

## Szczegółowy opis przedmiotu zamówienia

Dotyczy przetargu nieograniczonego na: Dostawę bezdotykowego systemu trzykamerowego do pomiaru i analizy przestrzennej zmian kształtu (w tym makro-mikro odkształceń).

### Wymagania dla bezdotykowego systemu trzykamerowego do pomiaru i analizy przestrzennej zmian kształtu (w tym makro-mikro odkształceń).

*Tabela 1 system pomiarowy – informacje ogólne*

| L.p.                      | Parametr/Cecha            | Wymagane  |
|---------------------------|---------------------------|---|
| <i>System pomiarowy :</i> |                           |   |
| 1                         | mobilny                   | bezpieczny transport elementów składowych systemu oraz ich łatwy montaż i demontaż – bez dodatkowych narzędzi   |
| 2                         | elastyczny                | umożliwić rozbudowę np. o kolejne kamery max. 8 i dodatkowe moduły oprogramowania   |
| 3                         | integracja                | zapewnić pełną integrację (rejestrowanie sygnałów analogowych pochodzących z maszyny) z istniejącymi maszynami wytrzymałościowymi tj. pomiar siły, przemieszczenia trawersy i/lub siłownik hydraulicznego itp.                              |
| 4                         | pomiary                   | wykonywać pomiary bezdotykowo w 2D i 3D   |
| 5                         | obszar pomiarowy          | od mm <sup>2</sup> do m <sup>2</sup>  |
| 6                         | pomiary odkształcenia     | od 0,01% do min. 100%   |
| 7                         | kształt obiektu badań     | dowolny kształt   |
| 8                         | materiał badanego obiektu | wykonywać pomiary na próbkach wykonanych z różnych materiałów (metale, ceramika, kompozyty, tworzywa sztuczne, materiały naturalne np. drewno, tkanka kostna, tkanka miękka (ścięgna, więzadła, skóra, mięśnie, nerwy, naczynia krwionośne) |

**Tabela 2 Elementy wyposażenia systemu– informacje ogólne**

| L.p. | Wyposażenie  | Wymagane  |
|------|--|---|
|      |  | Komputer z elektroniką sterująco-pomiarową musi zapewnić obsługę min. 4 kamer i pełną synchronizację sprzętowa (hardwarowa). W przypadku stosowania większej ilości kamer wszystkie kamery muszą analizować ten sam obiekt, w tym samym czasie, ale wynikiem analizy musi być jedno pole przemieszczeń i/lub odkształceń dla całego obiektu w jednym układzie współrzędnych.. System nie powinien stosować technik stereoskopowych polegających na pomiarze wykonywanym przez pojedynczą parę kamer, a następnie łączenia wyników w całość. |
| 1    | Komputer   | Notebook (Specyfikacja techniczna powinna być dostosowana do maksymalnych wymagań oprogramowania wykorzystywanego przez system pomiarowy. Parametry techniczne komputera powinien dostosować sprzedawca. Gwarancja na komputer powinna wynosić min. 24 miesiące.)   |
| 2    | Elektronika sterująco-pomiarowa i synchronizująca kamery | Wszystkie elementy elektroniczne powinny być zamontowane w jednej obudowie.   |
| 3    | Kamera do rejestracji obrazu                             | Trzy kamery cyfrowe - przenośne, łatwe w montażu i demontażu. Na wyposażeniu powinny być trzy zestawy obiektywów dla każdej kamery.   |
| 4    | Statyw do mocowania kamery i źródła światła              | Przenośny, stabilny, łatwy w montażu i demontażu, zapewnić stabilne i bezpieczne zamontowanie kamer oraz źródła oświetlenia bez dodatkowych narzędzi. Statyw musi być wyposażony w pokrowiec z rączką i pasek   |
| 5    | Zestaw kalibracyjny                                      | <p>1 tablica kalibracyjna umożliwiającą kalibrację pola 20 mm<sup>2</sup><br/> 1 tablica kalibracyjna umożliwiającą kalibrację pola 60 mm<sup>2</sup><br/> 1 tablica kalibracyjna umożliwiającą kalibrację pola 230 mm<sup>2</sup></p> <p>Kalibracja systemu powinna być zgodna z zaleceniami SPOTS (Standardisation Project for Optical Techniques of Strain Measurement). Posiadać elementy potrzebne do skalibrowania urządzenia. Wzorce powinny być certyfikowane.</p>  |

