové interpolace na obráběcích strojích od společnosti ŠMT, je zapotřebí změřit co nejvíce obráběcích strojů z důvodu vypovídací schopnosti výsledků. Problémem je tyto stroje uvolnit z provozu na potřebnou dobu, jelikož jsou plně vytěžovány. Jejich hodinová sazba je značně vysoká a pro podnik to znamená komplikace z důvodu plánování. Proto musí být předem naplánován experiment, aby jednotlivá měření byla jednotná a probíhaly při stejných parametrech. Tím se zkrátí doba jednotlivých měření. Za tímto účelem studuji literaturu a normy týkající se měření.

4.1 Plán experimentu

- Veškeré testované stroje jsou produktem ŠMT, jelikož byly zadavatelem této diplomové práce.
- Kruhová interpolace bude změřena na strojích řídicím systémem SIEMENS SINUMERIK 840 D, jelikož společnost ŠMT používá pro své obráběcí stroje nejčastěji právě tento řídicí systém.
- Jako druhá metoda pro měření kruhové interpolace bude použit Ballbar od Renishaw, jelikož je k dispozici. Obě metody budou prováděny za totožných podmínek.
- Náměr bude vždy z roviny XY, v této rovině se nejsnáze měří.
- Poloměru testu kruhové interpolace bude 150 mm, jelikož na testování stroje je vyhrazen omezený čas. S rostoucím poloměrem se zvyšuje doba testu. Dalším důvodem malého poloměru je omezený prostor na testování, jelikož může být na stroji upnut obrobek a tím by hrozila kolize stroje.
- Rychlosti posuvu 500 a 1000 mm/min. Vyšší rychlosti by měly negativní vliv na průběh testu. Naopak nižší rychlosti by značně prodlužovali průběh testu.
- Z rozboru možných vlivů popsanych v kapitole 2.3 lze říci, že skryté vlivy stroje na přesnost kruhové interpolace, jako je geometrická přesnost, zahrnující přímost vedení a kolmost os, nebudou řídicím systémem detekovány. Proto bude na každém stroji změřena kolmost os X a

Y pomocí granitového čtverce. Přímost vedení měřena nebude, jelikož není k dispozici potřebný přístroj.

Obr. č. 36: Fotografie průběhu zkoušky kruhové interpolace



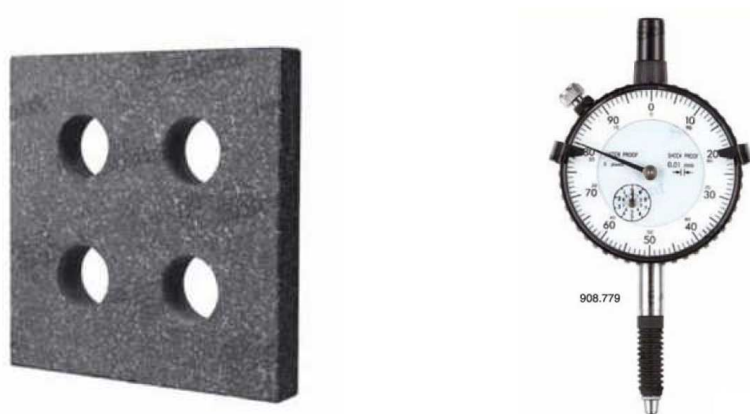
Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

Měření kolmosti os X, Y

Měření odchylek kolmosti os X a Y systému obráběcího stroje, je nutné provádět v oblasti, kde bude probíhat test kruhové interpolace. Není nutné zjišťovat odchylky kolmosti s osou Z, jelikož kruhová interpolace probíhá v osách X a Y. Nejprve je nutné umístit stojan na granitový čtverec před pinolu, rovnoběžně s osou X (nemusí být přesná rovnoběžnost). Stojan, je jako tříbodová základna ustaven na třech stavitelných šroubech. Do stojanu umístíme granitový čtverec. (Musíme dát pozor, abychom měřili na kalibrovaných stranách kamene). Po ustavení kamene připneme číselníkový úchylkoměr upnutý v magnetickém stojánku na pinolu tak aby stojánek dostatečně držel. Dalším krokem je srovnání kamene, nejdříve v ose Z, poté v ose X, to provedeme pomocí stavitelných šroubů. Když máme srovnanou osu X do nuly vůči stroji, proměříme osu Y na granitovém čtverci. Odchylku kolmosti poté odečteme z číselníkového úchylkoměru, přičemž musíme dávat pozor na orientaci os, tedy podle toho zda je odchylka kladná či záporná.

V této diplomové práci byl použit granitový měřicí čtverec o rozměrech 800x800x100 mm. Dle kalibračního štítku na měřidle byla zjištěna odchylka přesnosti dvou kolmých os tohoto měřidla 4 μm a povolená odchylka 6 μm . Pro měření byl použit číselníkový úchylkoměr s milimetrovým rozsahem a s mikronovou přesností.

Obr. č. 37: Granitový čtverec a číselníkový úchylkoměr



Zdroj: [5] [6]

Obr. č. 38: Fotografie měření kolmosti v ose X



Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

Obr. č. 39: Fotografie měření kolmosti v ose Y



Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

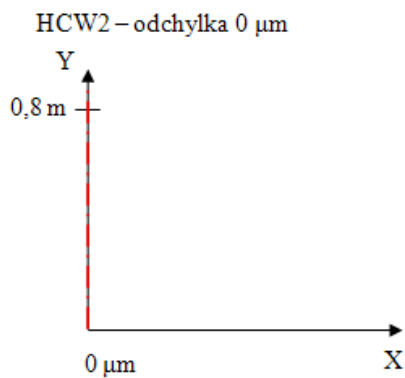
4.2 Naměřené hodnoty

V průběhu experimentu se podařilo testovat celkem šest strojů. Dva stroje jsou změřeny přímo v ŠMT, jeden z nich je zde v provozu, druhý byl připraven pro přebrání zákazníkem. Další dvě horizontky jsou změřeny ve ŠKODA JS, jedna horizontka ve ŠKODA POWER a poslední ve ŠKODA TS. Z důvodu, že přesnost obráběcích strojů od jednotlivých společností je poměrně citlivá záležitost, rozhodl jsem se po dohodě s nimi neuvádět, které obráběcí stroje patří do jednotlivých společností. Níže uvedu naměřené hodnoty. Nejsou uvedeny veškeré výpisy ze systému Ballbar, kvůli jejich rozsahu, proto jsou uvedeny v příloze.

4.2.1 HCW2 17. 1. 2012

Průměr vrtacího vřetena 180 mm. Otáčky vrtacího vřetena 1 – 2500 ot./min. Jelikož byl stroj měřen těsně po jeho seřízení, zjištěná odchylka kolmosti os X, Y byla nulová.

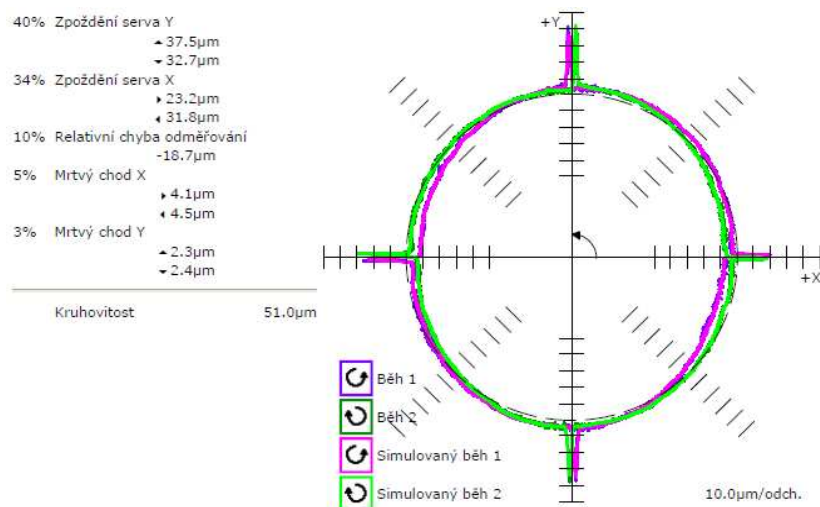
Obr. č. 40: Odchylka kolmosti os X, Y



Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

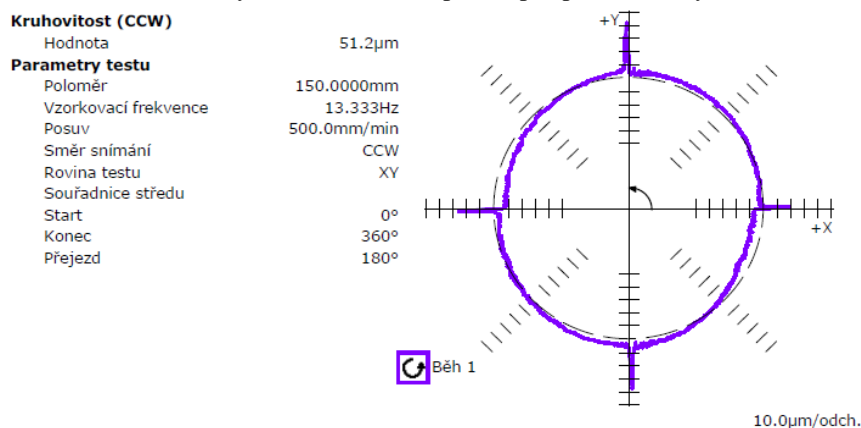
Rychlost posuvu 500 mm/min

Obr. č. 41: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min



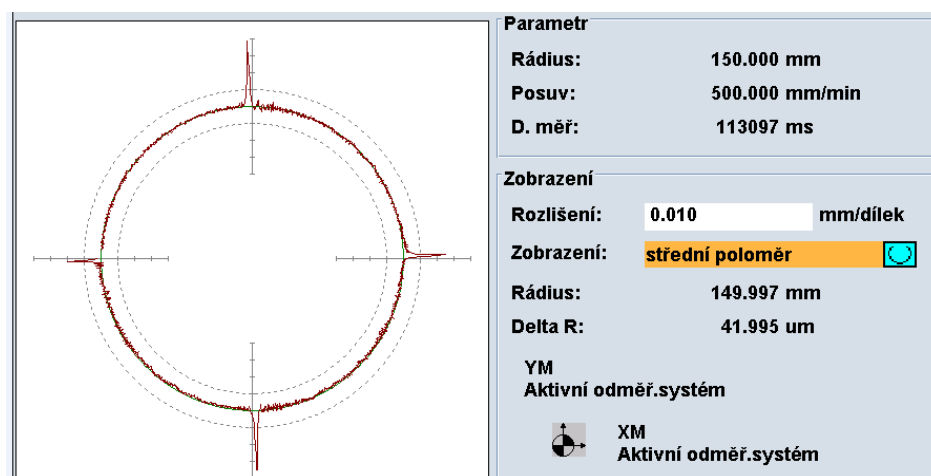
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 42: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

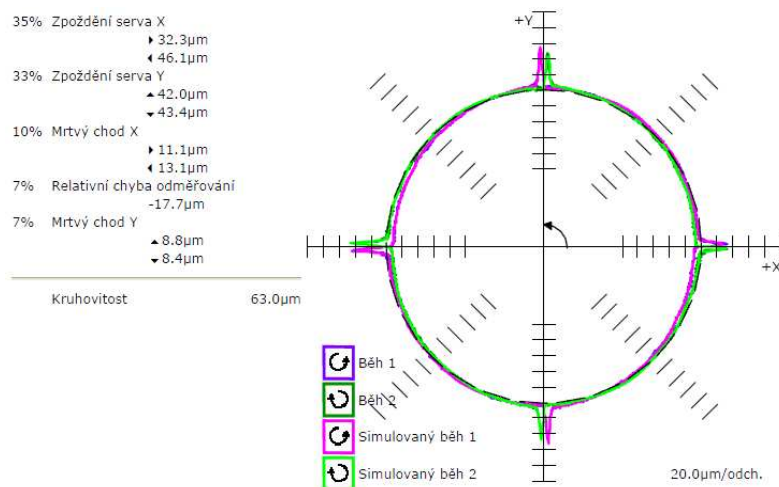
Obr. č. 43: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje



Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

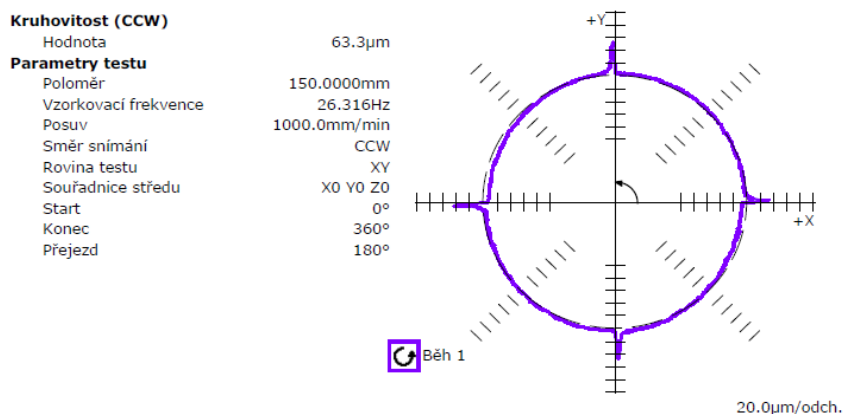
Rychlost posuvu 1000 mm/min

Obr. č. 44: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min



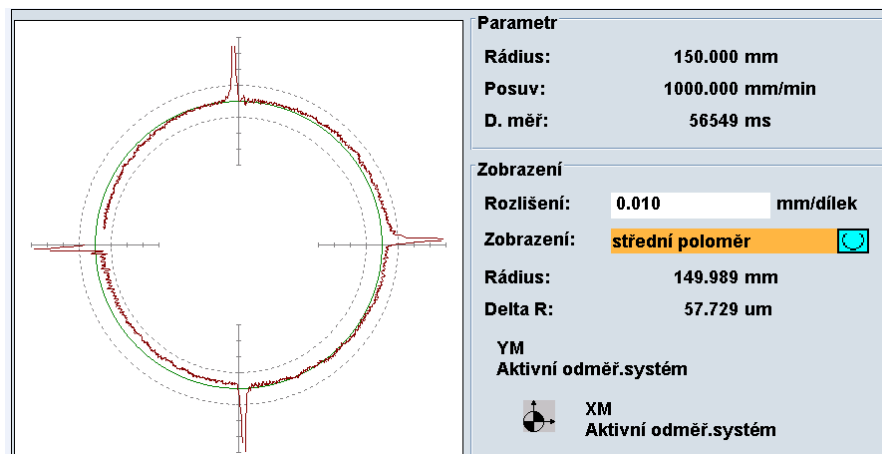
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 45: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 46: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje

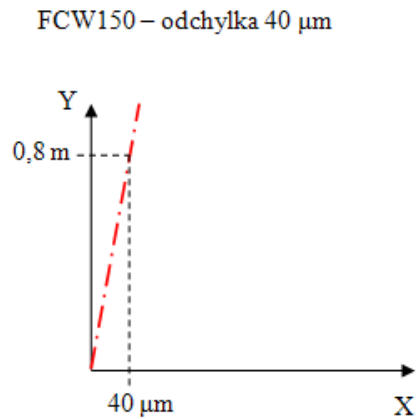


Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

4.2.2 FCW150 6. 4. 2012

Průměr vrtacího vřetena 150 mm. Otáčky vrtacího vřetena 10 – 3000 ot./min. Změřená odchylka kolmosti os X, Y pomocí granitového úhelníku je 40 μm , tato odchylka se značně projevila i v grafu vygenerovaném ballbarem, je zde patrná ovalita naměřeného průběhu. Kdežto řídicí systém naměřil téměř ideální průběh kruhové interpolace.

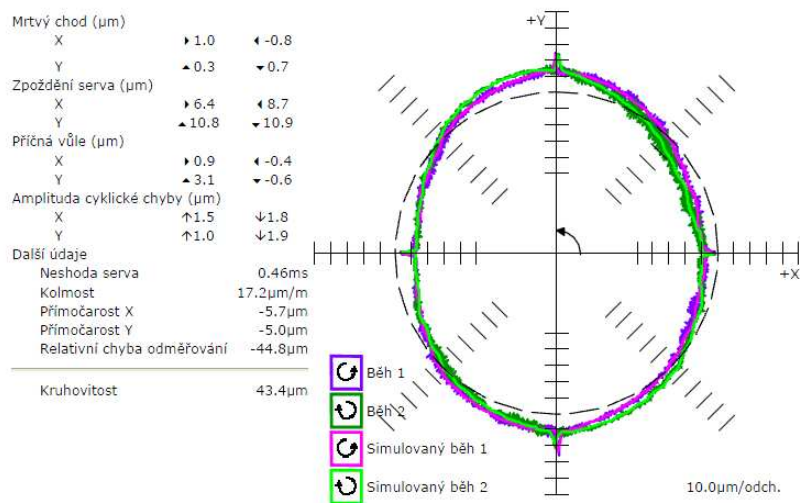
Obr. č. 47: Odchylka kolmosti os X, Y



Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

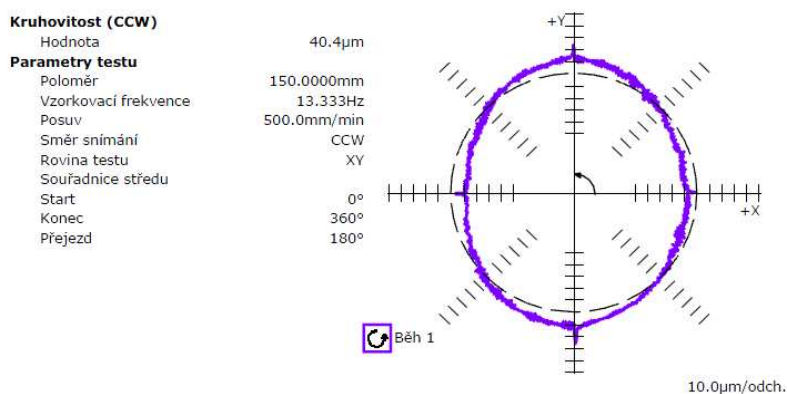
Rychlost posuvu 500 mm/min

Obr. č. 48: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min



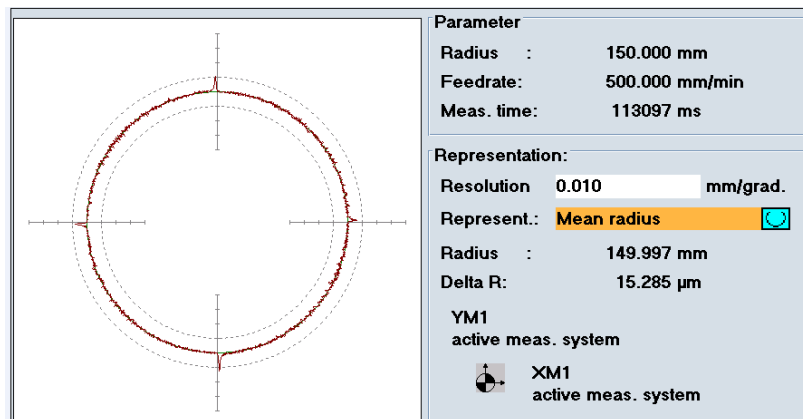
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 49: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

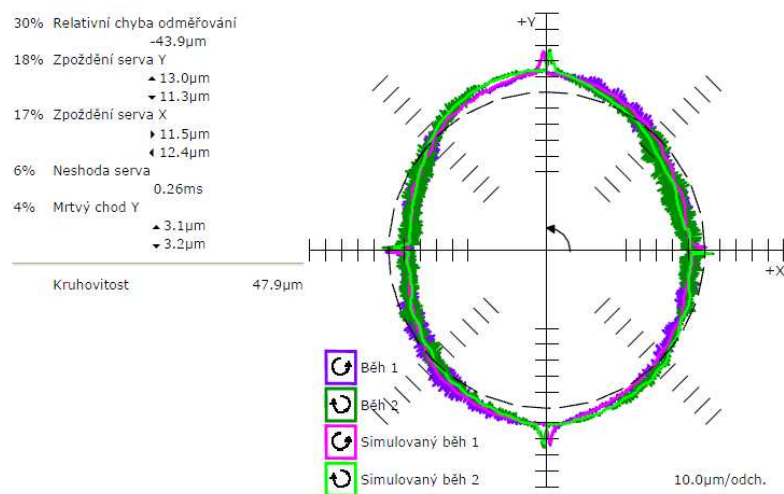
Obr. č. 50: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje



Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

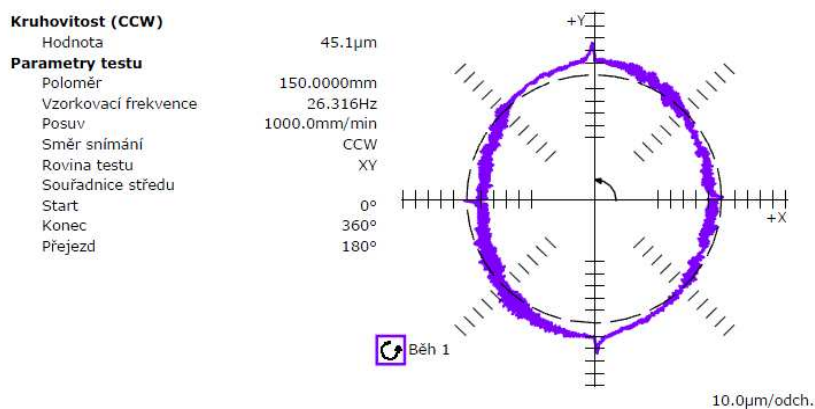
Rychlost posuvu 1000 mm/min

Obr. č. 51: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min



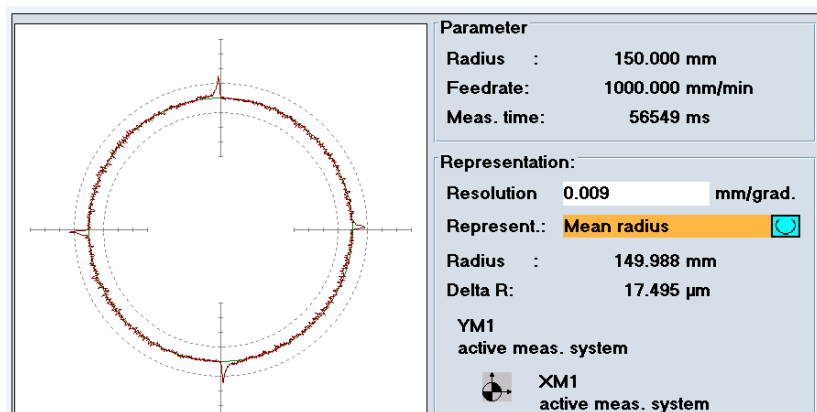
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 52: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 53: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje

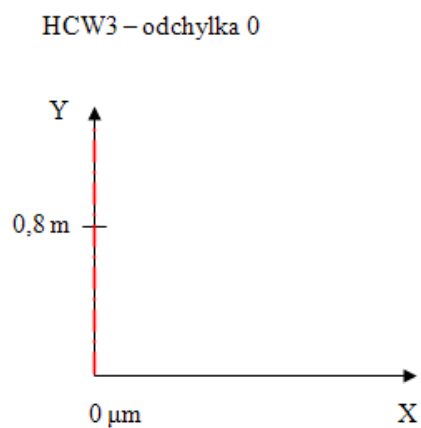


Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

4.2.3 HCW3 27. 4. 2012

Průměr vrtacího vřetena 250 mm. Otáčky vrtacího vřetena 1 – 2000 ot./min. Zjištěná odchylka kolmosti os granitovým úhelníkem je nulová. Za povšimnutí stojí rozvibrovanost průběhů, což může být způsobeno vlivem pohonů stroje nebo také špatnou hydrostatikou.

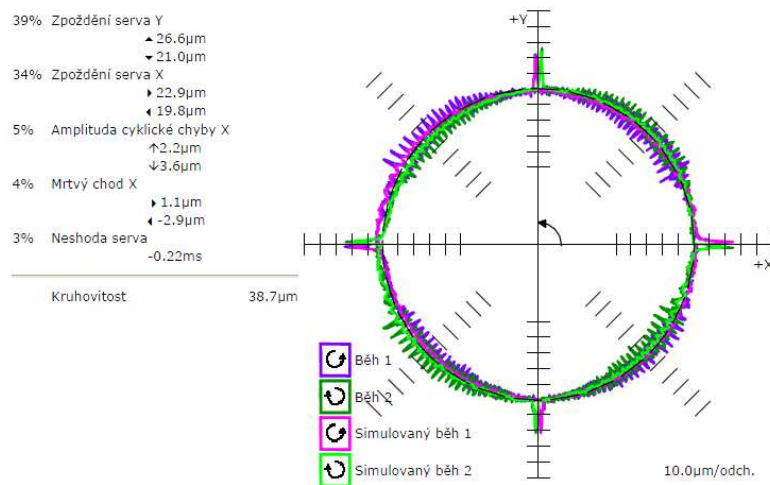
Obr. č. 54: Odchylka kolmosti os X, Y



Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

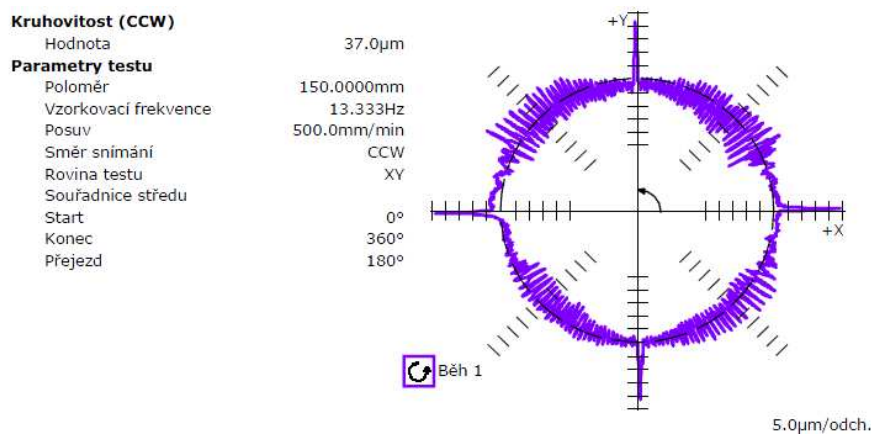
Rychlost posuvu 500 mm/min

Obr. č. 55: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min



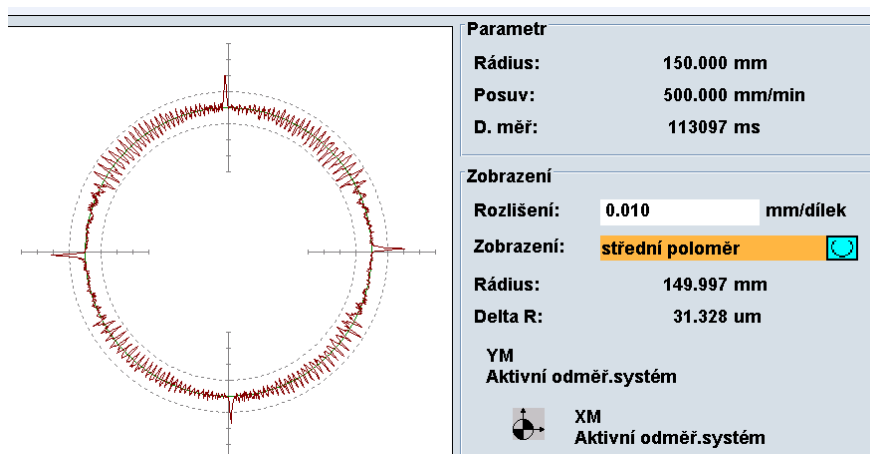
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 56: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

