

# Porovnání 2D a 3D skenovacích metod pro snímání povrchů

Dominika Vítková

---

Bakalářská práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dominika Vítková**

Osobní číslo: **T14141**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Porovnání 2D a 3D skenovacích metod pro snímání povrchů**

Zásady pro vypracování:

1. Popište základní parametry jakosti povrchů vhodných pro výpočty korelací.
2. Na zadaných površích proveďte snímání kontaktním a bezkontaktním způsobem.

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. ČSN EN ISO 25178-2. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 2: Termíny, definice a parametry textury povrchu. Praha: Český normalizační institut, 2012.
4. WHITEHOUSE, D. Surfaces and their measurement. London: HPS, 2002, xi, 395 p. ISBN 1 9039 9601 5.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Milena Kubišová**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**2. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**19. května 2017**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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 10. 5. 2017



<sup>1)</sup> 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 nevydělečně 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 nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

<sup>2)</sup> 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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).

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

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). 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 jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

V této práci jsou popsány základní parametry jakosti povrchu a korelace. Praktická část se zabývá porovnáním dvou skenovacích metod na různých zkušebních vzorcích.

Klíčová slova: Drsnost povrchu, korelace, 2D a 3D snímání povrchu

## **ABSTRACT**

In this work are described the basic parameters of surface quality and correlation. The practical part deals with the comparison of two scanning methods on different test specimens.

Keywords: Roughness of surface, Correlation, 2D and 3D Surface Scanning

Tímto bych chtěla poděkovat především vedoucí své bakalářské práce, Ing. Mileně Kubišové za ochotu, trpělivost a připomínky, které mi velmi pomohly při vypracování této práce. Dále patří velký dík mé rodině za podporu po celou dobu mého studia.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 JAKOST POVRCHU</b> .....	<b>12</b>
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE.....	12
1.1.1 Struktura povrchu.....	12
1.1.2 Nedokonalost povrchu.....	12
1.1.3 Skutečný profil.....	12
1.1.4 Souřadnicový systém.....	12
1.1.5 Filtr profilu.....	12
1.1.6 Profil povrchu.....	13
1.1.7 Střední čáry.....	14
1.2 ZÁKLADNÍ GEOMETRICKÉ PARAMETRY.....	14
1.3 PARAMETRY PROFILU POVRCHU.....	15
1.3.1 Výškové parametry (výstupky a prohlubně).....	15
1.3.2 Výškové parametry (průměrné hodnoty pořadnic).....	17
1.3.3 Délkové parametry.....	18
1.3.4 Tvarové parametry.....	18
<b>2 ZAŘÍZENÍ PRO SNÍMÁNÍ POVRCHU</b> .....	<b>19</b>
2.1 KONTAKTNÍ SNÍMÁNÍ.....	19
2.1.1 Měřicí hrot.....	20
2.1.2 Výhody kontaktního snímání.....	21
2.2 BEZKONTAKTNÍ SNÍMÁNÍ.....	21
2.2.1 Snímač CLA.....	21
2.2.2 Laserový snímač.....	22
2.2.3 Výhody bezkontaktního snímání.....	22
2.3 HODNOCENÍ POVRCHU DLE NORMY ČSN EN ISO 4288.....	22
2.4 SNÍMACÍ PŘÍSTROJE.....	23
2.4.1 Taylor Hobson Ltd.....	23
2.4.2 Mahr Perthometer M2.....	25
2.5 VYHODNOCENÍ PARAMETRŮ JAKOSTI POVRCHU.....	26
2.5.1 Postup vyhodnocení pro neperiodický profil drsnosti.....	26
2.5.2 Postup vyhodnocení pro periodický profil drsnosti.....	27
<b>3 SROVNÁNÍ 2D A 3D SKENOVACÍ METODY</b> .....	<b>30</b>
3.1 KONVENČNÍ PARAMETRY (2D).....	30
3.2 PARAMETRY POVRCHU PLOCHY (3D).....	30
3.3 VZÁJEMNÉ SROVNÁNÍ 2D A 3D METODY SNÍMÁNÍ.....	30
<b>4 MATEMATICKÝ PRINCIP KORELACE</b> .....	<b>32</b>
4.1 KORELACE A JEJÍ PARAMETRY.....	32
4.2 ČASOVÁ ŘADA.....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>34</b>
<b>5 ZKUŠEBNÍ DESTIČKY</b> .....	<b>35</b>



5.1	MATERIÁL VNITŘKU FORMY .....	38
5.1.1	Ušlechtilá ocel 1.2343 .....	38
5.1.2	Ušlechtilá ocel 1.2083 .....	39
5.1.3	Povlak A-C:H.....	39
5.1.4	Povlak AlTiN .....	40
5.1.5	Povlak CrN.....	40
<b>6</b>	<b>MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJ.....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>ZÍSKANÁ DATA .....</b>	<b>44</b>
8.1	DATA ZÍSKANÁ 2D METODOU .....	44
8.1.1	Zkušební destička 1 .....	44
8.1.2	Zkušební destička 2 .....	46
8.1.3	Zkušební destička 3 .....	48
8.1.4	Zkušební destička 4 .....	50
8.1.5	Zkušební destička 5 .....	52
8.2	DATA ZÍSKANÁ 3D METODOU .....	54
8.2.1	Zkušební destička 1 .....	54
8.2.2	Zkušební destička 2 .....	63
8.2.3	Zkušební destička 3 .....	72
8.2.4	Zkušební destička 4 .....	81
8.2.5	Zkušební destička 5 .....	90
<b>9</b>	<b>VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>99</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>100</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>101</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>102</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>103</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>109</b>

## ÚVOD

Bakalářská práce je věnována srovnání 2D a 3D skenovací metody, pro určení jakosti povrchu, jeho drsnosti, vlnitosti.

Požadavky na kvalitu, a zpracování jako takové, se zvyšují, je tedy nutné mít možnost adekvátně tyto povrchy ohodnotit za pomoci parametru drsnosti povrchu. Druh obrábění a následné úpravy mají vliv na kvalitu hodnoceného povrchu.

Od vizuálního hodnocení povrchu srovnáváním s kalibračními vzorky se technologie posunula přes optické měřicí přístroje, kdy se povrch materiálu pozoroval mikroskopem a následně porovnával s etanoly, k digitálním měřicím přístrojům. Ty se vyznačují daleko vyšší přesností a také rychlostí měření.

Cílem této práce je srovnat dva druhy skenovacích metod a porovnat a vyhodnotit výsledky. Měření bylo provedeno na 5 zkušebních destičkách, z čeho tři byly povlakovány, dvě nikoliv.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 JAKOST POVRCHU

*Povrch* – povrchem rozumíme makroskopickou obálku tělesa, která je tvořena hranicí mezi základním materiálem a okolím.

*Jakost povrchu* – definuje strukturu nebo drsnost povrchu po obrábění.

*Drsnost* – je definována jako souhrn nerovností, které vznikly při výrobě, nebo strukturou materiálu. Nepatří zde vady povrchu, např. trhliny, důlky aj., vznikající vadami materiálu.

Dle požadavků vlastností na těleso, volíme jakost povrchu. U strojních součástí například rozlišujeme dva základní typy funkčních ploch, a to plochy stykové a volné, přičemž jakost ploch stykových ovlivňuje celkovou funkci zařízení.

### 1.1 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE

#### 1.1.1 Struktura povrchu

Struktura povrchu udává opakované trojrozměrné úchytky od ideálního povrchu. Vznik těchto úchytek je zapříčiněn strukturou materiálu nebo výrobním procesem (obrábění). Dle rozteče nerovností ji rozlišujeme na drsnost, vlnitost a základní profil, který má rozteč největší.

#### 1.1.2 Nedokonalost povrchu

Na rozdíl od struktury povrchu, jsou nedokonalosti povrchu vady vznikající například při výrobě, skladování či přepravě. Patří zde trhliny, mikrotrhliny, koroze nebo rýhy.

#### 1.1.3 Skutečný profil

Povrch, který odděluje těleso od okolního prostředí.

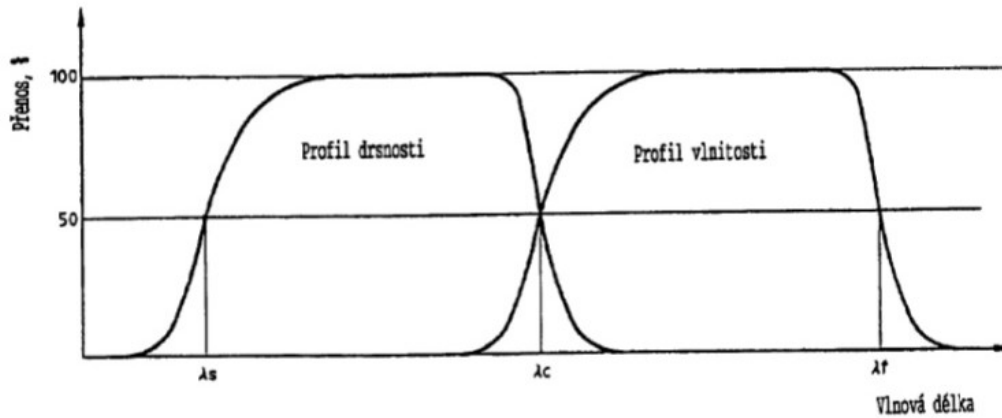
#### 1.1.4 Souřadnicový systém

Systém, ve kterém jsou definovány parametry struktury povrchu. Obvykle je využíván pravoúhlý souřadnicový systém, osy tvoří pravotočivou kartézskou soustavu. [1]

#### 1.1.5 Filtr profilu

Filtr rozděluje profily na krátkovlnné a dlouhovlnné. V přístrojích pro měření drsnosti, vlnitosti a základního profilu jsou používány 3 filtry, které mají stejně přenosové charakteristiky, ale rozdílné hodnoty mezní vlnové délky cut-off: [1]

- $\lambda_s$  filtr profilu: rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln (Obr. 1).
- $\lambda_c$  filtr profilu: rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti (Obr. 1).
- $\lambda_f$  filtr profilu: rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln (Obr. 1). [1]

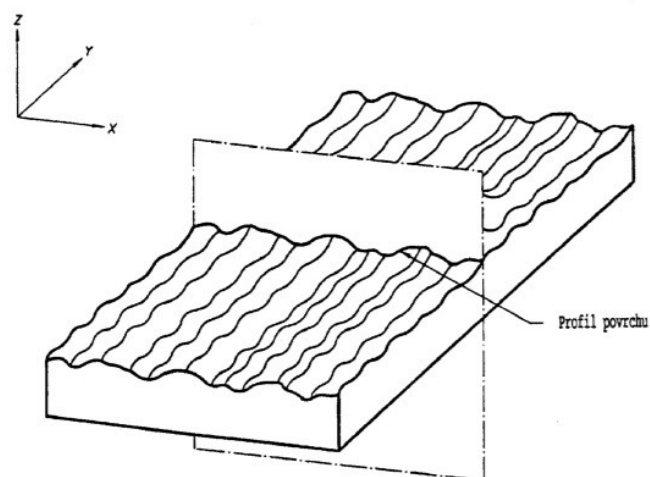


Obr. 1 Přenosová charakteristika profilu drsnosti a vlnitosti [1]

### 1.1.6 Profil povrchu

Profil vzniklý jako průsečnice skutečného povrchu a dané roviny. Nejčastěji se volí rovina kolmá k rovině rovnoběžné se skutečným povrchem ve shodném směru. [1]

Slouží k posouzení struktury povrchu.



Obr. 2 Filtr profilu [1]

- Základní profil: je základem pro hodnocení parametrů základního profilu.
- Profilu drsnosti: je odvozený ze základního profilu potlačením dlouhovlnných složek použitím filtru  $\lambda_c$ ; je základem pro hodnocení parametrů profilu drsnosti; profil je úmyslně pozměněn.
- Profil vlnitosti: je odvozený postupnou aplikací filtru profilu  $\lambda_f$  a filtru profilu  $\lambda_c$  na základní profil, potlačující dlouhovlnné složky filtrem profilu  $\lambda_f$  a krátkovlnné složky filtrem profilu  $\lambda_c$ ; profil je záměrně pozměněn. [1]

### 1.1.7 Střední čáry

Střední čára profilu drsnosti: odpovídá dlouhovlnné složce potlačené filtrem profilu  $\lambda_c$ .

Střední čára profilu vlnitosti: odpovídá dlouhovlnné složce potlačené filtrem profilu  $\lambda_f$ .

Střední čára základního profilu: čára nejmenších čtverců přiléhající jmenovitému tvaru základního profilu. [1]

## 1.2 ZÁKLADNÍ GEOMETRICKÉ PARAMETRY

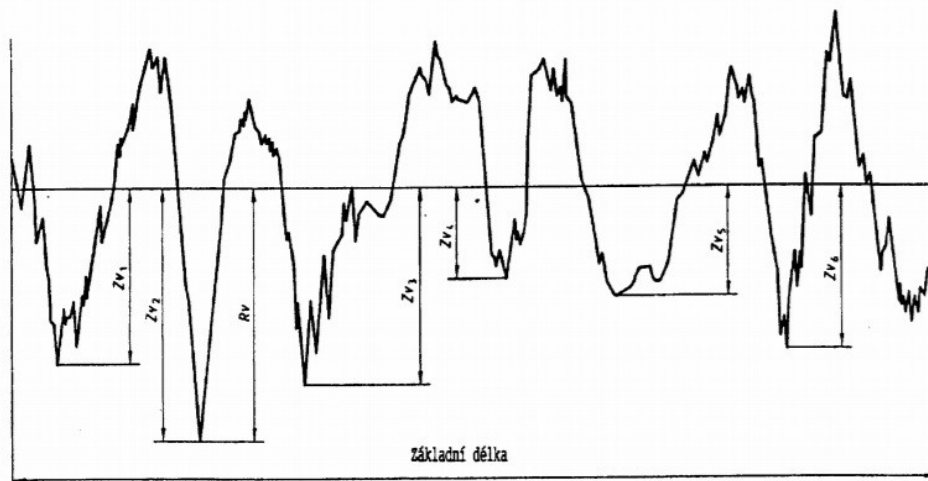
P parametr: vypočítán ze základního profilu

R parametr: vypočítán z profilu drsnosti

W parametr: vypočítán z profilu vlnitosti [1]

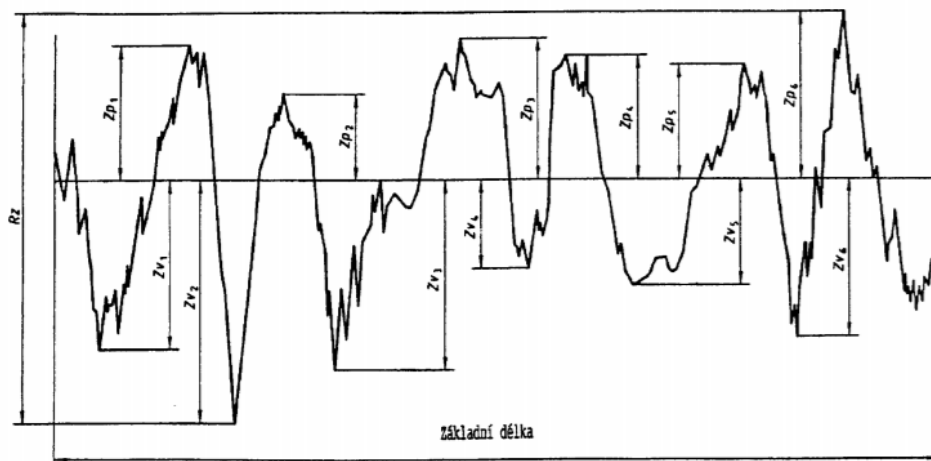
- Výstupek profilu: je část směřující z povrchu ven na posuzovaném profilu spojující dva přilehlé body na průsečíku profilu s osou X.
- Prohlubeň profilu: je část směřující dovnitř na posuzovaném profilu spojující dva přilehlé body na průsečíku profilu s osou X.
- Omezení výšky a/nebo rozteče: nejmenší výška a nejmenší rozteč výstupků a prohlubní posuzovaného profilu, které mohou být brány v úvahu.
- Prvek profilu: jedná se o výstupek profilu a přilehlou prohlubeň. [1]





Obr. 5 Největší hloubka prohlubní profilu [1]

Největší výška profilu,  $P_z$ ,  $R_z$ ,  $W_z$ ; součet výšky  $Z_p$  nejvyššího výstupku profilu hloubky a  $Z_v$  nejnižší prohlubně profilu z rozsahu základní délky. [1]



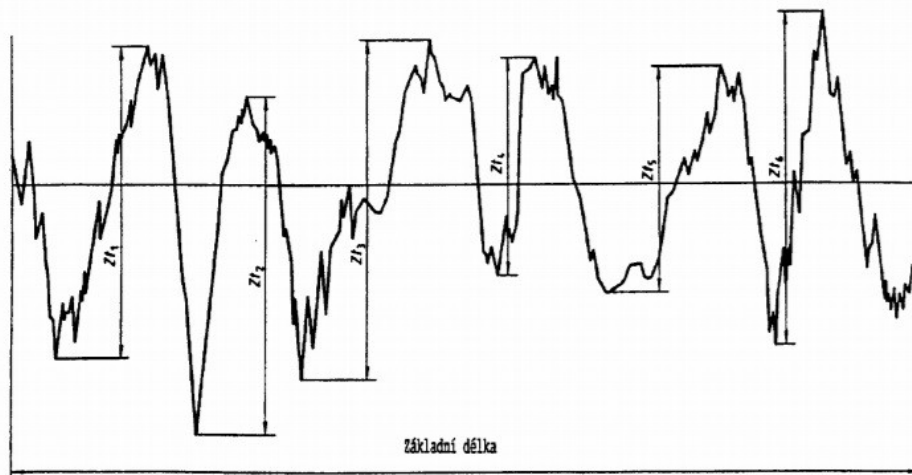
Obr. 6 Největší výška profilu [1]

Průměrná výška prvků profilu,  $P_c$ ,  $R_c$ ,  $W_c$ ; průměrná hodnota výšek  $Z_t$  prvků profilu v rozsahu základní délky [1]

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

(1)





Obr. 7 Výška prvků profilu [1]

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. [1]

### 1.3.2 Výškové parametry (průměrné hodnoty pořadnic)

Průměrná aritmetická úchylna posuzovaného profilu,  $P_a$ ,  $R_a$ ,  $W_a$ ; aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic  $Z(x)$  v rozsahu základní desky. [1]

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

(2)

Průměrná kvadratická úchylna posuzovaného profilu,  $P_q$ ,  $R_q$ ,  $W_q$ ; kvadratický průměr pořadnic  $Z(x)$  v rozsahu základní desky. [1]

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

(3)

Šikmost posuzovaného profilu,  $P_{sk}$ ,  $R_{sk}$ ,  $W_{sk}$ ; podíl průměrné hodnoty třetích mocnin pořadnic  $Z(x)$  a třetí mocniny hodnoty  $P_q$ ,  $R_q$  nebo  $W_q$  v rozsahu základní délky. [1]

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[ \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z^3 x| dx \right]$$

(4)

Špičatost posuzovaného profilu,  $Pku$ ,  $Rku$ ,  $Wku$ ; podíl průměrné hodnoty čtvrtých mocnin pořadnic  $Z(x)$  a čtvrté mocniny hodnoty  $Pq$ ,  $Rq$  nebo  $Wq$  v rozsahu základní délky. [1]

$$Rku = \frac{1}{Rq^2} \left[ \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z^4 x| dx \right] \quad (5)$$

### 1.3.3 Délkové parametry

Průměrná šířka prvků profilu,  $PSm$ ,  $RSm$ ,  $WSm$ ; aritmetický průměr šířek  $Xs$  prvků v rozsahu základní délky. [1]

$$PSm, RSm, WSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Xs_i \quad (6)$$

### 1.3.4 Tvarové parametry

Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu,  $P\Delta q$ ,  $R\Delta q$ ,  $W\Delta q$ ; kvadratický průměr sklonů pořadnic  $dZ/dX$  v rozsahu základní délky. [1]

## 2 ZAŘÍZENÍ PRO SNÍMÁNÍ POVRCHU

Povrchy, které se převážně hodnotí, jsou povrchy po technologických operacích obrábění. Přitom jsou sledovány vlivy technologických procesů, nástrojů, materiálu apod. Snahy o miniaturizaci součástí výrazně změnily hranice rozměrů nejen pokud jde o délky, ale také i o hodnocení struktury povrchu. Hlavním důvodem jsou nanotechnologie. Vliv této nové filozofie má svůj dopad i na výrobu. [2]

### 2.1 KONTAKTNÍ SNÍMÁNÍ

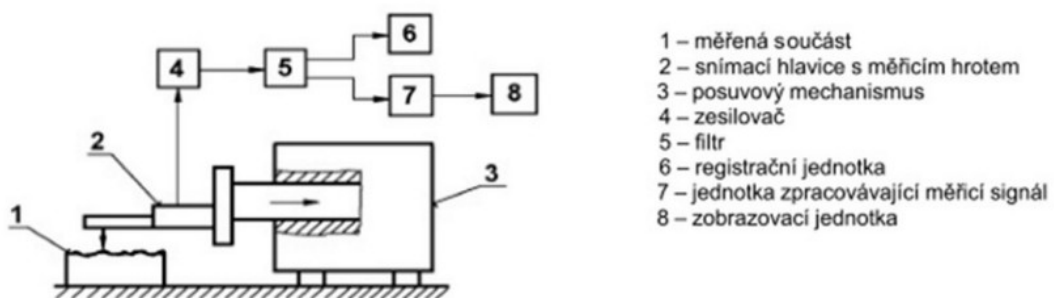
Dotyková metoda měření profilu povrchu je zatím nejrozšířenější. Její výhodou je to, že se dá použít pro všechny typy povrchů, přesně zobrazuje geometrický profil povrchu, ale u některých měřených materiálů může dojít k poškození měřeného povrchu, což se může projevit nevhodně na výsledku měření. Na druhé straně i malá přitlačná síla snímacího hrotu může znamenat, že měření ztrácí svoji věrohodnost. [2]

Snímání povrchu kontaktní metodou je zajišťováno tažením ramínka snímače s hrotem, který je přitlačován k povrchu. Hrot má zpravidla kuželový tvar se zakulacenou špičkou a je vyroben z tvrdého materiálu (nejčastěji diamant). Během jednoho měření je snímán pouze jeden profil povrchu, což zajišťuje velkou citlivost na lokální vady povrchu.

Přístroj se skládá ze dvou částí - mechanické a elektronické.

Mechanická část je tvořena stolem, na kterém je umístěna měřená součást, a ramenem se snímacím hrotem. Rameno se pohybuje konstantní rychlostí a snímá nerovnosti povrchu.

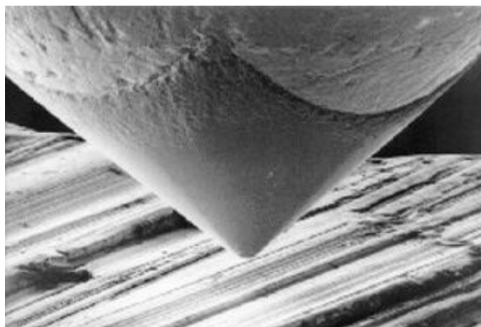
Elektronická část slouží k transformaci mechanického signálu generovaného snímacím hrotem sledujícím nerovnosti povrchu měřené plochy na elektrický signál, který se dále zpracovává. [3]



Obr. 8 Schéma kontaktního snímání povrchu [3]

Ve strojírenství je kontaktní metoda upřednostňována kvůli větší toleranci na znečištění povrchu, ať už drobnými nečistotami nebo olejovou vrstvou.

### 2.1.1 Měřící hrot

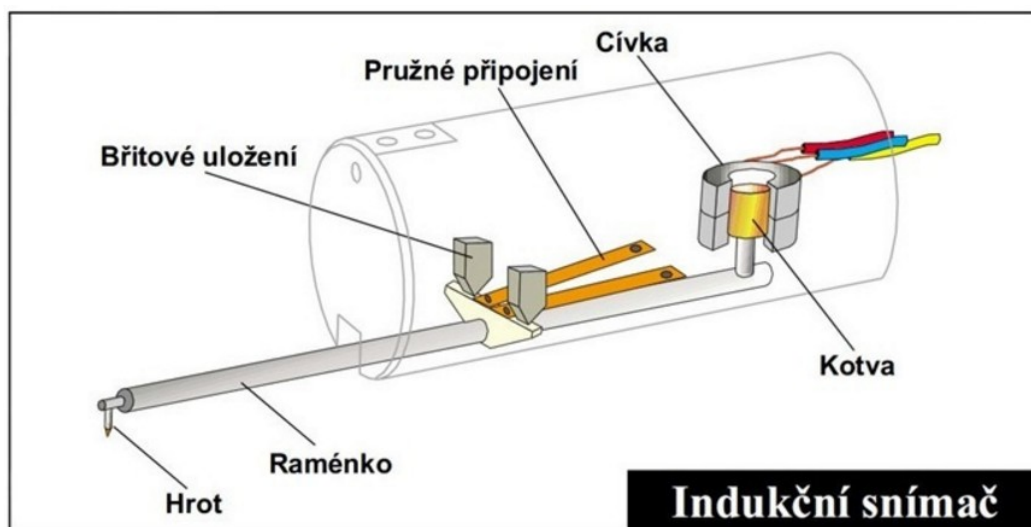


Obr. 9 Diamantový měřící hrot [3]

Vlastnosti hrotu:

- tvar: kužel
- úhel: 60°, 90°
- zaoblení hrotu: {2;5;10} μm
- měřící síla: 0,6 ÷ 2 mN

Vertikální pohyb hrotu při přechodu výstupků a prohlubní je indukčním měřidlem převáděn na elektrický signál. Ten se potom dále počítačově zpracovává a následně vyhodnocuje. Pro tento systém snímání je charakteristická malá měřící síla, což minimalizuje nebezpečí poškození měřeného povrchu. [3]



Obr. 10 Schéma indukčního systému měření povrchu kontaktním způsobem [3]

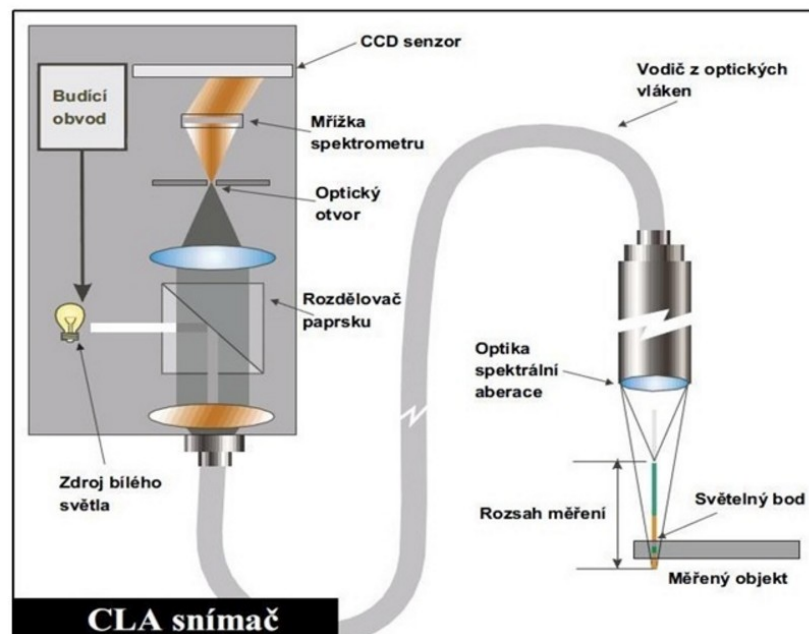
### 2.1.2 Výhody kontaktního snímání

- měření součástí, které nejsou ve vodorovné poloze
- postupy měření jsou uznávány a rozšířeny
- méně náročné na čistotu plochy
- jednoznačně definované ISO standardy a povrchy

## 2.2 BEZKONTAKTNÍ SNÍMÁNÍ

Snímání povrchu bezkontaktní metodou je využíváno především v laboratorní a vědecké praxi. Uskutečňuje se pomocí bezkontaktních snímačů a mezi nejvyužívanější patří CLA (Chromatic Length Aberration) snímač a laserový snímač, který však není přesný tak jako CLA.

### 2.2.1 Snímač CLA

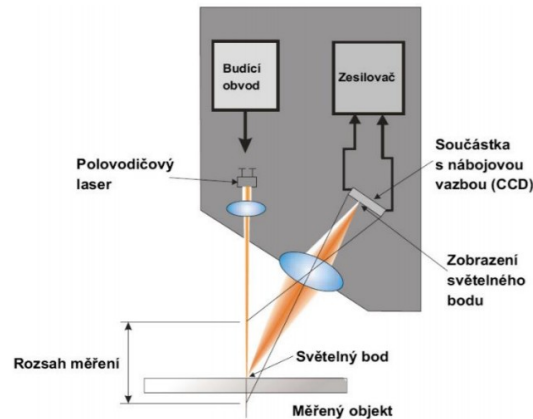


Obr. 11 Schéma CLA snímače [3]

Princip: Bílé světlo je rozkládáno a optikou je směřováno na kontrolovaný povrch. Optika rozloží světlo podle vlnových délek a v každém bodě povrchu je zaostřena jen určitá vlnová délka. Světlo odražené z povrchu prochází otvorem, který propustí jen světlo zaostřené vlnové délky. Spektrometr vychýlí světlo na maticový senzor, kde je každému bodu připravena prostorová poloha, která je následně počítačové zpracována a vyhodnocena. [3]

### 2.2.2 Laserový snímač

Princip: Paprsek polovodičového laseru se odráží od měřeného povrchu a je přijímán do optického systému, zde je paprsek zaostřen na obrazovou matici, u které se využívá jejích obrazových prvků pro určení polohy zaměřeného bodu.



Obr. 12 Schéma laserového snímače [3]

### 2.2.3 Výhody bezkontaktního snímání

- měření citlivých, pružných a měkkých materiálů
- snímač nemůže být součástí poškozen, na rozdíl od hrotu
- rychlost měření
- možnost bezpečně přejít jevy vymykající se rozsahu

## 2.3 HODNOCENÍ POVRCHU DLE NORMY ČSN EN ISO 4288

- Hodnocení sledované plochy provádíme pomocí hodnot, získaných z přístroje pro měření parametrů struktury povrchu na sledované ploše a následným porovnáním s hodnotami požadovanými pro funkčnost sledované plochy výkresem nebo výrobní dokumentací. Při hodnocení vycházíme z normy ČSN EN ISO 4288. Sledovaný parametr přitom nabývá hodnoty s určitým rozptylem, s čímž výše citovaná norma počítá a stanovuje proto pravidlo 16 - ti %. Podle pravidel normy provedeme kontrolu homogenity povrchu. Je-li struktura povrchu homogenní, hodnoty parametrů určených z celého povrchu měřeného vzorku nebo obrobku budou použity pro porovnání s hodnotami uvedenými na výkrese, nebo ve výrobní dokumentaci.

- Je-li povrch obrobku složen z několika různých ploch s různou strukturou, budou hodnoty parametrů hodnoceny na každé ploše odděleně podle výrobní dokumentace nebo dle požadavků na výkrese.
- Je-li povrch obrobku složen z několika různých ploch s různou strukturou, budou hodnoty parametrů hodnoceny na každé ploše odděleně podle výrobní dokumentace nebo dle požadavků na výkrese.
- Měření je provedeno na té části povrchu, na které lze očekávat kritické hodnoty, to může být posouzeno vizuálním pozorováním. Pro získání nezávislých výsledků jsou jednotlivá měření na této části povrchu rozdělena rovnoměrně. Jsou – li použity speciální postupy měření, musí být popsány ve specifikacích v protokolu o měření. [4]

## 2.4 SNÍMACÍ PŘÍSTROJE

### 2.4.1 Taylor Hobson Ltd.

#### CCI MP

Jedná se o moderní typ měřicího interferometru (bezkontaktní 3D profil). Pro vyhledání vrcholu soudržnosti a fázové polohy interferenčního modelu využívá inovativní korelační algoritmus. Je vhodný pro aplikace, které vyžadují vysokou přesnosti analýzy 3D profilu. Hodí se pro měření různých typů povrchů - hrubé, zakřivené, ploché nebo stupňovité s odrazivostí mezi 0,3% a 100%.

#### CCI HD

Stejně jako u CCI MP se jedná o bezkontaktní 3D měření profilu s možností měření tenkého a tlustého filmu. Spojuje schopnost měření rozměrů s pokročilou technologií tenkých a tlustých filmů. Díky němu je možné studovat tenké povlaky na 50 nm pomocí interferometrie. Umožňuje sledovat vlastnosti, jakými jsou například tloušťka filmu, drsnosti rozhraní, případně vady a delaminace potažených povrchů. Všechno během jednoho měření.

**LuphoScan 260 HD**

Zařízení pracuje s přesností vyšší než  $\pm 50$  nm a lze jej využít i pro úhly  $90^\circ$ . Díky nízké úrovni šumu, je přístroj vhodný pro aplikace, kde je požadována nejvyšší přesnost. Jedná se o přístroj rychlý a spolehlivý, který je ideální pro měření silných, šikmých či malých ploch, nebo čoček.

**Talyrond 500 HS**

Přístroj je světovým lídrem co se rychlosti, řízení polohy a přesnosti týče. Má nejnižší úroveň šumu oproti jiným zařízením tohoto druhu. Zařízení ocení především firmy vyrábějící velmi přesné dílce, jako jsou ložiska, čočky nebo vstřikovače paliva.

**Talysurf CCI**

Jedná se o bezdotykový 3D profilometr založený na konceptu koherenční korelační interferometrie. Přístroj disponuje snímačem obrazu o rozlišení  $1024 \times 1024$  pixelů a třemi objektivy typu Mirau se zvětšením,  $10\times$ ,  $20\times$  a  $50\times$ . [5]

Naměřená data zpracovává software TalyMap, který umožňuje různé úpravy modelu povrchu, ku příkladu vyrovnání povrchu nebo odstranění tvaru, interpolace nenaměřených bodů atd., vyhodnocování různých parametrů textury povrchu i export dat v různých formátech pro další zpracování. [5]

**Surtronic 3+**

Taylor Hobson Surtronic 3+ je dílenský kontaktní profilometr s indukčním snímačem. Jeho měřící hrot je diamantový kužel s poloměrem zaoblení špičky  $r = 5 \mu\text{m}$  a vrcholovým úhlem  $90^\circ$ . [6]

Profilometr umožňuje přímé vyhodnocování některých parametrů drsnosti a export naměřeného profilu do softwaru TalyMap na další zpracování. Vyhodnocované délky je možno volit pouze z předprogramovaných hodnot, při zpracování v počítači je však možné použít různé základní délky, druhy filtrů, nebo exportovat naměřený profil pro zpracování jiným softwarem. [6]





Obr. 13 Taylor Hobson Surtronic 3+ [6]

#### 2.4.2 Mahr Perthometer M2

Mahr Perthometer je dílenský kontaktní profilometr s indukčním snímačem. Hrotem je diamantový kužel s poloměrem zaoblění špičky  $r = 2 \mu\text{m}$  a vrcholovým úhlem  $90^\circ$ . K povrchu je měřící hrot přitlačován silou  $0,7 \text{ mN}$ . [7]

Přístroj umožňuje uživateli přímé vyhodnocení parametrů drsnosti, přímý tisk protokolu o měření a export výsledků většího množství měření do počítače. Při měření lze použít jednu ze tří přednastavených základních délek (0,25; 0,8 a 2,5 mm) a odpovídající vyhodnocovací délky. [7]

Kalibraci vertikálního rozsahu lze provést proměřením etalonu se známou hodnotou Rz.



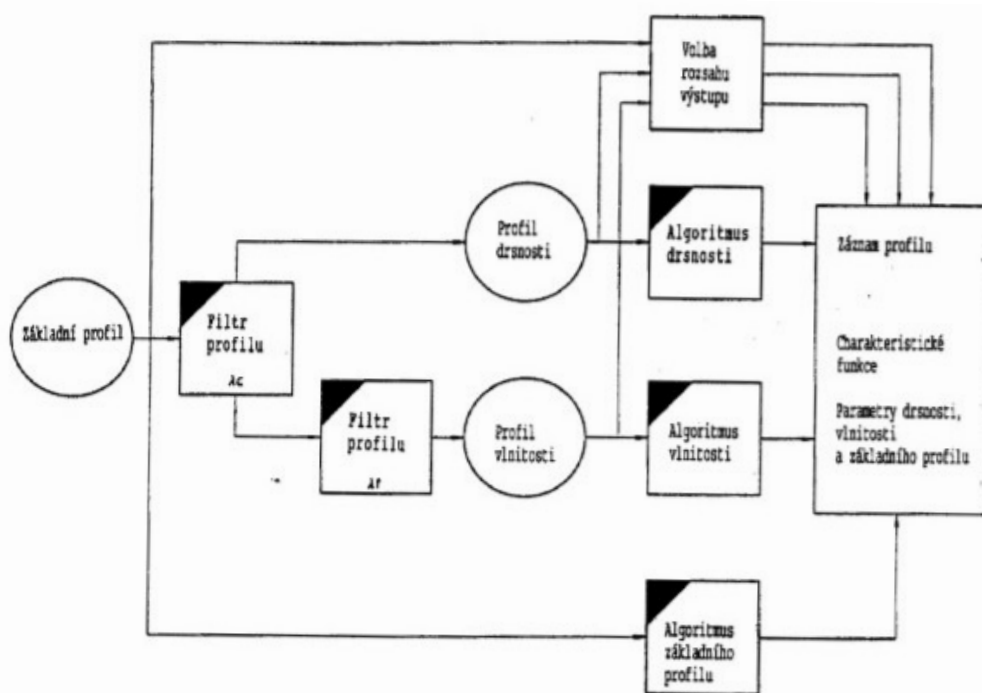
Obr. 14 Mahr Perthometer M2 [7]

## 2.5 VYHODNOCENÍ PARAMETRŮ JAKOSTI POVRCHU

Není-li specifikován směr měření, obrobek je polohován tak, že směr řezu odpovídá největším hodnotám výšek parametrů drsnosti ( $R_a$ ,  $R_z$ ). Tento směr bude kolmý k poloze povrchu. Pro izotropní povrchy může být směr řezu libovolný. [9]

Měření je provedeno na té části povrchu, na které lze očekávat kritické hodnoty; to může být posouzeno vizuálním pozorováním. Pro získání nezávislých výsledků jsou jednotlivá měření na této části povrchu rozdělena rovnoměrně. [9]

Pro určení hodnot parametrů profilu drsnosti je potřeba nejprve pohledem rozhodnout, zda profil drsnosti je periodický nebo neperiodický. [9]



Obr. 15 Vývojový diagram pro posuzování profilu [1]

### 2.5.1 Postup vyhodnocení pro neperiodický profil drsnosti

Pro povrchy s neperiodickým profilem drsnosti je použit následující postup:

- Odhadne se neznámý parametr profilu drsnosti  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  nebo  $R_{Sm}$  libovolným způsobem, např. vizuální prohlídkou, srovnáním pomocí srovnávacích vzorků, grafickou analýzou celkového profilu apod.
- Odhadne se základní délka z tabulky *Tab. 1.*, *Tab. 2.* nebo *Tab. 3.* pro  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  nebo  $R_{Sm}$  odhadnuté v kroku a).

