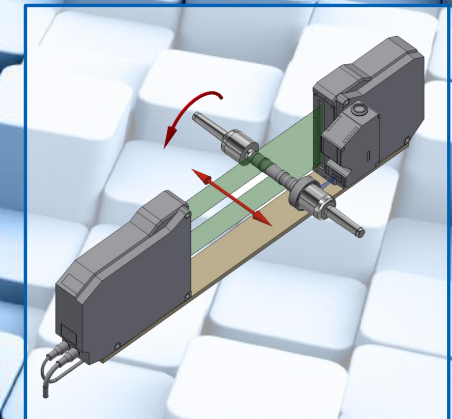
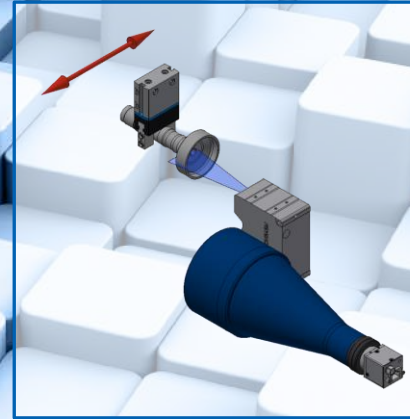
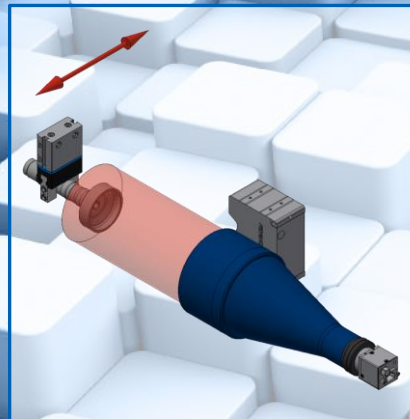
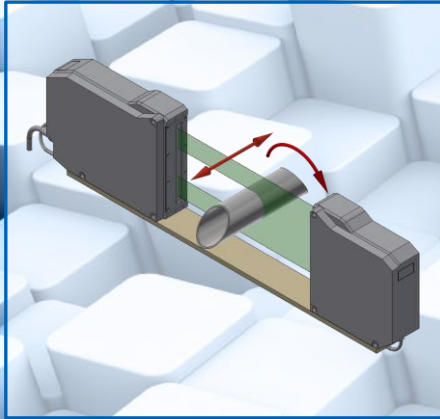




Kontrola jakości wyrobów z zastosowaniem optoelektronicznych technik pomiarowych

mgr inż. Piotr Czajka
ZAKŁAD MECHATRONIKI



1 Wprowadzenie

2 Prezentacja wybranych optoelektronicznych technik pomiarowych

- Metoda inspekcji wizyjnej,
- Mikrometr optyczny,
- Triangulacja laserowa

3 Przykładowe zastosowania wybranych technik pomiarowych:

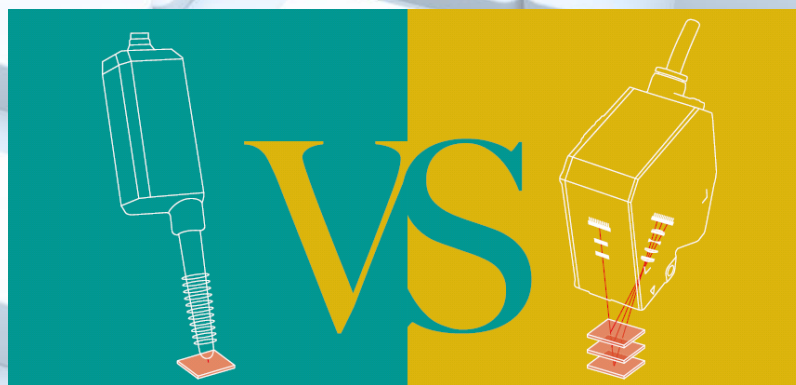
- System automatycznej kontroli jakości rur (studium wykonalności),
- Optomechatroniczny moduł kontroli jakości wyrobów

4 Podsumowanie

5 Dorobek badawczy

- Do pomiaru wielkości geometrycznych szeroko stosowane są metody stykowe. Zaletą tych metod jest bardzo duża dokładność i powtarzalność pomiaru. Mają one jednak pewne wady, m.in.: konieczność bezpośredniego kontaktu końcówki pomiarowej z analizowaną powierzchnią, małą prędkość przesuwu, łatwość uszkodzenia ostrza odwzorowującego, a także możliwość uszkodzenia powierzchni badanych wyrobów.

**Metody
stykowe**



**Metody
bezstykowe**

- Z tego względu od szeregu lat czynione są wysiłki, w celu opracowania innych metod pomiaru wielkości geometrycznych, alternatywnych wobec metod stykowych. Wiodącą rolę odgrywają wśród nich techniki wykorzystujące światło jako nośnik informacji o mierzonych wielkościach.



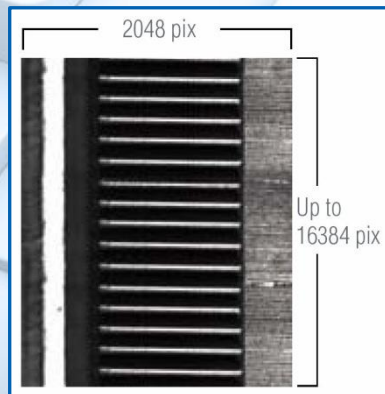
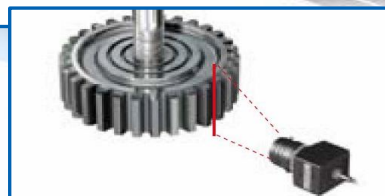
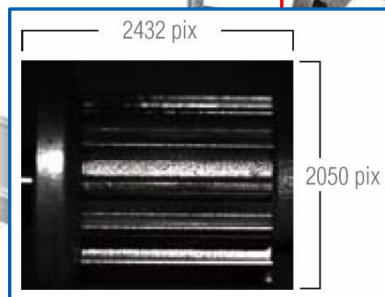
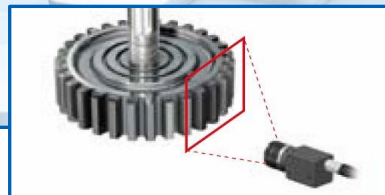
Metoda inspekcji wizyjnej (2D)

• Rodzaj kamery

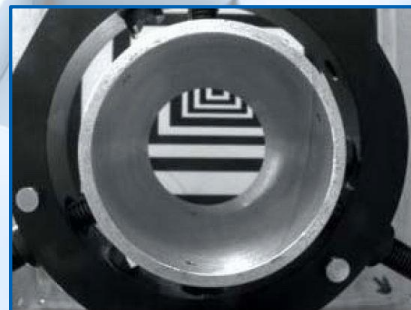
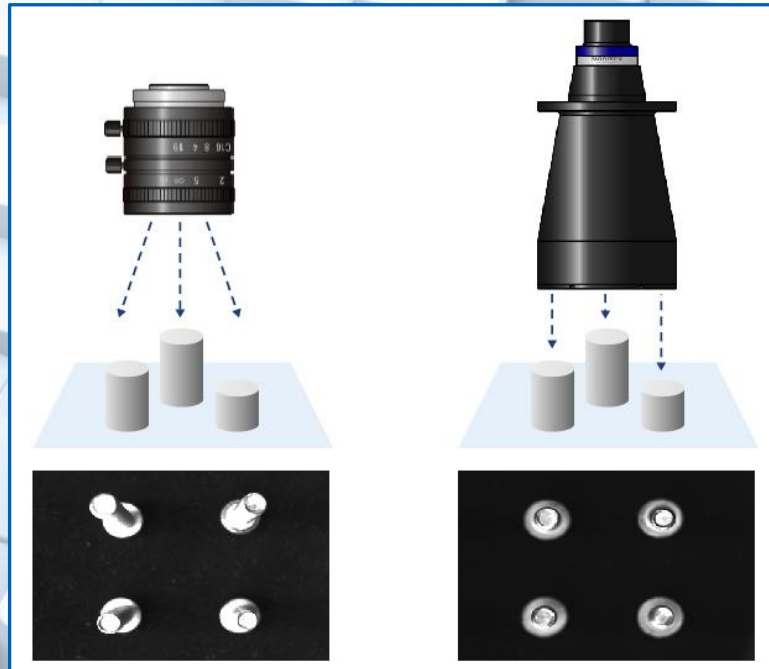
Kamera matrycowa



Kamera linijkowa

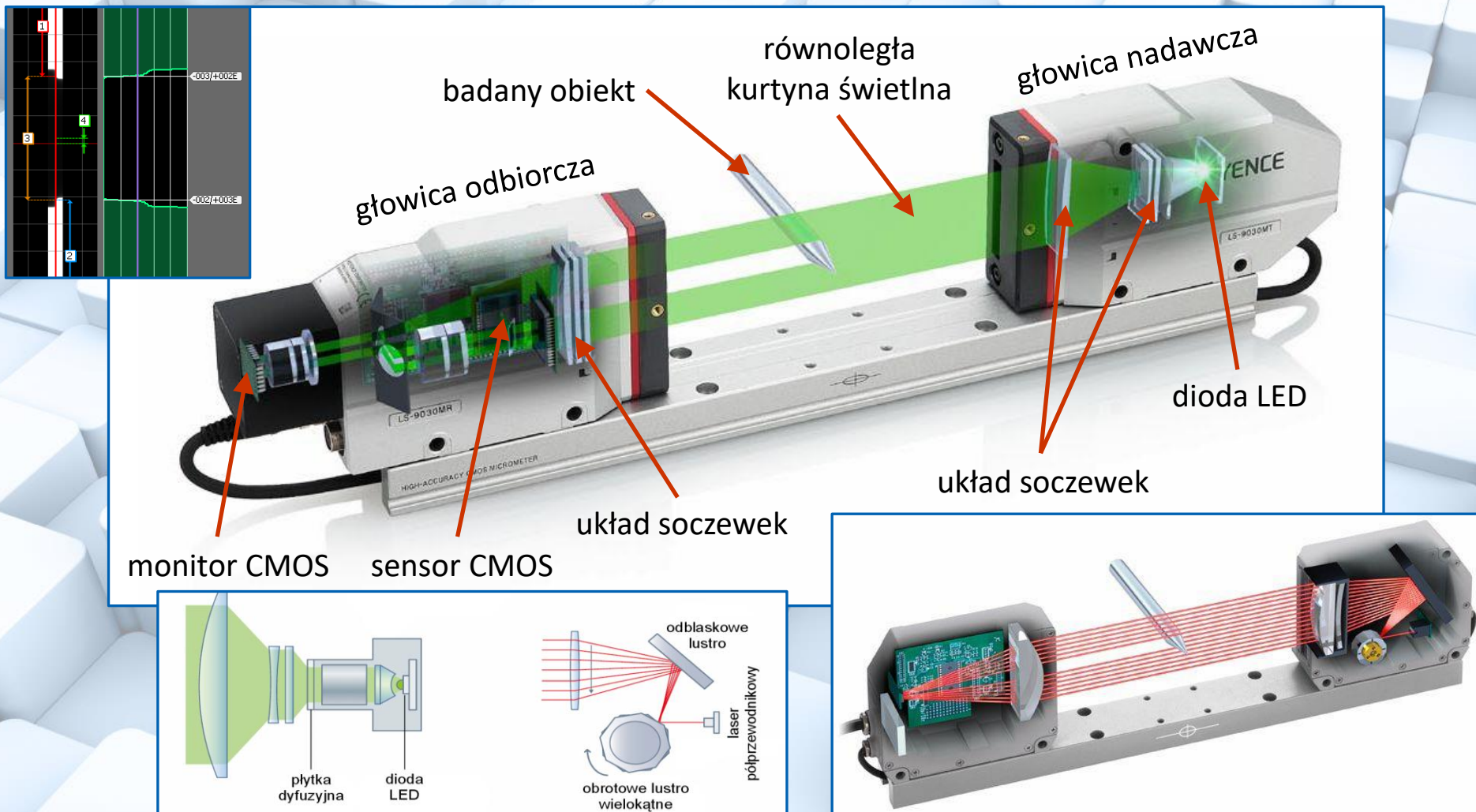


• Rodzaj obiektywu



Mikrometr optyczny (1D)

