

Inovace postupu měření dílu v automobilovém průmyslu

Innovation Of Process Measuring A Part In A Car Industry

Bc. Aleš Bláha

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Aleš Bláha
Osobní číslo: T15416
Studijní program: N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Řízení jakosti
Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Inovace postupu měření dílu v automobilovém průmyslu

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická část:
2. Popis vhodných metrologických postupů pro CNN techniku
3. Popis základních statistických metod využitelných pro měření inovovaného dílu
4. Popis záhlavních metrologických chyb, vyskytujících se v práci
5. Praktická část
6. Vytípnování dílce vhodného pro inovaci.
7. Popis vhodného inovačního postupu včetně komparace s postupy předchozími.
8. Komentovaný výpis programu pro CNN (klíčové části)
9. Závěr a ekonomické zhodnocení

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. SOUKUP, Josef a Jan SKOČILAS. Technická měření. 2., opr. a dopl. vyd. Ústí n. L.: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2014. ISBN 978-80-7414-730-2.
2. KAŇÁK, Jiří. Technická měření. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1084-0.
3. BERAN, Vlastimil. Technická měření. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2004. ISBN 80-7043-320-5.
4. STŘÍŽ, Pavel a Helena SEBEROVÁ. Metody statistické analýzy. Bučovice: Martin Stříž, 2011. ISBN 978-80-87106-50-1.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Vladimír Pata
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

2. ledna 2017

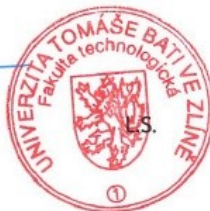
Termín odevzdání diplomové práce:

12. května 2017

Ve Zlíně dne 26. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Bláha Aleš

Obor: Řízení jakosti

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 17. 5. 2017



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být těž nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Opírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Zadaná diplomová práce je zaměřena na souřadnicové měřicí přístroje. Cílem této práce je zavedení nového inovačního postupu výrobku na tříosouřadnicovém měřicím stroji ve firmě Metaldyne s. r. o. První část je zaměřena na souřadnicové měřicí stroje, jejich konstrukce, jednotlivé metody měření, dále také obsahuje metrologické metody měření, chyby měření a statistické metody. Hlavní částí je vybrat vhodnou součást k inovaci měřicího postupu. Součást byla kompletně změřena pomocí tříosouřadnicového měřicího stroje Contura G2 od společnosti Zeiss a také na zařízení Mahr. Inovační proces byl vytvořen na zařízení Contura G2 pomocí programu Calypso. Jednalo se o tři varianty inovačního postupu měření, následovalo vyhodnocení a výběr optimální varianty.

Klíčová slova: souřadnicový měřicí stroj, kalibrace, měření, inovace, měření, vyhodnocení

ABSTRACT

This thesis examines coordinate measuring machines. Purpose of this subject matter is to introduce new innovation metrology method of a product by using coordinate measuring machine. The first part is about CMM machines, their construction, methods of measurements, also contains metrology methods, mistakes in measurements and statistic methods. The main is to choose an automobile part ideal to innovate process measuring. This part was completely measured in CMM Contura G2 from Zeiss and on Mahr device. Innovation Process was made only in Contura G2 in program Calypso. It was three varieties of innovating measuring process and it was followed by the evaluation and selection of the optimal variant.

Keywords: coordinate measuring machine, calibration, measurement, innovation, evaluating

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BLÁHA, Aleš. *Inovace postupu měření dílu v automobilovém průmyslu*. Zlín, 2016. 132 s., přílohy 8, CD. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Ústav výrobního inženýrství. Vedoucí diplomové práce doc. Dr. Ing. Vladimír Pata.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Inovace postupu měření dílu v automobilovém průmyslu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Aleš Bláha

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval Doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za odborné vedení diplomové práce. Dále děkuji panu Ing. Martinovi Gablerovi, Jakubovi Blaschemu, Tomášovi Hrdličkovi a dalším pracovníkům METALDYNE s. r. o., kteří mi byli nápomocni v průběhu celé problematiky inovace a poskytli mi spoustu cenných rad a připomínek. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat i své rodině za podporu během celého dosavadního studia.

OBSAH

ÚVOD	13
TEORETICKÁ ČÁST	14
1 HISTORIE	15
1.1 HISTORIE SOUŘADNICOVÝCH MĚŘICÍCH STROJŮ	15
1.2 HISTORIE SPOLEČNOSTI ZEISS	15
2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI METALDYNE	18
2.1 O SPOLEČNOSTI.....	18
2.2 HISTORIE SPOLEČNOSTI, VÝROBNÍ PROGRAM.....	19
2.2.1 Výrobky produkované společností Metaldyne	20
3 MĚŘENÍ	21
3.1 ZÁKLADNÍ POJMY	21
3.1.1 Veličina.....	21
3.1.2 Měření.....	21
3.1.3 Metrologie	21
3.1.4 Měřená veličina	21
3.1.5 Měřicí princip	21
3.1.6 Postup měření	22
3.1.7 Výsledek měření	22
3.2 PROSTŘEDKY PRO MĚŘENÍ	22
3.2.1 Měřidlo	22
3.2.2 Měřicí rozsah	22
3.2.3 Opakovatelnost měření	22
3.2.4 Reprodukovatelnost	23
3.2.5 Rozlišitelnost měřicího zařízení.....	24
3.2.6 Etalony.....	24
3.3 GEOMETRICKÉ PRVKY.....	24
3.4 CHYBY MĚŘENÍ.....	26
4 POUŽITÉ STATISTICKÉ METODY	28
4.1 VÝZNAM STATISTICKÝCH METOD PŘI MĚŘENÍ	28
4.2 BODOVÝ ODHAD - POLOHA	28
4.3 STŘEDNÍ HODNOTA	28
4.4 MEDIÁN	28
4.5 BODOVÝ ODHAD ROZPTYLŮ.....	29
4.6 SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	29
4.7 ROZPĚTÍ.....	29
4.8 GRAFICKÉ VYJÁDRĚNÍ ČETNOSTÍ	30
4.8.1 Spojnicový graf.....	30
4.9 CHYBY PŘI MĚŘENÍ.....	31
4.9.1 Pravá hodnota veličiny	31
4.9.2 Konvenčně pravá hodnota veličiny.....	31
4.9.3 Absolutní chyba měření	32
4.9.4 Relativní chyba měření	32
4.9.5 Systematická chyba měření	32
4.9.6 Náhodná chyba	33
4.10 NEJISTOTY MĚŘENÍ	33
4.10.1 Standardní nejistota typu A	33
4.10.2 Standardní nejistota typu B.....	34
4.10.3 Standardní nejistota kombinovaná.....	34
4.10.4 Rozšířená standardní nejistota	34

4.10.5	Variační koeficient	35
4.10.6	Ekonomická návratnost	35
5	SOUŘADNICOVÝ MĚŘICÍ STROJ.....	36
5.1	TYPY KONSTRUKCÍ	36
5.2	SNÍMACÍ HLAVA.....	38
5.2.1	Mechanické snímací hlavy	38
5.2.2	Třiosé kontaktní skenování.....	41
5.2.3	Pětiosé kontaktní skenování	41
5.3	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝBĚR DOTEKU.....	42
5.3.1	Měřicí dotyky	42
6	POROVNÁNÍ S JINÝMI DRUHY MĚŘENÍ	45
6.1	SKENOVACÍ ZAŘÍZENÍ MAHR	45
6.2	POČÍTAČOVÁ TOMOGRAFIE.....	46
7	METROLOGICKÉ METODY PRO CMM.....	47
7.1	METODY MĚŘENÍ PRO OBJEKTY V PROSTORU.....	48
7.1.1	Triangulační metody	48
7.1.2	Optická interferometrie.....	51
7.1.3	Měření doby letu světla	51
7.2	POŽADAVKY NA PŘESNOST CMM.....	53
7.2.1	Zdroje chyb při měření	53
	PRAKTICKÁ ČÁST	54
8	POSTUP VLASTNÍHO ŘEŠENÍ	55
9	SOUŘADNICOVÝ MĚŘICÍ STROJ CONTURA G2	56
9.1	TECHNICKÉ SPECIFIKACE	56
9.1.1	Rozměry stroje.....	57
9.1.2	Pracovní prostor.....	57
9.1.3	Měřicí zařízení	58
9.1.4	Ovládací panel	60
9.1.5	Chyby měření	61
9.2	PRINCIP SOUŘADNICOVÉHO MĚŘENÍ NA CMM.....	62
9.2.1	Souřadný systém.....	62
9.2.2	Manuální a automatické měření.....	63
9.2.3	Skenování	63
9.2.4	Upnutí a ustavení součástí	64
9.3	KALIBRACE.....	65
10	VÝBĚR VHODNÉ SOUČÁSTI A JEJÍ USTAVENÍ	66
10.1	UPNUTÍ A USTAVENÍ SOUČÁSTI	66
11	PROGRAM PRO MĚŘENÍ.....	67
11.1	KALIBRACE SNÍMACÍHO SYSTÉMU	67
11.2	ZÁKLADNÍ SOUŘADNÝ SYSTÉM PROGRAMU	67
11.3	SNÍMÁNÍ ELEMENTŮ.....	70
11.3.1	Seznam elementů a komentovaný výpis programu.....	70
11.4	VYHODNOCOVÁNÍ STATISTIK.....	74
12	ČASOVÁ REDUKCE PROGRAMU	75
12.1	3D MĚŘENÍ PASTORKU NA ZAŘÍZENÍ MAHR	78
13	DISKUZE NAMĚŘENÝCH HODNOT.....	79
14	VYHODNOCENÍ A ZHODNOCENÍ EKONOMICKÉ NÁVRATNOSTI.....	82
15	ZÁVĚR.....	84

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	85
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	87
SEZNAM OBRÁZKŮ	88
SEZNAM VZORCŮ	90
SEZNAM TABULEK.....	91
SEZNAM PŘÍLOH.....	92

ÚVOD

Zadaná diplomová práce je zaměřena na souřadnicové měřicí přístroje, které sehrály důležitou úlohu v oblasti průmyslových odvětvích včetně letectví, automobilového průmyslu, elektroniky, potravinářského průmyslu, zdravotnictví, výroby papíru, farmaceutického průmyslu, plastů, výzkumu, rozvoje polovodičů a staly se neoddělitelnou součástí výrobního procesu. Souřadnicové měřicí stroje (CMM - Coordinate Measuring Machine) jsou využívány nejen jako laboratorní zařízení, ale našli své uplatnění i ve strojírenské výrobě.

CMM díky svému širokému spektru využití je praktické, cenově výhodné zařízení a mají schopnost rychle a přesně zachytit data a vyhodnotit je. Sofistikované kontaktní a bezkontaktní sondy, zkombinované se schopností počítačového zpracování dělají z CMM praktické cenově efektivní řešení.

V první části se práce zabývá krátkou historií souřadnicových měřících strojů a historií společnosti Zeiss, která je výrobcem stroje, který používáme při měření v praktické části. Dále se práce snaží seznámit se základními pojmy měření a prvky, které můžeme na těchto strojích měřit. Teoretická část také obsahuje popis různých konstrukcí a používaných snímacích hlav. Zajímavostí je porovnání s různými typy měřících přístrojů.

Praktická část přibližuje vlastnosti a rozměry stroje Zeiss Contura G2, na kterém je vytvořen program ve společnosti Metaldyne s. r. o. Postup při vytváření programu je popsán v několika krocích. Na začátek je důležité stanovit usazení výrobku v měřicím prostoru. Práce obsahuje popis elementů, které musely být vytvořeny pro změření všech potřebných rozměrů. Poslední částí tohoto bloku je kompletní inovace programu pro plynulý chod. Stanovil jsem nový měřicí program, porovnal měřené hodnoty a také dobu měření dílu před inovací programu a po inovaci postupu měření. Také se zabývám investičními náklady inovačního postupu a ekonomickou návratností.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE

1.1 Historie souřadnicových měřicích strojů

Je těžké datovat roky, od kdy se CMM zařazují mezi nástroje různých tříd měření, ale v metrologii můžeme považovat C. E. Johanssona a F. H. Rolta za průkopníky, kteří napsali o strojích, které jsou schopné měřit v kartézské soustavě. Už ve čtyřicátých letech komise pro atomovou energii rozlišila potenciál CMM strojů, kde jejich stroje udržely krok v oblasti exploze výpočtové techniky. Teoretici a technici v daném oboru byli rychlí a rozpoznali potenciál a svoje úspěchy, naneštěstí však sofistikovanost CMM (v porovnání s běžně využívanými nástroji) zapříčinila zpomalení jejich přijetí.

V šedesátých letech se CMM započaly využívat jako silný nástroj, tedy jak mikroprocesory začaly získávat sílu v počítačových technologiích, výrobci začali rozpoznávat reálný potenciál CMM systémů. Kombinace CMM a počítačové schopnosti zpracování dat dovolili využívat tyto měřicí systémy nejvhodnějším a nejefektivnějším způsobem. Postupem času se začalo tlačit na přesnost měření a v roce 1983 Taniguchi ve své práci odhadl trend výrobní přesnosti.

V roce 1998 Schellekens ve svých pracích dobře předpokládal současný stav přesného strojírenství. Během posledních 30 let byl pokrok v technologiích výroby integrovaných obvodů, které byly hnacím motorem současného stavu, ale nové trendy přesného strojírenství (počítačová technika a spotřební elektronika – harddisky, videa, CD A DVD apod.) mají větší nároky na přesnost. Spolu s nárůstem v produktech narostly požadavky na kontrolu vysoko přesných rozměrů. Na zabezpečení tyto požadavky využíváme CMM a je upřednostňovaný před jinými měřicími přístroji kvůli své univerzálnosti, flexibilitě, lehké obsluze, nejistotě měření a vysoké přesnosti. [6]

1.2 Historie společnosti ZEISS

Jelikož je tato diplomová práce určena pro 3D měřicí stroj CONTURA G2 od firmy ZEISS, která sídlí v Německu, bude se dále věnovat postupu vývoje souřadnicových měřicích strojů u této firmy. Společnost Carl Zeiss byla založena v Jeně (Německo) r. 1846. Carl Zeiss je renomovanou značkou průmyslové historie. Již zhruba 120 let je tato společnost považována na celém světě za výrobce špičkových technologií a produktů. Proslavila se především vysoce kvalitními mikroskopy a optickými zařízeními. Při výrobě svých kvalitních produktů od počátku používala vlastní měřicí a kontrolní přístroje.

Z těchto skromných začátků vznikla v roce 1919 samostatná divize, která dnes patří k předním světovým výrobcům souřadnicových měřicích strojů.

Vysoce přesné postupy při výrobě mikroskopů zahrnovaly též přesná měření a kontrolu dílů a nástrojů používaných ve výrobním procesu. Rozdělení firmy Carl Zeiss na dvě části znamenalo významný mezník také pro oblast přesného měření: jedno oddělení přesných měřicích přístrojů se nacházelo ve východním Německu a druhé v západním Německu. Základy činnosti divize se tehdy prostě zhroutily. Vedoucí pracovníci divize, zejména bývalý ředitel Dr. Kurt Rantsch, patřili k zaměstnancům firmy Carl Zeiss, které Američané přivedli do Heidenheimu. V 50. A 60. letech byly v obou odděleních přesného měření nezávisle na sobě vyvinuty velice kvalitní měřicí přístroje.

Od r. 1974 se tým vedený bývalým vedoucím laboratoře Klausem Herzogem začal zabývat inovativními přístroji s elektronickým výstupem naměřených hodnot a s číslicovým řízením. Již v roce 1972 pracovalo oddělení přesné měřicí techniky na třísouřadnicovém měřicím stroji a v roce 1973 byl na veletrhu Microtecnic ve švýcarském Curychu představen univerzální měřicí stroj UMM 500. Díky stroji UMM 500 byl vývoj moderní průmyslové metrologie neoddelitelně spjat se jménem Carl Zeiss. Vzhledem ke změnám podmínek v metrologické oblasti a novému profilu oddělení bylo oddělení přesných měřicích přístrojů v roce 1977 přejmenováno na divizi Průmyslová měřicí technika (IMT – Industrielle Messtechnik). Koncem 70. let dvacátého století se zde začínají prodávat produkty ZEISS i přes západoněmeckou společnost Carl Zeiss, která se ale nazývá Opton GmbH. Jde o světelné a elektronové mikroskopy, dále o operační mikroskopy a produkty pro oftalmologii. [10]



Obr. 1 První typ přístroje pro 3D měření od společnosti Zeiss [10]

Na konci 70. Let již úsek IMT zaznamenal působivé výsledky. Rozvoj konceptu „ZEISS 3D měření“ představoval inovativní příklad konstrukční techniky, která výrazně podpořila souřadnicovou měřicí techniku. Byla úspěšně použita na souřadnicových měřicích strojích UMM 500, UMM 800 a WMM i v dalších zařízeních. Tyto měřicí stroje měly rozsáhlé možnosti snímání, společné řízení, výkonné počítače, tiskárny dat, pravidelné aktualizace softwaru a počítačem řízené CNC funkce.

80. léta přinesla definitivní průlom do počítačové a informační epochy. V oblasti metrologie převládaly dva trendy. Na jedné straně došlo k rozšíření možností kontroly rozměrů, úchylek tvaru a polohy prizmatických dílů, dílů s rovinnými křivkami, zakřivených ploch a převodů. Druhý trend průmyslové měřicí techniky se zaměřil na pozvolný, ale neustálý přesun souřadnicového měření z měrové laboratoře přímo do výroby.

V roce 1993 se zakládají v České republice a na Slovensku samostatné společnosti Carl Zeiss, které se zabývají prodejem a poskytováním služeb v oblasti Mikroskopie a Medicínské techniky. Později jsou firmy rozšířeny o divize Průmyslová měřicí technika a Vision a jmenují se Carl Zeiss Opton. Od roku 1997 nesou název Carl Zeiss spol. s r.o. Firmy mají sídla v Praze a Bratislavě.

Společnost Carl Zeiss pokračovala ve vývoji nových a inovativních produktů a technologií, nastavovala trendy v souřadnicové měřicí technice a stále přesněji přizpůsobovala své služby požadavkům zákazníků. Měřicí systém F25 umožnil poprvé měření v řádu nanometrů, díky čemuž je možné měřit nejrůznější typy mikrosoučástek. V roce 2006 představila firma Carl Zeiss odborné veřejnosti počítačový tomograf METROTOM® 1500 – měřicí přístroj umožňující pohled do vnitřku měřené součásti.
[10]



Obr. 2 Počítačový tomograf METROTOM 1500 od společnosti Zeiss [10]

2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI METALDYNE

Společnost Metaldyne Oslavany patří mezi strojírenské firmy se 100% zahraniční účastí zabývající se lisováním za studena a obráběním. Své výrobky dodává především do automobilového průmyslu a jejími zákazníky jsou automobilky jako **BMW, Daimler, VW, Porsche** a další.

Vysoká kvalita výrobků požadovaných našimi zákazníky motivovala Metaldyne Oslavany k získání certifikátu jakosti ISO TS 16949. Ve stejném roce proběhla i certifikace dle ISO 14001. [5]

2.1 O společnosti

V současnosti pracuje v obou závodech Metaldyne 370 zaměstnanců, z toho 120 zaměstnanců pracuje v novém závodě Metaldyne, sídlícím ve Zbýšově u Brna a 250 v Oslavanech, kde je sídlo a vedení firmy. [5]

V Oslavanech jsou úseky výrobního oddělení jako tepelná úprava, lisovna, metalografická laboratoř. Dále oddělení logistiky a nákupu, expedice, technická příprava výroby, oddělení kvality, finanční oddělení, personální oddělení a oddělení údržby.

Ve Zbýšově u Brna je závod Metaldyne rozdělen na obrobnu, nástrojárnu, měrové středisko a řezárnu. V administrativní budově jsou odborníci zajišťující funkce ostatních oddělení a vedení závodu. Společnost obdržela dotaci od Ministerstva průmyslu a obchodu na pořízení výrobního zařízení Lis Schuler, jehož celková hodnota pořízení činí 141 mil. Kč. Dotace byla poskytnuta v roce 2014 z prostředků Evropského fondu pro regionální rozvoj prostřednictvím programu Inovace v rámci Operačního programu Podnikání a inovace pod projektovým číslem 4.1 IN04/698. Tato investice výrazně posílila konkurenceschopnost společnosti zvláště na českém a evropském trhu a výrazně přispěje k celkovému růstu obrátu.

Každý nákladní automobil na této planetě má jednu součástku vyrobenou v Metaldyne. Unikátní výrobní program tváření za studena umožňuje vyrábět produkty vhodné pro sériovou výrobu.

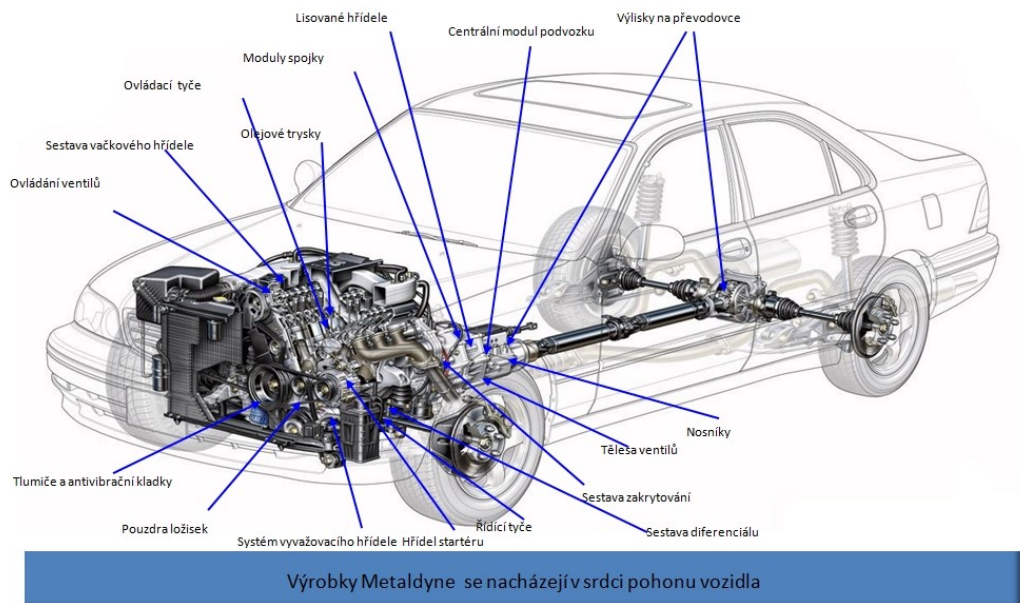
2.2 Historie společnosti, výrobní program

Společnost Neumeyer CR, spol. s r.o., byla založena v dubnu 1993 jako společný podnik německé společnosti Neumeyer Fliespressen GmbH a české společnosti Teplárny Brno, a.s. Společnost Neumeyer přivedla do České republiky část výroby lisování za studena. Teplárny Brno poskytly pro společný podnik budovu s třemi halami.

V následujících letech byla výroba postupně zvyšována a postupně byla stabilizována na výši 400 mil. CZK ročně. V roce 1997 byla společnost Neumeyer koupena společností MascoTech a závod v České republice se stal sesterským závodem ve vztahu k závodu v Německu. V roce 2001 byla přistavěna čtvrtá hala, která byla využita k rozšíření tepelného zpracování a linky povrchových úprav. V tomto roce se společnost stala součástí americké společnosti Metaldyne. V souvislosti se změnou vlastníka došlo ke změně názvu společnosti na Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.

V roce 2002 byly dostavěny další dvě haly, které byly využity pro rozšíření obrábění. Od roku 2003 společnost pravidelně zvyšuje prodej tempem 20 až 30% ročně. V roce 2006 dosáhly tržby společnosti již 940 mil. CZK. Růst tržeb je doprovázen i růstem počtu zaměstnanců. V roce 2007 počet zaměstnanců překročil 250 a stále se zvyšuje. Začátkem roku 2012 společnost Metaldyne Oslavany zakoupila výrobní areál ve Zbýšově u Brna a nechala jej zrekonstruovat. Účelem této investice bylo vytvoření vhodného prostoru pro obrobnu a uvolnění výrobních hal v Oslavanech pro plánovaný přesun výrobních zařízení (především lisů) do ČR. Obrobna ve zbýšovském závodě čítá 40 obráběcích center (CNC, NC) a kontrolní stanice. [5]

Rozmístění výrobků Metaldyne na vozidle



Obr. 3 Jednotlivé komponenty dodávané společností Metaldyne umístěné ve voze [5]

2.2.1 Výrobky produkované společností Metaldyne

Stávající výrobní program zahrnuje především drážkové náboje pro nákladní automobily, tlumiče, různé druhy hřídelů včetně drážkovaných a dutých, tlakové filtry, tlakové láhve a další výrobky především z oceli. Unikátní výrobní program lisování za studena je vhodný všude tam, kde je třeba sériové výroby. [5]

Jeho hlavními znaky jsou:

- **EKOLOGIČNOST** (šetrný k životnímu prostředí)
- **EKONOMIČNOST** (umožňuje účinnější provedení, kdy ve srovnání s konvenčním lisováním za tepla, je zapotřebí méně k dosažení stejného výsledku)
- **EFEKTIVITA** (nevzniká žádný odpadní materiál, což představuje výraznou úsporu nákladů)

Mezi významné zákazníky společnosti patří především dodavatelé pro automobilový průmysl Dana, Bosch, ZF a TRW. Dále společnost dodává přímo výrobcům automobilů - Daimler Chrysler, BMW. Rovněž dodává i pro společnosti z jiných oborů například Hilti, M+S Hydraulic a Hydac. [5]

3 MĚŘENÍ

3.1 Základní pojmy

3.1.1 Veličina

Vlastnost jevu, tělesa nebo látky, která má velikost, jež může být vyjádřena jako číslo a reference. Referencí může být měřicí jednotka, postup měření, referenční materiál nebo jejich kombinace. [6]

3.1.2 Měření

Proces experimentálního získávání jedné nebo více hodnot veličiny, které mohou být důvodně přiřazeny veličině. Měření se nepoužívá pro jmenovité vlastnosti. Měření v sobě obsahuje porovnání veličin a zahrnuje zjišťování počtu entit. Měření předem předpokládá popis veličiny přiměřený určenému použití výsledku měření, popis postupu měření a kalibrovaného měřicího systému pracujícího v souladu se specifikovaným postupem měření, včetně podmínek měření. [6]

3.1.3 Metrologie

Věda o měření a jeho aplikaci. Metrologie zahrnuje veškeré teoretické a praktické aspekty měření, jakékoliv nejistoty měření a obory použití. [6]

3.1.4 Měřená veličina

Veličina, která má být měřena. Specifikace měřené veličiny vyžaduje znalost druhu veličiny, popis stavu jevu, tělesa nebo látky nesoucích veličinu, včetně jakékoliv relevantní složky zahrnutých chemických entit.

