

Hodnocení jakosti obrobeného povrchu dle ČSN EN ISO 4287 a ČSN EN ISO 4288

Libor Tomanec

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Libor TOMANEC**
Osobní číslo: **T09801**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Hodnocení jakosti obrobeného povrchu dle norem
ČSN EN ISO 4287 a ČSN EN ISO 4288**

Zásady pro vypracování:

Teoretická část:

1. Popište základní principy kontaktního a bezkontaktního snímání jakosti, se zřetelem k ČSN EN ISO 4288

2. Popište základní parametry jakosti povrchu s uvažováním normy ČSN EN ISO 4287

Praktická část:

1. Zvolte optimální počet snímání na naměřeném dílci včetně počtu základních délek

2. Dílce změřte kontaktně a bezkontaktně, včetně vyhodnocení dle ČSN EN ISO

3. Závěry a zhodnocení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. ČSN EN ISO 4287. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu. 1999
2. ČSN EN ISO 4288. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu. 1999
3. CHudý,V.;Palenčár,R.;Kureková,E.;Halaj,M. Meranie technických veličín.STU,1999.ISBN 80-227-1275-2
4. Tom R. Thomas. Rough Surfaces,second Edition. World Scientific Publishing Company, 1998
5. David J. Whitehouse. Surfaces and their measurement. Taylor & Francis, 2002

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Vladimír Pata
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2012

Ve Zlíně dne 10. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



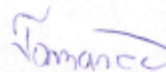

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 17.4.2012


.....

²¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

²² zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

²³ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní díla:

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá měřením jakosti povrchu kontaktní, bezkontaktní metodou a porovnáním jejich výsledků. Teoretická část je zaměřena na principy kontaktního a bezkontaktního měření jakosti povrchu, a dále je zaměřena na základní pojmy a definice s uvažováním normy ČSN EN ISO 4287.

Klíčová slova: Drsnost povrchu, Měřicí technika Taylor Hobson Ltd., kontaktní a bezkontaktní metoda měření jakosti povrchu.

ABSTRACT

This thesis deals with measurement of quality of surface contact, noncontact method and comparing their results. The theoretical part is confusing on the principles of contact and contactless measurement of surface quality and it is confusing on basic concepts and definitions, taking into account ČSN EN ISO 4287.

Keywords: Roughness of surface, measurement technique Taylor Hobson Ltd., contact and contactless method for measurement of surface quality.

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za odborné vedení a cenné rady při vypracování diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY KONTAKTNÍHO A BEZKONTAKTNÍHO ZPŮSOBU SNÍMÁNÍ JAKOSTI, SE ZŘETELEM NA ČSN EN ISO 4288.....	12
1.1 PRINCIP KONTAKTNÍHO ZPŮSOBU SNÍMÁNÍ JAKOSTI	12
1.1.1 Výhody, nevýhody	13
1.2 PRINCIP BEZKONTAKTNÍHO ZPŮSOBU SNÍMÁNÍ JAKOSTI	14
1.2.1 Laserový snímač.....	14
1.2.2 Talysurf CLI snímač.....	15
1.2.3 Program Talymap.....	17
2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY JAKOSTI POVRCHU S UVAŽOVÁNÍM NORMY ČSN EN ISO 4287	18
2.1 OBECNÉ TERMÍNY	18
2.1.1 Filtr povrchu	18
2.1.2 Souřadnicový systém.....	18
2.1.3 Skutečný povrch.....	18
2.1.4 Profil povrchu.....	19
2.1.5 Základní profil.....	19
2.1.6 Profil drsnosti	19
2.1.7 Profil vlnitosti.....	20
2.1.8 Střední čáry	20
2.2 NÁZVY GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ.....	20
2.3 VÝŠKOVÉ PARAMETRY (VÝSTUPKY A PROHLUBNĚ).....	22
2.3.1 Největší výška výstupku profilu Pp, Rp, Wp.....	22
2.3.2 Největší hloubka prohlubně profilu Pv, Rv, Wv.....	22
2.3.3 Největší výška profilu Pz, Rz, Wz	23
2.3.4 Průměrná výška profilu Pc, Rc, Wc	23
2.3.5 Celková výška profilu Pt, Rt, Wt	24
2.4 VÝŠKOVÉ PARAMETRY (PRŮMĚRNÉ HODNOTY POŘADNIC).....	24
2.4.1 Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu Pa, Ra, Wa.....	24
2.4.2 Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu Pq, Rq, Wq.....	24
2.4.3 Šikmost posuzovaného profilu Rsk.....	24
2.4.4 Špičatost posuzovaného profilu Rku.....	24
2.5 DÉLKOVÉ PARAMETRY	24
2.6 TVAROVÉ PARAMETRY	25
II PRAKTICKÁ ČÁST	26
3 VZORKY.....	27
3.1 CVD POVLAKY.....	28
3.2 PVD POVLAKY	28
3.3 CERMET.....	28
3.4 DESTIČKY WIPER	28
4 POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE	29
4.1 DOTYKOVÝ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJ MITUTOYO SJ – 301	29
4.1.1 Praktická realizace měření	29
4.1.2 Kalibrace dotykového měřicího přístroje.....	30

4.2	MIKROSKOP S OKULÁROVOU KAMEROU AM423B	30
4.3	TALYSURF CLI 500	31
4.3.1	Ustavení měřených vzorků.....	32
4.3.2	Obluha Talzsurf CLI 500	32
4.3.3	Výsledky měření na Talysurf CLI 500.....	34
5	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	36
5.1	GRAFY ZNÁZORŇUJÍCÍ RA, RZ U KONTAKTNÍHO A BEZKONTAKTNÍHO ZPŮSOBU MĚŘENÍ.....	36
5.1.1	Graf trendové závislosti Ra na fn - Cermet.....	36
5.1.2	Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn - Cermet.....	38
5.1.3	Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn –PVD.....	38
5.1.4	Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn– Wiper.....	38
5.2	GRAFY SROVNÁVAJÍCÍ ARIT. PRŮMĚRY HODNOT RA A RZ ZÍSKANÝCH KONTAKTNÍ A BEZKONTAKTNÍ METODOU.....	39
5.2.1	Srovnání arit. průměrů Ra kontaktní a bezkontaktní metodou - Cermet	39
5.2.2	Srovnání arit. průměrů Rz kontaktní a bezkontaktní metodou – Cermet.....	39
5.2.3	Srovnání arit. průměrů Ra kontaktní a bezkontaktní metodou – PVD.....	40
5.2.4	Srovnání arit. průměrů Rz kontaktní a bezkontaktní metodou – PVD.....	40
5.2.5	Srovnání arit. průměrů Ra kontaktní a bezkontaktní metodou – Wiper.....	41
5.2.6	Srovnání arit. průměrů Rz kontaktní a bezkontaktní metodou – Wiper.....	41
5.3	SROVNÁNÍ HODNOT RA, RZ ZÍSKANÝCH KON. A BEZKON. METODOU.....	42
5.3.1	Srovnání hodnot Ra získaných kon. a bezkon. metodou - Cermet	42
5.3.2	Popisné charakteristiky Ra pro kon. a bezkon.metodu - Cermet	42
5.3.3	Srovnání hodnot Rz získaných kon.a bezkon. metodou - Cermet	43
5.3.4	Popisné charakteristiky Rz pro kon. a bezkon. metodu - Cermet	43
5.3.5	Srovnání hodnot Ra získaných kon. a bezkon. metodou – PVD.....	44
5.3.6	Popisné charakteristiky Ra pro kon. a bezkon. metodu – PVD	44
5.3.7	Srovnání hodnot Rz získaných kon.a bezkon. metodou – PVD.....	45
5.3.8	Popisné charakteristiky Rz pro kon. a bezkon. metodu – PVD	45
5.3.9	Srovnání hodnot Ra získaných kon. a bezkon. metodou – Wiper.....	46
5.3.10	Popisné charakteristiky Ra pro kon.a bezkon. metodu – Wiper	46
5.3.11	Srovnání hodnot Rz získaných kon. a bezkon. metodou – Wiper.....	47
5.3.12	Popisné charakteristiky Rz pro kon. a bezkon. metodu – Wiper	47
5.3.13	Snímky znázorňující změnu profilu drsnosti u Wiper a PVD povlaku.....	48
	ZÁVĚR.....	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
	SEZNAM TABULEK.....	55
	SEZNAM PŘÍLOH.....	56

ÚVOD

Měření a hodnocení struktury povrchu představuje specifickou samostatnou část metrologie, zabezpečenou jednoúčelovými měřicími přístroji. S touto výlučností je spojena i důležitá skutečnost, že se výrobci měřicí techniky výrazným způsobem podílí jak na přípravě metodiky hodnocení struktury povrchu, včetně normalizace parametrů drsnosti a podmínek hodnocení, tak i na přípravě softwaru pro praktické vyhodnocování kontrolovaného profilu povrchu. [1]

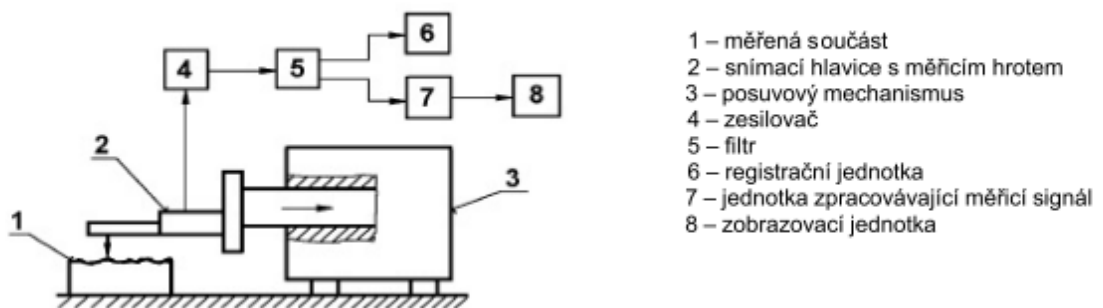
Vývoj měření a hodnocení struktury povrchu vychází především z technických požadavků rozvíjející se strojírenské výroby a probíhá v souladu s výsledky normalizačního procesu v daném oboru. Současně se ve vývoji uplatňují i technické a ekonomické aspekty uživatelského prostředí. Snahou výrobců je tedy připravit a nabídnout ucelený měřicí systém, který bude zároveň splňovat jak požadavky na technickou úroveň (hodnocené parametry, přesnost atd.), tak i praktické požadavky uživatelů. [1]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY KONTAKTNÍHO A BEZKONTAKTNÍHO ZPŮSOBU SNÍMÁNÍ JAKOSTI, SE ZŘETELEM NA ČSN EN ISO 4288

1.1 Princip kontaktního způsobu snímání jakosti

Metoda umožňuje zjišťování číselných hodnot jednotlivých parametrů drsnosti a lze ji využít pro nejmodernější statistická a spektrální hodnocení nerovnosti povrchu. Dotykový přístroj se skládá z části mechanické a elektronické.[2]



Obr. 1. Schéma dotykového přístroje [2]

Mechanická část:

- stolek, na který se umísťuje měřená součást,
- rameno se snímacím hrotem, které se pohybuje určitou konstantní rychlostí a snímací hrot snímá nerovnosti povrchu,
- přímočarý vratný pohyb je zajištěn pomocí elektromotorku, popř. pneumaticky. [2]

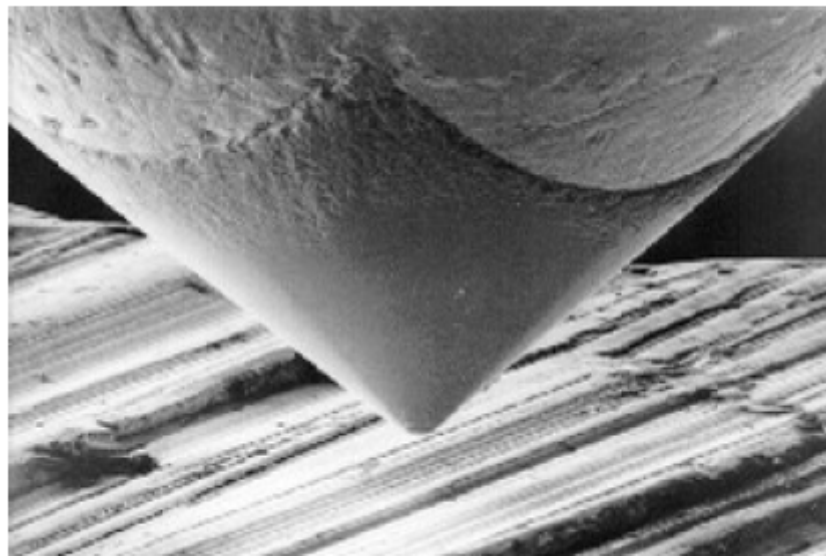
Elektronická část:

- transformuje mechanický signál generovaný snímacím hrotem sledujícím nerovnosti povrchu měřené plochy na elektrický signál, který se zpracovává (číselná hodnota příslušného parametru drsnosti nebo grafický záznam nerovnosti povrchu).

Pohyb snímacího hrotu musí být velmi přesný co do přímosti a rovnoměrnosti. Rychlost musí být volena s ohledem na dynamické vlastnosti snímacího systému (nepoškození povrchu, věrné snímání nerovnosti). Získaný profil je ovlivňován vlastnostmi snímacího systému. [2]

Správnost výsledku měření ovlivňuje:

- poloměr zaoblení snímacího hrotu (2 μm , 5 μm , 10 μm),
- vrcholový úhel snímacího hrotu (60°, 90°),
- měřicí (přítlačná) síla (cca 0,00075 N),
- rychlost změny měřicí síly,
- poloměr zaoblení kluzné patky snímače (u relativní metody),
- celkové geometrické uspořádání systému snímače. [2]



Obr. 2. Měřicí hrot [3]

1.1.1 Výhody, nevýhody

Výhody:

V tradičním strojírenském prostředí mají dotykové metody proti optickým zřejmou výhodu ve větší toleranci vůči znečištění. Snímací hrot odsune malé nečistoty nebo mu nevádí olejová vrstva. Optická sonda vyžaduje skutečně čistý měřený povrch. Ve strojírenské praxi je zatím dávána přednost dotykovým měřicím přístrojům. Mimo jiné i proto, že normované parametry struktury povrchu zatím nepočítají se ztracenými daty nebo proměnnou velikostí opticky snímaného bodu. [1]

Další výhody jsou např.:

- Snadná obsluha
- Rychlé měření a přímé čtení výsledků
- Přenosné zařízení, malé rozměry snímače

Nevýhody:

- Větší nepřesnost měření
 - Povrchy, které se dotykovým způsobem měřit nedají (patří mezi ně povrchy některých nových konstrukčních materiálů nebo moderní, tzv. technické povrchy, jako jsou např. sestavy mikrorozměrných čoček, součástky paměťových zařízení apod., kde velké rozměrové rozdíly profilu povrchu znemožňují použití snímacího hrotu)
- [1]

1.2 Princip bezkontaktního způsobu snímání jakosti

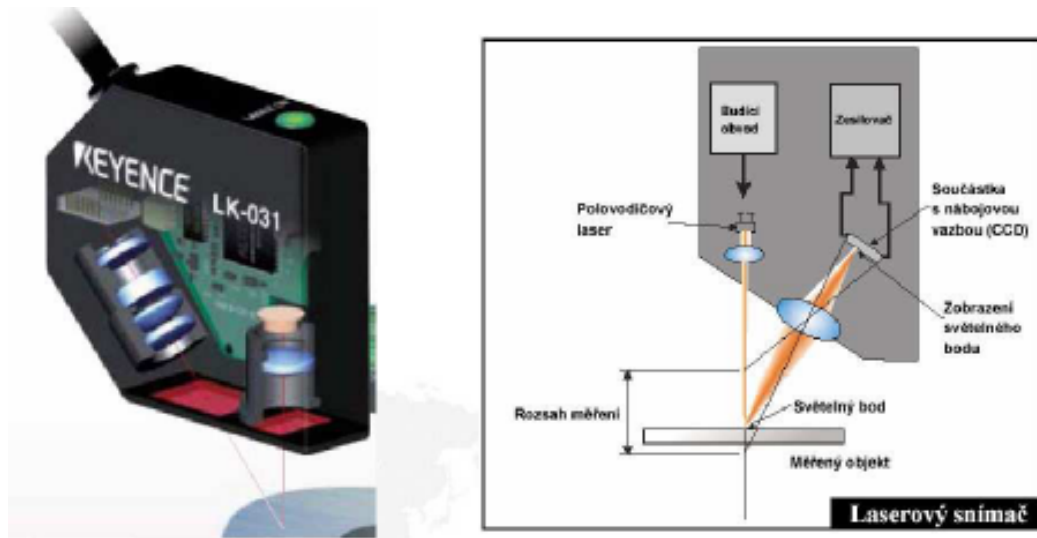
Nahrazuje dotykové snímání při měření povrchů citlivých na mechanické poškození, měkkých materiálů apod. Kontrolovaný povrch je sledován zaostřenou měřící hlavou, jejíž programem řízené nastavení je jednoduché a rychlé.

Výrobce měřící techniky s dlouholetou tradicí Taylor Hobson Ltd. se soustřeďuje nejen na přípravu vysoce kvalitních systému a přístrojů na měření textury i tvaru povrchu, ale současně je aktivně zapojen do přípravy i normalizace metodik měření, zpracování výsledků a jejich vyhodnocení formou parametru. Zvláštní pozornost věnuje i konkrétnímu využití kontrolních postupů a získaných výsledků pro posuzování funkčních vlastností povrchu. V současné době Taylor Hobson nabízí plynule inovovaný komplexní program prostorového hodnocení textury povrchu Talymap. [1]

1.2.1 Laserový snímač

Paprsek polovodičového laseru se odrazí od měřeného povrchu do přijímacího optického systému. Paprsek je zaostřen na CCD snímacím poli. CCD zajišťuje špičkovou hodnotu rozdělení množství světla v bodě paprsku. CCD obrazové prvky (jednotlivé CCD snímané elementy) na ploše bodu paprsku jsou použity pro určení přesné polohy zaměřeného bodu.

[3]

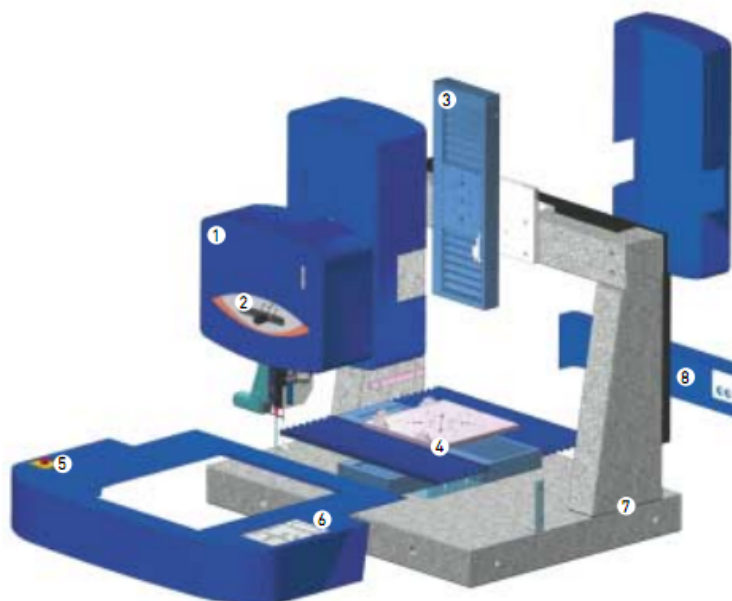


Obr. 3. Schéma laserového snímače [3]

1.2.2 Talysurf CLI snímač

Přístroje talysurf CLI jsou vysoce účinnými měřicími prostředky k provádění rychlého prostorového měření a hodnocení povrchu s vysokým rozlišením. Systém CLI nabízí možnosti měření a analýzy povrchu ve třech osách, s využitím dotykové nebo bezdotykové měřicí techniky. Snadno ovladatelné a výkonné měřicí přístroje, vhodné i pro kontrolu velkého počtu součástí, jsou připraveny provádět analýzu dat při hodnocení struktury povrchu z jednoho profilu řezu (2D) i profilu plochy povrchu (3D). [4]

3. vertikální (z) osa
4. Horizontální (X-Y) osa
5. nouzové zastavení
6. ovládací klávesnice
7. žulový základ
8. panel připojení



Obr. 4. Talysurf CLI snímač [5]

Hlavní předností přístrojů je univerzálnost jejich využití, která vyplývá z možností systému měřit buď indukčním dotykovým způsobem Form Talysurf, nebo bezdotykovým způsobem reprezentovaným laserovou triangulační sondou a CLA konfokálním snímačem (Chromatic Length Aberration – CLA). Uvedené tři způsoby měření zajišťují prakticky neomezené možnosti měření struktury povrchu z hlediska jakosti, přesnosti a druhu materiálu součásti. Navíc je systém CLI vybaven automatickým posuvem ve všech osách (X, Y, Z), s rychlostí až do 30 mm/s, což umožňuje rychlé automatické měření. Připravenost přístroje pro kontrolu širokého sortimentu součástí dokumentuje i velikost měřicího prostoru (max. 200 x 200 x 200 mm) a nosnost stolu (max. 20 kg). [4]

Praktickou předností Talysurf CLI je spojení tradičního 2D a prostorového hodnocení 3D do jednoho výkonného přístroje. I když je systém CLI speciálně konstruován pro měření 3D, je současně vybaven mechanickým i analytickými prostředky pro komplexní měření 2D. Lze tak jedním přístrojem monitorovat výzkum a vývoj, provádět studijní analýzy (např. opotřebení), rutinní inspekci i řídit výrobní procesy. Vedle zřejmého ekonomického přínosu má uživatel stále možnost porovnávat výsledky měření se všemi, kteří ještě používají jen tradiční měření 2D. Univerzálnost systému Talysurf CLI zajišťuje možnost využít na jednom přístroji až čtyři různé měřicí hlavy ke kontrole všech kombinací materiálů a kvality povrchů součástí. [4]

.Přístroje Talysurf CLI používají k hodnocení struktury povrchu všeobecně respektované parametry, včetně celého souboru pro prostorové hodnocení povrchu a přispívají tak k tomu, že se třetí rozměr stává snadno dostupným a srozumitelným v metrologii povrchu.