|   |   |
|---|---|
| <p>6 Oprogramowanie, funkcje, pomiary, opracowanie wyników przedstawienie wyników</p> | <p style="text-align: center;"><b>Oprogramowanie musi być zainstalowane na komputerze dostarczonym przez sprzedającego</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Informacje ogólne</b></p> <p>Oprogramowanie musi zawierać:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korelację metodą najmniejszych kwadratów</li> <li>• możliwości multiprocesorowe i instrukcje SSE wykorzystane do optymalizacji szybkości zliczania.</li> <li>• ocenę dwuwymiarowej deformacji dla płaskiego obiektu z obrazu jednej kamery</li> <li>• interakcyjne określanie obszarów oceny – nakładanie maski</li> <li>• automatyczne szukanie punktów startowych dla algorytmu korelacji (z możliwością ręcznej interakcja użytkownika)</li> <li>• kalibrację na podstawie zewnętrznego układu współrzędnych (tablice kalibracyjne) i kalibrację wewnętrzną (układem współrzędnych powinien być chip CCD lub CMOS).</li> <li>• parametry oceny (poszukiwany obszar, rozmiar okna korelacji, siatka oceny, kryterium, zatrzymania, interpolacja w stopniach szarości)</li> </ul> <p>Oprogramowanie musi umożliwić pomiar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rozkładu składowych stanu odkształcenia</li> <li>• rozkładu odkształceń głównych 1, 2 (Principal Strain )</li> <li>• rozkładu przemieszczeń powierzchni badanego obiektu w kierunkach: X, Y, Z</li> <li>• wartości przemieszczeń i odkształceń wzdłuż linii pomiarowych wg. określonych przez użytkownika błędu aproksymacji</li> </ul>   |
|   | <p style="text-align: center;"><b>Informacje szczegółowe</b></p> <p>Oprogramowanie musi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• umożliwiać tworzenie raportów, wykresów oraz eksport danych do innych programów w postaci plików tekstowych,</li> <li>• umożliwiać eksportu wyników (mapy przemieszczeń, odkształceń w 3D) w formacie open source HDF5, STL aby umożliwić dalsze analizy lub wizualizację wyników w innych programach na przykład MATLAB, SciLab, Mathematica lub Tecplot, Ansys,</li> <li>• posiadać moduł tworzenia skryptów do oprogramowania SciLab, w zakresie tworzenia wykresów i obliczeń (moduł Younga, współczynnik Poissona, współczynnik rozszerzalności termicznej, zmiany przyspieszenia, prędkości w czasie) oraz eksportu danych z kanałów pomiarowych,</li> <li>• umożliwia automatyczną integrację danych pomiarowych z systemu DIC z oprogramowaniem Ansys Workbench,</li> <li>• umożliwiać eksportu wyników analiz w postaci plików ASCII, TIF, AVI,</li> <li>• posiadać wbudowany automatyczny system importu obrazów pochodzących z innych urządzeń takich jak mikroskopy, kamery nie wchodzące w skład systemu, ultraszybkie kamery itp. W celu analizy niezbędny jest również import zdjęć prezentujących tablice kalibracyjne,</li> <li>• wykonywać obliczenia w sposób w pełni zautomatyzowany,</li> <li>• obliczać błąd pomiarowy oraz odchylenie standardowe przemieszczeń i odkształceń,</li> <li>• od kalibracji aż do pomiarów przemieszczeń i odkształceń podawać w sposób ciągły wartość odchylenia standardowego,</li> <li>• podać, podczas analizy wyników, wartość odchylenia standardowego dla pojedynczego punktu, linii oraz pola powierzchni,</li> <li>• umożliwiać analizę danych z kilku kamer na podstawie jednego, tego samego układu współrzędnych (tablicy kalibracyjnej). Wszystkie wyniki ze wszystkich kamer muszą odnosić się do tego samego układu współrzędnych,</li> <li>• umożliwiać wybór układu współrzędnych oraz jego zmianę w trakcie dokonywania analizy. Układ współrzędnych może być oparty na: tablicy kalibracyjnej (tablica wyznacza początek układu oraz kierunki x,y,z), na chipie CCD lub CMOS pojedynczej kamery, na wirtualnym układzie współrzędnych dowolnie ustalonym przez</li> </ul> |

użytkownika na podstawie położenia chipów CCD lub CMOS obydwu kamer.

