

STRUMENTAZIONE MOBILE CHNet: XRF MAPPING

NOME STRUMENTO

Scanner XRF sviluppato presso i laboratori di CHNet

INFORMAZIONI GENERALI

La fluorescenza a raggi X (XRF) è una tecnica di analisi che può essere applicata alla maggior parte dei materiali inorganici. Nell'XRF l'identificazione degli atomi costituenti il campione avviene tramite l'analisi dello spettro X che questo emette in seguito all'eccitazione prodotta dai raggi X primari.

Le energie emesse sono infatti caratteristiche delle specie atomiche presenti nel materiale e permettono così di individuare in breve tempo (misure tipicamente dell'ordine di qualche minuto) la composizione atomica dell'oggetto in esame. Non si hanno informazioni sulla componente organica (più leggera del Na), né sulla composizione molecolare: per avere informazioni sui composti presenti è necessario affidarsi a ipotesi stechiometriche, o effettuare ulteriori analisi utilizzando tecniche complementari che forniscano informazioni anche in questo senso (per es. Raman e spettroscopia IR).

La tecnica permette di effettuare analisi multielementali in tempi brevi, è non invasiva/non distruttiva e può essere effettuata *in situ* utilizzando una strumentazione portatile.

Negli scanner XRF la scansione dell'opera, eseguita attraverso un sistema di movimentazione ad alta precisione dello spettrometro, consente di determinare la distribuzione spaziale degli elementi chimici (e quindi dei pigmenti) che compongono lo strato pittorico. La natura penetrante della radiazione X primaria consente di studiare la distribuzione spaziale degli elementi chimici su uno spessore che non comprende solo la superficie della trama pittorica, ma anche gli strati sottostanti a partire dalla preparazione. In questo modo la tecnica consente di ottenere informazioni sulla natura dei pigmenti pittorici adoperati dall'artista e allo stesso tempo caratterizzare il processo pittorico riportando alla luce "pentimenti" che descrivono le fasi realizzative dell'opera stessa. Inoltre è possibile rinvenire ritocchi o restauri subiti in periodi più recenti o addirittura affrontare problematiche di attribuzione e autenticità.

Recentemente la tecnica ha trovato applicazione anche nell'analisi di altre tipologie di materiali di interesse storico-artistico quali smalti e vetri colorati e pergamene miniate.

I sistemi sviluppati presso i laboratori di CHNet operano le scansioni in modo continuo e prevedono due configurazioni a seconda del tipo di analisi richiesto e dell'ambiente in cui è situata l'opera da analizzare: una configurazione (configurazione 1) capace di acquisire mappe di dimensioni maggiori con una risoluzione più elevata ed una (configurazione 2) più compatta e ad emissione X ridotta, adatta ad operare in condizioni più disagiati (per esempio su impalcature) o anche in presenza di pubblico.

DETTAGLI TECNICI

Configurazione 1

Questa configurazione consente l'imaging non invasivo ad alta risoluzione (fino a 35 micron) delle specie atomiche costituenti i pigmenti di opere dipinte anche di grandi dimensioni. L'area di una singola scansione è pari a 110 x70 cm.

Il sistema in questa configurazione è composto da un testa di misura spettrometrica equipaggiata con tubo

a raggi X microfoco con anodo di Rh di 30W accoppiato ad un'ottica policapillare focalizzante. La rivelazione della fluorescenza X indotta dalla radiazione primaria è rivelata da un rivelatore SDD ad alta risoluzione energetica (<133 eV a 5.9 keV). Sulla testa spettrometrica è anche presente un microscopio ottico a lunga distanza focale per effettuare indagini in microscopia ottica (risoluzione 3 micron) dei pigmenti pittorici in studio.

Il sistema opera le scansioni in modo continuo grazie ad un sistema di movimentazione real-time in grado di operare ad alta velocità (fino a 200 mm/sec). Al fine di garantire una sufficiente statistica di conteggio nella rivelazione di elementi chimici anche in traccia (con limiti di rivelazione tra 50 e 100 ppm), le misure in opere dipinte di grandi dimensioni vengono effettuate ad una velocità di 50 pixel/sec con la dimensione del pixel tipicamente pari a 500 micron (equivalente ad una velocità di scansione pari a 25 mm/sec). Tuttavia è possibile operare, senza un degrado eccessivo della risoluzione spaziale delle immagini, fino a 200 pixel/sec (velocità scansione pari 100 mm/sec). Un esempio dei risultati è mostrato in Figura 1 per un dipinto del XVII secolo.

