

AUTORZY:

Krzysztof Gębarski, Dariusz Jasiński
SMARTTECH – Łomianki ul. Raławicka 30
www.skanner3d.pl
biuro@smarttech3d.com

**Dokładność metrologiczna bezdotykowego skanera 3D wg Normy
VDI/VDE 2634 –przykłady pomiarów, certyfikowanym, polskim skanerem
3D firmy SMARTTECH**

STRESZCZENIE:

W artykule przedstawiono procedurę weryfikacji dokładności pomiarowej skanera 3D scan3D DUAL VOLUME według zaleceń niemieckiego PTB zgodnie z normą VDI/VDE 2634. Omówiono rodzaje błędów, które są wyznaczane podczas weryfikacji, oraz metodę ich wyznaczania. Zaprezentowano wzorce geometryczne służące do sprawdzania odchyłki płaskości i sferyczności oraz obliczania błędu długości skanera 3D. Dodatkowo wyjaśniono powody, dla których przeprowadza się certyfikację dokładności skanera 3D.

SŁOWA KLUCZOWE:

skaner 3D, scan3D DUAL VOLUME, SMARTTECH, dokładność, certyfikat dokładności, wzorzec, objętość pomiarowa, odchyłka, PTB, VDI/VDE 2634

Contactless measurement accuracy of polish 3D scanner, produced by
SMARTTECH, according to VDI/VDE 2634 procedures - examples.

ABSTRACT:

The article is showing the verification procedure of the measuring accuracy of scanner 3 D, according to recommendations of the German PTB with VDI/VDE 2634 norm. Types of errors which are appointed during the verification were discussed and the method of appointing them. It was shown the geometrical tools used for checking the deviation of the flatness and curves and also presented calculations of 3D scanner long error. Additionally were explained reasons of the performance certification of the accuracy of the 3D scanner.

KEYWORDS:

3D scanner, scan3D DUAL VOLUME, SMARTTECH, accuracy, certificate of the accuracy, calibrational model, measuring volume, deviation, PTB, VDI/VDE

Dokładność metrologiczna bezdotykowego skanera 3D wg Normy VDI/VDE 2634 –przykłady pomiarów, certyfikowanym, polskim skanerem 3D firmy SMARTTECH

Bezdotykowe urządzenia pomiarowe takie jak skanery 3D już od ponad dekady goszczą na polskim rynku przemysłowym. Ze względu na wygodę użytkowania i efektywność pomiaru w porównaniu do maszyn współrzędnościowych skanery 3D zyskują coraz większą popularność. Jednym z ostatnich argumentów przeciwko bezdotykowym pomiarom był brak norm pozwalających na weryfikację dokładności tych urządzeń. Poniższy artykuł przedstawia niemiecką normę określającą sposób sprawdzania dokładności pomiarowej skanerów bezdotykowych VDI/VDE 2634 part 2. Każdy ze skanerów 3D produkowany przez firmę SMARTTECH jest sprawdzany zgodnie w normą, dodatkowo dla klientów wymagających dodatkowej dokumentacji dokładność systemu może być certyfikowana przez akredytowane laboratorium pomiarowe tym samym uzyskując referencyjność równą standartowej maszynie współrzędnościowej.

Certyfikacja a tym samym utrzymanie dokładności pomiarowej przez okres użytkowania skanera 3D jest możliwe tylko w przypadku skanerów skalibrowanych na stałe na daną objętość i posiadających szczelnie zamkniętą obudowę takich jak scan3D DUAL VOLUME, którego procedurę sprawdzenia zaprezentowano w artykule poniżej.

Skaner 3D – parametry

Skaner 3D jest urządzeniem metrologicznym, który w sposób bezdotykowy dokonuje pomiaru powierzchni i zapisuje ją w postaci uporządkowanych w przestrzeni punktów. Zasada działania skanera 3D polega na oświetleniu, układem projekcyjnym skanowanego przedmiotu i za pomocą detektora, zebraniu serii zdjęć. Poddane komputerowej analizie fotografie są wykorzystane do obliczenia przestrzennej chmury punktów. Podstawowymi parametrami skanera 3D są:

- Dokładność skanowania
- Rozdzielczość chmury punktów
- Objętość pomiarowa
- Czas pomiaru



SKANERY 3D

Skaner scan3D DUAL VOLUME:

- Dwie stałe certyfikowalna objętość pomiarowe pozwalające na precyzyjne pomiary drobnych detali i wygodne pomiary dużych obiektów
- Najwyższa na rynku rozdzielczość -10MPix, gęstość próbkowania do 350 pkt/mm².
- Praca w dwóch trybach rozdzielczości pozwalająca na optymalizację czasu obróbki danych przy obiektach o prostszej geometrii.
- Dokładność pomiaru do 0,02 mm.