- c) Měřícím přístrojem, s nastavenými hodnotami základní desky odhadnuté v kroku b), se získá reprezentativní měření  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$ . nebo  $R_{Sm}$ .
- d) Porovnávají se naměřené hodnoty  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$ . nebo  $R_{Sm}$  s rozsahem hodnot v tabulce *Tab. 1.*, *Tab. 2.* nebo *Tab. 3.* (dále jen *tabulky*) odpovídající odhadnuté základní délce. Jsou-li měřené hodnoty mimo rozsah hodnot pro odhadnutou základní délku, potom se nastaví přístroj na větší, případně menší základní délku, než je základní délka indikovaná měřenou hodnotou. Potom se měří reprezentativní hodnota při použití této nastavené základní délky a opět se porovná s hodnotami v *tabulkách*. V tomto případě by měla být dosažena kombinace měřené hodnoty a základní délky navrhovaná v *tabulkách*.
- e) Získají se reprezentativní hodnoty  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$ . nebo  $R_{Sm}$  pro jednu základní délku nastavenou kratší, není-li tato nastavená kratší základní délka hodnocena v předcházejícím kroku d). Pohledem se zkontroluje, zda výsledná kombinace  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$ . nebo  $R_{Sm}$  a základní délky je uvedena v *tabulkách*.
- f) Jestliže jen závěrečné nastavení podle kroku d) odpovídá *tabulkám*, potom nastavená základní a hodnoty  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$ . nebo  $R_{Sm}$  jsou správné. Jestliže krok e) také předkládá kombinaci danou v *tabulkách*, potom tato nastavená kratší základní délka a odpovídající hodnoty  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$ . nebo  $R_{Sm}$  jsou správné.
- g) Získá se reprezentativní měření žádaných parametrů použitím hodnoty mezní vlnové délky odhadnuté v předchozích krocích. [9]

### 2.5.2 Postup vyhodnocení pro periodický profil drsnosti

Pro povrchy s periodickým profilem drsnosti se použije následující postup:

- a) Na povrchu s neznámou drsností se graficky odhadne parametr  $R_{Sm}$ .
- b) Pro odhadnutý parametr  $R_{Sm}$  použitím tabulky *Tab. 3.* se určí doporučená hodnota mezní vlnové délky cut-off.
- c) Je-li to nezbytné, tj. ve sporném případě, změří se hodnota  $R_{Sm}$  za použití hodnoty mezní vlnové délky cut-off, určeného podle b).
- d) Jestliže hodnota  $R_{Sm}$  z kroku c) odpovídá podle tabulky *Tab. 3.* menší nebo větší hodnotě mezní vlnové délky cut-off, než v kroku b), použije se menší nebo větší hodnota mezní vlnové délky cut-off.

- e) Získá se reprezentativní měření žádaných parametrů při použití hodnoty mezní vlnové délky (základní délky) odhadnuté v předchozích krocích. [9]

Základní délky drsnosti pro měření Ra, Rq, Rsk, Rku, RΔq a křivek a odpovídající parametry pro neperiodické profily (např. broušené profily)

*Tab. 1 Základní délky drsnosti pro měření Ra, Rq, Rsk, Rku, RΔq a křivek a odpovídající parametry pro neperiodické profily (např. broušené profily) [9]*

Ra [μm]	Základní délka drsnosti lr [mm]	Vyhodnocení délky drsnosti ln [mm]
$(0,006) < Ra \leq 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < Ra \leq 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < Ra \leq 2$	0,8	4
$2 < Ra \leq 10$	2,5	12,5
$10 < Ra \leq 80$	8	40

Základní délky drsnosti pro měření Rz, Rv, Rp, Rc a Rt neperiodických profilů (např. broušených profilů)

*Tab. 2 Základní délky drsnosti pro měření Rz, Rv, Rp, Rc a Rt neperiodických profilů (např. broušených profilů) [9]*

Rz <sup>1)</sup> Rz1 max. <sup>2)</sup> [μm]	Základní délka drsnosti lr [mm]	Vyhodnocení délky drsnosti ln [mm]
$(0,025) < Rz, Rz1max. \leq 0,1$	0,08	0,4
$0,1 < Rz, Rz1max. \leq 0,5$	0,25	1,25
$0,5 < Rz, Rz1max. \leq 10$	0,8	4
$10 < Rz, Rz1max. \leq 50$	2,5	12,5
$50 < Rz, Rz1max. \leq 200$	8	40

<sup>1)</sup> Rz je použito při měření Rz, Rv, Rp, Rc a Rt [9]

<sup>2)</sup> Rz1max. je použito jen při měření Rz1 max., Rv1max., Rp1max. a Rc1max. [9]

Základní délky drsnosti pro měření R-parametrů periodických profilů s RSm periodických a neperiodických profilů

*Tab. 3 Základní délky drsnosti pro R-parametrů periodických profilů s RSm periodických a neperiodických profilů [9]*

RSm [ $\mu\text{mm}$ ]	Základní délka drsnosti $l_r$ [mm]	Vyhodnocení délky drsnosti $l_n$ [mm]
$0,013 < RSm \leq 0,04$	0,08	0,4
$0,04 < RSm \leq 0,13$	0,25	1,25
$0,13 < RSm \leq 0,4$	0,8	4
$0,4 \leq RSm \leq 1,3$	2,5	12,5
$1,3 < RSm \leq 4$	8	40

### 3 SROVNÁNÍ 2D A 3D SKENOVACÍ METODY

#### 3.1 KONVENČNÍ PARAMETRY (2D)

Konvenční normalizované parametry jsou nejčastěji využívanými parametry pro vyhodnocení struktury snímaného povrchu. Jejich podstata spočívá v dvourozměrném měření povrchu získaného kontaktním profilometrem.

Parametry jsou počítány z jednoho profilu obsahujícího informace ve dvou směrech. Až donedávna mezinárodní normy nebyly ani definovány pro jiný způsob získávání dat, nežli pomocí kontaktních profilometrů. Teprve začátkem roku 2011 vyšly první normy, které umožňují vyjádřit parametry povrchu nejen z lineárního dotykového měření, ale i z měření plochy, a to jak *dotykovými*, tak i *bezdotykovými přístroji*. [8]

#### 3.2 PARAMETRY POVRCHU PLOCHY (3D)

Jelikož nároky na kvalitu povrchu součástek jsou stále vyšší, jsou vyžadovány nové pohledy na měření a následné vyhodnocování hodnot.

Potřeba měření nejen okamžité kvality, ale i snaha o predikci chování součástky, například včasné odhalení možných závad, stále více směřuje k prostorovému mapování a hodnocení povrchu. Prostorové zobrazení a hodnocení povrchu dává nejen podrobnější informace o samotném průběhu nerovností povrchu, ale i řadu údajů o funkčních vlastnostech povrchu nebo životnosti součástky.

Trojrozměrné hodnocení textury povrchu využívá aplikovatelné poznatky z dvojrozměrné analýzy profilu, které rozšiřuje o nové využitelné poznatky charakteristiky profilu plochy. Jedná se o spojení terminologie i popisu jednoho profilu povrchu (profilová metoda) s novými pojmy a matematickým popisem geometrie nerovností povrchu na ploše (plošná metoda). [10]

#### 3.3 VZÁJEMNÉ SROVNÁNÍ 2D A 3D METODY SNÍMÁNÍ

Pro získání 3D parametrů drsnosti nebo vlnitosti je třeba profil povrchu nejprve filtrovat potřebným filtrem, neboli operátorem, a teprve poté stanovit hodnoty 3D parametrů. Přitom 3D parametry jsou stanoveny pro celou hodnocenou plochu, kdežto 2D parametry jsou průměrné hodnoty vztažené na počet základních délek. [10]

Nedostatečnost 2D měření souvisí se zavedenou praxí hodnocení povrchu z hodnot parametrů drsnosti. Stále je nejčastějším a obvykle i jediným parametrem pro určování kvality povrchu používán parametr Ra (průměrná aritmetická úchylka profilu), přestože jeho hodnota může být stejná i při značně rozdílných profilech povrchu. Z jeho hodnoty nelze logicky vyčíst funkční vlastnosti velmi rozdílných povrchů, a tedy ani odpovědět například na otázky o rychlosti opotřebení, zadržování maziva, schopnosti odolávat předpokládanému zatížení nebo naopak náchylnosti ke vzniku trhlin ve stopách po obrábění. [8]

Přednosti 3D hodnocení povrchu jsou velké a v mnoha případech by jedna taková informace mohla zodpovědět hned několik otázek souvisejících s vhodností povrchu pro požadovanou funkci, předpokládané zatížení, přítomnost vad apod. Vyhodnocování charakteristiky povrchu z prostorových parametrů je komplexnější a spolehlivější nežli výpovědní hodnota dosud běžně užívaných parametrů profilových. Ovšem prostorové parametry je nutno stanovovat z podstatně většího množství dat nežli parametry lineární. Také sběr těchto dat je náročnější nežli získávání dat pouze z lineárního měření. [8]

#### PARAMETRY:

2D - průměrné hodnoty vztažené na počet základních délek

3D - pro celou plochu

#### NEVÝHODY:

2D - jediný parametr pro určení kvality je průměrná aritmetická úchylka profilu Ra

3D - pro stanovení parametrů je nutnost většího množství dat

#### VÝHODY:

2D - do roku 2011 jako jediný způsob snímání popsán normou, tj. nejdéle zavedený

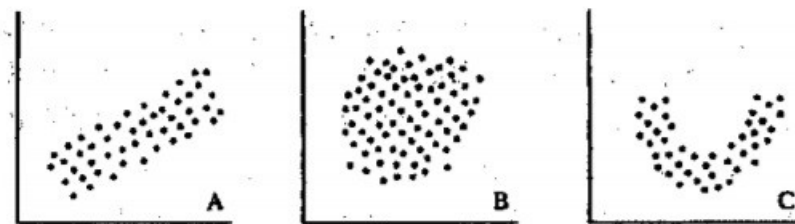
3D - komplexnější a spolehlivější výsledky

## 4 MATEMATICKÝ PRINCIP KORELACE

### 4.1 KORELACE A JEJÍ PARAMETRY

#### Korelace

- matematický popis systematických okolností
- znázorňuje relativní míru závislosti vzájemného vývoje dvou časových řad



Obr. 16 Typy statistických závislostí [11]

- A: silná lineární závislost
- B: slabá lineární závislost
- C: silná nelineární závislosti

#### Parametry korelace

- *koeficient korelace* je bezrozměrná veličina, která nám slouží pro vyhodnocení lineární závislosti v uzavřeném intervalu  $(-1; 1)$ ; blíží-li se hodnoty k 1, vyvíjí se časové řady téměř shodně; blíží-li se hodnoty k -1, je vývoj naprosto opačný; je-li hodnota rovna 0, pak lineární závislost neexistuje
- *koeficient determinace*  $r_{yx}^2$  je kvadrát, který po vynásobení stem vyjadřuje procentuální závislost mezi veličinami x a y
- *Spermanův koeficient korelace* udává míru vzájemné závislosti hodnot x a y
- *směrodatná odchylka korelace* udává rozptyl naměřených hodnot kolem průměru
- *hodnota testovacího kritéria t* platí pro předpoklad  $\rho = 0$
- *index korelace*  $I_{yx}$  udává těsnost lineární závislosti a slouží ke zjištění, jestli použitá regresivní křivka aproximuje pozorované hodnoty; je definována v intervalu  $(0,1)$  a čím je jedničce bližší, tím těsnější závislost je



- *korelační poměr*  $\eta_{yx}$  vyjadřuje rozptyl výběrových parametrů a využívá se v případech, kdy nedokážeme vyjádřit analytickou závislost funkcí
- *intervalové rozdělení četností*
- *poměr determinace*  $\eta_{yx}^2$  vynásobený stem vyjadřuje procentuální závislost mezi veličinami x, y

## 4.2 ČASOVÁ ŘADA

Vyjadřuje posloupnost hodnot seřazených chronologicky od minulosti po přítomnost, měřených v rovnoměrných časových intervalech.

### ROZDĚLENÍ ČASOVÝCH ŘAD

#### **Stacionární a nestacionární časová řada**

- *stacionární*: na základě zjištěných parametrů nejsme schopni odlišit jeden úsek řady od druhého
- *nestacionární*: vykazuje změny v chování u aritmetického průměru hodnot; na počátku řady je signifikantnější než na jejím konci

#### **Podle charakteru ukazatele**

- *okamžité*: vztaženo k určitému okamžiku
- *intervalové*: jeho velikost závisí na intervalu

#### **Podle druhu ukazatelů**

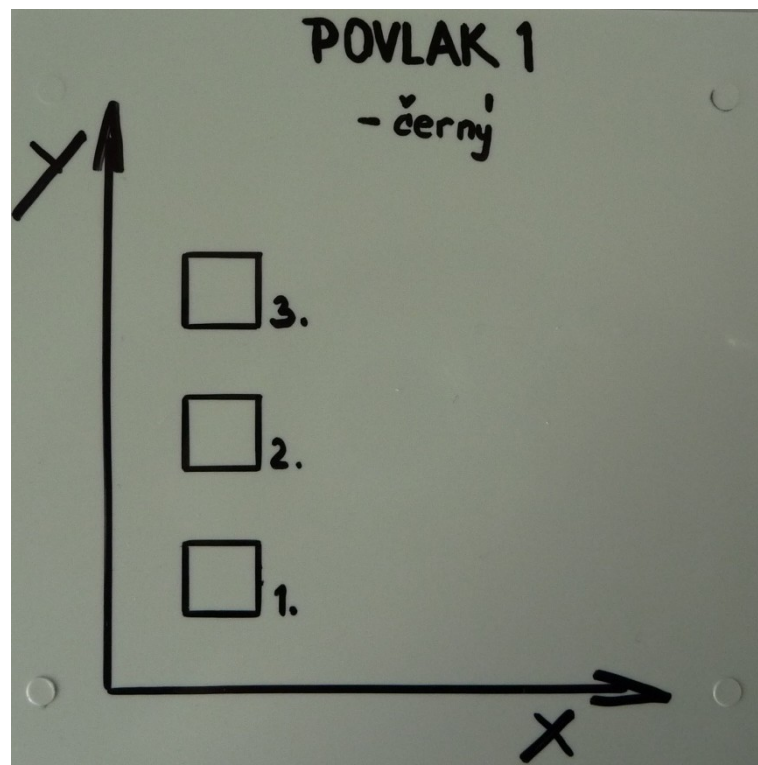
- *absolutní*: očištěné
- *odvozené*: součtové, poměrové

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

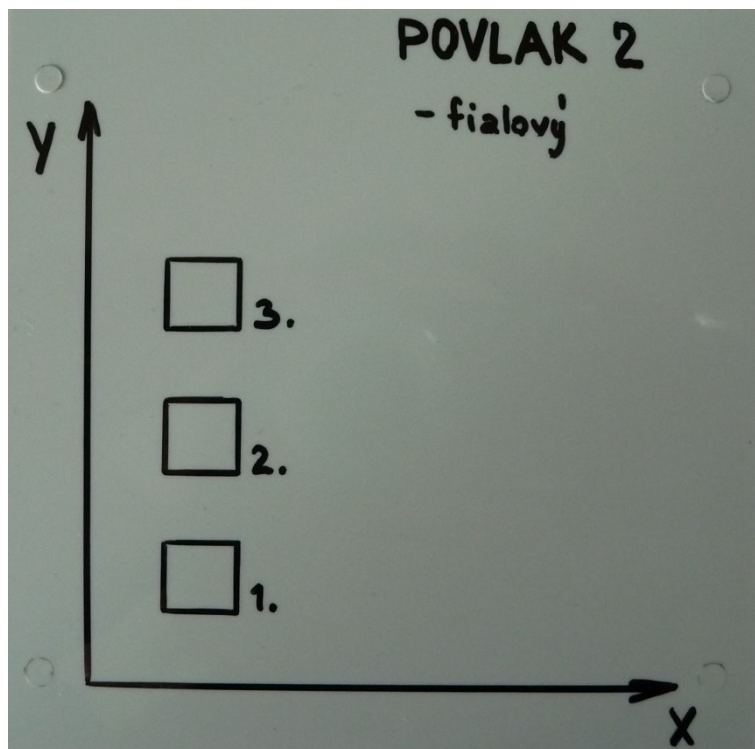
## 5 ZKUŠEBNÍ DESTIČKY

Tab. 4 Zkušební destičky

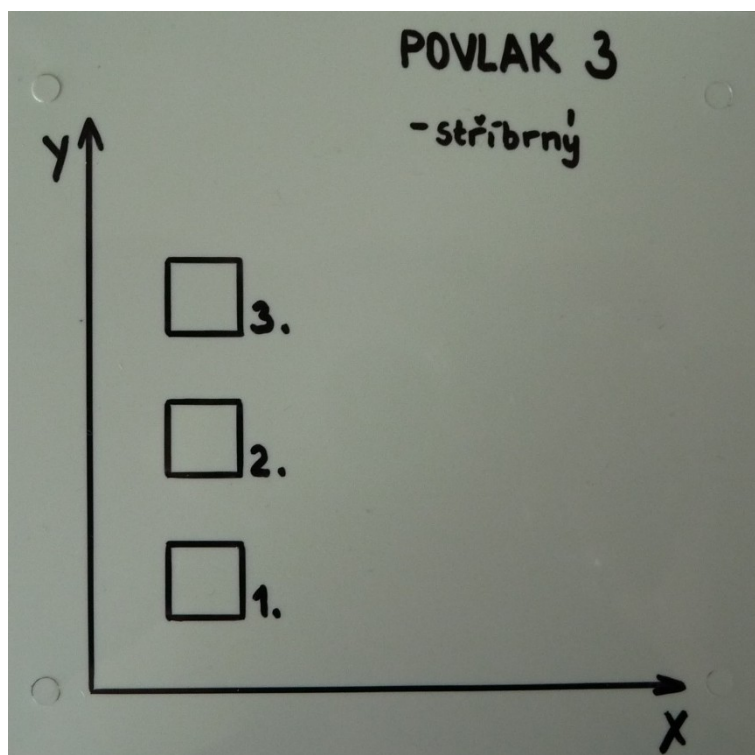
Název	Označení	Materiál	Povlak
Zkušební destička 1	POVLAK 1 - černý		A-C:H
Zkušební destička 2	POVLAK 2 - fialový		AlTiN
Zkušební destička 3	POVLAK 3 - stříbrný		CrN
Zkušební destička 4	12343	1.2343	Bez povlaku
Zkušební destička 5	12083	1.2083	Bez povlaku



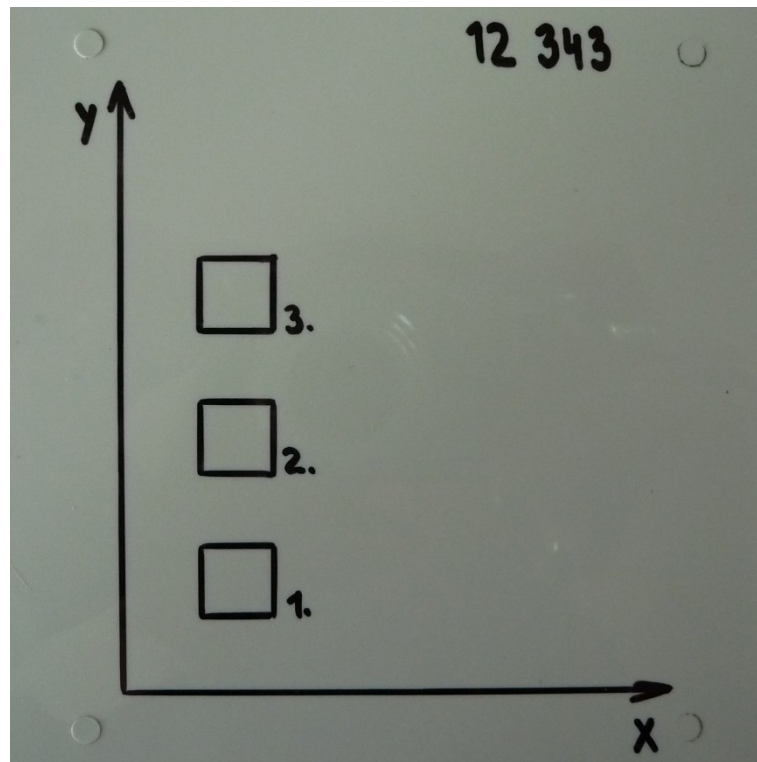
Obr. 17 Zkušební destička 1: POVLAK 1 - černý



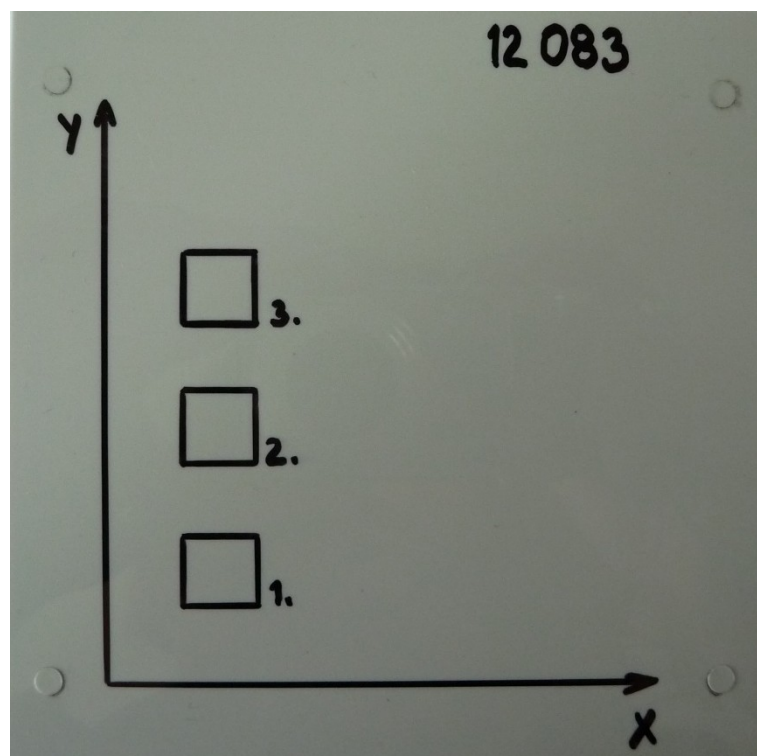
Obr. 18 Zkušební destička 2: POVLAK 2 - fialový



Obr. 19 Zkušební destička 3: POVLAK 2 - stříbrný



Obr. 20 Zkušební destička 4: 12343



Obr. 21 Zkušební destička 5: 12083

## 5.1 MATERIÁL VNITŘKU FORMY

### 5.1.1 Ušlechtilá ocel 1.2343

DIN-označení: X38 CrMo V5 1

ČSN-označení: 19 552

Pevnost:  $\pm 750$  MPa

Chemická analýza oceli 1.2343:

*Tab. 5 Chemická analýza oceli 1.2343*

C	Si	Mn	P max	S max	Cr	Mo	V
0,36-0,42	0,90-1,20	0,30-0,50	0,030	0,030	4,80-5,50	1,10-1,40	0,25-0,50

Vlastnosti oceli:

- legovaná ocel s vysokou prokalitelností a houževnatostí
- dobré pevnosti podmínky za tepla
- dobře tepelně vodivá
- dobrá kalitelnost na vzduchu a ve vakuu (po kalení jen malé rozměrové deformace)
- rovnoměrná a dobrá obrobiteľnosť
- dosažitelná tvrdost po kalení 54 HRC

Použití oceli:

- nástroje pro lisování za tepla
- formy pro tlakové lití
- tvarové části fotem, šneky pro zpracování polymerů

### 5.1.2 Ušlechtilá ocel 1.2083

DIN-označení: X42 Cr13

ČSN-označení: 19 433

Pevnost:  $\pm 775$  MPa

Chemická analýza oceli 1.2083:

*Tab. 6 Chemická analýza oceli 1.2083*

C	Si	Mn	P max	S max	Cr
0,38-0,45	d1	d1	0,030	0,030	12,50-13,50

Vlastnosti oceli:

- antikoroziční martenzitická chromová ocel
- vysoce leštitelná
- vysoká odolnost proti otěru
- dosažitelná tvrdost po kalení 56 HRC

Použití oceli:

- konstrukce forem chemicky agresivních polymerů (např. PVC)
- formy pro výrobu čoček a jiných optických zařízení (díky vysoké leštitelnosti)

### 5.1.3 Povlak A-C:H

Hydrogenované povlaky DLC jsou získávány použitím nosiče N a H (např. metan, acetylen), a jejich rozkladem v plazmě. Nejčastěji se tento povlak používá u nástrojů pro třískové obrábění a tváření za studena. Výrazně prodlužuje životnost nástrojů.

#### 5.1.4 Povlak AlTiN

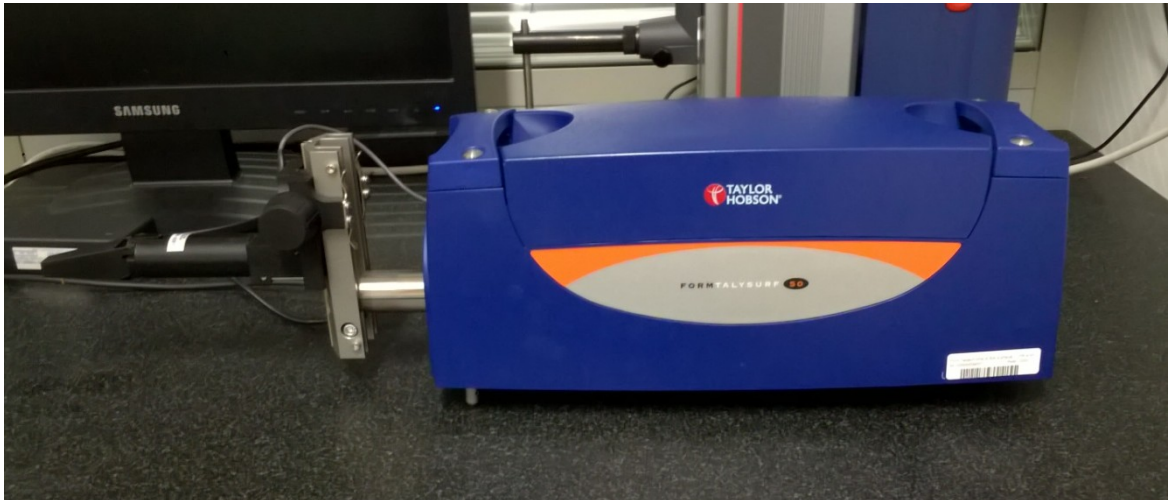
Jedná se o vysoce výkonný tvrdo povlak speciálně dimenzovaný pro aplikace při suchém a vysokotlakém obrábění. Využívá se při tváření za tepla, například při tváření skla nebo odlévání lehkých slitin. Povrch je vysoce oxidačně odolný (800 °C), vysoce tvrdý za tepla a vysoce odolný vůči chemickým vlivům. Jeho tvrdost je 25 až 33 GPa. Vrstva  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , která se tvoří na povrchu napomáhá ke snížení tření, což má za následek zlepšení řezných vlastností.

#### 5.1.5 Povlak CrN

Tento povlak je nejlepší volbou pro součásti, kde je důležitá odolnost vůči otěru, korozi a oxidaci. Povlak vyniká vysokou teplotní stabilitou, nízkým napětím, vysokou tvrdostí a přínavostí, dobrou odolností vůči korozi a chemickým vlivům.



## 6 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJ



*Obr. 22 Měřicí přístroj Taylor Hobson - Form Talysurf Intra*

### **TAYLOR HOBSON - FORM TALYSURF INTRA**

Princip měření je založen na kontaktním snímání drsnosti povrchu, parametru Ra, lze však provést i pokročilou analýzu přesnosti.

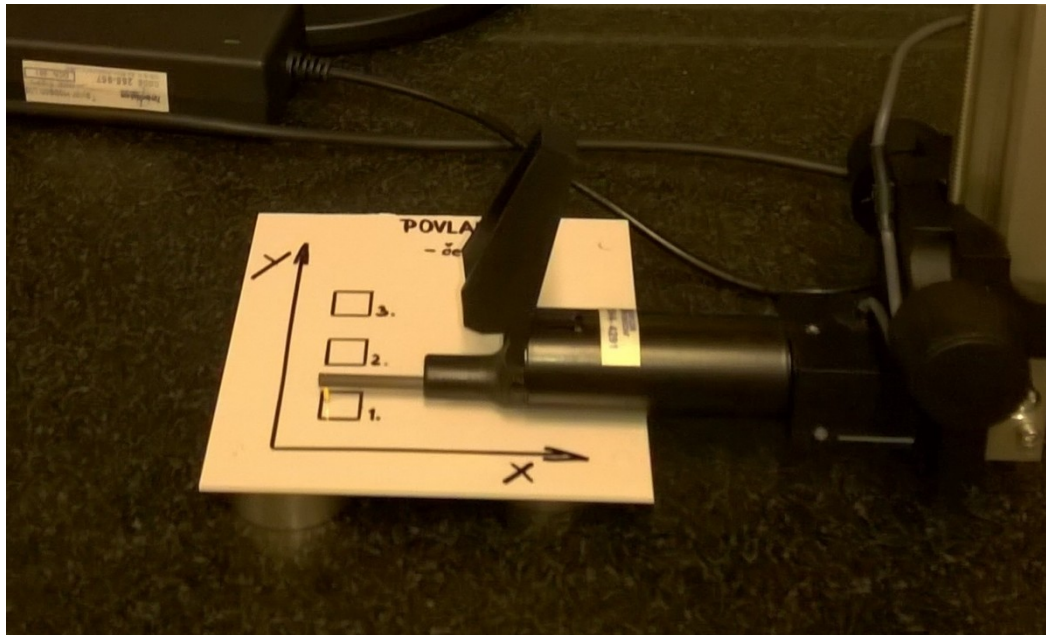
Parametry:

- Vertikální rozmezí: 1 mm
- Rozlišitelnost: 16nm
- Vodorovný posuv: 50 mm
- Chyba přímosti: 0,40  $\mu\text{m}$  / 50 mm
- Poskytuje informaci o tvaru i povrchové úpravě pro přesné tváření kovů a další aplikace.

## 7 MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU

Kontaktní 2D měření bylo provedeno na přístroji Taylor Hobson - Form Talysurf Intra (Obr. 22).

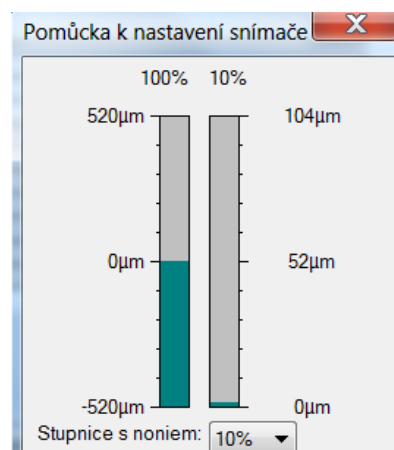
Testovací destičky byly umístěny na tři kovové prstence tak, aby bylo dosaženo co nejvodorovnějšího povrchu (Obr. 23).



Obr. 23 Umístění testovací destičky na prstencích

Měření bylo provedeno na 5 mm ve 3 plochách o velikosti  $10 \times 10$  mm pro každou destičku.

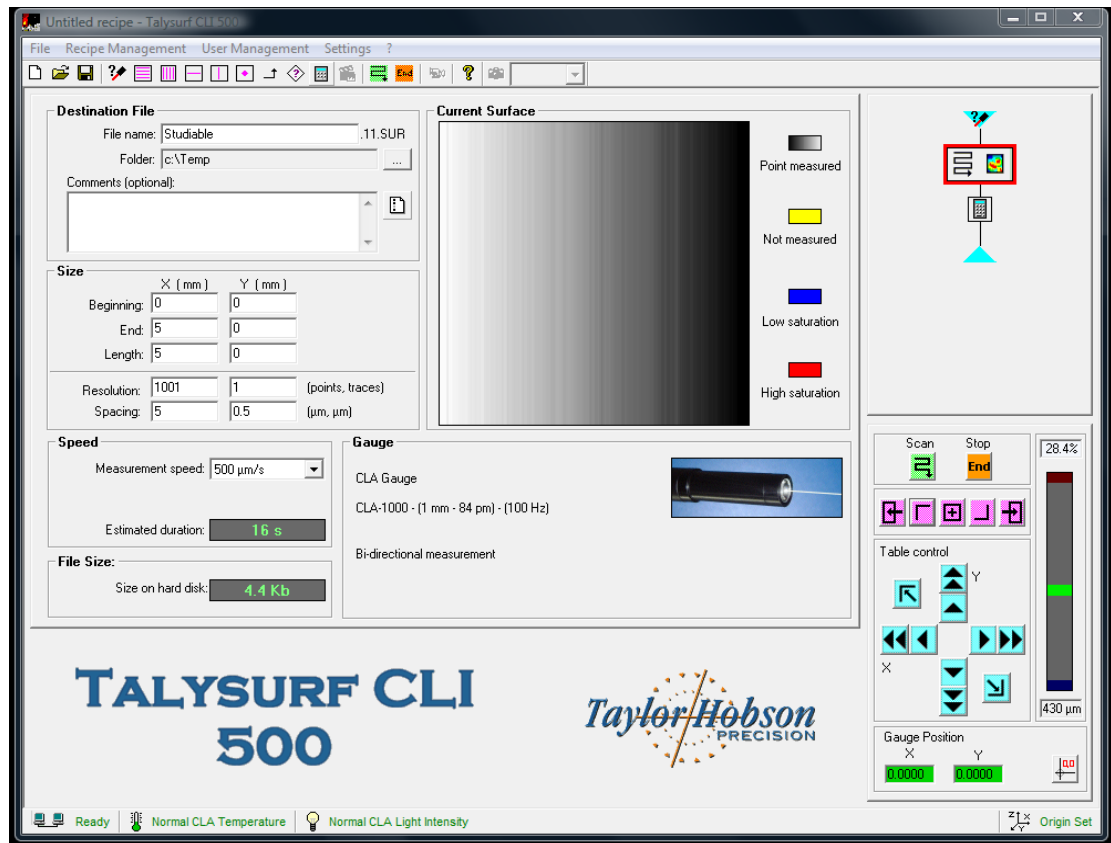
Před každým měřením bylo třeba nastavit co nejpřesněji nulovou hladinu snímače (Obr.24).



Obr. 24 Nastavení snímače

U každé z destiček byly vyhodnoceny parametry Ra, Rt a Rz.

K porovnání byly dodány data ze 3D snímání, kterému byl použit přístroj od fitmy Taylor Hobson, Talysurf CLI 500.



