Politecnico di Torino

#
#
#

CAPITOLATO SPECIALE D'ONERI

Fornitura di un sistema a diffrazione a raggi X (X-Ray Diffractometer) per la caratterizzazione di fasi, struttura cristallografica e stress residui di componenti metallici da processi di manifattura avanzata

Programma Regionale F.E.S.R. 2021/2027
Bando INFRA+ "Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di infrastrutture di ricerca pubbliche e private" - Azione I.1i.4 "Sostegno all'offerta e alla domanda di servizi di trasferimento tecnologico e per l'innovazione"
IR "Design and Research for Enhanced Additive Manufacturing, Joining and Materials - DREAMJM"
CUP E47B25000090007 - CUI F00518460019202600026

Il Responsabile Unico del Progetto

ing. Massimiliano Corrado MATTONE

COESIONE ITALIA 21-27 PIEMONTE | Cofinanziato dall'Unione europea | REGIONE PIEMONTE

Sommario

1. PREMESSA 3
2. CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME A PENA DI ESCLUSIONE 3

1. PREMESSA

Con Determina Dirigenziale regionale n. 375 del 4 settembre 2025 è stata valutata positivamente la proposta progettuale "Design and Research for Enhanced Additive Manufacturing, Joining and Materials" (nel seguito per brevità DREAMJM) presentata dal Politecnico di Torino in qualità di soggetto capofila, dal Competence Center CIM 4.0 e dall'Università del Piemonte Orientale in qualità di partner, in risposta al bando INFRA+, ammessa al finanziamento da Finpiemonte con successivo Decreto di Concessione del 10 dicembre 2025.

Il progetto DREAMJM ha l'obiettivo di rafforzare e ampliare infrastrutture di ricerca esistenti dedicate alla manifattura avanzata 5.0, con applicazioni nei settori dell'aerospazio e della mobilità, mediante il potenziamento di laboratori e attrezzature per lo sviluppo di materiali, processi produttivi e componenti innovativi. L'intervento si inserisce nell'evoluzione verso modelli produttivi più efficienti, sostenibili e collaborativi, basati sull'integrazione tra competenze umane e tecnologie abilitanti.

Il progetto prevede il potenziamento e l'integrazione di quattro strutture principali, configurando un polo integrato Torino-Alessandria:

- IAM@PoliTo – Integrated Additive Manufacturing@Politecnico di Torino, centro interdipartimentale che coinvolge i Dipartimenti DAUIN, DET, DIGEP, DIMEAS e DISAT, dedicato alla manifattura additiva di materiali metallici e polimerici, per lo sviluppo e la validazione di componenti avanzati;
- J-Tech@PoliTo – Advanced Joining Technologies@Politecnico di Torino, centro interdipartimentale che coinvolge i Dipartimenti DIMEAS, DISAT e DIGEP, dedicato alle tecnologie di giunzione, rivestimento e caratterizzazione dei materiali, per lo sviluppo di giunzioni innovative anche tra materiali dissimili;
- POLYMA – Polymeric Materials Hub@Alessandria, polo dedicato ai materiali polimerici, con il coinvolgimento dei Dipartimenti DISAT, DIMEAS e DENERG del Politecnico di Torino e del Dipartimento DISIT dell'Università del Piemonte Orientale, per la formulazione, trasformazione e caratterizzazione di materiali polimerici avanzati ed eco-sostenibili;
- Linea Additive Manufacturing del Competence Center CIM 4.0, dedicata alla maturazione applicativa delle tecnologie additive, per ampliare le capacità di fabbricazione e validazione di componenti metallici.

Al fine di realizzare l'iniziativa progettuale DREAMJM il Politecnico di Torino necessita di procedere con l'acquisto di un sistema a diffrazione a raggi X (X-Ray Diffractometer), le cui specifiche tecniche minime sono descritte nel presente capitolato, al fine di potenziare il laboratorio di IAM@PoliTo – Integrated Additive Manufacturing@Politecnico di Torino.

