

Opis przedmiotu zamówienia

Przedmiotem zamówienia o nr postępowania: ZP_3_2023_WMT-ITW jest dostawa:

Toru pomiarowego do układów sterowania i monitorowania ruchu

Tor powinien zawierać składniki sprzętowe do prowadzenia pomiarów, przetwarzania analogowych sygnałów pomiarowych na cyfrowe, transmisję danych do rejestratora, czujniki oraz oprogramowanie do pozyskiwania, przetwarzania i składowania danych, stanowiący zamknięty system przeznaczony do zainstalowania na stanowisku badawczym

WPROWADZENIE

Zgodnie z założeniami projektu planowane próby zgrzewania będą wykonywane na prototypowym stanowisku badawczym, mającym charakter wydzielonego gniazda technologicznego. Celem jest doświadczalne sprawdzenie możliwości łączenia przedmiotów z miedzi o mikrostrukturze ultra drobnego ziarna. Jest to nowa klasa metalu, który nie jest jeszcze dostępny w handlu, a będzie wytworzony w ramach projektu. Dlatego zachowanie uzyskanego metalu w procesach technologicznych wymaga doświadczalnego sprawdzenia. Z powodu wielu niewiadomych układ rejestracji parametrów badanego procesu łączenia powinien być mocno rozbudowany, aby zarówno w warstwie sprzętowej jak i od strony programowania, uzyskać daleko idącą swobodę w konfiguracji sesji pomiarowych.

Niniejszy opis zawiera szczegółowe informacje o wymogach w zakresie rejestrowania wartości parametrów technologicznych, charakterystycznych dla zgrzewania tarcowego. Analiza podanych informacji umożliwi dostawcy właściwe określenie specyfikacji technicznej wielokanałowego układu rejestrującego dane z procesu zgrzewania. Układ powinien mieć możliwość rejestrowania parametrów charakterystycznych zarówno dla fazy tarcia jak i fazy spęczania, typowych dla zgrzewania tarcowego doczołowego.

Charakterystyka przedmiotu zamówienia

Przedmiotem zamówienia będzie dostawa kompletnego wielokanałowego układu zbierania danych procesowych na prototypowej maszynie do zgrzewania. Dostarczone komponenty układu powinny mieć możliwość prawidłowej pracy we wszystkich fazach, które można wydzielić w schemacie technologicznym typowej operacji zgrzewania tarcowego. Mają również uwzględniać specyfikę prototypowego stanowiska badawczego oraz zapewnić łatwość integracji pozyskiwania danych z innymi systemami, jak np. system wizyjny, czy system obsługi termicznej.

Dostawca układu musi zagwarantować łatwość konfigurowania sesji pomiarowej dla wszystkich faz operacji zgrzewania, niezależnie od postaci użytego wsadu, jego składu chemicznego, czy budowy mikrostrukturalnej. Należy zwrócić uwagę, że szczególne wymagania będą dotyczyły procesu zgrzewania metali ultradrobnoziarnistych, w przypadku których przebieg procesu jest dużą niewiadomą. Wiadomo zaś, że operacja zgrzewania takiego metalu musi odbywać się z ekstremalnie dużymi energiami wyzwalanymi w bardzo krótkim czasie, a więc badany proces będzie odbywał się z dużymi mocami przy wydzielaniu znacznej ilości ciepła. Wymagamy, aby w takich trudnych warunkach układ był w stanie prowadzić pozyskiwanie danych technologicznych

Dlatego dostawcy układu są zobowiązani do zapoznania się przeznaczeniem technologicznym poszczególnych osi roboczych stanowiska badawczego oraz z działaniem oprzyrządowania

technologicznego, które jest wykorzystywane w przestrzeni roboczej. W czasie wszystkich prób odbiorczych dostarczonego układu, dostawca powinien samodzielnie przygotować urządzenia technologiczne do przeprowadzenia testów. Obejmuje to nie tylko montaż aparatury pomiarowej na stanowisku, ale również elementów oprzyrządowania technologicznego.

Charakterystyka zakresu zamówienia

W świetle powyżej określonego przedmiotu zamówienia, pod pojęciem – układ rejestracji parametrów (nazywany dalej w skrócie układem DAQ) na stanowisku do zgrzewania tarcowego – należy rozumieć składniki sprzętowe do prowadzenia pomiarów, przetwarzania analogowych sygnałów pomiarowych na cyfrowe, transmisję danych do rejestratora oraz oprogramowanie do pozyskiwania, przetwarzania i składowania danych, stanowiący zamknięty system przeznaczony do zainstalowania na stanowisku badawczym, do którego przyłączane są czujniki pomiarowe w liczbie odpowiedniej dla wyczerpującego opisu przebiegu operacji zgrzewania zarówno w niezwykle krótko trwającej (czas trwania liczony w milisekundach) fazie tarcia, jak i stosunkowo długotrwałej fazie spęczania. W skład pojedynczego toru/kanału pomiarowego wchodzi czujnik właściwy dla pomiaru wielkości fizycznej, której ilościowe określenie w trakcie realizacji operacji zgrzewania jest niezbędne, oraz przyrząd pomiarowy stosowny do obsługi tego czujnika. Uzupełnieniem są czujniki dwustanowe, które umożliwią odpowiednie sterowanie przebiegiem pomiarów – wyzwolenie sesji pomiarowej lub jej zakończenie.

