



Application Note AN-PAN-1068

Analisi online di rame, stagno e zinco nei bagni di bronzo bianco tramite XRF

La placcatura galvanica in bronzo bianco è un processo di galvanizzazione decorativo e funzionale che deposita uno strato di bronzo bianco – una lega di rame (Cu), stagno (Sn) e zinco (Zn) – su un metallo base. Il bronzo bianco è spesso utilizzato per la sua conduttività elettrica e la resistenza alla corrosione e all'usura. [1].

Tecniche di analisi chimica precise sono fondamentali per garantire la qualità del bagno di bronzo bianco, poiché forniscono informazioni preziose sulle concentrazioni delle varie sostanze chimiche che

influenzano il processo di placcatura. Tradizionalmente, queste analisi venivano condotte in laboratorio, spesso utilizzando apparecchiature e reagenti specializzati. Tuttavia, questo approccio presenta diversi svantaggi, tra cui tempi di consegna lunghi, costi finanziari ingenti e la necessità di strutture di laboratorio dedicate. Queste limitazioni ritardano la possibilità di ottenere dati in tempo reale, essenziali per un dosaggio chimico accurato del bagno di placcatura.

Metrohm offre 2060 XRF Process Analyzert per

affrontare queste sfide. Questo analizzatore di processo utilizza la fluorescenza a raggi X (XRF) per consentire il monitoraggio continuo delle concentrazioni chimiche all'interno del bagno

INTRODUZIONE

La placcatura monometallica è una valida soluzione di finitura superficiale. Tuttavia, esiste un limite al suo potenziale di miglioramento delle proprietà superficiali. Al contrario, la co-deposizione di due o più metalli come rivestimento in lega consente di ottenere miglioramenti mirati per applicazioni specifiche [2].

Il bronzo bianco è un tipo di **lega trimetallica**, ovvero è costituito da tre diversi elementi metallici [3]. Nello specifico, è una lega di Cu, Sn e Zn (altrimenti nota come CTZ), accuratamente progettata per fornire una resistenza alla corrosione superiore e una finitura lucida e uniforme.

Il bagno di bronzo bianco utilizzato nella galvanica migliora notevolmente le proprietà chimiche e fisiche di vari prodotti metallici. Se applicato con cura sulle superfici, il bagno di bronzo bianco migliora la resistenza alla corrosione, conferendo al contempo una finitura bianco-argentea visivamente gradevole [1]. Questa procedura è comunemente utilizzata nella produzione di gioielli e articoli decorativi, poiché aumenta la durata e l'aspetto dei prodotti metallici [1].

Una delle principali sfide nella manutenzione di un bagno di bronzo bianco è garantire il corretto rapporto tra Sn, Cu e Zn [1]. Uno squilibrio nella concentrazione di questi elementi può portare a

galvanico, fornendo dati in tempo reale che guidano il dosaggio chimico preciso.

depositi non uniformi, che influiscono sulle proprietà estetiche e funzionali dello strato placcato.

I composti di cianuro sono spesso presenti nei bagni di placcatura in bronzo bianco, principalmente per la loro capacità di formare complessi stabili con il rame [4]. Garantiscono una deposizione efficiente del metallo e un rivestimento liscio e uniforme. Questo complesso cianuro-rame aiuta a controllare la velocità di placcatura e a migliorare la qualità complessiva dello strato finito.

Piccole fluttuazioni nelle concentrazioni di metallo possono influire significativamente sulle prestazioni del bagno. Ciò può causare problemi come depositi opachi, rivestimenti fragili o scarsa adesione. Queste fluttuazioni possono derivare da variazioni nel riempimento del bagno, nei tassi di consumo o nella contaminazione. Ciò rende essenziale un monitoraggio continuo per un funzionamento stabile. I metodi di monitoraggio tradizionali spesso causano tempi di fermo macchina dovuti al tempo necessario per il campionamento manuale, la preparazione chimica e l'analisi. La natura laboriosa di questi metodi aumenta anche il rischio di errore umano, che a sua volta riduce l'affidabilità dei dati raccolti.

Inoltre, l'uso del cianuro comporta notevoli problemi di manipolazione e sicurezza, poiché è altamente tossico e richiede rigorosi protocolli di sicurezza per

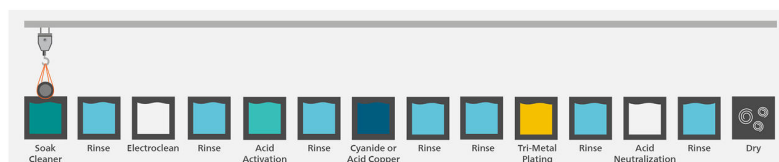


Figure 1. Illustrazione di un tipico flusso di processo di placcatura di una lega di rame-stagno-zinco (CTZ). Estratto da [1].

I campioni di bagno in bronzo bianco sono stati misurati utilizzando uno **spettrometro XRF con sorgente anodica al tungsteno**. Questo sistema garantisce un'elevata accuratezza nella rilevazione di Sn, Cu e Zn utilizzando un'eccitazione caratteristica dei raggi X. La **Figura 2** mostra gli spettri generati con picchi distinti corrispondenti a Sn, Cu e Zn nella soluzione del bagno galvanico. Mentre **2060 XRF Process Analyzer (Figura 3)** fornisce il monitoraggio in tempo reale delle concentrazioni di

metalli nelle soluzioni di placcatura, è possibile integrare tecniche complementari come la titolazione per monitorare ulteriori parametri critici del bagno, come pH e livelli di cianuro. Questa combinazione di metodologie non solo migliora il controllo del processo, ma fornisce anche una soluzione completa unica sul mercato, consentendo agli operatori di garantire sia la qualità della placcatura che la sicurezza degli operatori con un unico approccio analitico integrato.