Přístroje Talysurf CLI jsou připraveny ve třech velikostních provedeních, což uživateli umožňuje přesně podle svých požadavků:

Talysurf CLI 2000 – základní typ s vysokou rychlostí a přesností v mimořádně velkém měřicím prostoru (200x200x200 mm), je určen nejen pro kontrolu velkých součástí (délka posuvu X-Y-Z je 200 mm), ale i malých součástí vyráběných v dávkách. Na stůl lze najednou uložit více součástí. [4]



Obr. 5. Talysurf CLI 2000

Talysurf CLI 1000 – s měřícím prostorem (100x100x100 mm) ideální typ pro malé a střední velikosti součástí. Příklad je z hlediska přesnosti, rychlosti, software a programovatelnosti zcela rovnocenný základnímu typu CLI 2000.

Talysurf CLI 500 – nejmenší provedení (měřící prostor 50x50x50 mm, délka posuvu 50mm) charakterizované ekonomickou a prostorovou efektivností. Je určen především pro měření malých součástí. [4]

1.2.3 Program Talymap

Základem programového vybavení přístrojů Talysurf CLI je firemní program Talymap, který zabezpečuje veškeré řídicí, kontrolní, vyhodnocovací i informační služby. Výkonný program pro analýzu dat zahrnuje standardní funkce vyhodnocení struktury povrchu 2D a 3D, včetně vyjmutí profilu 2D z povrchu 3D, měření ploch a objemů, výšky a vzdálenosti stupňů, analýzy výstupků, nosného podílu, velikost a hustotu zrn, atd. Významná je vybavenost zařízení pro automatizaci měření. Možnost programování automatického měření dávek součástí zefektivní jejich kontrolu. Použití nabízených měřících postupů nejen urychlí proces analýzy, ale současně zajistí jednotnou formu prezentace výsledků měření. [4]

2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY JAKOSTI POVRCHU S UVAŽOVÁNÍM NORMY ČSN EN ISO 4287

2.1 Obecné termíny

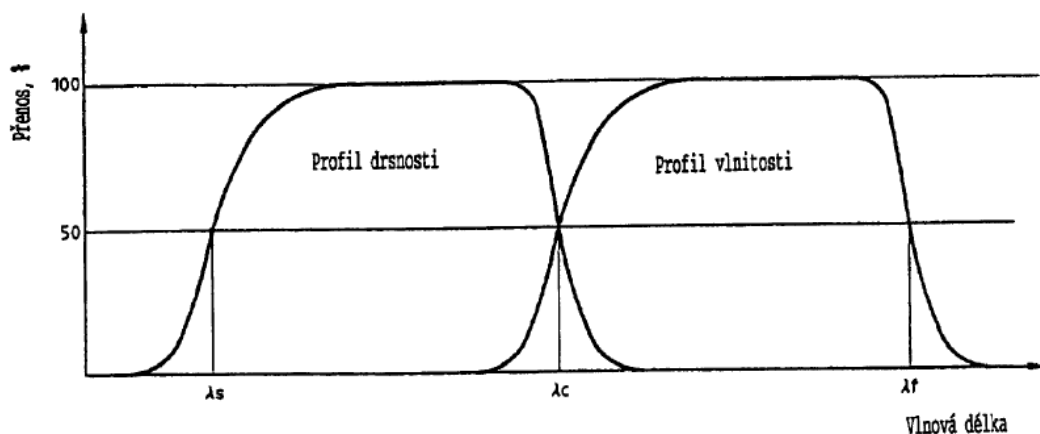
2.1.1 Filtr povrchu

Filtr rozdělující profily na dlouhovlnné a krátkovlnné složky.

λ_s **filtr profilu**: filtr definující rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomnými na povrchu (viz.obr.6)

λ_c **filtr profilu**: filtr definující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti (viz.obr.6)

λ_f **filtr profilu**: filtr definující rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu (viz.obr.6) [6]



Obr. 6. Přenosová charakteristika profilu drsnosti a vlnitosti [6]

2.1.2 Souřadnicový systém

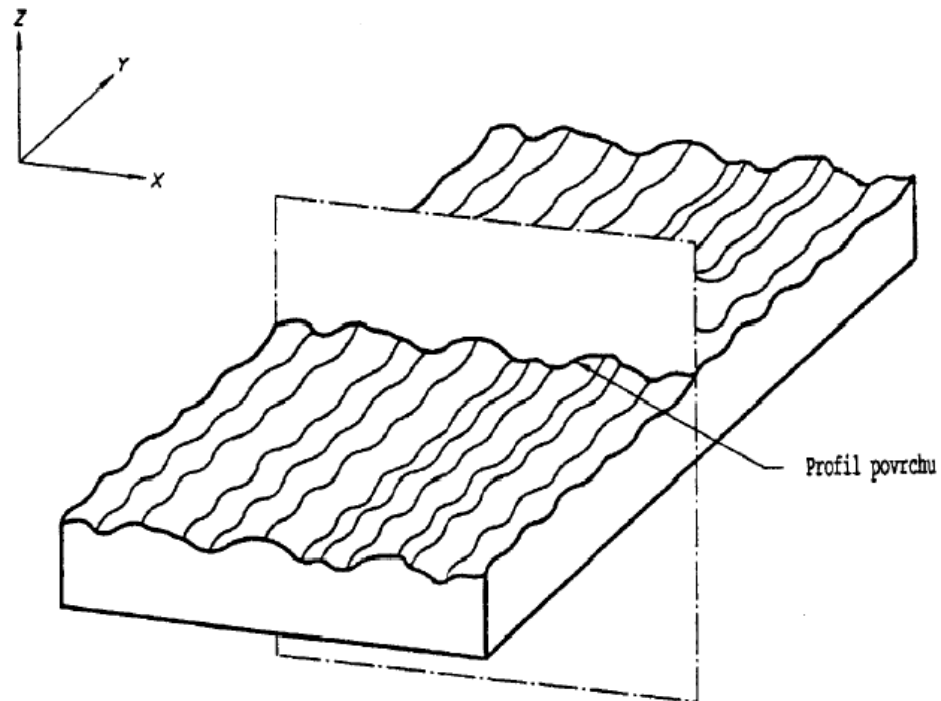
Souřadnicový systém, ve kterém jsou definovány parametry struktury povrchu. Obvykle je využíván pravoúhlý souřadnicový systém, ve kterém osy tvoří pravotočivou kartézskou soustavu. Osa X ve směru snímání je souběžná se střední čarou, osa Y také leží na skutečném povrchu a osa Z směřuje z povrchu (z materiálu do okolního prostředí). [6]

2.1.3 Skutečný povrch

Povrch omezující těleso a oddělující ho od okolního prostředí. [6]

2.1.4 Profil povrchu

Profil vzniklý jako průsečnice skutečného povrchu a dané roviny (viz.obr.7). V praxi se obvykle volí rovina kolmá k rovině rovnoběžné se skutečným povrchem ve vhodném směru. [6]



Obr. 7. Profil povrchu [6]

2.1.5 Základní profil

Základní profil je základem pro hodnocení parametrů základního profilu.

2.1.6 Profil drsnosti

Profil odvozený ze základního profilu potlačením dlouhovlnných složek použitím filtru profilu λ_c .

- Přenosové pásmo pro profil drsnosti je definováno filtry povrchu λ_s a λ_c ,
- profil drsnosti je základem pro hodnocení parametrů profilu drsnosti. [6]

2.1.7 Profil vlnitosti

Profil odvozený postupnou aplikací filtru profilu λ_f a filtru profilu λ_c na základní profil, potlačující dlouhovlnné složky filtrem profilu λ_f a krátkovlnné složky filtrem profilu λ_c . Profil je záměrně pozměněn.

- přenosové pásmo pro profil vlnitosti je definováno filtry povrchu λ_c a λ_f ,
- profil vlnitosti je základem pro hodnocení parametrů profilu vlnitosti. [6]

2.1.8 Střední čáry

Střední čára profilu drsnosti: čára odpovídající dlouhovlnné složce profilu potlačené filtrem profilu λ_c .

Střední čára profilu vlnitosti: čára odpovídající dlouhovlnné složce profilu potlačené filtrem profilu λ_f .

Střední čára základního profilu: čára nejmenších čtverců přiléhající jmenovitému tvaru základního profilu. [6]

2.2 Názvy geometrických parametrů

P-parametr: parametr vypočítaný ze základního profilu

R-parametr: parametr vypočítaný z profilu drsnosti

P-parametr: parametr vypočítaný z profilu vlnitosti [6]

Výstupek profilu: z povrchu ven směřující část posuzovaného profilu spojující dva přilehlé body na průsečíku profilu s osou X.

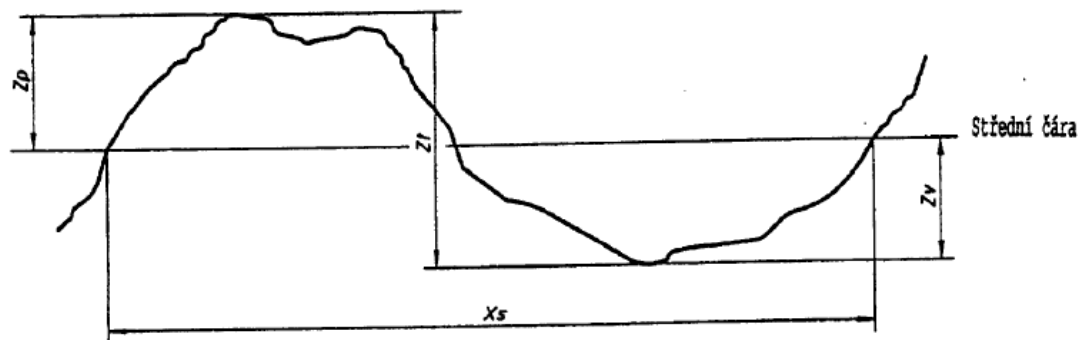
Prohlubeň profilu: dovnitř směřující část posuzovaného profilu spojující dva přilehlé body na průsečíku profilu s osou X.

Omezení výšky nebo rozteče: nejmenší výška a nejmenší rozteč výstupků a prohlubní posuzovaného profilu.

Prvek profilu: výstupek profilu a přilehlá prohlubeň. (viz obrázek 8). [6]

Prvek profilu:

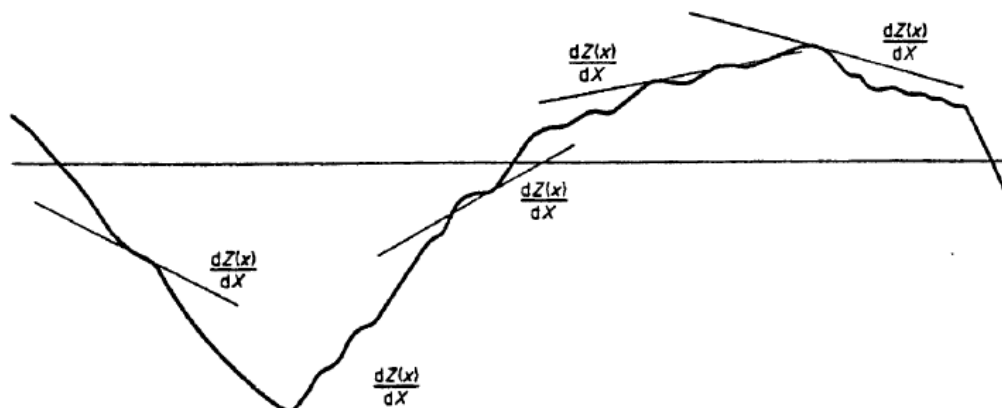
výstupek profilu a přilehlá prohlubeň. [6]



Obr. 8. Prvek profilu [6]

Místní sklon dZ/Dx :

sklon posuzovaného profilu v poloze x . [6]

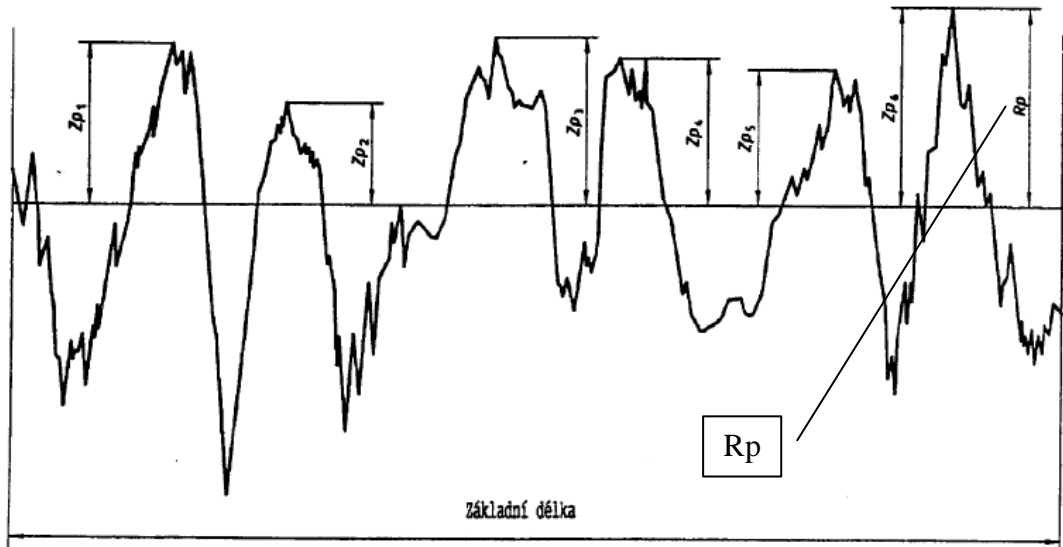


Obr. 9. Místní sklon [6]

2.3 Výškové parametry (výstupky a prohlubně)

2.3.1 Největší výška výstupku profilu P_p , R_p , W_p

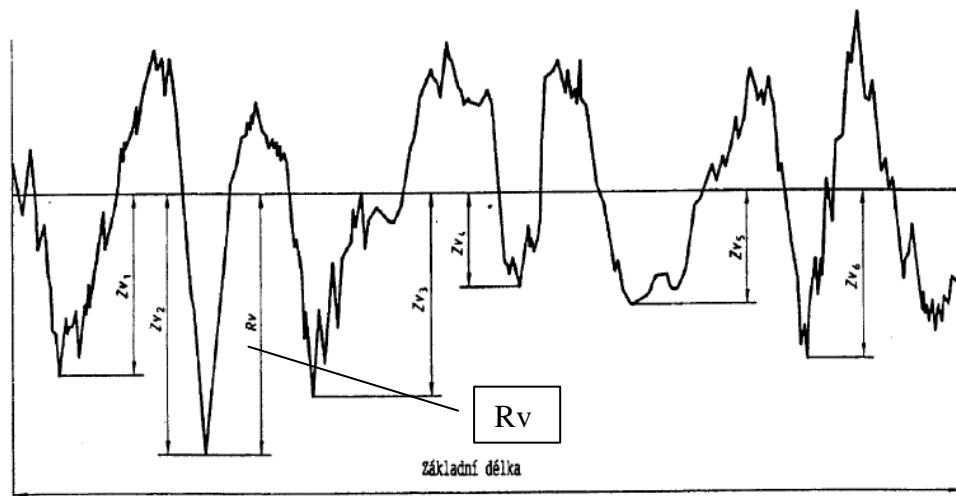
Výška Z_p nejvyššího výstupku profilu v rozsahu základní délky (viz obrázek 10). [6]



Obr. 10. Největší výška výstupků profilu [6]

2.3.2 Největší hloubka prohlubně profilu P_v , R_v , W_v

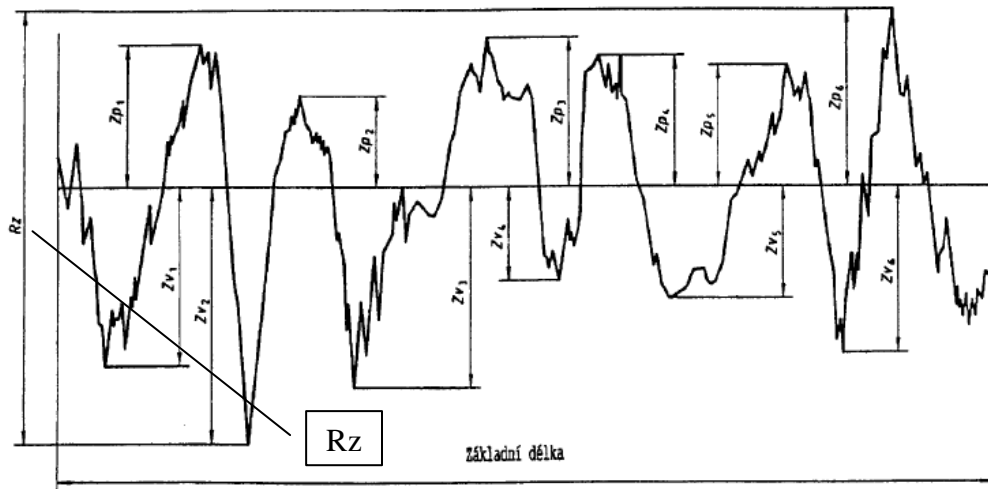
Hloubka Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky (viz obrázek 11). [6]



Obr. 11. Největší hloubka prohlubní profilu [6]

2.3.3 Největší výška profilu P_z , R_z , W_z

Součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a Hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky (viz obr. 12) [6]

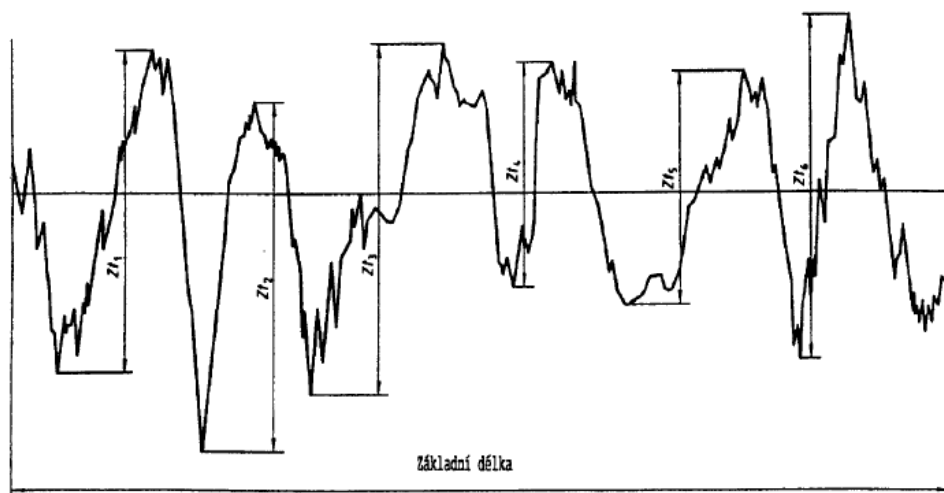


Obr. 12. Největší výška profilu [6]