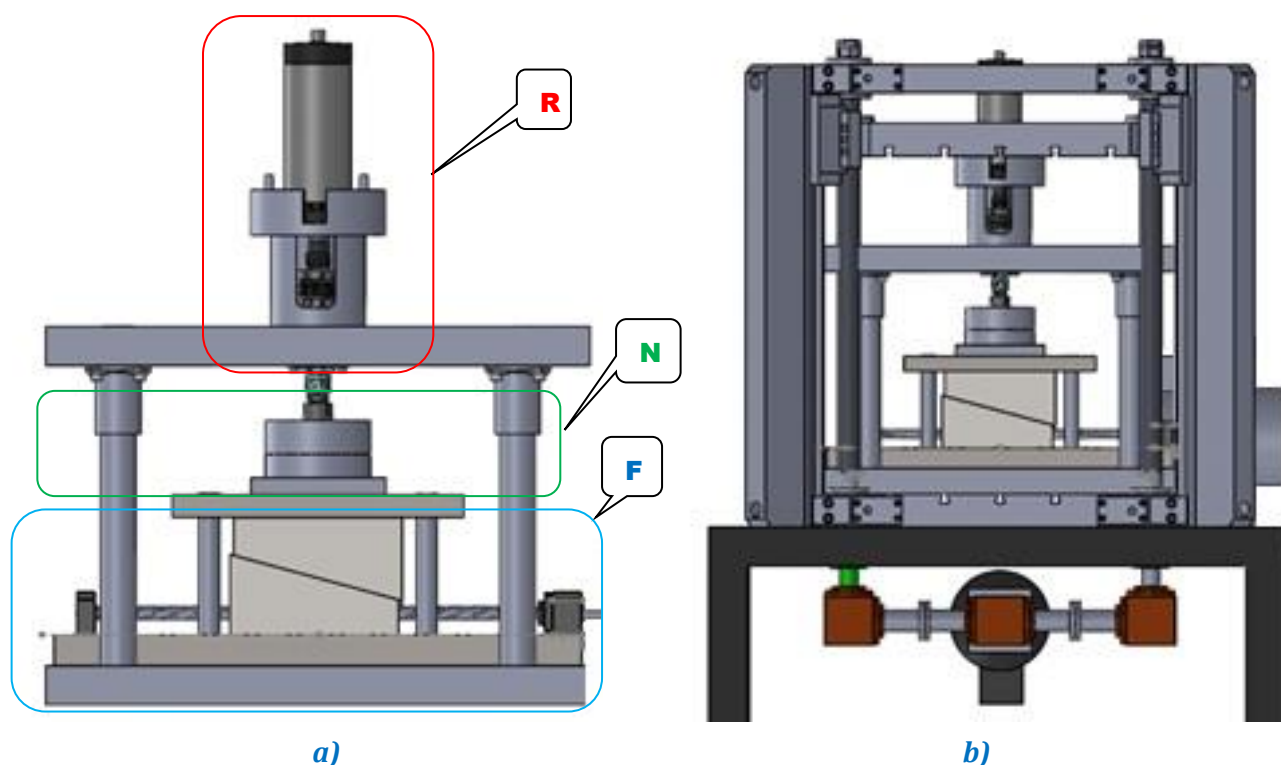
W budowie układu DAQ, konfiguracji torów pomiarowych i programowaniu przebiegu sesji pomiarowych należy uwzględnić wszystkie przepływy energii, niezbędne do prawidłowego realizowania funkcji technologicznych, przewidzianych dla każdej fazy procesu spajania. Jednym z celów niniejszego opisu jest dostarczenie danych służących dostawcom komponentów układu DAQ, wykonawcom torów pomiarowych oraz integratorom oprogramowania przy sporządzaniu ofert. Do kontaktów dostawców z wykonawcami niezbędne jest określenie podstawowych parametrów mierzonych podczas procesu zgrzewania.

URZĄDZENIA TECHNOLOGICZNE

Rejestracja wartości parametrów technologicznych ma być prowadzona na prototypowym stanowisku badawczym do zgrzewania. W celu ułatwienia prac badawczych, a zwłaszcza odbioru dostarczonego układu wielokanałowej rejestracji, przeanalizowano wszystkie potrzeby pomiarowe występujące w prototypowym stanowisku. Jednocześnie zebrano informacje o pomiarach i sygnałach kontrolno-sterujących, występujących w typowym gnieździe technologicznym zgrzewania tarcowego prowadzonego w warunkach przemysłowych.