Měření včetně měřicího systému a podmínek, za kterých je měření prováděno, může měnit, jak těleso nebo látku tak, že veličina, která je měřena se může lišit od měřené veličiny, jak je definována. V takovém případě je nutná odpovídající korekce. [6]

3.1.5 Měřicí princip

Měřicí metoda. Generický popis logického organizování činností použitých při měření. Metody měření mohou být kvalifikovány různými způsoby. [6]

3.1.6 Postup měření

Podrobný popis měření podle jednoho nebo více měřicích principů a dané metody měření založeny na modelu měření a zahrnující jakýkoliv výpočet k získání výsledku měření. [6]

3.1.7 Výsledek měření

Soubor hodnot veličiny přiřazený měřené veličině společně s jakoukoliv další dostupnou relevantní informací. [6]

3.2 Prostředky pro měření

3.2.1 Měřidlo

Měřicí přístroj. Zařízení používané k měření buď samotné, nebo ve spojení s jedním nebo více přídatnými zařízeními. [6]



Obr. 4 Schéma a princip měřicího zařízení [16]

3.2.2 Měřicí rozsah

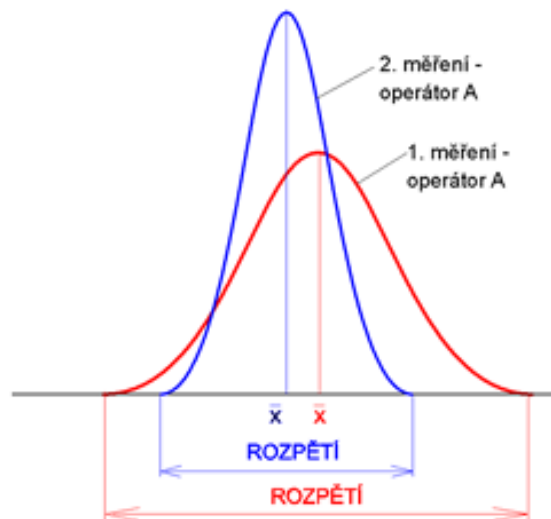
Je rozsah hodnot měřené veličiny, pro které údaje měřidla, získané za stanovených podmínek používání při jediném měření, nesmí být zatíženy větší chybou, než je dovolena chyba. Měřicí rozsah se většinou kryje s rozsahem stupnice nebo jej může tvořit jen část stupnice. Měřicí rozsah je omezen horní mezí a dolní mezí měřicího rozsahu. [16] [18]

3.2.3 Opakovatelnost měření

Je těsnost shody mezi výsledky po sobě následujících měření téže veličiny, provedených za stejných podmínek měření.

Podmínky opakovatelnosti: tentýž postup měření, tentýž pozorovatel, tentýž měřicí přístroj, totéž místo, opakování v průběhu krátké časové periody.

Opakovatelnost může být kvantitativně vyjádřena charakteristikami rozptylu výsledku, např. směrodatnou odchylkou. Zdrojem opakovatelnosti bývá obvykle měřidlo a variabilita polohy měřeného objektu v měřidle. [16] [18]



Obr. 5 Opakovatelnost [16] [18]

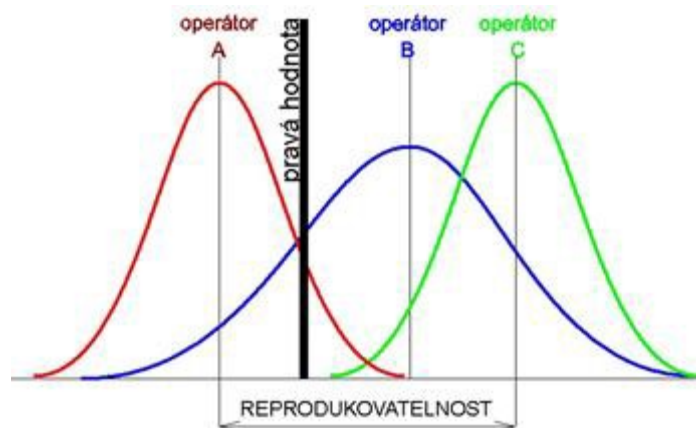
3.2.4 Reprodukovatelnost

Je těsnost shody mezi výsledky měření téže veličiny provedenými za změněných podmínek měření.

Mezi tyto podmínky měření můžeme zahrnout:

Princip měření, metodu měření, pozorovatele, měřicí přístroj, referenční etalon, místo podmínky.

[16] [18]



Obr. 6 Reprodukovatelnost [16] [18]

3.2.5 Rozlišitelnost měřicího zařízení

Je to kvantitativní vyjádření způsobilosti indikačního zařízení rozlišit velmi blízké hodnoty indikované veličiny. Rozlišitelnost je interpretovaná například jako hodnota jednoho dílku stupnice analogových měřidel a hodnota jednoho digitu u digitálních měřidel.

3.12 Největší dovolená chyba měřidla

Jedná se o extrémní hodnotu chyby daného měřidla, povolenou specifikacemi, normou a je garantována výrobcem.

Největší dovolená chyba délkových měřidel závisí zpravidla na absolutní hodnotě délky C

$$\varphi = \pm(A + B.L) \leq C \quad (1.1)$$

φ – největší dovolená chyba měřidla [μm]

L – hodnota měřené veličiny v mm, nebo v m

A – konstanta zahrnující vliv náhodných chyb

B – konstanta zahrnující vliv systematických chyb

C – horní hranice chyby φ

[16] [18]

3.2.6 Etalony

Standard měření. Realizace definice dané veličiny, se stanovenou hodnotou veličiny a přidruženou nejistotou měření, používána jako reference. [6]

3.3 Geometrické prvky

Pro určování geometrických prvků je důležité stanovit souřadnicový systém součásti. Tímto se určí poloha výrobku v pracovním prostoru stroje. Nejjednodušší geometrické prvky, jako je bod, přímka, kružnice slouží pro konstrukci náročnějších geometrických obrazců.

Pokud správně určíme body, pak můžeme sestavovat různé konstrukce:

- souřadnice bodu v rovině nebo v prostoru
- střed úsečky v rovině
- polární souřadnice bodu

- vzdálenost (rozteč) dvou bodů v obecné poloze v rovině
- průsečík dvou přímek v rovině
- poloha pootočené souřadnicové soustavy v rovině
- poloha posunuté souřadnicové soustavy v rovině
- obecná poloha roviny dané třemi body
- průsečíky dvou přímek s rovinou
- poloha středu kružnice dané třemi body
- průsečíky úsečky s kružnicí a průsečíky dvou kružnic
- šířka drážky
- poloha ideální hrany na obrobku se sražením
- úhel dvou ploch
- střed a šířka šikmé drážky
- symetrála a úhel úkosové drážky
- úhel klínu
- úchyly kruhovitosti
- střed kulové plochy
- souřadnice středu kružnice, která prochází středy tří kružnic
- souřadnice středu čtyř symetricky rozložených děr
- dělení (rozteče)
- poloha válcových čepů
- tvarový obrys ve vodorovné rovině
- tvarový obrys ve svislé rovině
- tvar kotoučové vačky
- tvar bubnové vačky
- prostorový tvar
- tvar kotoučové vačky
- tvar bubnové vačky
- prostorový tvar

3.4 Chyby měření

Chyba měření je definována naměřená hodnota veličiny minus referenční hodnota veličiny. [6]

Systematická chyba měření, složka chyby měření, která v opakovaných měřeních zůstává konstantní nebo se mění předvídatelným způsobem. [6]

Náhodná chyba měření, tj. složka chyby měření, která se v opakovaném měření mění nepředvídatelným způsobem. [6]

Podmínka opakovatelnosti měření, podmínka měření ze souboru podmínek, který zahrnuje stejný postup měření, stejný obslužný personál, stejný měřicí systém, stejné pracovní podmínky, stejné místo, a opakování měření na stejném nebo podobných objektech v krátkém časovém úseku. [6]

Opakovatelnost měření, tj. preciznost měření ze souboru podmínek opakovatelnost měření. [6]

Podmínka reprodukovatelnosti měření, podmínka měření ze souboru podmínek, který zahrnuje různá místa, obslužný personál, měřicí systémy a opakování měření na stejných nebo podobných objektech. [6]

Reprodukovatelnost měření, preciznost měření za podmínek reprodukovatelnosti měření. [6]

Nejistota měření jest nezáporný parametr charakterizující rozptýlení hodnot veličiny přiřazených k měřené veličině na základě použité informace.

Kdy v poznámce je uvedeno, že tímto parametrem může být např. směrodatná odchylka (nebo její daný násobek). [6]

Vyhodnocení nejistoty měření způsobem A vyhodnocení složky nejistoty měření statistickou analýzou naměřených hodnot veličiny získaných za definovaných podmínek měření. [6]

Vyhodnocení nejistoty měření způsobem B vyhodnocení složky nejistoty měření stanovené jiným způsobem než vyhodnocení nejistoty měření způsobem A. [6]

Standardní nejistota měření nejistota měření vyjádřená jako směrodatná odchylka. [6]

Kombinovaná standardní nejistota měření standardní nejistota měření, která je získána použitím individuálních standardních nejistot měření přidružených ke vstupním veličinám v modelu měření. [6]

Přesnost měření těsnost shody mezi naměřenou hodnotou veličiny a pravou hodnotou naměřené veličiny. [6] Nedokonalost metod měření, našich smyslů, omezená přesnost měřicích přístrojů, proměnné podmínky měření a další vlivy způsobují, že měřením nemůžeme zjistit skutečnou hodnotu fyzikální veličiny x_0 . Rozdíl skutečné a naměřené hodnoty nazýváme absolutní chybou měření. Tato chyba má dvě složky – systematickou a náhodnou. Podle příčin vzniku dělíme chyby do tří skupin:

- **Hrubé chyby** (označované jako vybočující nebo odlehlé hodnoty) jsou způsobeny výjimečnou příčinou, nesprávným zapsáním výsledku, náhlým selháním měřicí aparatury, nesprávným nastavením podmínek pokusu apod. Naměřená hodnota se při opakovaném měření značně liší od ostatních hodnot. Takové měření je třeba ze zpracování vyloučit, aby nezkreslovalo výsledek měření. [6]
- **Systematické chyby** jsou způsobeny použitím nevhodné nebo méně vhodné měřicí metody, nepřesným měřidlem či měřicím přístrojem, případně osobou pozorovatele. Tyto chyby zkreslují numerický výsledek měření zcela pravidelným způsobem; buď jej za stejných podmínek vždy zvětšují, nebo vždy zmenšují a to bez ohledu na počet opakovaných měření. Často se navenek neprojevují a lze je odhalit až při porovnání s výsledky z jiného přístroje. Existují i systematické chyby s časovým trendem, způsobené stárnutím nebo opotřebením měřicího stroje. [6]
- **Náhodné chyby**, které kolísají náhodně co do velikosti i znaménka při opakování měření, vznikají spolupůsobením velkého počtu náhodných vlivů, které nemůžeme předvídat. Systematické chyby ovlivňují správnost, náhodné pak přesnost výsledku. [6]

4 POUŽITÉ STATISTICKÉ METODY

Obor zabývající se zkoumáním a kvalitativní charakteristikou hromadných jevů. Poznání pravidelnosti, souvislostí a vývojových tendencí hromadných jevů. V metrologii ji můžeme chápat jako metodu, která umožňuje oddělit náhodné a zákonité jevy ve zkoumaných datech, a dává podklady pro výpočet pravděpodobností.

4.1 Význam statistických metod při měření

Umožňuje zpracovávat naměřené hodnoty pro popis pomocí metrologických pojmů. Dává podklady pro odhad chyb měření, stanovení nejistot měřidel, pomáhá oddělit systematické náhodné vlivy. Dává pravděpodobnostní meze pro výsledek měření a přináší informace o procesu měření.

4.2 Bodový odhad - poloha

4.3 Střední hodnota

Je rovnovážným bodem, kolem kterého všechny naměřené hodnoty kolísají.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.2)$$

\bar{x} – střední hodnota [mm]

n – počet měření

x_i – naměřená hodnota

Střední hodnota je vhodnou charakteristikou polohy pro normální rozdělení a velký výběr.

4.4 Medián

Prostřední hodnota se z uspořádaného (podle velikostí) statistického výběru stanoví.

Medián se hodí jako charakteristika polohy pro Normální málo četná rozdělení. [16] [17]

4.5 Bodový odhad rozptylů

$$s^2(x_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (1.3)$$

s^2 – rozptyl [mm]

n – počet měření

x_i – naměřená hodnota

x – střední hodnota

4.6 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka je užitečnou charakteristikou především u Normálního rozdělení, kde počet násobků se směrem od střední hodnoty dává tabelovanou pravděpodobnost. Pokud se jedná o statistický soubor, bude před sumou ve jmenovateli počet jednotek n .

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.4)$$

s – směrodatná odchylka

n – počet měření

x_i – naměřená hodnota

x – střední hodnota

4.7 Rozpětí

Rozpětí je vhodné pro charakteristiku rozptýlení málo četných výběrů ($n \leq 10$)

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1.5)$$

R – rozpětí [mm]

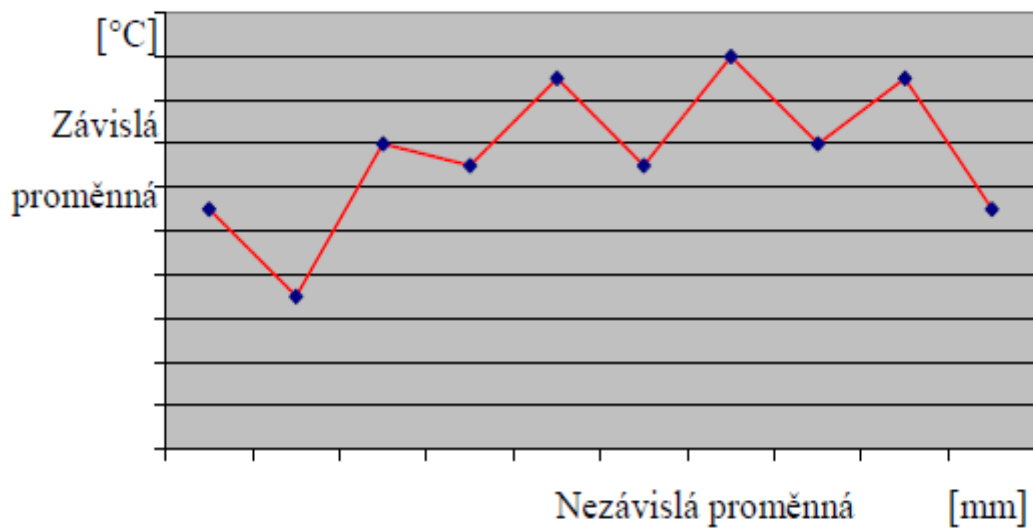
x_{\max} – maximální naměřená hodnota

x_{\min} – minimální naměřená hodnota

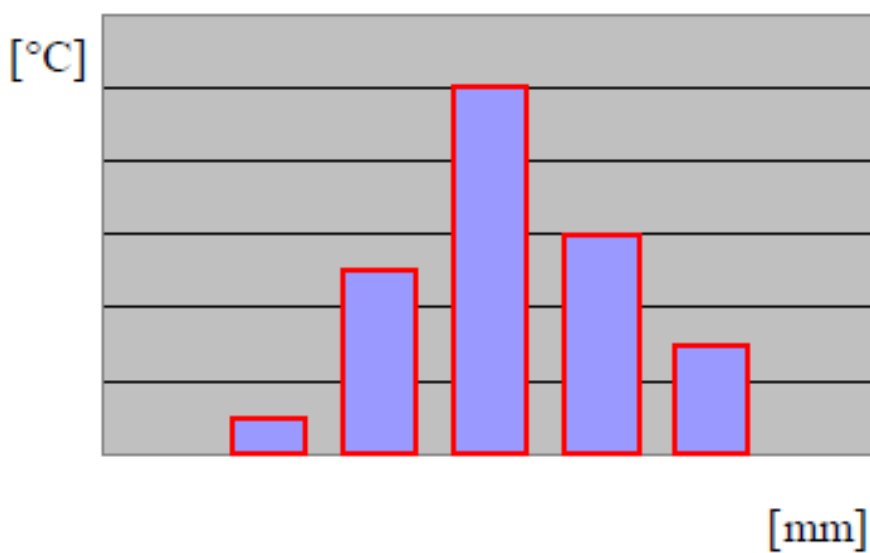
[16] [17]

4.8 Grafické vyjádření četností

4.8.1 Spojnicový graf



Obr. 7 Spojnicový graf [16] [17]



Obr. 8 Histogram [16] [17]

4.9 Chyby při měření

Chceme-li zjistit hodnotu určité veličiny, provedeme příslušné měření, ke kterému použijeme měřicí nebo kontrolní prostředky. Měření neprobíhá nikdy zcela dokonale, proto se nepodaří určit skutečnou hodnotu měřené veličiny zcela přesně. Opakujeme-li měření této veličiny, pak zjišťujeme, že naměřené hodnoty se navzájem liší. Rozdíl, který vzniká při měření mezi skutečnou hodnotou dané veličiny a naměřenou se nazývá chyba měření.

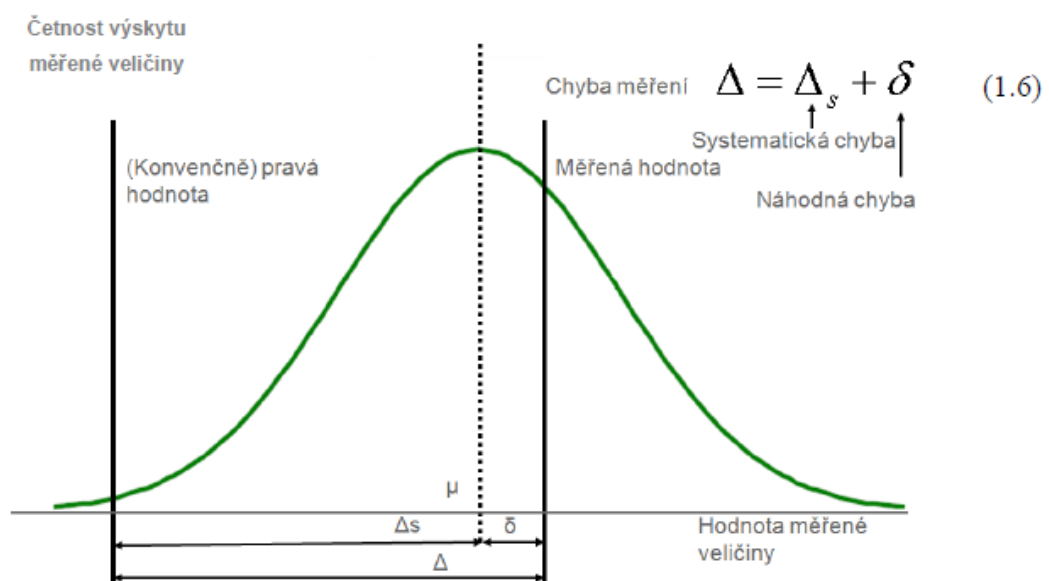
Chyba měření je definována naměřená hodnota veličiny minus referenční hodnota veličiny. [6]

4.9.1 Pravá hodnota veličiny

Je hodnota, která byla získána naprosto přesným měřením. Pravé hodnoty jsou neurčitého charakteru – nelze je určit. Stanovení pravé hodnoty veličiny je v mnoha případech velice nákladné a zdlouhavé a většinou není technicky nebo ekonomicky odůvodněné. [17]

4.9.2 Konvenčně pravá hodnota veličiny

Je hodnota, která je přisuzována bližší určené veličině a přijata, někdy konvencí jako hodnota, jejíž nejistota je vyhovující pro daný účel. (Získá se např. měřením měřidlem s desetkrát vyšší rozlišitelností. Konvenčně pravá hodnota představuje technicky a ekonomicky odůvodnitelnou mez.



Obr. 9 Grafické vyjádření chyby měření [16] [17]

Δ – chyba měření

Δ_s – systematická chyba

δ – náhodná chyba

[16] [17]

4.9.3 Absolutní chyba měření

Je rozdíl mezi výsledkem měření a konvenčně pravou hodnotou měřené veličiny.

$$\Delta = x_m - x_p \quad (1.7)$$

x_m - změřená hodnota měřené veličiny

x_p - (konvenčně) pravá hodnota změřené veličiny

[16] [18]

4.9.4 Relativní chyba měření

Je podíl chyby měření (absolutní) a pravé hodnoty měřené veličiny.

$$\Delta_r = \frac{x_m - x_p}{x_p} \quad (1.8)$$

x_m - změřená hodnota měřené veličiny

x_p - (konvenčně) pravá hodnota změřené veličiny

Δ_s – relativní chyba měření

4.9.5 Systematická chyba měření

Je rozdíl mezi střední hodnotou, která by vznikla z nekonečného počtu měření veličiny, uskutečněných za podmínek opakovatelnosti, a (konvenčně) pravé hodnoty měřené veličiny. Systematické chyby zkreslují výsledek a jsou dány: metodou měření (chyba metody), kvalitou přístrojů (přístrojová chyba) kvalitou prováděných chyb.

Systematické chyby se projeví při porovnání daného měření s měřením provedeným jinou metodou, jinými přístroji, nebo jinými osobami. Tato chyba se odstraní odpovídající korekcí.

4.9.6 Náhodná chyba

Je výsledek měření mínus střední hodnota, která by vznikla z nekonečného počtu měření téže veličiny, uskutečněná za podmínek opakovatelnosti.

Náhodná chyba je chyba měnící se náhodným způsobem při opakovaných měřeních téže veličiny za týchž podmínek. Nelze ji korigovat. Lze ji zmenšovat opakovaným měřením.

[16] [17]

4.10 Nejistoty měření

Je parametr přidružený k výsledku měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které by mohly být důvodně přisuzovány k měřené veličině. Vyjádření výsledků je úplné pouze tehdy, pokud obsahuje jak vlastní hodnotu měřené veličiny tak i nejistotu měření patřící k této hodnotě. [16] [17]

4.10.1 Standardní nejistota typu A

Je způsobena náhodnými vlivy, jejichž příčiny se považují za všeobecně neznámé.

Stanovují se z opakovaných měření stejné hodnoty měřené veličiny za stejných podmínek.

Tyto nejistoty se se stoupajícím počtem zmenšují.

$$u_A = k_{uA} \sqrt{\frac{s^2}{n}} \quad (1.9)$$

u_A - Standardní nejistota typu A

k_{uA} – koeficient rozšíření

s - směrodatná odchylka

n - počet měření

4.10.2 Standardní nejistota typu B

Tato nejistota je stanovena na základě znalostí a zkušeností s předpokládanými vlivy na měření. Nejistota typu B nezávisí na počtu měření a stanovuje se jiným způsobem než statistickým vyhodnocením série pozorování.

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1..n} u_{Bi}^2} \quad (1.10)$$

u_B – Standardní nejistota typu B [mm]

u_{Bi} – Podíly standardní nejistoty typu B

4.10.3 Standardní nejistota kombinovaná

Kombinovanou nejistotu získáme sloučením standardní nejistoty A a standardní nejistoty B.

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (1.11)$$

u_c – Standardní nejistota kombinovaná [mm]

u_A – Standardní nejistota typu A

u_B – Standardní nejistota typu B

4.10.4 Rozšířená standardní nejistota

S rozšířenou standardní nejistotou je nutné uvést koeficient rozšíření k_r .

$$U = k_r u_c \quad (1.12)$$

U – Rozšířená standardní nejistota [mm]

k_r – Koeficient rozšíření

u_c – Standardní nejistota kombinovaná

Tato nejistota se zavádí v případě, kdy je potřebné zajistit ještě větší pravděpodobnost správného výsledku měření. [16] [17]

4.10.5 Variační koeficient

Je definován jako podíl směrodatné odchylky se střední hodnotou a vyjadřuje průměrnou proměnlivost například měřeného znaku.

$$V = \frac{s}{x} 100\% \quad (1.13)$$

V – Variační koeficient

s – směrodatná odchylka

x – střední hodnota

[18]

4.10.6 Ekonomická návratnost

Výstupem ekonomického hodnocení je návratnost investice v čase. [18]

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{Investiční náklady}}{\text{rozdíl nákladů měření před a po úpravě přípravku za jeden rok}} \quad (1.14)$$

5 SOUŘADNICOVÝ MĚŘICÍ STROJ

5.1 Typy konstrukcí

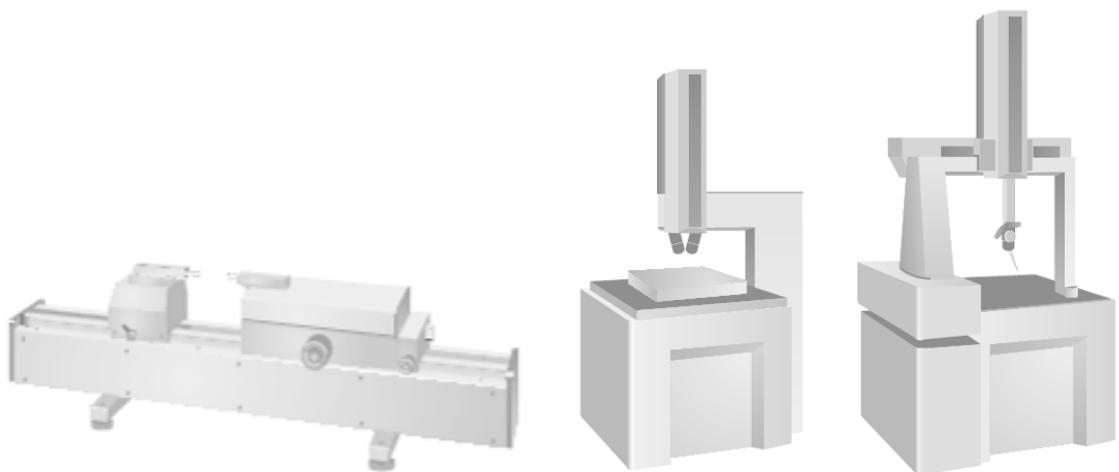
Podle konstrukce se souřadnicové měřicí stroje rozdělují na tři základní skupiny:

Jednosouřadnicové měřicí stroje umožňují měřit rozměr jen v jedné ose x . Pomocí nich se dá dosáhnout velmi malá chyba měřidla $0,6$ až $6 \mu\text{m}$ v celém rozsahu, a to i při měření velkých rozměrů.

Dvousouřadnicové měřicí stroje umožňují měřit rozměry ve dvou navzájem kolmých osách „ x “ a „ y “, v jedné rovině. Při měření v 2D využíváme mikroskopy, profilprojektory, laserové interferometry a skenery.

Mikroskopy jsou počítačem podporované a obvykle mají optoelektronický odměřovací systém, okulár s nitkovým křížem nebo CCD kameru.

Třísouřadnicové měřicí stroje umožňují měřit rozměry ve třech navzájem kolmých osách „ x “, „ y “ a „ z “. Představují vrchol techniky měření geometrických veličin. Na jedno upnutí umožňují složité rozměrové měření ve třech navzájem kolmých souřadnicích.



Obr. 10 Typy CMM podle konstrukce: a) jednosouřadnicový CMM, b) dvousouřadnicový CMM, c) třísouřadnicový CMM [6]

V současnosti existuje velké množství CMM vyznačující se různými stupni automatizace od manuálních, až na některé výjimky, všechny využívají konstrukční řešení s polohováním v kartézské (polární) souřadnicové soustavě.

Podle normy ČSN EN ISO 10 360 – 1 se CMM zařazujeme do čtyř základních geometrických uspořádání:

- stojanový typ,
- výložníkový typ,
- portálový typ,
- mostový typ.

