



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A**  
**ROBOTIKY**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND  
ROBOTICS

## **METROLOGICKÁ KONFIRMACE MĚŘIDLA**

METROLOGICAL CONFIRMATION OF THE MEASURING INSTRUMENT

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MARTINA NEZDAŘILÍKOVÁ**

**VEDOUČÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. PETR KOŠKA, PH.D.**

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Martina Nezdařilíková

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Metrologická confirmace měřidla**

v anglickém jazyce:

### **Metrological confirmation of the measuring instrument**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Systémy managementu kvality vyžadují tam, kde dochází k řízení měřicích a monitorovacích zařízení, aby byl vhodně navržen a zaveden systém managementu měření. Požadavky na systémy managementu měření by měly být zavedeny jako požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. Problematika úkolu spočívá v rozboru požadavků EN ISO 10012 a jejich uplatnitelnosti v systémech managementu kvality.

Cíle bakalářské práce:

1. Analyzovat termíny, definice a parametry pro určování struktury povrchu se zaměřením na drsnost.
2. Analyzovat metody pro měření drsnosti.
3. Analyzovat požadavky systému managementu kvality (ISO 9001) na měření a monitorování.
4. Analyzovat požadavky EN ISO 10012 na procesy měření.
5. Navrhnout certifikační systém pro měřidlo drsnosti se zaměřením na postup kalibrace a vyhodnocení výsledků.

Seznam odborné literatury:

1. Bumbálek, L. a kol. Kontrola a měření. Informatorium, spol. s r.o. Praha, 2009. ISBN 978-80-7333-072-9.
2. Fiala, A. a kol. Management jakosti s podporou norem ISO 9001. Verlag Dashofer. Praha, 2006. ISBN 80-86229-19-X.
3. ČSN EN ISO 10012:2003. Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. ČSNI, Praha, 2003.
4. ČSN EN ISO 4287:1999. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu. ČSNI, Praha, 1999.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Koška, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 26.11.2010

L.S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Cílem práce je analyzovat termíny, definice a parametry pro určování struktury povrchu se zaměřením na drsnost. V bakalářské práci jsou analyzovány požadavky norem ČSN EN ISO 9001 a ČSN EN ISO 10012. U těchto norem se práce zaměřuje na management kvality v procesu měření a monitorování. Poslední částí práce je návrhnutí konfirmačního systému pro měřidlo drsnosti MarSurf PS1.

**Klíčová slova:** drsnost povrchu, konfirmace, kalibrace

## **Abstract**

The aim of thesis is to analyse terms, definitions and parameters for specify the surface structure focus on the surface roughness. There are analyze requeriment of European Standarts EN ISO 9001 and EN ISO 10012. Thesis focused on quality management in measurement process and monitoring in the both standarts. The last part of thesis design the matrological confirmation of MarSurf PS1.

**Keywords:** surface roughness, confirmation, calibration

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma Metrologická confirmace měřidla vypracovala a napsala samostatně s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů uvedených v seznamu literatury.

V Brně dne 27. 5. 2011

.....

Martina Neždařilíková

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Koškovi, Ph.D. za vedení a pracovníkům firmy TM Technik za odborné rady.

Obsah	
Abstrakt:.....	3
Čestné prohlášení .....	4
Poděkování.....	5
Úvod.....	9
1 Měření drsnosti povrchu.....	9
1.1 Základní charakteristika .....	9
1.2 Metody měření drsnosti.....	9
1.3 Dotykové měřicí přístroje.....	10
1.4 Pravidla a postupy pro kontrolu dotykovými přístroji .....	11
1.4.1 Určení mezní vlnové délky cut-off.....	11
1.4.2 Hodnocení parametrů .....	13
1.5 Termíny a definice .....	13
1.5.1 Drsnost .....	13
1.5.2 Termíny dle normy ČSN EN ISO 4287 .....	13
1.5.3 R-parametry.....	13
1.5.4 Další termíny dle normy ČSN EN ISO 4287 .....	17
1.5.5 Etalony .....	18
1.6 Přístroje pro měření drsnosti .....	19
1.6.1 Drsnoměr SJ400.....	19
1.6.2 Drsnoměr SJ 201P.....	19
1.6.3 GARANT H1SET .....	20
1.6.4 Handysurf E-35A .....	20
1.6.5 Marsurf PS1.....	21
1.7 Srovnání přístrojů.....	22
2 Metrologická confirmace a měření .....	24
2.1 Rozbor normy ČSN EN ISO 9001 .....	24
2.1.1 Úvod k normě ČSN EN ISO 9001 .....	24
2.1.2 Postup pro realizaci produktu.....	24
2.1.3 Monitorovací a měřicí zařízení.....	25
2.2 Systém managementu měření.....	25
2.3 Metrologická confirmace .....	25
2.4 Kalibrace .....	25
2.5 Metrologické ověřování, rozhodování a opatření.....	26
2.6 Identifikace.....	26
3 Metrologická confirmace pro Marsurf PS1.....	28

3.1	Kalibrační postup .....	28
3.2	Kalibrační list .....	28
3.3	Identifikace kalibrace .....	28
3.4	Metrologické požadavky .....	28
3.5	Průběh ověření požadavků .....	29
	Závěr .....	30
	Seznam použité literatury .....	31
	Seznam použitých zkratk.....	33
	Seznam příloh.....	34



## Úvod

Na povrchy výrobků jsou kladena určité požadavky drsnosti, na základě funkčnosti daných ploch. Během výrobního procesu působí na plochy různé vlivy. Například dochází k plastické deformaci díky mechanickému a tepelnému působení, mění se tvrdost povrchové vrstvy a tím dochází ke vzniku makro - a mikrotrhlin na povrchu, apod.

Drsnost má významný vliv na životnost a spolehlivost provozu součástí, jako je například přesnost chodu strojní součásti, jejich hlučnost, ztráty třením, přestup tepla, nebo odolnost proti opotřebením. Proto je výhodné drsnost povrchu funkčních ploch sledovat a vyhodnocovat naměřené parametry. Provádí se kontroly povrchu, jejichž cílem je jak vyřazení zmetků, tak především předcházení jejich vzniku. Kontrolují se různé parametry, ze kterých získáme popis geometrických a fyzikálních vlastností daného povrchu.

## Měření drsnosti povrchu

### 1.1 Základní charakteristika

Měření struktury povrchu se řeší redukcí do roviny kolmé k povrchu. Tím je získán profil, ze kterého se získávají všechny základní parametry – jedná se o 2D metody. Dalšími metodami, kterými se mohou získat informace o nerovnosti povrchu, jsou 3D metody. Například bezdotykové hodnocení struktury povrchu.

Mezi nejpožívanější metody měření struktury povrchu patří metoda dotyková. Tato metoda umožňuje získávat hodnoty normalizovaných i nenormalizovaných charakteristik drsnosti povrchu.

