

# **Kvantifikace parametrů jakosti se zaměřením na analýzu soustružených ploch**

Quantification of quality parameters, focusing on the analysis of  
turned surfaces

Bc. Nemravová Štěpánka  
Řízení jakosti

---

Diplomová práce  
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Štěpánka NEMRAVOVÁ**  
Osobní číslo: **T080265**  
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**

Téma práce: **Kvantifikace parametrů jakosti se zaměřením na analýzu soustružených ploch**

Zásady pro vypracování:

- 1) Přehled současného stavu hodnocení parametrů drsnosti a metod jejich měření
- 2) Teoretická závislost parametrů drsnosti na hloubce řezu a posuvu
- 3) Kvantifikace naměřených výsledků s orientací na předpokládanou teoretickou závislost
- 4) Metoda provedení experimentů
- 5) Zpracování získaných výsledků analyticky a graficky
- 6) Výsledky a vyhodnocení získaných parametrů

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] KOCMAN,K.- PROKOP,J.: Technologie obrábění.Akademické nakladatelství CERM, 1.vyd., s. 270, Brno, 2001

[2] KOCMAN, K. a kol.: Aktuální příručka pro technický úsek.Verlag Dashofer,16.ktualizvané vydání, s.4250,Praha,2001, ISBN 80-902247-2-5

[3] Metals Handbook Volume 16, Machining. Edit Joseph R.Davis. 1 ed London, 1997, ISBN 0-02-328621-0

[4] Kocman,K.:Analysis of developmemt grinfing wheels on the basis of microcrystalline corndum. In Manufacturing Technology, 2010

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Karel Kocman, DrSc.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **14. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2011**

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

### **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;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati 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;
- beru na vědomí, že podle § 60 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 odst. 2 a 3 autorského zákona 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.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Karlu Kocmanovi, DrSc., za konzultace a rady, které mi poskytl.

Dále patří můj dík panu doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za jeho odbornou pomoc v laboratoři a konzultace programu MINITAB.

## **ABSTRAKT**

Tématem práce je kvantifikace parametrů jakosti soustružených ploch. V této práci jsou sledovány hlavní parametry ovlivňující strukturu soustružené plochy - velikost posuvu a její závislost na Ra a Rz. Porovnávám VBD s PVD povlakem, Cermet a VBD s Wiper technologií .

**Klíčová slova:** kvantifikace parametrů jakosti, drsnost povrchu, materiál, velikost posuvu , VBD, Wiper, Cermet, PVD.

## **ABSTRACT**

The central theme is the quantification of quality parameters of turned surfaces. This thesis follows the main parameters affecting the structure of machined surfaces - the feed rate and its dependence on Ra and Rz. Comparing with PVD coated inserts, cermet inserts, and with Wiper technology.

**Keywords:** quantification of quality parameters, surface roughness, material feed rate, insert, Wiper, cermet, PVD.

# OBSAH

ÚVOD.....	8
<b>1 ZÁKLADNÍ POJMY.....</b>	<b>12</b>
1.1 TECHNOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA SOUSTRUŽENÍ.....	12
1.2 NÁSTROJ.....	13
1.3 POHYBY PŘI OBÁBĚNÍ.....	14
1.3.1 Hlavní pohyb.....	14
1.3.2 Posuvový pohyb.....	14
1.3.3 Řezný pohyb.....	15
1.3.4 Přísuv.....	15
1.4 OBRÁBĚNÉ MATERIÁLY.....	16
1.4.1 Skupina P – Ocel.....	16
1.4.2 Skupina M – Korozivzdorná ocel.....	16
1.5 NÁSTROJOVÁ MATERIÁLY.....	17
1.5.1 Povlakovaný slinutý karbid.....	17
1.5.2 CVD povlaky.....	17
1.5.3 PVD povlaky.....	17
1.5.4 Cermet.....	18
1.5.5 Hladící břitové destičky Wiper.....	18
<b>2 HODNOCENÍ PARAMETRŮ DRSNOSTI A JEJICH MĚŘENÍ.....</b>	<b>19</b>
2.1 ODHADOVÁNÍ PARAMETRŮ.....	19
2.1.1 Parametry odhadované na základní délce.....	19
2.1.2 Parametry definované na vyhodnocované délce.....	19
2.1.3 Křivky a odpovídající parametry.....	19

<b>2.2</b>	<b>POROVNÁVÁNÍ MĚŘENÝCH HODNOT .....</b>	<b>20</b>
2.2.1	Plochy na kontrolovaných prvcích.....	20
2.2.2	Pravidlo 16%.....	20
2.2.3	Pravidlo maxima.....	20
2.2.4	Nejistota měření.....	21
<b>2.3</b>	<b>HODNOCENÍ PARAMETRŮ.....</b>	<b>21</b>
2.3.1	Parametry profilu drsnosti.....	21
<b>2.4</b>	<b>PRAVIDLA A POSTUPY PRO KONTROLU DOTYK. PŘÍSTROJI.....</b>	<b>22</b>
2.4.1	Měření parametrů profilu drsnosti.....	22
2.4.2	Postup pro neperiodický profil drsnosti.....	22
2.4.3	Postup pro periodický profil drsnosti.....	23
<b>3</b>	<b>PARAMETRY STRUKTURY POVRCHU.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>TERMÍNY A DEFINICE.....</b>	<b>25</b>
3.1.1	Filtr profilu.....	25
3.1.2	Souřadnicový systém.....	25
3.1.3	Skutečný povrch.....	26
3.1.4	Profil povrchu.....	26
<b>3.2</b>	<b>NÁZVY GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ.....</b>	<b>26</b>
3.2.1	Místní sklon $dZ/dX$ .....	27
3.2.2	Materiálová délka profilu na úrovni c.....	28
<b>3.3</b>	<b>DEFINICE PARAMETRŮ PROFILU POVRCHU.....</b>	<b>28</b>
3.3.1	Výškové parametry.....	28
3.3.2	Délkové parametry.....	30
3.3.3	Tvarové parametry.....	30
3.3.4	Křivky a odpovídající parametry.....	31
<b>4</b>	<b>REGRESNÍ ANALÝZA.....</b>	<b>32</b>



4.1	CHARAKTERISTIKY STATISTICKÉHO SOUBORU.....	34
5	VZORKY.....	38
5.1	VÝROBA VZORKŮ.....	38
5.2	MĚŘENÍ VZORKŮ.....	38
5.2.1	Měřicí přístroj.....	38
5.2.2	Způsob měření.....	39
5.2.3	Postup snímání profilu drsnosti.....	40
5.2.4	Naměřené hodnoty drsnosti.....	41
6	ANALÝZA ZKOUMANÝCH DAT.....	53
6.1	ZÁKLADNÍ DATA.....	53
6.2	GRAFY ZÁVISLOSTI Ra NA $f_n$ U MATERIÁLU ČSN 41 7240.....	53
6.3	GRAFY ZÁVISLOSTI Ra NA $f_n$ U MATERIÁLU ČSN 41 1373.....	54
6.4	ZHODNOCENÍ POROVNÁVANÝCH DAT.....	55
6.5	GRAFY ZÁVISLOSTI Rz NA $f_n$ Rz U MATERIÁLU ČSN 41 7240.....	56
6.6	GRAFY ZÁVISLOSTI Rz NA $f_n$ Rz U MATERIÁLU ČSN 41 1373.....	57
6.7	VARIAČNÍ ROZPĚTÍ U PVD – ČSN 41 7240.....	58
6.8	VARIAČNÍ ROZPĚTÍ U WIPERU – ČSN 41 7240.....	61
7	REGRESE.....	65
7.1	REGRESE PROFILU DRSNOSTI U WIPERU – ČSN 41 7240.....	65
7.2	REGRESE PROFILU DRSNOSTI U PVD – ČSN 41 7240.....	68
7.3	REGRESE PROFILU DRSNOSTI Ra U CERMETU – ČSN 41 7240.....	69
7.4	REGRESE PROFILU DRSNOSTI Ra U WIPERU – ČSN 41 1373.....	71
7.5	REGRESE PROFILU DRSNOSTI Ra U PVD – ČSN 41 1373.....	72
7.6	REGRESE PROFILU DRSNOSTI Ra U CERMETU – ČSN 41 1373.....	74

<b>UTB ve Zlíně, Fakulta technologická</b>	<b>10</b>
<b>8 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>75</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>80</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>81</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>82</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>83</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>84</b>

## ÚVOD

Pracuji ve firmě SANDVIK jako prodejní technik. Je to firma s mnohaletou tradicí sídlící ve Švédsku v městě Sandviken.

Dnes více než kdy jindy se zvyšují požadavky na kvalitu obrobených ploch a produktivitu, která úzce souvisí s náklady na výrobu. Mou součástí není jenom prodat nástroje, ale také zákazníkovi poradit a navrhnout vhodnou technologii. Návrhy jsou vždy ověřeny v praxi, nebo přímo u daného zákazníka.

Proto jsem se v této práci zaměřila na parametry, které ovlivňují kvalitu obrobené plochy. Jako řezné nástroje jsem použila VBD nejčastěji používané na dokončovací operace při soustružení.

### Cíle práce

- Navrhnou vhodné VBD pro danou operaci
- Vyrobit vzorky za doporučených řezných podmínek
- Provést měření parametrů drsnosti  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{sm}$
- Provést snímání povrchu kamerou
- Navrhnou vhodné proložení regrese
- Zhotovit rovnice funkce  $R_a$
- Ekonomické zhodnocení

## 1 ZÁKLADNÍ POJMY

### 1.1 TECHNOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je obráběcí metoda používaná pro zhotovení součástí rotačních tvarů, při nichž se většinou používají jednobřité nástroje různého provedení. Hlavní pohyb je obvykle rotační pohyb obrobku, přičemž rychlost hlavního pohybu je současně řeznou rychlostí  $v_c$ . Posunový pohyb je přímočarý nebo obecný, vykonává ho obvykle nástroj. Řezný pohyb se při soustružení válcové plochy realizuje po šroubovici, při soustružení čelní plochy po Archimédově spirále a při soustružení rotační plochy obecného tvaru po obecné prostorové křivce.

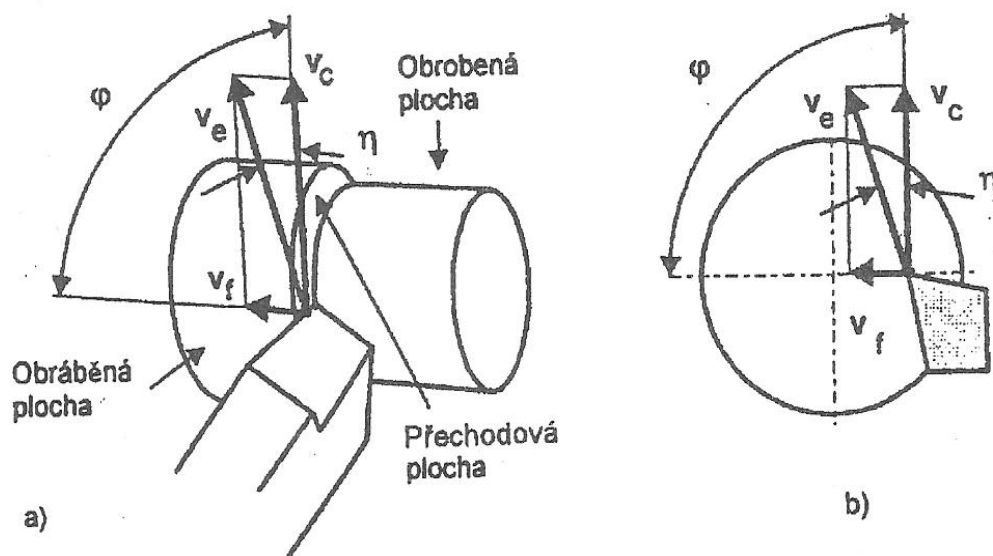
#### Obrobek

Obrobek jako objekt obráběcího procesu je z geometrického hlediska charakterizován obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou.

**obráběná plocha** – část povrchu obrobku přetvářena obráběním

**obrobená plocha** – je plocha získaná jako výsledek řezného procesu

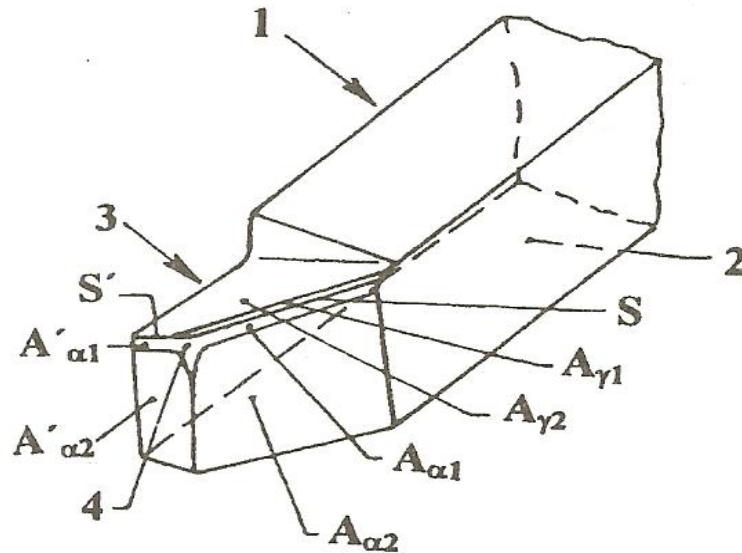
**přechodová plocha** – okamžitá plocha obrobku, vytvářena při obrábění působením ostří řezného nástroje. [8]



Obr.1. Hlavní pohyby při soustružení[8]

## 1.2 NÁSTROJ

Nástroj v interakci s obrobkem umožňuje realizaci řezného procesu. Z geometrického hlediska je nástroj identifikován svými prvky, plochami, ostřími a rozměry ostří.



**Obr.2. Ostří a plochy na řezné části soustružnického nože [8]**

1-stopka, 2-základna, 3-řezná část, 4-špička, S-nástrojové hlavní ostří, S'-nástrojové vedlejší ostří,  $A_{\gamma 1}$ -první hlavní čelo,  $A_{\gamma 2}$ -druhé hlavní čelo,  $A_{\alpha 1}$ -první hlavní hřbet,  $A_{\alpha 2}$ -druhý hlavní hřbet,  $A'_{\alpha 1}$ -první vedlejší hřbet,  $A'_{\alpha 2}$ -druhý vedlejší hřbet [8]

## 1.3 POHYBY PŘI OBRÁBĚNÍ

### 1.3.1 Hlavní pohyb

je vzájemný pohyb mezi nástrojem a obrobkem, který realizuje obráběcí stroj.

**řezná rychlost  $v_c$**  je vyjádřena jako okamžitá rychlost hlavního pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.

### 1.3.2 Posuvový pohyb

je realizovaný obráběcím strojem jako další relativní pohyb mezi nástrojem a obrobkem. Posuvový pohyb společně s hlavním pohybem umožňuje plynulé nebo přerušované odřezávání třísky z obráběného povrchu.

**posuvová rychlost**  $v_f$  je určena jako okamžitá rychlost posuvového pohybu v uvažovaném bodě ostří vzhledem k obrobku.

### 1.3.3 Řezný pohyb

je pohyb vycházející ze současného hlavního a posuvového pohybu (výsledný vzájemný pohyb nástroje vůči obrobku, který vznikne součtem vektorů hlavního a posuvového pohybu)

**rychlost řezného pohybu**  $v_e$  je okamžitá rychlost zeného pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.

### 1.3.4 Přísuv

je pohyb nástroje nebo obrobku, kterým se nástroj nastavuje do pracovní polohy na požadovanou šířku záběru ostří  $a_p$ . Po dosažení předepsané hodnoty  $a_p$  se tento pohyb zastaví.

[5]

## 1.4 OBRÁBĚNÉ MATERIÁLY

### 1.4.1 Skupina P - Ocel

Oceli představují největší skupinu obráběných materiálů v oblasti obrábění kovů. Mohou být nezušlechtné nebo kalené a popuštěné, s obvyklou tvrdostí až 400 HB. Oceli s tvrdostí nad 48 HRC a až 62-65 HRC náleží do skupiny ISO H. Ocel je slitina železa Fe a uhlíku C.

#### Nelegované oceli

Nelegované oceli mají obsah uhlíku menší než 0,8%, a jsou tvořeny výhradně železem (Fe) bez dalších přísad slitinových prvků. Tvrdost v rozsahu od 90 do 350 HB. Vyšší obsah uhlíku (>0,2%) je nezbytný pro zakalení materiálu. Při obrábění nízkouhlíkových ocelí (<0,25%) je třeba věnovat zvláštní pozornost problémům s dělením třísek a sklonům k ulpívání materiálu na břitu. Pro zlepšení dělení třísky při soustružení je doporučeno, aby hloubka řezu byla nízká nebo větší, než je poloměr špičky nástroje. Obecně lze říci, že u zušlechtných ocelí je obrobiteľnosť veľmi dobrá, ale prejavuje sa u nich sklon k relatívne značnému opotrebeniu hřbetu břitu.

### 1.4.2 Skupina M - Korozi vzdorná ocel

Korozi vzdorné oceli jsou materiály s přísadou minimálně 12% chromu, mezi ostatní přísady patří nikl a molybden. Různé druhy, jako například feritické, martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické (duplexní), dohromady tvoří velkou skupinu. Společnou vlastností těchto typů je, že břity jsou vystaveny účinkům velkého množství tepla, opotřebení ve tvaru vrubu a tvoření nárůstku.

Obrobiteľnosť korozi vzdorných ocelí se liší v závislosti na množství legujících prvků, tepelném zpracování a způsobu výroby (kovaná, odlévaná atd.). Jsou to materiály tvořící dlouhé třísky. Kontrola utváření třísky ve feritických /martenzitických materiálech je velmi dobrá, ale mnohem složitější se stává u austenitických a duplexních typů materiálu. Zvýšený obsah dusíku (N) v austenitické struktuře přispívá ke zvýšení pevnosti a poskytuje určitý stupeň odolnosti proti korozi, ale na druhou stranu snižuje obrobiteľnosť, jelikož roste velikost deformačního zpevnění. Pro zlepšení obrobiteľnosti se využívá přísady síry (S). [1]

## 1.5 NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY

### 1.5.1 Povlakovaný slinutý karbid (HC)

V současnosti reprezentují slinuté karbidy 80 – 90% veškerých břitových destiček používaných pro obráběcí nástroje. Je to dáno jejich výbornou kombinací odolnosti proti opotřebení a houževnatosti, ale také jejich schopností nechat se formovat do složitých tvarů. Povlakované slinuté karbidy představují kombinaci slinutého karbidu s povlakem.

### 1.5.2 CVD povlaky

CVD je zkratka anglického názvu Chemical Vapor Deposition – chemické metody nanášení povlaku. CVD vzniká chemickými reakcemi při teplotách v intervalu 700-1500°C.

CVD povlaky mají vysokou odolnost proti otěru a skvělou adhezi ke slinutým karbidům. Prvním povlakem, naneseným na slinutý karbid metodou CVD, byl jednovrství povlak z karbidu titanu (TiC). Poblaky Alumina ( $Al_2O_3$ ) a poblaky z nitridu titanu (TiN) byly zavedeny později. Moderní CVD poblaky jsou kombinací MT-Ti(C,N),  $Al_2O_3$  a TiN. Představují první volbu v širokém spektru aplikací, kde má klíčový význam odolnost proti otěru.

### 1.5.3 PVD poblaky

PVD poblaky (Physical Vapor Deposition) jsou nanášeny za relativně nízkých teplot (400-600°C). Samotný proces se skládá z postupného odpařování kovu, který reaguje, například s dusíkem, přičemž na povrchu obráběcího nástroje vzniká tvrdý nitridický povlak. PVD poblaky díky své tvrdosti ještě zvyšují odolnost dané třídy proti otěru. Jejich vnitřní tlaková pnutí jsou také důvodem nárůstu houževnatosti břitu a odolnosti proti tepelným hřebenovým trhlinám. Mnohovrství povlak se skládá z velkého množství tenkých vrstev, v řádu nanometrů.[1]

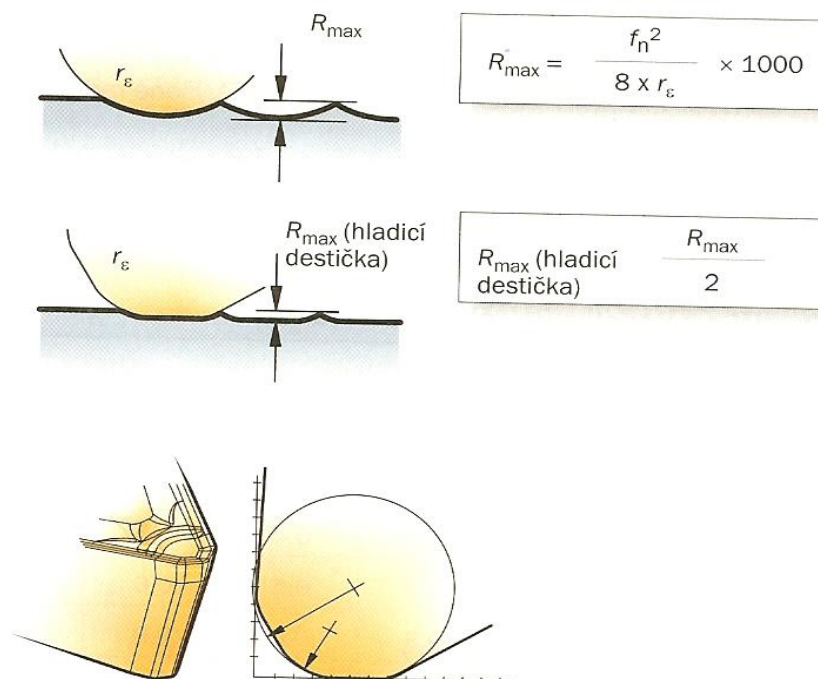


### 1.4.4 Cermet

Cermet je slinutý karbid tvořený tvrdými částicemi na bázi titanu. Název cermet je kombinací slov keramika (ceramic) a kov (metal). Základním stavebním prvkem jsou částice karbonitridů titanu Ti (C,N) a částicemi sekundárních tvrdých fází (Ti,Nb,W)(C,N) a pojivem bohatým na kobalt. Ve srovnání s běžnými slinutými karbidy má cermet vyšší odolnost vůči otěru a menší tendence k ulpívání materiálu obrobku na břitu. Na druhou stranu má také nižší úroveň vnitřních tlakových pnutí a z toho důvodu i nižší odolnost proti vzniku tepelných trhlin.

### 1.4.5 Hladicí břitové destičky Wiper

S hladicími břitovými destičkami je možno soustružit při vysokých rychlostech posuvu, bez ztráty způsobilosti pro dosažení kvalitního povrchu a dělení třísek. To znamená zkrácení výrobního času až o 30% a zvýšení kvality obrobků. Jsou navrženy tak, aby při pohybu destičky podél obrobku docházelo k vyhlazení obráběného povrchu. Hladicí efekt se přednostně uplatňuje při přímočarém a čelním soustružení.[1]



Obr. 3. Srovnání běžné VBD a VBD s Wiper technologií.[1]

## 2 HODNOCENÍ PARAMETRŮ DRSNOSTI A METOD JEJICH

### MĚŘENÍ

#### 2.1 ODHADOVÁNÍ PARAMETRŮ

##### 2.1.1 Parametry odhadované na základní délce

###### Odhad průměrných hodnot parametrů

Odhad průměrných hodnot parametrů je vypočítáván vyčíslením aritmetického průměru odhadu parametru ze všech jednotlivých základních délek. Když je pro parametry profilu drsnosti použit normalizovaný počet základních délek, není potřebné doplňovat symbol parametru indexem. Pro parametr hodnocený na jiném počtu základních délek, musí být tento počet u značky uveden jako index.

##### 2.1.2 Parametry definované na vyhodnocované délce

Pro parametry definované na vyhodnocované délce ( $P_t, R_t, a$   $W_t$ ) je odhad hodnoty parametru vypočítáván pomocí naměřených dat z vyhodnocované délky rovné normalizovanému počtu základních délek.

##### 2.1.3 Křivky a odpovídající parametry

Pro křivky a odpovídající parametry je odhad hodnoty parametru vypočítáván pomocí naměřených dat z jedné křivky, která byla počítána na základě vyhodnocované délky.[3]

## 2.2 POROVNÁVÁNÍ MĚŘENÝCH HODNOT S TOLERANČNÍMI MEZEMI

### 2.2.1 Plochy na kontrolovaných prvcích

Struktura povrchu kontrolovaných obrobků se může jevit jako homogenní, nebo může být na jednotlivých plochách zcela rozdílná. To může být zjištěno vizuální zkouškou povrchu. V případech kdy se struktura povrchu jeví jako homogenní, hodnoty parametrů určené z celého povrch budou použity pro porovnání s požadavky uvedenými na výkresu, nebo ve výrobní dokumentaci. Jsou-li na povrchu jednotlivé plochy s nápadně rozdílnou strukturou, hodnoty parametrů, které jsou určeny pro každou jednotlivou plochu, budou pro porovnání s požadavky specifikovanými na výkresu, nebo ve výrobní dokumentaci použity odděleně. Pro požadavky specifikované horní mezí parametru budou použity ty jednotlivé plochy na povrchu, u nichž je zřejmé, že mají největší hodnotu parametru.

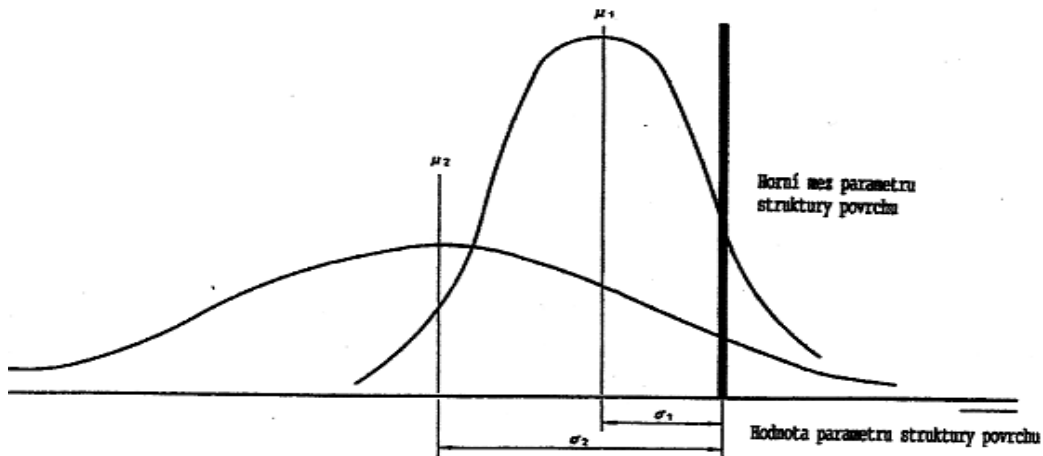
### 2.2.2 Pravidlo 16%

Pro požadavky specifikované horní mezí parametru jsou povrchy považovány za přijatelné, jestliže na více než 16% všech naměřených hodnot vybraných parametrů, zjišťovaných na vyhodnocované délce přesahuje hodnotu uvedenou na výkresu nebo ve výrobní dokumentaci.

