



Współrzędnościowa maszyna pomiarowa O-INSPECT – skanowanie optyczne i dotykowe

W coraz bardziej wyrafinowanych konstrukcjach współczesnych urządzeń używa się coraz bardziej skomplikowanych części wykonanych z różnych materiałów, których nie da się zmierzyć tylko dotykowo lub tylko optycznie. Najnowsza współrzędnościowa maszyna pomiarowa produkcji Carl Zeiss O-INSPECT łączy obie techniki pomiaru, umożliwiając nie tylko pomiar pojedynczymi punktami, ale również pomiar skanowaniem dotykowo i optycznie.

Technologia Carl Zeiss – optyka

Firma Carl Zeiss kojarzy się z doskonałą optyką użytkową. Znana jest głównie z produkcji szkieł okularowych, lornetek i obiektywów, ale również wysoko wyspecjalizowanego sprzętu optycznego i optoelektroniki używanej w wielu różnych dziedzinach techniki, astronomii, medycyny czy biologii. Przez prawie 160 lat istnienia firma Carl Zeiss wyznaczała nowe trendy oraz stworzyła podwaliny nowoczesnej optyki, optoelektroniki i mikroskopii molekularnej. Wszystko zaczęło się od założenia zakładu mechaniki precyzyjnej i optyki przez firmę Carl Zeiss, a następnie opracowania falowej teorii odwzorowania optycznego, stworzonej przez założyciela fundacji Carl Zeiss profesora Ernsta Abbego. Do sukcesu firmy przyczyniło się motto: *sprawmy, by było to widzialne*. W późniejszych latach wielu noblistów z różnych dziedzin używało w swoich pracach badawczych mikroskopów produkcji Carl Zeiss, często specjalnie wyprodukowanych pod ściśle określone zadanie.

Jednym z obecnie produkowanych, wysmienitych mikroskopów stereoskopowych jest **SteREO Discovery.V12** (rys. 1) wyposażony w obiektyw z zoomem optycznym 12x. System optyczny tego mikroskopu został wykorzystany przy konstrukcji wielosensorowej współrzędnościowej maszyny pomiarowej **O-INSPECT** (rys. 3). Należy zauważyć, że wszystkie pomiary optyczne są możliwe tylko wtedy, gdy widzimy to, co chcemy zmierzyć, a obraz jest odpowiednio ostry i nieodkształcony. System **SteREODiscovery.V12** doskonale spełnia te wymagania.

Technologia Carl Zeiss – współrzędnościowe maszyny pomiarowe

Mało kto wie, że firma Carl Zeiss jest największym na świecie producentem współrzędnościowych maszyn po-

miarowych, wyznaczającym nowe kierunki rozwoju w tej dziedzinie techniki. Firma produkuje maszyny o różnych konstrukcjach, które zawsze są kojarzone z dużą niezawodnością, legendarną wręcz trwałością oraz wysmienitą dokładnością i powtarzalnością pomiaru. Wytwarzane przez Carl Zeiss współrzędnościowe maszyny pomiarowe są wyposażane w układy sterowania, głowice i oprogramowanie własnej produkcji. Doświadczenia zdobyte przy produkcji współrzędnościowych maszyn pomiarowych (rys. 2), a w szczególności maszyn z systemami **MASS** (*Multi Application Sensor System*) i **MPS** (*Multi Probe System*) [2, 3], pozwoliły na stworzenie wielosensorowej współrzędnościowej maszyny pomiarowej **O-INSPECT** o konstrukcji przystosowanej nie tylko do pracy w laboratorium, ale również bezpośrednio w ciężkich warunkach produkcyjnych [1].

