



## Chyby odhalené za 90 sekúnd

Medzinárodne pôsobiaci spoločnosť Benteler, zaoberajúca sa subdávkami v automobilovom priemysle, vyvinula pre svoje vlastné závody optický merací systém, ktorý dokáže zmerať kompletne trojdimenzionálne kontúry plechových dielov a nástrojov. Do nového strojového konceptu sa navyše integrovalo niekoľko optických senzorov. Meracie procesy sa vďaka tomu automatizovali a celkový čas potrebný na meranie sa zredukoval na 90 sekúnd. To následne umožňuje sériovú kontrolu vo výrobe, pričom aj pri konštrukcii prototypov je rýchly spätný tok informácií užitočný.

Predovšetkým v automobilovom priemysle sa kladú najvyššie nároky na rozmerovú stálosť plechových foriem, keďže jednotlivé diely sú zväčša súčasťou osobitných konštrukčných skupín. Na tolerancie foriem dielov kladú obzvlášť vysoké požiadavky nové výkonné zväracie postupy (napr. laserové zväranie), ale aj čoraz tenšie plechy.

Tolerancia foriem sa v rastúcej miere analyzuje prostredníctvom optických systémov na meranie 3D kriviek. Na digitalizáciu kontúr dielov sa používajú kamerové fotogrametrické systémy alebo senzory laserovej triangulácie. Druhé spomínané sa vyskytujú vo forme meracej hlavy pripevnenej na prístroji určujúcom presné súradnice (KMM), v podobe senzora na flexibilnej meracej ruke alebo ako voľne sa pohybujúce senzory v priestore.

Základom analýzy sú spektrá nameraných bodov optických senzorových systémov, ktoré interpretujú digitalizované povrchové obrysy meraného dielu. Pomocou komerčne dostupných softvérov možno z tohto spektra vyextrahovať mnohé geometrické informácie, ako sú zárezy, priemery, pozície dier a odstupy.

Popri určovaní vopred zadaných znakov sa môže celá forma dielu porovnať s referenčným vzorom alebo CAD dátami a následne zdoku-

mentovať. Odchýlky medzi skutočnou a referenčnou geometriou možno zobraziť zvýraznením farieb. Tento štýl znázornenia umožňuje rýchle a intuitívne rozpoznanie chybných miest na diele.

So zisťovaním a spracúvaním informácií o geometrii bežnými systémami dostupnými na trhu sú v súčasnosti spojené nezanedbateľný časový faktor a náklady na programovanie. Každý diel sa musí digitalizovať ručne alebo pomocou špeciálnych meracích zariadení (KMM, robot atď.). Čas potrebný na meranie a kompletne zaznamenanie dielu strednej veľkosti sa pohybuje v rozmedzí od 30 do 60 minút. Na dôvažok môžu meracie zariadenia obsluhovať len špeciálne vyškolení pracovníci.

V dôsledku vysokých časových a kvalifikačných nárokov sa optické systémy na meranie 3D kriviek používajú predovšetkým pri výrobe prototypov a pri opätovných inžinierskych činnostiach v súvislosti s formovacími nástrojmi. Nie sú však takmer vôbec vhodné, alebo len veľmi obmedzené, na testovanie rôznych dielov v sériovej výrobe. Žiadané sú najmä jednoduché, rýchle automatizované systémy, s ktorými možno merať a vyhodnocovať diely s rôznou veľkosťou.

### Paralelná práca senzorov

Rozhodujúcim prelomom optických systémov na meranie 3D kriviek v sériovej výrobe je automatizovaný merací proces spojený s krátkymi časmi potrebnými na meranie a vyhodnotenie. Vo väčšine súčasných aplikácií a systémov sú relatívne ohraničené meracie polia obmedzené jednotlivými senzormi.

Benteler si však vyvinul vlastný postup, pri ktorom sa vďaka paralelnej prevádzke viacerých senzorov laserovej triangulácie výrazne redukuje čas potrebný na celý úkon. Na základe princípu techniky Benteler-LaserGauge sa prostredníctvom senzorov umiestnených na mostíku



nasníma celý diel. Počas toho dva k sebe kalibrované senzory zaznamenávajú kompletnú geometriu dielu vo svojom meracom poli. Vysoká flexibilita z hľadiska rôznych dielov sa docieli špeciálnym usporiadaním senzorov, ktoré sú umiestnené pozdĺžne a priečne vzhľadom na os pohybu. Vďaka tomu je na digitalizáciu stredne veľkého dielu (dĺžka cca 1 meter) potrebných iba 90 sekúnd. Predtým sa volí iba rozsah snímania a rýchlosť pohybu mostíka nad meraným dielom. V závislosti od nastavenia sa zaznamenáva a spracúva do 400-tisíc meracích bodov.

Výsledkom skenovania dielu je najskôr spektrum nameraných bodov. Presnosť jedného meracieho bodu je pritom lepšia ako 80 mikrometrov. Získané informácie zo senzorov sa následne spracúvajú vyhodnocovacím softvérom a počas automatizovaného meracieho procesu sa porovnávajú s referenčnými dátami.