Pro požadavky specifikované dolní mezí parametru, jsou povrchy považovány za přijatelné, jestliže ne více než 16% všech naměřených hodnot vybraných parametrů, zjišťovaných na vyhodnocované délce, je menších než hodnota uvedená na výkresu nebo ve výrobní dokumentaci.

### 2.2.3 Pravidlo maxima

Při požadavcích specifikovaných největší hodnotou parametru, nesmí v průběhu kontroly žádná z měřených hodnot parametru ne celém kontrolovaném povrchu přestoupit na hodnotu uvedenou na výkresu nebo ve výrobní dokumentaci.[3]



Obr. 4. Horní mez parametru struktury povrchu.[3]

### 2.2.4 Nejistota měření

Pro dokázání shody nebo neshody se specifikací musí být měřené hodnoty parametrů porovnány se specifikovanými mezními hodnotami s uvážením nejistot měření podle pravidel daných v ISO 14253-1.

## 2.3 HODNOCENÍ PARAMETRŮ

### 2.3.1 Parametry profilu drsnosti

Pokud se vyhodnocovaná délka pro R-parametry podle ISO 4287 nerovná pěti základním délkám, je jejich horní a dolní mez přepočítána a vztahena k vyhodnocované délce rovnající se pěti základním délkám. Každé znázorněné  $\sigma$  se rovná  $\sigma_5$ .

$$\sigma_5 = \sigma \sqrt{(n/5)} \quad (1.2)$$

Kde  $n$  je počet (menší než 5) použitých základních délek. Čím větší je počet měření a delší vyhodnocovaná délka, tím větší je spolehlivost rozhodnutí o tom, vyhodnocuje-li kontrolovaný povrch specifikací, a tím menší je nejistota průměrné hodnoty parametru.

Nárůst počtu měření však vede k nárůstu času a nákladů na měření. Proces kontroly musí proto nezbytně představovat kompromis mezi spolehlivostí a náklady.[3]

## 2.4 PRAVIDLA A POSTUPY PRO KONTROLU DOTYKOVÝMI PŘÍSTROJI

### 2.4.1 Měření parametrů profilu drsnosti

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 ose povrchu. Pro izotropní povrchy může být směr řezu libovolný.

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.

### 2.4.2 Postup pro neperiodický profil drsnosti

- a) 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.
- b) Odhadne se základní délka z tabulky 1, 2 nebo 3 pro  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$ , nebo  $R_{Sm}$ .
- c) Měřícím přístrojem, s nastavenými hodnotami základní délky odhadnuté se získá reprezentativní vzorek měření  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  nebo  $R_{Sm}$ .
- d) Porovnávají se naměřené hodnoty  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  nebo  $R_{Sm}$  v tabulce 1, 2, nebo 3 odpovídající odhadnuté 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 tabulce 1, 2, nebo 3.
- 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. Prohlédne se, zda výsledná kombinace  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  nebo  $R_{Sm}$  a základní délky je uvedena v tabulkách 1, 2, nebo 3.[3]
- f) Jestliže jen závěrečné nastavení podle kroku odpovídá tabulce, potom nastavená základní délka a hodnoty  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  nebo  $R_{Sm}$  jsou správné. Jestliže krok e) také předkládá kombinaci danou v tabulce potom tato nastavená kratší základní

délka a odpovídající parametry jsou správné.

Získá se reprezentativní měření žádaných parametrů použitím hodnoty mezní vlnové délky.

### 2.4.3 Postup pro periodický profil drsnosti

- a) Na povrchu s neznámou drsností se graficky odhadne parametr RSm.
- b) Pro odhadnutý parametr RSm použitím tabulky 3 se určí doporučená hodnota mezní vlnové délky cut-off.
- c) Je-li to nezbytné tj. ve sporném případě, se změří hodnota RSm za použití hodnoty mezní vlnové délky cut-off, určené podle b).
- d) Jestliže hodnota RSm z kroku c) odpovídá podle tabulky 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 reprezentativním měřením žádaných parametrů při použití hodnoty mezní vlnové délky.[3]

Tab. 1. Základní délky drsnosti pro měření Ra, Rq, Rsk, Rku, RΔq[3]

$Ra$ μm	Základní délka drsnosti $lr$ mm	Vyhodnocovaná délka 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

Tab. 2. Základní délky drsnosti pro měření Rz, Rv, Rp, Rc a Rt.[3]

$Rz^{1)} Rz1max.^{2)}$ $\mu m$	Základní délka drsnosti $lr$ mm	Vyhodnocovaná délka drsnosti $ln$ mm
(0,025) <Rz,Rz1max ≤0,1	0,08	0,4
0,1 <Rz,Rz1max. ≤0,5	0,25	1,25
0,5 <Rz,Rz1max. ≤10	0,8	4
10 <Rz,Rz1max. ≤50	2,5	12,5
50 <Rz,Rz1max. ≤200	8	40

<sup>1)</sup> Rz je použito při měření Rz, Rv, Rp, Rc, a Rt  
<sup>2)</sup> Rz1max. je použito jen při měření Rz1max., Rv1max., Rp1max. a Rc1max.

Tab.3. Základní délky drsnosti pro měření R-parametrů period. profilů s RSm.[3]

$RSm$ $\mu mm$	Základní délka drsnosti $lr$ mm	Vyhodnocovaná délka drsnosti $ln$ mm
0,013 <RSm ≤0,04	0,08	0,4
0,04 <RSm ≤0,13	0,25	1,25
0,13 <RSm ≤0,4	0,8	4
0,4 <RSm ≤1,3	2,5	12,5
1,3 <RSm ≤4	8	40

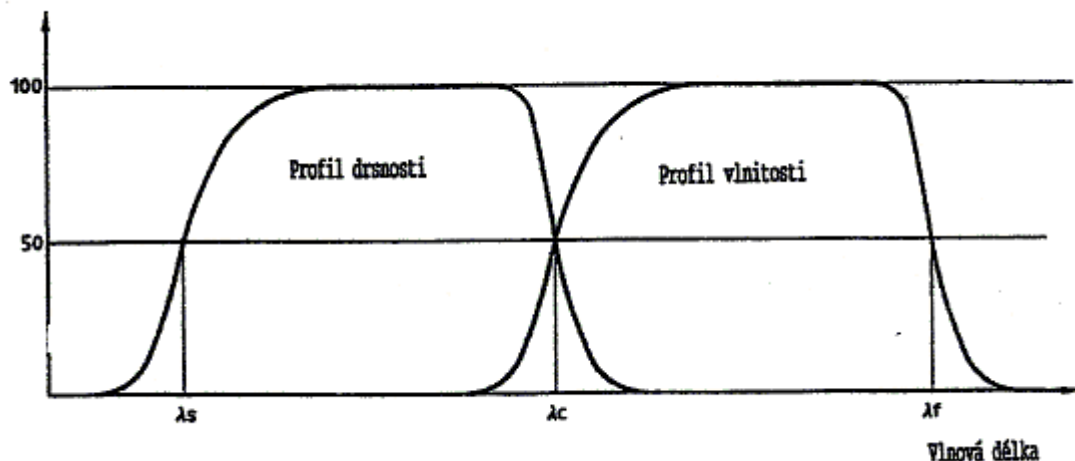
### 3 PARAMETRY STRUKTURY POVRCHU

#### 3.1 TERMÍNY A DEFINICE

##### 3.1.1 Filtr profilu

Filtr rozděluje profily na dlouhovlnné a krátkovlnné složky. V přístrojích pro měření drsnosti, vlnitosti a základního profilu jsou používány tři filtry. Mají stejné přenosové charakteristiky, ale rozdílné hodnoty mezi vlnové délky cut-off.

- $\lambda_s$  **filtr profilu** : filtr definující rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomných na povrchu
- $\lambda_c$  **filtr profilu** : filtr definující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti
- $\lambda_f$  **filtr profilu** : filtr definující rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu



Obr. 5. Přenosová charakteristika profilu drsnosti.[4]

##### 3.1.2 Souřadnicový systém

System ve kterém jsou definovány parametry struktury povrchu. Obvykle je používán pravoúhlý souřadnicový systém, ve kterém osy tvoří pravotočivou kartézskou soustavu, osa X ve směru snímání je souběžná se střední čarou, osa Y také leží na skutečném povrchu, osa Z směřuje z povrchu.

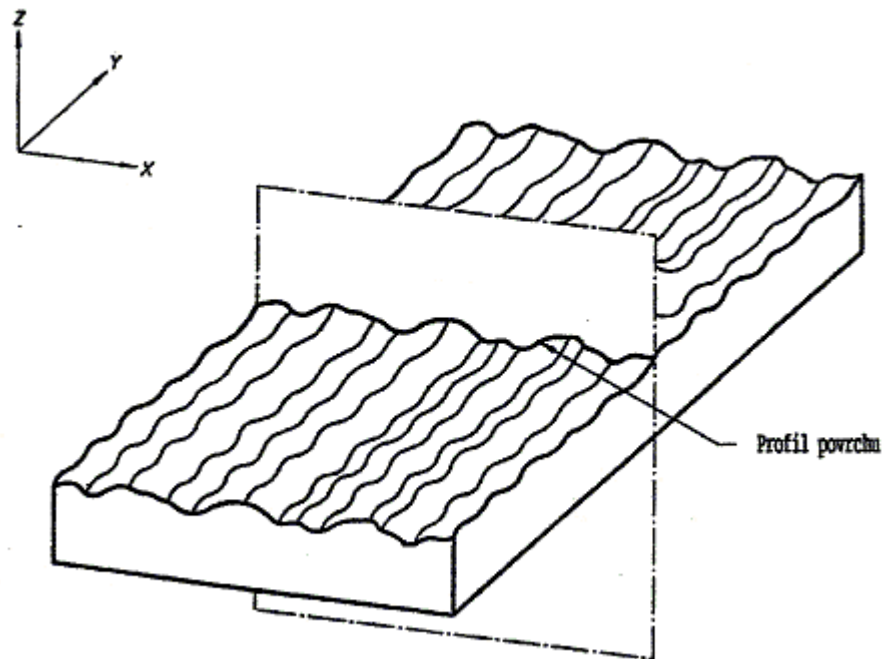


### 3.1.3 Skutečný povrch

Povrch omezující těleso a oddělující ho od okolního prostředí.

### 3.1.4 Profil povrchu

Profil vzniklý jako průsečnice skutečného povrchu a dané roviny. V praxi se obvykle volí rovina kolmá k rovině rovnoběžné se skutečným povrchem ve vhodném směru.



Obr. 6. Profil povrchu[4]

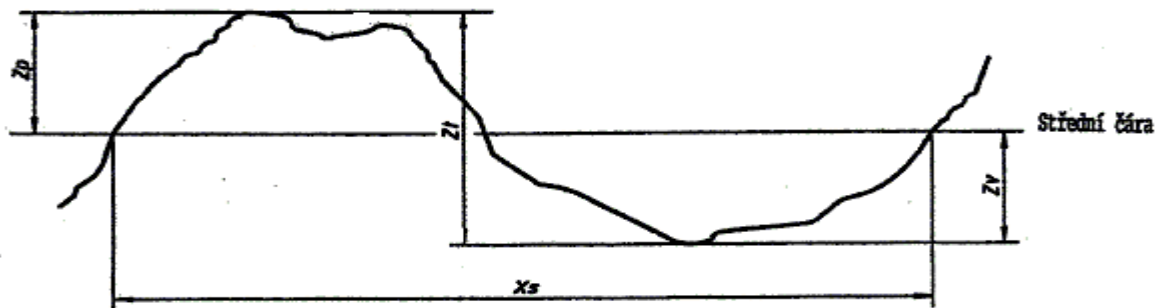
## 3.2 NÁZVY GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ

**Výstupek profilu:** z povrchu ven směřující (z materiálu do okolního prostředí) část posuzovaného profilu spojující dva přilehlé body a průsečíku profilu s osou X.

**Prohlubeň profilu:** dovnitř směřující (z okolního prostředí do materiálu) část posuzovaného profilu spojující dva přilehlé body na průsečíku profilu s osou X.[4]

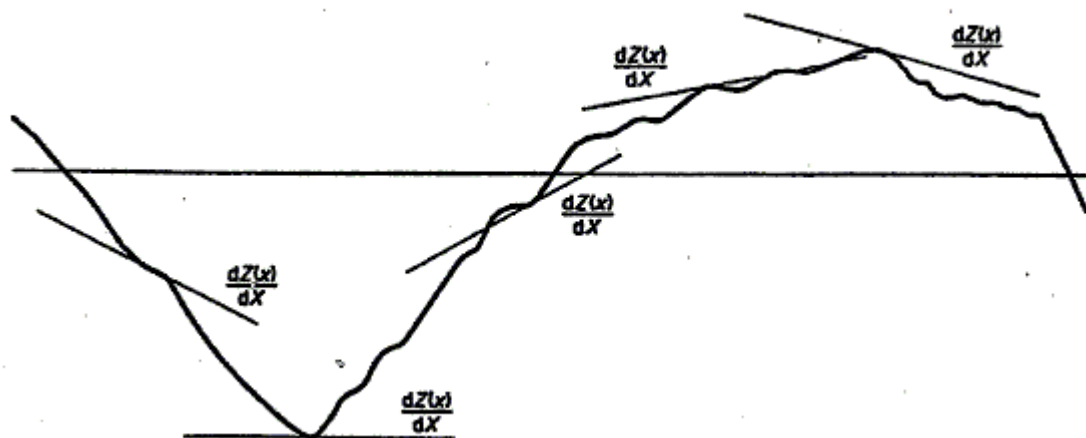
**Omezení výšky nebo rozteče:** nejmenší výška a nejmenší rozteč výstupků a prohlubní posuzovaného profilu, které mohou být brány v úvahu. Jsou specifikovány v procentech  $P_z$ ,  $R_z$ ,  $W_z$  nebo jiných výškových parametrech a nejmenší rozteč v procentech základní délky.

**Prvek profilu:** výstupek profilu a přilehlá prohlubeň. Kladná nebo záporné část posuzovaného profilu na začátku nebo konci základní délky by byly vždy považovány za výstupek profilu nebo za prohlubeň profilu.[4]



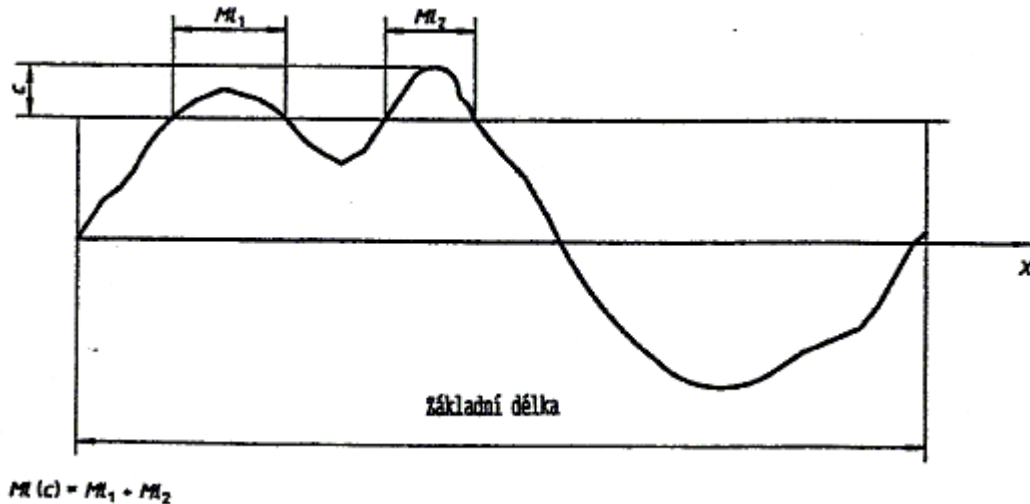
Obr. 7. Prvek profilu.[4]

**3.1.5 Místní sklon  $dZ/dX$  :** sklon posuzovaného profilu v poloze  $x$



Obr. 8. Místní sklon[4]

**3.2.2 Materiálová délka profilu na úrovni  $c$  :** součet délek úseků získaných protnutím prvku profilu čarou rovnoběžnou s osou  $X$  v dané úrovni  $c$  .

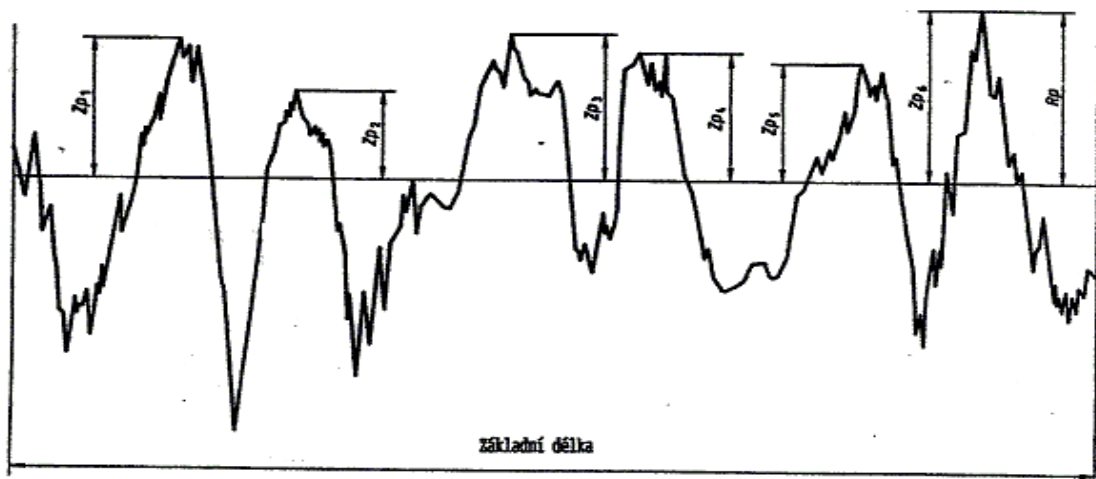


Obr.9. Materiálová délka[4]

### 3.2 DEFINICE PARAMETRŮ PROFILU POVRCHU

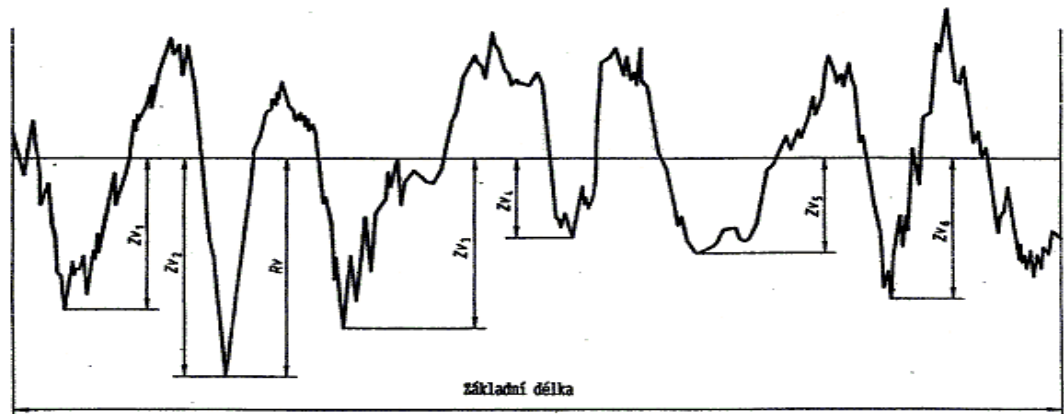
#### 3.2.1 Výškové parametry

Největší výška výstupku profilu  $P_p$ ,  $R_p$ ,  $W_p$  : výška  $Z_p$  nejvyššího výstupku profilu v rozsahu základní délky.



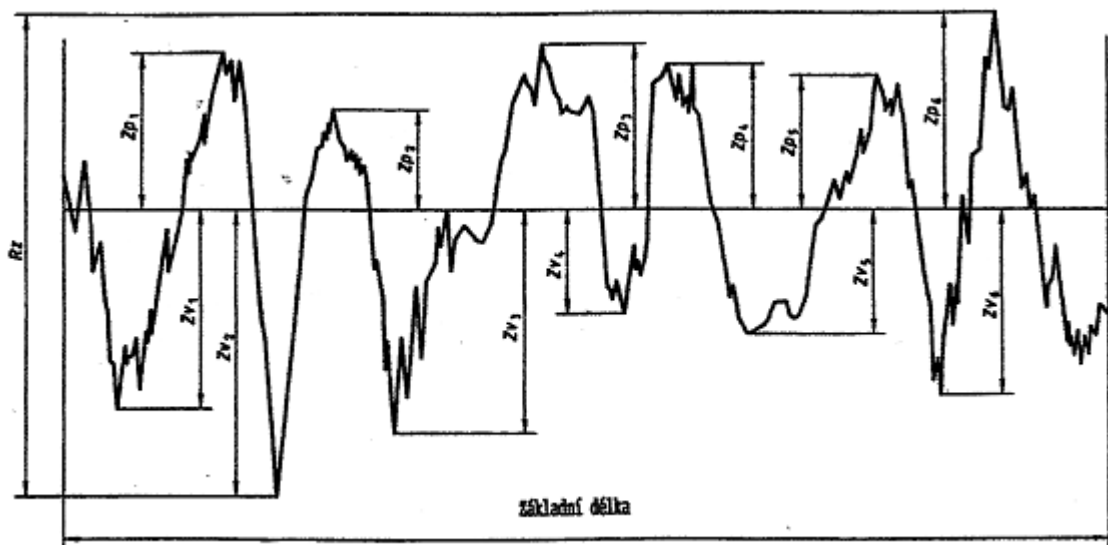
Obr. 10. Největší výška výstupků profilu[4]

Největší hloubka prohlubně profilu,  $P_v$ ,  $R_v$ ,  $W_v$  : hloubka  $Z_v$  nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky.



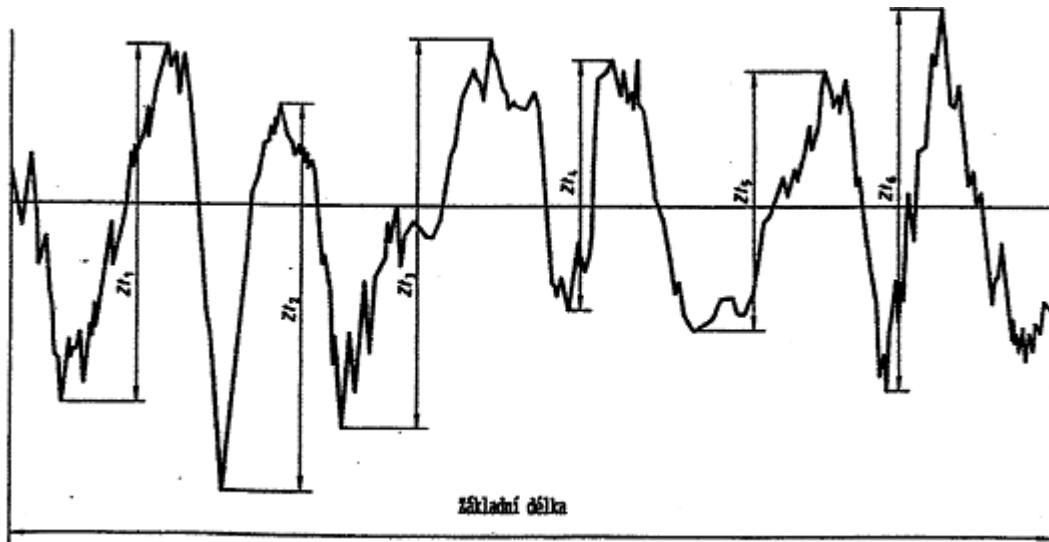
Obr.11. Největší hloubka prohlubní profilu[4]

Největší výška profilu,  $P_z$ ,  $R_z$ ,  $W_z$  : součet výšky  $Z_p$  nejvyššího výstupku profilu a hloubky  $Z_v$  nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky



Obr. 12. Největší výška profilu[4]

Průměrná výška prvků profilu,  $P_c$ ,  $R_c$ ,  $W_c$ : průměrná hodnota výšek  $Z_t$  prvků profilu v rozsahu základní délky. Parametry  $P_c$ ,  $R_c$ ,  $W_c$  vyžadují omezení výšky a rozteče. Není-li určeno jinak, implicitní výškové omezení bude 10% hodnoty  $P_z$ ,  $R_z$ ,  $W_z$  a implicitní omezení rozteče bude 1% základní délky. Oběma podmínkám musí být vyhověno.



Obr. 13. Výška prvků profilu[4]

**Celková výška profilu  $P_t$ ,  $R_t$ ,  $W_t$**  : součet výšky  $Z_p$  nejvyššího výstupku profilu hloubky  $Z_v$  nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky.

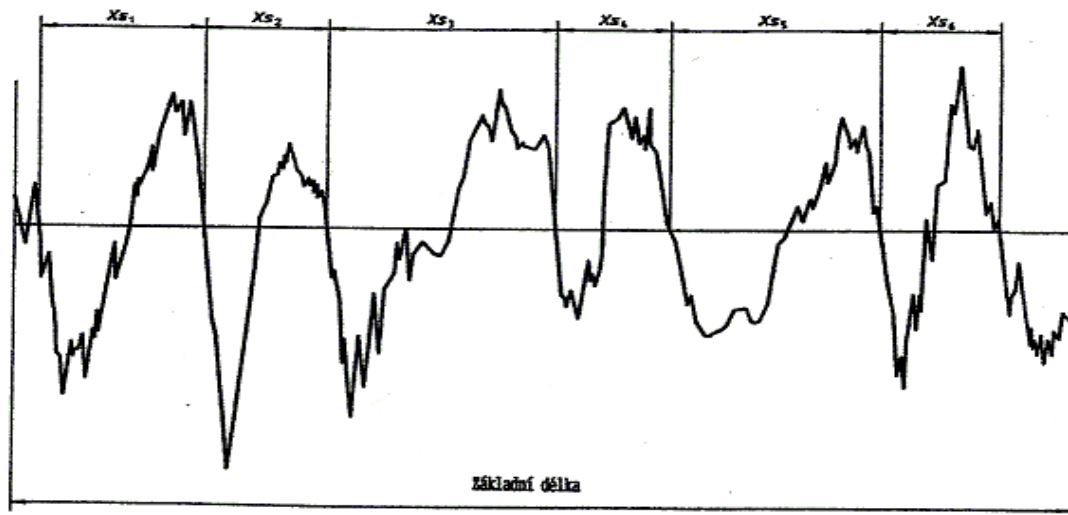
$$P_t \geq P_z, R_t \geq R_z, W_t \geq W_z$$

### 3.2.2 Délkové parametry

**Průměrná šířka prvků profilu,  $P_{Sm}$ ,  $R_{Sm}$ ,  $W_{Sm}$**  : aritmetický průměr šířek  $X_s$  prvků profilu, v rozsahu základní délky.