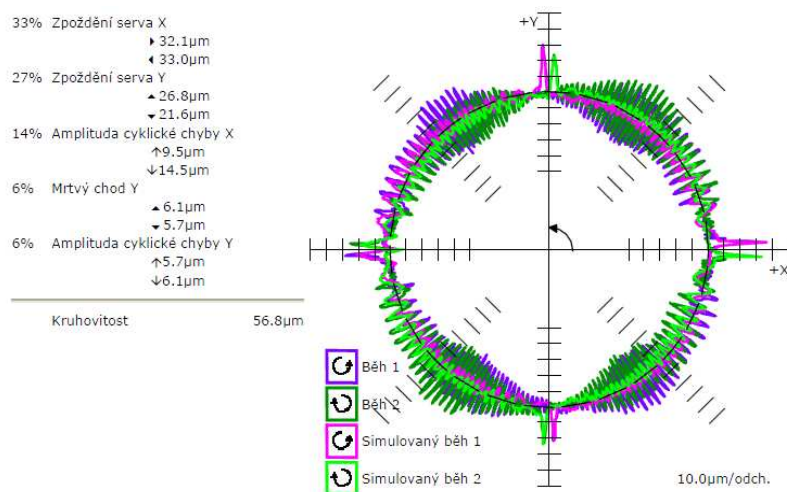
Obr. č. 57: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje



Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

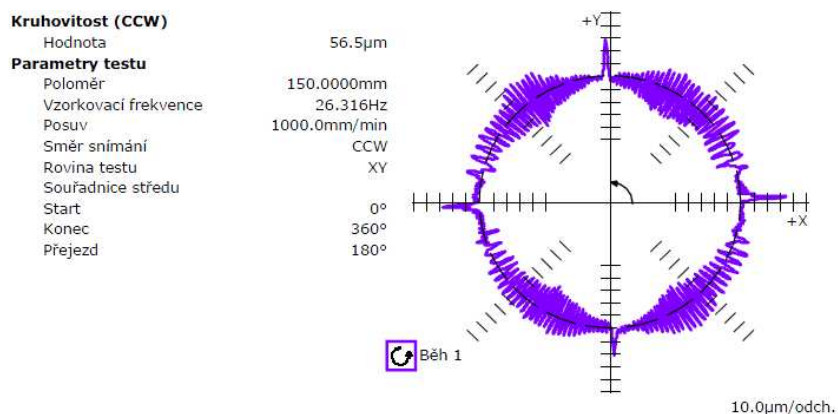
Rychlost posuvu 1000 mm/min

Obr. č. 58: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min



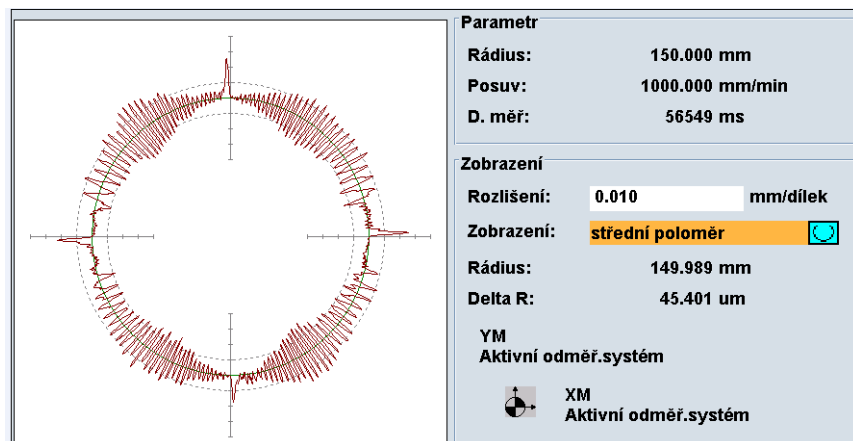
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 59: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 60: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje

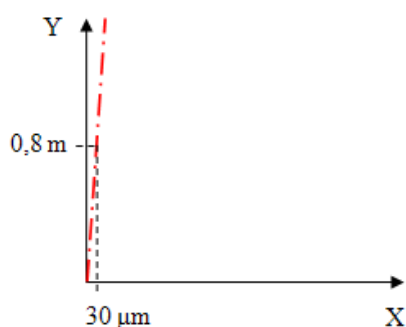


Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

4.2.4 WEA160 9. 5. 2012

Ačkoli řídicí systém je schopen zkoušku provést, není možné získat hodnoty polohy z pohonů. Při částečné přestavbě totiž nebyly nahrazeny původní analogové pohony digitálními. Proto je řídicí systém schopen pohony ovládat, ale už není schopen získat potřebné informace na vykonání testu kruhovitosti z pohonů zpět. Je tedy proveden alespoň test metodou Ballbar pro poloměr 150 mm a posuvové rychlosti 500 a 1000 mm/min. Vyšly velmi zajímavé hodnoty, jelikož odchylka kruhovitosti je téměř 300 a 600 μm . Přitom odchylka kolmosti os X, Y změřená na granitovém úhelníku pouze 30 μm . Bylo by proto zajímavé mít hodnoty ze systému, neboť takto velká odchylka kruhovitosti nebyla naměřena na žádném jiném obráběcím stroji. I přes to, že není změřena kruhovitosť systémem, ze vzniklého průběhu kruhové interpolace je zřejmá chyba, kterou nemůže řídicí systém odhalit, jelikož zkoušku kruhové interpolace provádí pouze v jednom směru. Z Ballbaru je patrná rozdílnost v naklopení průběhu vlivem opačného směru pohybu.

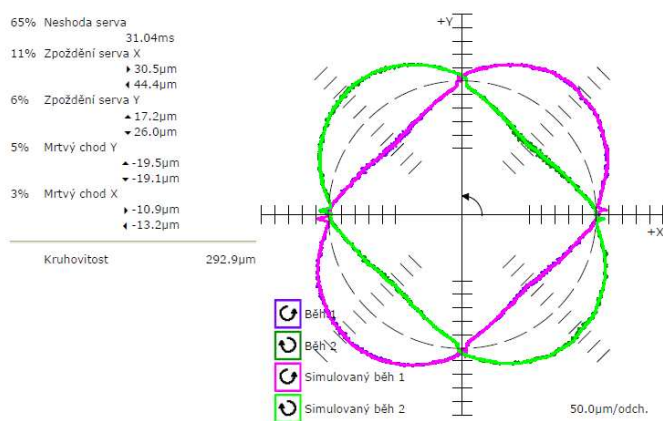
Obr. č. 61: Odchylka kolmosti os X, Y



Rychlost posuvu 500 mm/min

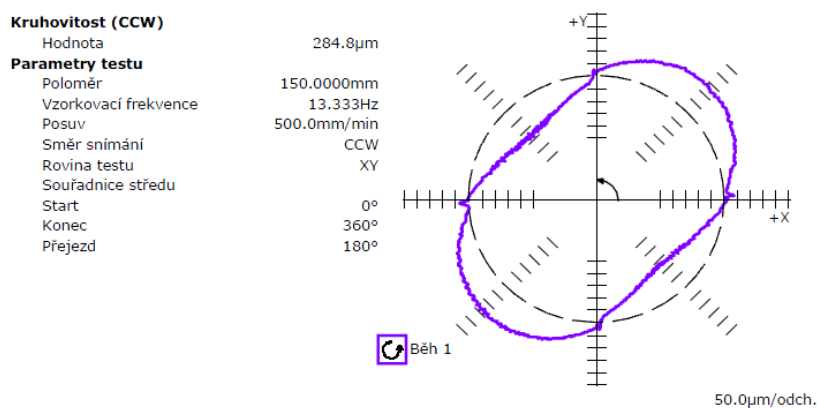
Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

Obr. č. 62: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

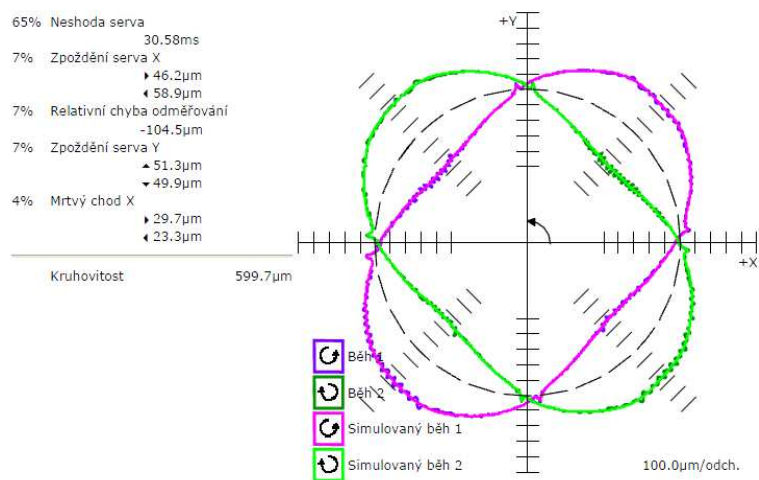
Obr. č. 63: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

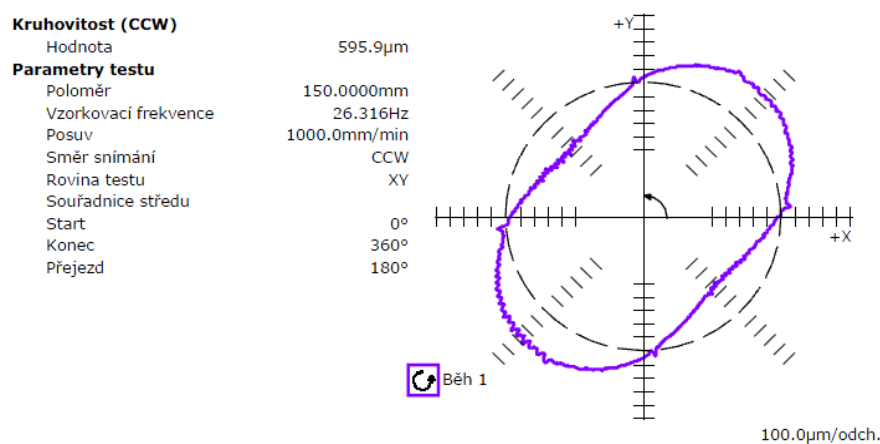
Rychlost posuvu 1000 mm/min

Obr. č. 64: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 65: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4



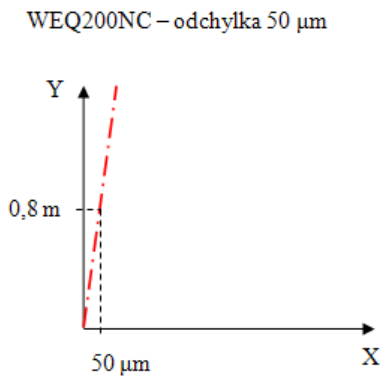
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

4.2.5 WEQ200NC 10. 5. 2012

Průměr vrtacího vřetena 200 mm. Otáčky vrtacího vřetena 1 – 2500 ot./min.

Tento obráběcí stroj je po generální opravě, při které zde byl vyměněn starý vřeteník a stojan za současný HCW2. Odchylka kolmosti os X a Y je 50 μm . Očekávaný průběh kruhové interpolace byl tedy elipsovitý s poloosami nakloněnými podle náklonu os. Avšak hodnoty ze systému stejně jako hodnoty získané z Ballbaru vyšly téměř kruhovitě.

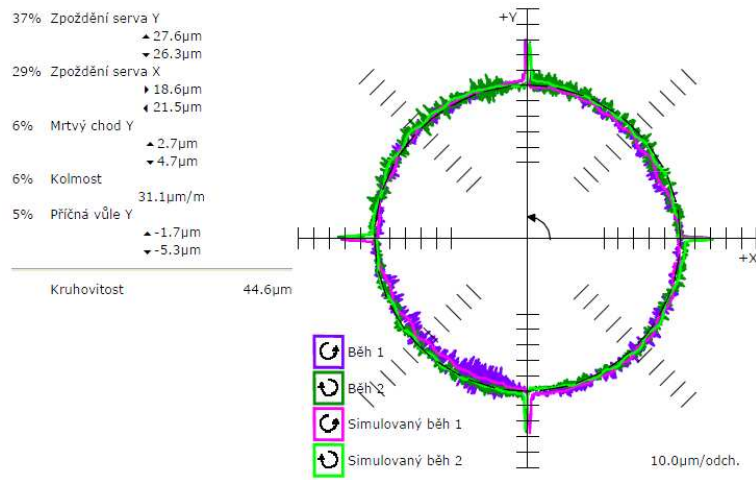
Obr. č. 66: Odchylka kolmosti os X, Y



Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

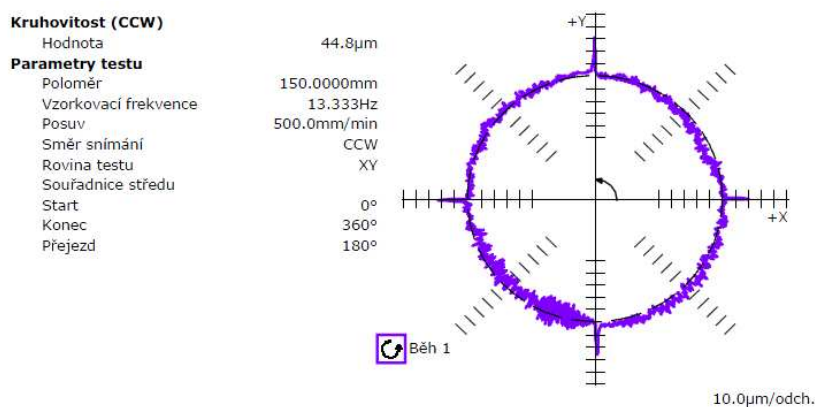
Rychlost posuvu 500 mm/min

Obr. č. 67: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min



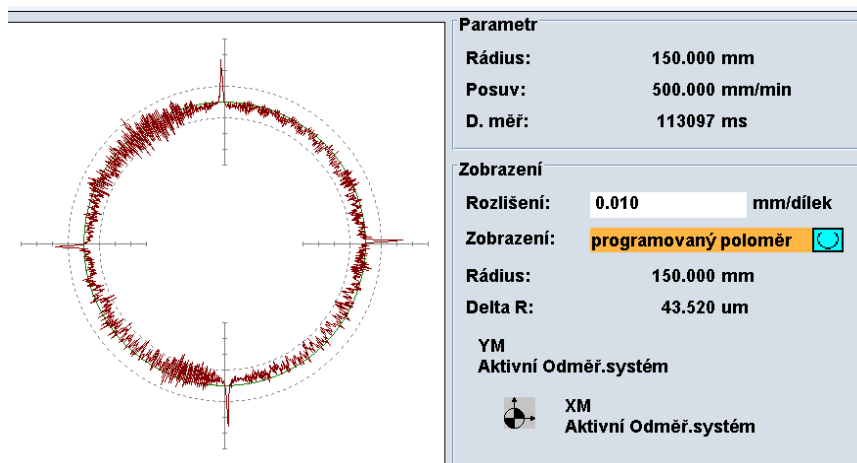
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 68: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

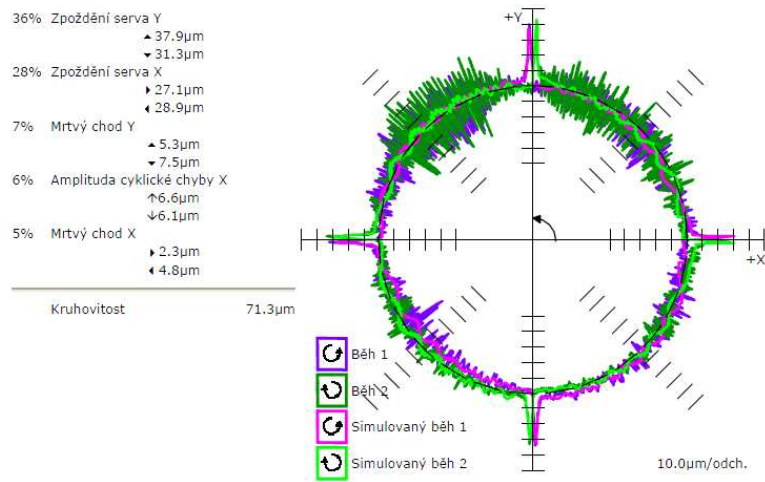
Obr. č. 69: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje



Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

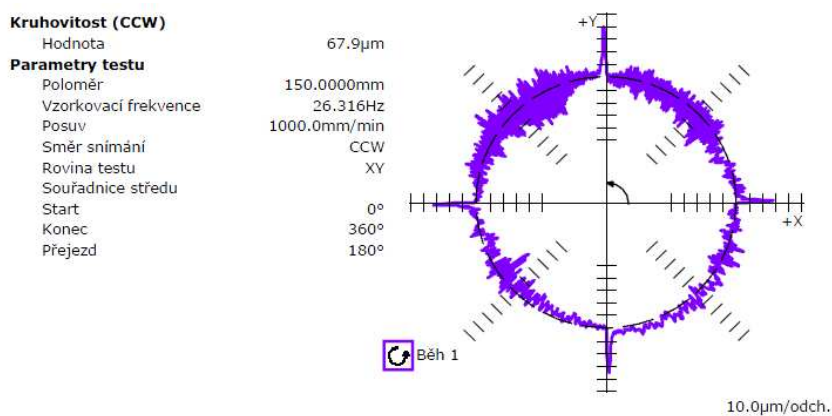
Rychlost posuvu 1000 mm/min

Obr. č. 70: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min



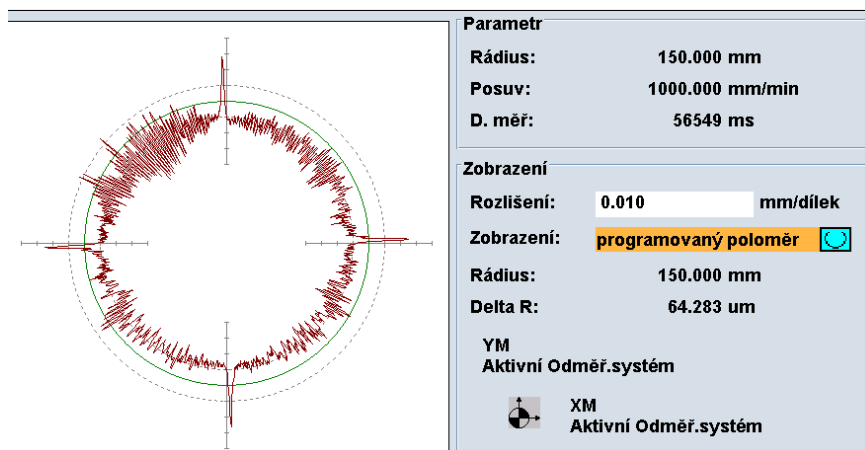
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 71: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 72: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje



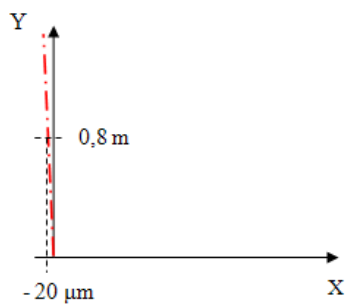
Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

4.2.6 W200H-1 10. 5. 2012

Při měření kolmosti os X, Y na granitovém úhloměru byla naměřena odchylka kolmosti 20 μm . Na obráběcím stroji byla změřena kruhové interpolace pomocí obou metod a hodnoty odchylky kruhovitosti vyšly téměř totožné.

Obr. č. 73: Odchylka kolmosti os X, Y

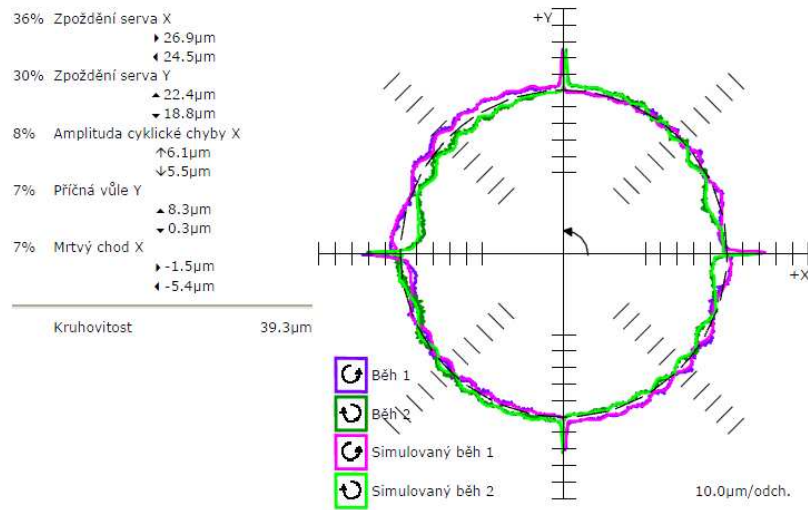
W200H – odchylka 20 μm



Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

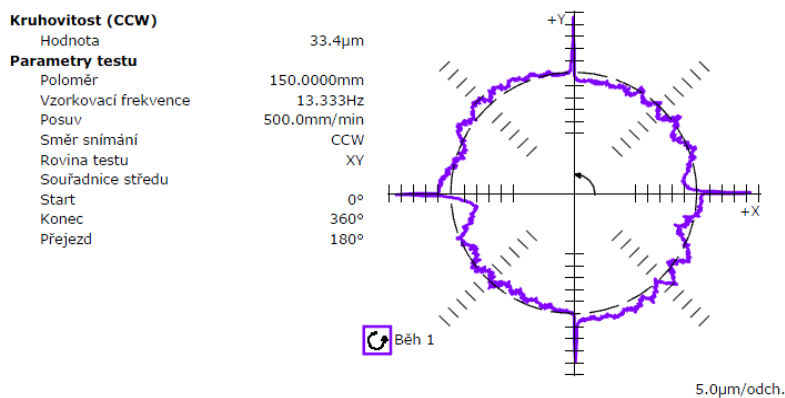
Rychlost posuvu 500 mm/min

Obr. č. 74: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min



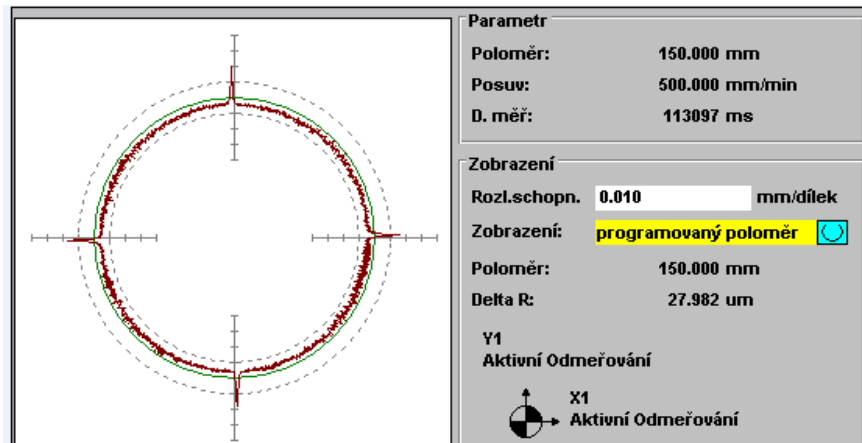
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 75: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

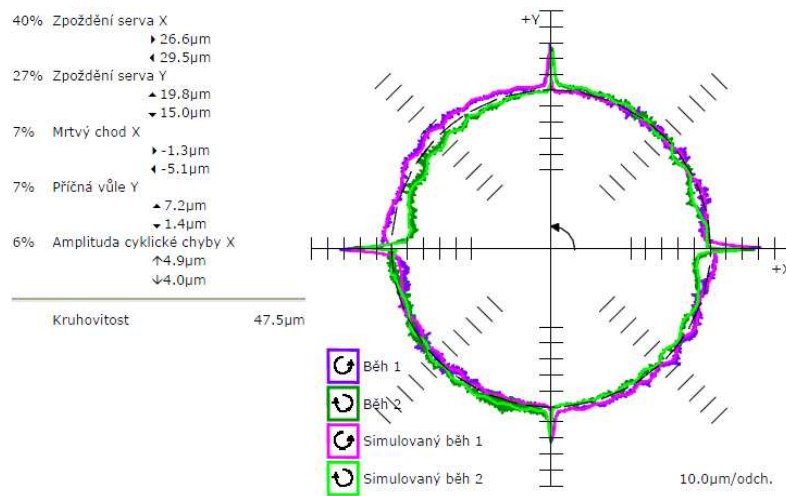
Obr. č. 76: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje



Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

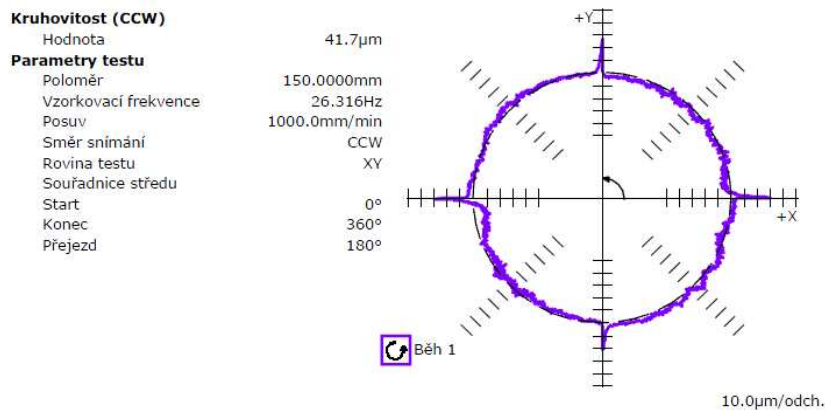
Rychlost posuvu 1000 mm/min

Obr. č. 77: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min



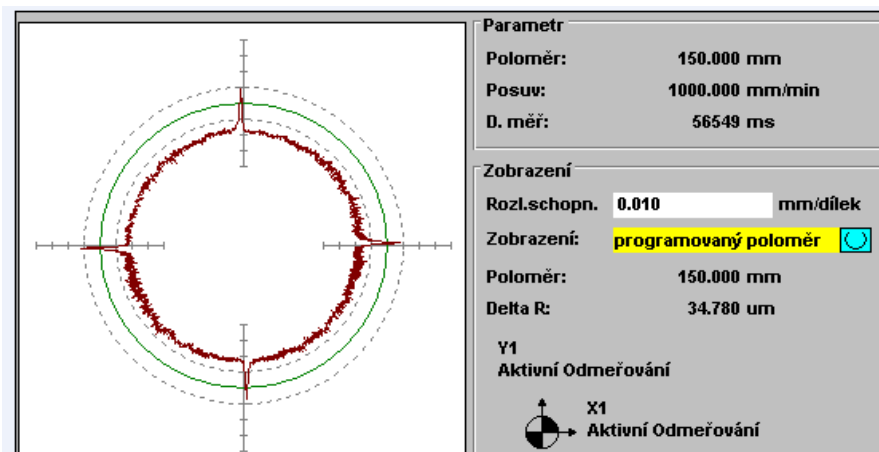
Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 78: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 79: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje

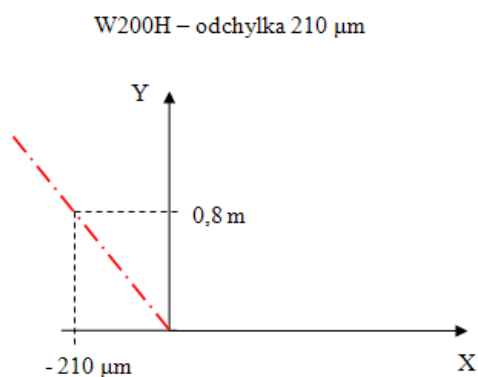


Zdroj: Vygenerováno řídicím systémem obráběcího stroje, 2012

4.2.7 W200H-1 10. 5. 2012

Jelikož jsme se na strojích potýkali s malou odchylkou kolmosti os X, Y, čímž se nedařilo potvrdit hypotézu o vlivu kolmosti os na průběh kruhové interpolace vyhodnocené diagnostikou řídicího systému obráběcího stroje, bylo provedeno ještě jedno měření, kdy byla pro měření nasimulována řídicím systémem větší odchylka kolmosti os X, Y jako korekce. Odchylka na celé výšce stojanu byla nastavena na 0,9 mm, to se projevilo při měření na granitovém čtverci odchylkou kolmosti os X, Y 210 μm . Po nastavení této odchylky byla měřena kruhová interpolace oběma metodami znovu. Získané průběhy ze systému jsou totožné jako před vložením korekce, ovšem průběhy kruhové interpolace naměřené Ballbarem se značně liší.