**Koncepcia nového meracieho a kontrolného pracoviska s kompletným 3D meraním**

Trojstupňové narovnanie dielu k referenčnému objektu prebieha virtuálne vo vyhodnocovacom softvéri, vďaka čomu nie sú nutné náročné precízne polohovania na meracom stole. Nevyhnutná presnosť polohovania je však predsa len stanovená na 50 mm. Napriek tomu je v tomto prípade docieľaná výnimočná odolnosť a jednoduchá manipulácia pre používateľa.

Celé zariadenie je konštruované na prevádzku priamo vo výrobnom prostredí. Pomocou neho možno snímať diely zvrchu i z boku s maximálnym uhlom 90° vzhľadom na plochu uloženia. Miera presnosti merania je podobne ako pri iných optických systémoch obmedzená iba skrytými geometrickými miestami, ktoré môžu vzniknúť napr. prekryvajúcimi sa hranami. Vo väčšine prípadov sa však dá zabezpečiť šikovým polohovaním dostatočné sensorové pokrytie.

Dvojnásobné skenovanie prebieha vtedy, ak možno diely nasnímať z oboch strán. Jednotlivé merania sú potom vzájomne virtuálne spájané do jedného celku pomocou výrazných bodov dielu alebo referenčného dielu.

**Z laboratória do výroby**

Dva roky zbierala spoločnosť Benteler poznatky a skúsenosti s 3D skenovaním v laboratórnych podmienkach i v reálnych prevádzkach. Aktuálnemu technickému stavu BentelerLaserGauge predchádzali dva prototypy. Ďalšiemu vývoju podliehal predovšetkým počet a rozlíšenie nasadených senzorov. Zatiaľ čo v prvom prototypu sa nachádzalo šesť analógových senzorov s rozlíšením 0,35 MPix, druhý prototyp bol už vybavený ôsmimi digitálnymi senzormi s 1,3 Mpix rozlíšením. V súčasnosti má BentelerLaserGauge k dispozícii desať digitálnych senzorov, každý so 4 Mpix rozlíšením, ktoré majú pokrytie 650 mm do šírky





a 200 mm do výšky. Merania na meracej dráhe, aktuálne dlhej 1 600 mm, sa sústreďujú na relevantné spektrum dielov, ktoré možno meniť podľa typu konkrétnej aplikácie. Na základe tejto techniky sa docieli presnosť jedného bodu na úrovni 80 mikrometrov. Počas vývoja sa vylepšilo aj ovládanie a stupeň automatizácie vyhodnocovacieho softvéru.



BentelerLaserGauge sa najskôr testoval v laboratórnych podmienkach, kde sa zaznamenali prvé pozitívne skúsenosti s rýchlou digitalizáciou dielov. Už v začiatkových fázach vývoja sa ukázali veľké výhody, ktoré so sebou prináša meracia metóda a celý koncept. Podarilo sa nimi odhaliť chybné miesta na veľmi žiadanom diele karosérie, ktoré sa nezistili ani konvenčnými meraniami, ani prostredníctvom KMM. Nový koncept umožnil komplexné nasnímanie povrchu dielu a po porovnaní s referenčnými hodnotami sa mohlo pristúpiť ku korekcii použitých nástrojov na lise a k objasneniu pred tým nevysvetliteľnej relatívne krátkej životnosti niektorých komponentov podvozku vo fáze vývoja. Okrem merania kontúr dielov sa nová koncepcia osvedčila aj v iných aplikáciách, napr. pri jednoduchých montážach, pri použití nástrojov a zakrivených trubiciach.

Meracie zariadenie sa následne presunulo na miesto údržby nástrojov, nachádzajúceho sa v tesnej blízkosti výroby, aby bolo možné overiť jeho pripravenosť na prevádzku v bežnom priemyselnom prostredí. V ňom je zariadenie vystavené znečisteniu zo vzduchu, kolísavým teplotám a otrasom. V takom pracovnom prostredí sa vykonalo niekoľko testov s väčším počtom kusov. Vďaka celoplošnej digitalizácii sa rozpoznali výkyvy v geometrii prikúpených dielov, ktoré by v ďalších výrobných krokoch viedli k neželaným odchýlkam v šírke zvaru. Výchyľky v geometrii dielov sa predtým nerozpoznali ani skúšobnými meraniami pomocou KMM.

Významné vlastnosti BentelerLaserGauge sú predovšetkým rýchlosť vykonávaného merania a príjemné používateľské rozhranie. Celkový čas merania sa radikálne zredukoval z 30 až 60 minút na 90 sekúnd. Pri minimálnych nákladoch sa tak dosahuje testovanie vyššieho počtu dielov a získava sa oveľa vyššia miera informácií. Rýchly spätný tok informácií sa osvedčil predovšetkým počas vývoja prototypov, čím sa značne skrátil a zjednodušil celý proces.

V praxi sa ukázalo, že pomocou nového konceptu sa výborne snímajú nielen hrany a obrysy plechových dielov, ale aj iných materiálov, ako je napríklad plast či keramika. Digitalizované dáta sa okrem kontroly dajú využiť aj pri tzv. spätnom inžinieringu.

Technológia laserového snímania v spojení s inovatívnym konceptom nahrádza tradičné meracie metódy a otvára nové možnosti testovania. Benteler sa v ďalšom vývoji sústreďuje na zvýšenie presnosti a rýchlosti merania, ako aj na ďalšiu automatizáciu kontrolných a testovacích procesov.

[www.benteler.de](http://www.benteler.de)

-bb-