Stanowisko prototypowe

Na Rys. 1 przedstawiono modułowe urządzenie technologiczne przeznaczone do doczołowego zgrzewania tarcowego wsadów prętowych o nieznaczącej długości. Rys. 1a pokazuje prototypowe urządzenie konstrukcyjnie przystosowane do zgrzewania tarcowego. Rys. 1b zaś prezentuje to urządzenie zabudowane w uniwersalnej ramowej konstrukcji z przestawną poprzeczką. Modułowość urządzenia polega na tym, że można wymieniać jego poszczególne zespoły konstrukcyjne. Wymienne zespoły umożliwiają nie tylko zmianę konfiguracji oprzyrządowania technologicznego, ale również zmianę strategii sterowania przebiegiem zgrzewania, z czym wiąże się zmiana zestawu parametrów, które powinny być mierzone podczas zgrzewania.



Rys. 1. Modułowe urządzenie technologiczne do doczołowego zgrzewania tarcowego prętów: a) urządzenie technologiczne zmontowane, b) maszyna do zgrzewania o pełnej funkcjonalności uzyskanej przez zamontowanie urządzenia w korpusie

Największa liczba parametrów opisujących proces występuje przy zgrzewaniu wsadów prętowych prowadzonym w celu pozyskania danych do analiz energetycznych. W takim eksperymencie należy mierzyć zarówno wielkości mechaniczne jak i cieplne. Wspomniane warunki odbioru układu DAQ opisano w załączniku Zał. 1. Testy odbiorcze układu pomiarowo-rejestrującego DAQ będą przebiegały zgodnie z opisanymi tam procedurami. Wynika z nich, że dostawcy układu DAQ są zobowiązani do zapoznania się z przeznaczeniem technologicznym poszczególnych osi roboczych maszyny do zgrzewania oraz z działaniem oprzyrządowania technologicznego. Wyłoniony dostawca powinien podczas wszystkich prób odbiorczych samodzielnie przygotować wskazane urządzenie technologiczne do przeprowadzenia testów. Obejmuje to nie tylko montaż dostarczonych czujników, ale również oprzyrządowania technologicznego tak, aby zapewnić deklarowaną w ofercie skuteczność pomiarów.

W celu ułatwienia zrozumienia budowy modułowego urządzenia do zgrzewania poszczególne jego zespoły funkcjonalne oznaczono symbolami literowymi, do których w dalszej części opisu pojawią się liczne odwołania. W tabelicy 1 zamieszczono listę zespołów, podano ich przeznaczenie i przedstawiono krótką charakterystykę funkcji spełnianej przez dany zespół mechaniczny. Jak wspomniano, w przypadku prototypowego urządzenia technologicznego będą prezentowane tylko zespoły w jednej wybranej konfiguracji. W ostatniej rubryce tabelicy 1 wstawiono liczbę parametrów technologicznych, których wartości powinny być wyznaczane podczas pracy urządzenia do doczołowego zgrzewania tarcowego.

Na Rys. 1a, na tle modelu 3D zgrzewarki W2, wyodrębniono trzy moduły, nazwane dalej zespołami konstrukcyjnymi:

- zespół konstrukcyjny **R00** (mocowanie głowicy elektrowrzeciona z uchwytem przedmiotu ruchomego i jednoczesnym pomiarem jego prędkości obrotowej **n**)
- zespół konstrukcyjny **N00** (mocowanie „obrotowego” uchwytu przedmiotu stałego z jednoczesnym pomiarem momentu **M** przenoszonego przy zgrzewaniu z przedmiotu ruchomego na stały oraz pomiarem przemieszczenia **S** w zakresie skoku roboczego)
- zespół konstrukcyjny **F00** (napęd posuwu przemieszczający wzdłuż osi przedmiot stały dzięki czemu realizowany jest posuw przy jednoczesnym pomiarze sił **P_T** i **P_S** docisku).

Tablica 1. Wykaz wydzielonych zespołów mechanicznych prototypowego urządzenia technologicznego do zgrzewania tarcowego

Nazwa zespołu	Ozn.	Charakterystyka pracy zespołu	Spełniana funkcja o charakterze technologicznym	Liczba mierzonych parametrów
WRZECIONO	R	Mocowanie i wprawianie w ruch obrotowy przedmiotu ruchomego	Uchwycenie przedmiotu ruchomego, nadanie mu ruchu rotacyjnego	2
IMADŁO	N	Mocowanie przedmiotu stałego i mierzenie siły docisku	Uchwycenie przedmiotu stałego, kontrola sił tarcia i spęczania	3
DOCISK	F	Dociskanie przedmiotu stałego do ruchomego w czasie całego cyklu zgrzewania	Utrzymanie zaprogramowanego docisku przedmiotu stałego do ruchomego i kontrola posuwu	3
Sumaryczna liczba parametrów mierzonych przy zgrzewaniu tarcowym				8

Szczegółową charakterystykę mierzonych wielkości fizycznych oraz zmian obciążenia mechanicznego i termicznego, które mają być rejestrowane podczas pojedynczych cykli zgrzewania podano w załączniku Zał. 2.