• Budowa mikrometru optycznego

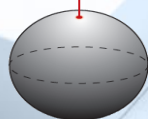




Metoda triangulacji laserowej (1D i 2D)

• Sensor 1D

pomiar wysokości
(współrzędna Z)

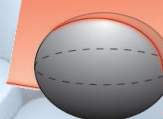


LMI Gocator 1340

- ilość pkt. pom.: 1,
- met. triangulacji 1D,
- skanowanie: 32 kHz.

• Sensor 2D

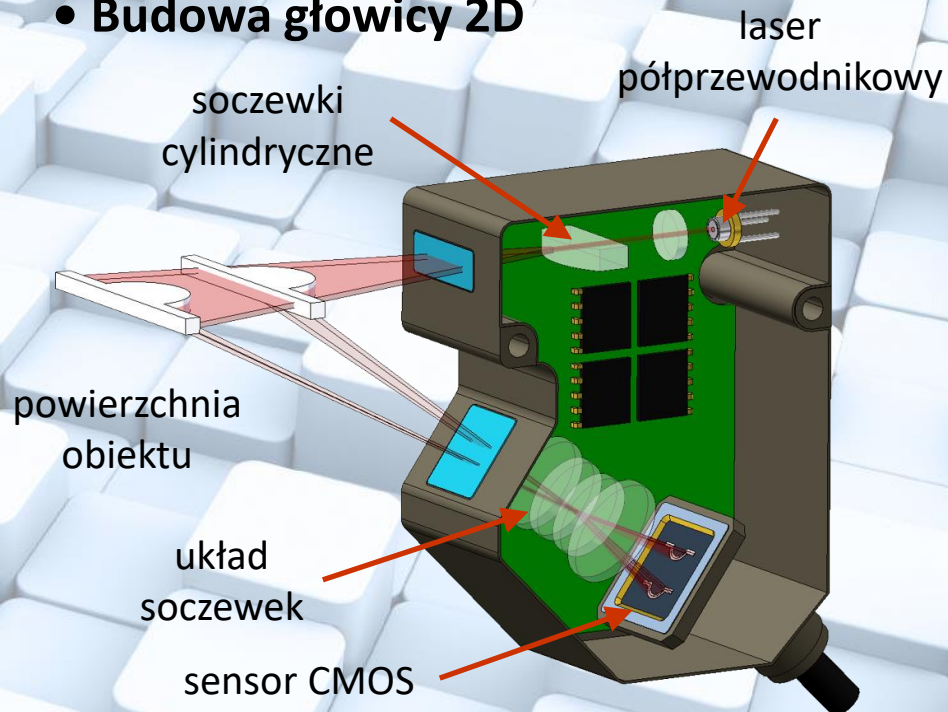
pomiar profilu
(współrzędne X, Z)



LMI Gocator 2340

- ilość pkt. pom.: 1280,
- met. triangulacji 2D,
- skanowanie: 0,17÷5 kHz.

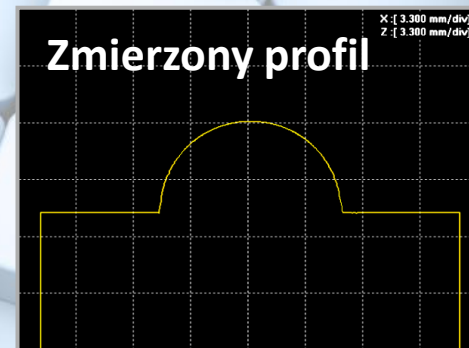
• Budowa głowicy 2D



Obraz z sensora



Zmierzony profil





System automatycznej kontroli jakości rur (studium wykonalności)

• Podstawowe wymagania w zakresie kontroli jakości

1. Pomiary wielkości geometrycznych:

a) pomiar długości:

- zakres pomiarowy: ≥ 540 mm,
- tolerancja dł.: $\varnothing < 100$ mm ($\pm 0,3$ mm),
 $\varnothing > 100$ mm ($\pm 0,5$ mm).

b) pomiar kąta cięcia:

- pomiar z obu stron wyciętych elementów,
- tolerancja odchylenia kąтового: $\pm 10'$.

c) pomiar średnicy zewnętrznej:

- zakres pomiarowy: 18÷170 mm.

d) pomiar odchyłki kołowości:

- wg normy dla rur EN 10217-7 (klasa dokładności D3).

2. Kontrola powierzchni wewn. i zewn. rury:

- uszkodzenia powierzchni (rysy, pęknięcia, ubytki),
- obszary korozji,
- wady spawu (nieciągłość, przepalenia),
- wady krawędzi cięcia (ubytki, grat),
- nieprawidłowe położenie spawu.

3. Wydajność systemu: ok. 100 sztuk/h.

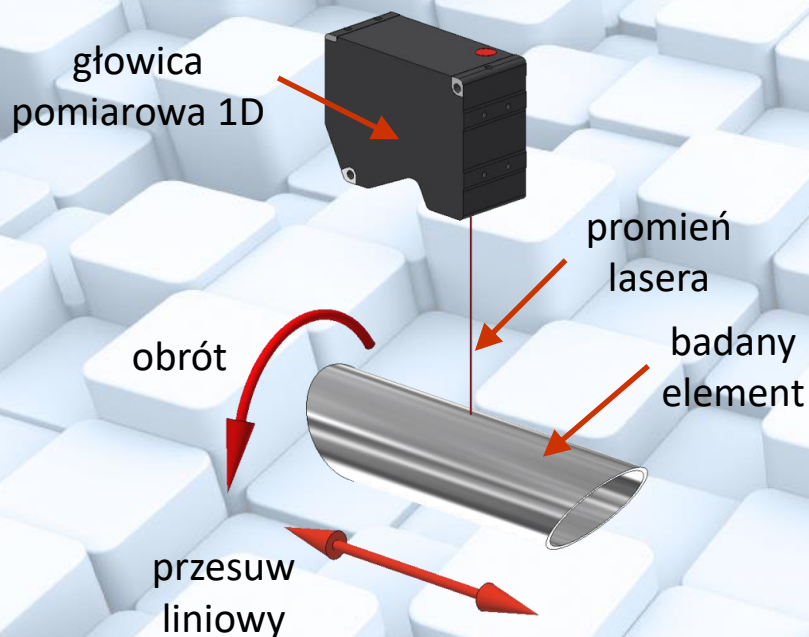
Outside diameter D mm	Tolerance on outside diameter D	
	Tolerance class	Permissible deviation
$D \leq 168,3$	D3	$\pm 0,75\%$ or $\pm 0,3$ mm whichever is the greater
	D4 ^a	$\pm 0,5\%$ or $\pm 0,1$ mm whichever is the greater
$D > 168,3$	D2	$\pm 1,0\%$



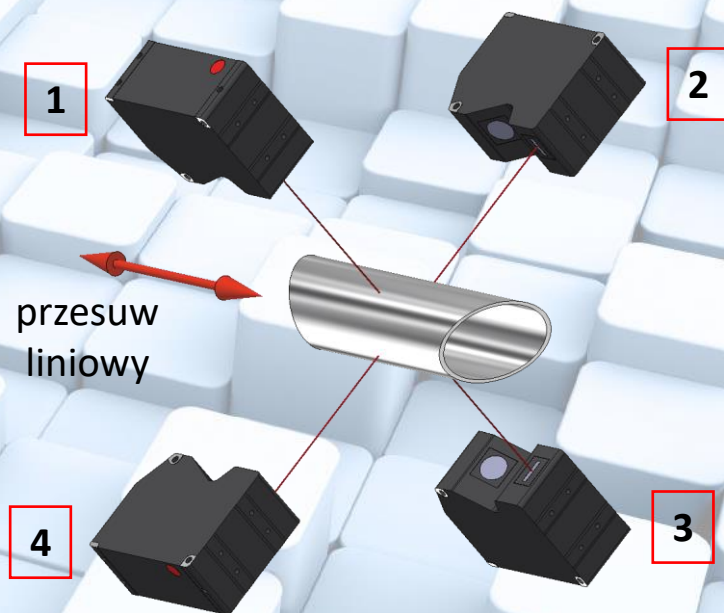


Pomiary wielkości geometrycznych (głowica laserowa 1D)

• Zastosowanie 1 głowicy laserowej



• Zastosowanie 4 głowic laserowych



Konieczność czasochłonnego skanowania badanego elementu (obniżenie wydajności procesu produkcji).