- podawać wraz z wynikami pomiaru (przesunięcie, odkształcenie) niepewność pomiaru oraz odchylenie standardowe dla każdej mierzonej wartości tj. w punkcie, wzdłuż linii, na powierzchni
- umożliwiać filtrowanie danych.
- umożliwiać synchronizację i analizę danych pochodzących z kilku kamer tworząc jeden obraz przesunięć i odkształceń obiektów cylindrycznych na całym ich obwodzie, (umożliwiać rejestrację obrazów (zdjęć) w trybie manualnym, w trybie automatycznym po przekroczeniu określonego progu sygnału analogowego np. siła lub przesunięcie, na skutek detekcji sygnału cyfrowego, w stałych interwałach czasowych oraz w kombinacji wszystkich poprzednio wymienionych sygnałów. Wykonywanie zdjęć musi być taktowane zegarem pochodzącym z elektroniki pomiarowej systemu lub za pomocą zegarów zewnętrznych o stałym lub zmiennym okresie. Między sygnałem wyzwalającym wykonanie zdjęcia a jego wykonywaniem można wprowadzić czas opóźnienia.
- umożliwiać tworzenie wykresów przedstawiających zależności droga/odkształcenie wzdłuż wyznaczonych linii pomiarowych, naniesionych przez użytkownika na badanym obiekcie, powinna być możliwość przeprowadzenia analizy względem dwoma dowolnie wybranymi zdjęciami,
- umożliwiać wyznaczanie stałych materiałowych takich jak moduł Younga, współczynnik Poissona, współczynnik rozszerzalności termicznej,
- umożliwiać wykonywanie pomiaru przesunięcia dla co najmniej dwóch punktów (liniowy pomiar odkształcenia) w czasie rzeczywistym.
- podczas analizy oprogramowanie musi umożliwiać wyświetlanie następujących elementów: kolorowe mapy odkształceń, siatkę odkształceń, obraz z kamery, cyfrowy obraz próbki (skaner 3D) oraz kombinację mapy odkształcenia na obrazie z kamery, obraz z kamery na cyfrowym obrazie próbki.
- umożliwiać w czasie rozpoczęcia procesu analizy wybór korelacji 2D, 3D oraz automatycznego nałożenia wyników korelacji (warstwice deformacji, warstwice odkształcenia) na zdjęcia rzeczywistych obiektów.
- umożliwiać tworzenie warstw przedstawiających deformację badanych obiektów 3D a także filmów (animacji) przedstawiających zmianę przesunięć i odkształceń.
- dokonywać rekonstrukcji obrazu rzeczywistego obiektu na mapach odkształceń 3D.
- umożliwiać (w trakcie uruchamiania) wybór głowicy pomiarowej (techniki pomiarowej), elektroniki pomiarowej, oraz liczby kamer.
- umożliwiać rejestrację danych pochodzących z innych urządzeń takich jak: czujniki siły, czujniki przesunięcia, ekstensometry, czujniki temperatury poprzez dostępne wejścia analogowe

#### **Dodatkowe funkcje**

- Licencja na oprogramowanie powinna umożliwić jednoczesne prowadzenie pomiarów oraz korelacji i analizy, wcześniej otrzymanych wyników, na dwóch różnych komputerach tj. pomiarów na komputerze dostarczonym przez Sprzedawcę i analizy i korelacji wyników na drugim dostarczonym komputerze (licencja dla dodatkowego użytkownika, parametry komputera jak dla komputera podstawowego). Ponadto oprogramowanie powinno posiadać wbudowany moduł umożliwiający tworzenie przenośnych prezentacji wyników na innych komputerach bez ograniczenia liczby licencji.
- Program obsługujący głowice musi umożliwiać konfigurację systemu, wykonywanie kalibracji, wykonywanie pomiaru, analizę wyników, eksport wyników oraz wizualizację 3D map odkształceń.
- Program powinien umożliwiać przypisanie klawiszy skrótów do różnych funkcji oprogramowania
- Wyniki powinny być przedstawione w postaci graficznej, z opcją wprowadzania skali ręcznej lub automatycznej (autoskalowanie).