### 1.2 Metody měření drsnosti

Kvalitativní hodnocení – je to hodnocení povrchu drsnosti lidskými smysly. Jedná se o porovnávání daného povrchu se vzorovými plochami hmatem, zrakem, příp. pomocí jednoduchých optických pomůcek.[1, str. 141]

Spolehlivost při této metodě je omezena rozlišovací schopností lidských smyslů a fyzikálními vlastnostmi použitých pomůcek – např. mikroskopů. Rozlišovací schopnost při použití světelného mikroskopu je přibližně 1  $\mu\text{m}$ . Hmatem lze u dvou ploch obrobených stejným způsobem rozlišit rozdíl v drsnosti až  $R_a = 0,1\mu\text{m}$ . [1, str. 153]

Nepřímé kvantitativní měření – při tomto způsobu měření se porovnává kontrolovaná plocha se vzorovou (etalonovou) komparačními měřidly. Výsledkem je rozdíl drsností porovnávaných povrchů. Do této skupiny měřidel patří mechanické komparátory - pro určení

parametru Ra, pneumatické komparátory, elektrické komparátory a fotoelektrické komparátory. [1, str. 154, 140]

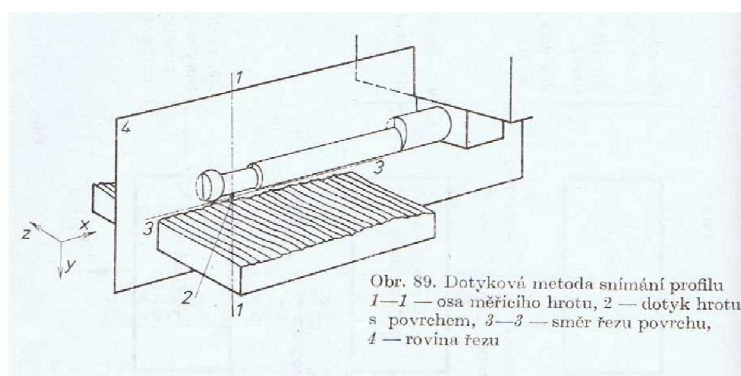
Dotykové profiloměry s postupnou transformací profilu - principem tohoto měření je rovnoměrné posouvání měřicího doteku po kontrolovaném povrchu. Změny výšky měřicího hrotu, které jsou způsobeny nerovnostmi, jsou zaznamenávány v mnohonásobném zvětšení. Zařazují se zde měřidla s mechanickým, mechanicko-optickým a s mechanicko-pneumatickým převodem, dotykové profiloměry s mechanicko-elektrickým převodem, elektromagnetické snímače, elektrodynamické snímače, piezoelektrické snímače, elektroinduktivní snímače a další. [1, str. 157, 140]

Bezdotykové profiloměry – jedná se o fotoelektrické přístroje s laserem, interferenční metodu a jiné optické metody. [1, str. 140]

### 1.3 Dotykové měřicí přístroje

Dotykový měřicí přístroj je dle normy ČSN EN ISO 3274 definován jako přístroj, který zkoumá dané povrchy snímacím hrotem a získává tím úchytky ve formě profilu povrchu, vypočítává parametry a je zároveň schopen tento profil zaznamenat. [6, str. 7]

Mezi důležité části přístroje patří měřicí smyčka. Jedná se o uzavřený řetězec, který zahrnuje všechny mechanické části propojující měřený objekt a snímací hrot. Jsou to prostředek polohování, upínací přípravek, měřicí stojan, posuvová jednotka a snímací hlava. Tato smyčka je vystavena vnějším a vnitřním poruchám. Vliv na tyto poruchy má individuální nastavení měřicího zařízení, měřicí prostředí a uživatel, který přístroj obsluhuje. [6, str. 9]



**Obrázek 1:** Zobrazení dotykové metody snímání profilu [1]

Měřicí hroty: Zda dojde při měření k zachycení celého tvaru nerovností až na dno největších prohlubní, závisí na geometrii hrotu (tj. na poloměru kulového zakončení hrotu a na jeho vrcholovém úhlu). Hrot má být přitlačován k povrchu takovou silou, aby při pohybu snímače byla jeho špička neustále ve styku s měřeným povrchem. [1, str. 168]

Dle normy ČSN EN ISO 3274 je ideálním tvarem pro snímací hrot kužel s kulovou špičkou. Jeho jmenovitý poloměr zaoblení špičky je 2 $\mu$ m, 5 $\mu$ m nebo 10 $\mu$ m a úhel kužele je 60° nebo 90°. [6, str. 10]

## 1.4 Pravidla a postupy pro kontrolu dotykovými přístroji

### 1.4.1 Určení mezní vlnové délky cut-off

Před vlastním měřením je nutné určit mezní vlnovou délku cut-off  $\lambda_C$ . Tato délka je rovna základní délce, která je specifikována na výkrese či výrobní dokumentaci.

Pokud tato délka není specifikována, je nutno ji zvolit dle následujícího postupu měření:

Před vlastním měřením je nutno rozhodnout, zda se jedná o periodický či neperiodický profil.

U neperiodického profilu je nutno odhadnout neznámý parametr profilu drsnosti (tj.  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_zI_{max}$ ,  $RS_m$ ) a to libovolným způsobem, např.: vizuální kontrola, srovnání pomocí srovnávacích vzorků, apod. Dle tabulek 1, 2, 3 se odhadne základní délka pro dané odhadnuté parametry.

Na měřícím přístroji nastavíme odhadnutou základní délku a provedeme reprezentativní měření parametrů  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_zI_{max}$ ,  $RS_m$ . Získané hodnoty se porovnají s rozsahem hodnot pro danou základní délku dle tabulek. Pokud hodnoty neodpovídají rozsahu, provede se změna nastavení základní délky; a to na kratší, případně větší délku. Získané hodnoty se opět porovnají s rozsahem hodnot v tabulkách.

Následně se provede další měření pro jednu kratší základní délku, není-li toto nastavení provedeno již v předchozím měření. Opět se provede porovnání s hodnotami v tabulkách.

Jestliže pouze první naměřené hodnoty vyhovují tabulkovým hodnotám, je daná základní délka považována za správnou. Pokud vyhovují hodnoty naměřené s kratší mezní vlnovou délkou (tj. druhé měření) je tato brána za správnou.

Takto získaná mezní vlnová délka je použita pro měření požadovaných parametrů.

Pro periodický profil drsnosti se základní délka získává následujícím postupem:

U povrchu drsnosti odhadneme graficky parametr  $RS_m$ . Dle tabulky 3 určíme pro takto odhadnutý parametr mezní vlnovou délku cut-off. Ve sporných případech je možno provést měření se získanou základní délkou a následně porovnání dle tabulky 3. Pokud naměřená

hodnota není v souladu s rozsahem parametru dle tabulky 3, použije se pro měření žádaných parametrů menší nebo větší hodnota mezní vlnové délky. [5, str. 9, 10]

$R_a$ $\mu\text{m}$	Základní délka drsnosti $l_r$ mm	Vyhodnocovaná délka drsnosti $l_n$ mm
$(0,006) < R_a \leq 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < R_a \leq 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < R_a \leq 2$	0,8	4
$2 < R_a \leq 10$	2,5	12,5
$10 < R_a \leq 80$	8	40

**Tabulka 1:** Základní délky pro měření drsnosti  $R_a$ ,  $R_q$ ,  $R_{sk}$ ,  $R_{ku}$ ,  $R_{\Delta q}$  a křivek a odpovídající parametry pro neperiodické profily [5, str. 10]

$Rz^{1)}$ $Rz1max.^{2)}$ $\mu\text{m}$	Základní délka drsnosti $l_r$ mm	Vyhodnocovaná délka drsnosti $l_n$ 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  $Rt$   
<sup>2)</sup>  $Rz1max.$  je použito jen při měření  $Rz1max.$ ,  $Rv1max.$ ,  $Rp1max.$  a  $Rc1max.$

**Tabulka 2:** Základní délky drsnosti pro měření  $Rz$ ,  $Rv$ ,  $Rp$ ,  $Rc$  a  $Rt$  neperiodických profilů [5, str. 11]

$RSm$ $\mu\text{mm}$	Základní délka drsnosti $l_r$ mm	Vyhodnocovaná délka 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
$0,4 < RSm \leq 1,3$	2,5	12,5
$1,3 < RSm \leq 4$	8	40

**Tabulka 3:** Základní délky drsnosti pro měření  $R$ -parametrů periodických profilů s  $RSm$  periodických a neperiodických profilů [5, str. 11]

### 1.4.2 *Hodnocení parametrů*

Při kontrole struktury povrchu, nesmí být uvažovány vady povrchu, tj. rýhy, póry.

