

TRENDY V KONTAKTNÍM MAPOVÁNÍ POVRCHU PEVNÝCH TĚLES

HIKLOVÁ Helena – SCHOVÁNEK Petr, ČR

Resumé

V současnosti lze zaznamenat bouřlivý rozvoj nekontaktních metod zobrazujících povrch pevných těles s mimořádným rozlišením, přesností a spolehlivostí. Mnohá zařízení nahrazují mechanické přístroje používané dříve. Kontaktní měření se však vyvíjejí také a jejich současné schopnosti a možnosti využití dokazují, že mají stále místo v mnoha odvětvích naší činnosti.

Klíčová slova: rozlišovací schopnost, kontaktní mapování

TRENDS IN THE CONTACT SOLID SURFACE MAPPING

Abstract

At present we can notice precipitous development of non-contact methods for solid surface mapping with exceptional resolution, accuracy and reliability. Many non-contact devices replace the mechanical devices used previously. Contact measurements, however, are also developed and their current capacity and utilization prove that they still have place in many sectors of our activities.

Key words: Resolution, Contact mapping

Úvod

Při zběžném pohledu na množství přístrojů zobrazujících povrchy nejrozličnějších těles – ať už pevných (strojírenských, optických, elektronických součástí), nebo měkkých a pružných (např. biologických) vzorků by se mohlo zdát, že v záplavě bezkontaktních (a nejen optických) zařízení, jsou v současnosti už kontaktní zařízení něco zastaralého, co se používá už jen ze setrvačnosti a je nutně na ústupu. Ostatně není se co divit, v posledních desetiletích došlo k obrovskému boomeru přístrojů, které jsou schopny bezkontaktně zobrazovat i měřit nejrozličnější povrchy s takovým zvětšením a takovou přesností, která byla ještě před třiceti lety nepředstavitelná. Pro ilustraci uvedme alespoň několik příkladů rozlišovacích schopností přístrojů, které snad každý zná a které (i když v principu několik set let staré) se stále vyvíjejí – mikroskopy. Rozlišení je vlastně mnohem důležitějším parametrem nežli zvětšení. Pokud mikroskop nemá dostatečnou rozlišovací schopnost, nevede pouhé zvětšování k další informaci. Uvedené hodnoty rozlišení berme jako orientační, stále se vyvíjející. Např. u nejnovějších typů mikroskopu SEM se uvádí možné rozlišení až 0,5 nm, u elektronových mikroskopů však záleží na řadě faktorů, které velikost rozlišení ovlivňují.

Typ mikroskopu	Dosažitelné rozlišení
Optický mikroskop	170 nm
Konfokální mikroskop	120 nm
Elektronový mikroskop SEM	1,2 nm
Elektronový mikroskop TEM	0,2 nm

Tab. 1 – Dosažitelné rozlišení různých typů mikroskopů

1. Přednosti a možnosti bezkontaktního mapování

Pokud chceme upozornit alespoň na některé mimořádné možnosti současných mikroskopů, je třeba zmínit, že jsou už i takové, které zobrazují drobné živé organizmy ve trojrozměrné projekci. Patří k nim např. mikroskopy firmy Carl Zeiss LSM 710 nebo Leica TCS SP8 a Leica TCS- LSI. Jejich programové vybavení dokáže i barevně rozlišit například různé části předmětu, což přispívá k větší názornosti zobrazení [1].

Pokud si tedy chceme stručně shrnout přednosti bezkontaktního zobrazování, můžeme k nim rozhodně přiřadit :

- vysoké rozlišení ve vertikálním i horizontálním směru
- nekontaktní snímání minimalizuje nebezpečí poškození vzorku a zároveň se snižuje možnost opotřebení přístroje z důvodu kontaktu snímacího zařízení se vzorkem
- zobrazení objektu je prakticky okamžité, v moderních zařízeních spojených s počítačem získáme trojrozměrný obraz, který má vysokou vypovídací hodnotu

Přes popsané výhody má však bezkontaktní mapování i své nedostatky. Přístroje s extrémním rozlišením jsou schopny pracovat jen s velmi malými vzorky. Někdy je tyto vzorky třeba zvlášť upravovat, přístroje často vyžadují klidné prostředí a příprava vzorků může být zdlouhavá. Potřebujeme-li měřit větší vzorky, případně mnoho vzorků, pak se tato zařízení ukazují jako nevhodná. Jejich uplatnění je a bude především v oblasti botaniky, chemie nebo lékařství. Ale přesně a spolehlivě měřit a zobrazovat je třeba i ve strojírenství nebo elektronickém průmyslu a tam nastupuje význam kontaktního mapování.

