



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA SLOŽITÝCH TVAROVÝCH PLOCH POMOCÍ CNC/HEIDENHAIN ITNC 530

PRODUCTION OF SCULPTURED SURFACES WITH CNC/HEIDENHAIN
ITNC 530

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Martin Břínek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

BRNO 2014

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na vhodnost využití jednotlivých strategií frézování pro obrobení složitých tvarových ploch s využitím tříosého obráběcího centra a operačního systému Heidenhain iTNC 530.

V průběhu experimentu bylo sledováno chování nástroje a výsledky obrobení jednotlivých vzorků při změnách frézovacích strategií.

Výstupem experimentu bylo obrobení sedmi kusů vzorků a posouzení vlivu tuhosti soustavy Stroj – Nástroj – Obrobek. Dále byla vyhodnocena vhodnost využití jednotlivých strategií frézování na kvalitu obrobené plochy a potřebný strojní čas k dané operaci.

Klíčová slova

strategie frézování, drsnost povrchu, CAD/CAM, Heidenhain iTNC 530

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the milling strategies and their suitability for the production of complicated sculptured surfaces using a three-axe milling center and the operation system Heidenhain iTNC 530.

The behavior of the tools and the results of the individual milled samples were monitored under changing milling strategies during the experiment.

The outcomes of the experiment were seven milled samples and an assessment of the effect of the Machine – Tool – Workpiece system toughness. In addition, the suitability of the milling strategies were evaluated in consideration to the quality of the milled surface and the production time.

Keywords

milling strategy, surface roughness, CAD/CAM, Heidenhain iTNC 530

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BŘÍNEK, Martin. Výroba složitých tvarových ploch pomocí CNC/Heidenhain iTNC 530. Brno 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 60 s. příloh. Prof. Miroslav Piška, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Výroba složitých tvarových ploch pomocí CNC/Heidenhain iTNC 530** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Martin Břínek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Prof. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce, Doc. Ing. Josefu Sedlákovu, Ph.D. za pomoc a rady při skenování obrobených vzorků a Radimu Popelákovi z firmy ASN HARK za umožnění výroby vzorků.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 Teoretický rozbor problému vybrané součásti.....	10
1.1 Užité matematické plochy	10
1.2 Řezné prostředí.....	11
1.3 Výběr použitých nástrojů	12
1.3.1 Fréza D10r1,6 (dále jen fréza č. 1)	12
1.3.2 Fréza D6r3 (dále jen fréza č. 2)	13
1.4 Upínací přípravky, nulové body	14
1.5 Využitá CNC frézovací centra k obrobení vzorků.....	16
1.5.1 Frézovací centrum MCV 1016 QUICK od firmy Kovosvit	16
1.5.2 Frézovací centrum FV 25 CNC A	17
1.6 Měření tuhosti soustavy SNO na frézovacím centru FV 25 CNC A	18
1.7 Měření tvrdosti obráběného materiálu.....	22
2 Návrh alternativních strategií obrábění.....	24
2.1 Aplikace konkrétní metodiky řešení problému.....	24
2.1.1 Hrubování metodou HPC – vzorek č. 1	25
2.1.2 Hrubování metodou krok dolů – vzorek č. 2	26
2.1.3 Obrobení načisto pomocí strategie spirálový pohyb po šroubovici – vzorek č. 3	27
2.1.4 Obrobení načisto pomocí strategie řádkování – vzorek č. 4.....	28
2.1.5 Obrobení načisto pomocí strategie paprsek – vzorek č. 5	29
2.1.6 Obrobení načisto kombinací dvou strategií frézování – vzorek č. 6	30
2.2 Rozšíření řešení o vliv tuhosti stroje.....	31
3 Realizace experimentů, jejich statistické vyhodnocení	32
3.1 Vyhodnocení obrobených vzorků.....	32
3.1.1 Kontaktní měření struktury povrchu obrobených vzorků.....	32
3.1.2 Skenování obrobených vzorků.....	34
3.1.3 Bezkontaktní měření struktury povrchu pomocí přístroje ALICONA	36
3.2 Vyhodnocení měření a hodnocení	40
3.2.1 Vyhodnocení struktury povrchu pomocí zařízení od společnosti Tayler&Hobson typ FORMTALYSURF 50	40

3.2.2 Vyhodnocení skenovaného povrchu pomocí zařízení od společnosti GOM a softwaru GOM Inspect.....	42
3.3 Vyhodnocení strojního času potřebného k obrobení vzorků	49
4 DISKUZE	50
ZÁVĚRY	52
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	55
SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

Obrábění složitých tvarových ploch je dnes velmi rozšířené a osvojení si této problematiky rozhoduje o úspěchu či neúspěchu firmy (výsledný zisk). Obsah práce se zaměřuje na technologii tříosého frézování a využití řídicího CNC systému Heidenhain iTNC 530, který umožňuje plynulé řízení ve všech osách X, Y, Z. Například ve strojírenských společnostech zaměřujících se na výrobu nástrojů pro vstřikování plastů, tlakové lití hliníku či zinku nebo výrobu zápustek pro kovací operace je zcela zásadní. Zvýšení podílu frézovacích operací pro dokončení povrchů snižuje časovou náročnost pro následné ruční dokončení. Množství strojního času je jedním ze základních cenových parametrů pro výpočet celkových nákladů výroby.

Obráběný vzorek byl vytvořen z většiny opakujících se složitých ploch v pevné části vstřikovací formy, se kterými se autor setkal. K modelování bylo využito CAD softwaru SolidWorks od společnosti Solid vision s.r.o. Výhody použitého CADu jsou v užití NURBS křivek, které umožňují realizaci veškerých geometrických ploch včetně přesného vyjádření kuželoseček. Pro následné zpracování CAD dat a vytvoření drah nástrojů k dokončení vzorků byl využit CAM software Solid CAM plně implementovaný do software SolidWorks.

Pro nástroje na vstřikování či tlakové lití existují jen tzv. normalizované rámy (viz obr. 1.1), proto mají tyto nástroje nízký koeficient využití materiálu. Z důvodu nutnosti odebrání velkého množství nepotřebného materiálu se práce zaměřuje na různé metodiky hrubování pro snížení strojních časů, zvýšení výkonu a trvanlivosti nástroje.

Potřeba neustálého vývoje CNC strojů, snaha o zvýšení produktivity a snížení nákladů na obrobený kus byly dokázány zařazením experimentu pro posouzení tuhosti soustavy Stroj – Nástroj – Obrobek (dále jen SNO) a popsáním výskytu a zamezení vzniku vibrací při procesu frézování.

Měření struktury povrchu a skenování obrobených vzorků s následnou komparační analýzou jsou hlavní témata diplomové práce.



Obr. 1.1 Normalizovaný rám vstřikovací formy [6].

1 TEORETICKÝ ROZBOR PROBLÉMU VYBRANÉ SOUČÁSTI

Vybraný obráběný díl je součástí vstříkovací formy pro plasty. Jedná se o tvarové jádro uložené v pevné části formy, jejíž povrch je negativem pohledové části výstřiku. Obráběná plocha tedy musí splňovat předepsanou kvalitu povrchu uvedenou na výkrese. Při nedodržení této hodnoty se výrazně zvýší náklady na ruční dokončení povrchu dílu. Materiál obrobku je hliníková slitina s označením EN AW – 2030 (AlCuMgPb). Zvolený materiál je vhodný pro obrábění a následné leštění.

Dalším faktorem pro efektivní obrobení zvoleného dílu je výběr nástrojů, řezného prostředí a upnutí nástrojů včetně obráběného dílce. Dílec byl upnut v hydraulickém svěráku s mechanickým dorazem (viz obr. 2.1). Nástroje jsou vyrobeny z monolitního slinutého karbidu N10. Za povlak nástrojů byl zvolen AlTiN HM, jako metoda povlakování PVD (physical vapour deposition). Upnutí nástrojů bylo realizováno pomocí hydraulické kleštiny.

Obráběcí stroje využitě pro obrobení vzorků byly MCV 1016Q od firmy Kovosvit a FV 25 CNC A od firmy Obráběcí stroje Olomouc. Oba stroje, na kterých byla realizována výroba, jsou vybaveny řídicím systémem Heidenhain iTNC 530. Zakoupená verze řídicího systému stroje MCV 1016Q umožňuje pouze základní programování pravoúhlých a kruhových děr, lineární a kruhové drážky, vrtací cykly a rotaci se zrcadlením. Tvorba programů pro obrábění veškerých tvarových ploch je realizována pomocí CAM software SolidCAM, který je součástí CAD software SolidWorks od společnosti Solidvision s.r.o. Využití dvou různých strojů bylo zapotřebí z důvodu posouzení vlivu rozdílné tuhosti soustavy SNO na kvalitu obrobené plochy.

1.1 Užité matematické plochy

V úvodu diplomové práce byl zmíněn software, který byl využit k vytvoření modelu. Jedná se o CAD software „střední třídy“ SolidWorks od společnosti Solidvision. Tento objemový CAD modelář pracuje s plochami typu NURB, touto zkratkou jsou označeny neuniformní racionální B – spline křivky a plochy. Některé z vlastností křivek či ploch jsou uvedeny již v jejím názvu. Vzdálenost uzlových bodů ve smyslu parametru t , které nemusí být konstantní (neuniformní). Každý řídicí bod je prezentován homogenními souřadnicemi (racionální). Konstrukce NURBS křivek vychází z racionálních Béziových křivek. Pro hodnoty $w_i = 1$ je NURBS Béziovou křivkou [14].

Vlastnosti NURBS křivek:

- možnost definovat křivku tak, aby procházela prvním a posledním bodem řídicího polygonu,
- změna váhy jednoho bodu nebo jeho posunutí ovlivní jen část křivky,
- umožňují přesné vyjádření kuželoseček,
- jsou invariantní vůči projektivním transformacím [4].

NURBS plochu definuje vztah:

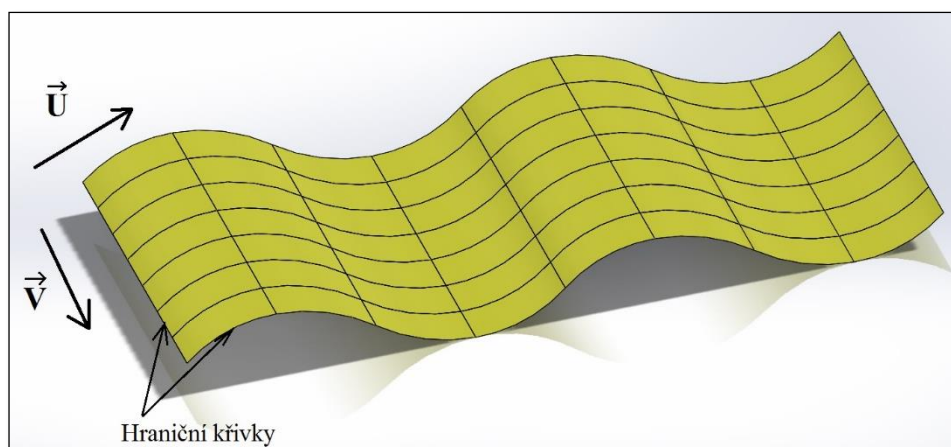
$$Q(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_{i,j} P_{i,j} N_{i,p}(u) N_{j,q}(v)}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_{i,j} N_{i,p}(u) N_{j,q}(v)}, \quad (1.1)$$

kde:

$w_{i,j}$ – váhy bodů (homogenní souřadnice)

$P_{i,j}$	–	řídící síť P
n, m	–	počet řídících bodů
p a q	–	stupeň polynomů
$N_{i,p}(u), N_{i,q}(v)$	–	normalizované B-spline bázové funkce [14]

Pro celkové určení NURBS plochy jsou potřebné dva uzlové vektory, **U** s velikostí $n + p + 1$ a **V** s velikostí $m + q + 1$ [1]. Jejich grafické znázornění je zobrazeno na obrázku 1.2



Obr. 1.2 Zobrazení směrů vektorů **U** a **V** na zkušební ploše.

Hlavní důvody užití NURBS křivek:

- neomezené konstrukční možnosti – rychlá změna tvaru pomocí změny polohy bodu, váhy bodu, uzlového vektoru či na stupně křivky,
- místní změny tvaru – při změně zadaných parametrů jednoho bodu se změní jen lokální okolí křivky,
- zachování spojitosti při změně vstupních parametrů,
- rychlý a stabilní algoritmus pro výpočet,
- možnost konstrukce kuželosečkových oblouků.

1.2 Řezné prostředí

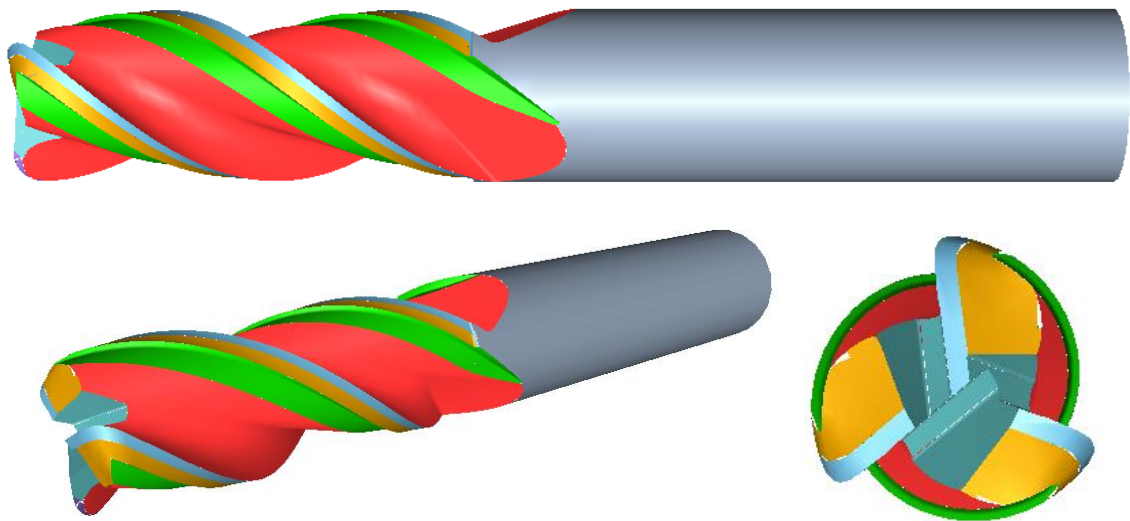
Jako řezné prostředí byla zvolena emulzní kapalina od české společnosti PARAMO a.s. s označením ERO – SB. Tato emulze v koncentraci od 3% do 7% je podle využití vhodná pro třískové obrábění železných i neželezných slitin kovů. Na spodní hranici koncentrace je emulze vhodná pro brousící operace. Pro obráběcí operace je doporučena koncentrace na horní hranici. Pro realizaci vzorků pro diplomovou práci (dále jen DP) byla zvolena koncentrace 6% [8].

1.3 Výběr použitých nástrojů

Pro obrobení součásti byly vybrány pro malé rozměry obrobku dvě monolitní stopkové frézy ze slinutého karbidu. Obě frézy byly opatřeny povlakem AlTiN HM.

1.3.1 Fréza D10r1,6 (dále jen fréza č. 1)

Byla vyrobena firmou Brusmar z Kyjova. Jedná se o třízubou monolitní frézu ze slinutého karbidu N10 s nepřímou roztečí zubů (viz obr. 1.3). Technická data s řeznými podmínkami a nástrojovými úhly jsou uvedeny v tab. 1.1.



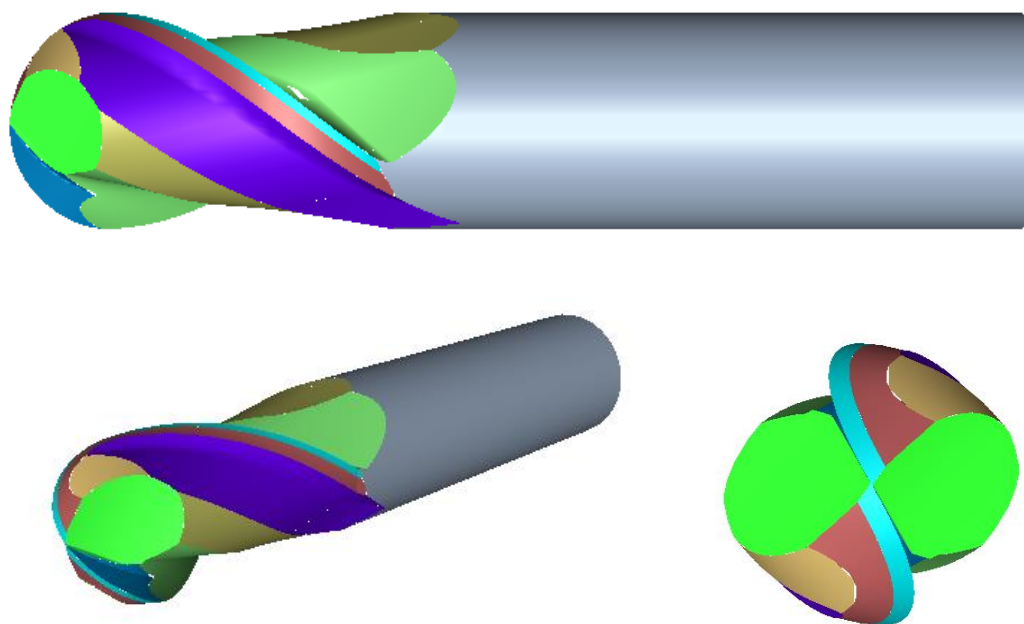
Obr. 1.3 Monolitní fréza č. 1 od firmy Brusmar.

Tab. 1.1 Popis frézy č. 1 a její technologická data.

Geometrie frézy D10r1,6	Jednotka	Hodnota
Poloměr špice	[mm]	1,6
Stoupání šroubovice	[°]	40
Rozteč břitů	[°]	0, 118, 237
Úhel γ_0 ve šroubovici i na čele	[°]	10
Úhel α_{01} na čele	[°]	10
Úhel α_{02} na čele	[°]	20
Úhel α_{01} ve šroubovici	[°]	13
Úhel α_{02} ve šroubovici	[°]	21
Délka řezné části břítu	[mm]	25
Posuv na zub – dokončení	[mm]	0,11
Posuv na zub – hrubování	[mm]	0,23
Otáčky vřetene	[min ⁻¹]	10000
Řezná rychlost	[m.min ⁻¹]	314

1.3.2 Fréza D6r3 (dále jen fréza č. 2)

Byla též vyrobena firmou Brusmar z Kyjova. Jedná se o kulovou dvouzubou monolitní frézu ze slinutého karbidu (viz obr. 1.4). Technologická a technická data jsou uvedena v tab. 1.2.



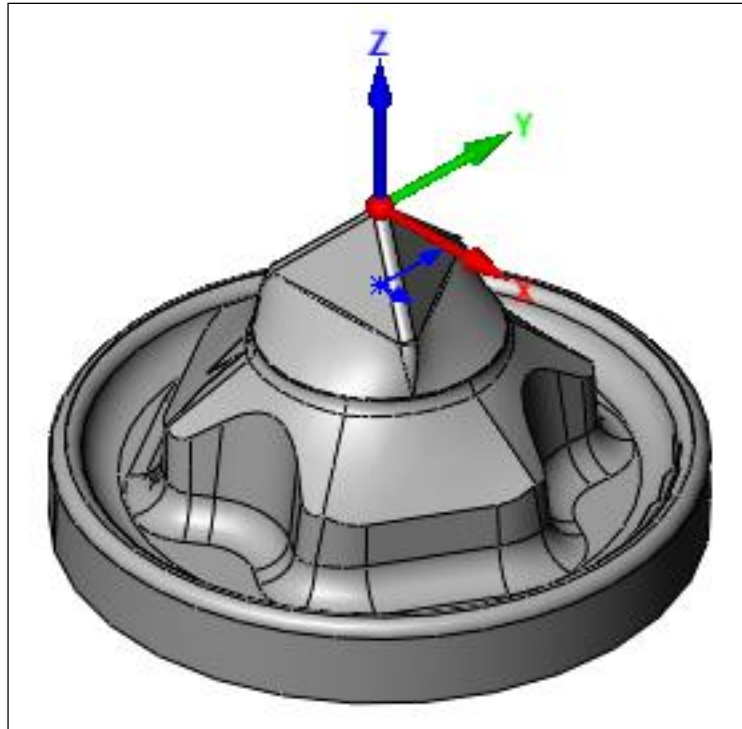
Obr. 1.4 Monolitní kulová fréza č. 2 od firmy Brusmar.

Tab. 1.2 Popis frézy č. 2 a její technologická data.

Geometrie frézy D6r3	Jednotka	Hodnota
Poloměr špice	[mm]	3
Stoupání šroubovice	[°]	35
Rozteč břitů	[°]	0, 180
Úhel γ_0 ve šroubovici i na čele	[°]	10
Úhel α_{01} na čele	[°]	10
Úhel α_{02} na čele	[°]	10
Úhel α_{01} ve šroubovici	[°]	20
Úhel α_{02} ve šroubovici	[°]	20
Délka řezné části břítu	[mm]	30
Posuv na zub – dokončení	[mm]	0,13
Posuv na zub – hrubování	[mm]	0,17
Otáčky vřetene	[min ⁻¹]	10000
Řezná rychlost	[m.min ⁻¹]	188

1.4 Upínací přípravky, nulové body

Obrobek byl upnut do hydraulického svěráku s mechanickým dorazem pro snadné upínání polotovaru k obrobení bez nutnosti znovu odměřovat polohu nulového bodu. Poloha nulového bodu byla zvolena ve středu horní podstavy kváдру polotovaru (viz obr. 1.5). Na obrázku je též vidět počátek ze software CAD SolidWorks.



Obr. 1.5 Umístění nulového bodu na obrobeném modelu.

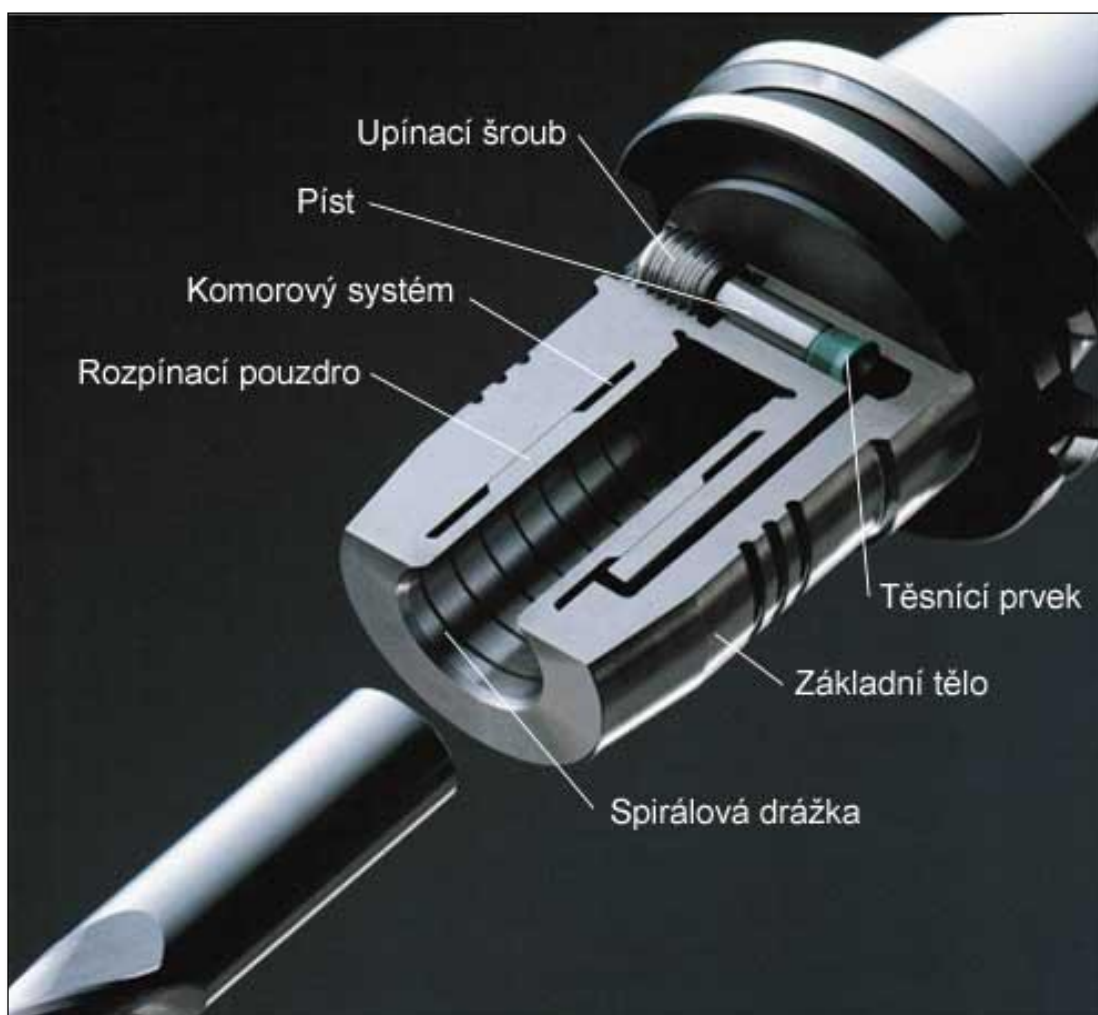
Upnutí frézovacích nástrojů bylo realizováno pomocí hydraulických kleštin pro zvýšení tuhosti upnutí a minimalizaci obvodového házení. Upnutí fréz je zobrazeno na obr. 1.6 a obr. 1.7. Princip funkce hydraulického upínače je znázorněn na obr. 1.8.



Obr. 1.6 Upnutí frézy č. 1.



Obr. 1.7 Upnutí kulové frézy č. 2.



Obr. 1.8 Řez hydraulickým upínačem s popisem částí [7].

1.5 Využitá CNC frézovací centra k obrobení vzorků

Pro obrobení vybrané součásti byl vybrán stroj MCV 1016 QUICK od společnosti Kovosvit. Pro posouzení vlivu tuhosti soustavy SNO na kvalitu obrobené plochy a rozměrové přesnosti byl vybrán obráběcí stroj FV 25 CNC A od firmy Obráběcí stroje Olomouc, spol. s.r.o. Oba stroje jsou vybaveny obráběcím systémem Heidenhain iTNC 530.

1.5.1 Frézovací centrum MCV 1016 QUICK od firmy Kovosvit

Jedná se o tříosé frézovací centrum využívané především k obrábění nástrojů pro vstřikování plastů a lití hliníkových a zinkových slitin. Technické parametry jsou uvedeny v tab. 1.3.



Obr. 1.9 Frézovací centrum MCV 1016 QUICK [5].

Tab. 1.3 Technická data stroje.

Technické parametry stroje MCV 1016 QUICK	Jednotky	Hodnoty
Velikost stolu	mm	1300x600
Maximální posuv v ose X	mm	1016
Maximální posuv v ose Y	mm	610
Maximální posuv v ose Z	mm	710
Maximální pracovní posuv	mm.min ⁻¹	15000
Rychloposuv	mm.min ⁻¹	30000
Dutina vřetena		ISO 40
Zatížení stolu	kg	700
Otáčky stroje	min ⁻¹	10000
Výkon motoru na vřetenu	Kw	17
Krouticí moment motoru na vřetenu	Nm	162
Hmotnost stroje	kg	1500
Přesnost nastavení polohy	mm	0,012
Opakovatelnost nastavení polohy	mm	0,005

1.5.2 Frézovací centrum FV 25 CNC A

Jedná se o výrobek firmy Obráběcí stroje Olomouc, spol. s.r.o. Stroj je řešen jako konzolová frézka s pevným vřeteníkem (obr. 1.10). Pohyb v ose Z je realizován vysunutím pinoly, proto je vhodný především pro vrtací a závitovací operace. Technické parametry jsou uvedeny v tab. 1.4.



Obr. 1.10 Frézovací centrum FV 25 CNC A.

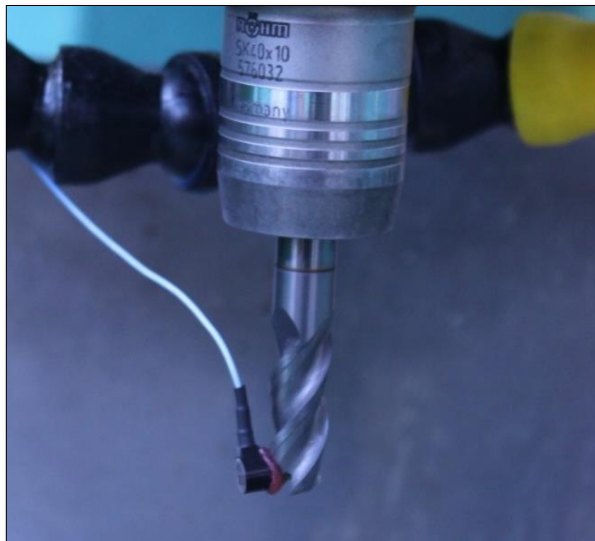
Tab. 1.4 Technické parametry stroje.

Technické parametry stroje FV 25 CNC A	Jednotky	Hodnoty
Velikost stolu	mm	1300x300
Maximální posuv v ose X	mm	760
Maximální posuv v ose Y	mm	355
Maximální posuv v ose Z	mm	152
Maximální pracovní posuv	mm.min ⁻¹	2500
Rychloposuv	mm.min ⁻¹	7000
Dutina vřetena		ISO 40
Zatížení stolu	kg	200
Otáčky stroje	min ⁻¹	50-1500
	min ⁻¹	1500-6000
Výkon motoru na vřetenu	KW	5,5
Krouticí moment motoru na vřetenu	Nm	140
Hmotnost stroje	kg	1500
Odměrovací jednotka	mm	0,001
Přesnost A (dle ISO 230-2)	mm	0,015

1.6 Měření tuhosti soustavy SNO na frézovacím centru FV 25 CNC A

Sledování vibrací při procesu frézování se jeví jako zásadní pro ovlivnění kvality obrobene plochy, ale i na opotřebení břitu nástroje a tím jeho sníženou trvanlivost. Samotný vznik vibrací nejvíce ovlivňuje vnikání břitu do obráběného materiálu a neustále se měnící průřez třísky. Pro maximální využití výkonu nástroje je třeba dostatečné tuhosti soustavy SNO, která je schopna řezné síly a vznikající vibrace při obrábění utlumit. V případě využití nástroje, jehož výkon převyšuje možnosti stroje, je třeba přizpůsobit technologické podmínky obrábění použitému obráběcímu centru (snížení hloubky záběru a_p , případně snížení otáček vřetene či posuvu f_z).

K měření vibrací nástroje byl použit analyzátor Pulse+ od dánské firmy Brüel & Kjær. Převod dat z časové do frekvenční oblasti používá systém FFT (rychlá Fourierova transformace). Důležitou součástí vybavení byl notebook s vyhodnocujícím softwarem TXF Milling a zabudovanou zvukovou kartou, dále měřicí sonda (akcelerometr) a rázové kladivo pro určení dynamické tuhosti nástroje (viz obr. 1.11 a obr. 1.12). Poslední součástí byl mikrofon k zaznamenání frekvencí zvuků při obrábění [11].



Obr. 1.11 Snímač kmitů pro nastavení výchozích podmínek pro matematický výpočet softwaru.



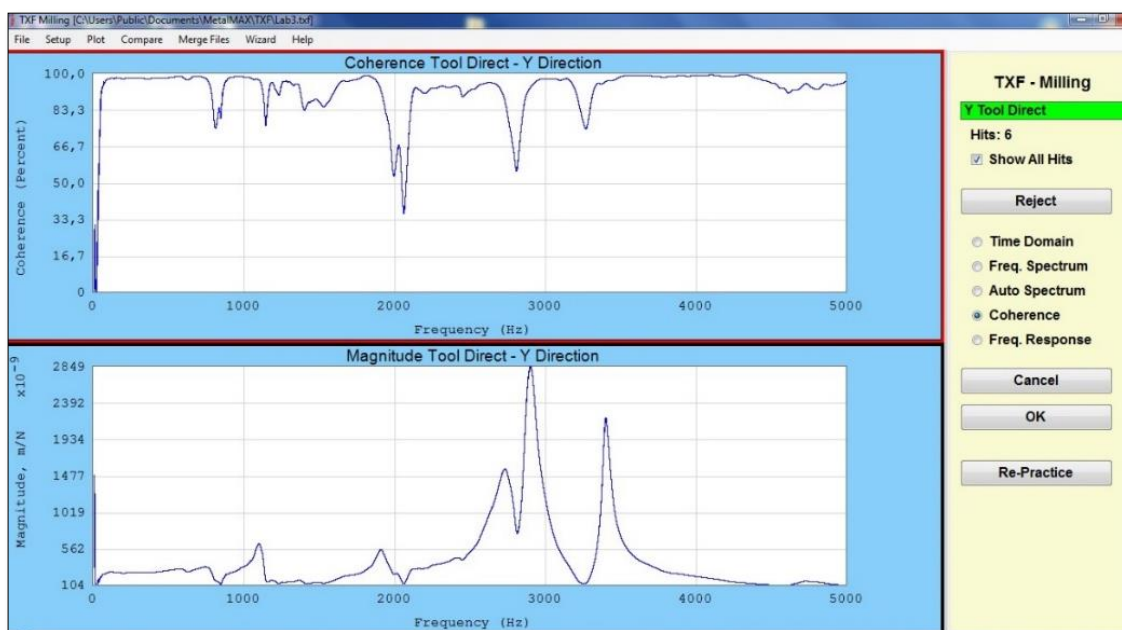
Obr. 1.12 Záznam jednotlivých kmitů při použití rázového kladiva.

Před samotným obráběním a měřením vzniklých vibrací bylo třeba určit frekvenční přenosové funkce použitého nástroje. Postup měření spočíval v připevnění akcelerometru na nástroj (viz obr. 1.11) a následným úderem modálního kladiva do protilehlého místa na obvodu nástroje (viz obr. 1.12). Podstatou je měření časového průběhu dynamického buzení soustavy modálního kladiva ($f(t)$), současně odpovídajícího časovému průběhu odezvy testované soustavy upnutého nástroje s vřetenem ($x(t)$) ve frekvenční oblasti [10].

Pro tuto frekvenční přenosovou funkci $H(\omega)$ byl definován vztah:

$$H(\omega) = \frac{X(\omega)}{F(\omega)} \quad [11]. \quad (1.2)$$

Bylo provedeno sedm úderů do stejného místa, přičemž přenosová frekvenční funkce byla získána zprůměrováním sedmi naměřených funkcí (se zvyšujícím se počtem měřených úderů byl dosažen přesnější výsledek). Dynamické vlastnosti použitého nástroje jsou zobrazeny na obr. 1.13. Horní diagram určuje přesnost změřených dat o frekvenční přenosové funkci. V okolí 2 kHz je funkce nejméně přesná. Spodní diagram je výsledek měření kmitu buzených modálních kladivem. Jde o zjištění vlastních frekvencí nástroje, tzn. frekvencí, při kterých bude mít nástroj tendenci vibrovat.

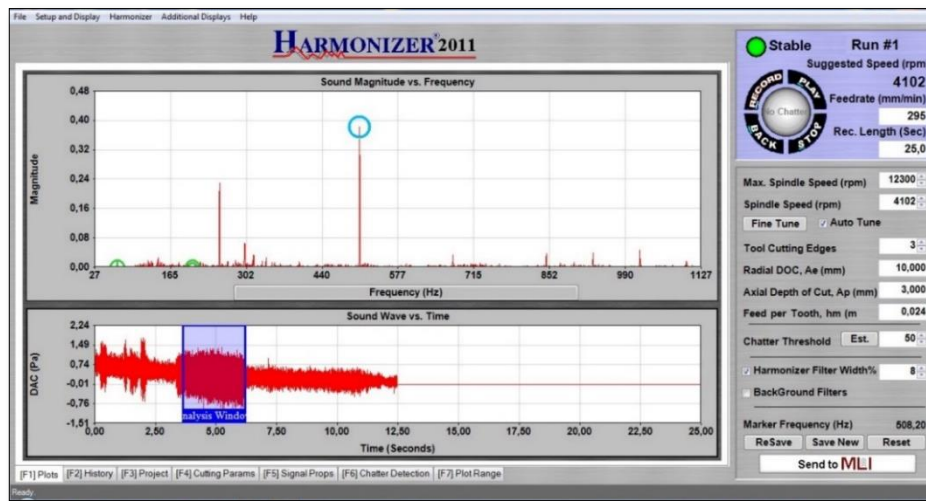


Obr. 1.13 Výsledek testu dynamické tuhosti a koherence použitého nástroje.

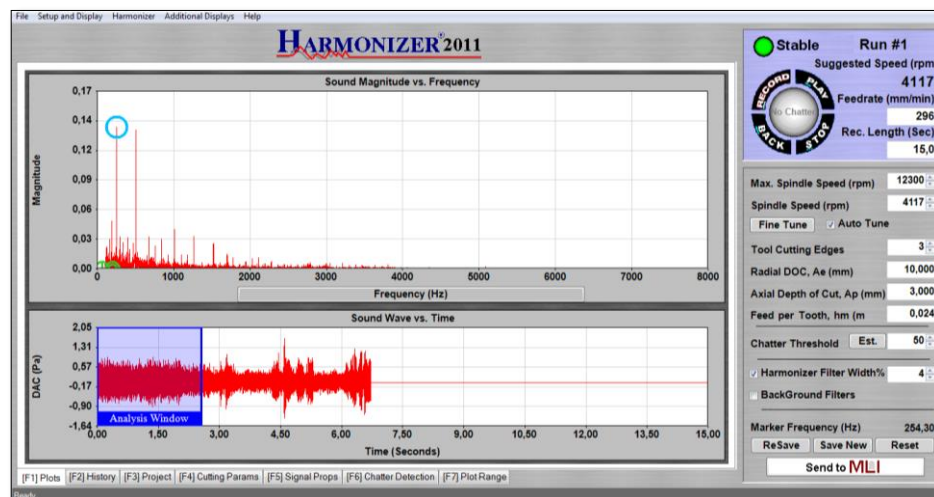
Testování nástroje při frézování bylo provedeno pro tři varianty:

- varianta č. 1: $a_p = 17$ mm, $a_e = 1,2$ mm
- varianta č. 2: $a_p = 17$ mm, $a_e = 1$ mm
- varianta č. 3: $a_p = 3$ mm, $a_e = 10$ mm

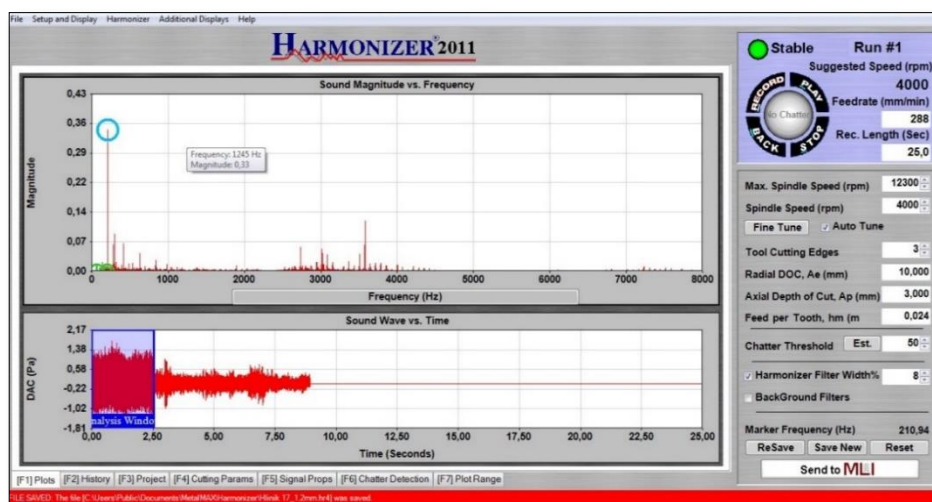
Výsledné grafy frekvenčního spektra jednotlivých variant jsou zobrazeny na obr. 1.14, 1.15 a 1.16. Na uvedených grafech lze vidět vlastní frekvence soustavy při určitém zatížení (řezné síly). Každému píku odpovídá jedna frekvence, se kterou nástroj vibruje. Z uvedených zkoušek se jeví jako stabilní pouze varianta č. 2. Ostatní varianty se jeví jako nestabilní [10].