La diffrazione a raggi X è una delle tecniche più largamente usate per identificare le fasi e la struttura cristallografica dei materiali, metallici e ceramici. L'applicazione della XRD permette la caratterizzazione dei materiali e prodotti realizzati mediante processi di manifattura avanzata (additive manufacturing e giunzioni) al fine di studiarne l'omogeneità costitutiva. Inoltre, l'XRD permette di misurare in maniera non distruttiva nei primi micron di materiale i campi di deformazione e di tensioni, permettendo la caratterizzazione degli strati superficiali e l'ottimizzazione dei processi di finitura superficiale. Similmente, la possibilità di effettuare prove in temperatura (alte temperature e condizioni criogeniche), permette di studiare le trasformazioni di fase dei materiali. L'acquisto, quindi, di tale strumentazione permetterà una migliore gestione delle attività di trasferimento tecnologico, che contribuirà alla diffusione delle tecnologie innovative nel tessuto industriale piemontese e non solo, secondo gli obiettivi del progetto DREAMJM.

2. CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME A PENA DI ESCLUSIONE

Costituisce oggetto del presente CSO la fornitura di un sistema a diffrazione a raggi X (X-ray Diffractometer) per la caratterizzazione di fasi, struttura cristallografica e stress residui di componenti metallici da processi di

manifattura avanzata (additive manufacturing e giunzioni), avente le seguenti caratteristiche minime a pena di esclusione:

- Caratteristiche generali
  - Conformità a normative europee: Direttiva macchine (2006/42/EC), Apparecchi Elettrici (2006/95/EC o equivalente 2014/35/EU), Compatibilità Elettromagnetica (2004/108/EC o equivalente 2014/30/EU);
  - Il sistema deve essere in grado di operare con geometria dell'ottica sia Bragg-Brentano sia fascio parallelo;
  - La geometria dell'ottica a fascio parallelo deve essere completata con un monocromatore KA1
  - Il sistema, debitamente equipaggiato e configurato, deve poter operare nelle seguenti modalità: misure di diffrazione di raggi X da materiali massivi (bulk), grazing incidence (GID), riflettometria a raggi X (XRR), diffrattometria di raggi X ad alta risoluzione (HR-XRD), misure di stress, misure di texture superficiale, mappatura dello spazio reciproco
  - Il sistema, se debitamente equipaggiato e configurato (eventualmente con optional non esplicitamente oggetto di fornitura), deve poter effettuare misure sia in riflessione sia in trasmissione, misure in temperatura, misure di diffrazione di raggi X da polveri, grazing incidence small angle X-ray scattering (GISAXS)
  - Il sistema deve offrire capacità plug&play, riconoscendo in maniera automatica i componenti e la configurazione, oltre ad identificare eventuali conflitti per tutte le componenti del cammino ottico
  - Dimensioni massime (altezza x larghezza x profondità): (205 x 170 x 130) cm
  - Peso massimo: 980 kg
  - Alimentazione: trifase 230/400 V, 50/60 Hz, 40 A (massimi). Alimentazioni trifase equivalenti sono accettabili se previste di trasformatore trifase che deve essere incluso nell'offerta; tali configurazioni comprensive di trasformatore devono essere certificate CE. Consumo massimo di 6 kW

- Sistema di raffreddamento:
  - Unità da esterno di raffreddamento aria-acqua
  - Alimentazione: trifase 230/400 V, 50 Hz, 16 A
  - Dimensioni massime (altezza x larghezza x profondità): (110 x 65 x 130) cm

- Cabina di Protezione:
  - Schermatura delle radiazioni emesse con il sistema in funzione pari o migliore a 1 µSv/h
  - Certificazione per la schermatura totale delle radiazioni
  - Circuito di sicurezza in duplice esecuzione
  - Sistema di apertura porte con blocco di sicurezza in caso di raggi X attivi
  - Sistema di apertura porte funzionante senza aria compressa