### 3.3.3 Tvarové parametry

**Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu,  $P_{\Delta q}$ ,  $R_{\Delta q}$ ,  $W_{\Delta q}$**   
kvadratický průměr sklonů souřadnic  $dZ/dX$  v rozsahu základní délky. [4]



Obr. 14. Šířka prvků profilů[4]

### 3.3.4 Křivky a odpovídající parametry

- **Materiálový poměr profilu ( nosný podíl)  $P_{mr}(c)$ ,  $R_{mr}(c)$ ,  $W_{mr}(c)$** : poměr délky materiálů elementů profilu  $MI(c)$  na dané úrovni  $c$ , k vyhodnocované délce.[3]

#### 4 REGRESNÍ ANALÝZA

Žádný jev v přírodě ani ve společnosti nevzniká a neprobíhá libovolně, ale je ve vztahu k jiným jevům a nemůže být pochopen správně, je-li z těchto vztahů a souvislostí vytržen.

Regresní analýzu provádíme ze dvou důvodů:

- a) Kvantitativní popis závislosti mezi proměnnými představuje významnou pomoc při řešení otázky, zda mezi sledovanými statistickými znaky existuje reálná příčinná souvislost
- b) Znalost regresní funkce umožňuje provádět tzv. regresní odhady. Tyto odhady spočívají v tom, že ze známých nebo předpokládaných hodnot jedné proměnné usuzujeme na hodnoty druhé veličiny.

Jednoduchá regresní analýza zkoumá formy vztahu dvou náhodných veličin  $X$  a  $Y$ . Ve většině případů je předem určena závisle proměnná (vysvětlovaná proměnná) a nezávisle proměnná (vysvětlující proměnná). Základní model regresní závislosti s jednou nezávisle proměnnou vyjadřuje libovolnou hodnotu  $y_i (i=1,2,\dots,m)$  závisle proměnné  $Y$  takto:

$$y_i = f(x_i) + e_i \quad (4.1)$$

kde  $f(x)$  je tzv. regresní funkce a  $e_i$  je náhodná (reziduální) odchylka (náhodná chyba)  $i$ -tého pozorování veličiny  $Y$ . Nejdůležitějším speciálním typem regresní funkce je lineární funkce. Která má tvar:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + e_i \quad (4.2)$$

kde o náhodných chybách  $e_i$  se předpokládá, že se jedná o nezávislé náhodné veličiny, které mají normální rozdělení s nulovou střední hodnotou a rozptylem  $\sigma^2$ , tedy náhodné chyby  $e_i$  mají rozdělení  $N(0; \sigma^2)$ . Funkci  $f(x) = \alpha + \beta x$  nazýváme (teoretická) regresní přímka. Její směrnice, tj. koeficient  $\beta$ , se nazývá (teoretický) regresní koeficient. [10]

Hodnoty  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\sigma^2$ ) jsou v obecném případě neznámé parametry základního souboru, které je nutno odhadnout pomocí  $n$  nezávislých pozorování veličin  $X$  a  $Y$ , jejichž výsledkem jsou uspořádané dvojice hodnot  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ..... $(x_n, y_n)$ .

Na tyto dvojice lze pohlížet jako na základní soubor pořízený ze všech možných hodnot dvourozměrné náhodné veličiny  $(X, Y)$ .

Bodové odhady  $a$ ,  $b$  parametrů  $\alpha$ ,  $\beta$  regresní přímky se z pozorovaných dat nejčastěji získávají metodou nejmenších čtverců.[6]

U lineární regrese nesledujeme pouze přímkovou závislost mezi veličinami, koeficienty jsou vystihovány lineární kombinací naměřených hodnot nebo funkcí těchto hodnot. [10]

přímková závislost 
$$y = a + b \cdot x \quad (4.3)$$

křivková závislost

polynom druhého stupně (parabola) 
$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (4.4)$$

polynom třetího stupně 
$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 \quad (4.5)$$

#### 4.1 CHARAKTERISTIKY STATISTICKÉHO SOUBORU

**Základní soubor** je množina všech uvažovaných jednotek.

**Výběrový soubor** je konečná podmnožina základního souboru, vhodně určená k analýze.

**Modus** je nejčastěji se vyskytující se hodnota tj. hodnota s největší četností náhodné proměnné.

**Medián** je hodnota středního prvku  $\bar{x}$  statistického souboru, uspořádaného podle velikosti. Při sudém počtu prvků se medián počítá jako aritmetický průměr dvou středních prvků.



**Variační koeficient V**, udává se v procentech a používá se někdy k vyloučení vlivu jednotek měření.

$$V = 100 \frac{s}{\bar{x}} [\%] \quad (4.6)$$

**Variační rozpětí R** náhodné proměnné  $x$  je rozdíl mezi největší a nejmenší

hodnotou znaku ve výběru, je to délka intervalu, ve kterém se nachází sledovaný parametr náhodné veličiny  $x$ . [9]

**Aritmetický průměr základního souboru**

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (4.7)$$

**Prostý aritmetický průměr výběrového souboru**

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.8)$$

**Směrodatná odchylka základního souboru**

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (4.9)$$

**Odhad směrodatné odchylky**

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.10)$$

**Rozptyl základního souboru**

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \quad (4.11)$$

**Odhad rozptylu**

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (4.12)$$

## **VÝSLEDEK EXPERIMENTU**

## 5 VZORKY

### 5.1 VÝROBA VZORKŮ

Ve firmě C.S.O. Staré Město, byly vyrobeny vzorky ve tvaru válečků, o průměru 19 mm a délky 50 mm. Technologií soustružení na CNC soustruhu. Konstantní řeznou rychlostí  $V_c$  170 m.min<sup>-1</sup> a hloubkou řezu  $a_p$  0,5 mm. Tyto parametry byly použity u obou materiálů. Parametry posuvů na otáčku jsem volila 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4.

Válečky jsou vyrobeny ze dvou materiálů, ČSN 41 7240 a ČSN 41 1373. Zvolila jsem zástupce z nejčastěji se vyskytujících materiálů v provozech. Bylo použito VBD firmy SANDVIK s geometrií pro nerez a nelegované oceli. Soustružnický nůž s negativním základním tvarem, pro VBD tvaru C, který se taktéž nejčastěji používá při vnějším soustružení z ekonomických důvodů.

Použití VBD:

CVD Wiper - CNMG 12 04 08 – WM 4025 (ocel)

CVD Wiper - CNMG 12 04 08 – WM 2025 (nerez)

PVD - CNMG 12 04 08 – MF 1125 (ocel i nerez)

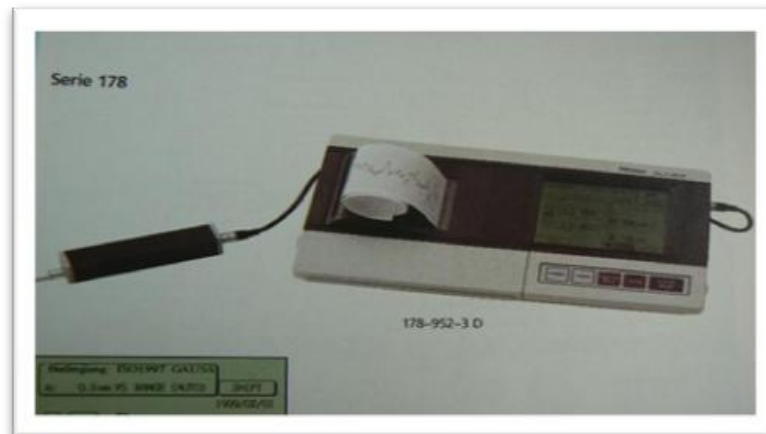
CERMET - CNMG 12 04 08 PF 1525 (ocel i nerez)

### 5.2 MĚŘENÍ VZORKŮ

Měření a snímání vzorků bylo prováděno v laboratořích fakulty technologické na UTB ve Zlíně. Nejprve byl povrch zkontrolován ve shodě s normou ČSN EN ISO 4288, zda-li na něm nejsou trhliny, škrábance a jiné nevyhovující defekty, které vylučují možnost vyhodnocení dle ČSN EN ISO 4287.

### 5.2.1 Měřicí přístroj

Válečky byly měřeny přístrojem na měření drsnosti povrchu firmy MITUTOYO SURFTEST SJ – 301. Přenosný drsnoměr s prachutěsným, na dotek citlivým ovládacím displejem a vestavěnou tiskárnou.



**Obr. 16. SURFTEST SJ – 301**

Ve shodě s ČSN EN ISO 4288 jsem provedla nastavení drsnoměru SURFTEST SJ – 301 a provedla jsem měření parametrů  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{sm}$ . S nastavenými parametry:

Základní délka  $L_R$  - 0,8 mm

Celková měřená délka - 5,6,mm

Vyhodnocovaná délka  $5 \times L_R$  - 4 mm

Profil R

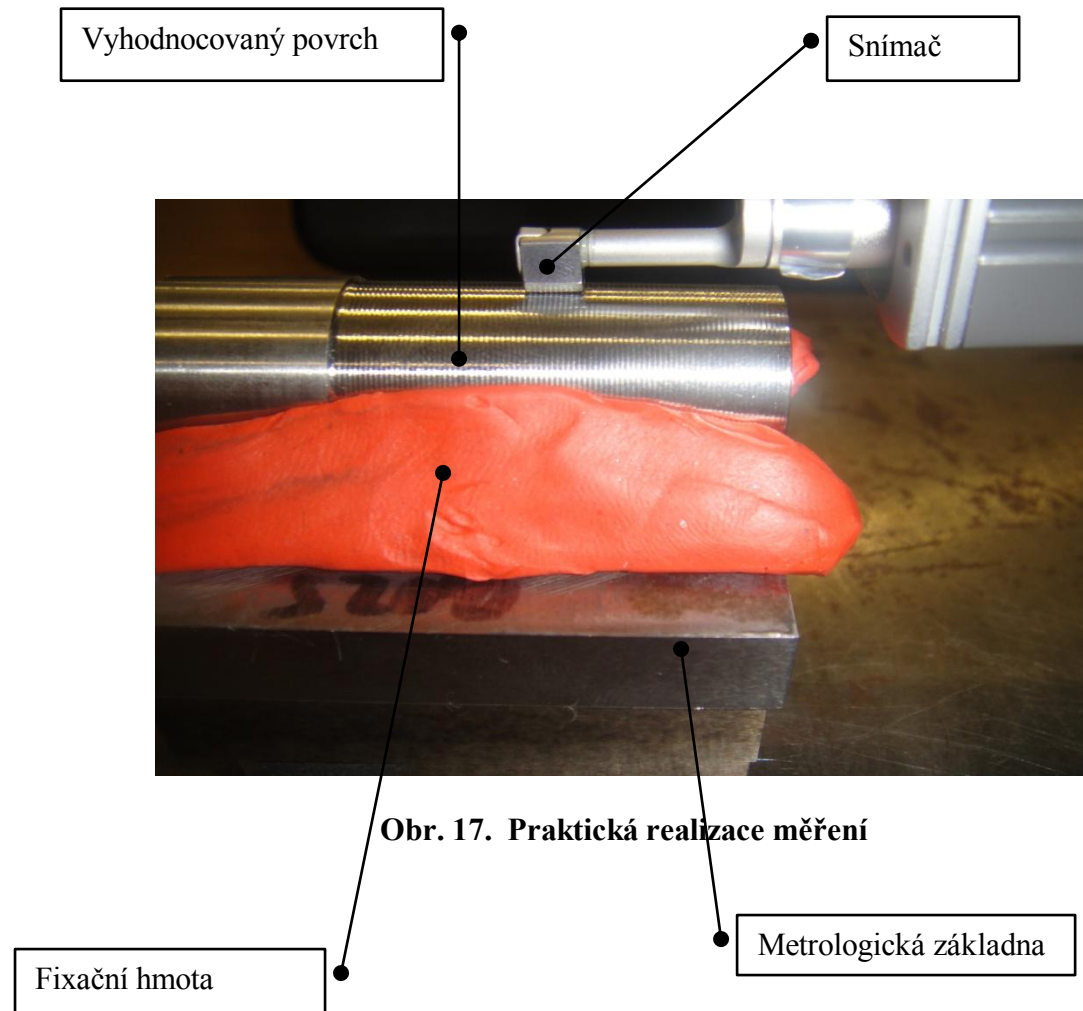
Filtr Gaussův

Vyhodnocení –  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{sm}$

Měřila jsem materiály ČSN 41 7240 (DIN 1.4301) a ČSN 41 1373 (DIN 1.0036). Jsou to zástupci materiálů, které se nejčastěji vyskytují v provozu.

### 5.2.2 Způsob měření

Na každém vzorku bylo provedeno 10 měření za podmínek opakovatelnosti.



### 5.2.3 Postup snímání profilu drsnosti

Nejprve byl vzorek uchycen fixační hmotou na desku mikroskopu a nasvícen světlem. Poté jsem zaostřila na snímání profilu povrchu. Kamera byla propojena s výstupem na obrazovku PC. Kde jsem také jednotlivé snímky ukládala. Snímáno bylo mikroskopem s okulárovou kamerou AM423B Dino – Eye USB rozlišení 1,3 megapixel. Použito zvětšení 30 násobné.



Snímací kamera

**Obr. 18. Mikroskop s okulárovou kamerou AM423B**

Fixační hmota

Vyhodnocovaný povrch

## 5.2.4 Naměřené hodnoty drsnosti

## Naměřené hodnoty drsnosti u CNMG 12 04 08 – MF 1125 u ČSN 41 7240

PVD - MF 1125 fn - 0,1.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	Rsm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	0,57	3,72	54
2.	0,57	3,62	50
3.	0,58	3,58	60
4.	0,58	3,66	55
5.	0,62	3,89	63
6.	0,59	3,57	62
7.	0,63	3,82	69
8.	0,6	3,9	61
9.	0,59	3,67	67
10.	0,63	3,71	67

PVD - MF 1125 fn - 0,15.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	Rsm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	0,99	5,74	157
2.	1,01	5,59	151
3.	1,03	5,84	159
4.	1	5,84	156
5.	1	5,82	158
6.	0,96	5,43	158
7.	1	5,77	161
8.	1,02	6,11	159
9.	1,15	6,07	156
10.	1,12	6,06	157

PVD - MF 1125 fn - 0,2.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	1,76	7,81	211
2.	1,74	7,82	213
3.	1,82	8,53	208
4.	1,72	7,74	207
5.	1,69	7,42	211
6.	1,97	7,84	209
7.	1,92	7,87	209
8.	1,95	8,29	210
9.	1,95	8,41	207
10.	1,92	7,99	207

PVD - MF 1125 fn - 0,25.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	2,41	10,53	262
2.	2,4	10,37	263
3.	2,35	10,32	264
4.	2,25	10,03	265
5.	2,27	10,14	263
6.	2,65	10,89	263
7.	2,69	10,3	262
8.	2,62	9,67	262
9.	2,43	9,3	262
10.	2,44	9,07	262



PVD - MF 1125 $f_n - 0,3$ . [mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	3,07	12,18	316
2.	3,06	12,34	318
3.	3,15	12,55	315
4.	3,11	12,4	315
5.	3,06	12,21	312
6.	2,25	11,96	315
7.	2,34	11,28	315
8.	2,34	11,09	313
9.	2,3	11,74	292
10.	2,5	11,92	314

PVD - MF 1125 $f_n - 0,35$ . [mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	4,88	17,26	364
2.	4,83	16,77	363
3.	4,67	17	371
4.	4,13	16,6	366
5.	4,24	16,15	369
6.	4,72	19,21	370
7.	5,17	20,58	368
8.	4,86	20,04	367
9.	4,76	19,87	368
10.	4,7	18,49	369

PVD - MF 1125 $f_n - 0,4$ . [mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	5,24	19,94	420
2.	5,44	20,9	416
3.	5,25	20,76	426
4.	5,11	20,38	414
5.	5,13	20,19	420
6.	5,23	20,05	418
7.	5,98	19,67	419
8.	5,52	19,79	419
9.	5,21	19,07	422
10.	5,61	20,41	419

## Naměřené hodnoty drsnosti u CNMG 12 04 08 – PF 1525 ČSN 41 7240

Cermet - PF 1525 fn - 0,1.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	0,5	3,03	104
2.	0,49	2,73	119
3.	0,52	2,91	118
4.	0,43	2,48	108
5.	0,48	2,69	111
6.	0,44	2,46	104
7.	0,55	3,13	123
8.	0,52	2,82	103
9.	0,5	2,62	104
10.	0,48	2,58	108

Cermet - PF 1525 fn - 0,15.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	1	4,5	159
2.	1	4,51	158
3.	1,01	4,74	157
4.	1,06	4,62	157
5.	1,04	4,48	156
6.	1,03	4,87	156
7.	1	4,65	156
8.	0,89	4,21	158
9.	0,91	4,47	159
10.	0,92	4,19	156

Cermet - PF 1525 fn - 0,2.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	1,71	7,16	210
2.	1,74	7,43	210
3.	1,71	7,31	205
4.	1,74	7,44	211
5.	1,73	7,19	212
6.	1,96	7,73	211
7.	1,69	6,68	211
8.	1,99	7,9	211
9.	1,99	7,86	210
10.	1,67	6,78	209

Cermet - PF 1525 fn - 0,25.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	2,47	10,1	264
2.	2,53	10,39	264
3.	2,58	10,62	264
4.	2,48	10,33	259
5.	2,67	10,51	264
6.	2,93	11,66	263
7.	2,65	10,38	261
8.	2,76	10,86	262
9.	2,92	11,72	262
10.	2,84	11,39	262

Cermet- PF 1525 fn - 0,3.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	3,19	12,29	314
2.	3,28	12,48	316
3.	3,28	12,71	316
4.	3,21	12,52	313
5.	3,21	12,92	314
6.	2,6	11,25	313
7.	2,56	10,97	314
8.	2,42	9,92	317
9.	2,53	10,35	314
10.	2,52	10,16	315

Cermet- PF 1525 fn - 0,35.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	3,75	14,66	370
2.	3,82	14,77	371
3.	3,77	14,77	369
4.	3,73	14,34	370
5.	3,82	14,91	368
6.	4,35	17,87	365
7.	5,04	19,75	352
8.	4,61	18,58	362
9.	5,16	20,67	366
10.	5,08	19,94	365

Cermet - PF 1525 fn - 0,4.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	5,05	17,8	418
2.	4,52	16,79	420
3.	5,62	17,9	418
4.	5,52	18,02	418
5.	5,1	17,61	434
6.	7,57	23,12	421
7.	6,81	19,77	421
8.	6,52	22,25	418
9.	7,33	22,32	418
10.	7,55	23,4	417

## Naměřené hodnoty drsnosti u CNMG12 04 08 -WM 2015 ČSN 41 7240

Wiper - WM 2015 fn - 0,1.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,63	4,08	44
2.	0,62	3,79	40
3.	0,61	3,45	42
4.	0,6	3,59	41
5.	0,6	3,53	41
6.	0,64	4,07	47
7.	0,62	3,48	46
8.	0,62	3,35	46
9.	0,59	3,28	44
10.	0,61	3,45	43

Wiper - WM 2015 fn - 0,15.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,62	3,6	68
2.	0,61	3,51	66
3.	0,61	3,36	61
4.	0,62	3,55	63
5.	0,66	3,66	62
6.	0,66	4,13	64
7.	0,65	3,63	60
8.	0,61	3,41	69
9.	0,59	3,02	61
10.	0,68	3,73	73

Wiper - WM 2015 fn - 0,2.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,71	4,19	76
2.	0,66	3,9	65
3.	0,69	4,14	72
4.	0,68	3,89	68
5.	0,7	4,57	72
6.	0,69	3,87	74
7.	0,69	3,64	68
8.	0,62	3,6	64
9.	0,7	3,96	70
10.	0,69	3,84	66

Wiper - WM 2015 fn - 0,25.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,65	4,18	68
2.	0,66	4,12	60
3.	0,65	4,2	62
4.	0,79	4,55	73
5.	0,69	4,11	67
6.	0,74	4,4	66
7.	0,66	4,17	59
8.	0,63	4,29	68
9.	0,69	4,34	69
10.	0,73	4,19	78

Wiper - WM 2015 fn - 0,3.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	0,8	4,57	77
2.	0,74	4,1	69
3.	0,69	3,96	68
4.	0,76	4,35	68
5.	0,74	4,44	68
6.	0,68	4	68
7.	0,69	4,24	70
8.	0,69	4,14	69
9.	0,64	3,84	67
10.	0,71	4,18	76

Wiper - WM 2015 fn - 0,35.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	0,75	5,18	72
2.	0,97	5,89	96
3.	0,94	6,52	113
4.	0,98	5,83	105
5.	1,04	6,07	113
6.	0,93	5,68	116
7.	0,95	5,81	111
8.	1	6,03	112
9.	0,96	6,56	113
10.	0,93	5,67	118

Wiper - WM 2015 fn - 0,4.[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 7240			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	0,97	6,3	124
2.	1,05	6,83	140
3.	1,09	6,69	141
4.	1,05	6,1	125
5.	0,96	6,1	127
6.	0,99	5,96	141
7.	1,2	6,27	168
8.	0,98	5,86	163
9.	1,09	5,76	169
10.	1,19	6,09	167

## Naměřené hodnoty drsnosti u CNMG12 04 08 -MF 1125 ČSN 41 1373

PVD - MF 1125 $f_n - 0,1$ [mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	0,8	3,67	104
2.	0,83	3,86	105
3.	0,83	3,66	105
4.	0,83	3,62	105
5.	0,81	3,95	109
6.	0,8	3,69	105
7.	0,83	3,79	105
8.	0,77	3,7	104
9.	0,87	3,85	105
10.	0,84	3,81	104

PVD - MF 1125 $f_n - 0,15$ [mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	1,21	6	154
2.	1,08	5,32	158
3.	0,96	5,22	156
4.	1,03	5,09	156
5.	1,01	4,99	160
6.	1,21	5,84	155
7.	1,1	5,51	159
8.	1,07	5,3	155
9.	1,2	5,7	156
10.	1,17	5,65	156

PVD - MF 1125 $f_n - 0,2$ [mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	1,75	8,35	206
2.	1,73	8,33	206
3.	1,74	8,31	209
4.	1,75	8,32	211
5.	1,73	8,39	209
6.	1,81	8,35	205
7.	1,88	8,59	204
8.	1,81	8,14	212
9.	1,72	8,25	212
10.	1,8	8,43	209

PVD - MF 1125 $f_n - 0,25$ [mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	2,48	10,15	265
2.	2,47	10,42	264
3.	2,48	10,27	264
4.	2,52	10,46	263
5.	2,51	9,96	265
6.	2,65	11,01	262
7.	2,68	11,06	263
8.	2,69	11,03	262
9.	2,66	11,08	264
10.	2,63	10,96	260

PVD - MF 1125 fn - 0,3[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	2,76	11,12	315
2.	2,92	11,53	314
3.	2,77	11,17	314
4.	2,9	11,75	314
5.	2,84	11,53	314
6.	2,76	11,27	314
7.	2,76	10,68	315
8.	2,64	10,48	314
9.	2,91	11,42	313
10.	3,03	11,73	315

PVD - MF 1125 fn - 0,35[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	4,05	15,48	369
2.	3,9	14,99	367
3.	3,89	15,27	366
4.	3,93	15,91	369
5.	3,89	15,54	366
6.	4,39	15,78	409
7.	4,32	15,27	404
8.	4,46	15,86	402
9.	4,46	15,75	406
10.	4,25	15,97	405

PVD - MF 1125 fn - 0,4[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	5,15	20,56	414
2.	4,77	18,98	419
3.	5,71	20,12	416
4.	4,7	18,92	419
5.	4,98	19,05	418
6.	5,26	20,04	378
7.	5,3	20,91	377
8.	5,33	20,01	374
9.	5,29	20,95	374
10.	5,03	19,25	377

## Naměřené hodnoty drsnosti u CNMG12 04 08 -PF 1125 ČSN 41 1373

Cermet- PF 1525 fn - 0,1[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,62	3,27	71
2.	0,64	3,33	74
3.	0,63	3,57	69
4.	0,61	3,36	75
5.	0,61	3,23	71
6.	0,64	3,56	77
7.	0,65	3,54	72
8.	0,64	3,21	70
9.	0,59	3,21	70
10.	0,66	3,38	75

Cermet - PF 1525 fn - 0,15[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	1,1	4,87	156
2.	1,21	5,12	159
3.	1,09	4,91	145
4.	1,02	4,6	150
5.	1,04	4,75	156
6.	1,11	4,95	156
7.	1,12	4,89	155
8.	1,26	5,19	156
9.	1,19	4,96	156
10.	1,13	4,78	157

Cermet - PF 1525 fn - 0,2[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	1,78	7,27	211
2.	1,59	7,82	213
3.	1,96	7,75	211
4.	1,57	6,86	211
5.	1,92	7,82	205
6.	1,94	7,81	207
7.	1,91	7,78	209
8.	1,92	7,89	210
9.	1,95	7,91	211
10.	1,92	7,84	209

Cermet- PF 1525 fn - 0,25[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	2,17	8,71	262
2.	2,28	8,77	261
3.	2,46	9,75	263
4.	2,44	9,75	263
5.	2,18	8,54	263
6.	2,45	9,8	264
7.	2,49	9,89	261
8.	2,37	9,33	262
9.	2,37	9,34	264
10.	2,31	9,23	259



Cermet -PF 1525 fn - 0,3[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	2,45	10,01	316
2.	2,46	10,42	315
3.	2,84	10,34	315
4.	2,34	10,31	318
5.	2,49	10,49	316
6.	2	9,72	316
7.	2,05	10	315
8.	1,98	9,67	313
9.	2,01	9,52	315
10.	2,25	10,27	315

Cermet- PF 1525 fn - 0,35[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	3,82	15,29	362
2.	3,64	15,49	361
3.	4,09	15,76	376
4.	4,03	15,42	363
5.	3,97	15,36	360
6.	4,72	18,56	372
7.	4,7	19,29	367
8.	4,77	20,01	364
9.	4,81	20,34	374
10.	4,82	19,78	370

Cermet - PF 1525 fn - 0,4[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	RSm[ $\mu\text{m}$ ]
1.	3,52	16,27	421
2.	4,01	16,73	419
3.	3,81	16,22	422
4.	3,86	16,43	424
5.	4,08	16,94	423
6.	4,93	16,55	417
7.	4,63	16,12	419
8.	4,84	16,75	418
9.	4,89	16,15	418
10.	4,89	17,03	416

## Naměřené hodnoty drsnosti u CNMG12 04 08 -WM 4025 ČSN 41 1373

Wiper - WM 4025 $f_n$ - 0,1[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,52	3,72	97
2.	0,51	3,61	89
3.	0,43	3,91	76
4.	0,47	3,26	75
5.	0,47	3,12	80
6.	0,55	3,36	97
7.	0,45	3,09	80
8.	0,49	3,43	78
9.	0,51	3,34	91
10.	0,54	3,65	94