2.3.4 Průměrná výška profilu P_c , R_c , W_c

Průměrná hodnota výšek Z_t prvků profilu v rozsahu základní délky (viz obrázek 13). [6]

$$P_c, R_c, W_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti} \quad (1)$$



Obr. 13. Výška prvků profilu [6]

2.3.5 Celková výška profilu P_t , R_t , W_t

Součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky. [6]

$$P_t = P_z, R_t \geq R_z, W_t \geq W_z \quad (2)$$

2.4 Výškové parametry (průměrné hodnoty pořadnic)

2.4.1 Průměrná aritmetická úchylna posuzovaného profilu P_a , R_a , W_a

Aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky. [6]

$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad (3)$$

2.4.2 Průměrná kvadratická úchylna posuzovaného profilu P_q , R_q , W_q

Kvadratický průměr pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky. [6]

$$P_q, R_q, W_q = \frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx \quad (4)$$

2.4.3 Šikmost posuzovaného profilu R_{sk}

Podíl průměrné hodnoty třetích mocnin pořadnic $Z(x)$ a třetí mocniny hodnoty P_q , R_q nebo W_q v rozsahu základní délky. [6]

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[\frac{1}{l} \int_0^l |Z^3(x)| dx \right] \quad (5)$$

2.4.4 Špičatost posuzovaného profilu R_{ku}

Podíl průměrné hodnoty čtvrtých mocnin pořadnic $Z(x)$ a třetí mocniny hodnoty P_q , R_q nebo W_q v rozsahu základní délky. [6]

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^2} \left[\frac{1}{l} \int_0^l |Z^4(x)| dx \right] \quad (6)$$

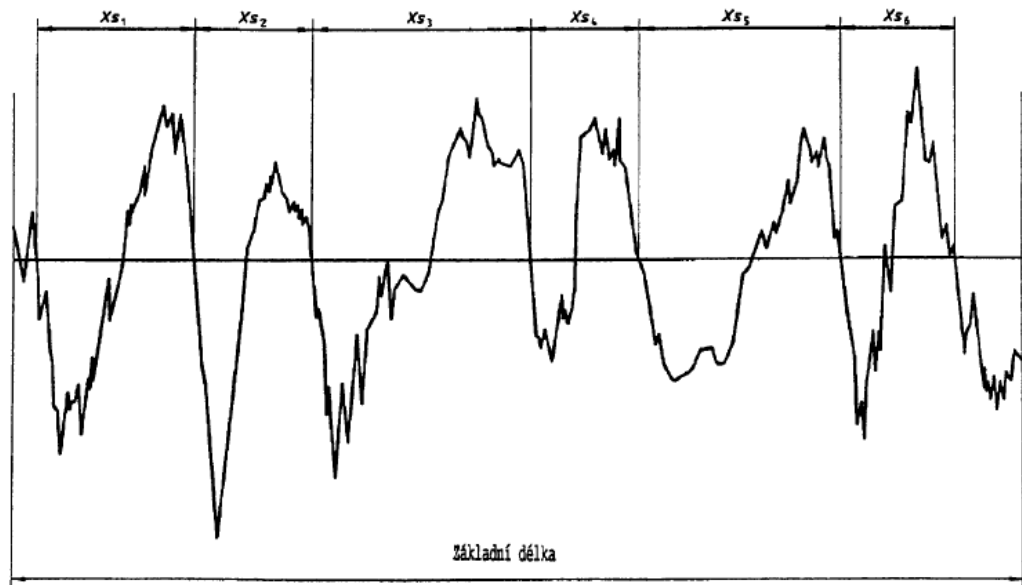
2.5 Délkové parametry

Průměrná šířka prvků profilu, P_{Sm} , R_{Sm} , W_{Sm} : aritmetický průměr šířek X_{si} prvků profilu v rozsahu základní délky (viz obrázek 14). [6]

$$P_{Sm}, R_{Sm}, W_{Sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{si} \quad (7)$$

2.6 Tvarové parametry

Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu, $P\Delta_q$, $R\Delta_q$, $W\Delta_q$: kvadratický průměr sklonů souřadnic dZ/dX v rozsahu základní délky. [6]



Obr. 14. Šířka prvků profilu [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 VZORKY

Vzorky byly vyrobeny ve tvaru válečku o průměru 19 mm a délky 50 mm technologií soustružení na CNC soustruhu,

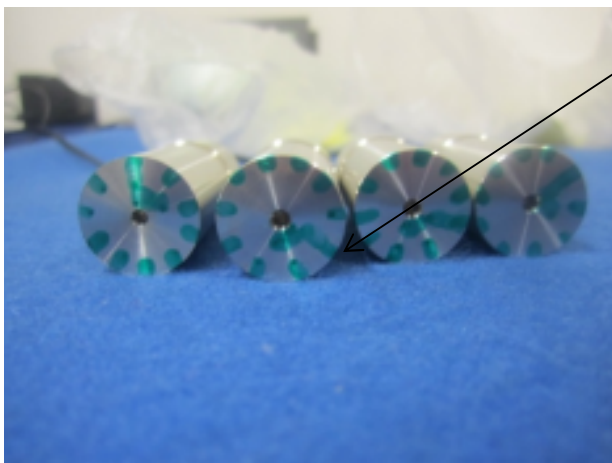
- konstantní řeznou rychlostí V_c 170 [m.min⁻¹],
- hloubkou řezu a_p 0,5 [mm],
- parametry posuvů jsou voleny 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4 [mm/ot]

Válečky jsou vyrobeny z materiálu ČSN 41 7240. Bylo použito VBD firmy SANDVIK.

Použití VBD:

- CVD Wiper - CNMG 12 04 08 – WM 2025
- PVD - CNMG 12 04 08 – MF 1125
- CERMET - CNMG 12 04 08 - PF 1525

Pro každý vzorek bylo zvoleno 10 měření. Základní délka byla zvolena dle normy ČSN EN ISO 4288. Před začátkem měření se na každém vzorku vyznačilo 10 rysek, přičemž každá ryska znamenala 1 rovinu měření. Výhoda značení spočívá v tom, že když při vyhodnocování nalezneme vychýlenou hodnotu, tak ji podle těchto rysek najdeme a můžeme provést nové měření.



Ryska znázorňuje první měření
a současně směr dalšího měření.

Obr. 15. Vzorky

3.1 CVD povlaky

CVD je zkratka anglického názvu Chemical Vapor Deposition – chemické metody nanášení povlaku. CVD povlaky mají vysokou odolnost proti otěru a skvělou adhezi ke slinutým karbidům. Prvním povlakem, naneseným na slinutý karbid metodou CVD, byl jednovrství povlak z karbidu titanu (TiC). Povlaky Alumina (Al_2O_3) a povlaky z nitridu titanu (TiN) byly zavedeny později. [7]

3.2 PVD povlaky

PVD povlaky (Physical Vapor Deposition) jsou nanášeny za relativně nízkých teplot (400-600°C). Samotný proces se skládá z postupného odpařování kovu, který reaguje, například s dusíkem, přičemž na povrchu obráběcího nástroje vzniká tvrdý nitridický povlak. PVD povlaky díky své tvrdosti ještě zvyšují odolnost dané třídy proti otěru. Jejich vnitřní tlaková pnutí jsou také důvodem nárůstu houževnatosti břitu a odolnosti proti tepelným hřebenovým trhlinám. [7]

3.3 Cermet

Cermet je slinutý karbid tvořený tvrdými částicemi na bázi titanu. Název cermet je kombinací slov keramika (ceramic) a kov (metal). Ve srovnání s běžnými slinutými karbidy má cermet vyšší odolnost vůči otěru a menší tendence k ulpívání materiálu obrobku na břitu. Na druhou stranu má také nižší úroveň vnitřních tlakových pnutí a z toho důvodu i nižší odolnost proti vzniku tepelných trhlin. [7]

3.4 Destičky Wiper

S hladíci břitovými destičkami je možno soustružit při vysokých rychlostech posuvu, bez ztráty způsobilosti pro dosažení kvalitního povrchu a dělení třísek. To znamená zkrácení výrobního času až o 30% a zvýšení kvality obrobků. Jsou navrženy tak, aby při pohybu destičky podél obrobku docházelo k vyhlazení obráběného povrchu. Hladící efekt se přednostně uplatňuje při přímočarém a čelním soustružení. [7]

4 POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

4.1 Dotykový měřicí přístroj Mitutoyo SJ – 301

Mitutoyo SJ - 301 je určen k měření drsnosti povrchu v dílenském prostředí. Přístroj obsahuje dotykový snímací hrot, který měří strukturu povrchu. Výsledky měření se zobrazují digitálně a graficky. Pomocí tiskárny se můžou výsledky vytisknout.

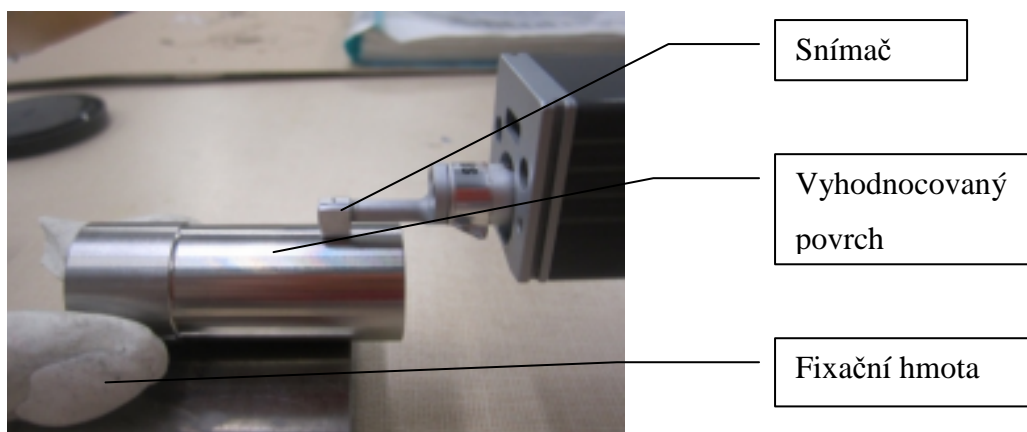
Tab. 1. Technické specifikace Mitutoyo

Měřené parametry	Ra, Ry, Rz, Rt, Rq, Rv, Sm, S, Pc, R3z, mr, Rpk, Rvk, Rk, Mr1, Mr2, Lo, R, AR, Rx, A1, A2
rozsah	Ra 0,01 μm - 75 μm , Rz 0,02 μm - 300 μm
posuv	0,08; 0,25; 0,08; 2,5 a 8 mm



Obr. 16. Mitutoyo SJ – 301

4.1.1 Praktická realizace měření



Obr. 17. Praktická realizace měření

4.1.2 Kalibrace dotykového měřicího přístroje

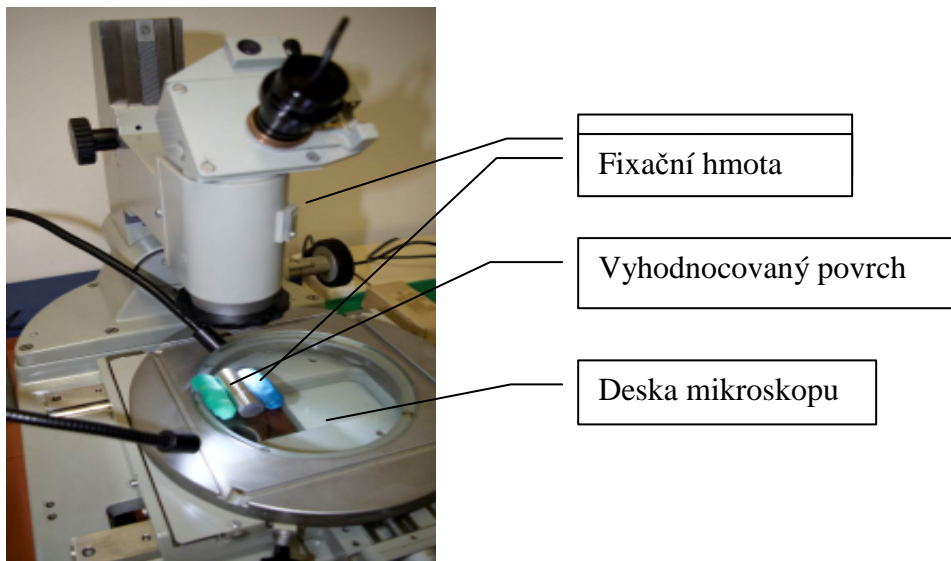
Před začátkem měření se musí zkontrolovat, zda je vložen správný dotykový hrot. Pro náš případ hrot na ocelové materiály. V přístroji se nastaví požadované hodnoty ke kalibraci. Přístroj se kalibruje kalibračním etalonem.



Obr. 18. kalibrace Mitutoyo SJ – 301

4.2 Mikroskop s okulárovou kamerou AM423B

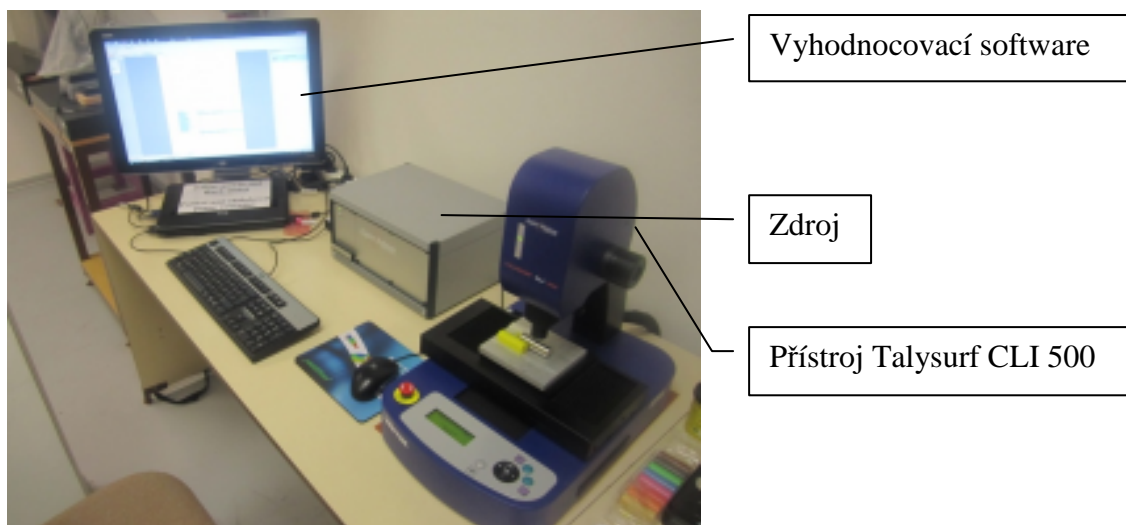
Vroek byl nejprve upevněn fixační hmotou na desce mikroskopu. Dále se naostří povrch vzorku. Kamera je propojena s výstupem na obrazovku PC. Snímáno bylo mikroskopem s okulárovou kamerou AM423B Dino – Eye USB. Použito zvětšení 30 násobné.



Obr. 19. Mikroskop

4.3 Talysurf CLI 500

Talysurf CLI 500 je určen pro měření malých součástí. Zatímco přístroj měří, může obsluha provádět jinou práci. Měřicí přístroj Talysurf, jakožto laboratorní měřidlo je velmi drahé. Při práci sním si musíme dávat pozor zejména při ustavování součásti, abychom nenarazili do čočky přístroje, protože by mohlo dojít k jejímu poškození.

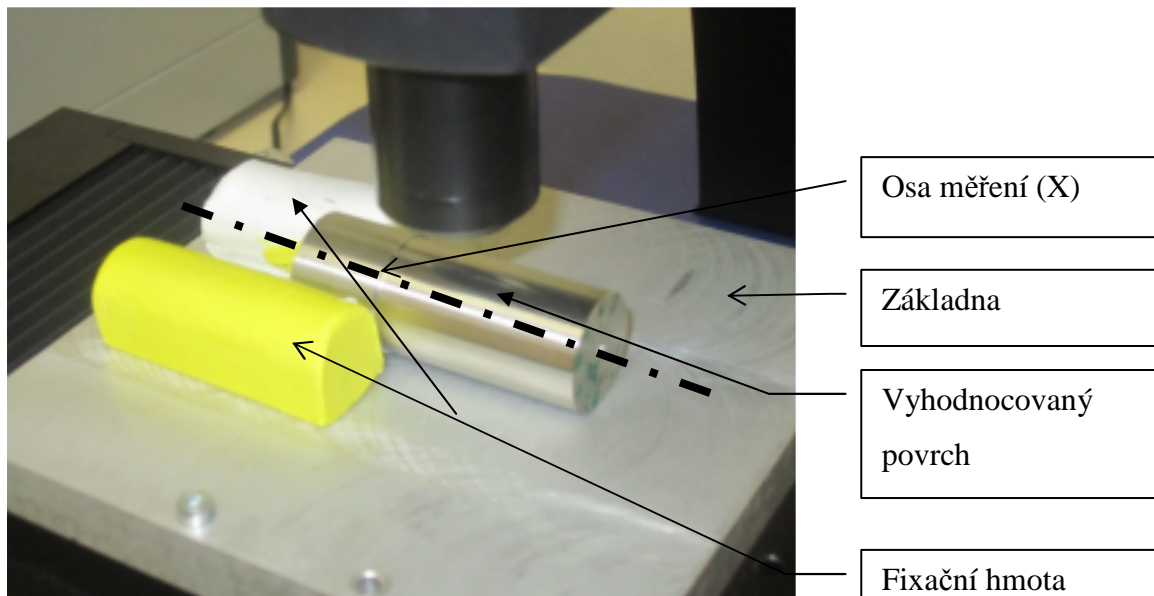


Obr. 20. Pracoviště Talysurf CLI 500

Tab. 2. Technické specifikace přístroje

Funkce, velikost a hmotnost	CLI 500
Prostor měření Dx H x V	50 x 50 x 50 mm
Délka posuvu v osách X x Y x Z	50 mm
Osové rozlišení (datová rozteč X x Y)	5 μ m
Rozměry D x H x V	500 x 310 x 450 mm
Nosnost	10 kg
Hmotnost	55 kg
rychlost měření	30;15;10;5;1;0,5 mm/s
rychlost polohování (osy X x Y)	30mm/s maximum

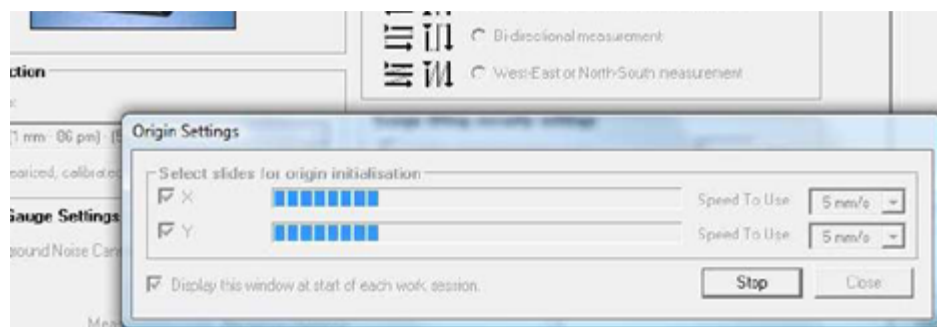
4.3.1 Ustavení měřených vzorků



Obr. 21. Ustavení vzorku

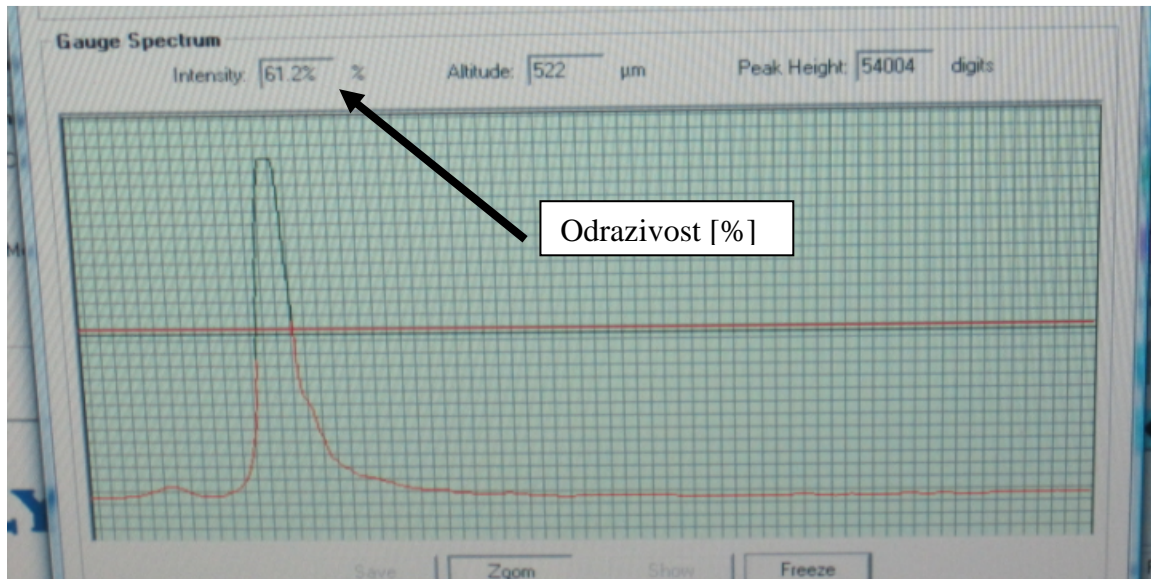
4.3.2 Obluha Talysurf CLI 500

Po ustanovení měřeného vzorku se spustí software, který je v blízkosti přístroje, pomocí kterého se přístroj obsluhuje. Po načtení se klikne na tlačítko start a provede se automatická kalibrace přístroje.