2. Kontaktní profiloměry

V současnosti nabývá stále většího významu kontrola či mapování povrchu pevných těles. Tím zde myslíme především nejrůznějších strojírenských výrobků, optických povrchů nebo elektronických prvků. Na všechny výrobky jsou kladeny stále se zvyšující požadavky na jejich kvalitu. Kvalitou se myslí především přesnost tvaru, rozměrů, polohy a drsnosti povrchu, nazývanou často mikrogeometrie povrchu. Ta ovlivňuje životnost, spolehlivost ale i vzhled prvku. Proto je stále snahou konstruktérů, techniků, výzkumných pracovníků i uživatelů získat co nejpodrobnější a nejspolehlivější obraz povrchu pevných těles, především funkčních ploch. Vhodně vytvořený obraz povrchu vypovídá nejen o rozměrové správnosti ale i o dalších vlastnostech prvku, ve strojírenské praxi například o pevnosti, průběhu opotřebení, tuhosti spojení, hlučnosti nebo odolnosti proti korozi [2].

Jakost či kvalita povrchu je často spojována s pojmem drsnost, termínem, který je stále sledovaný a sloužící k posouzení funkčnosti povrchu, přesně a podrobně ošetřený řadou mezinárodních norem. Drsnost se zpočátku posuzovala vizuálně, později hmatovými zkouškami a přibližně od třicátých let minulého století kontaktními přístroji nazývanými profiloměry či drsnoměry. Tyto přístroje i metody snímání povrchu jsou od té doby neustále vylepšovány a v současné době, podobně jako zařízení bezkontaktní, dosahují parametrů ještě nedávno nepředstavitelných. I zde se kvalita zařízení posuzuje (kromě jiného) z rozlišení přístroje. rozlišením se myslí nejmenší změna měřené veličiny, která způsobí rozeznatelnou změnu v odpovídající indikaci [3]. I když hodnota rozlišení nedává jednoznačný pohled na přesnost přístroje, umožňuje, abychom si vytvořili názorný obraz o tom, kam se vývoj přesnosti měření ubírá. Pokusíme se to ukázat na konkrétních příkladech již zmíněných přístrojů – profiloměrů.

Princip profiloměru je celkem jednoduchý. Po povrchu se pohybuje vertikálně hrot zakončený diamantovou kuličkou po dané úsečce a s danou přitlačnou silou. Profiloměr indikuje malé rozdíly ve vertikálním směru, tyto hodnoty se zaznamenávají jako funkce polohy. Typický profiloměr může měřit v malém vertikálním rozsahu od deseti nanometrů do jednoho milimetru. Poloha diamantového hrotu vygeneruje analogový signál, který je převeden do digitální podoby, uschován, analyzován a zobrazen. Poloměr hrotu se pohybuje od 20 nanometrů do 50 mikrometrů. Přitlačná síla hrotu se obvykle pohybuje v hodnotách pod 3 mN. Velikost hrotu, vzdálenost jednotlivých odečtů výšky – krok měření – a délky úseček měření jsou ošetřeny normami.

Jako konkrétní příklad takového současného zařízení uvádíme špičkový kontaktní profiloměr firmy Bruker nesoucí označení DektakXT. Vertikální rozlišení deklaruje až 1 Å a jeho oblouková konstrukce, kde na vrcholu oblouku je umístěný měřicí hrot a pod ním posuvný stolek se vzorkem, umožňuje měření na délce až 200 mm a dovoluje umístit vzorky vysoké až 50 mm. Je doporučován pro rychlou a snadnou obsluhu, spolehlivé vyhodnocování a tím i možnost provozního měření. Z mnoha aplikací uvedme třeba měření tloušťky nanosených spojí nebo leptaných drážek a vrstev na plošných spojích, kde se pečlivě hlídá množství použitých drahých kovů. Další využití je při kontrole vrchní vrstvy kloubních náhrad, kde je nutno přísně sledovat drsnost povrchu z důvodu optimální adheze a tím správné práce implantátů.