Stojanový (sloupový) typ (obr. 11a)

Měřený předmět se upíná na stůl, který se pohybuje ve směru osy „x“ a „y“ a měřicí pinola se pohybuje ve směru osy „z“. Stroje tohoto typu se řadí mezi nejpřesnější a jsou vhodné pro malé rozsahy měření, můžou být vybavené kruhovým stolem s úhlovou stupnicí. Jejich charakteristickými znaky jsou:

tuhá úhlová konstrukce,

dobrý přístup k měřenému předmětu.

Výložníkový typ (obr. 11b)

Měřený předmět se upíná na stůl, přičemž měřicí pinola na výložníku se pohybuje ve směru osy „y“ a kolmo v ose „x“, v ose „y“ se mění vyložení pinoly od vodící plochy, proto je nutné vyvažování. Jejich charakteristickými znaky jsou:

z důvodu tuhosti je osa „y“ poměrně krátká, dobrý přístup k měřenému předmětu – vhodný pro dlouhé úzké součásti.

Portálový typ (obr. 11c)

Patří k nejrozšířenějším CMM pro střední a velké rozsahy měření. Jejich charakteristickými znaky jsou: velká tuhost (umožňuje vysokou přesnost měření).

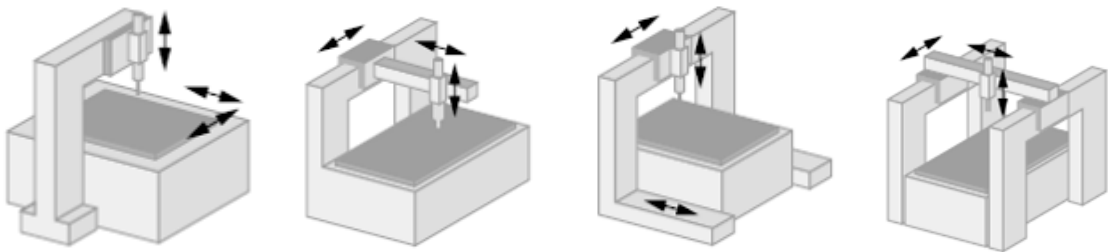
Může být ve dvojitým provedení:

pohyblivý portál (obr. 11a) – portál se pohybuje nad pevným stolem, přístup do měřicího prostoru je omezený konstrukcí stroje,

pevný portál (obr. 11b) – je pevný, vyžaduje pohyblivý stůl, který se pohybuje v ose „x“.

Mostový typ (obr. 11d)

Je charakteristický svou velikostí a má největší rozsahy měření. Měřicí rozsah v ose „x“ je až 24 m a více. Používá se na měření nadrozměrných součástek, nejčastější využití je v automobilovém a leteckém průmyslu.



Obr. 11 Typy souřadnicových měřicích strojů [6]

a) stojanový typ, b) výložníkový typ, c) portálový typ, d) mostový typ

5.2 Snímací hlava

5.2.1 Mechanické snímací hlavy

Rozlišujeme dva typy hlavic:

- pevné hlavice,
- indexovatelné (polohovatelné, natáčeční) hlavice.

Pevné hlavice (obr. 12) – nedají se v prostoru natáčet, ale dosahují vyšší přesnosti než indexovatelné hlavice. [6]

Indexovatelné hlavice (obr. 13) – slouží na přesné polohování snímacích sond v pracovním prostoru stroje. Umožňuje natáčet sondu v jednotlivých osách a zajistit ji v požadované poloze. [6]

Rozeznáváme dva typy indexovatelných hlavic:

- motorické hlavice,
- manuální hlavice.

Motorické hlavice - jsou určeny k polohování sondy, takže snímání je možné provádět v mnohých úhlech. Opakovatelnost hlavice umožňuje vyvolat tyto polohy bez nutnosti re-kvalifikace, což šetří čas obsluhy a aplikuje sondu k povrchu v nejlepším úhlu k dosažení co nejpřesnějšího výsledku.

Využívají se i motorické hlavy se servopohonem, které zajišťují neomezené úhlové polohování a jsou ideální pro CMM s horizontálním ramenem. [6]

Manuální hlavice (obr. 14) – jsou to ručně nastavitelné hlavice umožňující flexibilní měření i složitých tvarů na povrchu kontrolovaných součástek.

Způsoby snímání jednotlivých bodů při měření obrobku (součásti) ovlivňuje přesnost a automatizaci měření. [6]

Snímací systémy rozdělujeme na:

- **dotykové (kontaktní) snímací systémy** – využívají se dotykové senzory,
- **bezdotykové systémy** – využívají se optické senzory apod.



Obr. 12 Pevná snímací hlavice [6]



Obr. 13 Indexovatelná snímá-
cí hlavice [6]



Obr. 14 Manuální hlavice [6]

5.2.2 Třiosé kontaktní skenování

Třiosé skenování nabízí výrazné výhody, co se týká rychlosti oproti datovému záznamu dotekovým spínačem. Toto skenování funguje jinak než spínací dotekové snímání tím, že neustále zaznamenává data, když dotek provádí skenování při kontaktu s povrchem měření. Standardně zaznamenává 2000 až 6000 bodů za sekundu. Veškerý pohyb během třiosého skenování zajišťují osy X, Y a Z stroje. Tento typ systému je vhodný v případech, kdy jsou k definování formy prvků zapotřebí velké objemy dat, ale kdy maximální výkon není nejvyšší prioritou. Dobrým příkladem je odebrání vzorků listů vrtulí, profilů aerodynamických ploch nebo vrtání válců u automobilů. V těchto případech neposkytuje několik dotkových bodů dostatek informací k přesnému měření formy. [7]

5.2.3 Pětiosé kontaktní skenování

U konvenčních metod měření provádí souřadnicový měřicí stroj všechny pohyby potřebné pro získání údajů povrchu. Zrychlení způsobuje v konstrukci stroje setrvačné deformace, které zase způsobují chyby měření. Výrobci metrologických systémů strávili roky snahou vyvinout techniky, které by zredukovaly tyto dynamické chyby. Existuje ale horní hranice rychlosti daná tuhostí stroje a servo pohonu, za níž nelze provést spolehlivé měření. Systém Renscan5 tuto hranici prolomil díky použití indexovatelné hlavy, která se během měření pohybuje po dvou rotačních osách. Souřadnicový měřicí stroj tak může provádět úlohy, k nimž byl zkonstruován – pohybovat se během měření konstantní rychlostí v jednom vektoru. Protože je hlava mnohem lehčí a dynamičtější než souřadnicový měřicí stroj a má výrazně lepší šířku pásma, dokáže rychle reagovat na změny tvaru dílce, aniž by docházelo ke vzniku škodlivých dynamických chyb, což má za výsledek daleko vyšší rychlost skenování ploch a tedy i kratší cykly měření. [7]



Obr. 15 Pětiosá měřicí hlava [7]

5.3 Faktory ovlivňující výběr doteku

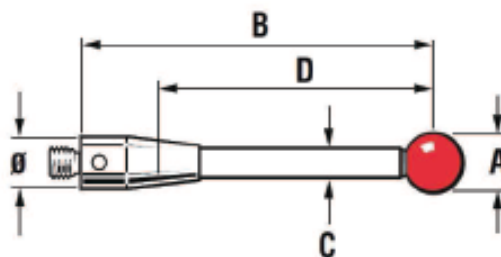
Při vyhodnocování potřebné přesnosti měření souřadnicového měřicího stroje se běžně používá poměr nepřesnosti souřadnicového měřicího stroje k toleranci rozměru nejméně 1 : 5 (ideální je poměr 1 : 10, ale v mnoha případech se může ukázat jako příliš nákladný pro praktické využití). Díky tomuto poměru máme zajištěno měření s malou nepřesností. V případě, že dokážeme udržet poměr 1 : 5 na nejmenší toleranci, není pochybnosti o přesnosti měření. [8]

Velký vliv na přesnost měření má případná změna dotyku na sondě, která může výrazně změnit přesnost měření a způsobit rozdíly ve výsledcích. Pro zajištění přesnosti je potřeba doteky kalibrovat. Bohužel nestačí pouze roční (popřípadě dvouroční) kalibrace měřicího stroje. Naším cílem je zjistit reálnou přesnost, tudíž je lepší doteky kalibrovat interně v mnohem menším intervalu. Vždy záleží na vytíženosti stroje.

5.3.1 Měřicí dotuky

Snímací dotuky jsou součástí měřicího systému, který zprostředkovává kontakt mezi dílcem a sondou a způsobuje sepnutí v mechanismu sondy. Signál, který je přitom generovaný, umožňuje zaznamenat souřadnice nasnímaného bodu.

Typ a rozměr dotyku (obr. 16) závisí na snímaném prvku. Nejdůležitějšími vlastnostmi dotyku je tuhost dotyku a dokonalý tvar měřicí kuličky.



Obr. 16 Rozměry doteku [8]

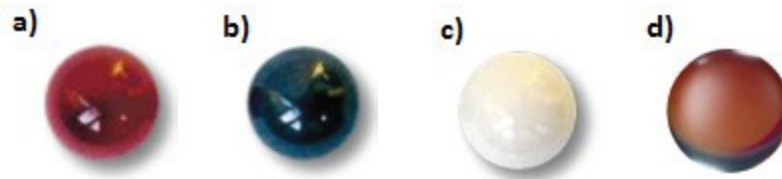
- A** – průměr kuličky,
- B** – celková délka,
- C** – průměr dřívku,
- D** – efektivní činná délka (EWL).

Zásady a pravidla pro výběr dotyku a měření (pro dosažení co nejvyšší přesnosti):

- volit co nejkratší dotyk (aby nedocházelo k průhybu),
- volit co nejmenší počet prodlužovacích nástavců (každý spoj dotyku je zdrojem nepřesností),
- volit co největší průměr kuličky (volbou větší kuličky se volí větší průměr stopky dotyku a tím se zvýší tuhost dotyku).

Materiálem kuličky může být:

- **rubín** - nejpoužívanější u převážné většiny měřicích aplikací. Existují však dva případy, kdy se doporučují kuličky vyrobené z jiných materiálů:
 - prvním je použití výkonných skenovacích aplikací na hliníkové materiály. Tady může docházet k fenoménu nazývanému adhezní otěr, kdy se na povrchu kuličky usazuje hliník. V tomto případě je lépe použít nitrid křemíku,
 - druhým případem jsou náročné aplikace při skenování litinových povrchů. Vzájemné působení obou materiálů může u rubínové kuličky způsobit opotřebení povrchu otěrem. V těchto případech se doporučují kuličky z oxidu zirkoničitého,
- **nitrid křemíku** - má hodně společných vlastností s rubínem. Jde o velmi tvrdý materiál, odolný proti opotřebení. Nitrid křemíku vykazuje značnou míru opotřebení otěrem při kontaktu s ocelovými povrchy,
- **oxid zirkoničitý** - je velmi pevný keramický materiál s podobnou tvrdostí a opotřebením jako rubín. Díky vlastnostem povrchu je ideálním materiálem pro agresivní aplikace u litinových součástek,
- **diamant** - překonává konvenční materiály po všech stránkách a poskytuje nejpřesnější a nejekonomičtější měření. Extrémní tvrdost a hladký povrch diamantové kuličky udržuje opotřebení tření na minimální hranici. Diamantové kuličky jsou vhodné téměř pro všechny měřicí aplikace, včetně velkého zatížení při skenování hliníkových dílů.



Obr. 17 Materiály kuliček [8] a) rubín, b) nitrid křemíku, c) oxid zirkoničitý, d) diamant

Materiál stopky (dříku) měřicího dotyku

Materiálem stopky může být:

ocel - stopky vyrobené z nemagnetické nerezavějící oceli jsou využívané materiály pro dotyky s kuličkou, nebo hrotem s průměrem 2 mm, nebo větším a délky do 30 mm (v tomto rozmezí poskytují optimální poměr tuhosti a hmotnosti stopky),

karbid wolframu - stopky vyrobené z tohoto materiálu jsou optimálním řešením pro max. tuhost a min. průměr stopky (tyto parametry vyžadované pro průměr kuličky pod 1 mm a délky do 50 mm),

keramika - keramické stopky dotyků zajišťují dostatečnou ochranu sondy proti havárii (v případě kolize se dotyk roztrhne). Při průměru kuličky nad 3 mm a délce nad 30 mm poskytují stopky tuhost porovnatelnou s ocelí,

uhlíková vlákna – ideální řešení pro stopky určené pro vysoce přesné sondy založené na tenzometrickém principu (vykazuje vynikající charakteristiku tlumení vibrací a zanedbatelný koeficient tepelné roztažnosti).



Obr. 18 Materiály pro stopky dotyků [8] a) ocel, b) karbid wolframu, c) keramika, d) uhlíková vlákna

6 POROVNÁNÍ S JINÝMI DRUHY MĚŘENÍ

Jak už jsme si ukázali, tak souřadnicový měřicí stroj je bezesporu velkým pomocníkem při kontrole výroby jakýchkoliv tvarů součástí ať už ve specializované laboratoři, nebo v některých případech přímo u stroje. Otázkou tedy zůstává, jestli je tato technologie nahraditelná jinými stroji.

6.1 Skenovací zařízení Mahr

Úlohy pro měřicí techniku ve výrobě rostou vysokou rychlostí souběžně s inovacemi výrobních postupů. V důsledku stále rostoucích požadavků na přesnost a stále se zkracujících časů cyklu ve výrobě (soustružení, frézování, broušení atd.) je rychlé měření přímo na výrobním stroji zcela nevyhnutelné. Měření přímo tam, kde výrobek vzniká, s rychlou zpětnou vazbou do výrobního procesu, aby se zamezilo zbytečné zmetkovitosti. V podobě přístroje pro měření hřídelí MarShaft SCOPE 250 *plus* nabízí společnost Mahr správné řešení pro rychlé, přesné a plně automatické měření obrobků symetrických podél rotační osy. [9]

MarShaft SCOPE 250 *plus* disponuje vysoce přesnou osou na měření kruhovitosti (C) a vertikální měřicí osou (Z) s měřicím rozsahem 250 mm. Srdcem zařízení je moderní maticová CMOS kamera s vysokým rozlišením (živý obraz) s obrazovým polem 1088 × 2048 bodů. Velmi vysoká snímkovací frekvence přes 120 snímků za sekundu umožňuje dosahovat nejkratších časů měření. Funkce zvětšení zobrazení umožňují provádět měření nejmenších detailů, které pomocí běžného měřicího postupu nejsou téměř, nebo dokonce vůbec možná. [9]

Hlavní parametry:

- Nová maticová CMOS kamera s vysokým rozlišením s živým obrazem o velikosti 40 mm umožňuje maximálně rychlé snímání rychlostí přes 120 snímků za sekundu
- Vysoká přesnost pro měření průměrů a délek
- Extrémně krátké časy měření díky vysokým rychlostem měření až 200 mm/s
- Díky použití softwarové platformy MarWin společnosti Mahr jsou k dispozici veškeré mnohaleté zkušenosti v oblastech měření délek, tvarů, polohy a kontur
- Velmi dobrá cena pro vstup do segmentu malých optických přístrojů na měření hřídelí



Obr. 19 Marshaft Scope 250 univerzální automatický optický systém na měření hřídelí [9]

6.2 Počítačová tomografie

Nejnovější možností alternativního měření je počítačová tomografie. Využívá rentgenového záření, které je na rozdíl od použití v lékařství ve stacionární poloze a otáčí se součástí. Část tohoto záření se při průchodu dílem pohltí a dopadá na detektor. Podle síly dopadajícího záření se určuje tloušťka stěn, vady materiálů a celkové rozměry. Měření na tomto přístroji je poměrně zdlouhavé, jelikož pořizujeme 2D snímky, které nám software zpracovává do výsledného 3D obrazce. Tyto přístroje jsou v dnešní době velmi nákladné a vyžadují profesionální obsluhu. Jejich uplatnění je například při kontrole plastových výrobků vstřikovací metodou. Společnost ZEISS samozřejmě figuruje i v tomto odvětví a její modelové řady nesou název Metronom. Pravděpodobně se jedná o hudbu budoucnosti.



Obr. 20 Počítačový tomograf společnosti Zeiss [10]

7 METROLOGICKÉ METODY PRO CMM

Při měření na CMM se potřebné parametry (rozměrů, tvarů a polohy) získávají nepřímo z naměřených kartézských (polárních, popř. válcových) souřadnic v rovině nebo v prostoru. Prvním krokem je (vždy) sestavení plánu průběhu měření. Ten obsahuje tzv. „strategii měření“, ve které se přesně formulují předepsané požadavky na přesnost výsledků měření a hledá se optimální postup k jeho dosažení. [6]

Každý operátor CMM musí být dokonale seznámen s možnostmi daného stroje. Při sestavování průběhu měření na CMM je zapotřebí dodržovat zásady:

- osazení obrobku stabilním způsobem - na co největší plochu,
- měřicí základny by měly korespondovat se základnami konstrukčními,
- v co největší míře provádět slučování měřicích operací,
- osazení obrobku tak, aby se dal proměřit v jedné poloze,
- volba minimálního počtu dotyků,
- volba měřicích bodů tak, aby byl postup co nejkratší,
- snímací body mají být rovnoměrně rozloženy na měřeném geometrickém prvku, nejlépe síťovým způsobem,
- počet snímaných bodů volit o 2 až 3 více, než vyžaduje geometrická definice,
- směr pohybu snímače před dotykem by měl souhlasit se směrem některé z os,
- kruhové nebo kulové tvary je potřeba snímat párovými dvojicemi – diametrálně,
- při statistické interpretaci výsledku měření vyhodnotit minimálně 30 bodů,
- body měřeného geometrického prvku je vhodné znázornit graficky, aby bylo možné vyloučit hrubé chyby,
- vyhodnotit dosaženou nejistotu měření a porovnat ji s požadovanou hodnotou nejistoty

7.1 Metody měření pro objekty v prostoru

Úlohou měření 3D objektu je získat představu o tvaru a rozměru zkoumaného předmětu. Problém, který při měření musíme řešit, spočívá v tom, že většina běžných měřících a zobrazovacích zařízení (CCD kamera, monitor) transformuje 3D scénu na 2D obraz a tím ztrácíme důležitou informaci o jedné „Z“ - ové souřadnici. Jedná se o „Z“ – ovou souřadnici, která po aplikaci pohledové transformace vyjadřuje vzdálenost měřeného předmětu od pozorovatele (senzoru). [6]

Jeden ze způsobů řešení dané problematiky přináší např. optické metody měřeného objektu. Při bezkontaktním snímání povrchu reálných předmětů se používají tři základní metody, které spočívají na optických principech.

Jedná se o tyto metody snímání objektu:

- triangulace,
- optická interferometrie,
- měření doby letu světla.

Mezi další metody snímání objektu zařazujeme CT (Computer Tomography), MR (Magnetic Resonance) zařízení. Tyto zařízení jsou omezené na předměty fyzikálních vlastností. [6]

Nevýhoda – měřený předmět je omezené rozměrem daného měřícího zařízení.

Výhoda – přesně zachytí tvary i vevnitř měřeného předmětu.

7.1.1 Triangulační metody

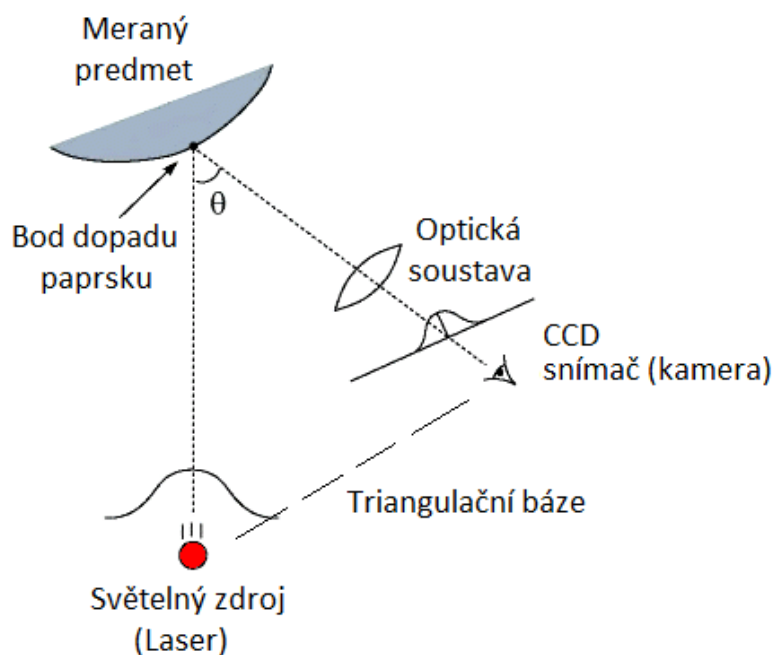
Optické metody založené na principu triangulace jsou v současné době nejčastější používané a můžeme je rozdělit do těchto skupin:

- aktivní triangulace,
- pasivní triangulace,
- měřící systémy s teodolitem,
- fokusovací techniky,
- techniky „podoba ze stínování“.

Aktivní triangulace

Technika aktivní triangulace spočívá ve fotogrammetrické rekonstrukci snímaného objektu nasvícením jeho povrchu světelným zdrojem (např. laserem nebo LED diodou) a současným snímáním povrchu objektu CCD kamer (snímačem) nebo CMOS snímačem a jeho výsledek snímání je rastrový obraz.

Triangulační trojúhelník na zkoumaném předmětu tvoří zdroj světla spolu se snímačem a osvětleným bodem. Spojnice mezi světelným zdrojem a snímačem nazýváme (základnou) triangulační bází. Na straně světelného zdroje je úhel sevřený s triangulační bází konstantní, přičemž na straně snímače (kamery) je úhel určený přeměnou pozicí vysvíceného bodu CCD snímače (kamery), potom z velikosti úhlu a z poznatků z triangulační báze se dá určit „Z“ – ová souřadnice předmětu.



Obr. 21 Metoda 1D triangulace (Triangulační trojúhelník) [6]

K označení povrchu se používají různé světelné vzory:

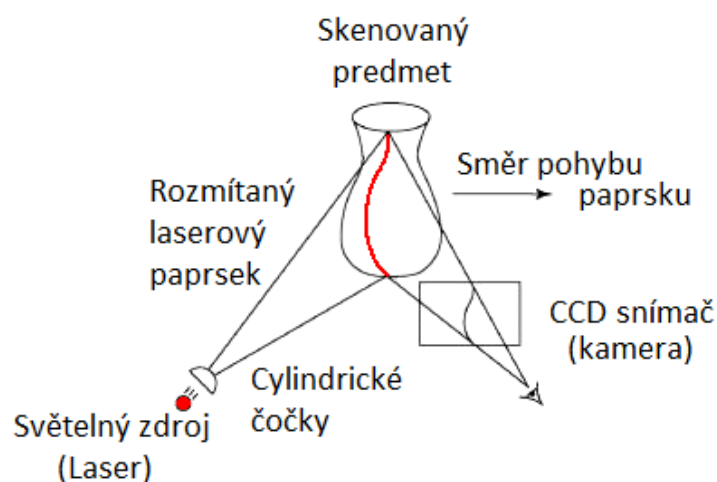
- světelný paprsek (1D triangulace, obr. 21),
- světelný pruh (2D triangulace, obr. 22),
- strukturovaný světelný svazek (3D triangulace).

Nevýhoda triangulačních metod je, že díky konkavitám (vypuklinám) se na měřeném předmětu nepromítne např. bod, pruh nebo vzor a to způsobí nasnímání daného předmětu. U laserových 3D skenerů např. Minolta Vivid se pro rekonstrukci 3D povrchu používá princip 2D triangulace. [6]

2D aktivní triangulace (obr. 22)

Princip – K měřenému předmětu je vyslaný rozkmitaný laserový pruh, který je snímán pomocí CCD kamery a příslušnou optikou, kde laserový pruh vznikne průchodem laserového paprsku přes speciální optickou soustavu, kterou tvoří cylindrické čočky. Laserový pruh se postupně po povrchu měřeného předmětu pohybuje, neboť za emitorem laserového pruhu a optickou soustavou je umístěné elektronicky ovládané zrcadlo, které laserový pruh vychyluje, na základě tohoto způsobu získáme množství snímků, pomocí kterých dokážeme poskládat povrch tělesa.

Rychlost pohybu zrcadla a zároveň i pohybu paprsku po povrchu měřeného objektu je limitovaná především dobou expozice a rychlostí výpočtu dat z použitého CCD čipu. Tato rychlost se podle světelného výkonu laseru pohybuje cca $10\text{ms} \div 100\text{ms}$. [6]



Obr. 22 Metoda 2D triangulace [6]

3D aktivní triangulace

3D aktivní triangulace (triangulační světelný skener), kdy je na 3D měřený předmět promítnutý určitý předem přesně definovaný vzor (nejčastěji projektorem). Vzorem můžou být černé a bílé pruhy (stejně šířky nebo šířky dané určitým binárním kódem) nebo pruhy různých barev, složitých tvarů a křivek, kruhy, čtverce, mřížky. Na skenovaném předmětu je sledovaná deformace daného vzoru a zároveň na základě deformace vzoru se určí tvar předmětu. [6]

7.1.2 Optická interferometrie

Metody optické interferometrie jsou založené na principu měření doby letu koherentního záření, kde vlnění světelného paprsku je rozdělené na měřené a referenční. Zároveň obě vlnění interferují a výsledek je zachycený snímačem (může to být fotodioda, nebo CCD kamera). Při měření se využívá vlastnosti polarizačního děliče a dvou odražečů, přičemž tato metoda umožňuje měřit pouze relativní vzdálenosti zkoumaných bodů a měření absolutních vzdáleností lze provést po kalibraci.

Nejznámějšími principy založených na základech optické interferometrie jsou:

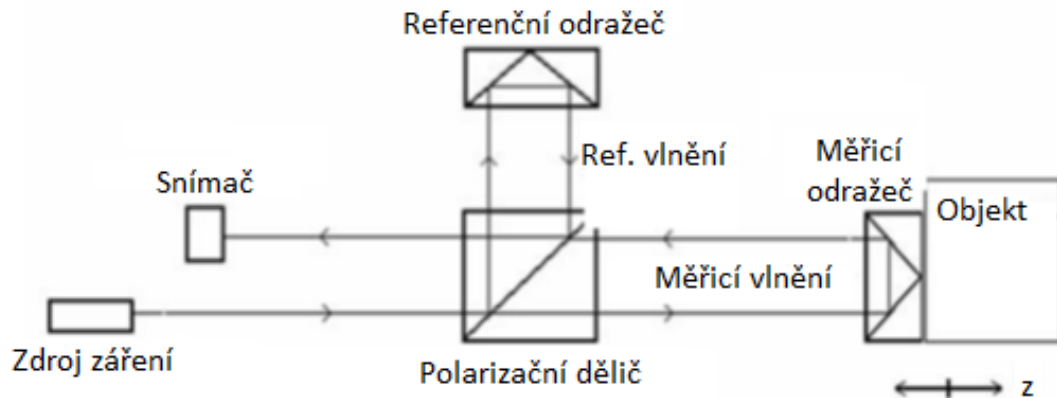
- interferometrie pracující s vícero-vlnovými délkami,
- holografická interferometrie,
- skvrnitá interferometrie,
- interferometrie s bílým světlem.

7.1.3 Měření doby letu světla

Princip: Vzdálenost bodu na povrchu objektu, resp. jeho „Z“ – ovou souřadnici je možné jednoduše stanovit z doby letu světelného paprsku od času jeho vyslání světelným zdrojem, odražením od snímaného předmětu, až po jeho zachycení snímaným senzorem (jedná se o korelaci rychlosti vhodného referenčního signálu s měřeným modulovaným optickým signálem, ten může být modulovaný pulzně, pseudonáhodně a spojitě).