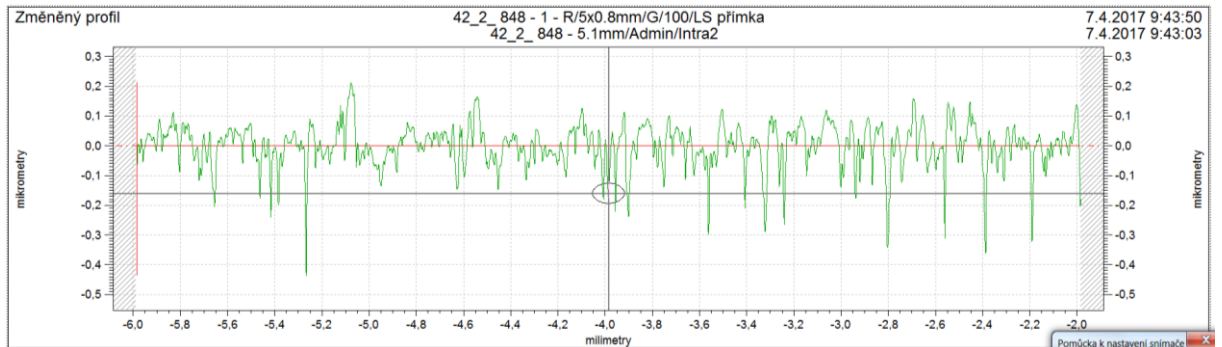
Obr. 25 Nastavení měření pro 3D snímání

## 8 ZÍSKANÁ DATA

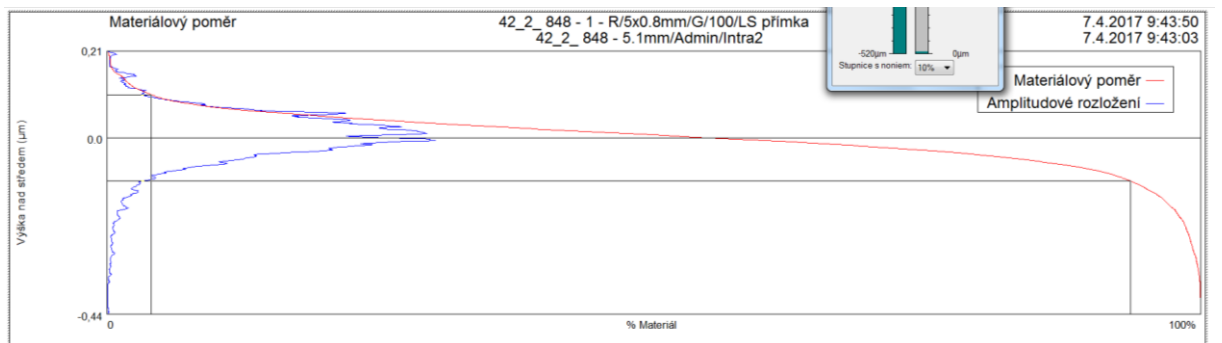
### 8.1 DATA ZÍSKANÁ 2D METODOU

#### 8.1.1 Zkušební destička 1

##### Oblast 1

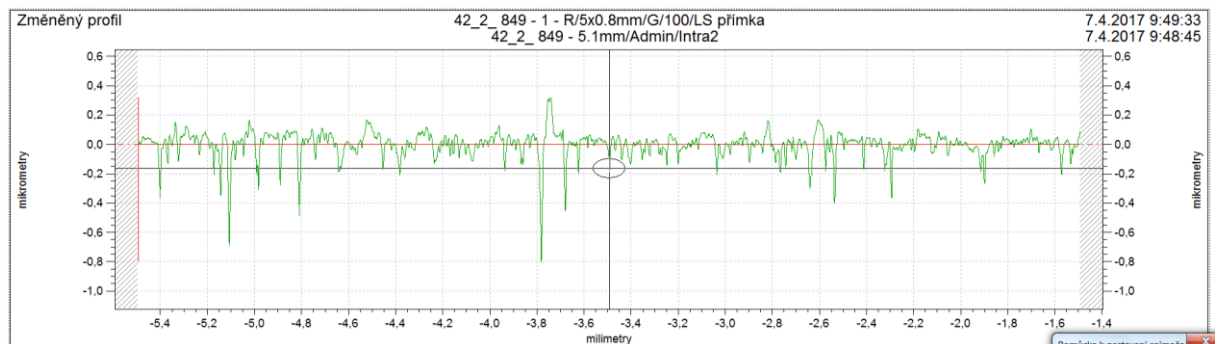


Obr. 26 Nasnímaný profil zkušební destičky 1 v oblasti 1

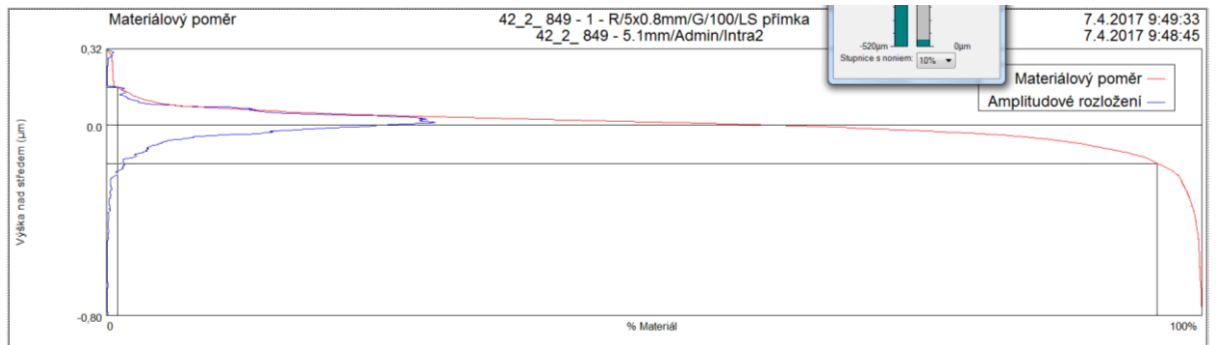


Obr. 27 Materiálový poměr zkušební destičky 1 v oblasti 1

##### Oblast 2

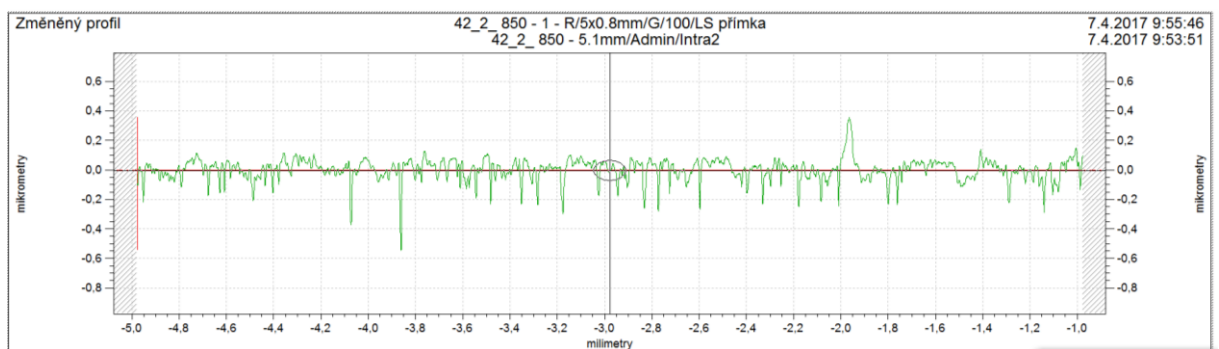


Obr. 28 Nasnímaný profil zkušební destičky 1 v oblasti 2

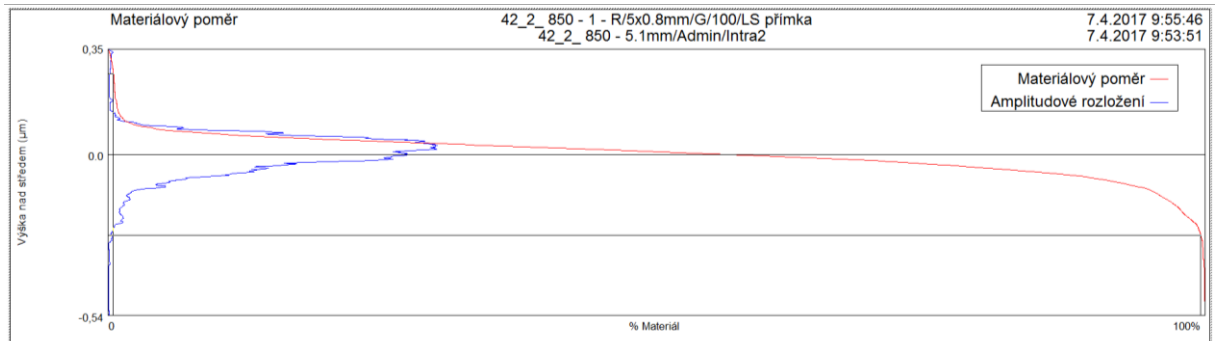


Obr. 29 Materiálový poměr zkušební destičky 1 v oblasti 2

Oblast 3



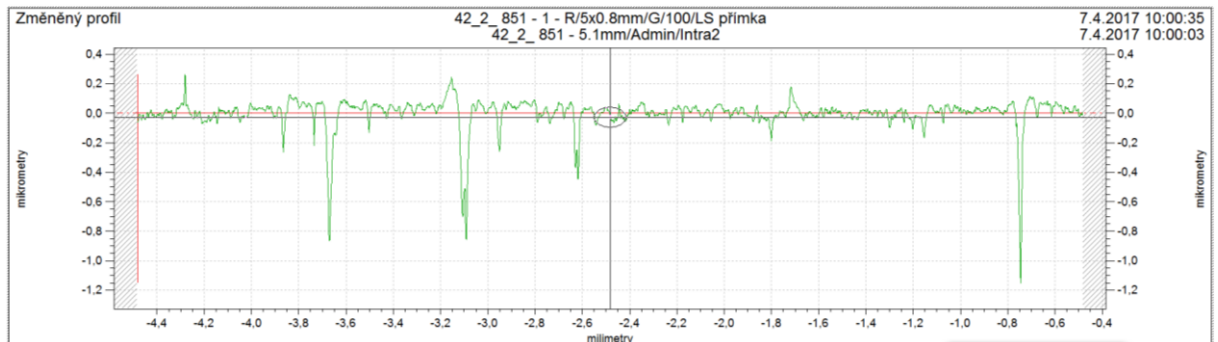
Obr. 30 Nasnímaný profil zkušební destičky 1 v oblasti 3



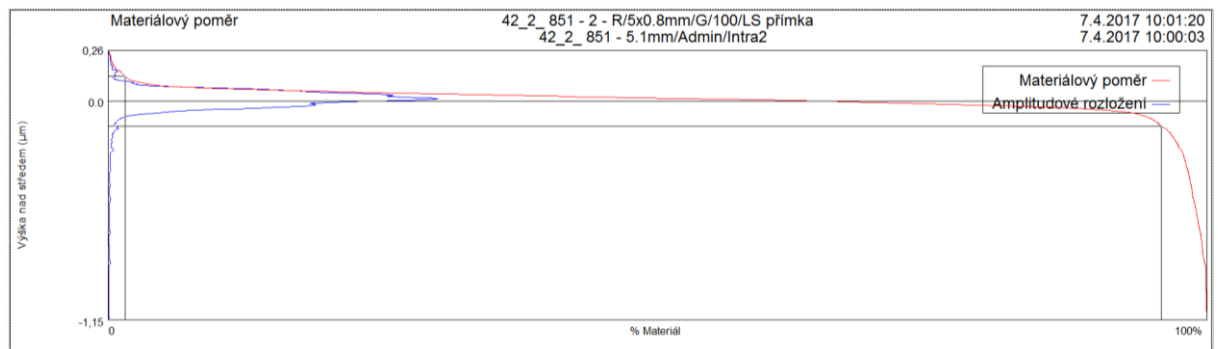
Obr. 31 Materiálový poměr zkušební destičky 1 v oblasti 3

## 8.1.2 Zkušební destička 2

## Oblast 1

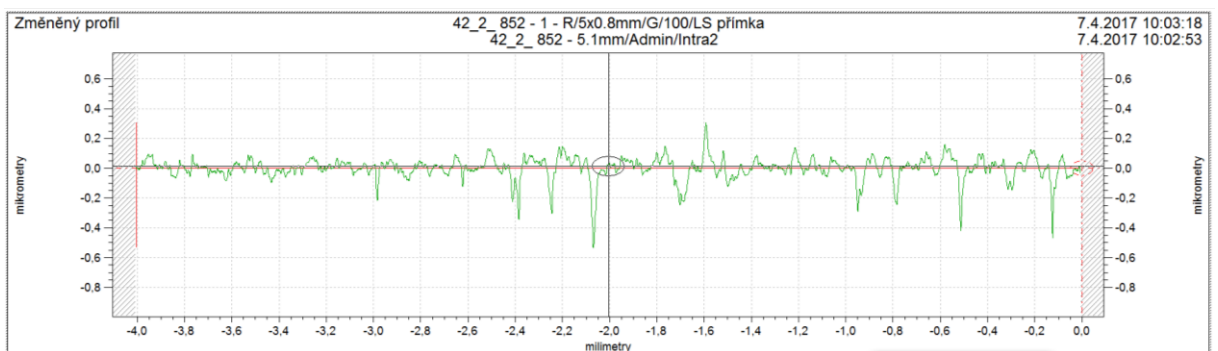


Obr. 32 Nasnímaný profil zkušební destičky 2 v oblasti 1

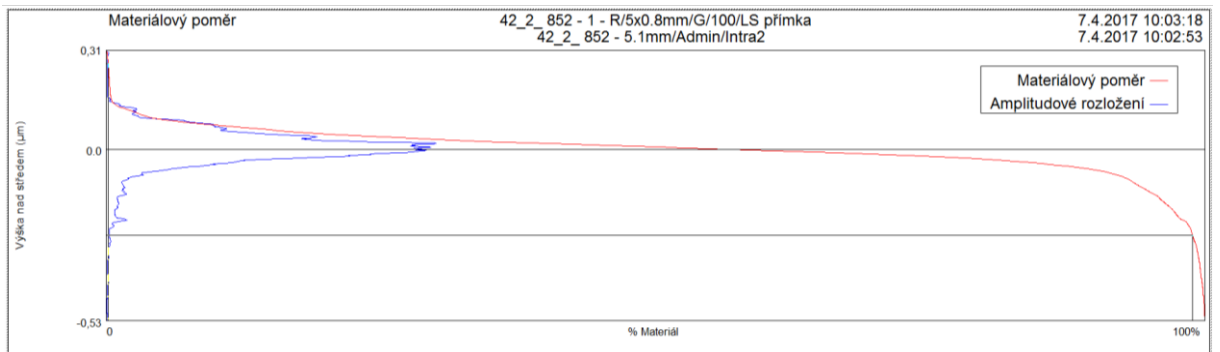


Obr. 33 Materiálový poměr zkušební destičky 2 v oblasti 1

## Oblast 2

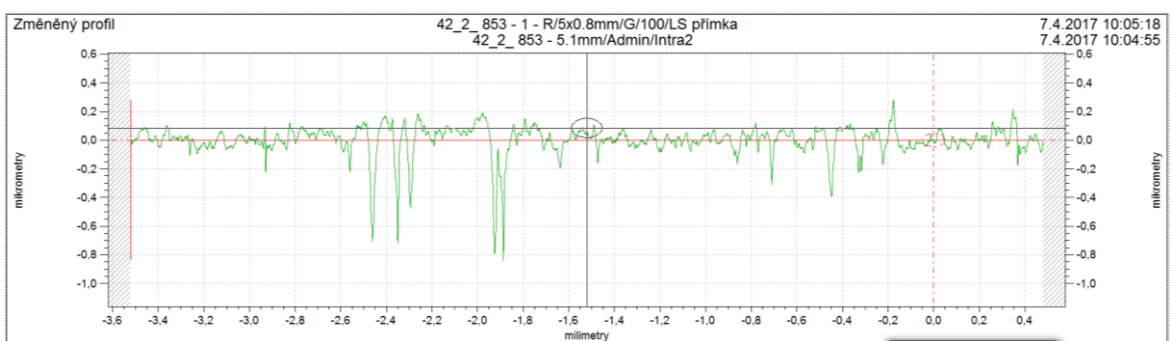


Obr. 34 Nasnímaný profil zkušební destičky 2 v oblasti 2

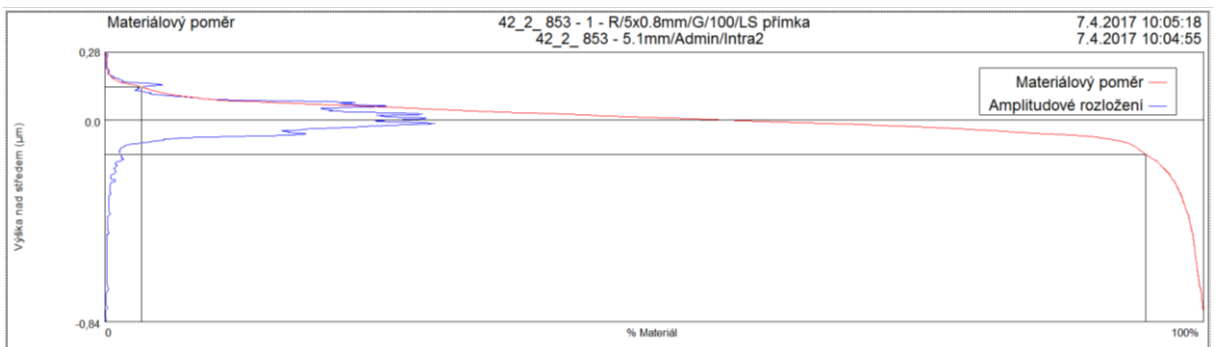


Obr. 35 Materiálový poměr zkušební destičky 2 v oblasti 2

Oblast 3



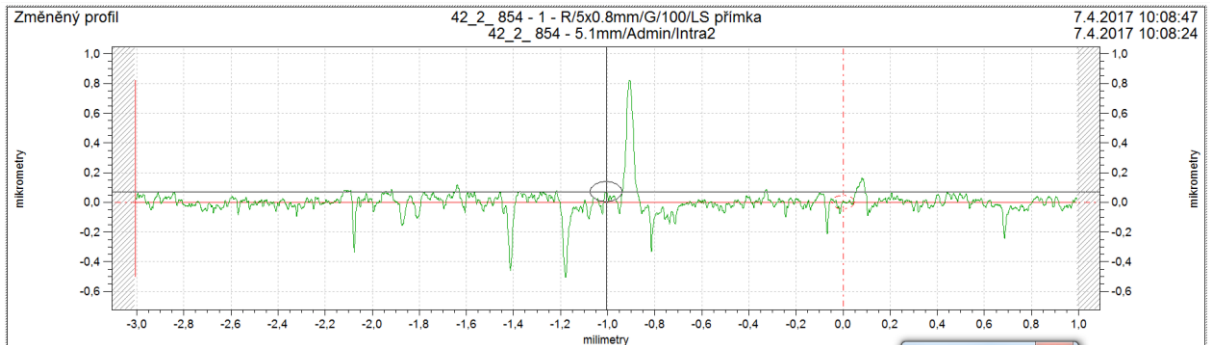
Obr. 36 Nasnímaný profil zkušební destičky 2 v oblasti 3



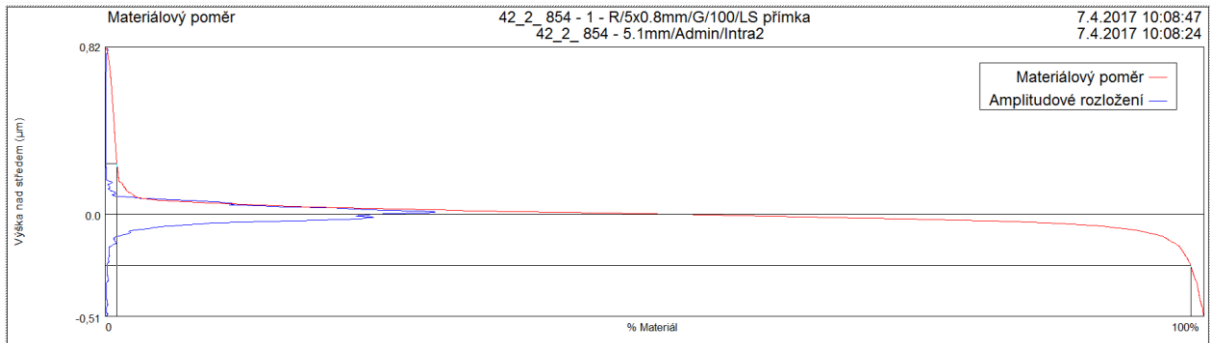
Obr. 37 Materiálový poměr zkušební destičky 2 v oblasti 3

### 8.1.3 Zkušební destička 3

#### Oblast 1

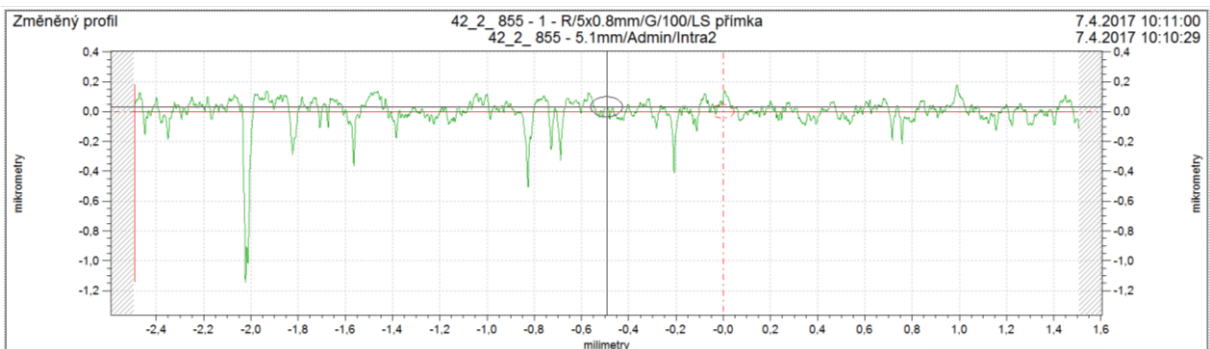


Obr. 38 Nasnímaný profil zkušební destičky 3 v oblasti 1



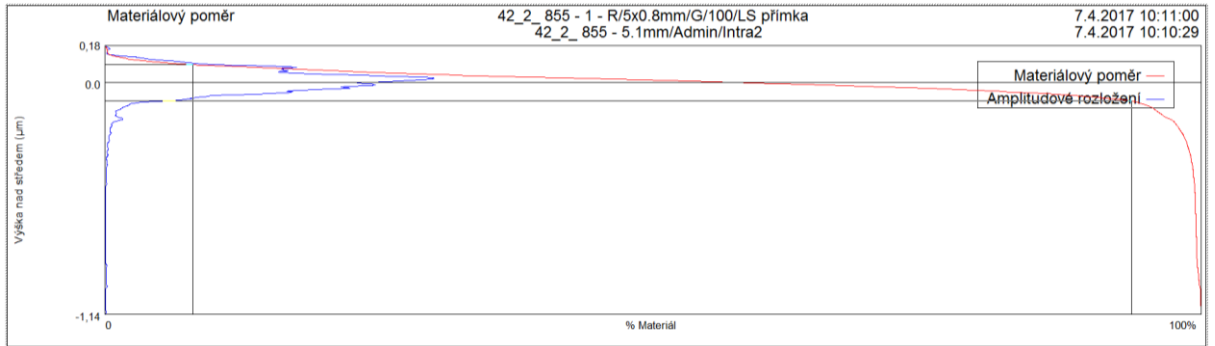
Obr. 39 Materiálový poměr zkušební destičky 3 v oblasti 1

#### Oblast 2



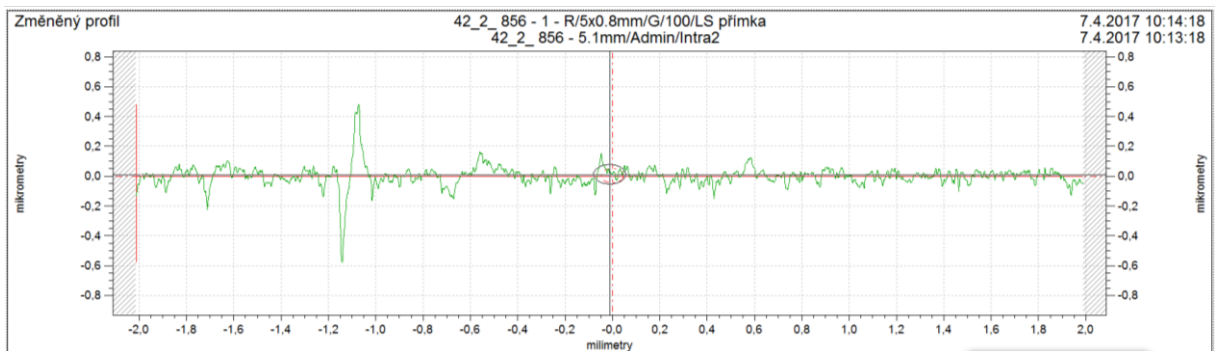
Obr. 40 Nasnímaný profil zkušební destičky 3 v oblasti 2



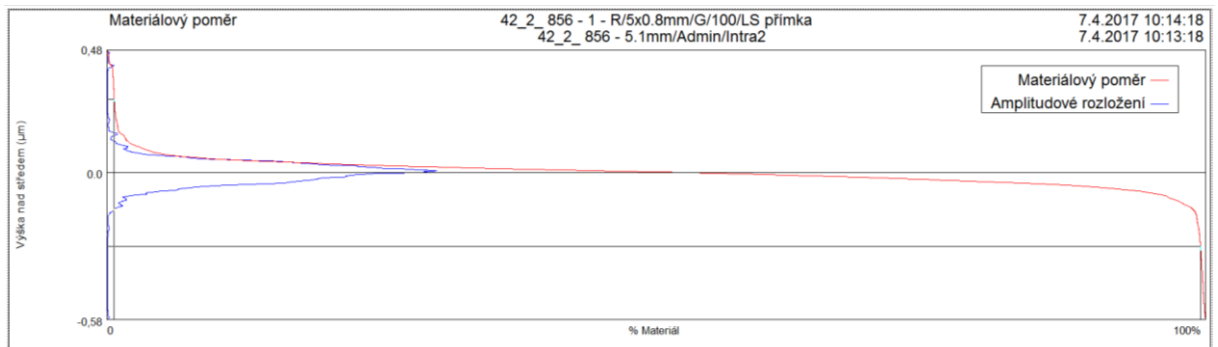


Obr. 41 Materiálový poměr zkušební destičky 3 v oblasti 2

Oblast 3



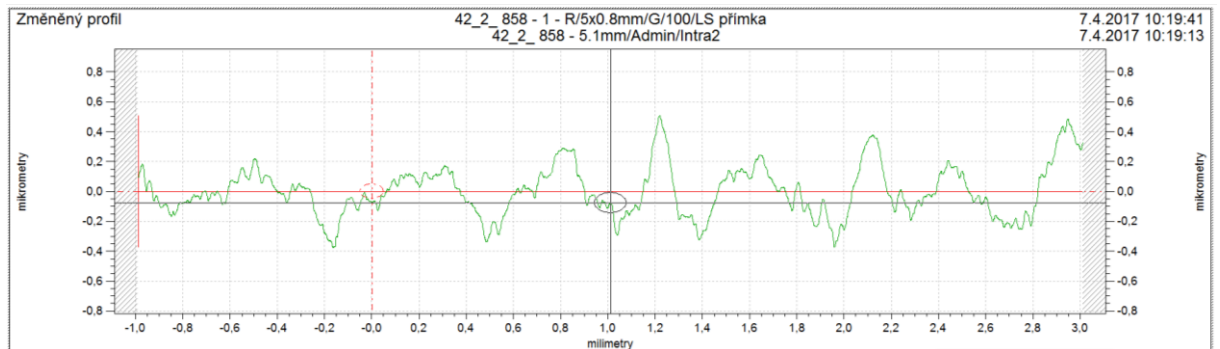
Obr. 42 Nasnímaný profil zkušební destičky 3 v oblasti 3



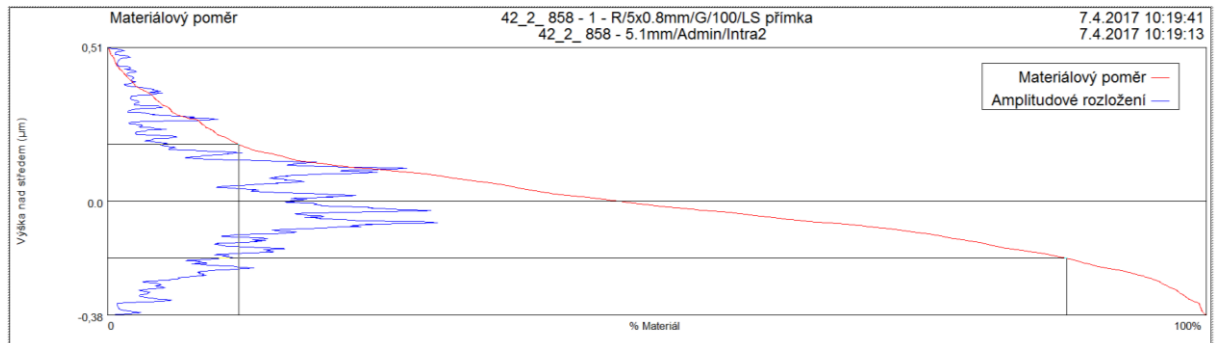
Obr. 43 Materiálový poměr zkušební destičky 3 v oblasti 3

### 8.1.4 Zkušební destička 4

#### Oblast 1

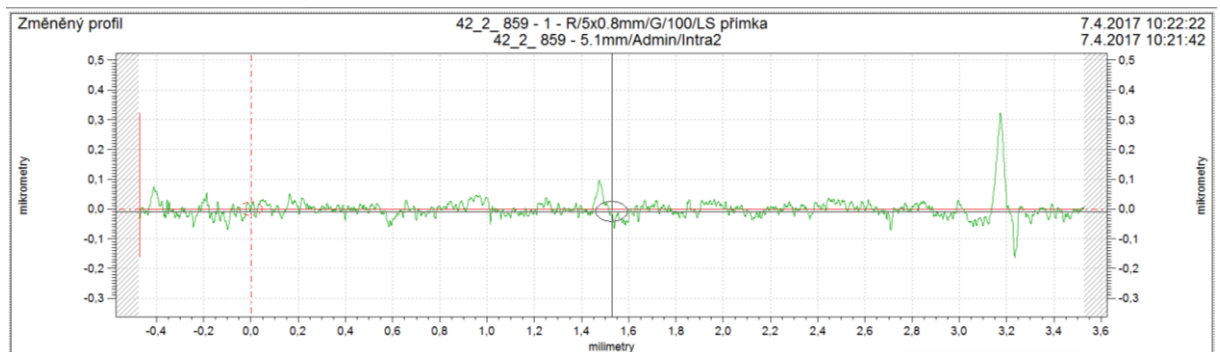


Obr. 44 Nasnímaný profil zkušební destičky 4 v oblasti 1

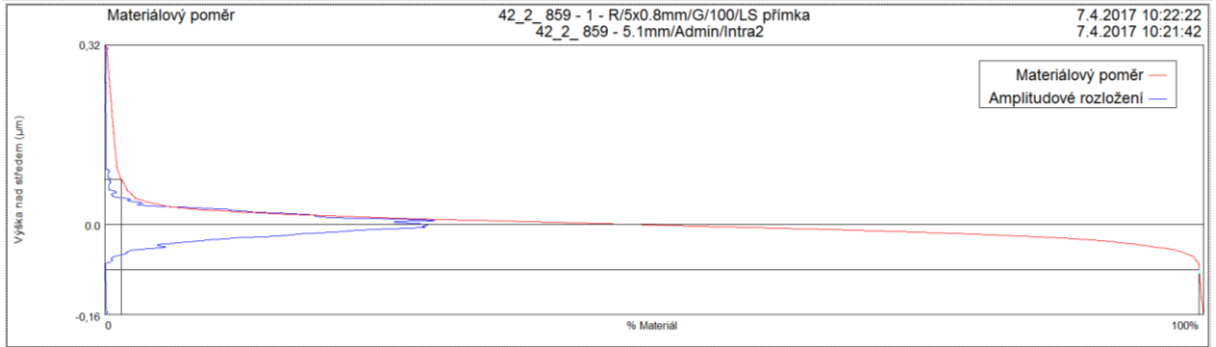


Obr. 45 Materiálový poměr zkušební destičky 4 v oblasti 1

#### Oblast 2

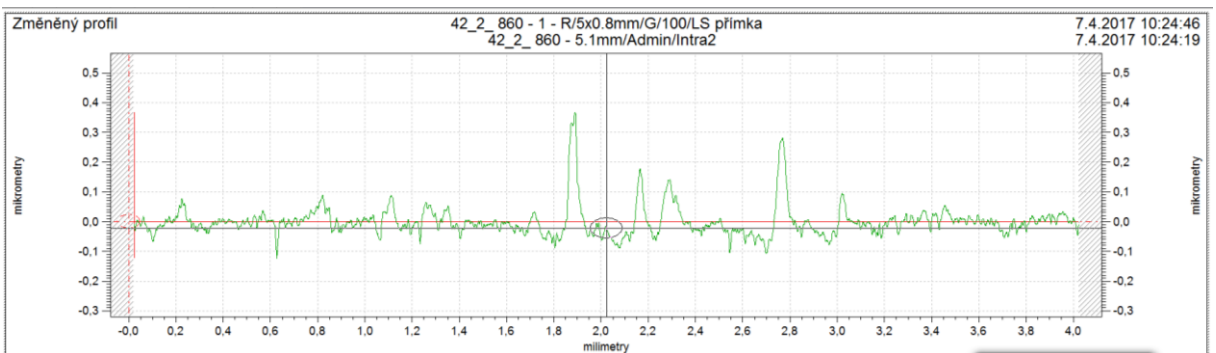


Obr. 46 Nasnímaný profil zkušební destičky 4 v oblasti 2

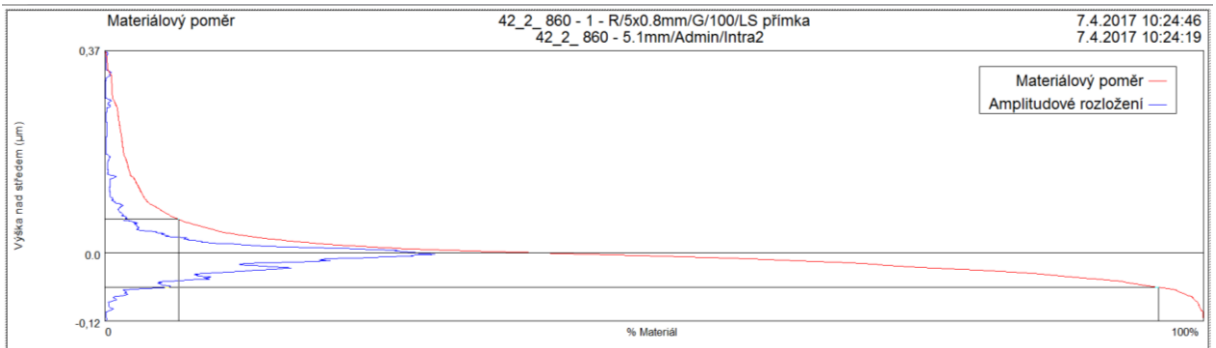


Obr. 47 Materiálový poměr zkušební destičky 4 v oblasti 2

Oblast 3



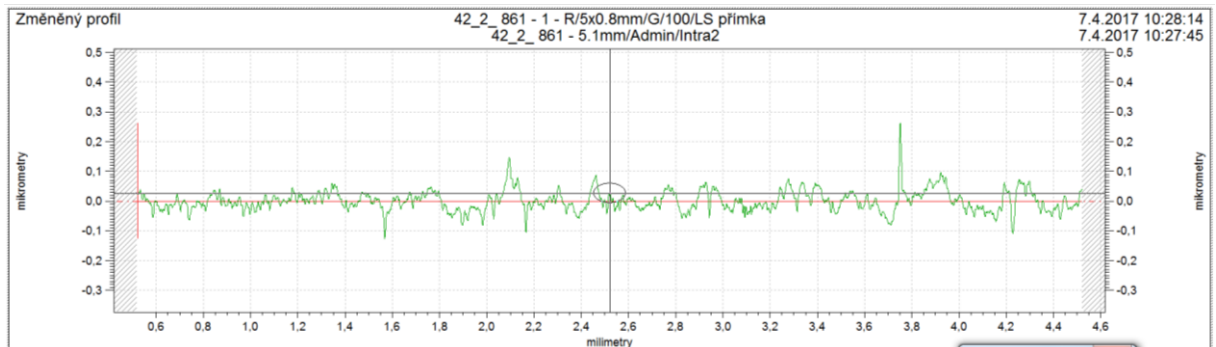
Obr. 48 Nasnímaný profil zkušební destičky 4 v oblasti 3



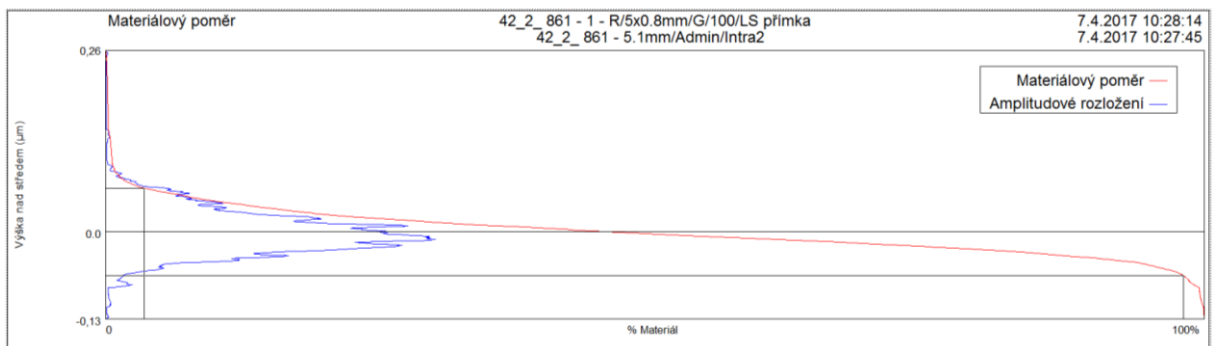
Obr. 49 Materiálový poměr zkušební destičky 4 v oblasti 3

## 8.1.5 Zkušební destička 5

## Oblast 1

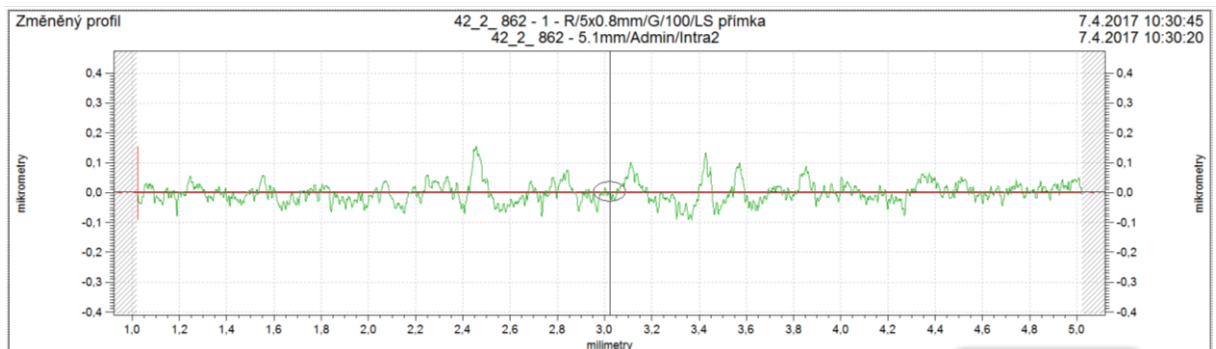


Obr. 50 Nasnímaný profil zkušební destičky 5 v oblasti 1

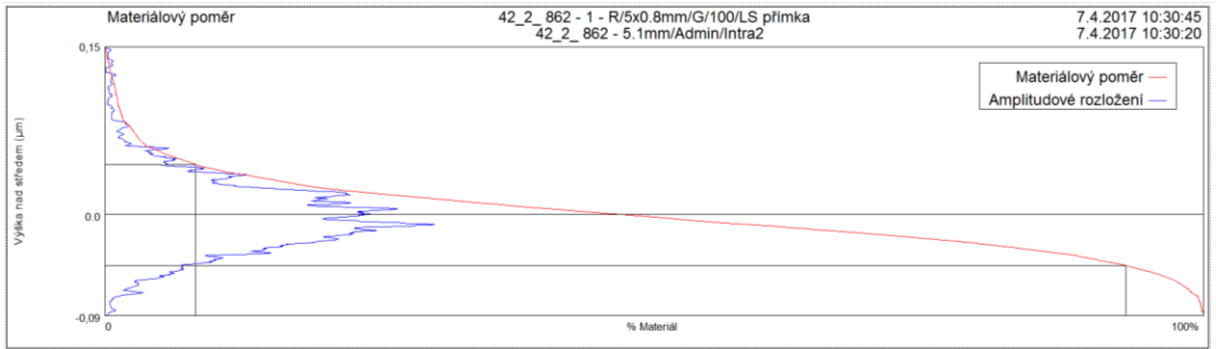


Obr. 51 Materiálový poměr zkušební destičky 5 v oblasti 1

## Oblast 2

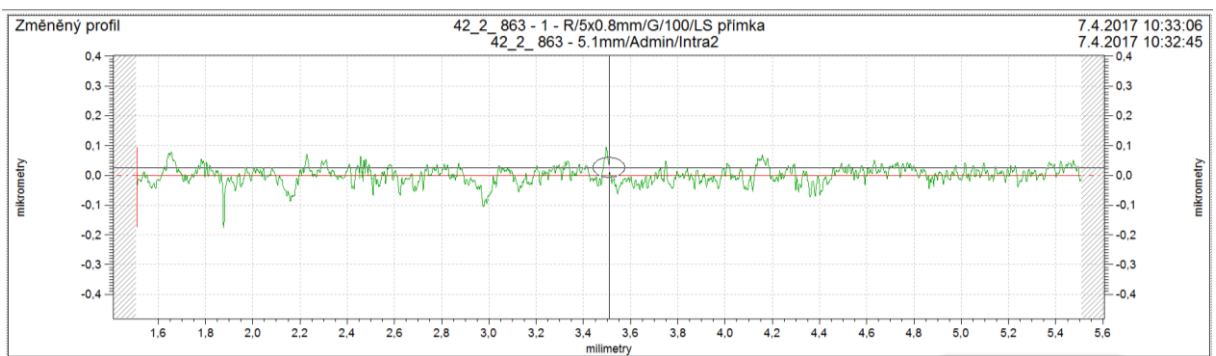


Obr. 52 Nasnímaný profil zkušební destičky 5 v oblasti 2

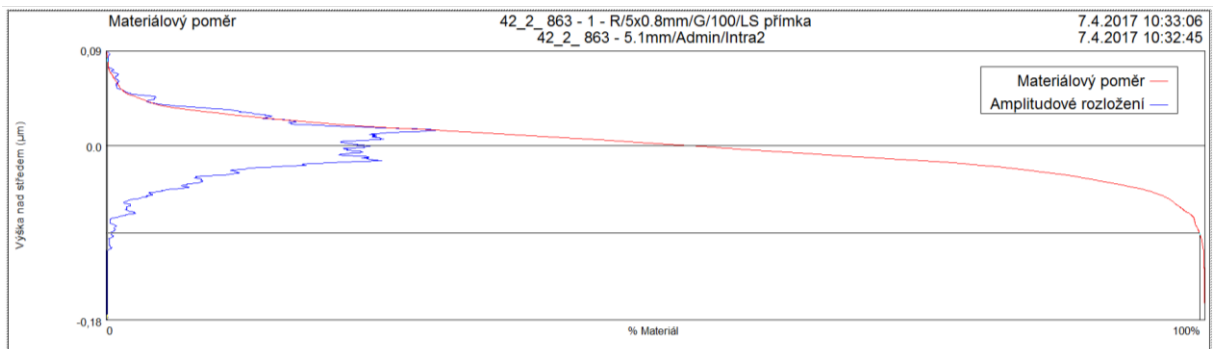


Obr. 53 Materiálový poměr zkušební destičky 5 v oblasti 2

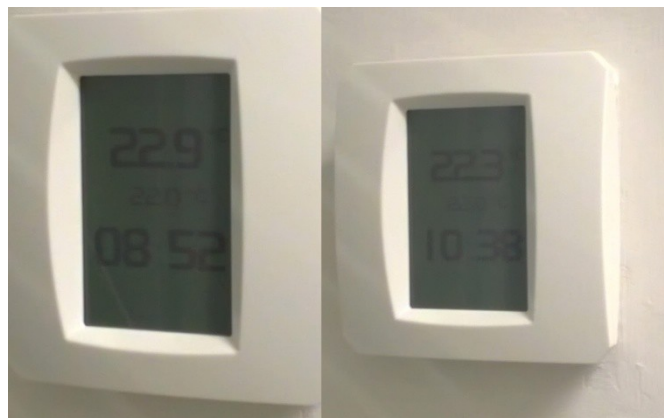
Oblast 3



Obr. 54 Nasnímaný profil zkušební destičky 5 v oblasti 3



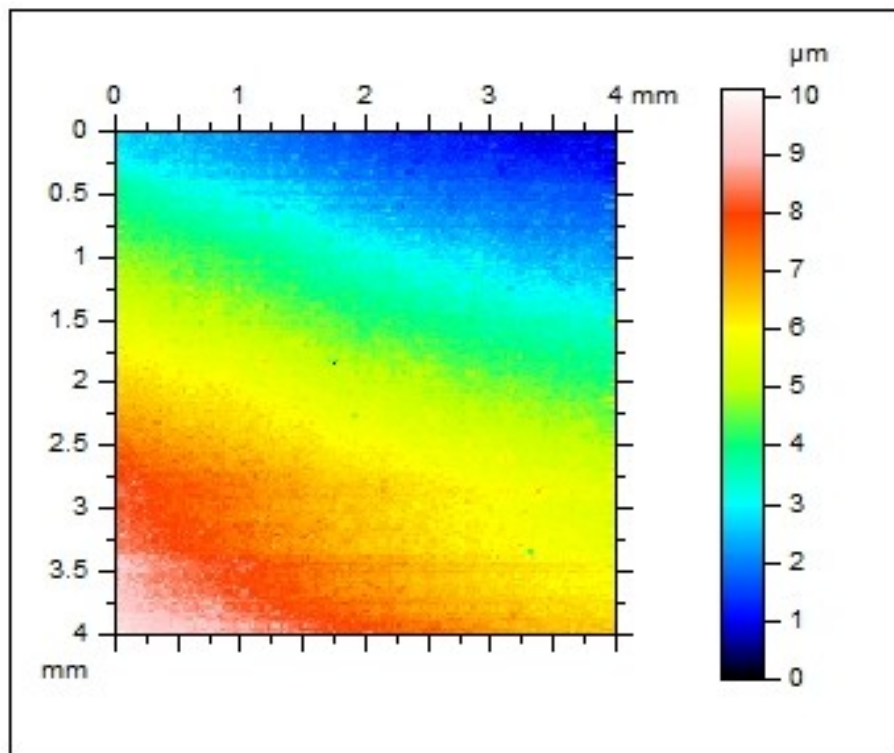
Obr. 55 Materiálový poměr zkušební destičky 5 v oblasti 3