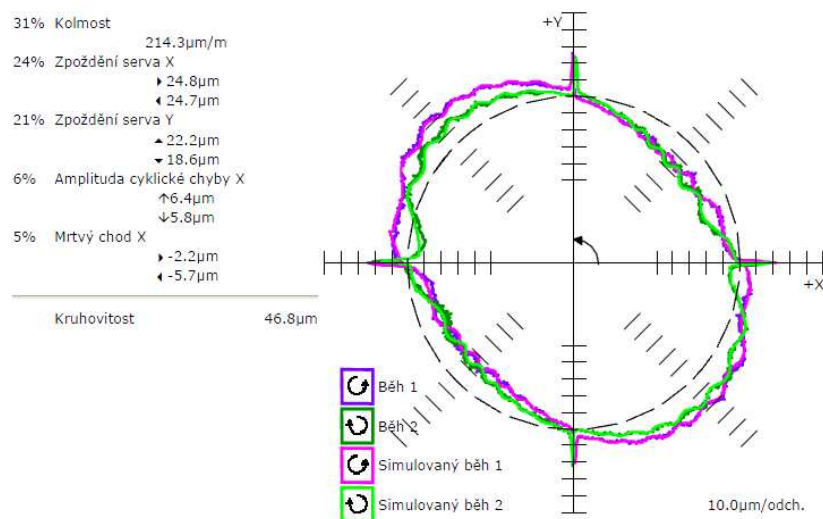
Obr. č. 80: Odchylka kolmosti os X, Y



Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

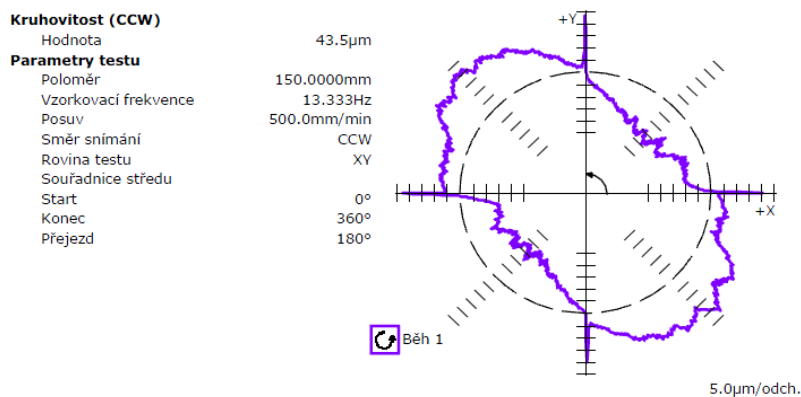
Rychlost posuvu 500 mm/min

Obr. č. 81: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

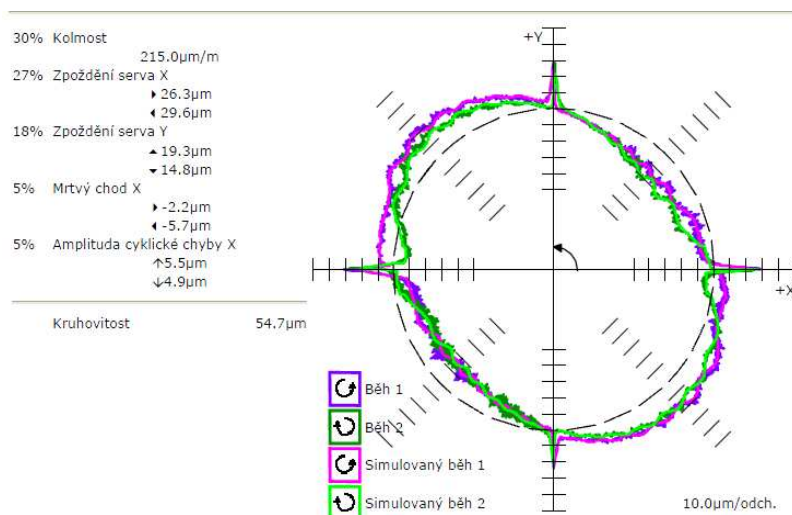
Obr. č. 82: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

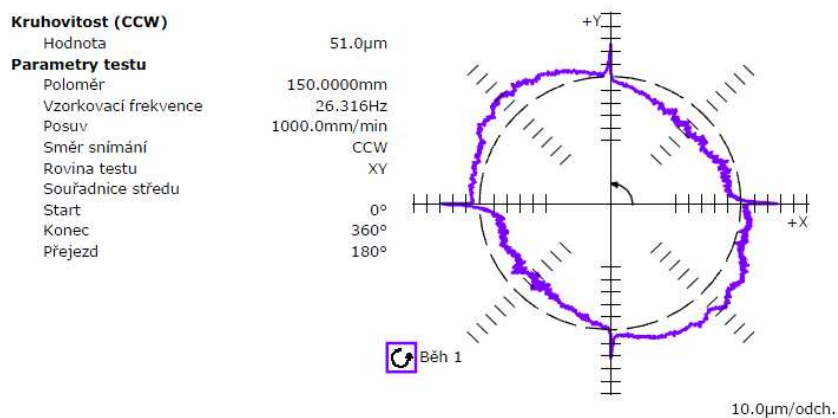
Rychlost posuvu 1000 mm/min

Obr. č. 83: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

Obr. č. 84: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4



Zdroj: Vygenerováno přístrojem Ballbar, 2012

4.3 Analýza výsledků

U každého stroje je zpracována tabulka s naměřenými hodnotami odchylek kruhové interpolace, získaných z diagnostiky řídicího systému a z Ballbaru. Uvedené hodnoty z Ballbaru jsou vyhodnocené jak metodikou Renishaw, tak metodikou ISO 230-4. Metodika ISO 230-4 vyhodnocuje tři průběhy testu kruhové interpolace. Obousměrnou odchylku kruhovitosti, ta se jen nepatrně liší od vyhodnocení metodikou Renishaw. Dále vyhodnocuje jednotlivé průběhy ve směru CW (směr podle hodinových ručiček) a ve směru CCW (proti směru hodinových ručiček). V tabulkách jsou porovnány rozdíly odchylek kruhovitosti jednotlivých testů vůči testu z diagnostiky řídicího systému obráběcího stroje.

4.3.1 HCW2

Jelikož je stroj seřízen, byla naměřena nulová odchylka kolmosti os X, Y. Průběhy kruhové interpolace získané použitými metodami jsou totožné. Při vyšší posuvové rychlosti byly naměřeny větší odchylky kruhovitosti. Metoda Ballbar zaznamenala větší odchylky kruhovitosti než řídicí systém, řádově do 10 μm .

Tab. č. 1: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 1

HCW2		
Posuv (mm/min)	500	1000
Obousměrný test Ballbar dle metodiky Renishaw $\Delta R1$ (μm)	51	63
Jednosměrný test Ballbar CW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R2$ (μm)	49,1	55,7
Jednosměrný test Ballbar CCW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R3$ (μm)	51,2	63,3
Obousměrný test Ballbar dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R4$ (μm)	51,1	63
Test z řídicího systému $\Delta R5$ (μm)	42	57,7
$\Delta R1 - \Delta R5$	9	5,3
$\Delta R2 - \Delta R5$	7,1	-2
$\Delta R3 - \Delta R5$	9,2	5,6
$\Delta R4 - \Delta R5$	9,1	5,3

Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

4.3.2 FCW150

Na tomto obráběcím stroji byla naměřena odchylka kolmosti os X, Y 40 μm . Z průběhů získaných Ballbarem je patrné smrštění v ose X, kdežto řídicí systém nic podobného nenaznačuje. To může způsobovat právě odchylka kolmosti. Metodou Ballbar byly naměřeny hodnoty odchylky kruhové interpolace téměř trojnásobné než řídicím systémem.

Tab. č. 2: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 2

FCW150		
Posuv (mm/min)	500	1000
Obousměrný test Ballbar dle metodiky Renishaw $\Delta R1$ (μm)	43,5	47,9
Jednosměrný test Ballbar CW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R2$ (μm)	41,3	48,1
Jednosměrný test Ballbar CCW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R3$ (μm)	40,4	45,1
Obousměrný test Ballbar dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R4$ (μm)	43,3	48
Test z řídicího systému $\Delta R5$ (μm)	15,3	17,5
$\Delta R1 - \Delta R5$	28,2	30,4
$\Delta R2 - \Delta R5$	26	30,6
$\Delta R3 - \Delta R5$	25,1	27,6
$\Delta R4 - \Delta R5$	28	30,5

Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

4.3.3 HCW3

Na tomto stroji byla naměřena nulová odchylka kolmosti os X, Y. Průběhy obou použitých metod jsou velmi podobné. Za povšimnutí stojí rozvibrovanost průběhů, což může být způsobeno pohony stroje. Při posuvové rychlosti 1000 mm/min byly naměřeny větší odchylky kruhovitosti o řádově 20 μm než při posuvové rychlosti 500 mm/min. Ballbar zaznamenal opět vyšší odchylky kruhovitosti než řídicí systém řádově o 10 μm .

Tab. č. 3: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 3

HCW3		
Posuv (mm/min)	500	1000
Obousměrný test Ballbar dle metodiky Renishaw $\Delta R1$ (μm)	38,7	56,8
Jednosměrný test Ballbar CW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R2$ (μm)	39,1	53,7
Jednosměrný test Ballbar CCW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R3$ (μm)	37	56,5
Obousměrný test Ballbar dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R4$ (μm)	38,7	56,5
Test z řídicího systému $\Delta R5$ (μm)	31,3	45,4
$\Delta R1 - \Delta R5$	7,4	11,4
$\Delta R2 - \Delta R5$	7,8	8,3
$\Delta R3 - \Delta R5$	5,7	11,1
$\Delta R4 - \Delta R5$	7,4	11,1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

4.3.4 WEA160

Na této horizontce byla naměřena odchylka kolmosti os X, Y 30 μm . Ovšem není možné porovnat výsledky mezi jednotlivými metodami, jelikož jak bylo zmíněno v předešlé kapitole, na obráběcím stroji během částečné opravy nebyly vyměněny původní analogové pohony za digitální. Tedy není možno získat test kruhové interpolace z řídicího systému. Průběhy kruhové interpolace získané Ballbarem jsou velmi zajímavé a jejich příčinou jsou patrně neseřížená serva. Díky obousměrnému testu je z testu kruhové interpolace viditelné rozdílné naklopení jejího průběhu při změně směru otáčení. Takovéto výsledky by nebylo možné ze systému zjistit, protože test kruhové interpolace řídicím systémem probíhá pouze v jednom směru. Naměřené odchylky kruhovitosti Ballbarem jsou úměrné posuvové rychlosti.

Tab. č. 4: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 4

WEA160		
Posuv (mm/min)	500	1000
Obousměrný test Ballbar dle metodiky Renishaw $\Delta R1$ (μm)	292,9	599,7
Jednosměrný test Ballbar CW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R2$ (μm)	288,4	589,8
Jednosměrný test Ballbar CCW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R3$ (μm)	284,8	595,9
Obousměrný test Ballbar dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R4$ (μm)	292,9	599,6
Test z řídicího systému $\Delta R5$ (μm)	0	0
$\Delta R1 - \Delta R5$	292,9	599,7
$\Delta R2 - \Delta R5$	288,4	589,8
$\Delta R3 - \Delta R5$	284,8	595,9
$\Delta R4 - \Delta R5$	292,9	599,6

Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

4.3.5 WEQ200NC

Na tomto stroji byla naměřena odchylka kolmosti os X, Y 50 μm . Očekávaný průběh testu kruhové interpolace z Ballbaru byl eliptického tvaru právě kvůli odchylce kolmosti. Zřejmě ale byla tato chyba vykompenzována jinou skrytou chybou, jelikož průběhy kruhové interpolace naměřené oběma metodami byly téměř totožné. To dokazují i nepatrné rozdíly mezi odchylkami kruhovitosti. Z tabulky je patrné zvýšení odchylky kruhovitosti při zvýšení posuvové rychlosti.

Tab. č. 5: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 5

WEQ200NC		
Posuv (mm/min)	500	1000
Obousměrný test Ballbar dle metodiky Renishaw $\Delta R1$ (μm)	44,6	71,3
Jednosměrný test Ballbar CW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R2$ (μm)	37,2	71,1
Jednosměrný test Ballbar CCW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R3$ (μm)	44,8	67,9
Obousměrný test Ballbar dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R4$ (μm)	44,6	71,4
Test z řídicího systému $\Delta R5$ (μm)	43,5	64,3
$\Delta R1 - \Delta R5$	1,1	7
$\Delta R2 - \Delta R5$	-6,3	6,8
$\Delta R3 - \Delta R5$	1,3	3,6
$\Delta R4 - \Delta R5$	1,1	7,1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

4.3.6 W200H-1

Při měření kolmosti os X, Y byla zjištěna odchylka 20 μm . Tato nepatrná odchylka kolmosti se neprojevila do průběhu grafu kruhové interpolace získané Ballbarem, neboť průběhy získané z obou metod byly totožné. Se zvýšenou rychlostí posuvu se zvýšila odchylka kruhovitosti jen nepatrně. Rozdíl v odchylkách kruhovitosti mezi jednotlivými metodami byl řádově 10 μm .

Tab. č. 6: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 6

W200H-1		
Posuv (mm/min)	500	1000
Obousměrný test Ballbar dle metodiky Renishaw $\Delta R1$ (μm)	39,3	47,5
Jednosměrný test Ballbar CW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R2$ (μm)	39,9	42,9
Jednosměrný test Ballbar CCW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R3$ (μm)	33,4	41,7
Obousměrný test Ballbar dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R4$ (μm)	39,3	47,5
Test z řídicího systému $\Delta R5$ (μm)	28	34,8
$\Delta R1 - \Delta R5$	11,3	12,7
$\Delta R2 - \Delta R5$	11,9	8,1
$\Delta R3 - \Delta R5$	5,4	6,9
$\Delta R4 - \Delta R5$	11,3	12,7

Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

4.3.7 W200H-2

Při druhém měření tohoto obráběcího stroje, kdy byla do systému zadána chyba, která zapříčinila vyosení os X, Y byla zjištěna odchylka kolmosti těchto os 210 μm . Řídicí systém však vyhodnotil průběh kruhové interpolace stejně jako v předešlém případě. Metodou Ballbar byly naměřeny jiné hodnoty než bez chyby v systému. Z Ballbaru je patrná elipticita

průběhu způsobená právě vyosením. Kvůli vyosení se zvýšily i odchylky kruhovitosti získané Ballbarem a tím i rozdíly v odchylkách kruhovitosti získané pomocí obou metod, ty nabývali téměř dvojnásobných hodnot než v předešlém případě.

Tab. č. 6: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 6

W200H-2		
Posuv (mm/min)	500	1000
Obousměrný test Ballbar dle metodiky Renishaw $\Delta R1$ (μm)	46,8	54,7
Jednosměrný test Ballbar CW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R2$ (μm)	44,8	51,9
Jednosměrný test Ballbar CCW dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R3$ (μm)	43,5	51
Obousměrný test Ballbar dle metodiky ISO 230-4 $\Delta R4$ (μm)	46,7	54,7
Test z řídicího systému $\Delta R5$ (μm)	28	34,8
$\Delta R1 - \Delta R5$	18,8	19,9
$\Delta R2 - \Delta R5$	16,8	17,1
$\Delta R3 - \Delta R5$	15,5	16,2
$\Delta R4 - \Delta R5$	18,7	19,9

Zdroj: Vlastní zpracování, 2012

4.3.8 Vyhodnocení analýzy

Analýzou naměřených výsledků bylo zjištěno, že pokud je odchylka kolmosti os X, Y nulová nebo jen nepatrná, jsou naměřené průběhy kruhové interpolace z diagnostiky řídicího systému obráběcího stroje velmi podobné jako průběhy získané metodou Ballbar. Liší se pouze naměřené odchylky kruhovitosti. Metodou Ballbar jsou naměřeny vždy v průměru o 10 μm větší než z řídicího systému. Z uvedených hodnot odchylek kruhovitosti naměřených Ballbarem je patrné, že obousměrný test dle metodiky Renishaw nabývá téměř totožných hodnot odchylek kruhovitosti jako obousměrný test dle metodiky ISO 230-4. Jednosměrné testy odchylek kruhovitosti dle metodiky ISO 230-4 se svými hodnotami liší od obousměrných testů. Veškeré náměry metodou Ballbar zaznamenaly vyšší odchylku kruhovitosti než diagnostika řídicího systému obráběcího stroje, pouze ve dvou případech byly zaznamenány hodnoty nižší. V obou případech se jedná o jednosměrný test kruhové interpolace CW dle metodiky ISO 230-4. To je způsobeno tím, že test kruhové interpolace z řídicího systému obráběcího stroje probíhal v opačném směru, tedy ve směru CCW. Pokud byly naměřeny výraznější odchylky kolmosti os X, Y, metoda Ballbar zaznamenala vychýlení průběhu kruhové interpolace dle orientace os X, Y a také průběh nebyl kruhový, ale elipsovitý. Diagnostika řídicího systému obráběcího stroje však tuto odchylku kruhové interpolace nezaznamenala, to je způsobeno tím, že diagnostika nemá možnost získat žádné informace o kolmosti os. Tím je způsobeno i zvýšení rozdílu odchylky kruhovitosti, jelikož

při vychýlení os byly vždy Ballbarem naměřeny výrazně vyšší odchylky kruhovitosti než diagnostikou řídicího systému. Výraznou nevýhodou diagnostiky řídicího systému je pouze jednosměrný test kruhové interpolace. To se projevilo při měření na obráběcím stroji WEA160, jelikož průběhy naměřené Ballbarem se pro jednotlivé směry posuvu lišily.

ZÁVĚR

Diplomová práce řešila problematiku přesnosti testu kruhové interpolace prováděného diagnostikou řídicího systému SIEMENS obráběcích strojů. Proto byly na měřených strojích provedeny tímto systémem testy kruhové interpolace. Pro posouzení přesnosti testu kruhové interpolace získané z diagnostiky řídicího systému obráběcího stroje byl použit speciální měřicí přístroj na změření tohoto testu. Tímto měřicím přístrojem je Ballbar od Renishaw.

Předložená diplomová práce se postupně zabývá následující problematikou: Nejprve se jedná o seznámení se společností ŠKODA MACHINE TOOL, a.s., konkrétně s historií společnosti, ze které následuje postupný přesun do současnosti. V první kapitole jsou dále popsány jednotlivé produkty podniku spolu s referencemi ŠKODA MACHINE TOOL. Druhá kapitola je zaměřena na přesnost kruhové interpolace a nejčastější chyby obráběcích strojů zjištěné kruhovou interpolací. Následuje kapitola s popisem způsobů měření kruhové interpolace, jsou zde popsány metody měření speciálními měřicími přístroji a také metoda měření kruhové interpolace diagnostikou řídicího systému obráběcího stroje. V dalším bodě této práce jsou uvedeny stručné popisy měřených strojů a naměřené průběhy kruhových interpolací. Nakonec je v práci provedena analýza naměřených hodnot k posouzení relevantnosti výsledků získaných řídicím systémem obráběcího stroje. Veškeré kapitoly obsahují názorné obrázky, tabulky, grafy a schémata k lepšímu přiblížení popisované problematiky.

Jak již bylo zmíněno v analýze naměřených výsledků, přesnost testu kruhové interpolace je závislá na aktuálním seřízení obráběcího stroje. Při minimální odchylce kolmosti os jsou naměřené testy kruhové interpolace řídicím systémem obráběcího stroje téměř totožné jako testy naměřené Ballbarem od Renishaw. Ovšem při větší odchylce kolmosti os jsou průběhy testů kruhových interpolací na první pohled rozdílné. Metodou Ballbar jsou naměřeny eliptické průběhy narozdíl od průběhů z diagnostiky řídicího systému, ten vyhodnotí průběh jako kruhový. Odchyly kruhovitosti naměřené metodou Ballbar mají výrazně vyšší hodnoty, než které jsou naměřeny řídicím systémem obráběcího stroje.

Závěrem práce chci podotknout, že pro zvýšení vypovídací schopnosti výsledků by bylo dobré změřit více strojů. Ovšem z časového hlediska a z důvodu vytížitelnosti strojů to nebylo možné. Zajímavé by bylo i porovnání přesnosti testu kruhové interpolace řídicího systému SIEMENS s jinými jako je např. HEIDENHEIN. To však bylo zavrhnuto hned na začátku plánování experimentu, jelikož jsou veškeré dostupné obráběcí stroje od ŠMT umístěné v blízkém okolí vybaveny především řídicím systémem SIEMENS.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

- Obr. č. 1: Teritoria zákazníků ŠMT
Obr. č. 2: Stroj řady ŠKODA HCW
Obr. č. 3: Stroj řady ŠKODA FCW
Obr. č. 4: Stroj řady ŠKODA SR
Obr. č. 5: Otočný stůl ŠKODA TDV
Obr. č. 6: Zjednodušené blokové schéma
Obr. č. 7: Paralelní odlehlost při lineární interpolaci
Obr. č. 8: Požadavky na zrychlení při kruhové interpolaci
Obr. č. 9: Zkreslení kružnic při nestejné velikosti polohových zesílení
Obr. č. 10: Chyby měření způsobené obousměrnou opakovatelností
Obr. č. 11: Chyba způsobená vlivem roztažení nebo smrštění lineární stupnice nebo kuličkového šroubu
Obr. č. 12: Cyklická chyba způsobená lineárním odměřováním nebo kuličkovým šroubem
Obr. č. 13: Cyklická chyba způsobená vibracemi ovlivňující snímače polohy a snímače rychlosti
Obr. č. 14: Chyba způsobená vůlí v ose X
Obr. č. 15: Chyba způsobená kompenzací vůlí
Obr. č. 16: Chyba kompenzace přesnosti odměřování
Obr. č. 17: Chyba pravoúhlosti mezi dvěma kolmými osami
Obr. č. 18: Chyba přímosti vedení
Obr. č. 19: Chyba způsobená špatným ustavením stroje do základů
Obr. č. 20: Chyba způsobená elastickou deformací těla obráběcího stroje změnou polohy těžiště
Obr. č. 21: Chyba způsobená zvýšením tření vlivem špatného mazání ložisek
Obr. č. 22: Chyba způsobená ztrátou pohyblivosti řídicích mechanismů
Obr. č. 23: Chyba způsobená zatuhnutím pohonů
Obr. č. 24: Chyba způsobená zadrháváním suportů
Obr. č. 25: Chyba způsobená neshodou polohového zesílení
Obr. č. 26: Chyba způsobená vibracemi vlivem řetězových nebo hydraulických posuvů
Obr. č. 27: Chyba způsobená levitací suportů vlivem hydrodynamické síly
Obr. č. 28: Chyba měření způsobená gravitací
Obr. č. 29: Kruhová hystereze $H_{xy} = 0,008$ mm
Obr. č. 30: Úchylka kruhovitosti, $G_{xy} = 0,012$ mm
Obr. č. 31: Radikální úchylka, $F_{zx \max} = + 0,008$ mm; $F_{zx \min} = - 0,006$ mm

Obr. č. 32: Mřížkový snímač KGM 182

Obr. č. 33: Měřicí přístroj Ballbar

Obr. č. 34: Struktura měřícího doteku

Obr. č. 35: Ballbar od společnosti API

Obr. č. 36: Fotografie průběhu zkoušky kruhové interpolace

Obr. č. 37: Granitový čtverec a číselníkový úchylkoměr

Obr. č. 38: Fotografie měření kolmosti v ose X

Obr. č. 39: Fotografie měření kolmosti v ose Y

Obr. č. 40: Odchylka kolmosti os X, Y

Obr. č. 41: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min.

Obr. č. 42: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 43: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 44: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min.

Obr. č. 45: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 46: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 47: Odchylka kolmosti os X, Y

Obr. č. 48: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min.

Obr. č. 49: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 50: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 51: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min.

Obr. č. 52: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 53: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 54: Odchylka kolmosti os X, Y

Obr. č. 55: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min.

Obr. č. 56: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 57: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 58: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min.

Obr. č. 59: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 60: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 61: Odchylka kolmosti os X, Y

Obr. č. 62: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min.

Obr. č. 63: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 64: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min.

Obr. č. 65: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 66: Odchylka kolmosti os X, Y

Obr. č. 67: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min.

Obr. č. 68: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 69: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 70: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min.

Obr. č. 71: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 72: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 73: Odchylka kolmosti os X, Y

Obr. č. 74: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min.

Obr. č. 75: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 76: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 77: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min.

Obr. č. 78: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 79: Test kruhové interpolace diagnostikovaný řídicím systémem obráběcího stroje.

Obr. č. 80: Odchylka kolmosti os X, Y

Obr. č. 81: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min.

Obr. č. 82: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 500 mm/min dle ISO 230-4.

Obr. č. 83: Obousměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min.

Obr. č. 84: Jednosměrný test kruhové interpolace pro posuvovou rychlost 1000 mm/min dle ISO 230-4.

Tab. č. 1: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 1

Tab. č. 2: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 2

Tab. č. 3: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 3

Tab. č. 4: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 4

Tab. č. 5: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 5

Tab. č. 6: Rozdíl naměřených odchylek kruhovitosti mezi Ballbarem a řídicím systémem 6

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Odborné zdroje:

- [1] KAKINO, Y., IHARA, Y., SHINOHARA, A., Accuracy inspection of NC machine tools by double ball bar method. Tokio: Realize inc, 1993, ISBN 1-56990-160-0
- [2] SOUČEK, P. Servomechanismy ve výrobních strojích, Praha, ČVUT, 2004, ISBN 80-01-02902-6

Internetové zdroj:

- [3] API. [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné na WWW:
<http://www.apisensor.com/ballbar>
- [4] Bernardan company. [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné na WWW:
<http://www.bernardandcompany.wordpress.com/category/siemens-machine-tools/>
- [5] Internetový obchod Somet. cz [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné na WWW:
<http://www.sometcz.com/obchod/granitove-litinove-desky-a-jina-meridla-z-granitu-a-oceli.html>
- [6] Internetový obchod Somet. cz [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné na WWW:
<http://www.sometcz.com/obchod/indikatory.html>
- [7] Heidenhain. [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné na WWW:
http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty-a-pouziti/nastavit-a-promerit/mereni-stroju/kgm/
- [8] Renishaw. [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné na WWW:
<http://www.renishaw.cz/cs/system-ballbar-qc20-w--11075>
- [9] Webové stránky ŠMT. Historie. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupné na WWW:
<http://www.cz-smt.cz/historie.html>
- [10] Webové stránky ŠMT. Současnost. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupné na WWW:
<http://www.cz-smt.cz/soucasnost.html>
- [11] Webové stránky ŠMT. HCW. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupné na WWW:
<http://www.cz-smt.cz/hcw.html>

- [12] Webové stránky ŠMT. FCW. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupné na WWW:
<http://www.cz-smt.cz/fcw.html>

- [13] Webové stránky ŠMT. SR. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupné na WWW:
<http://www.cz-smt.cz/sr.html>

- [14] Webové stránky ŠMT. TDV. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupné na WWW:
<http://www.cz-smt.cz/tdv.html>

- [15] Webové stránky ŠMT. Teritoria. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupné na WWW:
<http://www.cz-smt.cz/sites/default/files/news/skoda-NEWS-1-10-web.pdf>

Ostatní:

- [16] ISO 230-4: 1996. Zásady zkoušek obráběcích strojů Část 4: Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů. 1996-08-01.