Nevýhodou metody je, že rychlost světla c je velmi vysoká (cca $3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹) a to má vliv na přesnost měřícího zařízení.

Tuto metodu využívá tzv. **laserový dálkoměr**, který měří čas, za který se laserový pulz vrátí od odraženého (skenovaného) objektu, nazpět k vysílači. Při měření se využije známá – konstantní rychlost světla. Přesnost skeneru závisí od toho, s jakou chybou jsme schopní čas letu světla změřit.



Obr. 23 Schéma optického interferometru [6]

Výhoda: vhodné pro měření velkých objektů (památky, budovy apod.), kde přesnost v milimetrech nehraje roli.

Nevýhoda: není dost přesná pro skenování velkých detailů objektu (a to na základě, že světlo projde jeden milimetr přibližně za 3,3 pikosekundy).

Tuto metodu doby letu využívá i skener Time-of-flight (TOF).

Skener typu Time-of-Flight (TOF)

Tento typ skeneru využívá laser, který je založený na principu doby letu laserového paprsku. Z přesně známé rychlosti světla v daném prostředí (pro vakuum je to přesně $v = 299\,792\,458$ m/s), známe dobu letu a díky rovnici $z = v \cdot \tau/2$ se lehce určí vzdálenost mezi zdrojem a objektem. Pro určení přesnosti 1 mm při měření je potřebná schopnost rozlišení měřicího zařízení 3,33 ps.

V praxi se využívají skenery: vysílající krátké impulzy a měřící jen určité body na objektu, výkonným laserem, který osvětlí celý měřicí prostor a odrážený signál je snímán plošným senzorem, ten provede signály na mapu časových zpoždění, která může být následně převedena na 3D mapu. [6]

7.2 Požadavky na přesnost CMM

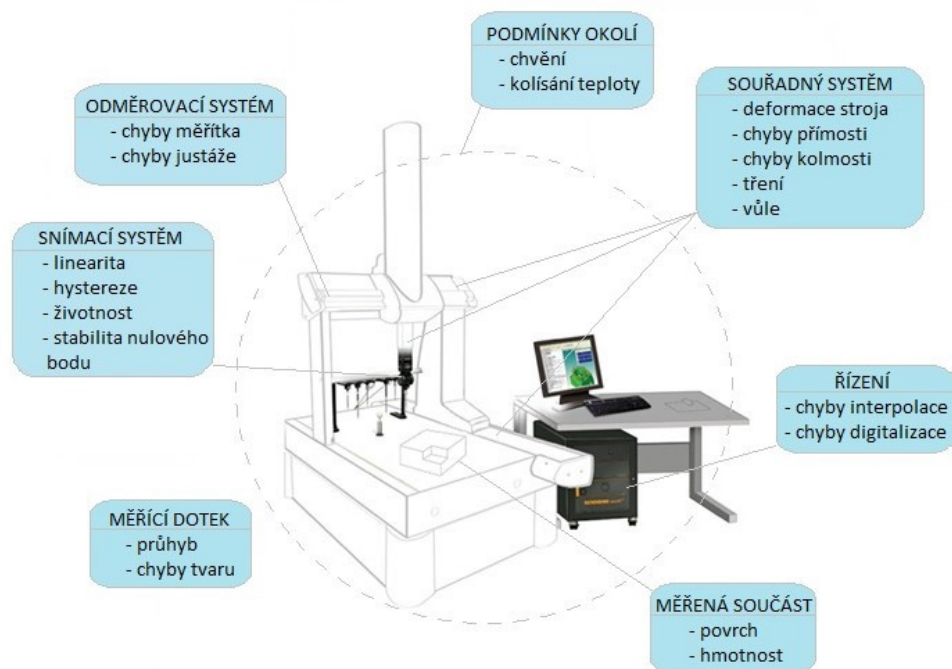
Přesnost CMM je vlastnost, která charakterizuje jeho schopnost dávat údaje shodné se skutečnou hodnotou měřené veličiny. Vyjadřuje kvalitativně stupeň přiblížení naměřených hodnot hodnotám skutečným. Přesnost měření na CMM je ovlivněna dílčími nepřesnostmi. [6]

7.2.1 Zdroje chyb při měření

CMM je složitý systém, který se skládá z velkého množství konstrukčních dílců, a ty mohou být zdrojem parciální chyby měření.

Faktory, které nejvíce ovlivňují přesnost měření, patří především vliv roztažnosti materiálu měřeného objektu a vliv atmosférických podmínek. Pro názornost můžeme uvést, že chyba $1\mu\text{m}$ pro měřku $L = 1000\text{ mm}$ způsobí změna jednoho z těchto parametrů o následující hodnotu:

- teplota materiálu $\Delta\theta = 0,10\text{ K}$ (při $\alpha = 10 \cdot 10^{-6}$),
- teplota vzduchu $\Delta T = 1,11\text{ K}$,
- barometrický tlak $\Delta p = 3,33\text{ hPa}$,
- relativní vlhkost $\Delta\Phi = 10\%$.



Obr. 24 Zdroje chyb měření [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 POSTUP VLASTNÍHO ŘEŠENÍ

V praktické části diplomové práce bude popsán postup měřicího procesu včetně popisu měřicího programu pro CMM. Následuje několik variant měření a výsledný inovační program pro CMM.

Úvodem je krátké seznámení se strojem, pomocí kterého budeme měřit vybraný díl. Jedná se o souřadnicový měřicí stroj Contura G2 od společnosti Zeiss. Nejprve je ovšem vhodné vybrat součást, která je ideální pro měření a především z hlediska inovace a úspory času, efektivity a účelu. Součást, která je předmětem měření, je vyrobena přímo ve společnosti Metaldyne s. r. o. Součást se nazývá pastorek (Ritzel) a interně je značena NCR/471445/Y0354-3. Díl byl vybrán za účelem inovace měřicího programu a k dosažení lepší efektivity měření, úspory měřicího času a ekonomického zhodnocení a úspory. Jedná se o jeden z tvarově nejsložitějších součástí z produkce společnosti Metaldyne.

Nejdůležitější charakteristiky měření jsou tolerance tvaru polohy, které nám zajišťují návaznost na ostatní díly u zákazníka. Před samotným měřením byl připraven přípravek pro upnutí pastorku. Z výkresové dokumentace byly určeny charakteristiky, které budou vyhodnocovány.

Cílem praktické části diplomové práce bylo tedy vybrat vhodný díl k inovačnímu postupu měřicího programu, změřit daný díl, následně provést inovaci programu pomocí postupného měření, upravování strategií elementů a docílení inovace programu měření za pomoci statistických metod.

9 SOUŘADNICOVÝ MĚŘICÍ STROJ CONTURA G2

Zařízení CONTURA G2 je produktem od společnosti Zeiss, jedná se o širokou platformu ZEISS pro flexibilní, spolehlivé a důkladné zajištění kvality. Nejnovější generace je ještě přesnější, nabízí větší měřicí rozsah a také různé optické senzory. Díky vynikající technologii skenování, referenčnímu softwaru ZEISS CALYPSO a koordinované celkové koncepci nastavuje ZEISS CONTURA standard ve své třídě.



Obr. 25 Souřadnicový měřicí stroj Contura G2 [11]

9.1 Technické specifikace

Nejnovější generace je ještě přesnější, nabízí větší měřicí rozsah a také různé optické senzory. Díky vynikající technologii skenování, referenčnímu softwaru ZEISS CALYPSO a koordinované celkové koncepci nastavuje ZEISS CONTURA standard ve své třídě.

Podle konstrukční velikosti se na stroji ZEISS CONTURA používají keramická vedení nebo vedení v technologii CARAT pro vysokou tuhost, nízkou tepelnou roztaž-

nost a minimální pohybující se hmotnost. Vzduchová ložiska ve všech třech osách zajišťují konstantní stabilitu i při vysoké pojezdové rychlosti a při zrychlení. ZEISS CONTURA má sklokeramická měřítka s plovoucím uložením, která téměř nepodléhají roztažnosti a nevyžadují tudíž přídavná teplotní čidla a matematickou kompenzaci. Jsou vhodná do dílenského prostředí, protože jsou chráněna proti nečistotě a dalším okolním vlivům. [10]

9.1.1 Rozměry stroje

Souřadnicový měřicí stroj Contura G2 7/7/6 má následující rozměry:

- Šířka 1560 mm
- Délka 1535 mm
- Výška 2800 mm

Díky těmto rozměrům by neměl být problém s umístěním stroje i do výrobního procesu. Je ovšem potřeba počítat také s prostorem pro výpočetní zařízení.

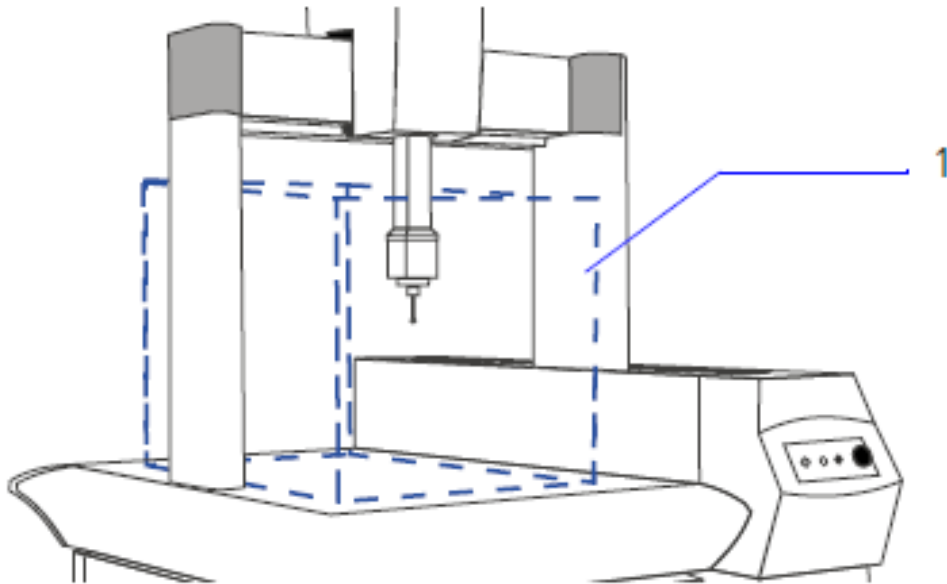
9.1.2 Pracovní prostor

I přes menší velikost stroje je jeho pracovní prostor o velikosti $700 \times 700 \times 600$ mm dostatečně veliký pro měření malých a středně velkých součástí.

Na měřicí stůl se pokládají součásti, které mají být proměřeny. Měřicí stůl se skládá z granitu. Granitový blok spočívá na podpěrách, jeho povrch je leštěný.

V měřicím stole se nacházejí závitové otvory. Jsou potřebné pro připevnění součástí, zásobníků snímačů a kalibračních nástrojů na měřicí stůl. Závitové otvory jsou na měřicím stole rozloženy rovnoměrně, mají odstup 200 mm.

Měřicí rozsah je prostor, ve kterém mohou být součásti snímány. Velikost tohoto rozsahu je dána typem souřadnicového měřicího stroje.



Obr. 26 Pracovní prostor zařízení Contura G2

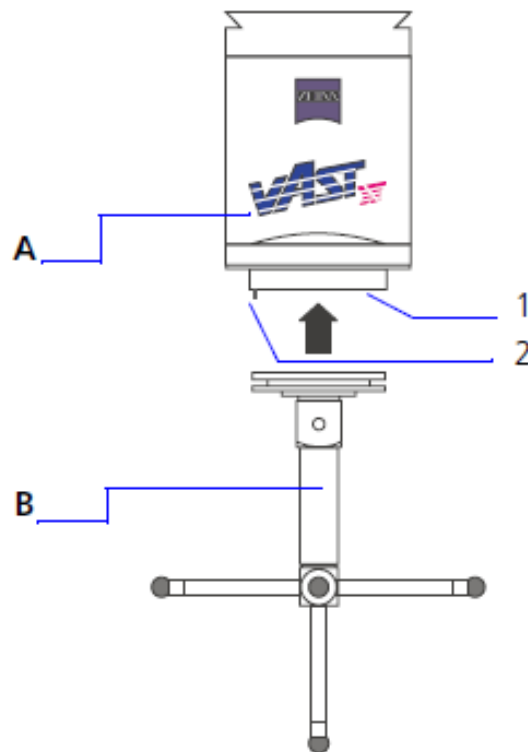
9.1.3 Měřicí zařízení

Stroj používá snímací hlavu VAST_{XT} nebo DT. Se snímacím systémem DT jsou snímány jednotlivé body. Na základě měření lze posoudit rozměr a polohu součásti.

Speciální oblasti použití:

- V případě špatných okolních podmínek: např. vibrace (vibrace podlahy a hluk)
- Je-li požadována vysoká přesnost
- Je-li požadována vysoká opakovatelnost
- Jsou-li potřebné dlouhé, těžké konfigurace snímačů

Snímací systém VAST_{XT} se dá použít zcela univerzálně. V porovnání se snímacím systémem DT umožňuje navíc měření mnoha bodů a scanning. Na základě měření je možno posoudit rozměr, polohu a tvar součásti.



Obr. 27 Komponenty snímací hlavy VAST_{XT} (resp. DT; bez zobrazení)

A – snímací hlava VAST_{XT}

B – konfigurace – upínací talířek a snímače

1 – upínač talířku

2 – kolík pro umístění konfigurace

Direkt

Varianta senzoru „direkt“ je ideální pro měření malých dílů s pravidelnými pravouhlými geometrickými tvary bez šikmo ležících prvků. Se skenovacím senzorem ZEISS VAST XXT představuje ZEISS CONTURA direkt cenově výhodný vstup do technologie skenování ZEISS pro výrobní kontrolu a sledování postupu jednotlivých fází obrábění. Alternativní bodový senzor XDT může být v případě potřeby dodatečně přezbrojen na ZEISS senzor VAST XXT. ZEISS CONTURA direkt se dodává až do velikosti 10/16/6.

RDS

S flexibilní polohovací otočnou hlavou RDS v kombinaci s ZEISS senzorem VAST XXT je možné skenovat prvky ve všech úhlových polohách. Hlava RDS s 20 736 polohami v krocích po 2,5° může zaujmout prakticky všechny prostorové uhly. Je to výhodné hlavně pro měření složitých součástí, které by jinak vyžadovaly specifické konfigurace snímačů. Doba kalibrace je velmi krátká díky optimální kalibrační rutině. RDS umožňuje používat také optické senzory ZEISS na stroji ZEISS CONTURA.

Aktiv

Stroj ZEISS CONTURA aktiv je standardně vybaven technologií navigator pro rychlé skenování v plynulém průběhu. Může se používat s aktivními skenovacími senzory ZEISS VAST XTR gold nebo VAST XT gold, hodí se hlavně pro vysoce efektivní měření hlubokých a přesazených prvků. Oba senzory mají stejné uchycení. Po přezbrojení se mohou dále používat existující měřicí programy. Volitelným doplňkem je rychlá výměna konfigurací snímačů QuickChange.

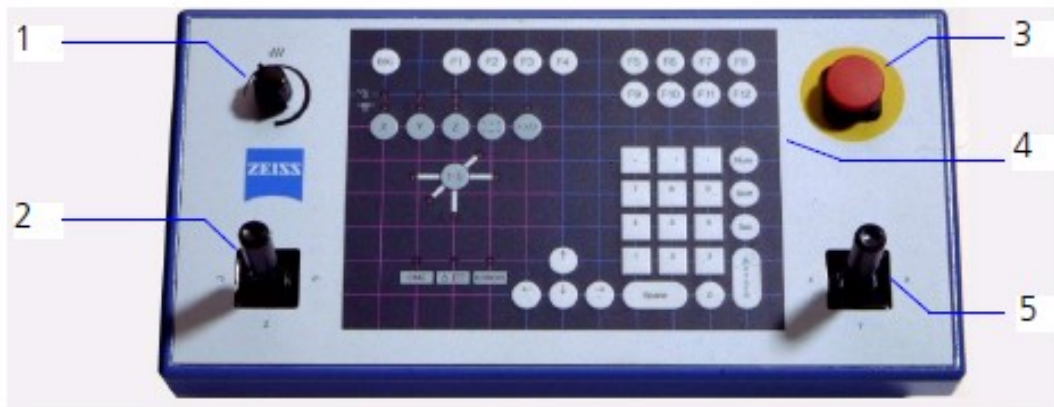
9.1.4 Ovládací panel

Další nedílnou součástí, která je potřeba hlavně pro manuální měření, je ovládací panel. Ten je v našem případě propojen se strojem pomocí kabelu a usazen do kovového držáku.

Nejpoužívanější funkce:

- ovládání rychlosti pomocí potenciometru
- určení pozice ovládacího panelu vzhledem ho stroji
- červené tlačítko pro okamžité zastavení stroje
- levý joystick pro pohyb v ose Z
- pravý joystick pro pohyb v osách X a Y
- displej, který oznamuje používaný snímač

Podmínkou pro všechny pojezdy je ovládání pákových ovladačů. Platí pro manuální a automatické snímání. Než se může snímat automaticky, musí se provést manuální snímání pro naprogramování automatického průběhu měření



Obr. 28 Ovládací panel

- 1 – Otočný knoflík pro nastavení rychlosti
- 2 – Pákový ovladač pro osu z: tlačítko na pákovém ovladači nemá žádnou funkci
- 3 – Nouzový vypínač
- 4 – Pole s tlačítky
- 5 – Pákový ovladač pro osu x a osu y; na pákovém ovladači se nachází tlačítko pro nastavení mezípoloh

Nouzovým vypínačem se vypínají pohony. Aby se pohony vypnuly, musíte vypínač stisknout. Vypínač doklapne. Potom již nejsou možné pojezdy. Aby mohly být pohony opět zapnuty, musí být vypínač odblokován.

9.1.5 Chyby měření

Maximální chyba při měření délky je závislá na teplotě v místnosti, kdy při 18 - 22 °C odpovídá chyba $1,5 + L/350 \mu\text{m}$. Tento teplotní rozsah nás zajímá z důvodu klimatizované teploty místnosti. Při vyšších teplotách se maximální chyba zvětšuje. Teplotní stabilita stroje je v rozmezí od 18 °C do 26 °C. Teplota by se v místnosti neměla měnit skokově a nejlépe by se měla držet na ustálené hodnotě. Výrobek, který chceme měřit, by měl mít totožnou teplotu jako je teplota v místnosti, proto je lepší ho před samotným měřením nechat chvíli v místnosti aklimatizovat pro vyrovnání teploty.

Hodnoty kolísání teploty:

- za den – 5 °C
- za hodinu – 2 °C
- prostorově – 1 °C na metr

9.2 Princip souřadnicového měření na CMM

9.2.1 Souřadný systém

Princip souřadnicového měření spočívá v nasnímání bodu a určení jeho koordináty (polohy os x , y , z) vůči počátku souřadnicového systému CMM.

Postup měření na souřadnicových CMM lze obecně rozdělit do následujících kroků:

1. Prostudovat výkresovou dokumentaci.
2. Určit příslušný souřadný systém, ve kterém se realizuje plán měření (kartézský nebo polární),
3. Rozložit si měřenou součástku na základní geometrické elementy – každému elementu odpovídá minimální počet nasnímaných bodů.
4. Navrhnout vhodnou metodu základního vyrovnání součástky (např. metoda 3-2-1, RPS, MPA apod.) - odeberou šest stupňů volnosti měřené součástce.
5. Změřit vybrané geometrické elementy pro základní vyrovnání a následně na nich aplikovat jednu z výše uvedených metod vyrovnání. Po aplikaci vhodné metody se přenesou souřadný systém stroje automaticky na měřenou součástku.
6. Změřit ostatní geometrické elementy (na základě vztahů mezi elementy se vyhodnocují např. rozměry, geometrické odchylky tvaru a polohy...),
7. Interpretace výsledků v měřicím protokolu. [6]

Parametry, které popisují skutečný povrch obrobku v ideálním tvaru, se vypočítávají pomocí software z naměřených hodnot souřadnic. Tyto parametry se mohou použít pro kontrolu obrobku, nebo zda daný geometrický tvar vyrobeného obrobku vyhovuje daným konstrukčním požadavkům. [6]

9.2.2 Manuální a automatické měření

Samotné měření probíhá pomocí doteku snímače, který musí být správně zkalibrován. Programovat postup měření můžeme dvěma způsoby. První způsob je manuální sejmání potřebných tvarů přímo na vzorovém kusu.

Podmínkou pro všechny pojezdy je ovládání pákových ovladačů. Platí pro manuální a automatické snímání. Tím druhým a přívětivějším způsobem je naprogramování potřebného průběhu měření na CAD modelu a následném manuálním vyrovnání pro určení pozice výrobku v měřicím prostoru. Než se může snímat automaticky, musí se provést manuální snímání pro naprogramování automatického průběhu měření

9.2.3 Skenování

Nejčastějším určením geometrických obrazců je skenování tvaru, nebo potřebný počet bodů pro určení tvaru. Při měření pomocí skenování je důležité zhodnotit potřebu tohoto měření. Kulička při tomto měření klouže po povrchu součásti a tím se může opotřebit. Pokud existuje možnost výskytu nečistot na dílu, hrozí riziko, že se některá z těchto nečistot nabalí na kuličku a tím zkreslí nejen právě probíhající měření, ale může mít vliv i na několik dalších měření. Také záleží na toleranci a velikosti daného rozměru. Pokud potřebujeme vyhodnotit geometrickou toleranci je většinou lepší elementy nasnímat pomocí skenování, protože je výsledkem přesnější měření.

Každá měřená součástka je složená z elementů – teoretických geometrických útvarů (prvků – bod, přímka, rovina, kružnice, válec, koule a anuloid). Na základě těchto elementů můžeme vyhodnotit několik parametrů, tzv. charakteristik.

Charakteristiky popisují jeden element (průměr, délka souřadnice polohy, odchylka přímosti, kruhovitosti, apod.) nebo definují vztah mezi elementy (vzdálenost, odchylka kolmosti, úhel, apod.). Pro některé elementy se může vztahovat vícero charakteristik, např. pro kružnici se vztahuje: průměr, souřadnice středu, odchylka kruhovitosti, souměrnosti, souososti apod., nebo pro více elementů (např. 2 roviny) se definuje jedna společná charakteristika (např. úhel mezi nimi nebo odchylka kolmosti, atd.).

Elementy – při souřadnicové měřicí technice jsou definovány jako teoretické prvky (geometrické tvary) proložené přes snímané body, např. k definování roviny jsou potřebné 3 snímané body (tedy 9 kartézských souřadnic), přes které umíme proložit rovinu. Popřípadě pokud máme nasnímaných více bodů reálného rovinného povrchu, tak některé soft-

wary proloží rovinu bodů jako regresní prvek (nejčastěji metodou nejmenších čtverců FEM).

9.2.4 Upnutí a ustavení součásti

Ustavení měřené součásti není součástí měření, ale je velmi důležitým krokem přípravy měření.

Existují ustavovací zařízení, které můžeme volně položit na desku, nebo přišroubovat k závitovým díram. Můžeme vybírat od obyčejných svěráků až po magnetické desky. Jedná se o univerzální ustavovací zařízení. V některých případech se může stát, že na upnutí složitě, nebo příliš rozměrné součásti budeme potřebovat speciální zařízení. Tato zařízení mohou být vyráběna na zakázku, nebo ve vlastním vývojovém centru.

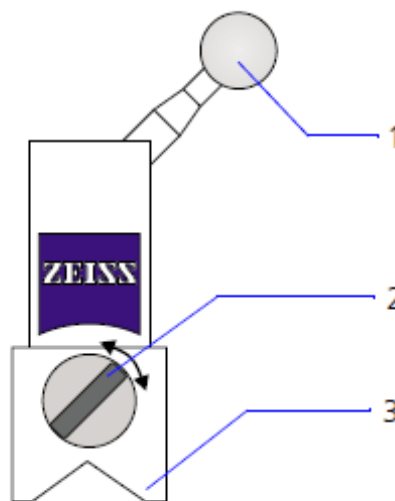
Při ustavení měřené součásti je důležité dodržet následující kroky:

- osazení obrobku stabilním způsobem - na co největší plochu,
- měřicí základny by měly korespondovat se základnami konstrukčními,
- v co největší míře provádět slučování měřicích operací,
- osazení obrobku tak, aby se dal proměřit v jedné poloze,
- volba minimálního počtu dotyků,
- volba měřicích bodů tak, aby byl postup co nejkratší,
- snímací body mají být rovnoměrně rozloženy na měřeném geometrickém prvku, nejlépe síťovým způsobem,
- počet snímaných bodů volit o 2 až 3 více, než vyžaduje geometrická definice,
- směr pohybu snímače před dotykem by měl souhlasit se směrem některé z os,
- kruhové nebo kulové tvary je potřeba snímat párovými dvojicemi – diametrálně,
- při statistické interpretaci výsledku měření vyhodnotit minimálně 30 bodů,
- body měřeného geometrického prvku je vhodné znázornit graficky, aby bylo možné vyloučit hrubé chyby,
- vyhodnotit dosaženou nejistotu měření a porovnat ji s požadovanou hodnotou nejistoty.

9.3 Kalibrace

Kalibrace snímačů probíhá na vysoce přesné kalibrační kouli, která slouží jako etalon. Kalibrační koule je zhotovena z keramiky a má průměr 30 mm. Kalibrační normál je opatřen i magnetickým podstavcem. Kouli je potřeba upnout na měřicí desku do jedné z připravených závitových děr. Důležité je správně určit snímač na snímacím systému, který chceme zkalibrovat. Po určení polohy kalibrační koule stroj provede kalibraci námi zvoleného snímače a vypíše výsledek tohoto kroku. Tento úkon musíme provést u každého snímače, který obsahuje snímací systém a u všech snímacích systémů, které budeme používat při měření. Pro automatizaci kalibrace je nutné kalibrační kouli upnout vždy na stejné místo, a pokud je koule sklopena pod určitým úhlem, tak zachovat i velikost a směr tohoto úhlu. V opačném případě si pomůžeme zaměřením polohy kalibrační koule.

Kalibrační normál. Kalibrační koule je zhotovena z keramiky a má průměr 30 mm. Kalibrační normál je opatřen i magnetickým podstavcem.



Obr. 29 Kalibrační normál

1 – kalibrační koule

2 – otočná páčka pro aktivaci magnetu

3 – magnetický podstavec

10 VÝBĚR VHODNÉ SOUČÁSTI A JEJÍ USTAVENÍ

Jak již bylo zmíněno, společnost Metaldyne s. r. o v pobočném závodě ve Zbýšově se zabývá výrobou, tedy obráběním tvářených dílců zastudena a nejčastěji jde o součásti typu hřídel. Jde o nejčastěji používané výrobky v automobilu a umožňují díky rotaci a přenosu sil a momentů pohyb dalších funkčních celků a vozidla samotného.