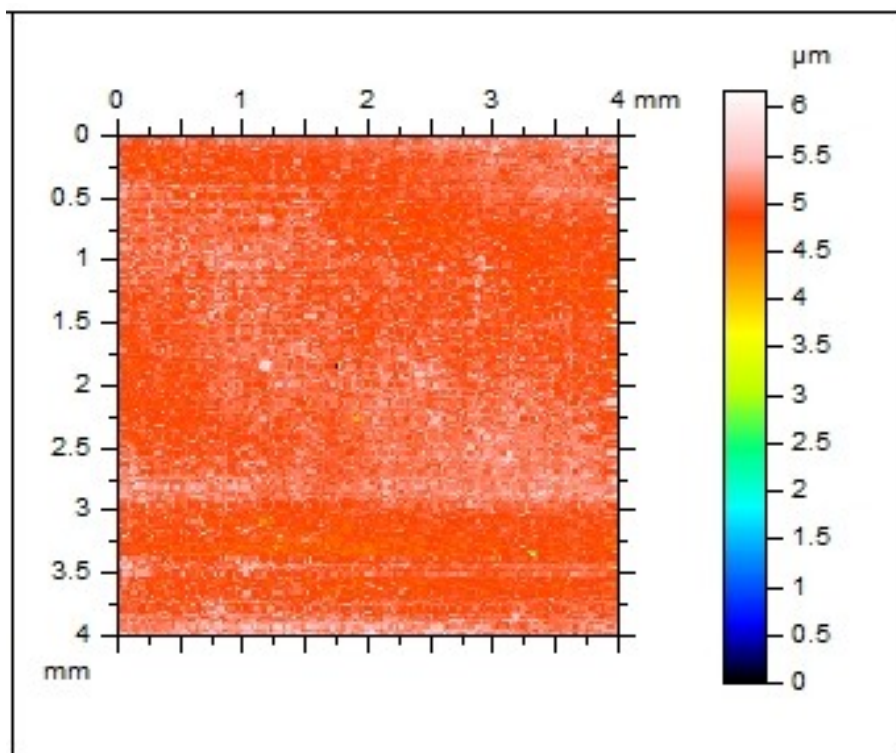
Obr. 56 Podmínky měření

## 8.2 DATA ZÍSKANÁ 3D METODOU

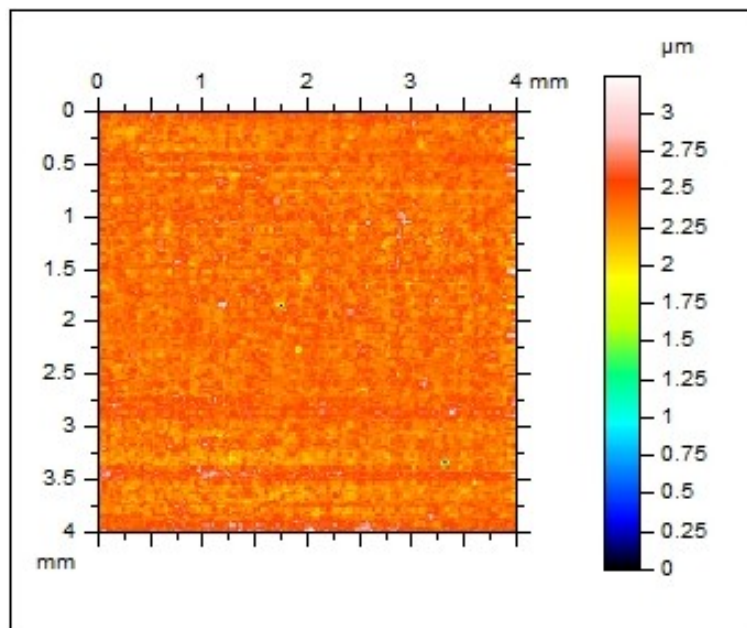
### 8.2.1 Zkušební destička 1



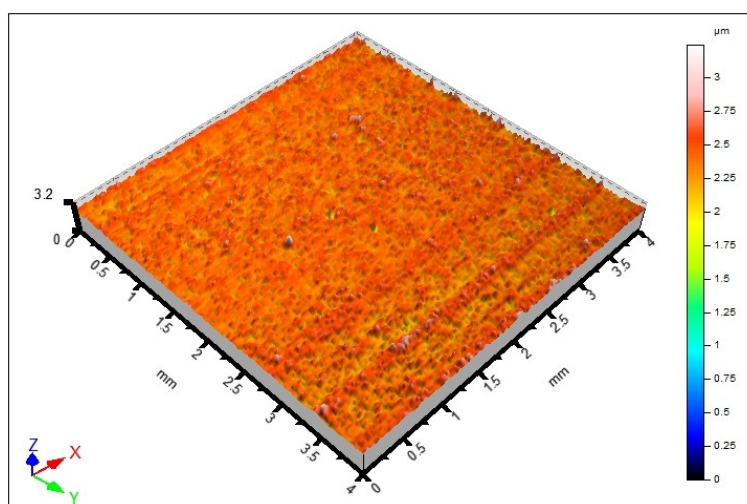
Obr. 57 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1



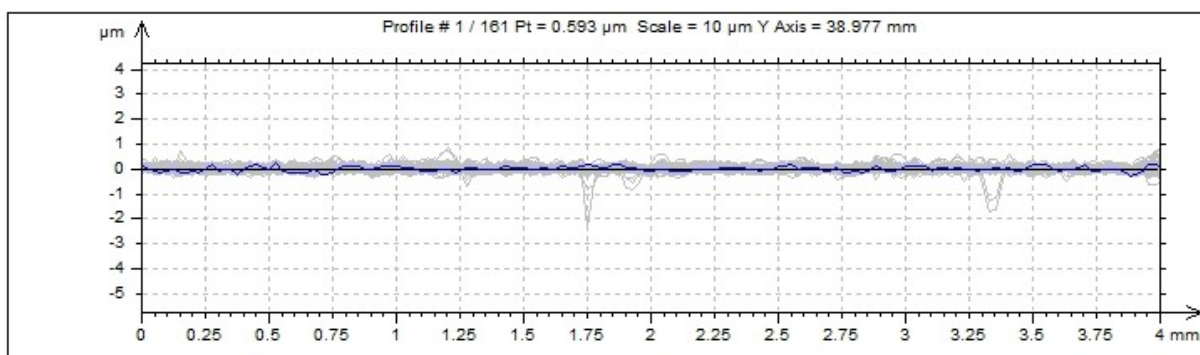
Obr. 58 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 - drsnost, vlnitost



Obr. 59 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 - drsnost



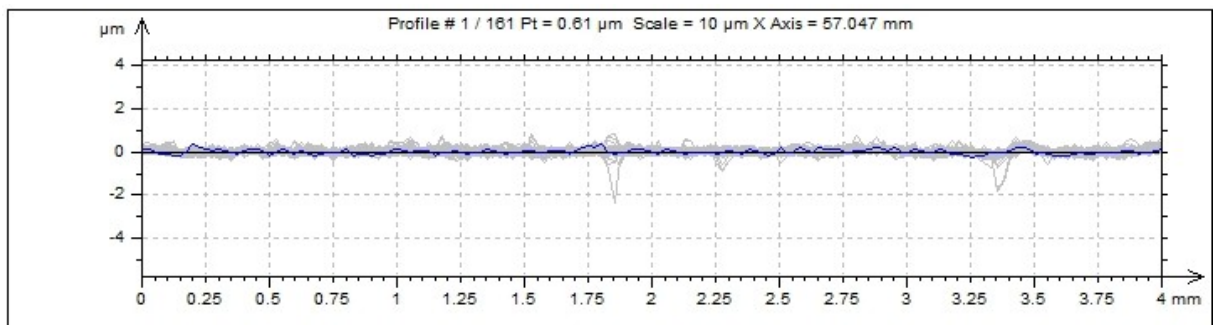
Obr. 60 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 - 3D model



Obr. 61 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E

ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.176	0.049	0.093	0.378
Rv	μm	0.151	0.052	0.084	0.642
Rz	μm	0.328	0.09	0.199	0.997
Rc	μm	0.192	0.051	0.12	0.466
Rt	μm	0.475	0.222	0.265	2.2
Ra	μm	0.06	0.012	0.038	0.108
Rq	μm	0.076	0.017	0.049	0.186
Rsk		0.268	0.707	-5.848	1.725
Rku		4.384	4.545	2.34	56.61
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	99.966	0.218	98.45	100
Rdc	μm	0.121	0.023	0.075	0.218

Obr. 62 Data z programu TalyMap pro směr W-E



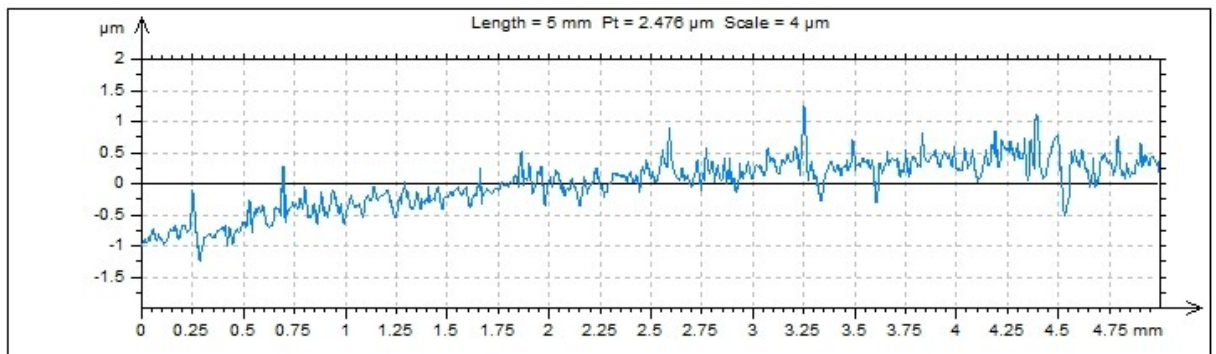
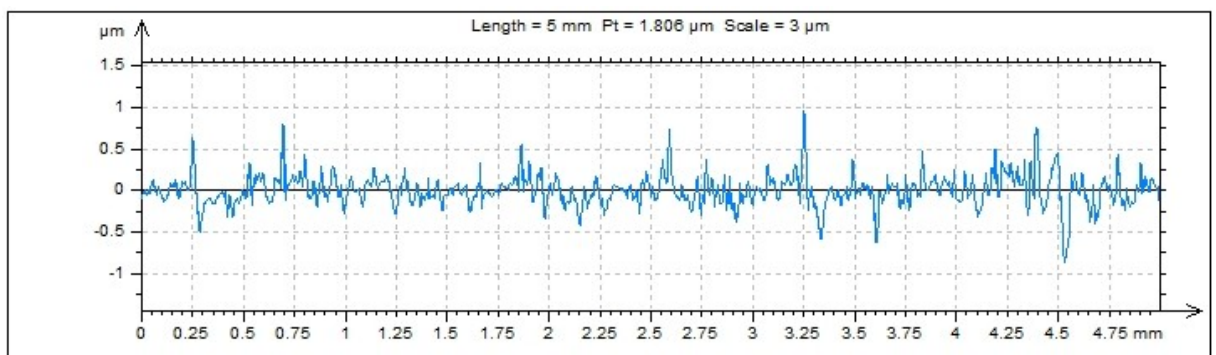
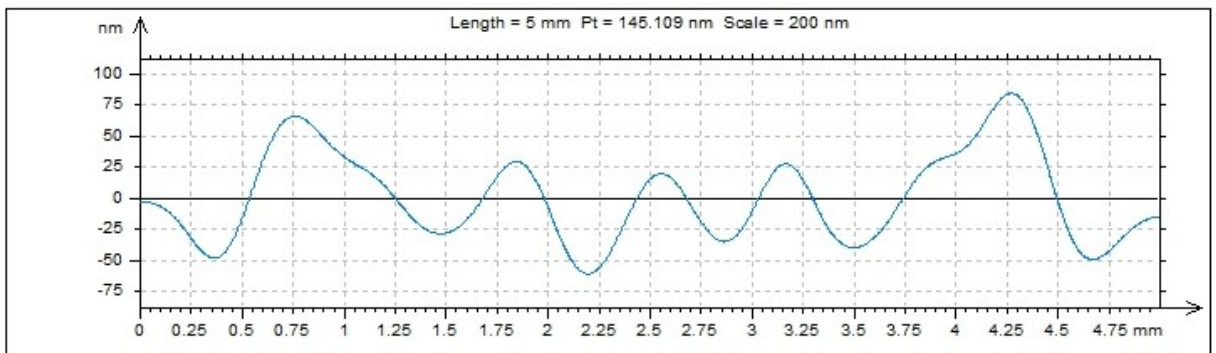
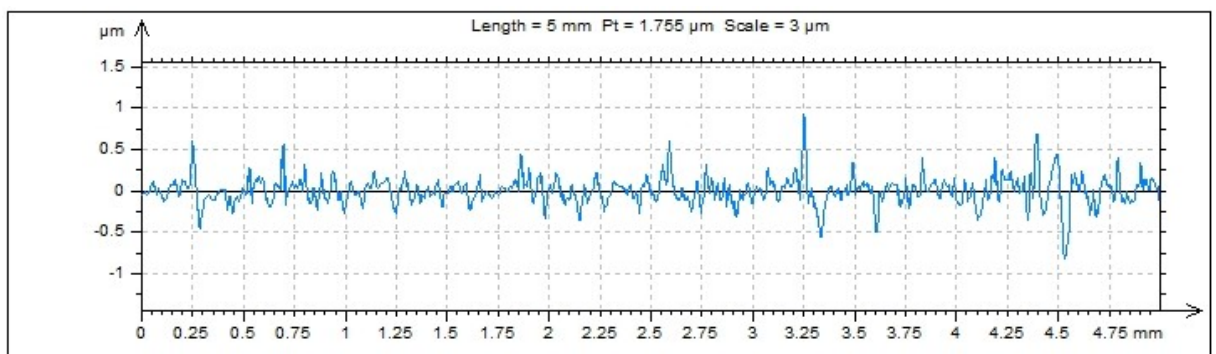
Obr. 63 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S

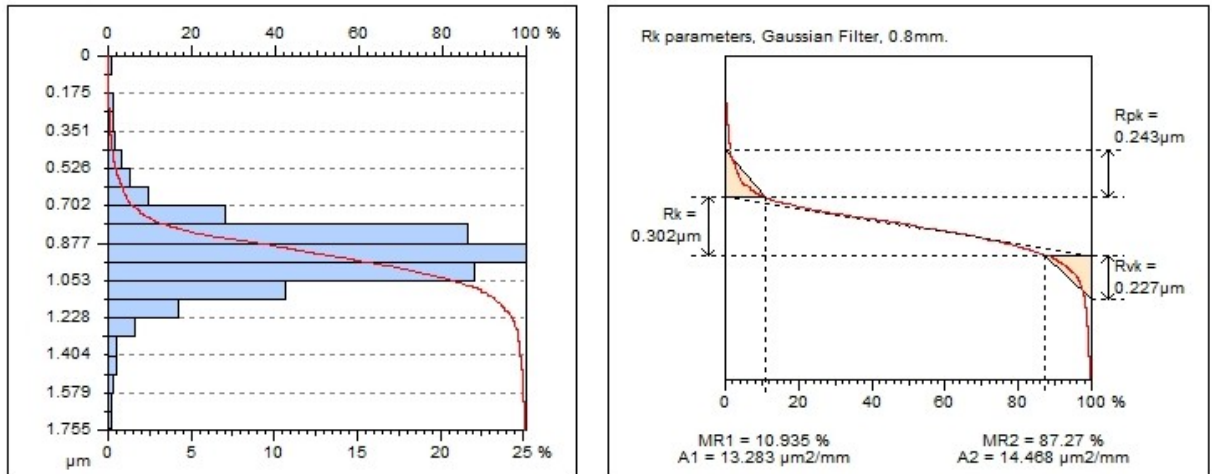
ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.194	0.063	0.111	0.589
Rv	μm	0.164	0.062	0.089	0.753
Rz	μm	0.358	0.1	0.216	0.918
Rc	μm	0.213	0.049	0.123	0.431
Rt	μm	0.545	0.235	0.322	2.24
Ra	μm	0.061	0.013	0.045	0.141
Rq	μm	0.08	0.019	0.055	0.19
Rsk		0.26	1.445	-15.766	2.568
Rku		5.79	13.8	2.501	176.4
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	99.952	0.24	98.45	100
Rdc	μm	0.132	0.024	0.089	0.272

Obr. 64 Data z programu TalyMap pro směr N-S



## Oblast 1

*Obr. 65 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 v oblasti 1**Obr. 66 Odstranění tvaru u zkušební destičky 1 v oblasti 1**Obr. 67 Vlnitost zkušební destičky 1 v oblasti 1**Obr. 68 Drsnost zkušební destičky 1 v oblasti 1*

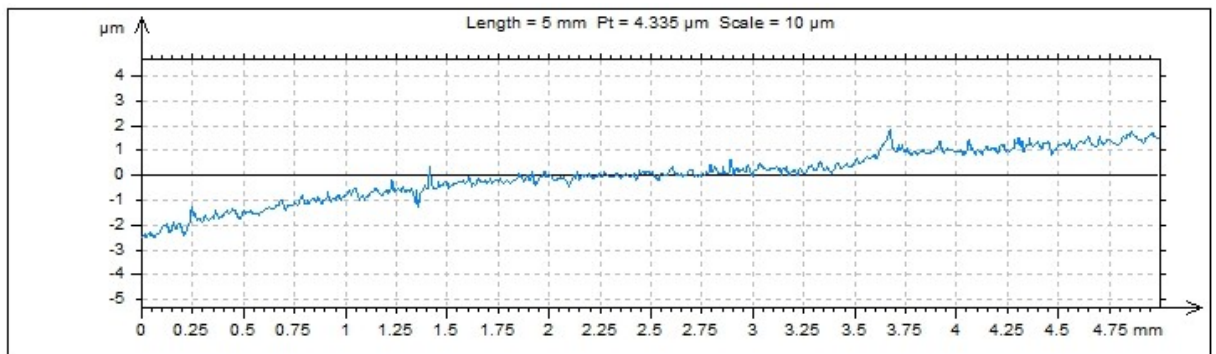


Obr. 69 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 1 oblast 1

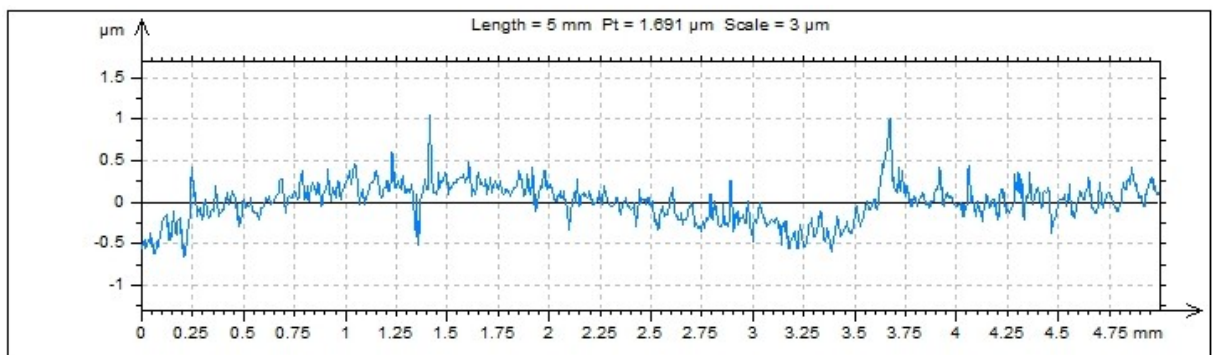
<b>ISO 4287</b>		
<b>Amplitude parameters - <math>R_i</math></b>		
<b>Rz</b>	<b>0.947</b>	<b>μm</b>
<b>Rt</b>	<b>1.689</b>	<b>μm</b>
<b>Ra</b>	<b>0.106</b>	<b>μm</b>

Obr. 70 Vyhodnocené parametry oblasti 1

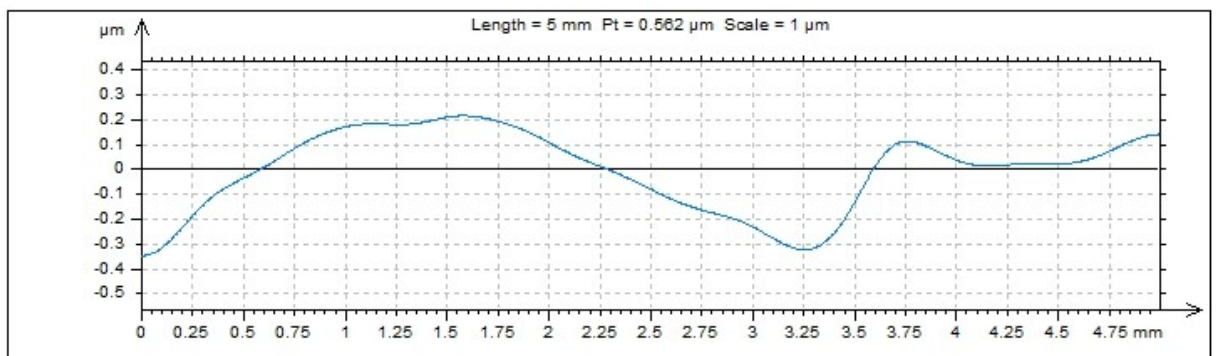
## Oblast 2



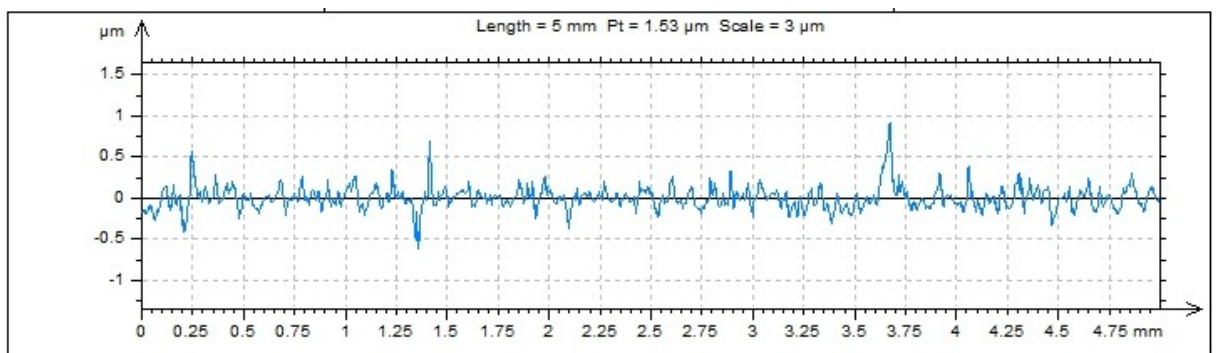
Obr. 71 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 v oblasti 2



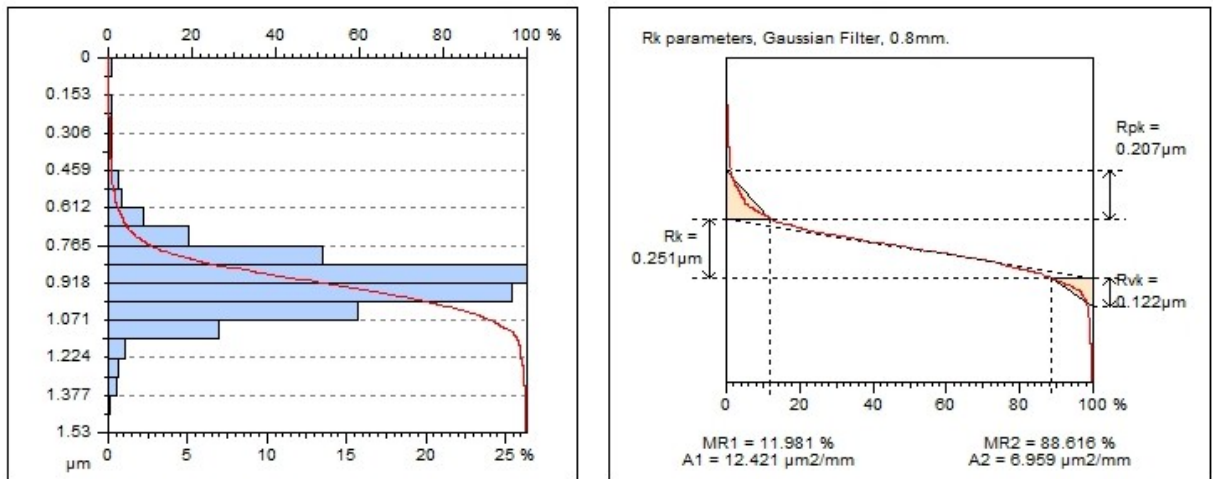
Obr. 72 Odstranění tvaru u zkušební destičky 1 v oblasti 2



Obr. 73 Vlnitost zkušební destičky 1 v oblasti 2



Obr. 74 Drsnost zkušební destičky 1 v oblasti 2

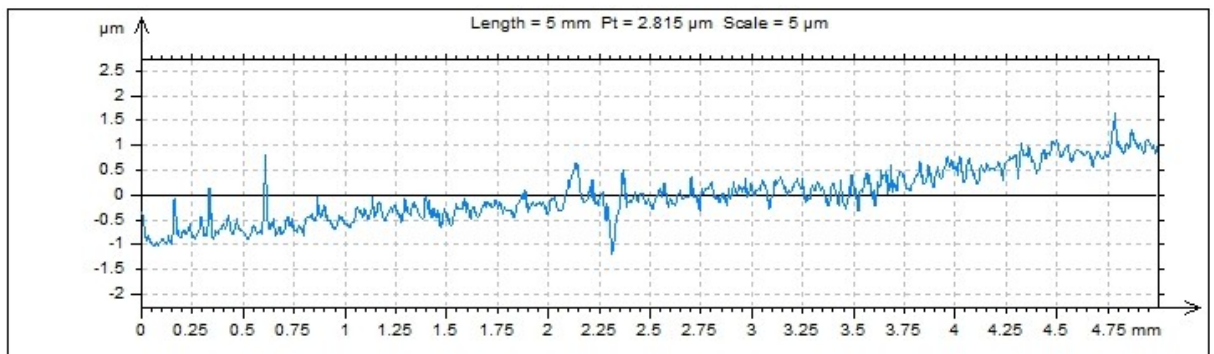
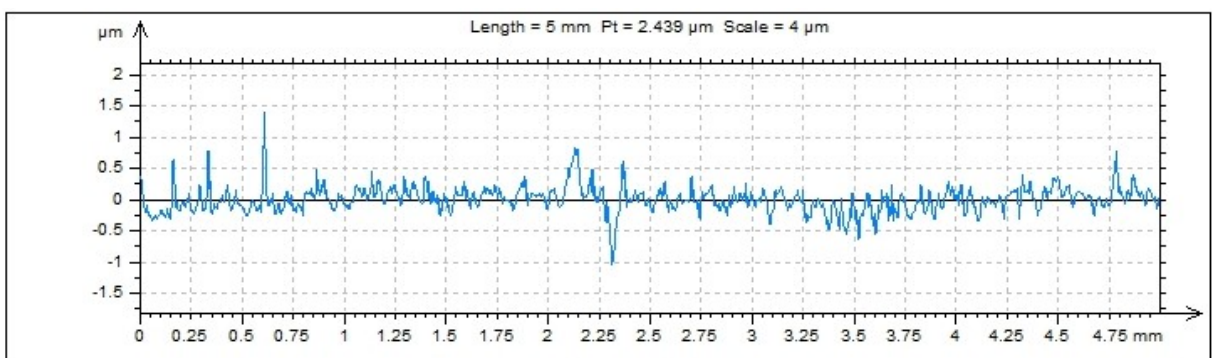
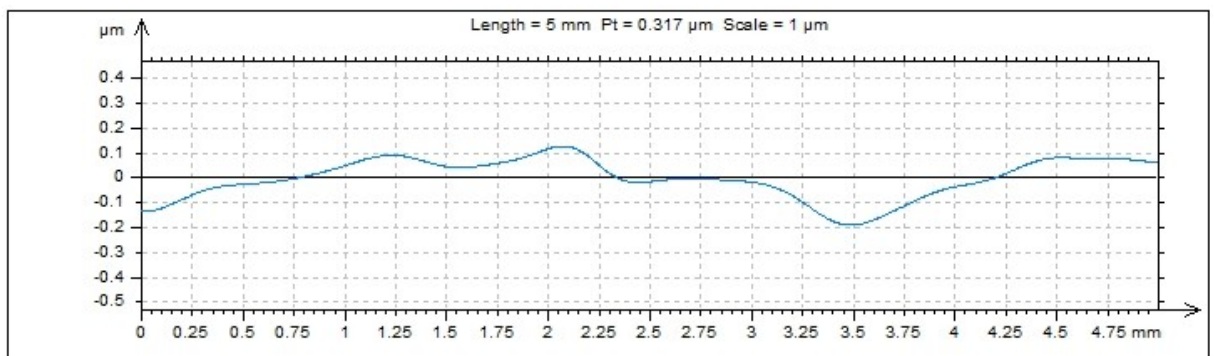
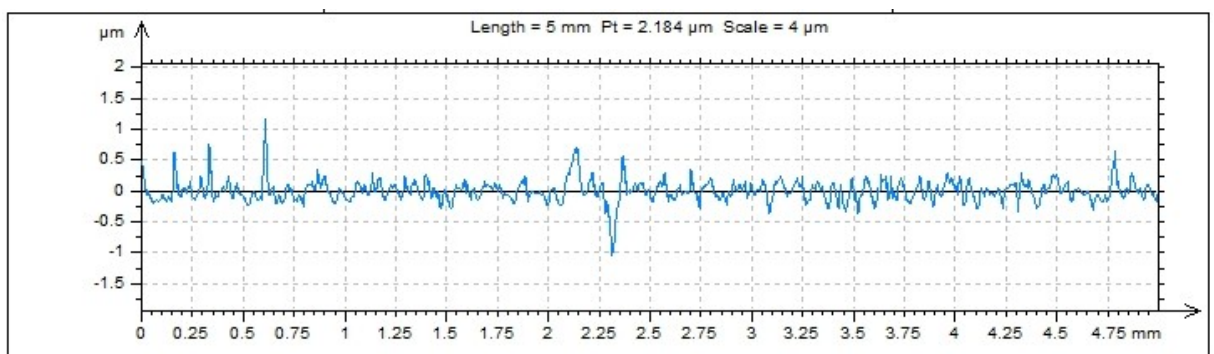


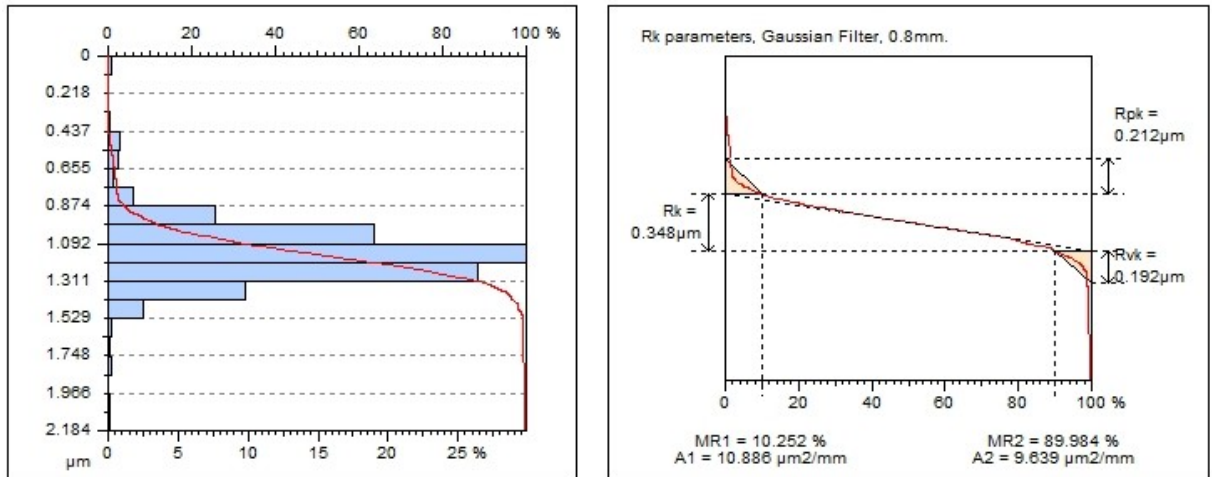
Obr. 75 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 1 oblast 2

ISO 4287		
Amplitude parameters - $R_i$		
<b>Rz</b>	0.741	$\mu\text{m}$
<b>Rt</b>	1.362	$\mu\text{m}$
<b>Ra</b>	0.089	$\mu\text{m}$

Obr. 76 Vyhodnocené parametry oblasti 2

## Oblast 3

*Obr. 77 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 v oblasti 3**Obr. 78 Odstranění tvaru u zkušební destičky 1 v oblasti 3**Obr. 79 Vlnitost zkušební destičky 1 v oblasti 3**Obr. 80 Drsnost zkušební destičky 1 v oblasti 3*

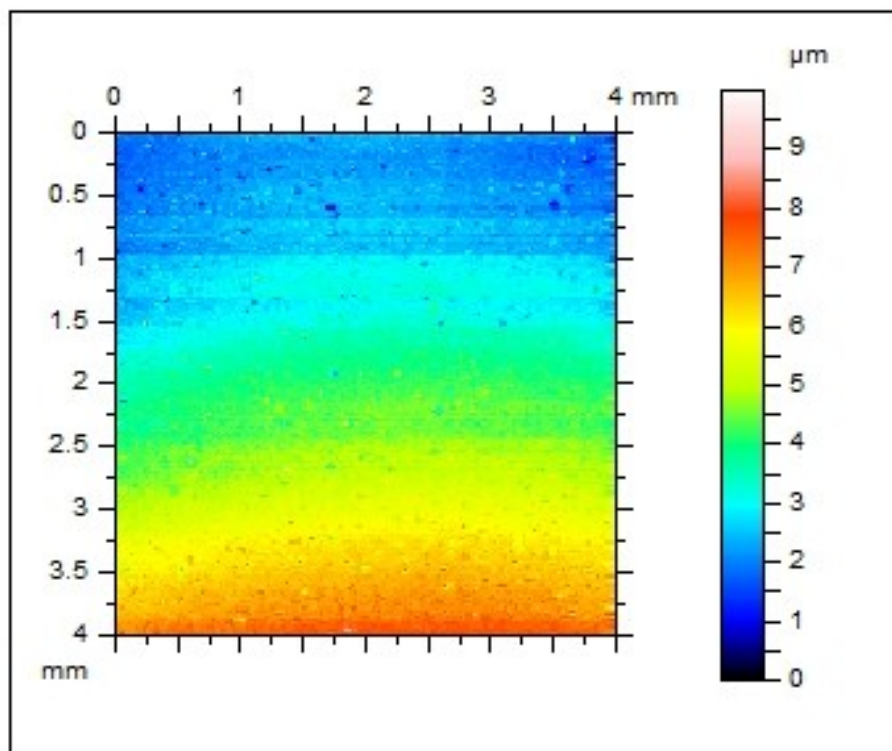


Obr. 81 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 1 oblast 3

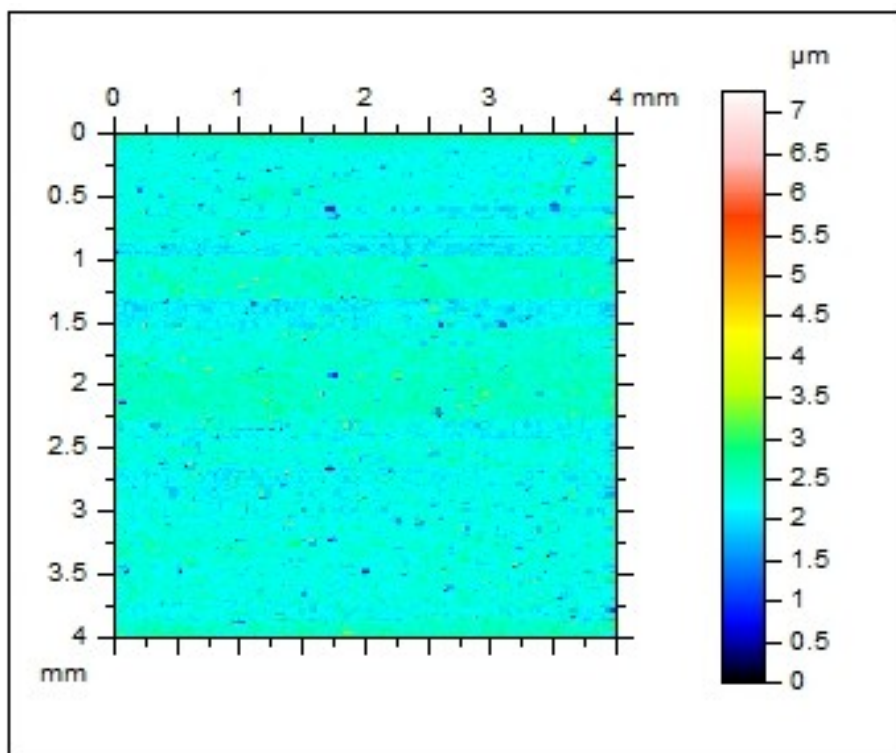
ISO 4287		
Amplitude parameters - R <sub>i</sub>		
Rz	0.907	μm
Rt	1.988	μm
Ra	0.118	μm