- [17] Příručka Renishaw QC10 & Ballbar 5

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: HCW2

Příloha B: FCW150

Příloha C: HCW3

Příloha D: WEA160

Příloha E: WEQ200NC

Příloha F: W200H-1

Příloha G: W200H-2

Příloha A: HCW2

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500mm_m 20120117-112731

Obsluha: ZP

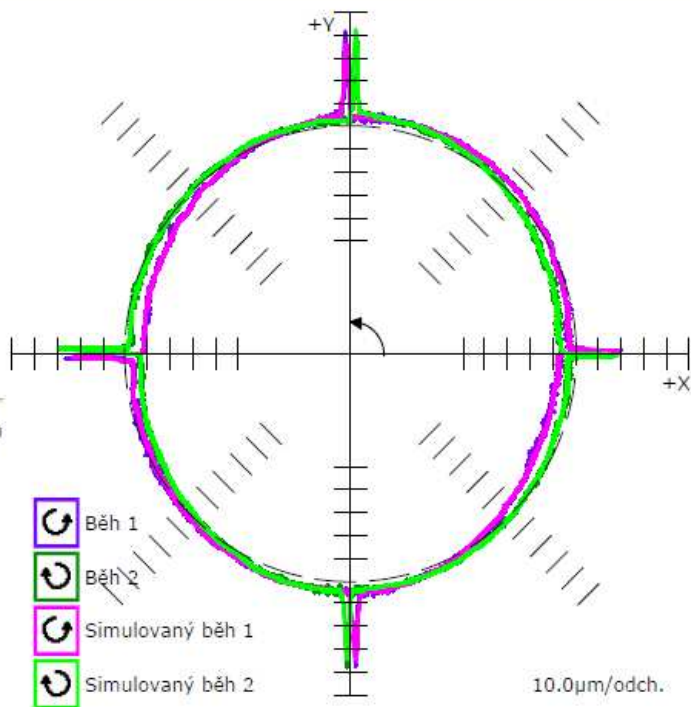
Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:27:31

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 40% Zpoždění serva Y
 - ▲ 37.5µm
 - ▼ 32.7µm
- 34% Zpoždění serva X
 - ▶ 23.2µm
 - ◀ 31.8µm
- 10% Relativní chyba odměřování
 - 18.7µm
- 5% Mrtvý chod X
 - ▶ 4.1µm
 - ◀ 4.5µm
- 3% Mrtvý chod Y
 - ▲ 2.3µm
 - ▼ 2.4µm

Kruhovitost 51.0µm



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500mm_m 20120117-112731

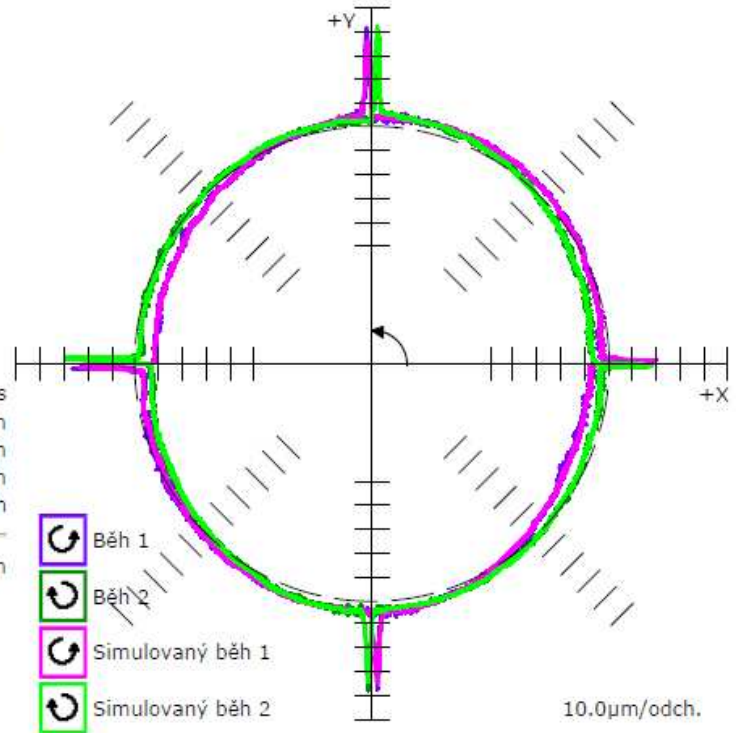
Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:27:31

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ 4.1	◀ 4.5
Y	▲ 2.3	▼ 2.4
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 23.2	◀ 31.8
Y	▲ 37.5	▼ 32.7
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 0.0	◀ -0.5
Y	▲ 0.2	▼ -2.8
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 0.6	↓ 0.7
Y	↑ 0.8	↓ 0.9
Další údaje		
Neshoda serva	0.27ms	
Kolmost	-13.2 $\mu\text{m}/\text{m}$	
Přímočarost X	1.2 μm	
Přímočarost Y	1.3 μm	
Relativní chyba odměřování	-18.7 μm	
<hr/>		
Kruhovitost	51.0 μm	



Ballbar diagnostická tabulka**RENISHAW****XY 360stup 150mm_500mm_m 20120117-112731**

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:27:31

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ 4.1	◀ 4.5µm	4.5µm	(5%)	(4)
Mrtvý chod Y	▲ 2.3	▼ 2.4µm	2.4µm	(3%)	(5)
Zpoždění serva X	▶ 23.2	◀ 31.8µm	31.8µm	(34%)	(2)
Zpoždění serva Y	▲ 37.5	▼ 32.7µm	37.5µm	(40%)	(1)
Příčná vůle X	▶ 0.0	◀ -0.5µm	0.3µm	(0%)	(13)
Příčná vůle Y	▲ 0.2	▼ -2.8µm	1.8µm	(2%)	(8)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 0.6	↓ 0.7µm	0.7µm	(1%)	(10)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 0.8	↓ 0.9µm	0.8µm	(1%)	(9)
Neshoda serva	0.27ms		2.3µm	(2%)	(6)
Kolmost	-13.2µm/m		2.0µm	(2%)	(7)
Přímochařost X	1.2µm		0.6µm	(1%)	(12)
Přímochařost Y	1.3µm		0.7µm	(1%)	(11)
Relativní chyba odměřování	-18.7µm		9.3µm	(10%)	(3)
Délka vlny cyklické chyby X	20.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	22.0000mm				
Vypočtený posuv	500.5mm/min				
Chyba středění X	-1.9µm				
Chyba středění Y	6.6µm				
Kruhovitost	51.0µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Podmínky testu

RENISHAW 

XY 360stup 150mm_500mm_m 20120117-112731

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:27:31

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_500mm_m
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120117-111751

Obsluha: ZP

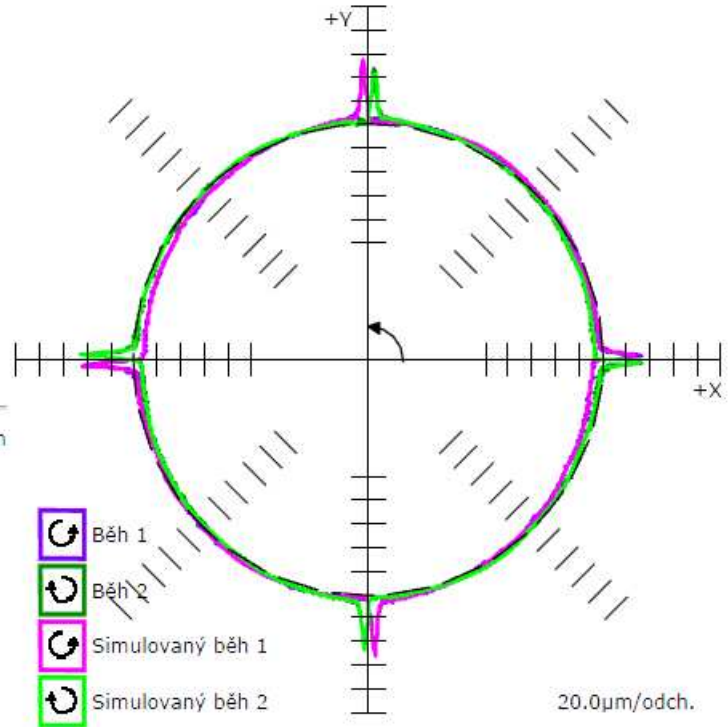
Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:17:51

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 35% Zpoždění serva X
 - ▶ 32.3 μ m
 - ◀ 46.1 μ m
- 33% Zpoždění serva Y
 - ▲ 42.0 μ m
 - ▼ 43.4 μ m
- 10% Mrtvý chod X
 - ▶ 11.1 μ m
 - ◀ 13.1 μ m
- 7% Relativní chyba odměřování
 - 17.7 μ m
- 7% Mrtvý chod Y
 - ▲ 8.8 μ m
 - ▼ 8.4 μ m

Kruhovitost 63.0 μ m



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120117-111751

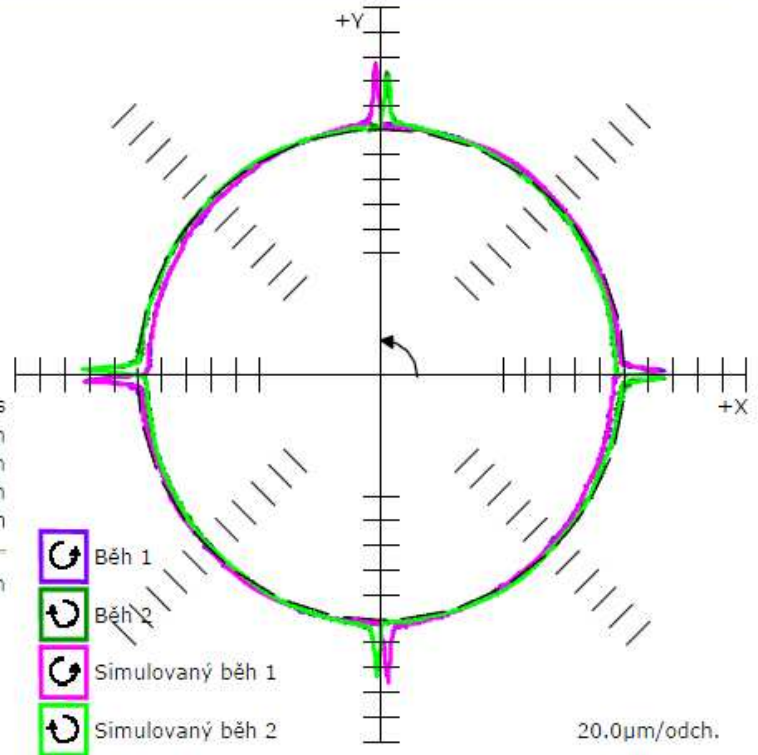
Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:17:51

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ 11.1	◀ 13.1
Y	▲ 8.8	▼ 8.4
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 32.3	◀ 46.1
Y	▲ 42.0	▼ 43.4
Příčná vůle (μm)		
X	▶ -1.4	◀ 1.4
Y	▲ -0.6	▼ -4.6
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 2.9	↓ 2.1
Y	↑ 2.2	↓ 2.0
Další údaje		
Neshoda serva		0.05ms
Kolmost		-12.5 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímocířnost X		1.1 μm
Přímocířnost Y		2.0 μm
Relativní chyba odměřování		-17.7 μm
Kruhovitost		63.0 μm



Ballbar diagnostická tabulka

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120117-111751

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:17:51

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ 11.1	◀ 13.1µm	13.1µm	(10%)	(3)
Mrtvý chod Y	▲ 8.8	▼ 8.4µm	8.8µm	(7%)	(5)
Zpoždění serva X	▶ 32.3	◀ 46.1µm	46.1µm	(35%)	(1)
Zpoždění serva Y	▲ 42.0	▼ 43.4µm	43.4µm	(33%)	(2)
Příčná vůle X	▶ -1.4	◀ 1.4µm	0.7µm	(1%)	(12)
Příčná vůle Y	▲ -0.6	▼ -4.6µm	3.1µm	(2%)	(6)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 2.9	↓ 2.1µm	2.6µm	(2%)	(7)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 2.2	↓ 2.0µm	2.0µm	(1%)	(8)
Neshoda serva	0.05ms		0.8µm	(1%)	(11)
Kolmost	-12.5µm/m		1.9µm	(1%)	(9)
Přímočarost X	1.1µm		0.6µm	(0%)	(13)
Přímočarost Y	2.0µm		1.0µm	(1%)	(10)
Relativní chyba odměřování	-17.7µm		8.8µm	(7%)	(4)
Délka vlny cyklické chyby X	50.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	38.1000mm				
Vypočtený posuv	951.5mm/min				
Chyba středění X	-3.5µm				
Chyba středění Y	2.9µm				
Kruhovitost	63.0µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	X0 Y0 Z0
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Podmínky testu



XY 360stup 150mm 20120117-111751

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:17:51

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Souřadnice středu	X0 Y0 Z0
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120117-111751

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:17:51

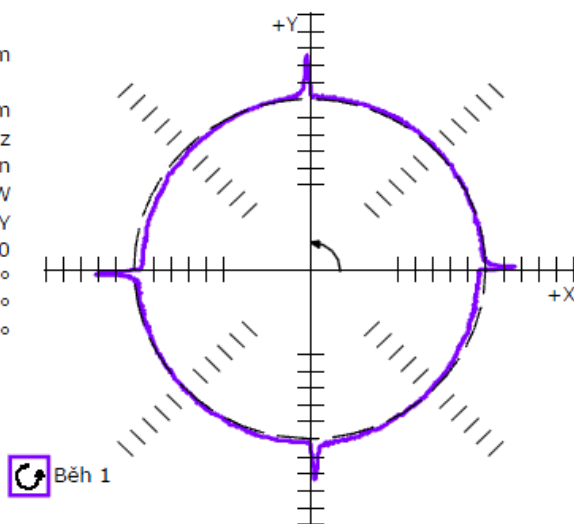
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 63.3 μ m

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Vzorkovací frekvence	26.316Hz
Posuv	1000.0mm/min
Směr snímání	CCW
Rovina testu	XY
Souřadnice středu	X0 Y0 Z0
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°



20.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120117-111751

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:17:51

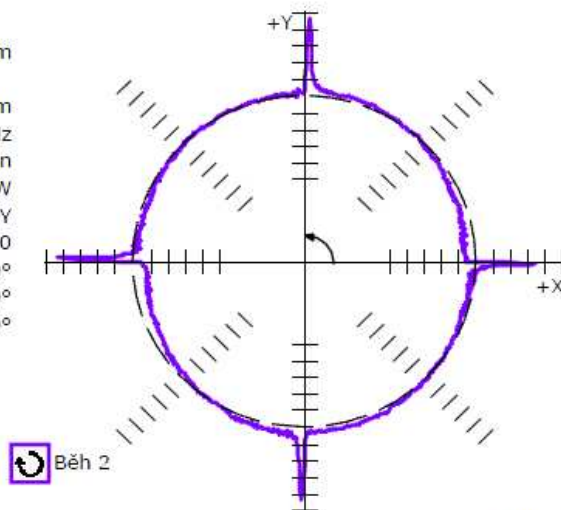
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 55.7 μ m

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Vzorkovací frekvence	26.316Hz
Posuv	1000.0mm/min
Směr snímání	CW
Rovina testu	XY
Souřadnice středu	X0 Y0 Z0
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylka kruhovosti XY 360stup 150mm 20120117-111751

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:17:51

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylka kruhovosti

Hodnota 63.0 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 1000.0mm/min

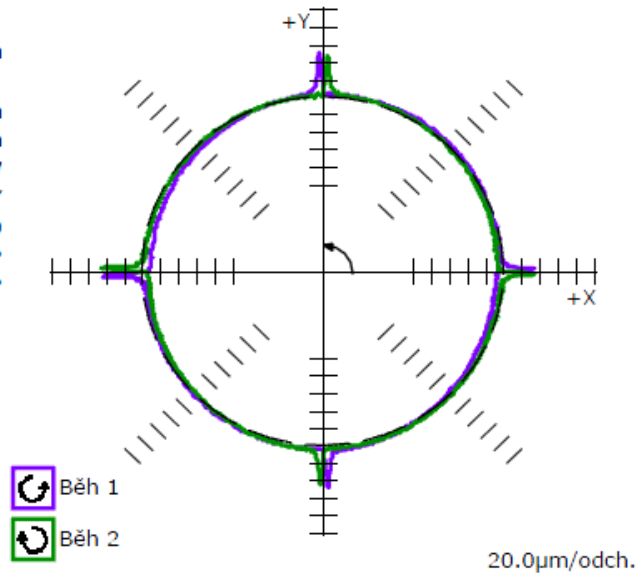
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu X0 Y0 Z0

Start 0°

Konec 360°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500mm_m 20120117-112731

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:27:31

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 51.2 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CCW

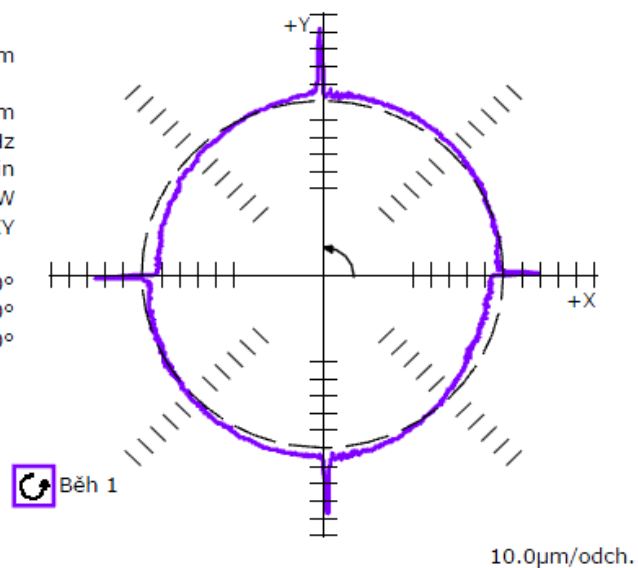
Rovina testu XY

Souřadnice středu X0 Y0 Z0

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500mm_m 20120117-112731

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:27:31

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 49.1 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CW

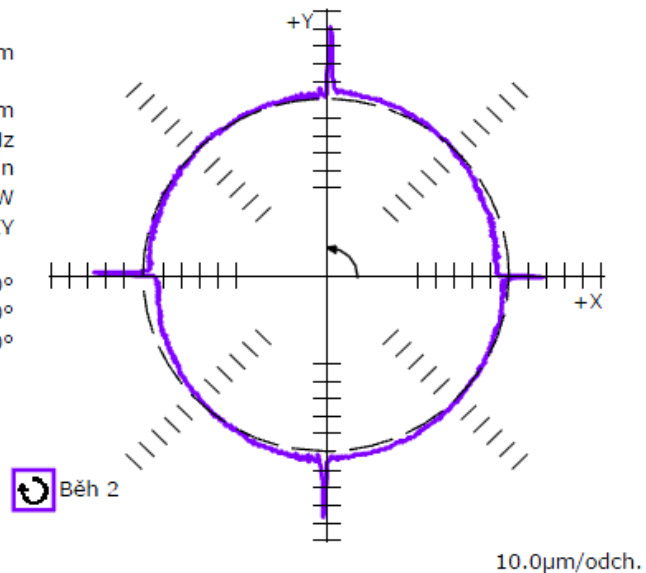
Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 360°

Konec 180°

Přejezd



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylka kruhovitosti XY 360stup 150mm_500mm_m 20120117-112731

Obsluha: ZP

Stroj: HCW2

Datum: 2012-I-17 11:27:31

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylka kruhovitosti

Hodnota 51.1 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 500.0mm/min

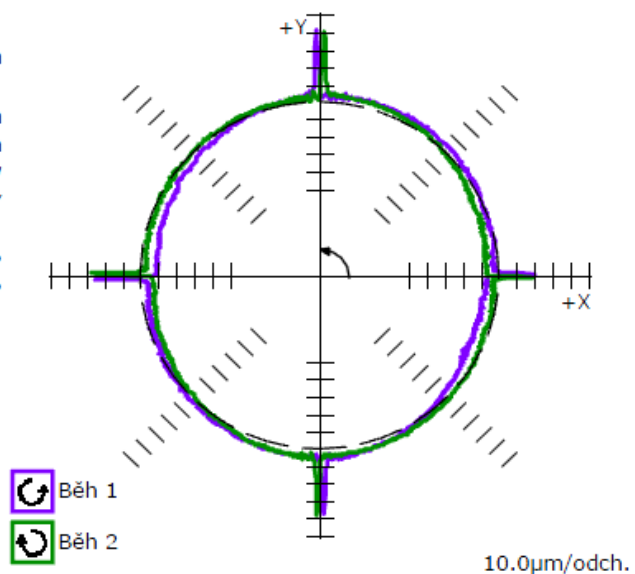
Běh CCW CW

Rovina testu XY

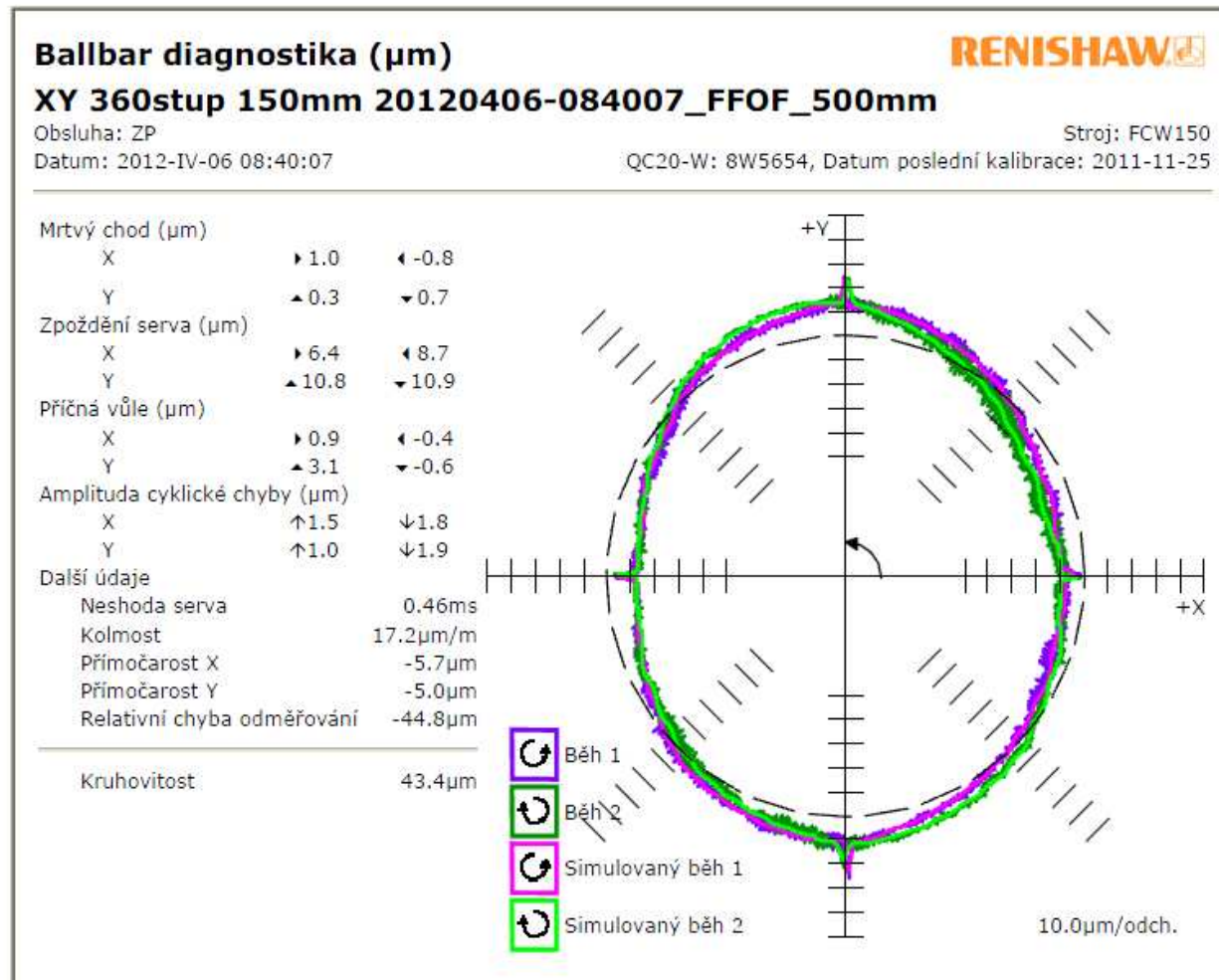
Souřadnice středu 0°

Start 360°

Konec



Příloha B: FCW150



Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120406-084007_FFOF_500mm

Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

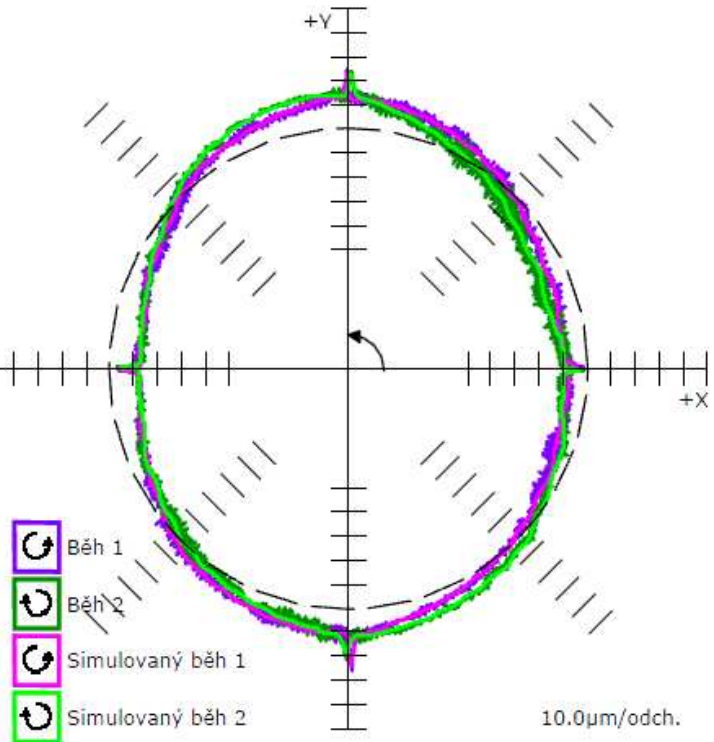
Datum: 2012-IV-06 08:40:07

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 37% Relativní chyba odměřování
-44.8 μ m
- 18% Zpoždění serva Y
▲ 10.8 μ m
▼ 10.9 μ m
- 14% Zpoždění serva X
▶ 6.4 μ m
◀ 8.7 μ m
- 6% Neshoda serva
0.46ms
- 5% Přímocířarost X
-5.7 μ m