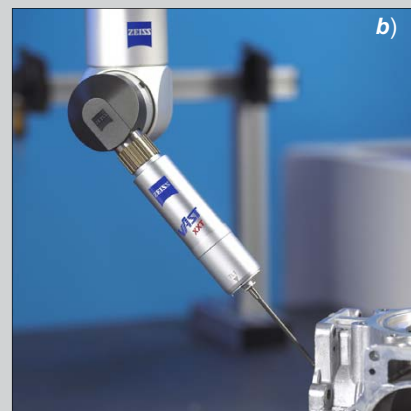
O-INSPECT-multisensor

Połączenie skanującego systemu optycznego **Discovery.V12** oraz precyzyjnej skanującej głowicy dotykowej **VAST[®] XXT** (rys. 4) sprawia, że maszyna **O-INSPECT** ma doskonałą elastyczność i może być wykorzystywana do większości zadań pomiarowych. Pomiary skomplikowanych części o małych wymiarach, jak i wykonanych z miękkich materiałów, najczęściej wymagają użycia optycznych metod pomiaru a pozostałe części mogą być mierzone dotykowo. Zastosowanie dwóch różnych skanujących metod pomiaru sprawia, że w większości przypadków maszyna **O-INSPECT** z powodzeniem zastępuje mikroskopy i projektory pomiarowe, a także konturografy i dotykowe współrzędnościowe maszyny pomiarowe.

Układ optyczny **Discovery.V12** z 12-krotnym zoomem optycznym, wyposażony w kamerę cyfrową CCD, wykonującą 50 zdjęć w ciągu sekundy, cechuje się wysoką roz-



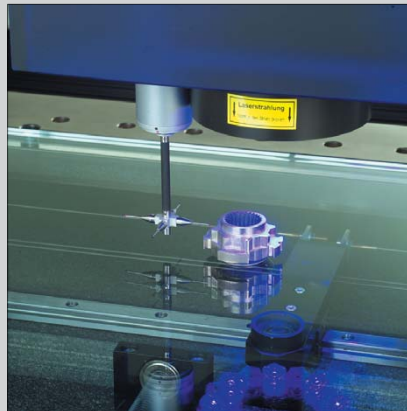
◀ Rys. 1. Mikroskop **SteREO Discovery.V12**



Rys. 2. Współrzędnościowa maszyna pomiarowa **CONTURA[®] G2 RDS** z systemem **MPS** (a) i dotykową głowicą skanującą **VAST[®] XXT** (b)



Rys. 3. Współrzędnościowa wielosensorowa maszyna pomiarowa **O-INSPECT**



Rys. 4. Skanująca głowica dotykowa **VAST® XXT** (pomiar końcówką gwiazdzistą) i system optyczny **Discovery.V12** z pierścieniem podświetlającym i pointerem laserowym



Rys. 5. System automatycznej wymiany końcówek dotykowej głowicy skanującej **VAST® XXT**

dzielczością oraz doskonałą głębią obrazu, które pozwalają na bardzo precyzyjne i szybkie pomiary. W położeniu środkowym zoomu, obiektyw systemu **Discovery.V12** jest telecentryczny. System łączy więc w sobie zalety obiektywów telecentrycznych (duża głębia obrazu, przy zachowaniu kształtu części w zakresie obszaru telecentryczności) z zoomem optycznym (duża jasność obiektywu i elastyczna zmiana powiększenia w zależności od potrzeb). W przypadku dokładnych pomiarów wystarczy automatycznie zwiększyć powiększenie, przez co wzrasta optyczna rozdzielczość obrazu. Laserowy pointer, poprzez pomiar odległości do powierzchni mierzonej, pomaga w doborze odpowiedniej ogniskowej, która pozwala uzyskać optymalną ostrość obrazu bez wprowadzania jego zniekształceń. Zastosowany w **O-INSPECT** system optyczny cechuje się dużą odległością roboczą, umożliwiającą głębokie pomiary części o dużej wysokości. Należy zaznaczyć, że odległość robocza obiektywu nie ogranicza zakresu pomiarowego w osi Z.