Pro rozhodnutí, zda je povrch obrobku ve shodě se specifikací, či ne, je použit soubor jednotlivých hodnot parametru struktury povrchu, z nichž každý je určen na vyhodnocované délce.

Spolehlivost rozhodnutí, závisí na počtu základních délek ve vyhodnocované délce, na které byly jednotlivé hodnoty parametru struktury povrchu získány a na počtu měření povrchu. Nejčastěji se volí počet základních délek 5. [5, str. 9]

## 1.5 Termíny a definice

### 1.5.1 *Drsnost*

Drsnost je soubor nerovností povrchu s relativně malou vzdáleností, které vznikají při výrobě, nepočítají se do ní vady povrchu.

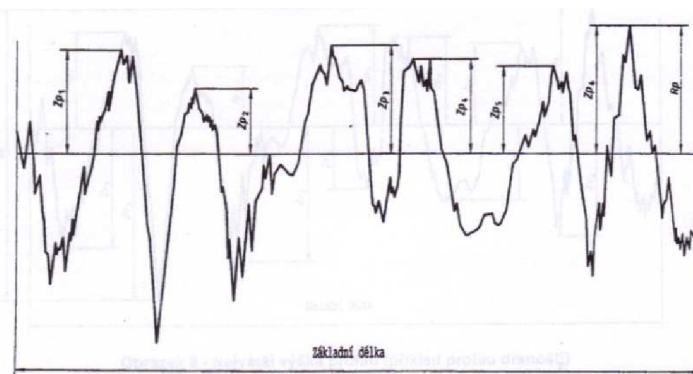
### 1.5.2 *Termíny dle normy ČSN EN ISO 4287*

K hodnocení struktury povrchu se používají normalizované parametry, které jsou stanoveny pro dvourozměrné metody měření. Tyto parametry jsou dle normy ČSN EN ISO 4287 rozděleny do tří skupin. Jsou to

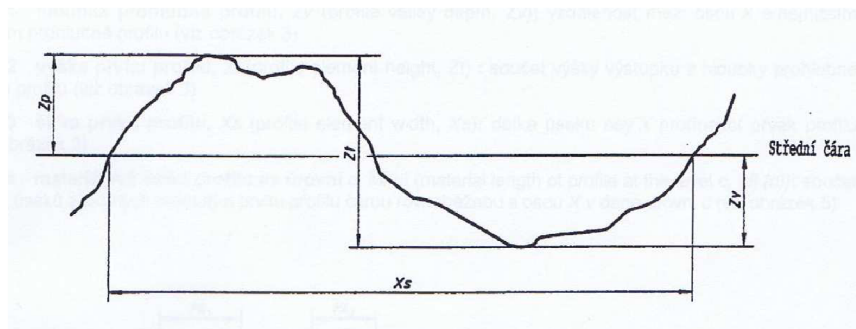
- *P-parametry* – jsou parametry, které se vypočítají ze základního profilu
- *R-parametry* – jsou parametry drsnosti, které se vypočítají z profilu drsnosti
- *W-parametry* – jsou parametry vlnitosti, které se vypočítají z profilu vlnitosti

### 1.5.3 *R-parametry*

Největší výška výstupku profilu  $R_p$  – je největší výška výstupků profilu  $Z_p$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Kde  $Z_p$  je definována jako vzdálenost mezi střední čarou a nejvyšším bodem výstupku profilu a je zobrazena na obrázku 2. [4, str. 10, 11]

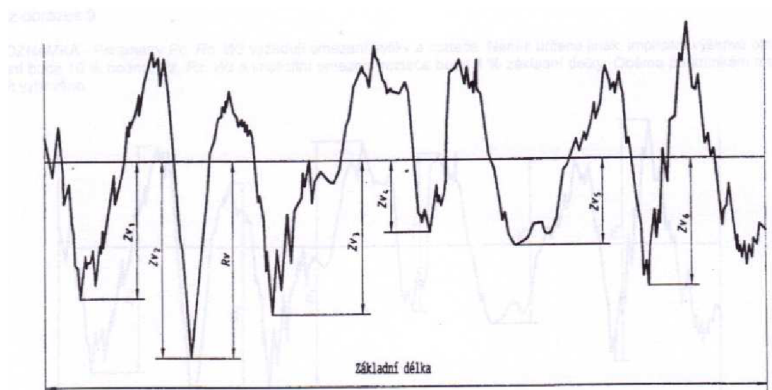


**Obrázek 2** Zobrazení nejvyšší výšky výstupků profilu drsnosti  $R_p$  [4, str. 11]



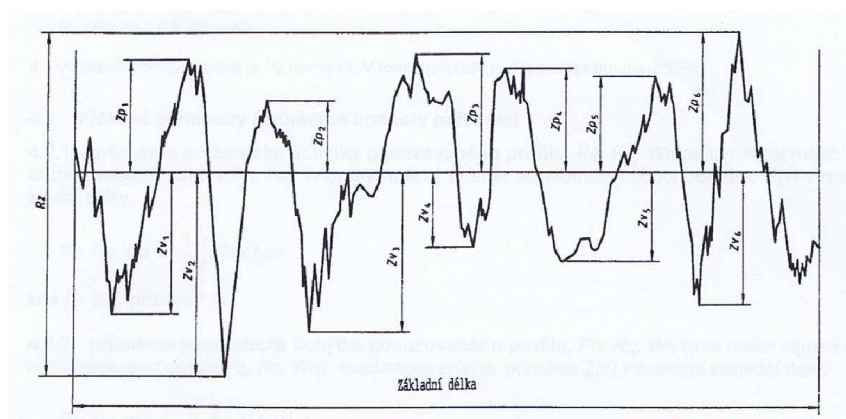
**Obrázek 3** Zobrazení prvku profilu [4, str. 9]

Největší hloubka prohlubně profilu  $R_v$  – je délka  $Z_v$  nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky  $l_r$ . Kde  $Z_v$  je definována jako vzdálenost mezi střední čarou a nejnižším bodem prohlubně profilu a je zobrazena na obrázku 4. [4, str. 10,11]



**Obrázek 4** Zobrazení největší prohlubně profilu drsnosti [4, str. 11]

Největší výška profilu  $R_z$  – je součet nejvyššího výstupku  $Z_p$  a nejnižší prohlubně profilu  $Z_v$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . [4, str. 12]

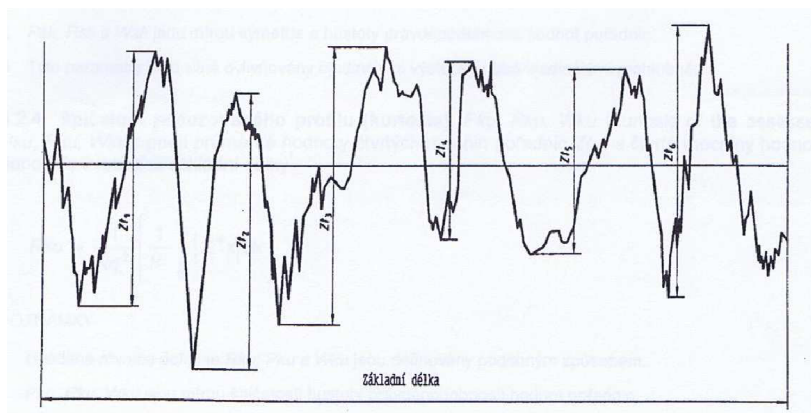


**Obrázek 5** Zobrazení největší výšky profilu drsnosti [4, str. 11]

Průměrná výška prvků profilu  $R_c$  – je průměrná hodnota výšek  $Z_t$  prvků profilu v rozsahu základní délky. Její hodnota je dána rovnicí (1) a výška prvku profilu  $Z_t$  je

definována jako součet výšky výstupku a hloubky prohlubně prvku profilu a je zobrazena na obrázku 3. [4, str. 10, 12]

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



**Obrázek 6** Zobrazení výšek prvků profilu v rozsahu základní délky [4, str. 12]

Celková výška profilu  $R_t$  – je součet nejvyššího výstupku profilu  $Z_p$  a nejnižší prohlubně profilu  $Z_v$  v rozsahu vyhodnocované délky  $l_n$ . [4, str. 13]

Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu  $R_a$  – je aritmetický průměr absolutních hodnot všech pořadic  $Z(x)$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Úchylka se vypočítá dle rovnice (2). [4, str. 13]

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \quad (2)$$

Geometricky se parametr  $R_a$  dá vyjádřit jako výška obdélníku sestaveného na střední čáře, který má stejnou plochu jako nerovnosti profilu od střední čáry.