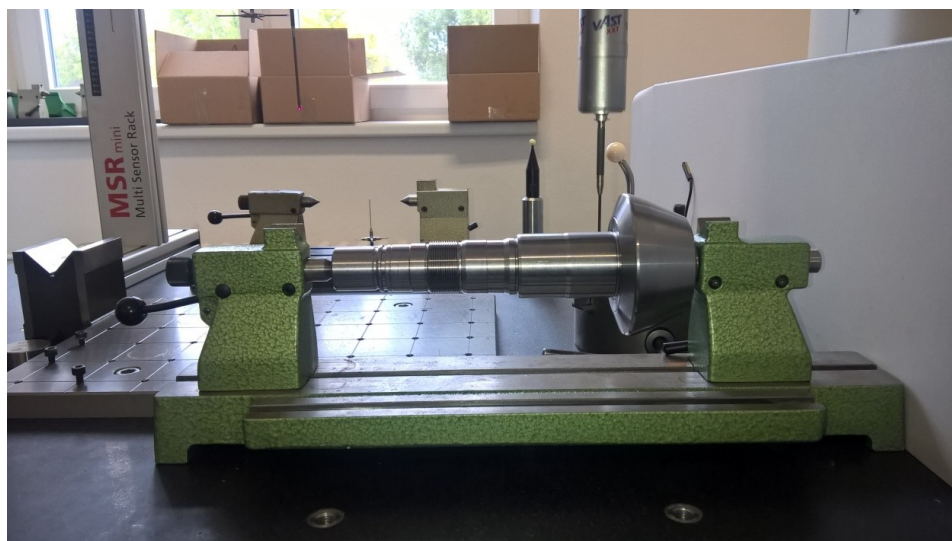
Byla vybrána jedna ze složitějších součástí, a tj. pastorek, kde se v hřídelové části nachází spousta zajímavých tvarových prvků. Pastorek je vyroben pomocí rotačního obrábění. Jedná se tedy o součást typu hřídel s kuželovým zakončením pro pastorek, hřídelová část s několika zápichy, celkem pěti a se závitovou plochou M36 x 1,5. Výkres pastorku je součástí přílohy.

Jde o výrobek hojně využívaný do rozvodovek automobilů pro přenos hnací síly na rozvodové talířové kolo a následně přes diferenciál a hřídele na obě kola automobilu.

10.1 Upnutí a ustavení součásti

Součást zvaná pastorek hřídelového typu byla upnuta na vstupní části pastorku pomocí hrotu kuželového typu a u kuželové části pastorku upnut pomocí speciálně upraveného válcového trnu pro otvor průměru $\text{Ø}22,1^{+0,2}\text{mm}$.

Jedná se o běžné upínání součástí tohoto typu. Tento způsob upínání je velmi rychlý a obrobené válcové plochy takto upnuté jsou přesně souosé. Při takovém způsobu upnutí je možno měřit ze strany hřídele, tak i od kuželové části. Upínací přípravek s upnutým pastorkem byl umístěn rovnoběžně s měřicí deskou stolu a tímto ustaven (viz. obr. 30)



Obr. 30 Upnutá a ustavená součást v průběhu bodového dotykového 3D měření

11 PROGRAM PRO MĚŘENÍ

Při samotném měření se využívá bodového měření 3D. Nejprve pro hlavní průměry a nenáročné prvky se využívá měřicí hlava DT, tedy dotyková dynamická a na závit a další tvarové prvky jako zápichy se využívá UAST, tedy univerzální, a to jak kužel, tak talířek. Pro dostatečné a rychlé snímání elementů byl použit pouze jeden snímací systém. Tento systém obsahuje jeden měřicí dotek o průměru 3 mm.

11.1 Kalibrace snímacího systému





Před vytvořením programu a prvním měřením byl zkalibrován snímací systém. Pro zaměření kalibrační koule byl použit snímač Master_probe. Směrodatná odchylka snímače, který je používán pro měření, je 0,0003 mm.

11.2 Základní souřadný systém programu


Program je převzatý přímo od asistentů 3D měření z firmy Metaldyne s. r. o. ve Zbýšově. V programu byl vytvořen souřadný systém, aby odpovídal výkresové dokumentaci a kopíroval základní součásti, které slouží pro vyhodnocování tolerancí tvaru polohy. Jako primární charakteristiku jsme využili element 3D přímka_AB, který je na výkrese základnou A a B, tedy osou pastorku. Výchozí jsou ovšem elementy Kružnice_A se jmenovitým průměrem $\varnothing 25,300$ mm a Kružnice_B se jmenovitým průměrem $\varnothing 16,000$ mm, což jsou základny A a B, tedy upnutí součásti ve hrotech. Dalším elementem je Bod1, tj. bod se jmenovitou hodnotou X, která je rovna počátku, tedy 0,000 mm.

Elementem s názvem 3D přímka_AB je již ustanoven souřadnicovým systémem a lze již postupně měřit jednotlivé elementy Kružnice_29.33_2, Kružnice_29.33_1 přesně dle plánu měření ustanovený dle výkresové dokumentace.


Stanovení souřadného systému programu je patrné z obr. 31, obr. 32 a následně z obr. 33. Na obr. 34 je i jednotlivý přehled elementů z programu Calypso. Kompletní seznam elementů, seřazení dle charakteristik a plán měření je uvedený v příloze.

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
 <p>Zákl.souř.systém NCR 471335 Y0320-3 CD-BS</p> <p>Primární (prostor) 3D přímka_AB Terciární (nul.bod X) Bod1 Terciární (nul.bod Y) 3D přímka_AB Terciární (nul.bod Z) 3D přímka_AB</p>						
 <p>Kružnice * Kružnice_A Jm.hod.</p> <p>Y 0.000 Z 0.000 D 25.300</p>						
 <p>Dotykový bod Bod1 Jm.hod.</p> <p>X 0.000</p>						
 <p>Kružnice * Kružnice_B Jm.hod.</p> <p>Y 0.000 Z 0.000 D 16.000</p>						


Obr. 31 Stanovení základního souřadného systému programu




	3D přímka-Gauss
	3D přímka_AB
	Jm.hod.
Y	0.000
Z	0.000
X	51.200
W1 Z/-X	0° 0' 0"
W2 Y/-X	0° 0' 0"



	Kružnice-Gauss
	Kružnice_29.33_2
	Jm.hod.
Y	0.000
Z	0.000
D	29.330

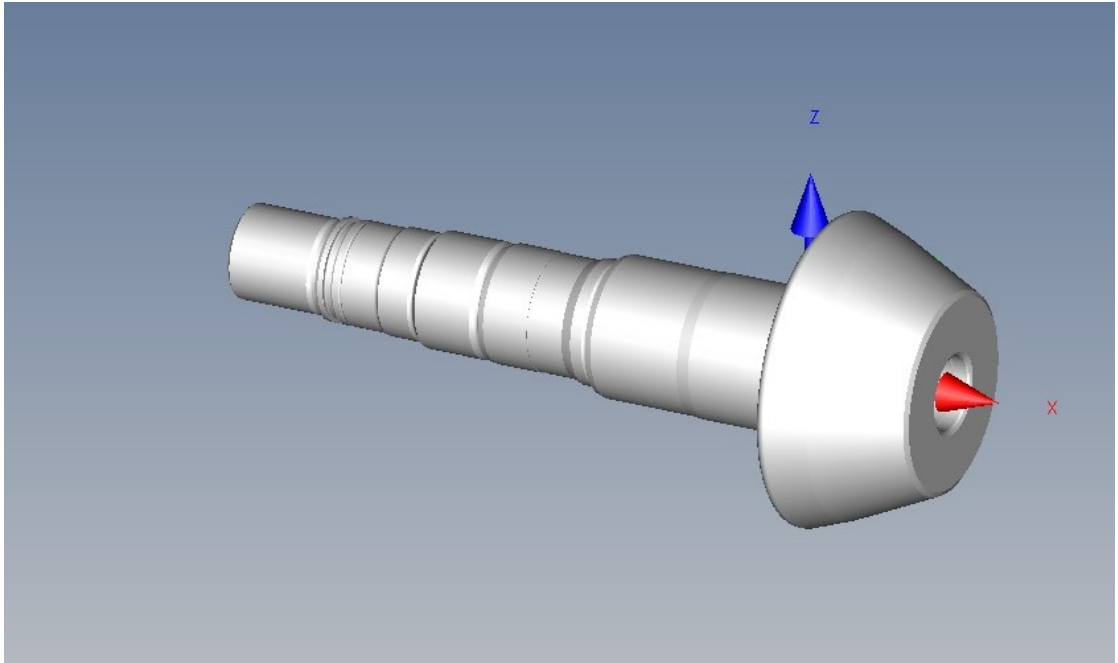


	Kružnice-Gauss
	Kružnice_29.33_1
	Jm.hod.
Y	0.000
Z	0.000
D	29.330



	Kružnice-Gauss
	Kružnice_31.98_2
	Jm.hod.
Y	0.000
Z	0.000
D	32.000

Obr. 32 Element 3D přímka_AB je finální pro stanovení souřadného systému pro měření dílu pastorek



Obr. 33 Základní souřadný systém součásti pastorek

11.3 Snímání elementů

Do čistého programu se nahrál model součásti, který byl uložen s příponou `ste`. Pro tvorbu programu byl využit tento model. Všechny potřebné elementy byly definovány s jeho pomocí. Při primárním určení elementů nebyl kladen velký důraz na určování strategií měření, snímání elementů a dalších doplňujících informací. Tyto vlastnosti budou upraveny po vytvoření programu a několika použitích pro správnou optimalizaci. Pokud by se vytvářel program pomocí snímání bodů nebo se následně přidával element, je potřeba se řídit minimálním počtem bodů, které je potřeba nasnímat pro určení elementu. Výchozím bodem pro určování elementů je výkresová dokumentace, která je přiložena v příloze.

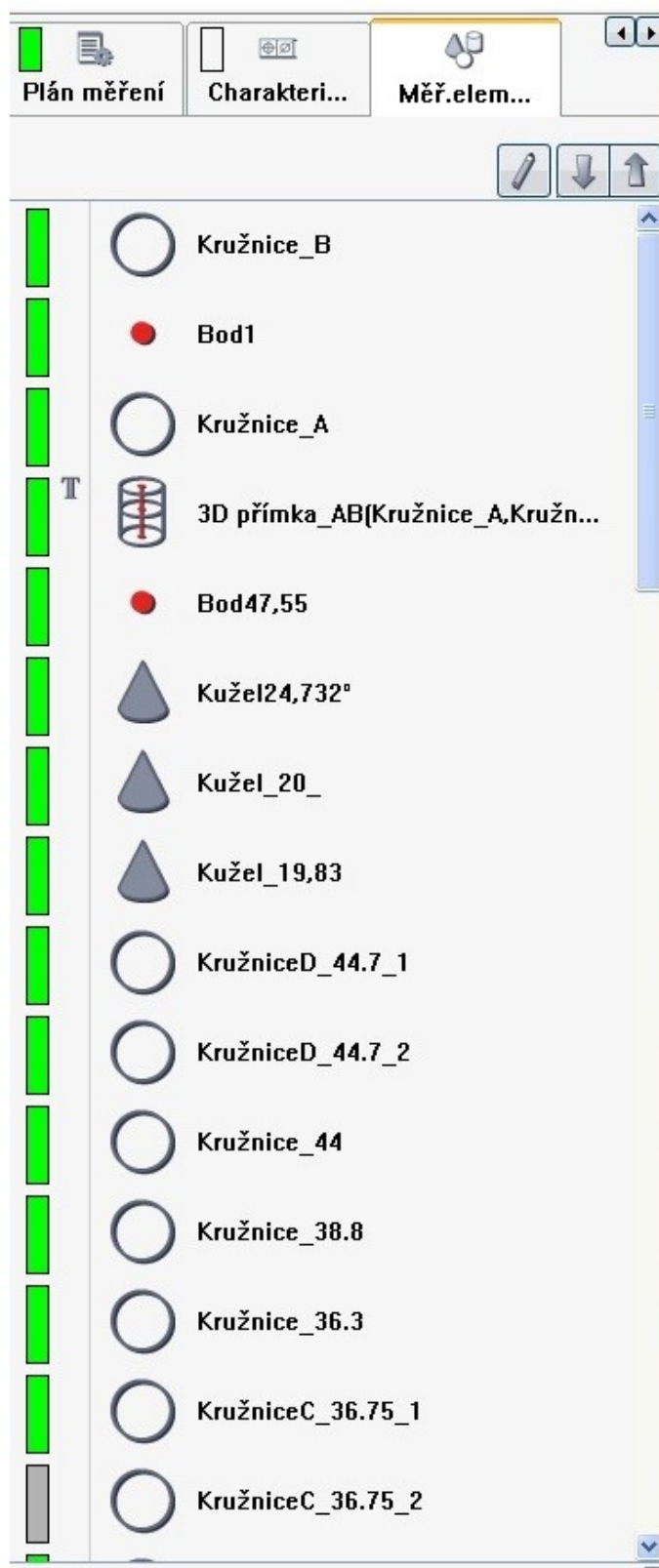
Program pro tvorbu programu je použitý od společnosti Zeiss, tedy Calypso. Pro snímání roviny a kružnice jsou potřeba alespoň 3 body. Přímku snímáme alespoň dvěma body a samotný bod reprezentuje sám sebe.

11.3.1 Seznam elementů a komentovaný výpis programu

- Kružnice_A – snímání kružnice $\varnothing 25,300$ mm pro základnu A
- Bod1 – stanoven bod pro $x = 0$
- Kružnice_B – snímání kružnice $\varnothing 16,000$ mm v základně B
- 3D přímka_AB – element vytvořený jako osa pastorku se základnami A a B

- Kružnice_29.33_2
- Kružnice_29.33_1
- Kružnice_31.98_2
- Kružnice_31.98_2
- Kružnice_32.04
- Kružnice_33.2_2
- Kružnice_33.2_1
- Kružnice_36.75_2
- Kružnice_36.75_1
- Kružnice_36.3
- Kružnice_38.8
- Kružnice_44
- Kružnice_44.7_2
- Kružnice_44.7_1
- 3D přímka_CD
- Válec D_44.7
- Válec D_36.75
- Válec D_33.2
- Válec D_31.98
- Válec D_29.33
- 2D přímka1
- 2D přímka2
- 2D přímka3
- Rovina47,55
- Kužel_19,83
- Kužel_20_
- Kužel24,732°
- Kužel-doplňk1
- Kužel-doplňk24,732
- Kružnice1
- Řez1
- Řez2

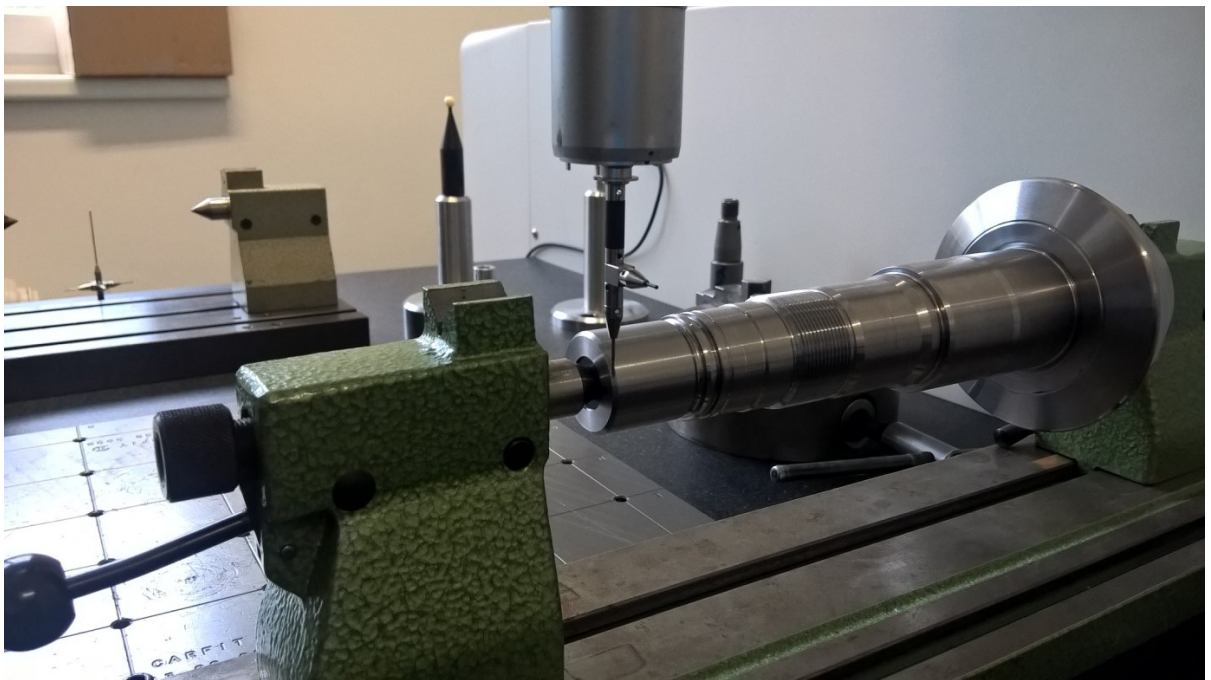
- Řez3
- Řez4
- Kužel-doplněk27,5
- Kužel-doplněk33,7
- Kužel-doplněk42,85
- Kužel-doplněk20°_70,4
- Rovina187,2
- Kužel27,5
- Kružnice27,76
- Bod_157,1
- Bod_2.5
- Bod_2.65
- Kružnice_28.86
- Kružnice33,95
- Kužel15°_101,7
- Kužel20°_70,4
- Kružnice38,1
- Rovina64,6
- Kužel42,85
- Kužel5°_33,7
- Bod0,6
- Kužel-doplněk2
- Kužel-doplněk3
- Kužel-doplněk4
- Kužel-doplněk5



Obr. 34 Seznam elementů

Nejsložitější a časově náročná je kuželová část pro měření, a to měření několika úhlových prvků. Výsledný čas měření součásti v původním programu na CMM Contura G2 byl 9 minut. Následný inovační postup bude spočívat zejména v přepracování měřicího programu, a to v seřazení strategií měření v co nejlepší možné posloupnosti, to se týká i měření házení a měření kuželové části.

Na následujícím obrázku (obr. 35) je zachyceno kontaktní měření pomocí měřící hlavy VAST kontaktní sondou vhodnou pro měření průměrů hřídelů. Tento typ kontaktní sondy je podobný hvězdicovému typu a je vhodný i pro měření různých tvarových prvků, jako jsou zápichy, zkosení, házení atd. Na obr. 35 je měřený průměr $\varnothing 27,5_{-0,5}$ mm a následně i $\varnothing 29,33 \pm 0,015$ mm. Jedná se o průměry vstupní části pastorku.



Obr. 35 3D bodové měření průměru pastorku pomocí měřící hlavy VAST

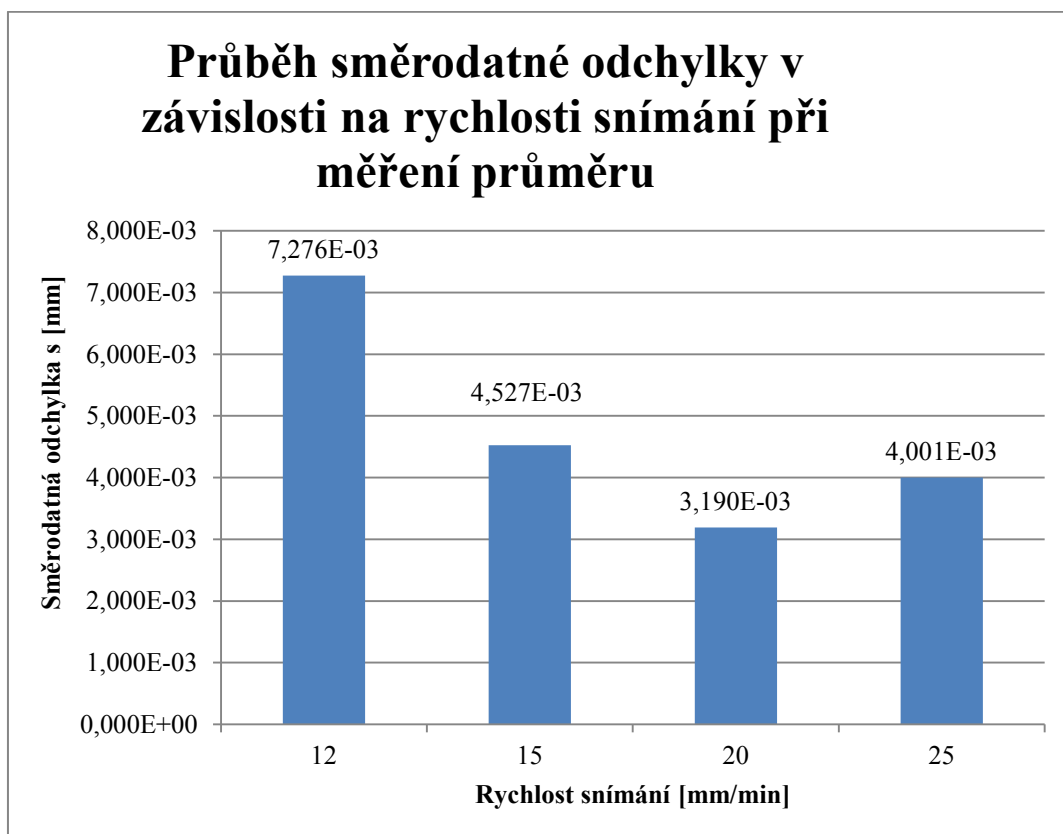
11.4 Vyhodnocování statistik

Poslední částí při tvorbě programu je určení rozměrů a tolerancí, které chceme ve výsledném protokolu vyhodnotit. Průměry jsou určovány jednoduše už v samotném elementu, kde se zaškrtnou „dropdown“ potřebné charakteristiky a zapíše se její tolerance. Délkové rozměry jsou určeny pomocí charakteristiky kartézské vzdálenosti. Na úhly byl použit prvek úhel mezi elementy. Pro definování tolerancí tvaru polohy pomohl správně nastavený souřadný systém, ke kterému byly tyto tolerance vyhodnocovány.

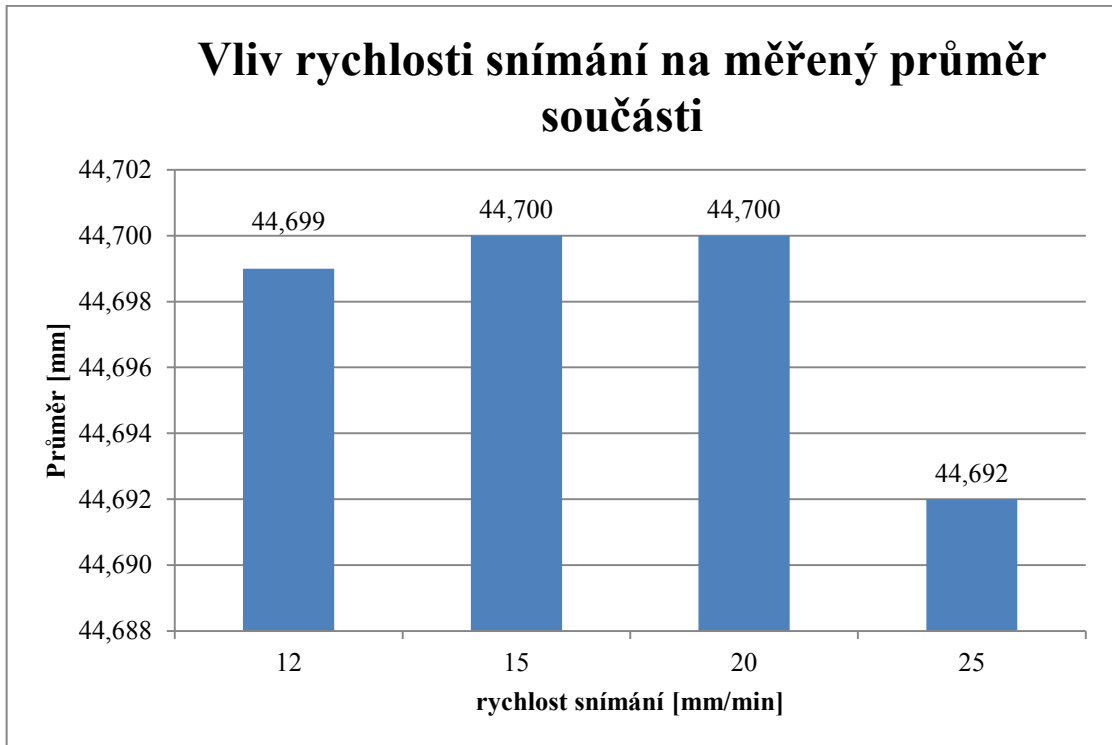
12 ČASOVÁ REDUKCE PROGRAMU

Po provedení několika měření byly zjištěny chyby, které bylo potřeba opravit pro zkrácení doby měření. Nejvíce se opakující chybou bylo hlášení programu Calypso o špatné rychlosti měření. Tento problém nastává, pokud stroj nemá dostatečný počet naměřených bodů pro výpočet. Software automaticky přeměří problémový element znovu s menší rychlostí. U všech elementů, které vykazovali tuto chybu, byla postupným snižováním nalezena optimální rychlost pro plynulý chod programu.

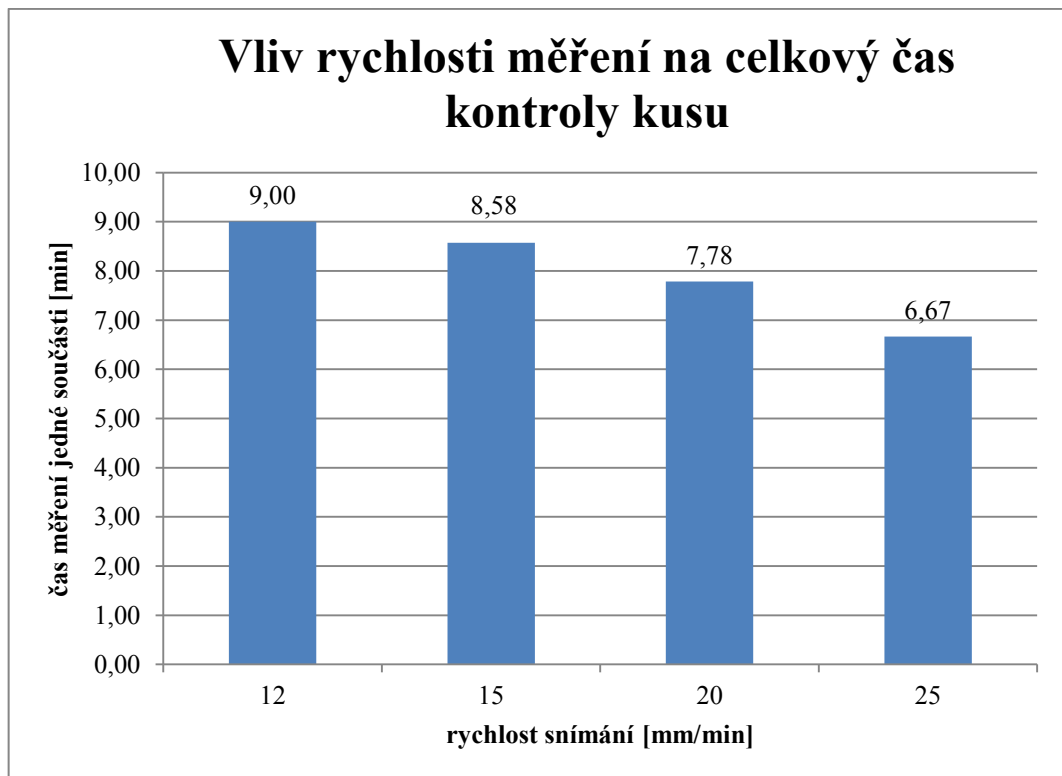
Rychlost měření se může ovlivnit najížděním na element a správně sestaveným pořadím elementů tak, aby se sonda nevracela stále na stejné místo a nedělala několik zbytečných objezdů. Elementy byly strategicky seřazeny podle plynulosti měření. Jediné elementy, které stroj měří automaticky přednostně, jsou elementy pro výpočet souřadného systému. Dále byly aktualizovány objezdy a odjezdy sondy při měření.