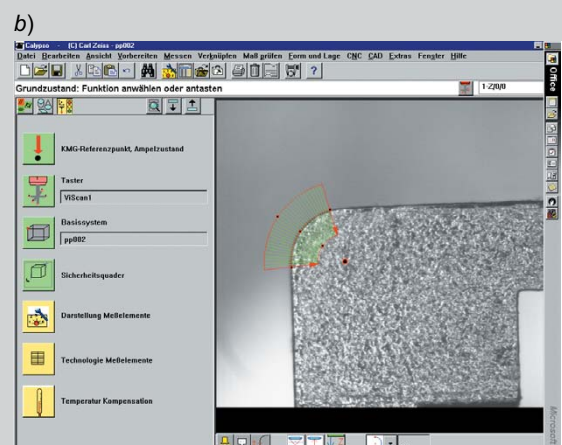
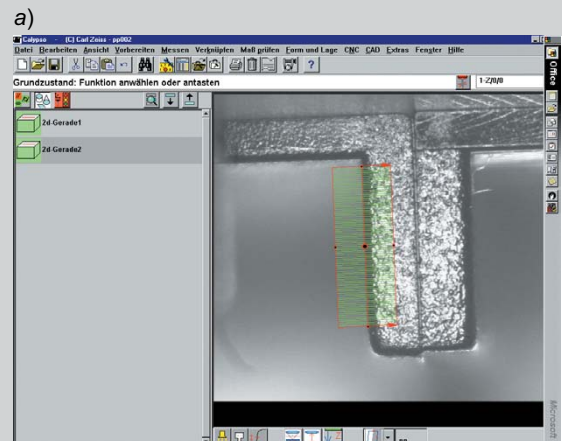
W zależności od natężenia światła w pomieszczeniu, w którym znajduje się maszyna pomiarowa **O-INSPECT**, możliwe jest sterowanie z poziomu oprogramowania pomiarowego natężeniem podświetlenia diodowego niezależnie w kilku sektorach kątowych podświetlacza. Doskonały wielokolorowy diodowy system podświetlający dużej mocy, ze sterowanym sektorowo podświetleniem, pozwala na uzyskanie dobrego kontrastu wymaganego przy pomiarach optycznych, zarówno przy świetle przechodzącym, jak i odbitym – współosiowym lub pierścieniowym. Dla systemu **Discovery.V12** pomiary przy iluminacji w zakresie pola „światła ciemnego” oraz „światła jasnego” nie stanowią żadnego problemu. Dodatkowo sterowanie mocą oświetlenia pozwala w niektórych wypadkach zobaczyć to, co przy podświetleniu małej mocy nie jest widoczne. System podświetlenia jest izolowany od reszty maszyny specjalnym filtrem ciepłym, odprowadzającym ciepło poza obszar pomiarowej.

Podczas pomiarów w świetle przechodzącym używane jest punktowe podświetlenie wiązką światła równoległego, zainstalowanego na sztywnej prowadnicy. Jej ruch jest zsynchronizowany z przemieszczeniami maszyny w osi X (w osi Y porusza się tylko stół maszyny). Odpowiedni system synchronizacji zapewnia, że podświetlenie zawsze jest ustawione współosiowo w stosunku do osi obiektywu.

Po wykonaniu przez kamerę CCD zdjęcia części, zamieniane jest ono na obraz „w odcieniach szarości”, na którym – poprzez interpolację cyfrowo zwiększającą rozdzielczość obrazu – wyznaczana jest krawędź. Obliczone na podstawie krawędzi zastępcze elementy geometryczne służą do przeprowadzenia dalszej analizy wymiarowej. Sposób zbierania punktów podczas skaningu optycznego pokazano na rys. 6.

Pomiary 3D są wykonywane przy użyciu skanującej dotykowej głowicy pomiarowej **VAST® XXT TL1** (rys. 2b), która może pracować zarówno z końcówkami prostymi, jak i kombinacjami gwiazdzistymi (końcówki boczne do 40 mm) – rys. 4. Głowica **VAST® XXT** pracuje w trybie zbierania punktów pojedynczych oraz w skaningu. Końcówki mogą być wymieniane w trakcie cyklu pomiarowego CNC w sposób automatyczny (rys. 5) lub ręczny, bez konieczności ich ponownej kalibracji, co znacznie podnosi funkcjonalność maszyny [4].