$R_a$  je výškový parametr, který udává střední hodnotu vzdáleností zkoumaného povrchu od střední čáry daného profilu. Jedná se pouze o statistickou hodnotu, a proto nemusí být vždy efektivní při hodnocení drsnosti povrchu. Například dva povrchy se stejnou hodnotou  $R_a$ , mohou mít zcela odlišný tvar profilu povrchu a také mohou mít rozdílné chování z hlediska funkčnosti, případně životnosti součásti. Je to způsobeno tím, že dle definice se při stanovení parametru  $R_a$  nerozlišuje mezi výstupky a prohlubněmi.

Přesto je tento parametr jedním z nejpoužívanějších pro hodnocení drsnosti povrchu. Jeho měření je poměrně snadné a získané hodnoty vykazují značnou přesnost při opakovaném měření. [1, str. 71,72,73]

Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu  $R_q$  – je kvadratický průměr pořadic  $Z(x)$  v rozsahu základní délky  $l_r$  dle rovnice (3). [4, str. 13]

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z^2(x)| dx} \quad (3)$$

Šikmost posuzovaného profilu  $R_{sk}$  – je podíl průměrné hodnoty třetích mocnin pořadic  $Z(x)$  a třetí mocniny průměrné kvadratické úchyly profilu  $R_q$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Je dána rovnicí (4). [4, str. 13]

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[ \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z^3(x)| dx \right] \quad (4)$$

Špičatost posuzovaného povrchu  $R_{ku}$  – je podíl průměrné hodnoty čtvrtých mocnin pořadic  $Z(x)$  a čtvrté mocniny průměrné kvadratické úchyly profilu  $R_q$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Špičatost je dána rovnicí (5). [4, str. 13]

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \left[ \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z^4(x)| dx \right] \quad (5)$$

Průměrná šířka prvků profilů  $R_{Sm}$  – je aritmetický průměr šířek  $X_s$  prvků profilu v rozsahu základní délky  $l_r$ . Průměrná šířka je dána rovnicí (6), kde šířky prvků  $X_s$  posuzovaného profilu jsou délky úseků osy  $X$  protínající prvek profilu (viz obr. 3). [4, str. 10,14]

$$R_{Sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{Si} \quad (6)$$

Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu  $R_{\Delta q}$  – jedná se o tvarový parametr, který je definován jako kvadratický průměr sklonu pořadic  $dZ/dx$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . [4, str. 14]

Materiálový poměr profilu (neboli nosný podíl)  $R_{mr}(c)$  – je poměr materiálové délky profilu  $MI(c)$  na dané úrovni  $c$ , ku vyhodnocované délce  $l_n$ . Tento poměr je dán rovnicí (7), kde  $MI(c)$  je definován jako součet délek úseků, které jsou získány protnutím prvků profilu rovnoběžkou s osou  $X$  na dané úrovni  $c$ . [4, str. 14]

$$R_{mr}(c) = \frac{MI(c)}{l_n} \quad (7)$$

Rozdíl výšky úseku profilu  $R_{\delta c}$  – jedná se o svislou vzdálenost mezi úrovněmi dvou úseků daného materiálového poměru. Její hodnota je dána rovnicí (8), kde platí, že  $R_{mr1} < R_{mr2}$ . [4, str. 15]

$$R_{\delta c} = C(R_{mr1}) - C(R_{mr2}) \quad (8)$$

Výška nerovnosti z deseti bodů  $R_z$  – je střední hodnota z absolutních hodnot výšek pěti nejvyšších výstupků profilu a hloubek pěti nejnižších prohlubní profilu v rozsahu základní délky  $l_r$ . Parametr  $R_z$  se získá z rovnice (9). [1, str. 73]

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{5} \quad (9)$$

Kde parametr  $y_{pmi}$  je výška  $i$ -tého nejvyššího výstupku daného profilu a  $y_{vmi}$  je hloubka  $i$ -té nejnižší prohlubně daného profilu. [1, str. 74]



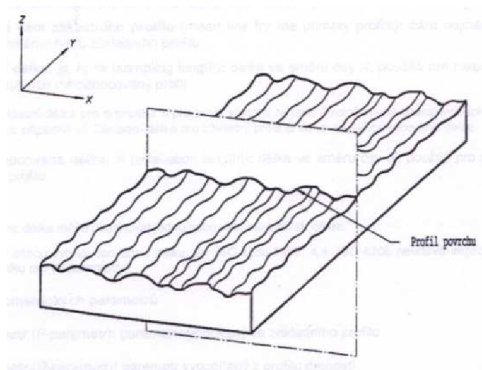
Výška nerovnosti z deseti bodů  $Rz$  je parametr, který již není uveden v normách, ale stále se používá k vyhodnocování drsnosti povrchu. Ekvivalent k parametru  $y_{pmi}$  dle normy ČSN EN ISO 4287 je parametr  $Zp$  a parametr  $y_{vmi}$  je v této normě pak označením  $Zv$ .

#### 1.5.4 Další termíny dle normy ČSN EN ISO 4287

Filtr profilu - rozděluje složky povrchu na dlouhovlnné a krátkovlnné složky. Rozlišujeme několik filtrů, pro určení drsnosti povrchu je důležitý filtr  $\lambda_C$  - tj. filtr definující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti. [4, str. 6]

Skutečný profil - je povrch omezující těleso a oddělující ho od okolního prostředí. [4, str. 7]

Profil povrchu - je profil vzniklý jako průsečnice skutečného povrchu a dané roviny (volí se rovina kolmá k rovině rovnoběžné se skutečným povrchem – viz obr. 7). [4, str. 7]



**Obrázek 7** Zobrazení profilu povrchu [4, str. 7]

Profil drsnosti - profil odvozený ze základního profilu potlačením dlouhovlnných složek použitím filtru profilu  $\lambda_C$ . Tento profil je základem pro hodnocení parametrů drsnosti. [4, str. 8]

Základní délka - pro drsnost označovaná  $l_r$ , je délka ve směru osy  $X$ , která se používá pro rozpoznání nerovností charakterizujících vyhodnocovaný profil, a je rovna charakteristické vlnové délce profilového filtru  $\lambda_C$ . [4, str. 8]

Vyhodnocovaná délka – označovaná  $l_n$ , je délka ve směru osy  $X$ , která se používá pro posouzení vyhodnocovaného profilu. [4, str. 8]

Hodnota pořadnice  $Z(x)$  – výška posuzovaného profilu v libovolné poloze  $x$ .

