



Współrzędnościowa maszyna pomiarowa ACCURA® z systemem MASS

Różne zadania pomiarowe wymagają użycia różnych głowic pomiarowych. Kupując współrzędnościową maszynę pomiarową często nie wiemy, do jakich zadań w przyszłości będzie ona wykorzystywana. Zawsze należy szczegółowo rozważyć, która z głowic – centralna czy z przegubem obrotowo-uchyłnym, dotykowa czy bezdotykowa – będzie lepiej wykonywała obecne i przyszłe zadania pomiarowe. Oczywiście możemy mieć pewne przesłanki związane z obecnie produkowanymi wyrobami, ale nie zawsze będą one trafne w 100%. Często duża różnorodność zadań sprawia, że zastosowanie tylko jednego rozwiązania znacznie utrudnia lub wręcz uniemożliwia prawidłowe ich wykonanie przy użyciu posiadanej głowicy. Również kompromis między funkcjonalnością a dokładnością nie zawsze musi być wyborem ostatecznym – na cały okres życia współrzędnościowej maszyny pomiarowej. Dotyczy to w szczególności firm, w których profil produkcji często ulega zmianie lub laboratoriów wykonujących pomiary dla potrzeb całego zakładu, a także świadczących usługi na zewnątrz. Dlatego też współrzędnościowa maszyna pomiarowa produkcji Carl Zeiss – ACCURA® dzięki systemowi MASS (*Multi Application Sensor System*) – daje możliwość łatwej adaptacji do każdego zadania pomiarowego, poprzez prostą zamianę głowic, bez konieczności wykonania drogiego i często nieodwracalnego przebrojenia na inny typ głowicy pomiarowej.

Dotykowo czy bezdotykowo, impulsowo czy skanowaniem?

Współczesne współrzędnościowe maszyny pomiarowe mogą być wyposażone w różne typy głowic pomiarowych – zarówno dotykowych jak i bezdotykowych, impulsowych czy skanujących. Wybór jest trudny, ale nie musimy się wiązać na zawsze z jednym rozwiązaniem. W przypadku dużej części zadań pomiarowych dotykowe pomiary impulsowe nie zapewniają wystarczającej powtarzalności pomiaru lub szybkości zbierania dużej liczby punktów pomiarowych. W takim wypadku dużo lepszym rozwiązaniem jest użycie dotykowych głowic skanujących. Są jednak zadania pomiarowe, które nie mogą być wykonane dotykowo i w takich wypadkach stosuje się optyczne głowice pomiarowe. Przykładem zastosowania metody optycznej są pomiary części z miękkich materiałów lub o małych gabarytach, które uniemożliwiają wykonanie pomiaru metodą dotykową. System MASS stosowany we współrzędnościowej maszynie pomiarowej ACCURA® (rys. 1) umożliwia użycie zarówno centralnych, aktywnych dotykowych głowic skanujących, przegubu obrotowo-uchyłnego z pasywną dotykową głowicą skanującą, jak również optycznej głowicy skanującej.

System MASS

Multi Application System Sensor (MASS) pozwala na użycie aktywnej, skanującej głowicy centralnej oraz głowic, które mogą być mocowane w przegubie obrotowo-uchyłnym, pracujących w systemie *Multi Probe Sensor* (MPS). Jest to możliwe dzięki doprowadzeniu przewodów zasilających, sterujących oraz informacyjnych do miejsca zamocowania głowicy, a także odpowiedniej konstrukcji uchwytu mocującego głowicę. Wymiana głowic współpracujących z przegubem obrotowo-uchyłnym (MPS) może odbywać się w trybie automatycznym lub ręcznym, natomiast wymiana przegubu na głowicę centralną przez użyt-

kownika – w trybie ręcznym. MASS nie tylko w każdej chwili umożliwia zastosowanie optymalnego rozwiązania, nawet do najbardziej wymagających zadań pomiarowych, ale również pozwala zaoszczędzić na kosztownym przebrojeniu współrzędnościowej maszyny pomiarowej.