Obr. 82 Vyhodnocené parametry oblasti 3

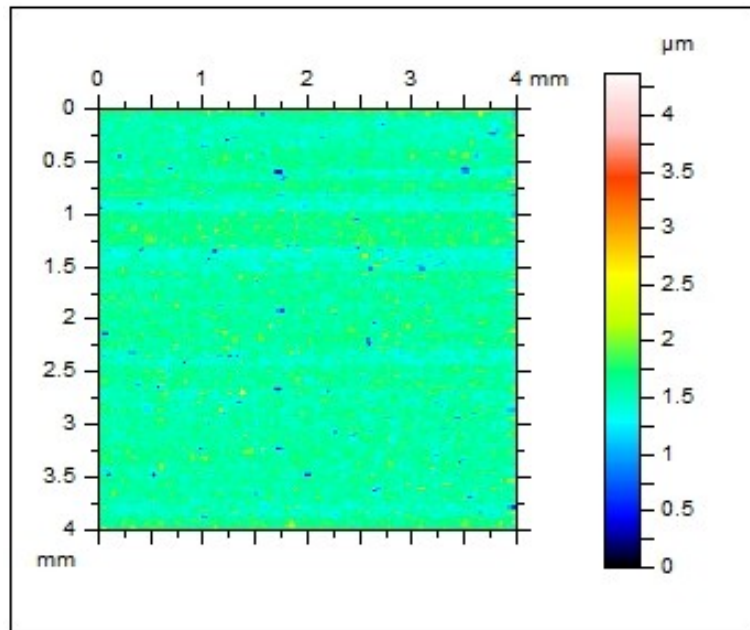
## 8.2.2 Zkušební destička 2



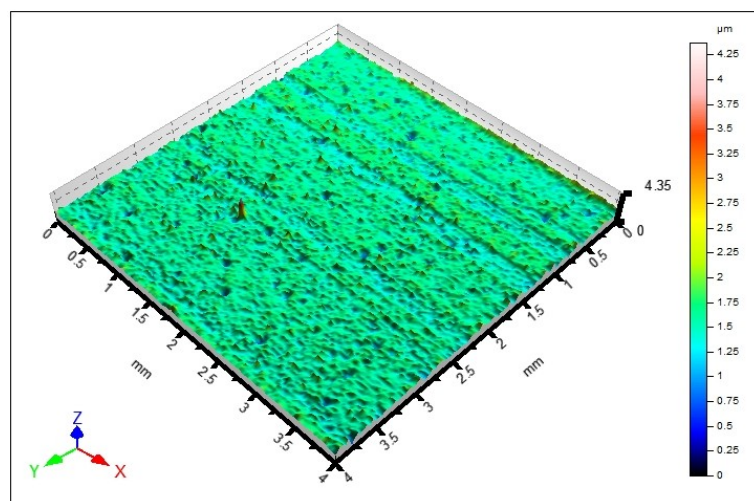
Obr. 83 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2



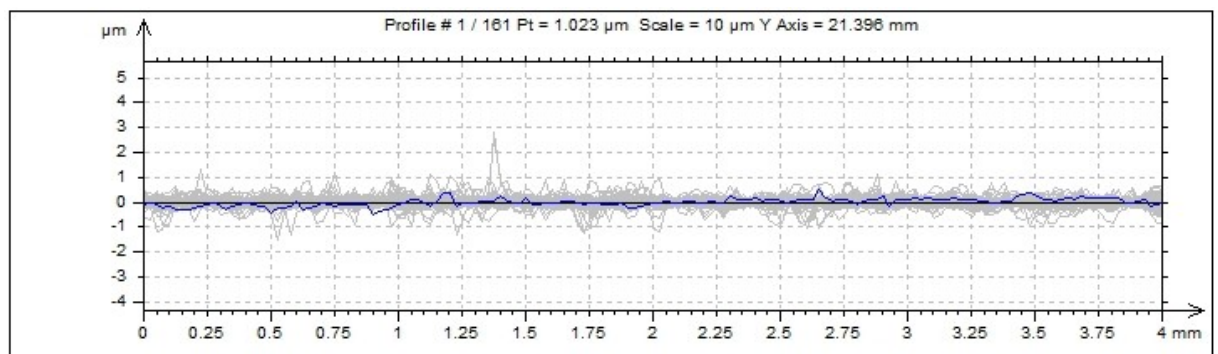
Obr. 84 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 - drsnost, vlnitost



Obr. 85 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 - drsnost



Obr. 86 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 - 3D model

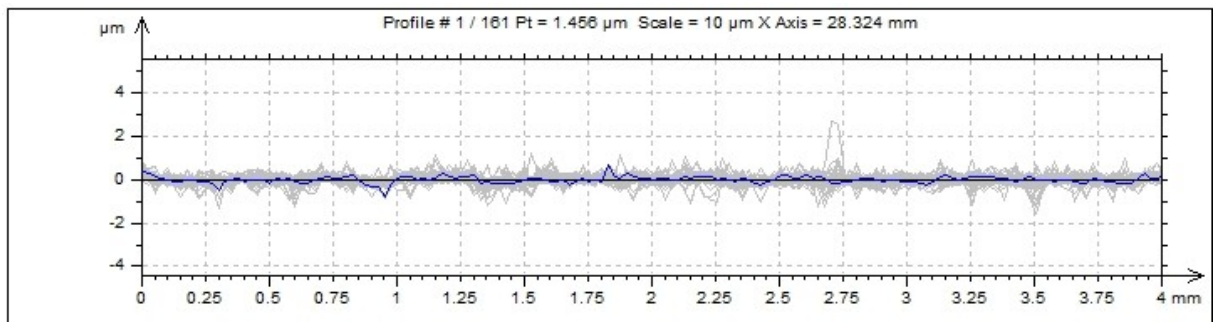


Obr. 87 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E



ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.253	0.108	0.096	0.934
Rv	μm	0.231	0.097	0.108	0.732
Rz	μm	0.484	0.168	0.235	1.285
Rc	μm	0.249	0.084	0.107	0.913
Rt	μm	0.783	0.327	0.34	2.438
Ra	μm	0.074	0.018	0.036	0.179
Rq	μm	0.102	0.03	0.048	0.264
Rsk		0.13	1.649	-4.366	7.319
Rku		9.405	7.887	2.753	63.983
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	98.406	10.955	0.775	100
Rdc	μm	0.136	0.025	0.073	0.244

Obr. 88 Data z programu TalyMap pro směr W-E

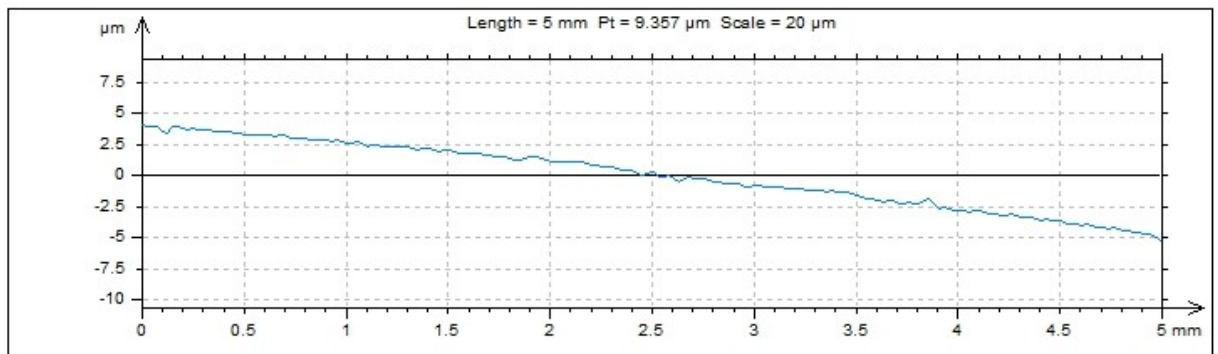


Obr. 89 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S

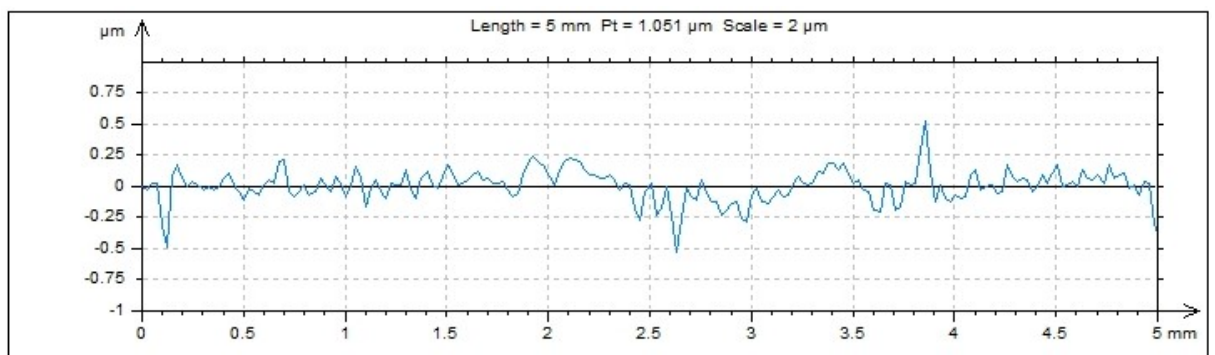
ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.296	0.103	0.176	1.094
Rv	μm	0.292	0.095	0.162	0.785
Rz	μm	0.588	0.155	0.362	1.525
Rc	μm	0.313	0.073	0.187	0.629
Rt	μm	0.867	0.318	0.453	2.972
Ra	μm	0.096	0.016	0.071	0.182
Rq	μm	0.126	0.026	0.087	0.294
Rsk		-0.051	1.134	-4.251	7.407
Rku		6.243	5.786	2.416	55.921
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	98.491	8.59	1.55	100
Rdc	μm	0.18	0.029	0.13	0.34

Obr. 90 Data z programu TalyMap pro směr N-S

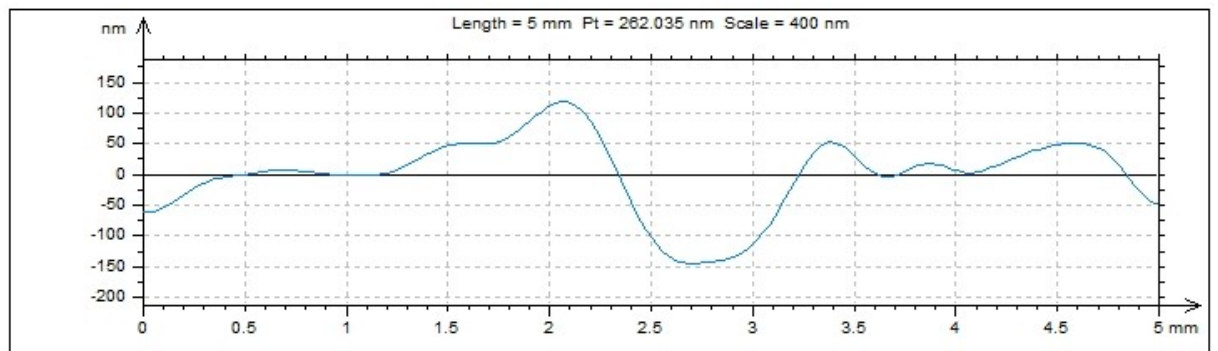
Oblast 1



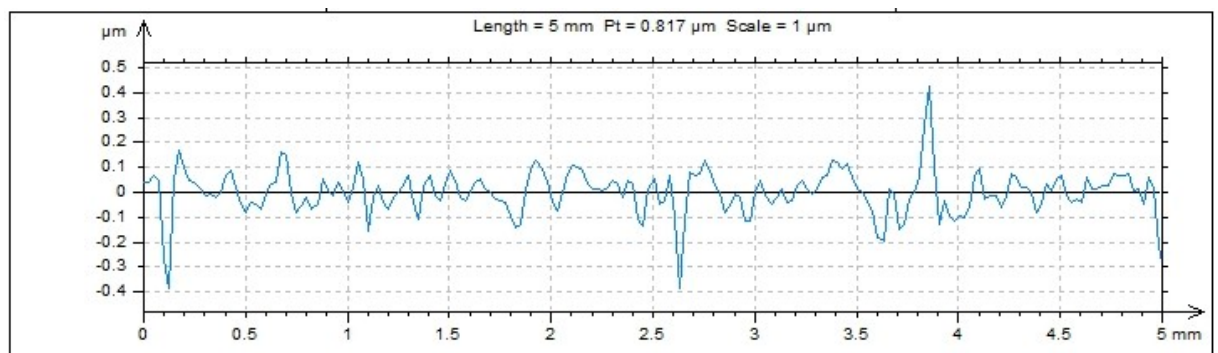
Obr. 91 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 v oblasti 1



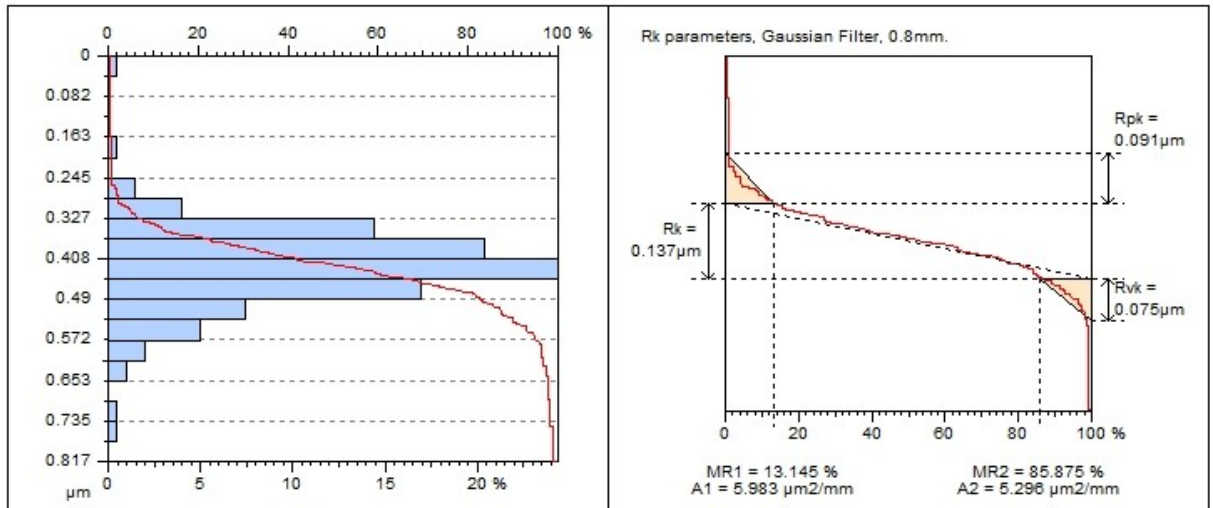
Obr.92 Odstranění tvaru u zkušební destičky 2 v oblasti 1



Obr. 93 Vlnitost zkušební destičky 2 v oblasti 1



Obr. 94 Drsnost zkušební destičky 2 v oblasti 1

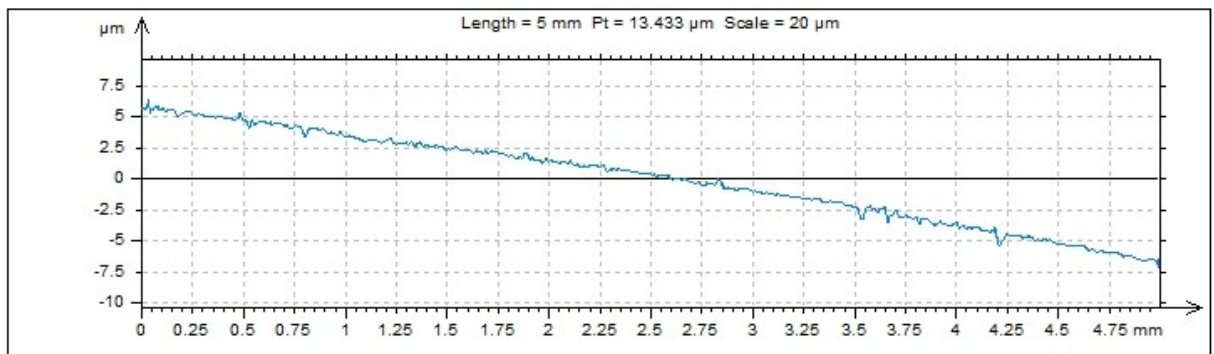
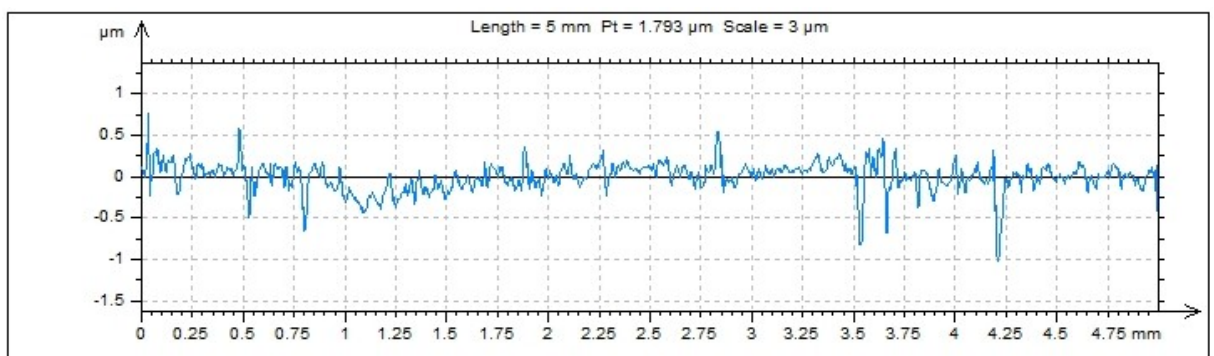
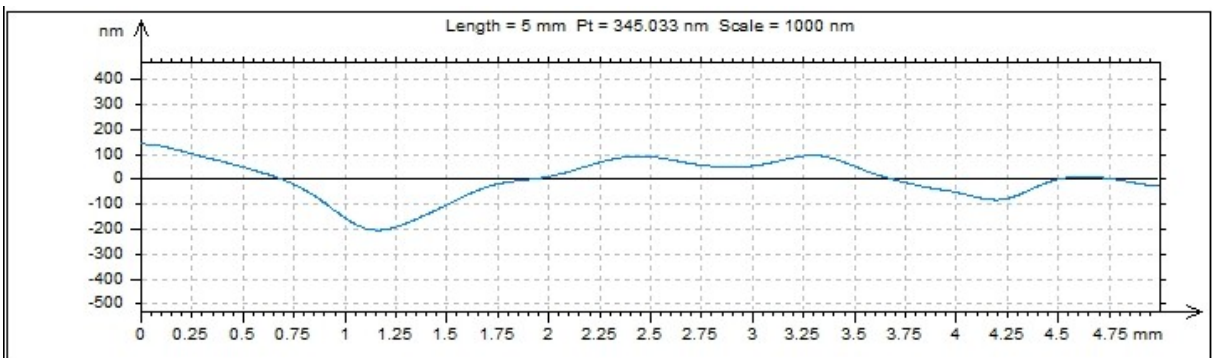
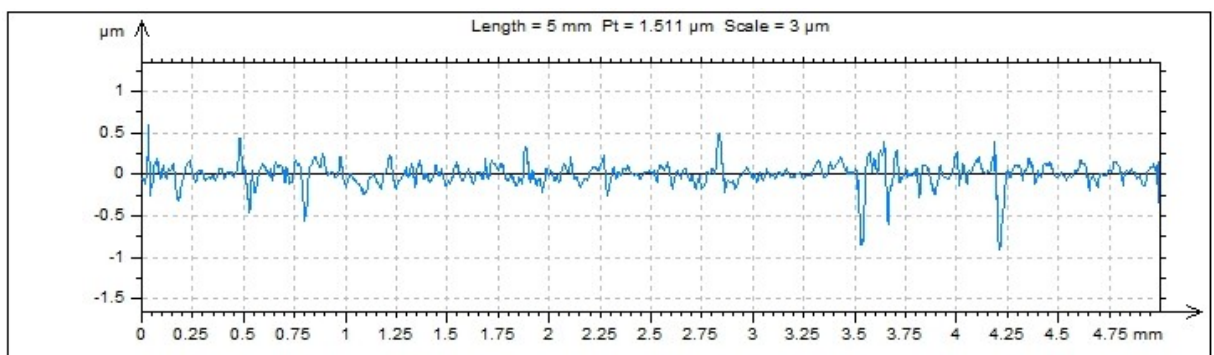


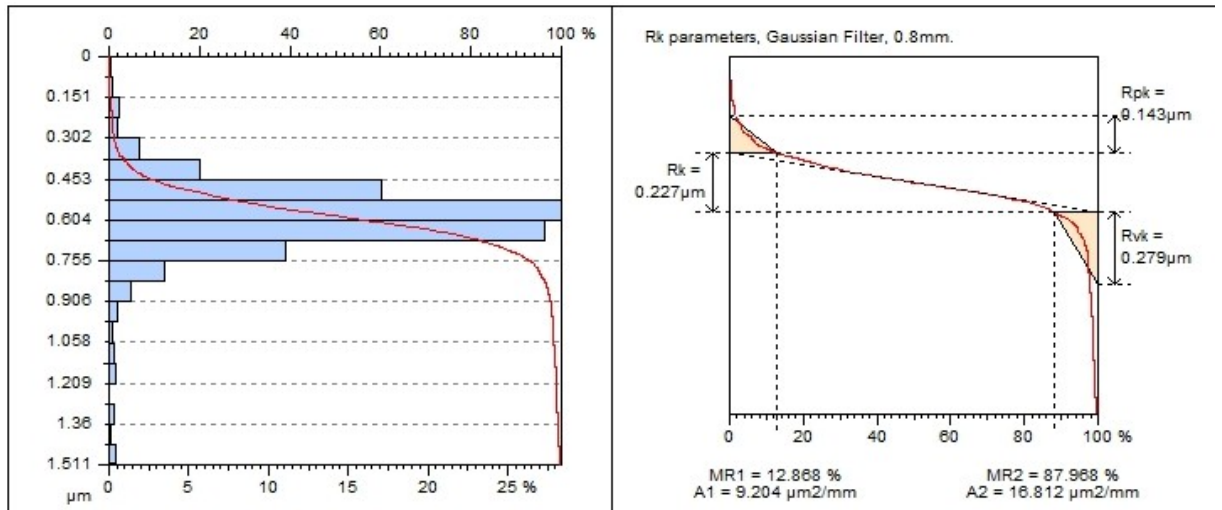
Obr. 95 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 2 oblast 1

ISO 4287		
Amplitude parameters - $R_i$		
$R_z$	0.331	$\mu\text{m}$
$R_t$	0.649	$\mu\text{m}$
$R_a$	0.051	$\mu\text{m}$

Obr. 96 Vyhodnocené parametry oblasti 1

## Oblast 2

*Obr. 97 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 v oblasti 2**Obr. 98 Odstranění tvaru u zkušební destičky 2 v oblasti 2**Obr. 99 Vlnitost zkušební destičky 2 v oblasti 2**Obr. 100 Drsnost zkušební destičky 2 v oblasti 2*

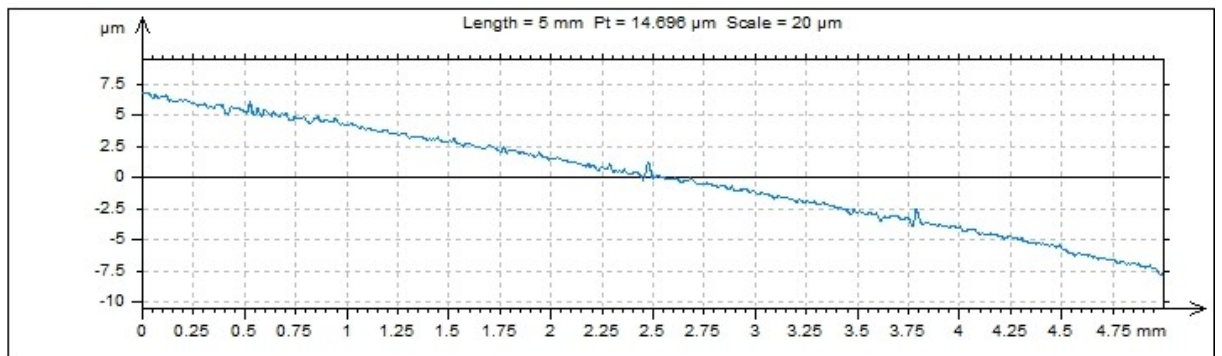
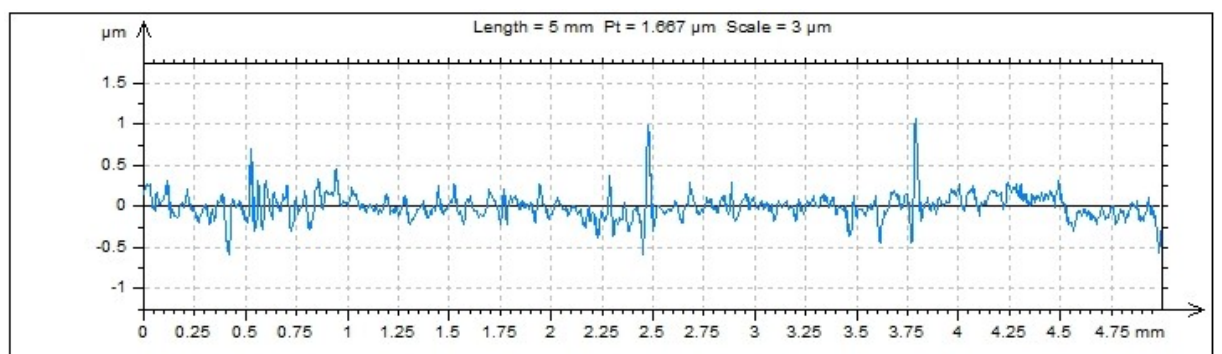
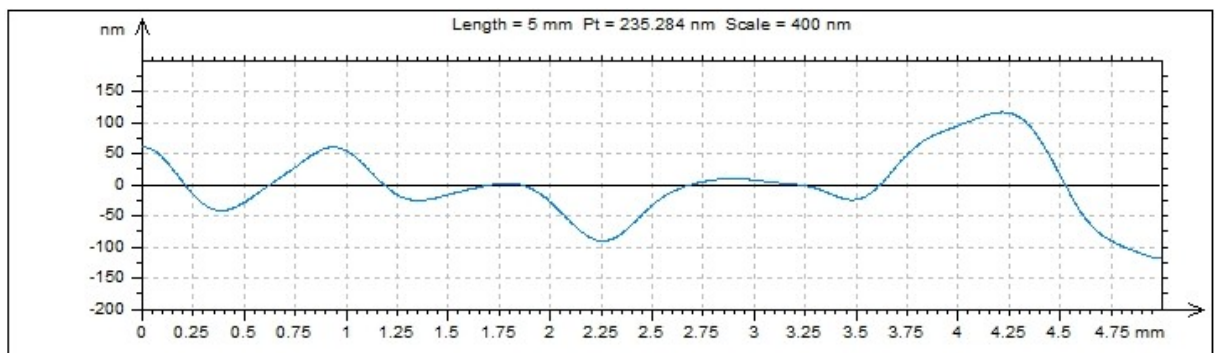
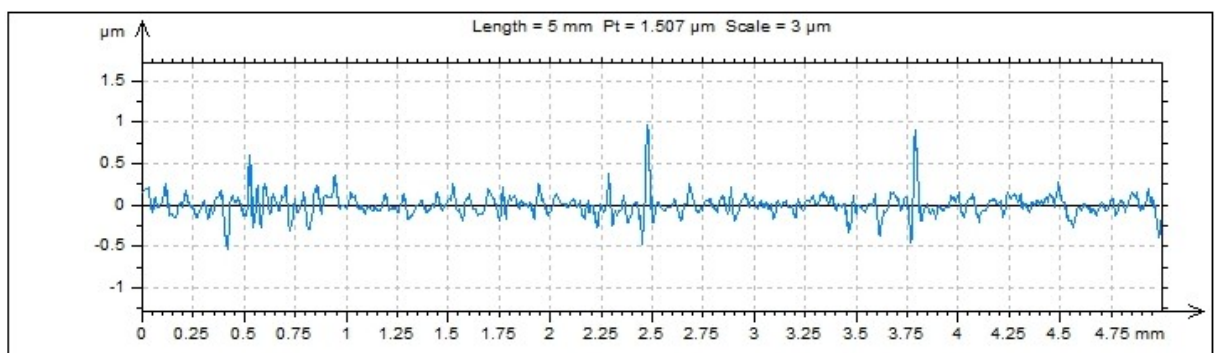


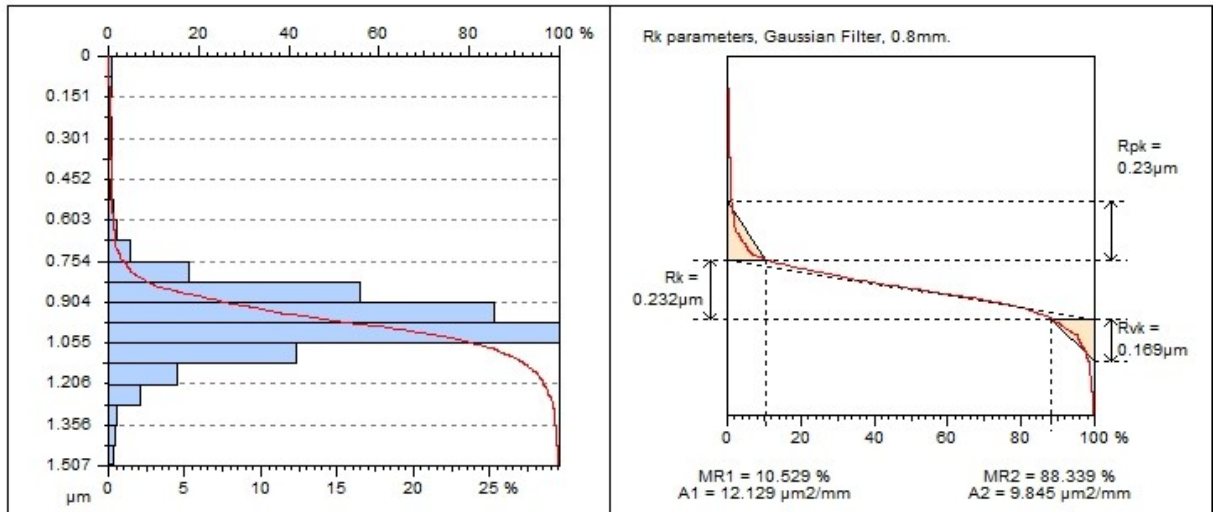
Obr. 101 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 2 oblast 2

<b>ISO 4287</b>		
<b>Amplitude parameters - <math>R_i</math></b>		
<b>Rz</b>	<b>0.881</b>	<b><math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Rt</b>	<b>1.366</b>	<b><math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Ra</b>	<b>0.091</b>	<b><math>\mu\text{m}</math></b>

Obr. 102 Vyhodnocené parametry oblasti 2

## Oblast 3

*Obr. 103 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 v oblasti 3**Obr. 104 Odstranění tvaru u zkušební destičky 2 v oblasti 3**Obr. 105 Vlnitost zkušební destičky 2 v oblasti 3**Obr. 106 Drsnost zkušební destičky 2 v oblasti 3*

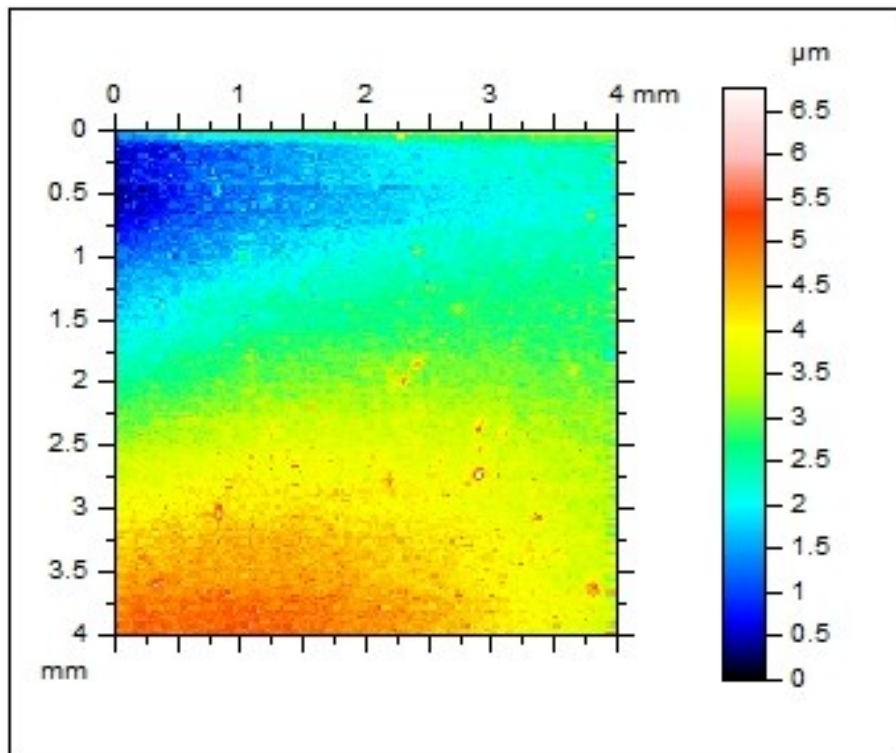


Obr. 107 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 2 oblast 3

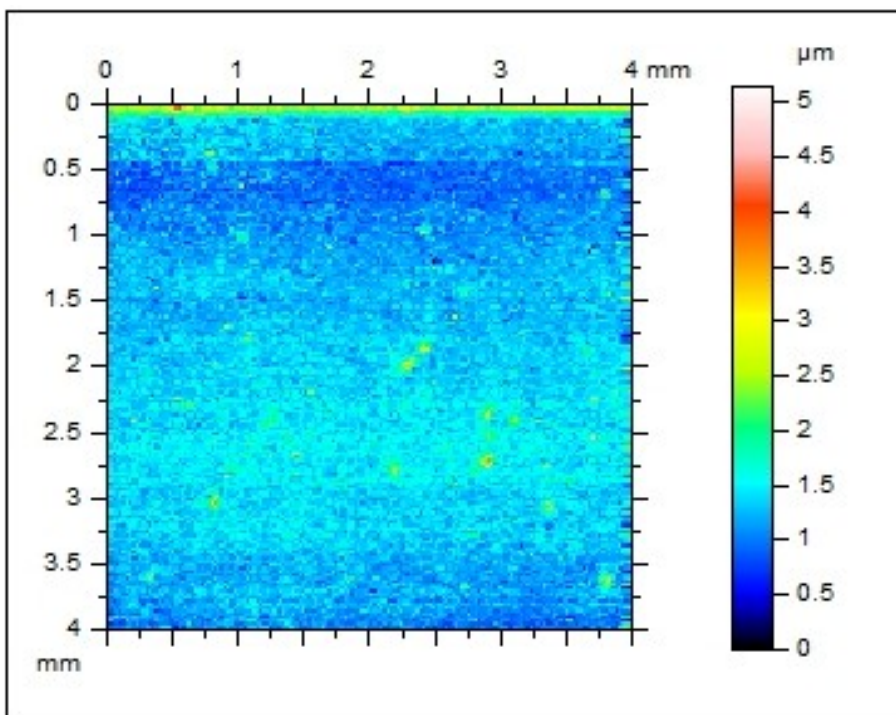
<b>ISO 4287</b>		
<b>Amplitude parameters - R<sub>i</sub></b>		
<b>R<sub>z</sub></b>	<b>0.904</b>	<b>μm</b>
<b>R<sub>t</sub></b>	<b>1.422</b>	<b>μm</b>
<b>R<sub>a</sub></b>	<b>0.086</b>	<b>μm</b>

Obr. 108 Vyhodnocené parametry oblasti 3

## 8.2.3 Zkušební destička 3

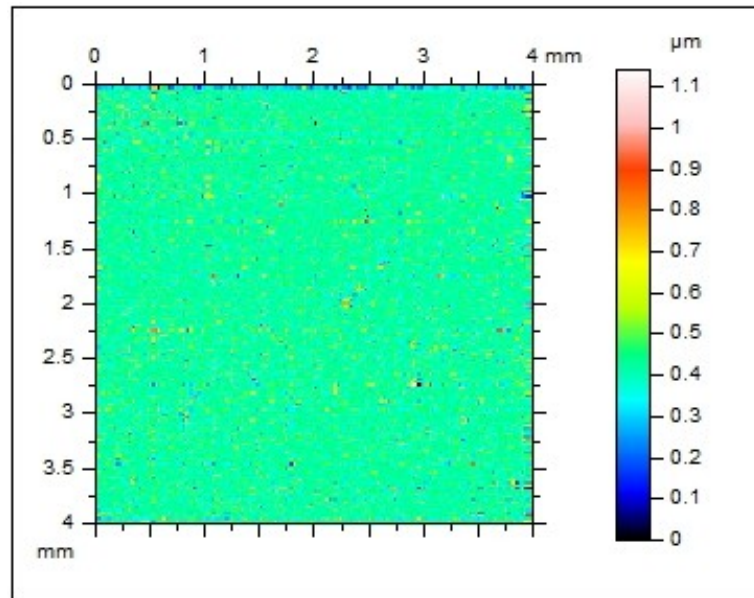


Obr. 109 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3

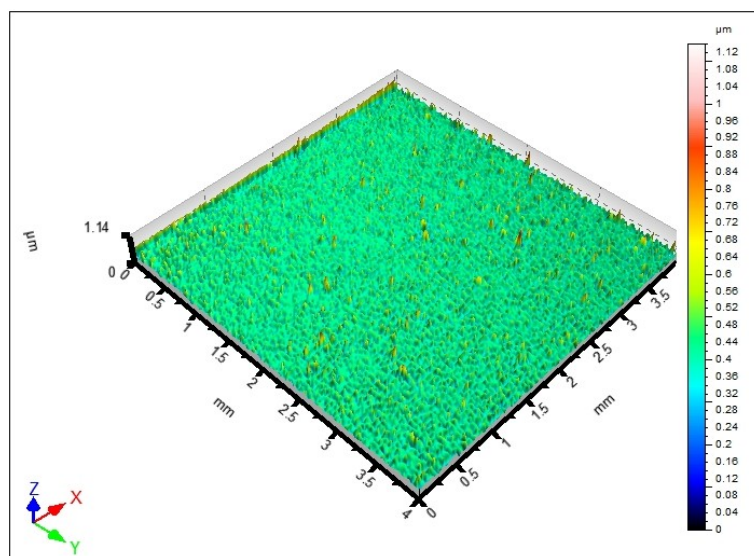


Obr. 110 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 - drsnost, vlnitost