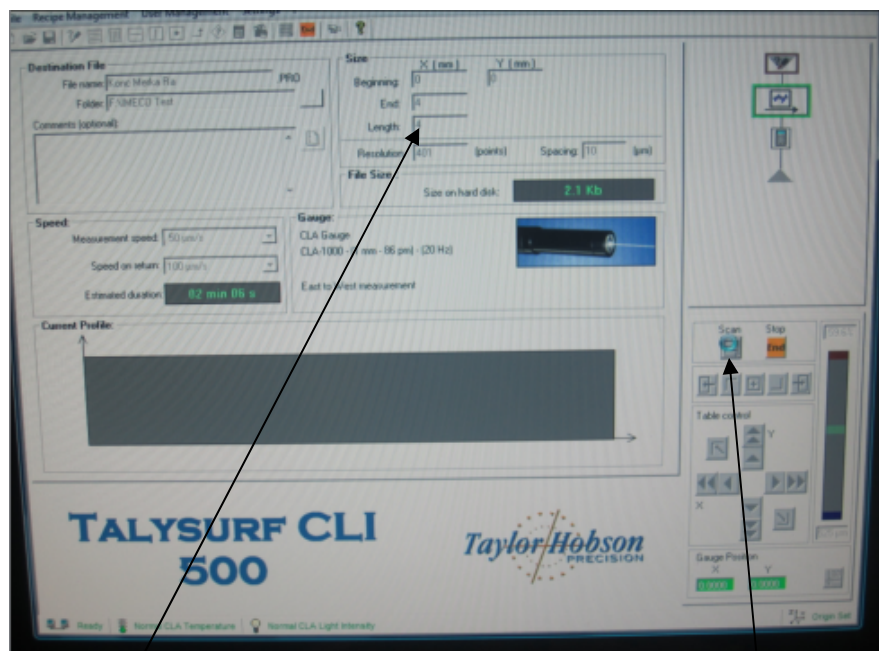
Obr. 22. Kalibrace Talysurf CLI 500

Dalším krokem je nastavení odrazivosti. Odrazivost by neměla klesnout pod 40%, při měření se pohybovala mezi 50%-60%.



Obr. 23. Odrazivost

Posledním krokem bylo nastavení programu. Měřená délka byla 4 mm a měřilo se v podélném směru (osa X). Kliknutím na ikonu Scan začne měření.



Obr. 24. Nastavení programu

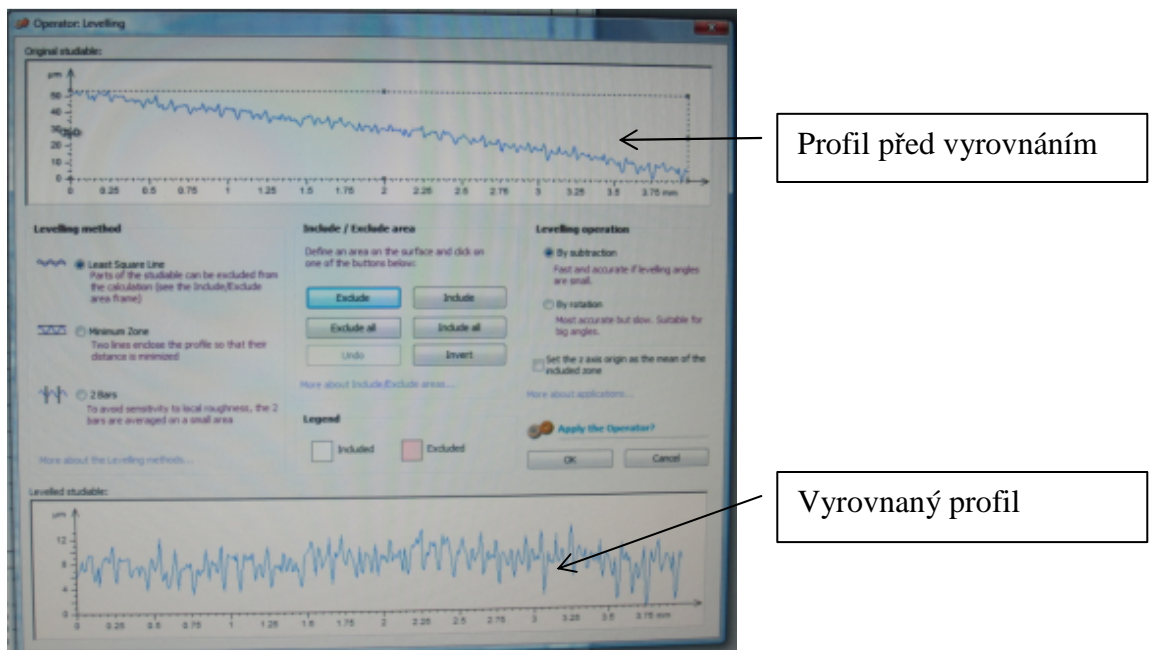
Nastavení měřící délky

Tlačítko Scan

4.3.3 Výsledky měření na Talysurf CLI 500

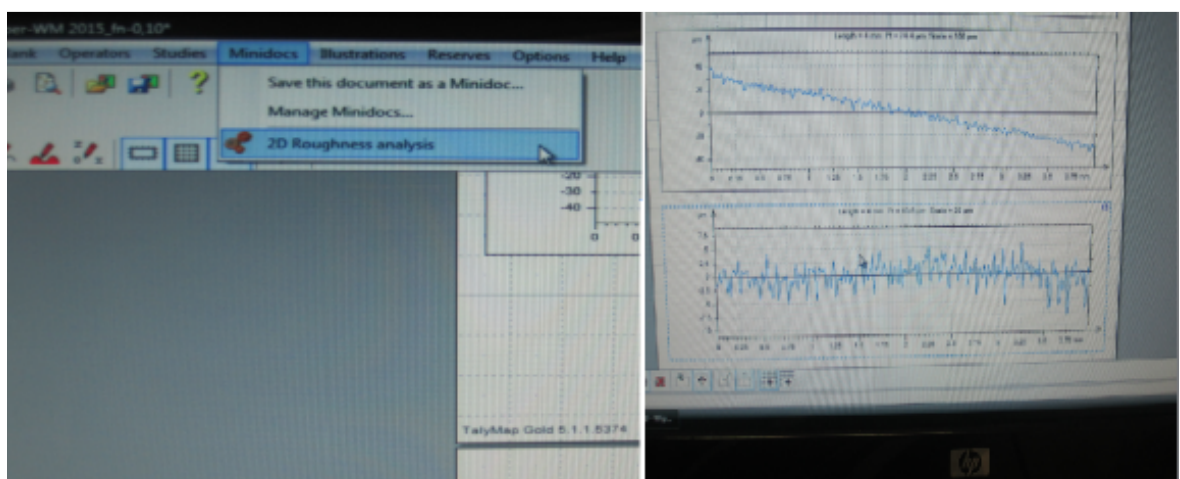
Po dokončení měření jsem provedl vyhodnocení pomocí programu Talymap. Podle normy jsem ČSN EN ISO 4287 a ČSN EN ISO 4288 jsem získal parametry Ra, Rz, Rp, Rv, Rt.

Jako první bylo provedeno vyrovnání povrchu.



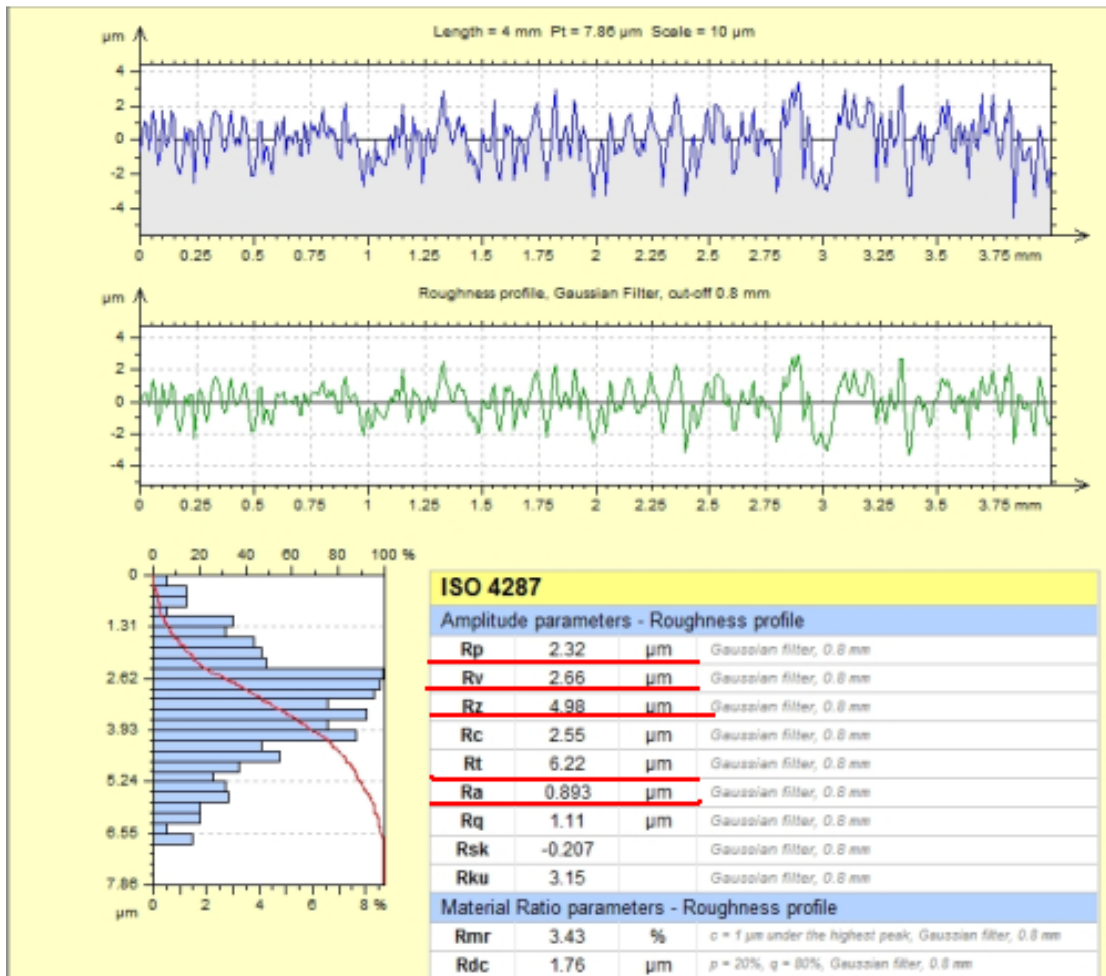
Obr. 25. Vyrovnání povrchu

V dalším kroku si vyrovnaný profil označíme a kliknutím do panelu Minidocs si vyvoláme 2D Roughness analysis.



Obr. 26. Vyrovnaný povrch, 2D analýza

Po vyvolání 2D analýzy a následných úpravách získáme potřebné parametry (Ra, Rz, Rp, Rv a Rt) , které jsou zobrazeny přehledně v tabulce.



Obr. 27. Ukázka vyhodnocených parametrů

Jak vidíme na obrázku, tak výsledné parametry struktury povrchu pro vzorek z materiálu ČSN EN ISO 41 7240 při fn-0,1mm/ot jsou:

Tab. 3. Vyhodnocované parametry

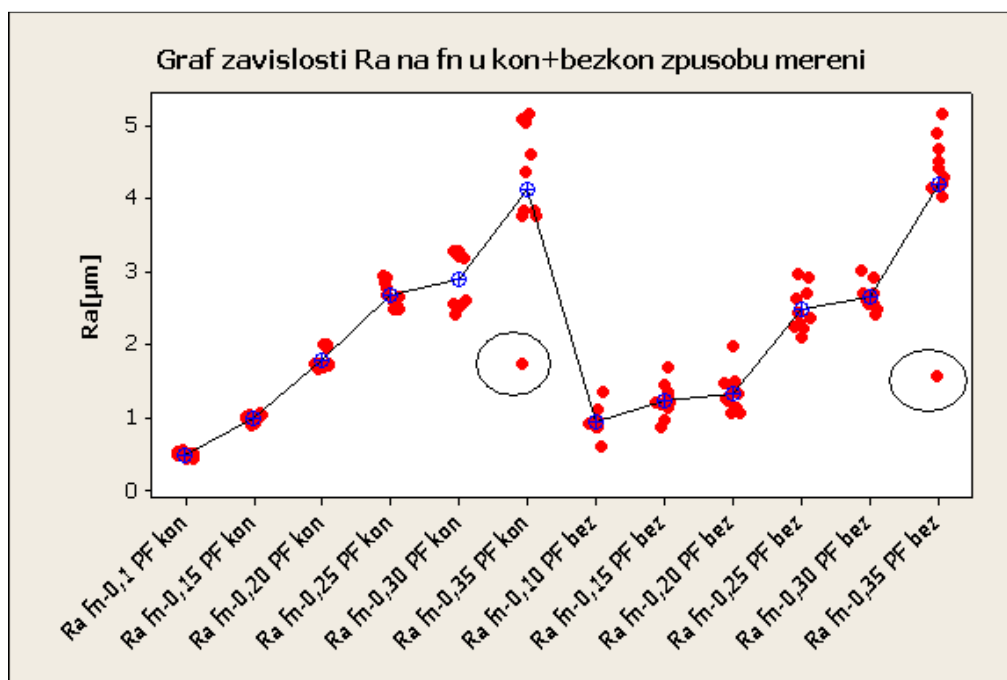
Ra [µm]	Rz[µm]	Rp[µm]	Rv[µm]	Rt[µm]
0,893	4,98	2,32	2,66	6,22

5 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Pro statistické vyhodnocování výsledků bylo použit program Minitab 14. Každá hodnota posuvu (7 hodnot) představuje 10 měření.

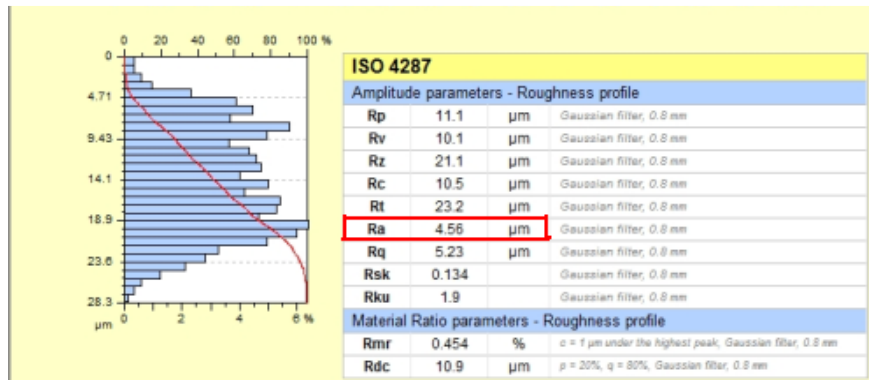
5.1 Grafy znázorňující Ra, Rz u kontaktního a bezkontaktního způsobu měření

5.1.1 Graf trendové závislosti Ra na fn - Cermet



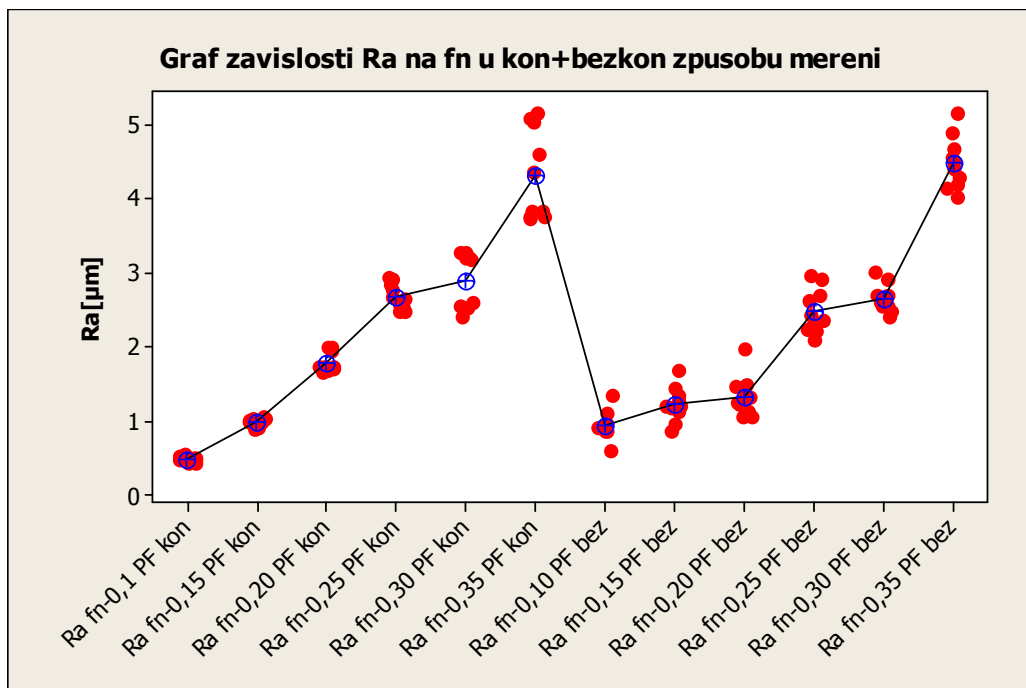
Obr. 28. Graf trendové závislosti Ra na Fn-Cermet

Zde vidíme, že zakroužkované hodnoty u fn-35mm/ot u kontaktního i bezkontaktního způsobu se značně vychyluje. Proto bylo zkontrolováno správné zadání hodnot do programu Minitab 14. Po přezkoumání těchto hodnot se zjistilo, že hodnota Ra u kon. způsobu byla špatně zadaná a místo 3,73 μm zde byla zadaná hodnota 1,73 μm . Tato hrubá chyba odstraněna. Dalším zkoumáním se došlo k tomu, že i hodnota u bezkontaktního způsobu byla špatně zadaná a místo 4,56 μm zde byla hodnota 1,16 μm . Tato skutečnost byla ověřena záznamem z měření. Tato hrubá chyba taky odstraněna. U VBD Cermet proběhlo jen 6 měření do hodnot fn0,35-mm/ot.