Prvek profilu - jedná se o výstupek profilu a přilehlou prohlubeň. [4, str. 8 - 10]

### 1.5.5 Etalony

Etalon je definován jako ztělesněná míra, měřicí přístroj, měřidlo, referenční materiál či měřicí systém. Etalony jsou určeny k definování, realizaci, uchování či reprodukci jednotky nebo jedné či více hodnot určité veličiny, která má sloužit jako reference. [13, str. 14]

Rozdělení:

- Mezinárodní - Etalon uznaný mezinárodní dohodou k tomu, aby sloužil v mezinárodním rozsahu, jako základ pro stanovení hodnot jiných etalonů dané veličiny.
- Státní (= národní) - Etalon uznaný národním rozhodnutím k tomu, aby sloužil v dané zemi jako základ pro stanovení hodnot jiných etalonů dané veličiny.
- Primární - Etalon, který je určen, nebo všeobecně považován za etalon s nejvyššími metrologickými vlastnostmi a jehož hodnota je uznávána bez navázání na jiné etalony téže veličiny.
- Sekundární - Etalon, jehož hodnota je stanovena na základě porovnání s primárním etalonem téže veličiny.
- Referenční - Všeobecně etalon nejvyšší metrologické kvality, který je dostupný na daném místě nebo v dané organizaci a z něhož jsou odvozena měření prováděná na daném místě.
- Skupinový - Soubor podobných ztělesněných měř nebo měřidel, který při jejich společném použití tvoří jeden etalon, se nazývá skupinový etalon.
- Porovnávací - Etalon používaný jako prostředek k porovnávání etalonů. [13]

## 1.6 Přístroje pro měření drsnosti

### 1.6.1 Drsnoměr Mitutoyo SJ400



**Obrázek 8** Přístroj SJ400 [10]

Drsnoměr SJ400 je drsnoměr s dotykovým obslužným panelem (viz obr. 8). Přístroj je kompatibilní s mezinárodními standardy ISO, DIN, ASME a JIS. Jeho výhodou je, že umožňuje různé typy měření. Jako je měření hlubokých drážek, měření s dotykem směřujícím vzhůru, měření válce s opěrkou, měření drsnosti povrchu válců – příčně k ose válce, nebo měření s měřicím stojanem a nivelačním stolem. [10]

Přístroj je vybaven funkcí automatické kalibrace. Dle norem ISO, DIN, JIS a ASME přístroj měří 35 různých parametrů drsnosti. Vyhodnocovaná délka přístroje je od 0,3 mm po jeho maximální rozsah.[12]

### 1.6.2 Drsnoměr Mitutoyo SJ 201P

Jedná se o přenosný přístroj pro měření drsnosti povrchu pro normované parametry a jejich snadné vyhodnocování. Vhodný spíše pro použití ve výrobním prostředí. Drsnoměr



**Obrázek 9** Přístroj SJ 201P [10]

měří dle norem ISO, JIS, ASME, VDA, DIN a MOTIF. Drsnoměr je vybaven automatickou, dynamickou kalibrační funkcí.

Dle specifikace je, jak maximální posuv 17,5 mm tak i rozsah snímače, tj. 350  $\mu\text{m}$  stejný jako u drsnoměru MarSurf PS1. Snímací hrot je tvořen z diamantu a jeho poloměr je 2  $\mu\text{m}$ . Měřicí síla hrotu je 0,75 mN. [10, 12]

### 1.6.3 GARANT H1SET

Jedná se o pohotový kompaktní drsnoměr pro rychlá, přesná a normovaná měření drsnosti. Lze jej používat jak přenosně ve výrobě, tak i nepřenosně na měřicím pracovišti. Profilový filtr dle DIN, ISO, JIS; dle těchto norem přístroj měří parametry  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ .



Obrázek 10 Příklad přístroje GARANT H1SE [10]

Přístroj se vyznačuje automatickou funkcí rozpoznání profilu, nastavení filtru a měřicích tras. Dále má automatickou dynamickou kalibrační funkci.

Snímací hrot je s rámcem 2  $\mu\text{m}$ ; měřicí síla je 0,7 mN. [10]

### 1.6.4 Handysurf E-35A

Drsnoměr firmy Carl Zeiss se vyznačuje automatickým normalizovaným nastavením



Obrázek 11 Příklad přístroje Handysurf E-35 [11]

jak měřicího rozsahu, vyhodnocované délky, tak i hodnoty cut off optimalizované pro daný měřený povrch. U přístroje je možno využít nastavení norem: ISO, DIN, CNOMO, JIS a ASME. Handysurf E-35A je schopen měřit povrch horizontálně, vertikálně a zespodu. Pro

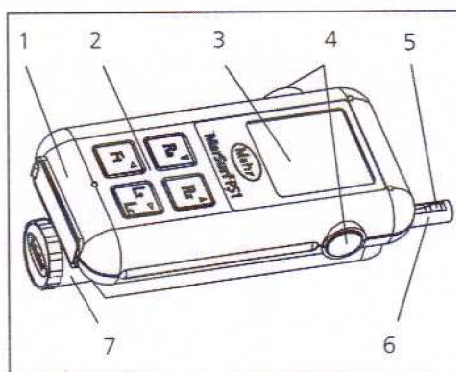
flexibilnější použití je rovněž možné oddělit posuvovou jednotku od zobrazovací jednotky a použít doplňkové přidržovací přípravky.

Parametry měřené přístrojem:  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{Sm}$ ,  $R_q$ ,  $R_p$ ,  $R_t$ ,  $P_c$ ,  $P_t$ ,  $R_{mr}$ ,  $PK$ ,  $R_{pk}$ ,  $R_{vk}$ ,  $Mr1$ ,  $Mr2$ ,  $K$ ,  $R_{zmax}$ .

U přístroje je maximální dráha posuvu 12,5 mm a vyhodnocovaná délka je od 0,4 do 12,5 v krocích po 0,1 mm. Pro parametry snímače platí, že velikost měřicí síly je 4 mN a materiálem snímacího hrotu je diamant s rámusem 5  $\mu\text{m}$ . [11]

### 1.6.5 MarSurf PS1

Jedná se o drsnoměr pro měření profilovou (dotykovou) metodou. Přístroj se skládá z krytu přístroje (1, Obr 12), pole tlačítek (2, Obr 12) – tlačítka pro zobrazování vybraných měřených parametrů a tlačítka pro snímané délky, displeje přístroje (3, Obr 12), tlačítka pro zapnutí přístroje (4, Obr 12), snímače (5, Obr 12), ochrany snímače (6, Obr 12) a posuvové jednotky (7, Obr 12).



**Obrázek 12** Zobrazení přístroje MarSurf PS1 [9]

Podmínky provozu přístroje jsou teploty při skladování a při přepravě v rozmezí -10 °C až +40 °C; pracovní teplota má být v rozmezí +5 °C až +40 °C; relativní vlhkost vzduchu má být nekondenzující a s maximální hodnotou 85 %.

Měřicí rozsah přístroje je 350  $\mu\text{m}$ , v hodnotách od -200  $\mu\text{m}$  až do +150  $\mu\text{m}$ . Maximální délka snímané dráhy je 17,5 mm. Přístroj měří jak v metrické soustavě, tak v palcové soustavě. Snímač přístroje je indukční patkový a jeho hrot má velikost 2  $\mu\text{m}$ .

U přístroje je možno využít funkce automatického nastavení. To znamená, že je přístroj schopen rozpoznat, zda se jedná o periodický či neperiodický profil, dále je schopen automaticky nastavit potřebnou délku cut off a příslušnou snímanou délku dle normy ČSN EN ISO 4288.



**Obrázek 13:** Příklad přístroje MarSurf PS1

Přístroj Marsurf měří parametry dle norem ISO - jedná se o zkratku názvu International Organization for Standardization, tj. česky Mezinárodní organizace pro normalizaci, která je celosvětovou federací národních normalizačních orgánů.