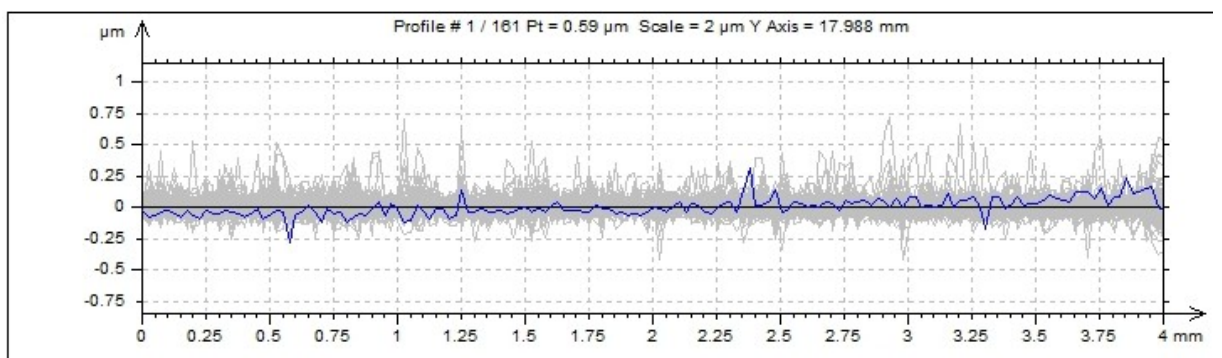




Obr. 111 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 - drsnost



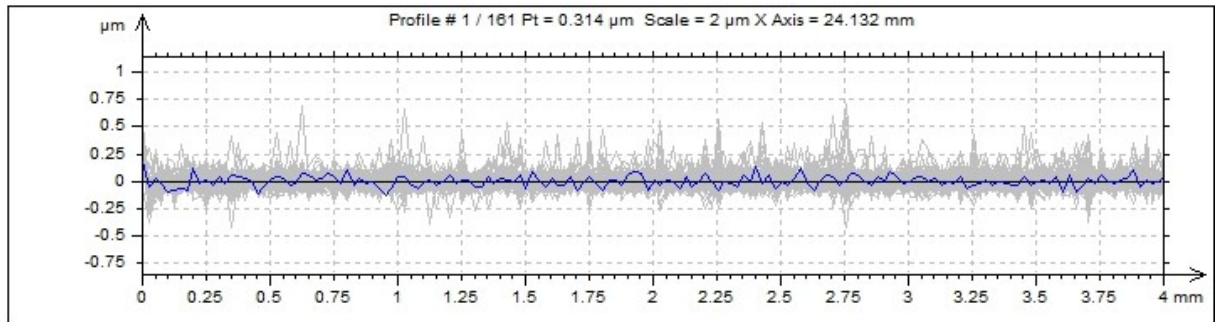
Obr. 112 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 - 3D model



Obr. 113 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E

ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.115	0.041	0.043	0.282
Rv	μm	0.087	0.023	0.049	0.192
Rz	μm	0.202	0.056	0.104	0.395
Rc	μm	0.101	0.028	0.057	0.213
Rt	μm	0.303	0.119	0.16	0.908
Ra	μm	0.032	0.008	0.021	0.061
Rq	μm	0.043	0.011	0.026	0.087
Rsk		0.825	1.202	-1.246	7.372
Rku		7.586	7.759	2.507	70.302
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	100	0	100	100
Rdc	μm	0.063	0.015	0.04	0.115

Obr. 114 Data z programu TalyMap pro směr W-E

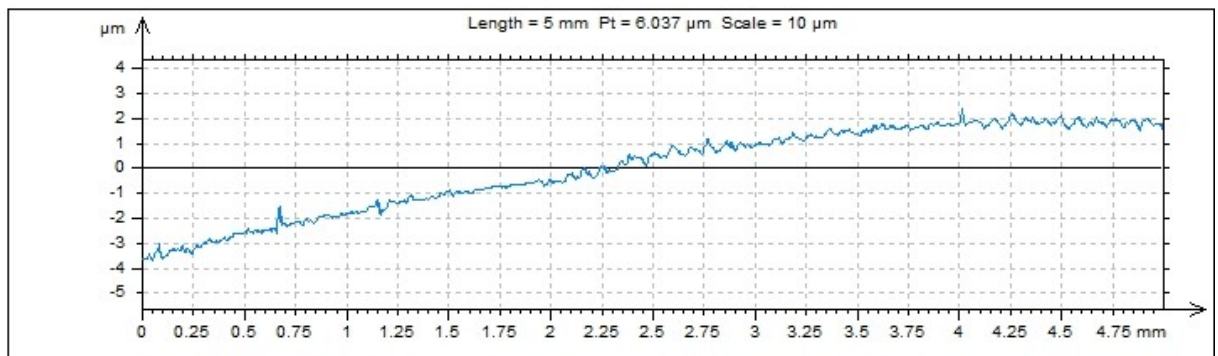


Obr. 115 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S

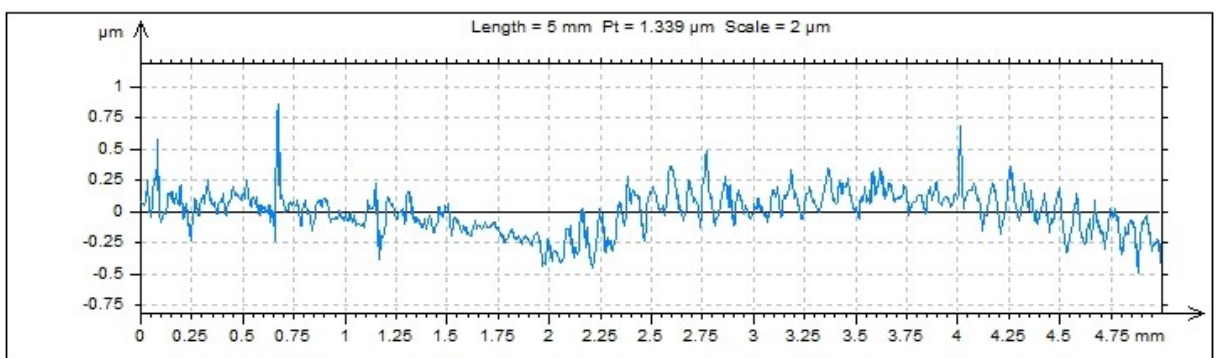
ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.119	0.046	0.057	0.292
Rv	μm	0.086	0.023	0.05	0.172
Rz	μm	0.205	0.061	0.107	0.448
Rc	μm	0.096	0.024	0.06	0.177
Rt	μm	0.306	0.116	0.15	0.752
Ra	μm	0.032	0.007	0.02	0.059
Rq	μm	0.042	0.011	0.025	0.084
Rsk		0.971	1.145	-0.906	5.95
Rku		8.073	7.009	2.742	45.787
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	100	0	100	100
Rdc	μm	0.062	0.013	0.042	0.107

Obr. 116 Data z programu TalyMap pro směr N-S

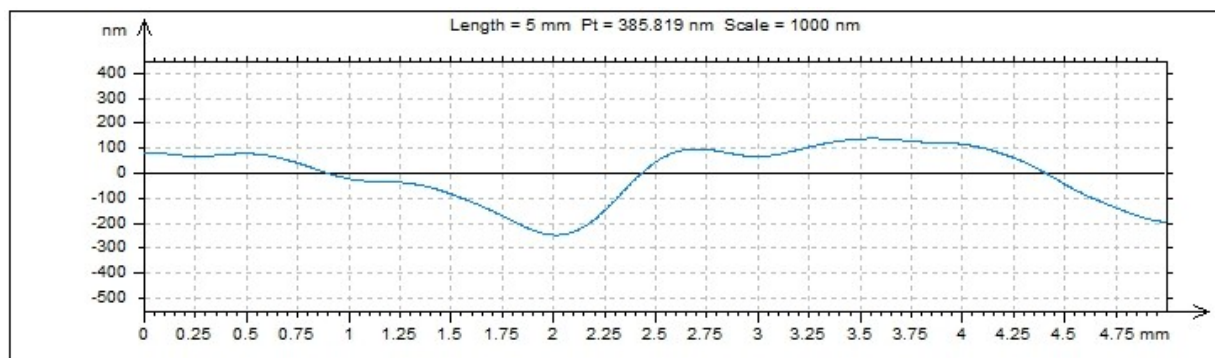
## Oblast 1



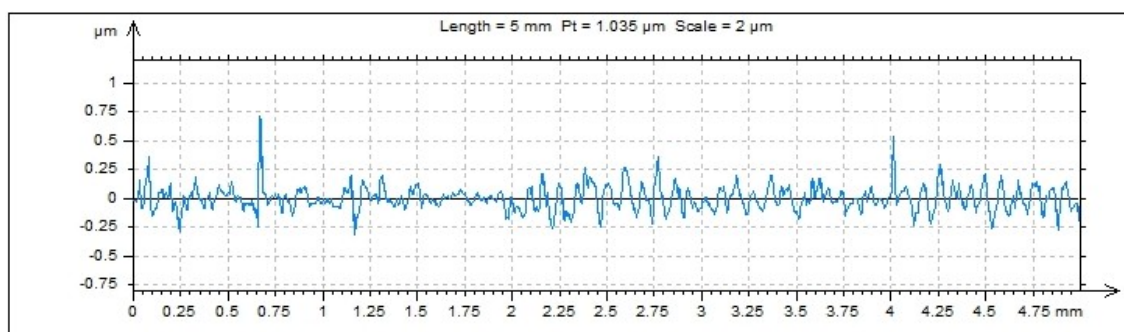
Obr. 117 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 v oblasti 1



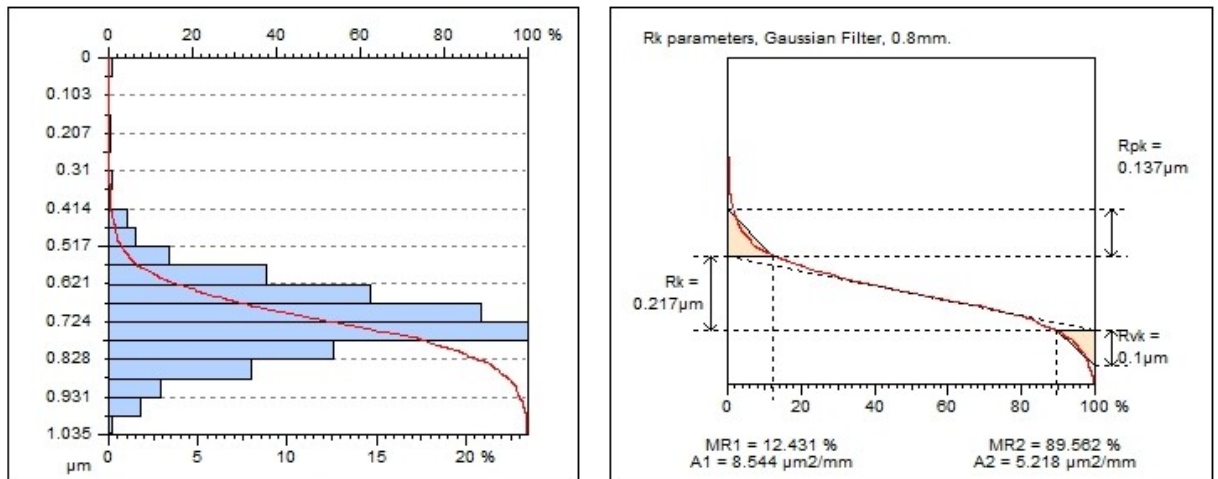
Obr. 118 Odstranění tvaru u zkušební destičky 3 v oblasti 1



Obr. 119 Vlnitost zkušební destičky 3 v oblasti 1



Obr. 120 Drsnost zkušební destičky 3 v oblasti 1

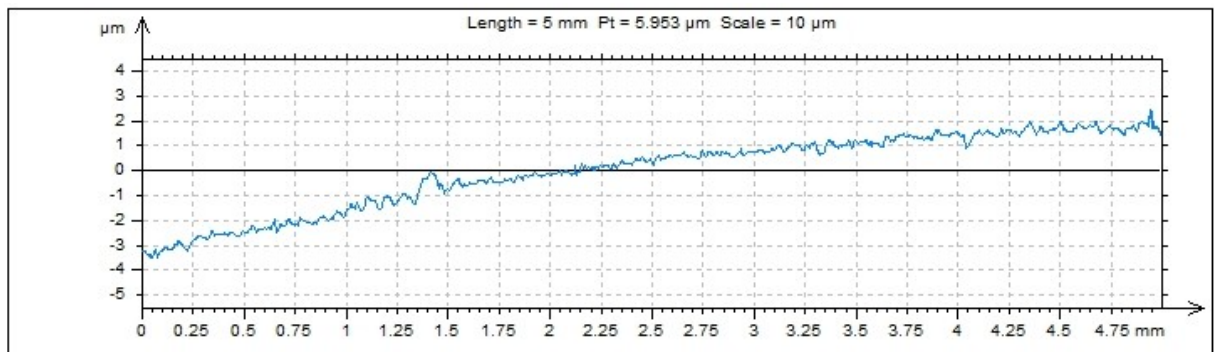


Obr. 121 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 3 oblast 1

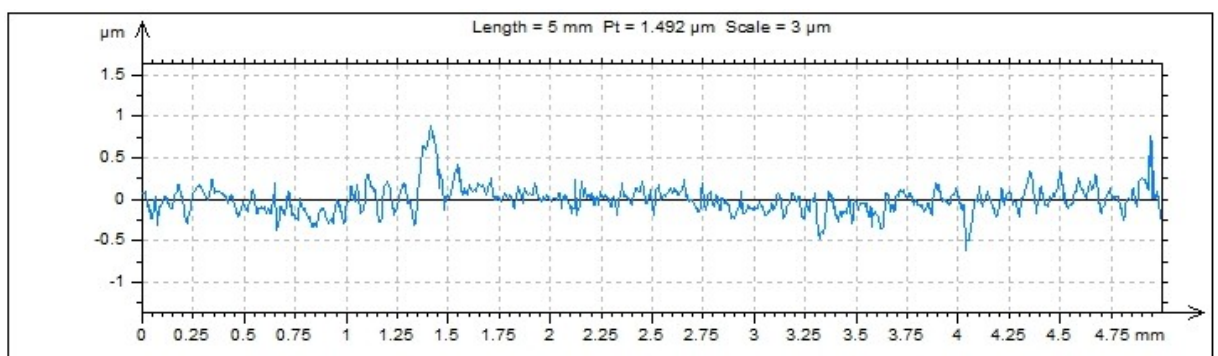
<b>ISO 4287</b>		
Amplitude parameters - $R_i$		
<b>Rz</b>	<b>0.587</b>	<b>μm</b>
<b>Rt</b>	<b>0.946</b>	<b>μm</b>
<b>Ra</b>	<b>0.073</b>	<b>μm</b>

Obr. 122 Vyhodnocené parametry oblasti 1

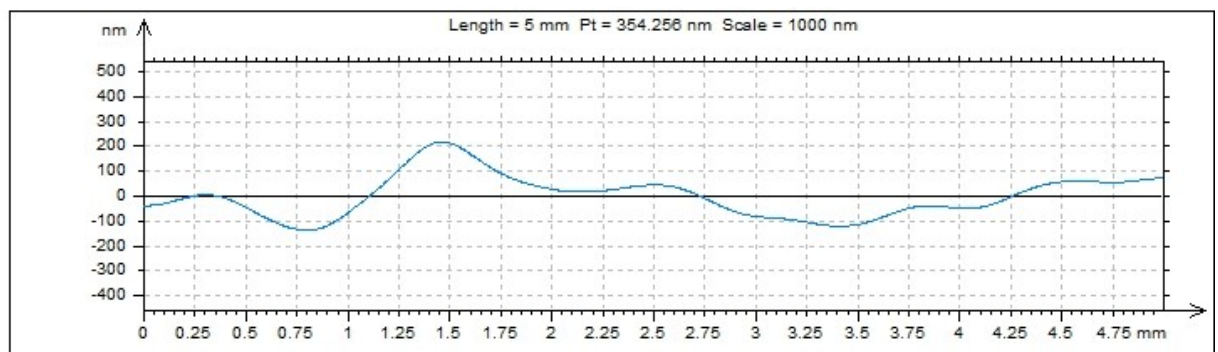
Oblast 2



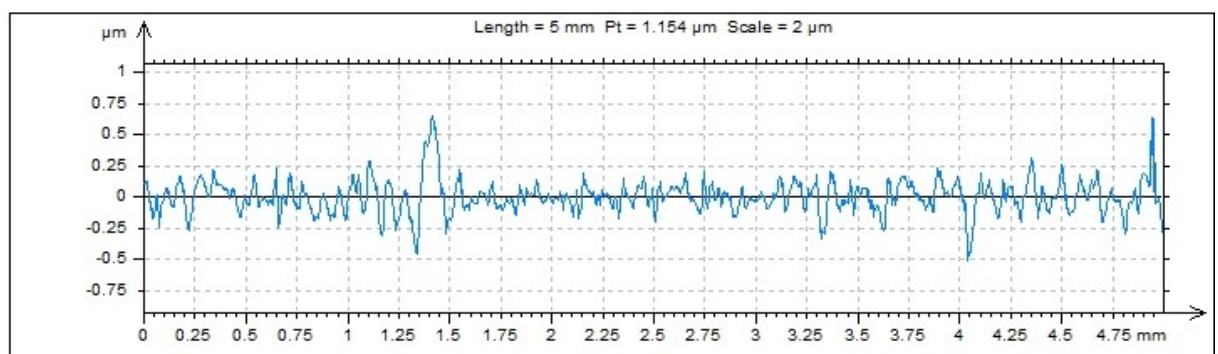
Obr. 123 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 v oblasti 2



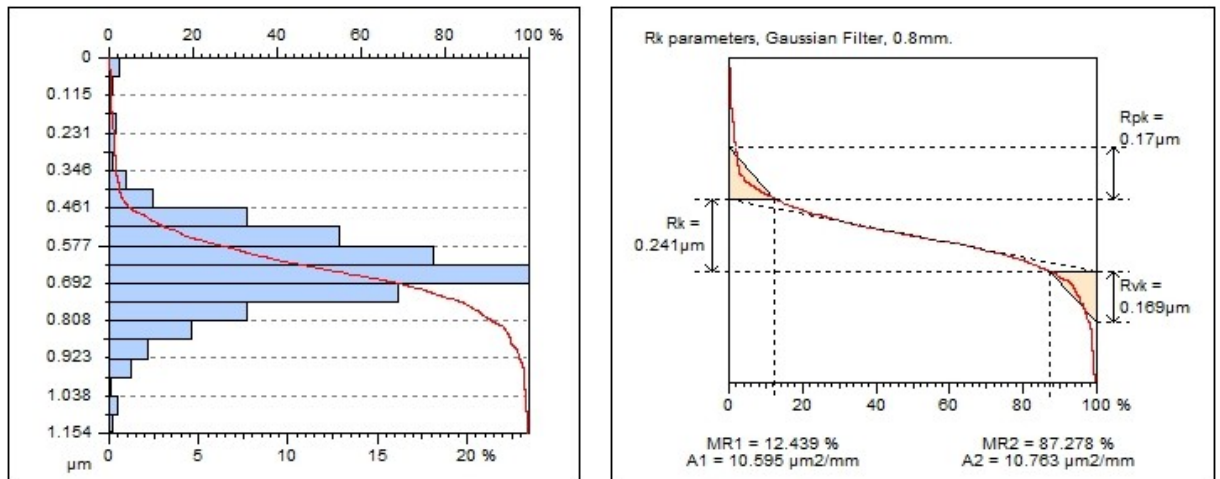
Obr. 124 Odstranění tvaru u zkušební destičky 3 v oblasti 2



Obr. 125 Vlnitost zkušební destičky 3 v oblasti 2



Obr. 126 Drsnost zkušební destičky 3 v oblasti 2

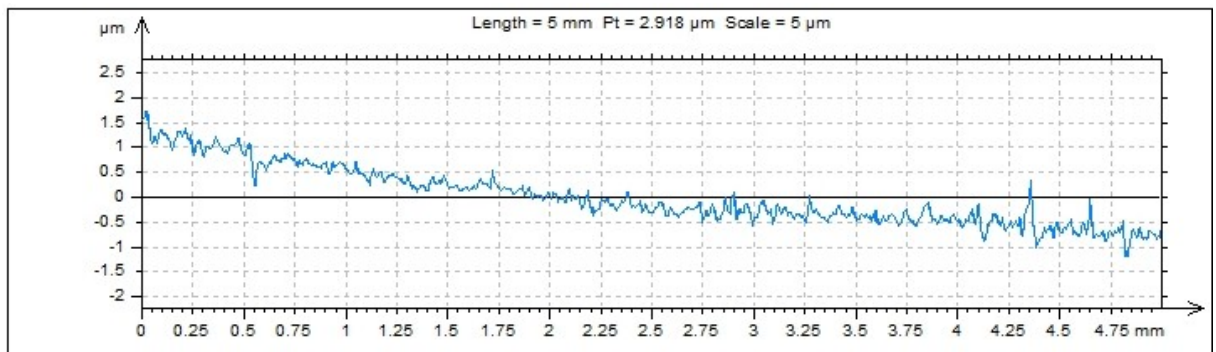
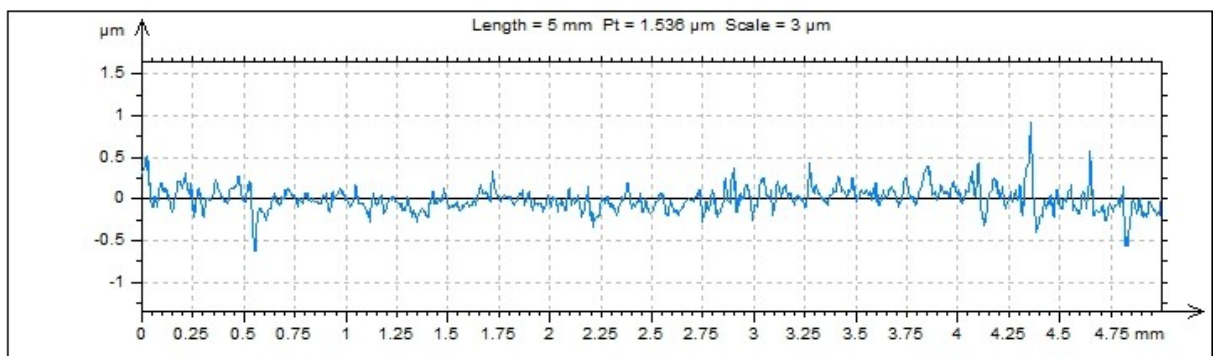
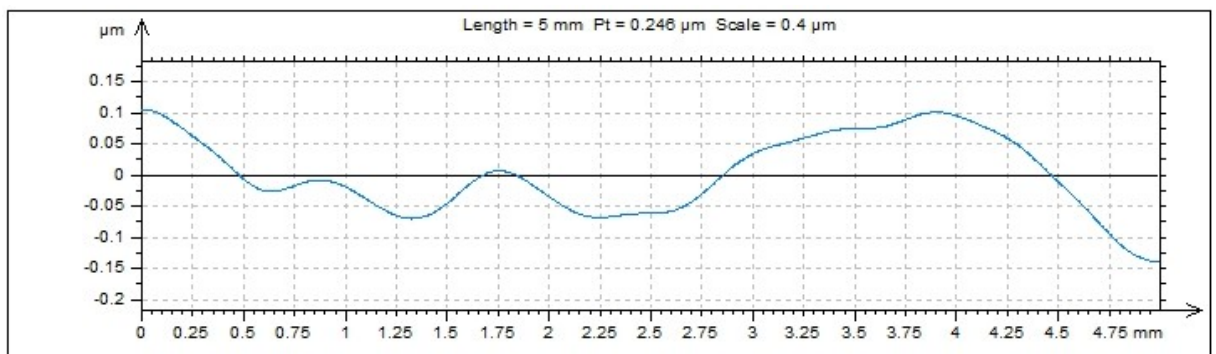
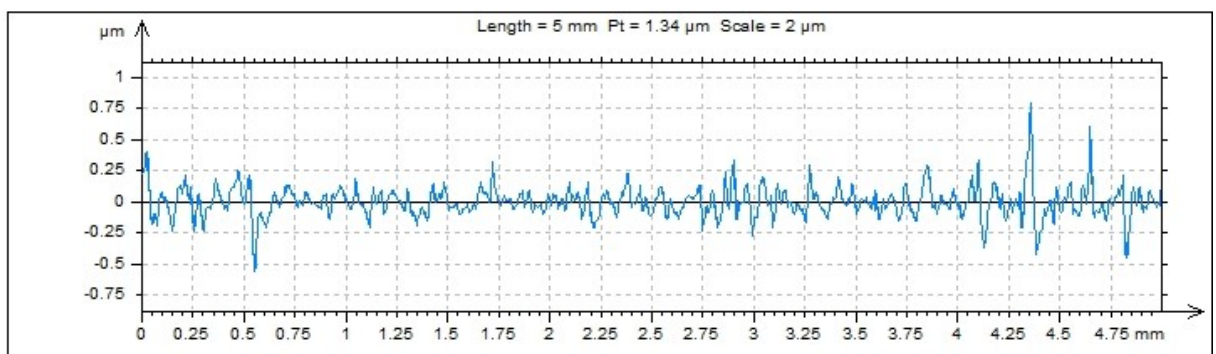


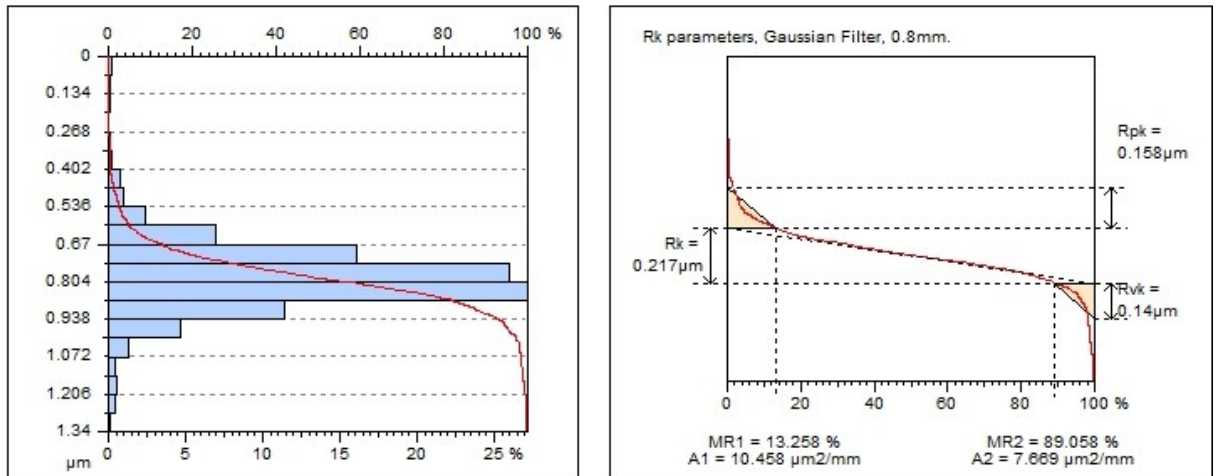
Obr. 127 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 3 oblast 2

<b>ISO 4287</b>		
Amplitude parameters - $R_t$		
Rz	0.658	$\mu\text{m}$
Rt	1.071	$\mu\text{m}$
Ra	0.089	$\mu\text{m}$

Obr. 128 Vyhodnocené parametry oblasti 2

## Oblast 3

*Obr. 129 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 v oblasti 3**Obr.130 Odstranění tvaru u zkušební destičky 3 v oblasti 3**Obr. 131 Vlnitost zkušební destičky 3 v oblasti 3**Obr. 132 Drsnost zkušební destičky 3 v oblasti 3*



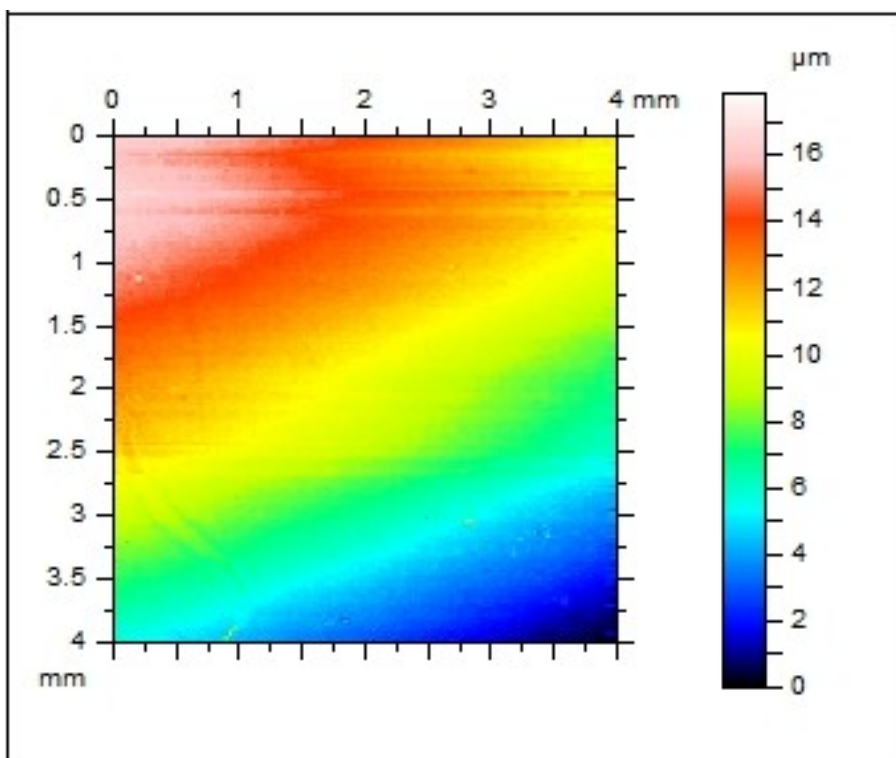
Obr. 133 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 3 oblast 3

<b>ISO 4287</b>		
Amplitude parameters - $R_t$		
Rz	0.68	μm
Rt	1.279	μm
Ra	0.079	μm

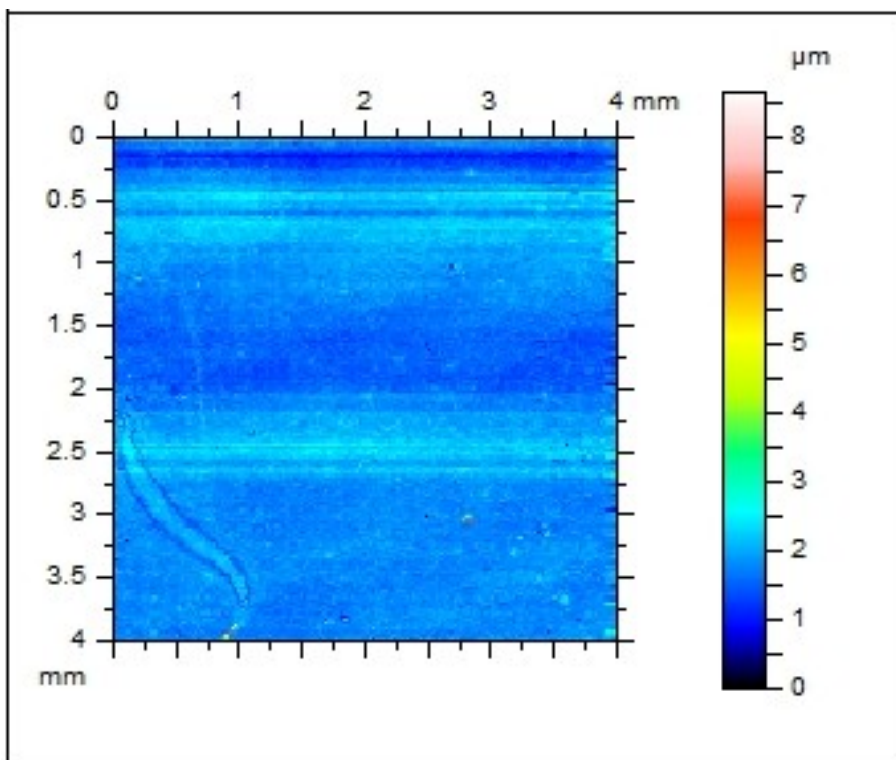
Obr. 134 Vyhodnocené parametry oblasti 3



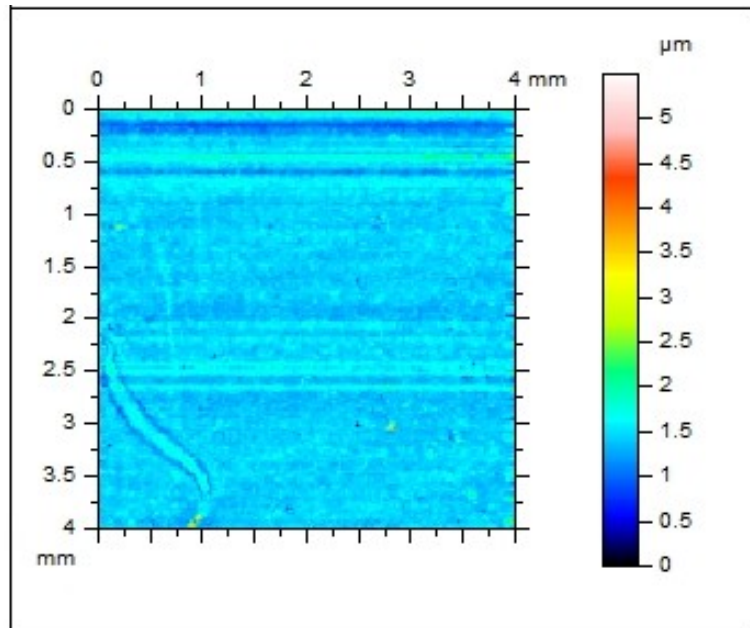
## 8.2.4 Zkušební destička 4



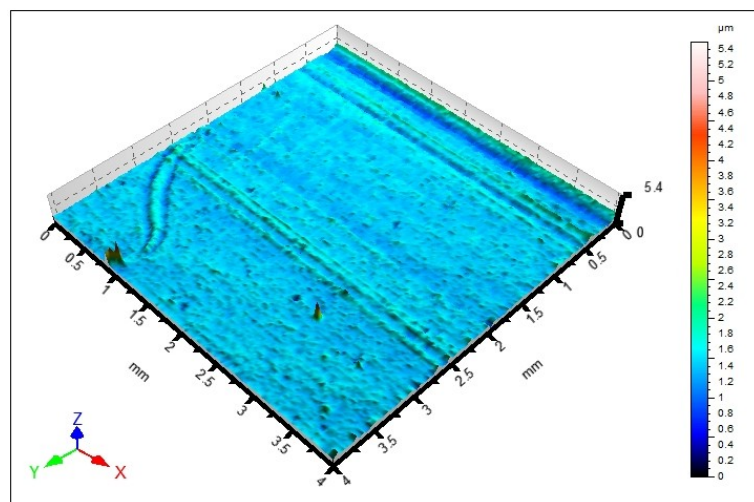
Obr. 135 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4



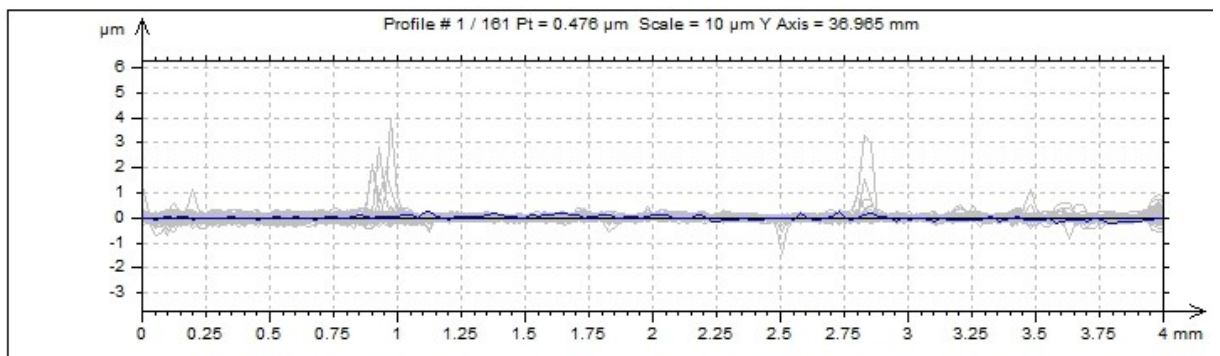
Obr. 136 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 - odstraněný tvar



Obr. 137 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 - drsnost



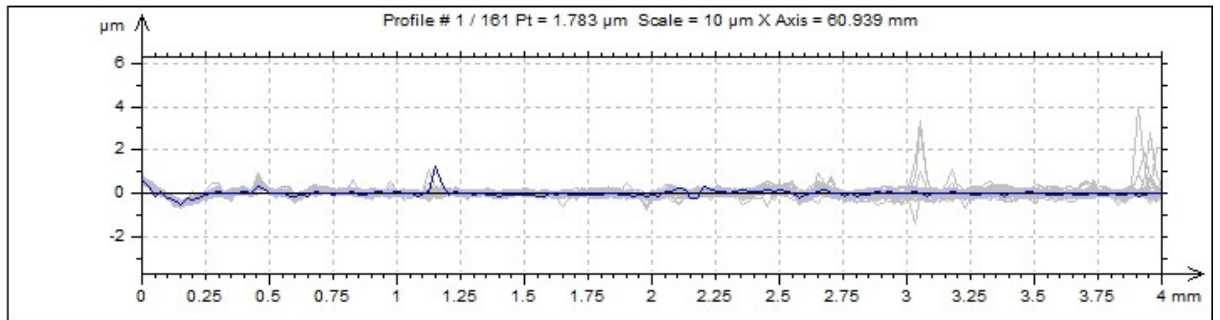
Obr. 138 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 - 3D model



Obr. 139 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E

ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.158	0.144	0.059	1.139
Rv	μm	0.123	0.046	0.06	0.48
Rz	μm	0.281	0.172	0.137	1.34
Rc	μm	0.156	0.114	0.09	1.317
Rt	μm	0.468	0.479	0.178	3.617
Ra	μm	0.046	0.016	0.027	0.134
Rq	μm	0.062	0.031	0.034	0.268
Rsk		0.836	3.484	-2.834	24.402
Rku		13.301	39.874	2.337	321.651
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	95.681	20.12	0.775	100
Rdc	μm	0.087	0.015	0.057	0.15

Obr. 140 Data z programu TalyMap pro směr W-E

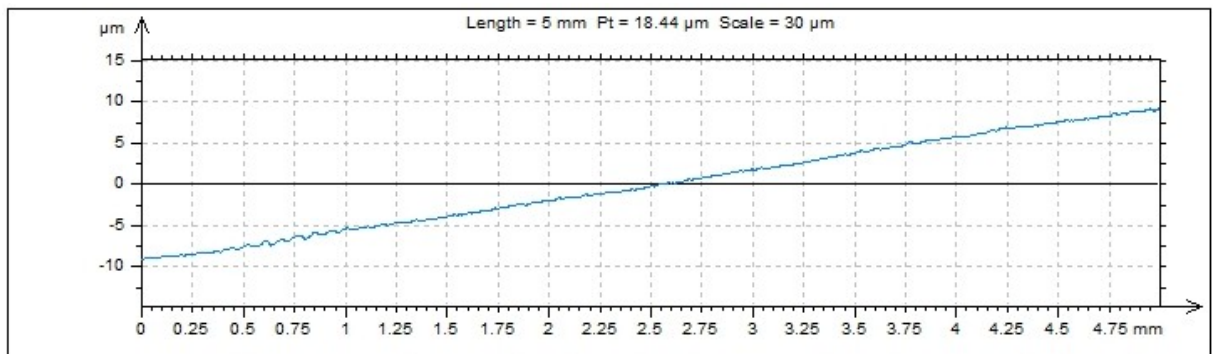


Obr. 141 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S

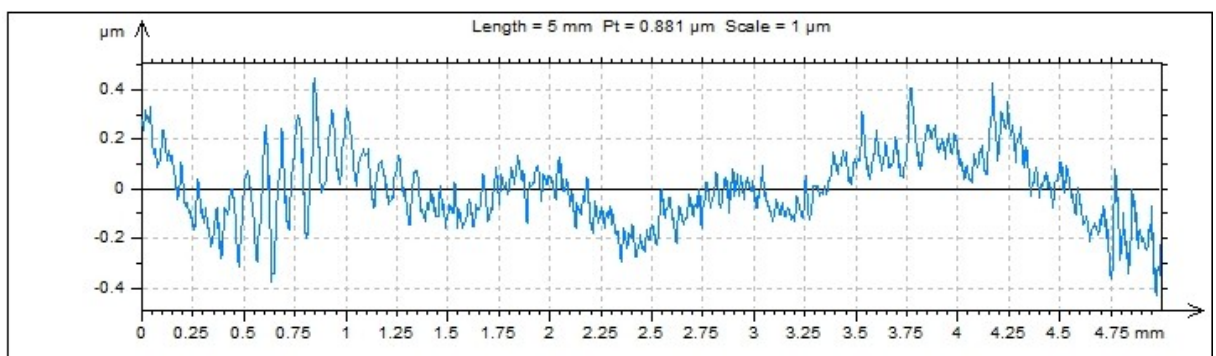
ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.222	0.057	0.145	0.547
Rv	μm	0.213	0.043	0.133	0.445
Rz	μm	0.435	0.089	0.332	0.991
Rc	μm	0.234	0.05	0.145	0.43
Rt	μm	0.673	0.261	0.423	2.708
Ra	μm	0.072	0.01	0.058	0.137
Rq	μm	0.094	0.015	0.075	0.191
Rsk		0.344	0.692	-1.191	4.812
Rku		6.015	3.56	2.893	38.094
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	98.634	11.008	0.775	100
Rdc	μm	0.133	0.022	0.097	0.245