Propozycja nr1

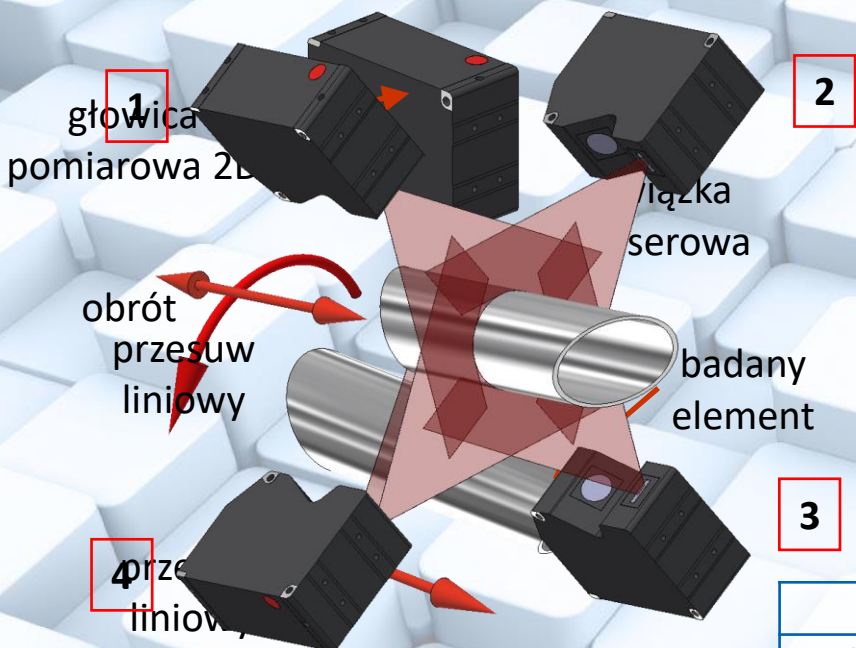
Przykładowe parametry
głowicy 1D, LMI 1340

Parametr	Wartość
Zakres pomiarowy Z	95 mm
Nieliniowość pomiarów Z	$\pm 50 \mu\text{m}$
Rozdzielczość pomiarów Z	$0,5 \div 1 \mu\text{m}$
Wielkość plamki lasera	0,37 mm
Częstotliwość skanowania	32 kHz



Pomiary wielkości geometrycznych (głowica laserowa 2D)

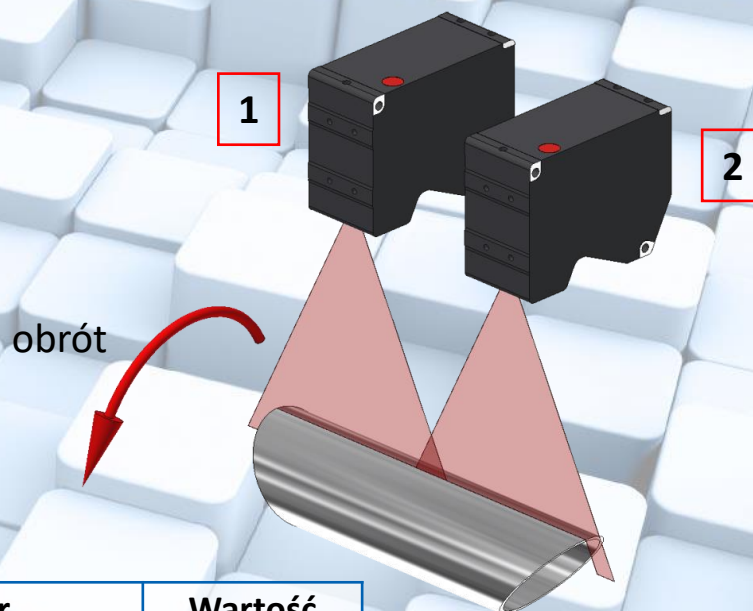
- Projektcja wiązki prostopadłe do osi obrotu
(zastosowanie 4 głowic laserowych)



Niewystarczająca rozdzielczość pomiaru w osi X (wzdłuż linii)

Propozycja nr2

- Projektcja wiązki równoległe do osi obrotu
(zastosowanie 2 głowic laserowych)



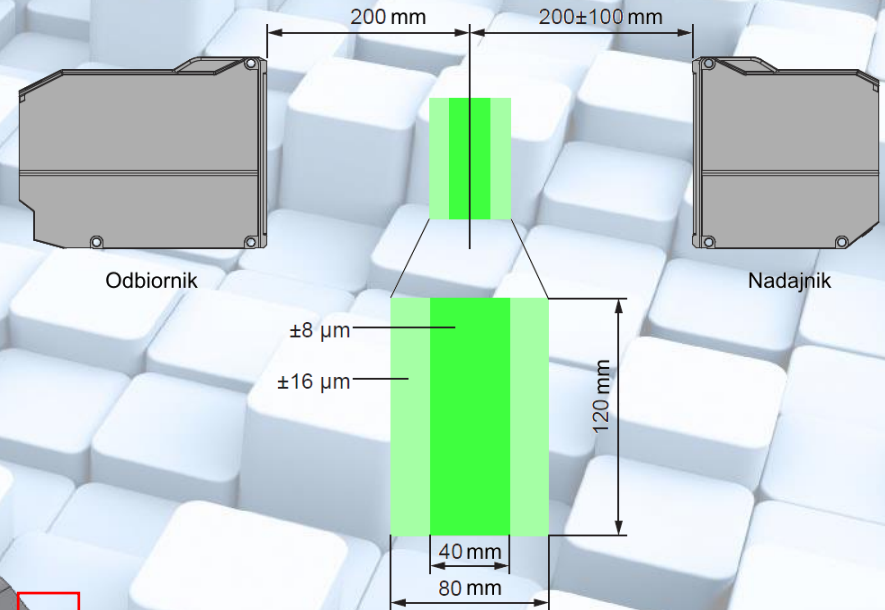
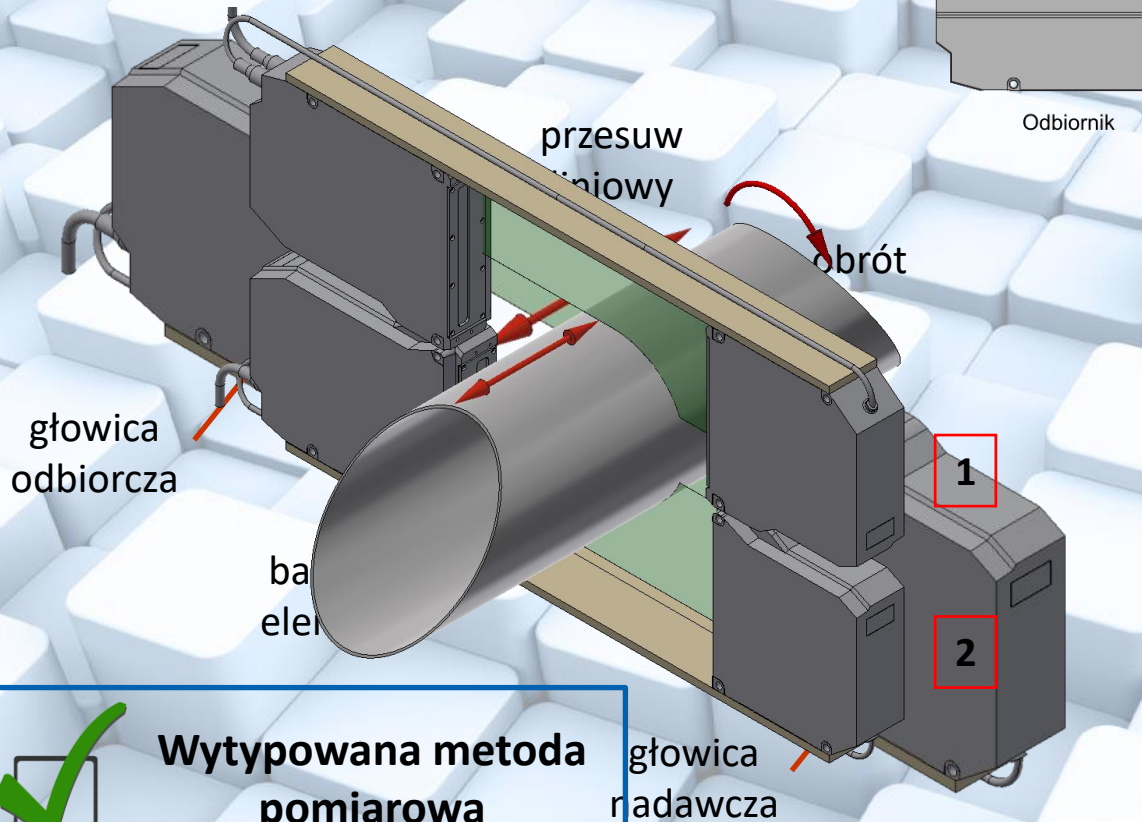
Parametr	Wartość
Liczba punktów w profilu	1280 pkt.
Zakres pomiarowy X	96 ÷ 194 mm
Zakres pomiarowy Z	210 mm
Nieliniowość pomiarów Z	± 21 μm
Rozdzielczość X	95 ÷ 170 μm
Rozdzielczość Z	13 ÷ 37 μm
Częstotliwość skanowania	0,17 ÷ 5 kHz

Przykładowe parametry
głowicy 2D, LMI 2340



Pomiary wielkości geometrycznych (mikrometr optyczny 1D)

- **Koncepcja układu pomiarowego (dla rur o średnicy ≈ 120 mm)**



Parametr	Wartość
zakres pomiarowy	0,8 ÷ 120 mm
odległość między gł. nadawczą i odbiorczą	400 ± 100 mm
powtarzalność pomiaru	± 0,3 μm
dokładność pomiaru	± 8,0 μm (± 16,0 μm)
częstotliwość próbkowania	≤ 16 kHz



Wytypowana metoda pomiarowa

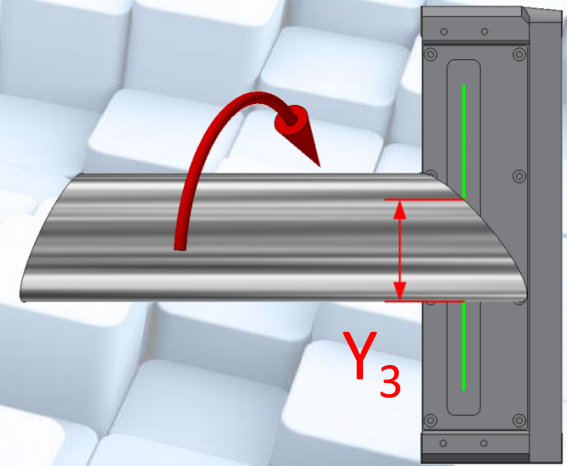
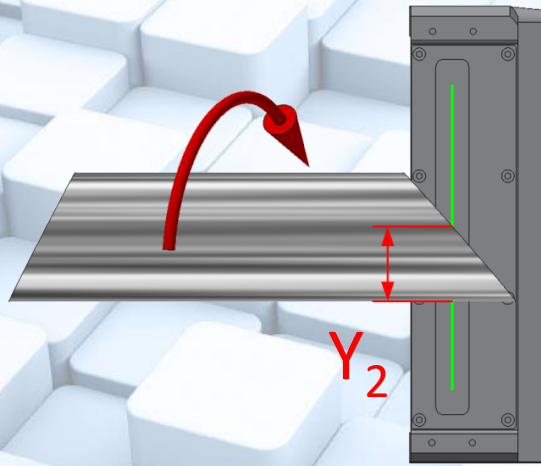
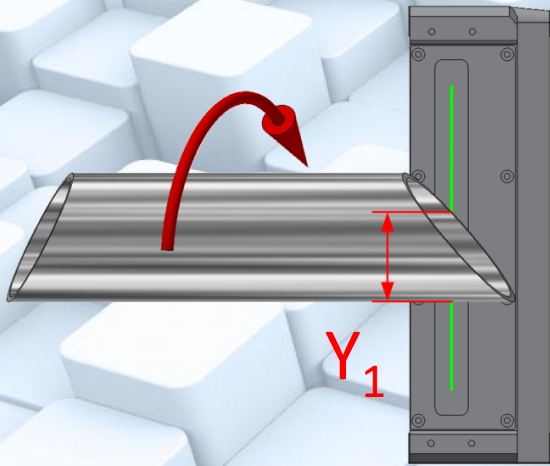
Propozycja nr3