Zaletą zastosowania systemu multisensor (rys. 4) jest możliwość wykonania w jednym cyklu pomiarów dotykowych i bezdotykowych, w których wykorzystuje się ten sam układ współrzędnych [1].



Rys. 6. Skaningu optyczny: a) pomiar prostej, b) pomiar wycinka okręgu

O-INSPECT – konstrukcja

Maszyna **O-INSPECT** ma nieruchomy portal i ruchomy stół wyposażony w szklaną płytę umożliwiającą pomiary w świetle przechodzącym. Prowadnice maszyny oraz układy pomiarowe są całkowicie zakryte i odpowiednio zabezpieczone przed zanieczyszczeniami, które można spotkać na wydziale produkcyjnym. Swobodny dostęp do przestrzeni pomiarowej z przodu i z tyłu maszyny umożliwia zastosowanie automatycznych lub ręcznych paletowych systemów załadunkowych. Zintegrowany system tłumienia drgań pozwala na postawienie maszyny w dowolnym miejscu, a dynamiczne napędy sprawiają, że jest ona wysoko produktywną maszyną pomiarową, która może być zainstalowana w bezpośrednim sąsiedztwie linii technologicznej. Podobnie jak we wszystkich maszynach produkcji **Carl Zeiss**, **O-INSPECT** ma przestrzenną mapę korekcji błędów

reszkowych **CAA** (*Computer Aided Accuracy*). Konstrukcja maszyny umożliwia prostą instalację na zasadzie *włącz i mierz*, dzięki której może być łatwo i szybko przestawiona w miejsce, gdzie jest w danej chwili potrzebna.

W **O-INSPECT** wykorzystany został stosowany prawie we wszystkich obecnie produkowanych maszynach **Carl Zeiss** nowoczesny układ sterowania Zeiss ISC (*Intelligent Scanning Controller*) C99N [1].

O-INSPECT – oprogramowanie CALYPSO®

Podobnie, jak prawie wszystkie współrzędnościowe maszyny pomiarowe produkcji **Carl Zeiss**, maszyna **O-INSPECT** jest sterowana z poziomu oprogramowania Zeiss **CALYPSO®** (rys. 7a), które – oprócz pomiarów dotykowych w skaningu – ma zintegrowany moduł analizy obrazu, wykorzystywany już wcześniej w maszynach wyposażonych w skanującą głowicę optyczną Zeiss **ViScan**. W pomiarach optycznych – poza kalibracją i sterowaniem systemem optycznym – oprogramowanie pomiarowe **CALYPSO®** przeprowadza opisaną wcześniej cyfrową analizę obrazu. Oprogramowanie pozwala na użycie w jednym cyklu pomiarowym zarówno systemu optycznego, jak i dotykowego – automatycznie rozpoznając, który z systemów jest wykorzystywany.