Obr. 142 Data z programu TalyMap pro směr N-S

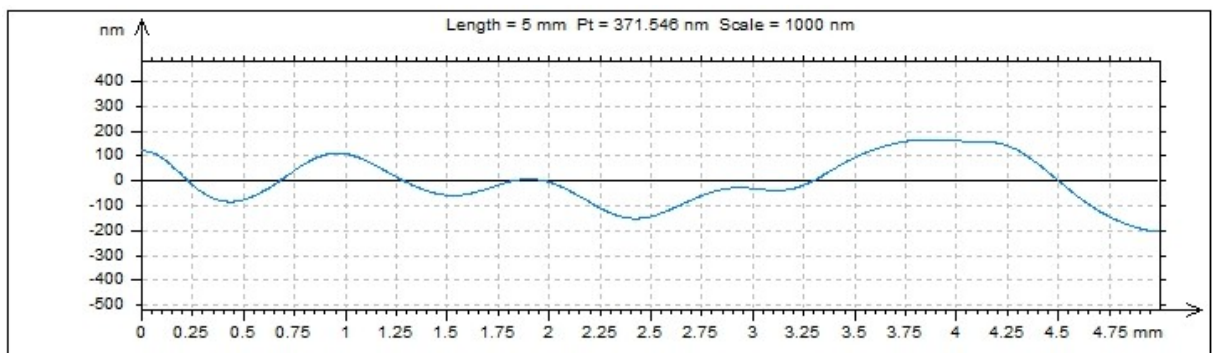
Oblast 1



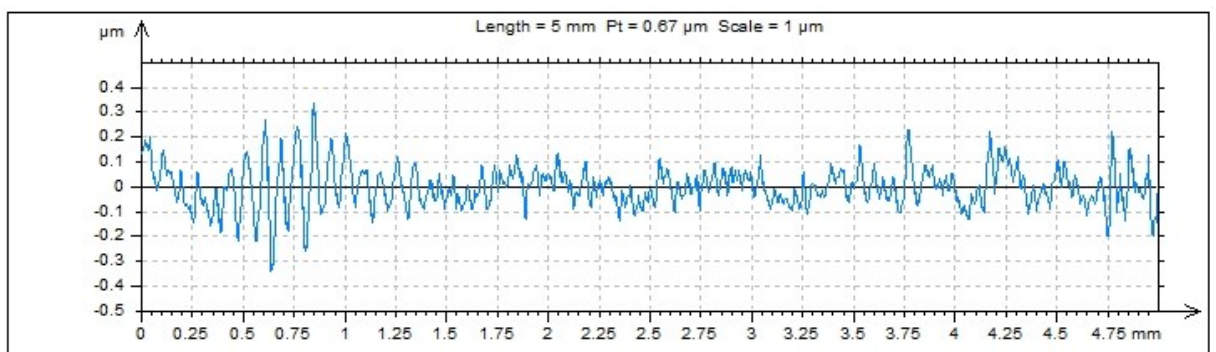
Obr. 143 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 v oblasti 1



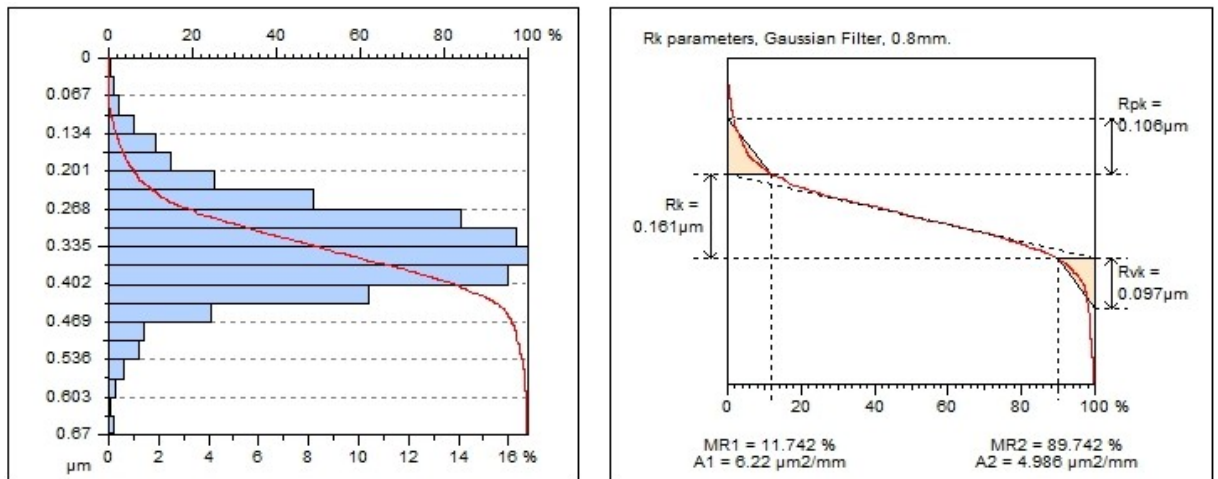
Obr. 144 Odstranění tvaru u zkušební destičky 4 v oblasti 1



Obr. 145 Vlnitost zkušební destičky 4 v oblasti 1



Obr. 146 Drsnost zkušební destičky 4 v oblasti 1

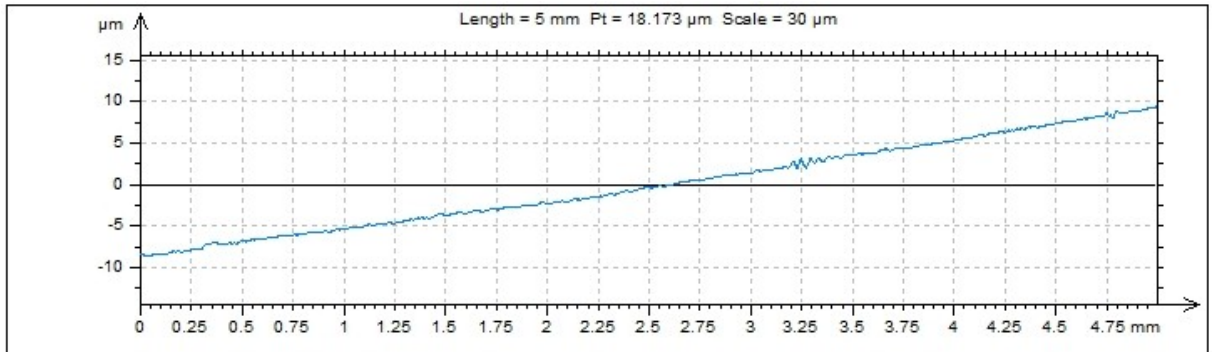


Obr. 147 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 4 oblast 1

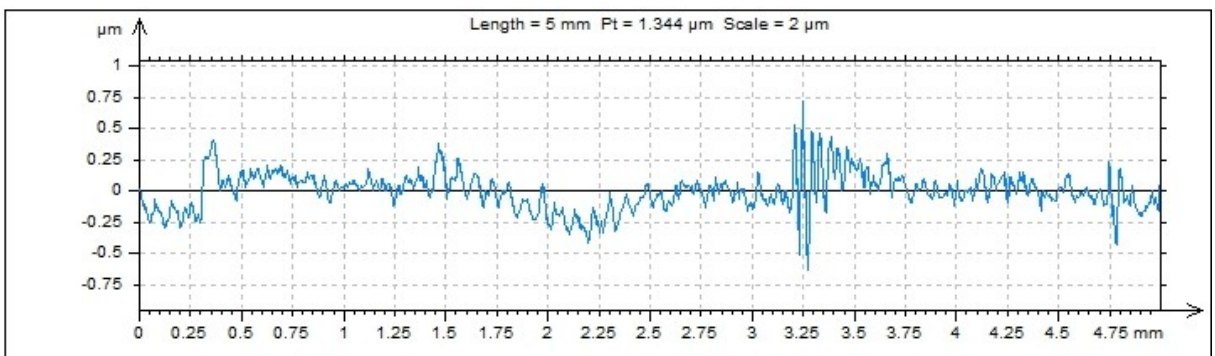
ISO 4287		
Amplitude parameters - $R_i$		
Rz	0.333	μm
Rt	0.619	μm
Ra	0.057	μm

Obr. 148 Vyhodnocené parametry oblasti 1

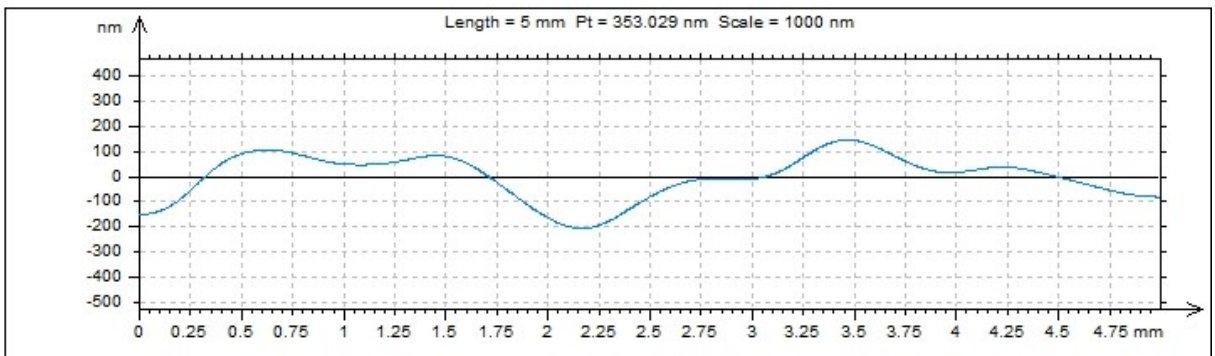
Oblast 2



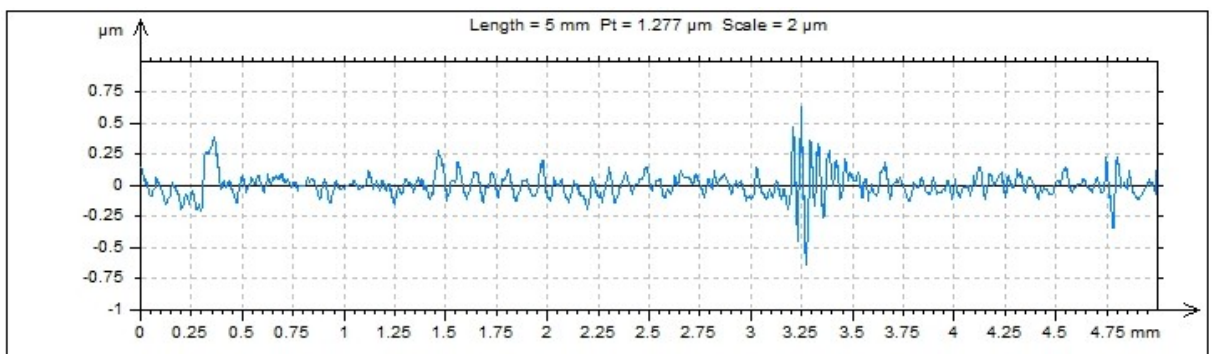
Obr. 149 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 v oblasti 2



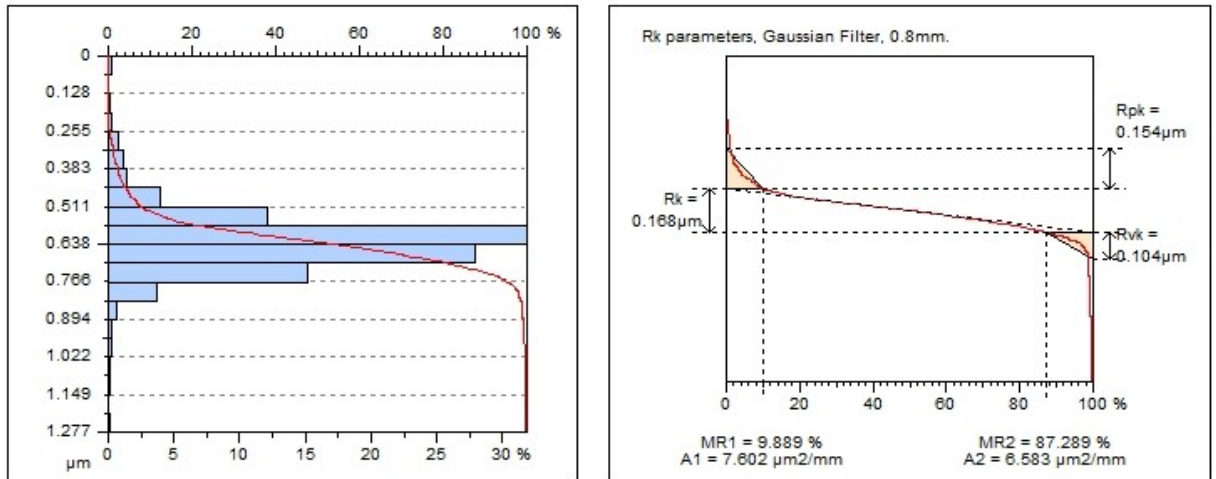
Obr. 150 Odstranění tvaru u zkušební destičky 4 v oblasti 2



Obr. 151 Vlnitost zkušební destičky 4 v oblasti 2



Obr. 152 Drsnost zkušební destičky 4 v oblasti 2

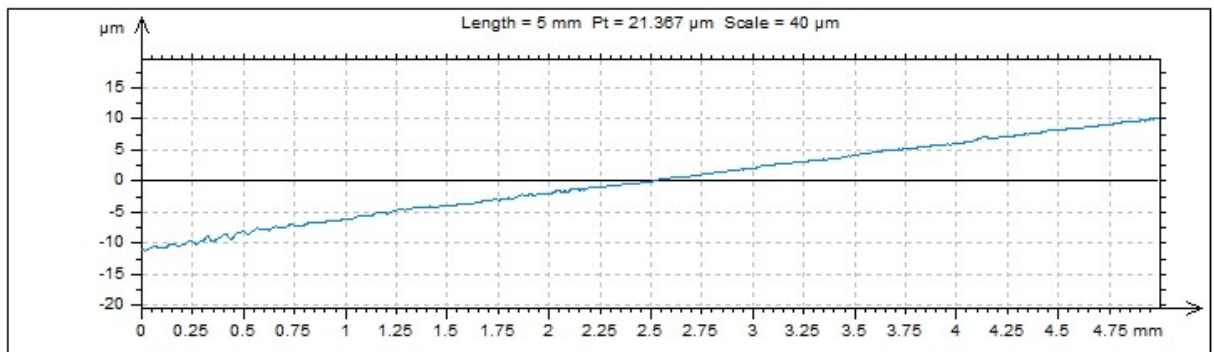


Obr. 153 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 4 oblast 2

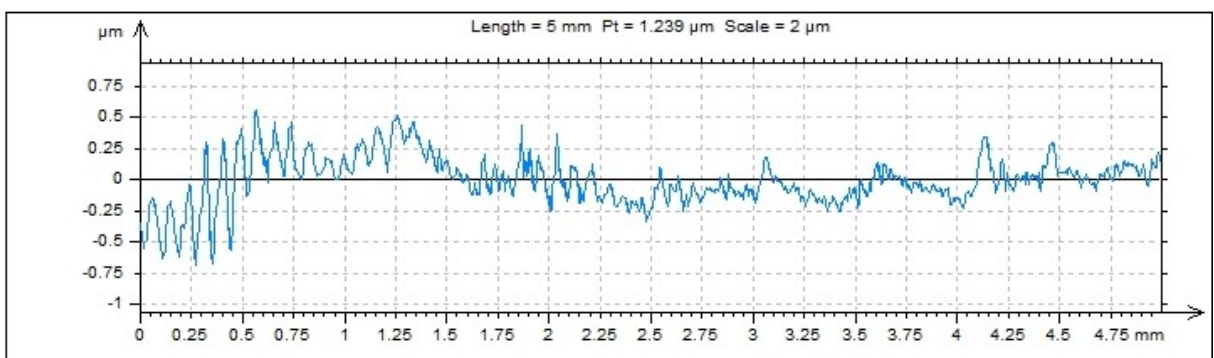
<b>ISO 4287</b>		
Amplitude parameters - $R_t$		
<b>Rz</b>	0.504	$\mu\text{m}$
<b>Rt</b>	1.247	$\mu\text{m}$
<b>Ra</b>	0.062	$\mu\text{m}$

Obr. 154 Vyhodnocené parametry oblasti 2

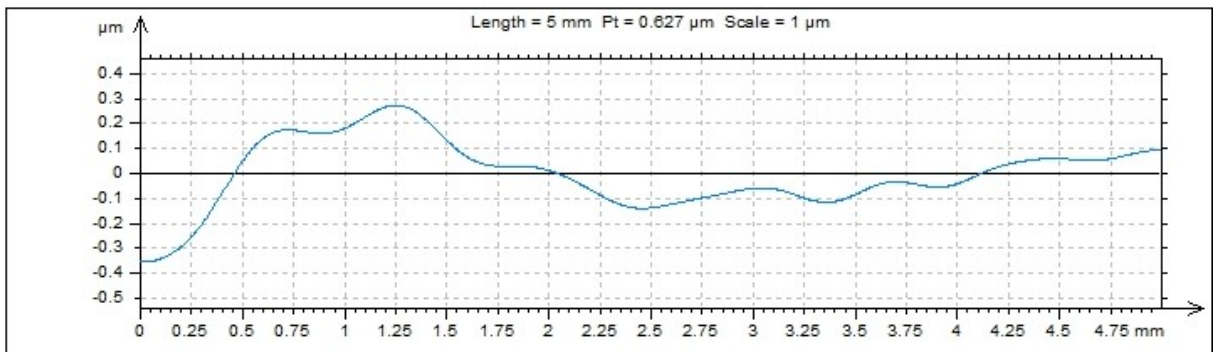
## Oblast 3



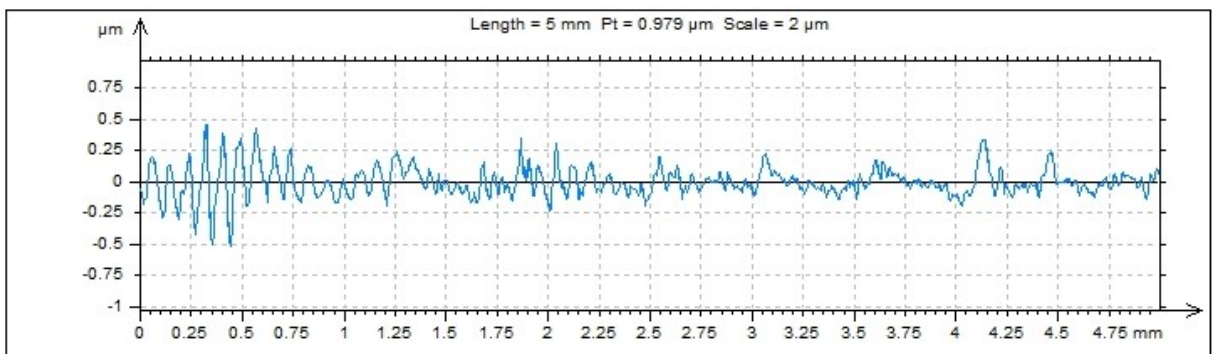
Obr. 155 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 v oblasti 3



Obr. 156 Odstranění tvaru u zkušební destičky 4 v oblasti 3

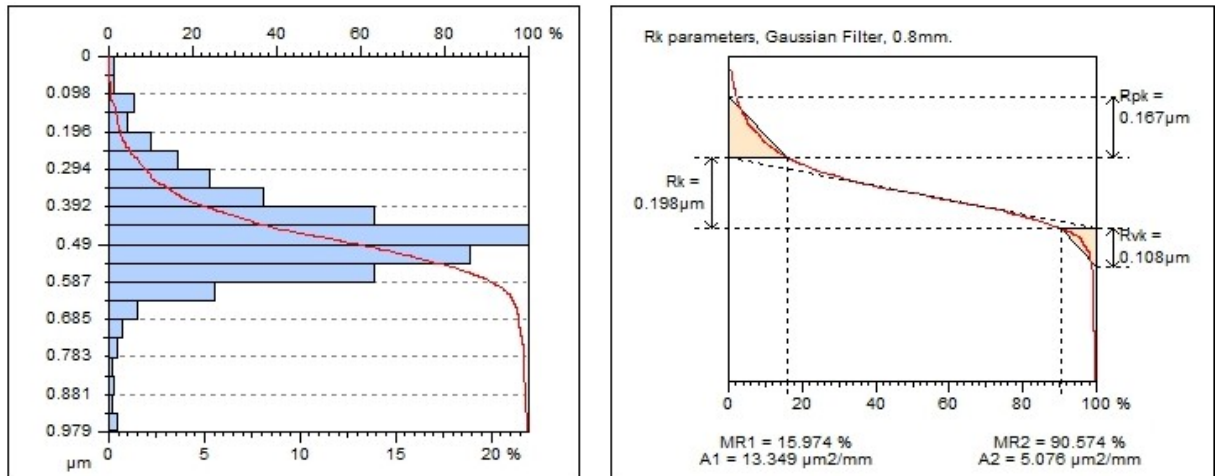


Obr. 157 Vlnitost zkušební destičky 4 v oblasti 3



Obr. 158 Drsnost zkušební destičky 4 v oblasti 3



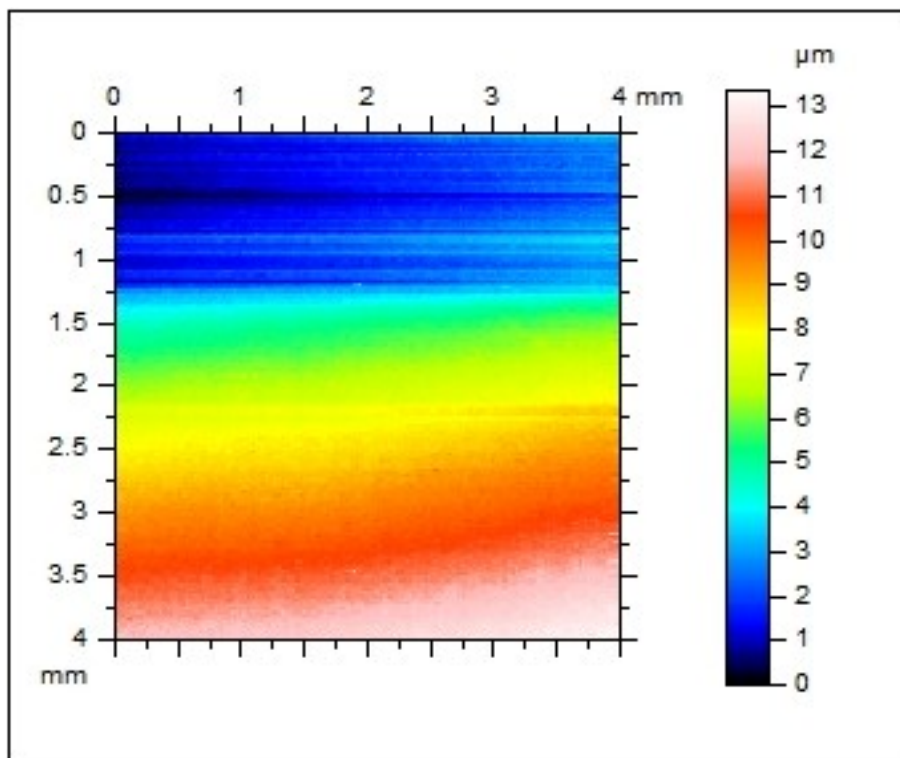


Obr. 159 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 4 oblast 3

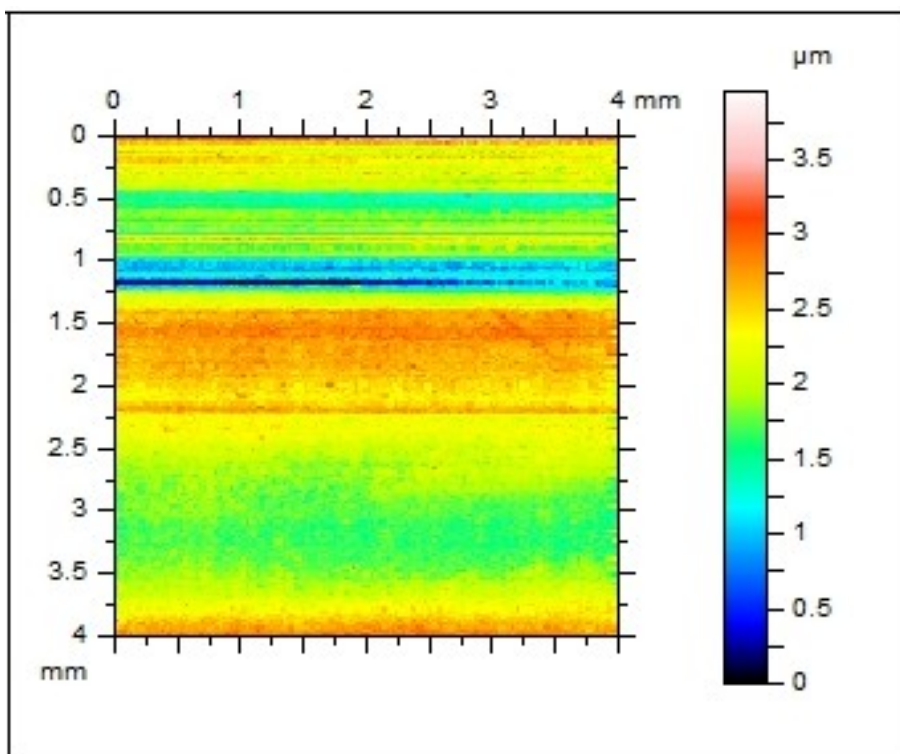
<b>ISO 4287</b>		
Amplitude parameters - $R_i$		
$R_z$	0.541	$\mu\text{m}$
$R_t$	0.904	$\mu\text{m}$
$R_a$	0.076	$\mu\text{m}$

Obr. 160 Vyhodnocené parametry oblasti 3

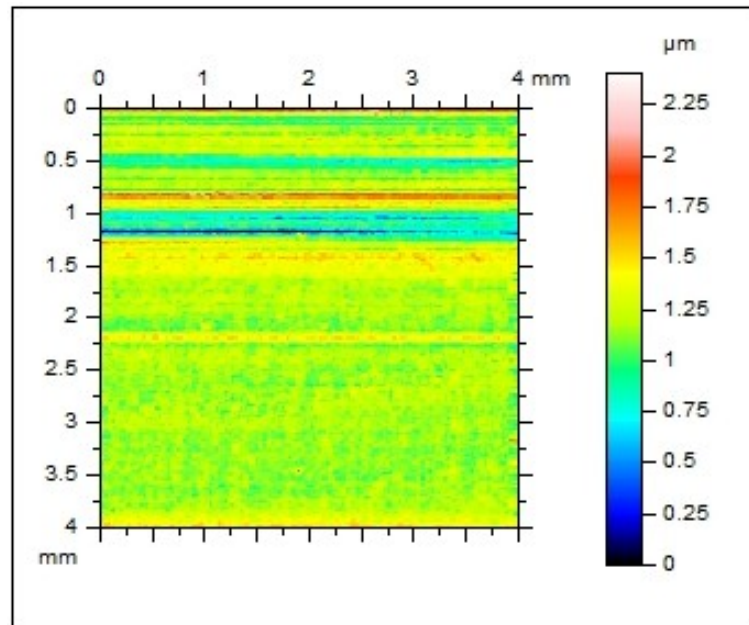
## 8.2.5 Zkušební destička 5



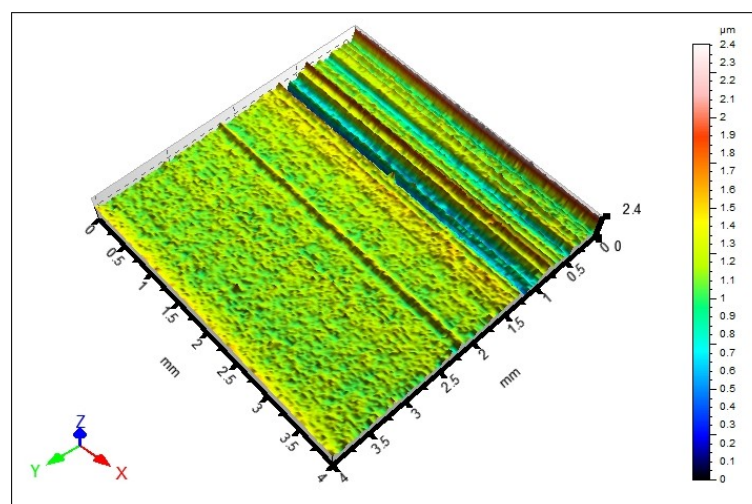
Obr. 161 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5



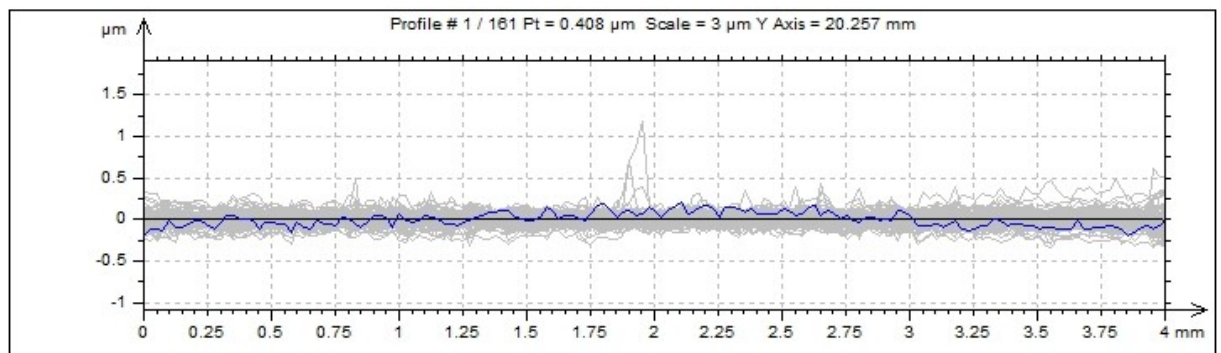
Obr. 162 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 - odstraněný tvar



Obr. 163 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 - drsnost



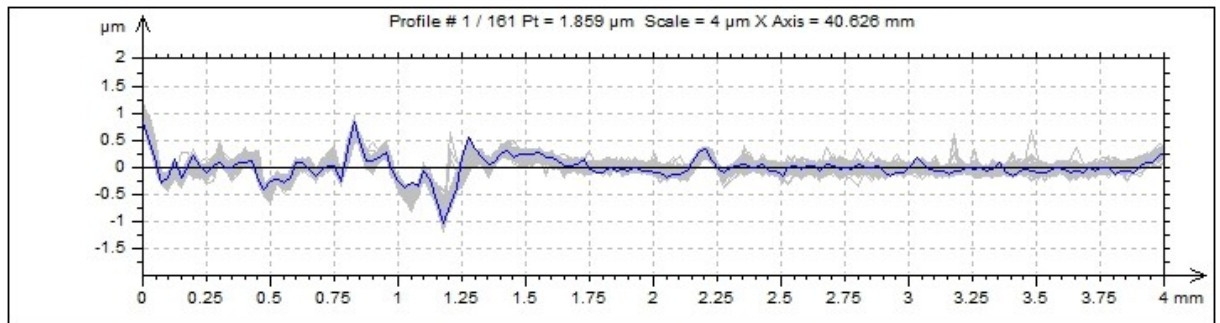
Obr. 164 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 - 3D model



Obr. 165 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E

ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.099	0.034	0.056	0.369
Rv	μm	0.086	0.02	0.054	0.204
Rz	μm	0.185	0.048	0.113	0.572
Rc	μm	0.109	0.022	0.072	0.219
Rt	μm	0.254	0.101	0.157	1.086
Ra	μm	0.035	0.007	0.022	0.084
Rq	μm	0.044	0.01	0.028	0.128
Rsk		0.32	0.879	-0.887	7.876
Rku		4.399	5.953	2.335	68.731
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	99.952	0.609	92.248	100
Rdc	μm	0.072	0.012	0.05	0.104

Obr. 166 Data z programu TalyMap pro směr W-E

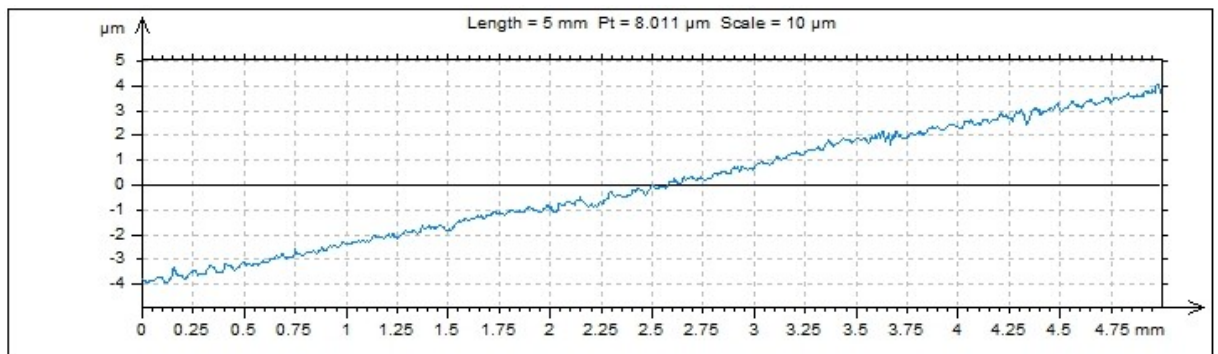


Obr. 167 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S

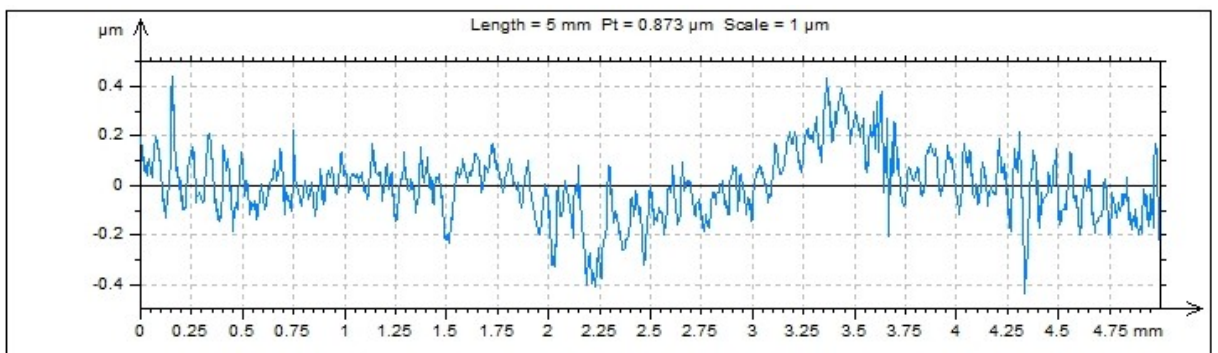
ISO 4287					
		Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile					
Rp	μm	0.37	0.046	0.271	0.482
Rv	μm	0.336	0.053	0.221	0.444
Rz	μm	0.707	0.095	0.536	0.922
Rc	μm	0.328	0.04	0.251	0.458
Rt	μm	1.249	0.22	0.841	1.574
Ra	μm	0.117	0.006	0.102	0.144
Rq	μm	0.154	0.01	0.132	0.18
Rsk		-0.773	0.435	-1.955	0.105
Rku		10.624	3.369	3.557	18.733
Material Ratio parameters - Roughness profile					
Rmr	%	98.592	1.193	94.574	100
Rdc	μm	0.148	0.019	0.111	0.248

Obr. 168 Data z programu TalyMap pro směr N-S

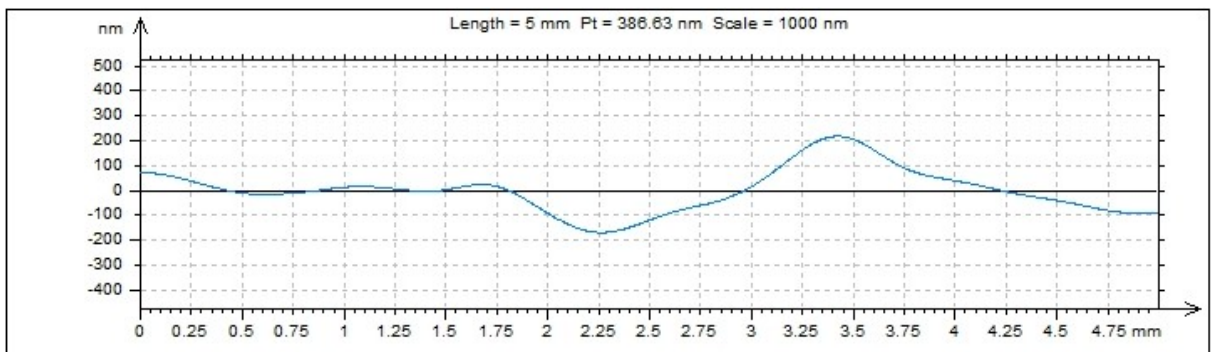
Oblast 1



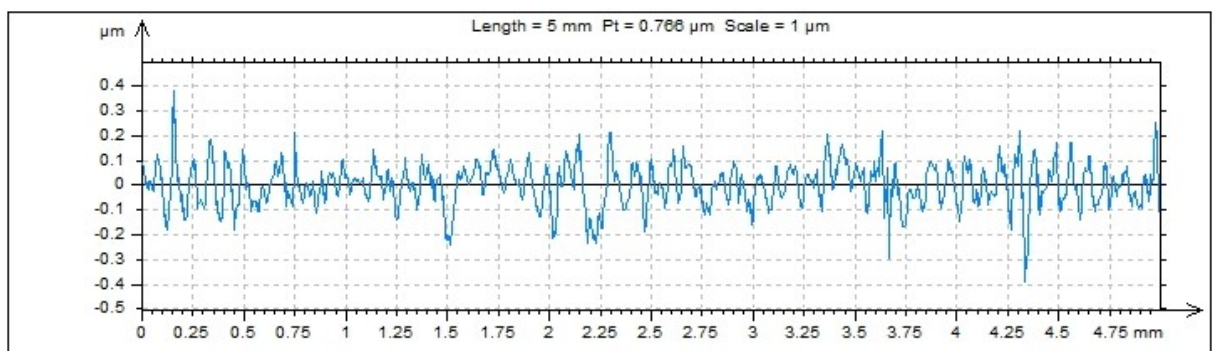
Obr. 169 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 v oblasti 1