Podstawowe parametry
mikrometru, LS-9120M



Pomiary wielkości geometrycznych (mikrometr optyczny 1D)

- Prezentacja sposobu ustawienia kąтового rur względem mikrometru optycznego

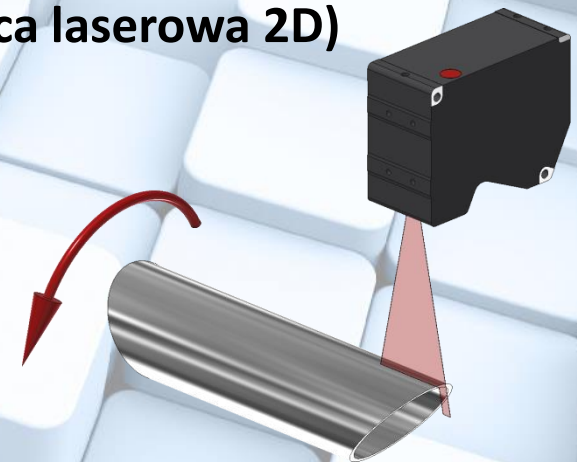


i	θ_i	Y_i
1	θ_1	Y_1
2	θ_2	Y_2
...	...	...
N	θ_N	Y_N

$$Y_{\min} = \min(Y_1 \dots Y_N)$$

$$\theta(Y_{\min})$$

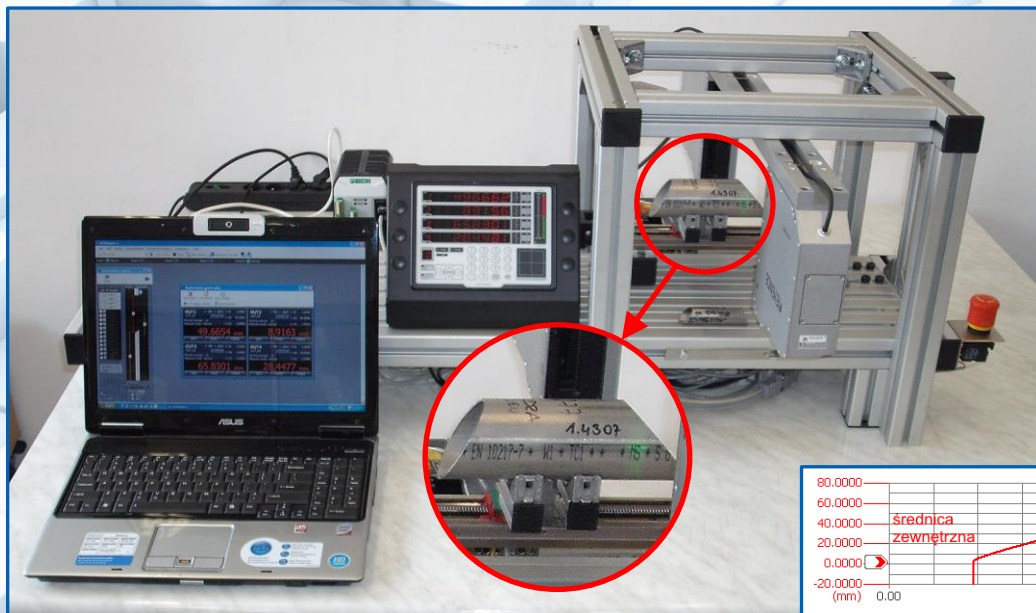
- Opcjonalny pomiar krawędzi rur (głowica laserowa 2D)



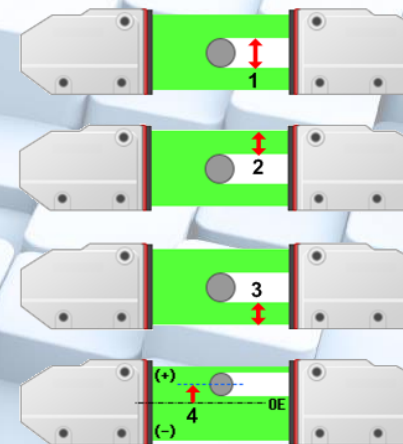
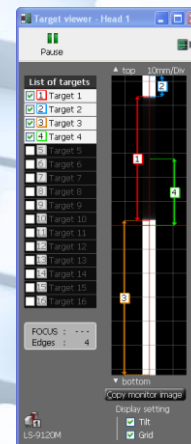


Pomiary wielkości geometrycznych (mikrometr optyczny 1D)

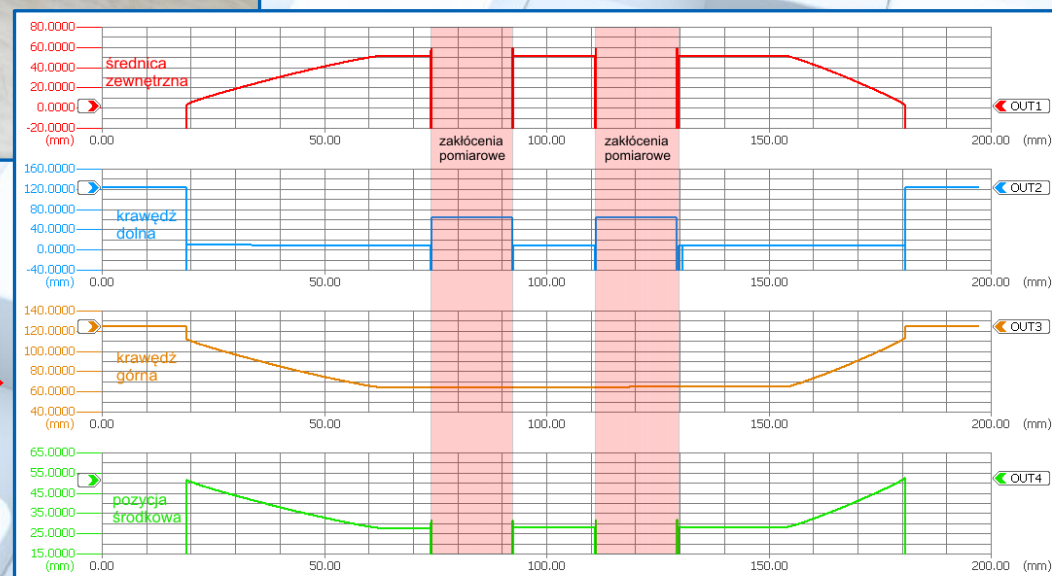
• Stanowisko eksperymentalne



• Wybrane narzędzia pomiarowe



Przykładowe
wyniki pomiaru





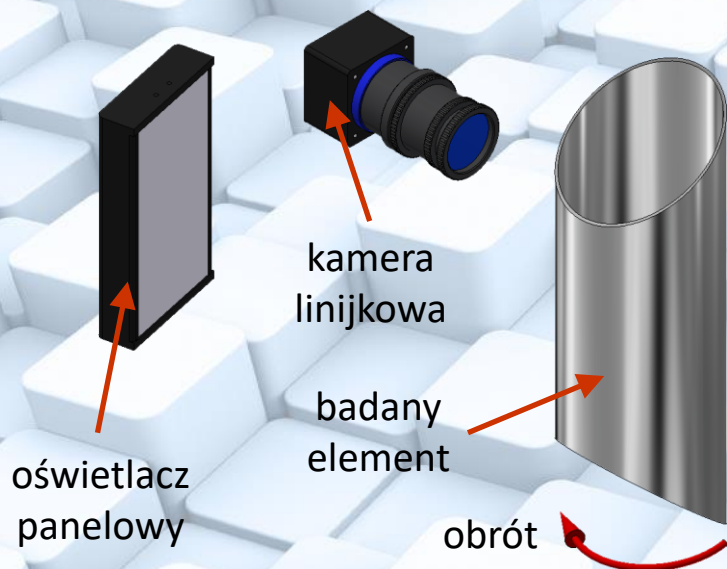
- Prezentacja procesu pomiarowego



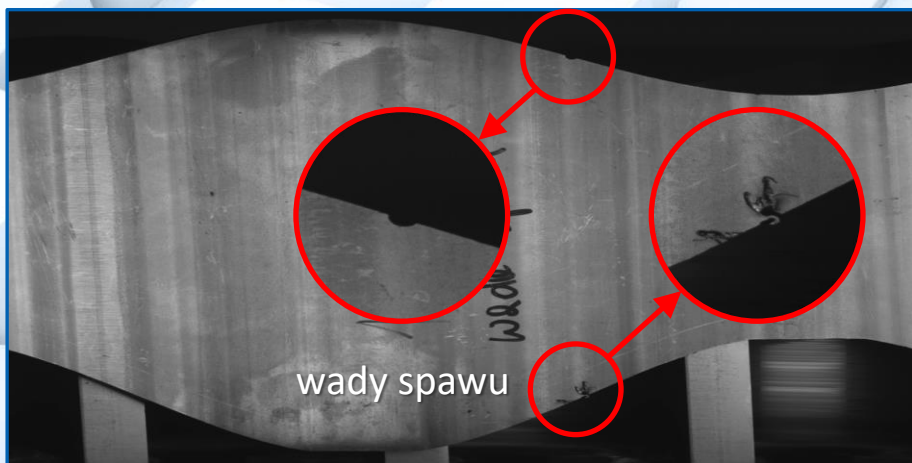


Kontrola powierzchni zewnętrznej (kamera linijkowa)

• Koncepcja układu wizyjnego



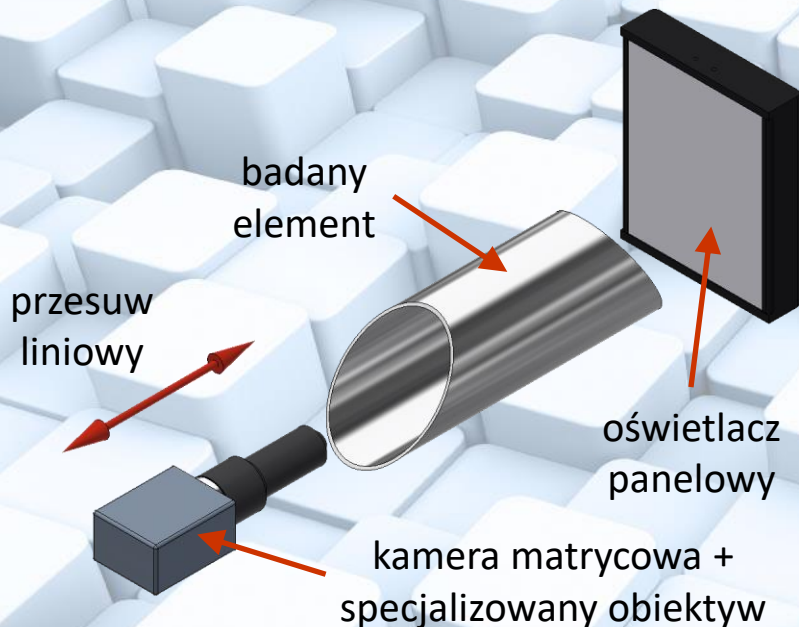
• Stanowisko eksperymentalne



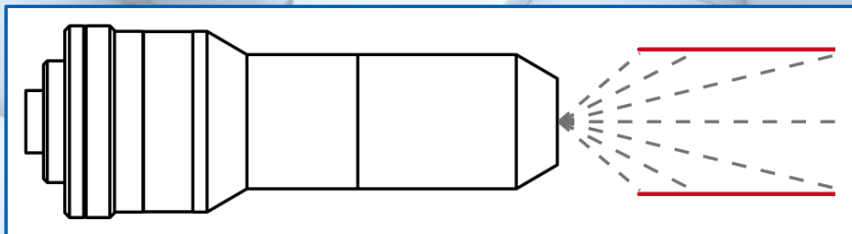


Kontrola powierzchni wewnętrznej (kamera matrycowa)

- **Koncepcja układu wizyjnego**



- **Obiektyw dedykowany do inspekcji powierzchni wewnętrznej otworów**



- **Stanowisko eksperymentalne**





• Podstawowe wymagania

1. Pomiary na powierzchni wewnętrznej czaszy:

- pomiar głębokości czaszy,
- pomiar średnicy wewnętrznej czaszy,
- pomiar bicia promieniowego czaszy.