- PC per il controllo del sistema e per il processing dei dati misurati (requisiti minimi: OS Windows 11 (64-bit), 32 GB di RAM, CPU con almeno 6 core, HD 1 TB SSD) incluso di tastiera, mouse, monitor (almeno 23'')

- Software:
  - Software di gestione e controllo completo dello strumento (preinstallato sul PC fornito) che permetta la gestione automatica del sistema e di tutte le componenti offerte
  - Software per analisi delle misure che permetta: analisi di dati da diffrazione di polveri, riconoscimento ed analisi quantitativa di fasi (con ricerca di fasi da banche dati),

determinazione del grado di cristallinità, analisi delle rocking curve, misura degli stress residui, di misure ottenute su film sottili ottenute in modalità XRR (per determinare spessore, densità, rugosità), di misure ottenute in modalità HR-XRD, analisi delle mappe di spazio reciproco. L'analisi deve poter essere effettuata sia su dati 1D sia 2D (ove applicabile)
    - numero di licenze per ciascun software di analisi: 10

- Generatore raggi X con:
    - Potenza massima non inferiore a 3 kW,
    - corrente massima non inferiore a 50 mA,
    - tensione massima non inferiore a 50 kV.
    - Tensione e corrente programmabili via software con risoluzione pari a 1 kV e 1 mA, rispettivamente.
    - Il sistema di alimentazione del generatore deve poter mantenere stabilità di corrente e tensione pari o inferiore a ±0.01% a fronte di fluttuazioni di tensione dell'alimentazione entro il ±10%.
    - Sistema di raffreddamento del generatore: unità di raffreddamento integrata all'interno del cabinet dello strumento e a circuito chiuso con sistema di scambio acqua/acqua

- Sorgente di raggi X:
    - Tubo raggi X sigillato "long fine focus", con anticatodo in rame (Cu), di tipo metallo-ceramico
    - Potenza nominale di almeno 2.2 kW
    - Dotata di due uscite: una per fuoco puntuale e una per fuoco lineare

- Goniometro:
    - Riconoscimento automatico di tutti i componenti hardware installati nel cammino ottico sui bracci del goniometro e generazione di messaggi di errore in caso di errata configurazione, parti mancanti o non adatte
    - Goniometro verticale con geometria theta-theta
    - Raggio di almeno 240 mm
    - Posizionamento tramite assi disaccoppiati e motori indipendenti con encoder ottici
    - Range angolare massimo di almeno (-100°, + 160°), in funzione degli accessori
    - Step minimo di posizionamento: 0.0001°
    - Riproducibilità di posizionamento di almeno ±0.0002° (2Theta)
    - Allineamento garantito di almeno ±0.01° (2Theta) su intero range di funzionamento del goniometro
    - Accuratezza delle intensità relative entro il ±10% sull'intero intervallo angolare
    - Fornitura di protocollo per la verifica della corrispondenza dei requisiti di garanzia di allineamento e di accuratezza delle intensità relative sopracitati su campione di riferimento standard, es NIST SRM 1976

- Ottiche su fascio incidente (ottiche primarie):
    - 1 fenditura soller da 2.5°
    - Sistema di fenditure (slit) motorizzate
    - Specchio parabolico (Göbel Mirror), ottica sigillata, con riduzione della componente Kβ del rame (Cu).
    - 1 Set di fenditure fisse (plug-in slit). Il set deve almeno contenere fenditure da 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1 e 2 mm.
    - 1 Set di micro-maschere pinhole (plug-in) per il fascio incidente. Il set deve almeno contenere micro-maschere da 0.5 e 1 mm

  - 1 set di collimatori (pin-hole) per il fascio incidente. Il set deve almeno contenere collimatori lunghi da 0.3, 0.5, 1 e 2 mm di diametro.
  - Sede per il montaggio dei collimatori, micro-maschere e fenditure aggiuntive
  - Monocromatore 4-bounce channel cut, anche noto come monocromatore Bartels, per radiazione Cu, in Ge. Il monocromatore deve potersi combinare allo specchio parabolico. Se necessario, il monocromatore deve essere fornito con un set di strumenti per permetterne il montaggio e la rimozione.