Obr. 1.14 Vlastní kmity nástroje, varianta 1.

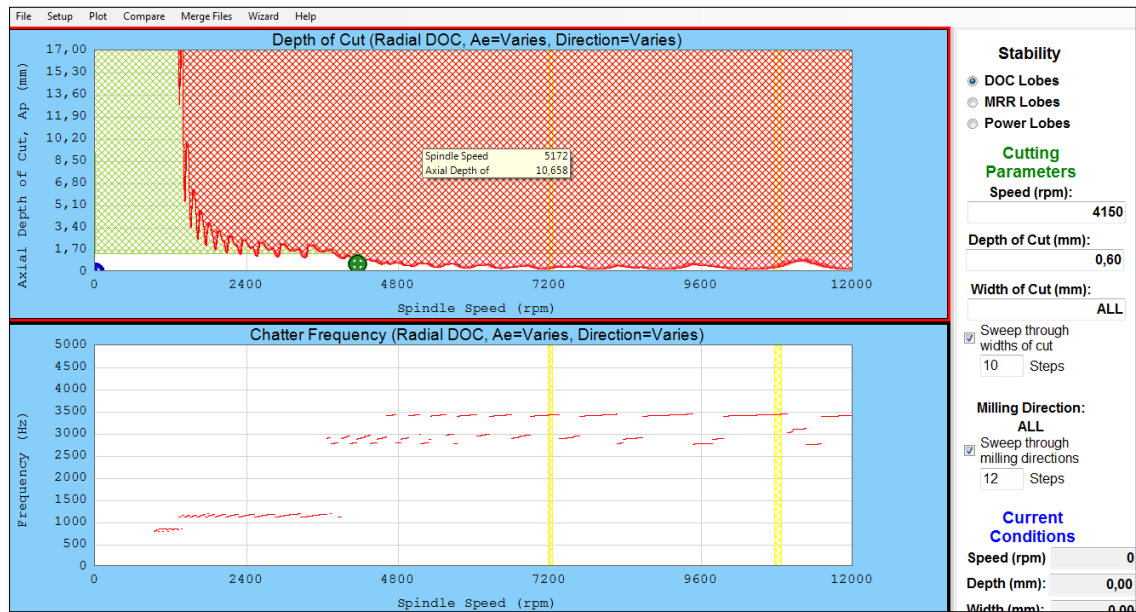


Obr. 1.15 Vlastní kmity nástroje, varianta 2.



Obr. 1.16 Vlastní kmity nástroje, varianta 3.

Výsledkem celého měření vibrací je výpočet stabilního diagramu na obr. 1.17. Jedná se o graf závislosti otáček vřetene na hloubce záběru a_p . Zelená oblast grafu zahrnuje vyhovující poměr mezi hodnotami a_p a otáčkami vřetene bez vznikajících vibrací ovlivňujících negativně podmínky obrábění. Červená oblast zahrnuje kombinace s výskytem vibrací. Řezné podmínky pro výrobu vzorku č. 7 byly upraveny na hodnoty v zelených polích grafu, tedy bez výskytu vibrací ovlivňujících kvalitu obrobenej plochy a snížení trvanlivosti řezného nástroje.



Obr. 1.17 Vyhodnocení reálných řezných podmínek bez vzniku vibrací.

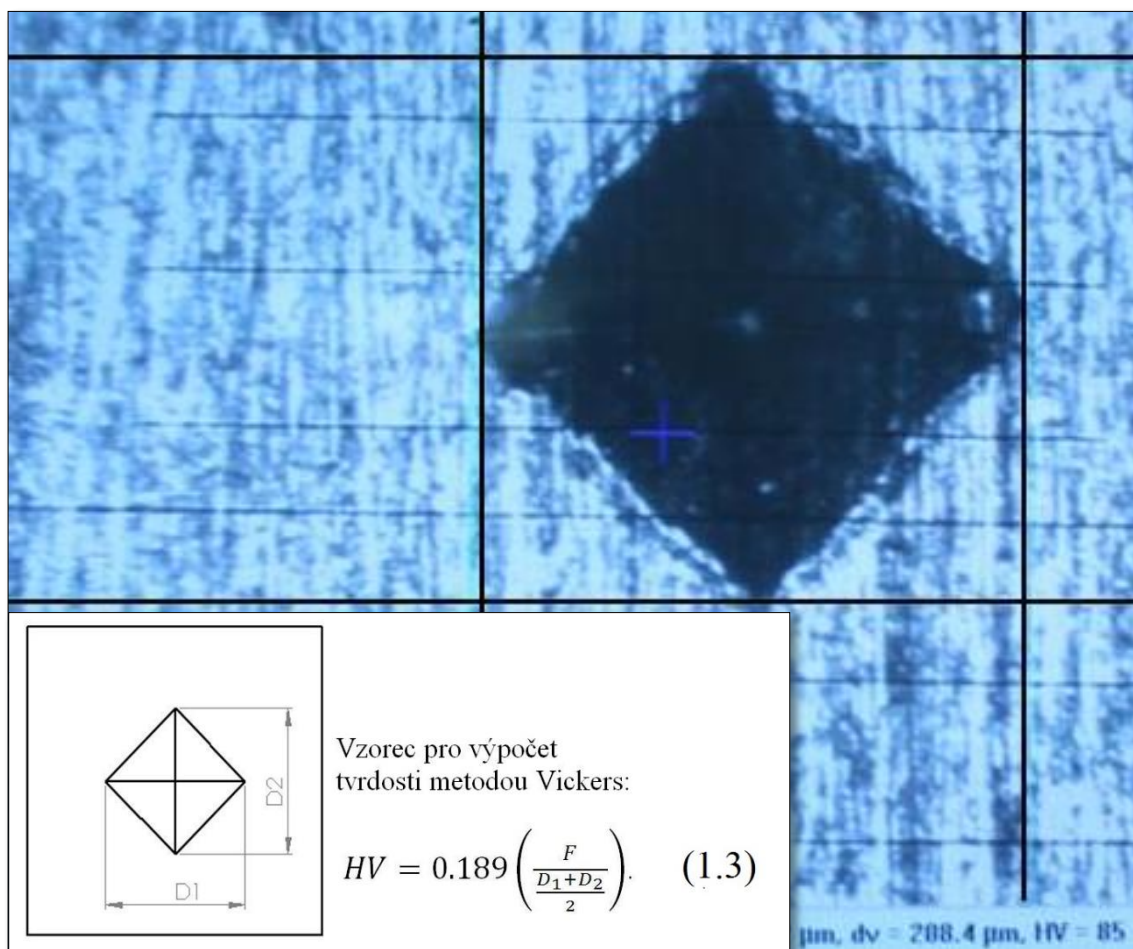
1.7 Měření tvrdosti obráběného materiálu

Pro správné určení technologických podmínek pro hrubování bylo nutné znát tvrdost obráběného materiálu v jednotkách HRB (měření tvrdosti metodou Rockwell, tvar impaktního tělesa je koule). K dispozici jsme měli jen měření tvrdosti metodou Vickers. Následné převedení vypočtených hodnot HV na požadované jednotky HRB bylo provedeno pomocí srovnávacích tabulek. Měření probíhalo na měřicím přístroji ZwickRoell (obr. 1.18).

Metoda dle Vickerse spočívá ve vlačování čtyřbokého jehlanu o vrcholovém úhlu 136° do měřeného materiálu po dobu 10 až 15 sekund s daným zatížením (pro toto měření byla stanovena hodnota 2kg). Pro přesnost měření byl přístroj vybaven zařízením pro měření času, aby byla dodržena opakovatelnost měření. Výsledný vtisk byl změřen a dle tabulek byla vypočtena tvrdost v jednotkách HV. Pro měření vzniklého vtisku byl použitý měřicí přístroj vybavený mikroskopem se zvětšením 20:1 a videokamerou, která snímá vytvořený vtisk. Pomocí softwaru ZwickRoell byl vtisk změřen a automaticky byla vypočtena tvrdost v jednotkách HV (viz obr. 1.19). Vypočtená tvrdost byla následně převedena pomocí převodních tabulek na požadovanou tvrdost v jednotkách HRB (viz tab. 1.5).



Obr 1.18 Přístroj pro měření tvrdosti od společnosti ZwickRoell.



Obr 1.19 Zkušební vzorek obráběného materiálu po zatížení a vyhodnocení.

Tab. 1.5 Vypočtené hodnoty tvrdosti metodou Vickers s převodem na jednotky HRB.

Zkouška tvrdosti podle Vickerse	Vypočtená hodnota [HV]	Hodnota převedená [HRB]
Zkušební vtisk č. 1	78	-
Zkušební vtisk č. 2	82	-
Zkušební vtisk č. 3	85	-
Zkušební vtisk č. 4	85	-
Zkušební vtisk č. 5	81	-
Aritmetický průměr	82,2	cca 38

2 NÁVRH ALTERNATIVNÍCH STRATEGIÍ OBRÁBĚNÍ

Návrh alternativních strategií byl vytvořen pro dvě varianty hrubování a tři varianty strategií vedení nástroje pro frézování načisto pro uvedený model, na kterém jsou různé tvary ploch symetricky se opakující. Každý vzorek (č. 3 až č. 5) byl dokončen pouze jedním typem frézovací strategie. Po obrobení vzorků č. 1 až č. 5 a jejich prvním pohledovém zhodnocením byla dodatečně vytvořena strategie pro vzorek č. 6, v níž bylo využito kombinace dvou strategií frézování k dosažení požadovaného cíle. Další možností hodnocení byla změna CNC frézky pro porovnání tuhosti soustavy SNO. Pro toto porovnání byl využit jen program pro vzorek č. 6. Programy ostatních vzorků nebyly realizovány z časových důvodů. Návrh je dále zaměřen na volbu nástrojů, řezných podmínek a řezného prostředí. Seřizovací listy potřebné pro operátora stroje byly vytvořeny ke všem programům a jsou uvedeny v příloze č. 2. Obsahují generované celkové strojní časy i pro jednotlivé operace, seznam použitých nástrojů, řezné podmínky pro jednotlivé nástroje, polohu nulového bodu obrobku a další informace.

2.1 Aplikace konkrétní metodiky řešení problému

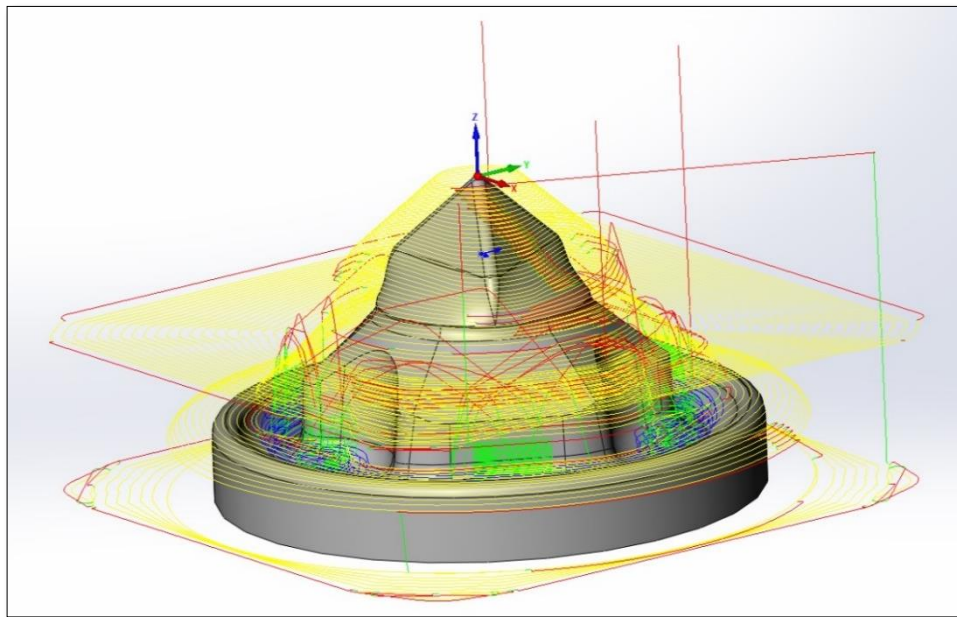
V této podkapitole jsou popsány všechny realizované strategie frézování jak pro hrubovací operace, tak pro obrábění na čisto. Všechny navržené strategie byly zrealizovány. Jeden ze vzorků je zobrazen na obr. 2.1



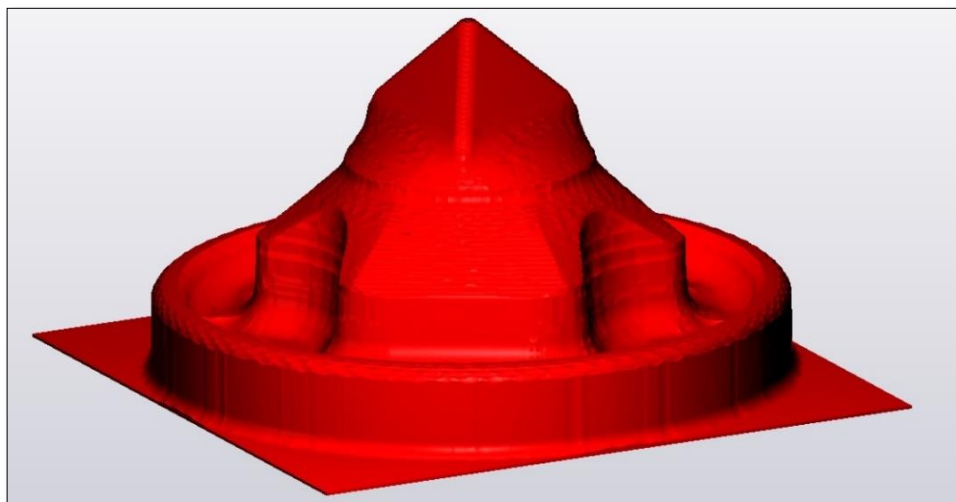
Obr. 2.1 Obrobený vzorek na stroji MCV 1016 QUICK.

2.1.1 Hrubování metodou HPC – vzorek č. 1

Základní myšlenkou u hrubování bylo odebrat maximální objem materiálu za minimální čas bez ohledu na kvalitu obrobené plochy. Z tohoto důvodu byla pro vzorek č. 1 použita technologie HPC (High Performance Cutting), která je v použitém CAM software označena jako 3D iMachining. Základní myšlenkou této strategie je obrábění celou výškou řezné části nástroje. Po obrobení veškerého materiálu, kde se nástroj pohyboval celou řeznou částí v záběru, pokračoval v obrábění krokem nahoru dle zadaného přídávku na dokončení. Velikost posuvu f_z se snižující se hloubkou řezu zvyšuje. Dráhami nástroje jsou spirály nebo tzv. trochoidy (trochoida je dána rotačním a translačním pohybem, jehož pomocí je řez přerušován a tím je zabráněno vibracím).



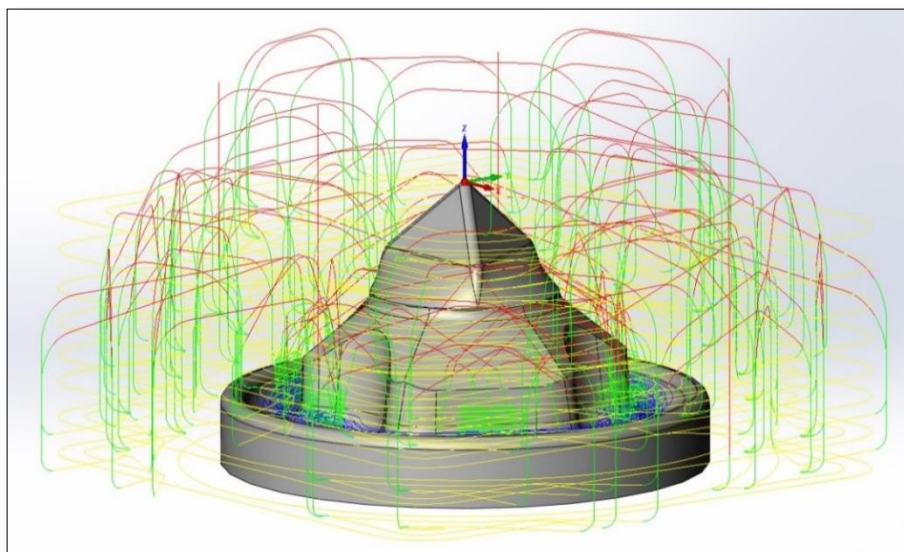
Obr. 2.1 Dráhy nástroje č. 1 hrubování metodou HPC jsou vyznačeny žlutou barvou, modrou barvou jsou označeny dráhy nástroje č. 2.



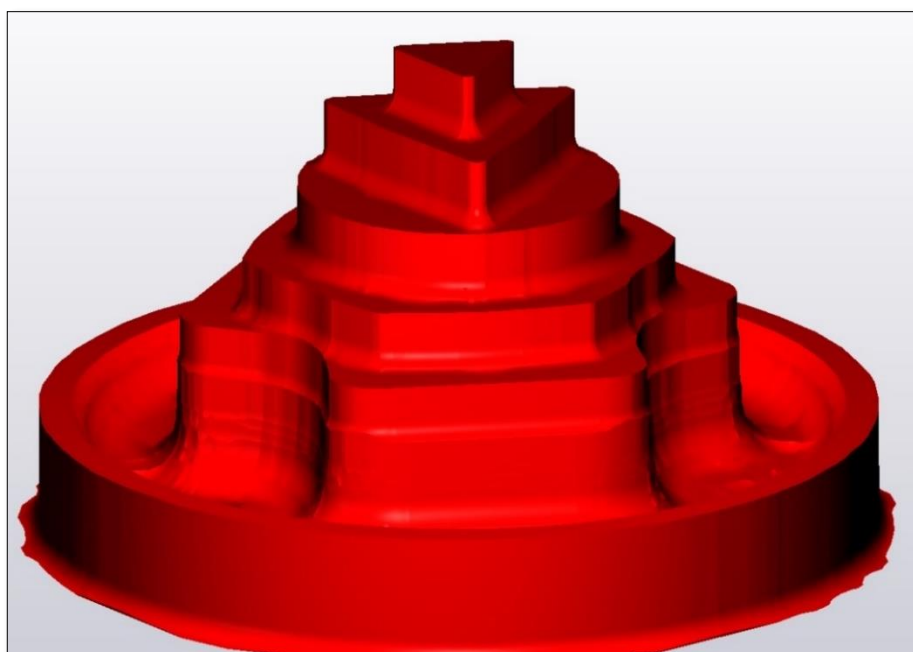
Obr. 2.2 Simulace zbytkového materiálu po hrubovací operaci nástrojem č. 1 a č. 2.

2.1.2 Hrubování metodou krok dolů – vzorek č. 2

Pro hrubování vzorku č. 2 byl použit standardní hrubovací modul HSR, který generuje dráhy pomocí zadané hodnoty a_p (krok dolů byl konstantní s hodnotou 5mm) a a_e (stranový krok byl generován CAM software podle obrobene geometrie, maximální překrytí nástroje bylo stanoveno 40% průměru nástroje) společně se zadaným přídávkem na stěnu pro dokončovací operace. Vlivem velké hodnoty kroku dolů zůstal velký schodovitý přírůstek materiálu na tvarových plochách (viz obr. 2.4). Tudíž bylo nutné doplnit hrubovací operaci o dohrubování stejným nástrojem, ale s malým krokem dolů (0,3mm).



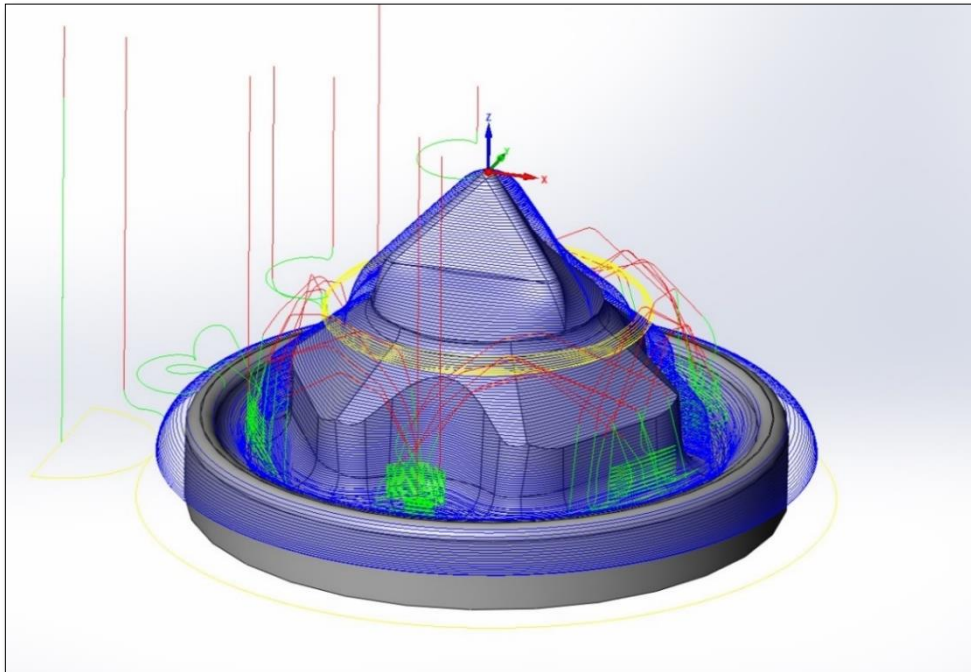
Obr. 2.3 Zobrazení drah nástroje č. 1 (žlutá) a č. 2 (modrá) pro hrubovací operaci (krok dolů).



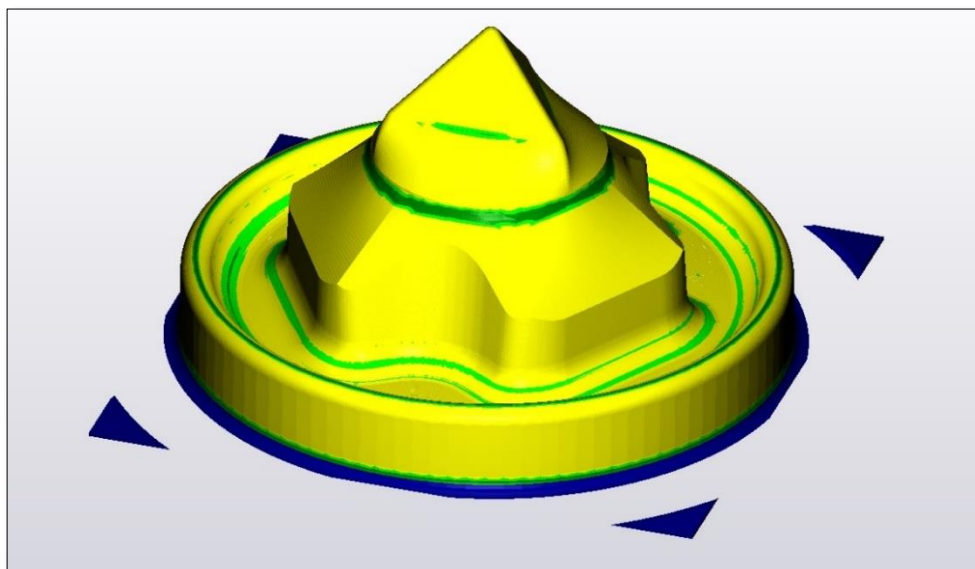
Obr. 2.4 Simulace zbytkového materiálu, velké „schody“ materiálu je třeba dohrubovat.

2.1.3 Obrobení načisto pomocí strategie spirálový pohyb po šroubovici – vzorek č. 3

V tomto kroku bylo realizováno dokončení ploch kulovou frézou č. 2. Pro vzorek č. 3 byla použita strategie šroubovice. Tato strategie se vyznačuje konstantním krokem dolů a nástroj se pohybuje po spirále. Tudíž nezanechává žádné nepravidelné stopy na obrobeném povrchu. Nevýhodou této strategie obrábění je neobrobení tvarových ploch na daném vzorku, jak je vidět na obr. 2.6. Pro hrubování byla použita u všech následujících vzorků strategie ze vzorku č. 1, která byla časově méně náročná než varianta vzorku č. 2 (viz tab. 3.5).



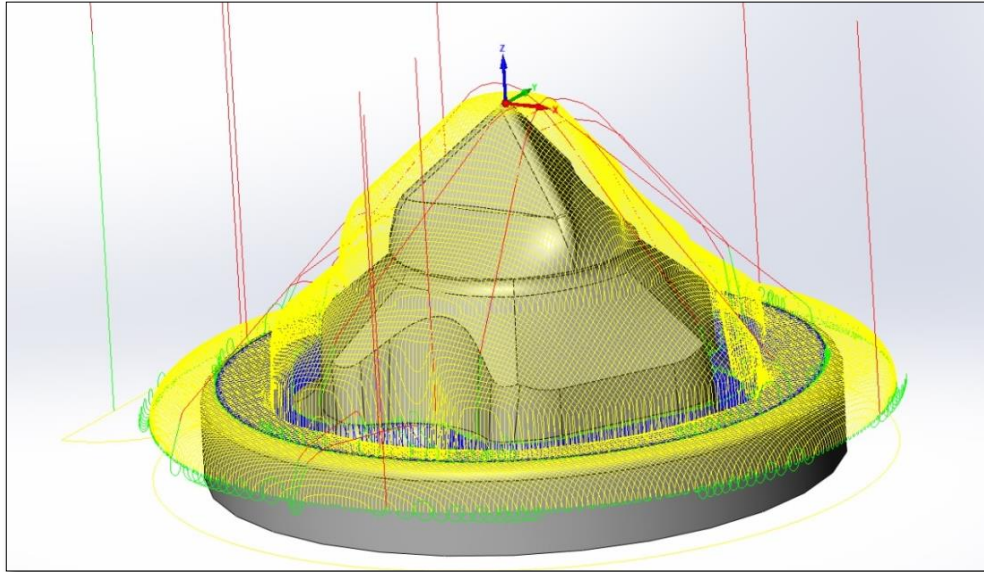
Obr. 2.5 Dráhy nástrojů strategie šroubovice.



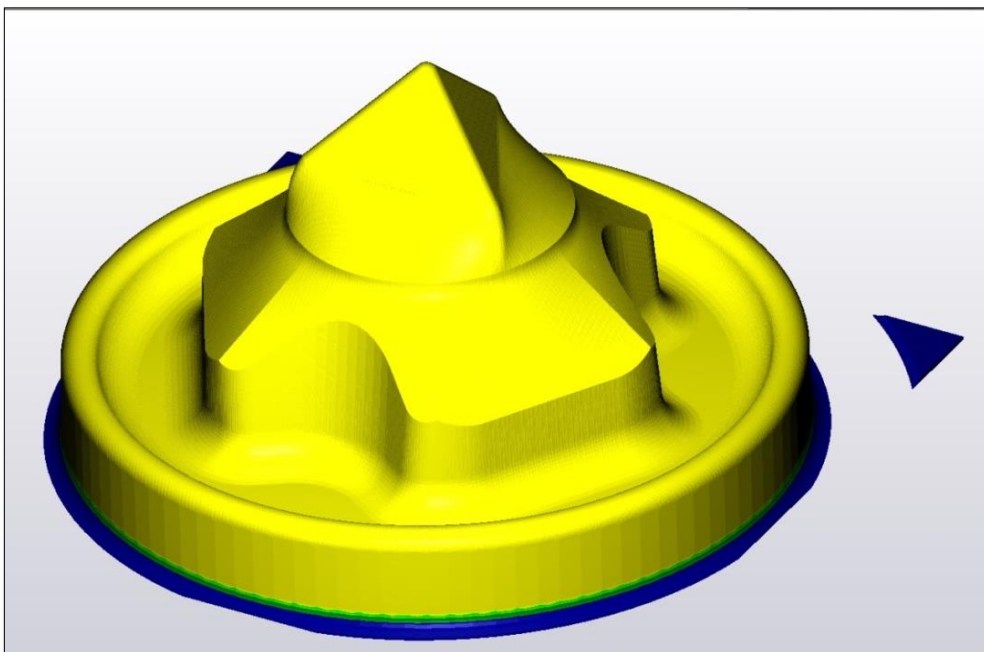
Obr. 2.6 Simulace zbytkového materiálu po obrobení. Žlutá barva označuje plochy obrobené s tolerancí $\pm 0,01$ mm. Zelená barva označuje neobrobené části modelu.

2.1.4 Obrobení načisto pomocí strategie řádkování – vzorek č. 4

Vzorek č. 4 byl realizován pomocí strategie „řádování“, jde o alternativní možnost výroby ke vzorku č. 3. Tato strategie řeže model rovinou rovnoběžnou k ose Z s konstantním krokem ($a_e = 0,5\text{mm}$). Nástroj se pohybuje po obvodu vzniklé plochy. Pro správné obrobení zbytkového materiálu je nutno použít tuto strategii ve dvou rovinách vzájemně na sebe kolmých (viz obr. 2.7). Výhodou této metody je využití celého průměru nástroje k dosažení požadované drsnosti povrchu. Jak je z obr. 2.8 vidět, tato strategie by měla zaručit obrobení vzorku bez zbytkového materiálu.



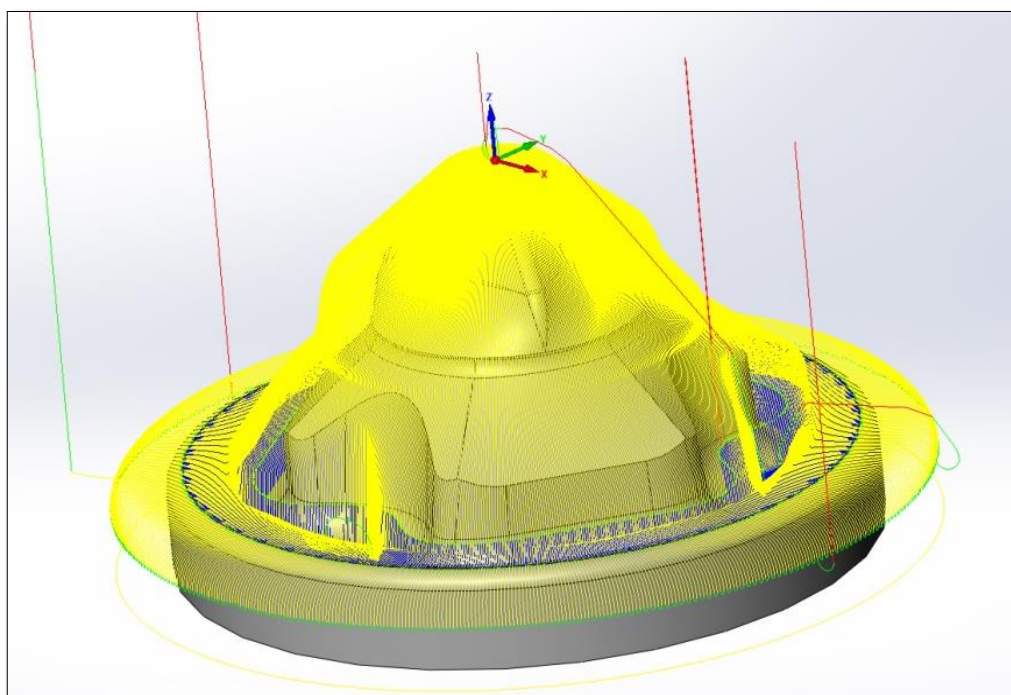
Obr. 2.7 Dráhy nástrojů strategie řádkování.



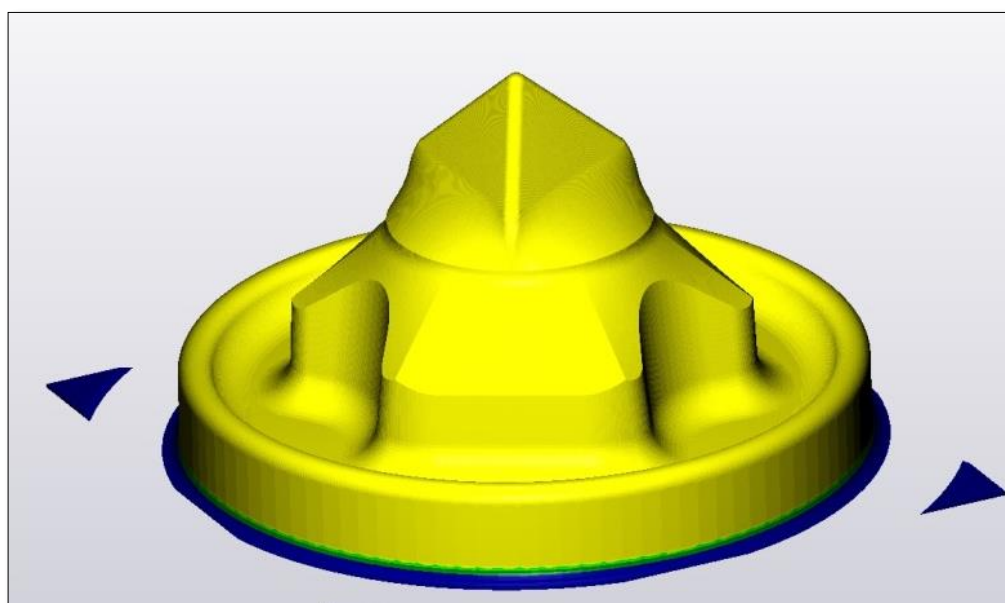
Obr. 2.8 Simulace zbytkového materiálu po obrobení, žlutá barva označuje obrobene plochy s tolerancí $\pm 0,01\text{ mm}$ od matematického modelu.

2.1.5 Obrobení načisto pomocí strategie paprsek – vzorek č. 5

Obrobení vzorku č. 5 je realizováno strategií „paprsek“. Dráhy nástroje začínají v nulovém bodě obrobku a končí v dolní hodnotě osy Z. Poté se přesune o hodnotu 0,5 mm po obvodu a vrací se zpět do nulového bodu. Takto software pokračuje, až vypočítá dráhy po celém obvodu obrobku. Ukázka takto generovaných drah je na obr. 2.9. Simulace zbytkového materiálu má stejnou hodnotu jako vzorek č. 4 (viz obr. 2.10).



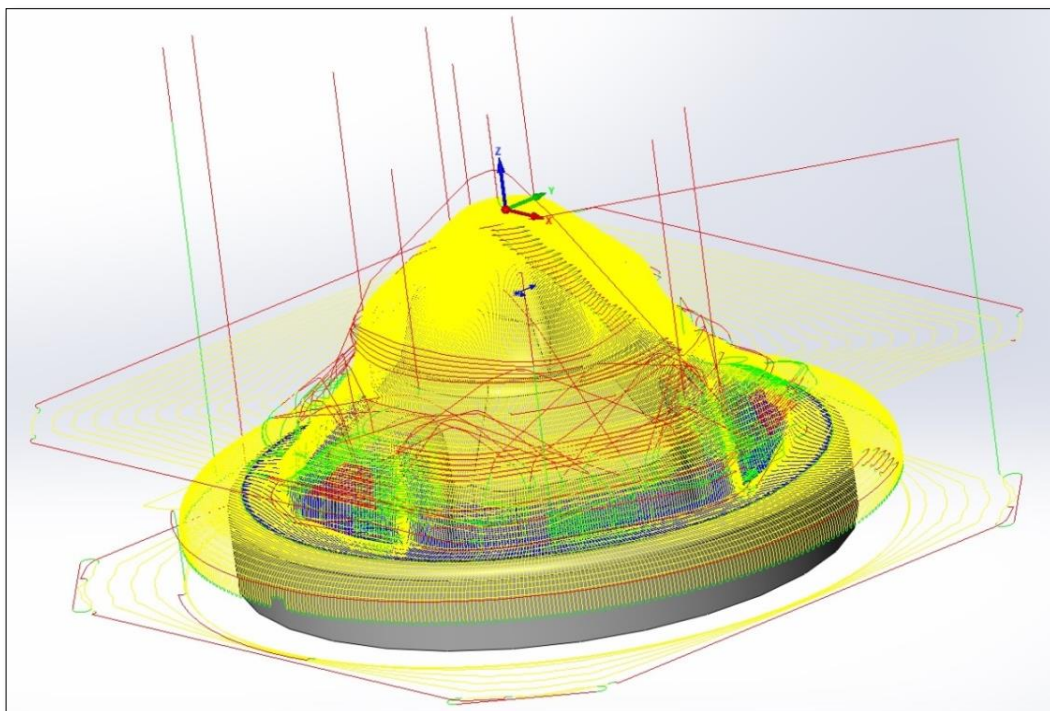
Obr. 2.9 Dráhy nástrojů strategie paprsek.



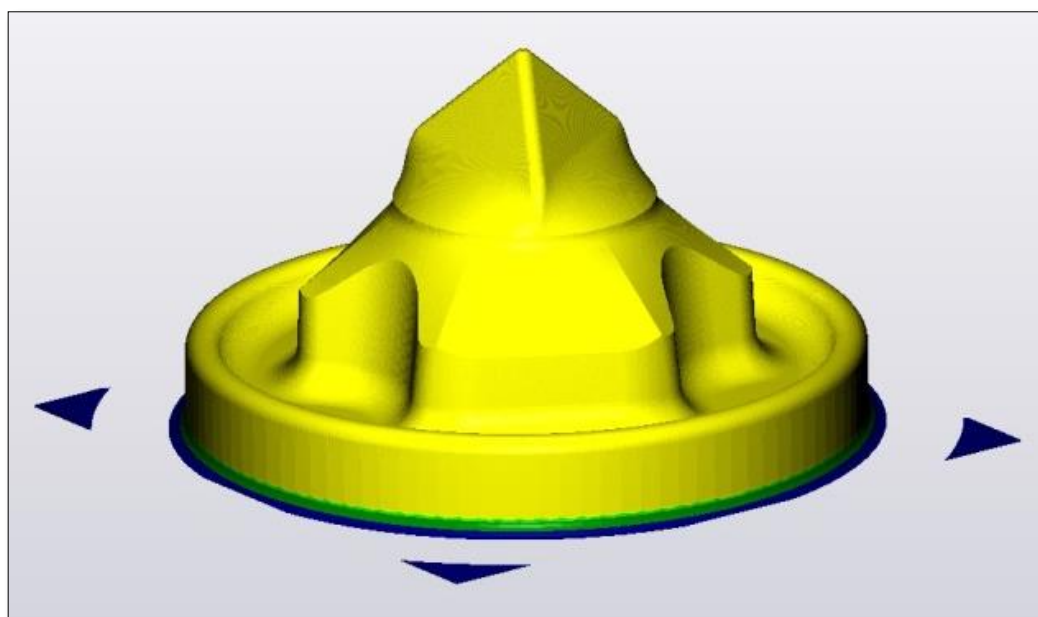
Obr 2.10 Simulace zbytkového materiálu po obrobení, žlutá barva označuje obrobené plochy s tolerancí $\pm 0,01$ mm od matematického modelu.

2.1.6 Obrobení načisto kombinací dvou strategií frézování – vzorek č. 6

Po realizaci vzorků č. 1 až č. 5 a jejich vizuální kontrole bylo přistoupeno k návrhu strategie frézování pro vzorek č. 6, který měl zajistit úplné obrobení zbytkového materiálu. Toto kritérium mělo být zajištěno kombinací dokončovacích strategií ze vzorku č. 3 a č. 5. Simulace zbytkového materiálu byla stejná jako u vzorku č. 4 a č. 5 (viz obr. 2.12).



Obr 2.11 Zobrazení drah nástrojů potřebných k obrobení celé součástky.



Obr 2.12 Simulace zbytkového materiálu po obrobení, žlutá barva označuje obrobene plochy s tolerancí $\pm 0,01$ mm od matematického modelu.

2.2 Rozšíření řešení o vliv tuhosti stroje

Pro porovnání vlivu tuhosti SNO byl zařazen do práce vzorek č. 7. Jedná se o stejný program (stejná strategie frézování), jako byl použit u vzorku č. 6, ale s použitím méně výkonného a tuhé obráběcího centra. V programu byly přizpůsobeny řezné podmínky použitému stroji. Program byl rozdělen na čtyři díly, protože daný stroj nemá zásobník pro výměnu nástrojů. Na obr. 2.13 je zobrazeno obrobení vzorku č. 7 po první části programu.



Obr 2.13 Vyhrubovaný vzorek metodou HPC na stoji FV 25 CNC A.