Il sistema è infine dotato di una unità centrale (CU) per il controllo dei parametri operativi di misura e dei sistemi di sicurezza. La CU gestisce: la sequenza di scansione; regola automaticamente sorgente X e apparato di rivelazione per evitare degrado del tempo morto e della risoluzione energetica; gestisce un interferometro laser per la misura a 750 frame/sec di una distanza di sicurezza, in modo da evitare urti accidentali dello scanner con l'opera in esame; conserva le coordinate di scansione in modo da riprendere le analisi dalla stessa posizione in caso di pause prolungate o di fermo del sistema (ad es. pause notturne); opera l'analisi dinamica (full fitting) fornendo immagini in real-time senza la presenza di artefatti.

La CU può anche gestire, mediante l'interferometro laser, un terzo asse opzionale su cui posizionare dipinti di piccole/medie dimensioni. Il campione viene sempre mantenuto sul piano focale nel corso della scansione e si evita un degrado della risoluzione spaziale anche in campioni non piani o con superficie irregolare.



Figura 1: La mappa del piombo in un dipinto del XVII secolo. Sono evidenti alcune differenze tra lo strato pittorico visibile e quello sotto la superficie in pigmento a base di Pb.

Configurazione 2

In questa configurazione è possibile l'acquisizione di mappe fino a 20 x 20 cm² con una risoluzione spaziale tipica di 0.5 mm e una risoluzione energetica di 135 eV @ 5.9 keV. Il sistema acquisisce in continuo durante la scansione; velocità tipiche di utilizzo sono 0.5 o 1 mm/s. Lo scanner è sufficientemente compatto per essere montato facilmente su un'impalcatura e l'emissione X è tale (tubo Moxtek da 4 W) da poter consentire l'utilizzo in ambienti pubblici, una volta interdetta al pubblico un'area di rispetto di dimensioni tipicamente di 2 m x 2 m intorno al sistema.



Analisi su "La Muta" di Raffaello presso i Laboratori dell'Opificio delle Pietre Dure (FI)



Analisi sul Mosaico di Alessandro del Museo Archeologico di Napoli



Analisi sul trittico fiammingo del Maestro dei fogliami ricamati presso la Chiesa Madre di Polizzi Generosa (PA)

Figura 2: Alcuni esempi di utilizzo della configurazione 2 dei sistemi XRF a scansione di CHNet

- Tubo X Moxtek con anodo in Cr (4 W)
- Rivelatore XR100SDD Amptek, 25mm²x500µm
- Motori lineari M404PD (Physik Instrumente)
- Digitalizzatore CAEN DT5724A
- Sistema integrato per flusso di elio
- Telecamera e laser di puntamento
- Software di acquisizione e movimentazione sviluppato da INFN (GPL)

MAGGIORI INFORMAZIONI

- M. Alfeld, et al., A mobile instrument for in situ scanning macro-XRF investigation of historical paintings, JAAS, 28, 2013, 760–767.
- G. Van der Snickt, et al., Chemical imaging of stained-glass windows by means of macro X-ray fluorescence (MA-XRF) scanning, MJ, 124, 2016, 615–622.

- P. Ricciardi, et al., Macro X-ray fluorescence (MA-XRF) scanning of illuminated manuscript fragments: Potentialities and challenges, MJ, 124, 2016, 785–791.
- H. Santos, et al., Identification of forgeries in historical enamels by combining the non-destructive scanning XRF imaging and alpha-PIXE portable techniques, MJ, 124 (2016) 241–246.
- C. Ruberto, A. Mazzinghi, M. Massi, L. Castelli, C. Czelusniak, L. Palla, N. Gelli, M. Betuzzi, A. Impallaria, R. Brancaccio, E. Peccenini, M. Raffaelli: Imaging study of Raffaello's “La Muta” by a portable XRF spectrometer, MJ, 126, 2016, 63–69.