Wytyczne VDI/VDE 2634

Określają następujące parametry:

- błąd układu głowicy optycznej - wykonywany na pojedynczej kuli,
- błąd wskazania długości - wykonywany na wzorcu „ball bar”,
- błąd płaskości - wykonywany na płaskiej płytce.

Procedura postępowania

Pierwszy parametr opisuje błąd charakterystyczny dla optycznych systemów pomiarowych 3D opartych na skanowaniu powierzchni w małym zakresie pomiarowym, czyli jest to: *odległość między środkiem sfery wyznaczonej z zastosowaniem kryterium Gaussa (metoda najmniejszych kwadratów) – będącej elementem skojarzonym, opartym na skończonej liczbie punktów pomiarowych skorygowanym na tym samym kulistym wzorcu materialnym wymiaru – a punktem pomiarowym skorygowanym na tym samym kulistym wzorcu materialnym wymiaru.*

Jako wzorec stosowana jest kula (rys. 1) o średnicy $\hat{S}r$ z materiału odpowiednio rozpraszającego światło:

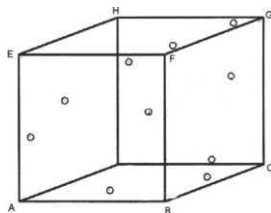
$$\hat{S}r = (0,1 \dots 0,2) L0 \quad (1)$$

gdzie: $L0$ – przekątna mniejszego prostokątnego równoległościanu obejmującego przestrzeń pomiarową.



Rys. 1. Wzorec do testowania błędu układu głowicy optycznej, kula o średnicy 79,9994 mm, błąd kształtu: wartość zmierzona 0,0023 mm, niepewność pomiaru 0,0016mm.

Procedura polega na pomiarze kuli w co najmniej 10 ustawieniach w całej przestrzeni pomiarowej (rys. 2).



Rys. 2. Schemat ustawienia wzorca kuli do wyznaczenia błędu układu głowicy optycznej

Na kolejnym etapie, stosując funkcję „best fit” , wyznacza się promień kuli, a następnie oblicza różnicę między rzeczywistym promieniem skalibrowanej kuli a uzyskanym wynikiem. Operacje te wykonuje się oddzielnie dla każdej z 10 pozycji. Dane oblicza się dla każdej z kul i wpisuje do tabeli. Wynik przeprowadzonej próby będzie pozytywny wówczas, gdy żaden z błędów wpisanych do tablicy nie będzie większy od maksymalnej dopuszczalnej wartości, wynoszącej maks. 1/5 charakterystyki wymiarowej wzorca kuli, a za niepewność pomiaru uzna się najwyższą wartość z otrzymanych różnic (tabl. I).

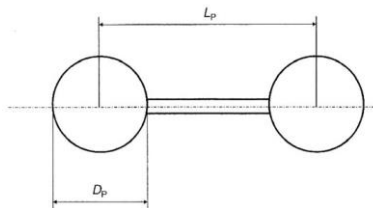


Rys. 3. Stanowisko przygotowane do wykonania weryfikacji dokładności pomiarowej według niemieckiej normy VDI/VDE 2634

TABLICA I . Obliczanie błędu układu głowicy optycznej

Wzorcowa	Zmierzona	Obliczona
$\bar{S}r.k$, mm	$\bar{S}r.m$, mm	$\Delta\bar{S}r.$, mm
79,9994	79,9950	0,0044

Kolejnym wyznaczanym parametrem jest błąd wskazania długości, określane wzorcem „ball bar” (dwie kule wykonane z odpowiedniego materiału). Wymiary wzorców wynikają z zależności podanych na rys. 4.