3 REALIZACE EXPERIMENTŮ, JEJICH STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ

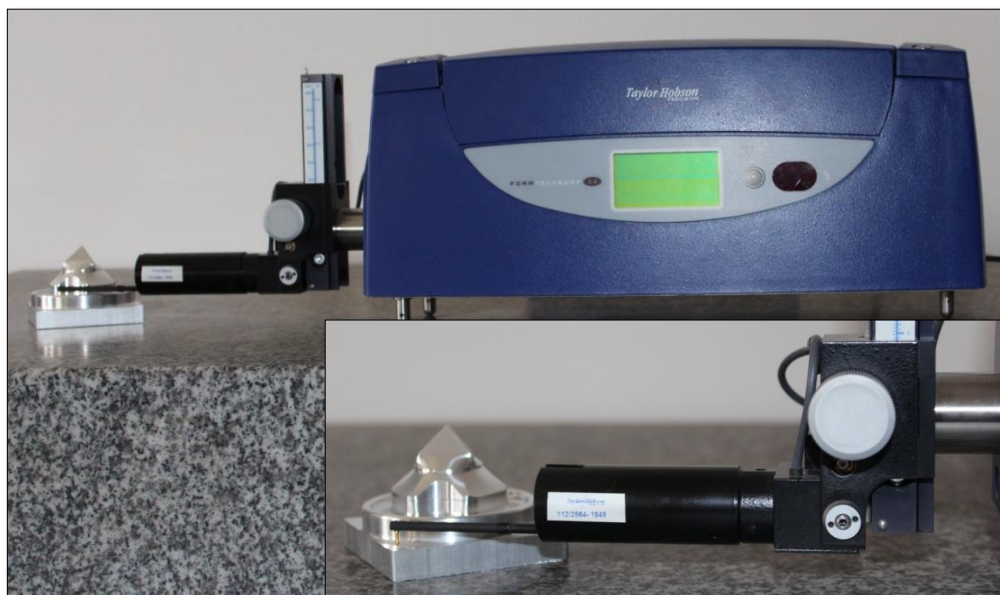
V rámci řešené součásti byly vyrobeny dva kusy vzorků pro hrubovací operace a čtyři kusy vzorků pro vyhodnocení nevhodnější strategie frézování na stroji MCV 1016 QUICK. Pro porovnání vlivu tuhosti stroje na kvalitu obrobené plochy byl obroben jeden kus dle stejného programu jako vzorek č. 6 na školním stroji FV 25 CNC A. Vyhodnocení vhodnosti použití různých strategií bylo založeno na kvalitě obrobené plochy (R_a , R_z a materiálový poměr), přesnosti obrobených ploch (tolerance rozměru, využití 3D skeneru) a časové náročnosti výroby (strojní čas). Vybrané měřené veličiny přímo ovlivňují náklady na výrobu a byly navzájem porovnány, následně byla vyhodnocena nejuvhodnější varianta.

3.1 Vyhodnocení obrobených vzorků

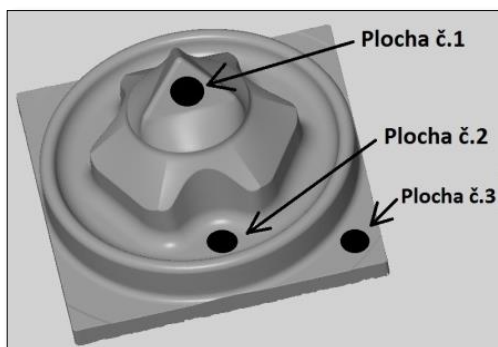
Všechny vzorky byly měřeny kontaktním a bezkontaktním způsobem. Pomocí kontaktní metody byla změřena struktura povrchu na třech vybraných plochách (viz obr. 3.2). Dále byly vzorky skenovány pro analýzu rozměrového porovnání s matematickým modelem. Poslední měření bylo realizováno pomocí bezkontaktního měření struktury povrchu optickým přístrojem Alicona G4g.

3.1.1 Kontaktní měření struktury povrchu obrobených vzorků

Měření probíhalo na měřicím přístroji Taylor&Hobson Form Talysurf 50. Nastavení měřicího přístroje bylo na předpokládané velikosti měřených hodnot $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. Pro danou hodnotu měření byla stanovena celková délka pohybu měřicího hrotu 4,1 mm, které odpovídá měřicímu intervalu pro jednotlivé měřené hodnoty. Samotné měření se odehrává celkem čtyřikrát na délce 0,8 mm. Pro rozběh a dokončení měřicího cyklu je nutná minimální délka (0,9 mm), proto celková délka měření byla 4,1 mm. Pohyb měřicího hrotu byl nastaven vždy kolmo na směr pohybu nástroje. Použitý měřicí přístroj je zobrazen na obr. 3.1. Jednotlivé naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 3.1. Protokoly získané z měření jsou zaznamenány v příloze č. 3.



Obr 3.1 Měření drsnosti na přístroji Taylor&Hobson Form Talysurf 50 s detailem měřené plochy.



Obr. 3.2 Označení měřených ploch na vzorku.

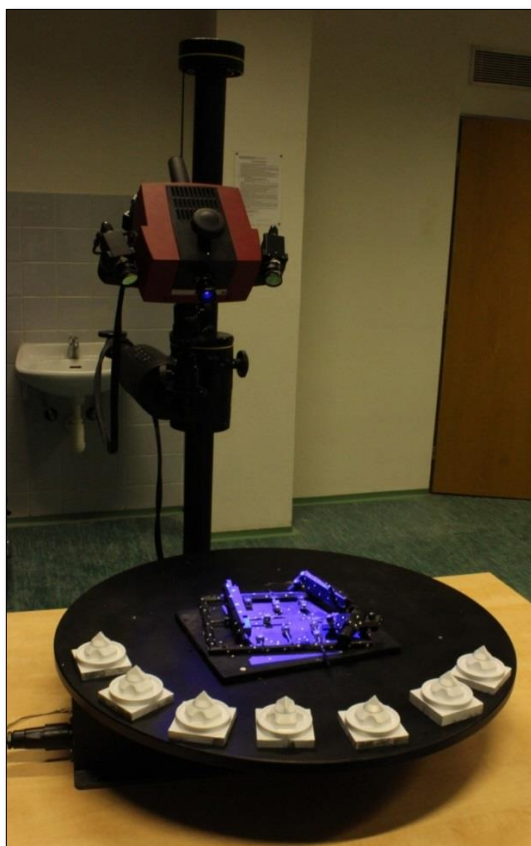
Tab. 3.1 Naměřené hodnoty drsnosti povrchu vzorků 3 až 7 kontaktní metodou.

Měření profilu obrobené plochy vzorků obrobených na hotovo				
Vzorek č. 3	Jednotky	Plocha č. 1	Plocha č. 2	Plocha č. 3
Hodnota Ra	[μm]	0,7880	0,3939	0,3425
Hodnota Rz	[μm]	3,9021	2,1254	1,7574
Pásmo/Htp	[μm]	1,80	1,31	0,86
Delta mr	[%]	59,9	82,3	64,1
Počet výstupků	[-]	31	22	34
Vzorek č. 4	Jednotky	Plocha č. 1	Plocha č. 2	Plocha č. 3
Hodnota Ra	[μm]	1,0044	0,2919	0,3911
Hodnota Rz	[μm]	5,6812	1,8988	1,8192
Pásmo/Htp	[μm]	3,32	1,18	1,00
Delta mr	[%]	80,9	87,7	67,2
Počet výstupků	[-]	34	25	41
Vzorek č. 5	Jednotky	Plocha č. 1	Plocha č. 2	Plocha č. 3
Hodnota Ra	[μm]	0,6033	0,5080	0,4170
Hodnota Rz	[μm]	3,9913	2,7384	1,7452
Pásmo/Htp	[μm]	2,49	1,92	0,85
Delta mr	[%]	90,0	89,0	51,8
Počet výstupků	[-]	22	9	47
Vzorek č. 6	Jednotky	Plocha č. 1	Plocha č. 2	Plocha č. 3
Hodnota Ra	[μm]	0,6242	0,4009	0,2258
Hodnota Rz	[μm]	3,9487	2,5871	1,3241
Pásmo/Htp	[μm]	2,36	1,64	0,68
Delta mr	[%]	85,9	90,5	77,1
Počet výstupků	[-]	25	22	44
Vzorek č. 7	Jednotky	Plocha č. 1	Plocha č. 2	Plocha č. 3
Hodnota Ra	[μm]	1,1219	0,5216	0,4708
Hodnota Rz	[μm]	6,4318	3,7575	2,7516
Pásmo/Htp	[μm]	3,74	2,67	1,77
Delta mr	[%]	82,8	94,5	85,2
Počet výstupků	[-]	16	9	19

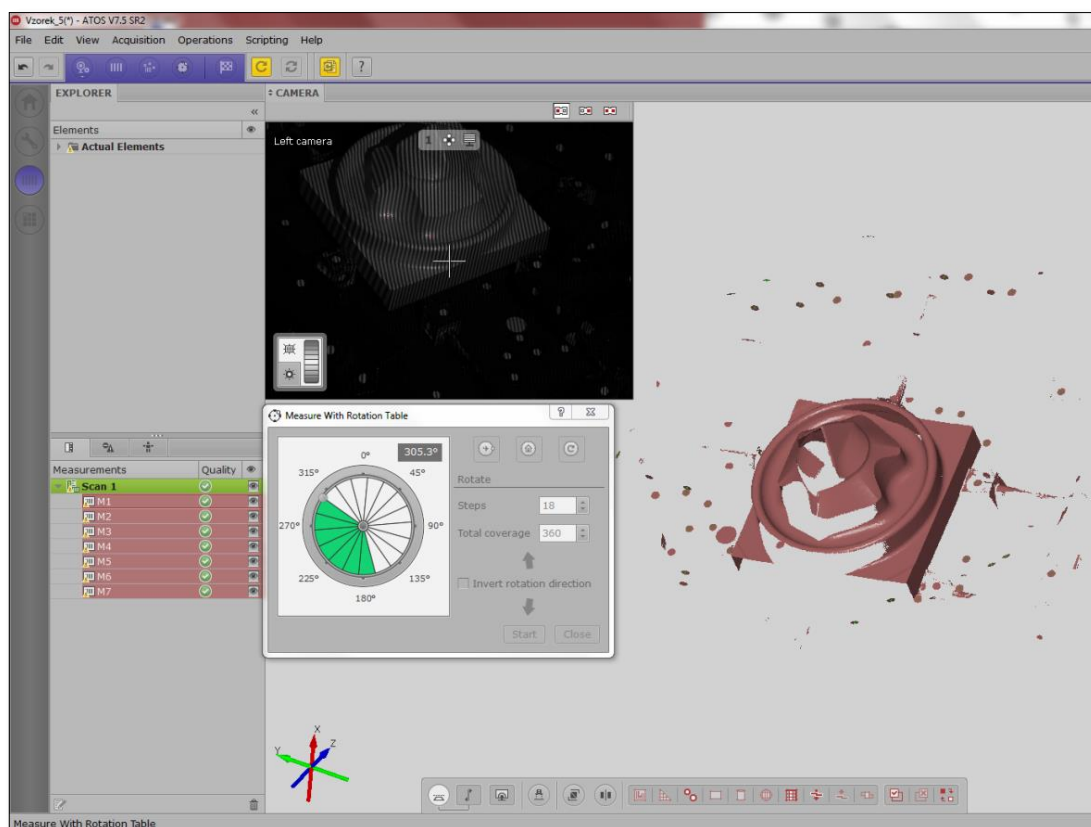
3.1.2 Skenování obrobeneých vzorků

Bylo prováděno na přístroji společnosti GOM. Jedná se o skener s jedním projektoem a dvěma snímacími kamerami. Pro usnadnění a zpřesnění skenování je přístroj opatřen automatickým kruhovým otočným stolem (viz obr. 3.3). V operačním systému skeneru lze nastavit libovolný počet kroků natočení při otočení o 360° (viz obr. 3.4). Řízení rotačního pohybu stolu lze ovládat též pomocí joysticku umístěného na stole vedle notebooku s řídicím softwarem skeneru ATOS od společnosti GOM, který je propojen se skenerem. Tento joystick je využit při polohování vzorku na rotačním stole vůči projektoru skeneru, aby snímaná plocha neopustila prostorové možnosti přístroje.

Obrobené plochy jednotlivých vzorků měly kovově lesklý povrch, na kterém se dopadající paprsky z projektoru odrážejí. Na určitých místech ploch dopadne velké množství světla, které způsobí zničení informace o snímaném povrchu. Tento jev nastane v případě maximální hladiny signálu, jaké je pixel schopen. Odstranění jevu bylo důležité pro dosažení digitální celistvosti snímaných ploch. Tento problém byl vyřešen nanesením tenké vrstvy jemného křídového prachu pro zmatnění obrobených ploch. Vrstva byla nanášena v nejmenší možné tloušťce pro zamezení zkreslení přesnosti snímaných povrchů. Další důležitou součástí byla podložka s orientačními body dané velikosti (použitý průměr bodů v tomto případě byl 3 mm), kterou lze vidět na obr. 3.3. Pomocí orientačních bodů, které byly nasnímány společně s povrchem vzorku, lze jednotlivé skeny následně sjednotit v jediný. Proces sjednocení jednotlivých skenů byl proveden kontinuálně s každým následujícím snímkem v řídicím softwaru (viz obr. 3.4) [9].



Obr. 3.3 Skener od společnosti GOM s testovanými vzorky (již jsou opatřeny křídovým nástríkem) na rotačním stole.



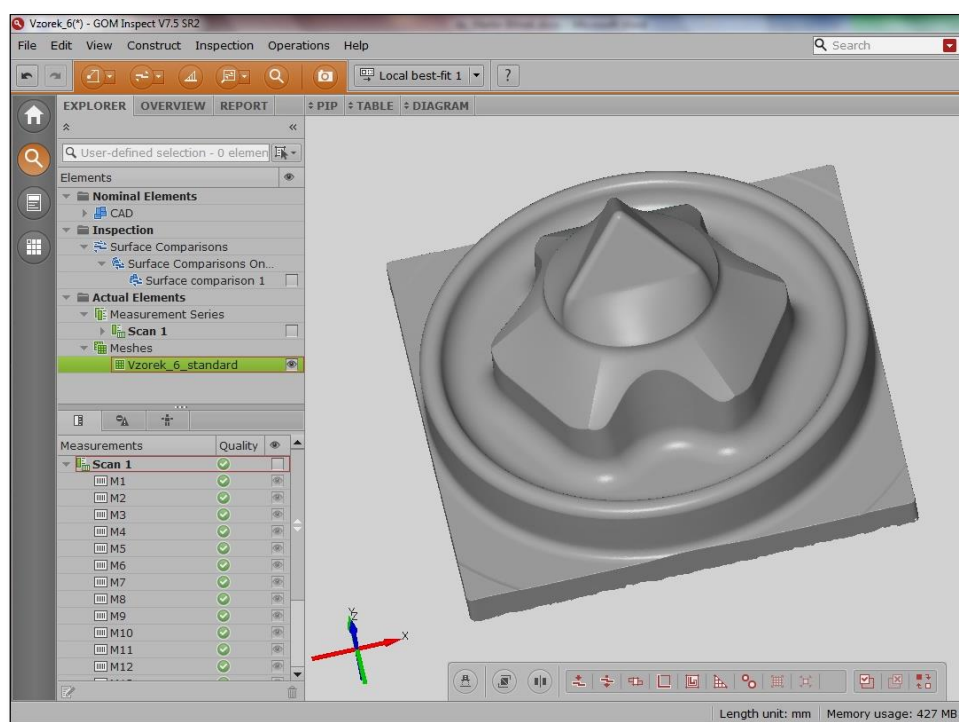
Obr. 3.4 Skládání jednotlivých skenů na sebe v průběhu procesu snímání povrchu, na obrázku jsou též vidět orientační body.

Na obr 3.4 je též vidět projekce světelných pruhů na skenovaný povrch, které následně snímají kamery. Pro projekci světelných pruhů je využito technologie strukturovaného světla GOM Blue Light. Díky této technologii lze skenovat oblasti o velikosti plochy až 1200 mm^2 . Úzkopásmová projekce umožňuje měření bez vlivu okolních světelných podmínek na přesnost [9].

Základní zpracování získaných dat bylo provedeno v softwaru ATOS. Získaná data bylo třeba ořezat pomocí softwarových nástrojů od nepotřebných dat (podpurný upínací rámeček s orientačními body) a oprav nerovností povrchů zapříčiněných např. nanášením křídové vrstvy (velká zrna křídly). Tímto způsobem zpracovaná byla data převedena do formátu STL (viz obr. 3.5). Následné realizace metrologických analýz jsou prováděny v softwaru GOM Inspect od stejné společnosti, který je volně dostupný ke stažení na firemních webových stránkách.

Tab. 3.2 Technická data použitého skeneru [9].

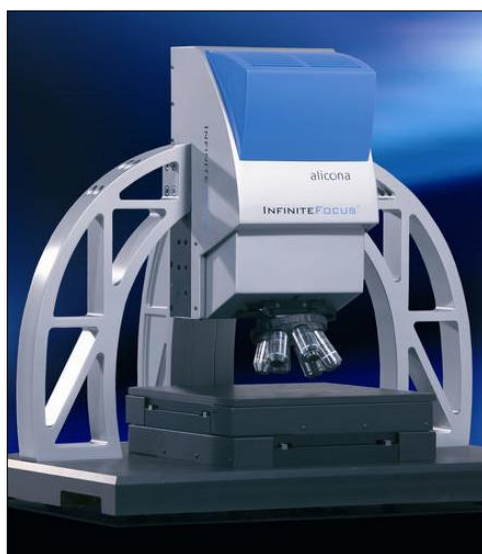
ATOS Compact Scan 2M – technická data	Jednotky	Hodnota
Rozlišení CCD čipu	Mpix	2 x 2
Plocha měření	mm^2	40 x 30 – 1000 x 800
Hustota bodů	mm	0,02 – 0,62
Počet naměřených bodů na jeden záběr	–	2000000
Laserové odměřování vzdálenosti	–	Ano
Řídicí jednotka skeneru	–	externí



Obr. 3.5 Ořezaný skenovaný mrak bodů následně převedený do trojúhelníkové sítě formátu STL.

3.1.3 Bezkontaktní měření struktury povrchu pomocí přístroje ALICONA

Další možností vyhodnocení obrobeného povrchu bylo využití nového měřicího přístroje Alicona InfiniteFocus G4g EN 15 od rakouské společnosti sídlící v Grazu (obr 3.6). Společnost Alicona byla založena v Rakousku a Německu v roce 2001. V současnosti má společnost zastoupení ve všech průmyslově významných státech světa (USA, Velká Británie, Německo, Francie, Japonsko, Korea, Brazílie, Čína). Technická data přístroje jsou uvedena v tab. 3.3.



Obr. 3.6 Měřicí přístroj Alicona InfiniteFocus G4g EN 15 [13].

Zařízení umožňuje:

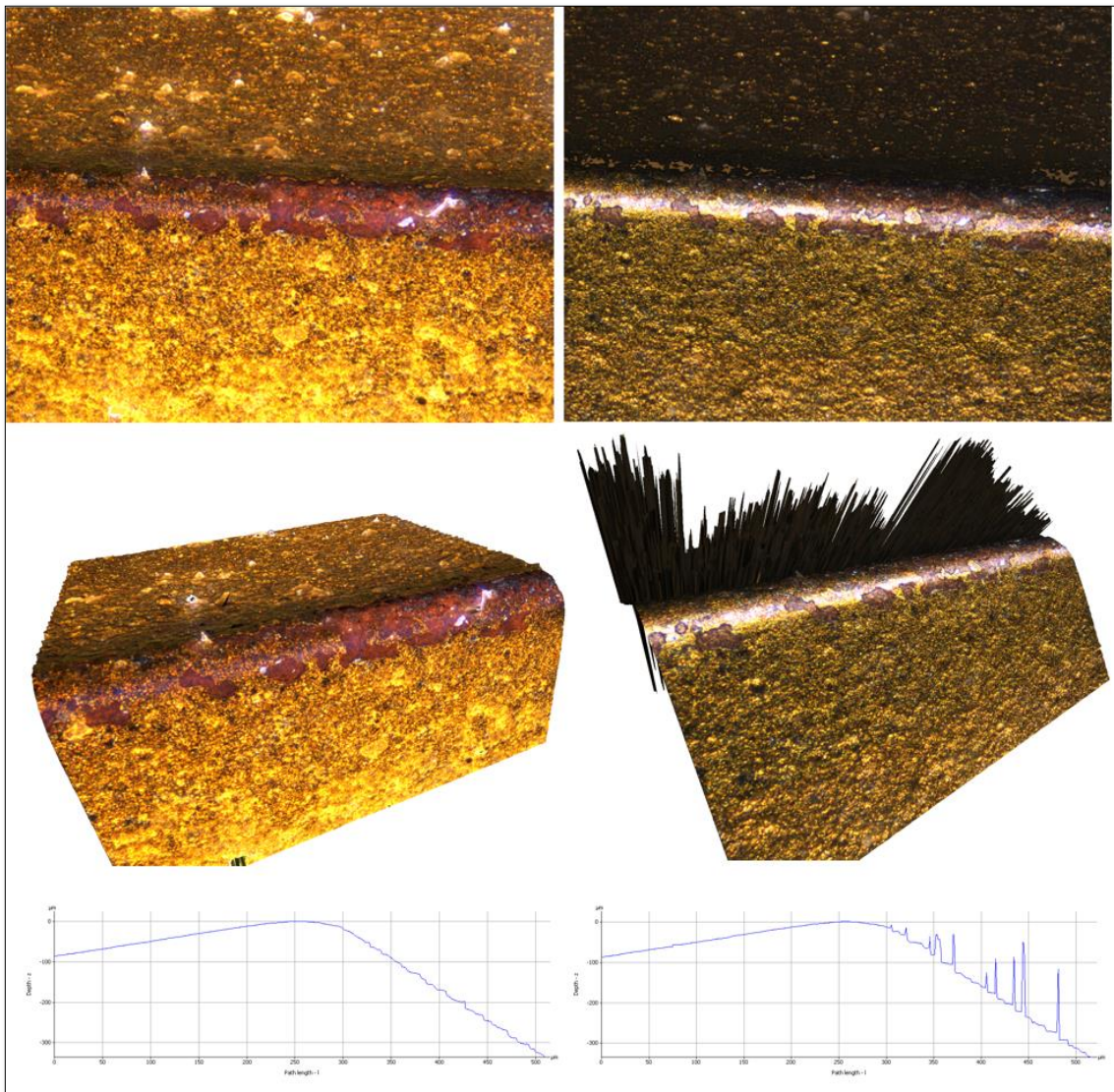
- optické 3D měření s vysokým rozlišením (3D pozice bodů v souřadnicích x, y, z),
- podpůrné systémy založené na Focus – Variation (změně zaostření – hloubce ostrosti),
- opakovatelnost měření a pravdivá barevná informace o snímaném povrchu,
- měření profilové a plošné drsnosti ploch,
- měření různorodých materiálů,
- měření hladkých i drsných povrchů,
- rozsáhlé měřicí oblasti,
- možný vzdálený přístup (řízení na dálku pomocí jiného PC),
- možnost ukládání naměřených 3D dat v nejpoužívanějších formátech (parasolid, IGES, STEP),
- maximální hmotnost měřeného vzorku 35 kg [12].

Tab. 3.3 Technická data pro měření povrchů [12, příloha č. 4].

Alicona InfiniteFocus G4g EN 15	Jednotky	Hodnota
Vertikální rozlišení	nm	> 10
Horizontální rozlišení	nm	> 400
Skenovací výška	mm	< 22
Velikost skenované oblasti	mm	100x100
Měření povrchu	s	< 16
Procesor – Intel Core2Quad Q9650	–	–
Grafická karta – ATI FireGL V7700	–	–
Operační systém – Windows Vista Ultimate x64	–	–
Paměť RAM	GB	8
Harddisk	GB	160
Teplotní rozsah pro měření	°C	5 – 50
DVD mechanika – RW+	–	–
Zdroj energie	V~	110 – 230
	Hz	50 – 60
	W	1020
Hmotnost měřicího přístroje	kg	19,3
Maximální hmotnost měřeného objektu	kg	35

Velkou výhodou je možnost využití polarizace k měření vzorků, které za normálních okolností nemohou být změřeny. Polarizace se využívá u ploch, které nejsou homogenně osvětleny (např. kombinace měření dna a stěny dutiny, kde paprsky odražené ode dna způsobí neschopnost měření stěny, viz obr. 3.7). Principem polarizace je odfiltrování přímých odrazů světla od kovových ploch a ponechání

pouze rozptýleného světla. Tato možnost vytvoří obraz, který závisí pouze na struktuře, nikoli na úhlu natočení měřené plochy [příloha č. 4].



Obr. 3.7 Na levé straně měřena plocha s využitím polarizace na pravé straně tatáž plocha bez využití polarizace [příloha č. 4].

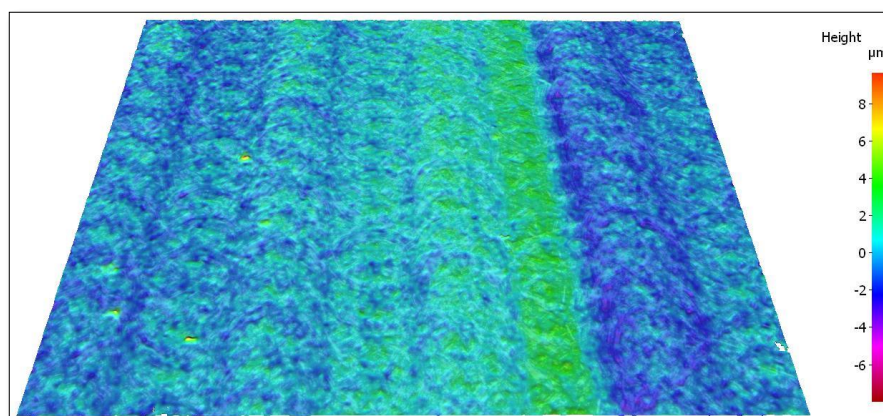
Pro změření a porovnání struktury povrchu (R_a , R_z , materiálový poměr) obrobených vzorků č. 3 až č. 7 s hodnotami naměřenými kontaktní metodou nebylo přistoupeno z důvodu nevhodné velikosti obrobených ploch. Výběr CAD modelu vzorku pro DP byl ukončen před zakoupením a dodáním měřicího přístroje od společnosti Alicona, proto nebyl výběr přizpůsoben vhodnosti měření s uvedeným přístrojem. Byl proveden jen pokus měření vzorku č. 4 na ploše č. 1 a č. 2, ale změřené hodnoty nebyly konformní. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 3.4. Na obr. 3.8, 3.9 a 3.10 jsou zobrazeny měřené plochy.

Tab. 3.4 Změřené hodnoty struktury povrchu bezkontaktní metodou u vzorku č. 4.

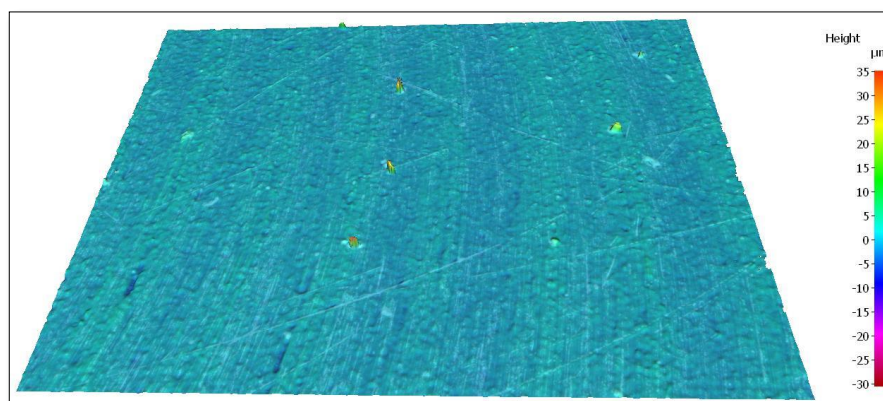
Vzorek č. 4	Jednotky	Plocha č. 1	Plocha č. 2
Hodnota Ra	[μm]	0,6218	0,4602
Hodnota Rz	[μm]	3,9500	2,0634
Pásmo/Htp	[μm]	2,30	1,69
Delta mr	[%]	80,8	79,6



Obr. 3.8 Zobrazení nerovnosti a textury měřené plochy č. 1.



Obr. 3.9 Zobrazení nerovnosti a textury měřené plochy č. 2.



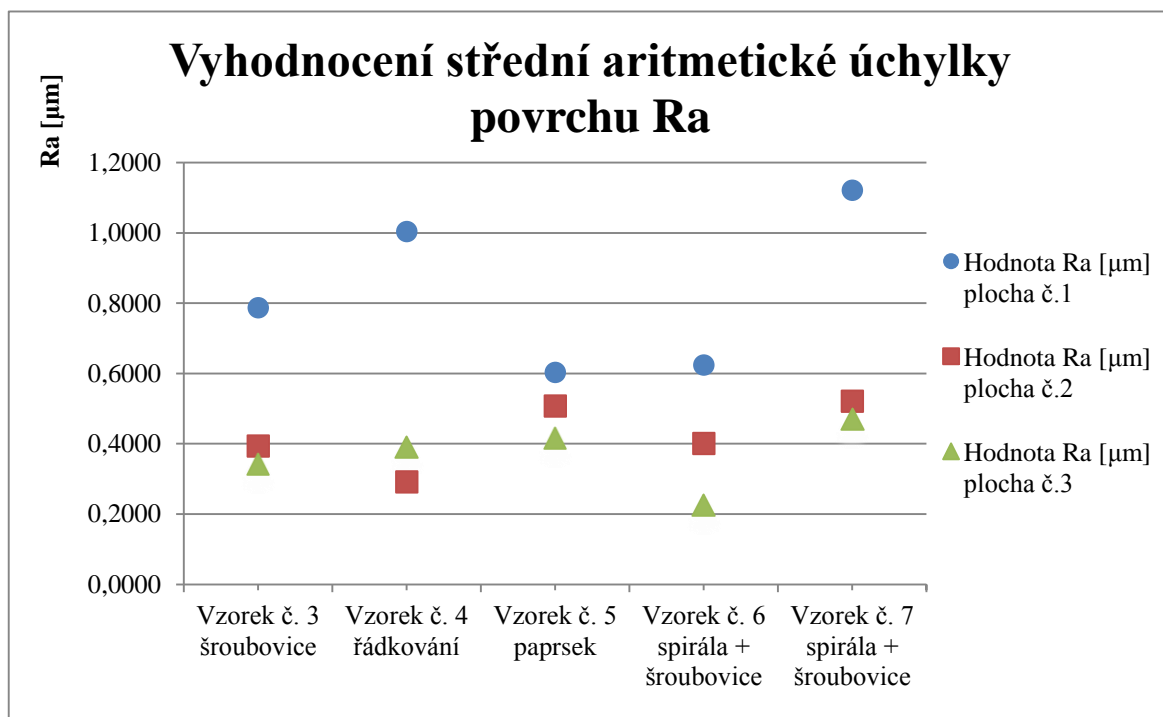
Obr. 3.10 Zobrazení nerovnosti plochy č. 3, k této ploše nebyl vytvořen měrný protokol.

3.2 Vyhodnocení měření a hodnocení

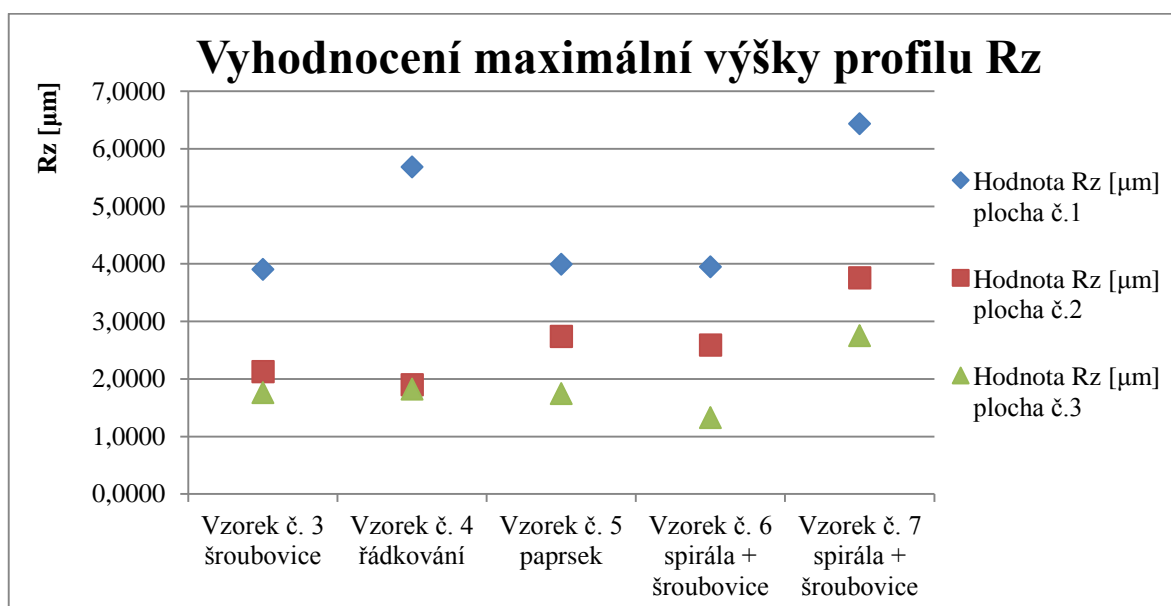
Tato kapitola je zaměřena na zhodnocení dosažených výsledků. Byla provedena měření rozměrů (porovnání skenovaných povrchů s CAD daty vzorku) a struktury povrchu.

3.2.1 Vyhodnocení struktury povrchu pomocí zařízení od společnosti Tayler&Hobson typ FORMTALYSURF 50

Na grafech č. 1 až č. 4 jsou uvedeny základní charakteristiky obrobených ploch.

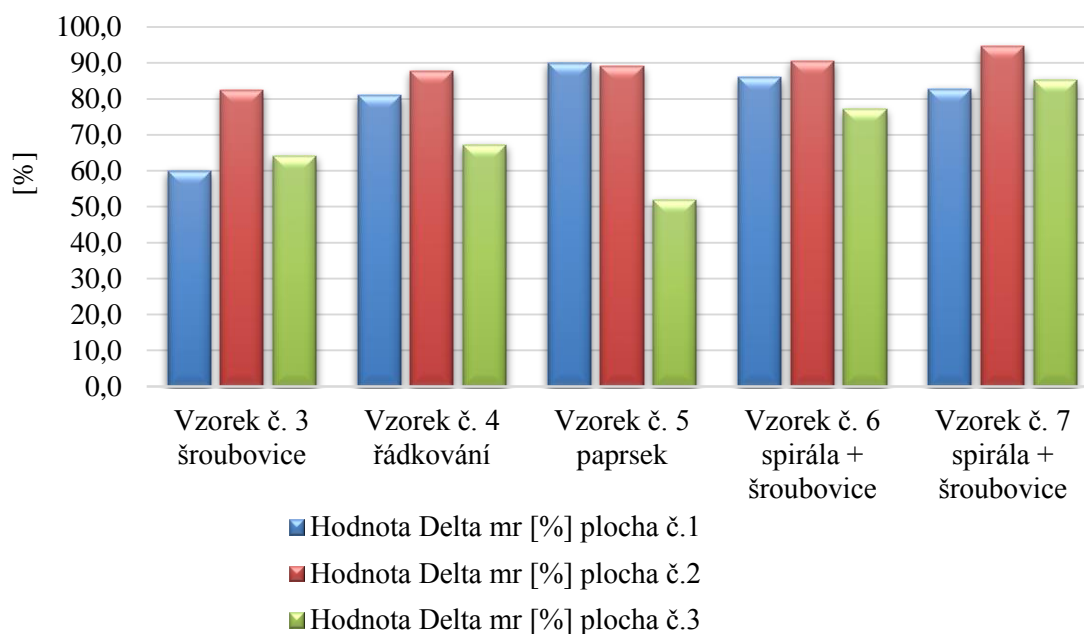


Graf 1 – Střední aritmetická odchylka povrchu měřených ploch u vzorků č. 3 až 7.



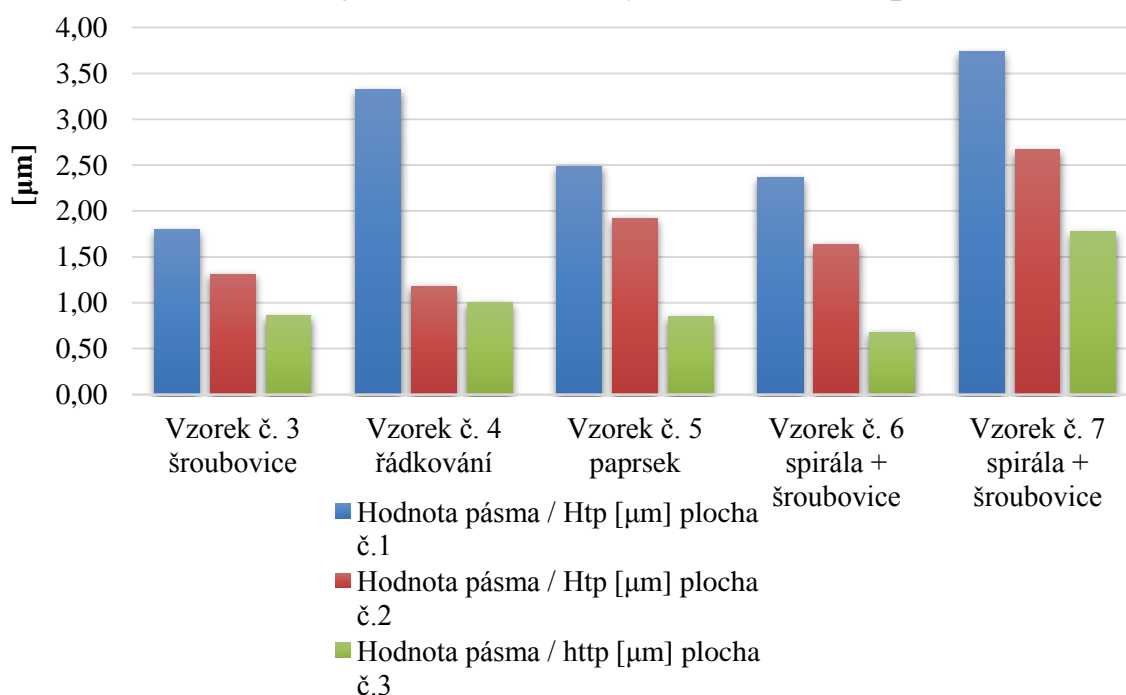
Graf 2 – Maximální výška profilu povrchu měřených ploch u vzorku č. 3 až 7.

Vzdálenost mezi horní (Mr1) a dolní (Mr2) mezi jádro nosné křivky materiálového poměru vyjádřená v procentech



Graf 3 – Velikost materiálového poměru vyjádřeného v procentech.