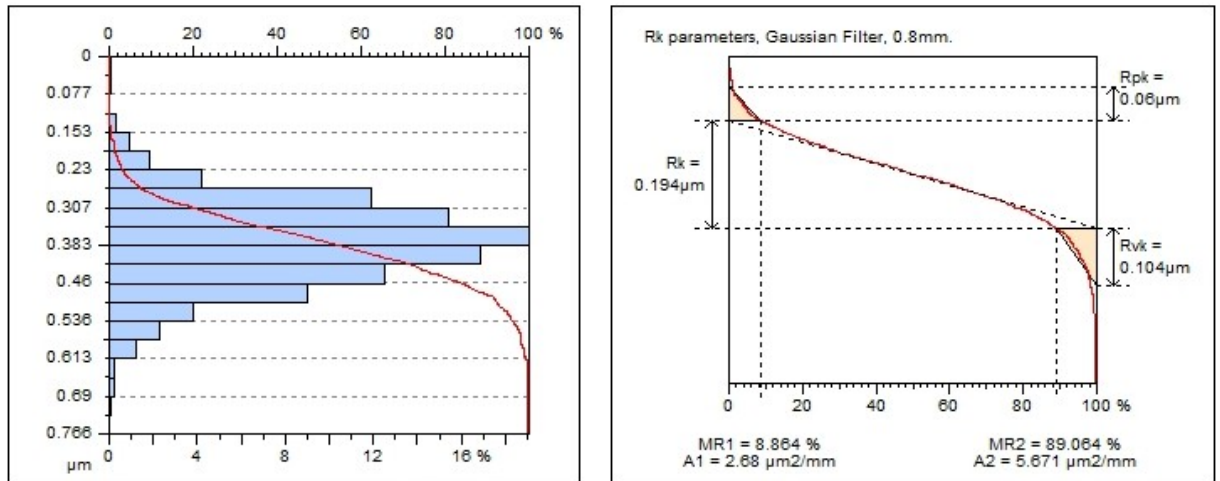
Obr.170 Odstranění tvaru u zkušební destičky 5 v oblasti 1



Obr. 171 Vlnitost zkušební destičky 5 v oblasti 1



Obr. 172 Drsnost zkušební destičky 5 v oblasti 1

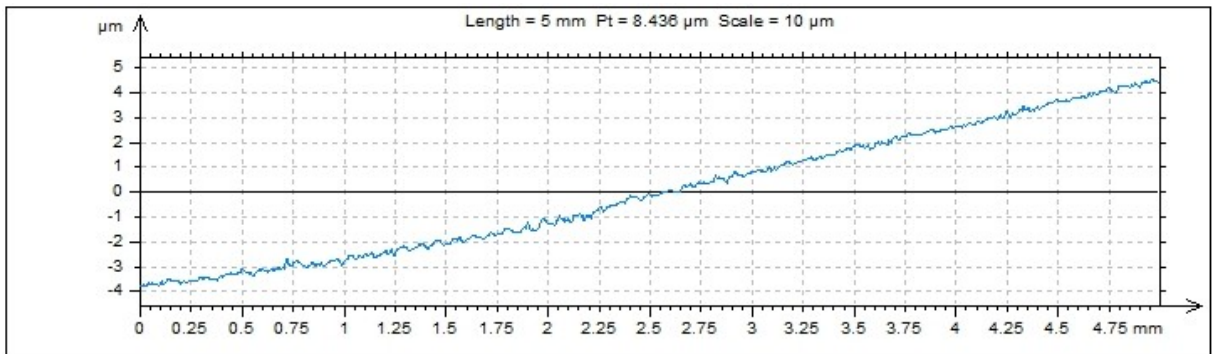


Obr. 173 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 5 oblast 1

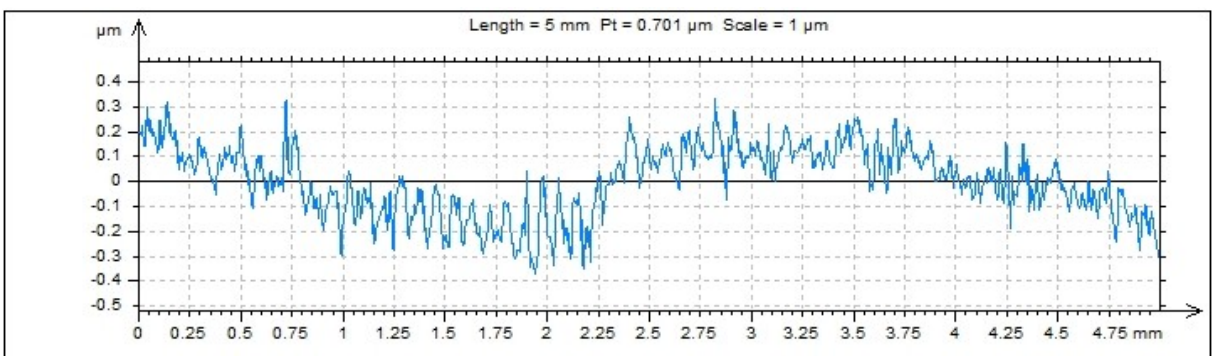
<b>ISO 4287</b>		
<b>Amplitude parameters - R<sub>i</sub></b>		
<b>Rz</b>	<b>0.388</b>	<b>μm</b>
<b>Rt</b>	<b>0.589</b>	<b>μm</b>
<b>Ra</b>	<b>0.061</b>	<b>μm</b>

Obr. 174 Vyhodnocené parametry oblasti 1

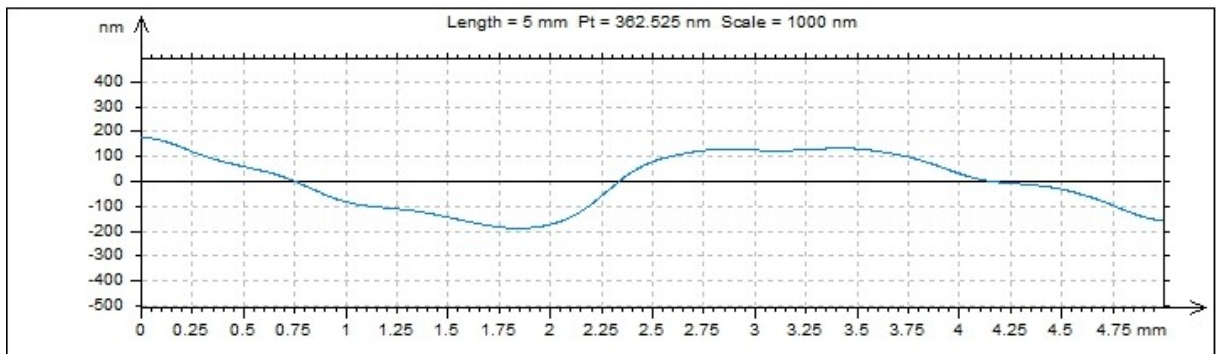
Oblast 2



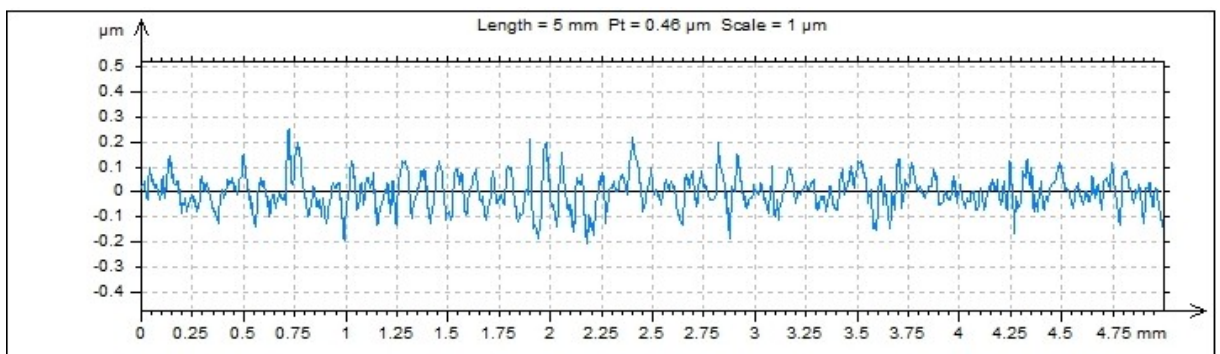
Obr. 175 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 v oblasti 2



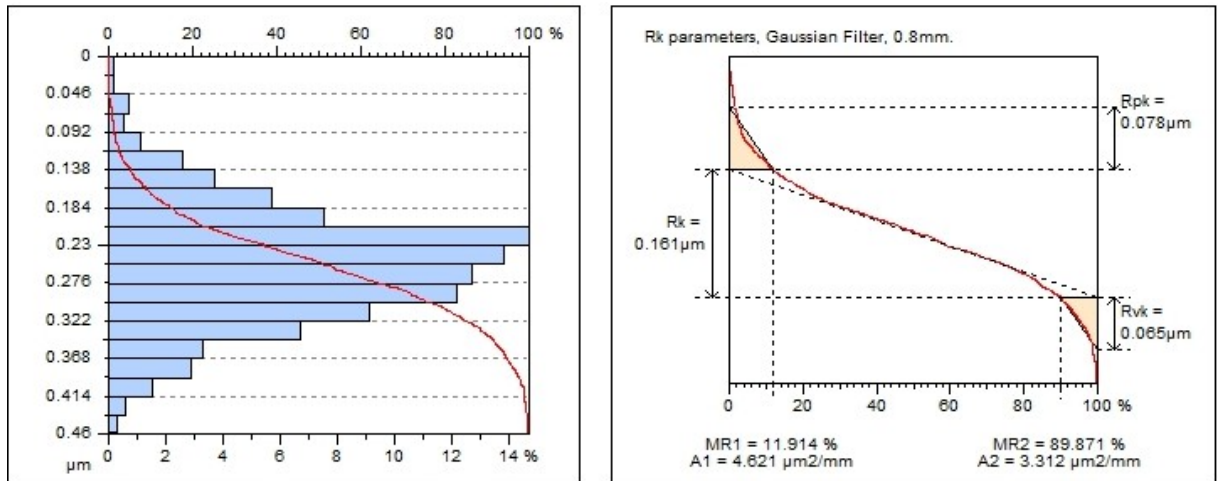
Obr. 176 Odstranění tvaru u zkušební destičky 5 v oblasti 2



Obr. 177 Vlnitost zkušební destičky 5 v oblasti 2



Obr. 178 Drsnost zkušební destičky 5 v oblasti 2



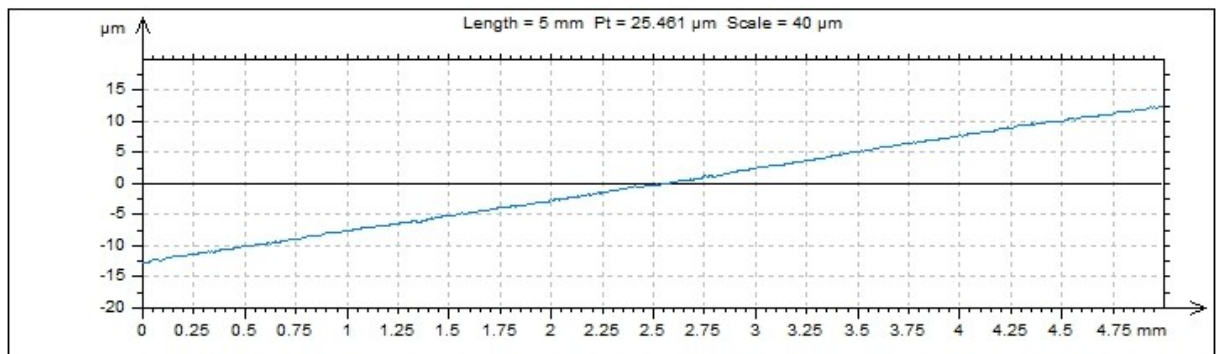
Obr. 179 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 5 oblast 2

<b>ISO 4287</b>		
<b>Amplitude parameters - <math>R_i</math></b>		
<b>Rz</b>	<b>0.357</b>	<b>μm</b>
<b>Rt</b>	<b>0.411</b>	<b>μm</b>
<b>Ra</b>	<b>0.053</b>	<b>μm</b>

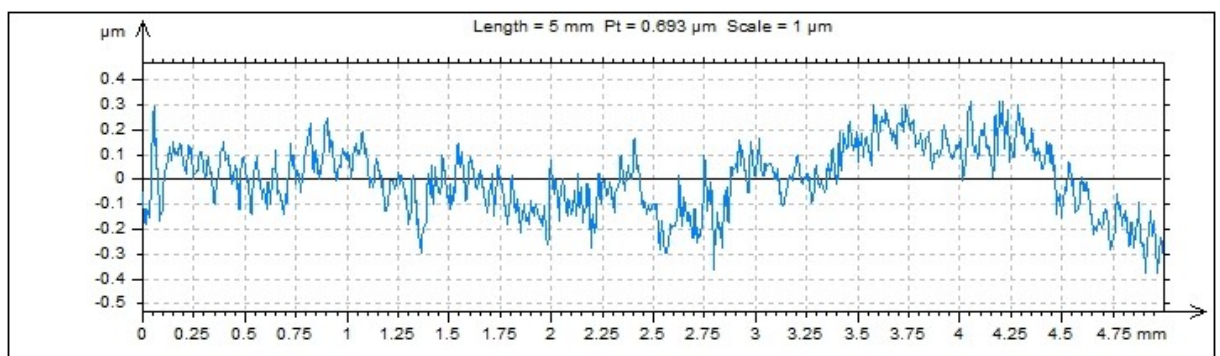
Obr. 180 Vyhodnocené parametry oblasti 2



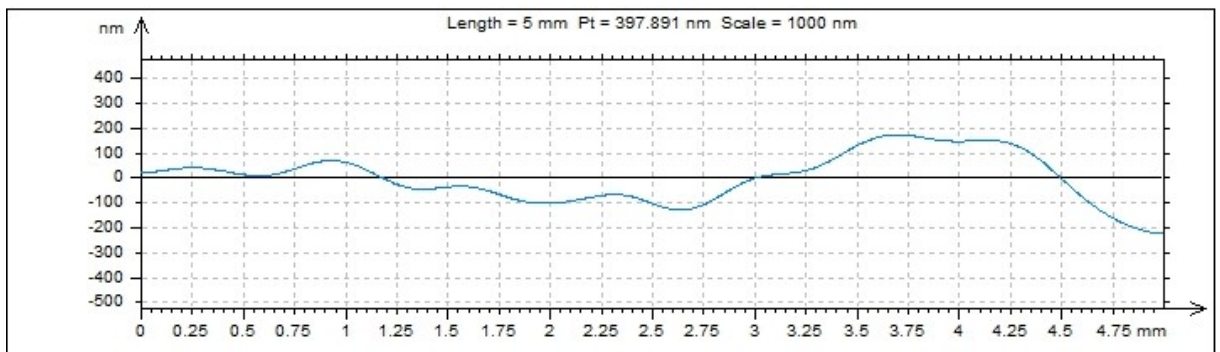
Oblast 3



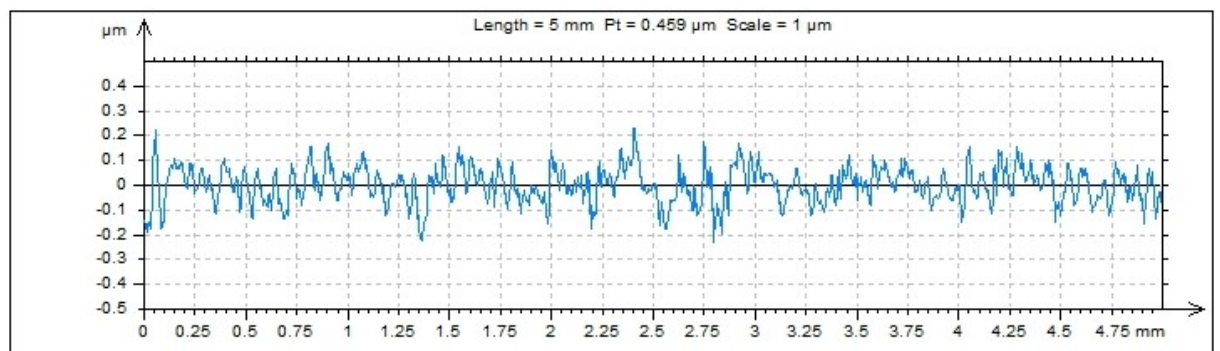
Obr. 181 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 v oblasti 3



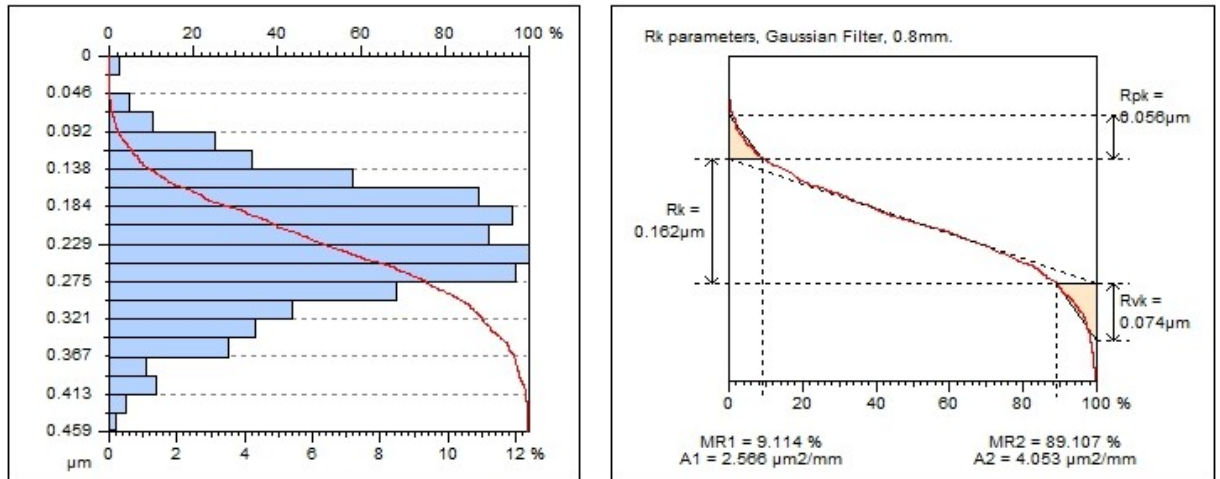
Obr.182 Odstranění tvaru u zkušební destičky 5 v oblasti 3



Obr. 183 Vlnitost zkušební destičky 5 v oblasti 3



Obr. 184 Drsnost zkušební destičky 5 v oblasti 3



Obr. 185 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 5 oblast 3

<b>ISO 4287</b>		
Amplitude parameters - $R_i$		
<b>Rz</b>	0.326	μm
<b>Rt</b>	0.42	μm
<b>Ra</b>	0.051	μm

Obr. 186 Vyhodnocené parametry oblasti 3

## 9 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Tab. 7 Porovnání výsledků 2D a 3D snímací metody.

		Ra [ $\mu\text{m}$ ]		Rz [ $\mu\text{m}$ ]		Rt [ $\mu\text{m}$ ]	
		2D	3D	2D	3D	2D	3D
Zkušební destička 1	Oblast 1	0,0512	0,106	0,4499	0,947	0,6471	1,689
	Oblast 2	0,0543	0,089	0,6629	0,741	1,1211	1,362
	Oblast 3	0,0510	0,118	0,4876	0,907	0,8974	1,988
Zkušební destička 2	Oblast 1	0,0516	0,051	0,7610	0,331	1,4142	0,649
	Oblast 2	0,0479	0,091	0,4895	0,881	0,8389	1,366
	Oblast 3	0,0631	0,086	0,6649	0,904	1,1188	1,422
Zkušební destička 3	Oblast 1	0,0449	0,073	0,5507	0,587	1,3278	0,946
	Oblast 2	0,0568	0,089	0,6065	0,658	1,3218	1,071
	Oblast 3	0,0402	0,079	0,4241	0,680	1,0569	1,279
Zkušební destička 4	Oblast 1	0,1323	0,057	0,6793	0,333	0,8816	0,619
	Oblast 2	0,0194	0,062	0,2010	0,504	0,4846	1,247
	Oblast 3	0,0308	0,076	0,2648	0,541	0,4896	0,904
Zkušební destička 5	Oblast 1	0,0259	0,061	0,2194	0,388	0,3878	0,589
	Oblast 2	0,0264	0,053	0,1808	0,357	0,2479	0,411
	Oblast 3	0,0215	0,051	0,1632	0,326	0,2706	0,420

Největší kvality povrchu bylo dosaženo u Zkušební destičky 3, kde byl použit chromnitridový povlak, který má vysokou teplotní stabilitu, vyniká vysokou tvrdostí a dobrou odolností vůči korozi a chemickým vlivům.

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo, v části teoretické, objasnit problematiku měření drsnosti povrchu a definovat základní pojmy.

Praktická část byla zaměřena na charakterizování použitých materiálů a povlaků u zkušebních destiček. Dvě destičky byly zhotoveny bez povlaku z materiálů 1.2343 a 1.2083, zbylé tři s povlakovou vrstvou A-C:H, AlTiN a CrN.

Měření povrchu bylo provedeno 2D a 3D skenovací metodou pro 5 zkušebních destiček. Pro kontaktní, 2D metodu, byl použit přístroj Taylor Hobson - Form Talysurf Intra. Pro bezkontaktní, 3D metodu, byl použit přístroj Taylor Hobson - Talysurf CLI 500.

Výsledky shrnuté v tabulce Porovnání výsledků 2D a 3D snímací metody (Tab. 7) ukazují, že největší kvality povrchu bylo dosaženo u zkušební destičky 3, kde byl použit chromnitridový povlak.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. 1999
- [2] BUMBÁLEK, L.; BUMBÁLEK, B. *Pokrokové trendy v hodnocení textury povrchu*, Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně.
- [3] Měření drsnosti povrchu [online]. [cit.2017-01-20]. Dostupné z WWW: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1103>
- [4] PEŠIČKA, L.: *Geometrická specifikace výrobků strojírenské výroby (GPS) – Textura povrchu – Požadavky na drsnost, vlnitost a základní profil povrchu*, Praha, ČNI 2006
- [5] Taylor - Hobson: Talysurf CCI [online]. [cit.2017-01-20]. Dostupné z WWW: <http://www.taylor-hobson.com/products/23/64.html#CCI-HD>
- [6] Taylor - Hobson: Surtronic 3+ [online]. [cit.2017-01-20]. Dostupné z WWW: <http://www.taylor-hobson.com/>
- [7] MAHR. Marsurf: Mobile Roughness Measurement Devices. 2005. Dostupné z WWW: <http://www.universalmeasurement.com/MarSurf M1-M2-2005.pdf>
- [8] M. Havelková, H. Hiklová, *Mapování povrchu pevných těles se zaměřením na kontaktní profilometrii*, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, 2014
- [9] ČSN EN ISO 4288. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu*. 1999
- [10] 3D analýzy a filtrace povrchu [online]. [cit.2017-01-20]. Dostupné z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/3d-analyzy-a-filtrace-profilu-povrchu.html>
- [11] B. Bumbálek, V. Odvody, B. Ošťádal, *Drsnost povrchu*. SNTL – nakladatelství technické literatury, Praha 1989.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$2D$	[-]	Dvourozměrný prostor.
$3D$	[-]	Třírozměrný prostor.
$R_a$	[ $\mu\text{m}$ ]	Průměrná aritmetická úchylka profilu.
$R_c$	[ $\mu\text{m}$ ]	Průměrná výška prvku profilu.
$R_{ku}$	[ $\mu\text{m}$ ]	Špičatost profilu.
$R_p$	[ $\mu\text{m}$ ]	Největší výška výstupku profilu.
$R_q$	[ $\mu\text{m}$ ]	Průměrná kvadratická úchylka profilu.
$R_{sk}$	[ $\mu\text{m}$ ]	Šikmost profilu.
$R_{Sm}$	[ $\mu\text{m}$ ]	Průměrná šířka prvků profilu.
$R_t$	[ $\mu\text{m}$ ]	Celková výška profilu.
$R_v$	[ $\mu\text{m}$ ]	Největší hloubka prohlubně profilu.
$R_z$	[ $\mu\text{m}$ ]	Největší výška profilu.
$S_a$	[ $\mu\text{m}$ ]	Aritmetický průměr výšky omezené stupnice povrchu.
$X_s$	[ $\mu\text{m}$ ]	Šířka prvku profilu.
$Z(x)$	[-]	Hodnota pořadnic.
$Z_p$	[ $\mu\text{m}$ ]	Výška výstupku profilu.
$Z_t$	[ $\mu\text{m}$ ]	Výška prvku profilu.
$Z_v$	[ $\mu\text{m}$ ]	Hloubka prohlubně profilu.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Přenosová charakteristika profilu drsnosti a vlnitosti [1].....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 2 Filtr profilu [1].....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 3 Prvek profilu [1].....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 4 Největší výška výstupků profilu [1].....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 5 Největší hloubka prohlubní profilu [1].....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 6 Největší výška profilu [1].....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 7 Výška prvků profilu [1].....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 8 Schéma kontaktního snímání povrchu [3].....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 9 Diamantový měřicí hrot [3].....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 10 Schéma indukčního systému měření povrchu kontaktním způsobem [3].....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 11 Schéma CLA snímače [3].....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 12 Schéma laserového snímače [3].....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 13 Taylor Hobson Surtronic 3+ .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 14 Mahr Perthometer M2 .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 15 Vývojový diagram pro posuzování profilu [1].....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 16 Typy statistických závislostí [11].....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 17 Zkušební destička 1: POVLAK 1 - černý .....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 18 Zkušební destička 2: POVLAK 2 - fialový .....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 19 Zkušební destička 3: POVLAK 2 - stříbrný .....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 20 Zkušební destička 4: 12343 .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 21 Zkušební destička 5: 12083 .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 22 Měřicí přístroj Taylor Hobson - Form Talysurf Intra .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 23 Umístění testovací destičky na prstencích .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 24 Nastavení snímače .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 25 Nastavení měření pro 3D snímání .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 26 Nasnímaný profil zkušební destičky 1 v oblasti 1 .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 27 Materiálový poměr zkušební destičky 1 v oblasti 1 .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 28 Nasnímaný profil zkušební destičky 1 v oblasti 2 .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 29 Materiálový poměr zkušební destičky 1 v oblasti 2 .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 30 Nasnímaný profil zkušební destičky 1 v oblasti 3 .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 31 Materiálový poměr zkušební destičky 1 v oblasti 3 .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 32 Nasnímaný profil zkušební destičky 2 v oblasti 1 .....</i>	<i>46</i>

<i>Obr. 33</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 2 v oblasti 1</i>	46
<i>Obr. 34</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 2 v oblasti 2</i>	46
<i>Obr. 35</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 2 v oblasti 2</i>	47
<i>Obr. 36</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 2 v oblasti 3</i>	47
<i>Obr. 37</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 2 v oblasti 3</i>	47
<i>Obr. 38</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 3 v oblasti 1</i>	48
<i>Obr. 39</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 3 v oblasti 1</i>	48
<i>Obr. 40</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 3 v oblasti 2</i>	48
<i>Obr. 41</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 3 v oblasti 2</i>	49
<i>Obr. 42</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 3 v oblasti 3</i>	49
<i>Obr. 43</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 3 v oblasti 3</i>	49
<i>Obr. 44</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 4 v oblasti 1</i>	50
<i>Obr. 45</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 4 v oblasti 1</i>	50
<i>Obr. 46</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 4 v oblasti 2</i>	50
<i>Obr. 47</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 4 v oblasti 2</i>	51
<i>Obr. 48</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 4 v oblasti 3</i>	51
<i>Obr. 49</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 4 v oblasti 3</i>	51
<i>Obr. 50</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 5 v oblasti 1</i>	52
<i>Obr. 51</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 5 v oblasti 1</i>	52
<i>Obr. 52</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 5 v oblasti 2</i>	52
<i>Obr. 53</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 5 v oblasti 2</i>	53
<i>Obr. 54</i>	<i>Nasnímaný profil zkušební destičky 5 v oblasti 3</i>	53
<i>Obr. 55</i>	<i>Materiálový poměr zkušební destičky 5 v oblasti 3</i>	53
<i>Obr. 56</i>	<i>Podmínky měření</i>	53
<i>Obr. 57</i>	<i>Nasnímaný povrch zkušební destičky 1</i>	54
<i>Obr. 58</i>	<i>Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 - drsnost, vlnitost</i>	54
<i>Obr. 59</i>	<i>Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 - drsnost</i>	55
<i>Obr. 60</i>	<i>Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 - 3D model</i>	55
<i>Obr. 61</i>	<i>Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E</i>	55
<i>Obr. 62</i>	<i>Data z programu TalyMap pro směr W-E</i>	56
<i>Obr. 63</i>	<i>Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S</i>	56
<i>Obr. 64</i>	<i>Data z programu TalyMap pro směr N-S</i>	56
<i>Obr. 65</i>	<i>Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 v oblasti 1</i>	57



<i>Obr. 66 Odstranění tvaru u zkušební destičky 1 v oblasti 1</i> .....	57
<i>Obr. 67 Vlnitost zkušební destičky 1 v oblasti 1</i> .....	57
<i>Obr. 68 Drsnost zkušební destičky 1 v oblasti 1</i> .....	57
<i>Obr. 69 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 1 oblast 1</i> .....	58
<i>Obr. 70 Vyhodnocené parametry oblasti 1</i> .....	58
<i>Obr. 71 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 v oblasti 2</i> .....	59
<i>Obr. 72 Odstranění tvaru u zkušební destičky 1 v oblasti 2</i> .....	59
<i>Obr. 73 Vlnitost zkušební destičky 1 v oblasti 2</i> .....	59
<i>Obr. 74 Drsnost zkušební destičky 1 v oblasti 2</i> .....	59
<i>Obr. 75 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 1 oblast 2</i> .....	60
<i>Obr. 76 Vyhodnocené parametry oblasti 2</i> .....	60
<i>Obr. 77 Nasnímaný povrch zkušební destičky 1 v oblasti 3</i> .....	61
<i>Obr. 78 Odstranění tvaru u zkušební destičky 1 v oblasti 3</i> .....	61
<i>Obr. 79 Vlnitost zkušební destičky 1 v oblasti 3</i> .....	61
<i>Obr. 80 Drsnost zkušební destičky 1 v oblasti 3</i> .....	61
<i>Obr. 81 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 1 oblast 3</i> .....	62
<i>Obr. 82 Vyhodnocené parametry oblasti 3</i> .....	62
<i>Obr. 83 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2</i> .....	63
<i>Obr. 84 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 - drsnost, vlnitost</i> .....	63
<i>Obr. 85 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 - drsnost</i> .....	64
<i>Obr. 86 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 - 3D model</i> .....	64
<i>Obr. 87 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E</i> .....	64
<i>Obr. 88 Data z programu TalyMap pro směr W-E</i> .....	65
<i>Obr. 89 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S</i> .....	65
<i>Obr. 90 Data z programu TalyMap pro směr N-S</i> .....	65
<i>Obr. 91 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 v oblasti 1</i> .....	66
<i>Obr. 92 Odstranění tvaru u zkušební destičky 2 v oblasti 1</i> .....	66
<i>Obr. 93 Vlnitost zkušební destičky 2 v oblasti 1</i> .....	66
<i>Obr. 94 Drsnost zkušební destičky 2 v oblasti 1</i> .....	66
<i>Obr. 95 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 2 oblast 1</i> .....	67
<i>Obr. 96 Vyhodnocené parametry oblasti 1</i> .....	67
<i>Obr. 97 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 v oblasti 2</i> .....	68
<i>Obr. 98 Odstranění tvaru u zkušební destičky 2 v oblasti 2</i> .....	68

<i>Obr. 99 Vlnitost zkušební destičky 2 v oblasti 2</i> .....	68
<i>Obr. 100 Drsnost zkušební destičky 2 v oblasti 2</i> .....	68
<i>Obr. 101 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 2 oblast 2</i> .....	69
<i>Obr. 102 Vyhodnocené parametry oblasti 2</i> .....	69
<i>Obr. 103 Nasnímaný povrch zkušební destičky 2 v oblasti 3</i> .....	70
<i>Obr. 104 Odstranění tvaru u zkušební destičky 2 v oblasti 3</i> .....	70
<i>Obr. 105 Vlnitost zkušební destičky 2 v oblasti 3</i> .....	70
<i>Obr. 106 Drsnost zkušební destičky 2 v oblasti 3</i> .....	70
<i>Obr. 107 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 2 oblast 3</i> .....	71
<i>Obr. 108 Vyhodnocené parametry oblasti 3</i> .....	71
<i>Obr. 109 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3</i> .....	72
<i>Obr. 110 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 - drsnost, vlnitost</i> .....	72
<i>Obr. 111 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 - drsnost</i> .....	73
<i>Obr. 112 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 - 3D model</i> .....	73
<i>Obr. 113 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E</i> .....	73
<i>Obr. 114 Data z programu TalyMap pro směr W-E</i> .....	74
<i>Obr. 115 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S</i> .....	74
<i>Obr. 116 Data z programu TalyMap pro směr N-S</i> .....	74
<i>Obr. 117 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 v oblasti 1</i> .....	75
<i>Obr. 118 Odstranění tvaru u zkušební destičky 3 v oblasti 1</i> .....	75
<i>Obr. 119 Vlnitost zkušební destičky 3 v oblasti 1</i> .....	75
<i>Obr. 120 Drsnost zkušební destičky 3 v oblasti 1</i> .....	75
<i>Obr. 121 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 3 oblast 1</i> .....	76
<i>Obr. 122 Vyhodnocené parametry oblasti 1</i> .....	76
<i>Obr. 123 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 v oblasti 2</i> .....	77
<i>Obr. 124 Odstranění tvaru u zkušební destičky 3 v oblasti 2</i> .....	77
<i>Obr. 125 Vlnitost zkušební destičky 3 v oblasti 2</i> .....	77
<i>Obr. 126 Drsnost zkušební destičky 3 v oblasti 2</i> .....	77
<i>Obr. 127 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 3 oblast 2</i> .....	78
<i>Obr. 128 Vyhodnocené parametry oblasti 2</i> .....	78
<i>Obr. 129 Nasnímaný povrch zkušební destičky 3 v oblasti 3</i> .....	79
<i>Obr. 130 Odstranění tvaru u zkušební destičky 3 v oblasti 3</i> .....	79
<i>Obr. 131 Vlnitost zkušební destičky 3 v oblasti 3</i> .....	79

<i>Obr. 132 Drsnost zkušební destičky 3 v oblasti 3</i> .....	79
<i>Obr. 133 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 3 oblast 3</i> .....	80
<i>Obr. 134 Vyhodnocené parametry oblasti 3</i> .....	80
<i>Obr. 135 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4</i> .....	81
<i>Obr. 136 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 - odstraněný tvar</i> .....	81
<i>Obr. 137 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 - drsnost</i> .....	82
<i>Obr. 138 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 - 3D model</i> .....	82
<i>Obr. 139 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E</i> .....	82
<i>Obr. 140 Data z programu TalyMap pro směr W-E</i> .....	83
<i>Obr. 141 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S</i> .....	83
<i>Obr. 142 Data z programu TalyMap pro směr N-S</i> .....	83
<i>Obr. 143 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 v oblasti 1</i> .....	84
<i>Obr. 144 Odstranění tvaru u zkušební destičky 4 v oblasti 1</i> .....	84
<i>Obr. 145 Vlnitost zkušební destičky 4 v oblasti 1</i> .....	84
<i>Obr. 146 Drsnost zkušební destičky 4 v oblasti 1</i> .....	84
<i>Obr. 147 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 4 oblast 1</i> .....	85
<i>Obr. 148 Vyhodnocené parametry oblasti 1</i> .....	85
<i>Obr. 149 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 v oblasti 2</i> .....	86
<i>Obr. 150 Odstranění tvaru u zkušební destičky 4 v oblasti 2</i> .....	86
<i>Obr. 151 Vlnitost zkušební destičky 4 v oblasti 2</i> .....	86
<i>Obr. 152 Drsnost zkušební destičky 4 v oblasti 2</i> .....	86
<i>Obr. 153 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 4 oblast 2</i> .....	87
<i>Obr. 154 Vyhodnocené parametry oblasti 2</i> .....	87
<i>Obr. 155 Nasnímaný povrch zkušební destičky 4 v oblasti 3</i> .....	88
<i>Obr.156 Odstranění tvaru u zkušební destičky 4 v oblasti 3</i> .....	88
<i>Obr. 157 Vlnitost zkušební destičky 4 v oblasti 3</i> .....	88
<i>Obr. 158 Drsnost zkušební destičky 4 v oblasti 3</i> .....	88
<i>Obr. 159 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 4 oblast 3</i> .....	89
<i>Obr. 160 Vyhodnocené parametry oblasti 3</i> .....	89
<i>Obr. 161 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5</i> .....	90
<i>Obr. 162 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 - odstraněný tvar</i> .....	90
<i>Obr. 163 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 - drsnost</i> .....	91
<i>Obr. 164 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 - 3D model</i> .....	91

<i>Obr. 165 Zobrazení řezů drsnosti ve směru W-E .....</i>	<i>91</i>
<i>Obr. 166 Data z programu TalyMap pro směr W-E .....</i>	<i>92</i>
<i>Obr. 167 Zobrazení řezů drsnosti ve směru N-S .....</i>	<i>92</i>
<i>Obr. 168 Data z programu TalyMap pro směr N-S .....</i>	<i>92</i>
<i>Obr. 169 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 v oblasti 1 .....</i>	<i>93</i>
<i>Obr.170 Odstranění tvaru u zkušební destičky 5 v oblasti 1 .....</i>	<i>93</i>
<i>Obr. 171 Vlnitost zkušební destičky 5 v oblasti 1 .....</i>	<i>93</i>
<i>Obr. 172 Drsnost zkušební destičky 5 v oblasti 1 .....</i>	<i>93</i>
<i>Obr. 173 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 5 oblast 1 .....</i>	<i>94</i>
<i>Obr. 174 Vyhodnocené parametry oblasti 1 .....</i>	<i>94</i>
<i>Obr. 175 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 v oblasti 2 .....</i>	<i>95</i>
<i>Obr.176 Odstranění tvaru u zkušební destičky 5 v oblasti 2 .....</i>	<i>95</i>
<i>Obr. 177 Vlnitost zkušební destičky 5 v oblasti 2 .....</i>	<i>95</i>
<i>Obr. 178 Drsnost zkušební destičky 5 v oblasti 2 .....</i>	<i>95</i>
<i>Obr. 179 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 5 oblast 2 .....</i>	<i>96</i>
<i>Obr. 180 Vyhodnocené parametry oblasti 2 .....</i>	<i>96</i>
<i>Obr. 181 Nasnímaný povrch zkušební destičky 5 v oblasti 3 .....</i>	<i>97</i>
<i>Obr.182 Odstranění tvaru u zkušební destičky 5 v oblasti 3 .....</i>	<i>97</i>
<i>Obr. 183 Vlnitost zkušební destičky 5 v oblasti 3 .....</i>	<i>97</i>
<i>Obr. 184 Drsnost zkušební destičky 5 v oblasti 3 .....</i>	<i>97</i>
<i>Obr. 185 Abbott Firestonova křivka pro řez zkušební destičky 5 oblast 3 .....</i>	<i>98</i>
<i>Obr. 186 Vyhodnocené parametry oblasti 3 .....</i>	<i>98</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Základní délky drsnosti pro měření <math>R_a</math>, <math>R_q</math>, <math>R_{sk}</math>, <math>R_{ku}</math>, <math>R_{\Delta q}</math> a křivek a odpovídající parametry pro neperiodické profily (např. broušené profily) [9] .....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 2 Základní délky drsnosti pro měření <math>R_z</math>, <math>R_v</math>, <math>R_p</math>, <math>R_c</math> a <math>R_t</math> neperiodických profilů (např. broušených profilů) [9] .....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 3 Základní délky drsnosti pro R-parametrů periodických profilů s <math>R_{Sm}</math> periodických a neperiodických profilů [9] .....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4 Zkušební destičky .....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 5 Chemická analýza oceli 1.2343 .....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 6 Chemická analýza oceli 1.2083 .....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 7 Porovnání výsledků 2D a 3D snímací metody .....</i>	<i>99</i>