Obr. 36 Znáornění výběrové směrodatné odchyly z 10 měření pro různé rychlosti snímání při měření průměru



Obr. 37 Vliv rychlosti snímání na měřený průměr součásti

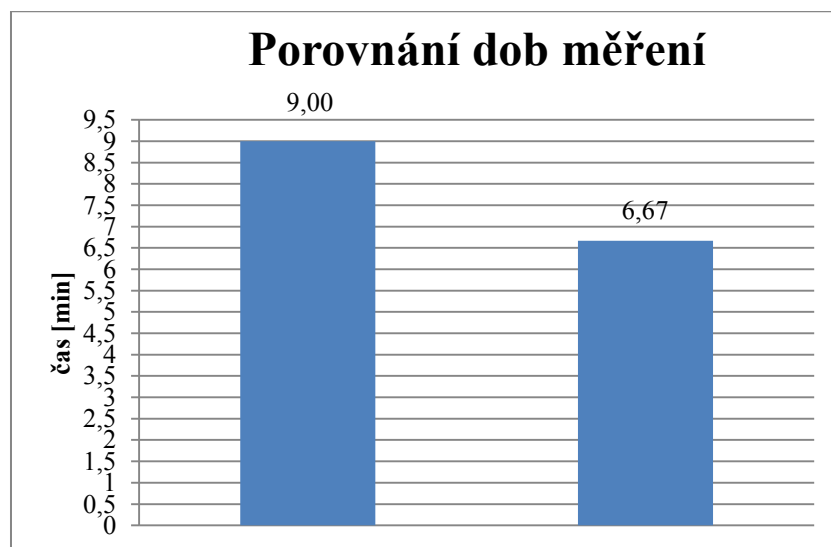


Obr. 38 Vliv rychlosti měření na celkový čas kontroly kusu

Před inovací programu a časovou redukcí a po ní byl změřen průběh měření. Průměrná doba měření pomocí prvního programu byla 9 minut. Po úpravě seznamu elementů a jejich strategií, ať už zrychlení nebo zpomalení měření, jsme se dostali na průměrnou dobu měření 8 minut a 34,5 vteřiny. V další variantě měření byly pozměněny strategie elementů s počátečním měřením od kuželové části a již byla využita inovační metoda, kdy v řezech v kuželové části byl snížen počet bodů v řezu z 800 bodů na 500 bodů, 3 body v rovině pro $\varnothing 29,33$ mm upraveny jako jeden bod, 3 přímky v řezu kužele zrušeny, neboť kužel je dán úhly $24,732^\circ$, 20 délkami 20,05 a 47,55, vyhodnoceno z házení kužele. Úhel řezu kužele byl pozměněn do minusových hodnot od -140° do 160° . Díky těmto inovačním metodám bylo dosaženo daleko lepšího času měření, průměrná doba měření byla tedy 7 minut a 47 sekund.

To už je pěkný výsledek, ale byly zjištěny pojezdy a odjezdy, které by šly urychlit, dále proběhla inovace v měření úhlových částí kužele, a to pro průměry $\varnothing 22,85$ na $90^\circ - 135^\circ$, dále ze $160^\circ - 270^\circ$, z $-140^\circ - 70^\circ$, kůže změřený skenováním pomocí 6 bodů, rychlost měření pro pojezdy a odjezdy změněn z 15 mm/min na 20 mm/rychlost pojezdů u měření kužele zvýšen na 20 mm/min z původních 12 mm/min, využitá varianta č. 1, inovováno tímto způsobem. Takovou inovací a časovou redukcí programu jsme se dostali na průměrnou dobu měření programu 6 minut a 40 vteřin.

Z tohoto výsledku bylo usouzeno, že celá časová redukce a inovační část proběhla správně a podařilo se zkrátit dobu měření o 140 vteřin, což odpovídá 26,93 % původního času měření.



Obr. 39 Porovnání dob měření před inovací po provedení inovace

12.1 3D měření pastorku na zařízení Mahr

U zařízení Mahr se jednalo o upnutí součásti vertikálně do stroje pomocí jednoduchého upínání ve srovnání s upnutím před měřením na CMM od Zeiss Contura G2. Následné měření probíhá na základě prosvěcování a skenování pomocí laseru. Jedná se o velmi efektivní a progresivní měření, které umožňuje měřit velmi složité součásti typu hřídel a jde opravdu o velice rychlé měření s poměrně vysokou přesností.

Jedinou velkou nevýhodou měření na měřicím stroji Marshaft Scope 250 plus je taková, že je zapotřebí, aby byl měřený výrobek dokonale čistý, bez sebemenších otřepů, nečistot a dalších nežádoucích částic. Tím je totiž ovlivněna celková přesnost měření.

Za jednu z největších výhod lze považovat výsledný čas měření, která se pohybovala v případě zadané součásti u tohoto stroje kolem 6,5 minuty.



Obr. 40 Upnutá součást Ritzel (pastorek) ve stroji MarSchafft Scope 250 plus

13 DISKUZE NAMĚŘENÝCH HODNOT

Průběh celého programu byl zopakován třikrát na stejném výrobku v různých variantách postupu měření dle elementů.

Poprvé byl díl usazen a třikrát po sobě změřen bez jakékoliv manipulace. Maximální rozdíl naměřených hodnot jednotlivých měření byl do 1 mikrometru. Tímto krokem byla ověřena opakovatelnost měření. Poté následovalo měření, kdy jsme díl vždy vytáhli z přípravku a znovu jej upnuly. Maximální rozdíl naměřených hodnot jednotlivých měření byl do 1 setiny milimetru. Pomocí tohoto měření bylo zjištěno, že i lehce odlišné upnutí výrobku do přípravku nebude mít velký vliv na výsledky měření.

Před inovací a po ní byl změřen průběh měření. Průměrná doba měření pomocí prvního programu bez uvažování strategií elementů byla **9 minut**. Po úpravě seznamu elementů a jejich strategií, ať už zrychlení nebo zpomalení měření z původní rychlosti snímání 12 mm/min na 15 mm/min, 20 mm/min a 25 mm/min, jsme se dostali na průměrnou dobu měření **8 minut a 34,5 sekundy**. V další variantě měření byly pozměněny strategie elementů s počátečním měřením od kuželové části a již byla využita inovační metoda, kdy v řezech v kuželové části byl snížen počet bodů v řezu z 800 bodů na 500 bodů, 3 body v rovině pro $\varnothing 29,33$ mm upraveny jako jeden bod, 3 přímky v řezu kužele zrušeny, neboť kužel je dán úhly $24,732^\circ$, 20 délkami 20,05 a 47,55, vyhodnoceno z házení kužele. Úhel řezu kužele byl pozměněn do minusových hodnot od -140° do 160° . Díky těmto inovačním metodám bylo dosaženo daleko lepšího času měření, průměrná doba měření byla tedy **7 minut a 47 sekund**.

To už je pěkný výsledek, ale byly zjištěny pojezdy a odjezdy, které by šly urychlit, dále proběhla inovace v měření úhlových částí kužele, a to pro průměry $\varnothing 22,85$ mm na $90^\circ - 135^\circ$, dále ze $160^\circ - 270^\circ$, z $-140^\circ - 70^\circ$, kuže změřený skenováním pomocí 6 bodů, rychlost měření pro pojezdy a odjezdy změněn z 15 mm/min na 20 mm/rychlost pojezdů u měření kužele zvýšen na 20 mm/min z původních 12 mm/min, využitá varianta č. 1, optimalizováno a inovováno tímto způsobem. Takovou inovací a časovou redukcí programu jsme se dostali na průměrnou dobu měření programu **6 minut a 40 sekund**.

Protokoly jednotlivých variant měření jsou součástí přílohy.

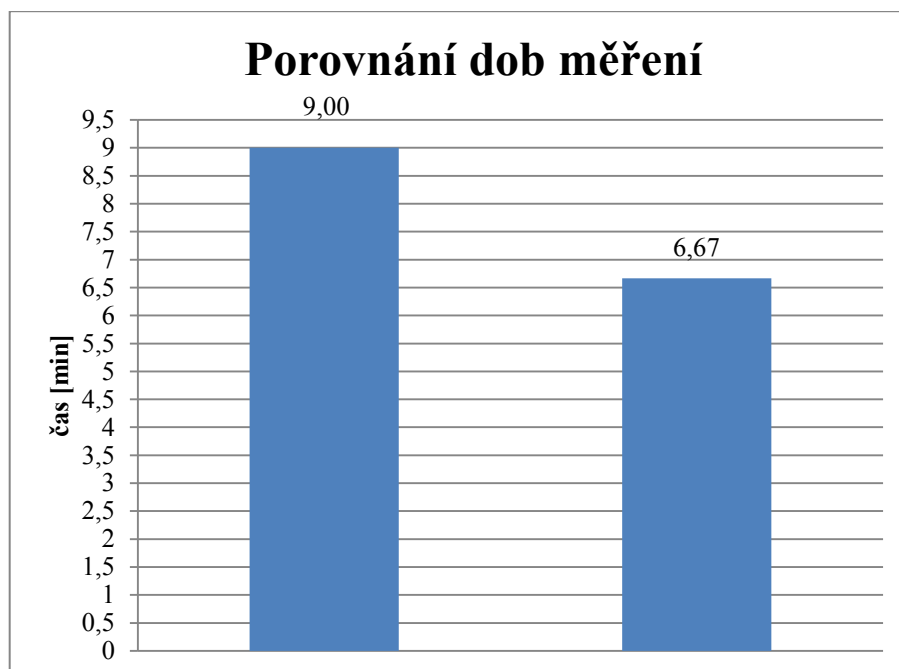
Pro stanovení směrodatné odchylky výběrového souboru bylo provedeno 10 měření průměru $\varnothing 44,700_{-0,016}$, který je funkční pro danou součást (pastorek). Měření bylo provedeno ve všech variantách pro všechny rychlosti snímání od 12 mm/min do 25 mm/min.

Statisticky nejnižší hodnoty směrodatné odchylky výběrového souboru byly stanoveny u varianty č. 2 a varianty č. 3. Znázornění výběrové směrodatné odchylky z 10 měření pro různé rychlosti snímání při měření průměru je znázorněno graficky na obr. 33.

Dalším měřením průměru součásti $\varnothing 44,700_{-0,016}$ byla zjišťována přesnost měření v závislosti na rychlosti snímání, respektive vliv rychlosti snímání na měření průměr součásti (obr. 34) Jako nejpřesnější byly vyhodnoceny varianta č. 2 a varianta č. 3.

Na obr. 35 je znázorněn vliv rychlosti měření na celkový čas kontroly jednoho kusu (pastorku). Nejlepší výsledky byly dosaženy pro variantu č. 2 a variantu č. 3. Z celkových dosavadních výsledků a statistických výpočtů připadají v úvahu jako optimální varianta č. 2 a varianta č. 3. Pokud budeme uvažovat veškeré dosavadní výsledky, tak **jedna z optimálních variant** pro měření je **varianta č. 3**. Dalo by se oponovat, protože z hlediska přesnosti by byla výhodnější varianta č. 2, ale u varianty č. 3 bylo též využíváno rychlosti snímání 20 mm/min jako u varianty č. 2 a rychlost snímání 25 mm/min byla využívána pro další úseky a pojezdy součásti.

Z tohoto výsledku bylo usouzeno, že celá optimalizace proběhla správně a podařilo se zkrátit dobu měření o 140 vteřin, což odpovídá 26,93 % původního času měření.



Protokoly jednotlivých variant měření jsou součástí přílohy. V poslední části bude provedeno i ekonomické zhodnocení a návratnost.

 MPG PERFORMANCE DRIVEN Metaldyne Oslavany, spol. s r.o. Na Láne 643 664 11 Zbýšov u Brna www.metaldyne.cz www.metaldyne.com	CONTURA G2 HTG - Calypso 	
	Název součásti RITZEL Číslo výkresu NCR/471445/Y0354-3 Č. dílu inkrementálně 3	Datum 3 April 2017 Čas 16:29:34 Jméno Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
■ Průměr_44.7	44.692	44.700	0.000	-0.016	-0.008	
■ Průměr_44.7_	44.698	44.700	0.000	-0.016	-0.002	---
■ Průměr_44	43.891	44.000	0.000	-0.200	-0.109	-
■ Průměr_38.8	38.795	38.800	0.020	-0.020	-0.005	-
■ Průměr_36.3	36.224	36.300	0.000	-0.200	-0.076	-
■ Průměr_Válec C_36.75	36.750	36.750	0.000	-0.020	0.000	---
■ Průměr_Válec_33.2	33.195	33.200	0.000	-0.020	-0.005	-
■ Průměr_32.04	32.038	32.040	0.000	-0.020	-0.002	---
■ Průměr_Válec_31.98	31.971	31.980	0.000	-0.020	-0.009	
■ Průměr_Válec_29.33	29.336	29.330	0.015	-0.015	0.006	-
■ Průměr_27,5	27.834	27.500	0.000	-0.500	0.334	0.334
■ Průměr_27,76	27.731	27.760	0.000	-0.040	-0.029	-
■ Průměr_28,86	28.841	28.860	0.000	-0.040	-0.019	
■ Průměr_33,95	33.924	33.950	0.000	-0.100	-0.026	-
■ Průměr_38,1	38.079	38.100	0.200	-0.200	-0.021	-
■ Průměr_42,85	42.834	42.850	0.150	-0.150	-0.016	-
■ Vzdálenost 0,6	0.557	0.600	0.000	-0.100	-0.043	-
■ Vzdálenost 187.2	187.040	187.200	0.000	-0.300	-0.160	-
■ Vzdálenost 47,55 C	47.518	47.550	0.000	-0.350	-0.032	---
■ Vzdálenost 47,55	47.549	47.550	0.000	-0.100	-0.001	---
■ Vzdálenost 20,05_24,732°	19.999	20.050	0.000	-0.200	-0.051	-
■ Vzdálenost 20,05_20°	20.009	20.050	0.000	-0.200	-0.041	---
■ Vzdálenost 6,58	6.509	6.580	0.000	-0.100	-0.071	-
■ Vzdálenost 6,169	6.120	6.169	0.000	-0.200	-0.049	---
■ Vzdálenost 33,7	33.681	33.700	0.400	-0.400	-0.019	-
■ Vzdálenost 64.6	64.550	64.600	0.000	-0.100	-0.050	
■ Vzdálenost 70,4	70.176	70.400	0.000	-0.400	-0.224	-
■ Vzdálenost 157.1	157.033	157.100	0.000	-0.200	-0.067	-

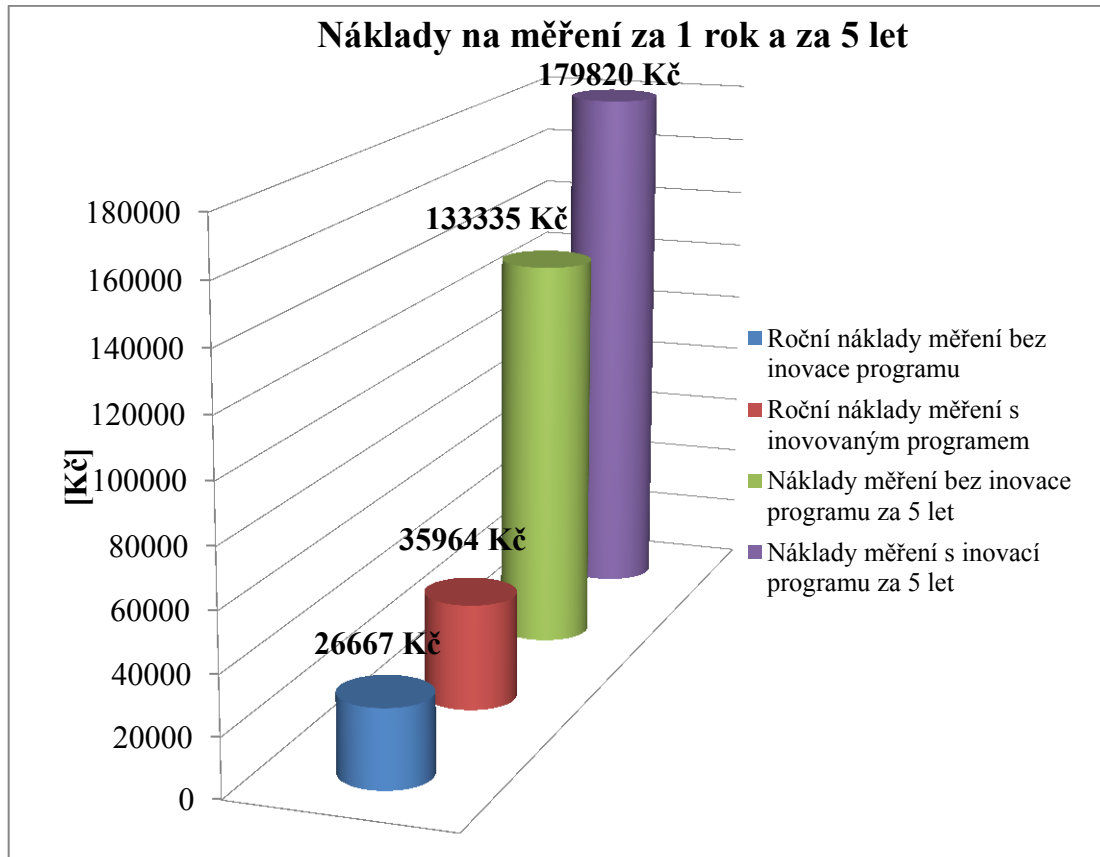
Obr. 41 Ukázkový protokol z měření

14 VYHODNOCENÍ A ZHODNOCENÍ EKONOMICKÉ NÁVRATNOSTI

Pro zhodnocení ekonomické návratnosti budeme uvažovat, že hodina měření na Contura G2 stojí 1200 Kč. Frekvence kontroly výrobku je 60 kusů za směnu. To znamená 60 kusů výrobku Ritzel za 8 hodin. Požadavek výroby za směnu je také 60 kusů výrobku s označením 471445. Předpoklad roční výroby výrobku 471445 činí 180 - 200 kusů. Doba měření byla stanovena z průměru měření 3 kusů před inovací programu a po inovaci programu.

Tabulka 1 Přehled ekonomické návratnosti

Doba měření 1Ks před inovací	[min]	9,00
Doba měření 1Ks po inovaci	[min]	6,66
Cena inovace programu	[Kč]	4000
Cena za hodinu měření	[Kč/hod]	1200
Frekvence měření		
Frekvence měření	[ks/směna]	60
Počet kusů vyrobených za směnu	[ks]	60
Roční množství	[ks]	200
Roční náklady měření bez inovace programu		
Roční náklady měření bez inovace programu	[Kč]	35964
Roční náklady měření s inovovaným programem		
Roční náklady měření s inovovaným programem	[Kč]	26667
Ušetřeno za 1 rok měření	[Kč/rok]	9297
Časová návratnost	[měsíc]	5,16
Délka projektu 5 let		
Délka projektu 5 let	[rok]	5
Náklady měření bez inovace programu za 5 let		
Náklady měření bez inovace programu za 5 let	[Kč]	179820
Náklady měření s inovací programu za 5 let		
Náklady měření s inovací programu za 5 let	[Kč]	133335
Ušetřeno za dobu projektu měření	[Kč/rok]	46485



Obr. 42 Zobrazení nákladů na měření za 1 rok a za 5 let

Ekonomická návratnost je vypočítána podle vzorce (1.14), kde investiční náklady nejsou tak vysoké, aby se investice nevrátila. Při zadání projektu, který v základní době trvá 5 let, někdy se i prodlouží pro výrobu náhradních dílů, ročně realizace přípravku firmě ušetří 9297 Kč. Cena za inovaci postupu měření je zpět za 5,16 měsíce.

$$\text{Návratnost} = \frac{4000}{(35964 - 26667)/12} = 5,16 \text{ měsíce}$$

15 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byla inovace měřicího programu, aby se mohl použít inovovaný program pro opakované měření na CMM Contura G2 od společnosti Zeiss. Při využití automatizace programu CMM se také zamezilo možné chyby obsluhy. Způsob hrotového upínání je velmi rychlý a obrobené válcové plochy takto upnuté jsou přesně souosé. Při takovém způsobu upnutí je možno měřit ze strany hřídele, tak i od kuželové části. Dále pro časové ztráty u měření, které se nyní při měření jednoho dílu snížily o téměř 27 % původního času měření.

Teoretická část diplomové práce řeší problematiku souřadnicových měřicích strojů, jejich základní vlastnosti a možnosti jejich nahrazení, ať už úplné nebo alespoň částečné doměření. Dále obsahuje popis souřadnicového měřicího stroje a jeho příslušenství, volbu základen, obor metrologie a nakonec statistické metody, které jsou použity v praktické části diplomové práce.

V praktické části je popsán přístroj Contura G2 od společnosti Zeiss, na kterém probíhá měření součástí. Program byl vytvořen na 3D modelu. Stanovení souřadného systému proběhlo manuálně a všechny ostatní elementy byly určeny pomocí nahraného modelu. V tomto kroku nebyl kladen velký důraz na objezdy a strategie měření. Tyto vlastnosti se specifikovaly až v inovaci programu. Veškerá data byla naměřena na stroji Zeiss Contura G2, a statisticky vyhodnocena softwarem Microsoft Office Excel 2007. Celý program byl vytvořen v prostředí Calypso od společnosti Zeiss. Úprava měřicího programu nepřinesla jen výhodu v náročnosti způsobu měření a časové úspoře ale také i v ekonomické oblasti, kde investovaný čas a peníze do inovace programu se během pět a půl měsíce vrátí a začne se vyplácet.

Pro srovnání a zajímavost bylo provedeno i měření vybrané součásti s ozn. 471445 na zařízení MahrShaft Scope 250 plus, které je určeno přímo pro měření hřídelů skenováním. U zařízení Mahr se jednalo o upnutí součásti vertikálně do stroje pomocí jednoduchého upínání ve srovnání s upnutím před měřením na CMM od Zeiss Contura G2. Jedná se o velmi efektivní a progresivní měření s poměrně vysokou přesností. Za jednu z největších výhod lze považovat rychlost měření a celkový čas měření ve srovnání s 3D měřením na CMM Contura G2.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SOUKUP, Josef a Jan SKOČILAS. Technická měření. 2., opr. a dopl. vyd. Ústí n. L.: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2014. ISBN 978-80-7414-730-2.
- [2] KANÁK, Jiří. Technická měření. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1084-0.
- [3] BERAN, Vlastimil. Technická měření. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2004. ISBN 80-7043-320-5
- [4] STRÍŽ, Pavel a Helena SEBEROVÁ. Metody statistické analýzy. Bučovice: Marti Stříž, 2011. ISBN 978-80-87106-50-1.
- [5] METALDYNE. [online]. [cit. 2016-10-11]. <http://www.metaldyne.cz/index.php>
- [6] *Legislativa ve strojírenské metrologii a přesné měření 3D ploch* [online]. [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/019/dokumenty/METROLOGIE_FINAL.pdf
- [7] Pokorný Přemysl. Souřadnicové měřicí stroje. Technická univerzita v Liberci, 1999. ISBN 55-002-99
- [8] *Informace od společnosti Renishaw*. Dostupné z <http://www.renishaw.cz/cs/renishaw-zvysovani-efektivnosti-vyroby-a-zdravotni-pece--1030>
- [9] *MARSHAFT SCOPE UNIVERZÁLNÍ, PLNĚ AUTOMATICKÝ OPTICKÝ SYSTÉM NA MĚŘENÍ HRÍDELÍ* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.mahr.com/cs/Produkty-a-slu%C5%BEby/V%C3%BDrobn%C3%AD-m%C4%9B%C5%99ic%C3%AD-technika/Produkty/MarShaft---Optick%C3%A1-a-dotykov%C3%A1-za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD-na-m%C4%9B%C5%99en%C3%AD-h%C5%99%C3%ADdel%C3%AD/MarShaft-SCOPE-250-plus/>
- [10] *Historie společnosti Carl Zeiss* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: https://www.zeiss.cz/vision-care/cs_cz/about-us/historie-spolecnosti-carl-zeiss.html
- [11] *ZEISS CONTURA G2 CMM* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.anytools.vn/upload/May-do-3D-CMM/ZEISS-ConturaG2.jpg>
- [12] TNI 01 0115, Mezinárodní metrologický slovník, vydání 2009
- [13] Kolektiv autorů. Souřadnicové měřicí stroje. Dům techniky ČS VTS Praha, 1990. ISBN 57-413-89

- [14] DOTEKY A PŘÍSLUŠENSTVÍ, 2007. [ONLINE]. Dostupné z:
[HTTP://RESOURCES.RENISHAW.COM/CS/DETAILS/TECHNICK%C3%A9+PARAMETRY%3A+DOTEKY+A+P%C5%99%C3%ADSLU%C5%A1ENSTV%C3%AD%2818153%29](http://resources.renishaw.com/cs/details/technick%C3%A9+PARAMETRY%3A+DOTEKY+A+P%C5%99%C3%ADSLU%C5%A1ENSTV%C3%AD%2818153%29).
- [15] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [16] ČSN ISO 2602. *Statistická interpretace výsledků zkoušek. Odhad průměru. Konfidenční interval*. Druhé vydání. Praha, duben 1993.
- [17] NĚMEČEK, Pavel. *QČSJ Metrologie*, Česká společnost pro jakost, Praha
- [18] ČSN ISO 3207. *STATISTICKÁ INTERPRETACE ÚDAJŮ Stanovení statistického tolerančního intervalu*. První vydání. Praha, duben 1993.
- [19] Citace. [online]. [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://generator.citace.com/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SMS	Souřadnicový měřicí stroj
CMM	Coordinate measurement machine.
PTV	Pree-Travel variaton
φ	Největší dovolená chyba měřidla
A	Konstanta zahrnující vliv náhodných chyb
B	Konstanta zahrnující vliv systematických chyb
L	Hodnota měřené veličiny v mm, nebo v m
C	Horní hranice chyby δ
\bar{x}	Střední hodnota
\tilde{x}	Medián
s	Směrodatná odchylka
R	Rozpětí
x_{\max}	Maximální naměřená hodnota
x_{\min}	Minimální naměřená hodnota
Δ	Chyba měření
Δ_s	Systematická chyba
δ	Náhodná chyba
x_p	Konvenčně pravá hodnota změřené veličiny
x_m	Změřená hodnota změřené veličiny
Δ_r	Relativní chyba měření
u_A	Standardní nejistota typu A
k_{uA}	Koeficient rozšíření
u_B	Standardní nejistota typu B
u_{Bi}	Podíly standardní nejistoty typu B
u_c	Kombinovaná nejistota