Wiper- WM 4025 $f_n$ 0,15 [mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,51	3,31	80
2.	0,54	3,91	90
3.	0,49	3,52	78
4.	0,53	3,91	82
5.	0,48	3,31	84
6.	0,58	3,65	83
7.	0,55	3,6	81
8.	0,49	3,59	81
9.	0,49	3,88	80
10.	0,54	3,46	95

Wiper - WM 4025 $f_n$ - 0,2[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,45	3,15	58
2.	0,53	3,56	73
3.	0,6	3,82	82
4.	0,63	4	89
5.	0,56	3,36	73
6.	0,61	3,75	90
7.	0,68	4,05	87
8.	0,67	4,08	91
9.	0,67	4,02	91
10.	0,61	4,07	90

Wiper - WM 4025 $f_n$ - 0,25[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,66	4,57	93
2.	0,74	5,06	101
3.	0,76	5,27	99
4.	0,77	4,53	107
5.	0,75	4,76	108
6.	0,7	3,96	105
7.	0,67	3,74	109
8.	0,66	3,99	104
9.	0,69	4	105
10.	0,63	3,82	93

Wiper - WM 4025 $f_n$ - 0,3[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	0,82	5,24	94
2.	0,97	5,24	93
3.	0,91	5,13	91
4.	0,68	5,14	96
5.	0,67	4,98	92
6.	0,67	5,27	92
7.	0,7	5,08	95
8.	0,78	5,91	110
9.	0,67	4,67	100
10.	0,68	4,84	113

Wiper - WM 4025 $f_n$ - 0,35[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	1,05	5,01	231
2.	1,03	5,34	156
3.	0,91	5,72	169
4.	0,95	5,53	155
5.	0,98	5,12	187
6.	1,19	5,64	198
7.	1,15	6,01	194
8.	1,1	5,55	192
9.	1,06	5,31	184
10.	1,12	6,04	199

Wiper - WM 4025 $f_n$ - 0,4[mm/ot]			
Materiál ČSN 41 1373			
	Ra[ $\mu$ m]	Rz[ $\mu$ m]	RSm[ $\mu$ m]
1.	2,25	8,49	428
2.	2,3	8,4	430
3.	2,13	7,63	421
4.	2,1	7,68	421
5.	2,07	7,79	422
6.	1,82	6,69	434
7.	2,22	7,02	421
8.	1,83	6,93	420
9.	2,1	7,5	408
10.	2,09	7,29	421

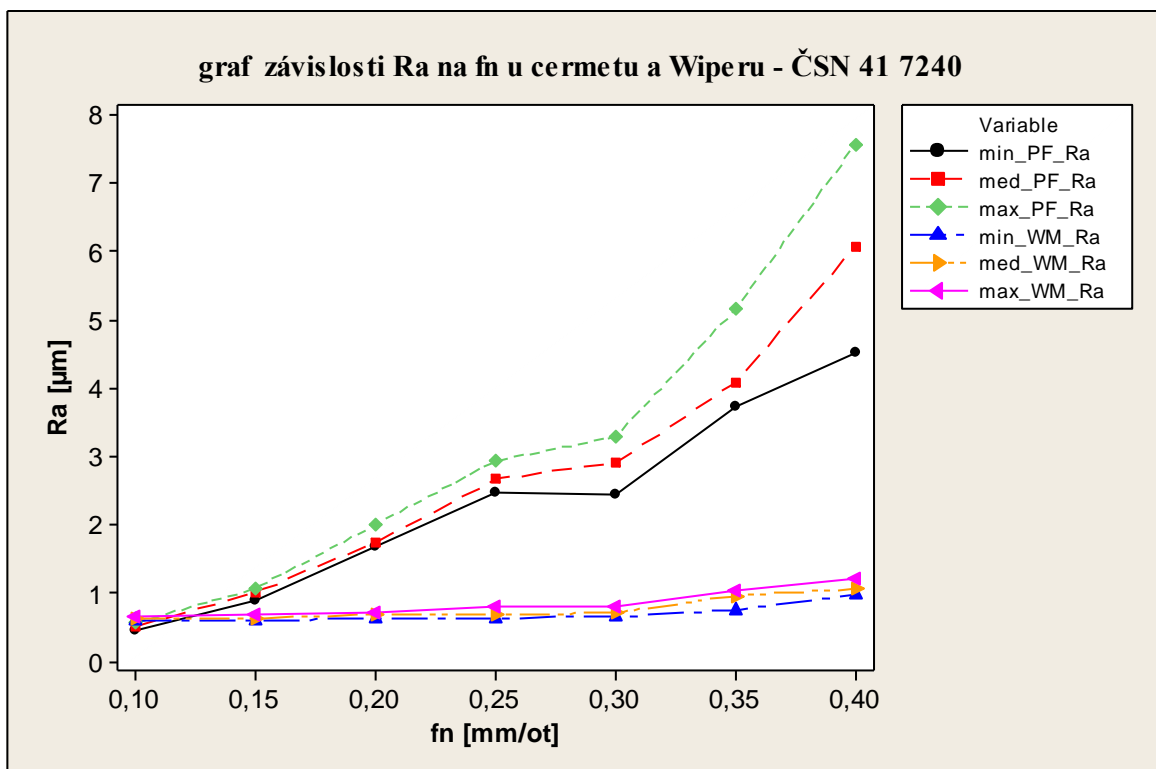
## 6 ANALÝZA ZKOUMANÝCH DAT

### 6.1 ZÁKLADNÍ DATA

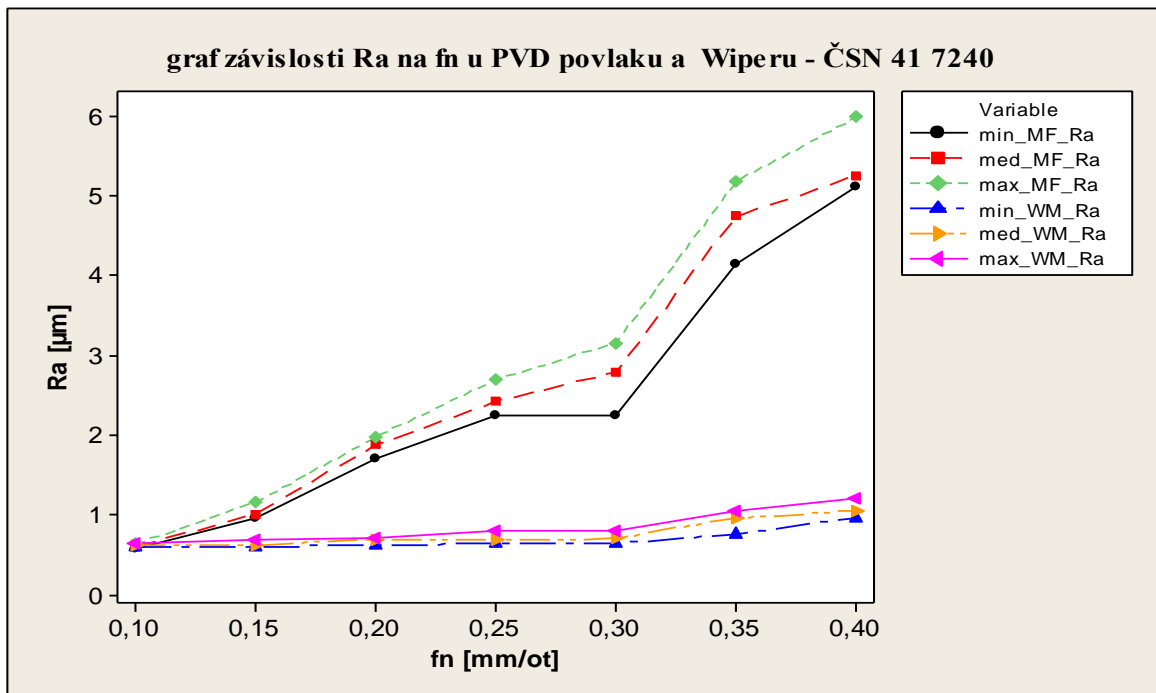
Při analýze jsem vycházela z programu MINITAB 14 a pro další úpravy byl využit program Microsoft Excel. Grafy byly tvořeny na základě 70 měření u jednotlivé VBD. Každá hodnota posuvu (7 hodnot) představuje 10 měření Ra, Rz, Rsm.

### 6.2 GRAFY ZÁVISLOSTI Ra U MATERIÁLU ČSN 41 7240

Graf 1. Závislost Ra na fn u Cermetu a Wiperu – ČSN 41 7240

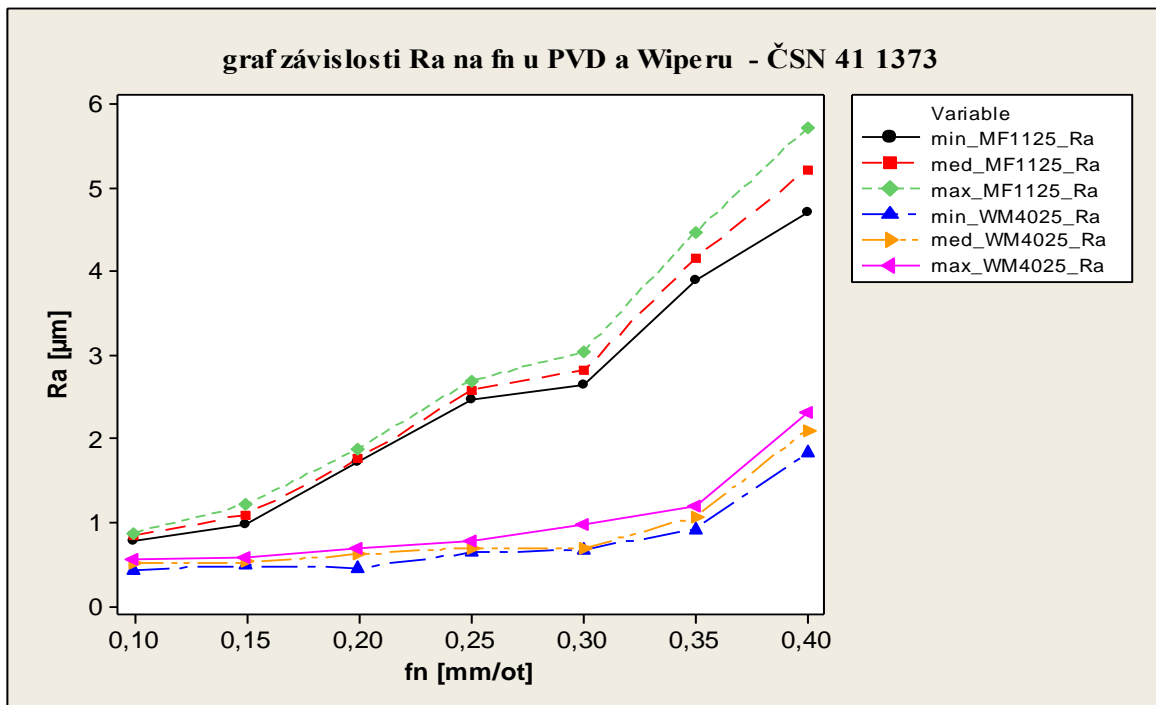


Graf 2. Závislost Ra na fn u PVD a Wiperu – ČSN 41 7240

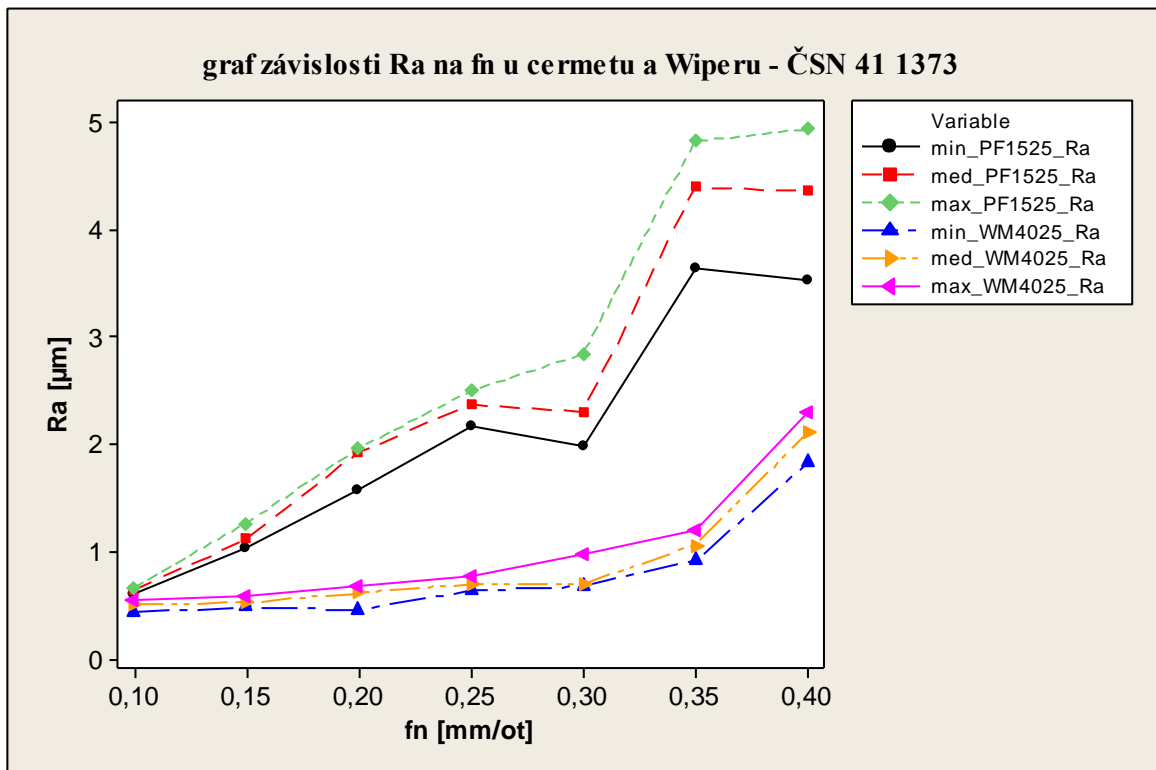


### 6.3 GRAFY ZÁVISLOSTI Ra U MATERIÁLU ČSN 41 1373

Graf 3. Závislost Ra na fn u PVD a Wiperu – ČSN 41 1373



Graf 4. Závislost Ra na fn u Cermetu a Wiperu – ČSN 41 1373

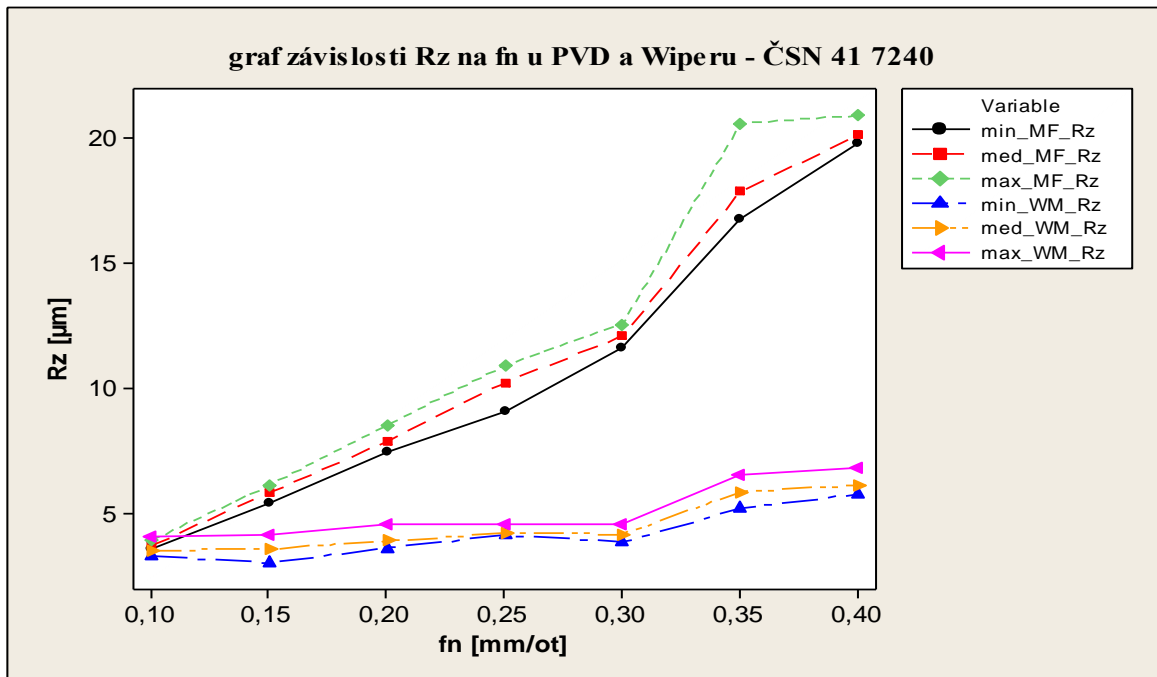


#### 6.4 ZHODNOCENÍ POROVNÁVANÝCH DAT

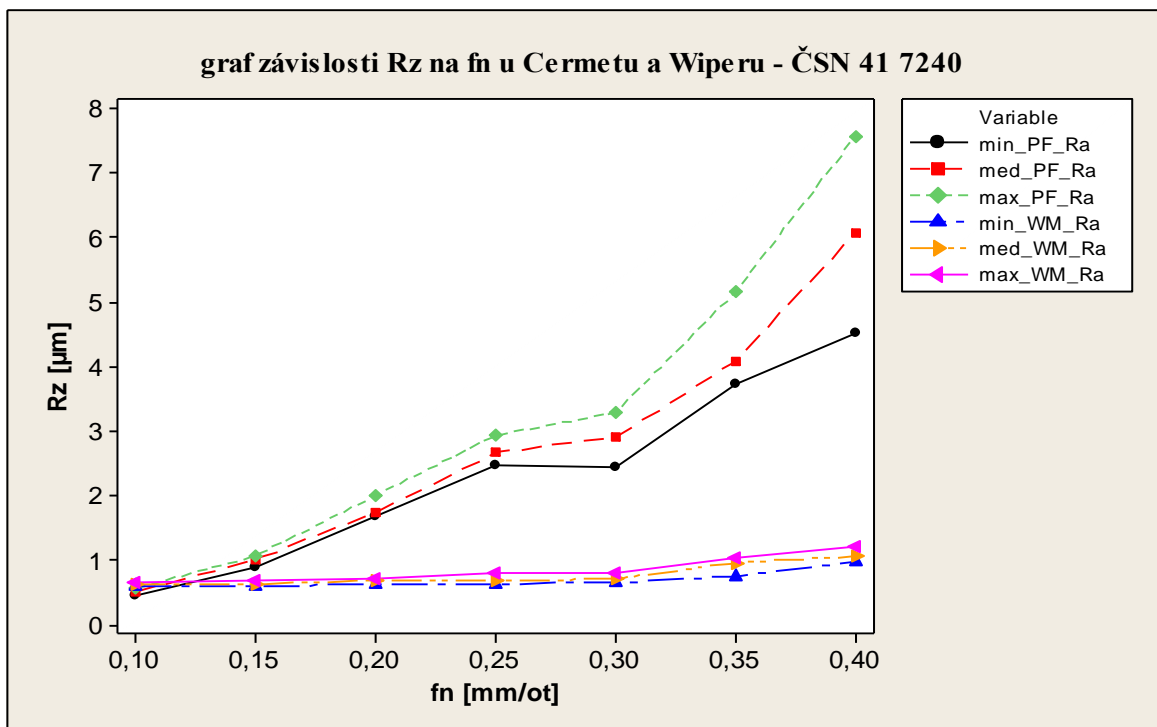
Cílem bylo sledovat VBD Wiper a porovnat s jiným druhem VBD (PVD Cermet) u jednotlivého materiálu. Zatímco běžné VBD používané na dokončovací soustružnických operací s vzrůstajícím posuvem rapidně stoupají hodnoty Wiperu stoupají pozvolna a poměrně dobře si drží hodnoty Ra pod 1 μm.

6.5 GRAFY ZÁVISLOSTI Rz U MATERIÁLU ČSN 41 7240

Graf 5. Závislost Rz na fn u PVD a Wiperu - ČSN 41 7240

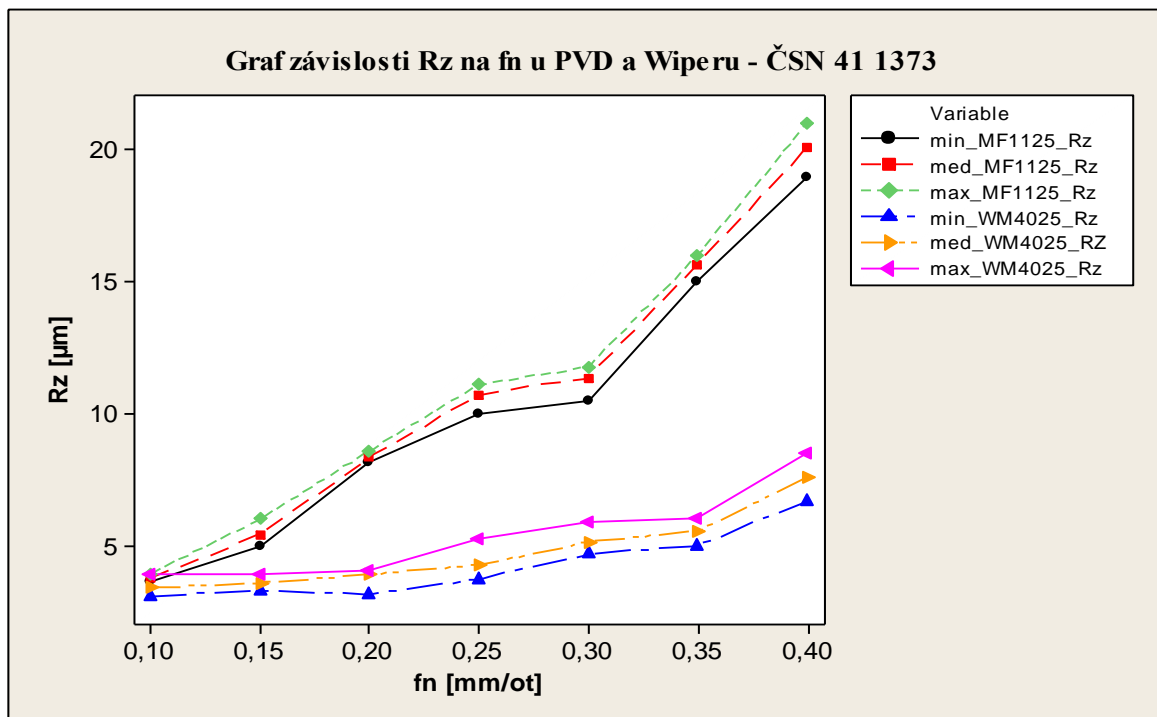


Graf 6. Závislost Rz na fn u Cermetu a Wiperu – ČSN 41 7240

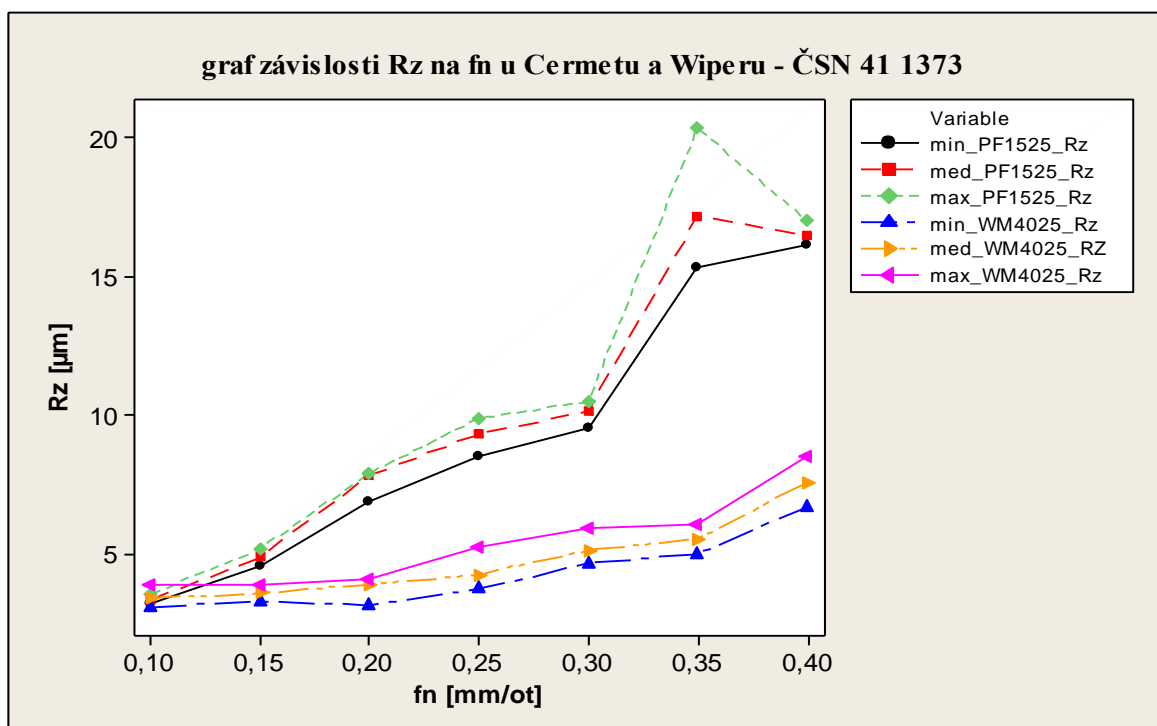


6.6 GRAFY ZÁVISLOSTI Rz U MATERIÁLU ČSN 41 1373

Graf 7. Závislost Rz na fn u PVD a Wiperu – ČSN 41 1373



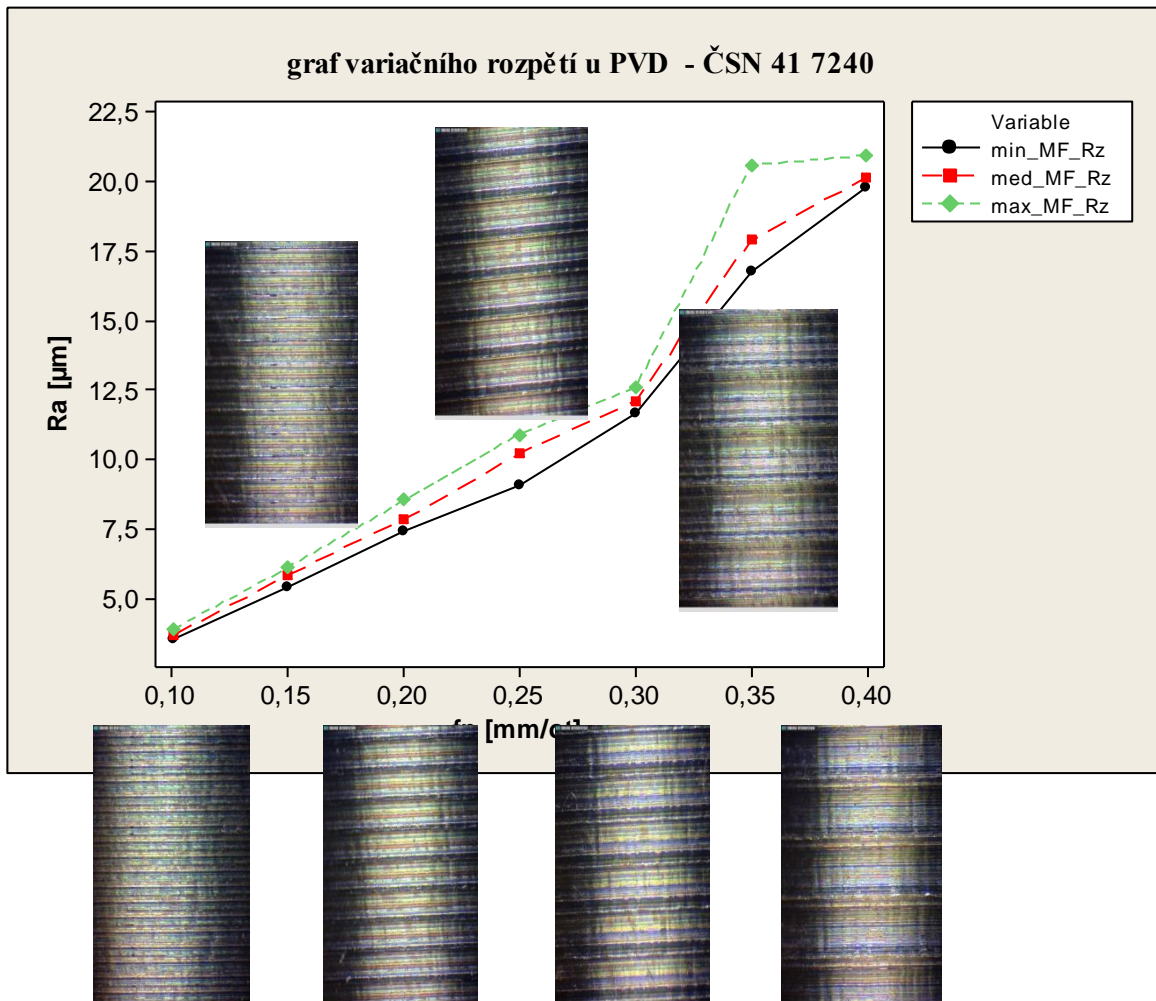
Graf 8. Závislost Rz na fn u Cermetu a Wiperu – ČSN 41 1373