Dále lze na přístroji měřit dle japonských norem JIS, amerických norem ANSI/ASME pro vyhodnocování *R*-profilu a dle metody MOTIF pro vyhodnocování *P*-profilu. Jedná se například o parametry: *Ra*, *Rq*, *Rz*, *Rmax*, *Rp* a další (viz tabulka č.4). Celkem je možno naměřit přístrojem až 24 různých parametrů.

Přístroj umožňuje nastavení horní a dolní meze tolerance pro měřené parametry a překročení těchto mezí je následně zaznamenáno do výstupního protokolu. [9]

### 1.7 Srovnání přístrojů

Všechny výše uvedené přístroje jsou přenosnými drsnoměry, kdy jako nejméně vhodný se jeví přístroj GARANT H1SET se svou váhou cca 900 g oproti váze cca 450g přístroje MarSurf PS1. Přístroje společností Mahr, Mitutoyo a Carl Zeiss mají velký rozsah měřených parametrů oproti přístroji GARANT H1SET, který měří pouze *Ra*, *Rz*, *Rmax*; GARANT H1SET také jako jediný není schopen měřit parametry dle americké normy ASME. Všechny přístroje jsou vybaveny automatickou dynamickou kalibrací. MarSurf PS1 má navíc integrovaný etalon drsnosti, automatický výběr vlnové délky cut off. Celkově se jeví jako jednoduchý na obsluhu a je vhodný jak do laboratorních podmínek, tak pro provozní použití.

výstup	parametr	význam parametru	norma
Ra	Ra	průměrná aritmetická úchylka profilu drsnosti	ČSN EN ISO 4287
RQ	Rq	průměrná kvadratická úchylka profilu drsnosti	ČSN EN ISO 4287
Rz	Rz	největší výška profilu	ČSN EN ISO 4287
RT	Rt	celková výška profilu	ČSN EN ISO 4287
Rmr	Rmr	vzájemný materialový poměr	ČSN EN ISO 4287
CR	R $\delta$ c	rozdíl výšky úseku profilu	ČSN EN ISO 4287
CF	R $\delta$ c	rozdíl výšky úseku profilu	ČSN EN ISO 4287
CL	R $\delta$ c	rozdíl výšky úseku profilu	ČSN EN ISO 4287
RSm	RSM	průměrná šířka prvků profilu	ČSN EN ISO 4287
RMAX	Rmax	maximální hloubka drsnosti	DIN 4768
RPK	Rpk	redukovaná výška špiček	DIN EN ISO 13565-2
RK	Rk	střední hloubka drsnosti	DIN EN ISO 13565-2
RVK	Rvk	redukovaná délka rýh	DIN EN ISO 13565-2
MR1	Mr1	nejmenší podíl materialu profilu drsnosti	DIN EN ISO 13565-2
MR2	Mr2	největší podíl materialu profilu drsnosti	DIN EN ISO 13565-2
A1	A1	oblast špiček	DIN EN ISO 13565-2
A2	A2	oblast rýh	DIN EN ISO 13565-2
R	R	střední hloubka drsnosti	ISO 12085
AR	Ar	střední šířka drsnosti	ISO 12085
RX	Rx	maximální hloubka nerovností profilu	ISO 12085
RP	Rp	maximální výška špiček profilu	ASME B46
RPM	Rpm	průměrná výška špiček profilu	ASME B46
R3Z	R3z	základní hloubka drsnosti	DB31007
RPC	RPc	počet špiček	EN 10049
S	S	střední vzdálenost špiček profilu	JIS 0601

**Tabulka 4:** Parametry měřené přístrojem PS MarSurf [9]

# Metrologická konfirmace a měření

## 1.8 Rozbor normy ČSN EN ISO 9001

### 1.8.1 Úvod k normě ČSN EN ISO 9001

Norma se zabývá zavedením systému managementu měření a specifikuje požadavky na tento systém. Aby organizace působila efektivně je nutno stanovit několik procesů, kdy většinou výstup jednoho procesu je vstupem dalšího. Tento systém využívání procesů označujeme jako „procesní přístup“. Procesní přístup umožňuje neustálé řízení a propojení jednotlivých procesů. [8]

### 1.8.2 Postup pro realizaci produktu

Dle normy musí organizace při realizaci služby (produktu) určovat:

- cíle kvality a požadavky na produkt
- potřebu vytvářet procesy a dokumenty a poskytovat zdroje, které jsou specifické pro produkt
- požadované činnosti při ověřování, validaci, monitorování, měření, kontrole a zkoušení, které jsou specifické pro produkt a také kritéria pro přijetí produktu
- záznamy potřebné pro poskytování důkazů, že realizační procesy a výsledný produkt splňují požadavky

Dále organizace musí určit požadavky týkající se služby, tj. požadavky specifikované zákazníkem, požadavky, které zákazník nevedl, ale jsou nezbytné pro specifikované nebo zamýšlené použití, požadavky zákonů a předpisů aplikovatelné na produkt a další doplňující požadavky, které tato organizace považuje za potřebné.

Je nutné, aby organizace poskytovala služby za řízených podmínek. Řízené podmínky mohou dle okolností zahrnovat

- dostupnost informací, které popisují charakteristiky produktu
- dostupnost potřebných pracovních instrukcí
- používání vhodného zařízení
- dostupnost a používání monitorovacího a měřicího zařízení
- implementaci monitorování a měření
- implementaci činností při uvolňování produktu, při jeho dodávání a po jeho dodání.



Dále je žádoucí, aby organizace během realizace produktu (služby), tento produkt sledovala a identifikovala. [8]

### **1.8.3 Monitorovací a měřící zařízení**

Organizace určuje monitorování a měření, které bude prováděno a také monitorovací a měřící zařízení. Dále stanoví procesy, kterými bude zajištěno, že měření a monitorování je prováděno v souladu s požadavky na monitorování a měření.

Pro zajištění platných výsledků musí být měřící zařízení ve specifikovaných intervalech kalibrováno nebo ověřováno dle etalonů v návaznosti na národní nebo mezinárodní etalony, justováno, identifikováno, zabezpečeno, aby chybným seřízením došlo k narušení platnosti výsledku měření, a chráněno, aby nedošlo k jeho poškození v průběhu manipulace, údržby nebo jeho skladování.

Organizace je také povinna vytvářet a udržovat záznamy o výsledcích kalibrace a ověřování. [8]

## **1.9 Systém managementu měření**

Systém managementu měření je souborem vzájemně na sebe působících a souvisejících prvků, které jsou potřeba pro dosažení metrologické confirmace a neustálého řízení procesů měření. Což jsou činnosti, které vedou ke stanovení hodnoty veličiny. [7]

### **1.10 Metrologická confirmace**

Confirmace je soubor činností, které jsou potřeba, aby měřící vybavení bylo v souladu s požadavky pro jeho zamýšlené použití.