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 První typ přístroje pro 3D měření od společnosti Zeiss [10].....	16
Obr. 2 Počítačový tomograf METROTOM 1500 od společnosti Zeiss [10].....	17
Obr. 3 Jednotlivé komponenty dodávané společností Metaldyne umístěné ve voze [5].....	20
Obr. 4 Schéma a princip měřicího zařízení [16].....	22
Obr. 5 Opakovatelnost [16] [18].....	23
Obr. 6 Reprodukovatelnost [16] [18].....	23
Obr. 7 Spojnicový graf [16] [17]	30
Obr. 8 Histogram [16] [17]	30
Obr. 9 Grafické vyjádření chyby měření [16] [17].....	31
Obr. 10 Typy CMM podle konstrukce: a) jednosouřadnicový CMM, b) dvousouřadnicový CMM, c) třísouřadnicový CMM [6].....	36
Obr. 11 Typy souřadnicových měřicích strojů [6].....	38
Obr. 12 Pevná snímací hlavice [6].....	39
Obr. 13 Indexovatelná snímací hlavice [6].....	40
Obr. 14 Manuální hlavice [6].....	40
Obr. 15 Pětiosá měřicí hlava [7]	41
Obr. 16 Rozměry doteku [8].....	42
Obr. 17 Materiály kuliček [8] a) rubín, b) nitrid křemíku, c) oxid zirkoničitý,.....	44
Obr. 18 Materiály pro stopky dotyků [8] a) ocel, b) karbid wolframu, c) keramika, d) uhlíková vlákna.....	44
Obr. 19 Marshaft Scope 250 univerzální automatický optický systém na měření hřídel [9]	46
Obr. 20 Počítačový tomograf společnosti Zeiss [10].....	46
Obr. 21 Metoda 1D triangulace (Triangulační trojúhelník) [6].....	49
Obr. 22 Metoda 2D triangulace [6].....	50
Obr. 23 Schéma optického interferometru [6].....	52
Obr. 24 Zdroje chyb měření [6].....	53
Obr. 25 Souřadnicový měřicí stroj Contura G2 [11]	56
Obr. 26 Pracovní prostor zařízení Contura G2	58
Obr. 27 Komponenty snímací hlavy VAST _{XT} (resp. DT; bez zobrazení).....	59
Obr. 28 Ovládací panel	61
Obr. 29 Kalibrační normál	65

Obr. 30 Upnutá a ustavená součást v průběhu bodového dotykového 3D měření	66
Obr. 31 Stanovení základního souřadného systému programu.....	68
Obr. 32 Element 3D přímka_AB je finální pro stanovení souřadného systému pro měření dílu pastorek.....	69
Obr. 33 Základní souřadný systém součásti pastorek.....	70
Obr. 34 Seznam elementů.....	73
Obr. 35 3D bodové měření průměru pastorku pomocí měřicí hlavy VAST.....	74
Obr. 36 Znázornění výběrové směrodatné odchylky z 10 měření pro různé rychlosti snímání při měření průměru.....	75
Obr. 37 Vliv rychlosti snímání na měřený průměr součásti	76
Obr. 38 Vliv rychlosti měření na celkový čas kontroly kusu	76
Obr. 39 Porovnání dob měření před inovací po provedení inovace	77
Obr. 40 Upnutá součást Ritzel (pastorek) ve stroji MarSchaft Scope 250 plus.....	78
Obr. 41 Ukázkový protokol z měření	81
Obr. 42 Zobrazení nákladů na měření za 1 rok a za 5 let	83

SEZNAM VZORCŮ

(1.1) Největší dovolená chyba měřidla	24
(1.2) Střední hodnota	28
(1.3) Rozptyl	29
(1.4) Směrodatná odchylka	29
(1.5) Rozpětí	29
(1.6) Chyba měření	31
(1.7) Absolutní chyba měření	32
(1.8) Relativní chyba měření „.....“	32
(1.9) Standardní nejistota typu A	33
(1.10) Standardní nejistota typu B	34
(1.11) Standardní nejistota kombinovaná	34
(1.12) Rozšířená standardní nejistota	34
(1.13) Variační koeficient	35
(1.14) Ekonomická návratnost	35

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled ekonomické návratnosti.....	82
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

P 1: VÝKRES SOUČÁSTI

P 2: TECHNICKÉ ÚDAJE CMM STROJE ZEISS CONTURA G2

P 3: TECHNICKÉ ÚDAJE STROJE MARSHAFT SCOPE 250 PLUS

P 4: MĚŘENÍ SOUČÁSTI NA CMM ZEISS CONTURA G2

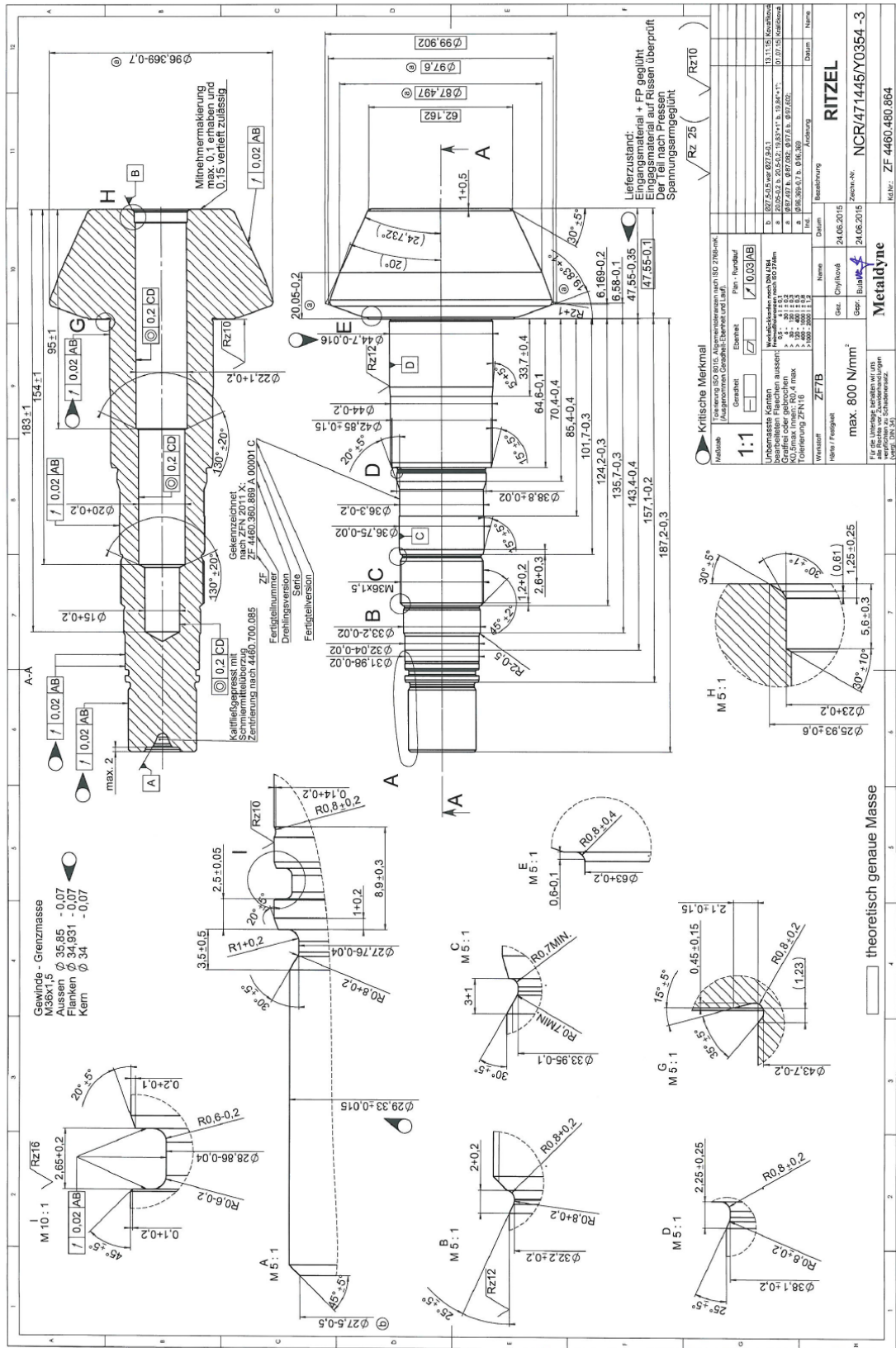
P 5: MĚŘENÍ SOUČÁSTI NA OPTICKÉM ZAŘÍZENÍ MAHR

P 6: PRVNÍ VARIANTA MĚŘENÍ (CONTURA G2) SOUČÁSTI S OHLEDEM NA STRATEGII, DLE ELEMENTŮ

P 7: DRUHÁ VARIANTA MĚŘENÍ (CONTURA G2) SOUČÁSTI S OHLEDEM NA KUŽELOVOU ČÁST A ÚHLOVÉ ROZSAHY MĚŘENÍ ELEMENTŮ

P 8: TŘETÍ VARIANTA MĚŘENÍ (CONTURA G2) SOUČÁSTI S OHLEDEM NA STRATEGII ELEMENTŮ, ÚHLOVÉ ROZSAHY ŘEZU KUŽELE, ZMĚNA RYCHLOSTI POSUVU, SKENOVÁNÍ KUŽELE, S CELKOVOU OPTIMALIZACÍ

PŘÍLOHA P I: VÝKRES SOUČÁSTI



PŘÍLOHA P 2: TECHNICKÉ ÚDAJE CMM STROJE ZEISS CONTURA G2

Technické údaje

Souřadnicový měřicí stroj

UPOZORNĚNÍ

Dále jsou výběrově uvedeny některé technické údaje. Další údaje najdete v dokumentaci "Pokyny pro instalaci".

Obecné údaje

		Contura			
		7/7/6	7/10/6	10/12/6	10/16/6
Rozměr					
Šířka	[mm]	1560	1560	1865	1865
Délka	[mm]	1535	1840	2040	2440
Výška ¹	[mm]	2800	2800	2800	2800
Měřicí rozsah					
x	[mm]	700	700	1000	1000
y	[mm]	700	1000	1200	1600
z	[mm]	600	600	600	600
Hmotnost					
Měřicí stroj	[kg]	1070	1270	2410	2540
Součást	[kg]	560	730	1150	1500
Hladina hluku měř.stroje	[dBA]	70			

¹ Pro montážní práce je třeba navíc vzdálenost: minimálně 100mm,

Parametry souřadnicového měřicího stroje

Kategorie	Hodnota
Kategorie přepětí	III
Stupeň znečištění	2
Ochranná třída	1

Data připojení

Elektrická data

Napětí sítě	100, 110, 115, 120, 125, 230, 240 V~ (±10%)
Druh proudu	1/N/PE
Kmitočet	50 až 60 Hz (±3,5%)
Příkon	max. 1000 VA
Pojistka	
při 230V nebo 240V	C 16A
při 100V nebo 125V	25A

Stlačený vzduch

Aby nebyla negativně ovlivněna funkce měřicího stroje, musí být splněny určité požadavky pro přívod stlačeného vzduchu.

Požadavky	
Tlak	6 - 10 barů
Stupeň čistoty	99%; bez pevných částic, bez plynných podílů oleje a vody
Spotřeba vzduchu	max. 20l/min při 5 barech

Pojezdová rychlost

Zpomalený chod: funkce SLOW

0 až 5 mm/s

Najždění: režim MAN

0 až 70 mm/s

Sériové měření: režim AUTO

Osa max. 250 mm/s

Vektor max. 350 mm/s (resp. 425 mm/s)

Okolní podmínky

Pro bezvadný provoz souřadnicového měřicího stroje musí být splněny následující podmínky.

Okolní teplota pro připravenost k provozu	+15°C až +35°C
Relativní vlhkost	40% až 70%
Teplota místnosti pro provoz měření	18...22°C (s doplňkovou opcí 18...26°C)

Snímací systém

Snímací hlava DT a VAST_{XT}

Rozměry

délka	91 mm
šířka	91 mm
výška	100 mm
Směry snímání	6; $\pm x$, $\pm y$, $\pm z$
Měřicí síla	0.05 až 1 N / plynule
Průměr upínacího talířku	69 mm
Vychýlení snímací hlavy	max. ± 2 mm
Hmotnost konf.snímačů, max.	400 g / vč.upínacího talířku
Délka konfigurace, max.	300 mm / snímač + prodl.nástavec
Průměr sním.kuličky, min.	1 mm
Přesnost reprodukce při výměně snímačů	1 μ m / při délce konfigurace 200 mm

Okolní podmínky

Okolní teplota pro provozní připravenost	+5°C až +40°C
---	---------------

PŘÍLOHA P 3: TECHNICKÉ ÚDAJE STROJE MARSHAFT SCOPE 250 PLUS



MarShaft SCOPE 250 plus

Technical Data

Measuring computer	SFF-PC; WIN 7 x 64; Intel CPU; DVD-RW
Ambient conditions	
Operating temperature	+10 °C ... +35 °C
Recommended working temperature	+15 °C ... +35 °C
Storing/transport temperature	-10 °C ... +50 °C
Permitted humidity	max. 90%; non-condensing!
Temporal temperature gradient	< 2 K/h
Spatial temperature gradient	< 1 K/m ceiling height
Air pressure	1000 hPa ± 200 hPa
Perm. ambient sound pressure	< 75 dB(A)
Electrical connection	
Supply voltage U~	100 V ... 240 V +10 %/-15 %
Mains frequency	50/60 Hz
Power consumption	max. 500 VA
Protection class	I
Protection rating	IP32
Sound level	
Emitted sound level	< 70 dB(A)
Perm. ground vibrations	
Range 0.5 Hz ... 20 Hz	2 mm/s to 50 mm/s linear gradient
Range >20 Hz	50 mm/s

Subject to change without notice.



Mahr

E X A C T L Y

Mahr GmbH Göttingen

Carl-Mahr-Straße 1, 37073 Göttingen, Germany
Phone +49 551 7073-800, Fax +49 551 7073-888
info@mahr.com, www.mahr.com

© by Mahr GmbH, Göttingen
We reserve the right to modify our products, especially in light of technical improvements and further developments.
All illustrations, numerical values etc. are therefore subject to change.

3762803 - 19.09.2016

PŘÍLOHA P 4: MĚŘENÍ SOUČÁSTI NA CMM ZEISS CONTURA G2



PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
2

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<-- -->
■ Průměr_44.7	44.699	44.700	0.000	-0.016	-0.001	---
■ Průměr_44.7_	44.699	44.700	0.000	-0.016	-0.001	---
■ Průměr_44	43.925	44.000	0.000	-0.200	-0.075	-
■ Průměr_38.8	38.792	38.800	0.020	-0.020	-0.008	--
■ Průměr_36.3	36.229	36.300	0.000	-0.200	-0.071	--
■ Průměr_Válec C_36.75	36.734	36.750	0.000	-0.020	-0.016	---
■ Průměr_Válec_33.2	33.178	33.200	0.000	-0.020	-0.022	-0.002
■ Průměr_Válec_31.98	31.967	31.980	0.000	-0.020	-0.013	--
■ Průměr_32.04	32.021	32.040	0.000	-0.020	-0.019	----
■ Průměr_Válec_29.33	29.337	29.330	0.015	-0.015	0.007	--
■ Průměr_28,86	28.834	28.860	0.000	-0.040	-0.026	--
■ Průměr_27,76	27.742	27.760	0.000	-0.040	-0.018	-
■ Průměr_27,5	27.044	27.500	0.000	-0.500	-0.456	----
■ Průměr_42,85	42.839	42.850	0.150	-0.150	-0.011	-
■ Průměr_38,1	38.094	38.100	0.200	-0.200	-0.006	-
■ Průměr_33,95	33.903	33.950	0.000	-0.100	-0.047	-
■ Vzdálenost 47,55 C	47.377	47.550	0.000	-0.350	-0.173	-
■ Vzdálenost kart 47,55	47.433	47.550	0.000	-0.100	-0.117	-0.017
■ Vzdálenost 0,6	0.553	0.600	0.000	-0.100	-0.047	-
■ Vzdálenost 187.2	187.071	187.200	0.000	-0.300	-0.129	-
■ Vzdálenost kart 20,05	20.218	20.050	0.000	-0.200	0.168	0.168
■ Vzdálenost kart 6,58	6.484	6.580	0.000	-0.100	-0.096	----
■ Vzdálenost kart 6,169	5.984	6.169	0.000	-0.200	-0.185	----
■ Vzdálenost 33,7	33.623	33.700	0.400	-0.400	-0.077	-
■ Vzdálenost 64.6	64.558	64.600	0.000	-0.100	-0.042	-
■ Vzdálenost 70,4	70.201	70.400	0.000	-0.400	-0.199	
■ Vzdálenost 157.1	157.000	157.100	0.000	-0.200	-0.100	
■ Vzdálenost 2.5	2.489	2.500	0.050	-0.050	-0.011	-



PERFORMANCE DRIVEN

Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
2

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
Vzdálenost 2,65	2.741	2.650	0.200	0.000	0.091	-
Proj.úhel 19,83°	20°20' 9"	19°50' 0"	1° 0' 0"	0° 0' 0"	0°30' 9"	-
Úhel 24,732°	24°44'28"	24°43'54"	0°30' 0"	-0°30' 0"	0° 0'34"	-
Úhel 19,83°	69°39'20"	19°49'48"	0°30' 0"	-0°30' 0"	49°49'32'49°19'32"	
Úhel 20	20° 0' 2"	20° 0' 0"	0°30' 0"	-0°30' 0"	0° 0' 2"	
Proj.úhel 20°	19°59'43"	20° 0' 0"	1° 0' 0"	-1° 0' 0"	-0° 0'17"	-
Proj.úhel 24,732°	24°43'56"	24°40' 0"	1° 0' 0"	-1° 0' 0"	0° 3'56"	-
Úhel kužele45°	45° 8'35"	45° 0' 0"	5° 0' 0"	-5° 0' 0"	0° 8'35"	-
Úhel kužele5°	7°56' 5"	5° 0' 0"	5° 0' 0"	0° 0' 0"	2°56' 5"	-
Úhel kužele15°_64,6	14°55'53"	15° 0' 0"	5° 0' 0"	-5° 0' 0"	-0° 4' 7"	-
Úhel kužele20°_70,4	20°21'59"	20° 0' 0"	5° 0' 0"	-5° 0' 0"	0°21'59"	-
Úhel kužele15°_101,7	15° 2'31"	15° 0' 0"	5° 0' 0"	-5° 0' 0"	0° 2'31"	-
Házení28,86 AB	0.020	0.000	0.020		0.020	----
Házení29,33 0,02AB	0.013	0.000	0.020		0.013	---
Házení31,98_1 0,02AB	0.016	0.000	0.020		0.016	----
Házení31,98_2 0,02AB	0.013	0.000	0.020		0.013	---
Házení32,04 0,02AB	0.010	0.000	0.020		0.010	--
Házení33,2 0,02AB	0.011	0.000	0.020		0.011	---
Házení36,75 0,02AB	0.011	0.000	0.020		0.011	---
Házení44,7 0,02AB	0.021	0.000	0.020		0.021	0.001
Házení 24,732° 0,02AB	0.025	0.000	0.020		0.025	0.005
Vzdálenost 20,05_24,732	19.944	20.050	0.000	-0.200	-0.106	-
Vzdálenost 20,05_20	19.862	20.050	0.000	-0.200	-0.188	----
Vzdálenost 6,58_	6.484	6.580	0.000	-0.100	-0.096	----
Vzdálenost 6,169_	5.984	6.169	0.000	-0.200	-0.185	----
Vzdálenost 47,55_	47.433	47.550	0.000	-0.100	-0.117	-0.017

PŘÍLOHA P 5: MĚŘENÍ SOUČÁSTI NA OPTICKÉM ZAŘÍZENÍ MAHR

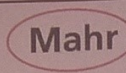
Mahr		MarWin 8.00-28	QE Měření hřidel Úloha: "Scope"			10.10.2016 4 16:11:54 Kontrolor: Harak Podpis:		
Díl 471335		Číslo výkresu: 4460.480.762			Krok obrábění: MM2+MBS			
31027								
Komentář:								
Č.	Charakteristika	Jmen.rozměr	DT	HT	Skutečný rozměr	Odhylka od tol.mezi	Odhylka od středů tol.	Odhylka Překročení
4	Prumer 27,5 mm	27.500	-0.500	0.000	27.075		-0.422	
6	Uhel 27,5 °	45.00	-1.00	1.00	44.08		-0.92	-0.92
8	R1_27,76 mm	1.000	0.000	0.200	1.097		-0.003	0.097
9	3,5_A mm	3.500	-0.500	0.500	3.471		-0.029	-0.029
10	Uhel 20_2,6 °	20.00	-5.00	5.00	20.47		0.47	0.47
11	1_A mm	1.000	0.000	0.200	1.075		-0.025	0.075
14	Hazení 0,02_29,33 mm	0.000		0.020	0.008		-0.002	0.008
16	2,5_A mm	2.600	-0.050	0.050	2.497		-0.003	-0.003
20	Prumer 27,76_A mm	27.760	-0.040	0.000	27.737		-0.003	-0.023
21	0,1_I mm	0.100	0.000	0.200	0.126		-0.074	0.026
25	R0_6_1 mm	0.600	-0.200	0.000	0.395		-0.105	-0.205
26	R0_6_2 mm	0.600	-0.200	0.000	0.432		-0.068	-0.168
31	2,65_I mm	2.650	0.000	0.200	2.731		-0.019	0.081
32	0,2_I mm	0.200	0.000	0.100	0.255		0.005	0.055
34	Uhel 20_I °	19.66	-5.00	5.00	21.47		1.81	1.81
35	8,9_A mm	8.900	-0.300	0.300	9.043		0.143	0.143
36	R0_8_8,9 mm	0.800	-0.200	0.200	0.848		0.048	0.048
37	0,14_A mm	0.140	0.000	0.200	0.261		0.021	0.121
39	0,02_31_98_1 mm	0.000		0.020	0.002		-0.008	0.002
40	0,02_31_98_2 mm	0.000		0.020	0.003		-0.007	0.003
42	0,02_31_98_3 mm	0.000		0.020	0.004		-0.006	0.004
44	0,02_32_04 mm	0.000		0.020	0.011		0.001	0.011
49	R0_8_B_2 mm	0.800	0.000	0.200	0.802		-0.098	0.002
52	Uhel 45 °_B °	45.00	-2.00	2.00	43.35		-1.65	-1.65
53	1,2_B mm	1.200	0.000	0.200	1.378		0.078	0.178
54	2_B mm	2.000	0.000	0.200	2.106		0.006	0.106
57	Uhel 25 °_B °	25.00	-5.00	5.00	22.99		-2.01	-2.01
58	Prumer 32,2_B mm	32.200	-0.200	0.200	32.179		-0.021	-0.021
59	Závit (Steigung) mm	1.500	-0.100	0.100	1.500		-0.000	-0.000
59	Závit (Uhel boku 1) mm	30.000	-10.000	10.000	29.300		-0.700	-0.700
59	Závit (Uhel boku 2) mm	30.000	-10.000	10.000	29.506		-0.494	-0.494
59	Závit (Flankendurchmesser) mm	34.931	-0.070	0.000	34.859		-0.037	-0.072
59	Závit (Kerndurchmesser) mm	34.000	-0.070	0.000	33.955		-0.010	-0.045
59	Závit (Aussendurchmesser) mm	35.850	-0.070	0.000	35.830		0.015	-0.020
65	R0_7_C_2 mm	0.700	0.000	1.000	1.222		0.022	0.522
67	Prumer 33,95_C mm	33.950	-0.100	0.000	33.881		-0.019	-0.069
68	2,6_C mm	2.600	0.000	0.300	2.766		0.016	0.166

C:/Programy/471445/471445_b_01.qer

Mahr	MarWin 8.00-28	QE Měření hřídelí Úloha: "Scope"	10.10.2016 5 16:11:54 Kontrolor: Harak Podpis:
	Díl: 471335	Číslo vykresu: 4460.480.762	Krok obrábění: MM2+MBS
31027			

Komentář:

Č.	Charakteristika	Jmen.rozměr	DT	HT	Skutečný rozměr	Odhylka od tol.mezi	Odhylka od středu tol.	Odhylka	Prekročení
69	Uhel 15°_C	15.00	-5.00	5.00	15.00			-0.00	-0.00
72	0,02_36,75_1 mm	0.000		0.020	0.009			-0.001	0.009
73	0,02_36,75_2 mm	0.000		0.020	0.006			-0.004	0.006
75	Uhel 20°_38,8	20.00	-5.00	5.00	20.26			0.26	0.26
78	R0,8_D_2 mm	0.800	-0.200	0.200	0.809			0.009	0.009
79	2,25_D mm	2.250	-0.250	0.250	2.201			-0.049	-0.049
81	Uhel 15°_64,6	15.00	-5.00	5.00	15.21			0.21	0.21
82	Prumer 42,85 mm	42.850	-0.150	0.150	42.833			-0.017	-0.017
85	Uhel 5°_33,7	5.00	0.00	5.00	8.02			0.52	3.02
88	0,02_44,7_1 mm	0.000		0.020	0.009			-0.001	0.009
90	0,02_44,7_2 mm	0.000		0.020	0.009			-0.001	0.009
91	Prumer 38,1_D mm	38.100	-0.200	0.200	38.071			-0.029	-0.029
92	33,7 mm	33.700	-0.400	0.400	33.663			-0.037	-0.037
93	64,6 mm	64.600	-0.100	0.000	64.526			-0.074	-0.075
94	70,4 mm	70.400	-0.400	0.000	70.192			-0.208	-0.208
95	85,4 mm	85.400	-0.400	0.000	85.223			-0.177	-0.177
96	101,7 mm	101.700	-0.300	0.000	101.532			-0.168	-0.168
97	124,2 mm	124.200	-0.300	0.000	124.020			-0.180	-0.180
98	135,7 mm	135.700	-0.300	0.000	135.428			-0.272	-0.272
100	157,1 mm	157.100	-0.200	0.000	156.981			-0.119	-0.119
101	187,2 mm	187.200	-0.300	0.000	187.063			-0.137	-0.137
102	0,6 mm	0.600	-0.100	0.000	0.574			-0.026	-0.026
103	R0,8_E mm	0.800	-0.400	0.400	0.717			-0.083	-0.083
104	Prumer 63_E mm	63.000	0.000	0.200	63.190			0.190	0.190
105	R2_Hlava mm	2.000	0.000	1.000	2.430			0.430	0.430
106	Prumer 96,369_Hlava mm	96.369	-0.700	0.000	96.003			-0.366	-0.366
110	47,55 mm	47.550	-0.350	0.000	47.377			-0.173	-0.173
123	Uhel 30°_Hlava	30.00	-5.00	5.00	30.76			0.76	0.76
124	0,02_Hlava mm	0.000		0.020	0.011			0.011	0.011
126	Uhel 45°_J	45.00	-5.00	5.00	35.51			-9.49	-9.49
130	Uhel 19,83°_Hlava	19.83	0.00	1.00	20.35			0.52	0.52
134	Uhel 20°_Hlava	20.00	-1.00	1.00	19.99			-0.01	-0.01
135	Uhel 24,732°_Hlava	24.73	-1.00	1.00	24.74			0.01	0.01
138	Uhel 30°_C	30.00	-5.00	5.00	59.79			29.79	29.79
139	3_C mm	3.000	0.000	1.000	3.229			0.229	0.229
140	1_Hlava mm	1.000	0.000	0.500	1.263			0.263	0.263
154	6,169 mm	6.169	-0.200	0.000	5.994			-0.175	-0.175



MarWin
8.00-28

QE Měření hřidelí
Úloha: "Scope"

10.10.2016 6

16:11:54
Kontrolor:
Harak
Podpis:

Díl:
471335

Číslo výkresu:
4460.480.762



Krok obrábění:
MM2+MBS

31027

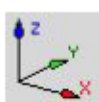
Komentář:

Č.	Charakteristika	Jmen.rozměr	DT	HT	Skutečný rozměr	Odchylna od tol.mezi	Odchylna od středu tol.	Odchylna	Překročení
155	6,58 mm	6.580	-0.100	0.000	6.495		-0.035	-0.055	
156	20,05 mm	20.050	-0.200	0.000	19.895		-0.042	-0.092	
157	47,55-0,1 mm	47.550	-0.100	0.000	47.458		0.005	-0.003	
160	Průměr_44,7_1 mm	44.700	-0.016	0.000	44.697		0.004	-0.004	
161	Průměr_44,7_2 mm	44.700	-0.016	0.000	44.696		0.019	-0.081	
162	Průměr_44 mm	44.000	-0.200	0.000	43.919		-0.005	-0.005	
163	Průměr_38,8 mm	38.800	-0.020	0.020	38.795		0.037	-0.063	
164	Průměr_36,3 mm	36.300	-0.200	0.000	36.237		-0.003	-0.013	
165	Průměr_36,75_1 mm	36.750	-0.020	0.000	36.737		-0.001	-0.011	
166	Průměr_36,75_2 mm	36.750	-0.020	0.000	36.739		-0.008	-0.018	
167	Průměr_33,2_1 mm	33.200	-0.020	0.000	33.182		0.000	-0.010	
168	Průměr_33,2_2 mm	33.200	-0.020	0.000	33.190		-0.003	-0.013	
169	Průměr_32,04 mm	32.040	-0.020	0.000	32.027		-0.002	-0.012	
170	Průměr_31,98_1 mm	31.980	-0.020	0.000	31.968		-0.003	-0.013	
171	Průměr_31,98_2 mm	31.980	-0.020	0.000	31.967		-0.004	-0.024	
172	Průměr_28,86 mm	28.860	-0.040	0.000	28.836		0.010	0.010	
173	Průměr_29,33_1 mm	29.330	-0.015	0.015	29.340		0.018	0.018	0.003
174	Průměr_29,33_2 mm	29.330	-0.015	0.015	29.348		0.01	0.01	
179	angle_30_A	30.00	-5.00	5.00	30.01				

PŘÍLOHA P6: PRVNÍ VARIANTA MĚŘENÍ (CONTURA G2) SOUČÁSTI S OHLEDEM NA STRATEGII, DLE ELEMENTŮ

 MPG <small>PERFORMANCE DRIVEN</small> Metaldyne Oslavany, spol. s r.o. Na Láne 643 664 11 Zbýšov u Bma www.metaldyne.cz www.metaldyne.com	CONTURA G2 HTG - Calypso 	
	Název součásti RITZEL Číslo výkresu NCR/471445/Y0354-3 Č. dílu inkrementálně 3	Datum 10 Oktober 2016 Čas 15:08:34 Jméno Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<-+>
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	------



Zákl.souř.systém
NCR 471335 Y0320-3 CD-BS

Primární (prostor)	3D přímka_AB
Terciární (nul.bod X)	Bod1
Terciární (nul.bod Y)	3D přímka_AB
Terciární (nul.bod Z)	3D přímka_AB



Kružnice *
Kružnice_A
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	25.300



Dotykový bod
Bod1
Jm.hod.