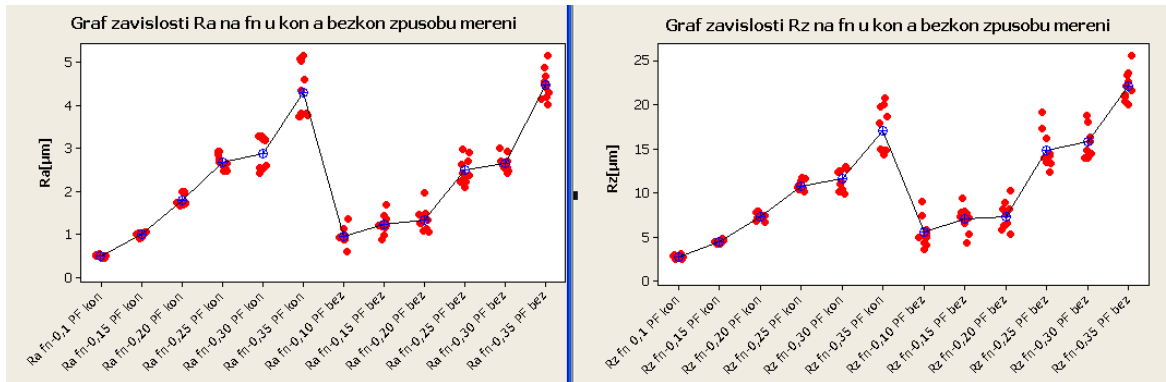
Obr. 29. Vypočtená hodnota Ra bezkontaktním způsobem

Zde můžeme vidět graf po přepsání chybných údajů a následné aktualizace grafu.



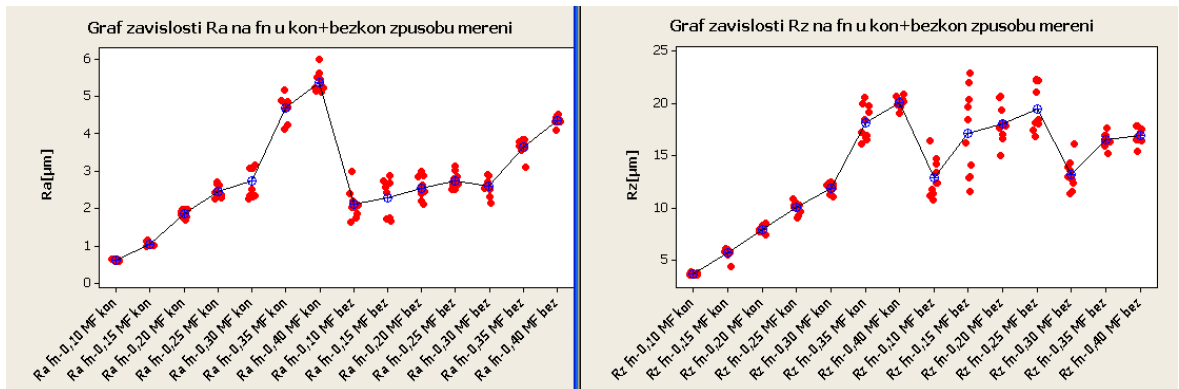
Obr. 30. Graf trendové závislosti Ra na fn-Cermet

5.1.2 Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn - Cermet



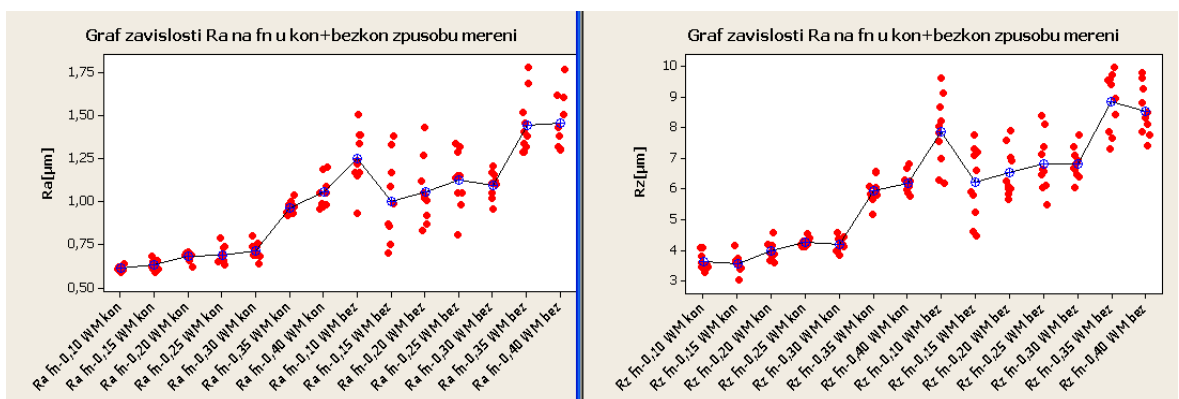
Obr. 31. Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn – Cermet

5.1.3 Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn –PVD



Obr. 32. Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn - PVD

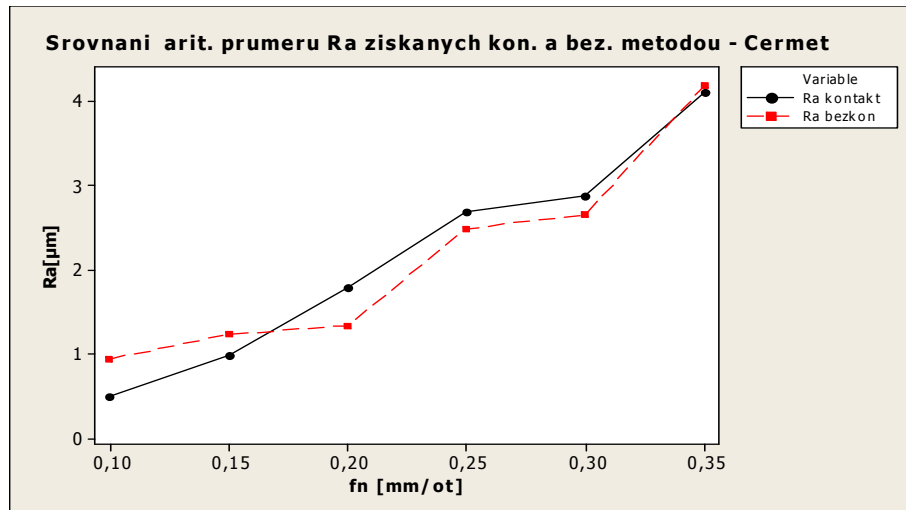
5.1.4 Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn– Wiper



Obr. 33. Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn - Wiper

5.2 Grafy srovnávající arit. průměry hodnot Ra a Rz získaných kontaktní a bezkontaktní metodou

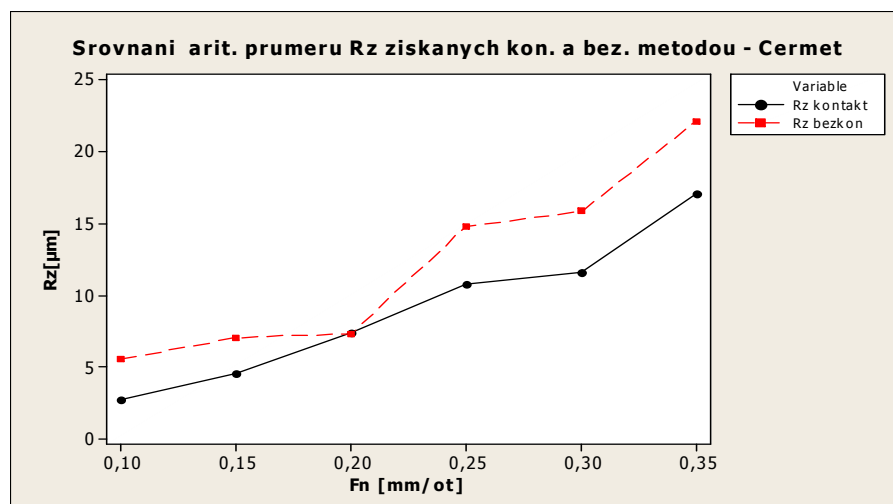
5.2.1 Srovnání arit. průměrů Ra kontaktní a bezkontaktní metodou - Cermet



Obr. 34. Srovnání arit. průměrů Ra kon. a bez. metodou – Cermet

Z obrázku 34 vidíme, že u kon. měření stoupají průměry Ra skoro rovnoběžně až do $f_n=0,20$ mm/ot, dále už rovnoběžné nejsou. U bezkon. měření je průběh odlišný, až na hodnotu $f_n=0,35$ mm/ot, na které se průměry téměř shodují.

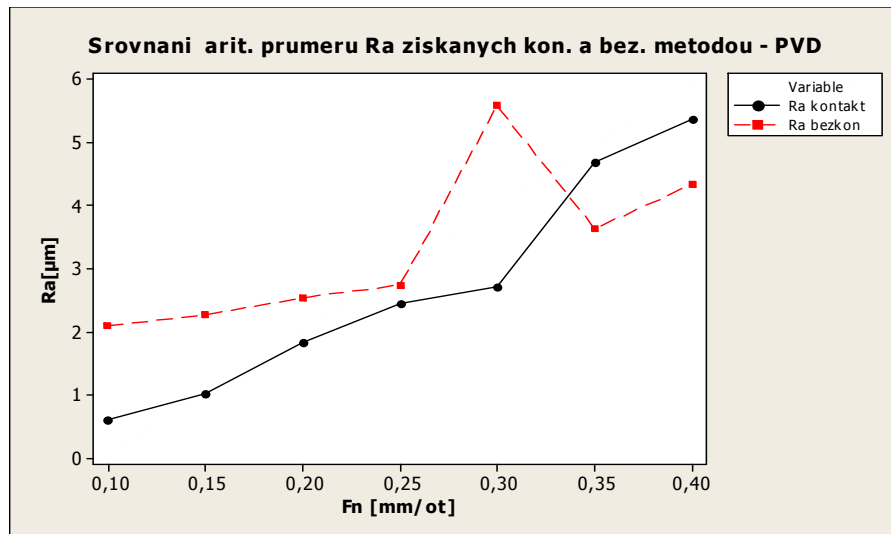
5.2.2 Srovnání arit. průměrů Rz kontaktní a bezkontaktní metodou – Cermet



Obr. 35. Srovnání arit. průměrů Rz kon. a bez. metodou – Cermet

Z obrázku 35 můžeme pozorovat, že křivky průměrů Rz jsou podobné, ale u bezkon. způsobu jsou arit. průměry větší až na $f_n=0,20$ mm/ot, kde se hodnoty téměř shodují.

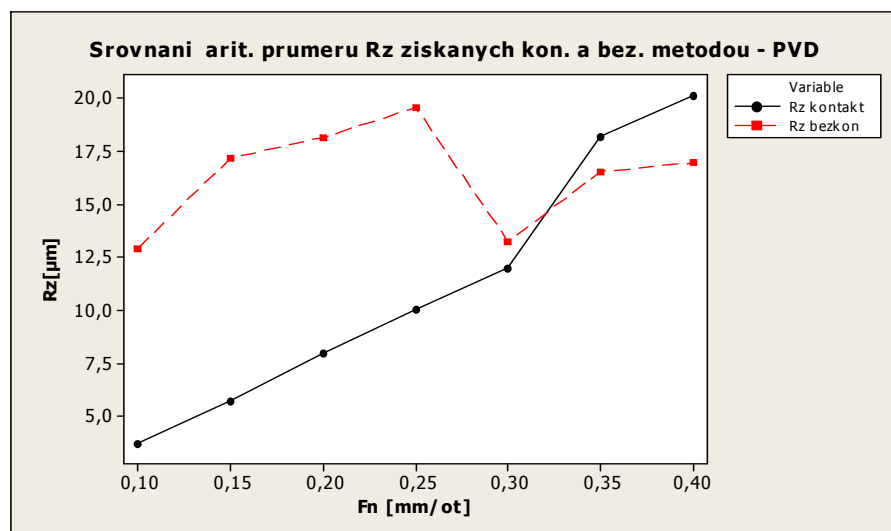
5.2.3 Srovnání arit. průměrů Ra kontaktní a bezkontaktní metodou – PVD



Obr. 36. Srovnání arit. průměrů Ra kon. a bez. metodou – PVD

Na obrázku 36 vidíme, že křivky pozvolna stoupají do f_n -0,25 mm/ot. Na hodnotě f_n -0,30 mm/ot vidíme, že u bezkontaktního způsobu měření arit. průměr prudce stoupl a na f_n -0,35 a 0,40 mm/ot naměřil dokonce nižší hodnoty než u kontaktního měření.

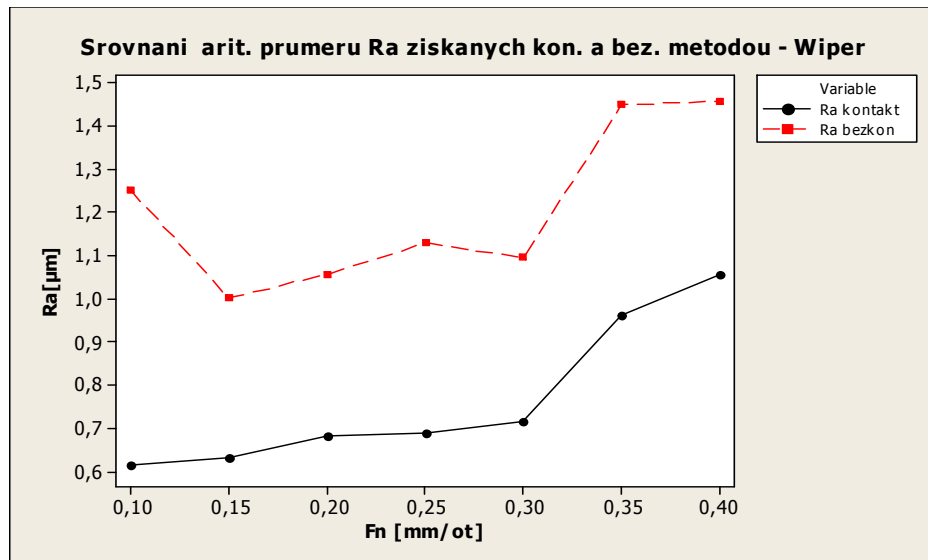
5.2.4 Srovnání arit. průměrů Rz kontaktní a bezkontaktní metodou – PVD



Obr. 37. Srovnání arit. průměrů Rz kon. a bez. metodou – PVD

Na obrázku 37 můžeme vidět, že až do hodnoty f_n -0,25 mm/ot jsou arit. průměry Rz u bezkontaktního způsobu měření více než o 100% větší. Od f_n -0,30 mm/ot nejsou už rozdíly tak markantní. U kontaktního způsobu měření rostou arit. průměry až do f_n -0,30 mm/ot téměř rovnoběžně a u f_n -0,35 mm/ot nastane větší skok.

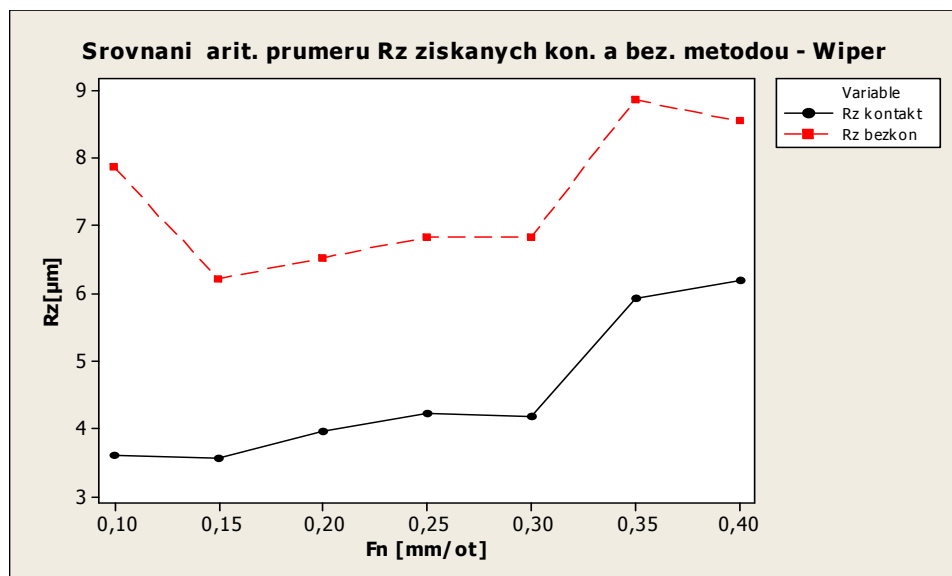
5.2.5 Srovnání arit. průměrů Ra kontaktní a bezkontaktní metodou – Wiper



Obr. 38. Srovnání arit. průměrů Ra kon.a bez. metodou – Wiper

Na obrázku 38 můžeme vidět, že křivky arit. průměrů Ra kontaktní a bezkontaktní metodou jsou podobné, ale u bezkontaktního měření jsou arit. průměry po celou dobu větší více než o 50% oproti kontaktnímu měření.

5.2.6 Srovnání arit. průměrů Rz kontaktní a bezkontaktní metodou – Wiper

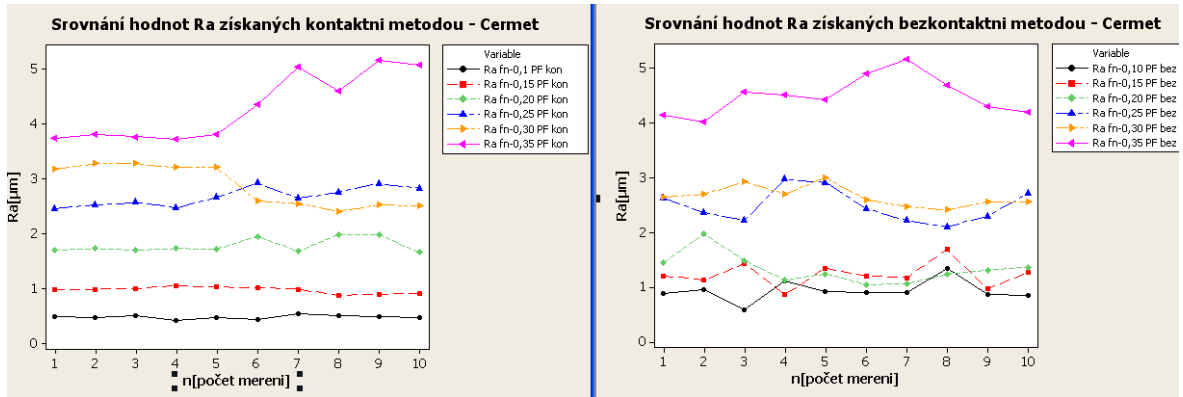


Obr. 39. Srovnání arit. průměrů Ra kon.a bez. metodou – Wiper

Na obrázku 39 můžeme vidět, že naměřené hodnoty bezkontaktní metodou jsou opět podstatně vyšší. Křivky jsou si opět podobné až na hodnotu $f_n=0,10$ mm/ot kde arit. průměr značně přesahuje hodnotu $f_n=0,15$ mm/ot bezkontaktním měřením.

5.3 Srovnání hodnot Ra, Rz získaných kon. a bezkon. metodou

5.3.1 Srovnání hodnot Ra získaných kon. a bezkon. metodou - Cermet



Obr. 40. Srovnání Ra kon. a bez. metodou – Cermet

Z obrázku 40 je vidět, že u malých posuvů měřených kontaktní metodou se hodnoty Ra téměř nemění, naopak u bezkontaktní metody se naměřené hodnoty liší markantně. Je to způsobeno tím, že u kontaktní metody není měřící hrot schopen zaznamenat přesně profil povrchu v důsledku tzv. filtrační hrotu.