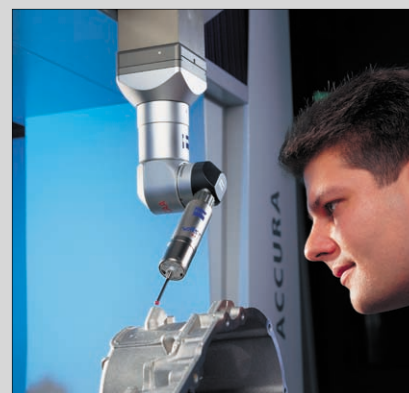
Dotykowe, pasywne głowice skanujące

Do zadań pomiarowych, przy których konieczne jest zastosowanie dużej liczby różnych położeń kątowych trzpienia pomiarowego (np. turbiny z łopatkami, części tłoczne z blachy), najlepszym rozwiązaniem wydaje się użycie przegubu obrotowo-uchyłnego. Do maszyny



Rys. 1. Współrzędnościowa maszyna pomiarowa ACCURA®

ACCURA® możemy użyć przegubu produkcji Carl Zeiss RDS oraz pasywnej głowicy skanującej Zeiss VAST®XXT (rys. 2). Jest to możliwe



Rys. 2. Pasywna głowica skanująca VAST®XXT podczas pomiaru

m.in. dzięki małym wymiarom oraz małej masie głowicy VAST®XXT. Uzyskujemy w ten sposób dużą funkcjonalność i łatwość przygotowania maszyny do wykonania zadania pomiarowego.

Głowica VAST®XXT – dzięki możliwości nastawiania z poziomu oprogramowania siły nacisku – doskonale nadaje się do pomiaru drobnych części (rys. 3) oraz części wykonanych



Rys. 3. Przykłady zastosowań głowicy VAST®XXT do pomiarów małych części

z miękkich materiałów małymi trzpieniami pomiarowymi o małej sztywności. Nacisk pomiarowy jest generowany mechanicznie poprzez sprężynę. Aby mieścił się on w rozsądnych granicach (zakres charakterystyki liniowej sprężyny), głowica pasywna VAST®XXT ma mały zakres pomiarowy $\pm 0,5$ mm mimo dużego maksymalnego wychylenia ± 3 mm. Ograniczony zakres pomiaru wymaga częstego dosterowania pozycji maszyny, tak by stale mieścić się w jego granicach; powoduje to zmianę nacisku pomiarowego, a co za tym idzie również zmianę wartości ugięcia końcówki pomiarowej. Ma to wpływ na dobór właściwej prędkości skaningu, gwarantującej wymaganą dokładność. Aby zachować specyfikowaną dokładność maszyny oraz optymalną prędkość podczas skaningu głowicą pasywną VAST®XXT,

w maszynie ACCURA® zastosowano nowoczesny układ sterowania C99N.

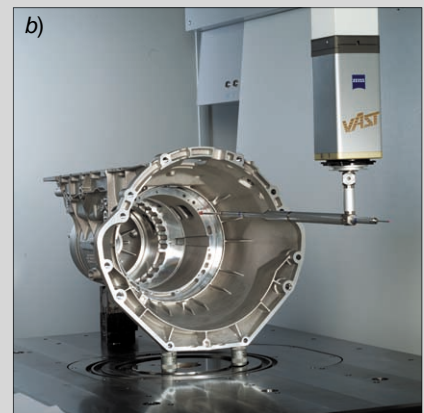
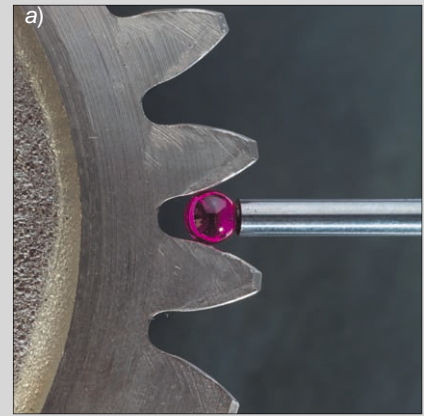
Sztywna konstrukcja głowicy VAST®XXT, oparta na precyzyjnym przegubie Cardana, umożliwia pomiary trzpieniami pomiarowymi o długościach w zakresie $30 \div 250$ mm tylko dwiema głowicami pomiarowymi VAST®XXT TL1 i TL2. Pomiary w skaningu nie zawsze odbywają się w płaszczyźnie XY; dlatego też głowica VAST®XXT przystosowana jest również do pomiaru końcówką gwiazdzistą z trzpieniami pomiarowymi bocznymi o długości do 40 mm dla obu głowic TL1 i TL2.