Obdobné parametry mají i kontaktní profiloměry firmy Taylor Hobson Form Talysurf Series 2 nebo novější Form Talysurf Intra. Jejich nejmenší rozlišení je sice „jen“ 6 Å, ale jejich konstrukce, kde se snímací jednotka pohybuje po robustním sloupu až do výšky 45 cm, umožňuje práci i se vzorky velkých rozměrů. Uvedená i všechna podobná zařízení umožňují měření prakticky jakýchkoli součástí bez ohledu na jejich velikost i složitost tvaru a to jak v laboratorních podmínkách, tak i provozní měření většího množství součástí. Moderní kontaktní přístroje jsou samozřejmě také schopny mapovat povrch předmětu a pomocí přídavného softwaru vytvářet názorné trojrozměrné (3D) obrazy [4]. Děje se tak postupným skenováním povrchu po rovnoběžných úsečkách vzdálených o zvolený krok. Plošné a trojrozměrné mapování a zobrazování povrchu je další z trendů, jak co nejlépe vyhodnotit daný povrch. Přináší mnohem podrobnější informace, nežli nám může poskytnout lineární měření. Ze 3D zobrazení lze například mnohem snáze zjistit údaje o funkčních vlastnostech, případně životnosti. Je však nevýhodou kontaktních přístrojů, že skenování plochy je na nich zdoluhavé a i když získávané obrazy mají dostatečné rozlišení či velikost, nelze je použít ke kontrole velkého množství prvků.

Na závěr této kapitoly shrnutí výhod a nevýhod kontaktních přístrojů:

- zatím jsou nezastupitelné při měření parametrů drsnosti – dosavadní normy vycházejí z měření kontaktními přístroji a i když vznikají normy nové pro snímání nekontaktní a plošné, budou kontaktní měření ještě dlouho nenahraditelná
- mají velký rozsah 2D i 3D snímání
- vysoké rozlišení ve vertikálním směru
- nezáleží na optických vlastnostech povrchu
- jsou snáze dostupné, mají jednoduchou obsluhu, jsou schopny rychlého, opakovatelného a velmi přesného měření v běžných podmínkách

Nevýhody jsou především:

- dlouhá doba potřebná pro plošné mapování
- nelze snímat měkké a pružné povrchy

Mezi nevýhody v principu jistě patří i samotné kontaktní snímání, při kterém by mohlo dojít k poškození povrchu, ale tato námitka už u nových zařízení neobstojí. Přítlačná síla snímacích hrotů je už tak malá, že na běžném pevném povrchu hrot nezanechá jakoukoli stopu. Kromě toho někteří výrobci nabízejí pro obzvlášť citlivé povrchy speciální hroty.

Závěr

V tomto krátkém příspěvku jsme chtěli vyzdvihnout skutečnost, že přes rostoucí množství nekontaktních metod a přístrojů pro snímání, zobrazování a měření libovolných těles, které nacházejí stále širší uplatnění ve vědě i průmyslu, jsou stále neméně potřebné i přístroje s kontaktním snímáním. Jejich současné vlastnosti jako rozlišovací schopnost, přesnost, spolehlivost, rychlost měření, jednoduchost obsluhy a v neposlední řadě i finanční dostupnost jsou takové, že se často mohou srovnávat s nekontaktními zařízeními, v některých aplikacích je předčí a pro mnohé účely jsou více než dostačující.

Literatura

1. KRIST, P. *Light sheet mikroskopie – nová, ideální technika pro 3D zobrazování živých organismů*. Praha : Seminář Aplikovaná optika a mikroskopie, 12.prosinec 2012.
2. NOVÁK Z., *Struktura a funkce povrchu, predikce vlastností*. VUT Brno : Seminář Drsnost jako součást struktury povrchu, 13.února 2002.
3. NENÁHLO, Č. *Nové měřicí přístroje pro strojírenství*. Průmyslové spektrum. 2013, No.3, s. 42-44. ISSN 1212-2572.
4. HAVELKOVÁ, M., HIKLOVÁ, H. *Historie a současnost mapování pevných těles*. Jemná mechanika a optika. 2013, No. 4, s. 114-117. ISSN 0447-6441.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu a projektu Otevřená síť partnerství na bázi aplikované fyziky, CZ.1.07/2.4.00/17.0014.

Lektoroval: **RNDr. Antonín Pochylý**

Kontaktní adresa:

Helena Hiklová, RNDr.,
RCPTM, Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR,
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 17.listopadu 12, 771 46, Olomouc, ČR,
tel. 00420 585 631 579
e-mail: helena.hiklova@upol.cz

Petr Schovánek, RNDr.,
RCPTM, Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR,
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 17.listopadu 12, 771 46, Olomouc, ČR,
tel. 00420 585 631 503
e-mail: petr.schovanek@upol.cz