Elementy układu rejestracji

Przedmiotem dostawy jest tor pomiarowy zbudowany na bazie komponentów National Instrument (NI) i wykorzystujące programowanie graficzne LabView do tworzenia aplikacji obsługujących zbieranie danych procesowych na stanowiskach do zgrzewania. Szczegółowy opis zamówienia przedstawiono w Zał. 3. Rolę rejestratora cyfrowego może spełniać dowolny mikroprocesorowy kontroler wyposażony w odpowiednią liczbę portów do komunikacji z urządzeniami NI zewnętrznymi oraz obsługujący oprogramowanie LabView. Sygnały pomiarowe mają być przygotowywane do rejestracji za pomocą kompaktowego przyrządu pomiarowego dostarczonego w wykonaniu modułowym. Liczba kanałów wejść analogowych tego kompaktowego przyrządu DAQ ma być większa lub co najmniej równa maksymalnej liczbie wielkości fizycznych mierzonych na pojedynczym stanowisku do zgrzewania. Do wejść analogowych i cyfrowych modułowego przyrządu DAQ doprowadzone będą linie sygnałowe, przez które pobierane są wartości mierzonych wielkości fizycznych. Wszystkie sygnały powinny być przenoszone z modułowego przyrządu DAQ do rejestratora za pomocą jednego kabla. Główną magistralą do przesyłania danych pomiarowych ma być USB.

Analogowe sygnały pomiarowe muszą być dopasowywane w modułach przyrządu DAQ. Moduły powinny realizować następujące zadania: wzmocnienie, izolacja galwaniczna, tłumienie, filtracja i linearyzacja. Moduły pomiarowe powinny mieć możliwość obsługiwanie czujników pomiarowych, np. przez odpowiednie ich zasilanie energetyczne. Kompaktowy przyrząd DAQ o budowie modułowej powinien mieć możliwość umieszczenia w jednej obudowie wszystkich modułów, które będą potrzebne do pomiarów. Układ będzie okresowo przenoszony z jednego stanowiska do drugiego i podłączany do zestawu czujników właściwych dla oceny pracy danego stanowiska technologicznego. Wielokanałowy układ zbierania danych ma być tak skonfigurowany, aby był w stanie obsłużyć różne stanowiska zarówno do zgrzewania w warunkach przemysłowych, jak i przeciskania przez kanał kątowy (ECAP).

Akcesoria przyłączeniowe

Istotnym uzupełnieniem dostarczonego wielokanałowego układu zbierania danych procesowych jest odpowiednie okablowanie sygnałowe i zasilające. Ma ono przede wszystkim umożliwić sprawne przyłączenie źródeł sygnałów pomiarowych i sterujących do komputerowego układu zbierania danych, a więc wszystkich czujników analogowych i cyfrowych, zarówno generacyjnych, jak i tych, które wymagają odpowiedniego zasilania. Głównymi składnikami tego okablowania powinny być przewody zakończone

odpowiednimi wtyczkami oraz gniazda i listwy przyłączeniowe. Wymagane jest, aby przeniesienie elementów wspólnych układu komputerowego zbierania danych procesowych na kolejne stanowisko gniazda technologicznego nie zmuszało użytkownika do zmian planu elektrycznych przyłączy. Dlatego gniazda i przyłącza zaciskowe muszą być dostarczone w liczbie odpowiadającej liczebności stanowisk badawczych wytypowanych do obsługi pomiarowej przez dostarczony kompaktowy układ zbierania danych procesowych. Przypomnijmy, że w odpowiednim załączniku, tzn. Zał. 2 opisano specyfikację techniczną czujników.

Oprogramowanie

W celu zapewnienia efektywnej pracy kompaktowego układu wielokanałowego zbierania danych procesowych powinien on być dostarczony wraz z odpowiednim oprogramowaniem systemowym. Wymagane jest również dostarczenie oprogramowania aplikacyjnego, które umożliwi przeprowadzenie odbioru dostawy w zakresie opisanym w załączniku Zał. 1. Należy podkreślić, że oprogramowanie musi charakteryzować się zgodnością z interfejsem LabView zbierania danych ze stanowisk badawczych stosowanym na urządzeniach technologicznych w pracowni grupy **UFGbySPD**.

Wszelkie oprogramowanie do układu zbierania danych powinno pracować w środowisku Windows pod kontrolą 32 lub 64 bitowego systemu operacyjnego Windows (min. wersja 10) ze względu na posiadane przez zamawiającego licencje. Dotyczy to zarówno sterowników (do obsługi rejestracji i do konfigurowania modułowego przyrządu pomiarowego), jak i oprogramowania aplikacyjnego. W przypadku wątpliwości należy stosować zasadę, że jedynym kryterium doboru wymagań sprzętowych i softwarowych jest umożliwienie programowania sesji pomiarowych wyłącznie za pomocą języka graficznego. Język graficznego programowania zastosowany w pakiecie oprogramowania narzędziowego, który będzie zainstalowany na urządzeniach obsługujących układ zbierania danych, powinien w dniu dostawy znajdować się w paśmie języków programowania układów akwizycji objętych licencją użytkownika do prowadzenia prac badawczych na terenie zamawiającego.