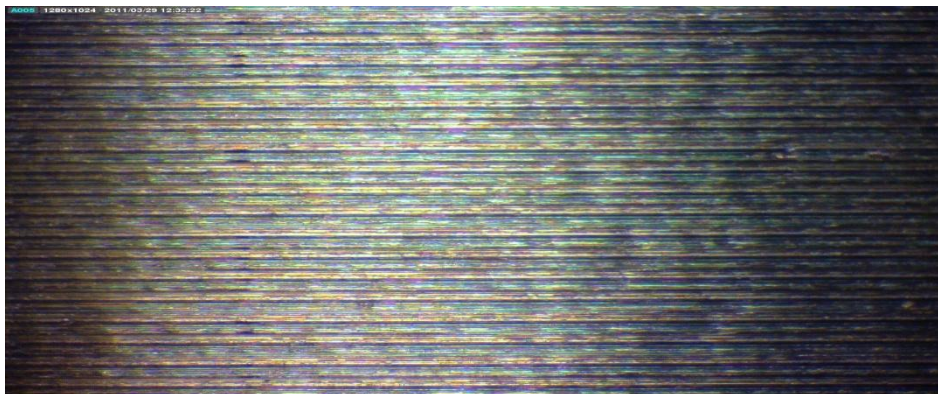
6.7 VARIÁČNÍ ROZPĚTÍ U PVD – ČSN 41 7240

Graf 9. Graf variačního rozpětí u PVD – ČSN 41 7240

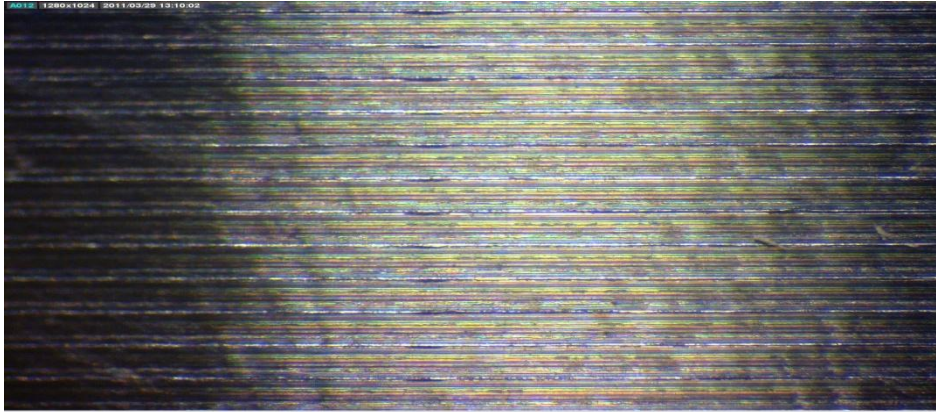


Graf a snímky znázorňují, jak se postupně měnil profil drsnosti u PVD povlaku.

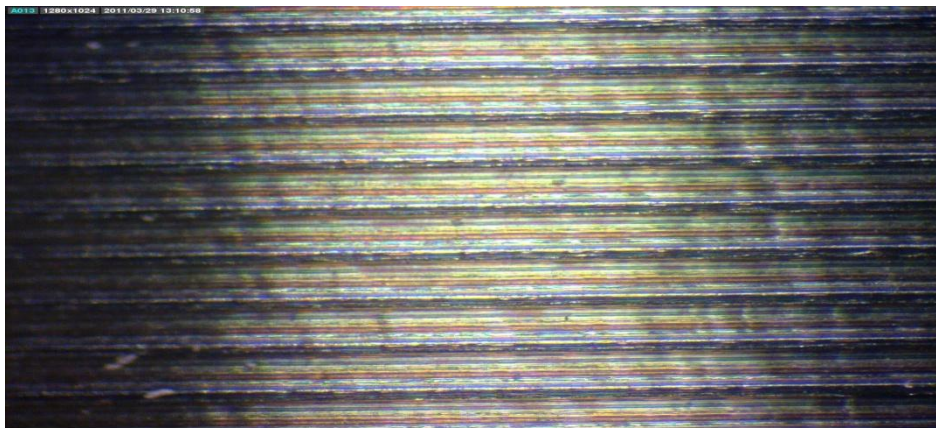
6.6.1 Snímky profilů drsnosti PVD u materiálu ČSN 41 7240



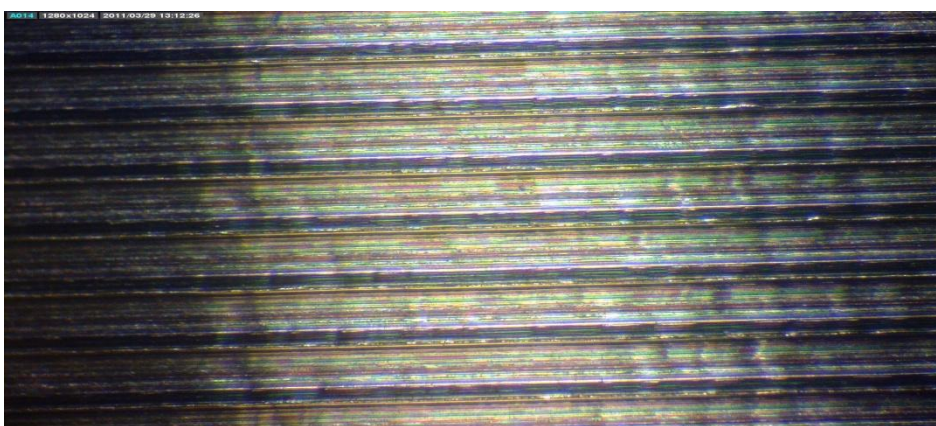
VBD PVD - posuv 0,1 mm/ot



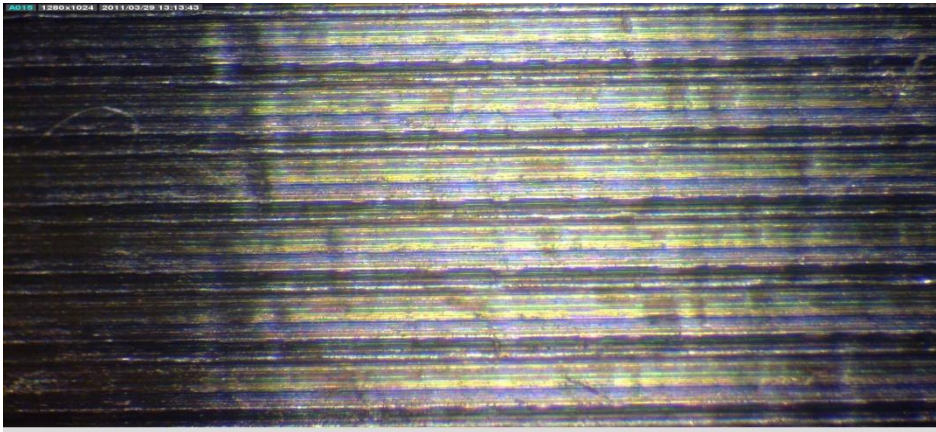
VBD PVD – posuv 0,15 mm/ot



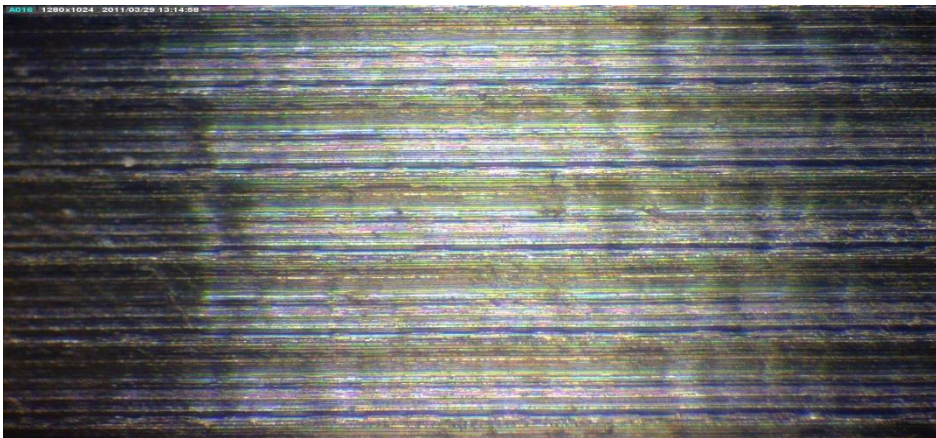
VBD PVD – posuv 0,2 mm/ot



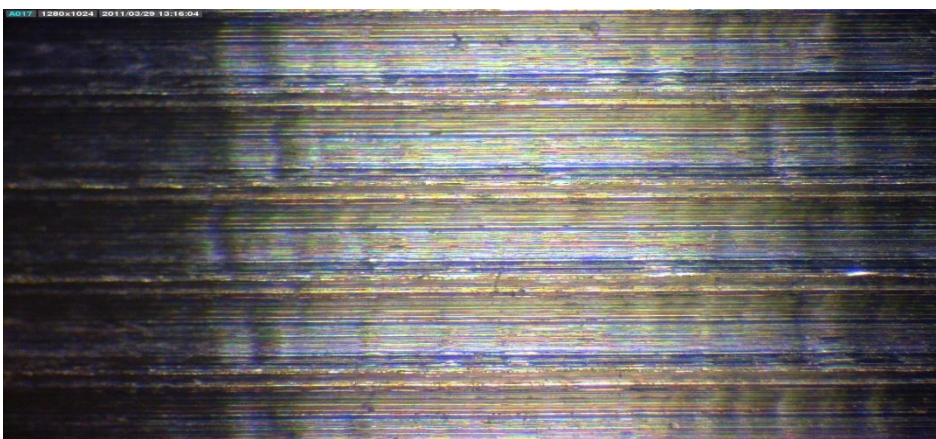
VBD PVD - posuv 0,25 mm/ot



VBD PVD - posuv 0,3 mm/ot



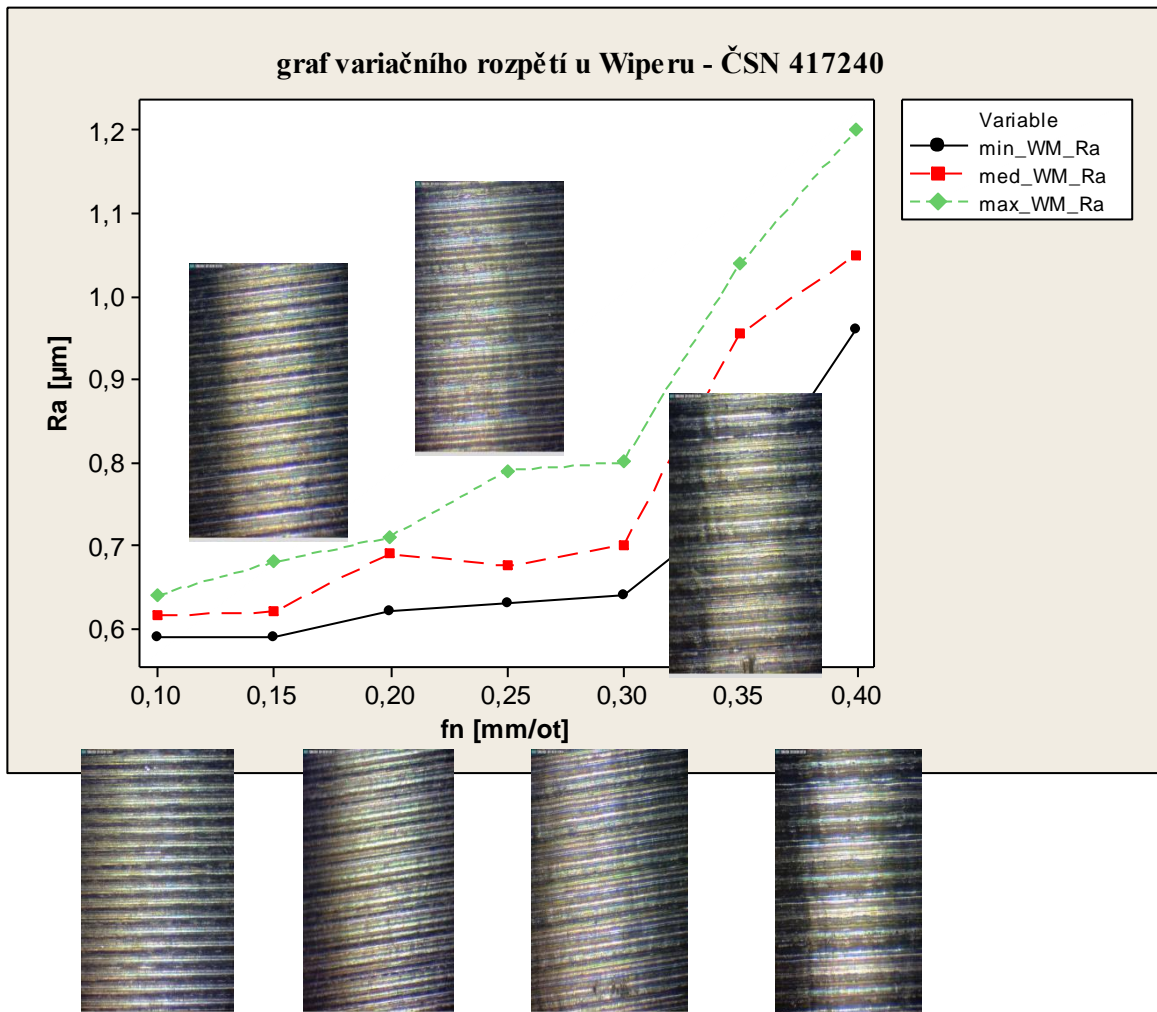
VBD PVD - posuv 0,35 mm/ot



VBD PVD - posuv 0,4 mm/ot

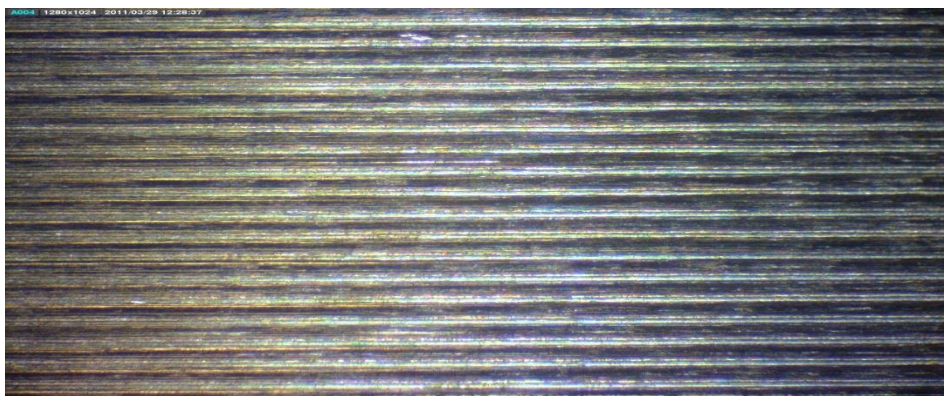
6.8 VARIACNÍ ROZPĚTÍ U WIPERU – ČSN 41 7240

Graf 10. Graf variačního rozpětí u Wiperu – ČSN 41 7240

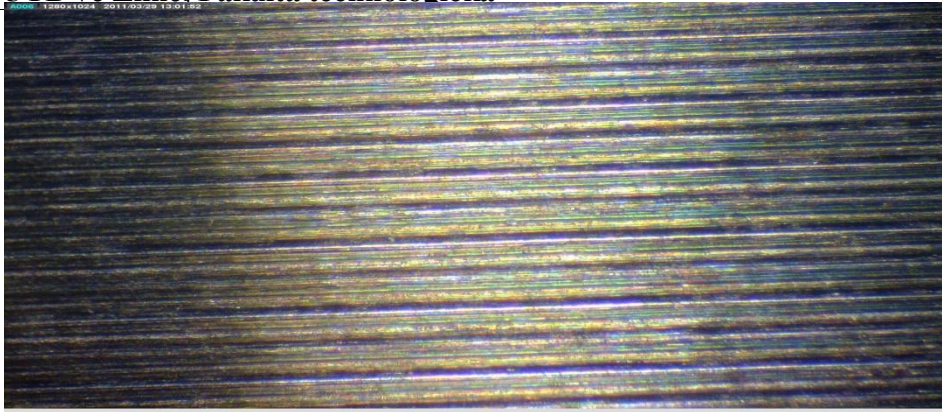


Graf a snímky znázorňují, jak se postupně měnil profil drsnosti u Wiperu .

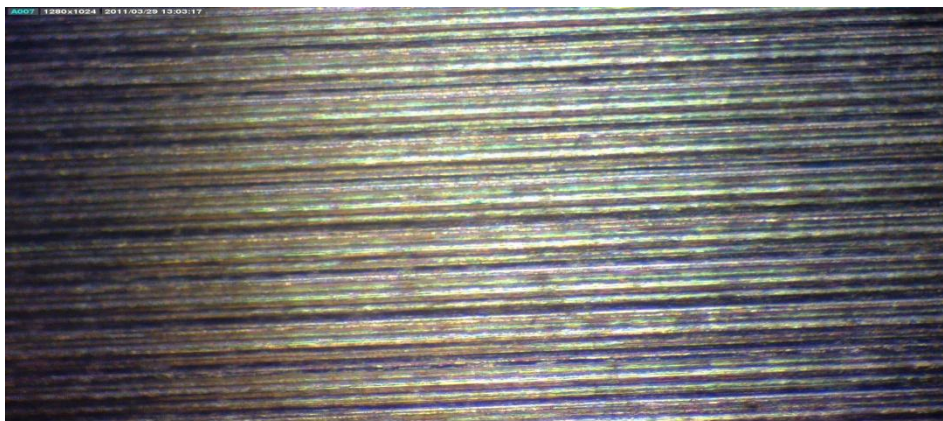
6.7.1 Snímky profilů drsnosti Wiperu u materiálu ČSN 41 7240



