

ROUGHNESS MEASUREMENT WITH LASER PROFILOMETRY

Radoslav Mach

Master Electrical, Electronic, Communication and Control Technology (4), FEEC VUT

E-mail: xmachr00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Marie Sedlaříková

E-mail: sedlara@feec.vutbr.cz

Abstract: The project deals with technology of laser profilometry for material roughness measurements purposes. The focus of this work is measuring roughness parameters of materials, such as metal with using of different types of laser emitted light. Results demonstrate correlation between the wavelengths of the used laser lights with measurement accuracy.

Keywords: profilometry, laser, image sensor, material roughness, LPM

1 ÚVOD

V súčasnosti výskum zameraný na meranie a rozpoznávanie trojrozmerného tvaru objektov a povrchov napreduje míľovými krokmi. V mnohých odvetviach a aplikáciách laboratórneho či priemyselného merania je nevyhnutné presne vyhodnotiť aj tie najjemnejšie odchýlky v tvare profilov rôznych povrchov. Využitie moderných prostriedkov pre skúmanie vlastností materiálov môže vnieť nové svetlo do už preskúmaného a otvoriť nové obzory. Jednou z možností ako realizovať takéto druhy meraní predstavuje laserová profilometria.

Hlavným prínosom práce má byť pochopenie korelácie medzi presnosťou rozpoznávania drsnosti a vlnovej dĺžky emitovaného žiarenia laserového zdroja. Dokázaním týchto súvislostí môžeme uviesť bezkontaktnú formu profilometrie do sféry mapovania drsnosti materiálov ako nikdy predtým.

2 LASEROVÁ PROFILOMETRIA

Z hľadiska využívania moderných technológií vo výrobných procesoch sa v súčasnosti čoraz viac presadzujú 3D skenovacie technológie. Tieto technológie sa prevažne využívajú pri kontrole produktov, povrchov a vyhodnocovaní ich parametrov, reverznom výrobnom procese, kontrole kvality či meraniach opotrebenia.

Laserová profilometria je forma bezkontaktného optického profilometrického merania povrchu skenovaného objektu s následným vyhotovením jeho trojrozmerného modelu. Zloženie takéhoto profilometrického systému sa zakladá na prítomnosti laserového lúča emitovaného optickým zdrojom elektromagnetického žiarenia a snímacieho zariadenia v podobe kamery, zvyčajne na báze CCD alebo CMOS snímacieho čipu.

Tenký laserový lúč je premietaný na meraný objekt. Svetelná stopa je snímaná pod určitým uhlom digitálnou kamerou. Princíp funkcie spočíva vo využití techniky aktívnej triangulácie kde zdroj svetla spolu so snímačom a skúmaným objektom tvoria takzvaný triangulačný trojuholník. Týmto spôsobom je možné z každého naskenovaného obrazu vyhotoviť reálny 3D profil. Takýto bezkontaktný profilometer spolupracuje s klasickým počítačom disponujúcim operačným systémom Windows cez vopred dodaný profilometrický program s užívateľským prostredím. Na prenos a komunikáciu s počítačom sa používa rozhranie IEEE 1394 (FireWire). [1]

Uplatnenie tejto formy merania možno nájsť praktický v akejkolvek sfére priemyslu kde je kladený dôraz na kvalitu povrchu objektov a ich tvar. Táto technológia nám umožňuje kontrolu v reálnom čase, čo je veľmi dôležitou výhodou z hľadiska efektivity.

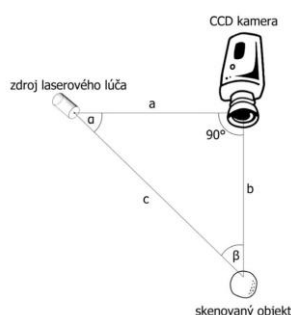
3 EXPERIMENTÁLNE MERANIE DRSNOSTI

Pre merania drsnosti sme použili kompaktný profilometer LPM od spoločnosti KVANT. Toto zariadenie sa skladá z mohutnej hliníkovej nosnej konštrukcie a je pripojené k osobnému počítaču s nainštalovaným softwarom pre komunikáciu s meracím prístrojom.

Pri rôznych typoch meraní sú kladené rôzne veľké požiadavky na rozlišovaciu schopnosť optickej sústavy. Pre výpočet najmenšej rozlíšiteľnej vzdialenosti dvoch bodov sa používa takzvané Rayleighovo kritérium.

$$a = \frac{1,22 \cdot \lambda}{D} = \frac{0,61 \cdot \lambda}{R} \quad [3]$$

kde λ je vlnová dĺžka použitého svetla, D predstavuje numerickú apertúru objektívu a číslo 1,22 predstavuje difrakčnú konštantu. Objektív tento rozmer zväčší a premietne na maticu fotocitlivého čipu kamery.



Obrázok 1: (vľavo) Ilustrácia princípu aktívnej triangulácie [2].

Obrázok 2: (vpravo) Pracovisko merania drsnosti LPM profilometrickým systémom.