WYKAZ ZAŁĄCZNIKÓW DO OPISU PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

- Zał. 1. Warunki odbioru
- Zał. 2. Wielkości rejestrowane przez tor pomiarowy
- Zał. 3. Specyfikacja przedmiotu zamówienia

Tytuł

„WARUNKI ODBIORU TORU POMIAROWEGO DO UKŁADÓW STEROWANIA I MONITOROWANIA RUCHU”

WPROWADZENIE

W załączniku przedstawiono wymogi dla przeprowadzenia odbioru technicznego kompaktowego układu zbierania danych procesowych (nazywanego dalej skrótowo układem DAQ). Odbiór będzie polegał na demonstracji działania dostarczonego układu podczas pracy urządzenia technologicznego. Wspomniane urządzenie jest częścią wskazanego gniazda technologicznego umożliwiającego prowadzenie zgrzewania tarcowego metali ultradrobnoziarnistych.

Celem tego odbioru jest potwierdzenie kompletności dostawy układu pomiarowo-rejestrującego, sprawdzenie zgodności parametrów ze specyfikacją czujników i zasilania elektrycznego na stanowisku badawczym. Test odbiorczy ma potwierdzić ogólną sprawność przez demonstrację działania układu DAQ podczas pracy urządzenia pod obciążeniem siłowym.

Poniżej podano szczegółowe wymagania, które będą sprawdzane przy odbiorze układu rejestracji danych. Warunki odbioru sformułowano w odniesieniu do rejestracji, która odbędzie się bezpośrednio na urządzeniu technologicznym służącym do zgrzewania tarcowego.

PROCES ZGRZEWANIA

W operacji wykonywanej na zmodernizowanej zgrzewarce przemysłowej bierze udział szereg zespołów mechanicznych¹, które mają własne napędy, realizują wydzielone zadania technologiczne, oraz są odpowiednio „oczujnikowane”. Poniżej krótko scharakteryzowano zespoły mechaniczne urządzenia technologicznego używane przy odbiorze układu DAQ tak, aby dostawca odczytał powiązanie osi roboczych urządzenia z mierzonymi wielkościami fizycznymi. Wykaz tych wielkości podano w załączniku zał.2. Zamieszczono w nim także specyfikacje wszystkich czujników pomiarowych, które przewidziano do pomiaru wielkości fizycznych podczas zgrzewania.

Należy zaznaczyć, że prawidłowa praca urządzenia technologicznego, potwierdzana przez rejestrację parametrów układem DAQ, zależy od pomyślnej współpracy zespołów. W czasie pojedynczego cyklu roboczego charakter tej współpracy może się zmieniać w zależności od fazy operacji zgrzewania. Niektóre zespoły działają razem, inne zaś włączają się w określonej chwili realizując swoje zadania sekwencyjnie. Opisane złożone działanie ma istotny wpływ na organizację sesji pomiarowej.

¹ Pełną listę zespołów mechanicznych urządzeń technologicznych zmodernizowanego gniazda do zgrzewania podano w dokumencie głównym opisu przedmiotu zamówienia

ZAKRES TESTÓW ODBIORCZYCH

W dokumentacji przetargowej podano wymagania odnośnie potrzeb pomiarowych zgrzewania tarcowego. Zgrzewanie jest prowadzone z użyciem oprzyrządowania technologicznego, którego zespoły konstrukcyjne mają być wyposażone w czujniki odpowiednie do wymagań pomiarowych. Dostarczony układ zbierania danych procesowych będzie sprawdzany pod kątem jego zdolności do rejestracji sygnałów pomiarowych w funkcji czasu z wszystkich czujników przewidzianych do użycia w planowanych operacjach zgrzewania z wykorzystaniem oprogramowania LabView. Ważnym elementem prób odbiorczych będzie wyznaczenie charakterystyk, pokazujących relacje między rejestrowanymi parametrami. Przyjęto, że wystarczającym potwierdzeniem zdolności do analizy rejestrowanych danych procesowych będzie pokazanie przydatności dostarczonego, wielokanałowego układu zbierania danych procesowych, do prezentowania charakterystyk wybranych dla zgrzewania tarcowego.

Tytuł

„WIELKOŚCI REJESTROWANE PRZEZ TOR POMIAROWY DO UKŁADÓW STEROWANIA I MONITOROWANIA RUCHU” WPROWADZENIE

W niniejszym załączniku zamieszczono szczegółową charakterystykę wielkości fizycznych, które powinny być rejestrowane podczas operacji tarcowego zgrzewania doczołowego przedmiotów walcowych.

Wielkości fizyczne

W tabelicy 1 podano listę wielkości fizycznych, których wartości powinny być określone podczas prowadzenia tarcowego zgrzewania doczołowego.