Metrologická confirmace v sobě zahrnuje kalibraci a ověřování, případně i seřízení, opravu a rekalibraci (viz obr. 15). Na obrázku je proces metrologické confirmace rozdělena na kalibraci, metrologické ověřování a rozhodování a opatření. [7]

### **1.11 Kalibrace**

Kalibrace je soubor úkonů, které udávají za určitých podmínek závislost mezi hodnotami indikovanými měřicím přístrojem, měřicím systémem nebo hodnotami reprezentovanými mírami nebo referenčním materiálem a mezi příslušnými hodnotami veličiny realizovanými referenčním etanolem. [2, str. 92]

Kalibrace je základním prostředkem při zajištění návaznosti měřidel. *Návaznost* je vlastnost výsledku měření nebo hodnoty etalonu, kterou může být určen vztah k uvedeným referencím zpravidla státním nebo mezinárodním etalonům. Jedná se o nepřerušovaný řetězec porovnání (řetězec návaznosti), jejichž nejistoty jsou známy. [13, str. 12]

Výsledkem kalibrace je kalibrační list. Kalibrační list musí obsahovat název a adresu laboratoře, která kalibraci provádí, informace o zadavateli kalibrace, číselné označení kalibračního listu, datum kalibrace a podpis pracovníka, který kalibraci prováděl. Dále musí obsahovat informace o kalibrovaném přístroji, podmínky kalibrace, měřidla použitá při kalibraci, obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření, výsledky měření a nejistotu měření. [2, str. 93]

### 1.12 Metrologické ověřování, rozhodování a opatření

V další části confirmace, kterou je metrologické ověřování, rozhodování a opatření, je nutno rozhodnout, zda je vybavení (tj. měřidla) v souladu s požadavky na použití. Pokud měřidla nevyhovují požadavkům, zkoumá se, zda je možno provést justování nebo opravu. Jestliže toto možné není, jedná se o neúspěšné ověření. Pokud je oprava možná, provede se. Následné je opět měřidlo kalibrováno; jedná se o tzv. kalibrační smyčku.

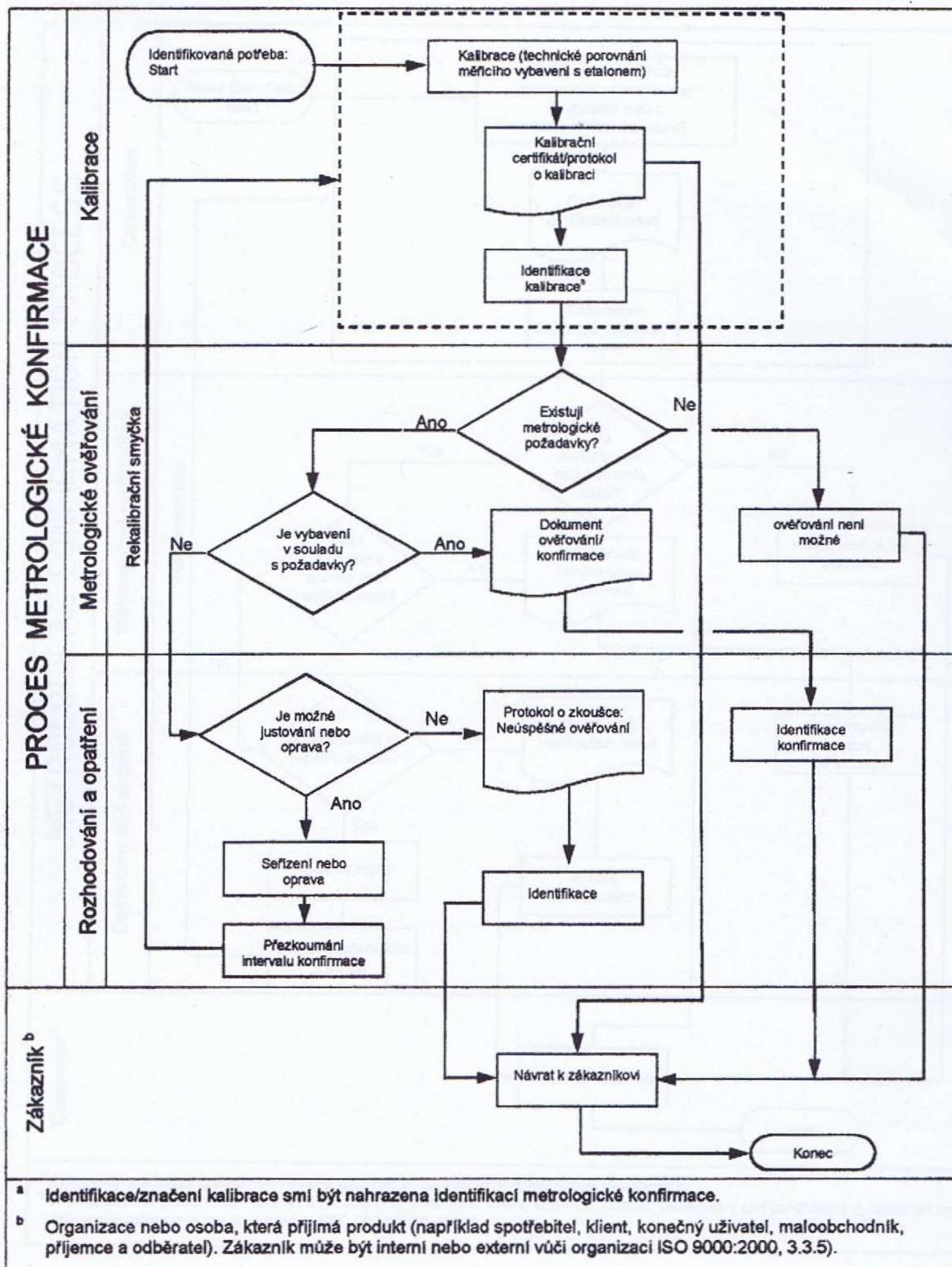
### 1.13 Identifikace

Součástí procesu metrologické confirmace je identifikace. Každé měřidlo a technické postupy, které jsou použity v systému managementu měření, musí být jasně identifikovány. Dále také měřidla, která jsou potvrzena k použití pouze v určitých procesech, musí být identifikována a kontrolována, aby nedošlo k neoprávněnému použití těchto měřidel.[7]

Označení je různé, nejčastěji se používá označení s čísly, kdy je vyraženo datum následující kalibrace (viz obr.).



**Obrázek 14:** Zobrazení označení kalibrovaného měřidla



Obrázek 15: Zobrazení procesu metrologické konfirmace měřidla [7]

# Metrologická konfirmace pro Marsurf PS1

## 1.14 Kalibrační postup

Kalibraci přístroje provádíme v pravidelných intervalech. Kalibrace je prováděna jednou ročně. Dle využívání přístroje je možné tento interval změnit.

Kalibraci přístroje provádí laboratoř pomocí normálu drsnosti, který je řádně označen a je zaručena návaznost.

Před vlastním měřením je nutno nastavit normu (tzn. ISO, DIN, ASME, případně normu JIS), dle které se provádí dané měření. V tomto konkrétním případě měříme dle norem ISO. Dále se nastavují podmínky měření, tj. snímaná délka, která se skládá z dráhy rozběhu, pěti základních délek  $l_r$  a dráhy doběhu; délku cutoff, která se nastavuje dle normy ČSN EN ISO 4288 u periodických profilů z hodnoty parametru  $RSm$  a u neperiodických profilů dle parametrů  $Ra$  případně  $Rz$ .

Vlastní měření se provádí kolmo na stopy po obrábění měřeného objektu. Pokud nejsou stopy po obrábění patrné, musí uživatel provést měření, při kterém zjistí směr stop, tzn. provede dvě měření posunutá o úhel  $90^\circ$ , případně tři měření posunutá o  $60^\circ$ . [návod]

Provede se vlastní měření etalonové destičky. Výsledky měření jsou zaznamenány spolu s nejistotou měření v kalibračním protokolu, tj. kalibračním listu.

## 1.15 Kalibrační list

Kalibrační list musí obsahovat všechny důležité informace (viz výše odst. 2.4). Návrh kalibračního listu pro laboratoř viz příloha číslo 1.

## 1.16 Identifikace kalibrace

Jedná se o označení kalibrace. Přístroj musí mít kalibrační list, který organizace uchovává a musí být označen štítkem. Štítky musí obsahovat datum platnosti kalibrace, dále mohou obsahovat název laboratoře, která kalibraci prováděla.