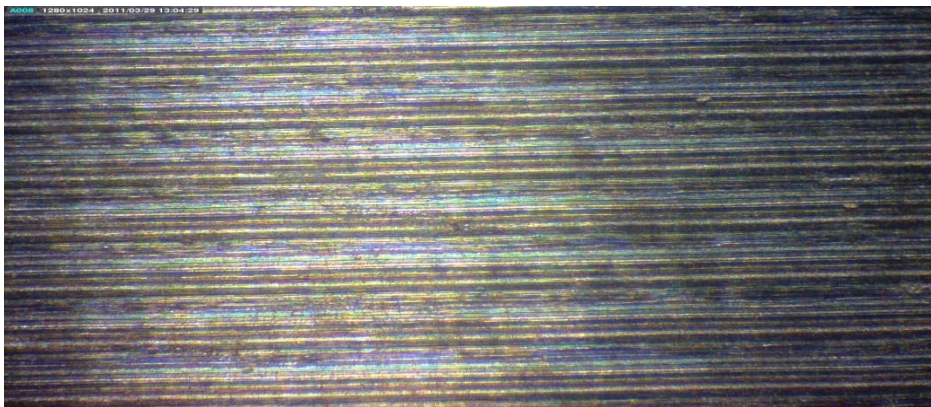
VBD Wiper – posuv 0,1 mm/ot



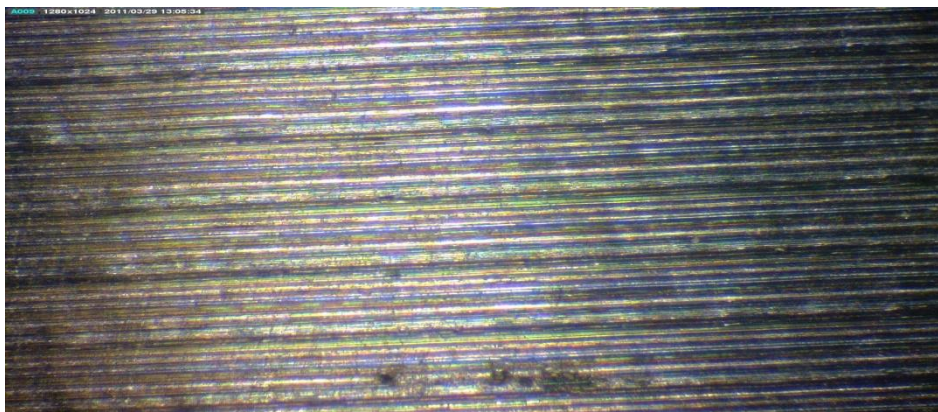
VBD Wiper – posuv 0,15 mm/ot



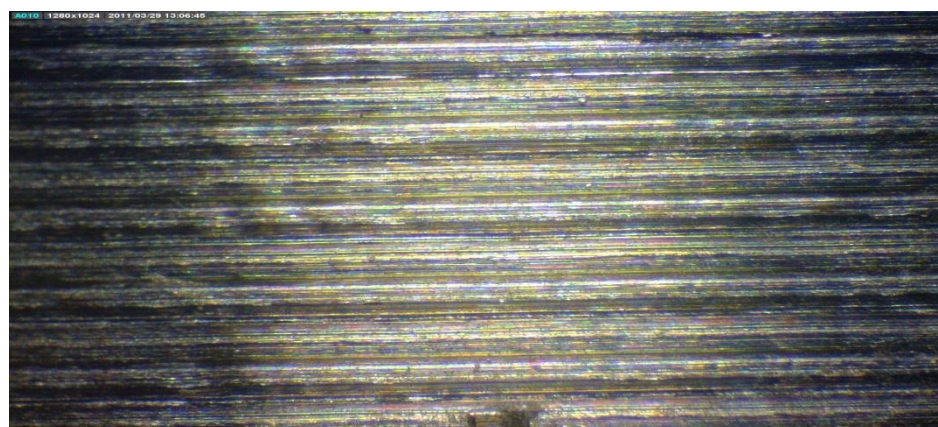
VBD Wiper - posuv 0,2 mm/ot



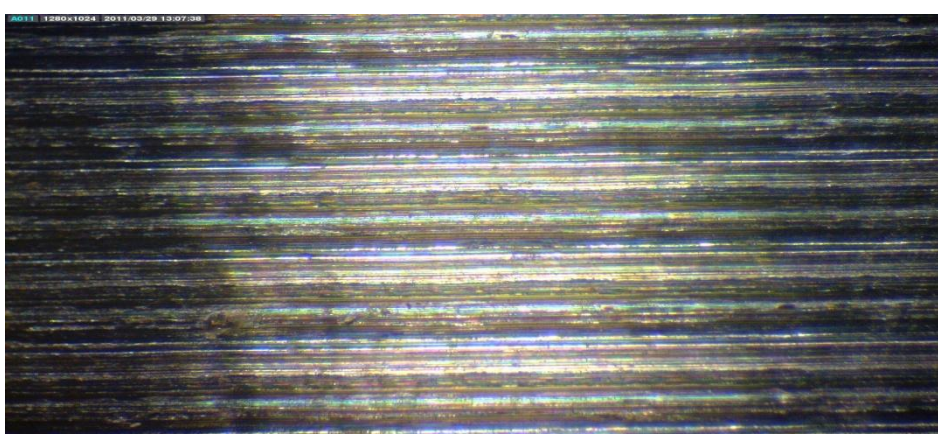
VBD Wiper – posuv 0,25 mm/ot



VBD Wiper - posuv 0,3 mm/ot



VBD Wiper - posuv 0,35 mm/ot



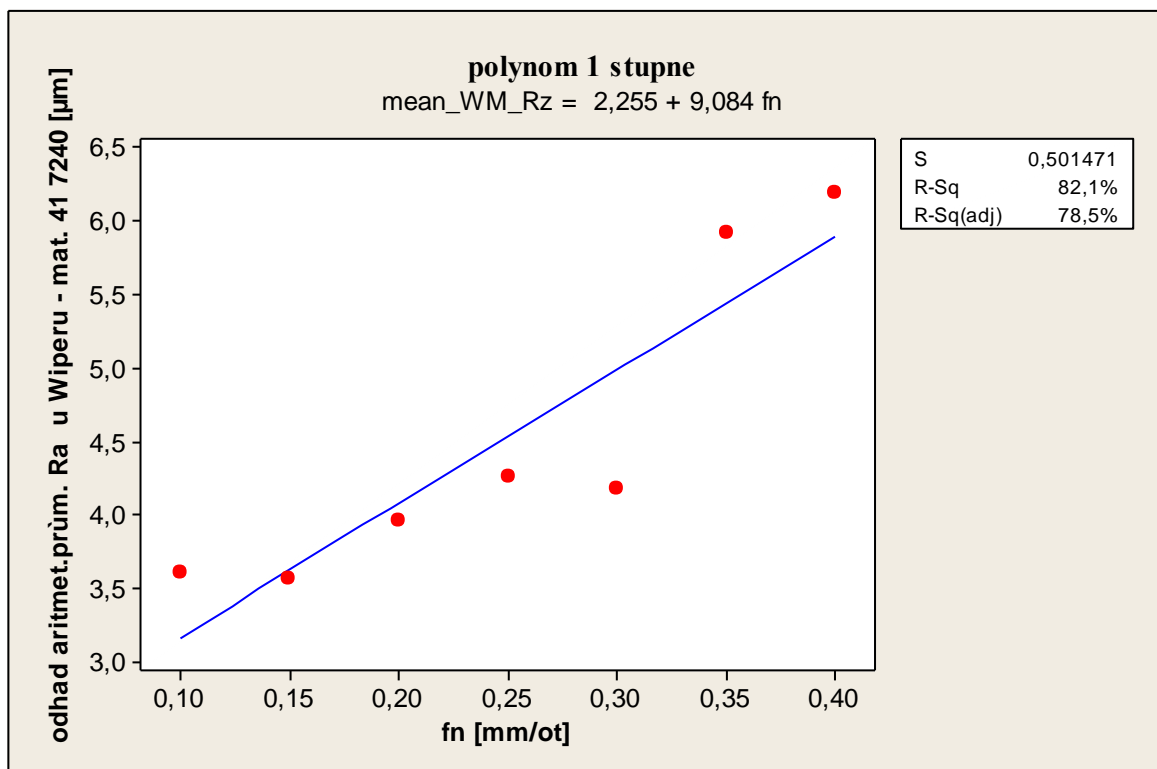
VBD Wiper – posuv 0,4 mm/ot

## 7 REGRESE

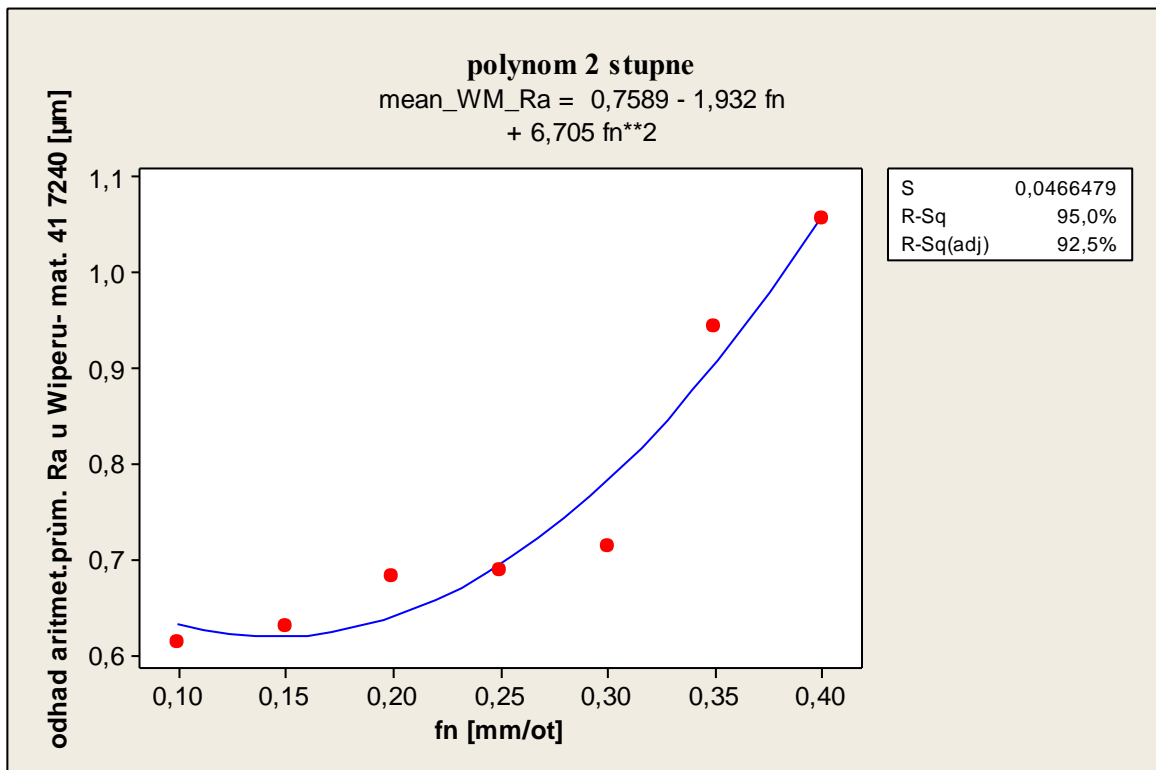
### 7.1 REGRESE PROFILU DRSNOSTI U WIPERU – ČSN 41 7240

O vhodnosti regresní křivky jsem rozhodla na základě testu proložení prvním, druhým a třetím stupněm polynomu. Vybraný typ křivky nejlépe prokládá regresní funkci mezi naměřenými hodnotami, vyrovnává náhodné chyby.

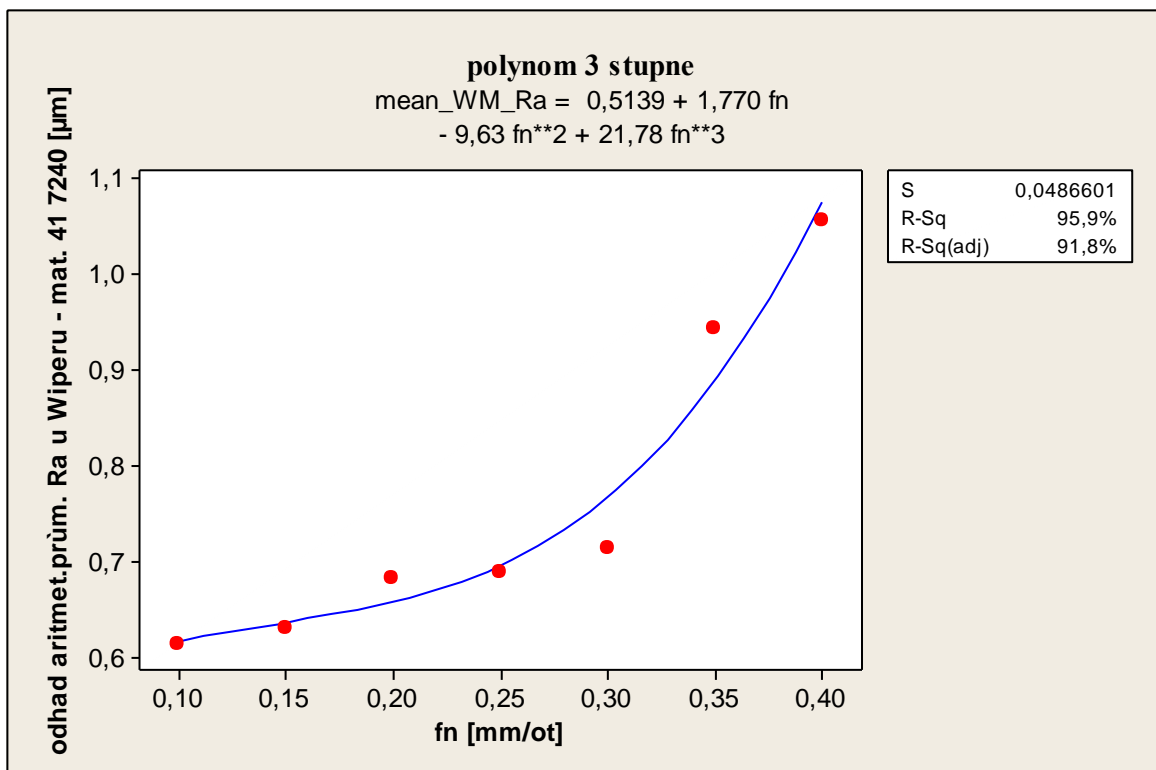
Graf 11. Polynom 1. stupně u Wiperu – ČSN 41 7240



Graf 12. Polynom 2. stupně u Wiperu – ČSN 41 7240



Graf 13. Polynom 3.stupně u Wiperu - ČSN 41 7240





Proložení křivkou polynomu 3. stupně u Wiperu materiálu ČSN 41 7240 dojde k 95,9 % variačnímu rozpětí. U polynomu druhého stupně 95 % variačnímu rozpětí a u polynomu prvního stupně pouze k 82,1 % variačnímu rozpětí. U ostatních typů VBD už zmiňuji pouze nejvhodnější typ regrese .

### Rovnice funkce Ra pro Wiper mat. ČSN – 41 7240

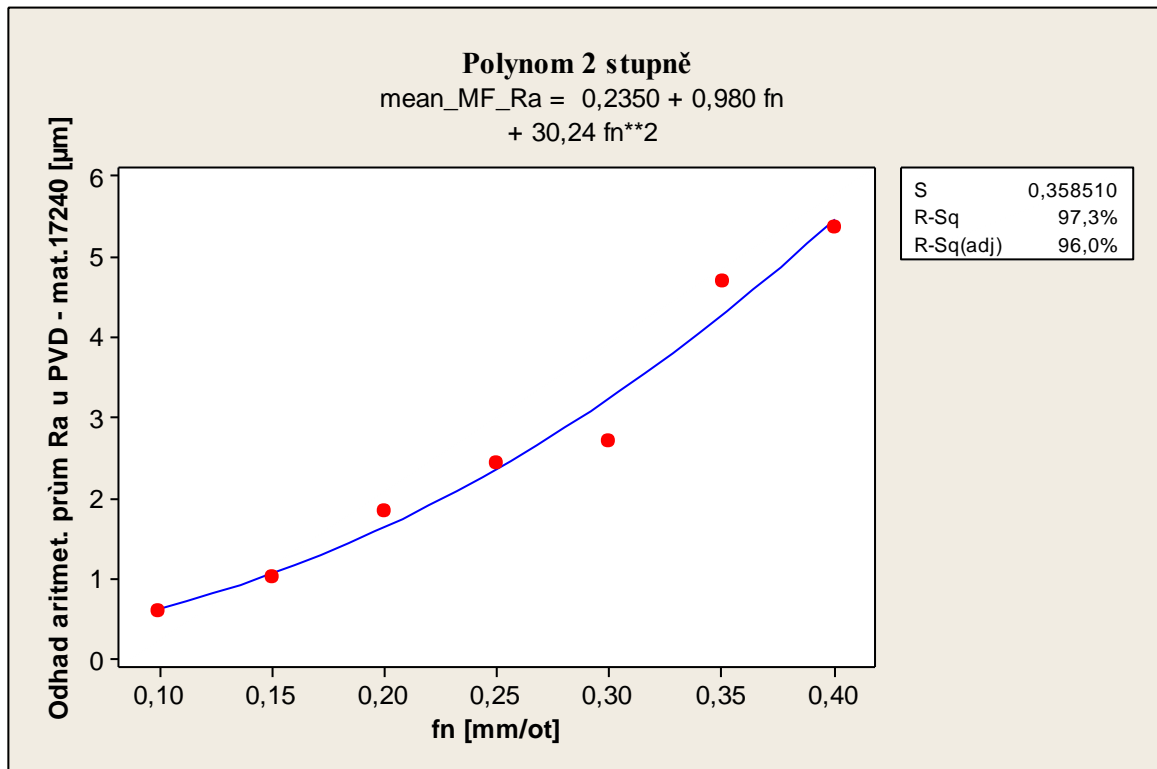
$$Ra = 0,5139 + 1,770 f_n - 9,63f_n^2 + 21,78^3$$

Tab. 4. Vypočtené hodnoty parametrů pro Wiper – ČSN 41 7240

Parametr	f <sub>n</sub> 0,1 [mm/ot]	f <sub>n</sub> 0,15 [mm/ot]	f <sub>n</sub> 0,2 [mm/ot]	f <sub>n</sub> 0,25 [mm/ot]	f <sub>n</sub> 0,3 [mm/ot]	f <sub>n</sub> 0,3 [mm/ot]	f <sub>n</sub> 0,4 [mm/ot]
$\bar{x}$	0,614	0,631	0,683	0,689	0,714	0,945	1,057
U <sub>a</sub>	0,0048	0,0092	0,0082	0,0159	0,0146	0,0242	0,0274
S	0,0151	0,0292	0,0258	0,0502	0,0462	0,0765	0,0868
V <sub>X</sub>	2,45	4,63	3,78	7,29	6,48	8,09	8,21
X <sub>MIN</sub>	0,59	0,59	0,62	0,63	0,64	0,75	0,96
X <sub>MAX</sub>	0,64	0,68	0,71	0,79	0,80	1,04	1,20
R	0,05	0,09	0,09	0,16	0,16	0,29	0,24
n	10	10	10	10	10	10	10
M	0,615	0,62	0,69	0,675	0,70	0,955	1,05
Q <sub>1</sub>	0,600	0,610	0,675	0,650	0,687	0,930	0,977
Q <sub>3</sub>	0,64	0,680	0,710	0,79	0,80	1,04	1,20

## 7.2 REGRESE PROFILU DRSNOSTI U PVD – ČSN 41 7240

Graf 14. Polynom 2. stupně u PVD - ČSN 41 7240



Proložení křivkou polynomu 2. stupně u PVD materiálu ČSN 41 7240 dojde k 97,3 % variačnímu rozpětí.

**Rovnice funkce Ra pro PVD mat. ČSN – 41 7240**

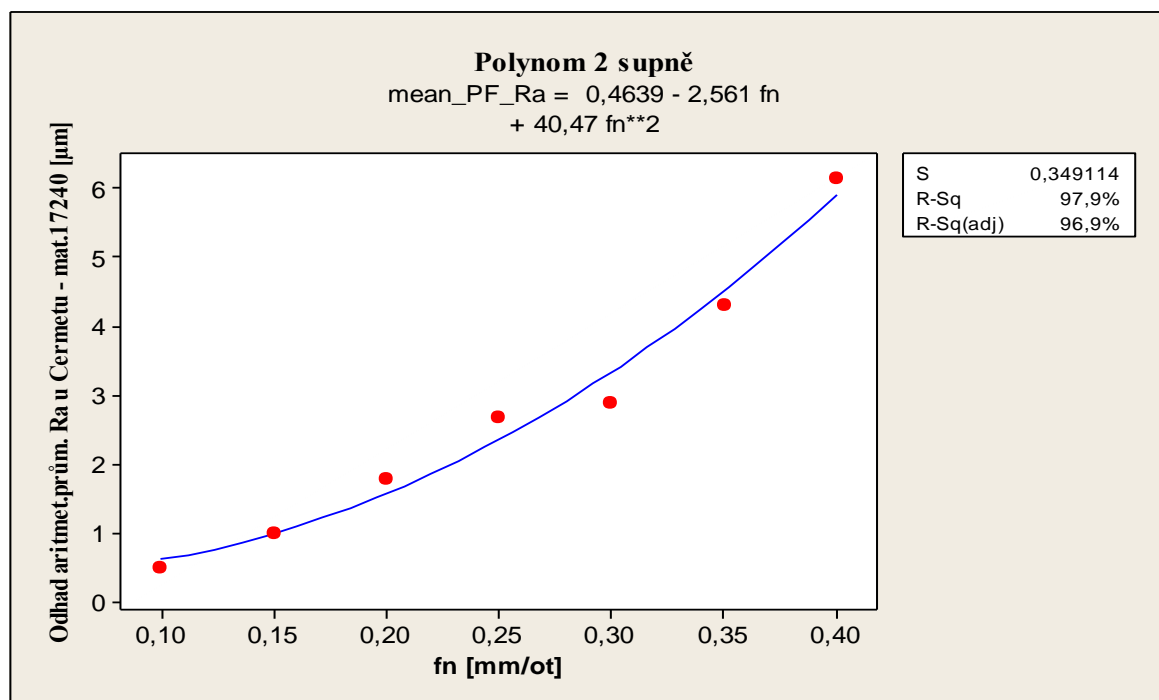
$$Ra = 0,2350 + 0,980 fn - 30,24fn^2$$

Tab. 5. Vypočtené hodnoty parametrů pro PVD – ČSN 41 7240

Parametr	fn 0,1 [mm/ot]	fn 0,15 [mm/ot]	fn 0,2 [mm/ot]	fn 0,25 [mm/ot]	fn 0,3 [mm/ot]	fn 0,35 [mm/ot]	fn 0,4 [mm/ot]
$\bar{x}$	0,596	1,028	1,844	2,451	2,718	4,696	5,372
Ua	0,0073	0,0189	0,0346	0,0487	0,1260	0,0964	0,0856
S	0,0232	0,0598	0,1093	0,1540	0,3980	0,3050	0,2705
Vx	3,89	5,81	5,93	6,28	14,64	6,49	5,04
X <sub>MIN</sub>	0,57	0,96	1,69	2,25	2,25	4,13	5,11
X <sub>MAX</sub>	0,63	1,15	1,97	2,69	3,15	5,17	5,98
R	0,06	0,19	0,28	0,44	0,90	1,04	0,87
n	10	10	10	10	10	10	10
M	0,590	1,005	1,870	2,420	2,780	4,740	5,245
Q <sub>1</sub>	0,578	0,996	1,735	2,330	2,330	4,563	5,190
Q <sub>3</sub>	0,623	1,053	1,950	2,628	3,080	4,865	5,543

## 7.3 REGRESE PROFILU DRSNOSTI Ra U CERMETU – ČSN 41 7240

Graf 15. Polynom 2. stupně u Cermetu - ČSN 41 7240



Proložení křivkou polynomu 2. stupně u Cermetu materiálu ČSN 41 7240 dojde k 97,9 % variačnímu rozpětí.

**Rovnice funkce Ra pro PVD mat. ČSN – 41 7240**

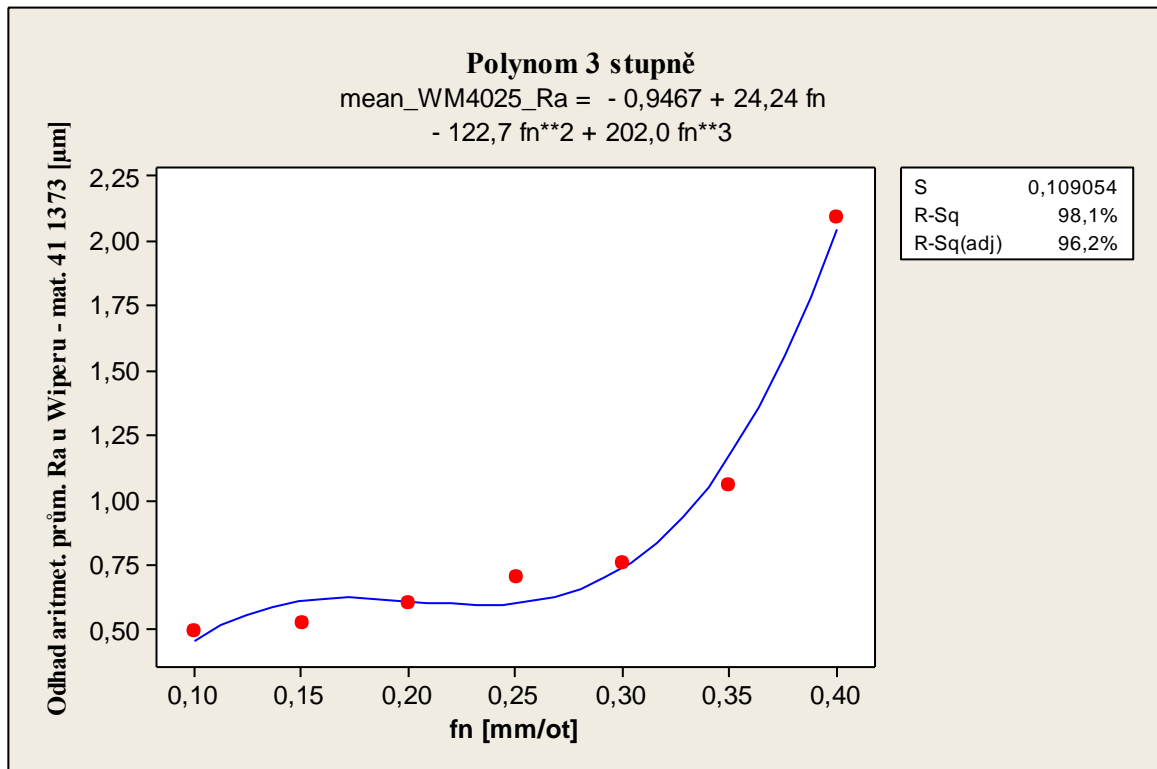
$$Ra = 0,4639 - 2,561 fn + 40,47fn^2$$

**Tab. 6. Vypočtené hodnoty parametrů pro Cermet – ČSN 41 7240**

Parametr	fn 0,1 [mm/ot]	fn 0,15 [mm/ot]	fn 0,2 [mm/ot]	fn 0,25 [mm/ot]	fn 0,3 [mm/ot]	fn 0,35 [mm/ot]	fn 0,4 [mm/ot]
$\bar{x}$	0,491	0,986	1,793	2,683	2,880	4,313	6,159
Ua	0,0115	0,0185	0,0414	0,0547	0,1190	0,1930	0,359
S	0,0363	0,0585	0,1311	0,1731	0,3770	0,6160	1,1350
V <sub>X</sub>	7,40	5,94	7,31	6,45	13,09	14,17	18,42
X <sub>MIN</sub>	0,43	0,89	1,67	2,47	2,42	3,73	4,52
X <sub>MAX</sub>	0,55	1,06	1,99	2,93	3,28	5,16	7,57
R	0,12	0,17	0,32	0,46	0,86	1,43	3,05
n	10	10	10	10	10	10	10
M	0,459	1,000	1,735	2,660	2,895	4,085	6,070
Q <sub>1</sub>	0,470	0,918	1,705	2,518	2,528	3,765	5,088
Q <sub>3</sub>	0,520	1,033	1,968	2,860	3,228	5,050	7,385

## 7.4 REGRESE PROFILU DRSNOSTI Ra U WIPERU – ČSN 41 1373

Graf 16. Polynom 3. stupně u Wiperu - ČSN 41 1373



Proložení křivkou polynomu 3. stupně u Wiperu materiálu ČSN 41 1373 dojde k 98,1 % variačnímu rozpětí.

**Rovnice funkce Ra pro Wiper mat. ČSN – 41 1373**

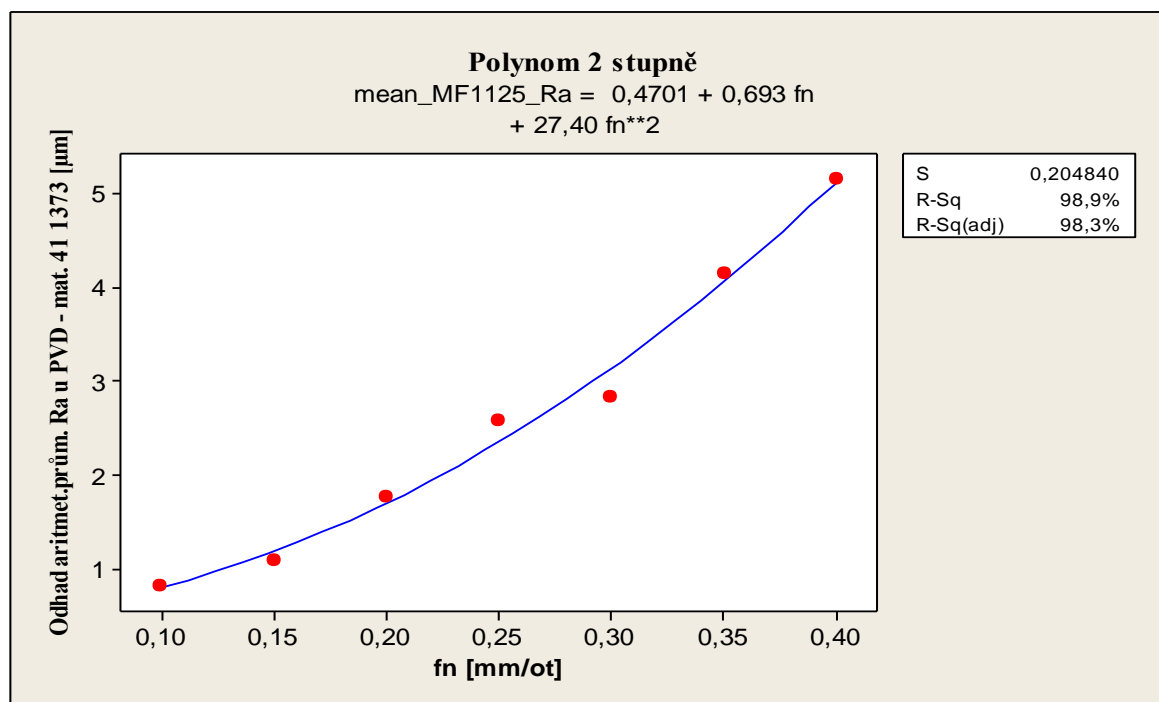
$$Ra = - 0,9467 + 24,24 fn - 122,7fn^2 + 202fn^3$$

Tab. 7. Vypočtené hodnoty parametrů pro Wiper – ČSN 41 1373

Parametr	fn 0,1 [mm/ot]	fn 0,15 [mm/ot]	fn 0,2 [mm/ot]	fn 0,25 [mm/ot]	fn 0,3 [mm/ot]	fn 0,35 [mm/ot]	fn 0,4 [mm/ot]
$\bar{x}$	0,494	0,520	0,601	0,703	0,755	1,054	2,091
Ua	0,0123	0,0104	0,0227	0,0155	0,0351	0,0283	0,505
S	0,0389	0,0330	0,0717	0,0490	0,1111	0,0893	0,1596
V <sub>X</sub>	7,88	6,35	11,93	6,97	14,71	8,48	7,63
X <sub>MIN</sub>	0,43	0,48	0,45	0,63	0,67	0,91	1,82
X <sub>MAX</sub>	0,55	0,58	0,68	0,77	0,97	1,19	2,30
R	0,12	0,10	0,23	0,14	0,30	0,28	0,48
n	10	10	10	10	10	10	10
M	0,500	0,520	0,610	0,695	0,690	1,055	2,100
Q <sub>1</sub>	0,465	0,490	0,553	0,660	0,670	0,973	2,010
Q <sub>3</sub>	0,525	0,543	0,670	0,753	0,843	1,128	2,228

## 7.5 REGRESE PROFILU DRSNOSTI Ra U PVD – ČSN 41 1373

Graf 17. Polynom 2. stupně u PVD - ČSN 41 1373



Proložení křivkou polynomu 2. stupně u PVD materiálu ČSN 41 1373 dojde k 98,9 %

variačnímu rozpětí.