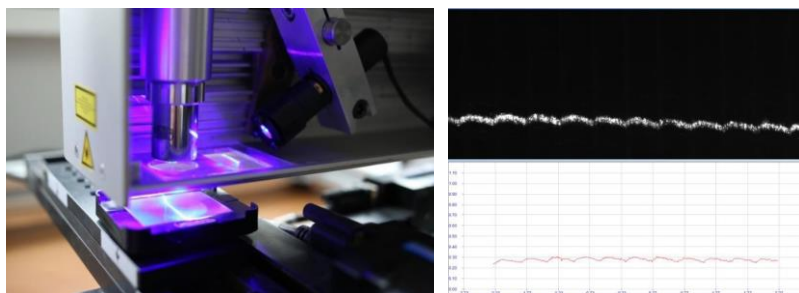
Technická špecifikácia systému:

- CMOS snímač s označením Marlin F-131B s rozlíšením 1280x1024 pixlov [4]
- objektív od spoločnosti Carl Zeiss so svetlosťou 3,2
- vymeniteľné laserové moduly (červený 635nm, zelený 520nm, modrý 450nm) so zorným uhlom 30°C o výkone 40 mW
- 70mm strieborný tubus ku kamerovej optike
- 2 motory 8MT177-100 značky Standa
- krokový motorový kontroler 8SMC1-USBhf-B2
- software LPM View 7.0

Meranie drsnosti sme uskutočnili s 3 zdrojmi laserového svetla s odlišnými vlnovými dĺžkami. Každé meranie sme reprezentovali 20 nameranými hodnotami, ktoré boli získane funkciou Long Scan v programe LPM View. Tieto hodnoty sme následne vypísali do programu Microsoft Excel, kde sme ich podrobili štatistickým rozborom. Zaujímali nás aritmetický priemer, smerodajná odchýlka a rozptyl.

Sken bol vykonaný po dĺžke 4450 μm , každých 220 μm prebehlo jedno z meraní, ktorých bolo 20. Vo výsledných parametroch sme sa zamerali na hodnotu drsnosti R_a .

Z 20 hodnôt, ktoré boli namerané 3 rôznymi laserami sme vyhotovili tabuľku s vypočítanými základnými štatistickými údajmi. K výsledkom bola pridaná aj percentuálnu odchýlka oproti normovanej drsnosti R_a .



Obrázok 3: (vľavo) Meranie hliníkovej vzorky modrým svetlom.

Obrázok 4: (vpravo) Meranie štruktúry hliníkovej vzorky modrým svetlom v LPM View.

	Hobľovaný hliník ($R_a = 10 \mu\text{m}$)		
	$\lambda = 635\text{nm}$	$\lambda = 520\text{nm}$	$\lambda = 450\text{nm}$
Aritmetický priemer	0.0112707mm	0.01033mm	0.00999mm
Smerodainá odchýlka	0.000542903mm	0.000384mm	0.00038mm
Rozptyl	2.94744E-07	1.47E-07	1.45E-07
Odchýlka od normy	12.707%	3.3%	0.001%

Tabuľka 1: Výsledky meraní pre jednotlivé laserové zdroje

Z tabuľky výsledných hodnôt vyplýva, že najväčších presnosti sme dosahovali použitím modrého svetla s kratšou vlnovou dĺžkou kde odchýlka od normy dosahovala len tisícinu percenta. Zatiaľ čo pri červenom svetle bola odchýlka od normy až 12,7% , zeleným svetlom sa nám podarilo dosiahnuť presnosť len s odchýlkou 3,3%. Týmto spôsobom bola experimentálne dokázaná platnosť Rayleighovo kritéria, ktoré dáva do súvislosti stúpajúcu rozlišovaciu schopnosť optickej sústavy vďaka znižovaniu hodnoty vlnovej dĺžky emitovaného svetla.

4 ZÁVER

Meranie drsnosti bezkontaktnými formami profilometrie ako je laserová profilometria, je na hranici fyzikálnych možností. Drsnosť povrchu je tou najjemnejšou úrovňou nerovnosti povrchu a dosiahnuť presné merania v rádoch mikrometroch až desiatky mikrometrov je veľmi náročná úloha, pri ktorej treba dbať na správnu kalibráciu systému. Preto možno vyhodnotiť experimenty tejto práce za veľmi prínosne a inovatívne v oblasti skúmania nových možností v meraní drsnosti povrchov bezkontaktnou optickou profilometriou.

PODĚKOVÁNÍ

Publikace vznikla za finanční podpory projektu specifického výzkumu na VUT (projekt č. FEKT-S-17-4595, Materiály a technologie pro elektrotechniku III).

REFERENCE

- [1] Dostupné z WWW: <http://www.meranie.sk/sk/opticke-merania/profilometria/>
- [2] Dostupné z WWW: <http://www.engineering.sk/clanky2/stroje-a-technologie/912-trojrozmerove-skenovacie-systemy>
- [3] Kúš, P. Moderná mikroskopia a digitálne spracovanie obrazu, Bratislava: Univerzita
- [4] Komenského Fakulta matematiky fyziky a informatiky, 2008. 125 s.
- [5] Allied Vision Technologies GmbH, Technical Manual. Stadtroda Germany, 2015, 237 s.
- [6] KVANT spol. s.r.o. LPM View 6 Príručka používateľa. FMFI UK Bratislava 2014, 25 s.