## 1.17 Metrologické požadavky

Požadavky jsou stanoveny dle přání zákazníka, případně dle zákonem stanovené normy. Drsnoměr MarSurf PS1 je využíván kalibrační laboratoří TM Technik pro kalibraci destiček (etalonů drsnosti). Jeho technické parametry musí být ve shodě s tímto zamýšleným použitím.

Technické parametry přístroje MarSurf PS1:

- Měřicí rozsah přístroje je  $350\ \mu\text{m}$ ,  $180\ \mu\text{m}$  nebo  $90\ \mu\text{m}$
- Rozlišení měřicího přístroje je  $0,032\ \mu\text{m}$ ,  $0,016\ \mu\text{m}$  nebo  $0,008\ \mu\text{m}$
- Snímač je indukční patkový se snímacím hrotem  $2\ \mu\text{m}$ , měřicí síla snímače je  $0.7\ \text{mN}$

- Snímaná délka je 1,75 mm; 5,6 mm nebo 17,5 mm
- Délka cut off lze 0,25 mm, 0,8 m nebo 2,5 mm

### **1.18 Průběh ověření požadavků**

V tomto bodě je nutné provést ověření a rozhodnout, zda přístroj je ve shodě s danými metrologickými požadavky. Pokud je ověření kladné je možno vydat identifikaci konfirmace zákazníkovi. Jedná se o kalibrační list a označení přístroje identifikačním štítkem (viz bod identifikace kalibrace).

## **Závěr**

Cílem práce bylo navržení metrologické confirmace pro měřidlo MarSurf PS1. V první části se jedná o rozbor metod pro měření drsnosti povrchu, se zaměřením na dotykové měřicí přístroje. Jsou uvedena pravidla a postupy pro hodnocení struktury povrchu ve vztahu k normě ČSN EN ISO 4288. Práce se dále zabývá parametry drsnosti, které dotykové přístroje měří. Jedná se o tzv. R-parametry, kdy tyto parametry jsou definovány normou ČSN EN ISO 4287.

Dále se práce zabývá rozbohem požadavků normy ČSN EN ISO 9001 a ČSN EN ISO 10012. Nejdůležitějším prvkem je nutnost stanovit postup realizace produktu, kdy organizace musí vzít v úvahu požadavky zákazníka a zákonné požadavky na produkt. Postup je nutno validovat, monitorovat a vést záznamy o něm záznamy.

V poslední části je návrh konfirmačního postupu pro měřidla MarSurf PS1 s souladu s normou ČSN EN ISO 10012.

## Seznam použité literatury

- [1] BUMBÁLEK, Bohumil; ODVODY, Vladimír; OŠŤÁDAL, Bohuslav. *Drsnost povrchu*. Praha : SNTL -Nakladatelství technické literatury, 1989. 338 s.
- [2] BUMBÁLEK, Leoš a kol. *Kontrola a měření*. Praha : Informatorium, 2009. 206 s.
- [3] ČSN EN ISO 3274:1999. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda – Jmenovité charakteristiky dotykových (hrotových) přístrojů. ČNI, Praha, 1999.
- [4] ČSN EN ISO 4287:1999. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu. ÚNMZ, Praha, 1999.
- [5] ČSN EN ISO 4288:1999. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu. ÚNMZ, Praha, 1999.
- [6] ČSN EN ISO 3274:1999. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda – Jmenovité charakteristiky dotykových (hrotových) přístrojů. ÚNMZ, Praha, 1999.
- [7] ČSN EN ISO 10012: 2003. Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. ÚNMZ, Praha, 2003.
- [8] ČSN EN ISO 9001: 2008. Systémy managementu kvality – Požadavky. ÚNMZ, Praha, 2010
- [9] *Návod k obsluze MarSurf PSI*. Göttingen : Mahr GmbH, 2005. 57 s.
- [10] <http://www.mbcaltibr.cz/> [online]. 2006-2010 [cit. 2011-05-04]. MB Calibr s.r.o. Dostupné z WWW:  
<<http://www.mbcaltibr.cz/prodej/produkt/3062-drsnomer-sj401/>>.  
<<http://www.mbcaltibr.cz/prodej/produkt/3059-garant-drsnomer/>>  
<<http://www.mbcaltibr.cz/prodej/produkt/3058-drsnomer-sj-201p/>>

[11] <http://www.instrumenty-pomiarowe.pl/> [online]. 2002 [cit. 2011-05-05]. PRIMA BILAVČÍK s.r.o. Dostupné z WWW: <[http://www.instrumenty-pomiarowe.pl/userfiles/26.11.2005\\_14-15-47/handysurf.pdf](http://www.instrumenty-pomiarowe.pl/userfiles/26.11.2005_14-15-47/handysurf.pdf)>

[12] <http://www.mitutoyo-czech.cz> [online]. 2003 - 2009 [cit. 2011-05-15]. MITUTOYO Česko s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.mitutoyo-czech.cz/cz/pdf/SJ%20400-CZ.pdf>>. <[http://www.mitutoyo-czech.cz/cz/pdf/vytah\\_z\\_katalogu\\_sj\\_210.pdf](http://www.mitutoyo-czech.cz/cz/pdf/vytah_z_katalogu_sj_210.pdf)>

[13] <http://www.cmi.cz/> [online]. 2002-2011 [cit. 2011-05-17]. Český metrologický institut. Dostupné z WWW: <<http://www.cmi.cz/index.php?dwn=1&par=4755&wdc=194>>



## Seznam použitých zkratek

Lr	Základní délka	[mm]
Ln	Vyhodnocovaná délka	[mm]
Lt	Délka posuvu	[mm]
Ml(c)	Poměr materiálové délky profilu	[-]
Rp	Největší výška výstupku profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rv	Největší výška prohlubně profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rz	Největší výška profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rc	Průměrná výška prvků profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rt	Celková výška profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rq	Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rku	Špičatost posuzovaného profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rsm	Průměrná šířka prvků profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rmr(c)	Materiálový poměr profilu	[%]
Rz1max	Maximální výška výstpek-prohlubeň	[ $\mu\text{m}$ ]
Rpc	Počet výstupků	[-]
R $\Delta$ q	Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
R $\delta$ c	Rozdíl výšky úseku profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Zp	výška výstupků profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Zv	délka prohlubně profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Zt	průměrná hodnota výšek prvků profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
$\Lambda$ c	Filtr určující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti	[ $\mu\text{m}$ ]

## **Seznam příloh**

1. Kalibrační list

# *Název laboratoře*

*Adresa laboratoře:*

.....

.....

Telefon: .....

---

## **KALIBRAČNÍ LIST**

Číslo:.....

.....

Datum vystavení: .....

*Odpovědný pracovník;*

List 1 z 2

---

**Zadavatel:** .....

.....

.....

**Měřidlo:** .....

**Výrobce měřidla:** .....

**Typ měřidla:** .....

**Identifikační číslo měřidla:** .....

**Použitý etalon:** .....

**Výrobce etalonu:** .....

**Identifikační číslo etalobu:** .....

**Platnost kalibrace etalonu:.....**

**Číslo kalibračního listu etalonu: .....**

**Kalibrační metoda: .....**

**Podmínky měření:**

**Teplota vzduchu v laboratoři: ..... °C**

**Relativní vlhkost prostředí: ..... %**

**Výsledky měření:**

Charakteristika	Jmenovitá hodnota [ $\mu\text{m}$ ]	Aritmetický průměr naměřené hodnoty [ $\mu\text{m}$ ]	Nejistota měření [ $\mu\text{m}$ ]

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k = 2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Standardní nejistoty byly určeny v souladu s dokumentem EA 02.

.....  
*Datum kalibrace*

.....  
*Kalibraci provedl*