Kruhovitost

43.4 μ m



Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120406-081624_FFWOF_1000mm

Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

Datum: 2012-IV-06 08:16:24

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

30% Relativní chyba odměřování

-43.9 μ m

18% Zpoždění serva Y

▲ 13.0 μ m

▼ 11.3 μ m

17% Zpoždění serva X

▶ 11.5 μ m

◀ 12.4 μ m

6% Neshoda serva

0.26ms

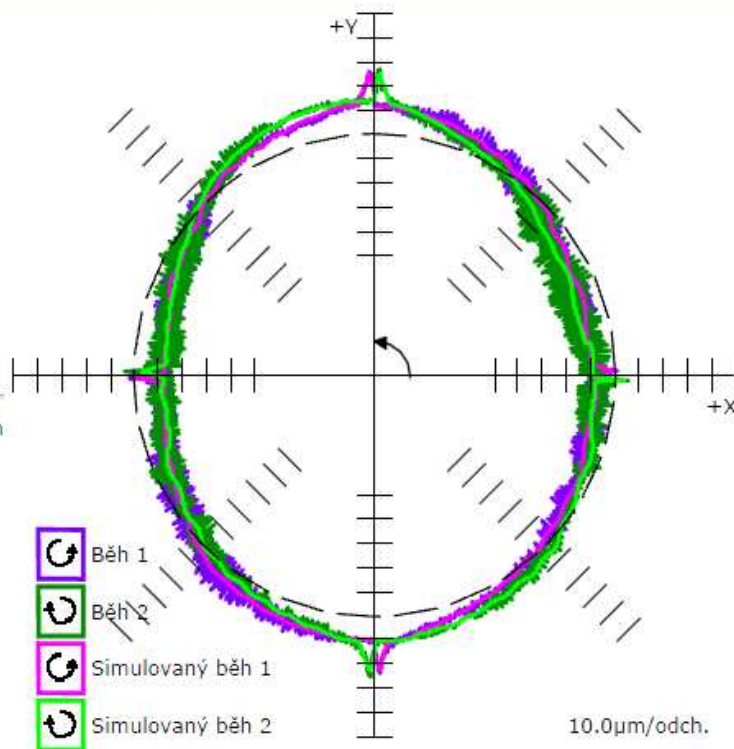
4% Mrtvý chod Y

▲ 3.1 μ m

▼ 3.2 μ m

Kruhovitost

47.9 μ m



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120406-081624_FFWOF_1000mm

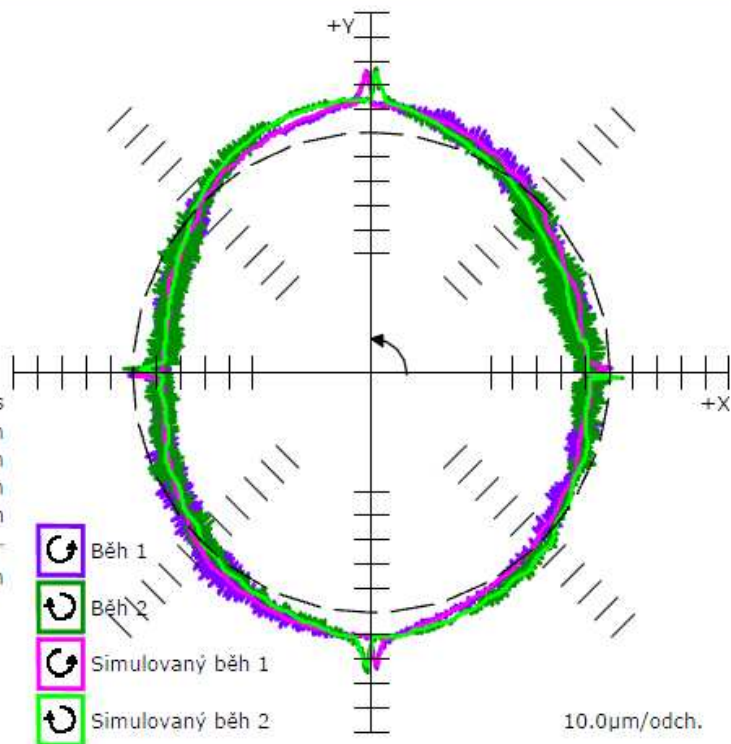
Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

Datum: 2012-IV-06 08:16:24

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ 2.7	◀ 0.6
Y	▲ 3.1	▼ 3.2
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 11.5	◀ 12.4
Y	▲ 13.0	▼ 11.3
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 1.2	◀ -0.4
Y	▲ 3.5	▼ -1.3
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 1.4	↓ 2.2
Y	↑ 1.3	↓ 2.5
Další údaje		
Neshoda serva	0.26ms	
Kolmost	14.2 $\mu\text{m}/\text{m}$	
Přímocířnost X	-5.6 μm	
Přímocířnost Y	-5.6 μm	
Relativní chyba odměřování	-43.9 μm	
<hr/>		
Kruhovitost	47.9 μm	



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120406-084007_FFOF_500mm

Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

Datum: 2012-IV-06 08:40:07

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 40.4 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CCW

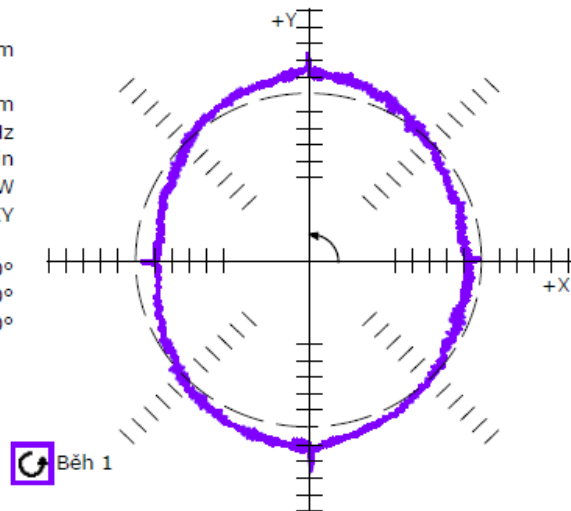
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120406-084007_FFOF_500mm

Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

Datum: 2012-IV-06 08:40:07

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 41.3 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CW

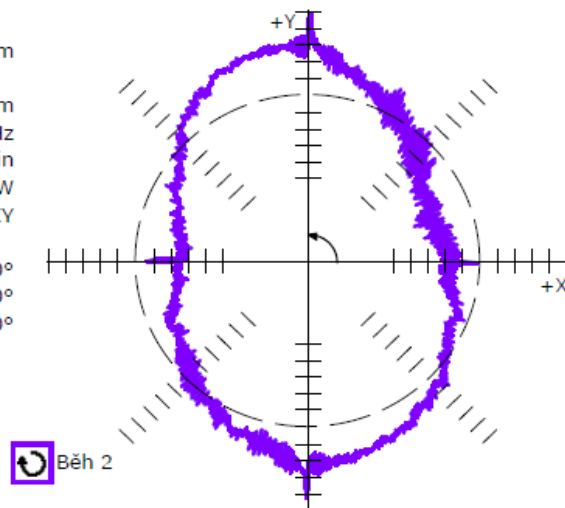
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



5.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylna kruhovosti
XY 360stup 150mm 20120406-084007_FFOF_500mm

Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

Datum: 2012-IV-06 08:40:07

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylna kruhovosti

Hodnota 43.3 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 500.0mm/min

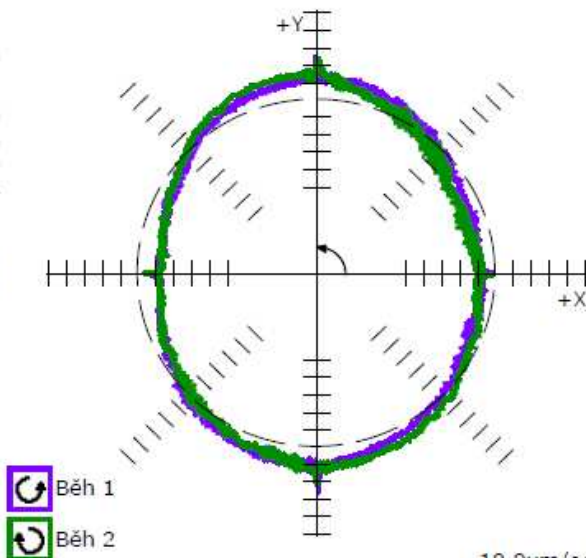
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost
XY 360stup 150mm 20120406-081624_FFWF_1000mm

Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

Datum: 2012-IV-06 08:16:24

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 45.1 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 26.316Hz

Posuv 1000.0mm/min

Směr snímání CCW

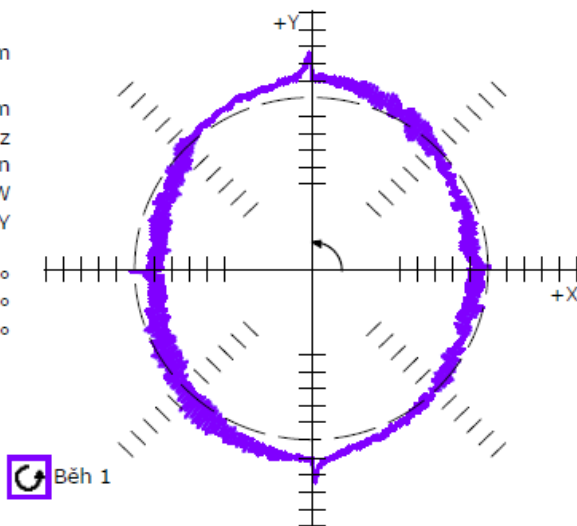
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120406-081624_FFWOF_1000mm

Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

Datum: 2012-IV-06 08:16:24

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 48.1 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 26.316Hz

Posuv 1000.0mm/min

Směr snímání CW

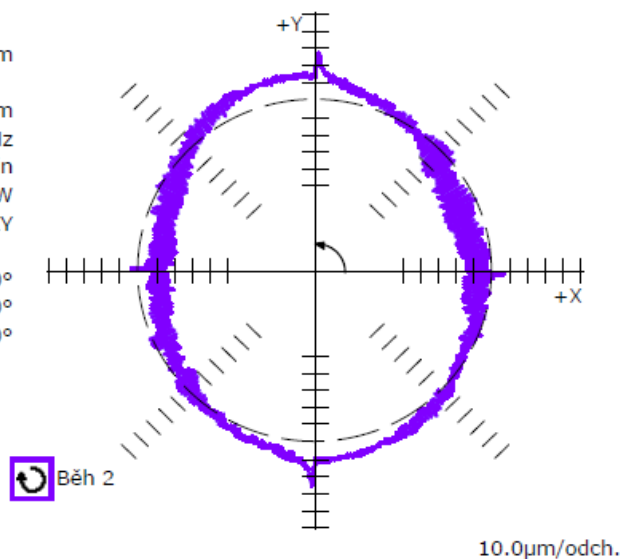
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylka kruhovitosti XY 360stup 150mm 20120406-081624_FFWOF_1000mm

Obsluha: ZP

Stroj: FCW150

Datum: 2012-IV-06 08:16:24

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylka kruhovitosti

Hodnota 48.0 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 1000.0mm/min

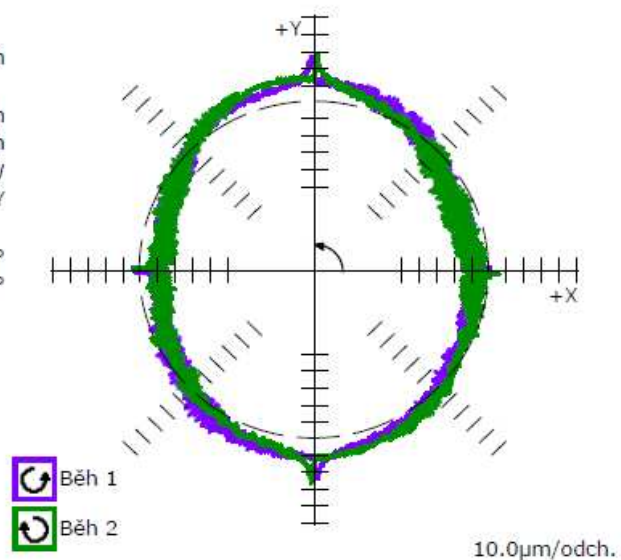
Běh CCW CW

Rovina testu XY

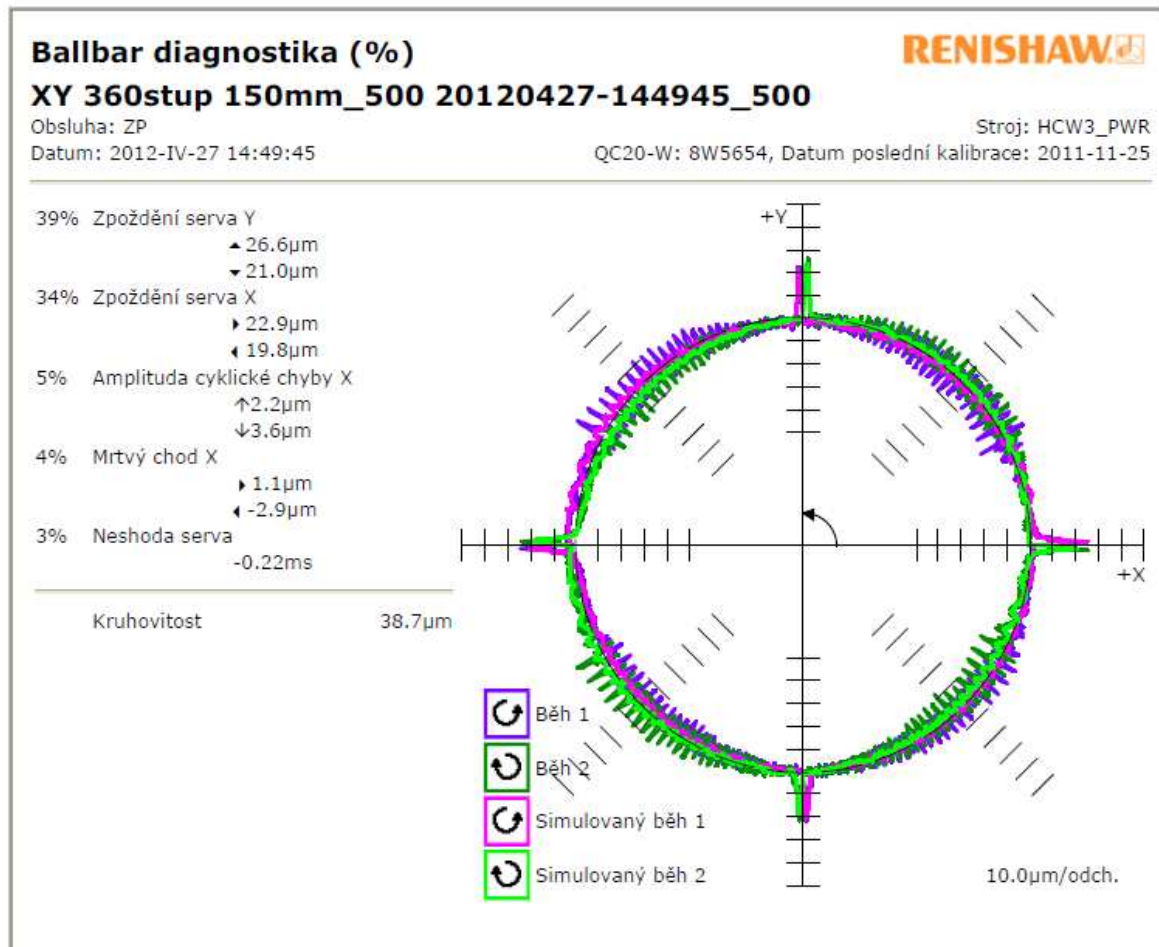
Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°



Příloha C: HCW3



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120427-144945_500

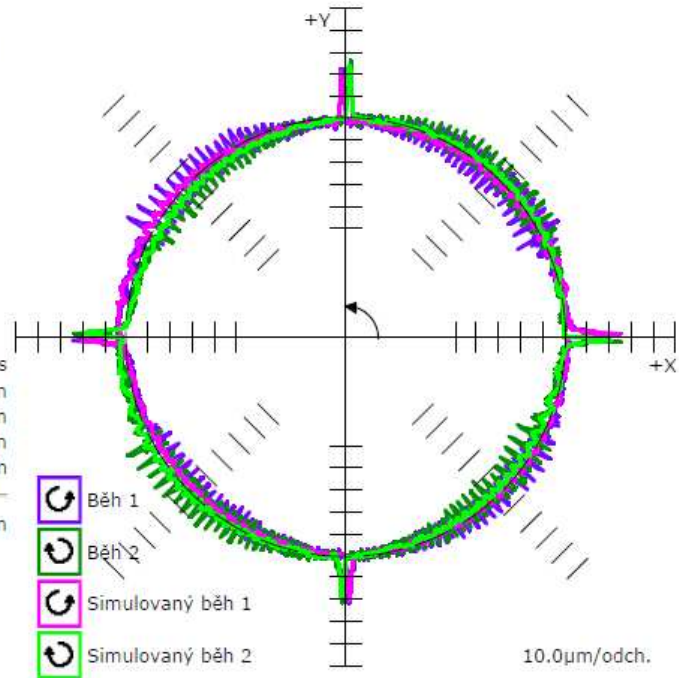
Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:49:45

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ 1.1	◀ -2.9
Y	▲ 0.7	▼ 0.6
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 22.9	◀ 19.8
Y	▲ 26.6	▼ 21.0
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 2.8	◀ -1.5
Y	▲ 1.7	▼ 1.3
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 2.2	↓ 3.6
Y	↑ 1.7	↓ 1.6
Další údaje		
Neshoda serva		-0.22ms
Kolmost		-9.0 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímocířnost X		1.4 μm
Přímocířnost Y		1.0 μm
Relativní chyba odměřování		3.2 μm
Kruhovitost		38.7 μm



Ballbar diagnostická tabulka

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120427-144945_500

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:49:45

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitost		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ 1.1	◀ -2.9µm	2.9µm	(4%)	(4)
Mrtvý chod Y	▲ 0.7	▼ 0.6µm	0.7µm	(1%)	(12)
Zpoždění serva X	▶ 22.9	◀ 19.8µm	22.9µm	(34%)	(2)
Zpoždění serva Y	▲ 26.6	▼ 21.0µm	26.6µm	(39%)	(1)
Příčná vůle X	▶ 2.8	◀ -1.5µm	1.5µm	(2%)	(8)
Příčná vůle Y	▲ 1.7	▼ 1.3µm	1.5µm	(2%)	(9)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 2.2	↓ 3.6µm	3.6µm	(5%)	(3)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 1.7	↓ 1.6µm	1.7µm	(3%)	(6)
Neshoda serva	-0.22ms		1.8µm	(3%)	(5)
Kolmost	-9.0µm/m		1.3µm	(2%)	(10)
Přímochařost X	1.4µm		0.7µm	(1%)	(11)
Přímochařost Y	1.0µm		0.5µm	(1%)	(13)
Relativní chyba odměřování	3.2µm		1.6µm	(2%)	(7)
Délka vlny cyklické chyby X	5.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	5.5000mm				
Vypočtený posuv	500.2mm/min				
Chyba středění X	-5.6µm				
Chyba středění Y	-2.8µm				
Kruhovitost	38.7µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Podmínky testu



XY 360stup 150mm_500 20120427-144945_500

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:49:45

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_500
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120427-144035_1000

Obsluha: ZP

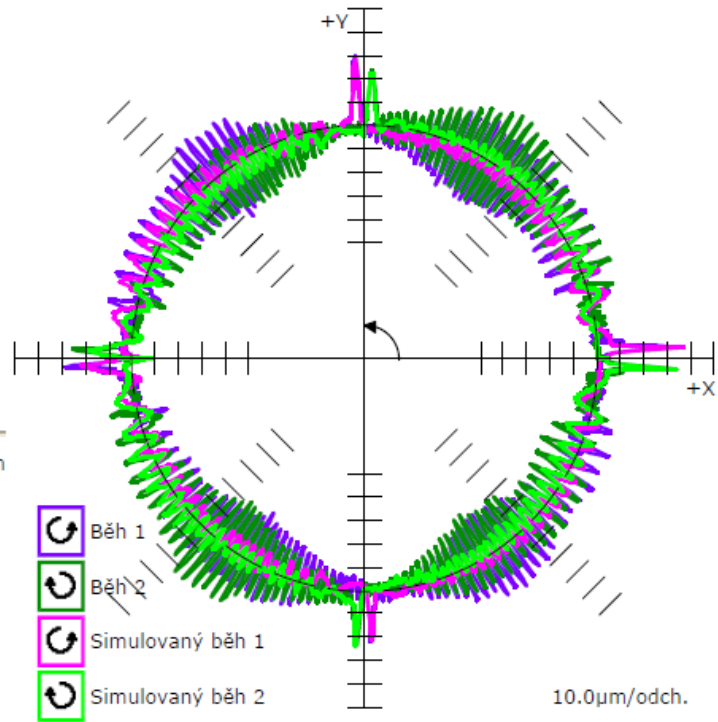
Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:40:35

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 33% Zpoždění serva X
 - ▶ 32.1µm
 - ◀ 33.0µm
- 27% Zpoždění serva Y
 - ▲ 26.8µm
 - ▼ 21.6µm
- 14% Amplituda cyklické chyby X
 - ↑ 9.5µm
 - ↓ 14.5µm
- 6% Mrtvý chod Y
 - ▲ 6.1µm
 - ▼ 5.7µm
- 6% Amplituda cyklické chyby Y
 - ↑ 5.7µm
 - ↓ 6.1µm

Kruhovitost 56.8µm



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120427-144035_1000

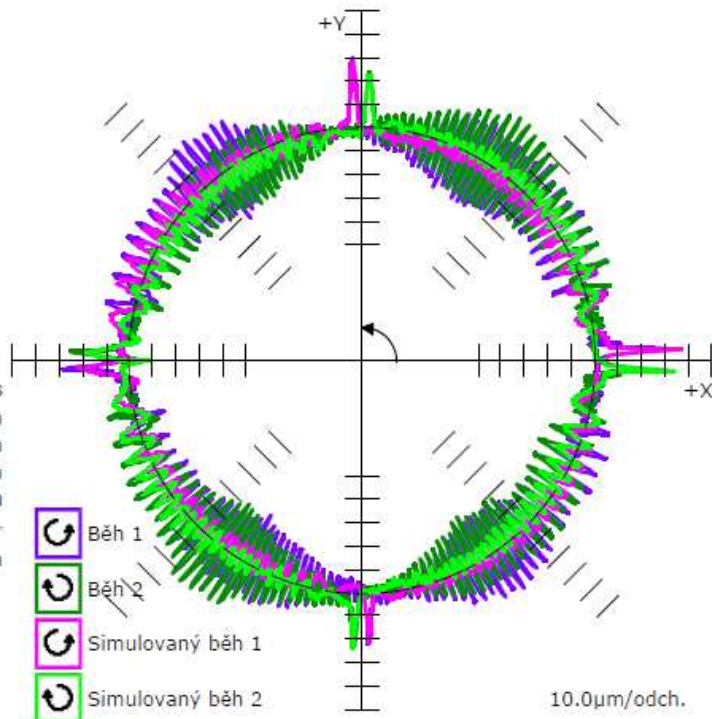
Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:40:35

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ 4.7	◀ 2.2
Y	▲ 6.1	▼ 5.7
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 32.1	◀ 33.0
Y	▲ 26.8	▼ 21.6
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 0.3	◀ 1.3
Y	▲ 0.5	▼ 1.2
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 9.5	↓ 14.5
Y	↑ 5.7	↓ 6.1
Další údaje		
Neshoda serva		-0.12ms
Kolmost		-10.3 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímocharost X		1.1 μm
Přímocharost Y		2.2 μm
Relativní chyba odměřování		3.5 μm
Kruhovitost		56.8 μm



Ballbar diagnostická tabulka**RENISHAW****XY 360stup 150mm 20120427-144035_1000**

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:40:35

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ 4.7	◀ 2.2µm	4.7µm	(5%)	(6)
Mrtvý chod Y	▲ 6.1	▼ 5.7µm	6.1µm	(6%)	(4)
Zpoždění serva X	▶ 32.1	◀ 33.0µm	33.0µm	(33%)	(1)
Zpoždění serva Y	▲ 26.8	▼ 21.6µm	26.8µm	(27%)	(2)
Příčná vůle X	▶ 0.3	◀ 1.3µm	0.9µm	(1%)	(11)
Příčná vůle Y	▲ 0.5	▼ 1.2µm	0.9µm	(1%)	(12)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 9.5	↓ 14.5µm	14.4µm	(14%)	(3)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 5.7	↓ 6.1µm	6.0µm	(6%)	(5)
Neshoda serva	-0.12ms		2.0µm	(2%)	(7)
Kolmost	-10.3µm/m		1.5µm	(2%)	(9)
Přímočarost X	1.1µm		0.5µm	(1%)	(13)
Přímočarost Y	2.2µm		1.1µm	(1%)	(10)
Relativní chyba odměřování	3.5µm		1.7µm	(2%)	(8)
Délka vlny cyklické chyby X	5.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	3.0000mm				
Vypočtený posuv	998.7mm/min				
Chyba středění X	-3.1µm				
Chyba středění Y	-3.5µm				
Kruhovitost	56.8µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Podmínky testu

RENISHAW 

XY 360stup 150mm 20120427-144035_1000

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:40:35

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5,09.04.02

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120427-144035_1000

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:40:35

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 56.5 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 26.316Hz

Posuv 1000.0mm/min

Směr snímání CCW

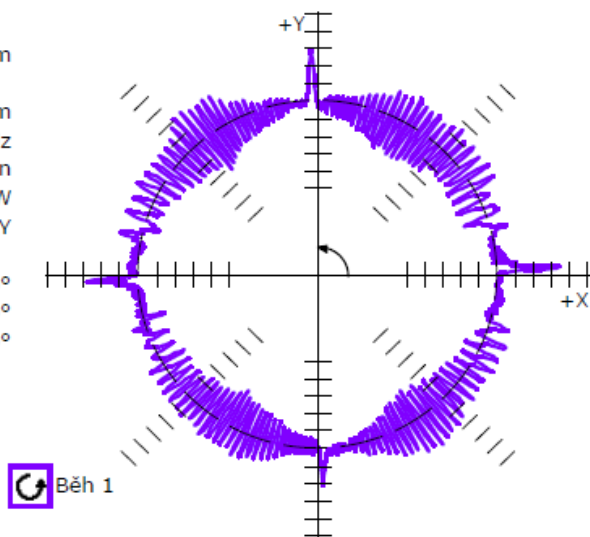
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120427-144035_1000

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:40:35

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 53.7 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 26.316Hz

Posuv 1000.0mm/min

Směr snímání CW

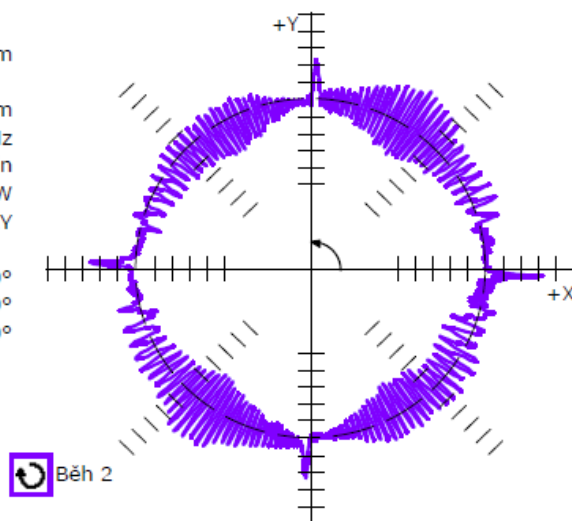
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylna kruhovosti XY 360stup 150mm 20120427-144035_1000

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:40:35

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylna kruhovosti

Hodnota 56.5 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 1000.0mm/min

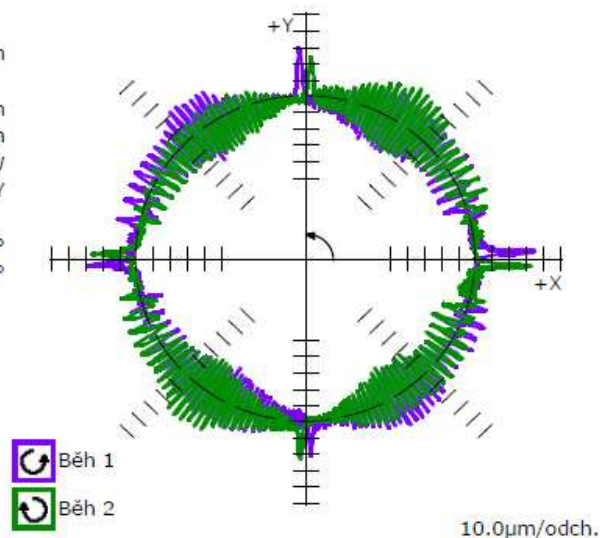
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovost XY 360stup 150mm_500 20120427-144945_500

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:49:45

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovost (CCW)