Tablica 1. Wyszczególnienie wielkości fizycznych rejestrowanych podczas prowadzenia tarcowego zgrzewania

Pozycja	Wielkość fizyczna mierzona lub rejestrowana w funkcji czasu	Jednostka	Zalecane oznaczenie mierzonej wielkości
1	Przesunięcie liniowe (skok dobiegowy)	mm	D_A
2	Przesunięcie liniowe (skok roboczy)	mm	D_W
3	Prędkość obrotowa przedmiotu ruchomego	obr/min	n
4	Prędkość kątowna przedmiotu ruchomego	rad/s	ω
5	Prędkość obwodowa przedmiotu ruchomego	m/s	v_n
6	Liczba obrotów w fazie tarcia	-	K_T
7	Prędkość liniowa przedmiotu stałego	mm/min	V
8	Prędkość skracania wyrobu	mm/s	V_S
9	Szybkość narastania docisku	kN/s	V_P
10	Siła docisku w fazie tarcia	kN	P_T
11	Siła docisku w fazie spęczania	kN	P_S
12	Moment obrotowy w fazie tarcia	Nm	M_T
13	Skrócenie przedmiotów podczas tarcia	mm	S_T
14	Skrócenie zgrzewanego wyrobu całkowite	mm	S
15	Maksymalna temperatura w spoinie	°C	T_W
16	Temperatura otoczenia	°C	T_O
17	Czas fazy tarcia	s	t_T
18	Czas fazy spęczania	s	t_S
19	Czas opóźnienia (zwłoki przed hamowaniem)	s	t_Z
20	Czas hamowania	s	t_H
21	Wydzielona moc	Nm/s	N
22	Wielkość wypłytki (powiększenie średnicy)	mm	F

WYZNACZANE CHARAKTERYSTYKI

W tablicy 2 podano wykaz charakterystyk, które powinny być wyznaczone w czasie prowadzenia operacji tarcowego zgrzewania doczołowego.

Tablica 2. Wyszczególnienie przebiegów zmian wielkości fizycznych wyznaczanych podczas zgrzewania tarcowego

Pozycja	Specyfikacja wyznaczonej zależności funkcyjnej
1	Prędkość obrotowa przedmiotu ruchomego n w funkcji czasu zgrzewania
2	Siła docisku łączonych przedmiotów P w funkcji czasu zgrzewania
3	Wskaźnik wzrostu siły docisku łączonych przedmiotów V_P w funkcji czasu zgrzewania
4	Moment obrotowy przedmiotu ruchomego M w funkcji czasu zgrzewania
5	Skrócenie zgrzewanych przedmiotów S w funkcji czasu zgrzewania
6	Prędkość skracania wyrobu V_S w funkcji czasu zgrzewania
7	Relacja między siłami P_T i P_S pokazywana w funkcji położenia elementu ruchomego
8	Temperatura T_w w obszarze złącza pokazywana w funkcji czasu zgrzewania
9	Moc N dostarczona i odebrana podczas zgrzewania (bilans mocy) w funkcji czasu zgrzewania
10	Liczba obrotów K_T wykonanych w czasie fazy tarcia
11	Wielkość wypłytki F utworzonej w czasie zgrzewania (flashless RFW)

Specyfikacja przedmiotu zamówienia

Przedmiotem zamówienia jest dostawa **TORU POMIAROWEGO DO UKŁADÓW STEROWANIA I MONITOROWANIA RUCHU** dla Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Warszawskiej o parametrach określonych poniżej, do siedziby Zamawiającego na koszt i ryzyko Wykonawcy.

Na wstępie poniższej specyfikacji należy zaznaczyć, że pomiary na stanowiskach technologicznych grupy badawczej UFGbySPD oparte są o uniwersalne tory pomiarowe firmy National Instruments oraz oprogramowane w środowisku LabView. Budowa modułowa tych układów pozwala na bezproblemową rozbudowę stanowiska, a także wymianę elementu w przypadku jego uszkodzenia. Obniża to koszty eksploatacji. Możliwość wymiany modułów pomiędzy torami umożliwia zachowanie ciągłości pracy, a także pozwala na szybkie dostosowanie układu pomiarowego do nowych potrzeb. Ponadto grupa badawcza UFGbySPD korzysta z własnych programów do analizy obrazów opartych o biblioteki i sterowniki kamer przemysłowych firmy Basler. Z tego powodu w ramach przetargu:

- wymagany jest zakup toru pomiarowego kompatybilnego z pozostałymi użytkowanymi torami zbudowanymi z elementów National Instruments opartymi o standardy CompactDAQ.
- wymagany jest zakup kamery firmy Basler, która zapewni kompatybilność z oprogramowaniem wykorzystywanym przez grupę badawczą UFGbySPD
- w ramach przetargu wymagane jest zaprojektowanie i wykonanie lub zakup elementów montażowych i innych niezbędnych elementów koniecznych (np. okablowania) do uruchomienia i poprawnego działania toru pomiarowego.
- zamontowanie toru pomiarowego na maszynie musi zapewniać zgodność ze standardami BHP, poprawność działania maszyny oraz chronić układ pomiarowy przed uszkodzeniem w trakcie prowadzenia procesu zgrzewania.