- Ottiche su fascio diffratto (ottiche secondarie):
  - 1 collimatore soller equatoriale con divergenza non superiore a 0.5°
  - 1 Filtro in Nichel (Ni) per rimozione della componente Kβ del rame (Cu) (attenuazione ad almeno 0.5% di Ka)
  - Sistema di fenditure (slit) motorizzate per alta intensità
  - Analizzatore secondario di tipo 2-bounce channel cut in Ge per radiazione Cu KA1, per alta risoluzione
  - autoassorbitore
  - 1 fenditura assiale soller da 2.5° per il fascio diffratto
  - 1 attenuatore removibile per la protezione del rivelatore e la riduzione delle intensità elevate, con fattore di attenuazione non inferiore a 1:80 per radiazione Cu Ka.

- Detector (Rilevatore):
  - Detector a dispersione di energia in Silicio (Si)
  - Il detector deve poter operare in modalità 0D, 1D e 2D
  - Risoluzione spaziale (dimensione unità di ricezione): inferiore o uguale a 75 µm
  - Risoluzione energetica garantita di almeno 400 eV (FWHM @8keV)
  - Area attiva di almeno (14x14) mm
  - Il detector deve poter lavorare senza danneggiarsi e mantenendo prestazioni elevate con sorgenti aventi anodo in Cu, Cr, Co, Mo, Ag
  - Efficienza di almeno 95% per sorgente in Cu
  - In modalità 1D, deve garantire il filtraggio ottimale della fluorescenza, della radiazione bianca e la rimozione della radiazione Cu-Kβ (di almeno 0.1% rispetto a Cu-Ka)

- Porta campioni:
  - Culla di eulero per campioni solidi e polveri, per permettere realizzazione di mappe di spazio reciproco, mappature sul piano X-Y di stress, e tessitura, indicizzazione piani cristallini, HR-XRD, XRR, GID, microdiffraction
  - Assi motorizzati: x, y, z, chi, phi
  - Range assi motorizzati: ±40 mm (x, y), 2 mm (z), (-10°, 90°) (chi), 360° (phi)
  - Peso massimo campione: superiore a 800 g
  - Altezza massima campione: almeno di 8 mm
  - Porta campioni compatibile con la culla per campioni di dimensioni almeno di (80x50x8) mm
  - Possibilità di disinstallare la culla di Eulero per poter effettuare misure su campioni di altezza superiore a 40 mm
  - Sistema di supporto al posizionamento e allineamento del campione in x, y, z
  - Integrazione con software di controllo del sistema per il riconoscimento automatico delle componenti

- Campioni di riferimento:
  - NIST SRM 1976

  - Si(111)
  - Si(001)

- Garanzia: come da minimi requisiti di legge, da data di collaudo.

- Training di 1 giorno per 4 persone per illustrare le funzionalità del sistema, del software di controllo e di analisi. Il training deve essere volto a ciascuna modalità operativa dello strumento configurato come da specifiche minime.

L'operatore economico aggiudicatario dovrà fornire i manuali d'uso e manutenzione delle apparecchiature, redatti in lingua italiana e/o inglese, in formato cartaceo e/o digitale.
L'operatore economico aggiudicatario dovrà consegnare i certificati di conformità CE e di schermatura dalle radiazioni.

3. SOPRALLUOGO PRELIMINARE ALLA CONSEGNA

Il sopralluogo non è obbligatorio ma è consigliato al fine di verificare preventivamente l'accessibilità dei locali, l'adeguatezza dei passaggi e i mezzi necessari per effettuare la consegna al piano.

f.to: Massimiliano Corrado Matton
Politecnico di Torino
Data: 05/10/2026 12:02:15 CEST