Rys. 4. Schemat wzorca do testowania błędu wskazania długości:

$$L_p > 0,3 L_0$$

$$D_p = (0,1 \dots 0,2) L_0$$

L_0 – przekątna prostokątnika opisującego zakres pomiarowy

L_p – odległość między środkami kul

D_p – średnica kuli

Parametr służy do weryfikacji prawidłowego odtwarzania przez skaner 3D długości. Według zaleceń VDI/VDE jest to różnica długości między wartością zmierzoną a wykalibrowaną (rzeczywistą) między środkami kul. Wyznacza się ją ze wzoru:

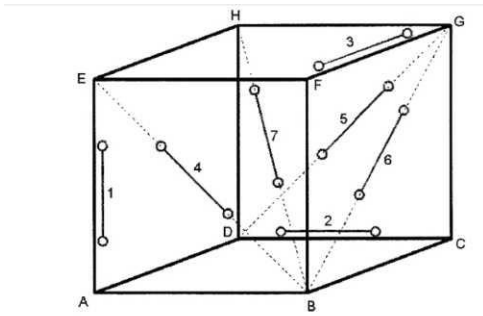
$$\Delta l = l_m - l_k$$

gdzie:

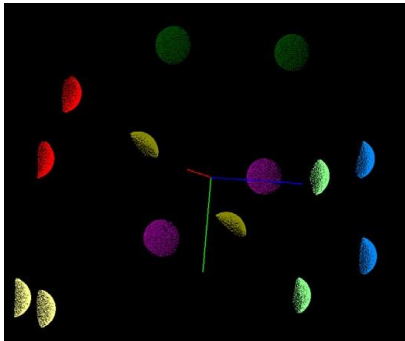
Δl – błąd odległości między środkami kul

l_m – zmierzona wartość długości

l_k – wzorcowa wartość długości

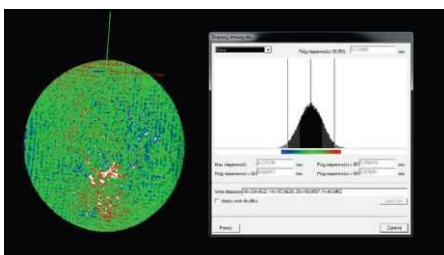


Rys. 5. Schemat ustawienia wzorca „ball bar” do testowania błędu wskazania długości



Rys. 6. Widok chmur punktów wzorca „ball bar”

W celu wyznaczenia parametru należy zmierzyć wzorec pomiarowy w pozycjach przedstawionych na rys. 5 i 6. Do każdej z dwóch kul wzorca za pomocą funkcji „best fit” (rys. 7) dopasowana zostaje sfera. Automatycznie w programie Mesh3D, wyliczony zostaje promień sfery oraz jej współrzędne środka. Mając te dane możliwe jest obliczenie wartości długości między kulami i ze wzoru wyznaczany jest błąd odległości (tabl. II). Podobnie jak przy pierwszym parametrze, wartości nie powinny przekraczać 1/5 wymiaru sprawdzanego we wzorcu. Jako niepewność tego parametru wybiera się najwyższą wartość.

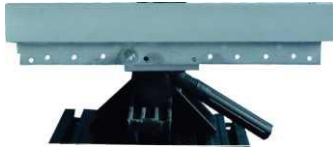


Rys. 7. Widok dopasowania metodą „best fit” idealnej sfery do chmury punktów powstałej z pomiaru kuli wzorca.

TABLICA II. Obliczanie błędu wskazania długości dla jednej pozycji wzorca

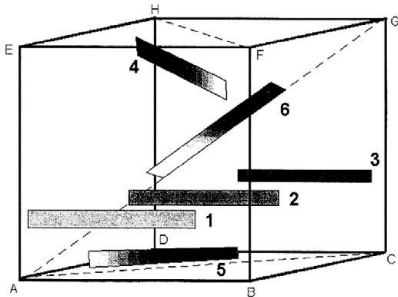
POZYCJA 1											
kula1				kula2				Wzorcowa	Zmierzona	Obliczona	
x, mm	y, mm	z, mm	R, mm	x, mm	y, mm	z, mm	R, mm	Lk, mm	Lm, mm	ΔLp , mm	
141,342	69,560	211,194	40,045	390,658	80,005	190,960	39,981	250,3262	250,3533	0,0271	
6	8	3	1	1	0	0	1				

Ostatnim wyznaczanym parametrem jest błąd płaskości powierzchni. Wytyczne VDI/VDE definiują go jako zakres odległości punktów zmierzonych od płaszczyzny skonstruowanej metodą najmniejszych kwadratów. Wzorzec wykonany jest z materiału o niskiej refleksyjności, którego szerokość nie może być mniejsza niż 50 mm, a długość - od 50% przekątnej bryły opisującej zakres pomiarowy (rys. 8).