Pod względem dokładności pomiaru punktami pojedynczymi, pasywna głowica VAST®XXT w niczym nie ustępuje głowicy aktywnej VAST®XT. Podczas skanowania głowica aktywna jest jednak znacznie szybsza.

Dotykowe, aktywne głowice skanujące

Zastosowanie pasywnych głowic pomiarowych z przegubem nie jest rozwiązaniem optymalnym dla wszystkich zadań pomiarowych. Przykładem może być pomiar długich, poziomych, dokładnych otworów, kół zębatych o dużych dokładnościach, czy użycie skaningu we współrzędnościowych maszynach pomiarowych serii *In-Line* stosowanych na wydziałach produkcyjnych. W tym obszarze zastosowań centralne, aktywne głowice skanujące zdecydowanie lepiej spełniają stawiane im zadania pomiarowe zarówno pod względem dokładności, jak i szybkości ich wykonania. Przykładowe zastosowania głowicy aktywnej pokazuje rys. 4 a) b).

W przeciwieństwie do głowicy pasywnej, nacisk pomiarowy jest generowany poprzez napęd elektryczny (a nie sprężynę mechaniczną) i jest on stały w całym zakresie pomiarowym głowicy ± 2 mm. Dzięki temu sterowanie współrzędnościową maszyną pomiarową podczas skaningu jest znacznie prostsze dla aktywnych głowic skanujących. Ciągły pomiar siły w trzech kierunkach umożliwia odpowiednie, aktywne dosterowanie nacisku pomiarowego, tak aby miał on stałą wartość oraz był wywierany zawsze



Rys. 4. Przykłady zastosowania centralnej aktywnej głowicy skanującej: a) pomiar samocentrujący, b) kombinacja długich końcówek

w kierunku prostopadłym do płaszczyzny stycznej w danym miejscu powierzchni 3D. Wymienione cechy aktywnych głowic skanujących sprawiają, że możemy przy ich użyciu mierzyć dokładniej niż głowicami pasywnymi, z tą samą prędkością skaningu lub znacznie szybciej, przy zachowaniu tej samej dokładności pomiaru. Ma to szczególne znaczenie tam, gdzie liczy się zarówno czas, jak i dokładność skaningu.

Szczególnie istotne jest stosowanie aktywnych głowic pomiarowych do pomiaru odchyłek współosiowości, gdy pomiary należy wykonać z dwóch stron części. W takim przypadku dla maszyny z przegubem obrotowo-uchyłnym wymagana jest zmiana pozycji przegubu pomiarami dwóch wałców, dla których ma zostać wyznaczona cecha pomiarowa. Głowica aktywna wypada w tym teście znacznie lepiej, m.in. dlatego, że nie ma potrzeby zmiany położenia trzpienia pomiarowego (wyeliminowanie błędu pozycjonowania przegubu). Dzięki specjalnemu systemowi liniowego przemieszczania się (a nie kąтового,

jak w głowicach pasywnych) ruchomych równoległoboków zachowane są dokładności pomiaru przy użyciu długich końcówek (do 800 mm).

Głowice aktywne mają dodatkowo możliwość wykonania pomiarów w trybie samocentrującym (rys. 4a), który może być przydatny np. przy wyznaczaniu układu współrzędnych z nakiełków, kąтового ustawienia koła zębatego lub pomiaru podziałki i bicia dla kół zębatych. Zaletą głowic centralnych jest również optymalne wykorzystanie zakresu pomiarowego maszyny, dzięki czemu niektóre z zadań pomiarowych są możliwe do wykonania na maszynie o numer mniejszej niż w przypadku głowicy pasywnej z przegubem obrotowo-uchyłnym.