Elementy toru pomiarowego opartego o części National Instruments:

1. Obudowa na moduły pomiarowe z interfejsem USB – 1 szt.
 - Typ: CompactDAQ
 - Możliwa liczba zamontowanych modułów: min. 4
 - Łącznie z komputerem poprzez standard USB 2.0 lub wyższy
 - Kompatybilność z pozostałymi modułami pomiarowymi
2. Moduł napięciowy – 1 szt.
 - Liczba wejść analogowych (single-ended): min 32
 - Liczba wejść analogowych różnicowych: min 16
 - Zakres napięcia: od -10V do 10V
 - Częstotliwość próbkowania: min 250 kS/s
 - Rozdzielczość wejścia analogowego: 16 bit
 - Typ mocowania wejść: Spring
 - Kompatybilność z: CompactDAQ, CompactRIO

3. Moduł pomiaru siły – 1 szt.
 - Liczba wejść analogowych różnicowych: min 4
 - Zakres napięciowy wejść analogowych: od -25mV/V do 25 mV/V
 - Częstotliwość próbkowania: min 50 S/s/ch
 - Obsługiwane konfiguracje: Quarter Bridge, Half Bridge, Full Bridge
 - Typ mocowania wejść: RJ50
 - Kompatybilność z: CompactDAQ, CompactRIO

4. Zestaw adapterów RJ50 na wejścia śrubowe dla modułu pomiaru siły – 1 szt.
 - Typ wejścia RJ50: żeński
 - Kompatybilny z modulem pomiaru siły
 - W zestawie min. 4 sztuki

5. Okablowanie RJ50 dla modułu pomiaru siły – 1 szt.
 - Długość: min. 2 m
 - Kompatybilność z modulem pomiaru siły
 - W zestawie: min. 4 sztuki

6. Moduł wyjść cyfrowych – 1 szt.
 - Liczba wyjść cyfrowych: min. 8
 - Obsługuje sygnały: 12V, 24V
 - Maksymalny czas aktualizacji wartości: 1 μ s
 - Typ mocowania wyjść: śrubowe
 - Kompatybilność z: CompactDAQ, CompactRIO

7. Dodatkowe elementy – po 1 szt.
 - Uniwersalny kabel zasilający 240V EuroClass (763071-01)
 - Zasilacz PS-9, 12 VDC, 1.25 A, 100-240 VAC Input (780703-01)
 - Kabel USB 2.0, Typ A na typ B o długości 1m z przykręcanym mocowaniem (198506-01)

Pozostałe elementy toru pomiarowego kompatybilne z częściami National Instruments:

8. Czujnik do pomiaru siły poosiowej i momentu skręcającego
 - Zakres rejestrowanej siły: 0 kN do min. 50 kN
 - Zakres rejestrowanego momentu: 0 Nm do min. 180 Nm
 - Czujnik musi być wzorcowany
 - Kompatybilność z torem National Instruments

9. Wzmacniacz do czujnika siły poosiowej i momentu skręcającego – 2 szt.
 - Kompatybilność z czujnikiem siły poosiowej i momentu skręcającego
 - Możliwość montażu na szynie DIN TS35
 - Kompatybilność z torem National Instruments

10. Tensometryczny czujnik siły statycznej o budowie tarczowej – 1 szt.
 - Zakres pomiarowy: co najmniej 500 kN
 - Dopuszczalne przeciążenie: min. 50 %
 - Nieliniowość: <0,5
 - Czułość: 2 mV/V
 - Napięcie zasilania: 10 Vdc
 - Sygnał niezrównoważenia: $\pm 0,2$ %
 - Błąd pełzania: <0,03 % / 30 min
 - Temperatura pracy: 0 - 100 °C
 - Maksymalne ugięcie: 0,3 mm
 - Maksymalna średnica: 300 mm
 - Maksymalna wysokość: 100 mm
 - Czujnik dostarczony ze świadectwem wzorcowania
 - Kalibrowany ze stanowiskową aparaturą pomiarową (miernik CL361)
 - Kompatybilność z torem National Instruments

11. Czujnik przemieszczenia 1 – 1 szt.
 - Typ: LVDT
 - Zakres działania min. +/- 5 mm (łączenie min. 10 mm)
 - Sygnał wyjściowy: 1 Vrms $\pm 10\%$ (0,5 Vrms 0,2 Vrms)
 - Zasilanie: 2Vrms, 5...15 mA, 5 kHz
 - Zastosowany układ sprężynowy
 - Błąd pomiarowy: nie większy niż 0,5%
 - Kompatybilność z torem National Instruments

12. Czujnik przemieszczenia 2 - 1 szt.
 - Typ: LVDT
 - Zakres działania min. +/- 10 mm (łączenie min. 20 mm)
 - Sygnał wyjściowy: 1 Vrms $\pm 10\%$
 - Zasilanie: 2Vrms, 5...15 mA, 5 kHz
 - Błąd pomiarowy: nie większy niż 0,5%
 - Odporność na wibracje min. 20g do 2 kHz
 - Kompatybilność z torem National Instruments