5.3.2 Popisné charakteristiky Ra pro kon. a bezkon. metodu - Cermet

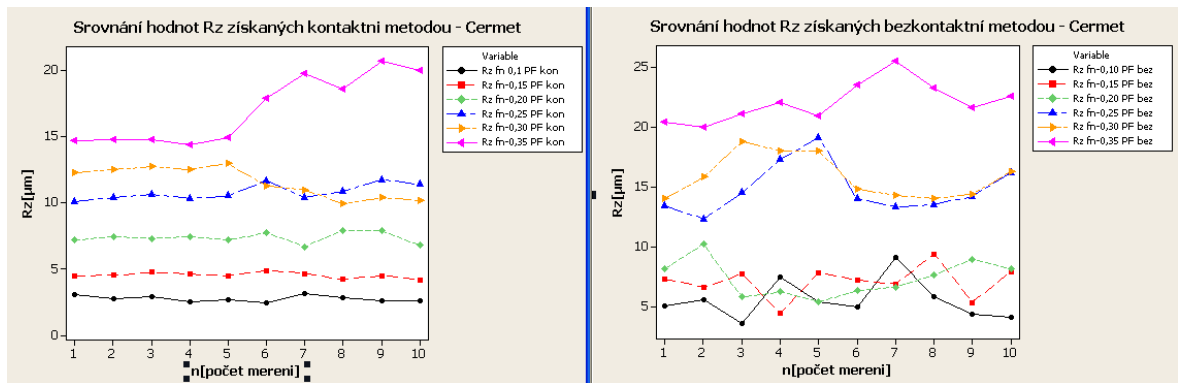
Variable	Total Count	\bar{x} [µm]	u_a [µm]	s [µm]	v_x [%]	$x_{i\min}$ [µm]	\tilde{x} [µm]
Ra fn-0,1 PF kon	10	0,4910	0,0115	0,0363	7,40	0,4300	0,4950
Ra fn-0,15 PF ko	10	0,9860	0,0185	0,0585	5,94	0,8900	1,0000
Ra fn-0,20 PF ko	10	1,7930	0,0414	0,1311	7,31	1,6700	1,7350
Ra fn-0,25 PF ko	10	2,6830	0,0547	0,1731	6,45	2,4700	2,6600
Ra fn-0,30 PF ko	10	2,880	0,119	0,377	13,09	2,420	2,895
Ra fn-0,35 PF ko	10	4,113	0,321	1,016	24,71	1,730	4,085
Ra fn-0,10 PF be	10	0,9390	0,0608	0,1922	20,47	0,6000	0,9100
Ra fn-0,15 PF be	10	1,2340	0,0731	0,2312	18,74	0,8700	1,2100
Ra fn-0,20 PF be	10	1,3350	0,0852	0,2696	20,19	1,0500	1,2850
Ra fn-0,25 PF be	10	2,4860	0,0957	0,3026	12,17	2,1000	2,3950
Ra fn-0,30 PF be	10	2,6550	0,0588	0,1858	7,00	2,4100	2,6200
Ra fn-0,35 PF be	10	4,185	0,312	0,988	23,60	1,560	4,355

Variable	$x_{i\max}$ [µm]	R [µm]
Ra fn-0,1 PF kon	0,5500	0,1200
Ra fn-0,15 PF ko	1,0600	0,1700
Ra fn-0,20 PF ko	1,9900	0,3200
Ra fn-0,25 PF ko	2,9300	0,4600
Ra fn-0,30 PF ko	3,280	0,860
Ra fn-0,35 PF ko	5,160	3,430
Ra fn-0,10 PF be	1,3500	0,7500
Ra fn-0,15 PF be	1,6900	0,8200
Ra fn-0,20 PF be	1,9700	0,9200
Ra fn-0,25 PF be	2,9700	0,8700
Ra fn-0,30 PF be	3,0000	0,5900
Ra fn-0,35 PF be	5,160	3,600

- u_a nejistota měření typu A
- s odhad směrodatné odchylky
- V_x variační koeficient
- $x_{i\min}$ min. hodnota výběrového souboru
- $x_{i\max}$ max. hodnota výběrového souboru
- R Variační rozpětí
- \tilde{x} 50% kvantil výběrového souboru
- \bar{x} Odhad arit. průměru

Obr. 41. Popisné charakteristiky Ra – Cermet

5.3.3 Srovnání hodnot Rz získaných kon.a bezkon. metodou - Cermet



Obr. 42. Srovnání Rz kon. a bez. metodou – Cermet

Stejně jako u obrázku 40 je i u obrázku 42 vidět, že u malých posuvů měřených kontaktní metodou se hodnoty Rz téměř nemění, naopak u bezkontaktní metody se naměřené hodnoty liší markantně. Je to způsobeno tím, že u kontaktní metody není měřící hrot schopen zaznamenat přesně profil povrchu v důsledku tzv. filtračí hrotem.

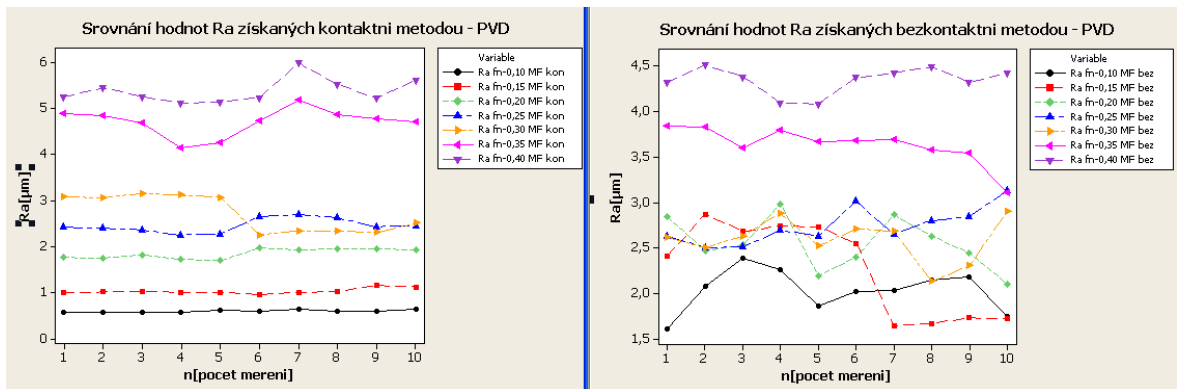
5.3.4 Popisné charakteristiky Rz pro kon. a bezkon. metodu - Cermet

Variable	Total Count	\bar{x} [µm]	u_a [µm]	s [µm]	v_x [%]	x_{imin} [µm]	\check{x} [µm]
Rz fn 0,1 PF kon	10	2,7450	0,0715	0,2260	8,23	2,4600	2,7100
Rz fn-0,15 PF ko	10	4,5240	0,0673	0,2127	4,70	4,1900	4,5050
Rz fn-0,20 PF ko	10	7,348	0,132	0,416	5,66	6,680	7,370
Rz fn-0,25 PF ko	10	10,796	0,186	0,588	5,44	10,100	10,565
Rz fn-0,30 PF ko	10	11,557	0,366	1,156	10,00	9,920	11,770
Rz fn-0,35 PF ko	10	17,026	0,815	2,577	15,14	14,340	16,390
Rz fn-0,10 PF be	10	5,524	0,518	1,637	29,63	3,570	5,165
Rz fn-0,15 PF be	10	7,044	0,442	1,397	19,83	4,390	7,255
Rz fn-0,20 PF be	10	7,319	0,487	1,539	21,03	5,370	7,110
Rz fn-0,25 PF be	10	14,780	0,666	2,106	14,25	12,300	14,100
Rz fn-0,30 PF be	10	15,840	0,583	1,844	11,64	14,000	15,300
Rz fn-0,35 PF be	10	22,100	0,529	1,673	7,57	20,000	21,850

Variable	x_{imax} [µm]	R [µm]	
Rz fn 0,1 PF kon	3,1300	0,6700	u_a nejistota měření typu A
Rz fn-0,15 PF ko	4,8700	0,6800	s odhad směrodatné odchylky
Rz fn-0,20 PF ko	7,900	1,220	V_x variační koeficient
Rz fn-0,25 PF ko	11,720	1,620	x_{imin} min. hodnota výběrového souboru
Rz fn-0,30 PF ko	12,920	3,000	x_{imax} max. hodnota výběrového souboru
Rz fn-0,35 PF ko	20,670	6,330	R Variační rozpětí
Rz fn-0,10 PF be	9,070	5,500	\check{x} 50% kvantil výběrového souboru
Rz fn-0,15 PF be	9,380	4,990	\bar{x} Odhad arit. průměru
Rz fn-0,20 PF be	10,200	4,830	
Rz fn-0,25 PF be	19,100	6,800	
Rz fn-0,30 PF be	18,800	4,800	
Rz fn-0,35 PF be	25,500	5,500	

Obr. 43. Popisné charakteristiky Rz – Cermet

5.3.5 Srovnání hodnot Ra získaných kon. a bezkon. metodou – PVD



Obr. 44. Srovnání Ra kon. a bez. metodou – PVD

Na obrázku 44 vidíme, že u kontaktní metody jsou hodnoty Ra až do fn-0,25 mm/ot podobné. U fn-0,30 mm/ot a dalších se naměřené hodnoty už liší markantně. U bezkontaktní metody jsou rozptýly hodnot velké už od fn-0,10 mm/ot. Největší skok vidíme u fn-015 mm/ot, prvních 6 naměřených hodnot je kolem 2,5 [µm] a poslední 4 naměřené hodnoty jsou okolo 1,7 [µm].

5.3.6 Popisné charakteristiky Ra pro kon. a bezkon. metodu – PVD

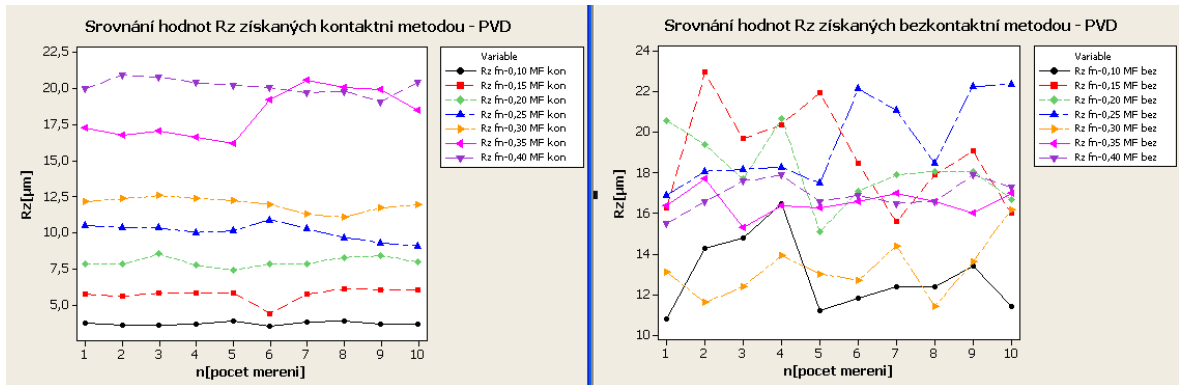
Variable	Total Count	\bar{x} [µm]	u_a [µm]	s [µm]	v_x [%]	x_{\min} [µm]	\bar{x} [µm]
Ra fn-0,10 MF ko	10	0,59600	0,00733	0,02319	3,89	0,57000	0,59000
Ra fn-0,15 MF ko	10	1,0280	0,0189	0,0598	5,81	0,9600	1,0050
Ra fn-0,20 MF ko	10	1,8440	0,0346	0,1093	5,93	1,6900	1,8700
Ra fn-0,25 MF ko	10	2,4510	0,0487	0,1540	6,28	2,2500	2,4200
Ra fn-0,30 MF ko	10	2,718	0,126	0,398	14,64	2,250	2,780
Ra fn-0,35 MF ko	10	4,6960	0,0964	0,3050	6,49	4,1300	4,7400
Ra fn-0,40 MF ko	10	5,3720	0,0856	0,2705	5,04	5,1100	5,2450
Ra fn-0,10 MF be	10	2,103	0,120	0,379	18,02	1,610	2,055
Ra fn-0,15 MF be	10	2,274	0,164	0,517	22,75	1,640	2,480
Ra fn-0,20 MF be	10	2,5440	0,0910	0,2876	11,31	2,1000	2,5000
Ra fn-0,25 MF be	10	2,7390	0,0653	0,2065	7,54	2,5000	2,6700
Ra fn-0,30 MF be	10	2,5860	0,0755	0,2388	9,23	2,1300	2,6200
Ra fn-0,35 MF be	10	3,6320	0,0667	0,2109	5,81	3,1100	3,6750
Ra fn-0,40 MF be	10	4,3400	0,0469	0,1482	3,41	4,0800	4,3750

Variable	x_{\min} [µm]	R [µm]
Ra fn-0,10 MF ko	0,63000	0,06000
Ra fn-0,15 MF ko	1,1500	0,1900
Ra fn-0,20 MF ko	1,9700	0,2800
Ra fn-0,25 MF ko	2,6900	0,4400
Ra fn-0,30 MF ko	3,150	0,900
Ra fn-0,35 MF ko	5,1700	1,0400
Ra fn-0,40 MF ko	5,9800	0,6700
Ra fn-0,10 MF be	2,980	1,370
Ra fn-0,15 MF be	2,870	1,230
Ra fn-0,20 MF be	2,9800	0,8800
Ra fn-0,25 MF be	3,1300	0,6300
Ra fn-0,30 MF be	2,9000	0,7700
Ra fn-0,35 MF be	3,8400	0,7300
Ra fn-0,40 MF be	4,5100	0,4300

u_a	nejistota měření typu A
s	odhad směrodatné odchylky
V_x	variační koeficient
x_{\min}	min. hodnota výběrového souboru
x_{\max}	max. hodnota výběrového souboru
R	Variační rozpětí
\tilde{x}	50% kvantil výběrového souboru
\bar{x}	Odhad arit. průměru

Obr. 45. Popisné charakteristiky Ra – PVD

5.3.7 Srovnání hodnot Rz získaných kon.a bezkon. metodou – PVD



Obr. 46. Srovnání Rz kon. a bez. metodou – PVD

Na obrázku 46 můžeme vidět, že u kontaktní metody měření jsou naměřené hodnoty u jednotlivých posuvů opět velice podobné, ale ve skutečnosti vidíme, že po změření přesnější bezkontaktní metodou jsou rozptýly naměřených hodnot Rz významné.

5.3.8 Popisné charakteristiky Rz pro kon. a bezkon. metodu – PVD

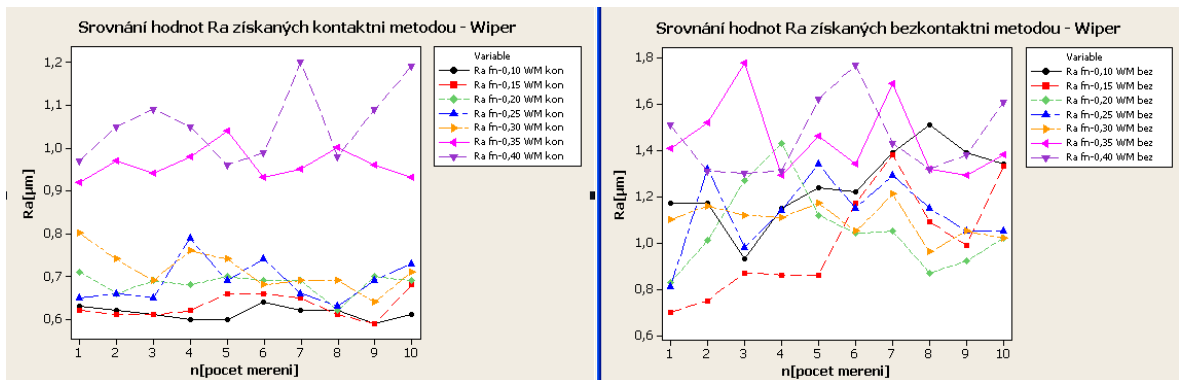
Variable	Total Count	\bar{x} [µm]	u_a [µm]	s [µm]	v_x [%]	x_{imin} [µm]	\bar{x} [µm]
Rz fn-0,10 MF ko	10	3,7140	0,0379	0,1198	3,23	3,5700	3,6900
Rz fn-0,15 MF ko	10	5,727	0,153	0,484	8,46	4,430	5,830
Rz fn-0,20 MF ko	10	7,972	0,108	0,340	4,26	7,420	7,855
Rz fn-0,25 MF ko	10	10,062	0,178	0,563	5,59	9,070	10,220
Rz fn-0,30 MF ko	10	11,967	0,132	0,479	4,00	11,090	12,070
Rz fn-0,35 MF ko	10	18,197	0,517	1,636	8,99	16,150	17,875
Rz fn-0,40 MF ko	10	20,116	0,171	0,540	2,69	19,070	20,120
Rz fn-0,10 MF bez	10	12,900	0,578	1,827	14,16	10,800	12,400
Rz fn-0,15 MF bez	10	17,15	1,30	4,12	24,02	11,60	17,40
Rz fn-0,20 MF bez	10	18,140	0,546	1,727	9,52	13,100	18,000
Rz fn-0,25 MF bez	10	19,550	0,691	2,184	11,17	16,900	18,400
Rz fn-0,30 MF bez	10	13,230	0,445	1,407	10,64	11,400	13,050
Rz fn-0,35 MF bez	10	16,530	0,203	0,641	3,88	15,300	16,500
Rz fn-0,40 MF bez	10	16,940	0,236	0,747	4,41	15,500	16,750

Variable	x_{imax} [µm]	s [µm]
Rz fn-0,10 MF ko	3,9000	0,3300
Rz fn-0,15 MF ko	6,110	1,680
Rz fn-0,20 MF ko	8,530	1,110
Rz fn-0,25 MF ko	10,890	1,820
Rz fn-0,30 MF ko	12,550	1,460
Rz fn-0,35 MF ko	20,580	4,430
Rz fn-0,40 MF ko	20,900	1,830
Rz fn-0,10 MF bez	16,500	5,700
Rz fn-0,15 MF bez	23,00	11,40
Rz fn-0,20 MF bez	20,700	5,600
Rz fn-0,25 MF bez	22,400	5,500
Rz fn-0,30 MF bez	16,200	4,800
Rz fn-0,35 MF bez	17,700	2,400
Rz fn-0,40 MF bez	17,900	2,400

- u_a nejistota měření typu A
- s odhad směrodatné odchylky
- v_x variační koeficient
- x_{imin} min. hodnota výběrového souboru
- x_{imax} max. hodnota výběrového souboru
- R Variační rozpětí
- \tilde{x} 50% kvantil výběrového souboru
- \bar{x} Odhad arit. průměru

Obr. 47. Popisné charakteristiky Rz – PVD

5.3.9 Srovnání hodnot Ra získaných kon. a bezkon. metodou – Wiper



Obr. 48. Srovnání Ra kon. a bez. metodou – Wiper

Na obrázku 48 můžeme vidět, že rozptily hodnot Ra jsou největší u Wiper destiček a to u kontaktní i bezkontaktní metody měření.