2. Pomiary na powierzchni bocznej detali:

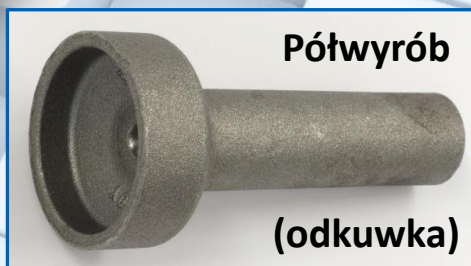
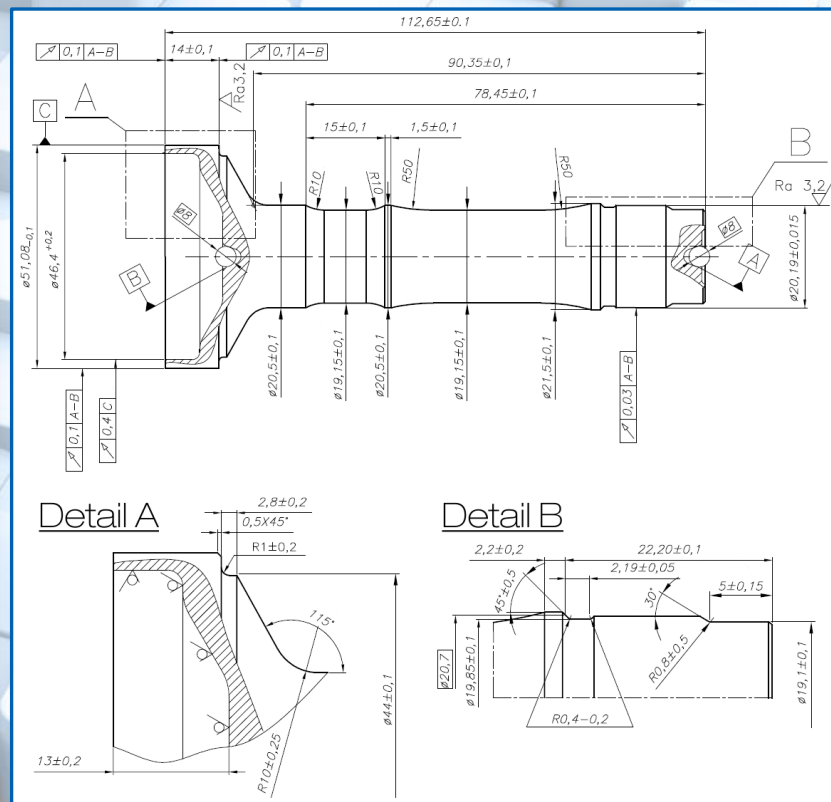
- pomiar średnic,
- pomiar promieni,
- pomiar odległości,
- pomiar faz,
- pomiar kątów,
- pomiar bicia promieniowego,
- pomiar bicia osiowego.

3. Średnica detalu: maksymalnie 60 mm.

4. Długość detalu: maksymalnie 140 mm.

5. Masa detalu: maksymalnie 0,8 kg.

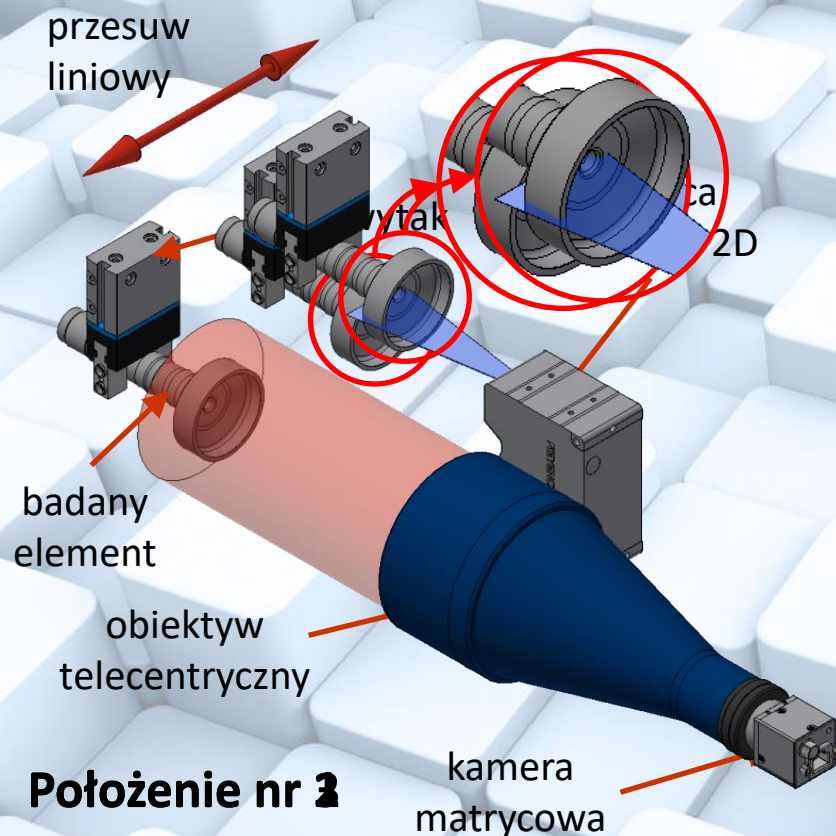
6. Wydajność systemu: ok. 90 sztuk/h.



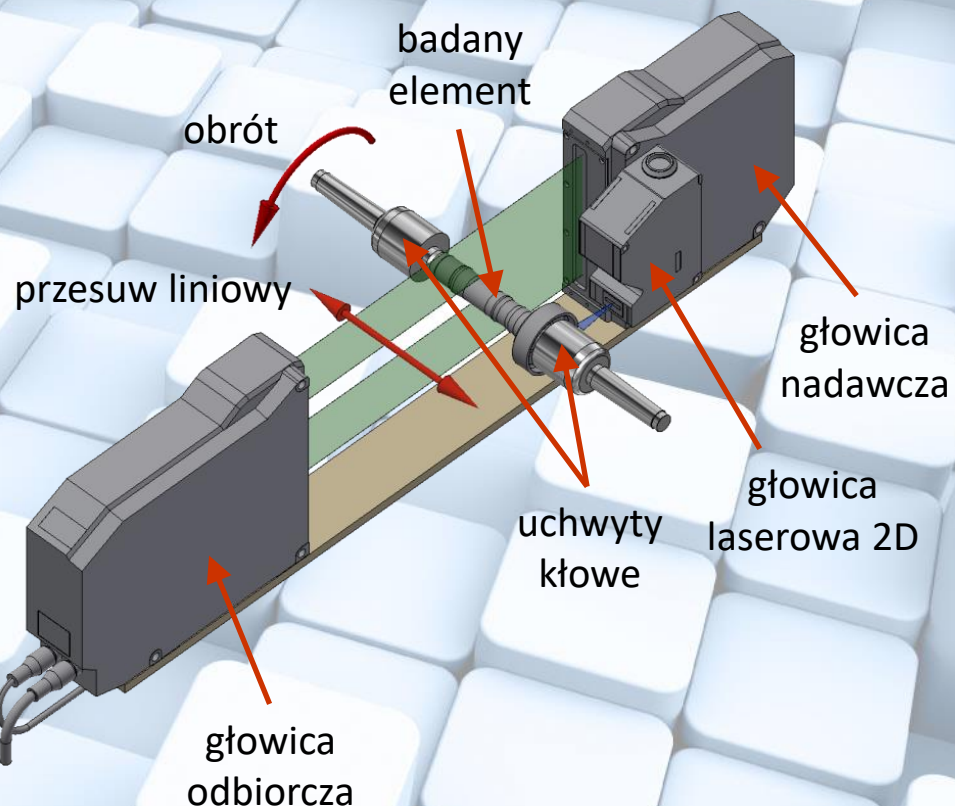


Optomechatroniczny moduł kontroli jakości (koncepcja ukł. pom.)