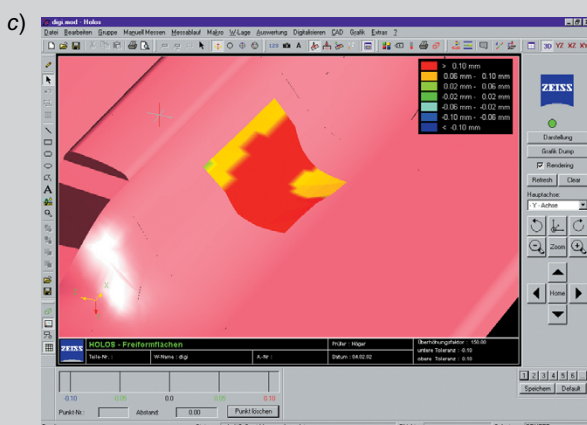
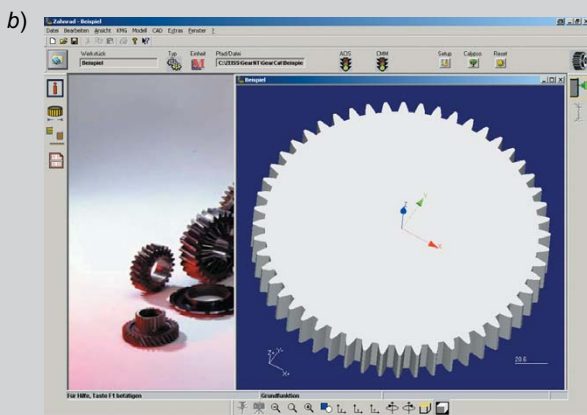
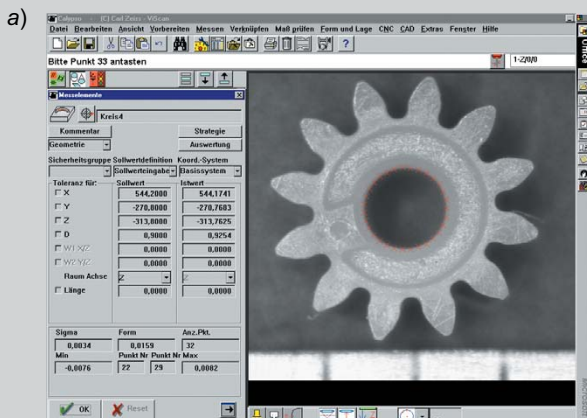
CALYPSO® jest oprogramowaniem bazującym na modelu CAD. Pozwala ono na rzeczywiste pomiary 3D części, dla których mamy model CAD, ale również wtedy, gdy takim modelem nie dysponujemy (model jest tworzony podczas pomiaru części). Ponadto zorientowane obiektowo oprogramowanie pomiarowe **CALYPSO®** umożliwia selekcję dowolnej liczby elementów mierzonych, bez konieczności tworzenia oddzielnego programu pomiarowego i pozwala na ich niesekwencyjny pomiar bez obawy, że dojdzie do kolizji z częścią. Możliwość wyboru mierzonych charakterystyk stanowi dużą korzyść programu pomiarowego [5].

W przypadku bardziej skomplikowanych pomiarów części o specjalnej geometrii istnieje możliwość użycia dodatkowego, specjalistycznego oprogramowania uruchamianego z poziomu **CALYPSO®**, np. do pomiarów małych kół zębatych **GEAR PRO®** (rys. 7b) lub powierzchni krzywkreślnych 3D **HOLOS** (rys. 7c).

LITERATURA

1. A. LINDMAYER: **O-INSPECT** from **Carl Zeiss**: Optical and Contact Scanning – Innovation SPECIAL Metrology 9, Carl Zeiss, 2007.
2. F. HOBEN, D. IMKAMP: Multi Application Sensor System **MASS** „Greater than the Sum of Its Sensors” – Innovation SPECIAL Metrology 9, Carl Zeiss, 2007.
3. M. MIGACZ: Współrzędnościowa maszyna pomiarowa **ACCURA®** z systemem **MASS**. *Mechanik* 3, 2007.
4. D. IMKAMP, K. SCHEPPERLE: The Application Determines the Sensor: **VAST®** Scanning Probe Systems. Innovation SPECIAL Metrology 8, Carl Zeiss 2006.
5. R. SOWIŃSKI: **CALYPSO®** planner – nowe perspektywy programowania off-line maszyn pomiarowych. *Mechanik* 5-6, 2004.

Opracował: mgr inż. Marek Migacz
Carl Zeiss Sp. z o.o. – Przemysłowa Technika Pomiarowa



Rys. 7. Przykłady wykorzystania oprogramowania pomiarowego na maszynie **O-INSPECT**: a) pomiar optyczny otworu centrycznego w kole zębatym – program **CALYPSO®**, b) oprogramowanie do pomiaru kół zębatych **GEAR PRO®** bazujące na modelu CAD, c) oprogramowanie do pomiaru powierzchni krzywkreślnych **HOLOS**

Carl Zeiss Sp. z o.o. Metrologia Przemysłowa

ul. Św. Andrzeja Boboli 8/4
02-525 Warszawa
tel. 022 881 02 49, -50
fax 022 848 23 53
e-mail: imt@zeiss.pl
www.zeiss.pl
www.zeiss.de/imt