|   |  |  |
|---|--|--|
| 7 | Przechowywanie (zabezpieczenie urządzeń systemu pomiarowego) | Wszystkie elementy elektroniczne systemu muszą być spakowane (zamknięte) w walizce z kołami i rączką. Walizka musi: posiadać sztywną konstrukcję odporną na odkształcenia, być wyposażona w wewnętrzne zabezpieczenia (np. pianka) chroniące sprzęt przed uszkodzeniem, posiadać zamki zamykane na klucz, chronić przed wodą (wilgocią) i pyłem. |
|---|--|--|

**Tabela 3 Elektronika kontrolno-pomiarowa kamer powinna posiadać**

| L.p. | Parametr/Cecha  | Wymagane  |
|------|---|---|
| 1    | łączność/transfer danych  | USB lub TCP/IP  |
| 2    | Przetwarzanie sygnałów analogowych w trakcie rejestracji obrazów  | konwerter A/D   |
| 3    | min. 8 wejść analogowych , w tym 4 typu "floating signal source" (nieuziemione) i 4 typu "ground reference signal source" (uziemione) | +/- 10V - 16-bit  |
| 4    | min. 2 wyjścia analogowe  | 0-10V   |
| 5    | Złącze typu "trigger" (wyzwalacz)   | min. 1 złącze typu "trigger"                                      |
| 6    | Synchronizacja in/out   | min. 1 złącze   |
| 7    | wyjście cyfrowe   | min. 1  |
| 8    | złącza dla kamer  | min. 4 niezależne złącza (możliwość obsługi 4 kamer jednocześnie) |

**Tabela 4 Kamera CCD (min. 3 kamery)**

| L.p. | Parametr/Cecha  | Wymagane  |
|------|---|---|
| 1    | Rozdzielczość obrazu  | Nie mniejsza niż 2452x2056 pixel (5Mpx)   |
| 2    | Liczba klatek na sekundę  | 15 fps  |
| 3    | Czas otwarcia migawki   | 4ms-67s   |
| 4    | Rozdzielczość   | co najmniej 14bit   |
| 5    | Zestawy obiektywów (po 3 sztuki)<br>Zestaw 1 (3 szt.)<br>Zestaw 2 (3 szt.)<br>Zestaw 3 (3 szt.) | Ogniskowa $f=8$ Przysłona 1:1,4<br>Ogniskowa $f=23$ Przysłona 1:1,4<br>Ogniskowa $f=50$ Przysłona 1:2,8 |

|   |                         |            |
|---|-------------------------|------------|
| 6 | Mocowanie do obiektywów | C-mount    |
| 7 | Długość kabla           | Min. 4,0 m |

**Tabela 5 Statyw (min 1 szt.)**

| L.p. | Parametr/Cecha | Wymagane  |
|------|----------------|---|
| 1    | Głowica        | Musi się obracać względem każdej z osi x, y i z |
| 2    | Wysokość       | Max. do 1500mm                                  |
| 3    | Ciężar         | Max. 3kg  |

**Tabela 6 Instalacje, szkolenia, instrukcje, pomoc, gwarancja, dostawa sprzętu**

| L.p. | Parametr/Cecha                | Wymagane   |
|------|-------------------------------|--|
| 1    | <b>Instalacja i szkolenie</b> | Instalacja oprogramowania u Zamawiającego<br>Szkolenie personelu u Zamawiającego   |
| 2    | Instrukcja                    | Do zestawu pomiarowego musi być dołączona pełna instrukcja obsługi w języku angielskim lub polskim w wersji elektronicznej i drukowanej oraz skrócona instrukcja obsługi wraz z listą kontrolną czynności niezbędnych do wykonania kalibracji i pomiaru. |
| 3    | Serwis pogwarancyjny          | min. 24 miesięczny serwis pogwarancyjny  |
| 4    | Gwarancja                     | Min. 12 miesięczna gwarancja (usługa gwarancyjna u Zamawiającego w czasie 48 h od zgłoszenia) na zestaw pomiarowy, ale bez komputera.  |
| 5    | Dostawa sprzętu               | Dostawa sprzętu do 12 tygodni od dnia podpisania umowy.  |
| 6    | Upragde oprogramowania        | Bezpłatny do 24 miesięcy od daty zakupu, wszystkie zakupione moduły.   |

KSLC