VAST navigator® – skaninig 3 generacji

Maszyna ACCURA® może być wyposażona również w najnowocześniejsze aktywne głowice skanujące VAST® gold lub VAST® XT gold stosowane w technologii VAST navigator®. Oprócz zoptymalizowanej konstrukcji aktywnej głowicy skanującej oraz standardowej korekcji błędów statycznych współrzędnościowej maszyny pomiarowej CAA (*Computer Aided Accuracy*) zastosowano nowy, specjalny sposób korekcji błędów dynamicznego odkształcenia maszyny DCAA (*Dynamic Computer Aided Accuracy*) oraz dynamicznego ugięcia końcówki pomiarowej. Dzięki dynamicznej kalibracji trzpienia pomiarowego układ sterowania maszyny uzyskuje informacje o zachowaniu trzpienia przy skaningu z różnymi prędkościami i naciskami wywieranymi z różnych kierunków. Podczas pomiaru, układ sterowania przewiduje wielkości ugięć dynamicznych współrzędnościowej maszyny pomiarowej oraz trzpienia pomiarowego i odpowiednio dostawia tor ruchu maszyny, tak by ugięcie było minimalne przy zachowaniu stałego nacisku pomiarowego. Dzięki temu możliwe jest przeprowadzanie pomiarów w skaningu z prędkościami nawet kilkanaście razy większymi niż w przypadku standardowej, aktywnej głowicy skanującej oraz kilkadziesiąt razy szybciej niż wykonuje je głowica pasywna. Zaletą dynamicznej korekcji jest pomiar w skaningu z tą samą dokładnością w róż-

nych miejscach przestrzeni pomiarowej maszyny, bez konieczności (jak to ma miejsce w przypadku głowicy pasywnej) uciążliwej „kalibracji wzorcem” o wymiarach zbliżonych do mierzonego elementu, ustawianego w miejscu wykonywania pomiaru. Opcja oprogramowania CALYPSO® navigator wspomaga operatora maszyny, dobierając optymalną do danego zadania pomiarowego prędkość skaningu, by zawsze skanować z możliwie dużą prędkością, zachowując odpowiednią dokładność pomiaru. Dodatkową zaletą opcji navigator jest stychny (bez zatrzymania) dojazd do elementu mierzonego, pomiar po spirali oraz stychny odjazd od elementu po wykonaniu pomiaru. Do zastosowania technologii VAST® navigator konieczny był również nowoczesny układ sterowania C99N, który musi nadążać ze sterowaniem ruchami maszyny z dużymi prędkościami, błyskawicznie analizować sytuację i umożliwić zbieranie dużej liczby punktów w czasie rzeczywistym.

Głowice bezdotykowe – optyczna maszyna pomiarowa

Niektóre zadania pomiarowe nie mogą być wykonane przy użyciu dotykowych głowic pomiarowych. Najczęściej przyczyną jest bardzo mała sztywność materiału, z którego wykonana jest część lub bardzo małe jej rozmiary. W takim wypadku maszyna ACCURA® może zostać wyposażona w przegub obrotowo-uchyłny RDS i optyczną skanującą głowicę ViScan (rys. 5), która jest kamerą cyfrową o dużej rozdzielczości. Głowica ViScan może pracować zarówno w świetle przechodzącym, jak i odbitym. Dobór odpowiedniego natężenia podświetlenia w poszczególnych sektorach jest odpowiednio sterowany z poziomu oprogramowania, tak by zapewnić optymalne warunki rozpoznawania krawędzi. W przypadku pomiarów w świetle przechodzącym, możliwe jest użycie dodatkowego stolika z podświetleniem, na którym będą mocowane części mierzone. Jedną z wielu zalet zastosowania przegubu z głowicą ViScan jest możliwość pomiaru z wykorzystaniem różnych pozycji przegubu RDS (a nie tylko w płaszczyźnie XY, jak to ma miejsce w klasycznych optycznych maszynach pomiarowych).



Rys. 5. Optyczna głowica skanująca ViScan

LITERATURA:

1. D. IMKAMP, K. SCHEPPERLE: The Application Determines the Sensor: VAST Scanning Probe Systems. *Innovation SPECIAL Metrology* 8, Carl Zeiss 2006.
2. D. IMKAMP, F. BADER, W. FRANZ: Multi-sensor systems from Carl Zeiss – multiple uses from GAUDLITZ. *Innovation SPECIAL Metrology* 5, Carl Zeiss 2003.
3. R. BERNHARDT, D. IMKAMP, H. MÜLLER: The VAST Navigator for increased productivity on coordinate measuring machines. *Innovation SPECIAL Metrology* 6, Carl Zeiss 2004.

Opracował: mgr inż. Marek Migacz



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