Hodnota 37.0 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CCW

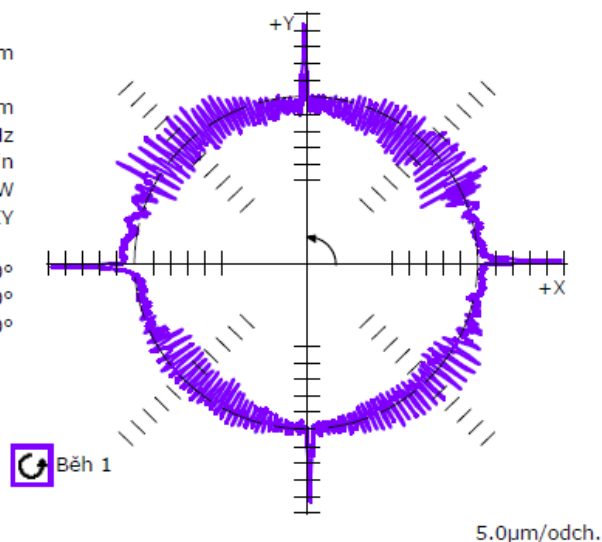
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500 20120427-144945_500

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:49:45

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 39.1 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CW

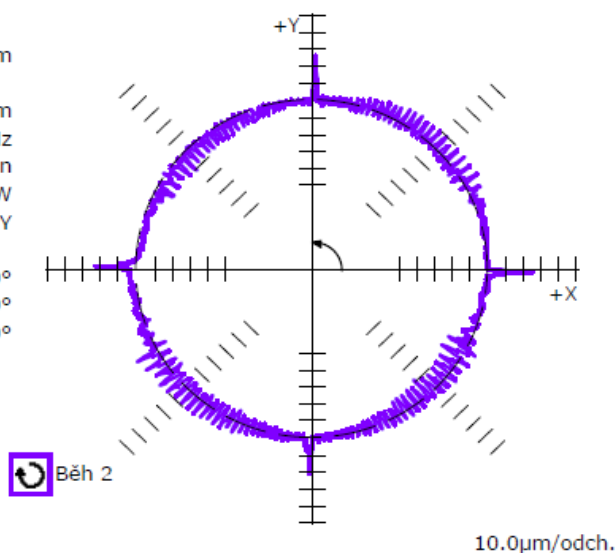
Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 360°

Konec 180°

Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylna kruhovitosti XY 360stup 150mm_500 20120427-144945_500

Obsluha: ZP

Stroj: HCW3_PWR

Datum: 2012-IV-27 14:49:45

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylna kruhovitosti

Hodnota 38.7 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 500.0mm/min

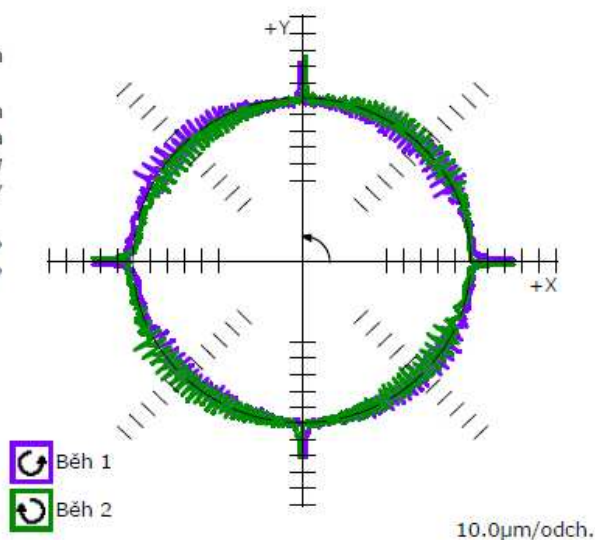
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 360°

Konec 180°



Příloha D: WEA160

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120509-091940

Obsluha: ZP

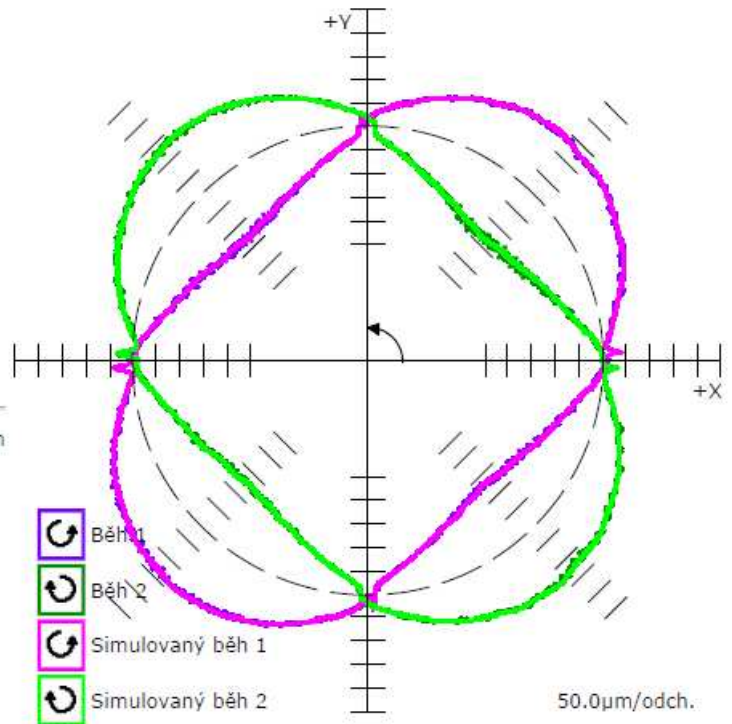
Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:19:40

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

65%	Neshoda serva	31.04ms
11%	Zpoždění serva X	▶ 30.5μm ◀ 44.4μm
6%	Zpoždění serva Y	▲ 17.2μm ▼ 26.0μm
5%	Mrtvý chod Y	▲ -19.5μm ▼ -19.1μm
3%	Mrtvý chod X	▶ -10.9μm ◀ -13.2μm

Kruhovitost 292.9μm



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120509-091940

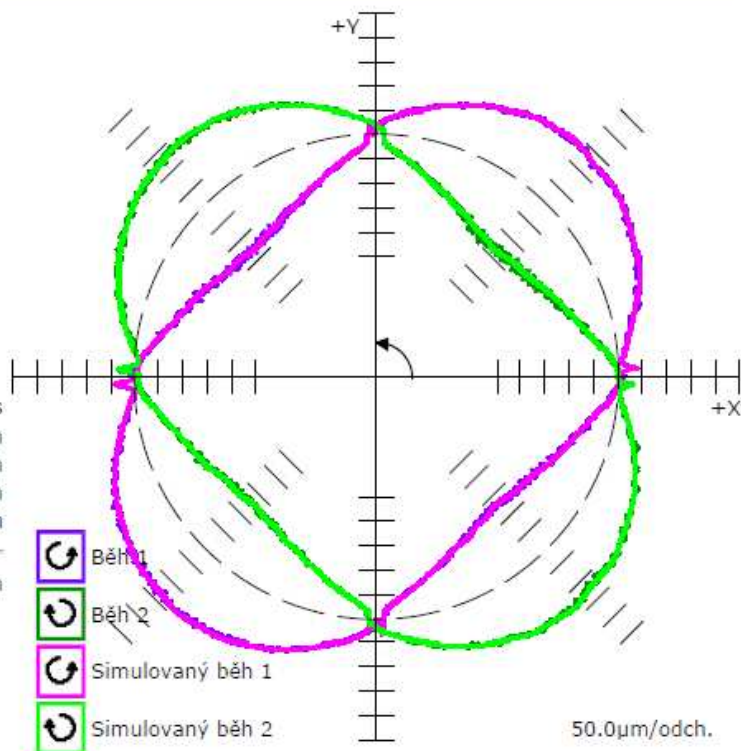
Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:19:40

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ -10.9	◀ -13.2
Y	▲ -19.5	▼ -19.1
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 30.5	◀ 44.4
Y	▲ 17.2	▼ 26.0
Příčná vůle (μm)		
X	▶ -7.0	◀ 7.0
Y	▲ 5.2	▼ 4.7
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 5.6	↓ 7.3
Y	↑ 5.8	↓ 4.7
Další údaje		
Neshoda serva		31.04ms
Kolmost		-16.7 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímocířarost X		-1.5 μm
Přímocířarost Y		-8.7 μm
Relativní chyba odměřování		-20.1 μm
Kruhovitost		292.9 μm



Ballbar diagnostická tabulka

RENISHAW 

XY 360stup 150mm_500 20120509-091940

Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:19:40

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ -10.9	◀ -13.2µm	13.2µm	(3%)	(5)
Mrtvý chod Y	▲ -19.5	▼ -19.1µm	19.5µm	(5%)	(4)
Zpoždění serva X	▶ 30.5	◀ 44.4µm	44.4µm	(11%)	(2)
Zpoždění serva Y	▲ 17.2	▼ 26.0µm	26.0µm	(6%)	(3)
Příčná vůle X	▶ -7.0	◀ 7.0µm	3.5µm	(1%)	(11)
Příčná vůle Y	▲ 5.2	▼ 4.7µm	4.9µm	(1%)	(9)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 5.6	↓ 7.3µm	6.9µm	(2%)	(7)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 5.8	↓ 4.7µm	5.3µm	(1%)	(8)
Neshoda serva	31.04ms		258.6µm	(65%)	(1)
Kolmost	-16.7µm/m		2.5µm	(1%)	(12)
Přímochařost X	-1.5µm		0.8µm	(0%)	(13)
Přímochařost Y	-8.7µm		4.4µm	(1%)	(10)
Relativní chyba odměřování	-20.1µm		10.0µm	(3%)	(6)
Délka vlny cyklické chyby X	20.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	38.1000mm				
Vypočtený posuv	500.0mm/min				
Chyba středění X	-11.5µm				
Chyba středění Y	-17.7µm				
Kruhovitost	292.9µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Podmínky testu

RENISHAW 

XY 360stup 150mm_500 20120509-091940

Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:19:40

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_500
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120509-091030

Obsluha: ZP

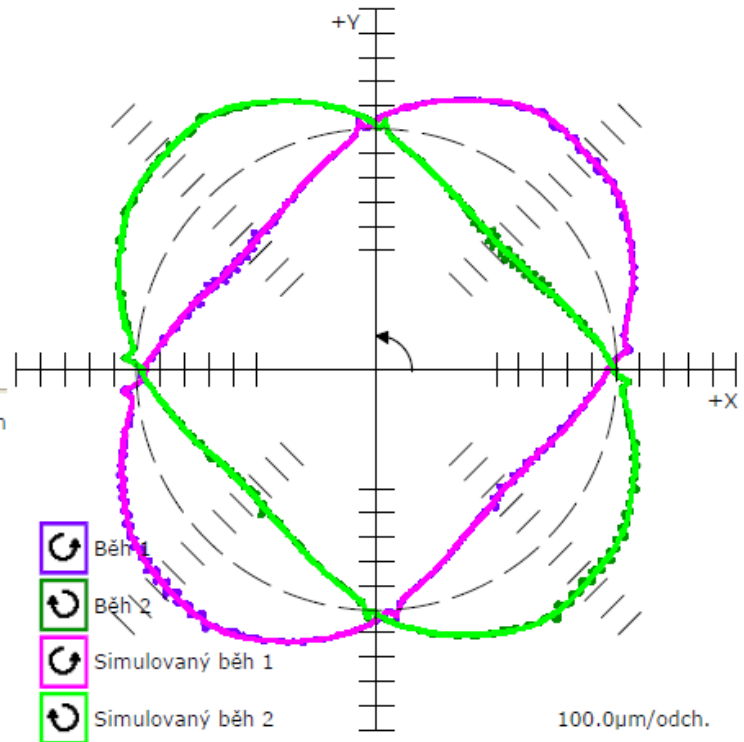
Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:10:30

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 65% Neshoda serva
30.58ms
- 7% Zpoždění serva X
▶ 46.2μm
◀ 58.9μm
- 7% Relativní chyba odměřování
-104.5μm
- 7% Zpoždění serva Y
▲ 51.3μm
▼ 49.9μm
- 4% Mrtvý chod X
▶ 29.7μm
◀ 23.3μm

Kruhovitost 599.7μm



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm 20120509-091030

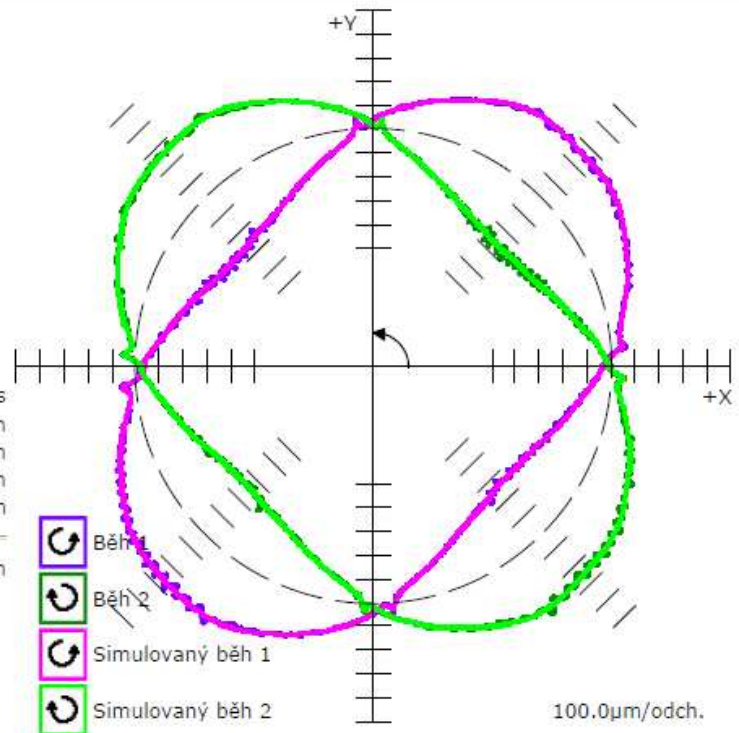
Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:10:30

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ 29.7	◀ 23.3
Y	▲ -0.9	▼ -2.5
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 46.2	◀ 58.9
Y	▲ 51.3	▼ 49.9
Příčná vůle (μm)		
X	▶ -25.6	◀ -19.8
Y	▲ -19.1	▼ -24.2
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 14.5	↓ 15.2
Y	↑ 14.2	↓ 12.8
Další údaje		
Neshoda serva		30.58ms
Kolmost		-12.7 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímočarost X		4.0 μm
Přímočarost Y		-12.1 μm
Relativní chyba odměřování		-104.5 μm
Kruhovitost		599.7 μm



Ballbar diagnostická tabulka**RENISHAW****XY 360stup 150mm 20120509-091030**

Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:10:30

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ 29.7	◀ 23.3μm	29.7μm	(4%)	(5)
Mrtvý chod Y	▲ -0.9	▼ 2.5μm	2.5μm	(0%)	(11)
Zpoždění serva X	▶ 46.2	◀ 58.9μm	58.9μm	(7%)	(2)
Zpoždění serva Y	▲ 51.3	▼ 49.9μm	51.3μm	(7%)	(4)
Příčná vůle X	▶ -25.6	◀ -19.8μm	22.9μm	(3%)	(6)
Příčná vůle Y	▲ -19.1	▼ -24.2μm	21.8μm	(3%)	(7)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 14.5	↓ 15.2μm	15.0μm	(2%)	(8)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 14.2	↓ 12.8μm	12.7μm	(2%)	(9)
Neshoda serva	30.58ms		510.5μm	(65%)	(1)
Kolmost	-12.7μm/m		1.9μm	(0%)	(13)
Přímochařost X	4.0μm		2.0μm	(0%)	(12)
Přímochařost Y	-12.1μm		6.0μm	(1%)	(10)
Relativní chyba odměřování	-104.5μm		52.3μm	(7%)	(3)
Délka vlny cyklické chyby X	50.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	38.1000mm				
Vypočtený posuv	1001.8mm/mín				
Chyba středění X	-15.1μm				
Chyba středění Y	-18.8μm				
Kruhovitost	599.7μm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/mín
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Podmínky testu

RENISHAW 

XY 360stup 150mm 20120509-091030

Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:10:30

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120509-091030

Obsluha: ZP
Datum: 2012-V-09 09:10:30

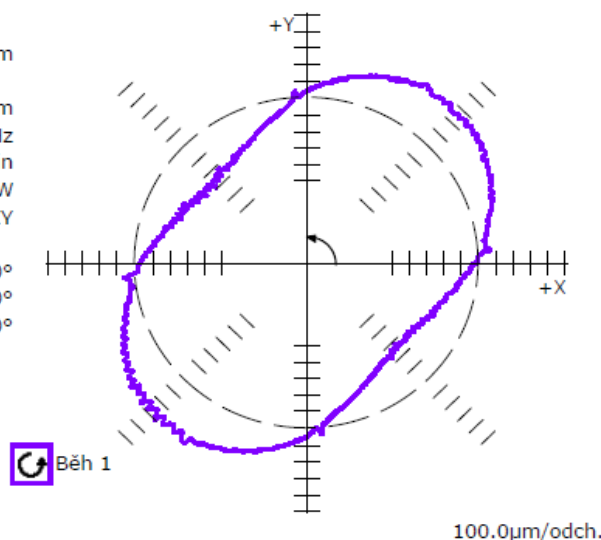
Stroj: WEA160_TS
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 595.9 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Vzorkovací frekvence 26.316Hz
Posuv 1000.0mm/min
Směr snímání CCW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°
Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm 20120509-091030

Obsluha: ZP
Datum: 2012-V-09 09:10:30

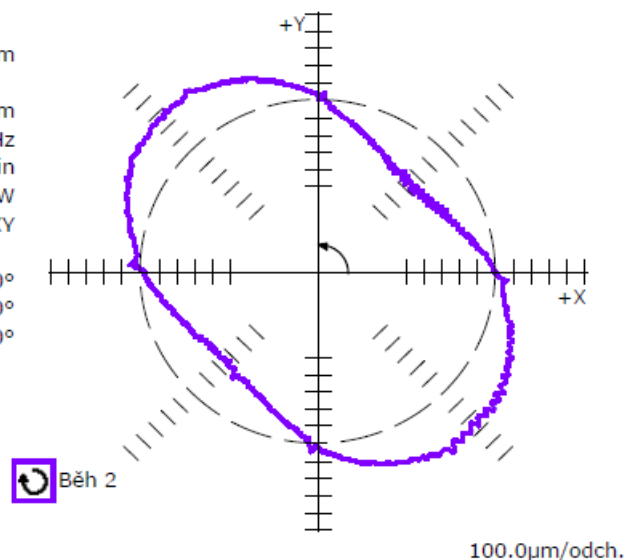
Stroj: WEA160_TS
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 589.8 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Vzorkovací frekvence 26.316Hz
Posuv 1000.0mm/min
Směr snímání CW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°
Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylka kruhovosti XY 360stup 150mm 20120509-091030

Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:10:30

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylka kruhovosti

Hodnota 599.6 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 1000.0mm/min

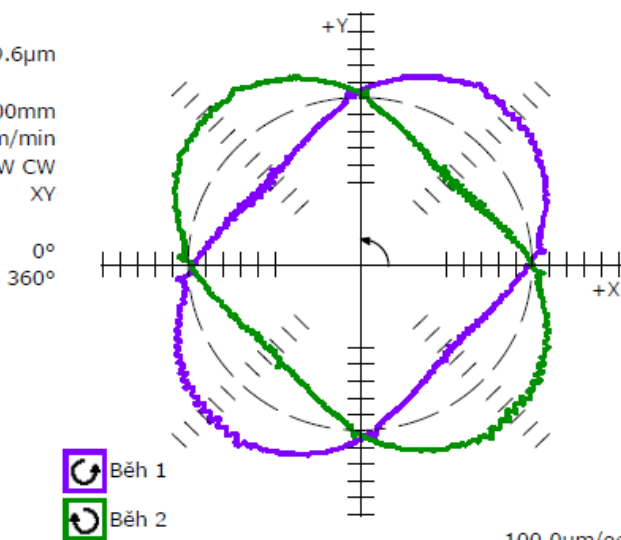
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500 20120509-091940

Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:19:40

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 284.8 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CCW

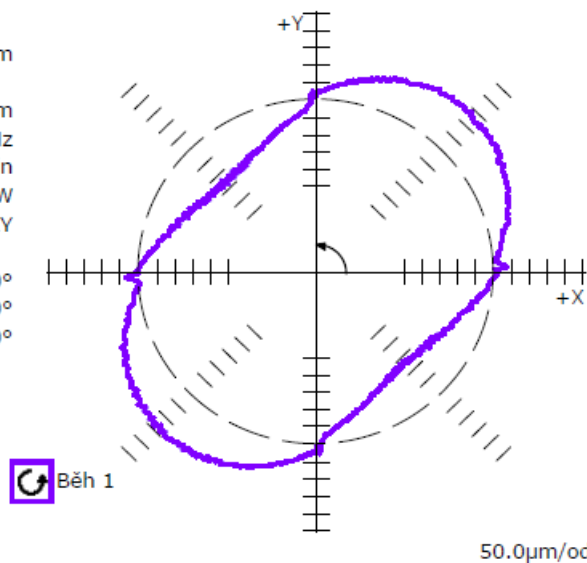
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500 20120509-091940

Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:19:40

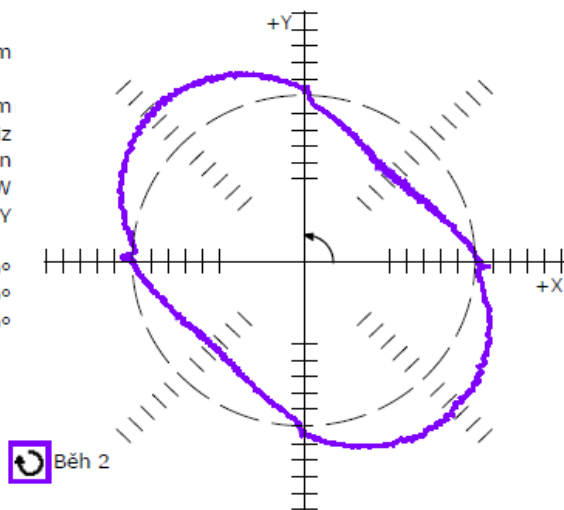
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 288.4 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Vzorkovací frekvence 13.333Hz
Posuv 500.0mm/min
Směr snímání CW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°
Přejezd 180°



50.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylka kruhovitosti XY 360stup 150mm_500 20120509-091940

Obsluha: ZP

Stroj: WEA160_TS

Datum: 2012-V-09 09:19:40

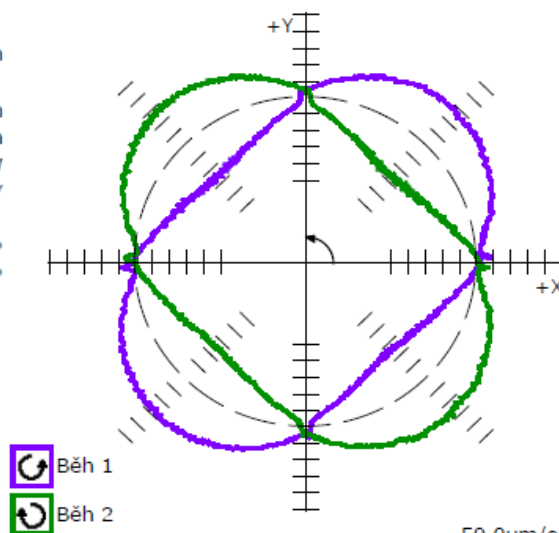
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylka kruhovitosti

Hodnota 292.9 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Posuv 500.0mm/min
Běh CCW CW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°



50.0 μ m/odch.

Příloha E: WEQ200NC

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120510-130426

Obsluha: ZP

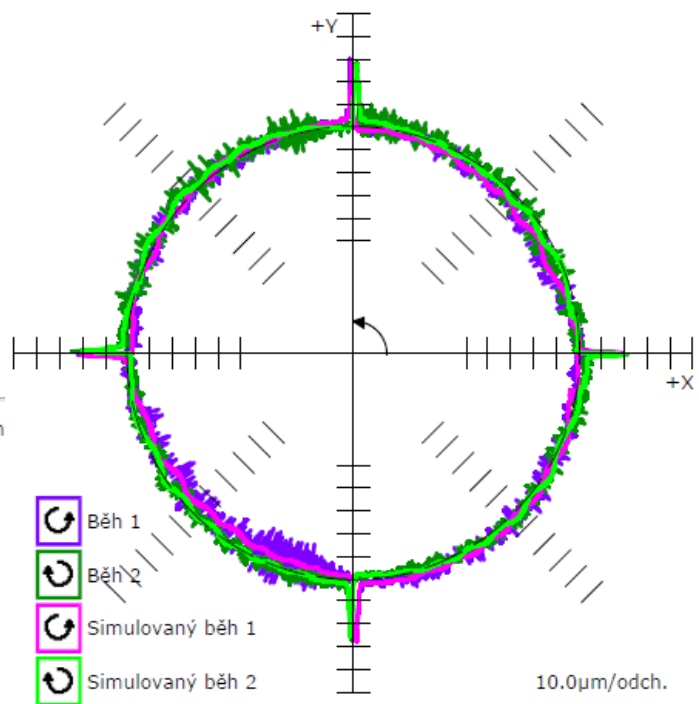
Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:04:26

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 37% Zpoždění serva Y
 - ▲ 27.6µm
 - ▼ 26.3µm
- 29% Zpoždění serva X
 - ▶ 18.6µm
 - ◀ 21.5µm
- 6% Mrtvý chod Y
 - ▲ 2.7µm
 - ▼ 4.7µm
- 6% Kolmost
 - 31.1µm/m
- 5% Příčná vůle Y
 - ▲ -1.7µm
 - ▼ -5.3µm

Kruhovitost 44.6µm



Ballbar diagnostika (μm)



XY 360stup 150mm_500 20120510-130426

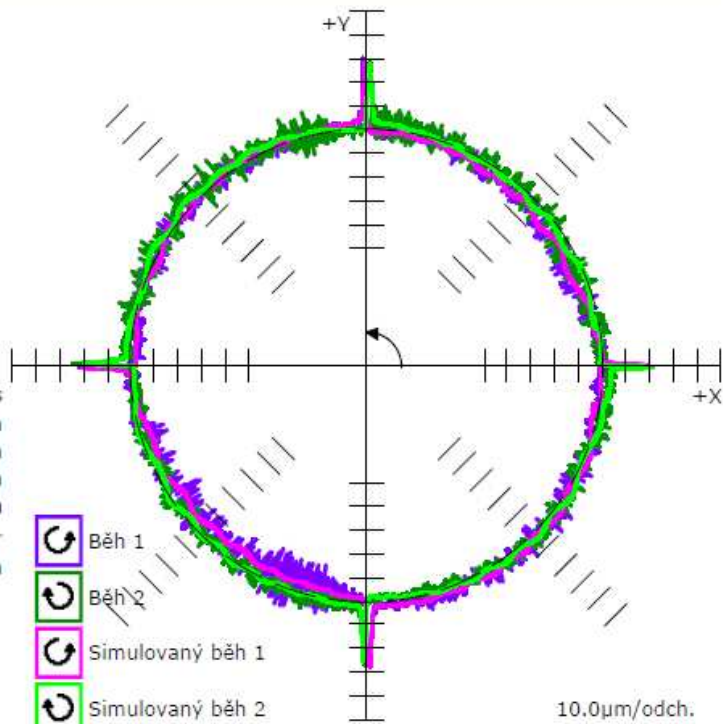
Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:04:26

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ -0.1	◀ 2.5
Y	▲ 2.7	▼ 4.7
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 18.6	◀ 21.5
Y	▲ 27.6	▼ 26.3
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 0.5	◀ 3.9
Y	▲ -1.7	▼ -5.3
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 3.0	↓ 3.4
Y	↑ 0.9	↓ 1.2
Další údaje		
Neshoda serva		0.01ms
Kolmost		31.1 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímochařost X		-1.7 μm
Přímochařost Y		0.6 μm
Relativní chyba odměřování		-2.5 μm
Kruhovitost		44.6 μm