Vzdálenost mezi horní (Mr1) a dolní (Mr2) mezi určuje velikost jádra nosné křivky materiálového poměru

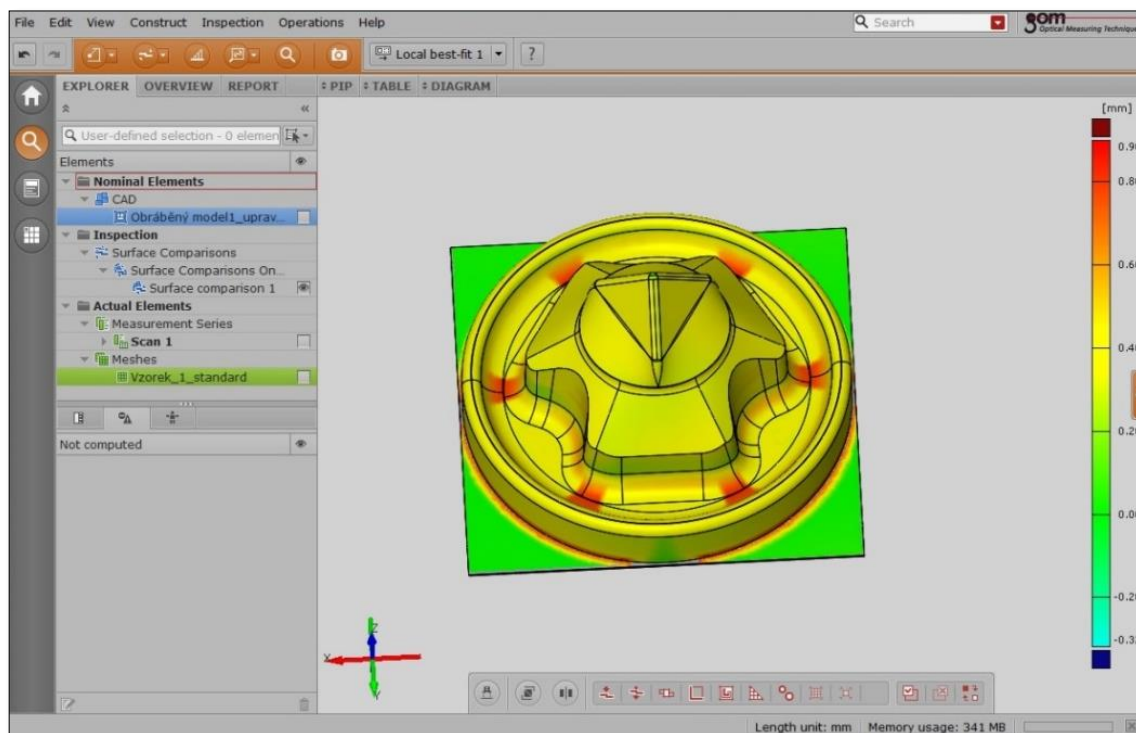


Graf 4 – Velikost materiálového poměru vyjádřeného v µm.

3.2.2 Vyhodnocení skenovaného povrchu pomocí zařízení od společnosti GOM a softwaru GOM Inspect

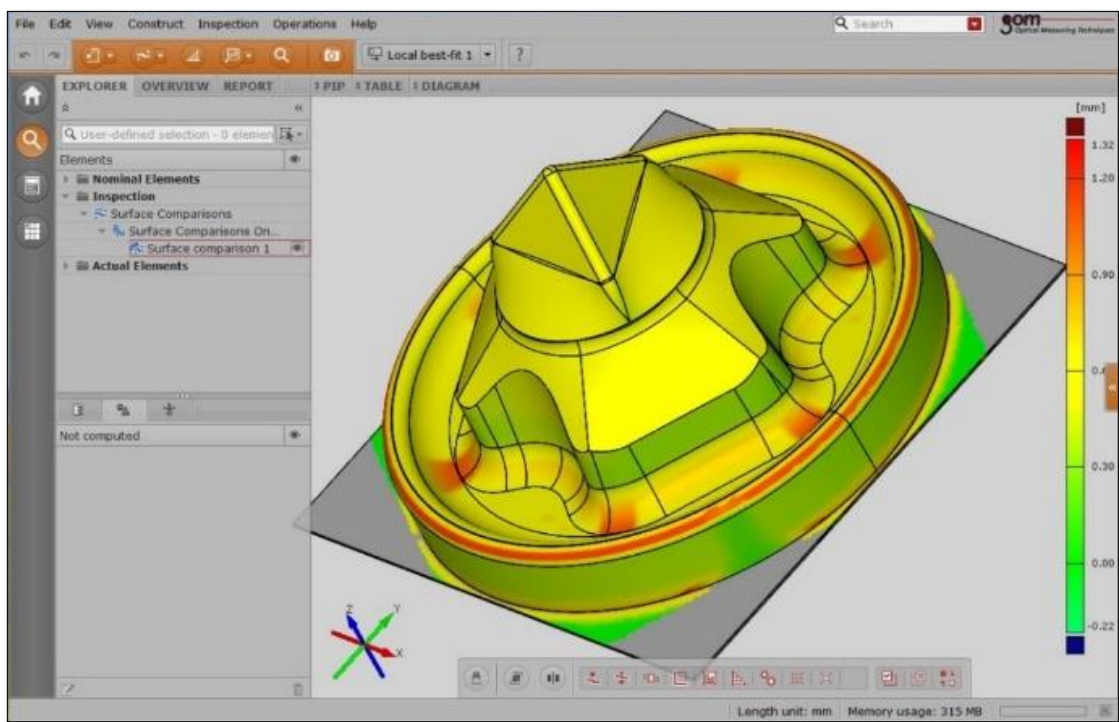
Jednotlivé vzorky byly převedeny z mračna bodů do trojúhelníkové sítě formátu STL a byly porovnány s původním matematickým modelem, který byl vytvořen v CAD software SolidWorks. Vzorky č. 1 až č. 7 byly porovnány geometrickou analýzou a pomocí barevné stupnice bylo možné určit, v jakých vzájemných tolerancích se obrobený povrch vzorků pohyboval oproti matematicky definovaným plochám CAD modelu. Na obrázku 3.6 a 3.7 jsou komparační analýzy obrobení po hrubovacích operacích vzorku č. 1 a vzorku č. 2. Na obr. 3.8 až 3.12 jsou zobrazeny komparační analýzy vzorků obrobených načisto. Zhodnocení všech obrobených vzorků bylo provedeno dle barevné stupnice s hodnotami odchylek.

Obrobení vzorku č. 1 bylo realizováno hrubovací technologií „krok nahoru“ (v použitém CAM software 3D iMachining). Základem technologie bylo využití maximální výšky řezné části nástroje a generování dráhy předcházející vznik vibrací. Krok nahoru měl hodnotu 0,3 mm a přírůstek na dokončení byl stanoven též na 0,3 mm. Z obr. 3.6 je zřejmé, že hrubovací strategie nechala na celé součásti dostatečný přírůstek k jejímu dokončení. Další výhodou této technologie byla nízká náchylnost nástroje k vibracím (viz kapitola 1.6 Měření tuhosti soustavy SNO).



Obr. 3.6 Vzájemné porovnání odchylek ploch vzorku č. 1.

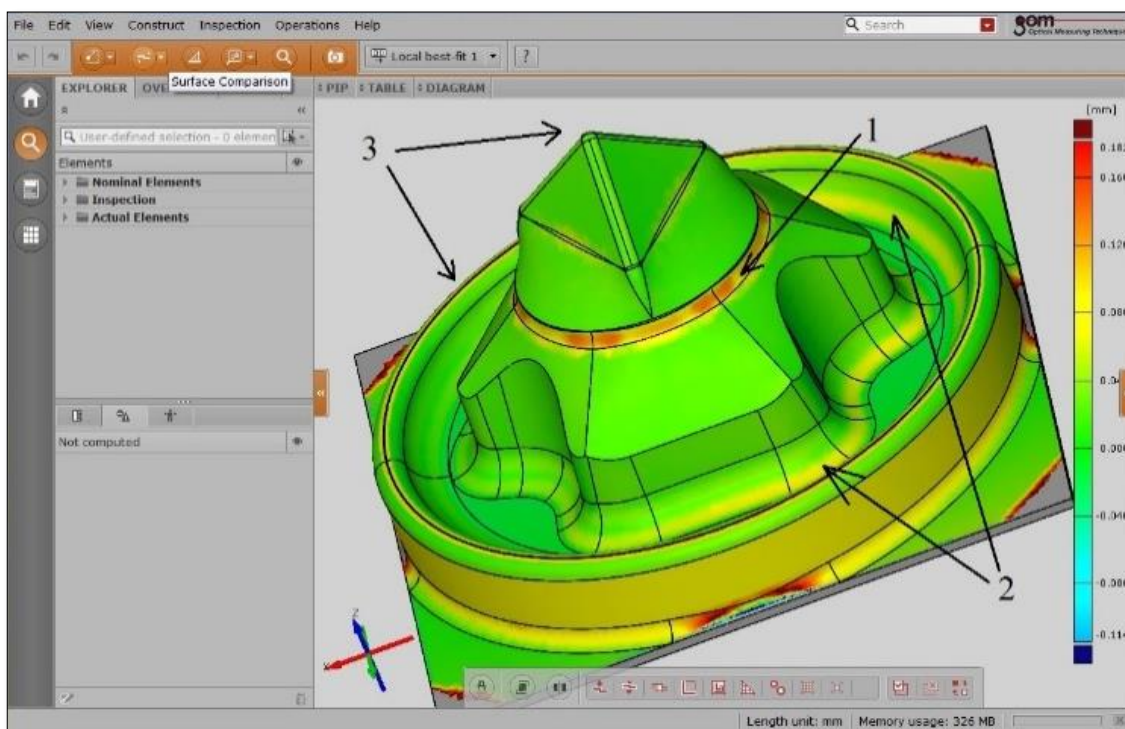
Alternativou ke vzorku č. 1 byl obrobek č. 2. Jako hrubovací strategie byla zvolena metoda „krok dolů“. Hodnota kroku byla stanovena 5 mm, překrytí drah nástroje 40% a přídávkem na dokončení 0,3 mm. Nutností bylo zařazení „dohrubování“ s krokem dolů 0,3 mm pro odstranění velkého množství zbytkového materiálu. Na obr. 3.7 lze vidět dostatečný přídavek materiálu na dokončení. Nevýhodou této strategie je nebezpečí vzniku vibrací v místech řezu s větším opásáním nástroje obráběným materiálem. Tato místa byla vždy identifikována dle typického zvuku při „zachvění nástroje“. Vibracím v místě většího opásání je možné zabránit snížením hodnoty a_p nebo snížením procentuálního překrytí drah nástroje. Obě možnosti by způsobily prodloužení strojního času, který je oproti strategii vzorku č. 1 dvojnásobný.



Obr. 3.7 Vzájemné porovnání odchylek ploch vzorku č. 2.

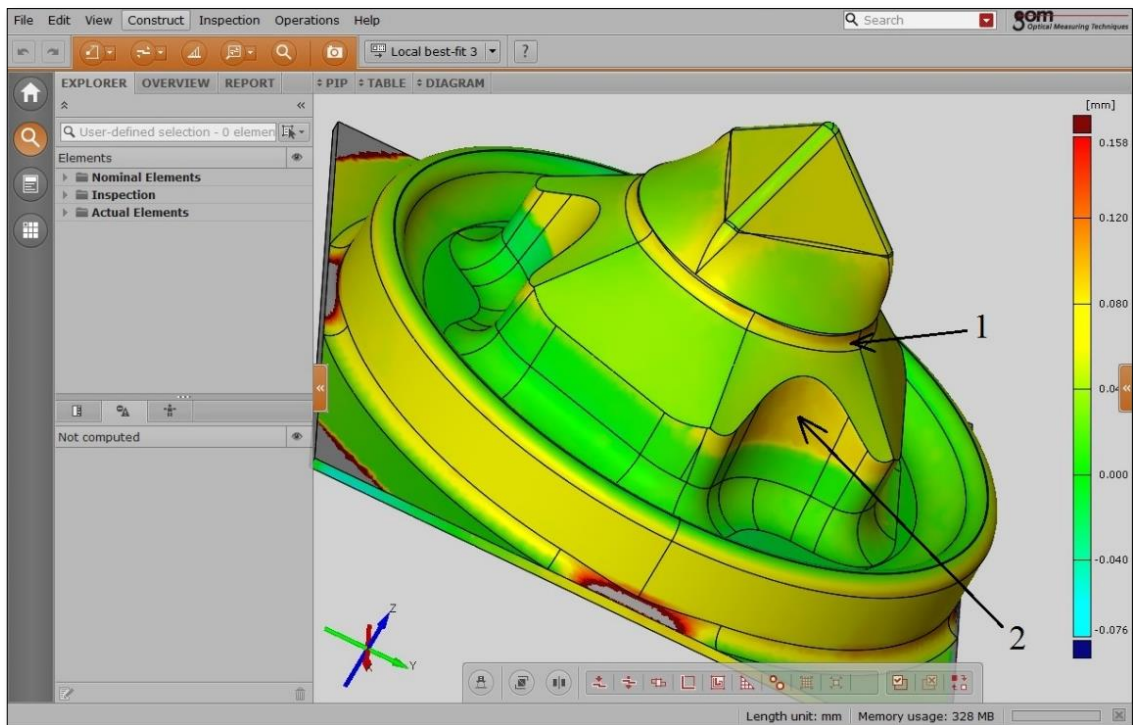
Vzorek č. 3 byl prvním vzorkem obrobeným s dokončovací strategií. Pro hrubování byla zvolena strategie hrubování ze vzorku č. 1, stejná jako i u všech následujících vzorků. Pro dokončení byl použit nástroj č. 2 s „krokem dolů“ 0,3 mm. Pro obrobení zbytkového materiálu v oblasti **1** (viz obr. 3.8) byla použita fréza č. 1. Označený poloměr (hodnota $r = 2$ mm) nebyla tato strategie schopna obrobít ani s menším poloměrem špičky frézy a vzorek zůstal neobroben s přídávkem přibližně 0,15 mm. V oblasti **2** lze pozorovat sestup nástroje po šroubovici až do dna vnitřního tvaru a zanechání zbytkového materiálu. Oblast **3**, jejíž charakteristikou jsou vrcholy oblouku či poloměr špičky, nemohla být touto strategií vedení nástroje nikdy správně obrobena, proto na vrcholcích poloměru zbyl vždy neobrobený materiál. Podle vyhodnocené analýzy by bylo vhodné uplatnit tuto strategii při frézování navazujících ploch bez vrcholů.

Na vrcholcích tvarů a v blízkosti dna tvarové kapsy vždy po aplikování této strategie zůstane neobrobený materiál. Tuto nevýhodu lze odstranit kombinací této metody s níže uvedenou strategií frézování u dalších vzorků. Důležitým hodnocením, zvláště pro uživatele CAM software, bylo vzájemné porovnání obr. 3.8 a obr. 2.6 (teoretické simulace a reálného výstupu po obrobení). Porovnání u vzorku č. 3 dopadlo v uspokojivě. Předpokládaný neobrobený materiál je shodný s analýzou obrobeného vzorku.



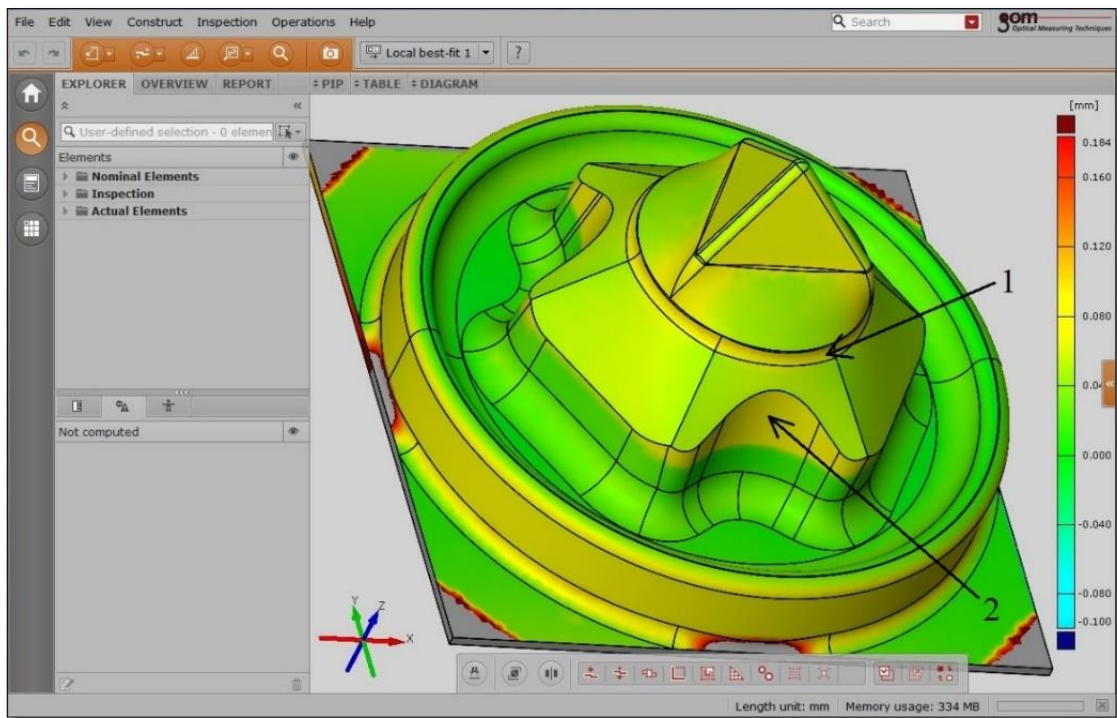
Obr. 3.8 Vzájemné porovnání odchylek ploch vzorku č. 3.

Vzorek č. 4 byl obroben strategií frézování „řádkování“. Pro dokončení vystouplého tvaru byla použita toroidní fréza (fréza č. 1) a pro dokončení tvarové kapsy byla použita kulová fréza (fréza č. 2). Stejně bylo využití fréz i na následujících vzorcích. Strategie byla použita na danou geometrii dvakrát, přičemž podruhé byla pootočená o 90° pro zvýšení kvality obrobené plochy. Velikost kroku byla stanovena 0,5 mm. Takto zvolená strategie bývá velice univerzální a efektivní. Na obr. 3.9 v oblasti 1 je vidět zlepšení obrobení a snížení zbytkového neobrobeného materiálu. Velký nedostatek zvolené strategie lze spatřovat v přechodu na plochu s větším úhlem sklonu (oblast 2). Při programování a následné simulaci obrobení použitý software vyhodnotil obrobení bez zbytkového materiálu s tolerancí $\pm 0,01$ mm. Podle porovnání naskenovaných ploch s CAD modelem je vidět spojitá plocha s přídkem 0,1 mm opakující se po obvodě vždy ve tvarovém vybrání, což značí systematickou chybu. Obrobení tvarové kapsy dopadlo dle simulace při programování (vzájemné porovnání obr. 3.9 s obr 2.8).



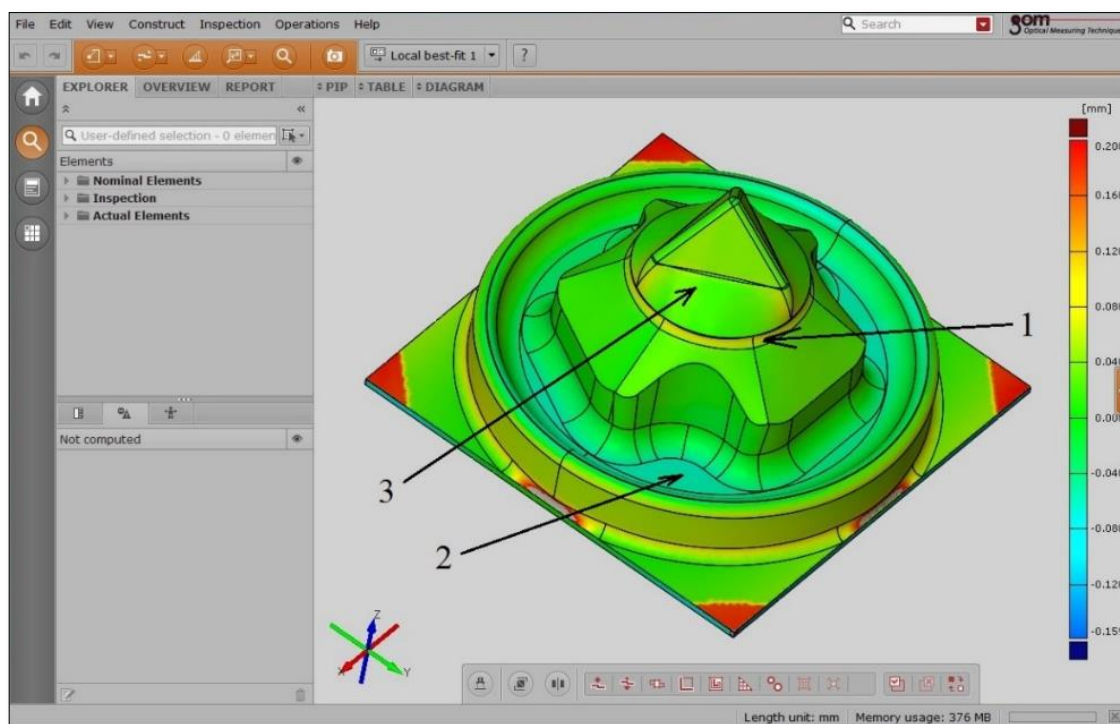
Obr. 3.9 Vzájemné porovnání odchylek ploch vzorku č. 4.

Vyhodnocení vzorku č. 5 bylo obdobné předchozímu vzorku i vzhledem k použití stejných nástrojů. V tomto případě byla využita frézovací strategie „paprsek“. Jedná se o obdobu strategie „řádkování“, ale u strategie „paprsek“ výchozí bod pohybu nástroje je vždy ze středu obrobku k vnějšímu průměru obrobku. Krok byl použit stejný jako u předchozí strategie pro porovnání časové náročnosti a vlivu na kvalitu obrobku. Na první pohled je obr. 3.10 téměř totožný s obr. 3.9. Geometricky jsou oba vzorky obrobny s velmi malou odchylkou. Při srovnání fyzických kusů je však velký rozdíl v kvalitě obrobku č. 1, jak je patrné z grafů č. 1 až č. 4. Pro plochu č. 2 jsou hodnoty srovnatelné. Důvodem lepších hodnot R_a a R_z u vzorku č. 4 a plochy č. 2 je zřejmě způsobena nedokonalostí kontaktního měření, kdy metoda spočívá v pohybu měřicího hrotu kolmo na směr pohybu nástroje. U strategie „paprsek“ se jednotlivé dráhy se vzrůstající vzdáleností od středu obrobku navzájem od sebe vzdalují, proto není možné zaručit přímočarý pohyb měřicího hrotu kolmo k trajektoriím drah nástroje. Zvolená strategie při použití frézy č. 1 vykázala stejný problém při frézování ploch s rozdílným sklonem obráběných ploch jako předchozí strategie „řádkování“. Velikost zbytkového materiálu je totožná u obou vzorků. I simulace zbytkového materiálu (obr. 2.10) byla vyhodnocena stejným výsledkem jako pro vzorek č. 4. Řešení vzniklého problému je pojednáno v kapitole 4 Diskuze. Pro obrobání vnitřní kapsy obrobku frézou č. 2 jsou strategie „řádkování“ i „paprsek“ téměř stejně vhodné. Pro upřednostnění strategie „paprsek“ mluví konstantní kvalita obrobku po celém obvodu a nižší potřebný strojní čas k obrobání (nižší náklady na výrobu).



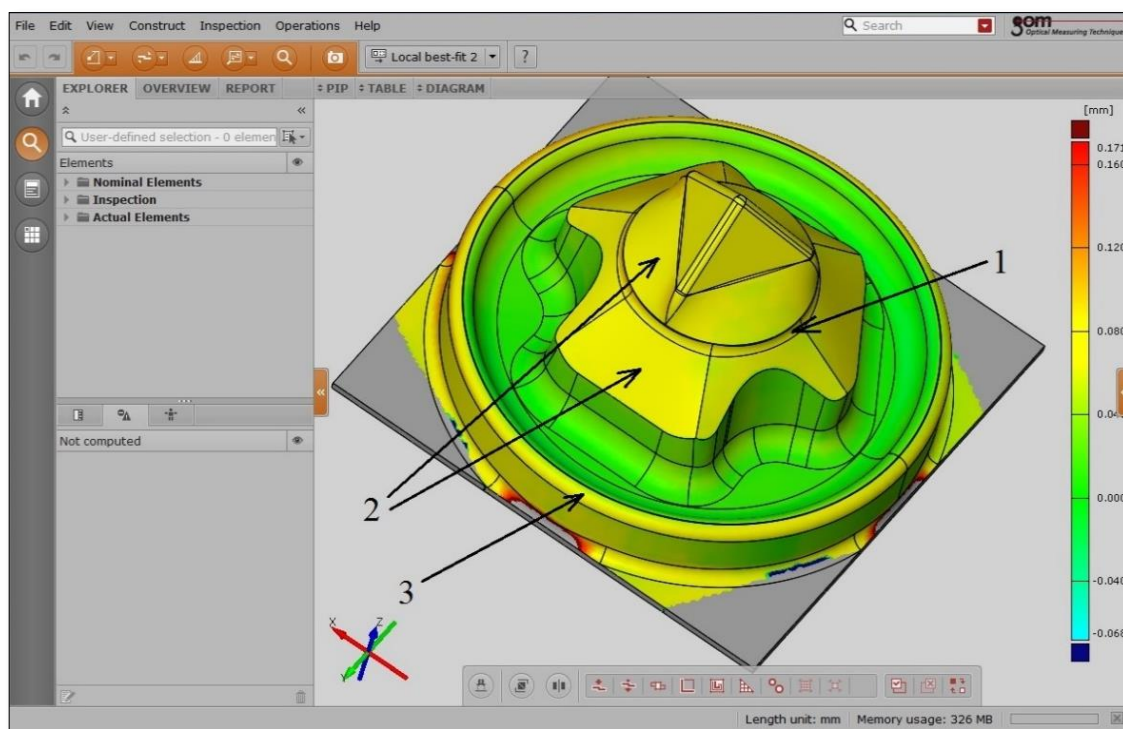
Obr. 3.10 Vzájemné porovnání odchylek ploch vzorku č. 5.

K obrobení vzorku č. 6 byla použita téměř stejná strategie jako v případě vzorku č. 5. Jen byla doplněna o strategii „šroubovice“ použitou v místech s výskytem zbytkového materiálu (viz obr. 3.10, pozice 2). Na obr. 3.11 je zobrazena rozměrová analýza obrobených ploch, která odhalila neobrobený materiál jen v oblasti č. 1. Rozdíl v analýze rozměru v oblasti 2 a 3 oproti předcházející analýze (obr. 3.10) byl způsoben drobnou odchylkou v ustavení CAD modelu v software GOM Inspect. Hodnoty struktury povrchu jsou ze všech obrobených vzorků nejlepší. S ohledem na uvedená změřená technická data lze vyhodnotit kombinaci strategií „paprsek“ a „šroubovice“ pro tento vzorek za nejlepší variantu.



Obr. 3.11 Vzájemné porovnání odchylek ploch vzorku č. 6.

Vzorek č. 7 byl do DP zařazen z důvodu porovnání vlivu tuhosti soustavy SNO na kvalitu obrobené plochy i rozměrových tolerancí. Pro obrobení vzorku byl zvolen program vzorku č. 6, který byl vyhodnocen jako nejvhodnější. Z grafu č. 1 až č. 4 (dvojnásobné hodnoty Ra, Rz a velikost jádra nosné křivky materiálového poměru) lze vypočítat velký rozdíl mezi jednotlivými obráběcími centry, která byla využita k obrobení vzorků. Všechny předešlé vzorky (č. 1 až č. 6) byly obrobeny na jedno upnutí s frézami upnutými v hydraulických upínačích a realizace korekcí byla provedena s využitím dotykové sondy s následnou kontrolou pomocí koncové měrky. Při změně stroje byly nástroje upnuty v nových upínačích a bylo třeba změřit nové korekce nástrojů. Naměřené korekce pro nové upnutí ale nebyly změřeny korektně. Tato chyba se projevila v nepřesnosti po obrobení, které je možné vidět na obr. 3.12, pozice 2 a 3. Na uvedené analýze je vidět výškový rozdíl mezi oběma nástroji. Velikost odchylky při měření činí přibližně 0,1 mm.



Obr. 3.12 Vzájemné porovnání odchylek ploch vzorku č. 7.

3.3 Vyhodnocení strojního času potřebného k obrobení vzorků

Pro každý obrobený vzorek (č. 1 až č. 6, pro vzorek č. 7 byl použit upravený program č. 6) byl vytvořen samostatný PGM program, který byl následně podroben analýze zůstatku zbytkového materiálu i předpokládaného strojního času. Vyhodnocení potřebného strojního času k realizaci obrobení vzorků použitý CAM software využívá jen jednoduchý matematický výpočet skládající se ze zadaných technologických dat (posuv na zub f_z , řezná rychlost v_c a na součtu celkové dráhy všech použitých nástrojů). Veškeré vlivy, jako jsou kinematické charakteristiky stroje nebo čas potřebný pro výměnu nástroje, jsou zanedbány. Proto se generovaný odhad času liší od reálného strojního času výroby uvedeného v tab. 3.5. Celkový čas pro obrobení dílce je důležitý ze dvou hledisek. První je časový předpoklad využití stroje a druhým, s ním svázaným, je cena dílce odvozená od stanovené hodinové sazby použitého obráběcího centra.

Tab. 3.5 Tabulka výrobních časů jednotlivých vzorků.

Číslo obrobeného vzorku [-]	Teoretický čas obrobení (generovaný CAM software) [min]	Reálný čas obrobení [min]
1	10,73	13,25
2	22,21	25,00
3	35,05	39,33
4	38,41	47,83
5	37,00	45,98
6	54,11	64,00
7	-	145,00*(

*(Jedná se o součet strojních časů čtyř částí programu č. 6. Čas potřebný pro výměnu nástroje a zadání další části programu byl zanedbán, aby nedošlo ke zkreslení.

4 DISKUZE

V kapitole 3.2.2 bylo provedeno hodnocení obrobení jednotlivých vzorků (č. 1 až č. 7). Na obr. 3.8 až obr. 3.12 byla plocha označená číslem **1** vždy obrobena se zůstatkem zbytkového materiálu. Na obr. 3.9 a obr. 3.10 byly plochy označené číslem **2** také obrobena se zůstatkem zbytkového materiálu. Jedná se o plochy obrobena nástrojem č. 1. U vybraných vzorků byla vždy použita strategie s využitím průměru a poloměru špiče frézy.

První možností chybného obrobení byla špatně generovaná dráha CAM software, který špatně vypočetl bod dotyku frézy s matematickou plochou při přechodu z plochy s nižším sklonem k podstavě na plochu s vyšším sklonem. Druhá možnost byla spojena s použitým nástrojem. Nástroj vyrobila firma Brusmar na pětiosé CNC brusce. Po jeho vybroušení nebyla u tohoto nástroje nikdy kontrolována jeho geometrická přesnost, tudíž není zaručena zadaná hodnota poloměru špiče frézy ($r = 1,6 \text{ mm}$). Teorie č. 2 je tedy založena na domnělé nepřesnosti vyrobeného nástroje, přesněji geometrické přesnosti poloměru špiče frézy. Těto úvaze nasvědčuje i obrobení oblasti **1**, která obsahuje zbytkový materiál. Pro zjištění této odchylky by bylo třeba frézu č. 1 proměřit, zda její geometrie odpovídá zadaným hodnotám. V případě naměřené větší hodnoty poloměru špiče frézy by byla pravděpodobnější teorie č. 2. Pro ověření hypotézy by bylo vhodné obrobít znovu vzorek č. 5 s přepočítanými drahami nástroje s hodnotami pro frézu č. 1, obroběný vzorek skenovat a provést porovnání získaných dat s výchozími CAD daty.

Dalším důležitým sledovaným faktorem je množství strojního času potřebného pro obrobení součásti. Množství spotřebovaného času potřebného k obrobení je přímo úměrný ke stanovení ceny a výše ceny je zásadní hledisko pro konkurenční schopnost firmy na trhu práce. Proto je vždy nutné zvážit kritéria (kvalita obroběné plochy, geometrická přesnost, rozměrová přesnost a další) kladená na obroběnou plochu a zvolit správný technologický postup (v tomto případě strategii frézování) k opakovatelnému dosažení požadovaných vlastností obrobku. Nejpřesnější obrobení, vysoká kvalita struktury povrchu, nemusí být vždy požadavkem zákazníka. Náklady na obrobení vzorku jsou stanoveny dle vzorce:

$$N_{vz} = t_A \cdot hss \text{ [Kč]} \quad (4.1)$$

kde: t_A – čas potřebný k opracování vzorku [hod]

hss – hodinová sazba stroje [$\text{Kč} \cdot \text{hod}^{-1}$]

Vyhodnocení nejvhodnější strategie frézování pro vybranou součást lze rozdělit do dvou kategorií:

1. vyhodnocení bez zpětné vazby na možné podněty ke zlepšení výsledků doposud dosažených
2. vyhodnocení s předpokladem úspěšného odhadu vzniklého problému s předpokládaným chybně zadaným poloměrem špiče frézy a jeho odstranění

V prvním případě lze za nejvhodnější variantu zvolit vzorek č. 6. Ten je ze všech obroběných vzorků vyroben s nejvyšší geometrickou přesností i nejlepšími parametry kvality obroběné plochy. Další možností by bylo popřípadě využít kombinaci strategie „po šroubovici“ využitou na vzorku č. 3 a „paprsek“ využitý na vzorku č. 5 v jiném poměru, než tomu bylo u vzorku č. 6. S přihlédnutím k celkovému času pro obrobení

vzorku č. 3 by byl celkový strojní čas pravděpodobně nižší než u vzorku č. 6. Tato možnost již z časových důvodů nebyla zrealizována.

Pro hodnocení druhé kategorie lze za nejvhodnější zvolit vzorek č. 5, který (s přihlédnutím k odstranění již zmíněných nedostatků) byl vyhodnocen jako geometricky obrobený v předepsaných tolerancích. Rovněž jakost obrobené plochy byla dodržena dle předpisu na výkrese součásti.

ZÁVĚRY

Frézování složitých tvarových ploch je stále se zdokonalující a rozšiřující metoda pro dokončení funkčních ploch bez nutných následných povrchových úprav. Neustálý vývoj pětiosých frézovacích center naznačuje další možnosti rozšíření využití technologie frézování k dokončovacím operacím pro snížení nákladů na dohotovení výrobku.

Diplomová práce byla zaměřena na výrobu složitých tvarových ploch s využitím tříosého obrábění s plynulým pohybem nástroje ve všech osách (X, Y, Z). Využitá frézovací centra byla vybavena řídicí systémem Heidenhain iTNC 530, který je schopen plynulé řízení ve všech osách realizovat.

Výstupem diplomové práce byla realizace sedmi obrobených vzorků a jejich vyhodnocení. Realizace spočívala v návrhu frézovacích strategií, s nimiž byly složité tvarové plochy obrobeny. Byly využity a popsány dvě strategie pro hrubovací operace a tři strategie pro dokončení, na kterých byly demonstrovány výhody a nevýhody při aplikaci na jednotlivé plochy. Vzorky č. 6 a č. 7 byly realizovány pomocí kombinací dvou dříve využitých strategií k obrobení bez zbytkového materiálu.

Vzorek č. 7 byl zařazen pro zhodnocení vlivu tuhosti soustavy SNO na přesnost rozměrů a strukturu povrchu. Chyba v měření nástrojových korekcích, která nastala u výroby tohoto vzorku, měla zásadní vliv na přesnost obrobku a poukázala na nutnost věnovat měření korekcí nástrojů patřičnou pozornost. Změřené parametry (R_a , R_z , materiálový poměr) struktury povrchu obrobené plochy u vzorku č. 7 vykazovaly téměř dvojnásobné hodnoty oproti hodnotám vzorku č. 6, který byl obroben stejným programem, ale s využitím jiného frézovacího centra.

Všechny obrobené vzorky byly změřeny a porovnány s původním CAD modelem. Ze získaných dat lze usoudit na vhodnost nebo nevhodnost použití jednotlivých strategií pro uvedené tvarové plochy.

Experiment odhalil nebezpečí využití toroidní frézy při dokončovacích operacích, u které nebyl změřen poloměr špice frézy. K teoretické simulaci obrobení použitý CAM software u vzorků č. 4 až č. 6, respektive č. 7, vždy vyhodnotil obrobení s odchylkou $\pm 0,01$ mm od CAD modelu jako obrobení bez zbytkového materiálu. Rozměrové analýzy skenovaných ploch však odhalily neobrobený materiál. Tato nepřesnost v generování dráhy, reprezentovaná následným obrobením s přídávkem, je s největší pravděpodobností způsobena špatně zadanou hodnotou poloměru špice nástroje (v tomto případě má poloměr špice frézy větší hodnotu než je udaná hodnota $r = 1,6$ mm). Tuto teorii nebylo možné prověřit z důvodů nedostupných měřicích přístrojů v časových možnostech pro sepsání DP.