- Koncepcja modułu do kontroli powierzchni czaszy



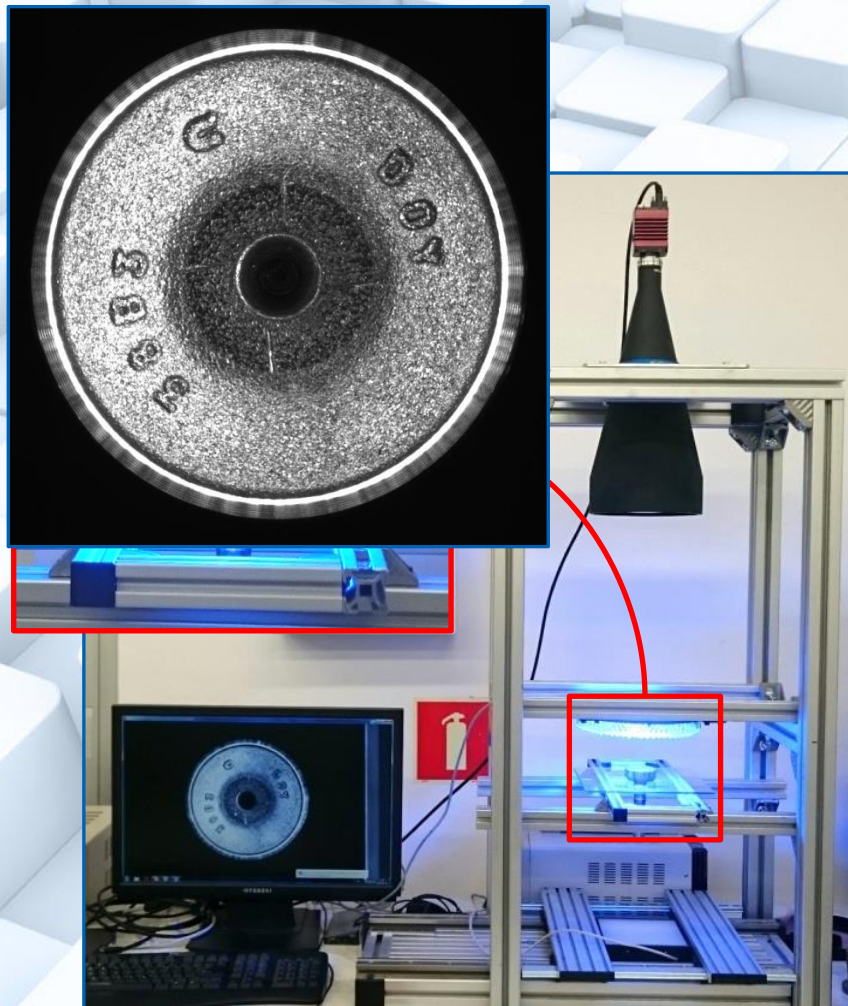
- Koncepcja modułu do kontroli powierzchni bocznej detali



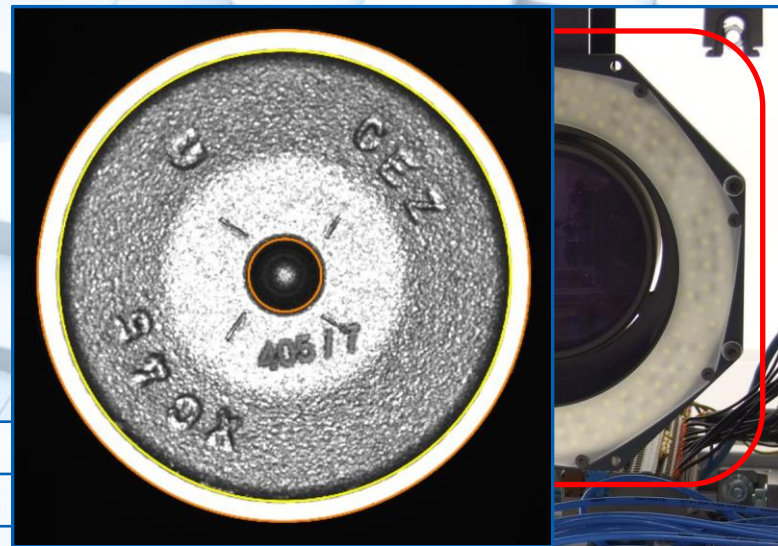


Pomiar śr. wewnętrznej oraz bicia promieniowego czaszy

• Badania eksperymentalne



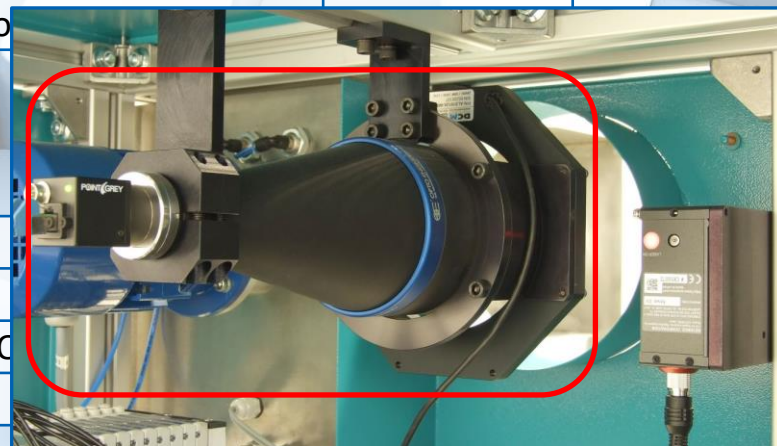
• Badania weryfikacyjne



Rozmiar sensora

2/3

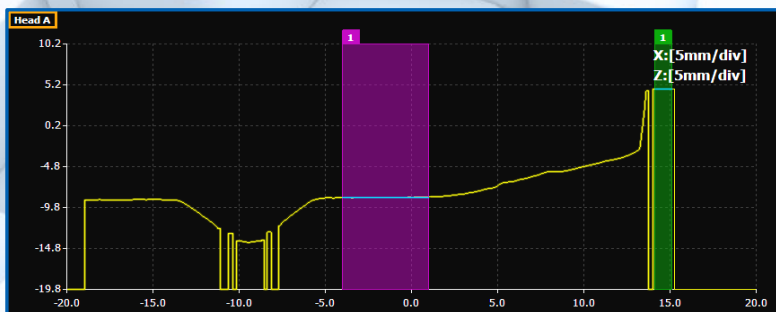
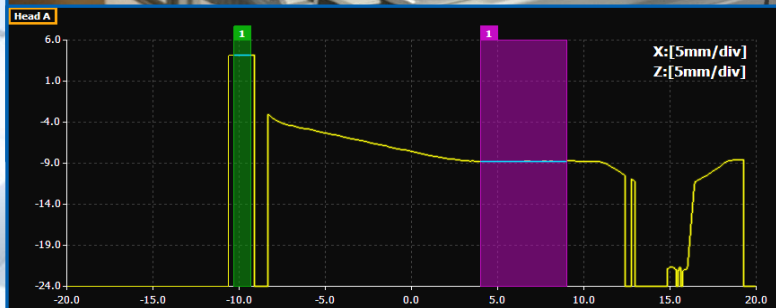
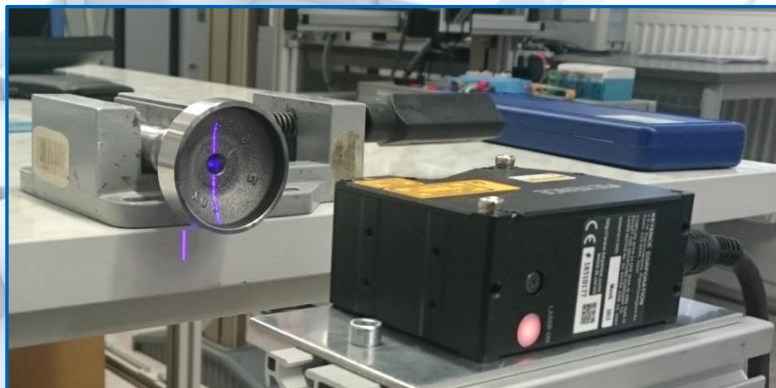
Ro



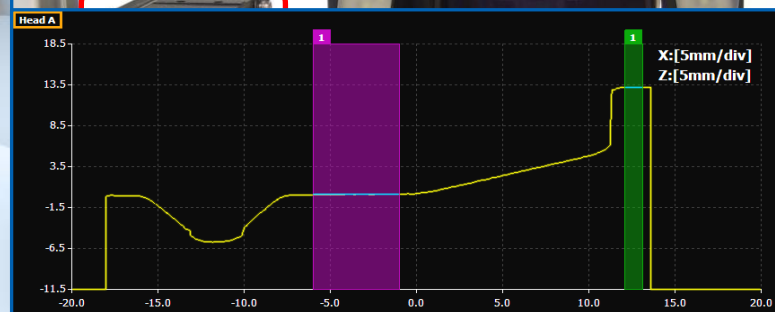
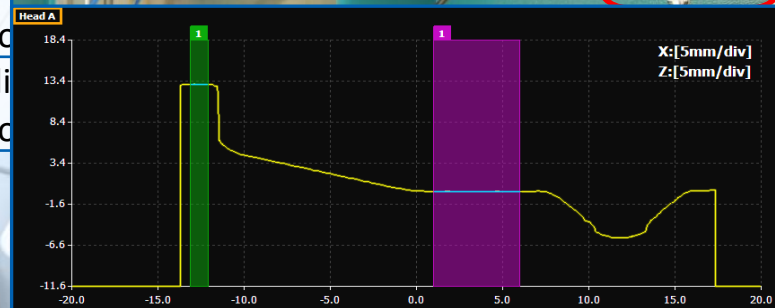
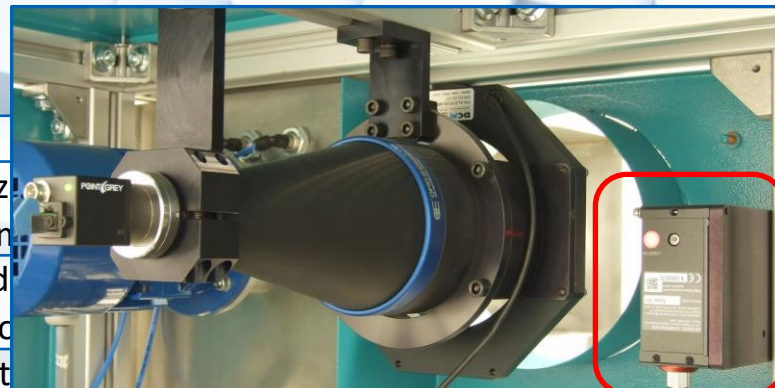


Pomiar głębokości czaszy (głowica laserowa 2D)

• Badania eksperymentalne

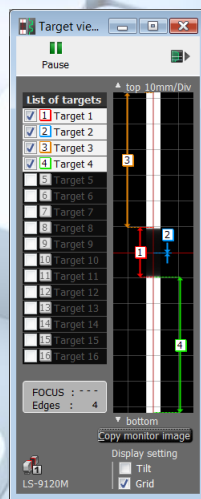
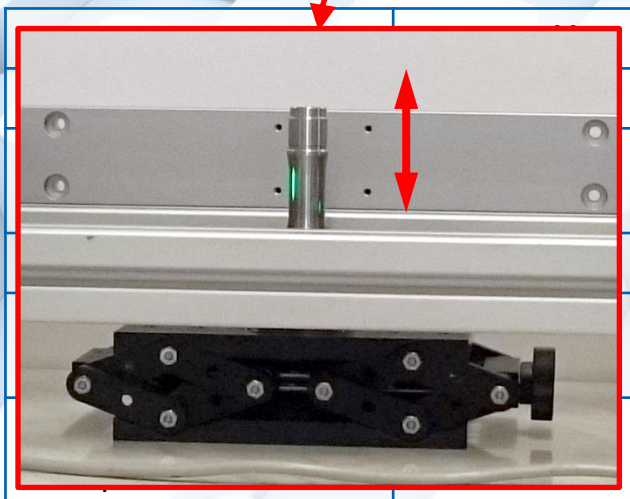
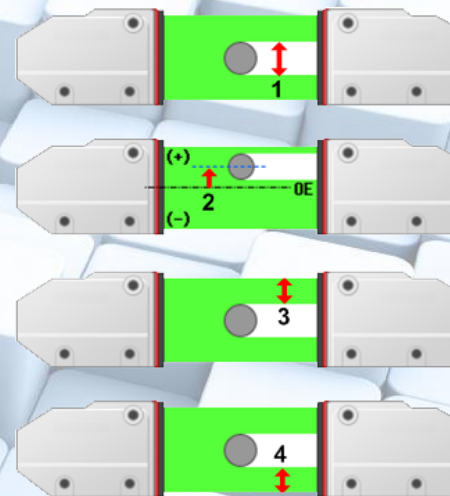