Ballbar diagnostická tabulka

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120510-130426

Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:04:26

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitost		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ -0.1	◀ 2.5μm	2.5μm	(3%)	(8)
Mrtvý chod Y	▲ 2.7	▼ 4.7μm	4.7μm	(6%)	(3)
Zpoždění serva X	▶ 18.6	◀ 21.5μm	21.5μm	(29%)	(2)
Zpoždění serva Y	▲ 27.6	▼ 26.3μm	27.6μm	(37%)	(1)
Příčná vůle X	▶ 0.5	◀ 3.9μm	2.7μm	(4%)	(7)
Příčná vůle Y	▲ -1.7	▼ -5.3μm	3.9μm	(5%)	(5)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 3.0	↓ 3.4μm	3.2μm	(4%)	(6)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 0.9	↓ 1.2μm	1.1μm	(1%)	(10)
Neshoda serva	0.01ms		0.1μm	(0%)	(13)
Kolmost	31.1μm/m		4.7μm	(6%)	(4)
Přímočarost X	-1.7μm		0.8μm	(1%)	(11)
Přímočarost Y	0.6μm		0.3μm	(0%)	(12)
Relativní chyba odměřování	-2.5μm		1.3μm	(2%)	(9)
Délka vlny cyklické chyby X	20.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	35.0000mm				
Vypočtený posuv	500.5mm/min				
Chyba středění X	-13.3μm				
Chyba středění Y	7.5μm				
Kruhovitost	44.6μm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Podmínky testu



XY 360stup 150mm_500 20120510-130426

Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:04:26

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_500
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-130933

Obsluha: ZP

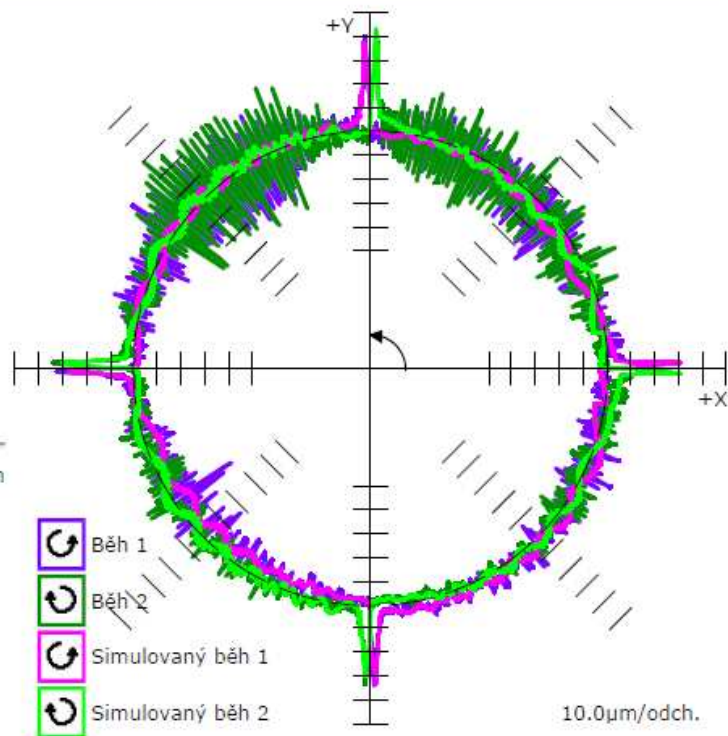
Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:09:33

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 36% Zpoždění serva Y
 - ▲ 37.9µm
 - ▼ 31.3µm
- 28% Zpoždění serva X
 - ▶ 27.1µm
 - ◀ 28.9µm
- 7% Mrtvý chod Y
 - ▲ 5.3µm
 - ▼ 7.5µm
- 6% Amplituda cyklické chyby X
 - ↑ 6.6µm
 - ↓ 6.1µm
- 5% Mrtvý chod X
 - ▶ 2.3µm
 - ◀ 4.8µm

Kruhovitost 71.3µm



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-130933

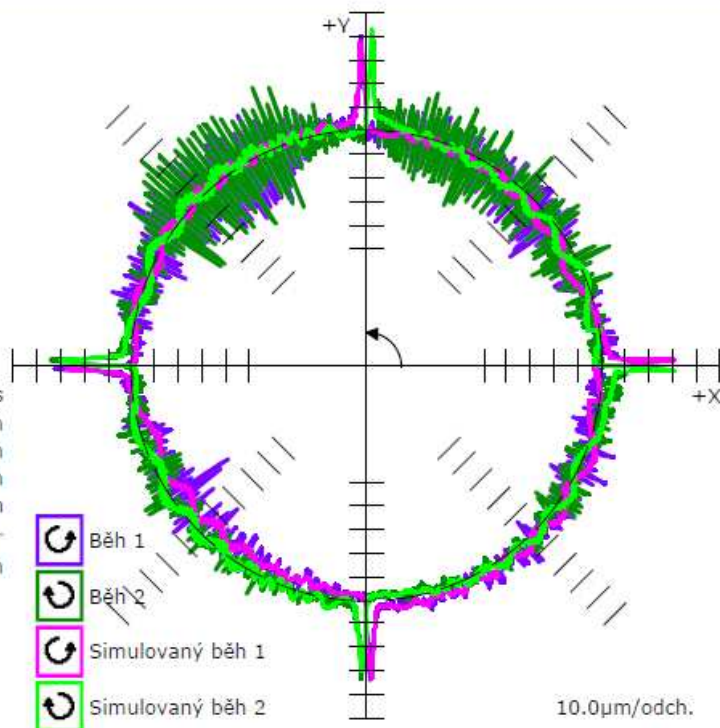
Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:09:33

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ 2.3	◀ 4.8
Y	▲ 5.3	▼ 7.5
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 27.1	◀ 28.9
Y	▲ 37.9	▼ 31.3
Příčná vůle (μm)		
X	▶ -2.1	◀ 5.5
Y	▲ 0.8	▼ -6.6
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 6.6	↓ 6.1
Y	↑ 4.7	↓ 2.8
Další údaje		
Neshoda serva		0.02ms
Kolmost		31.0 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímochařost X		-1.6 μm
Přímochařost Y		0.8 μm
Relativní chyba odměřování		-2.3 μm
Kruhovitost		71.3 μm



Ballbar diagnostická tabulka

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-130933

Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:09:33

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ 2.3	◀ 4.8µm	4.8µm	(5%)	(5)
Mrtvý chod Y	▲ 5.3	▼ 7.5µm	7.5µm	(7%)	(3)
Zpoždění serva X	▶ 27.1	◀ 28.9µm	28.9µm	(28%)	(2)
Zpoždění serva Y	▲ 37.9	▼ 31.3µm	37.9µm	(36%)	(1)
Příčná vůle X	▶ -2.1	◀ 5.5µm	3.2µm	(3%)	(9)
Příčná vůle Y	▲ 0.8	▼ -6.6µm	4.1µm	(4%)	(8)
Amplituda cyklické chyby X	▶ 6.6	▼ 6.1µm	6.3µm	(6%)	(4)
Amplituda cyklické chyby Y	▶ 4.7	▼ 2.8µm	4.7µm	(4%)	(6)
Neshoda serva	0.02ms		0.4µm	(0%)	(12)
Kolmost	31.0µm/m		4.6µm	(4%)	(7)
Přímochařost X	-1.6µm		0.8µm	(1%)	(11)
Přímochařost Y	0.8µm		0.4µm	(0%)	(13)
Relativní chyba odměřování	-2.3µm		1.2µm	(1%)	(10)
Délka vlny cyklické chyby X	20.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	2.5400mm				
Vypočtený posuv	999.7mm/min				
Chyba středění X	-12.9µm				
Chyba středění Y	7.9µm				
Kruhovitost	71.3µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Podmínky testu

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-130933

Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:09:33

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_1000
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

**Kruhovitost
XY 360stup 150mm_1000 20120510-130933**

Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:09:33

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 67.9µm

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 26.316Hz

Posuv 1000.0mm/min

Směr snímání CCW

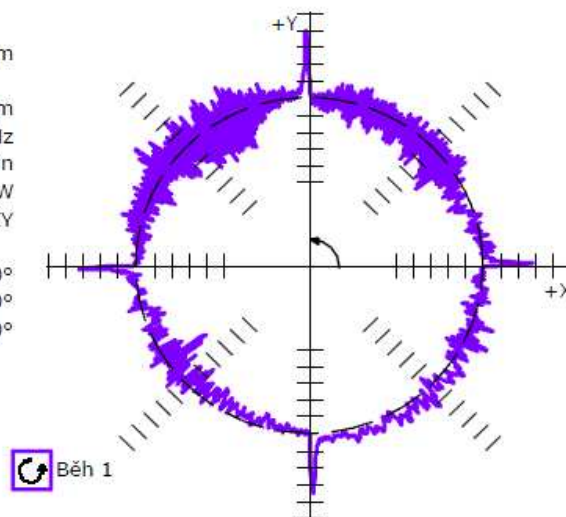
Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



10.0µm/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

**Kruhovitost
XY 360stup 150mm_1000 20120510-130933**

Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:09:33

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 71.1µm

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 26.316Hz

Posuv 1000.0mm/min

Směr snímání CW

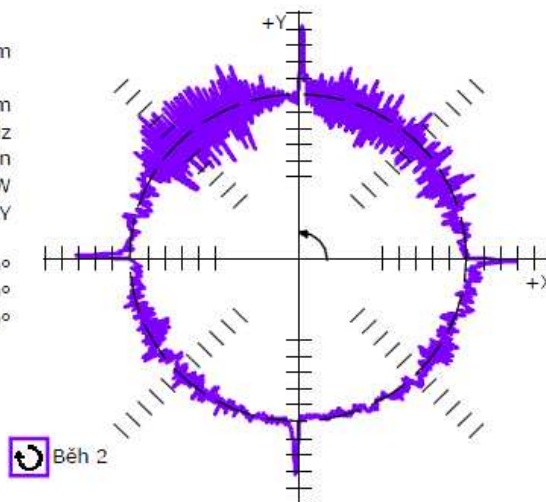
Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



10.0µm/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylka kruhovitosti XY 360stup 150mm_1000 20120510-130933

Obsluha: ZP

Datum: 2012-V-10 13:09:33

Stroj: WEQ200_JS

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylka kruhovitosti

Hodnota 71.4 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 1000.0mm/min

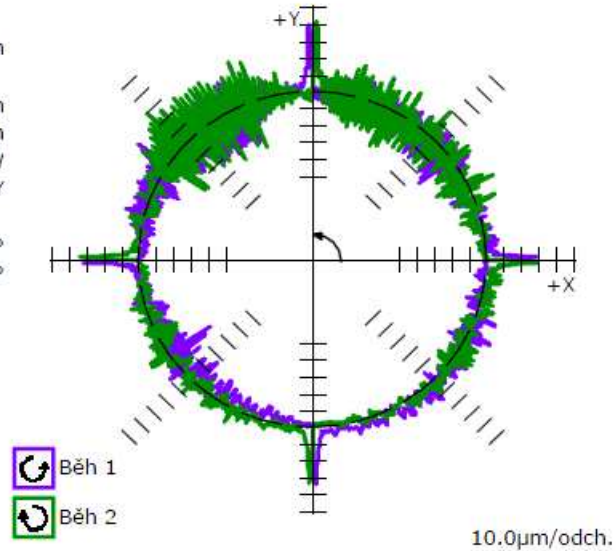
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500 20120510-130426

Obsluha: ZP

Datum: 2012-V-10 13:04:26

Stroj: WEQ200_JS

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 44.8 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CCW

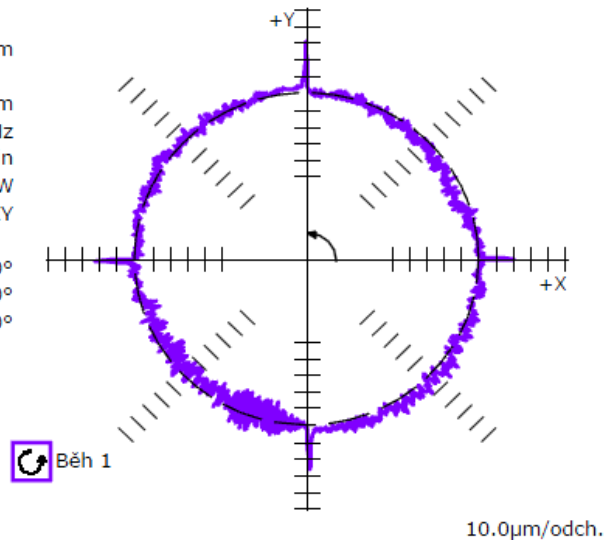
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500 20120510-130426

Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:04:26

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 37.2 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CW

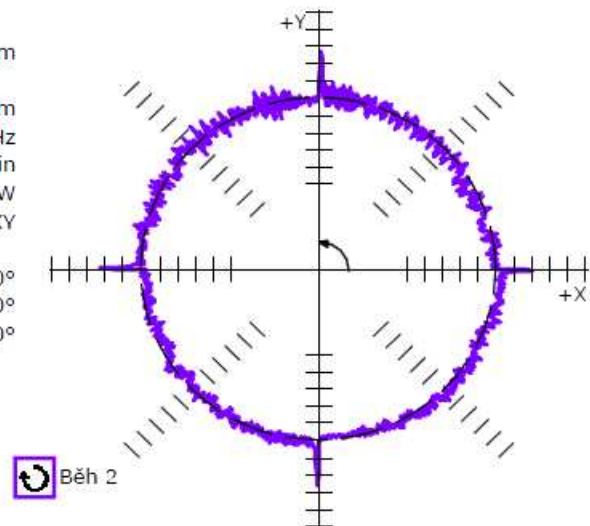
Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 360°

Konec 180°

Přejezd



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylka kruhovosti XY 360stup 150mm_500 20120510-130426

Obsluha: ZP

Stroj: WEQ200_JS

Datum: 2012-V-10 13:04:26

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylka kruhovosti

Hodnota 44.6 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 500.0mm/min

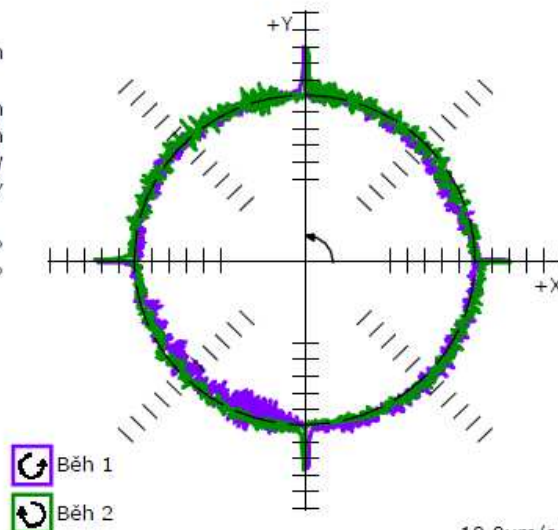
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 360°

Konec



10.0 μ m/odch.

Příloha F: W200H-1

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120510-140437

Obsluha: ZP

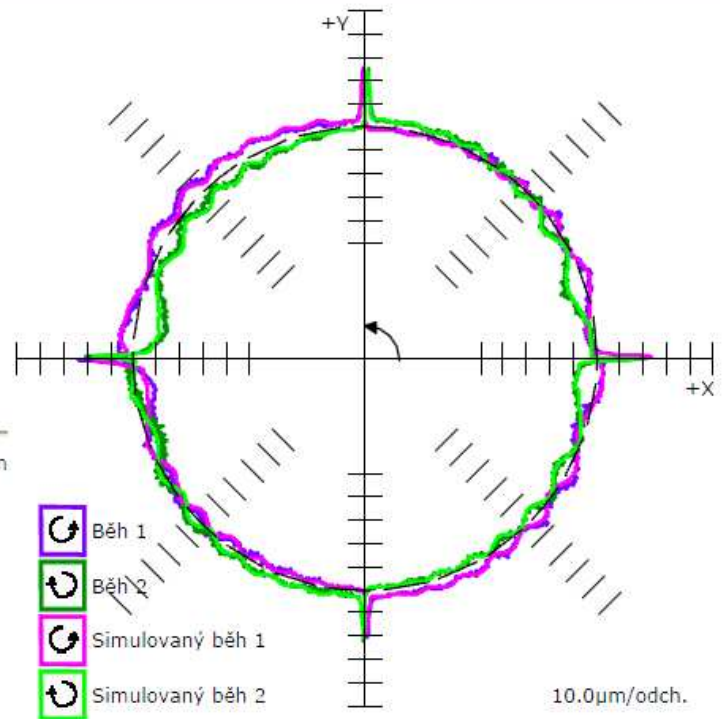
Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 14:04:37

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 36% Zpoždění serva X
 - ▶ 26.9 μ m
 - ◀ 24.5 μ m
- 30% Zpoždění serva Y
 - ▲ 22.4 μ m
 - ▼ 18.8 μ m
- 8% Amplituda cyklické chyby X
 - ↑ 6.1 μ m
 - ↓ 5.5 μ m
- 7% Příčná vůle Y
 - ▲ 8.3 μ m
 - ▼ 0.3 μ m
- 7% Mrtvý chod X
 - ▶ -1.5 μ m
 - ◀ -5.4 μ m

Kruhovitost 39.3 μ m



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120510-140437

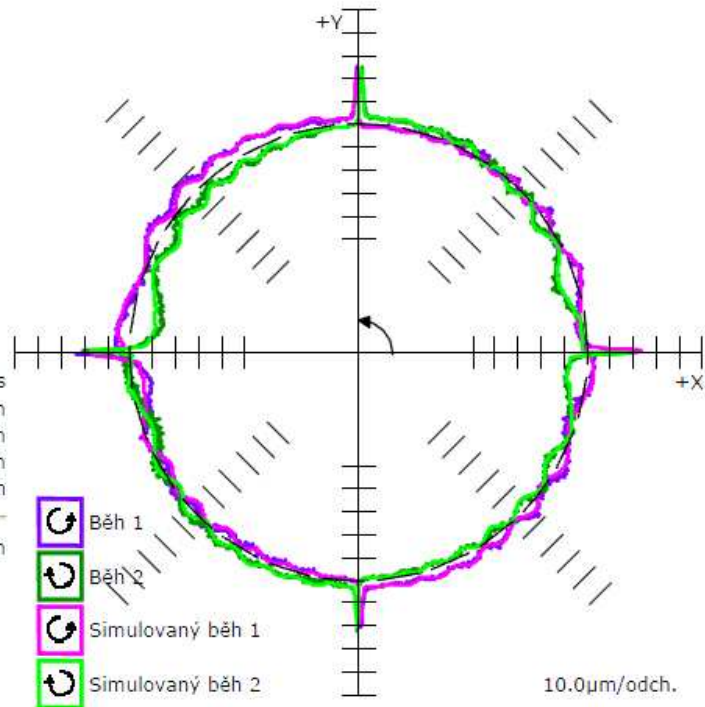
Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 14:04:37

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ -1.5	◀ -5.4
Y	▲ 2.7	▼ 2.6
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 26.9	◀ 24.5
Y	▲ 22.4	▼ 18.8
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 1.3	◀ 0.8
Y	▲ 8.3	▼ 0.3
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 6.1	↓ 5.5
Y	↑ 0.7	↓ 0.7
Další údaje		
Neshoda serva		0.08ms
Kolmost		2.5 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímocířnost X		-0.3 μm
Přímocířnost Y		0.0 μm
Relativní chyba odměřování		-7.3 μm
Kruhovitost		39.3 μm



Ballbar diagnostická tabulka

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120510-140437

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 14:04:37

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ -1.5	◀ -5.4µm	5.4µm	(7%)	(5)
Mrtvý chod Y	▲ 2.7	▼ 2.6µm	2.7µm	(4%)	(7)
Zpoždění serva X	▶ 26.9	◀ 24.5µm	26.9µm	(36%)	(1)
Zpoždění serva Y	▲ 22.4	▼ 18.8µm	22.4µm	(30%)	(2)
Příčná vůle X	▶ 1.3	◀ 0.8µm	1.1µm	(1%)	(8)
Příčná vůle Y	▲ 8.3	▼ 0.3µm	5.5µm	(7%)	(4)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 6.1	↓ 5.5µm	5.8µm	(8%)	(3)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 0.7	↓ 0.7µm	0.7µm	(1%)	(10)
Neshoda serva	0.08ms		0.7µm	(1%)	(9)
Kolmost	2.5µm/m		0.4µm	(0%)	(11)
Přímočarost X	-0.3µm		0.1µm	(0%)	(12)
Přímočarost Y	0.0µm		0.0µm	(0%)	(13)
Relativní chyba odměřování	-7.3µm		3.7µm	(5%)	(6)
Délka vlny cyklické chyby X	20.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	25.0000mm				
Vypočtený posuv	500.5mm/min				
Chyba středění X	1.6µm				
Chyba středění Y	-3.4µm				
Kruhovitost	39.3µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Podmínky testu



XY 360stup 150mm_500 20120510-140437

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 14:04:37

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_500
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-135456

Obsluha: ZP

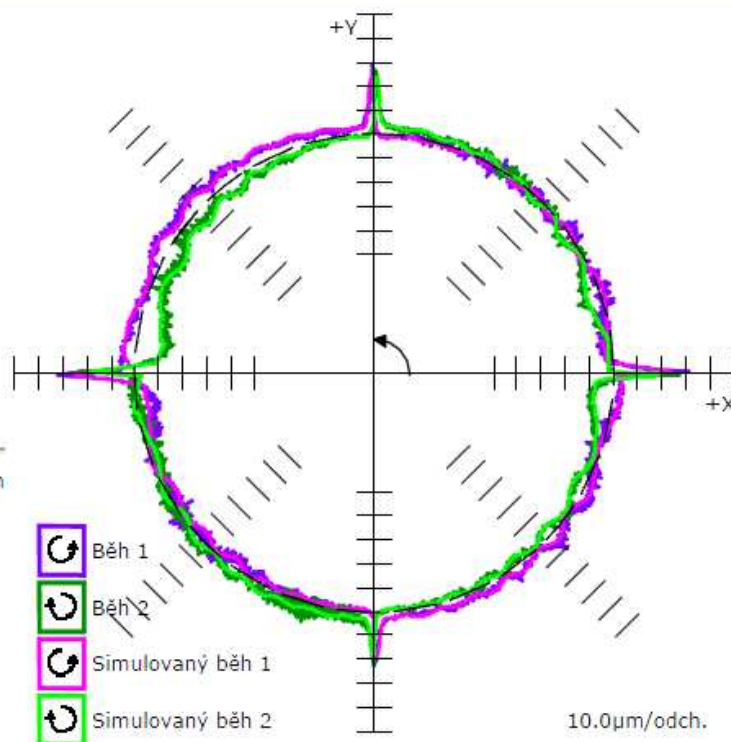
Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 13:54:56

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

- 40% Zpoždění serva X
 - ▶ 26.6μm
 - ◀ 29.5μm
- 27% Zpoždění serva Y
 - ▲ 19.8μm
 - ▼ 15.0μm
- 7% Mrtvý chod X
 - ▶ -1.3μm
 - ◀ -5.1μm
- 7% Příčná vůle Y
 - ▲ 7.2μm
 - ▼ 1.4μm
- 6% Amplituda cyklické chyby X
 - ↑ 4.9μm
 - ↓ 4.0μm

Kruhovitost 47.5μm



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-135456

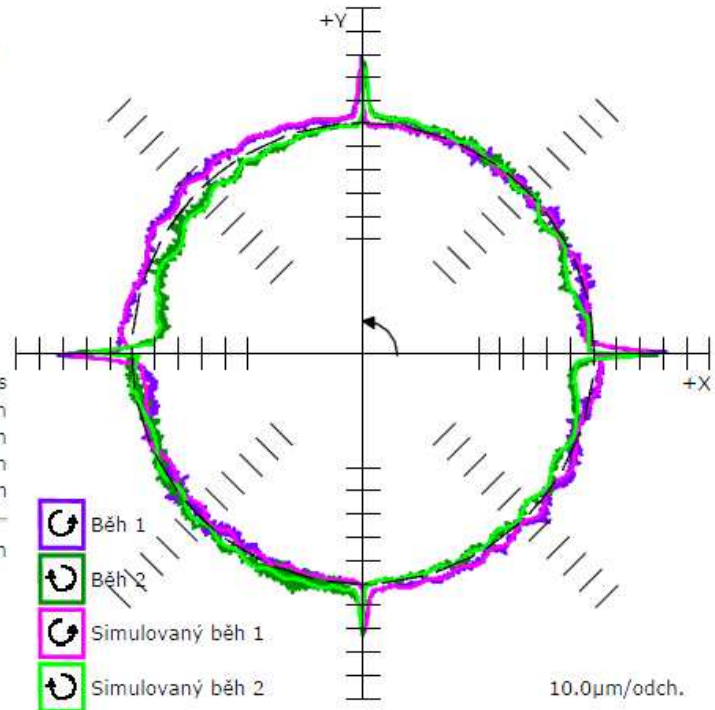
Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 13:54:56

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ -1.3	◀ -5.1
Y	▲ 3.0	▼ 2.8
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 26.6	◀ 29.5
Y	▲ 19.8	▼ 15.0
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 1.9	◀ 1.3
Y	▲ 7.2	▼ 1.4
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 4.9	↓ 4.0
Y	↑ 1.0	↓ 1.1
Další údaje		
Neshoda serva	0.01ms	
Kolmost	2.3 $\mu\text{m}/\text{m}$	
Přímocířarost X	-0.5 μm	
Přímocířarost Y	-0.3 μm	
Relativní chyba odměřování	-7.2 μm	
<hr/>		
Kruhovitost	47.5 μm	



Ballbar diagnostická tabulka

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-135456

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 13:54:56

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ -1.3	◀ -5.1µm	5.1µm	(7%)	(3)
Mrtvý chod Y	▲ 3.0	▼ 2.8µm	3.0µm	(4%)	(7)
Zpoždění serva X	▶ 26.6	◀ 29.5µm	29.5µm	(40%)	(1)
Zpoždění serva Y	▲ 19.8	▼ 15.0µm	19.8µm	(27%)	(2)
Příčná vůle X	▶ 1.9	◀ 1.3µm	1.6µm	(2%)	(8)
Příčná vůle Y	▲ 7.2	▼ 1.4µm	5.0µm	(7%)	(4)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 4.9	↓ 4.0µm	4.7µm	(6%)	(5)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 1.0	↓ 1.1µm	1.0µm	(1%)	(9)
Neshoda serva	0.01ms		0.2µm	(0%)	(12)
Kolmost	2.3µm/m		0.4µm	(0%)	(10)
Přímocíarost X	-0.5µm		0.2µm	(0%)	(11)
Přímocíarost Y	-0.3µm		0.1µm	(0%)	(13)
Relativní chyba odměřování	-7.2µm		3.6µm	(5%)	(6)
Délka vlny cyklické chyby X	20.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	25.0000mm				
Vypočtený posuv	1000.8mm/min				
Chyba středění X	2.3µm				
Chyba středění Y	-3.4µm				
Kruhovitost	47.5µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Podmínky testu



XY 360stup 150mm_1000 20120510-135456

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 13:54:56

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_1000
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_1000 20120510-135456

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 13:54:56

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 41.7 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 26.316Hz

Posuv 1000.0mm/min

Směr snímání CCW

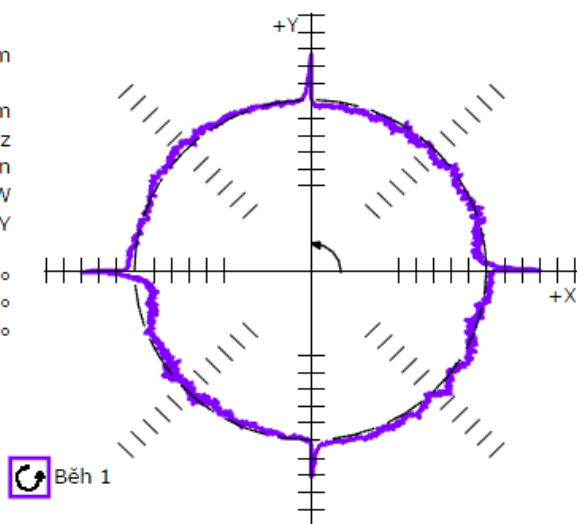
Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 360°