Ověření správnosti této teorie je odloženo na podzim roku 2014, kdy bude do firmy Brusmar zakoupen měřicí přístroj od společnosti Walter pro měření geometrie vyrobených nástrojů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno. Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2006. ISBN 80-214-2374-9
2. TLUSTY, J. Manufacturing Process and Equipment. 1st edition. Prentice Hall, 1999. 928 s. ISBN 10-0201498650
3. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. Praha. MM publishing s. r.o. 2008. ISBN 978-80-254-2250-2
4. Prezentace křivek v CAD systémech Úm FSI VUT v Brně [online]. [vid. 2014–02–11]. Dostupné z: <http://mathonline.fme.vutbr.cz/Prednaska/sc-1245-sr-1-a-261/default.aspx>
5. Obrázek obráběcího centra MCV 1016 QUICK [online]. [vid. 2014–02–16]. Dostupný z:
<https://www.google.cz/search?q=mcv+1016+quick+foto&rls=com.microsoft:cs-CZ:IE-Address&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=UjQDU-OyFujmywPPyYH4DA&ved=0CCgQsAQ&biw=1107&bih=676>
6. Obrázek normalizovaného rámu vstříkovací formy pro plasty [online]. [vid. 2014–2–22]. Dostupný z:
https://www.google.ie/search?q=normalizovan%C3%BD+r%C3%A1m+formy+foto&client=firefox-a&hs=y5x&rls=org.mozilla:cs:official&channel=sb&tbm=isch&imgil=dppbPGI8iRvHgM%253A%253Bhttps%253A%252F%252Fencrypted-tbn3.gstatic.com%252Fimages%253Fq%253Dtbn%253AANd9GcROSxZb5oJK36sJfCj1cXjcYwjopYOzkgclQBTaJukUXYjEXIT_%253B960%253B400%253Bk_6Xknr-NNNLQM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.cecho.cz%25252Fcs%25252Ffcpk-bytow-kompletni-ramy-forem&source=iu&usg=__jq57TPZ8j6gmUxDR4Wci7FbRfw%3D&sa=X&ei=IX1WU-2mH6u47Qb21IGoAg&ved=0CCsQ9QEwAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=dppbPGI8iRvHgM%253A%3Bk_6Xknr-NNNLQM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.cecho.cz%252Fmedia%252Fcontent-images%252Fpage%252F1478_s.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.cecho.cz%252Fcs%252Ffcpk-bytow-kompletni-ramy-forem%3B960%3B400
7. Obrázek hydraulického upínače [online]. [vid. 2014–02–27]. Dostupný z: http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schunk/n_tendo
8. Emulzní olej PARAMO ERO – SB [online]. [vid. 2014–4–11]. Dostupný z: <http://www.mogul.cz/produkty/KatalogovyList.aspx?kodproduktu=V032422>
9. Technická data ATOS Compact Scan [online]. [vid. 2014–04–20]. Dostupný z: <http://www.mcae.cz/atos-compact-scan>

10. Dvořák Vítězslav, Experimentální modální analýza [online]. 2009 [vid. 2014–5–4]. Dostupný z: http://old.fst.zcu.cz/files_web_FST/SP_FST%28SVOC%29/2009/_sbornik/PapersPdf/Ing/Dvorak_Vitezslav.pdf
11. Analýza hluku a vibrací Brüel & Kjær [online]. [vid. 2014–5–5]. Dostupný z: <http://mereni-a-analyza-signalu-hluku-a-vibraci.spectris.cz/co-je-pulse/>
12. Prezentace produktu společnosti Alicona [online]. [vid. 2014–5–5]. Dostupný z: http://www.ateam.zcu.cz/download/FocusVariation_Alicona_cz.pdf
13. Fotografie měřicího přístroje Alicona InfiniteFocus G4g EN 15 [online]. [vid. 2014–5–5]. Dostupný z: <http://www.aliconat.com/home/produkte/infinitefocus-standard.html>
14. Žára, J. a kol., Moderní počítačová grafika. Brno. Computer Press, 2004. ISBN 80–0454–0.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
3D	[-]	trojrozměrný
AlTiN	[-]	označení materiálu povlaku nástroje
CAD	[-]	Computer Aided Design
CAM	[-]	Computer Aided Manufacturing
CCD	[-]	elektronická součástka pro snímání obrazové informace
CNC	[-]	Computer Numeric Control
DP	[-]	diplomová práce
ERO – SB	[-]	výrobek firmy PARAMO a.s.
HM	[-]	zkratka anglických slov hard metal
HPC	[-]	High Performance Cutting
HRB	[-]	tvrdost dle Rockwella
HV	[-]	tvrdost dle Vickerse
IGES	[-]	Intelligent Graphics Exchange Specification
N10	[-]	označení skupiny slinutého karbidu
NURBS	[-]	neuniformní racionální B – spline
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
SK	[-]	slinutý karbid
SNO	[-]	soustava Stroj – Nástroj – Obrobek
STEP	[-]	univerzální formát pro převod 3D dat
STL	[-]	zkratka formátu souboru stereo litografie
iTNC 530	[-]	zkratka použitého řídicího systému stroje

Symbol	Jednotka	Popis
Delta mr	[%]	procentuální hodnocení materiálového poměru
N_{vz}	[Kč]	náklady na obrobení vzorku
Pásmo/Htp	[μ m]	
R_a	[μ m]	střední aritmetická hodnota drsnosti
R_z	[μ m]	maximální výška profilu povrchu

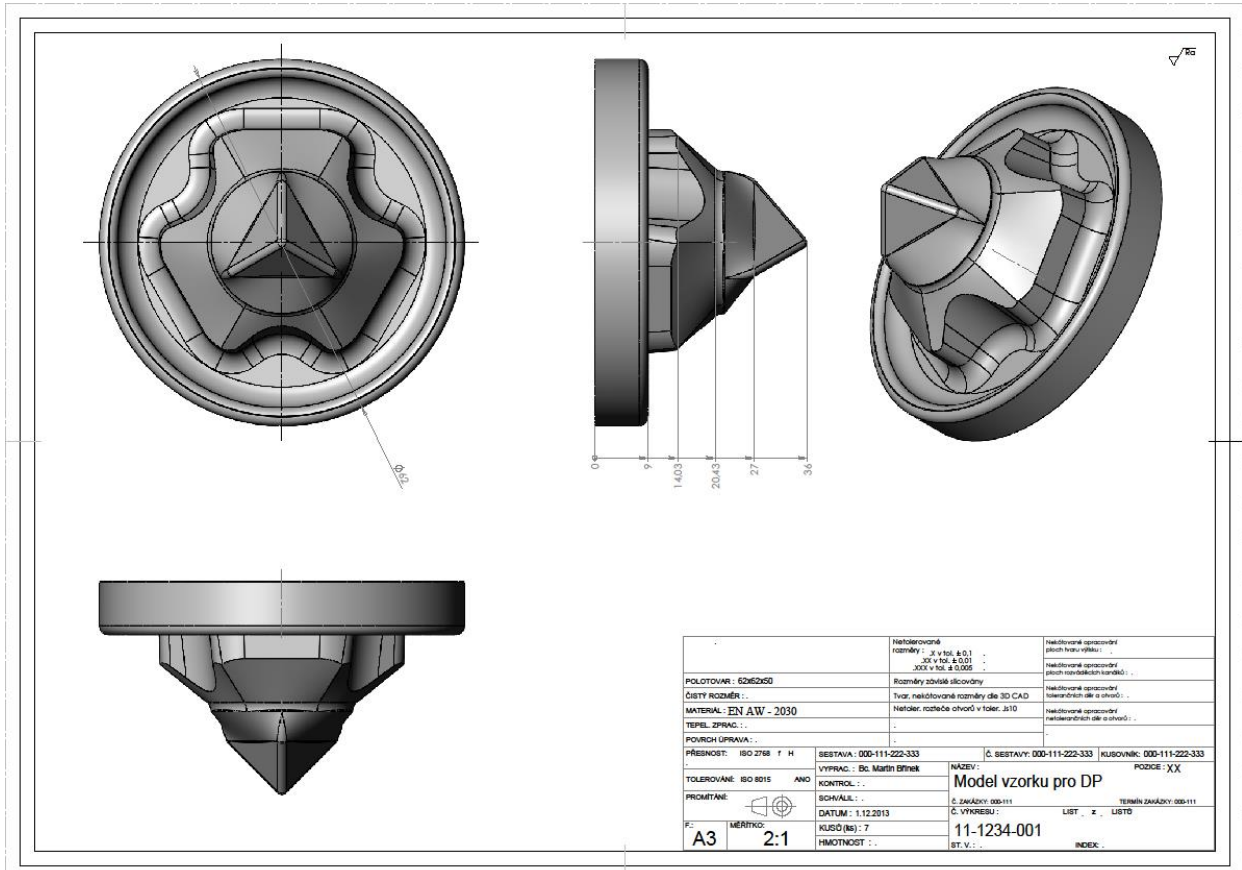
a_e	[mm]	stranový krok nástroje
a_p	[mm]	krok nástroje v ose Z
f_z	[mm]	posuv na zub
h_{ss}	[Kč.hod ⁻¹]	hodinová sazba stroje
t_A	[hod]	čas potřebný k opracování vzorku
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
w_i	[-]	váha i – tého řídicího bodu
α_{01}	[°]	nástrojový úhel hřbetu
α_{02}	[°]	nástrojový úhel hřbetu
γ_o	[°]	nástrojový úhel čela

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres vzorku
- Příloha 2 Seřizovací listy pro programy č. 1 až č. 6
- Příloha 3 Výstupní data z kontaktního měření struktur povrchu
- Příloha 4 Data Alicona G4g (jedná se o převzatý dokument, proto čísla stran v obsahu se neshodují s číslováním v diplomové práci)
- Příloha 5 CNC programy pro všechny realizované vzorky (jsou umístěny na CD ve složce PGM)

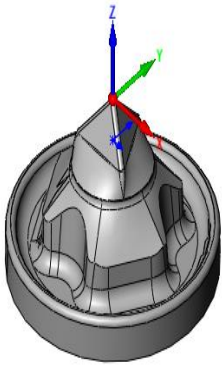
Návod na obsluhu přístroje v českém jazyce

PŘÍLOHA 1




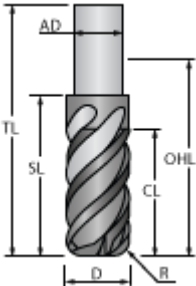
PŘÍLOHA 2

Wednesday, November 27, 2013	OBRÁBĚNÝ MODEL1-HRUB IMACHINING	
------------------------------	--	--

Jednotky	mm	
Typ obrobku	Frézování	
CNC-řízení	M3_heid_530_MCV-1016Q	
Číslo programu	10	
Číslo podprogramu	1	
Adaptér nástroje	SK40	
Obráběný materiál		
Operace	2	

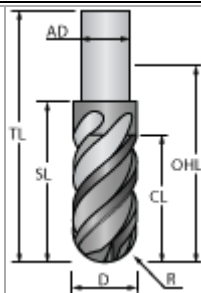
Model	D:\škola\Diplomka\Obráběný model1-Hrub iMachining.SLDPRT
Adresář	D:\škola\Diplomka
Název projektu	OBRÁBĚNÝ MODEL1-HRUB IMACHINING

Wednesday, November 27, 2013	Tabulka nástrojů OBRÁBĚNÝ MODEL1-HRUB IMACHINING	
------------------------------	---	--

1-Spindle-1  Toroidní fréza		D: 10 mm R: 1.6 mm AD: 10 TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm	H 51 D 1 Počet zubů: 3
--	---	---	------------------------------

5-Spindle-1


Kulová fréza



D: 6 mm
R: 3 mm
AD: 6

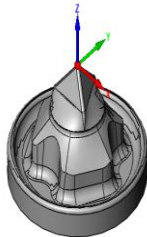
TL: 80 mm
OHL: 60 mm
CL: 24 mm
SL: 30 mm
H: 100 mm

H 55 D 5
Počet zubů: 2

Wednesday, November 27, 2013	Přehled operací OBRÁBĚNÝ MODEL1-HRUB IMACHINING
------------------------------	--


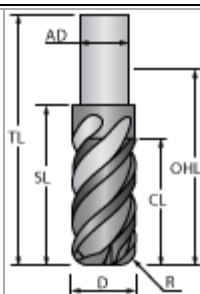

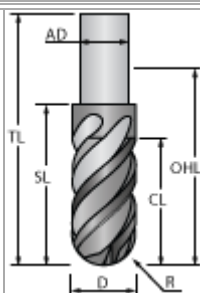
#	Název operace (Typ Operace) <Transformace>					
	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	Číslo nástroje		Chlazení nástroje			
	Popis					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
1	i3DRough_obrobek (3D iMachining) <-					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		6950	2975	10000	0:03:33
	1-Spindle-1					
	-38.851	38.114	-38.82	38.829	-35.7	0
2	HSR_R_Cont_obrobek (Konturové hrubování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:07:11
	5-Spindle-1					
	-26.329	26.329	-26.332	26.333	-30.695	12
Celkový čas:					0:10:44	

Thursday, November 28, 2013	OBRÁBĚNÝ MODEL2-HRUB HSR
-----------------------------	---------------------------------

Jednotky	mm	
Typ obrobku	Frézování	
CNC-řízení	M3_heid_530_MCV-1016Q	
Číslo programu	10	
Číslo podprogramu	1	
Adaptér nástroje	SK40	
Obráběný materiál		
Operace	3	

Model	D:\škola\Diplomka\Obráběný model2-Hrub HSR.SLDPRT
Adresář	D:\škola\Diplomka
Název projektu	OBRÁBĚNÝ MODEL2-HRUB HSR

Thursday, November 28, 2013	Tabulka nástrojů OBRÁBĚNÝ MODEL2-HRUB HSR	
-----------------------------	--	--

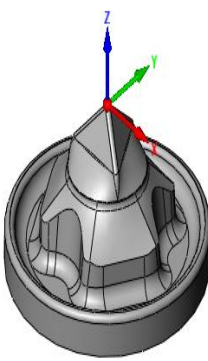
1-Spindle-1  Toroidní fréza		D: 10 mm R: 1.6 mm AD: 10	TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm	H 51 D 1 Počet zubů: 3
5-Spindle-1  Kulová fréza		D: 6 mm R: 3 mm AD: 6	TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm	H 55 D 5 Počet zubů: 2

Thursday, November 28, 2013	Přehled operací OBRÁBĚNÝ MODEL2-HRUB HSR	
-----------------------------	---	--

#	Název operace (Typ Operace) <Transformace>					
	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	Číslo nástroje		Chlazení nástroje			
	Popis					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
1	HSR_R_Cont_obrobek (Konturové hrubování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000		0:07:29
	1-Spindle-1					
	-47.006	46.999	-46.979	46.974	-36	20
2	HSM_CZ_obrobek (Konstant Z)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000		0:05:28


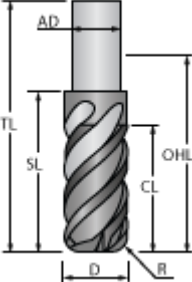

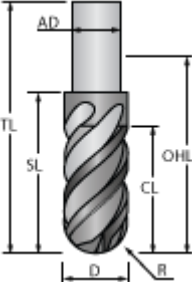
#	Název operace (Typ Operace) <Transformace>					
	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	Číslo nástroje		Chlazení nástroje			
	Popis					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
3	1-Spindle-1					
	-34.156	34.161	-34.157	34.157	-29.876	10
	HSR_RestR_obrobek (Zbytkové hrubování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:09:16
	5-Spindle-1					
	-27.7	27.709	-27.722	27.722	-30.695	12
Celkový čas:						0:22:13

Thursday, November 28, 2013	OBRÁBĚNÝ MODEL3-DOKONCENI ŠROUBOVICE
-----------------------------	---

Jednotky	mm	
Typ obrobku	Frézování	
CNC-řízení	M3_heid_530_MCV-1016Q	
Číslo programu	10	
Číslo podprogramu	1	
Adaptér nástroje	SK40	
Obráběný materiál		
Operace	6	

Model	D:\škola\Diplomka\Obráběný model3-dokonceni šroubovice.SLDPRT
Adresář	D:\škola\Diplomka
Název projektu	OBRÁBĚNÝ MODEL3-DOKONCENI ŠROUBOVICE

Thursday, November 28, 2013	Tabulka nástrojů OBRÁBĚNÝ MODEL3-DOKONCENI ŠROUBOVICE
-----------------------------	--

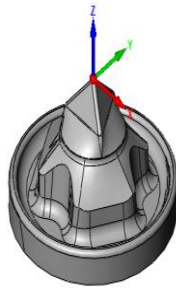
1-Spindle-1  Toroidní fréza		D: 10 mm R: 1.6 mm AD: 10	TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm	H 51 D 1 Počet zubů: 3
5-Spindle-1  Kulová fréza		D: 6 mm R: 3 mm AD: 6	TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm	H 55 D 5 Počet zubů: 2

Thursday, November 28, 2013	Přehled operací OBRÁBĚNÝ MODEL3- DOKONCENI ŠROUBOVICE	
--------------------------------	---	--

#	Název operace (Typ Operace) <Transformace>					
	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	Číslo nástroje		Chlazení nástroje			
	Popis					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
1	i3DRough_obrobek (3D iMachining) <>					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9167	3318	10000	0:02:21
	1-Spindle-1					
	-38.826	38.83	-38.807	38.807	-35.7	0
2	F_kontura2 (Kontura) <>					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000	1600	0:00:10
	1-Spindle-1					
	-46	36	-36	36	-36	2
3	HSM_Helical_obrobek (Šroubovice)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000		0:00:30
	1-Spindle-1					
	-22.235	17	-16.997	17	-15.596	10
4	HSR_R_Cont_obrobek (Konturové hrubování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:06:55
	5-Spindle-1					


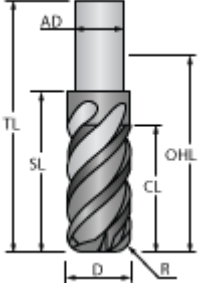

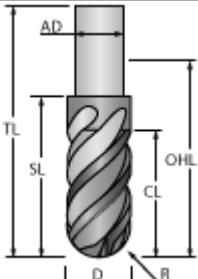
#	Název operace (Typ Operace) <Transformace>					
	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	Číslo nástroje			Chlazení nástroje		
	Popis					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
	-26.329	26.34	-26.334	26.335	-30.695	12
5	HSM_Helical_obrobek_1 (Šroubovice)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:23:19
	5-Spindle-1					
	-39.067	33.971	-33.971	33.971	-30.999	10
6	HSM_CZF_obrobek (Obrábění rovin)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:01:48
	5-Spindle-1					
	-24.496	24.497	-24.497	24.498	-31	10
Celkový čas:					0:35:02	

Thursday, November 28, 2013	OBRÁBĚNÝ MODEL4-DOKONCENI ŘÁDKOVÁNÍ	
-----------------------------	--	--

Jednotky	mm	
Typ obrobku	Frézování	
CNC-řízení	M3_heid_530_MCV-1016Q	
Číslo programu	10	
Číslo podprogramu	1	
Adaptér nástroje	SK40	
Obráběný materiál		
Operace	7	

Model	D:\škola\Diplomka\Obráběný model4-dokonceni řádkování.SLDPRT
Adresář	D:\škola\Diplomka
Název projektu	OBRÁBĚNÝ MODEL4-DOKONCENI ŘÁDKOVÁNÍ

Thursday, November 28, 2013	Tabulka nástrojů OBRÁBĚNÝ MODEL4- DOKONCENI ŘÁDKOVÁNÍ	
-----------------------------	--	--

1-Spindle-1  Toroidní fréza		D: 10 mm R: 1.6 mm AD: 10	TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm	H 51 D 1 Počet zubů: 3
5-Spindle-1  Kulová fréza		D: 6 mm R: 3 mm AD: 6	TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm	H 55 D 5 Počet zubů: 2

Thursday, November 28, 2013	Přehled operací OBRÁBĚNÝ MODEL4- DOKONCENI ŘÁDKOVÁNÍ	
--------------------------------	---	--

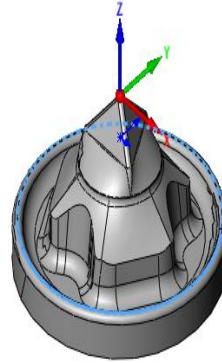
#	Název operace (Typ Operace) <Transformace>					
	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	Číslo nástroje		Chlazení nástroje			
	Popis					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
1	i3DRough_obrobek (3D iMachining) <>					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9167	3318	10000	0:02:21
	1-Spindle-1					
	-38.826	38.83	-38.807	38.807	-35.7	0
2	F_kontura (Kontura) <>					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000	1600	0:00:10
	1-Spindle-1					
	-46	36	-36	36	-36	2
3	HSR_R_Cont_obrobek (Konturové hrubování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:06:43
	5-Spindle-1					
	-26.317	26.34	-26.331	26.331	-30.695	12
4	HSM_Lin_obrobek (Řádkování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000		0:05:29
	1-Spindle-1					

#	Název operace (Typ Operace) <Transformace>					
	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	Číslo nástroje		Chlazení nástroje			
	Popis					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
	-36.01	36.006	-35.75	35.75	-30.963	10
5	HSM_Lin_obrobek_1 (Řádkování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000		0:05:28
	1-Spindle-1					
	-35.5	35.5	-37.824	36.029	-30.97	10
6	HSM_Lin_obrobek_2 (Řádkování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:09:06
	5-Spindle-1					
	-29.684	29.69	-29.5	29.499	-31.001	10
7	HSM_Lin_obrobek_3 (Řádkování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:09:08
	5-Spindle-1					
	-29.495	29.505	-29.688	29.688	-31	10
Celkový čas:						0:38:25

OBRÁBĚNÝ MODEL5-DOKONCENI PAPRSKY

Monday, November 25,
2013

Jednotky	mm
Typ obrobku	Frézování
CNC-řízení	M3_heid_530_MCV- 1016Q
Číslo programu	10
Číslo podprogramu	1
Adaptér nástroje	SK40
Obráběný materiál	
Operace	5



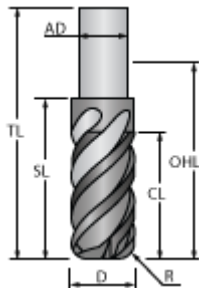
Model	D:\škola\Diplomka\Obráběný model5-dokonceni paprsky.SLDPRT
Adresář	D:\škola\Diplomka
Název projektu	OBRÁBĚNÝ MODEL5-DOKONCENI PAPRSKY

Tabulka nástrojů OBRÁBĚNÝ MODEL5-DOKONCENI PAPRSKY

Monday, November 25,
2013

1-Spindle-1


Toroidní fréza



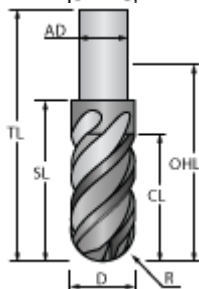
D: 10 mm
R: 1.6 mm
AD: 10

TL: 80 mm
OHL: 60 mm
CL: 24 mm
SL: 30 mm
H: 100 mm

H 51 D 1
Počet zubů: 3

2-Spindle-1


Kulová fréza

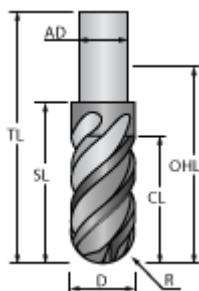


D: 6 mm
R: 3 mm
AD: 6

TL: 80 mm
OHL: 60 mm
CL: 24 mm
SL: 30 mm
H: 100 mm

H 52 D 2
Počet zubů: 2

5-Spindle-1



D: 6 mm
R: 3 mm
AD: 6

TL: 80 mm
OHL: 60 mm
CL: 24 mm
SL: 30 mm
H: 100 mm

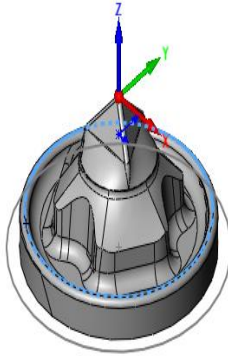
H 55 D 5
Počet zubů: 2

Monday, November 25,
2013

Přehled operací OBRÁBĚNÝ MODEL5- DOKONCENI PAPRSKY


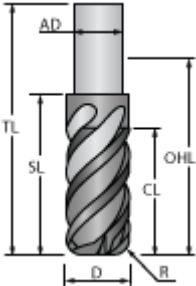

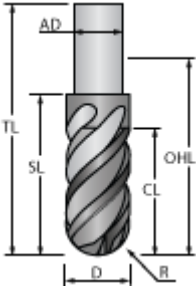
Název operace (Typ Operace) <Transformace>						
#	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	X Min	X Max				
	Číslo nástroje		Chlazení nástroje			
			Popis			
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
	i3DRough_obrobek (3D iMachining) <>					
1	Nulový bod 1 (1- Poloha)		7401	3435	10000	0:03:05
	1-Spindle-1					
	-38.851	38.114	-38.82	38.829	-35.7	0
	F_kontura (Kontura) <>					
2	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000	1600	0:00:10
	1-Spindle-1					
	-46	36	-36	36	-36	2
	HSM_Rad_obrobek (Paprsky)					
3	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000		0:18:34
	1-Spindle-1					
	-36.007	37.992	-36.019	36.012	-30.968	10
	HSR_R_Cont_obrobek (Konturové hrubování)					
4	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.05		0:06:46
	2-Spindle-1					
	-26.329	26.34	-26.334	26.335	-30.695	12
	HSM_Rad_obrobek_1 (Paprsky)					
5	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:12:42
	5-Spindle-1					
	-29.684	29.687	-29.686	29.686	-31	10
	Celkový čas:					0:41:16

Monday, December 02, 2013	OBRÁBĚNÝ MODEL6-DOKONCENI PAPRSKY+ŠROUBOVICE	
---------------------------	---	--

Jednotky	mm	
Typ obrobku	Frézování	
CNC-řízení	M3_heid_530_MCV-1016Q	
Číslo programu	10	
Číslo podprogramu	1	
Adaptér nástroje	SK40	
Obráběný materiál		
Operace	6	

Model	D:\škola\Diplomka\Obráběný model6-dokonceni paprsky+šroubovice.SLDPRT
Adresář	D:\škola\Diplomka
Název projektu	OBRÁBĚNÝ MODEL6-DOKONCENI PAPRSKY+ŠROUBOVICE

Monday, December 02, 2013	Tabulka nástrojů OBRÁBĚNÝ MODEL6-DOKONCENI PAPRSKY+ŠROUBOVICE	
---------------------------	--	--

<p>1-Spindle-1</p>  <p>Toroidní fréza</p>		<p>D: 10 mm R: 1.6 mm AD: 10</p>	<p>TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm</p>	<p>H 51 D 1 Počet zubů: 3</p>
<p>5-Spindle-1</p>  <p>Kulová fréza</p>		<p>D: 6 mm R: 3 mm AD: 6</p>	<p>TL: 80 mm OHL: 60 mm CL: 24 mm SL: 30 mm H: 100 mm</p>	<p>H 55 D 5 Počet zubů: 2</p>

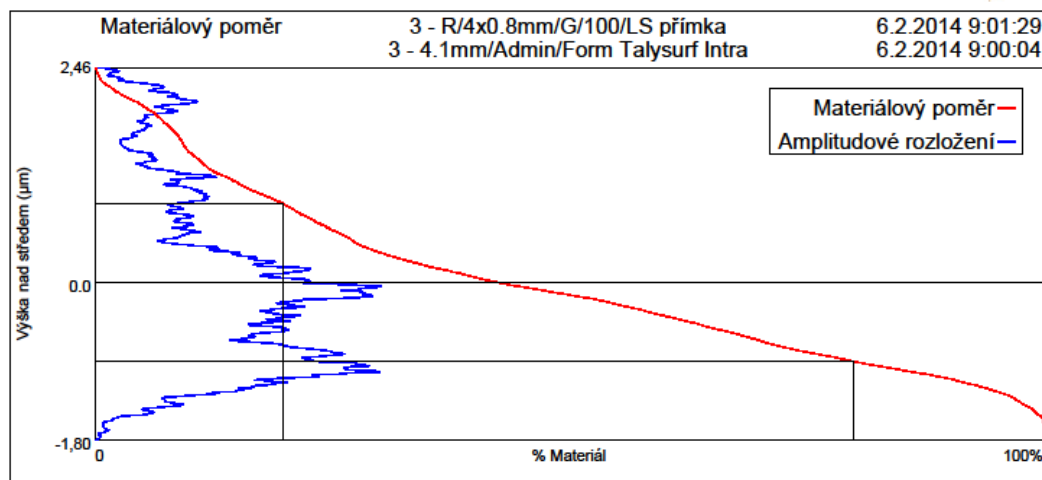
Monday, December 02,
2013

Přehled operací **OBRÁBĚNÝ MODEL6-
DOKONCENI PAPRSKY+ŠROUBOVICE**

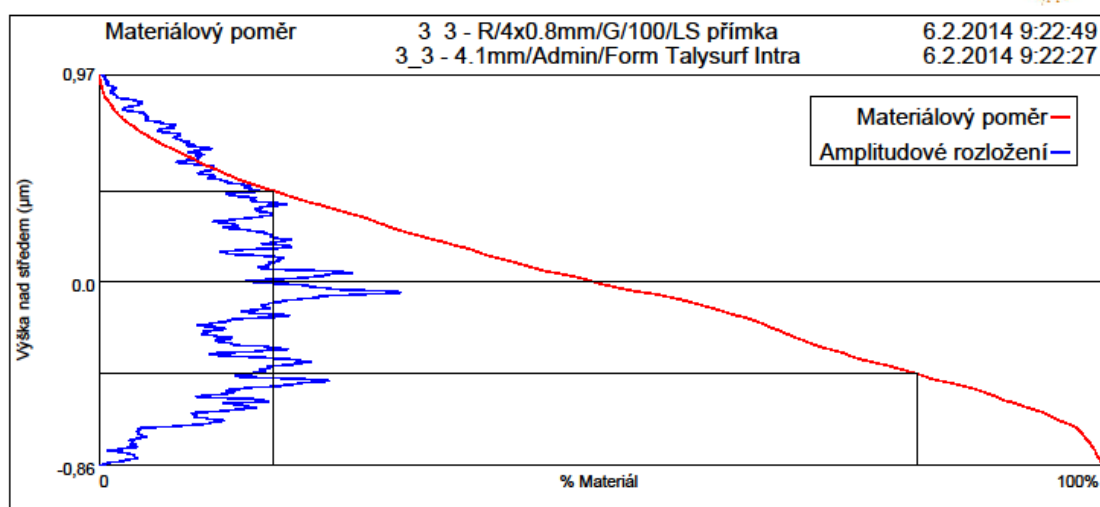
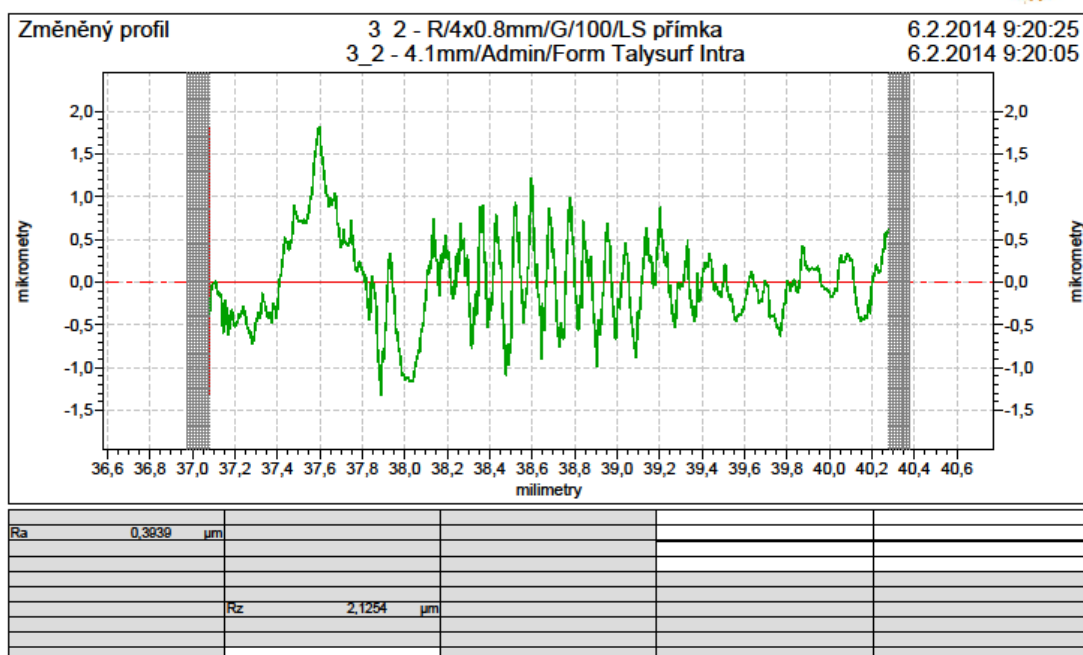
#	Název operace (Typ Operace) <Transformace>					
	Nul. Bod		Otáčky Dok.	Posuv XY/Posuv	Posuv Z/Posuv pro Dok.	Čas
	Číslo nástroje		Chlazení nástroje			
	Popis					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
1	i3DRough_obrobek (3D iMachining) <>					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9167	3326	10000	0:02:21
	1-Spindle-1					
	-38.847	38.83	-38.809	38.809	-35.85	0
2	F_kontura (Kontura) <>					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000	1600	0:00:10
	1-Spindle-1					
	-46	36	-36	36	-36	2
3	HSR_R_Cont_obrobek (Konturové hrubování)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:07:07
	5-Spindle-1					
	-26.555	26.573	-26.57	26.573	-30.845	12
4	HSM_Rad_obrobek (Paprsky)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		300	2000		0:15:38
	1-Spindle-1					
	-35.999	35.999	-36.017	36.011	-31.3	10
5	HSM_Helical_obrobek (Šroubovice)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:11:38
	5-Spindle-1					
	-28.627	28.631	-26.341	26.856	-30.711	10
6	HSM_Rad_obrobek_1 (Paprsky)					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)		9999	0.04		0:17:14
	5-Spindle-1					
	-29.533	29.534	-29.534	29.533	-31.001	10
Celkový čas:					0:54:07	

PŘÍLOHA 3

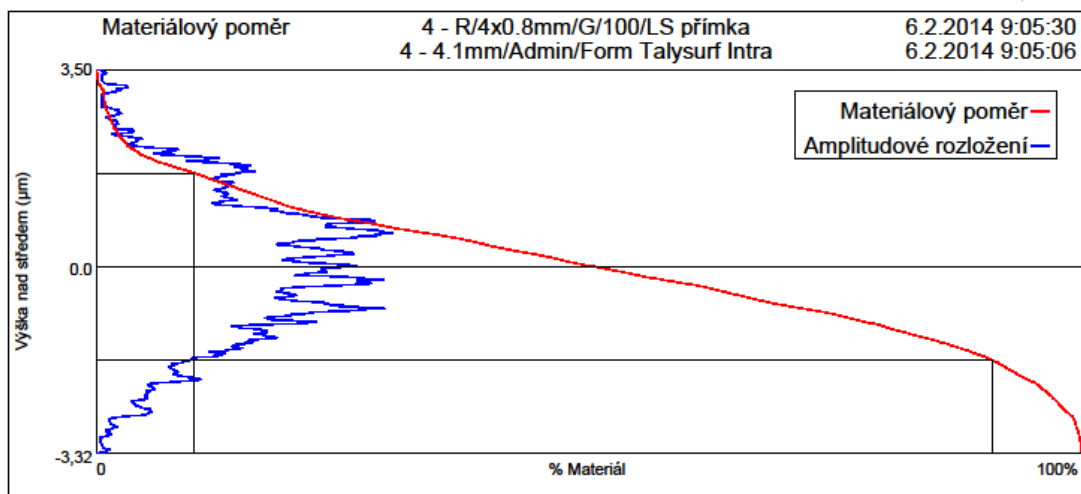
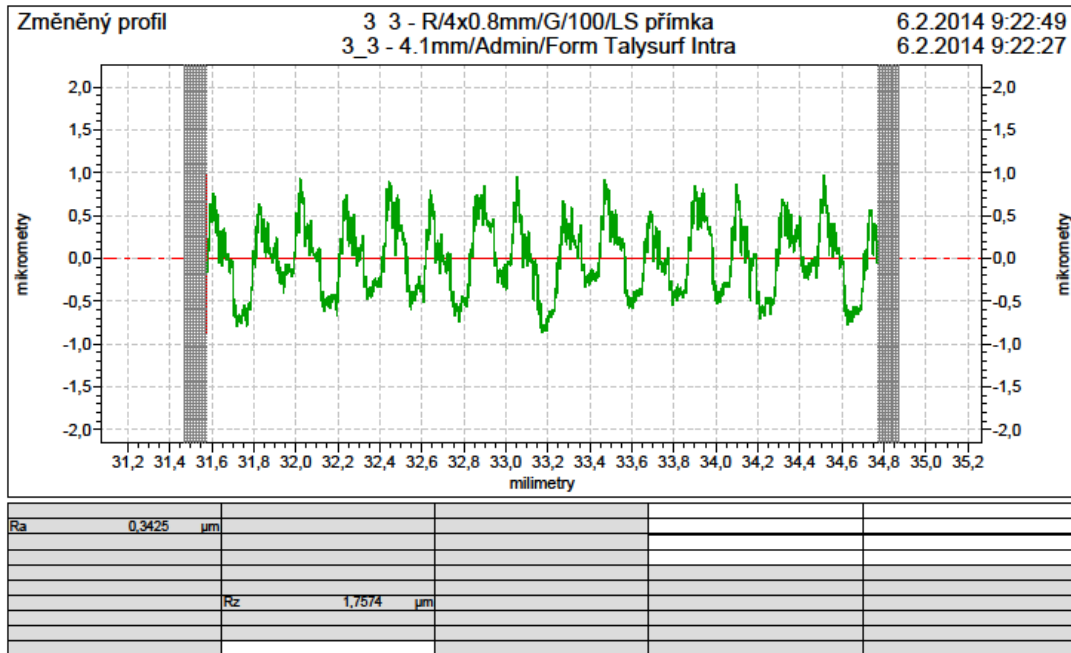
5.12.6.29

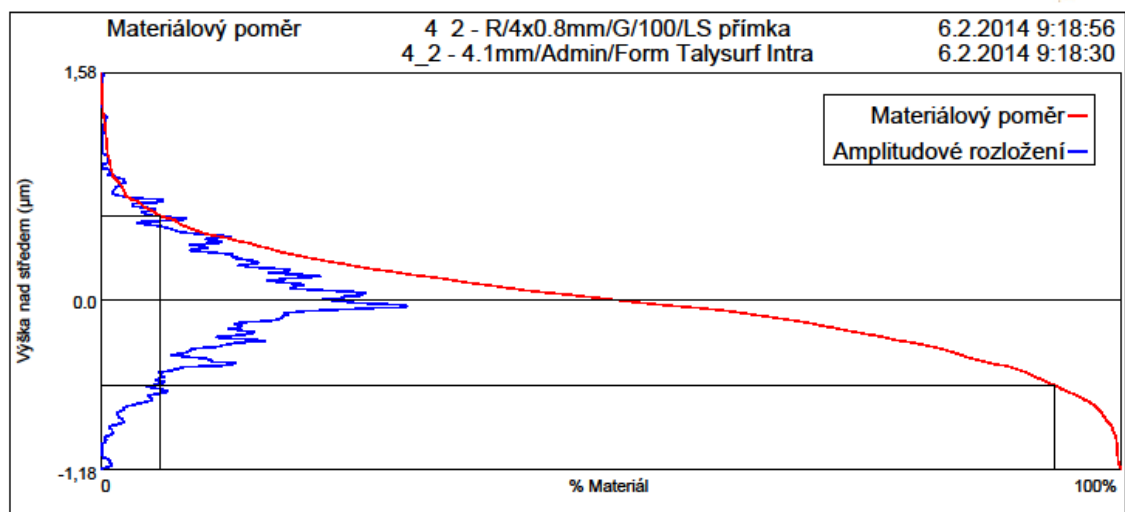
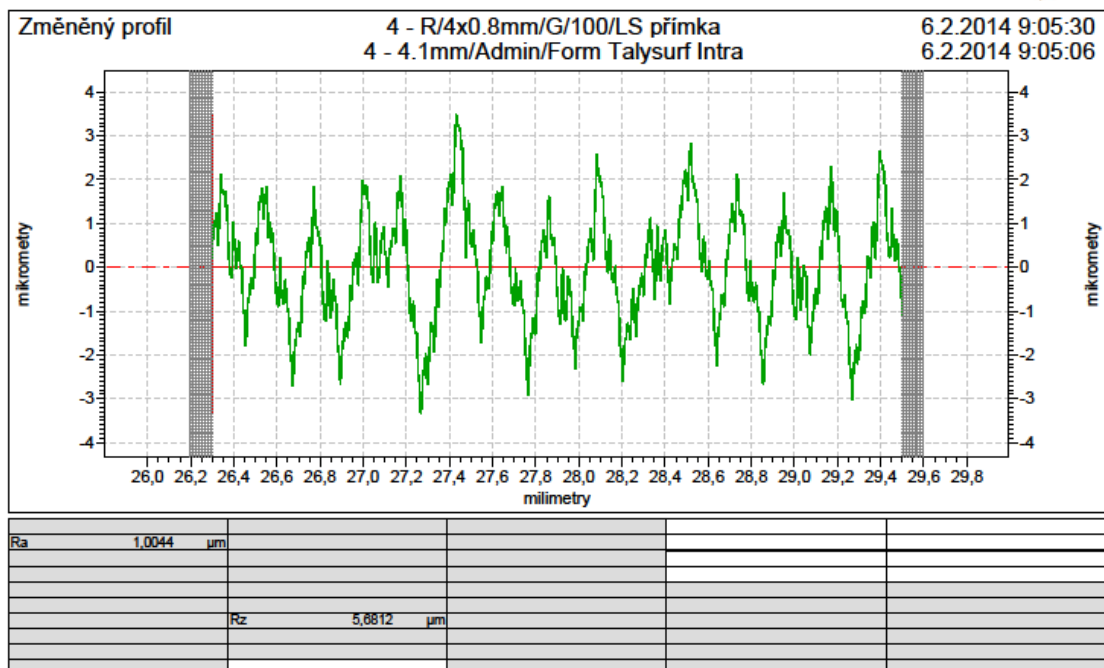