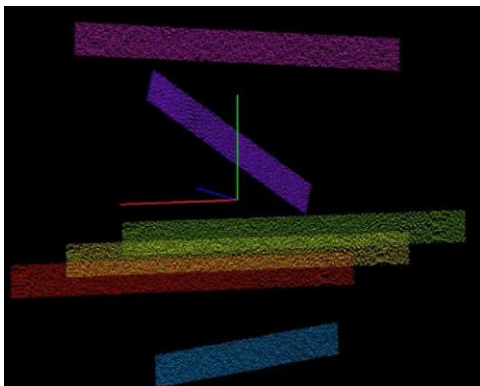


Rys. 8. Wzorzec do testowania błędu płaskości

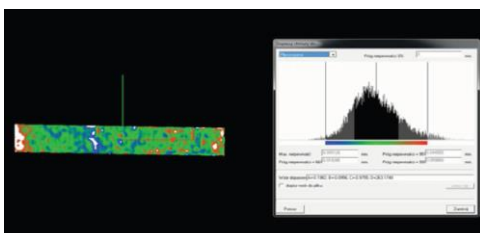
W celu wyznaczenia błędu płaskości należy wykonać pomiar w 6 pozycjach (rys. 9 i 10). Następnie, stosując opcję „best fit” (rys. 11), wyznaczyć próg niepewności dla wszystkich pozycji i obliczyć różnicę między wartościami: wzorcową i otrzymaną z opcji dla każdej pozycji wzorca (tabl. III). Błąd płaskości nie powinien być większy niż $1/5$ mierzonej charakterystyki. Wybieramy najwyższą wartość, która stanowi o niepewności pomiaru urządzenia.



Rys. 9. Schemat ustawienia wzorca płaskości



Rys. 10. Widok chmur punktów wzorca płaskości w programie Mesh3D



Rys. 11. Widok dopasowania idealnej płaszczyzny do chmury punktów powstałej z pomiaru wzorca płaskości

Rys. 12. Certyfikat potwierdzający dokładność skanera 3D wydawany przez Niezależne Akredytowane Laboratoria Pomiarowe (rys. 1, 3, 6–8, 10–12 źródło: SMARTTECH www.skaner3d.pl)



TABLICA III. Obliczanie błędu płaskości wyliczenia przedstawione dla jednej pozycji wzorca

Wzorcowa	Zmierzona	Obliczona
L_k , mm	L_m , mm	ΔL_p , mm
0,0138	0,0599	0,0461

Podsumowanie

Obecnie na polskim rynku SMARTTECH jako jedyny producent dołącza do dokumentacji skanera 3D certyfikat dokładności VDI/VDE 2634. Certyfikat dokładności może być również wystawiony przez niezależne akredytowane laboratorium pomiarowe. Daje to pewność obiektywnych, wiarygodnych i referencyjnych wyników.

Bogate wyposażenie standardowe skanera 3D: lekki statyw z głowicą uchylno-obrotową, wskaźniki laserowe ułatwiające pozycjonowanie skanera względem obiektu mierzonego, a także wytrzymałe i poręczne skrzynie transportowe, sprawiają, że systemy skanowania 3D typu „plug&scan” określane są przez użytkowników mianem optycznych, bezdotykowych maszyn współrzędnościowych.

LITERATURA

- Ostrowska K., Szewczyk D., Śladek J. „Wzorcowanie systemów optycznych zgodnie z normami ISO i zaleceniami VDI/VDE”.
- Optische 3-D-Messsysteme - Bildgebende Systeme mit flächenhafter Antastung, VDI/VDE 2634 Blatt 2, 2012-08 r.