• Badania weryfikacyjne



Pomiar na powierzchni bocznej (mikrometr optyczny 1D)

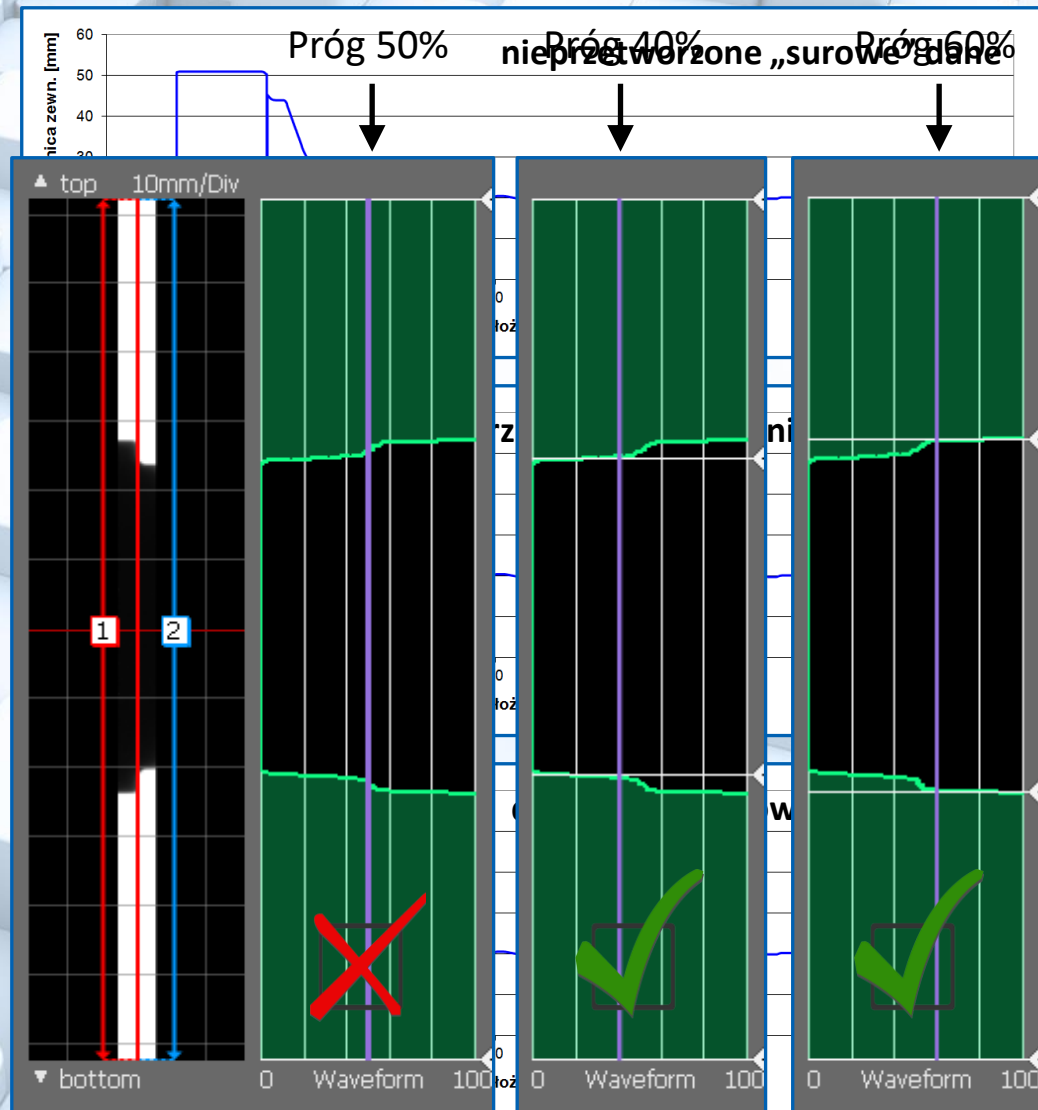
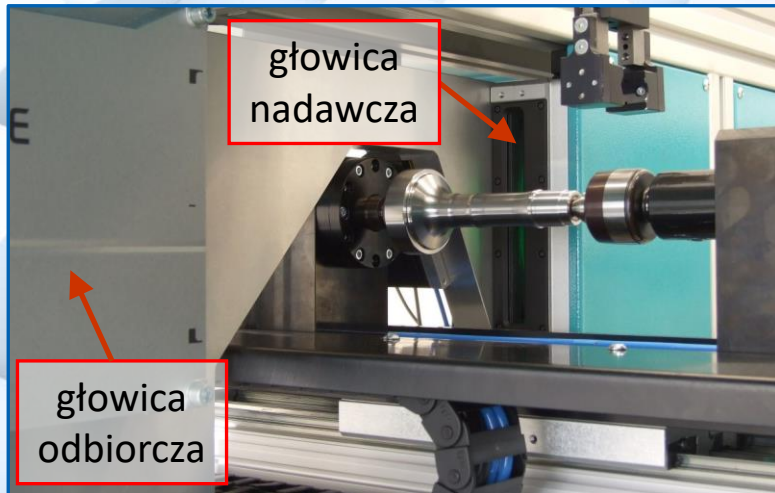
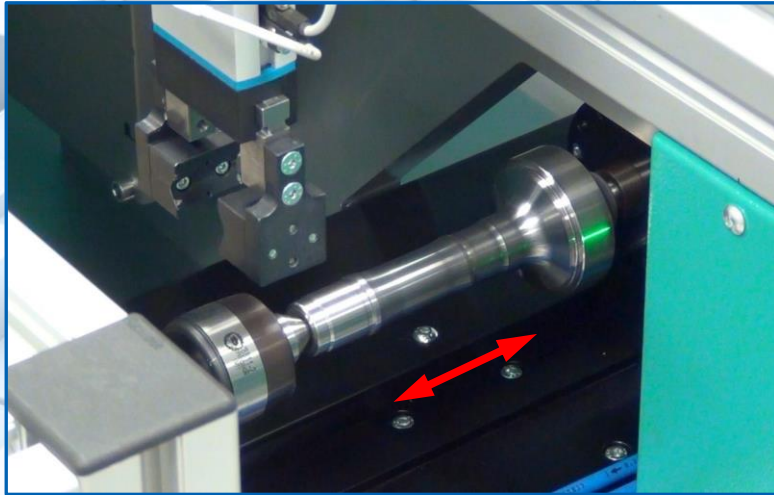
- Badania eksperymentalne (w warunkach stacjonarnych)





Pomiary na powierzchni bocznej (mikrometr optyczny 1D)

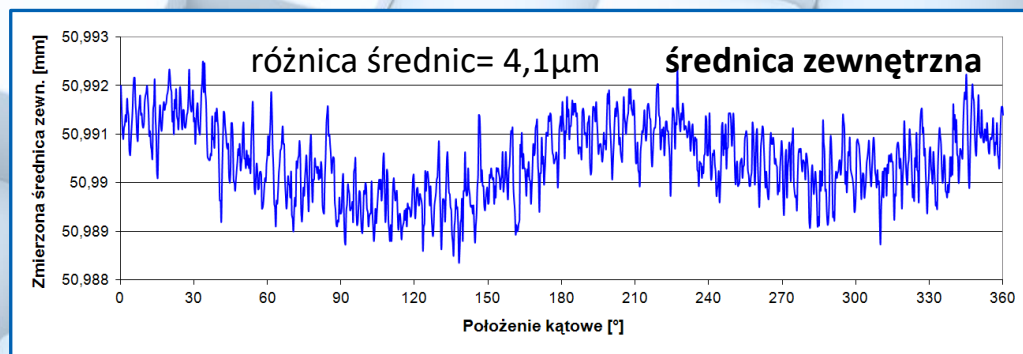
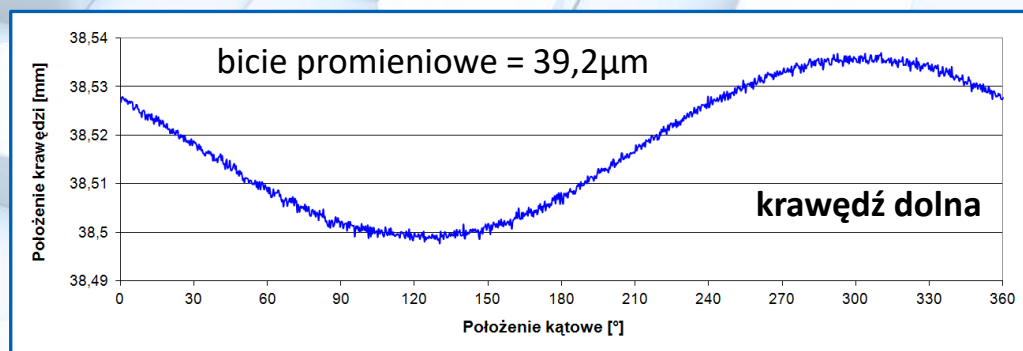
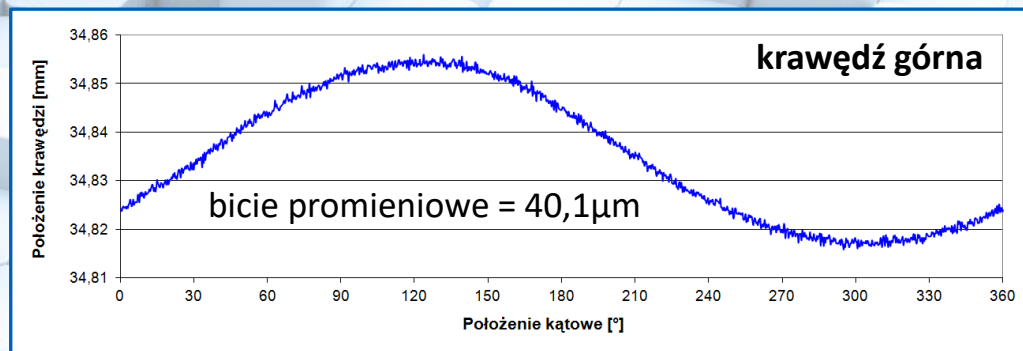
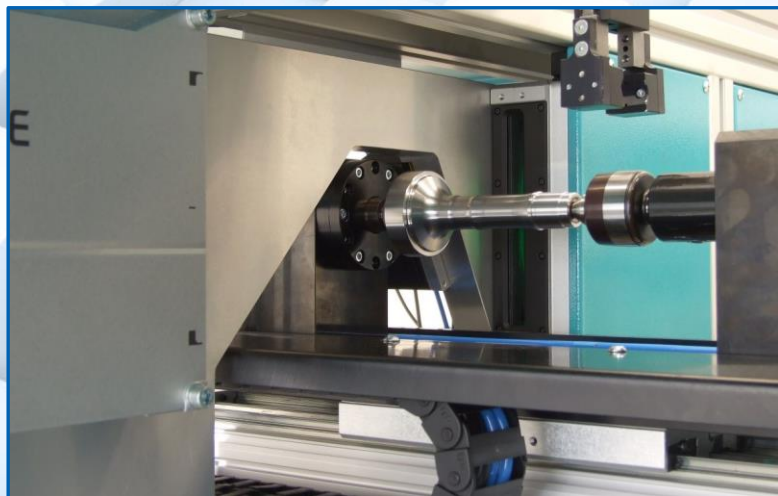
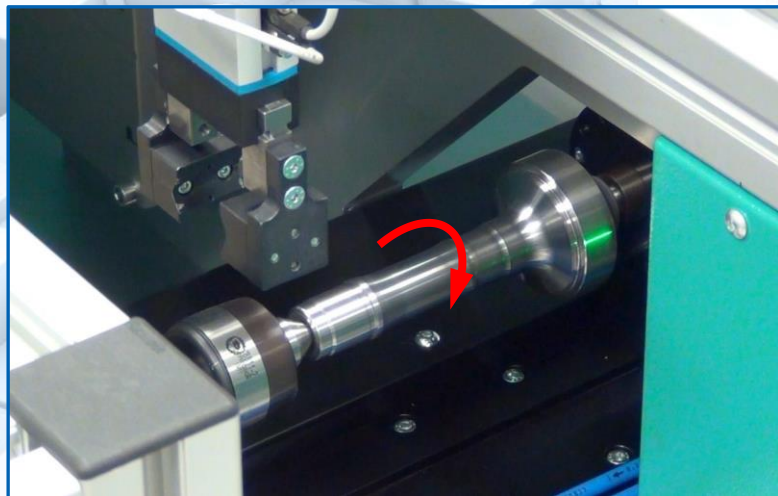
- Badania weryfikacyjne