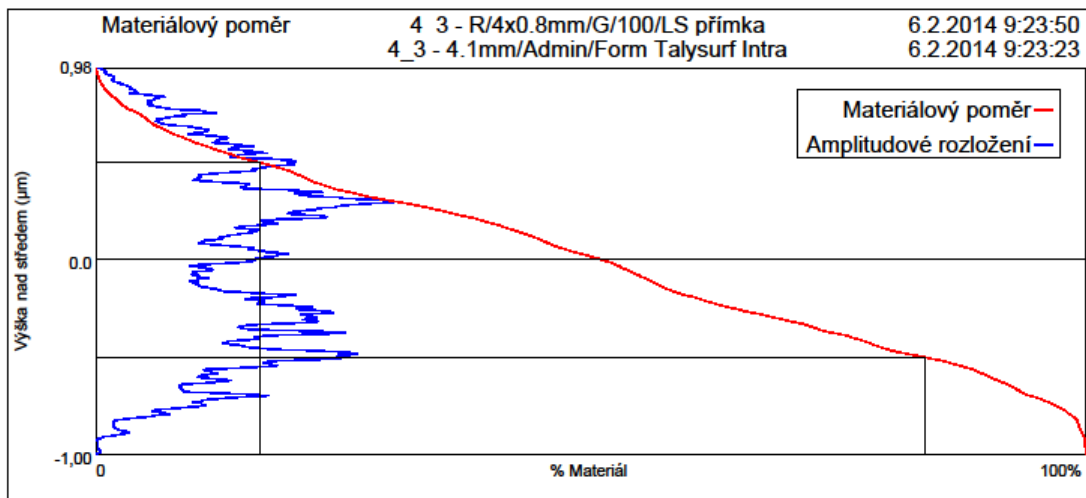
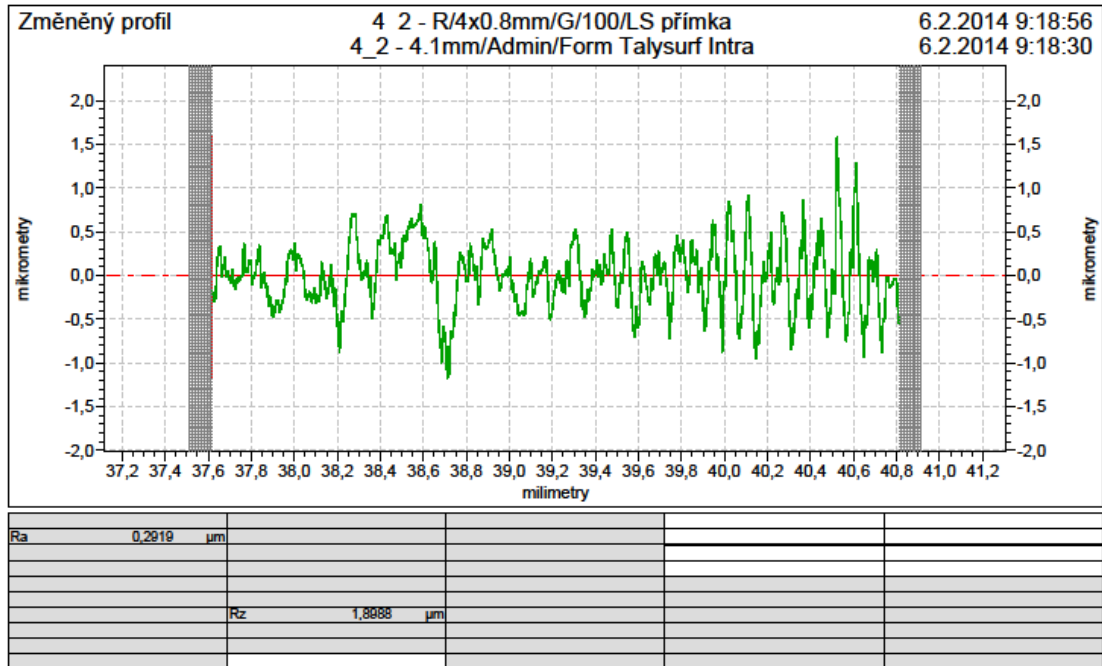
Upper Cursor		Band		Lower Cursor	
Uroveň	0,90 µm	Pásmo/Htp	1,80 µm	Uroveň	-0,90 µm
mr 1%	19,8 %	Delta mr%	59,9 %	mr 2%	79,6 %
HSC	10 výstupků	Počet výstupků	31 výst/cm	HSC	18 výstupků



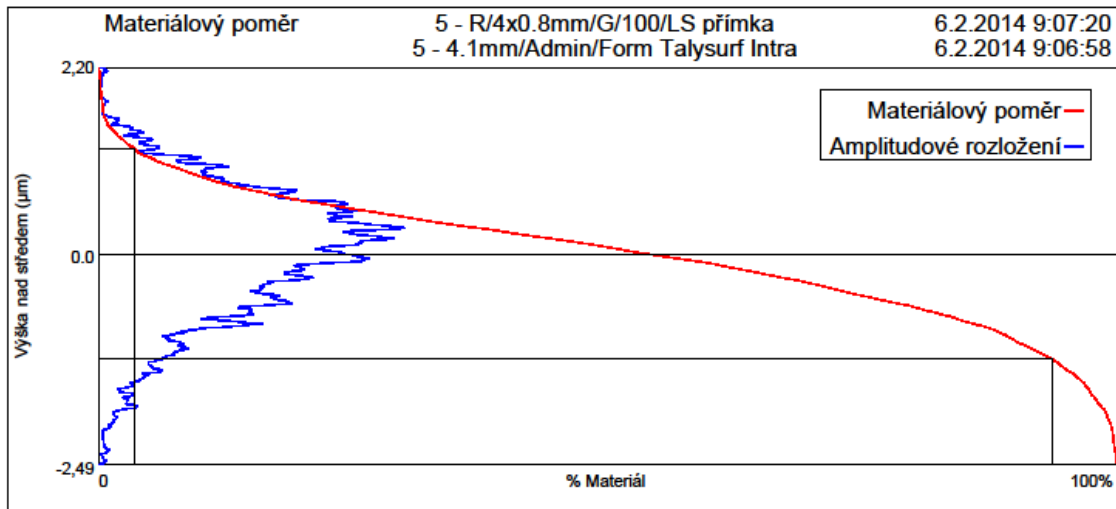
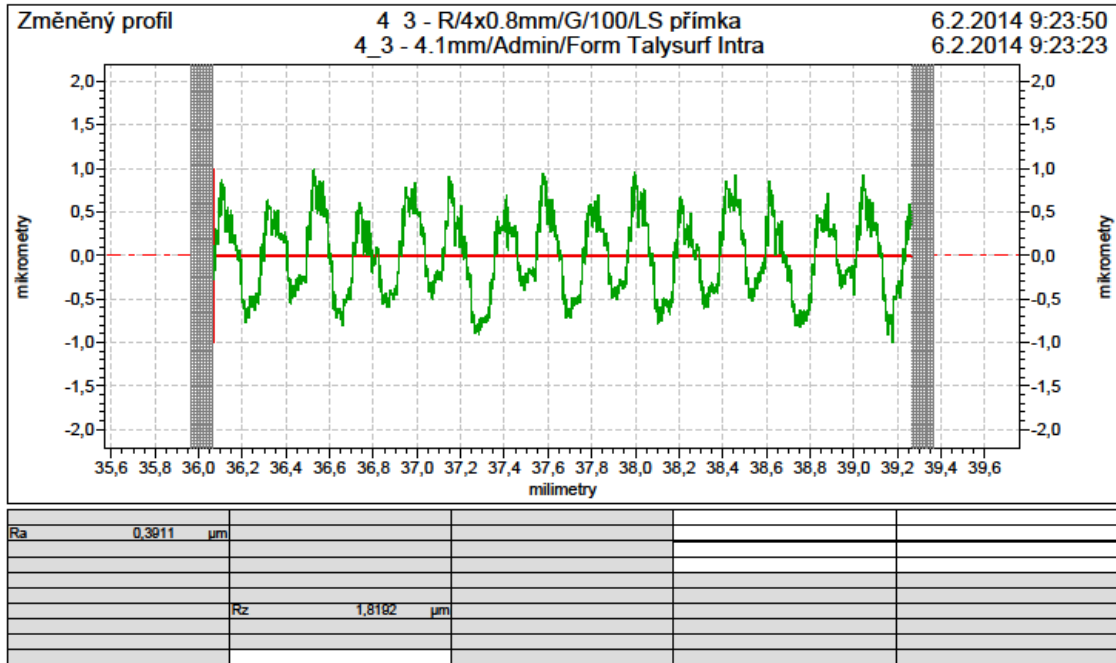
Upper Cursor	Band	Lower Cursor
Uroveň	0,43 µm	Uroveň
mr 1%	17,4 %	mr 2%
HSC	33 výstupků	HSC

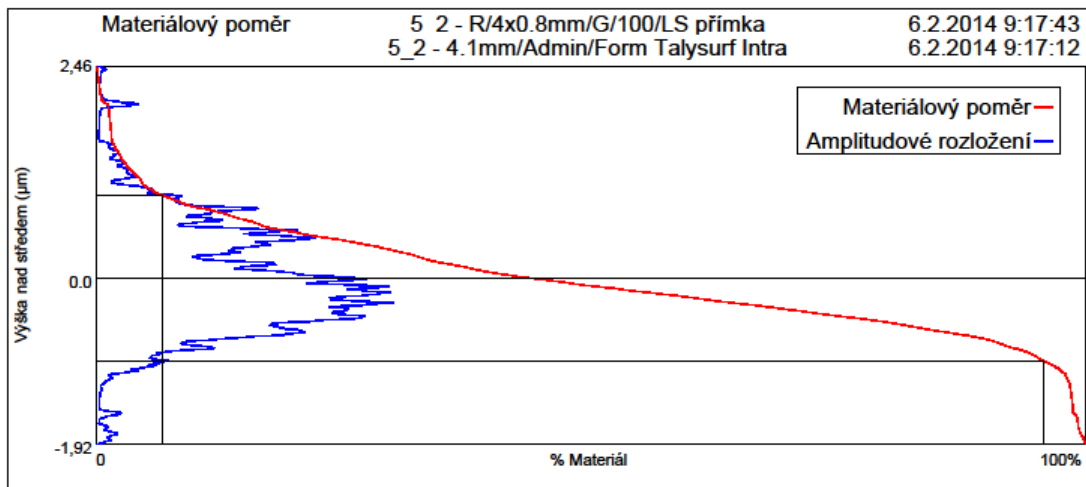
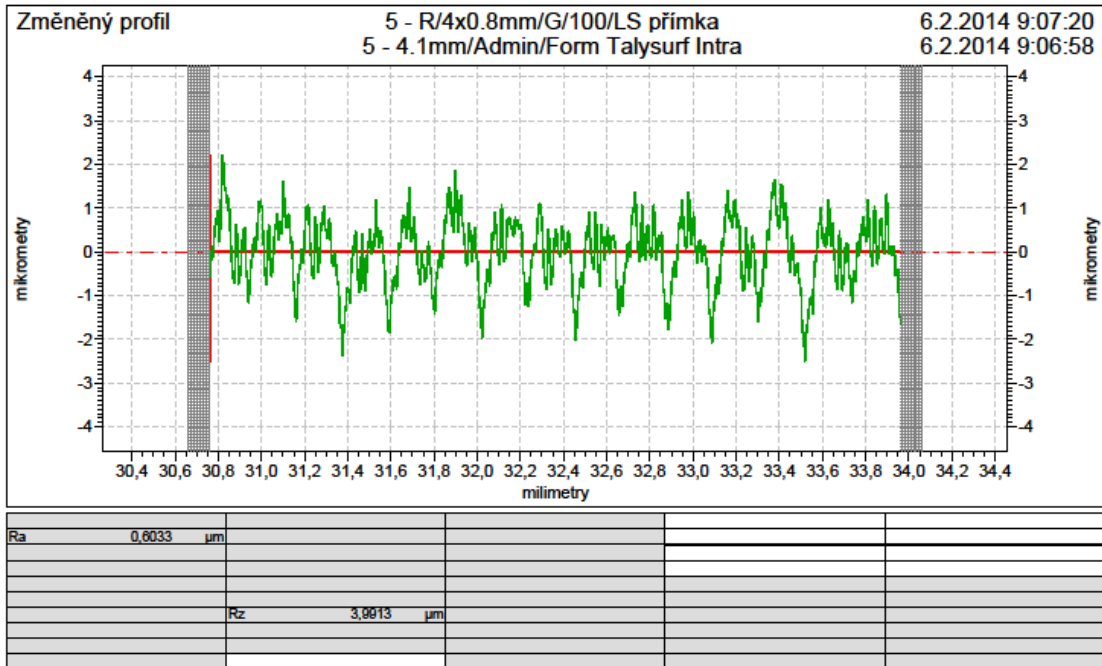


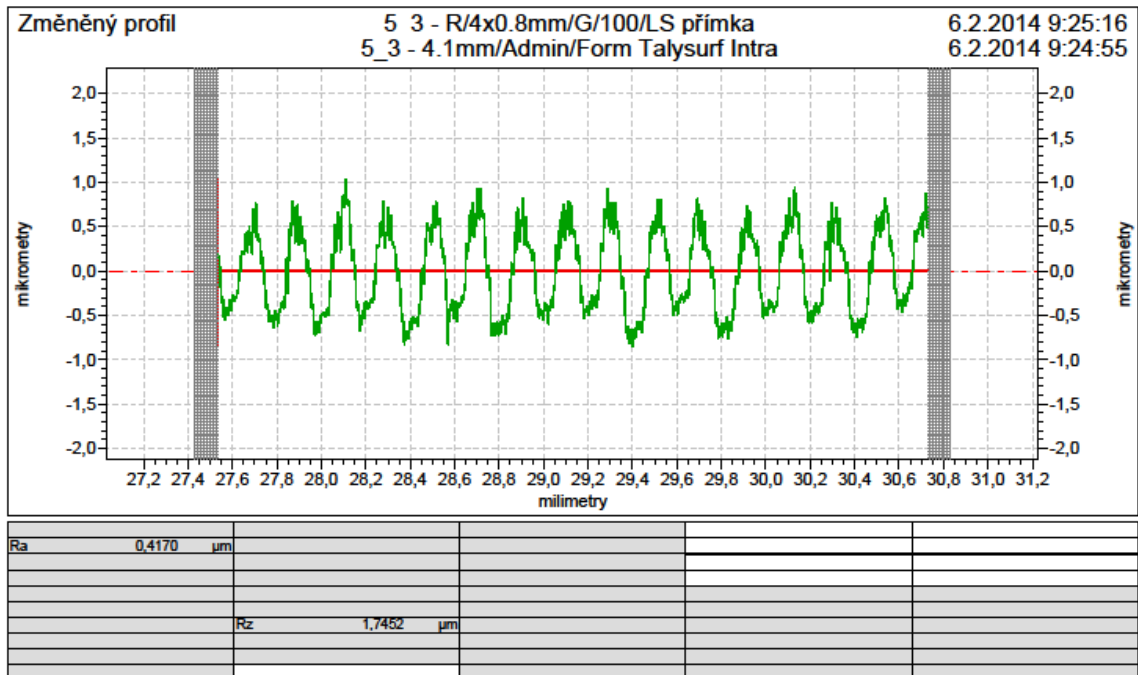
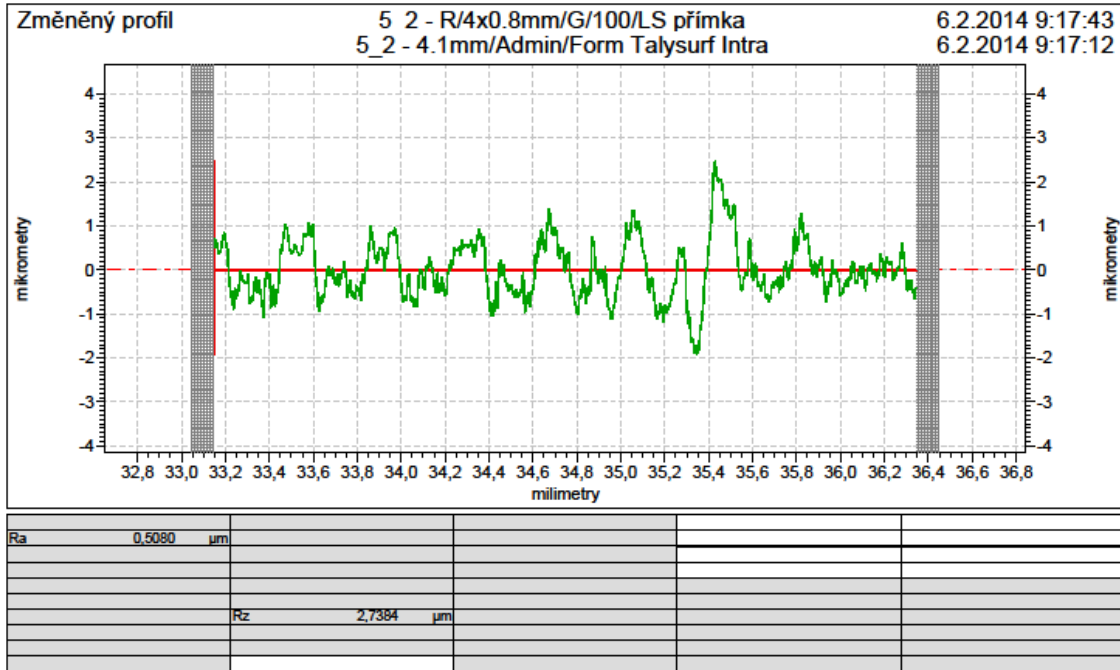


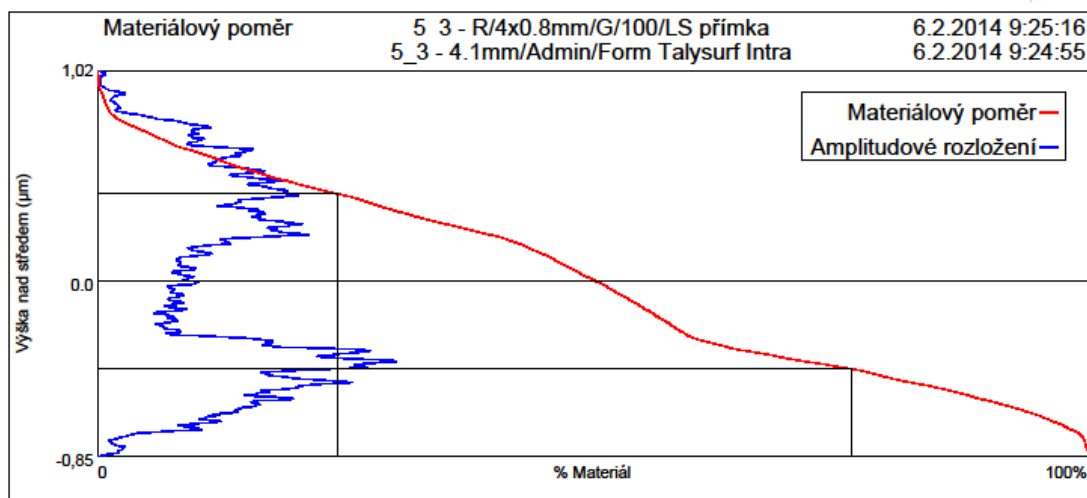


Upper Cursor		Band		Lower Cursor	
Úroveň	0,50 µm	Pásmo/Htp	1,00 µm	Úroveň	-0,50 µm
mr 1%	16,5 %	Delta mr%	67,2 %	mr 2%	83,8 %
HSC	27 výstupků	Počet výstupků	41 výst/cm	HSC	13 výstupků

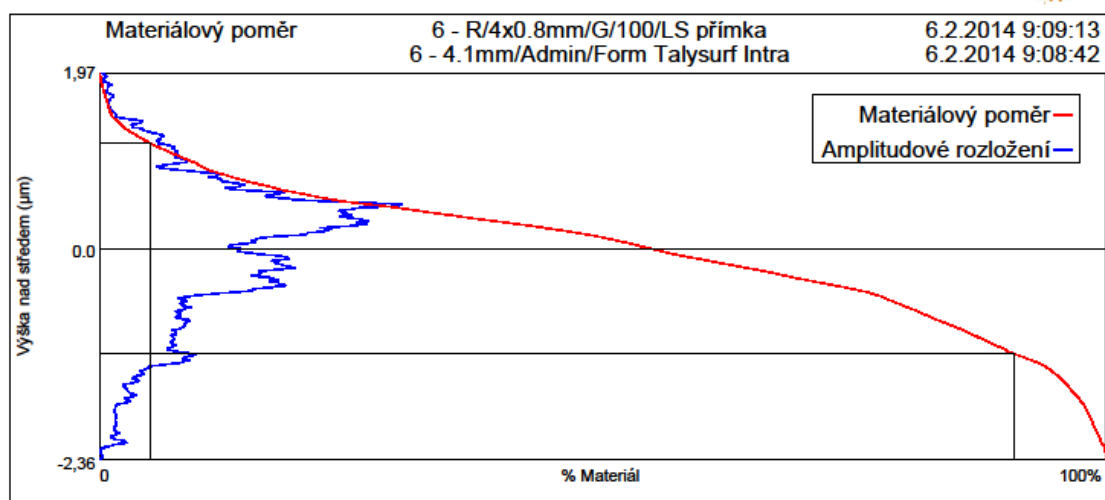




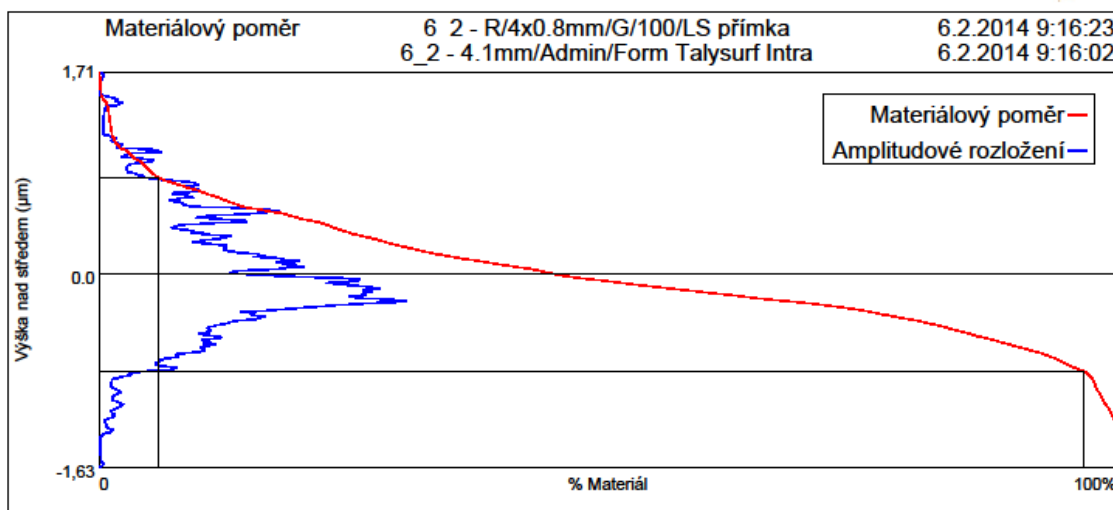
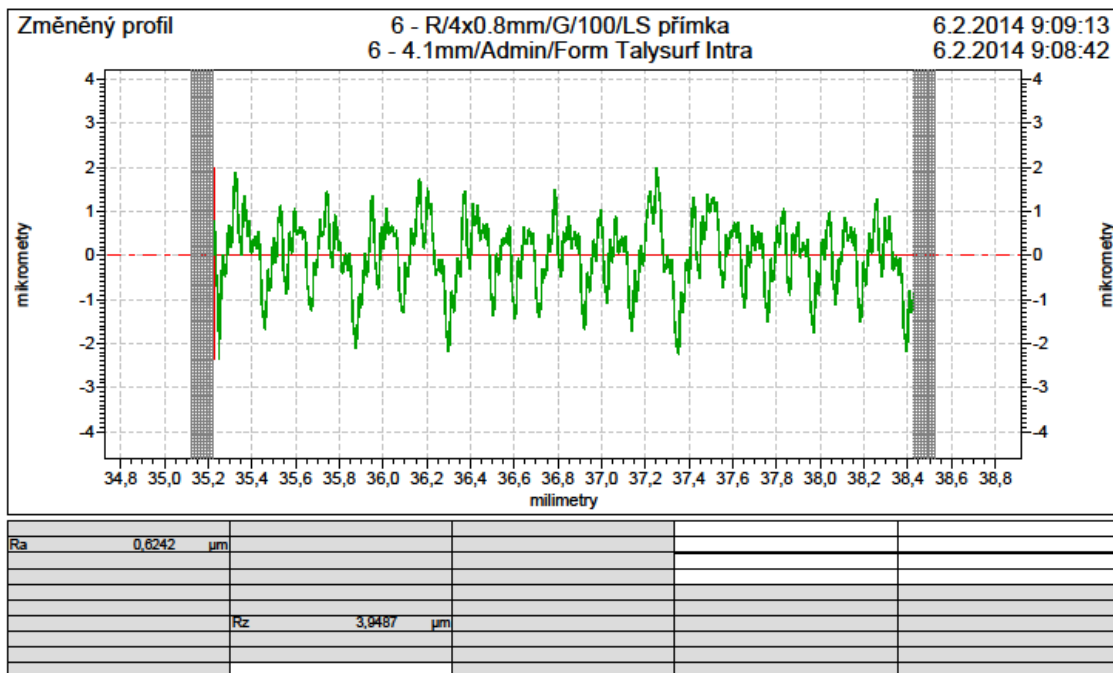




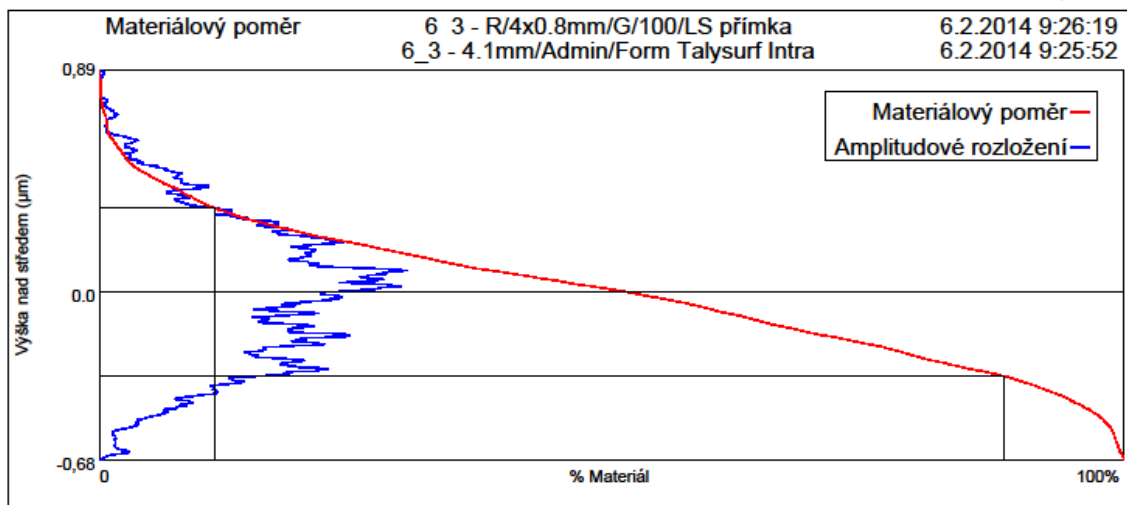
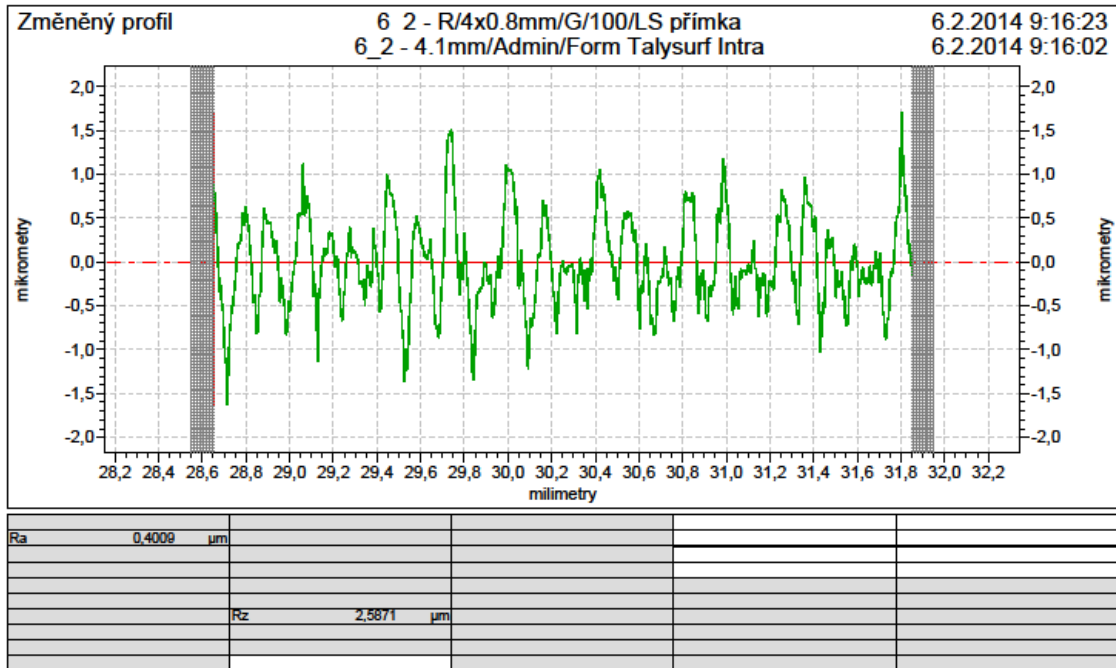
Upper Cursor		Band		Lower Cursor	
Uroveň	0,42 µm	Pásmo/Htp	0,85 µm	Uroveň	-0,43 µm
mr 1%	24,1 %	Delta mr%	51,8 %	mr 2%	75,9 %
HSC	36 výstupků	Počet výstupků	47 výst/cm	HSC	20 výstupků



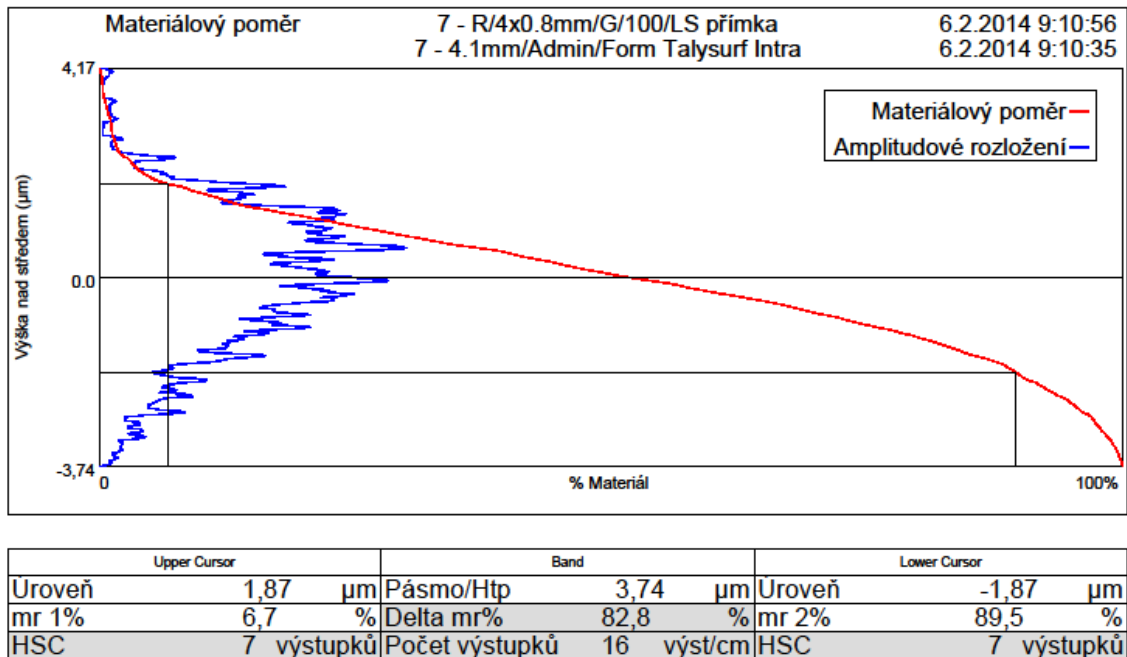
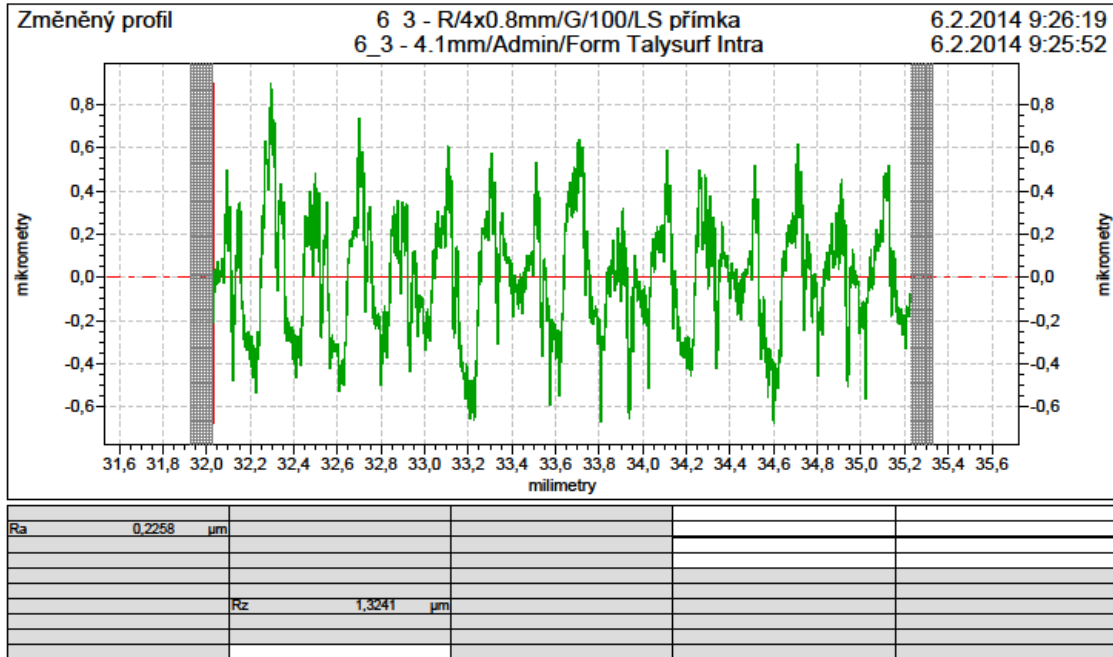
Upper Cursor		Band		Lower Cursor	
Uroveň	1,18 µm	Pásmo/Htp	2,36 µm	Uroveň	-1,18 µm
mr 1%	5,1 %	Delta mr%	85,9 %	mr 2%	90,9 %
HSC	12 výstupků	Počet výstupků	25 výst/cm	HSC	18 výstupků

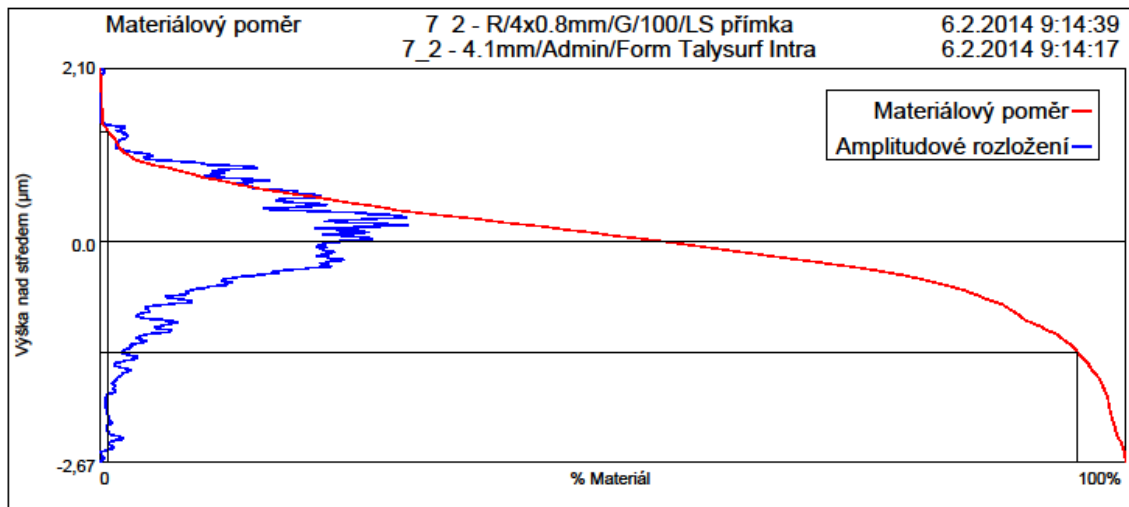
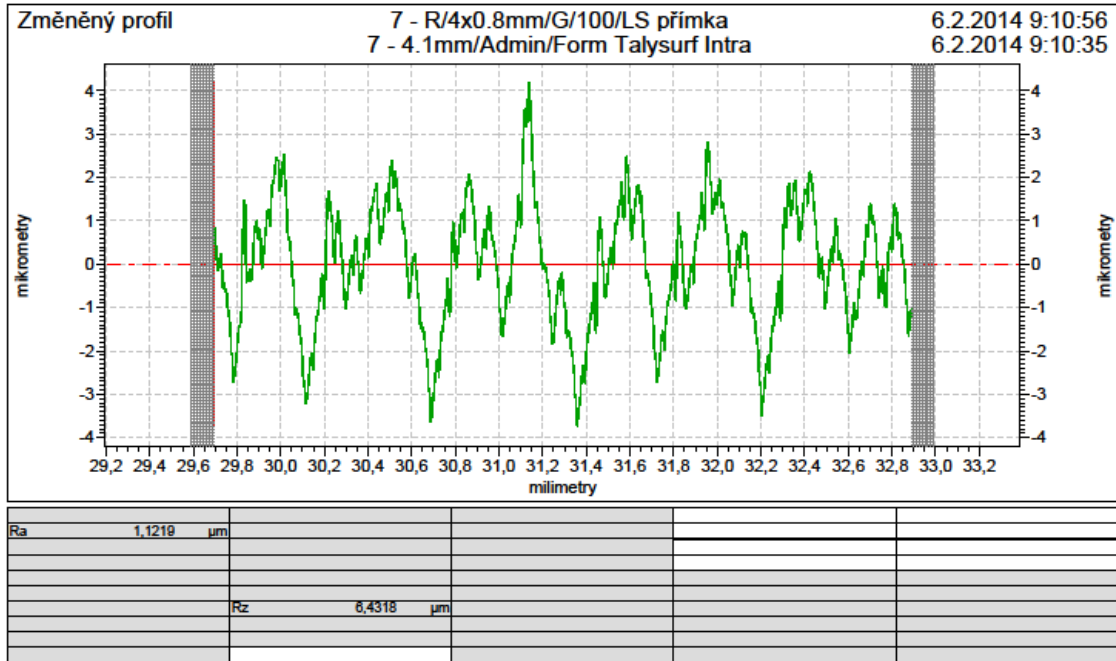


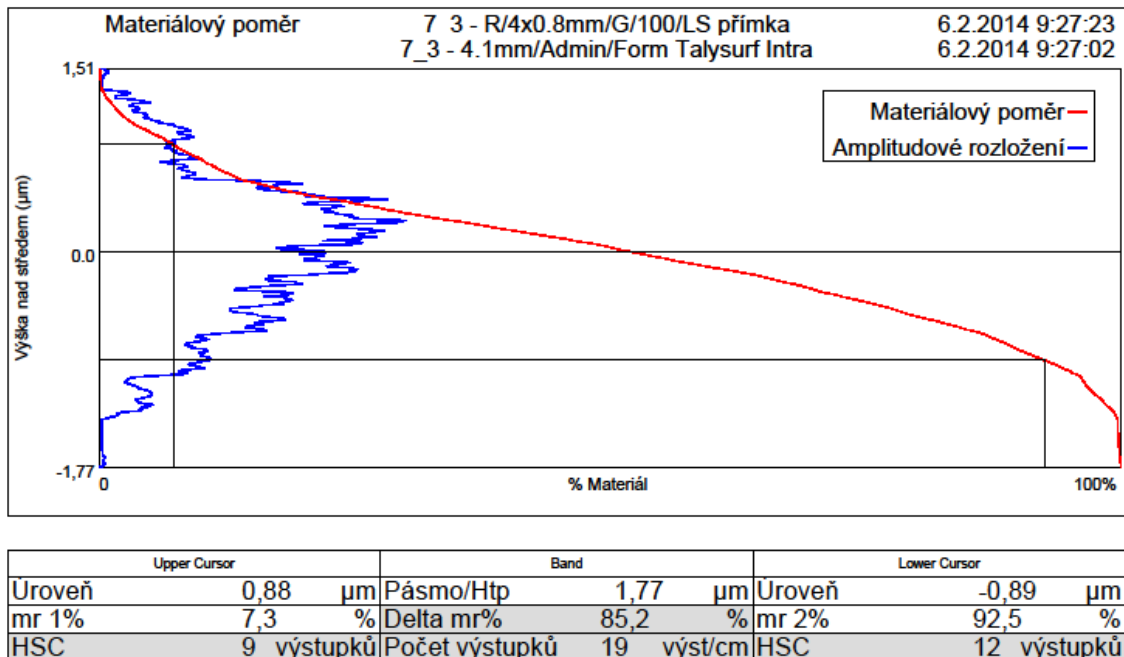
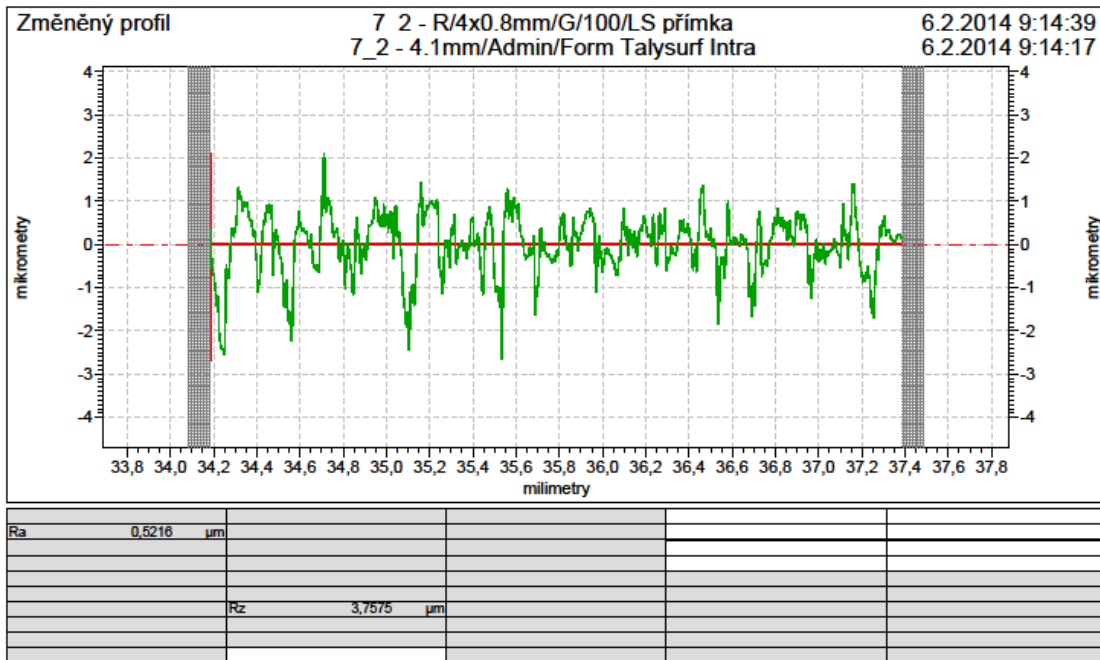
	Upper Cursor		Band		Lower Cursor
Úroveň	0,82	µm	Pásmo/Htp	1,64	µm
mr 1%	5,8	%	Delta mr%	90,5	%
HSC	7	výstupků	Počet výstupků	22	výst/cm
					HSC
					6
					výstupků