13. Wzmacniacz do czujnika przemieszczenia – 2 szt.
 - Kompatybilność z czujnikiem przemieszczenia LVDT
 - Sygnały wyjściowe: $\pm 10V$; $0 \div 10V$; $4 \div 20mA$
 - Zasilanie: 24 V / maks. 100mA (DC); 24 V / maks. 200mA (AC)
 - Możliwość montażu na szynie DIN TS35
 - Kompatybilność z torem National Instruments

14. Czujnik zbliżeniowy – 3 szt.
 - Typ: indukcyjny
 - Wyjście: PNP/NO
 - Zakres działania: 0 - 2 mm

- Długość kabla min. 2 m
 - Częstotliwość przełączania: 1 kHz
 - Kompatybilność z torem National Instruments
15. Zasilacz do czujników i wzmacniaczy pomiarowych – 1 szt.
- Napięcie: 24 V DC
 - Moc: min. 60 W
 - Możliwość montażu na szynie DIN TS35
16. Obudowa – 1 szt.
- Wymiary (Sze/Wys/Gł): min 200/300/155 mm
 - Materiał: blacha stalowa
 - W zestawie płyta montażowa
 - Standardy: PU, IP66
 - Liczba zamków: 1

Elementy toru pomiarowego dotyczące rejestracji obrazu:

17. Kamera – 1 szt.
- Biblioteki: Basler Pylon
 - Typ: kolorowa
 - Wielkość matrycy: min. 1/2,9 "
 - Rozdzielczość (wysokość/szerokość): min. 1440/1080 px
 - Wielkość piksela: min. 3,45 μm
 - Minimalny czas ekspozycji: nie większy niż 21 μs
 - Częstotliwość przy ograniczonej rozdzielczości do 150 px wysokości: min 1300 kl/s
 - Interfejs: USB 3.0
 - Mocowanie obiektywu: C-mount
 - Standardy: RoHS, FCC Class B, CE, IP30, GenICam, USB3 Vision, UL, KC, EAC
 - Wymiary (Dł/Sze/Wys): max 30/30/30 mm
 - Moc: 3 - 4 W
18. Obiektyw nr 1 do kamery
- Kompatybilność z kamerą
 - Dedykowany rozmiar matrycy: 2/3"
 - Mocowanie obiektywu: C-mount
 - Ogniskowa: 8 mm
 - Zakres przysłony od maks. F1,6 do min. F16
 - Zniekształcenie TV: nie gorsze niż -1,99 %
 - Minimalna odległość pracy: nie większa niż 100 mm
19. Obiektyw nr 2 do kamery
- Kompatybilność z kamerą
 - Dedykowany rozmiar matrycy: 2/3"
 - Mocowanie obiektywu: C-mount
 - Ogniskowa: 16 mm
 - Zakres przysłony od maks. F1,6 do min. F16

- Zniekształcenie TV: nie gorsze niż -0,6 %
- Minimalna odległość pracy: nie większa niż 100 mm

20. Obiektyw nr 3 do kamery

- Kompatybilność z kamerą
- Dedykowany rozmiar matrycy: 2/3"
- Mocowanie obiektywu: C-mount
- Ogniskowa: 50 mm
- Zakres przysłony od maks. F2,4 do min. F16
- Zniekształcenie TV: nie gorsze niż 0,01 %
- Minimalna odległość pracy: min. 200 mm

21. Oświetlenie nr 1 do kamery

- Kompatybilność z kamerą
- Typ: Backlight
- Oświetlenie skolimowane
- Możliwość ściemniania: tak
- Tryby pracy: Continuous & Strobe
- Wielkość min. 150 mm x 150 mm
- Zasilanie 24 VDC
- Równomierność oświetlenia min. 90%
- Złącze M12 4P
- Barwa biała
- Standardy: IP40, CE, RoHS, WEEE, UKCA

22. Oświetlenie nr 2 do kamery

- Kompatybilność z kamerą
- Typ: FlatDome
- Wielkość min. 200 mm x 200 mm
- Równomierność oświetlenia min. 85%
- Zasilanie 24 VDC
- Złącze M12 5P
- Barwa biała
- Standardy: IP40, CE, RoHS, WEEE

23. Oświetlenie nr 3 do kamery

- Kompatybilność z kamerą
- Typ: punktowe
- Strumień świetlny: min. 3000 lm
- Zasilanie 12/24 VDC
- Wymiary: 100x100 mm ± 5 mm
- Kąt rozchodzenia wiązki: maks. 6°

Elementy toru pomiarowego związane z pomiarem temperatury:

24. Pirometr do metalu

- Zakres pomiarowy temperatury: od maks. 50°C do min. 400°C
- Wyjścia: 0-10V; 4-20mA; termopara typ J / K
- Dostosowany do pomiaru powierzchni metalu
- Czas reakcji nie większy niż 1 ms
- Błąd pomiaru nie większy niż $\pm(0.3\% \text{ odczytu} + 2^\circ\text{C})$

- Minimalna wielkość plamki pomiarowej: nie większa niż 2,5 mm średnicy
- Odległość w jakiej uzyskana jest plamka pomiarowa o wielkości nie większej niż 2,5 mm: nie mniejsza niż 150 mm
- Długość przewodu: minimum 5 m