Konec 180°

Přejezd



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_1000 20120510-135456

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 13:54:56

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 42.9 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 26.316Hz

Posuv 1000.0mm/min

Směr snímání CW

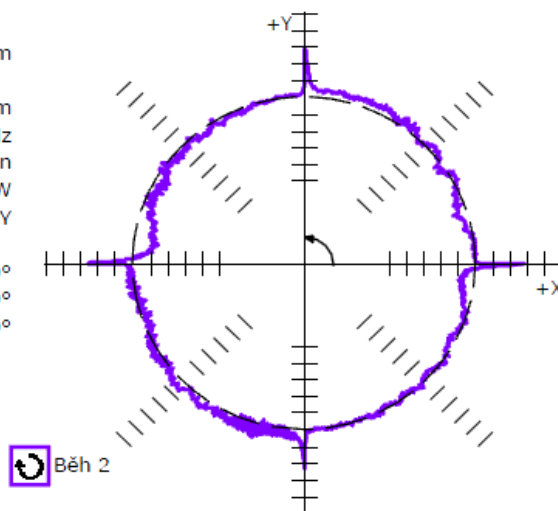
Rovina testu XY

Souřadnice středu 0°

Start 360°

Konec 180°

Přejezd



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylna kruhovitosti XY 360stup 150mm_1000 20120510-135456

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 13:54:56

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylna kruhovitosti

Hodnota 47.5 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 1000.0mm/min

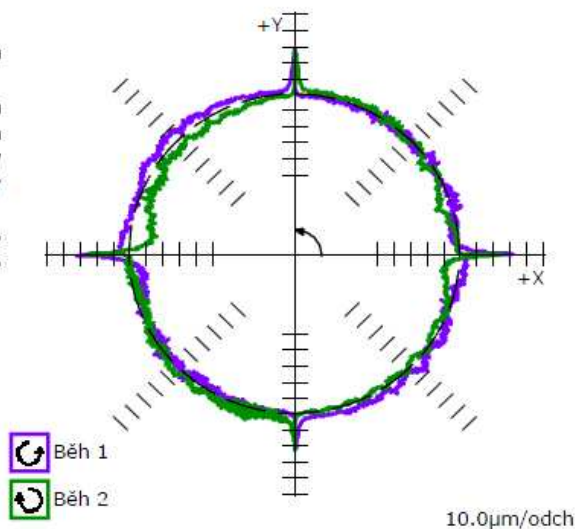
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500 20120510-140437

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 14:04:37

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 33.4 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CCW

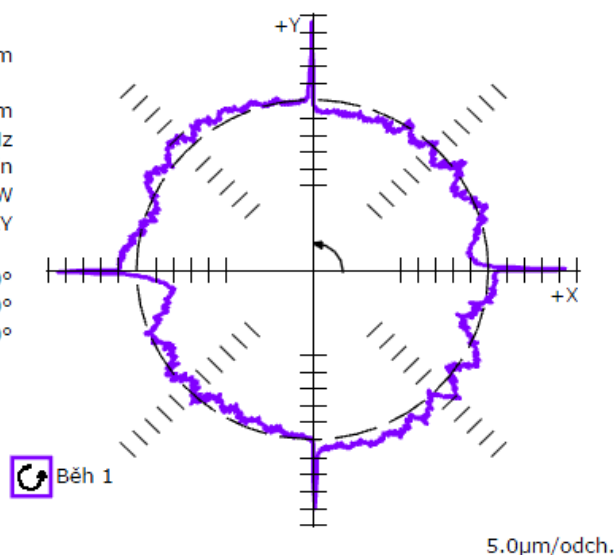
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500 20120510-140437

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 14:04:37

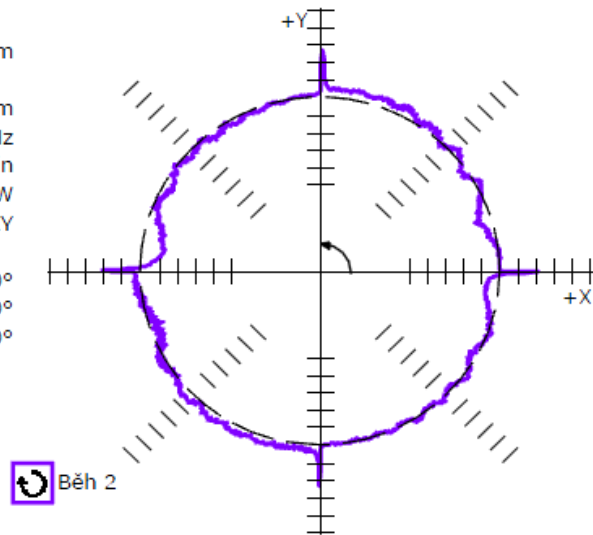
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 39.9 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Vzorkovací frekvence 13.333Hz
Posuv 500.0mm/min
Směr snímání CW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°
Přejezd 180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylna kruhovitosti XY 360stup 150mm_500 20120510-140437

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 14:04:37

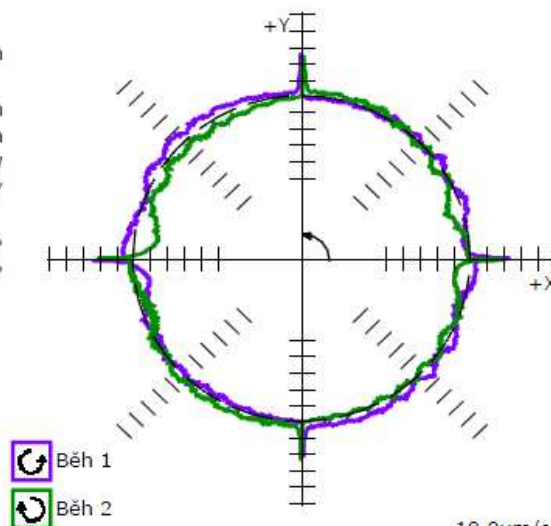
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylna kruhovitosti

Hodnota 39.3 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Posuv 500.0mm/min
Běh CCW CW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°



10.0 μ m/odch.

Příloha G: W200H-2

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120510-150828

Obsluha: ZP

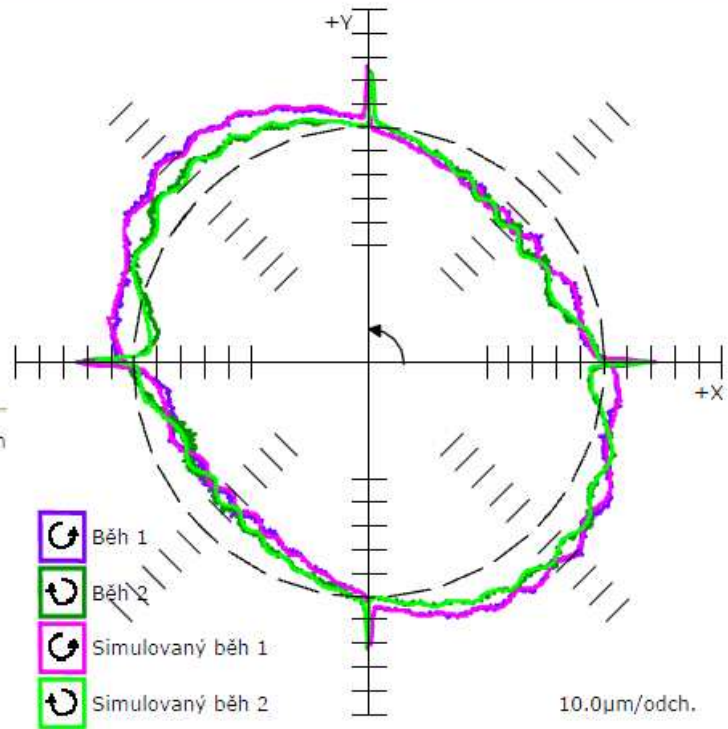
Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:08:28

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

31%	Kolmost	214.3 μ m/m
24%	Zpoždění serva X	▶ 24.8 μ m ◀ 24.7 μ m
21%	Zpoždění serva Y	▲ 22.2 μ m ▼ 18.6 μ m
6%	Amplituda cyklické chyby X	↑ 6.4 μ m ↓ 5.8 μ m
5%	Mrtvý chod X	▶ -2.2 μ m ◀ -5.7 μ m

Kruhovitost 46.8 μ m



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_500 20120510-150828

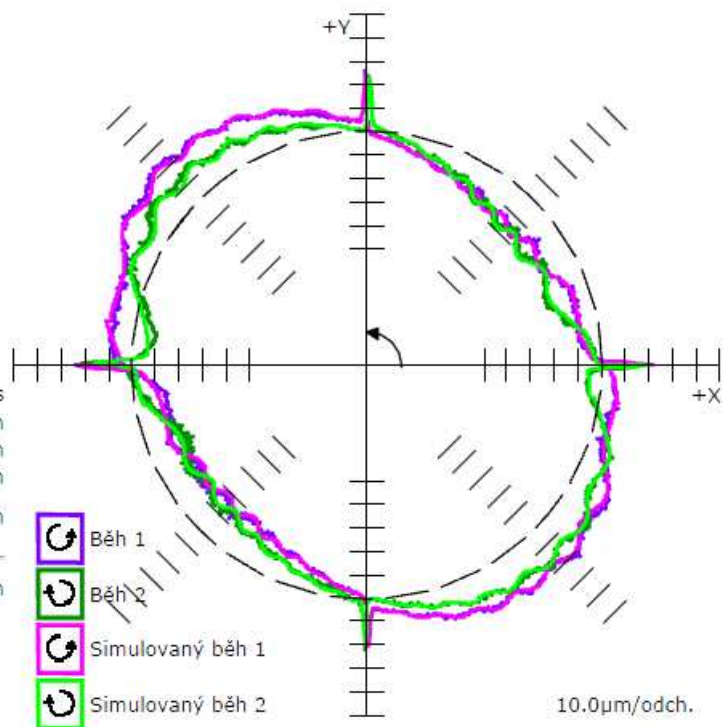
Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:08:28

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ -2.2	◀ -5.7
Y	▲ 2.4	▼ 2.4
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 24.8	◀ 24.7
Y	▲ 22.2	▼ 18.6
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 0.3	◀ 0.2
Y	▲ 7.9	▼ 0.7
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 6.4	↓ 5.8
Y	↑ 0.7	↓ 0.8
Další údaje		
Neshoda serva		0.14ms
Kolmost		214.3 $\mu\text{m}/\text{m}$
Přímočarost X		-0.4 μm
Přímočarost Y		0.0 μm
Relativní chyba odměřování		-7.8 μm
Kruhovitost		46.8 μm



Ballbar diagnostická tabulka**RENISHAW****XY 360stup 150mm_500 20120510-150828**

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:08:28

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitost		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ -2.2	◀ -5.7μm	5.7μm	(5%)	(5)
Mrtvý chod Y	▲ 2.4	▼ 2.4μm	2.4μm	(2%)	(8)
Zpoždění serva X	▶ 24.8	◀ 24.7μm	24.8μm	(24%)	(2)
Zpoždění serva Y	▲ 22.2	▼ 18.6μm	22.2μm	(21%)	(3)
Příčná vůle X	▶ 0.3	◀ 0.2μm	0.2μm	(0%)	(11)
Příčná vůle Y	▲ 7.9	▼ 0.7μm	5.3μm	(5%)	(6)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 6.4	↓ 5.8μm	6.1μm	(6%)	(4)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 0.7	↓ 0.8μm	0.7μm	(1%)	(10)
Neshoda serva	0.14ms		1.2μm	(1%)	(9)
Kolmost	214.3μm/m		32.1μm	(31%)	(1)
Přímochařost X	-0.4μm		0.2μm	(0%)	(12)
Přímochařost Y	0.0μm		0.0μm	(0%)	(13)
Relativní chyba odměřování	-7.8μm		3.9μm	(4%)	(7)
Délka vlny cyklické chyby X	20.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	25.0000mm				
Vypočtený posuv	500.7mm/min				
Chyba středění X	-4.0μm				
Chyba středění Y	-7.2μm				
Kruhovitost	46.8μm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Podmínky testu



XY 360stup 150mm_500 20120510-150828

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:08:28

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_500
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	500.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	13.333Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

Ballbar diagnostika (%)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-151255

Obsluha: ZP

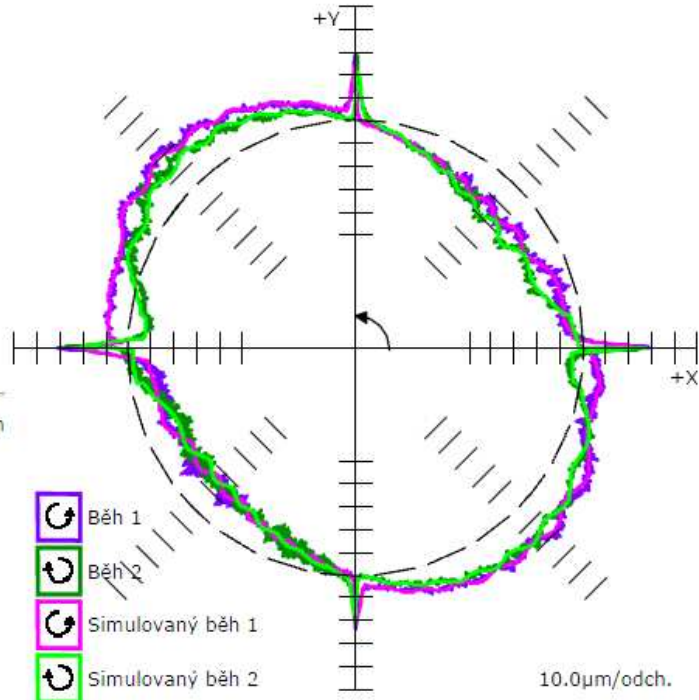
Stroj: W200H_15

Datum: 2012-V-10 15:12:55

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

30%	Kolmost	215.0 μ m/m
27%	Zpoždění serva X	▶ 26.3 μ m ◀ 29.6 μ m
18%	Zpoždění serva Y	▲ 19.3 μ m ▼ 14.8 μ m
5%	Mrtvý chod X	▶ -2.2 μ m ◀ -5.7 μ m
5%	Amplituda cyklické chyby X	↑ 5.5 μ m ↓ 4.9 μ m

Kruhovitost 54.7 μ m



Ballbar diagnostika (μm)

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-151255

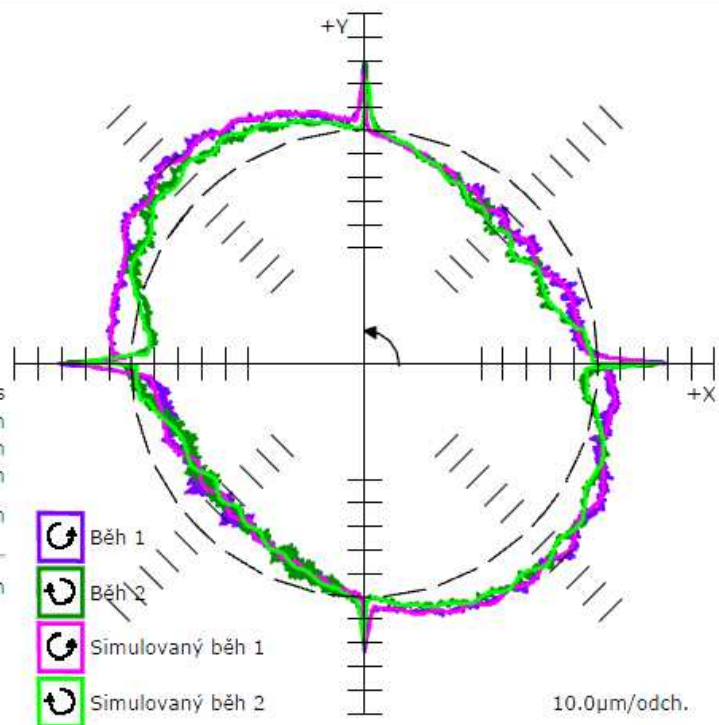
Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:12:55

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Mrtvý chod (μm)		
X	▶ -2.2	◀ -5.7
Y	▲ 2.7	▼ 2.5
Zpoždění serva (μm)		
X	▶ 26.3	◀ 29.6
Y	▲ 19.3	▼ 14.8
Příčná vůle (μm)		
X	▶ 0.2	◀ 0.6
Y	▲ 5.8	▼ 2.5
Amplituda cyklické chyby (μm)		
X	↑ 5.5	↓ 4.9
Y	↑ 0.8	↓ 1.1
Další údaje		
Neshoda serva	0.23ms	
Kolmost	215.0 $\mu\text{m}/\text{m}$	
Přímochařost X	-0.7 μm	
Přímochařost Y	-1.3 μm	
Relativní chyba odměřování	-7.2 μm	
<hr/>		
Kruhovitost	54.7 μm	



Ballbar diagnostická tabulka

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-151255

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:12:55

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Chyba	Hodnota		Nezávislá kruhovitosť		Význam chyby
Mrtvý chod X	▶ -2.2	◀ -5.7µm	5.7µm	(5%)	(4)
Mrtvý chod Y	▲ 2.7	▼ 2.5µm	2.7µm	(2%)	(9)
Zpoždění serva X	▶ 26.3	◀ 29.6µm	29.6µm	(27%)	(2)
Zpoždění serva Y	▲ 19.3	▼ 14.8µm	19.3µm	(18%)	(3)
Příčná vůle X	▶ 0.2	◀ 0.6µm	0.4µm	(0%)	(12)
Příčná vůle Y	▲ 5.8	▼ 2.5µm	4.5µm	(4%)	(6)
Amplituda cyklické chyby X	↑ 5.5	↓ 4.9µm	5.3µm	(5%)	(5)
Amplituda cyklické chyby Y	↑ 0.8	↓ 1.1µm	1.0µm	(1%)	(10)
Neshoda serva	0.23ms		3.9µm	(4%)	(7)
Kolmost	215.0µm/m		32.3µm	(30%)	(1)
Přímocířnost X	-0.7µm		0.3µm	(0%)	(13)
Přímocířnost Y	-1.3µm		0.6µm	(1%)	(11)
Relativní chyba odměřování	-7.2µm		3.6µm	(3%)	(8)
Délka vlny cyklické chyby X	20.0000mm				
Délka vlny cyklické chyby Y	25.0000mm				
Vypočtený posuv	1001.1mm/min				
Chyba středění X	-3.0µm				
Chyba středění Y	-6.9µm				
Kruhovitost	54.7µm				

Parametry testu

Poloměr	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Začátek/Konec/Úhel přejezdu	0°/360°/180°
Běh	CCW CW
Souřadnice středu	
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Podmínky testu

RENISHAW

XY 360stup 150mm_1000 20120510-151255

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:12:55

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Parametry testu

Zadání testu	XY 360stup 150mm_1000
Rovina testu	XY
Poloměr	150.0000mm
Délka Ballbaru	150.0000mm
Posuv	1000.0mm/min
Souřadnice středu	
NC program	
Kalibrovaná délka ballbaru	Ne
Koeficient teplotní roztažnosti	Test nezaznamenán
Číslo vřetena	1
Start	0°
Konec	360°
Přejezd	180°
Vzorkovací frekvence	26.316Hz

Běh 1

Směr snímání	CCW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Běh 2

Směr snímání	CW
Teplota stroje	Test nezaznamenán

Poznámky:

Ballbar

Výrobce	Renishaw
Typ	QC20-W
Seriové číslo	8W5654
Faktor měřítka	1
Číslo protokolu	8W5654-111125-00
Datum poslední kalibrace	2011-XI-25

Podrobnosti k software

Author	Renishaw
Název	Renishaw Ballbar 20
Verze	5.09.04.02

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_1000 20120510-151255

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:12:55

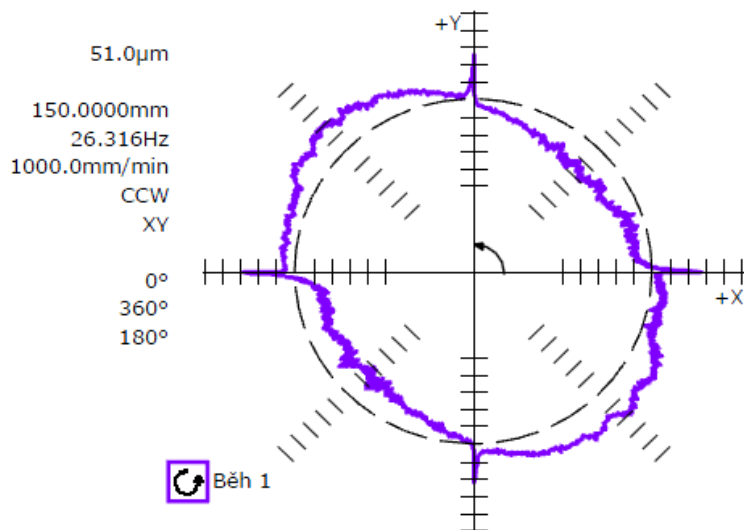
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CCW)

Hodnota 51.0 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Vzorkovací frekvence 26.316Hz
Posuv 1000.0mm/min
Směr snímání CCW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°
Přejezd 180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_1000 20120510-151255

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:12:55

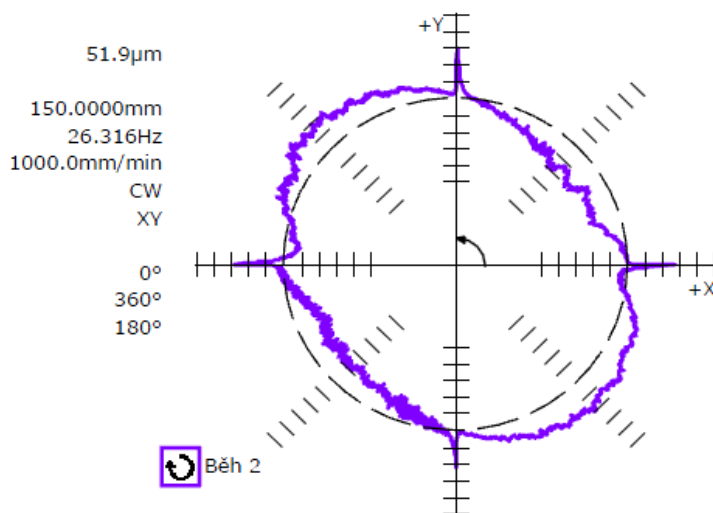
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 51.9 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Vzorkovací frekvence 26.316Hz
Posuv 1000.0mm/min
Směr snímání CW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°
Přejezd 180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)



Obousměrná odchylna kruhovosti XY 360stup 150mm_1000 20120510-151255

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:12:55

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylna kruhovosti

Hodnota 54.7 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Posuv 1000.0mm/min

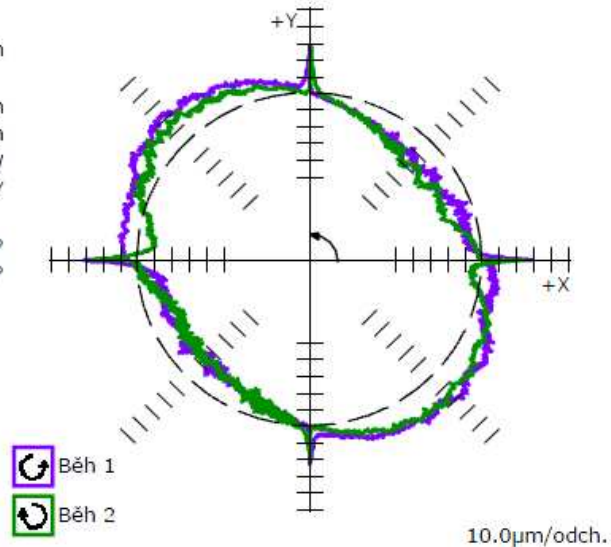
Běh CCW CW

Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°



ISO 230-4:2005(E)



Kruhovost XY 360stup 150mm_500 20120510-150828

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:08:28

QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovost (CCW)

Hodnota 43.5 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm

Vzorkovací frekvence 13.333Hz

Posuv 500.0mm/min

Směr snímání CCW

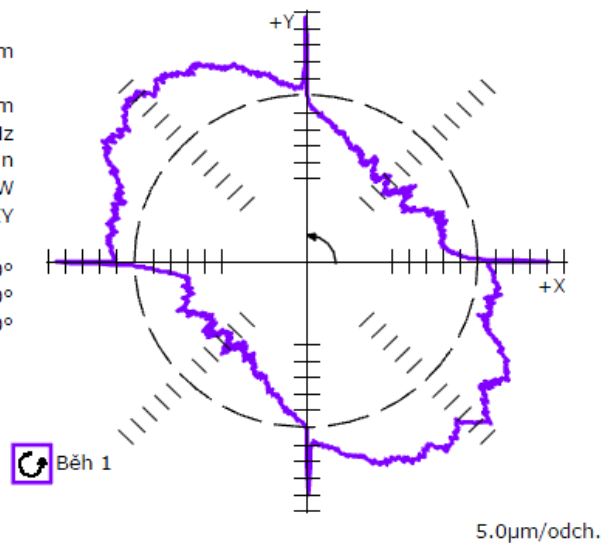
Rovina testu XY

Souřadnice středu

Start 0°

Konec 360°

Přejezd 180°



ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Kruhovitost XY 360stup 150mm_500 20120510-150828

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:08:28

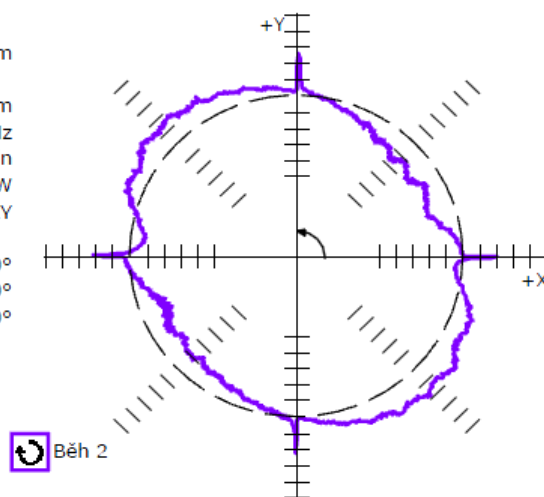
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Kruhovitost (CW)

Hodnota 44.8 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Vzorkovací frekvence 13.333Hz
Posuv 500.0mm/min
Směr snímání CW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°
Přejezd 180°



10.0 μ m/odch.

ISO 230-4:2005(E)

RENISHAW

Obousměrná odchylka kruhovitosti XY 360stup 150mm_500 20120510-150828

Obsluha: ZP

Stroj: W200H_JS

Datum: 2012-V-10 15:08:28

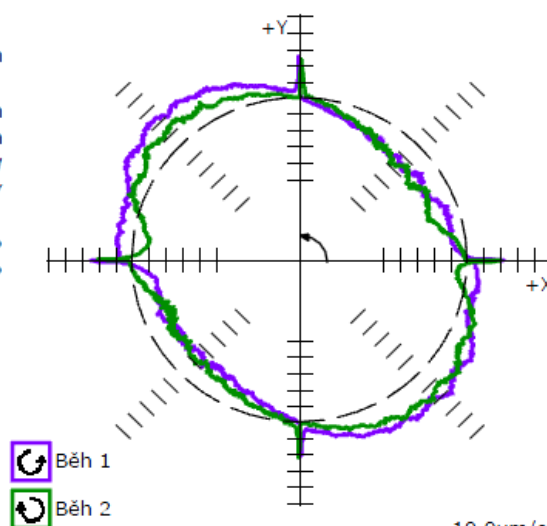
QC20-W: 8W5654, Datum poslední kalibrace: 2011-11-25

Obousměrná odchylka kruhovitosti

Hodnota 46.7 μ m

Parametry testu

Poloměr 150.0000mm
Posuv 500.0mm/min
Běh CCW CW
Rovina testu XY
Souřadnice středu
Start 0°
Konec 360°



10.0 μ m/odch.