Upper Cursor	Band	Lower Cursor
Uroveň	0,34 μm	Pásmo/Htp
mr 1%	11,3 %	Delta mr%
HSC	25 výstupků	Počet výstupků







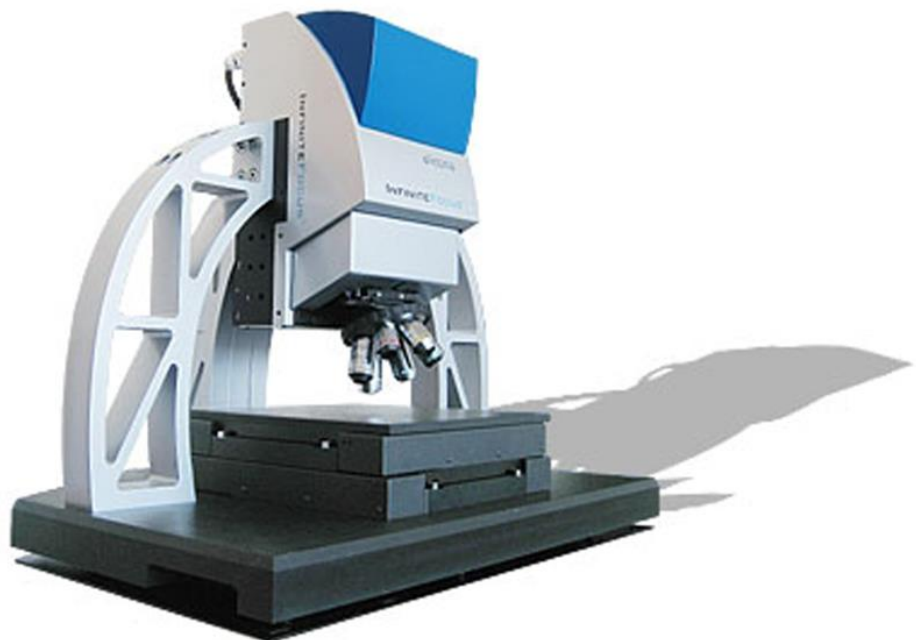
PŘÍLOHA 4

alicon

INFINITE FOCUS[®]

InfiniteFocus Hardware

InfiniteFocus G4g EN 15. November 2012



Alicona Imaging _ info@alicon.com
www.alicon.com _ Dr.-Auner-Straße 21a _ A-8074 Raaba/Graz
Tel: +43 (316) 403010 700 _ Fax: +43 (316) 403010 711

Obsah

1. Infinite Focus Hardware	1
1.1 Dodaná HW	
sestava.....	1
2. Instalace IFM G4	3
2.1 Instalační pokyny	3
2.1.1 Montáž IFM G4 systému	3
2.1.2 Nastavení databází a offline licencí	5
2.1.3 Antivirový software	6
2.1.4 Podniková síť	6
3. Části měřicího systému	7
3.1 IFM G4 Hardware	7
3.2 Obecné informace	7
3.3 Důležité informace	8
3.3.1 IFM G4 Laboratorní měřicí zařízení	8
3.4 Polarizace	21
3.4.1 Použití polarizace	22
3.4.2 Polarizace v kombinaci s osvětlovacím kruhem	22
3.4.3 Kdy by se měla polarizace aktivovat?	25
3.5 IFM G4 Elektronika	26
3.5.1 Přepavní pojistka	28
3.6 IF-Upínací čelisti	28
3.7 IF-speciální upínací čelisti	28
3.8 IF-sklíčidlo	
.....	29
4. Příloha	30
4.1 Prohlášení o shodě s nařízeními EU	30

4.2 Záruka	31
4.2.1 Kompatibilita s jinými produkty	31
4.3 Autorská práva	31
4.4 Bezpečnostní pokyny	31
4.5 Nouzový vypínač	31
4.6 Obecná varování	31
4.6.1 Varování - Epilepsie	32
4.6.2 Varování - laserové záření	33

Kapitola 1

InfiniteFocus Hardware

5 1.1 DODANÁ HW SESTAVA

Ve Vašem IFM balení byly dodány následující komponenty. Prosíme, po vybalení zkontrolujte obsah Vašeho IFM balení a porovnejte ho s tímto seznamem pro kontrolu, zda žádné komponenty nechybí.



Komponenty

1. Laboratorní měřicí zařízení
2. Kabely: FireWire, kabel od elektroniky k senzoru (5x), zdrojové kabely pro elektroniku a řídicí server
3. 19“ stojan s IFM G4 řídicím serverem a IFM G4 Elektronika
4. IFM manuál (tento dokument)
5. Kalibrační listy

6. IFM instalační CD
7. Nouzový vypínač (stop tlačítko)
8. Objektivy v rozsahu od 2,5x do 100x (podle Vaší objednávky)
9. Joystick
10. Anaglyfické 3D brýle (ve 2 exemplářích)
11. Obal na IFM
12. Není na obrázku: myš, klávesnice, monitor, počítačové příslušenství

Doplňkové příslušenství

1. Osvětlovací kruh
2. Polarizační disk pro osvětlovací kruh
3. Kalibrační nástroj
4. Etalon drsnosti
5. Ověřovací nástroj
6. Upínací čelisti
7. Pokročilé upínací čelisti
8. Real3D Rotační Jednotka

POZOR: Pro vrácení zboží během záruční doby se musí příslušenství zabalit zpět do originálního balení.

Kapitola 2

Instalace IFM G4

6 2.1 INSTALAČNÍ POKYNY

2.1.1 Montáž IFM G4 systému

- Umístěte systém na robustní podstavec (např. na masivní stůl). Doporučujeme, aby měřicí zařízení a elektronika nebyly umístěny na stejném stole, protože vibrace elektroniky by mohly ovlivnit měření.
- Ujistěte se, prosím, že IFM G4 je umístěn v nejlépe bezprašném prostředí bez přímého slunečního svitu na přístroj.
- Odstraňte přepravní pojistku z IF Senzoru (červený kolíček na boku snímače).
- Odstraňte přepravní pojistku z IFM G4 laboratorního měřicího zařízení (červené úchytky).
- Systém může být obsluhován pouze po odstranění přepravních pojistek.

Zapojení kabelů

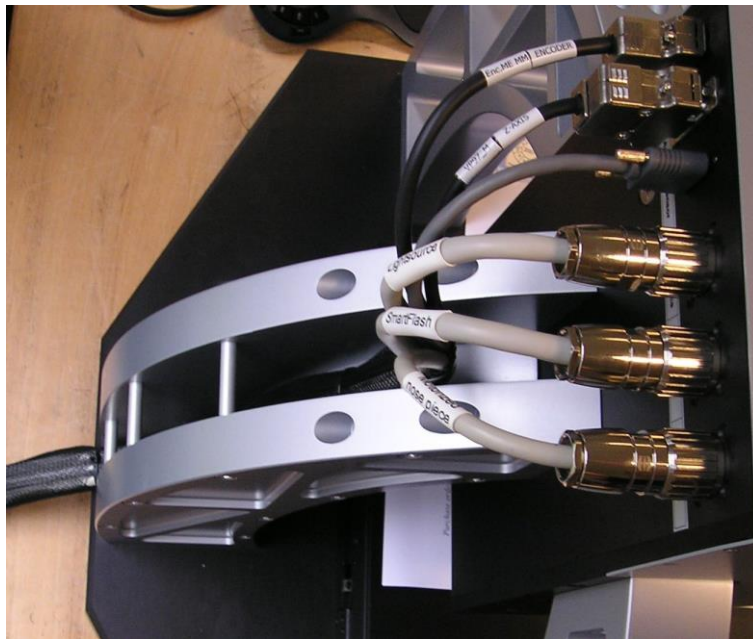
Před spuštěním systému IFM G4 musí být zapojeny následující kabely:

Kabely od elektroniky pro zapojení IF-Senzoru jsou připevněné k dodané elektronice. Prosíme, prostrčte kabely označené x-axis (osa x) a y-axis (osa y) skrz spodní část rámu na zadní straně a zapojte je do označených konektorů na pracovním stole IFM G4 (viz následující obr.). Vezměte, prosím, v úvahu rádius ohýbání kabelů (přibližně 100mm) a rozsah pohyblivosti pracovního stolu!



Zapojení pracovního stolu

Prosím, zapojte kabely od elektroniky do příslušných označených konektorů IF-Senzoru. Položte kabely mezi zadní žebra rámu IFM G4 dle obr. Vezměte, prosím, v úvahu rádius ohýbání kabelů (přibližně 100mm)!



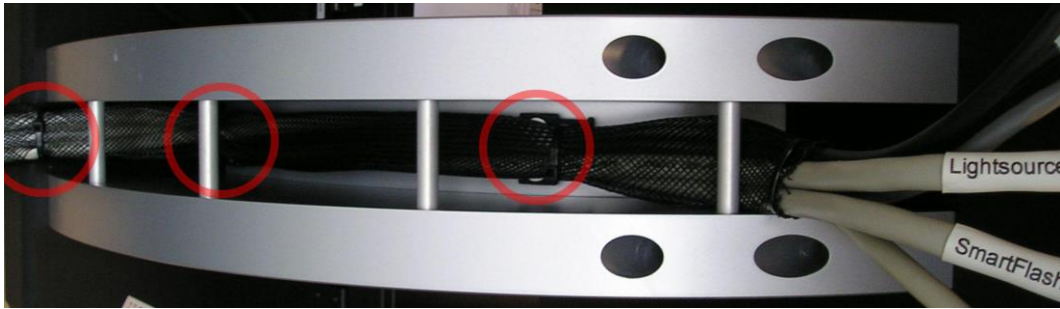
Zapojení IF-Senzoru

Kruhové konektory musí být zabezpečeny otočením otočné části na konci konektoru.

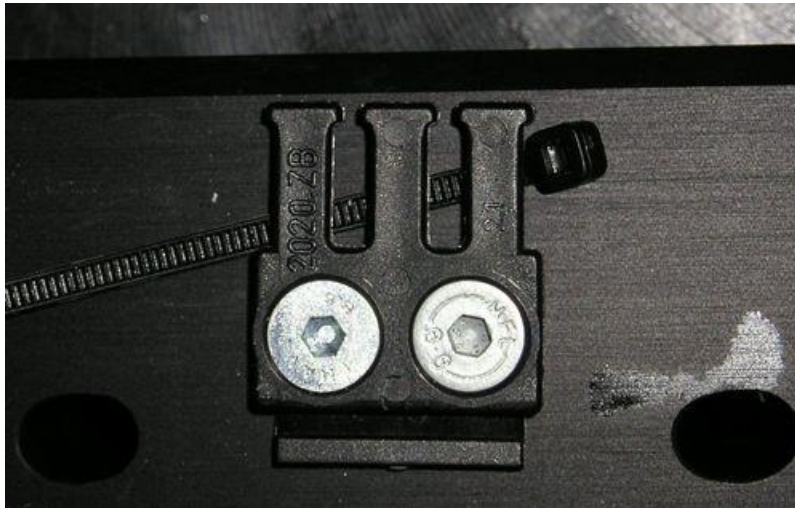


Zapojení IF-Senzoru (detail)

Umístěte kabely do prostoru mezi žebry a vzadu na základní desce (viz následující obr.) pomocí třech dodaných stahovacích pásek. To je nezbytné pro odstranění tahového napětí.



Zajištění kabelů pomocí 3 stahovacích pásek zasunutých do poutek

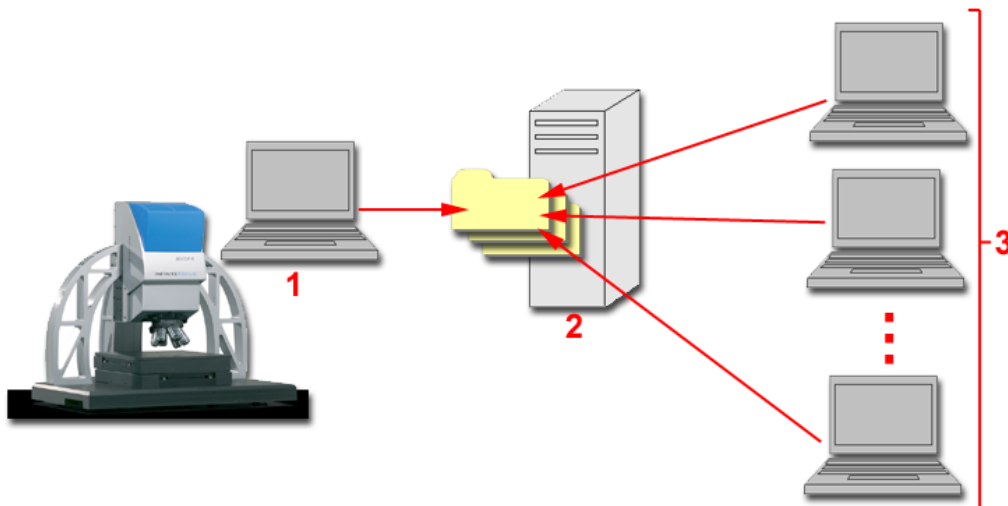


Poutko na základní desce pro zabezpečení kabelů

- Zapojte elektroniku a controller do elektrické sítě.
- Připojte monitor, myš, klávesnici a joystick k IFM G4 Řídicímu serveru
- Umístěte Nouzový vypínač z IFM G4 Elektroniky na místo, kde na něj **kdykoli bez problémů dosáhnete**.
- Zapněte IFM G4 elektroniku.
- Zapněte IFM G4 řídicí server.
- Přihlašte se do Windows na výchozí účet „ifm“ (zobrazí se po zapnutí), heslo je nastaveno prázdné
- Zapněte IFM G4 software zástupcem na ploše. Hardware je již nastaven. Pokud se Vám zobrazí chybová hláška, zkontrolujte nejdřív, zda je externí hardware správně zapojen. Pokud problém přetrvává, kontaktujte Aliconu, zákaznické centrum.

2.1.2 Nastavení databází a offline licencí

Alicona doporučuje následující nastavení: databáze se nacházejí na centrálním síťovém serveru. Měření systému IFM G4 jsou uložena v této databázi. Mimoto je možné připojit přes offline licenci jeden nebo i více počítačů, které mají přístup k měřením pro následnou analýzu, viz schéma.



Doporučené nastavení sítě

1. Systém IFM G4
2. Server databáze
3. Offline Licence

2.1.3 Antivirový software

Alicona Imaging negarantuje kompatibilitu tohoto softwarového výrobku s jakýmkoli softwarovým nebo hardwarovým výrobkem nepocházející od firmy Alicona Imaging.

Nicméně pokud i přesto chcete nainstalovat antivirový software, věnujte, prosím, zvláštní pozornost jakékoli abnormalitě, zvláště v průběhu prvních dvou dnů užívání. Pokud nebudete pozorovat žádné abnormality během těchto dvou dnů, můžete jej používat na vlastní nebezpečí. V případě výskytu abnormalit odinstalujte antivirový software a restartujte systém. **Berte, prosím, na vědomí, že antivirový software má silný vliv na systém a sníží jeho výkonnost!**

Antivirový software známý jako NEkompatibilní:

- Symantec (AntiVirus, Internetové zabezpečení, . . .)
- ZoneAlarm

Kritéria pro kompatibilitu antivirového softwaru:

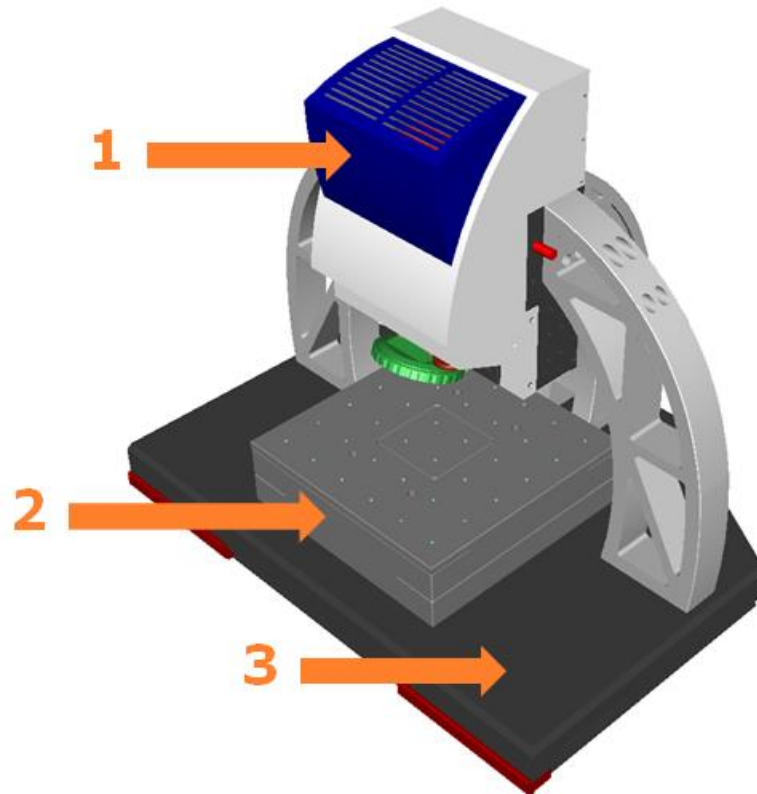
- Software nesmaže „registry windows“.
- Software nesmaže „IP adresy“.
- Software nezablokuje porty bez možnosti odblokace.
- Software nebude neustále skenovat hard disk.

2.1.4 Podniková síť

- IP-adresy nesmí být změněny!
- Důležitá výše zmíněná část ohledně antivirového softwaru

Kapitola 3

Části měřicího systému



Části měřicího systému

1. Snímací hlava se zdrojem světla, optikou, otočnou hlavicí, nastavitelnou osou z
2. Pracovní stůl
3. Pasivní systém absorpce vibrací

7 3.1 IFM G4 HARDWARE

8 3.2 OBECNÉ INFORMACE

IFM G4 je optické 3D zařízení pro měření plochy.

Je založeno na principu kombinace malých hloubek zaostření a optického systému s vertikálním skenováním pro vytvoření topografické informace v pravdivých barvách z různých zaostření.

Nový a unikátní algoritmus tohle kombinuje v jediném 3D datovém souboru s přesnými topografickými informacemi. Metrologicky dosledovatelné kalibrační etalony umožňují ověření naměřených výsledků. Vysoké vertikální rozlišení až 10 nm dělá přístroj ideální pro studium struktury materiálů jak homogenních, tak i heterogenních.

Přístroj může být použit jak v laboratoři, tak i v prostředí blízkém výrobě. Jeho snadné použití umožňuje i napůl zkušeným technickým pracovníkům obsluhovat zařízení. Automatizace

funkcí a analýzu je také možno doplnit, aby přístroj mohl být použit na většinu požadavků metrologie pro měření povrchu i kontrolu jakosti.

9 3.3 DŮLEŽITÉ INFORMACE

Žádná automatická detekce srážky: Zaznamenejte, prosím, že hardware IFM G4 nezahrnuje žádnou automatickou detekci srážky.

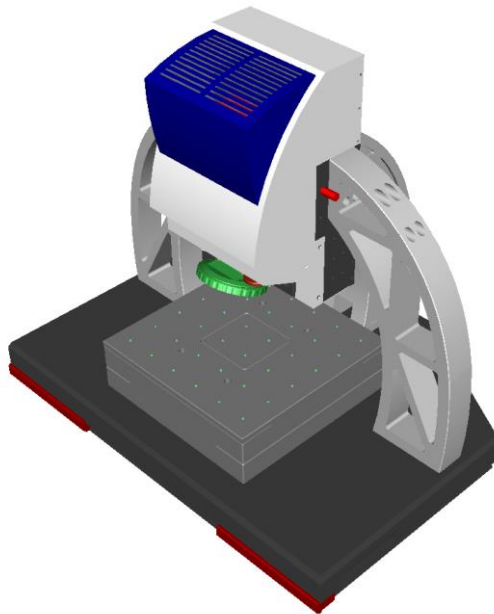
Nouzový vypínač: Pokud je během procesu automatického měření a pohybu pracovního stolu nebezpečí např. najetí do vzorku, zmáčkněte IF-nouzový vypínač pro okamžité přerušení pohybu v ose z. Poté otočte horní část tlačítka IF-nouzového vypínače pro opětovnou pohyblivost v dané ose.

Funkce Stop pomocí klávesy F8: Máte také možnost zastavit pohyb v ose z stisknutím tlačítka F8. Pro zrušení funkce stop klikněte na ikonu ozubeného kola. V nabídce „Extra“ zvolte „Reset Stage Emergency Break“.

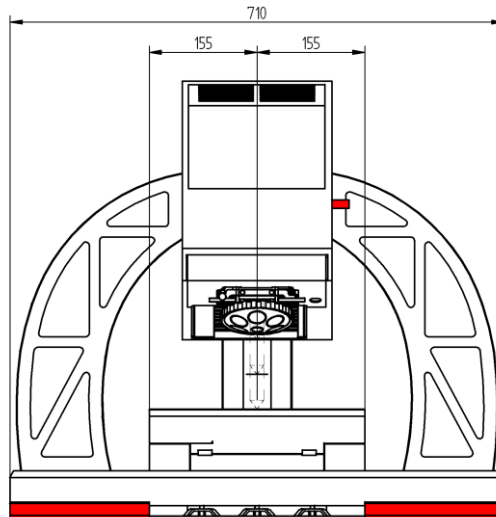
3.3.1 IFM G4 Laboratorní měřicí zařízení

Měřicí zařízení

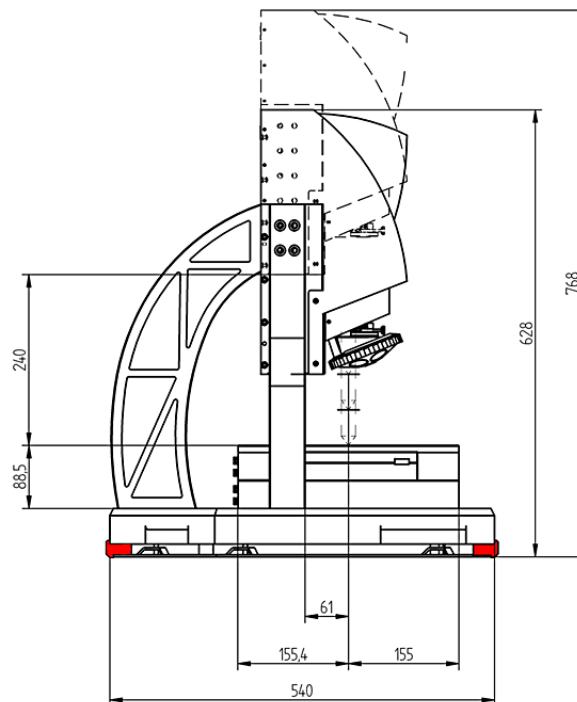
Pozn. IF-Sensor je na všech obr. ve střední poloze.



IFM G4 Laboratorní systém, ISO pohled



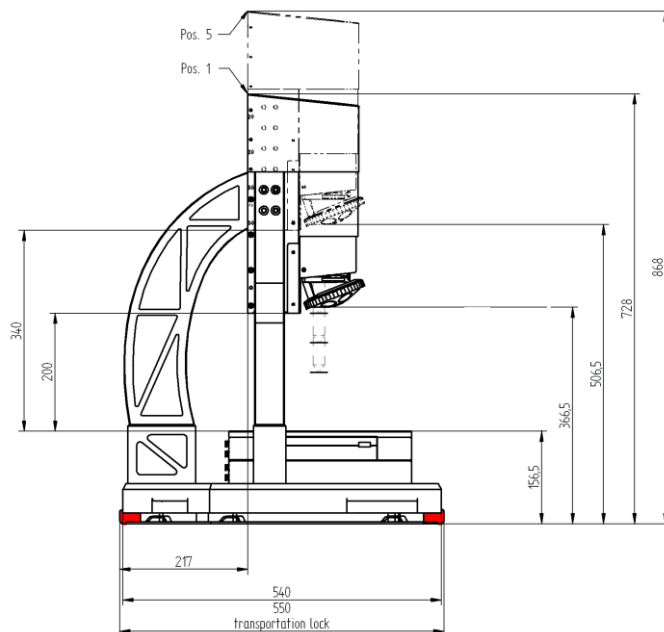
IFM G4 Laboratorní systém, čelní pohled (červené oblasti: přepravní pojistka)



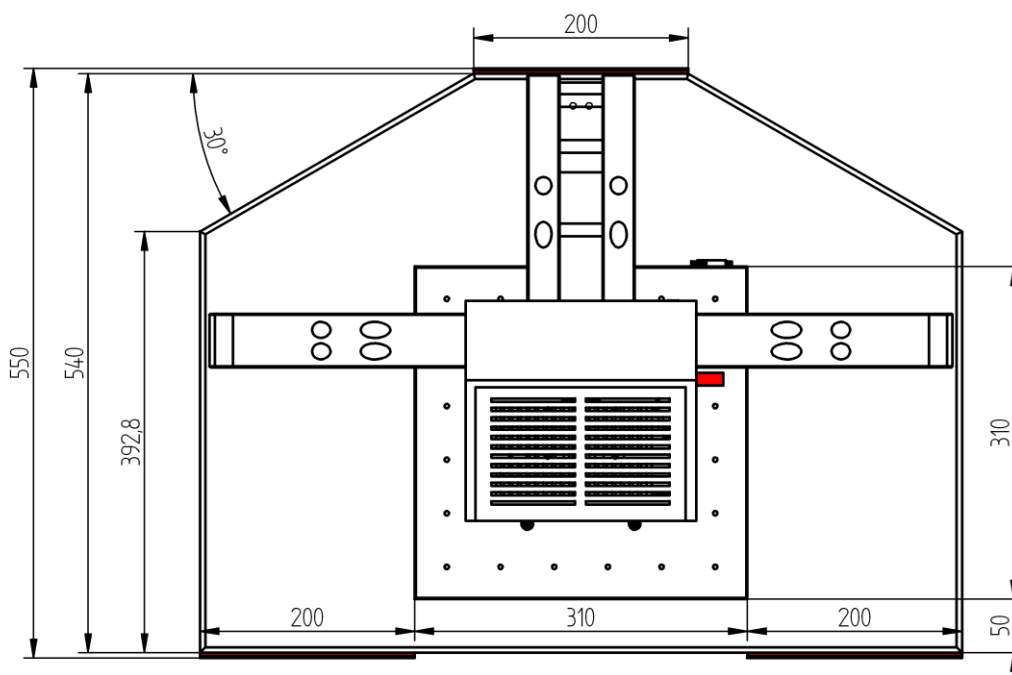
IFM G4 Laboratorní systém, boční pohled (červené oblasti: přepravní pojistka)

Vezměte, prosím, na vědomí: Poloha ohniska má toleranci 2 mm, což je dáno nastavením optické osy a rozdíly v montáži optiky.

Parfokální délka (výška objektivu plus pracovní vzdálenost) objektivů je 60mm. Vzdálenost plochy pracovního stolu od ohniska objektivu je uvedena v následující tabulce (hodnoty v mm).

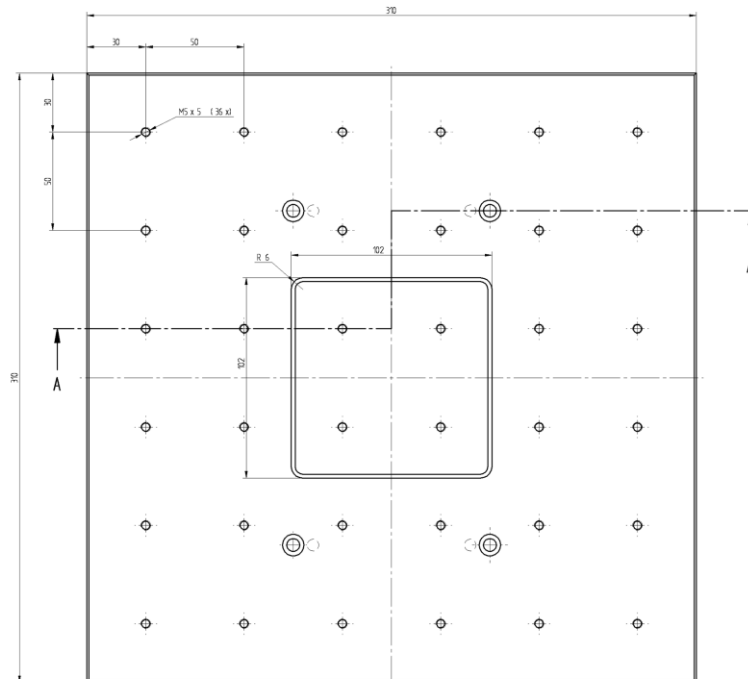


IFM G4 Laboratorní systém, boční pohled (nastavení výšky pro vzorky vysoké 200mm a větší)



IFM G4 Laboratorní systém, pohled shora (červené oblasti: přepravní pojistka)

Na ploše pracovního stolu naleznete otvory pro upevnění upínacích zařízení pro vzorky. Viz následující obr.







Plocha pracovního stolu s otvory

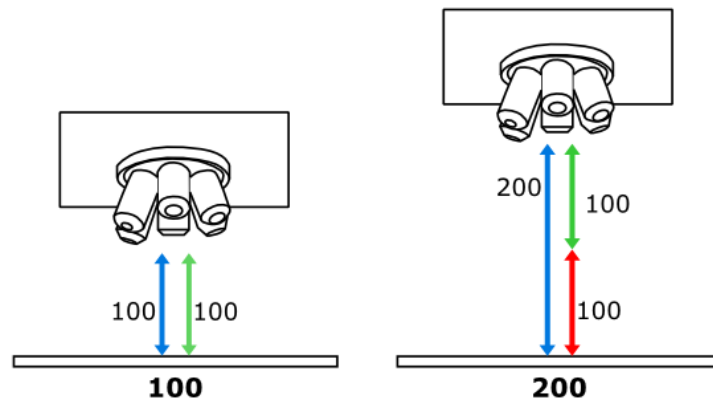
Maximální výška vzorku:

Maximální výška vzorku, který může být změřena, závisí na poloze senzoru. Tato poloha může být upravena Aliconou na místě. Změna polohy si vyžaduje kompletní přenastavení a kalibraci systému.

Veďte, prosím, na vědomí, že pro polohy senzoru 200 a vyšší je potřeba IF-výškový adaptér.

	max. specimen height
	measurable area
	area that cannot be measured
	IF-SpacerPlates (17.5 resp. 35mm combinable)
Units in mm	

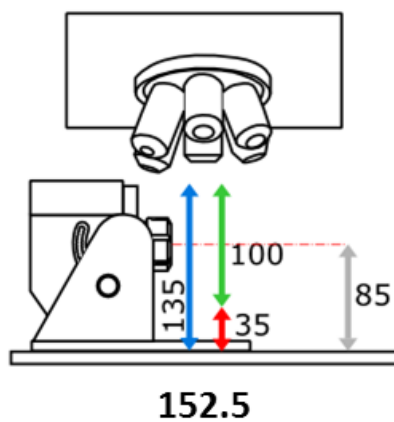
Doporučené polohy senzoru bez Real3D rotační jednotky



Max. výška vzorku 100mm: Použití pro měření tvaru a drsnosti na malých vzorcích

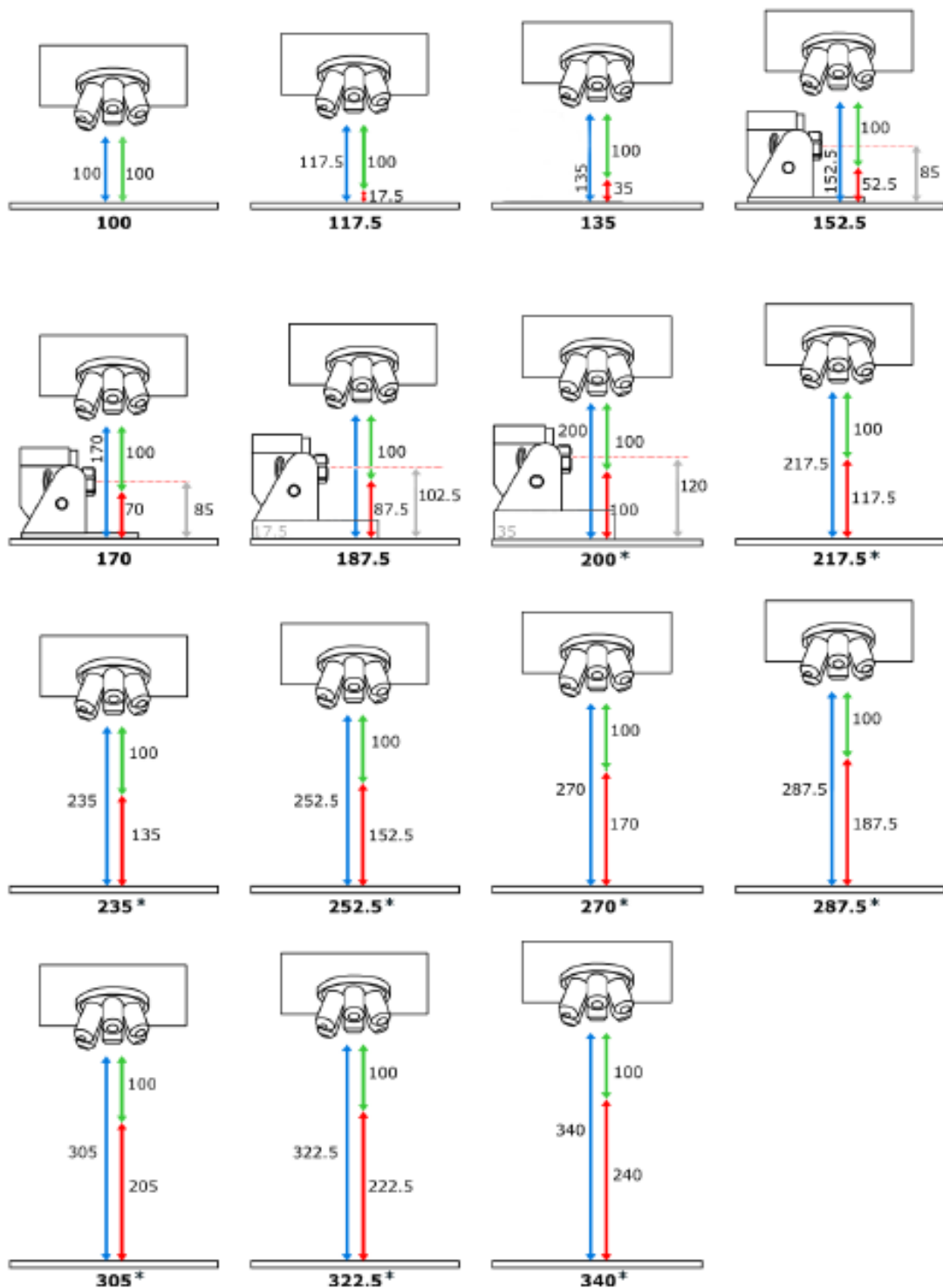
Max. výška vzorku 200mm: Použití pro měření tvaru na velkých vzorcích

Doporučené polohy senzoru s Real3D rotační jednotkou



Max. výška vzorku 152,5mm: Real3D měření s horizontální rotační osou pro menší vzorky, možné také s nakloněnou rotační osou.

Všechny dostupné polohy senzoru, také s Real3D-Rotační jednotkou až do verze d



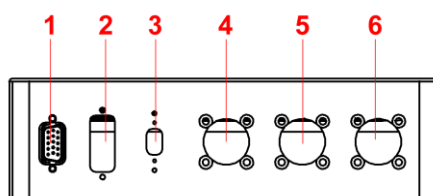
Joystick



Joystick

Konektory a kabely

Následující konektory musí být zapojeny do zadní části IF Sensoru:



1. D-SUB 15 pinový, malý
2. D-SUB 15 pinový, velký
3. FireWire
4. Kruhový konektor 6 pinový
5. Kruhový konektor 9 pinový
6. Kruhový konektor 12 pinový

Maximální délka kabelu:

Maximální délka kabelu od IF-Sensuru k IFM G4 Elektronice je 5m. Je možné použít nosič kabelů.