5.3.10 Popisné charakteristiky Ra pro kon.a bezkon. metodu – Wiper

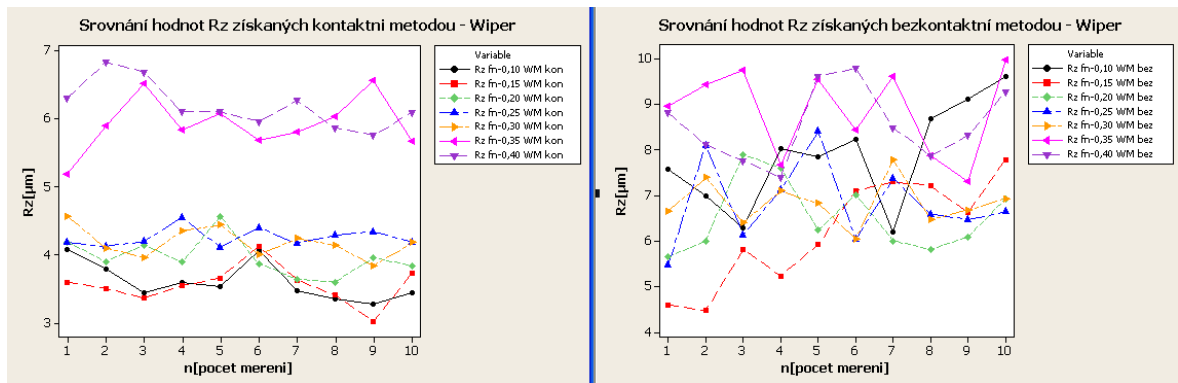
Variable	Total Count	\bar{x} [µm]	u_a [µm]	s [µm]	v_x [%]	x_{imin} [µm]	\bar{x} [µm]
Ra fn-0,10 WM ko	10	0,61400	0,00476	0,01506	2,45	0,59000	0,61500
Ra fn-0,15 WM ko	10	0,63100	0,00924	0,02923	4,63	0,59000	0,62000
Ra fn-0,20 WM ko	10	0,68300	0,00817	0,02584	3,78	0,62000	0,69000
Ra fn-0,25 WM ko	10	0,68900	0,01390	0,05020	7,29	0,63000	0,67500
Ra fn-0,30 WM ko	10	0,71400	0,01460	0,04620	6,48	0,64000	0,70000
Ra fn-0,35 WM ko	10	0,96200	0,01170	0,03710	3,85	0,92000	0,95500
Ra fn-0,40 WM ko	10	1,05700	0,02740	0,08680	8,21	0,96000	1,05000
Ra fn-0,10 WM bez	10	1,25100	0,05180	0,16370	13,08	0,93000	1,23000
Ra fn-0,15 WM bez	10	1,00000	0,07450	0,23550	23,55	0,70000	0,93000
Ra fn-0,20 WM bez	10	1,05600	0,05750	0,18190	17,22	0,83000	1,03000
Ra fn-0,25 WM bez	10	1,12800	0,05210	0,16480	14,61	0,81000	1,14500
Ra fn-0,30 WM bez	10	1,09500	0,02400	0,07390	6,93	0,96000	1,10500
Ra fn-0,35 WM bez	10	1,44800	0,05360	0,16940	11,70	1,29000	1,39500
Ra fn-0,40 WM bez	10	1,45600	0,05210	0,16470	11,31	1,30000	1,40500

Variable	x_{imin} [µm]	\bar{x} [µm]
Ra fn-0,10 WM ko	0,64000	0,05000
Ra fn-0,15 WM ko	0,68000	0,09000
Ra fn-0,20 WM ko	0,71000	0,09000
Ra fn-0,25 WM ko	0,79000	0,16000
Ra fn-0,30 WM ko	0,80000	0,16000
Ra fn-0,35 WM ko	1,04000	0,12000
Ra fn-0,40 WM ko	1,20000	0,24000
Ra fn-0,10 WM bez	1,51000	0,58000
Ra fn-0,15 WM bez	1,38000	0,68000
Ra fn-0,20 WM bez	1,43000	0,60000
Ra fn-0,25 WM bez	1,34000	0,53000
Ra fn-0,30 WM bez	1,21000	0,25000
Ra fn-0,35 WM bez	1,78000	0,49000
Ra fn-0,40 WM bez	1,77000	0,47000

- u_a nejistota měření typu A
- s odhad směrodatné odchylky
- v_x variační koeficient
- x_{imin} min. hodnota výběrového souboru
- x_{imax} max. hodnota výběrového souboru
- R Variační rozpětí
- \tilde{x} 50% kvantil výběrového souboru
- \bar{x} Odhad arit. průměru

Obr. 49. Popisné charakteristiky Ra – Wiper

5.3.11 Srovnání hodnot Rz získaných kon. a bezkon. metodou – Wiper



Obr. 50. Srovnání Rz kon. a bez. metodou – Wiper

Na obrázku 50 můžeme pozorovat, že rozptily naměřených hodnot Rz jsou největší u Wiper destiček.

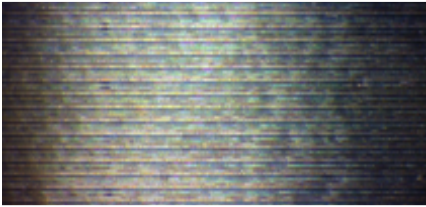
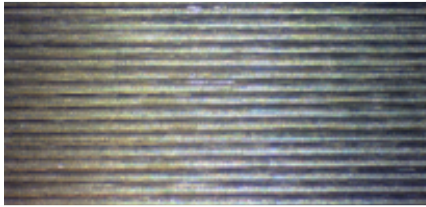
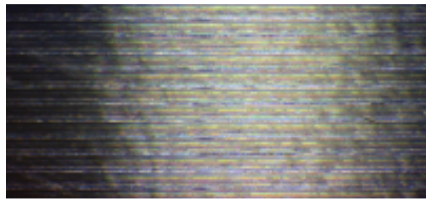
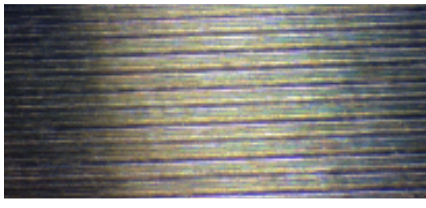
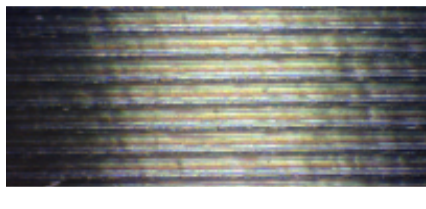
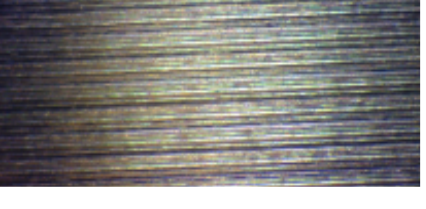
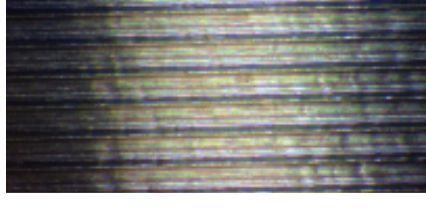
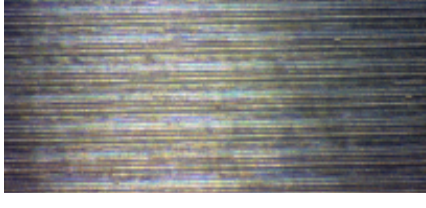
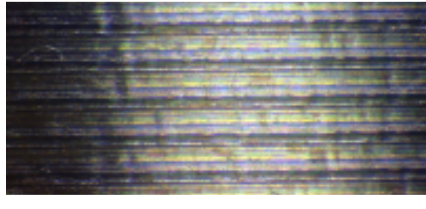
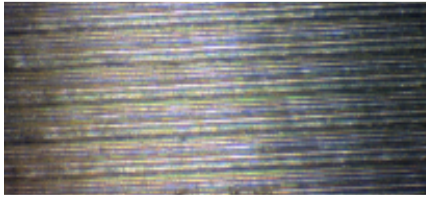
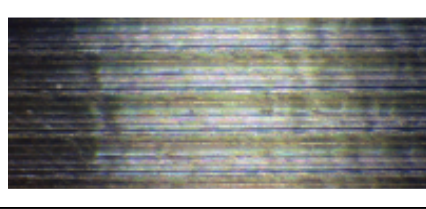
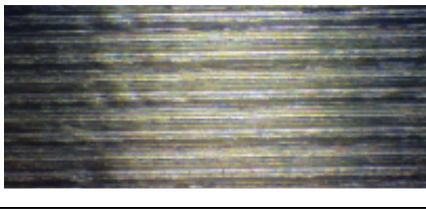
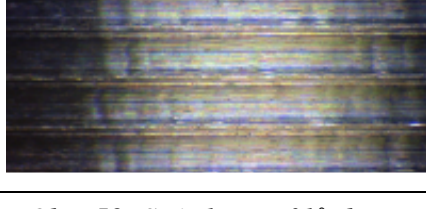
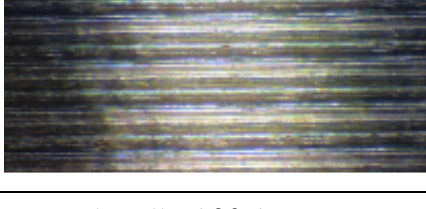
5.3.12 Popisné charakteristiky Rz pro kon. a bezkon. metodu – Wiper

Variable	Total Count	\bar{x} [µm]	u_a [µm]	s [µm]	v_x [%]	$x_{i\min}$ [µm]	\bar{x} [µm]
Rz fn-0,10 WM ko	10	3,6070	0,0892	0,2821	7,82	3,2800	3,5050
Rz fn-0,15 WM ko	10	3,5600	0,0899	0,2842	7,98	3,0200	3,5750
Rz fn-0,20 WM ko	10	3,9600	0,0895	0,2829	7,14	3,6000	3,8950
Rz fn-0,25 WM ko	10	4,2550	0,0442	0,1398	3,29	4,1100	4,1950
Rz fn-0,30 WM ko	10	4,1820	0,0712	0,2252	5,39	3,8400	4,1600
Rz fn-0,35 WM ko	10	5,924	0,129	0,407	6,87	5,180	5,860
Rz fn-0,40 WM ko	10	6,196	0,108	0,342	5,51	5,760	6,100
Rz fn-0,10 WM be	10	7,855	0,359	1,135	14,45	6,200	7,940
Rz fn-0,15 WM be	10	6,204	0,372	1,176	18,95	4,470	6,270
Rz fn-0,20 WM be	10	6,524	0,247	0,783	12,00	5,650	6,165
Rz fn-0,25 WM be	10	6,832	0,292	0,925	13,53	5,470	6,610
Rz fn-0,30 WM be	10	6,825	0,160	0,505	7,40	6,040	6,750
Rz fn-0,35 WM be	10	8,850	0,306	0,966	10,92	7,300	9,190
Rz fn-0,40 WM be	10	8,541	0,257	0,814	9,53	7,400	8,400

Variable	$x_{i\max}$ [µm]	R [µm]	
Rz fn-0,10 WM ko	4,0800	0,8000	u_a nejistota měření typu A
Rz fn-0,15 WM ko	4,1300	1,1100	s odhad směrodatné odchylky
Rz fn-0,20 WM ko	4,5700	0,9700	V_x variační koeficient
Rz fn-0,25 WM ko	4,5500	0,4400	$x_{i\min}$ min. hodnota výběrového souboru
Rz fn-0,30 WM ko	4,5700	0,7300	$x_{i\max}$ max. hodnota výběrového souboru
Rz fn-0,35 WM ko	6,560	1,380	R Variační rozpětí
Rz fn-0,40 WM ko	6,830	1,070	\bar{x} 50% kvantil výběrového souboru
Rz fn-0,10 WM be	9,610	3,410	$\bar{\bar{x}}$ Odhad arit. průměru
Rz fn-0,15 WM be	7,780	3,310	
Rz fn-0,20 WM be	7,890	2,240	
Rz fn-0,25 WM be	8,410	2,940	
Rz fn-0,30 WM be	7,780	1,740	
Rz fn-0,35 WM be	9,980	2,680	
Rz fn-0,40 WM be	9,790	2,390	

Obr. 51. Popisné charakteristiky Rz – Wiper

5.3.13 Snímky znázorňující změnu profilu drsnosti u Wiper a PVD povlaku

posuv	VBD Wiper	VBD PVD
0,10 mm/ot		
0,15 mm/ot		
0,20 mm/ot		
0,25 mm/ot		
0,30 mm/ot		
0,35 mm/ot		
0,40 mm/ot		

Obr. 52. Snímky profilů drsnosti PVD a Wiper (zvětšení 30x)

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo porovnání výsledů naměřených hodnot parametrů jakosti snímaných kontaktní a bezkontaktní metodou. Vzorky byly zhotoveny z materiálu ČSN 41 7240 soustružením různými VBD (Cermet, Wiper, PVD) za různých posuvů f_n (0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 a 0,40 mm/ot).

Bylo provedeno snímání povrchu vzorků kontaktním měřidlem Mitutoyo SJ – 301 a bezkontaktním měřidlem Talysurf CLI 500.

Dále byly pomocí programu Minitab 14 vytvořeny grafy znázorňující:

- Grafy trendové závislosti R_a a R_z na f_n
- Grafy aritmetických průměrů R_a a R_z kontaktní a bezkontaktní metodou
- Grafy naměřených hodnot R_a a R_z získaných kontaktní a bezkontaktní metodou

Porovnáním naměřených hodnot bylo zjištěno, že u měření malých posuvů f_n kontaktní metodou přístrojem Mitutoyo SJ – 301 není schopen přístroj zaznamenat profil povrchu z důvodu tzv. filtrace hrotem. Z porovnávání grafů bylo zjištěno, že u některých naměřených hodnot kontaktní a bezkontaktní metodou se výsledky lišily až o 100% (obr. 36). Z grafů plyne, že korelace je proměnná.

Přístroj Mitutoyo slouží tedy ve své třídě, jakožto dílenský přístroj pouze k prvotnímu přibližnému měření jakosti povrchu. Zatímco přístroj Talysurf CLI 500 slouží ve své třídě, jakožto laboratorní přístroj k přesnějšímu vyhodnocování jakosti povrchu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Dotykové, nebo bezdotykové měření struktury povrchu?: Dotykový způsob měření. *MM: průmyslové spektrum*. 2005(6). Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/dotykovne-nebo-bezdotykovne-mereni-struktury-povrchu.html>
- [2] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie část 1: měření drsnosti povrchu dotykovými profilometry*. Ostrava, 2004, s. 8
- [3] JURENA, Pavel. *Snímání a hodnocení jakosti broušeného povrchu kontaktním a bezkontaktním způsobem: laserový snímač*. Zlín, 2011. Dostupné z: https://portal.utb.cz/wps/PA_StagPortletsJSR168/KvalifPraceDownloadServlet?typ=1&adipidno=19095. Diplomová práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Vladimír Pata.
- [4] NOVÁK, Z. Prostorové měření a hodnocení textury povrchu přístroji Taylor Hobson Ltd. [online]. Brno, Dostupný z WWW:
http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/2_Novak_3D_mereni_textury.pdf
- [5] Talysurf CLI: 3D Surface Profiling Systems. [online]. [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://www.f-di.hu/cli_systems.pdf
- [6] ČSN EN ISO 4287 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) Struktura povrchu* Profilová metoda – Termíny, definice, a parametry struktury povrchu. Český normalizační institut, březen 1999
- [7] AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ, s.r.o. *Technická příručka*. Elanders, Švédsko, 2010

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

V_x	Variační koeficient	[%]
CVD	chemické metody nanášení	[-]
dZ/dX	místní sklon	[-]
f_n	posuv na otáčku	[mm.ot ⁻¹]
i	počet členů souboru	[-]
l_p, l_r, l_w	základní délka	[mm]
l_n	vyhodnocovaná délka	[mm]
MI(c)	materiálová délka profile na úrovni c	[-]
PVD	povlaky nanášené za relativně nízkých teplot	[-]
R	variační rozpětí	[μm]
R_a	průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profile	[μm]
R_p	největší výška výstupku profilu	[μm]
R_t	celková výška profilu	[μm]
R_v	nejvyšší prohlubeň profile na základní délce profile	[μm]
R_{sk}	šikmost posuzovaného profilu	[μm]
R_{ku}	špičatost posuzovaného profilu	[μm]
R_z	největší výška profilu	[μm]
s	směrodatná odchylka	[μm]
u_a	nejistota měření typu A	[μm]
VBD	vyměnitelná břitová destička	[-]
X_{\min}	minimální hodnota výběrového souboru	[μm]
X_{\max}	maximální hodnota výběrového souboru	[μm]
x_s	šířka prvku profilu	[μm]

$Z(x)$	hodnota pořadnice	[-]
Z_p	výška výstupku profilu	[μm]
Z_t	výška prvku profilu	[μm]
Z_v	hloubka prohlubně profilu	[μm]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma dotykového přístroje [2]</i>	12
<i>Obr. 2. Měřící hrot [3]</i>	13
<i>Obr. 3. Schéma laserového snímače [3]</i>	15
<i>Obr. 4. Talysurf CLI snímač [5]</i>	15
<i>Obr. 5. Talysurf CLI 2000</i>	17
<i>Obr. 6. Přenosová charakteristika profilu drsnosti a vlnitosti [6]</i>	18
<i>Obr. 7. Profil povrchu [6]</i>	19
<i>Obr. 8. Prvek profilu [6]</i>	21
<i>Obr. 9. Místní sklon [6]</i>	21
<i>Obr. 10. Největší výška výstupků profilu [6]</i>	22
<i>Obr. 11. Největší hloubka prohlubní profilu [6]</i>	22
<i>Obr. 12. Největší výška profilu [6]</i>	23
<i>Obr. 13. Výška prvků profilu [6]</i>	23
<i>Obr. 14. Šířka prvků profilu [6]</i>	25
<i>Obr. 15. Vzorky</i>	27
<i>Obr. 16. Mitutoyo SJ – 301</i>	29
<i>Obr. 17. Praktická realizace měření</i>	29
<i>Obr. 18. kalibrace Mitutoyo SJ – 301</i>	30
<i>Obr. 19. Mikroskop</i>	30
<i>Obr. 20. Pracoviště Talysurf CLI 500</i>	31
<i>Obr. 21. Ustavení vzorku</i>	32
<i>Obr. 22. Kalibrace Talysurf CLI 500</i>	32
<i>Obr. 23. Odrazivost</i>	33
<i>Obr. 24. Nastavení programu</i>	33
<i>Obr. 25. Vyrovnání povrchu</i>	34
<i>Obr. 26. Vyrovnaný povrch, 2D analýza</i>	34
<i>Obr. 27. Ukázka vyhodnocených parametrů</i>	35
<i>Obr. 28. Graf trendové závislosti Ra na Fn-Cermet</i>	36
<i>Obr. 29. Vypočtená hodnota Ra bezkontaktním způsobem</i>	37
<i>Obr. 30. Graf trendové závislosti Ra na fn-Cermet</i>	37
<i>Obr. 31. Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn – Cermet</i>	38
<i>Obr. 32. Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn - PVD</i>	38

<i>Obr. 33. Graf trendové závislosti Ra a Rz na fn - Wiper</i>	38
<i>Obr. 34. Srovnání arit.průměrů Ra kon. a bez. metodou – Cermet</i>	39
<i>Obr. 35. Srovnání arit.průměrů Rz kon. a bez. metodou – Cermet</i>	39
<i>Obr. 36. Srovnání arit.průměrů Ra kon. a bez. metodou – PVD</i>	40
<i>Obr. 37. Srovnání arit.průměrů Rz kon. a bez. metodou – PVD</i>	40
<i>Obr. 38. Srovnání arit. průměrů Ra kon.a bez. metodou – Wiper</i>	41
<i>Obr. 39. Srovnání arit. průměrů Ra kon.a bez. metodou – Wiper</i>	41
<i>Obr. 40.Srovnání Ra kon. a bez. metodou – Cermet</i>	42
<i>Obr. 41. Popisné charakteristiky Ra – Cermet</i>	42
<i>Obr. 42. Srovnání Rz kon. a bez. metodou – Cermet</i>	43
<i>Obr. 43. Popisné charakteristiky Rz – Cermet</i>	43
<i>Obr. 44. Srovnání Ra kon. a bez. metodou – PVD</i>	44
<i>Obr. 45. Popisné charakteristiky Ra – PVD</i>	44
<i>Obr. 46. Srovnání Rz kon. a bez. metodou – PVD</i>	45
<i>Obr. 47. Popisné charakteristiky Rz – PVD</i>	45
<i>Obr. 48. Srovnání Ra kon. a bez. metodou – Wiper</i>	46
<i>Obr. 49. Popisné charakteristiky Ra – Wiper</i>	46
<i>Obr. 50. Srovnání Rz kon. a bez. metodou – Wiper</i>	47
<i>Obr. 51. Popisné charakteristiky Rz – Wiper</i>	47
<i>Obr. 52. Snímky profilů drsnosti PVD a Wiper (zvětšení 30x)</i>	48

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Technické specifikace Mituoty</i>	29
<i>Tab. 2. Technické specifikace přístroje</i>	31
<i>Tab. 3. Vyhodnocované parametry</i>	35

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 : Naměřené hodnoty kontaktní a bezkontaktní metodou