### Rovnice funkce Ra pro PVD mat. ČSN – 41 1373

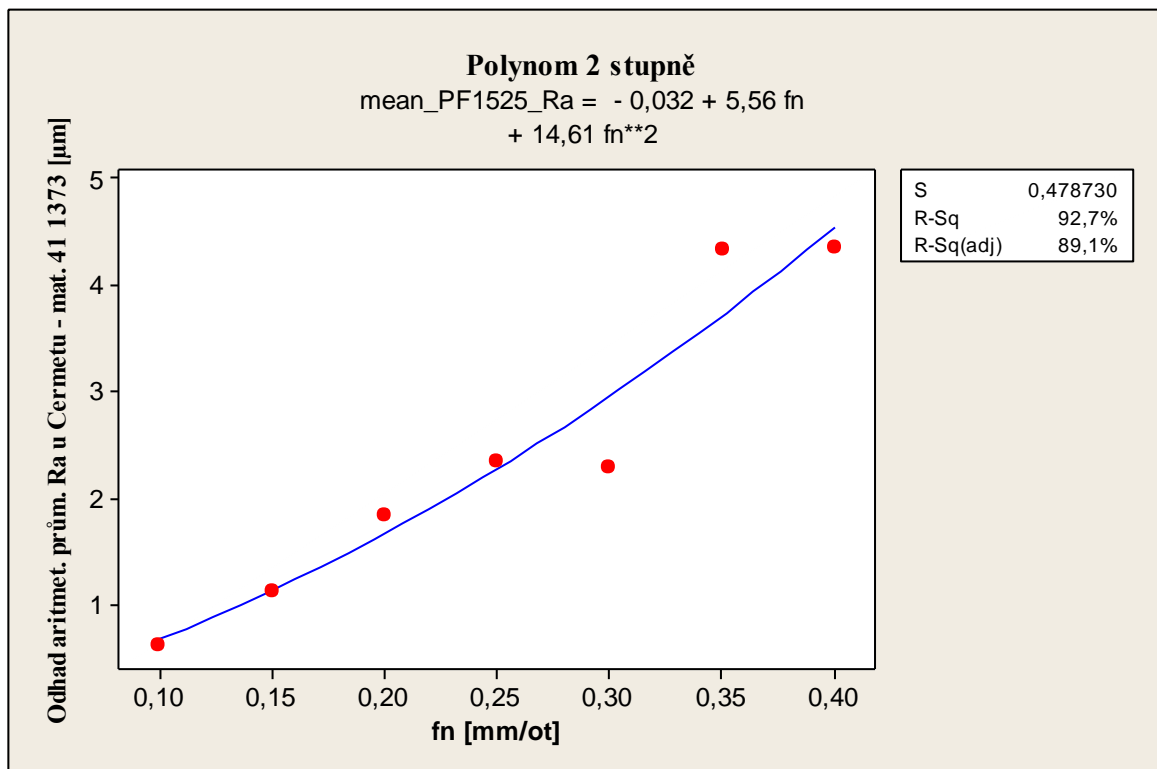
$$Ra = 0,4701 + 0,693 f_n + 27,40f_n^2$$

**Tab. 8. Vypočtené hodnoty parametrů pro PVD – ČSN 41 1373**

Parametr	fn 0,1 [mm/ot]	fn 0,15 [mm/ot]	fn 0,2 [mm/ot]	fn 0,25 [mm/ot]	fn 0,3 [mm/ot]	fn 0,35 [mm/ot]	fn 0,4 [mm/ot]
$\bar{x}$	0,821	1,104	1,772	2,577	2,829	4,154	5,152
Ua	0,0086	0,0284	0,0162	0,0291	0,0356	0,0778	0,0937
S	0,0273	0,0900	0,0512	0,0921	0,0356	0,0778	0,0937
Vx	3,32	8,15	2,89	3,58	3,98	5,92	5,75
X <sub>MIN</sub>	0,77	0,96	1,72	2,47	2,64	3,89	4,70
X <sub>MAX</sub>	0,87	1,21	1,88	2,69	3,03	4,46	5,71
R	0,10	0,25	0,16	0,22	0,39	0,57	1,01
n	10	10	10	10	10	10	10
M	0,833	1,090	1,750	2,575	2,805	4,150	5,205
Q <sub>1</sub>	0,800	1,025	1,730	2,480	2,760	3,898	4,700
Q <sub>3</sub>	0,833	1,203	1,810	2,665	2,923	4,408	5,308

## 7.6 REGRESE PROFILU DRSNOSTI Ra U CERMETU – ČSN 41 1373

Graf 18. Polynom 2. stupně u Cermetu - ČSN 41 1373



Proložení křivkou polynomu 2. stupně u Cermetu materiálu ČSN 41 1373 dojde k 92,7 % variačnímu rozpětí.

**Rovnice funkce Ra pro Cermet mat. ČSN – 41 1373**

$$Ra = - 0,032 + 5,56 fn + 14,61 fn^2$$



Tab. 9. Vypočtené hodnoty parametrů pro Cermet – ČSN 41 1373

Parametr	fn 0,1	fn 0,15	fn 0,2	fn 0,25	fn 0,3	fn 0,35	fn 0,4
	[mm/ot]	[mm/ot]	[mm/ot]	[mm/ot]	[mm/ot]	[mm/ot]	[mm/ot]
$\bar{x}$	0,629	1,127	1,846	2,352	2,287	4,337	4,346
Ua	0,0067	0,0236	0,0471	0,0363	0,0893	0,1480	0,1710
S	0,0213	0,0745	0,1488	0,1147	0,2823	0,4670	0,5420
V <sub>x</sub>	3,39	6,61	8,06	4,88	12,34	10,78	12,48
X <sub>MIN</sub>	0,59	1,02	1,57	2,17	1,98	3,64	3,52
X <sub>MAX</sub>	0,66	1,26	1,96	2,49	2,84	4,82	4,93
R	0,07	0,24	0,39	0,32	0,86	1,18	1,41
n	10	10	10	10	10	10	10
M	0,635	1,115	1,920	2,370	2,295	4,395	4,355
Q <sub>1</sub>	0,610	1,078	1,733	2,255	2,008	3,933	3,848
Q <sub>3</sub>	0,643	1,195	1,943	2,453	2,923	4,780	4,930

## 8 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### Ekonomické porovnání Cermetu s Wiperem

Model: Při požadavcích zákazníka na drsnost povrchu Ra do 0,8 [ $\mu\text{m}$ ]. Těchto typů součástí vyrábí asi 3000 ks/rok. Životnost VBD byla zvolena dle garantované životnosti výrobcem 15 minut.

Podle výsledků měření může použít na dokončovací operaci soustružení Cermet s posuvem 0,1 mm/ot nebo destičku Wiper s posuvem až 0,25 mm/ot.





I když cena destičky Wiperu je o 40% vyšší náklady na nástroje budou o 14 375 Kč nižší a produktivita vzroste o 150%. Hodinová úspora bude o 81 hodin nižší. Celková náklady na dávku budou nižší o 18 175. Kč

Při obrábění destičky s PVD povlakem nedosáhneme ani u posuvu 0,1 mm/ot drsnosti do 0,8 [ $\mu\text{m}$ ]. U tohoto typu VBD zvolíme rychlejší posuv při dokončování a součásti musíme dokončit na brusce. Tím nám náklady podstatně vzrostou, protože musíme počítat s vyšší hodinovou sazbou asi 1500 Kč, přesunem materiálu, delším strojním časem a nižší produktivita

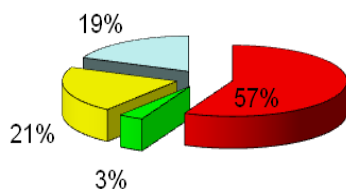
Destička	Cermet
Řezný materiál	ČSN 41 7240, ČSN 41 1373
Strojní čas nástroje	2,7
VBD	2
Čas výměny nástroje [min]	1,0
Cena držáku/nástroje [Kč]	2 100,00 Kč
Cena destičky [Kč]	241,00 Kč
Životnost držáku (výměn , počet broušení )	200
Cena přebroušení [Kč]	0,0Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	1
počet kusů na 1 sadu hran (do broušení)	6
<b>poč.kusů na plátek/nástroj</b>	24,0
<b>poč.plátků/nástrojů na dávku</b>	125,0
<b>poč.výměn na dávku</b>	500,0
<b>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</b>	10,04 Kč
<b>cena destiček/nástrojů na dávku</b>	30 125,00 Kč
<b>cena nářadí na 1 obrobek</b>	11,79 Kč
<b>cena nářadí na dávku</b>	<b>35 375,00 Kč</b>
<b>čas výměn na dávku [min]</b>	500,00

Destička	Wiper
Řezný materiál	ČSN 41 7240, ČSN 41 1373
Strojní čas nástroje	1,08
VBD	2
Čas výměny nástroje [min]	1,0
Cena držáku/nástroje [Kč]	2 100,00 Kč
Cena destičky [Kč]	350,00 Kč
Životnost držáku (výměn , počet broušení )	200
Cena přebroušení [Kč]	0,0Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	1
počet kusů na 1 sadu hran (do broušení)	6
<b>poč.kusů na plátek/nástroj</b>	56,0
<b>poč.plátků/nástrojů na dávku</b>	53,6
<b>poč.výměn na dávku</b>	214,3
<b>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</b>	6,25 Kč
<b>cena destiček/nástrojů na dávku</b>	18 750,00 Kč
<b>cena nářadí na 1 obrobek</b>	7,0 Kč
<b>cena nářadí na dávku</b>	<b>21 000,00 Kč</b>
<b>čas výměn na dávku [min]</b>	215,00

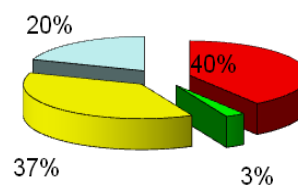
### NÁKLADOVÉ PODÍLY

	Cermet 1	Wiper 2
 náklady strojního času/dávka [Kč]	108 000,0	43 200,0
 náklady výměn nástrojů/dávka [Kč]	6 666,7	2 866,7
 náklady výměn obrobků/dávka [Kč]	40 000,0	40 000,0
 náklady nářadí/dávka [Kč]	35 375,0	21 000,0

PODÍL NÁKLADŮ VARIANTA 1



PODÍL NÁKLADŮ VARIANTA 2



Obr.19. Podíl nákladů 1 a 2 varianty

název dílu	Hřídel
operace	Soustružení
varianta 1	Cermet
varianta 2	Wiper

	varianta	
	1	2
stroj		
hodinová sazba stroje [Kč]	800	800
dávka [ks]	3000	
počet držáků	1	1
čas výměny obrobku [min]	1,00	1,00
čas výměn nástrojů na dávku [min]	500,00	215,00
strojní čas pro 1 obrobek [min]	2,70	1,08

### VÝSLEDKY PRO DÁVKU

	varianta	
	1	2
<b>náklady na výměny obrobku [Kč]</b>	<b>40 000,0</b>	<b>40 000,0</b>
<b>náklady na výměny nástrojů [Kč]</b>	<b>6 666,7</b>	<b>2 866,7</b>
<b>náklady nářadí na dávku [Kč]</b>	<b>35 375,0</b>	<b>21 000,0</b>
<b>celkové náklady [Kč]</b>	<b>82 041,7</b>	<b>63 866,7</b>

**čas pro 1 obrobek [min]**

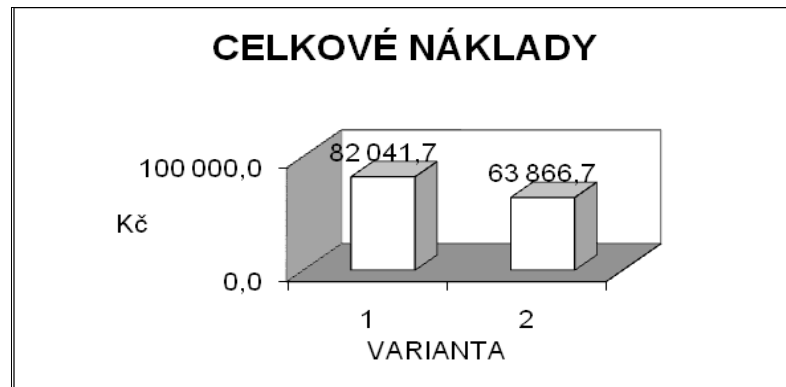
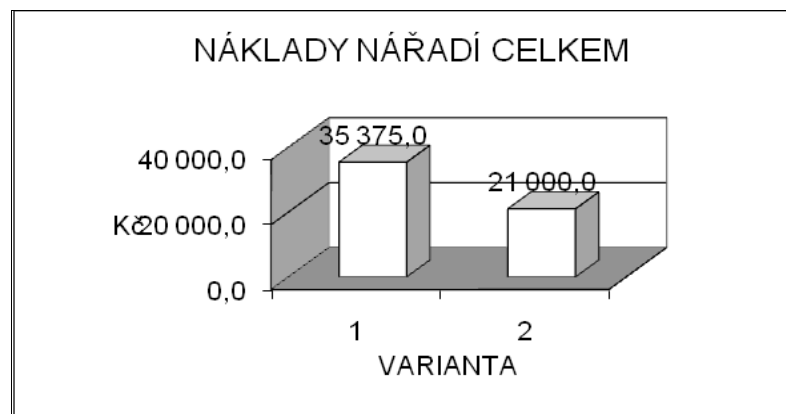
**2,70**

**1,08**

**úspora nákladů na nářadí [Kč]**

**14 375,0 Kč**

<b>Úspora nákladů celkem [Kč]</b>	<b>18 175,0</b>
<b>Úspora času celkem [hod]</b>	<b>81,0</b>
<b>Nárůst produktivity o [%]</b>	<b>150,0</b>

**Obr. 20. Porovnání celkových nákladů****Obr.21. Porovnání nákladů na nářadí**

## ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit závislost parametrů posuvu  $f_n$  na drsnosti povrchu  $R_a$  a  $R_z$  u VBD určených pro dokončovací operace na soustruhu.

Úkoly diplomové práce:

- Příprava vzorků
- Navrhnout experiment
- Seznámení se s regresní analýzou
- Najít vlastní modely
- Vytvořit tabulky regresních rovnic
- Sestavit rovnice
- Ekonomicky zhodnotit

Ověřila jsem si, že použití lineární regrese v praxi je nedostačující a jsme mnohdy nuceni použít regrese druhého a třetího stupně, která lépe proloží body grafu. V mém případě je to viditelné hlavně u destičky s Wiper technologií kde ani proložení křivkou druhého stupně není dostačující a dokonce vzniká dojem, že u posuvu 0,15 a 0,2 mm/ot dochází k poklesu  $R_a$ .

Z grafů závislosti  $R_a$  na  $f_n$  je dobře viditelné, že Wiper si proti Cermetu a PVD dobře drží nízké hodnoty  $R_a$  a variační rozptyl až do posuvu 0,3 mm/ot. Naproti tomu u PVD a Cermetu dochází k růstu  $R_a$  a většímu variačnímu rozptylu už u posuvu 0,1 mm/ot.

Účelem bylo zhodnotit Cermet, PVD, Wiper a porovnat jejich dosažené hodnoty drsnosti a pomoci tak potenciálním zákazníkům při maximalizování produktivity a minimalizování výrobních nákladů. Poukázat, že i vyšší cena nástroje může vést k vyšší produktivitě a celkovému snížení výrobních nákladů, které jsou v současné době velmi sledovanou položkou.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ, s.r.o. *Technická příručka..*  
Elanders, Švédsko, 2010
- [2] BUDÍKOVÁ, M., KRÁLOVÁ, M., MAROŠ, B., *Průvodce základními statistickými  
Metodami*, Grada Publishing, Praha 2010, ISBN 978-80-247-3243-5
- [3] ČSN EN ISO 4287 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) Struktura povrchu:  
Profilová metoda – Termíny, definice, a parametry struktury povrchu.* Český  
normalizační institut, březen 1999
- [4] ČSN EN ISO 4288 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) Struktura povrchu:  
Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu.* Český  
Normalizační institut, březen 1999
- [5] HUMÁR, A., *Technologie I*, Vysoké učení technické v Brně, 2003
- [6] KOČMAN, K., *Technologické procesy obrábění*, Akademické nakladatelství  
CERM, Brno 2011, ISBN 978-80-7204-722-2
- [7] KOČMAN, K., *Speciální technologie obrábění*, Akademické nakladatelství  
CERM, Brno 2004, ISBN 80-214-2562-8
- [8] KOČMAN, K., PROKOP, J., *Technologie obrábění*, Akademické nakladatelství  
CERM, Brno 2001, ISBN 80-214-1996-2
- [9] PTÁČEK, L., *Nauka o material II*, Akademické nakladatelství CERM,  
Brno 1999, ISBN 80-7204-130-4
- [10] *Korelační a regresní analýza*, Dostupný z WWW:  
<<http://fzp.ujep.cz/~synek/statistika/prednasky/lessBerg2doc/>>
- [11] VLACH, B., A KOL., *Technologie obrábění a montáží*, Nakladatelství technické  
Literatury, Praha 1990

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$a_p$	hloubka řezu	[mm]
$a_e$	šířka záběru	[mm]
CNC	(Computer Numerical Control) číslíkové řízení pomocí počítače	[-]
CVD	z anglického názvu Chemical Vapor Deposition – chemické metody nanášení	[-]
$f_n$	posuv na otáčku $f_n = f_z \cdot n$	[mm.ot <sup>-1</sup> ]
$f_z$	posuv frézy na zub	[mm.z <sup>-1</sup> ]
$i$	počet členů souboru	[-]
$L$	celková délka, kdy je zapnut strojní posuv	[mm]
$l$	délka obráběné plochy	[mm]
$M$	median	[-]
$n$	celkový počet naměřených hodnot	[-]
$n$	otáčky vřetene	[min <sup>-1</sup> ]
PVD	(Physical Vapor Deposition) povlaky nanášené za relativně nízkých teplot	[-]
$Q_1$	první kvartil	[-]
$Q_3$	třetí kvartil	[-]
$r_\epsilon$	poloměr zaoblení špičky nástroje	[mm]
$R$	variační rozpětí	[-]
$s$	směrodatná odchylka	[-]
$s^2$	rozptyl	[-]
$U_a$	nejistota měření typu A	[-]



---

VBD	vyměnitelná břitová destička	[-]
$v_c$	řezná rychlost	[m.min. <sup>-1</sup> ]
$v_f$	posuvová rychlost	[mm.min. <sup>-1</sup> ]
$V_x$	odhad variačního koeficientu	[-]
$X_{\min}$	minimální hodnota výběrového souboru	[-]
$X_{\max}$	maximální hodnota výběrového souboru	[-]

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Hlavní pohyby při soustružení.....	12
Obr. 2. Ostří a plochy na řezné části soustružnického nože.....	13
Obr. 3. Srovnání běžné VBD a VBD s Wiper technologií.....	17
Obr. 4. Horní mez parametru struktury povrchu.....	20
Obr. 5. Přenosová charakteristika profilu drsnosti .....	24
Obr. 6. Profil povrchu .....	25
Obr. 7. Prvek profilu.....	26
Obr. 8. Místní sklon.....	26
Obr. 9. Materiálová délka.....	27
Obr. 10. Největší výška výstupku profilu.....	27
Obr. 11. Největší hloubka prohlubní profilu.....	28
Obr. 12. Největší výška profilu.....	28
Obr. 13. Výška prvků profilu.....	29
Obr. 14. Šířka prvků profilu.....	30
Obr. 15. Prvek profilu.....	36
Obr. 16. Surftest SJ- 301.....	37
Obr. 17. Praktická realizace měření.....	38
Obr. 18. Mikroskop s okulárovou kamerou AM423B.....	39
Obr. 19. Podíl nákladů 1 a 2 varianty.....	75
Obr. 20. Porovnání celkových nákladů.....	77
Obr. 21. Porovnání nákladů na nářadí.....	77

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Základní délky drsnosti pro měření Ra, Rq, Rsk, Rku, RΔq.....	22
Tab. 2. Základní délky drsnosti pro měření Rz, Rv, Rp, Rc a Rt. ....	23
Tab. 3. Základní délky drsnosti pro měření R-parametrů period. profilů s RSm .....	23
Tab. 4. Vypočtené hodnoty parametrů pro Wiper – ČSN 41 7240.....	65
Tab. 5. Vypočtené hodnoty parametrů pro PVD – ČSN 41 7240.....	66
Tab. 6. Vypočtené hodnoty parametrů pro Cermet – ČSN 41 7240.....	67
Tab. 7. Vypočtené hodnoty parametrů pro Wiper – ČSN 41 1373.....	70
Tab. 8. Vypočtené hodnoty parametrů pro PVD – ČSN 41 1373.....	71
Tab. 9. Vypočtené hodnoty parametrů pro Cermet – ČSN 41 1373.....	73

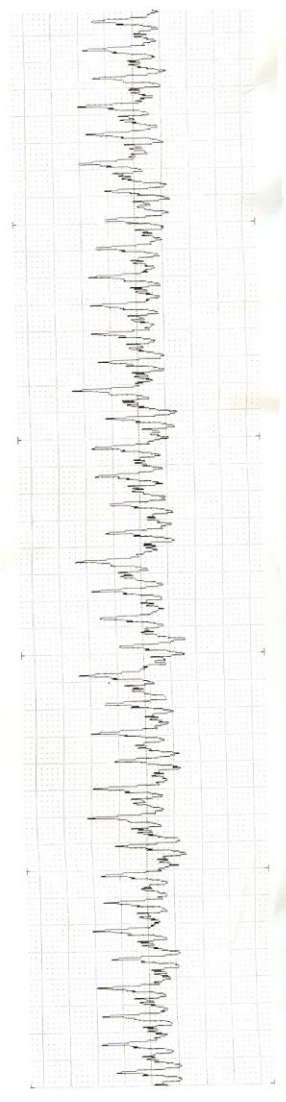
**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Závislost Ra na fn u Cermetu a Wiperu – ČSN 41 7240.....	52
Graf 2. Závislost Ra na fn u PVD a Wiperu – ČSN 41 7240.....	53
Graf 3. Závislost Ra na fn u PVD a Wiperu – ČSN 41 1373.....	53
Graf 4. Závislost Ra na fn u Cermetu a Wiperu – ČSN 41 1373.....	54
Graf 5. Závislost Rz na fn u PVD a Wiperu - ČSN 41 7240.....	55
Graf 6. Závislost Rz na fn u Cermetu a Wiperu – ČSN 41 7240.....	55
Graf 7. Závislost Rz na fn u PVD a Wiperu – ČSN 41 1373.....	56
Graf 8. Závislost Rz na fn u Cermetu a Wiperu – ČSN 41 1373.....	56
Graf 9. Variačního rozpětí u PVD – ČSN 41 7240.....	57
Graf 10. Variačního rozpětí u Wiperu – ČSN 41 7240.....	60
Graf 11. Polynom 1 stupně u Wiperu – ČSN 41 7240.....	63
Graf 12. Polynom 2 stupně u Wiperu – ČSN 41 7240.....	64
Graf 13. Polynom 3 stupně u Wiperu – ČSN 41 7240.....	64
Graf 14. Polynom 2 stupně u PVD - ČSN 41 7240.....	66
Graf 15. Polynom 2 stupně u Cermetu - ČSN 41 7240.....	67
Graf 16. Polynom 3 stupně u Wiperu - ČSN 41 1373.....	69
Graf 17. Polynom 2 stupně u PVD - ČSN 41 1373.....	70
Graf 18. Polynom 2 stupně u Cermetu - ČSN 41 1373.....	72

**PŘÍLOHA**

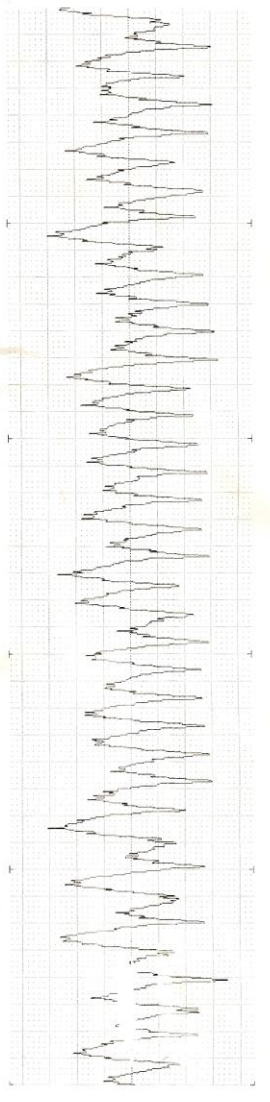
Grafické záznamy drsnoměru  $f_n$  0,1 - 0,25 mm/ot.