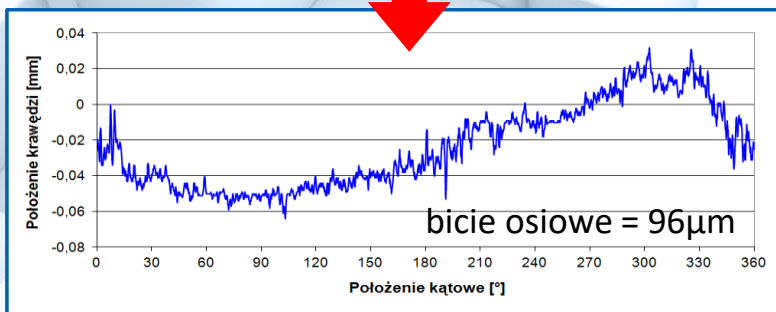
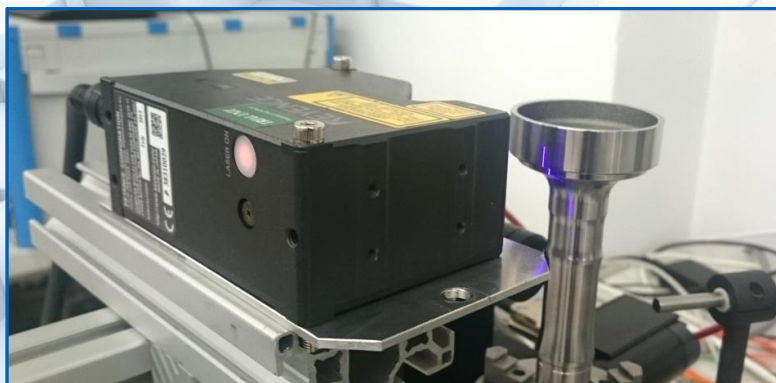
Pomiary bicia promieniowego (mikrometr optyczny 1D)

- Badania weryfikacyjne

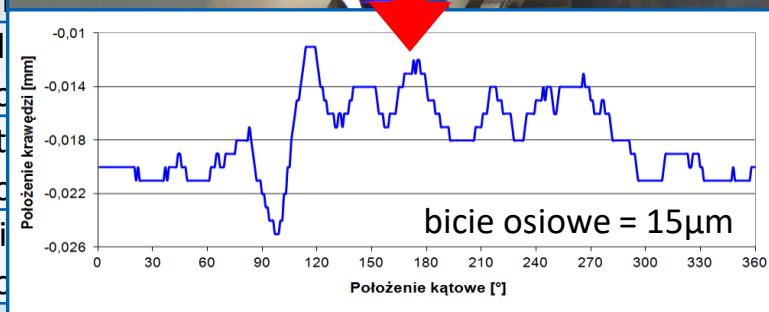


Pomiaru bicia osiowego (głowica laserowa 2D)

• Badania eksperymentalne



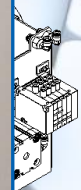
Podstawowe parametry • Badania weryfikacyjne głowicy 2D, LJ-V7020





Optomechatroniczny moduł kontroli jakości wyrobów

- Widok ogólny systemu
- Rozmieszczenie poszczególnych modułów
- Prezentacja procesu kontroli jakości



moduł
czyszczący

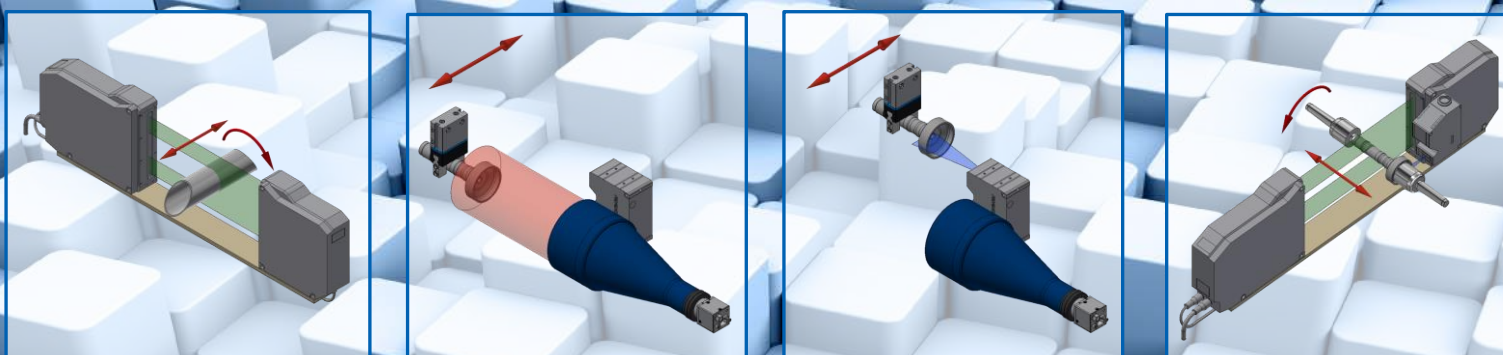
- Wykorzystanie systemów automatycznej inspekcji umożliwia zwiększenie wydajności i niezawodności kontroli jakości wytwarzania. Wynika to przede wszystkim z wyeliminowania czynnika ludzkiego związanego z brakiem powtarzalności, zmęczeniem, subiektywnością oraz mniejszą sprawnością.
- Zastosowanie bezkontaktowych technik wizyjnych i laserowych pozwala na osiągnięcie wysokiej szybkości pomiaru przy zachowaniu jednocześnie dużej dokładności pomiarowej.
- Zintegrowanie kilku układów pomiarowych w urządzeniu pozwoli na kontrolę większości parametrów produktu oraz kontrolę każdego wytworzonego detalu.
- Kontrola jakości prowadzona będzie on-line, to znaczy równolegle z bieżącą produkcją kolejnych wyrobów.
- Wdrożenie zaprezentowanych systemów kontroli jakości zapewni istotne zwiększenie efektywności ekonomicznej produkcji dzięki eliminowaniu wyrobów wadliwych zgodnie z podejściem „zero braków” bez zakłócania procesu wytwarzania.

Publikacje (2016/2017): (2016):

1. Garbacz P., Czapka P., Automatyzacja i Inspekcja **Automation of inspection of tableware glass products**, Pol. 2016, Pol. Eksploatacji 10/2016, str. 20-24.
2. HL Miedzynarodowa: Konferencja Naukowo - Biznesowa „Inżynieria Przyszłości 2016”, Czapka P., Garbacz P.: Metoda inspekcji uszczelniaczy walu z zastosowaniem triangulacji laserowej 2D, 29-30 września 2016 r. Technologia i Automatyzacja Montażu 2/2016, str. 25-30.
3. Udział w seminarium **Technological section of tableware glass products**.
 - Problemy Eksploatacji 4/2016, str. 17-29
 - „Zastosowanie metody triangulacji laserowej 2D do inspekcji torów suwnicowych”, Technologia i Automatyzacja Montażu 3/2016
4. Kaczmarek R., Czapka P., Rydzewski M., Czarnecki K., Bogdański B., Rydzewski M.
 - Metoda inspekcji uszczelniaczy **Analysis of the wetting angle of liquid glass on multicomponent coatings obtained by DMC-RB, RAD methods** Problemy Eksploatacji 4/2016, str. 31-41.

Zestawienie dorobku badawczego:

5. Garbacz P., Giesko T., Czajka P., Mazurkiewicz A.: **Vision system for inspection of glass furnace structure.** Automation 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing
• liczba publikacji: 48,
• liczba wystąpień na konferencjach: 15,
Vol. 550 (2017), pp. 408-417.
• liczba wystąpień na seminariach ITeE-PIB: 9,
6. Czajka P., Samborski T., Garbacz P., Meżyk J.: **Automatisation of Multi-parametric quality inspection of rotary symmetrical metal elements.** Journal of Machine Construction and Maintenance (złożony do druku).
• udział w pracach badawczych: 35,
• kierowanie zadaniami badawczymi: 4,
• liczba wdrożeń w przemyśle: 12.



Dziękuję za uwagę

Kontrola jakości wyrobów z zastosowaniem optoelektronicznych technik pomiarowych

Materiał opracowany w ramach:

Programu Strategicznego - nr POIG.01.01.02-14-034/09-00. Pn. Innowacyjne systemy wspomagania technicznego zrównoważonego rozwoju gospodarki” w ramach Programu Innowacyjna Gospodarka, Poddziałanie 1.1.2 Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych

Pt.: „Kompaktowy system zautomatyzowanej obsługi obrabiarek CNC z optomechanicznym modułem kontroli jakości wyrobów”



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

ITE INSTYTUT
PIB TECHNOLOGII
EKSPLLOATACJI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY RADOM

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



**INSTYTUT TECHNOLOGII EKSPLLOATACJI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

RADOM, 27 KWIECIEŃ 2017 r.