



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

PROFILOMETRIE POMOCÍ INTERFERENCE BÍLÉHO SVĚTLA

Pavel Pavlíček¹

Profilometrie pomocí interference bílého světla je metoda vhodná pro proměrování topologie technických povrchů. Jedná se o bezkontaktní optickou metodu, při které je proměřen výškový profil předmětu s přesností přibližně 1 μm . Při jednom měřicím procesu je možné proměřit výškový profil na ploše o velikosti 20 x 20 mm. Příčné rozlišení této měřicí metody je přibližně 40 μm . Díky koaxiálnímu uspořádání je možné měřit i v hlubokých dírách nebo zářezích. Výškový rozsah měření může dosáhnout od stovek mikrometrů po desítky milimetrů při zachování vysoké měřicí přesnosti.

Klíčová slova: profilometrie, interference, bílé světlo, interferometr, výškový profil, drsný povrch

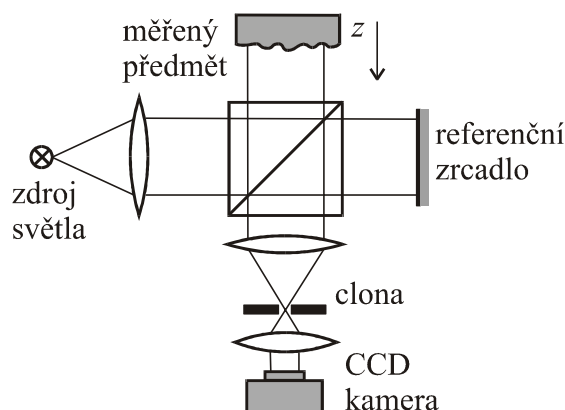
1. ÚVOD

Profilometrie pomocí interference bílého světla využívá na rozdíl od klasické interferometrie světlo s velkou spektrální šířkou. Důležitou předností interference bílého světla je, že je možno ji použít i pro měření na drsném povrchu [1], [2]. To ji dělá zajímavou také pro průmyslové využití, kde se stává základem metody vhodné pro proměrování výškového profilu technických povrchů. Při měření je možné během jednoho měřicího procesu proměřit výškový profil na celé ploše povrchu předmětu, odpadá tedy skanování. Výhodou této metody je velký měřicí rozsah, který dosahuje několik desítek milimetrů a může být v případě potřeby dále zvětšen. Nejistota měření je přibližně 1 μm a je závislá pouze na vlastnostech měřeného povrchu. Koaxiální osvětlení a pozorování umožňuje provádět měření také v hlubokých dírách nebo zářezích, protože nedochází ke vzniku stínů.

2. PRINCIP

Měřicí sestava pro měření výškového profilu předmětu je schematicky znázorněna na obr. 1.

¹RNDr. Pavel Pavlíček, PhD., Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, Tř. 17. listopadu č. 50, 772 07 Olomouc, tel.: 068-563 15 08, fax: 068-522 40 47, e-mail: pavliceck@sloup.upol.cz



Obr. 1 Měřicí sestava pro měření výškového profilu předmětu

V podstatě se jedná o Michelsonův interferometr se zdrojem bílého světla, jehož jedno zrcadlo je nahrazeno měřeným předmětem. Na místě detektoru je CCD kamera. Obraz v CCD kameře vykazuje jemnou zrnitou strukturu, která je výsledkem interference koherentního světla odraženého od drsného povrchu. Taková struktura se nazývá spekl. V ideálním případě je na každý pixel kamery zobrazen právě jeden spekl.

Měřený předmět je umístěn na mikrometrickém posuvu a je posouván ve směru osy z . Jestliže se určitý bod na povrchu předmětu nachází ve stejné vzdálenosti od děliče svazku jako referenční zrcadlo, příslušný spekl v obrazové rovině vykazuje maximální modulaci intenzity. Ta je způsobena interferencí bílého světla a je omezena na krátký úsek posuvu. Během měření snímá kamera s frekvencí 25 snímků za sekundu a celý obraz je průběžně zpracováván. Poloha mikrometrického posuvu z_{mik} , při níž je modulace intenzity v daném pixelu maximální, je uložena do paměti počítače. Zjednodušeně lze říci, že vlastní měření provádí mikrometrický posuv a optická soustava pouze signalizuje, že nastal správný okamžik pro zápis hodnoty. Pro každý pixel se takto získá jedna hodnota z_{mik} . Ta společně s kamerovými souřadnicemi daného pixelu x_{cam} , y_{cam} popisuje geometrický tvar měřeného předmětu. 3D data x , y , z se získají transformací ze souřadnic x_{cam} , y_{cam} a příslušné hodnoty z_{mik} .

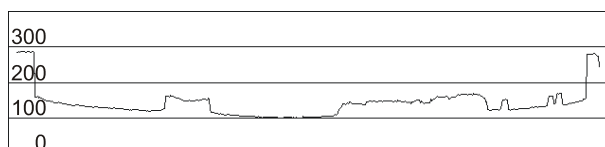
3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Vhodné předměty, na nichž se dají dobře demonstrovat možnosti interferometrie v bílém světle při proměřování profilu technických povrchů, jsou mince. Na obr. 2 je výsledek měření profilu evropské mince o hodnotě 1 cent. Výška je kódována odstínem šedi tak, že vyvýšené části povrchu mince jsou zobrazeny světleji. V dolní části obrázku jsou zobrazeny řezy podél horizontální a vertikální čáry.

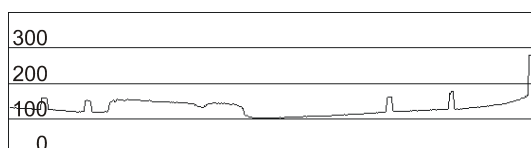
Z řezů výškového profilu lze pohodlně odečítat výškové rozdíly. Například vyražená jednička na minci je přibližně o 40 μm výše než okolní plocha.



a)



b)



c)

Obr. 2 Výsledky měření výškového profilu mince. (a) Výškový profil kódovaný odstínem šedi, (b) řez podél vodorovné čáry, (c) řez podél svislé čáry (číselné údaje jsou v μm)

4. ZÁVĚR

Profilometrie pomocí interference bílého světla je vhodná metoda pro bezkontaktní měření výškového profilu předmětů s drsným povrchem. Díky interferometrickému principu je tato metoda velmi přesná, nejistota měření se pohybuje okolo $1 \mu\text{m}$. Osvětlení a pozorování je koaxiální, což zabraňuje vzniku stínu. Měřící rozsah není principiálně omezen, jeho zvětšování neovlivňuje nejistotu měření. Nevýhodou popsané měřící metody je, že plocha, na které je možné měřit výškový profil, je omezená velikostí děliče svazku.

Literatura

- [1] DRESEL, T. - HÄUSLER, G. - VENZKE, H.: Three-dimensional sensing of rough surface by coherence radar. App. Opt., 31, 1992, s. 919
- [2] KOCH, A. W. (Ed): Optische Messtechnik an technischen Oberflächen. Expert Verlag, Renningen 1998