**R-PROFILE**  
 λc 0.8mm  
 N 5  
 Ra 0.57μm  
 Rz 3.72μm  
 RSm (5%) 54μm  
 Rmr (B. 25%) 5%  
**R-PROFILE**  
 λc=0.8mm x 5  
 x 50



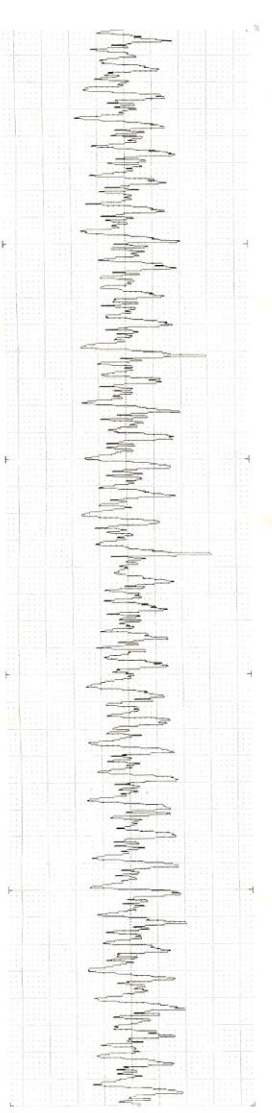
PVD

**R-PROFILE**  
 λc 0.8mm  
 N 5  
 Ra 0.50μm  
 Rz 3.03μm  
 RSm (5%) 104μm  
 Rmr (B. 25%) 11%  
**R-PROFILE**  
 λc=0.8mm x 5  
 x 10K  
 x 50



CE2MET

**R-PROFILE**  
 λc 0.8mm  
 N 5  
 Ra 0.63μm  
 Rz 4.08μm  
 RSm (5%) 44μm  
 Rmr (B. 25%) 10%  
**R-PROFILE**  
 λc=0.8mm x 5  
 x 50

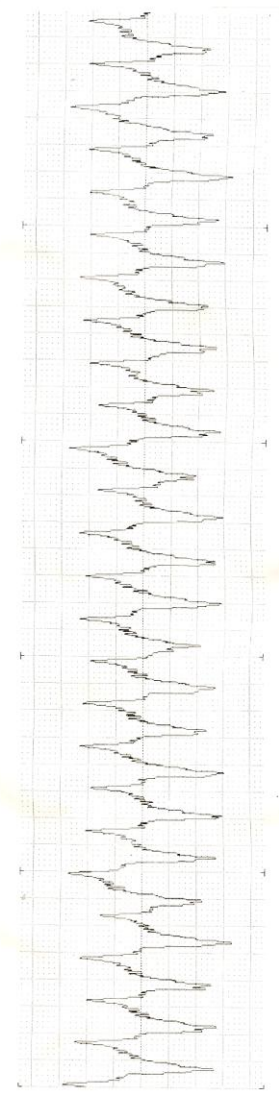


WIPEZ CSN 41 2240 for 99 mm/od

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm}$   
 $N = 5$   
 $R_a = 0.99\mu\text{m}$   
 $R_z = 5.74\mu\text{m}$   
 $R_{Sm} (5\%) = 157\mu\text{m}$   
 $R_{mr} (B, 25\%) = 16\%$

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm} \times 5$   
 $\rightarrow \times 5K$

Ver.:  $2.0\mu\text{m/cm}$   
 Hor.:  $200.0\mu\text{m/cm}$

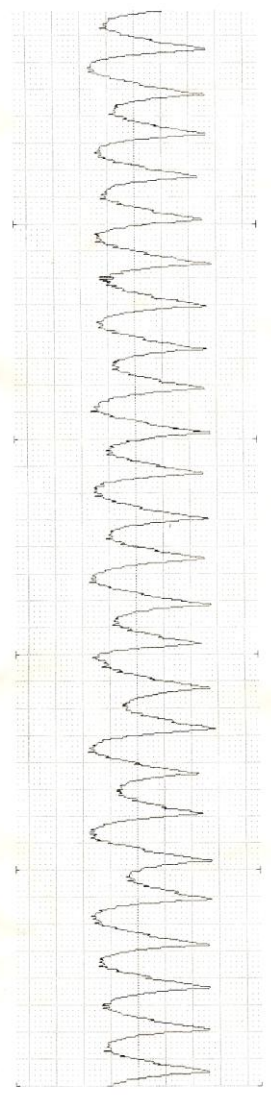


P/D

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm}$   
 $N = 5$   
 $R_a = 1.00\mu\text{m}$   
 $R_z = 4.50\mu\text{m}$   
 $R_{Sm} (5\%) = 159\mu\text{m}$   
 $R_{mr} (B, 25\%) = 20\%$

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm} \times 5$   
 $\rightarrow \times 5K$

Ver.:  $2.0\mu\text{m/cm}$   
 Hor.:  $200.0\mu\text{m/cm}$

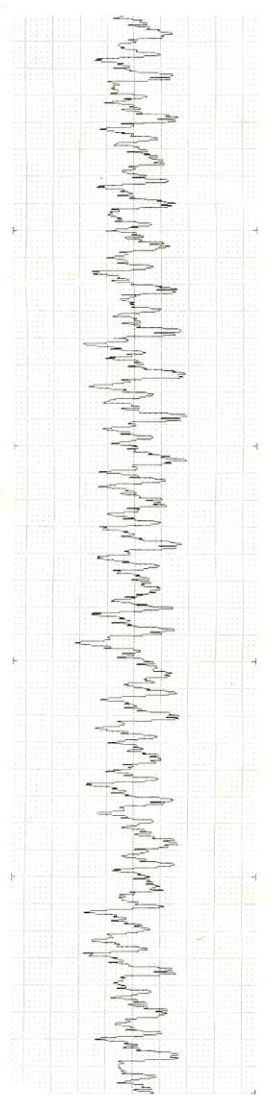


OCBMET

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm}$   
 $N = 5$   
 $R_a = 0.62\mu\text{m}$   
 $R_z = 3.60\mu\text{m}$   
 $R_{Sm} (5\%) = 68\mu\text{m}$   
 $R_{mr} (B, 25\%) = 12\%$

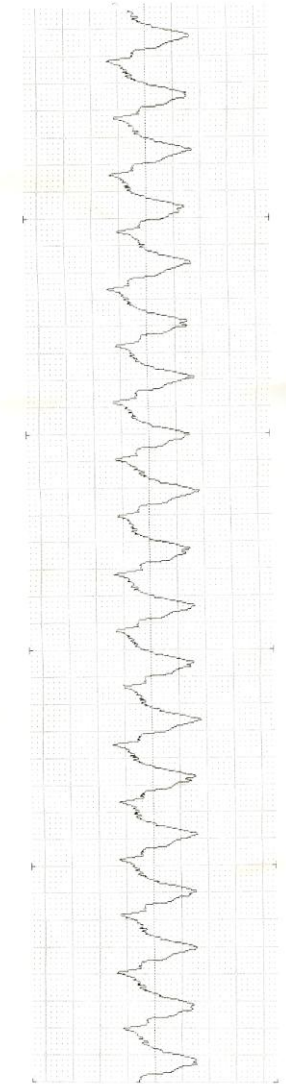
**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm} \times 5$   
 $\rightarrow \times 5K$

Ver.:  $2.0\mu\text{m/cm}$   
 Hor.:  $200.0\mu\text{m/cm}$



C&N 41 2240 for 915 mm/lot

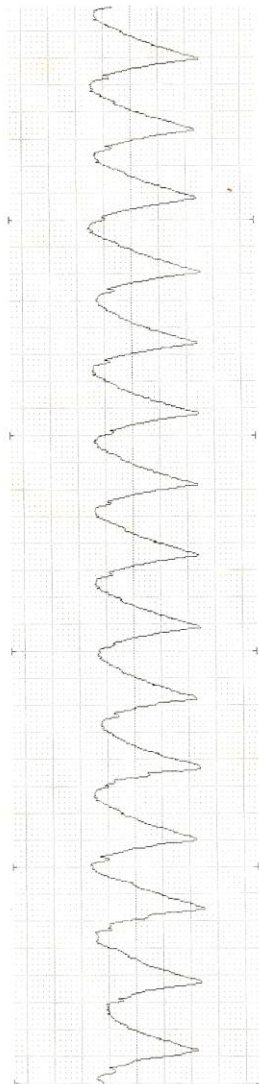
**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 $N$  5  
 Ra 1.76 $\mu$ m  
 Rz 7.81 $\mu$ m  
 RSm (5%) 211 $\mu$ m  
 Rmr (B.25%) 21%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 $\rightarrow \times 2K$



PVD

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 $N$  5  
 Ra 2.47 $\mu$ m  
 Rz 10.10 $\mu$ m  
 RSm (5%) 264 $\mu$ m  
 Rmr (B.25%) 23%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 $\rightarrow \times 2K$

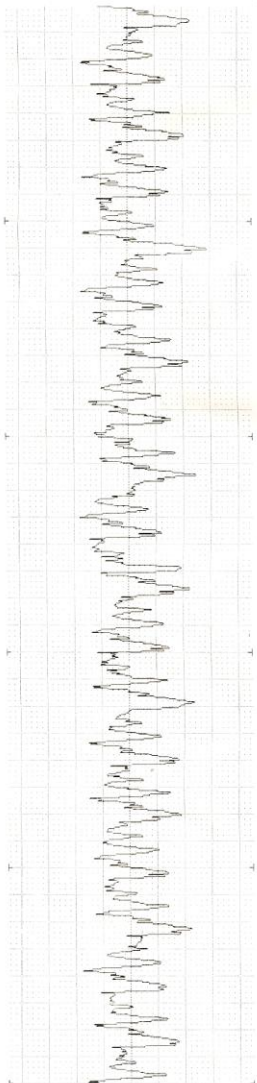
$\times 50$



CEMENT

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 $N$  5  
 Ra 0.71 $\mu$ m  
 Rz 4.19 $\mu$ m  
 RSm (5%) 76 $\mu$ m  
 Rmr (B.25%) 12%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 $\rightarrow \times 5K$

$\times 50$



WPEB C&U 41 P24D for 92 mm/ok

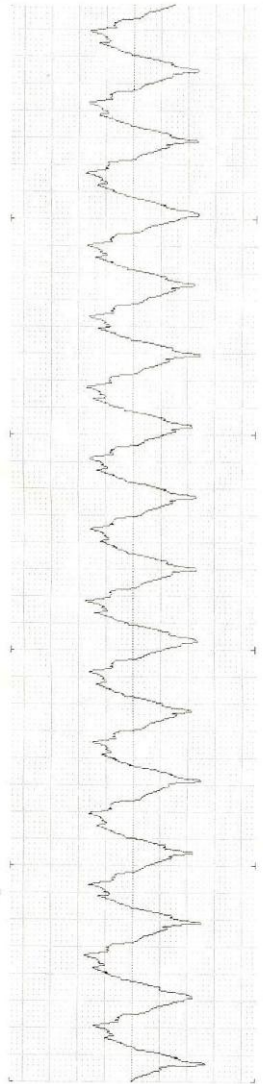
Ver.: 2.0 $\mu$ m/cm  
 Hor.: 200.0 $\mu$ m/cm



**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 N 5  
 Ra 2.41 $\mu$ m  
 Rz 10.53 $\mu$ m  
 RSm (5%) 262 $\mu$ m  
 Rmr (B, 25%) 21%

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 x50  
 x2K

Ver.: 5.0 $\mu$ m/cm  
 Hor.: 200.0 $\mu$ m/cm

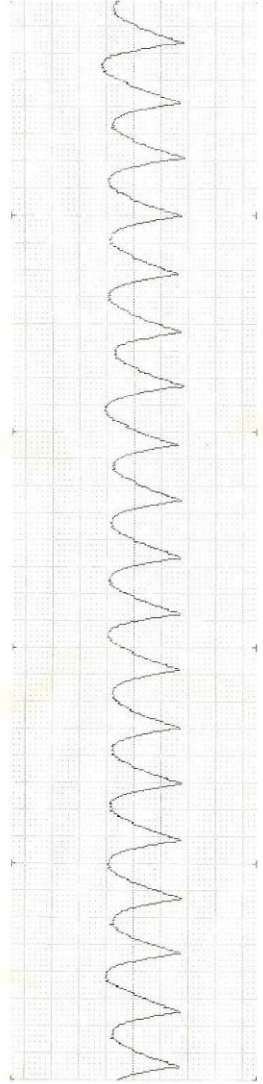


PVD

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 N 5  
 Ra 1.71 $\mu$ m  
 Rz 1.16 $\mu$ m  
 RSm (5%) 210 $\mu$ m  
 Rmr (B, 25%) 22%

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 x50  
 x2K

Ver.: 5.0 $\mu$ m/cm  
 Hor.: 200.0 $\mu$ m/cm

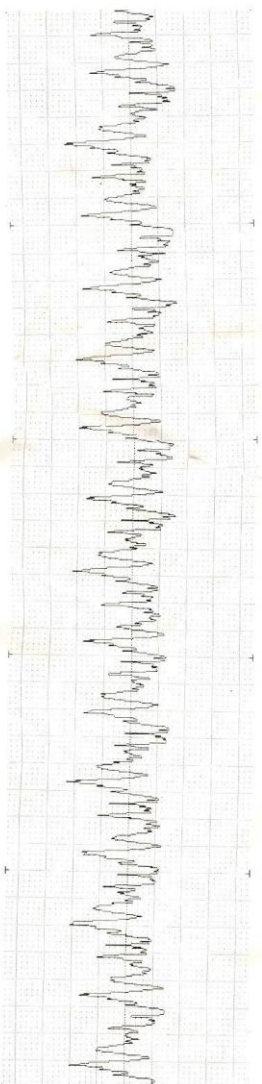


CCZMET

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 N 5  
 Ra 0.65 $\mu$ m  
 Rz 3.80 $\mu$ m  
 RSm (5%) 58 $\mu$ m  
 Rmr (B, 25%) 9%

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 x50  
 x5K

Ver.: 2.0 $\mu$ m/cm  
 Hor.: 200.0 $\mu$ m/cm

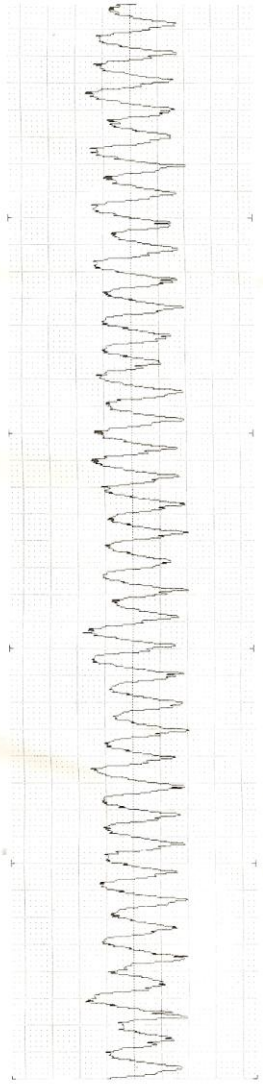


WIPED OSU 41 7240 for 925 mm/lat

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm}$   
 $\lambda_c = 0.8\text{mm} \times 5$

Ver.  $2.0\mu\text{m/cm}$   
 Hor.  $200.0\mu\text{m/cm}$

x50

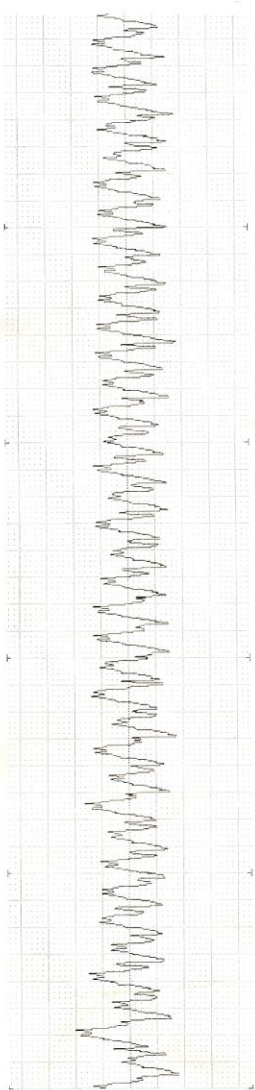


PVD

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm}$   
 $\lambda_c = 0.8\text{mm} \times 5$

Ver.  $2.0\mu\text{m/cm}$   
 Hor.  $200.0\mu\text{m/cm}$

x50

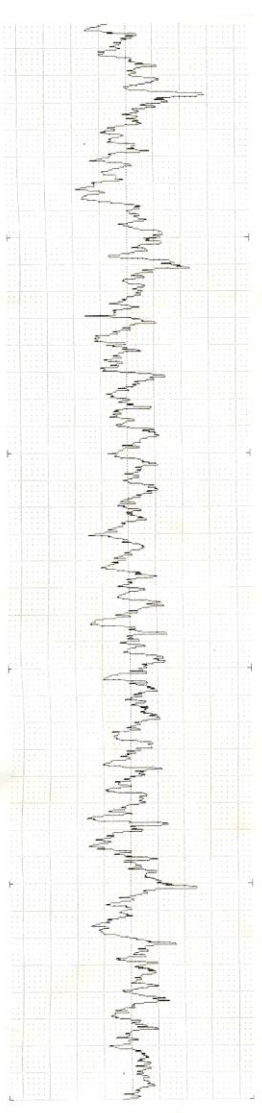


CERMET

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c = 0.8\text{mm}$   
 $\lambda_c = 0.8\text{mm} \times 5$

Ver.  $2.0\mu\text{m/cm}$   
 Hor.  $200.0\mu\text{m/cm}$

x50

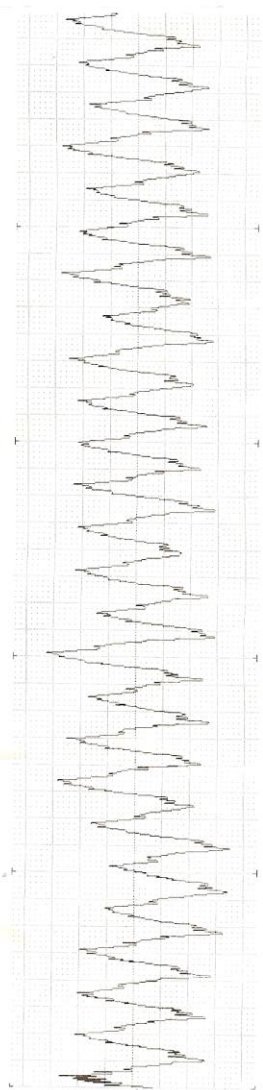


WIPED

ČSN 411373 na 01 mm/od

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 N 5  
 Ra 1.21 $\mu$ m  
 Rz 6.00 $\mu$ m  
 RSm (5%) 154 $\mu$ m  
 Rmr (B.25%) 16%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 Ver. 2.0 $\mu$ m/cm  
 Hor. 200.0 $\mu$ m/cm

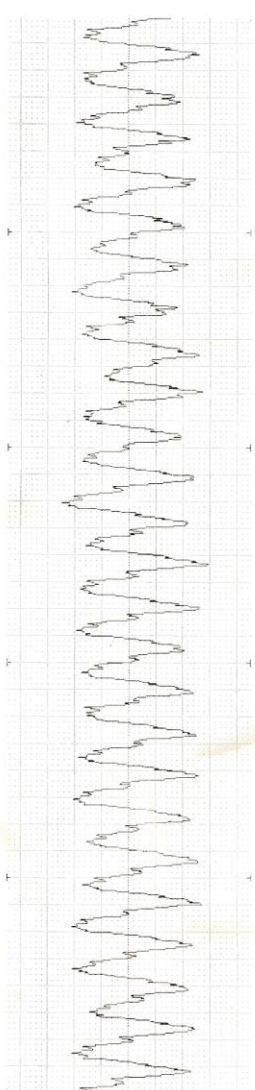
$\times 50$



PVD

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 N 5  
 Ra 1.10 $\mu$ m  
 Rz 4.87 $\mu$ m  
 RSm (5%) 156 $\mu$ m  
 Rmr (B.25%) 21%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 Ver. 2.0 $\mu$ m/cm  
 Hor. 200.0 $\mu$ m/cm

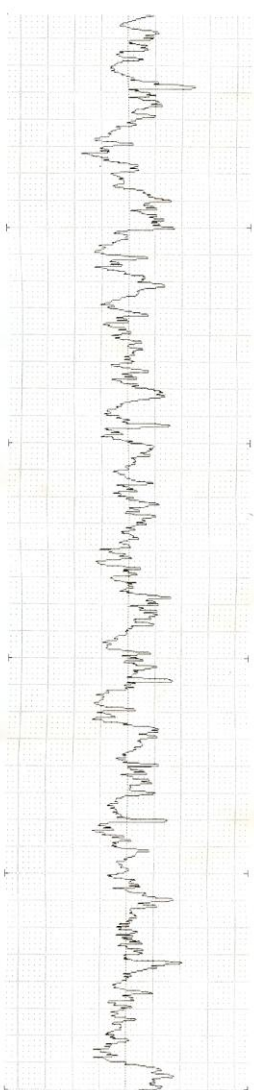
$\times 50$



CERMET

**R-PROFILE**  
 $\lambda_c$  0.8mm  
 N 5  
 Ra 0.51 $\mu$ m  
 Rz 3.31 $\mu$ m  
 RSm (5%) 80 $\mu$ m  
 Rmr (B.25%) 7%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda_c=0.8mm \times 5$   
 Ver. 2.0 $\mu$ m/cm  
 Hor. 200.0 $\mu$ m/cm

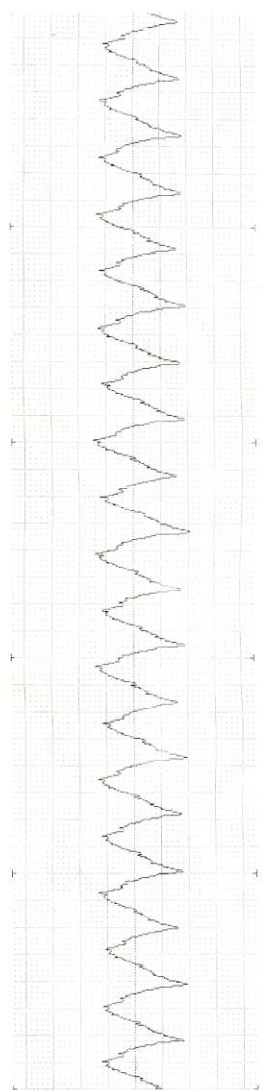
$\times 50$



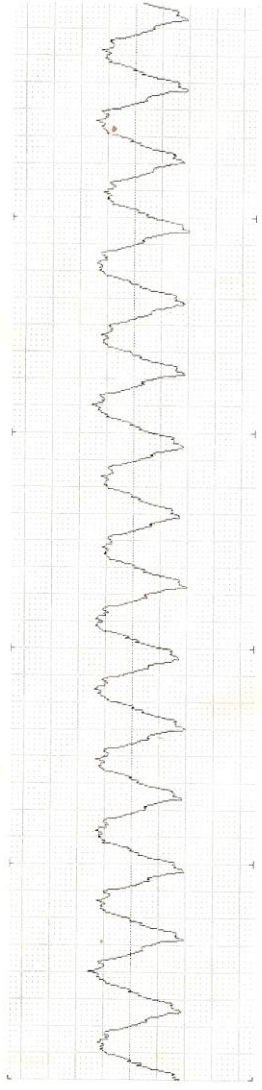
WIPED

ČSN 41 1373 pro 95% materiál

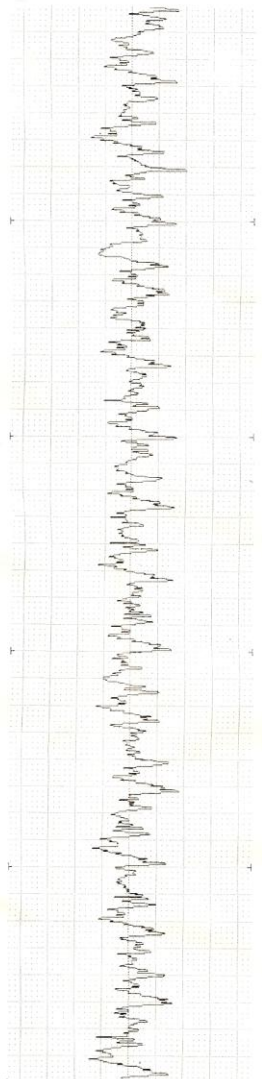
**R-PROFILE**  
 $\lambda c = 0.8mm$   
 $\lambda c$  0.8mm  
 $R_a$  1.75 $\mu m$   
 $R_z$  8.35 $\mu m$   
 $R_{Sm}$  (5%) 206 $\mu m$   
 $R_{mr}$  (B, 25%) 17%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda c = 0.8mm \times 5$   
 Ver. 5.0 $\mu m/cm$   
 Hor. 200.0 $\mu m/cm$   
 x 30  
 x 2K



**R-PROFILE**  
 $\lambda c = 0.8mm$   
 $\lambda c$  0.8mm  
 $R_a$  2.17 $\mu m$   
 $R_z$  8.71 $\mu m$   
 $R_{Sm}$  (5%) 262 $\mu m$   
 $R_{mr}$  (B, 25%) 23%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda c = 0.8mm \times 5$   
 Ver. 5.0 $\mu m/cm$   
 Hor. 200.0 $\mu m/cm$   
 x 50  
 x 2K

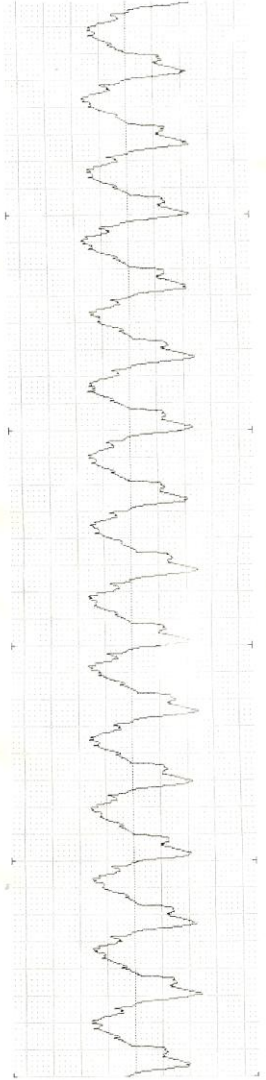


**R-PROFILE**  
 $\lambda c = 0.8mm$   
 $\lambda c$  0.8mm  
 $R_a$  0.45 $\mu m$   
 $R_z$  3.15 $\mu m$   
 $R_{Sm}$  (5%) 58 $\mu m$   
 $R_{mr}$  (B, 25%) 8%  
**R-PROFILE**  
 $\lambda c = 0.8mm \times 5$   
 Ver. 2.0 $\mu m/cm$   
 Hor. 200.0 $\mu m/cm$   
 x 50  
 x 5K



WIPED člá. 41 1373 kn 02 model

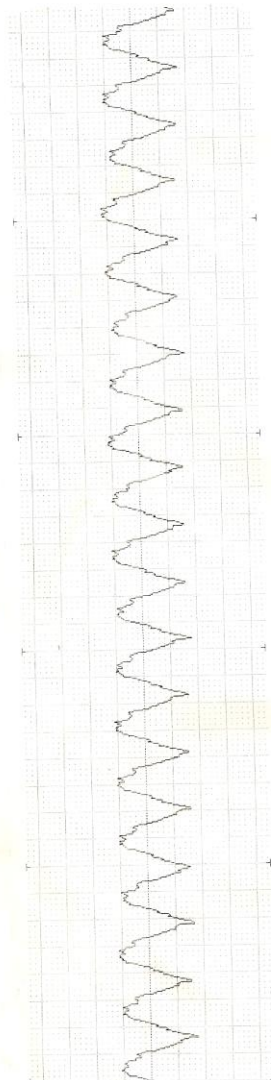
**R-PROFILE**  
 λc=0.8mm 0.8mm  
 3  
 Ra 2.48μm  
 RSm (5%) 10.13μm  
 Rmr (B:25%) 265μm  
 30%



PVD

**R-PROFILE**  
 λc=0.8mm 0.8mm  
 5  
 Ra 1.78μm  
 RSm (5%) 7.27μm  
 Rmr (B:25%) 211μm  
 24%

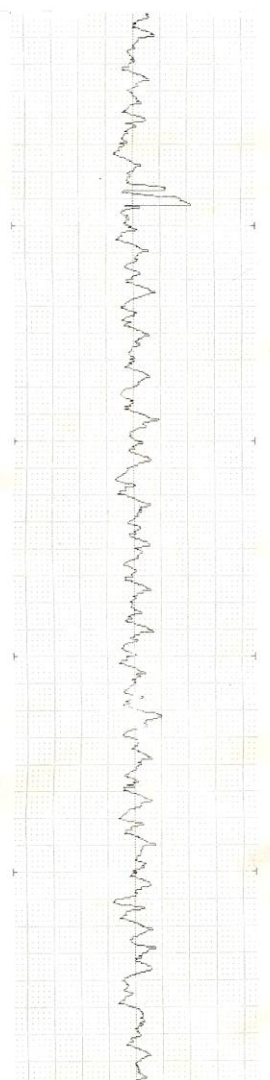
×50



CERMET

**R-PROFILE**  
 λc=0.8mm 0.8mm  
 3  
 Ra 0.66μm  
 RSm (5%) 4.57μm  
 Rmr (B:25%) 93μm  
 2%

×50



WIPER Q&N 41 1343 for 925 mm/od

Ver: 5.0μm/cm  
 Hor: 200.0μm/cm