PŘÍLOHA 1: NAMĚŘENÉ HODNOTY KONTAKTNÍ A BEZKONTAKTNÍ METODOU

Kontaktní metoda: PVD– MF 1125

PVD – MF 1125 $f_n - 0,1.[\text{mm/ot}]$		
	Ra[μm]	Rz[μm]
1.	0,57	3,72
2.	0,57	3,62
3.	0,58	3,58
4.	0,58	3,66
5.	0,62	3,89
6.	0,59	3,57
7.	0,63	3,82
8.	0,6	3,9
9.	0,59	3,67
10.	0,63	3,71

PVD – MF 1125 $f_n - 0,15.[\text{mm/ot}]$		
	Ra[μm]	Rz[μm]
1.	0,99	5,74
2.	1,01	5,59
3.	1,03	5,84
4.	1	5,84
5.	1	5,82
6.	0,96	5,43
7.	1	5,77
8.	1,02	6,11
9.	1,15	6,07
10.	1,12	6,06

PVD – MF 1125 $f_n - 0,2.[\text{mm/ot}]$		
	Ra[μm]	Rz[μm]
1.	1,76	7,81
2.	1,74	7,82
3.	1,82	8,53
4.	1,72	7,74
5.	1,69	7,42
6.	1,97	7,84
7.	1,92	7,87
8.	1,95	8,29
9.	1,95	8,41
10.	1,92	7,99

PVD– MF 1125 $f_n - 0,25.[\text{mm/ot}]$		
	Ra[μm]	Rz[μm]
1.	2,41	10,53
2.	2,4	10,37
3.	2,35	10,32
4.	2,25	10,03
5.	2,27	10,14
6.	2,65	10,89
7.	2,69	10,3
8.	2,62	9,67
9.	2,43	9,3
10.	2,44	9,07

PVD – MF 1125 fn - 0,3.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	
1.	3,07	12,18	
2.	3,06	12,34	
3.	3,15	12,55	
4.	3,11	12,4	
5.	3,06	12,21	
6.	2,25	11,96	
7.	2,34	11,28	
8.	2,34	11,09	
9.	2,3	11,74	
10.	2,5	11,92	

PVD– MF 1125 fn - 0,35.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	
1.	4,88	17,26	
2.	4,83	16,77	
3.	4,67	17	
4.	4,13	16,6	
5.	4,24	16,15	
6.	4,72	19,21	
7.	5,17	20,58	
8.	4,86	20,04	
9.	4,76	19,87	
10.	4,7	18,49	

PVD – MF 1125 fn - 0,4.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	
1.	5,24	19,94	
2.	5,44	20,9	
3.	5,25	20,76	
4.	5,11	20,38	
5.	5,13	20,19	
6.	5,23	20,05	
7.	5,98	19,67	
8.	5,52	19,79	
9.	5,21	19,07	
10.	5,61	20,41	

Kontaktní metoda: CERMET - PF 1525

Cermet - PF 1525 fn - 0,1.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	
1.	0,5	3,03	
2.	0,49	2,73	
3.	0,52	2,91	
4.	0,43	2,48	
5.	0,48	2,69	
6.	0,44	2,46	
7.	0,55	3,13	
8.	0,52	2,82	
9.	0,5	2,62	
10.	0,48	2,58	

Cermet - PF 1525 fn - 0,15.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	
1.	1	4,5	
2.	1	4,51	
3.	1,01	4,74	
4.	1,06	4,62	
5.	1,04	4,48	
6.	1,03	4,87	
7.	1	4,65	
8.	0,89	4,21	
9.	0,91	4,47	
10.	0,92	4,19	

Cermet - PF 1525 fn - 0,2.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	
1.	1,71	7,16	
2.	1,74	7,43	
3.	1,71	7,31	
4.	1,74	7,44	
5.	1,73	7,19	
6.	1,96	7,73	
7.	1,69	6,68	
8.	1,99	7,9	
9.	1,99	7,86	
10.	1,67	6,78	

Cermet - PF 1525 fn - 0,25.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	
1.	2,47	10,1	
2.	2,53	10,39	
3.	2,58	10,62	
4.	2,48	10,33	
5.	2,67	10,51	
6.	2,93	11,66	
7.	2,65	10,38	
8.	2,76	10,86	
9.	2,92	11,72	
10.	2,84	11,39	

Cermet- PF 1525 fn - 0,3.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	
1.	3,19	12,29	
2.	3,28	12,48	
3.	3,28	12,71	
4.	3,21	12,52	
5.	3,21	12,92	
6.	2,6	11,25	
7.	2,56	10,97	
8.	2,42	9,92	
9.	2,53	10,35	
10.	2,52	10,16	

Cermet- PF 1525 fn - 0,35.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	
1.	3,75	14,66	
2.	3,82	14,77	
3.	3,77	14,77	
4.	3,73	14,34	
5.	3,82	14,91	
6.	4,35	17,87	
7.	5,04	19,75	
8.	4,61	18,58	
9.	5,16	20,67	
10.	5,08	19,94	

Kontaktní metoda: Wiper – WM 2015

Wiper - WM 2015 fn - 0,1.[mm/ot]		
	Ra[μ m]	Rz[μ m]
1.	0,63	4,08
2.	0,62	3,79
3.	0,61	3,45
4.	0,6	3,59
5.	0,6	3,53
6.	0,64	4,07
7.	0,62	3,48
8.	0,62	3,35
9.	0,59	3,28
10.	0,61	3,45

Wiper - WM 2015 fn - 0,15.[mm/ot]		
	Ra[μ m]	Rz[μ m]
1.	0,62	3,6
2.	0,61	3,51
3.	0,61	3,36
4.	0,62	3,55
5.	0,66	3,66
6.	0,66	4,13
7.	0,65	3,63
8.	0,61	3,41
9.	0,59	3,02
10.	0,68	3,73

Wiper - WM 2015 fn - 0,2.[mm/ot]		
	Ra[μ m]	Rz[μ m]
1.	0,71	4,19
2.	0,66	3,9
3.	0,69	4,14
4.	0,68	3,89
5.	0,7	4,57
6.	0,69	3,87
7.	0,69	3,64
8.	0,62	3,6
9.	0,7	3,96
10.	0,69	3,84

Wiper - WM 2015 fn - 0,25.[mm/ot]		
	Ra[μ m]	Rz[μ m]
1.	0,65	4,18
2.	0,66	4,12
3.	0,65	4,2
4.	0,79	4,55
5.	0,69	4,11
6.	0,74	4,4
7.	0,66	4,17
8.	0,63	4,29
9.	0,69	4,34
10.	0,73	4,19

Wiper - WM 2015 fn - 0,3.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	
1.	0,8	4,57	
2.	0,74	4,1	
3.	0,69	3,96	
4.	0,76	4,35	
5.	0,74	4,44	
6.	0,68	4	
7.	0,69	4,24	
8.	0,69	4,14	
9.	0,64	3,84	
10.	0,71	4,18	

Wiper - WM 2015 fn - 0,35.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	
1.	0,75	5,18	
2.	0,97	5,89	
3.	0,94	6,52	
4.	0,98	5,83	
5.	1,04	6,07	
6.	0,93	5,68	
7.	0,95	5,81	
8.	1	6,03	
9.	0,96	6,56	
10.	0,93	5,67	

Wiper - WM 2015 fn - 0,4.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	
1.	0,97	6,3	
2.	1,05	6,83	
3.	1,09	6,69	
4.	1,05	6,1	
5.	0,96	6,1	
6.	0,99	5,96	
7.	1,2	6,27	
8.	0,98	5,86	
9.	1,09	5,76	
10.	1,19	6,09	

bezkontaktní metoda: PVD– MF 1125

PVD– MF 1125		fn- 0,10.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]
1.	1,61	10,8	4,84	5,97	13,5
2.	2,08	14,3	5,27	9,03	17,8
3.	2,38	14,8	5,47	9,30	20,60
4.	2,98	16,50	7,02	9,51	21,3
5.	1,86	11,2	5,1	5,09	14,2
6.	2,02	11,8	6,03	5,8	13,8
7.	2,03	12,4	5,98	6,46	16,2
8.	2,14	12,4	5,98	6,46	16,2
9.	2,18	13,4	6,11	7,31	15,7
10.	1,75	11,4	5,14	6,21	12,8

PVD– MF 1125		fn- 0,15.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]
1.	2,41	16,3	7,89	8,4	18
2.	2,87	23	11,1	11,8	25,6
3.	2,68	19,7	8,17	11,5	21,1
4.	2,74	20,4	9,31	11,1	21,9
5.	2,73	22	10,9	11	26,1
6.	2,55	18,5	7,65	10,9	22,5
7.	1,64	11,6	5,78	5,78	13,7
8.	1,67	12,9	5,85	7,08	16,2
9.	1,73	14,1	6,6	7,5	21,3
10.	1,72	13	5,86	7,09	22

PVD– MF 1125		fn- 0,20.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]
1.	2,84	20,6	8,58	12	22,8
2.	2,47	19,4	7,72	11,7	25,2
3.	2,53	17,7	8,02	9,66	21,4
4.	2,98	20,7	5,73	9,97	22,4
5.	2,19	15,1	7,39	7,72	17,2
6.	2,4	17,1	8,49	8,61	19,5
7.	2,86	17,9	8,45	9,43	19,7
8.	2,63	18,1	9,27	8,87	21,1
9.	2,44	18,1	8,38	9,68	22,7
10.	2,1	16,7	6,73	9,97	20,7

PVD– MF 1125						fn- 0,25.[mm/ot]					
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]						
1.	2,63	16,9	8,89	8,02	19,6						
2.	2,5	18,1	9,55	8,46	21,2						
3.	2,51	18,2	9,06	9,15	22,3						
4.	2,69	18,3	9,83	8,46	22,2						
5.	2,63	17,5	9,63	7,86	19,4						
6.	3,01	22,2	10,7	11,5	26,5						
7.	2,65	21,1	10,6	10,5	23,1						
8.	2,8	18,5	10,2	8,31	21,2						
9.	2,84	22,3	11,8	10,5	25,9						
10.	3,13	22,4	12,1	10,3	24,6						

PVD– MF 1125						fn- 0,30.[mm/ot]					
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]						
1.	2,61	13,1	6,7	6,42	16,8						
2.	2,5	11,6	5,55	6,01	15,6						
3.	2,63	12,4	5,61	6,75	20,6						
4.	2,88	13,9	6,47	7,39	15,1						
5.	2,52	13	6,69	6,26	14,1						
6.	2,71	12,7	5,97	6,71	15,6						
7.	2,68	14,4	6,68	7,73	18,3						
8.	2,13	11,4	5,41	6,01	13,1						
9.	2,3	13,6	6,59	6,99	16,4						
10.	2,9	16,2	8,17	8,06	20						

PVD– MF 1125						fn- 0,35.[mm/ot]					
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]						
1.	3,84	16,4	8,39	8,03	18,2						
2.	3,83	17,7	9,76	7,98	19,3						
3.	3,6	15,3	7,86	7,44	17,9						
4.	3,79	16,4	8,64	7,8	19,5						
5.	3,67	16,3	8,35	7,92	19,6						
6.	3,68	16,6	7,95	8,69	18,6						
7.	3,69	17	8,21	8,77	19,4						
8.	3,57	16,6	7,95	8,67	19						
9.	3,54	16	8,21	7,75	20,2						
10.	3,11	17	8,54	8,46	19,6						

PVD– MF 1125		fn- 0,40.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]
1.	4,32	15,5	8,42	7,13	17
2.	4,51	16,6	9,23	7,34	18
3.	4,38	17,6	9,44	8,17	19,9
4.	4,09	17,9	9,97	7,91	21,4
5.	4,08	16,6	8,99	7,59	18,5
6.	4,37	16,9	9,05	7,81	18,4
7.	4,42	16,5	9	7,51	20,3
8.	4,49	16,6	8,85	7,73	19
9.	4,32	17,9	9,35	8,54	20,7
10.	4,42	17,3	8,52	8,8	19,6

bezkontaktní metoda: CERMET - PF 1525

CERMET - PF 1525		fn- 0,10.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]
1.	0,893	4,98	2,32	2,66	6,22
2.	0,911	5,58	2,65	2,93	6,49
3.	0,597	3,57	1,57	2	4,8
4.	1,12	7,43	3,31	4,12	11
5.	0,921	5,35	2,34	3,01	7,48
6.	0,907	4,97	2,15	2,82	5,95
7.	1,35	9,07	3,81	5,26	12,1
8.	0,865	5,82	2,81	3,01	8,14
9.	0,754	4,37	2,1	2,28	6,97
10.	0,864	4,1	2,14	1,97	4,83

CERMET - PF 1525		fn- 0,15.[mm/ot]			
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]
1.	1,21	7,31	3,83	3,48	11,3
2.	1,14	6,57	3,24	3,33	9,53
3.	1,44	7,68	3,76	3,91	9,16
4.	0,868	4,39	2,07	2,32	6,15
5.	1,35	7,83	4,08	3,75	9,01
6.	1,21	7,2	3,65	3,55	10,8
7.	1,18	6,87	3,43	3,43	8,27
8.	1,69	9,38	4,85	4,54	12,8
9.	0,966	5,32	2,54	2,78	8,62
10.	1,28	7,89	3,28	4,61	14,6

CERMET - PF 1525		fn- 0,20.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]
1.	1,46	8,13	3,71	4,42	9,67
2.	1,97	10,2	4,93	5,22	12,2
3.	1,49	5,76	3,23	2,53	6,33
4.	1,13	6,19	2,88	3,31	9,09
5.	1,25	5,37	2,93	3,44	8,35
6.	1,05	8,28	3,08	3,2	8,16
7.	1,07	6,62	3,44	3,17	9,14
8.	1,24	7,6	4,06	3,54	8,93
9.	1,32	8,93	5,2	3,74	14,2
10.	1,37	8,11	3,65	4,46	12

CERMET - PF 1525		fn- 0,25.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]
1.	2,63	13,4	6,55	6,81	17,2
2.	2,36	12,3	6,32	5,96	16,4
3.	2,23	14,5	7,44	7,02	17,4
4.	2,97	17,3	9,07	8,27	18,5
5.	2,91	19,1	9,95	9,18	20,7
6.	2,43	14	7,38	6,58	15,8
7.	2,22	13,3	7,47	5,88	15,6
8.	2,1	13,5	7,56	5,98	17,8
9.	2,3	14,2	7,32	6,93	15,3
10.	2,71	16,2	8,73	7,5	18,7

CERMET - PF 1525		fn- 0,30.[mm/ot]			
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]
1.	2,64	14	7,67	6,37	14,9
2.	2,7	15,8	8,59	7,18	16,9
3.	2,92	18,8	9,65	9,18	23,9
4.	2,7	18	8,5	9,53	19
5.	3	18	9,26	8,78	19,1
6.	2,6	14,8	7,7	7,09	16,8
7.	2,47	14,3	7,66	6,68	15,2
8.	2,41	14	7,06	6,97	15,8
9.	2,56	14,4	7,55	6,88	15,6
10.	2,55	16,3	8,07	8,26	18,3

CERMET - PF 1525fn- 0,35.[mm/ot]					
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]
1.	4,14	20,4	10,3	10,1	21,9
2.	4,02	20	10,2	9,81	23,2
3.	4,56	21,1	11,1	10,1	23,2
4.	4,5	22,1	11,4	10,7	26,3
5.	4,42	20,9	10,3	10,6	25,1
6.	4,89	23,5	12,5	11,1	30,5
7.	5,16	25,5	13,2	12,3	27,4
8.	4,68	23,3	11,9	11,3	28,2
9.	4,29	21,6	11,9	9,71	25,4
10.	4,19	22,6	11,7	10,9	27,6

bezkontaktní metoda: Wiper – WM 2015

Wiper – WM 2015 fn- 0,10.[mm/ot]					
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rt[μm]
1.	1,17	7,57	3,88	3,69	10,8
2.	1,17	6,98	3,12	3,86	10,4
3.	0,934	6,28	2,99	3,3	7,84
4.	1,15	8,03	3,7	4,33	11,1
5.	1,24	7,85	3,36	4,49	10,1
6.	1,22	8,23	4,29	3,94	10,8
7.	1,39	8,3	3,97	4,34	12,1
8.	1,51	8,68	4,36	4,52	11
9.	1,39	9,12	5,07	4,05	12,1
10.	1,34	9,61	4,7	4,91	11,7

Wiper – WM 2015						fn- 0,15.[mm/ot]					
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]						
1.	0,669	4,6	2,24	2,35	5,87						
2.	0,75	4,47	2,24	2,23	5,61						
3.	0,97	5,81	2,69	3,12	9,65						
4.	0,865	5,23	2,62	2,6	6,42						
5.	0,863	5,92	2,96	2,96	7,35						
6.	1,17	7,1	3,19	3,9	8,52						
7.	1,38	9,92	5,1	4,82	14,8						
8.	1,09	7,21	3,04	4,17	9,2						
9.	0,985	6,62	2,94	3,68	7,85						
10.	1,33	7,78	4	3,78	8,97						

Wiper – WM 2015						fn- 0,20.[mm/ot]					
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]						
1.	0,83	5,65	2,58	3,07	7,17						
2.	1,01	6	2,59	3,41	8,22						
3.	1,27	7,89	3,69	4,2	9,93						
4.	1,43	9,95	5,05	4,91	11,9						
5.	1,12	6,24	2,96	3,29	6,95						
6.	1,04	7,02	3,19	3,83	9,49						
7.	1,05	6	3,03	2,97	10,4						
8.	0,868	5,82	2,5	3,32	7,42						
9.	0,916	6,09	3,33	2,76	8,04						
10.	1,02	6,93	3,33	3,6	8,91						

Wiper – WM 2015						fn- 0,25.[mm/ot]					
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]						
1.	0,81	5,47	2,54	2,93	6,63						
2.	1,32	9,38	5,06	4,78	12,9						
3.	0,98	6,13	2,96	3,18	10,3						
4.	1,14	7,12	3,75	3,37	8,76						
5.	1,34	8,41	4,83	3,59	13						
6.	1,15	6,03	2,88	3,15	8,24						
7.	1,29	7,37	3,47	3,9	10,4						
8.	1,15	6,58	3,19	3,39	9,75						
9.	1,05	6,47	2,95	3,52	8,59						
10.	1,05	6,64	3,02	3,62	18,7						

Wiper – WM 2015						fn- 0,30.[mm/ot]					
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]						
1.	1,1	6,64	3,4	3,23	8,82						
2.	1,16	7,39	3,58	3,81	10,9						
3.	1,12	6,4	3,3	3,1	7,71						
4.	1,17	6,82	3,33	3,77	10,7						
5.	1,05	6,04	2,43	3,61	9,24						
6.	1,21	7,78	3,4	4,37	9,72						
7.	0,96	6,47	2,76	3,71	10,3						
8.	1,05	6,68	3,14	3,54	9,06						
9.	1,02	6,96	3,33	3,6	8,9						
10.	1,11	7,1	3,33	3,77	10,7						

Wiper – WM 2015						fn- 0,35.[mm/ot]					
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]						
1.	1,41	8,95	4,37	4,58	11,6						
2.	1,52	9,43	4,97	4,46	11,3						
3.	1,78	9,74	4,44	5,3	11,3						
4.	1,29	7,67	3,92	3,76	8,69						
5.	1,46	9,54	5,46	4,08	10,7						
6.	1,34	8,43	4,5	3,94	10,2						
7.	1,69	10,7	5,94	4,75	13,6						
8.	1,32	7,86	3,6	4,29	9,7						
9.	1,29	7,3	3,41	3,9	10,2						
10.	1,38	9,98	5,2	4,86	14,2						

Wiper – WM 2015						fn- 0,40.[mm/ot]					
	Ra[μ m]	Rz[μ m]	Rp[μ m]	Rv[μ m]	Rt[μ m]						
1.	1,51	8,81	4,13	4,68	11,5						
2.	1,31	8,11	4,01	4,1	10,7						
3.	1,3	7,75	3,55	4,19	10,4						
4.	1,31	7,4	3,12	4,28	9,99						
5.	1,62	9,62	3,92	5,69	12,3						
6.	1,77	9,79	4,01	5,78	11,4						
7.	1,43	8,49	3,91	4,58	9,69						
8.	1,32	7,86	3,6	4,26	9,63						
9.	1,38	8,31	4,02	4,3	9,39						
10.	1,81	9,27	4,15	5,12	10,2						