X	0.000
---	-------



Kružnice *
Kružnice_B
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	16.000



PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Bma
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	-------



3D přímka-Gauss
3D přímka_AB
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
X	51.200
W1 ZI-X	0° 0' 0"
W2 YI-X	0° 0' 0"



Kružnice-Gauss
Kružnice_29.33_2
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	29.330



Kružnice-Gauss
Kružnice_29.33_1
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	29.330



Kružnice-Gauss
Kružnice_31.98_2
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	32.000



Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Bma
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	-------



Kružnice-Gauss
Kružnice_31.98_1
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	31.980



Kružnice-Gauss
Kružnice_32.04
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	32.040



Kružnice-Gauss
Kružnice_33.2_2
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	33.200



Kružnice-Gauss
Kružnice_33.2_1
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	33.200



PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso

Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	---------	-------



Kružnice-Gauss
KružniceC_36.75_2
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	36.750



Kružnice-Gauss
KružniceC_36.75_1
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	36.750



Kružnice-Gauss
Kružnice_36.3
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	36.300



Kružnice-Gauss
Kružnice_38.8
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	38.800



PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Bma
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	---------	-------



Kružnice-Gauss
Kružnice_44
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	44.000



Kružnice-Gauss
KružniceD_44.7_2
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	44.700



Kružnice-Gauss
KružniceD_44.7_1
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	44.700




3D přímka-Gauss
3D přímka_CD
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
X	-87.500
W1 Y/X	-0° 0' 0"
W2 Z/X	-0° 0' 0"



PERFORMANCE DRIVEN

Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso 

Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika Měř. hod. Jmen. hod. Horní tol. Dolní tol. Odchyłka <-|->



Válec *
Válec D_44.7
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	44.700
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"



Válec *
Válec C_36.75
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	36.750
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"



Válec *
Válec_33.2
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	33.200
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"



Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlička Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<-- -->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	---------



Válec *
Válec_31.98
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	31.980
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"



Válec *
Válec_29.33
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	29.330
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"



Přímka-Gauss
2D přímka1
Jm.hod.

X	1.248
Y	0.000
Z	36.047
W1 X/Z	19°50'57"
W2 Y/Z	0° 0' 0"



PERFORMANCE DRIVEN

Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com


CONTURA G2 HTG - Calypso





Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č. dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika Měř. hod. Jmen. hod. Horní tol. Dolní tol. Odchyłka <-|->

	Přímka-Gauss 2D přímka2
	Jm.hod.
Y	0.000
Z	44.717
X	16.500
W1 Z/-X	20° 0' 0"
W2 Y/-X	-0° 0' 0"

	Přímka-Gauss 2D přímka3
	Jm.hod.
Y	0.000
Z	33.106
X	42.000
W1 Z/-X	24°43'50"
W2 Y/-X	-0° 0' 0"

	Rovina * Rovina47,55
	Jm.hod.
X	47.550
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"



Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	-------



Kužel *
Kužel_19,83
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.100
D	71.400
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	-0° 6' 0"
WK	139°24' 0"



Kužel *
Kužel_20_
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	89.100
W1 Z/-X	0° 0' 0"
W2 Y/-X	0° 0' 0"
WK	40° 0' 0"



Kužel *
Kužel24,732°
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	63.084
W1 Z/-X	-0° 0' 0"
W2 Y/-X	-0° 0' 0"
WK	49°27'48"



PERFORMANCE DRIVEN

Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.

Na Láne 643

664 11 Zbýšov u Brna

www.metaldyne.cz

www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso

Název součásti
RITZEL

Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3

Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016

Čas
15:08:34

Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	-------



Kružnice *
Kužel-doplněk1
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	87.497



Kružnice *
Kužel-doplněk24,732
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	62.162



Kružnice-Gauss
Kružnice1
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	76.447



Řez1



Řez2



Řez3




Řez4



PERFORMANCE DRIVEN

Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso 

Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	-------



Kružnice *
Kužel-doplňk27,5
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	27.500



Kružnice *
Kužel-doplňk33,7
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	44.000



Kružnice *
Kužel-doplňk 42,85
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	42.850



Kružnice *
Kužel-doplňk20°_70,4
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	38.800



Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso

Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č. dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika Měř. hod. Jmen. hod. Horní tol. Dolní tol. Odchylka <-|-->



Rovina *
Rovina187,2
Jm.hod.

X	-187.200
W1 Z/-X	0° 0' 0"
W2 Y/-X	0° 0' 0"



Kužel *
Kužel27,5
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	27.500
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"
WK	90° 0' 0"



Kružnice-Gauss
Kružnice_27.76
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	27.760



Dotykový bod
Bod_157,1
Jm.hod.

X	-157.100
---	----------



PERFORMANCE DRIVEN

Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso

Název součásti
RITZEL





Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3

Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016

Čas
15:08:34

Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
 Dotykový bod Bod_2.5 Jm.hod.						
X	-154.600					
 Dotykový bod Bod_2.65 Jm.hod.						
X	-151.950					
 Kružnice-Gauss Kružnice_28.86 Jm.hod.						
Y	0.000					
Z	0.000					
D	28.860					
 Kružnice * Kružnice33,95 Jm.hod.						
Y	0.000					
Z	0.000					
D	33.950					



PERFORMANCE DRIVEN

Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.

Na Láne 643

664 11 Zbýšov u Brna

www.metaldyne.cz

www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL

Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3

Č. dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016

Čas
15:08:34

Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<-- -->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	---------



Kužel *

Kužel15°_101,7

Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	35.678
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"
WK	30° 0' 0"



Kužel *

Kužel20°_70,4

Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	36.300
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"
WK	40° 0' 0"



Kružnice *

Kružnice38,1

Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	38.100



Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso

Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	-------



Rovina *
Rovina64,6
Jm.hod.

X	-64.600
W1 Z/-X	0° 0' 0"
W2 Y/-X	0° 0' 0"



Kužel *
Kužel42,85
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	42.850
W1 Y/X	0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"
WK	30° 0' 0"



Kužel *
Kužel5°_33,7
Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	44.000
W1 Y/X	-0° 0' 0"
W2 Z/X	0° 0' 0"
WK	10° 0' 0"



Dotykový bod
Bod0,6
Jm.hod.

X	0.000
---	-------



PERFORMANCE DRIVEN

Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL

Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3

Č. dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016

Čas
15:08:34

Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<-- -->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	---------



Kružnice *
Kužel-doplněk2

Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	87.497



Kružnice *
Kužel-doplněk3

Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	99.902



Kružnice *
Kužel-doplněk4

Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	97.600



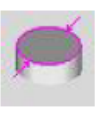




Kružnice *
Kužel-doplněk5

Jm.hod.

Y	0.000
Z	0.000
D	62.162

**PŘÍLOHA P7: DRUHÁ VARIANTA MĚŘENÍ (CONTURA G2)
 SOUČÁSTI S OHLEDEM NA KUŽELOVOU ČÁST A ÚHLOVÉ
 ROZSAHY MĚŘENÍ ELEMENTŮ**

 <p>MPG PERFORMANCE DRIVEN Metaldyne Oslavany, spol. s r.o. Na Láne 643 664 11 Zbýšov u Brna www.metaldyne.cz www.metaldyne.com</p>	CONTURA G2 HTG - Calypso 	
	<p>Název součásti RITZEL Číslo výkresu NCR/471445/Y0354-3 Č. dílu inkrementálně 3</p>	<p>Datum 10 Oktober 2016 Čas 15:08:34 Jméno Hrdlicka Tomas</p>

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<- ->
 <p>Průměr Průměr_44.7</p>	Jm.hod. 44.700		Horní tol. 0.000	Dolní tol. -0.016		
KružniceD_44.7_1						
 <p>Průměr Průměr_44.7_</p>	Jm.hod. 44.700		Horní tol. 0.000	Dolní tol. -0.016		
KružniceD_44.7_2						
 <p>Průměr Průměr_44</p>	Jm.hod. 44.000		Horní tol. 0.000	Dolní tol. -0.200		
Kružnice_44						
 <p>Průměr Průměr_38.8</p>	Jm.hod. 38.800		Horní tol. 0.020	Dolní tol. -0.020		
Kružnice_38.8						
 <p>Průměr Průměr_36.3</p>	Jm.hod. 36.300		Horní tol. 0.000	Dolní tol. -0.200		
Kružnice_36.3						








PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č. dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka <- ->
 Průměr Průměr_Válec C_36.75 Jm.hod. 36.750 Válec C_36.75			Horní tol. 0.000	Dolní tol. -0.020	
 Průměr Průměr_Válec_33.2 Jm.hod. 33.200 Válec_33.2			Horní tol. 0.000	Dolní tol. -0.020	
 Průměr Průměr_Válec_31.98 Jm.hod. 31.980 Válec_31.98			Horní tol. 0.000	Dolní tol. -0.020	
 Průměr Průměr_32.04 Jm.hod. 32.040 Kružnice_32.04			Horní tol. 0.000	Dolní tol. -0.020	
 Průměr Průměr_Válec_29.33 Jm.hod. 29.330 Válec_29.33			Horní tol. 0.015	Dolní tol. -0.015	



PERFORMANCE DRIVEN






Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č. dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<- ->
 Průměr Průměr_28,86	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	28.860		0.000	-0.040		
Kružnice_28,86						
 Průměr Průměr_27,76	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	27.760		0.000	-0.040		
Kružnice_27,76						
 Průměr Průměr_27,5	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	27.500		0.000	-0.500		
Kužel-doplňěk27,5						
 Průměr Průměr_42,85	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	42.850		0.150	-0.150		
Kužel-dopl						
 Průměr Průměr_38,1	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	38.100		0.200	-0.200		
Kružnice38,1						




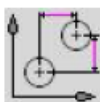
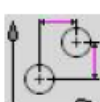
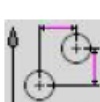
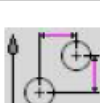
PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<- ->
 Průměr Průměr_33,95						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	33.950		0.000	-0.100		
Kružnice33,95						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 47,55 C						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	47.550		0.000	-0.350		
Bod1 Rovina47,55						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost kart 47,55						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	47.550		0.000	-0.100		
Kužel-dopl Bod1						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 0,6						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	0.600		0.000	-0.100		
Bod1 Bod0,6						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 187,2						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	187.200		0.000	-0.300		
Bod1 Rovina187,2						



PERFORMANCE DRIVEN

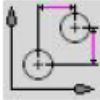
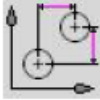
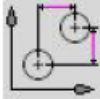
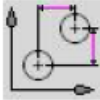
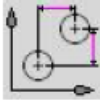
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<- ->
 Vzdálenost kart. Vzdálenost kart 20,05 Jm.hod. 20.050 Horní tol. 0.000 Dolní tol. -0.200 Řez2 Bod1						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost kart 6,58 Jm.hod. 6.580 Horní tol. 0.000 Dolní tol. -0.100 Kužel-doplněk3 Bod1						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost kart 6,169 Jm.hod. 6.169 Horní tol. 0.000 Dolní tol. -0.200 Kužel-doplněk4 Bod1						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 33,7 Jm.hod. 33.700 Horní tol. 0.400 Dolní tol. -0.400 Bod1 Kužel-doplněk33,7						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 64.6 Jm.hod. 64.600 Horní tol. 0.000 Dolní tol. -0.100 Bod1 Rovina64,6						



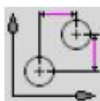
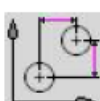
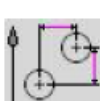
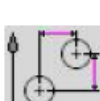
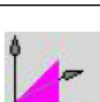
PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<-- -->
 <p>Vzdálenost kart. Vzdálenost 70,4</p>						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	70.400		0.000	-0.400		
Bod1 Kužel-dopl						
 <p>Vzdálenost kart. Vzdálenost 157,1</p>						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	157.100		0.000	-0.200		
Bod1 Bod_157,1						
 <p>Vzdálenost kart. Vzdálenost 2,5</p>						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	2.500		0.050	-0.050		
Bod_2,5 Bod_157,1						
 <p>Vzdálenost kart. Vzdálenost 2,65</p>						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	2.650		0.200	0.000		
Bod_2,5 Bod_2,65						
 <p>Proj.úhel 1- Proj.úhel 19,83°</p>						
	Jm.hod.		Horní tol.	Dolní tol.		
	19°50' 0"		1° 0' 0"	0° 0' 0"		
2D přímka1						








PERFORMANCE DRIVEN
 Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
 Na Láne 643
 664 11 Zbýšov u Brna
 www.metaldyne.cz
 www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
 RITZEL
 Číslo výkresu
 NCR/471445/Y0354-3
 Č.dílu inkrementálně
 3

Datum
 10 Oktober 2016
 Čas
 15:08:34
 Jméno
 Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<- ->
 Poloviční úhel kužele Úhel 24,732° Kužel24,732°		Jm.hod. 24°43'54"	Horní tol. 0°30' 0"	Dolní tol. -0°30'0"		
 Poloviční úhel kužele Úhel 19,83° Kužel_19,83		Jm.hod. 19°49'48"	Horní tol. 0°30' 0"	Dolní tol. -0°30'0"		
 Poloviční úhel kužele Úhel 20 Kužel_20_		Jm.hod. 20° 0' 0"	Horní tol. 0°30' 0"	Dolní tol. -0°30'0"		
 Proj.úhel 1- Proj.úhel 20° 2D přímka2		Jm.hod. 20° 0' 0"	Horní tol. 1° 0' 0"	Dolní tol. -1°0'0"		
 Proj.úhel 1- Proj.úhel 24,732° 2D přímka3		Jm.hod. 24°40' 0"	Horní tol. 1° 0' 0"	Dolní tol. -1°0'0"		



PERFORMANCE DRIVEN
 Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
 Na Láne 643
 664 11 Zbýšov u Brna
 www.metaldyne.cz
 www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso

Název součásti
 RITZEL
 Číslo výkresu
 NCR/471445/Y0354-3
 Č.dílu inkrementálně
 3

Datum
 10 Oktober 2016
 Čas
 15:08:34
 Jméno
 Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
-----------------	-----------	------------	------------	------------	----------	-------



Poloviční úhel kužele
 Úhel kužele45°

Jm.hod.	Horní tol.	Dolní tol.
45° 0' 0"	5° 0' 0"	-5°0'0"

Kužel27,5



Poloviční úhel kužele
 Úhel kužele5°

Jm.hod.	Horní tol.	Dolní tol.
5° 0' 0"	5° 0' 0"	0° 0' 0"

Kužel5°_33,7



Poloviční úhel kužele
 Úhel kužele15°_64,6

Jm.hod.	Horní tol.	Dolní tol.
15° 0' 0"	5° 0' 0"	-5°0'0"

Kužel15°_64,6



Poloviční úhel kužele
 Úhel kužele20°_70,4

Jm.hod.	Horní tol.	Dolní tol.
20° 0' 0"	5° 0' 0"	-5°0'0"

Kužel20°_70,4



Poloviční úhel kužele
 Úhel kužele15°_101,7

Jm.hod.	Horní tol.	Dolní tol.
15° 0' 0"	5° 0' 0"	-5°0'0"

Kužel15°_101,7








PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č.dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<-- -->
 DIN obvodové házení Házení28,86 AB Jm.hod.					Tolerance 0.020	
Kružnice_28.86 3D přímka_AB						
 DIN obvodové házení Házení29,33 0,02AB Jm.hod.					Tolerance 0.020	
Kružnice_29.33_1 3D přímka_AB						
 DIN obvodové házení Házení31,98_1 0,02AB Jm.hod.					Tolerance 0.020	
Kružnice_31.98_1 3D přímka_AB						
 DIN obvodové házení Házení31,98_2 0,02AB Jm.hod.					Tolerance 0.020	
Kružnice_31.98_2 3D přímka_AB						
 DIN obvodové házení Házení32,04 0,02AB Jm.hod.					Tolerance 0.020	
Kružnice_32.04 3D přímka_AB						








PERFORMANCE DRIVEN
 Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
 Na Láne 643
 664 11 Zbýšov u Brna
 www.metaldyne.cz
 www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
 RITZEL
 Číslo výkresu
 NCR/471445/Y0354-3
 Č.dílu inkrementálně
 3

Datum
 10 Oktober 2016
 Čas
 15:08:34
 Jméno
 Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odhylka	<- ->
 DIN obvodové házení Házení33,2 0,02AB Jm.hod.					Tolerance	
					0.020	
Kružnice_33.2_1 3D přímka_AB						
 DIN obvodové házení Házení36,75 0,02AB Jm.hod.					Tolerance	
					0.020	
KružniceC_36.75_1 3D přímka_AB						
 DIN obvodové házení Házení44,7 0,02AB Jm.hod.					Tolerance	
					0.020	
KružniceD_44.7_1 3D přímka_AB						
 DIN obvodové házení Házení 24,732° 0,02AB Jm.hod.					Tolerance	
					0.020	
Kružnice1 3D přímka_AB						
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 20,05_24,732 Jm.hod.					Horní tol.	Dolní tol.
		20.050			0.000	-0.200
Kužel-doplňk1 Bod1						



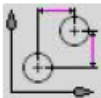
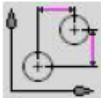
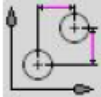
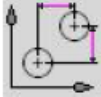
PERFORMANCE DRIVEN
Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL
Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3
Č. dílu inkrementálně
3

Datum
10 Oktober 2016
Čas
15:08:34
Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka <- ->
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 20,05_20 Jm.hod.	20.050		0.000	-0.200	
Kužel-doplněk2 Bod1					
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 6,58_ Jm.hod.	6.580		0.000	-0.100	
Kužel-doplněk3 Bod1					
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 6,169_ Jm.hod.	6.169		0.000	-0.200	
Kužel-doplněk4 Bod1					
 Vzdálenost kart. Vzdálenost 47,55_ Jm.hod.	47.550		0.000	-0.100	
Kužel-doplněk5 Bod1					

**PŘÍLOHA P8: TŘETÍ VARIANTA MĚŘENÍ (CONTURA G2) SOUČÁSTI
S OHLEDEM NA STRATEGII ELEMENTŮ, ÚHLOVÉ ROZSAHY ŘEZU KUŽELE,
ZMĚNA RYCHLOSTI POSUVU, SKENOVÁNÍ KUŽELE, S CELKOVOU
OPTIMALIZACÍ**

 <p>MPG PERFORMANCE DRIVEN Metaldyne Oslavany, spol. s r.o. Na Láne 643 664 11 Zbýšov u Brna www.metaldyne.cz www.metaldyne.com</p>	CONTURA G2 HTG - Calypso 	
	<p>Název součásti RITZEL Číslo výkresu NCR/471445/Y0354-3 Č.dílu inkrementálně 3</p>	<p>Datum 3 April 2017 Čas 16:29:34 Jméno Hrdlicka Tomas</p>

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchyłka	<- ->
■ Průměr_44.7	44.692	44.700	0.000	-0.016	-0.008	
■ Průměr_44.7_	44.698	44.700	0.000	-0.016	-0.002	---
■ Průměr_44	43.891	44.000	0.000	-0.200	-0.109	-
■ Průměr_38.8	38.795	38.800	0.020	-0.020	-0.005	-
■ Průměr_36.3	36.224	36.300	0.000	-0.200	-0.076	-
■ Průměr_Válec C_36.75	36.750	36.750	0.000	-0.020	0.000	---
■ Průměr_Válec_33.2	33.195	33.200	0.000	-0.020	-0.005	-
■ Průměr_32.04	32.038	32.040	0.000	-0.020	-0.002	---
■ Průměr_Válec_31.98	31.971	31.980	0.000	-0.020	-0.009	
■ Průměr_Válec_29.33	29.336	29.330	0.015	-0.015	0.006	-
■ Průměr_27,5	27.834	27.500	0.000	-0.500	0.334	0.334
■ Průměr_27,76	27.731	27.760	0.000	-0.040	-0.029	-
■ Průměr_28,86	28.841	28.860	0.000	-0.040	-0.019	
■ Průměr_33,95	33.924	33.950	0.000	-0.100	-0.026	-
■ Průměr_38,1	38.079	38.100	0.200	-0.200	-0.021	-
■ Průměr_42,85	42.834	42.850	0.150	-0.150	-0.016	-
■ Vzdálenost 0,6	0.557	0.600	0.000	-0.100	-0.043	-
■ Vzdálenost 187.2	187.040	187.200	0.000	-0.300	-0.160	-
■ Vzdálenost 47,55 C	47.518	47.550	0.000	-0.350	-0.032	---
■ Vzdálenost 47,55	47.549	47.550	0.000	-0.100	-0.001	---
■ Vzdálenost 20,05_24,732°	19.999	20.050	0.000	-0.200	-0.051	-
■ Vzdálenost 20,05_20°	20.009	20.050	0.000	-0.200	-0.041	---
■ Vzdálenost 6,58	6.509	6.580	0.000	-0.100	-0.071	-
■ Vzdálenost 6,169	6.120	6.169	0.000	-0.200	-0.049	---
■ Vzdálenost 33,7	33.681	33.700	0.400	-0.400	-0.019	-
■ Vzdálenost 64.6	64.550	64.600	0.000	-0.100	-0.050	
■ Vzdálenost 70,4	70.176	70.400	0.000	-0.400	-0.224	-
■ Vzdálenost 157.1	157.033	157.100	0.000	-0.200	-0.067	-



Metaldyne Oslavany, spol. s r.o.
Na Láne 643
664 11 Zbýšov u Brna
www.metaldyne.cz
www.metaldyne.com

CONTURA G2 HTG - Calypso



Název součásti
RITZEL

Číslo výkresu
NCR/471445/Y0354-3

Č. dílu inkrementálně
3

Datum
3 April 2017

Čas
16:29:34

Jméno
Hrdlicka Tomas

Charakteristika	Měř. hod.	Jmen. hod.	Horní tol.	Dolní tol.	Odchylka	<- ->
Vzdálenost 2.5	2.493	2.500	0.050	-0.050	-0.007	-
Vzdálenost 2.65	2.736	2.650	0.200	0.000	0.086	-
Úhel 24,732°	24°41'34"	24°43'54"	0°30' 0"	-0°30' 0"	-0° 2'20"	-
Úhel 19,83°	69°40'24"	19°49'48"	0°30' 0"	-0°30' 0"	49°50'36"49°20'36"	
Úhel 20	19°59'13"	20° 0' 0"	0°30' 0"	-0°30' 0"	-0° 0'47"	-
Úhel kužele45°	46°16'50"	45° 0' 0"	5° 0' 0"	-5° 0' 0"	1°16'50"	---
Úhel kužele5°	7°42'35"	5° 0' 0"	5° 0' 0"	0° 0' 0"	2°42'35"	---
Úhel kužele15°_64,6	15° 2'28"	15° 0' 0"	5° 0' 0"	-5° 0' 0"	0° 2'28"	---
Úhel kužele20°_70,4	19°36' 4"	20° 0' 0"	5° 0' 0"	-5° 0' 0"	-0°23'56"	-
Úhel kužele15°_101,7	14°52'48"	15° 0' 0"	5° 0' 0"	-5° 0' 0"	-0° 7'12"	-
Házení29,33 0,02AB	0.020	0.000	0.020		0.020	----
Házení28,86 AB	0.019	0.000	0.020		0.019	---
Házení31,98_1 0,02AB	0.022	0.000	0.020		0.022	0.002
Házení31,98_2 0,02AB	0.024	0.000	0.020		0.024	0.004
Házení32,04 0,02AB	0.015	0.000	0.020		0.015	---
Házení33,2 0,02AB	0.016	0.000	0.020		0.016	---
Házení36,75 0,02AB	0.019	0.000	0.020		0.019	----
Házení44,7 0,02AB	0.024	0.000	0.020		0.024	0.004
Házení 24,732° 0,02AB	0.029	0.000	0.020		0.029	0.009
Vzdálenost 6,58_	6.509	6.580	0.000	-0.100	-0.071	--
Vzdálenost 6,169_	6.120	6.169	0.000	-0.200	-0.049	---
Vzdálenost 47,55_	47.549	47.550	0.000	-0.100	-0.001	----