Rozměry kabelů:

Kabel	Délka	Průměr
Kompletní kabelová jednotka	3m, 5m, (10m)	30mm
D-SUB 15 pinový, malý	3m, 5m, (10m)	3,2mm
D-SUB 15 pinový, velký	3m, 5m, (10m)	6mm
FireWire	3m, 5m, (10m)	< 8mm
Kruhový konektor 6 pinový	3m, 5m, (10m)	< 8mm
Kruhový konektor 9 pinový	3m, 5m, (10m)	5mm
Kruhový konektor 12 pinový	3m, 5m, (10m)	5,5mm

Technická specifikace (Laboratorní systém)

Obecná specifikace

Princip měření	bezkontaktní, optický, 3 rozměrný, založený na technologii Focus-variation G4
Naměřené výsledky	velká hustota bodů, vytvořený model s pravdivou barevnou informací, s G4 a-f: 2-25 milionů generovaných 3D bodů
	s G4 g a výše: 2-100 milionů generovaných 3D bodů
Měřicí čas	od 10s (2 miliony naměřených bodů v jednom měření)
Údržba	bezúdržbové

Vzorek

Struktura povrchu vzorku	drsnot povrchu Ra více než 10-15 nm, záleží na struktuře povrchu
Materiál	jakákoli pevná plocha
Max. výška vzorku	100 mm až 340 mm
Max. váha vzorku	35 kg, viz následující detaily (na žádost i více)
Max. úhel stěny	až do 85°
Nutná příprava vzorku	žádná

Měřicí zařízení

Osvětlení	bílé LED koaxiální světlo s vysokým výkonem,
Volitelné osvětlení	bílý LED osvětlovací kruh s vysokým výkonem,
Volitelné osvětlení	polarizace pro koaxiální světlo a osvětlovací kruh
Objektivy	2.5x, 5x, 10x, 20x, 50x, 100x
Senzor	Barevný zaměřovací senzor (1624x1236 3D bodů)
Otočná hlavice	6 objektivů, manuální nebo motorizovaná
Max. horizontální dosah (XY)	100 mm x 100 mm
Max. vertikální dosah (Z)	100 mm
Max. moment stolu – osa X	200Nm
Max. moment stolu – osa Y	200Nm
Hmotnost	95-100 kg, v závislosti na vybavení
Velikost	šířka: 710 mm, hloubka: 540 mm
Výška	628 mm až 868 mm
Teplotní rozsah	možné: 5°- 40°C, kalibrované pro: 18°-22°C (možnost kalibrace i na jiné teploty)
Teplotní gradient	méně než 1° za hodinu
Vzdušná vlhkost	ideální 45% (+/- 5%) platný rozsah 45% (+/- 15%)
IP třída	IP20 (podle DIN EN 60529)

Detaily objektivů

Verze G4 f a následující

Objektivy		2.5x	5x	10x	20x	50x	100x
Strana vzorkovacího pole skenu	μm	3.52	1.76	0.88	0.44	0.18	0.09
Min. horizontální rozlišení	μm	58.71	23.48	11.74	8.8	6.4	4.4
Max. horizontální rozlišení	μm	6.92	3.49	1.75	0.88	0.64	0.44
Min. opakovatelnost (vert.)	μm	0.8	0.12	0.03	0.015	0.008	0.003
Max. vzdálenost skenování	mm	8	22	16	12	9	3.2
Nejlepší vertikální rozlišení*	nm	2300	410	100	50	20	10
Vertikální dynamika		3400	52000	16000	250000	43000	38000
Pracovní vzdálenost	mm	8.8	23.5	17.5	13.0	10.1	3.5
Zorné pole - osa X	μm	5716	2858	1429	715	286	143
Zorné pole - osa Y	μm	4351	2175	1088	544	218	109
Max. rozsah zorného pole	mm ²	10000	10000	10000	4500	700	150
Max. rozsah skenování v jednom směru	mm	100	100	100	100	100	100

*) Vertikální rozlišení lze nastavit v závislosti na použití, má vliv na skenovací rychlost

Limity rozlišení a použití

Objektivy		2.5x	5x	10x	20x	50x	100x
Min. měřitelná výška	nm	2300	410	100	50	20	10
Max. měřitelná výška	mm	8	22	16	12	9	3.2
Krok výškové přesnosti (1mm výška kroku)	%	-	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Max. měřitelná oblast	mm ²	10000	10000	10000	4500	700	150
Max. měřitelná délka profilu	mm	100	100	100	100	100	100
Min. opakovatelnost	nm	800	120	30	15	8	3
Min. měřitelná drsnost (Ra)*	nm	7000	1200	300	150	60	30
Min. měřitelná drsnost (Sa)*	nm	3500	600	150	75	30	15
Min. měřitelný radius	μm	20	10	8	5	2	1
Min. měřitelný vertikální úhel	°	20	20	20	20	20	20

Hodnoty v tabulce jsou zpětně odvoditelné hodnoty.

*) Minimální měřitelné hodnoty závisí na struktuře vzorku.

Verze G4 a-e

Objektivy		2.5x	5x	10x	20x	50x	100x
Max. rychlost skenování	μm/s	400	120	30	15	5	2,5

Rychlost skenování závisí na vybraném nastavení systému: horizontální rozlišení, čas expozice, X-SmartFlash, vertikální rozlišení, kontrast, verze hardwaru;

Verze G4 f a následující

Objektivy		2.5x	5x	10x	20x	50x	100x
Max. rychlost skenování	μm/s	2300	400	100	50	20	10

IFM G4 19“ Stojan

Stojan se skládá z následujících součástí: IFM G4 Elektronika a IFM G4 Řídicí server.
Následující specifikace jsou platné pro celý rack se všemi součástmi.

Rozměry (ŠxVxH)	540mm x 360mm x 682mm
Váha	46,8kg
Zdroj energie G4 a-f	110-230 V~; 50-60 Hz; 900W
Zdroj energie G4 g	110-230 V~; 50-60 Hz; 1020W
Rozsah teplot	5°-65°C

IFM G4 řídicí server

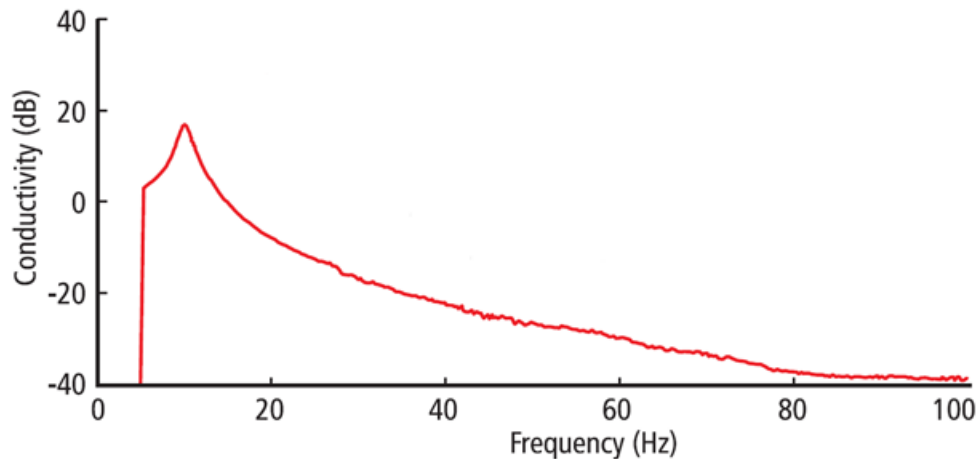
Verze G4 a-f:

Procesor	Intel Core2Extreme QX6700 (4 CPU, SSE3 capable)
Paměť	4GB
Grafická karta	ATI FireGL V7200
Operační systém	Windows XP Professional, SP2
Hard disk	HD 160GB
DVD mechanika	DVD RW+
Zdroj energie	500W; 110-230V~; 50-60 Hz
Monitor	1280x1024 pixelů nebo víc
Teplotní rozsah	možné (provoz): 5°-50°C
Váha	19,3kg

Verze G4 g a následující:

Procesor	Intel Core2Quad Q9650 (QuadCore, SSE3 capable)
Paměť	8GB
Grafická karta	ATI FireGL V7700
Operační systém	Windows Vista Ultimate x64
Hard disk	HD 160GB
DVD mechanika	DVD RW+
Zdroj energie	620W; 110-230V~; 50-60 Hz
Monitor	1280x1024 pixelů nebo víc
Teplotní rozsah	možné (provoz): 5°-50°C
Váha	19,3kg

Vestavěný systém pasivního tlumení vibrací



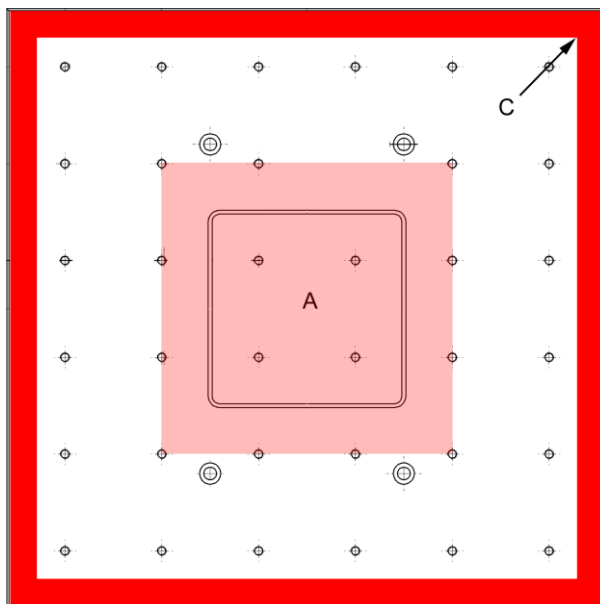
Tlumičící účinek vestavěného systému pasivní absorpce vibrací

Software

Měření	obraz, 3D datový soubor
Měření	Měření profilu a tvaru (výška, úhel...) Měření profilu a drsnosti (drsnost, Ra...) Měření struktury povrchu (Sa, fraktální rozměry...) Měření objemu 3D Měření tvaru (volitelné) Měření rozdílu (volitelné) Měření kontur (volitelné) Měření břitu (volitelné) 2D Měření obrazu 3D Editor
Automatizace	IF Automatizace (zabudovaný editor skriptů), IF vzdálený přístup (řízení na dálku pomocí jiného PC s .NET Remoting)
Zobrazení	2D single a stereo obraz a 3D zobrazení ve vysokém rozlišení, anaglyfický
Databáze	intuitivní, grafická databáze
Import/Export	všechny běžné formáty podporovány, jednoduchý export výsledků, různé možnosti tisku

Maximální zatížení

Varianta 1: Stůl v centrální pozici



Záleží na tom, jestli se těžiště vzorku nachází uvnitř oblasti A nebo vně, podle toho jsou nastaveny limity:

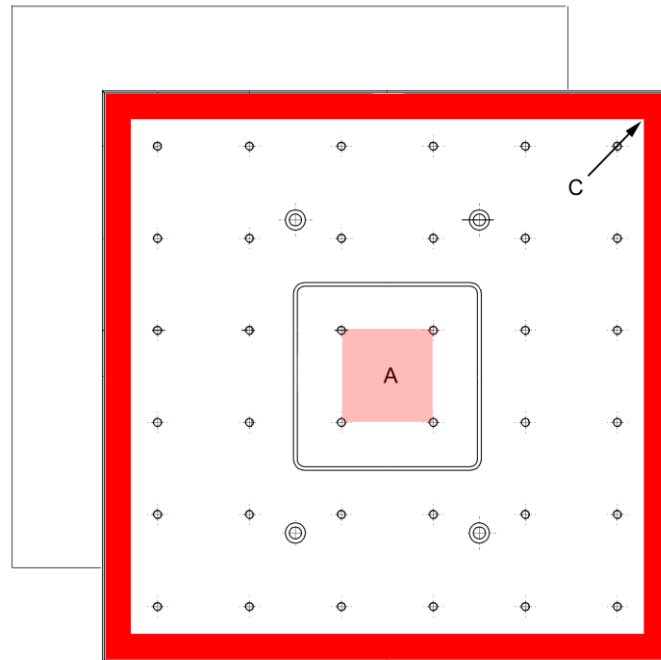
Oblast A 35kg
Okraj C 13kg

Při měření vzorků těžších než 20kg, věnujte, prosím, pozornost následujícím pokynům:

- těžiště vzorku musí být umístěno uvnitř oblasti A,
- vzorek musí být pokládán velmi pomalu a opatrně,
- nikdy nepokládejte vzorek tak, aby bylo jeho těžiště vně oblasti A.

Pokud nejsou tyto pokyny dodržovány, tak to může vést až k poškození pracovního stolu.

Varianta 2: Stůl v krajní pozici



Váhové limity v tomto případě jsou:

Oblast A 35kg

Okraj C 8kg

Při měření vzorků těžších než 20kg, věnujte, prosím, pozornost následujícím pokynům:

- těžiště vzorku musí být umístěno přesně uvnitř oblasti A,
- vzorek musí být pokládán velmi pomalu a opatrně,
- nikdy nepokládejte vzorek tak, aby bylo jeho těžiště vně oblasti A.

Pokud nejsou tyto pokyny dodržovány, tak to může vést až k poškození pracovního stolu.

Pro obě varianty platí následující:

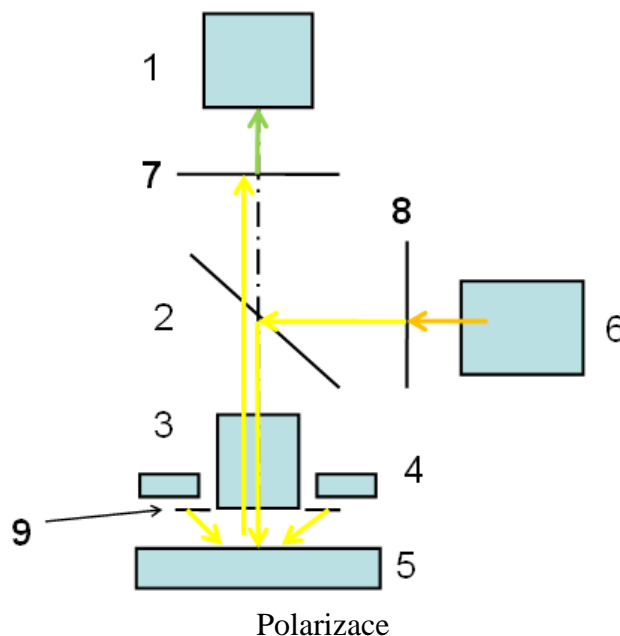
Okraj C popisuje oblast 10mm od vnějšího okraje stolu.

Mezi vnějším okrajem C a oblastí A může být váha rozhodnuta interpolací.

10 3.4 POLARIZACE

Polarizace je metoda měření vzorků, které mohou být za normálních okolností měřeny jen stěží nebo vůbec ne. Měla by být použita v případě, že máte plochu, která není homogenně osvětlena. Polarizace může pomoci v mnoha případech. Zvláště tehdy, kdy přímé odlesky kovových ploch budou odfiltrovány a zůstanou pouze ty rozptýlené. To vytvoří obraz, ve kterém jas závisí na struktuře povrchu a ne na úhlu natočení plochy! Pokud měříte vzorek s téměř kolmými stěnami, uvidíte, že jas obrazu stěny a rovné plochy bude velmi rozdílný. Ale pokud v tomto případě použijete polarizaci, pak rovné a strmé plochy budou mít téměř stejný jas. To samozřejmě značně zjednoduší měření.

Pro ploché vzorky, resp. se vzorky, které mohou být snadno změřeny i za normálních podmínek, bude polarizace vést téměř vždy k horším výsledkům. To proto, že polarizační filtr je přídatný optický prvek, který ovlivní měření. To může vézt např. ke zvýšené drsnosti při měření s polarizací ve srovnání s měřením bez polarizace.



1. Senzor
2. Zrcadlo
3. Objektiv
4. Osvětlovací kruh
5. Vzorek
6. Světelný zdroj
7. Analyzer
8. Polarizer
9. Polarizer

3.4.1 Použití polarizace



1. Otočte kolečkem pro nastavení úhlu polarizace. Pozn: Toto kolečko není obsaženo v novějších HW verzích.

Rozsah: 0° (nejsvětlejší) – 90°.(nejtmavší)

2. Otočte kolečkem pro zapnutí (červená značka) nebo vypnutí (bílá značka) polarizace.

- **Jak zapnout polarizaci**

Otočte pravé kolečko než je červená značka na přední pozici. Teď je polarizace aktivována. Vzorek je nyní osvětlen menším množstvím světla. Tím pádem je nutná delší expozice. V některých případech je také nutné ubrat na kontrastu.

Vezměte, prosím, na vědomí, že značení koleček může být na některých starších modelech IFM G4 rozdílné. Pro vysoce přesná měření s polarizací se prosím ujistěte, že je pole zakřivení nastaveno pro objektivy s polarizací. V případě pochybností prosím kontaktujte Aliconu, zákaznické centrum.

3.4.2 Polarizace v kombinaci s osvětlovacím kruhem

I v případě osvětlovacího kruhu může být polarizace použita. V tom případě je ale nutný polarizační disk. Použití polarizačního disku je zvláště doporučeno v případě měření extrémně lesklých vzorků.



Osvětlovací kruh a polarizační disk



Upevnění polarizačního disku

Pro dosažení nejlepších možných měření, může být polarizační disk nastaven točením. Správně je nastaven tehdy, kdy je obraz v LiveView nejtmaší. Mějte avšak na paměti, že polarizační disk má také vliv na expozici.

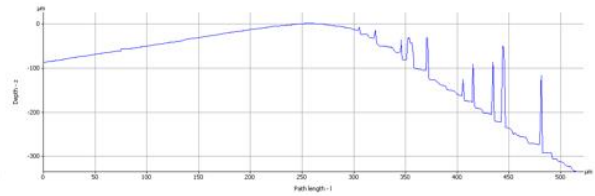
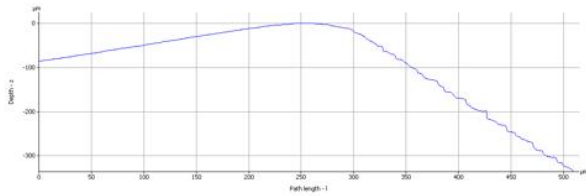
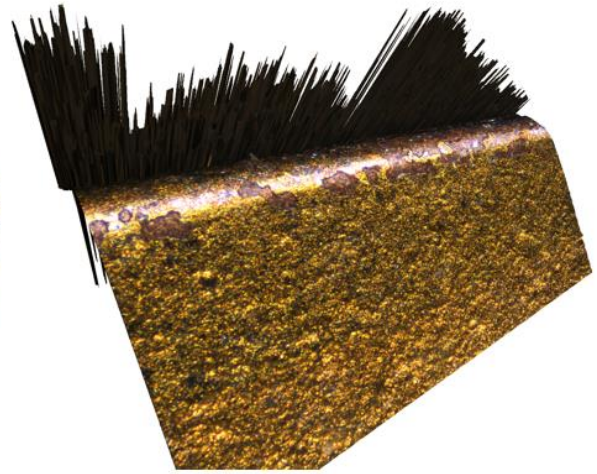
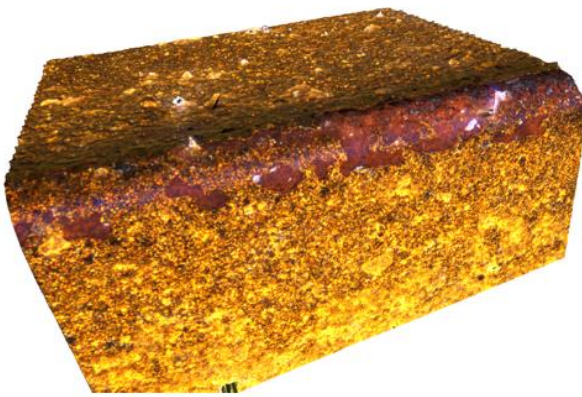
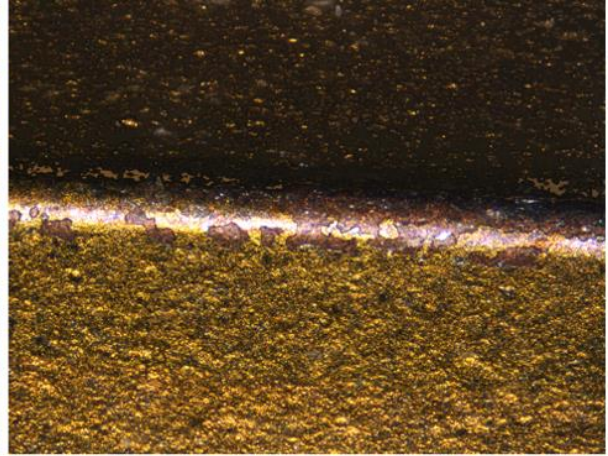
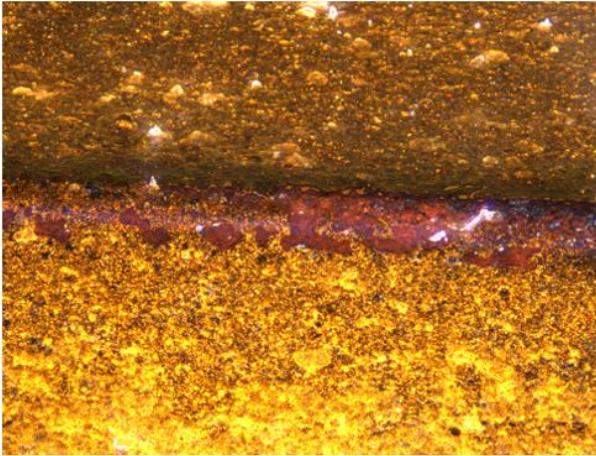


Nastavení polarizace

Příklady

Na následujících dvou příkladech uvidíte použití polarizace. Můžete zde vidět, jak její použití ovlivní naměřené výsledky.

- **S polarizací (vlevo)**
S použitím polarizačního filtru dostanete obraz, kde jsou redukovány rozdíly v jasu. 3D model bude zobrazen jako model s velmi dobrou strukturou povrchu.
- **Bez polarizace (vpravo)**
Bez polarizačního filtru dostanete obraz s velkým rozsahem jasu. Některé části obrazu mohou být na 3D měření příliš tmavé, což může vyústit v nechtěná maxima.

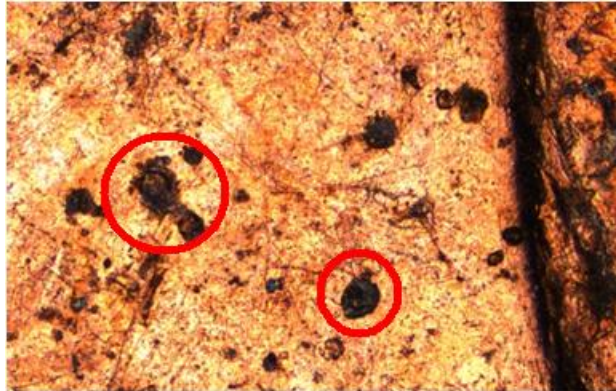


Polarizace zapnutá versus polarizace vypnutá

Na následujících dvou obrázcích můžete vidět dopad polarizace na světlé a tmavé oblasti.

- **Bez polarizace**

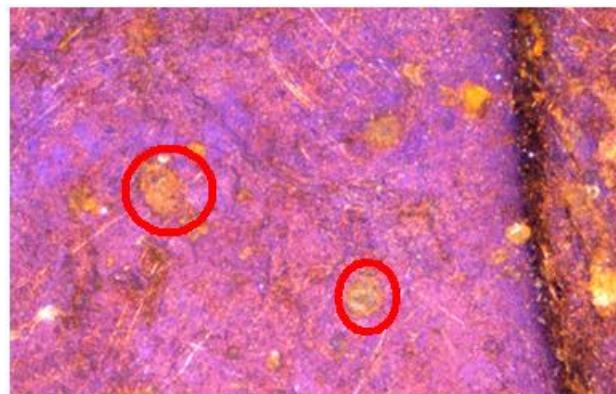
Světlé a tmavé oblasti s velmi lesklými materiály (např. kovy)



Tmavá místa nejsou moc dobře osvětlena

- **S polarizací**

Rovnoměrné rozložení světla za cenu ztráty pravdivé barevné informace



Velmi dobře osvětlené, dobré pro 3D měření

3.4.3 Kdy by se měla polarizace aktivovat?

Použijte polarizaci v případě, že měříte vzorky vykazující velké rozdíly v jasů. Důvodem můžou být např. strmé stěny. Pokud měříte kovové vzorky nebo vzorky s rovnými plochami, tam se také setkáte s velkými rozdíly v jasů.

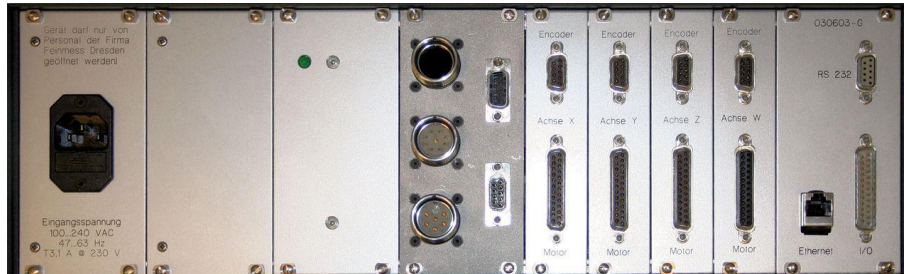
Závěr: Vzorky, které mohou být měřeny bez větších problémů bez polarizace, by měly být měřeny bez polarizace.

Vzorky, které nemohou být měřeny bez polarizace, by měly být měřeny s polarizací.

11 3.5 IFM G4 ELEKTRONIKA

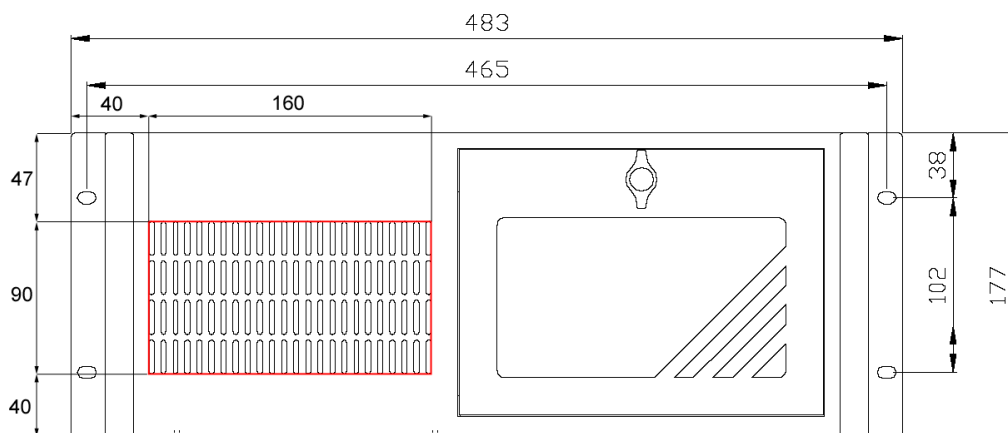
Elektronika pro systém IFM G4 se skládá ze dvou 19“ modulů, který každý zapadá do 19“ stojanu: elektronika pro motorizovaný stůl a server pro výpočty a celkové řízení systému.

Elektronika pro motorizovaný stůl

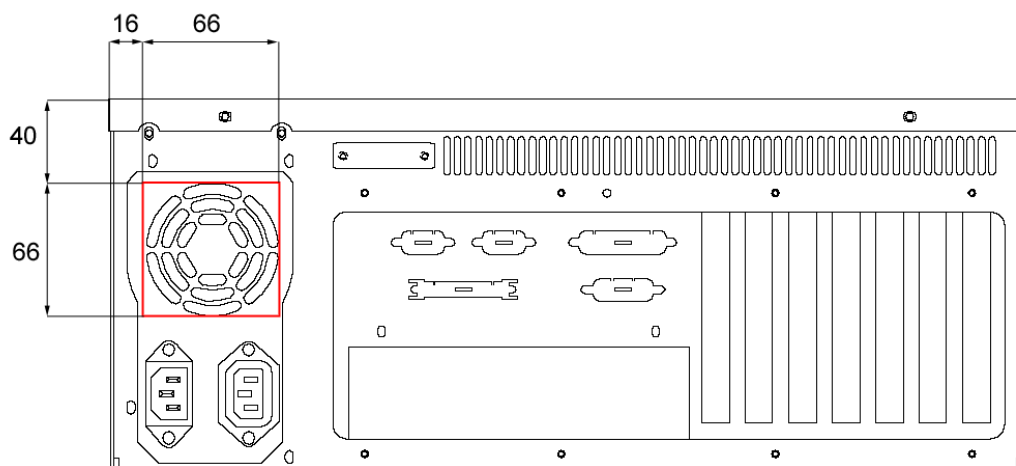


Zadní pohled na elektroniku

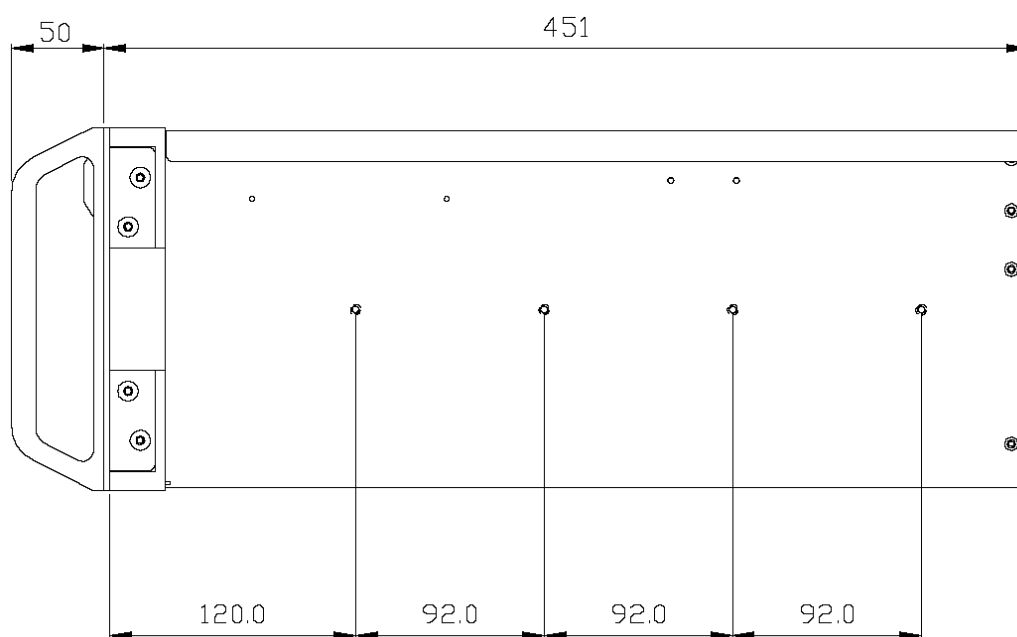
Řídicí server



Řídicí server, čelní pohled (červená oblast: oblast přívodu vzduchu)



Řídicí server, zadní pohled (červená oblast: oblast odvodu vzduchu)



Řídicí server, boční pohled



Řídicí server, čelní pohled

3.5.1 Přepravní pojistka

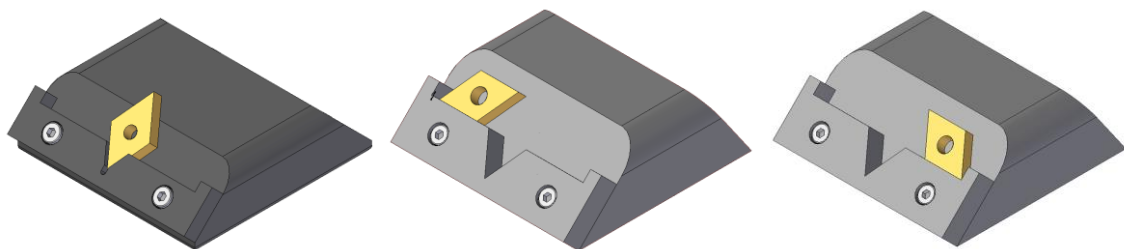
Pokud přemísťujete IFM G4, na IF-Senzor musí být připevněna přepravní pojistka. Proto zvedněte IF-Senzor do krajní horní polohy.

Pozor: Přepravní pojistka musí být zapojena jen tehdy, kdy je systém IFM G4 vypnutý a odpojený od zdroje energie.

Před opětovném zapnutí systému IFM G4 musíte odjistit tuto přepravní pojistku!

12 3.6 IF-UPÍNACÍ ČELISTI

Upínací čelisti jsou zařízení umožňující měření vyměnitelné břitové destičky pod úhlem 45°.

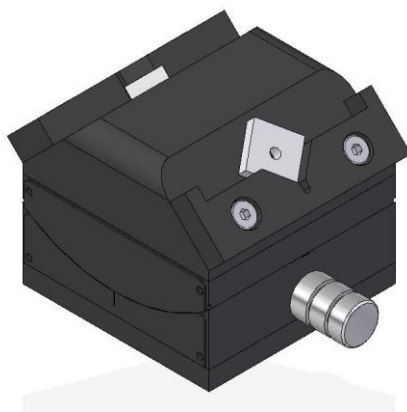


IF-Upínací čelisti, pozice 1-3

13 3.7. IF-SPECIÁLNÍ UPÍNACÍ ČELISTI

IF-speciální upínací čelisti je nastavitelné upínací zařízení pro rozmanité typy vyměnitelných břitových destiček. IF speciální upínací čelisti lze nastavit v závislosti na tvaru řezného nástroje. IF speciální upínací čelisti umožňuje opakovatelné naměřené výsledky, díky tomuto lze tedy umístit nástroj do stejné pozice i opakovaně.

Tyto upínací čelisti lze umístit na pracovní stůl pod objektiv na měřicím zařízení.



IF- speciální upínací čelisti

14 3.8 IF-SKLÍČIDLO

IF-sklíčidlo je nastavitelné upínací zařízení pro vzorky se stopkou. Upnutý vzorek může být otáčen kolem dokola.



IF-sklíčidlo

Kapitola 4

Příloha

15 4.1 PROHLÁŠENÍ O SHODĚ S NAŘÍZENÍMI EU



V souladu se směrnicí EU

- Směrnice o strojním zařízení 2006/42/EC
- Směrnice o měřicích přístrojích 2004/22/EC
- Směrnice o elektrických zařízeních určených pro používání v určitých mezích napětí 2006/95/EC
- Směrnice o elektromagnetické kompatibilitě 2004/108/EC

Výrobce

Alicona Imaging GmbH

Dr. Auner-Straße 21a

A-8074 Raaba / Graz

tímto prohlašuje, že následující přístroj:

Typ: IFM G4 g

je v souladu s výše uvedenými směrnicemi a je ve shodě s národními i mezinárodními normami a zákonnými ustanoveními (statutory provisions), kterými jsou prováděny směrnice.

Dále technická dokumentace je k dispozici, a to v původním znění. Technická dokumentace je součástí tohoto prohlášení.

Tohle prohlášení se stává neplatné v okamžiku provedení úprav na přístroji.

Raaba, 15.listopad 2012
Místo, datum

alicona
imaging
Alicona Imaging GmbH
Dr. Auner-Straße 21a, A - 8074 Raaba
Tel.: +43 (316) 40 30 10 - 700
Fax: +43 (316) 40 30 10 - 711

razítko

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Scherer', written in a cursive style.

Dr. Stefan Scherer, CEO

16 4.2 ZÁRUKA

ALICONA IMAGING GMBH A JEJÍ DODAVATELÉ NENESOU ŽÁDNOU ZODPOVĚDNOST ZA JAKÉKOLIV PROBLÉMY, KTERÉ SE PŘIHOdí V DŮSLEDKU ODLIŠNĚM ZACHÁZENÍ, NEŽ JE UVEDENO V TOMTO MANUÁLU, KTERÝ JE SOUČÁSTÍ DODÁVKY ZAŘÍZENÍ. ALICONA IMAGING GMBH NA SEBE NEBERE ŽÁDNOU ZODPOVĚDNOST ZA POŠKOZENÍ HARDWARU NA UPGRADOVANÉM MĚŘICÍM SYSTÉMU V DŮSLEDKU NEVHODNÉHO POUŽITÍ OPTIKY, NESPRÁVNÉ NEBO NEÚPLNÉ KALIBRACI, POUŽÍVÁNÍ NEVHODNÝCH VZORKŮ NEBO APLIKACI NEKOMPATIBILNÍCH HARDWAROVÝCH KOMPONENT.

4.2.1 Kompatibilita s jinými produkty

ALICONA Imaging nezaručuje, že je produkt kompatibilní s jakýmkoli jiným softwarovým nebo hardwarovým produktem, který nepochází od společnosti ALICONA Imaging.

17 4.3 AUTORSKÁ PRÁVA

Tento dokument obsahuje know-how, nápady a informace o vývoji produktu společnosti ALICONA Imaging GmbH a jejích subdodavatelů. Jakékoliv kopírování a změna tohoto dokumentu nebo jeho části je bez předchozího písemného souhlasu společnosti ALICONA Imaging GmbH zakázána.

18 4.4 BEZPEČNOSTNÍ POKYNY

POZORNĚ SI, PROSÍM, PŘEČTĚTE NÁSLEDUJÍCÍ VAROVÁNÍ A UPOZORNĚNÍ, ABYSTE PŘEDEŠLI PŘÍPADNÝM ZRANĚNÍM OBSLUHY NEBO POŠKOZENÍ PŘÍSTROJE.

19 4.5 NOUZOVÝ VYPÍNAČ

Pokud se v průběhu procesu automatického pohybu v dané ose zdá, že by mohlo dojít k nárazu např. objektivu, stiskněte IF Nouzový vypínač pro okamžité zastavení pohybu v ose. Poté otočte horní část tlačítka a resetujte Emergency-Stop v softwaru pro opětovný pohyb v dané ose.

Důležité: Pokaždé před zapnutím měřicího zařízení se musíte ujistit, že je IF nouzový vypínač na dostupném místě! Jinak již není zaručena bezpečnost systému.

20 4.6 OBECNÁ VAROVÁNÍ

Tato opatření vysvětlují, jak používat zařízení správně a bezpečně, a tím brání poranění Vás i ostatních. Vztahují se k vaší osobní bezpečnosti, a také pomáhají předcházet nebezpečí poškození přístroje. Prosíme, přečtete si tyto části pečlivě před pokračováním v práci.

- **Nastavení souborů v instalačním adresáři programu nesmí být editováno ručně, tzn. pomocí textového editoru nebo podobným způsobem (výjimku nutno prokonzultovat s odborníky Alicony). Po neoprávněných změnách není bezpečnost systému dále zaručena.**
- Aby nedošlo k úrazu elektrickým proudem, vzniku požáru nebo chybné funkci přístroje, atd.:

- nepokoušejte se otevřít nebo rozebrat zařízení,
 - nevystavujte přístroj nadměrné vlhkosti nebo neumísťujte nádoby s vodou jako například vázy na zařízení.
 - nevystavujte přístroj teplotě mimo rozsah 15-30°C.
 - nevystavujte přístroj prašnému prostředí,
 - pro nastavení nebo připojení přístroje vždy postupujte v souladu s pokyny podle ve vašem manuálu.
- Pokud ucítíte neobvyklý zápach, zvuky nebo kouř vycházejí z přístroje nebo se do přístroje dostane nějaká tekutina, okamžitě vypněte vypínač a odpojte přístroj. Pak kontaktujte vašeho nejbližšího Alicona Imaging prodejce.
- Před čištěním tohoto přístroje vždy odpojte toto zařízení z elektrické sítě. Neobsluhujte přístroj s mokřkýma rukama, abyste se vyhnuli zásahu elektrickým proudem.
- Neukládejte přístroj do nestabilní polohy, aby se zabránilo jeho poškození, chybné funkci nebo zranění obsluhy jeho pádem
- Nevystavujte přístroj nadměrným vibracím, aby se zabránilo nebezpečí poškození zapisovaných dat nebo jeho jiné chybné funkci.
- Neopírejte se o přístroj ani ho nezatežujte těžkými předměty, nepoužívejte nadměrnou sílu na ovládaná tlačítka, přepínače a konektory, aby se zabránilo nebezpečí poškození zařízení nebo zranění osob.
- Nechte přístroj pravidelně kontrolovat odborným servisem, aby se zabránilo hromadění prachu v interním prostoru, které mohou způsobit poruchu, poškození nebo nesprávnou funkci přístroje.
- Nikdy se nedívejte přímo do laserového paprsku.
- Přístroj používejte předepsaným postupem a s vhodnými prostředky.

4.6.1 Varování - Epilepsie

Někteří lidé jsou náchylní k epileptickým záchvatům nebo ztrátě vědomí při vystavení blikajícímu světlu nebo určitým světelným obrazcům v každodenní práci. Tito lidé mohou dostat záchvat při práci se zdrojem světla IFM LED. To se může stát i v případě, že se epilepsie u této osoby doposud nikdy nevyskytla a osoba nikdy epileptickými záchvaty netrpěla. Pokud jste vy nebo někdo z vaší rodiny měli někdy symptomy epilepsie (záchvaty nebo ztrátu vědomí) v důsledku blikajících světel, poraďte se před zahájením práce s lékařem. Pokud se při použití zdroje světla IFM LED u Vás vyskytne některý z následujících příznaků - závratě, rozmazané vidění, cukání očí nebo svalů, ztráta vědomí, dezorientace, nevědomé pohyby nebo křeče, OKAMŽITĚ práci přerušete a poraďte se s lékařem.

4.6.2 Varování - laserové záření



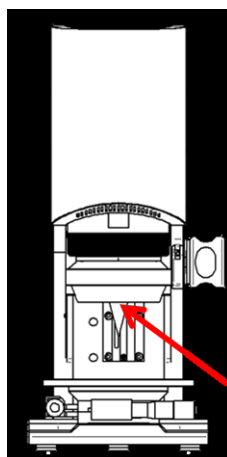
Toto zařízení obsahuje pomocné laserové fokusační zařízení. **Varování: Nikdy se nedívejte přímo do laserového paprsku!** Prosím, berte na vědomí, že vzorky s lesklými povrchy mohou odrážet tento paprsek do nežádoucích směrů. V případě potřeby okamžitě vypněte laserový paprsek.

LASER CLASS 1

Zařazeno podle normy OENORM EN 60825-1:2003-10

$P \leq 1\text{mW}$

$\lambda = 532\text{ nm}$



Laserový výstup