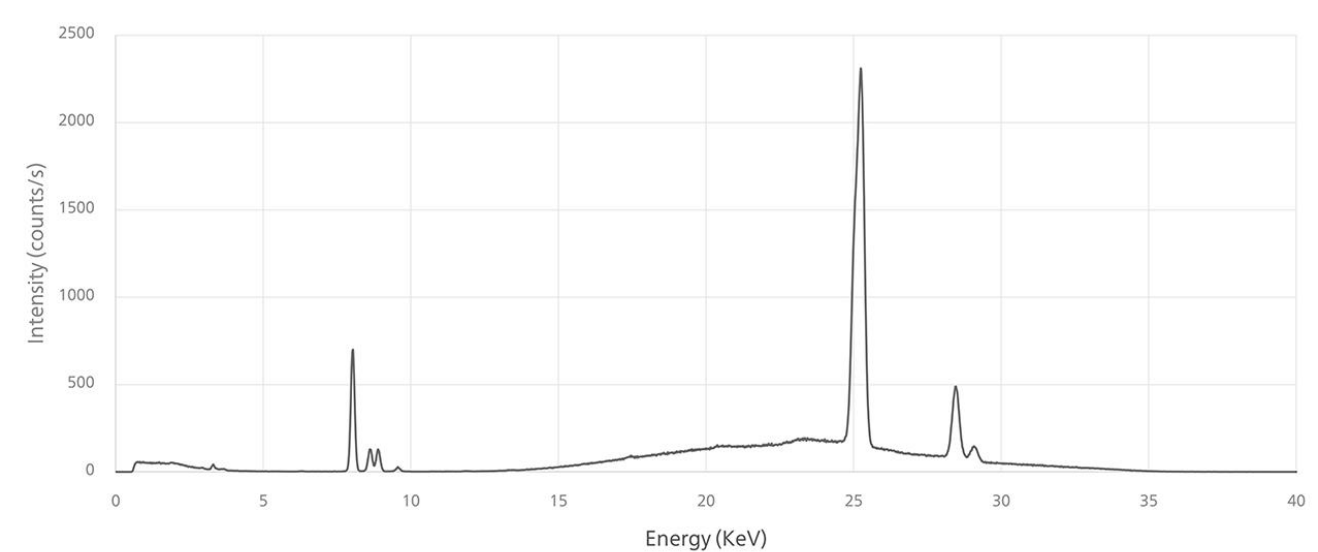


Figure 2. Spettro generato durante la misurazione XRF di un campione di bagno di placcatura in bronzo bianco. I picchi intorno a 25 e 28 KeV indicano la presenza di stagno. I picchi intorno a 9 KeV rivelano la presenza sia di rame che di zinco, mostrando le loro linee K α e K β . Il picco ampio e largo intorno a 1–4 KeV è probabilmente dovuto al potassio.

Tabella 1. Intervallo di misura, deviazione standard e deviazione standard relativa di Sn, Cu e Zn nei campioni di bagno di bronzo bianco misurati con 2060 XRF Process Analyzer.

Parameters	Measuring range (g/L)	Standard deviation (g/L)	Relative standard deviation (%)
Tin	21–40	0.351	0.87
Copper	6–15	0.025	0.33
Zinc	0.6–2.5	0.004	0.58

NOTE

Mentre la radiofrequenza a raggi X (XRF) consente un'analisi rapida e accurata del contenuto totale di metalli, la voltammetria (VA) offre l'ulteriore vantaggio di distinguere gli ioni Cu^{2+} , Zn^{2+} , and Sn^{2+} liberi, anziché misurarne solo le concentrazioni totali. Distinguere tra queste specie è particolarmente importante per monitorare l'equilibrio $\text{Sn(II)}/\text{Sn(IV)}$, cruciale per la stabilità del bagno e le prestazioni di placcatura. Garantisce inoltre che la disponibilità di ioni metallici supporti velocità di deposizione ottimali e l'efficienza del bagno.



Figure 3. 2060 XRF Process Analyzer per l'analisi del contenuto di CTZ nei bagni di bronzo bianco.

CONCLUSIONE

Un analizzatore XRF per bagni galvanici offre una soluzione rapida e affidabile per il monitoraggio in tempo reale delle concentrazioni di Sn, Cu e Zn nei bagni di placcatura in bronzo bianco. Grazie alla sua velocità, facilità d'uso e natura non distruttiva, è uno strumento ideale per ottimizzare e controllare il processo di placcatura. L'utilizzo della fluorescenza a

raggi X a questo scopo contribuisce a preservare la qualità del deposito e a ridurre i costi operativi.

Per migliorare ulteriormente l'efficienza del processo, Metrohm Process Analytics offre 2060 XRF Process Analyzer che consente il monitoraggio online automatizzato e fornisce informazioni continue e in tempo reale sulla chimica del bagno.

[AN-PAN-1064 Monitoraggio degli agenti complessanti nei bagni galvanici in linea con la spettroscopia Raman](#)

[AN-T-223 Analisi dei bagni galvanici](#)

[AN-T-024 Contenuto metallico dei bagni di placcatura alcalini per cadmio, rame, piombo o zinco](#)

VANTAGGI DELL'ANALISI NEI PROCESSI ONLINE

- **Controllo migliorato del bagno:** i dati in tempo reale consentono un dosaggio chimico preciso, ottimizzando le condizioni del bagno e garantendo una qualità di placcatura costante.
- **Riduzione al minimo degli sprechi:** il dosaggio accurato delle sostanze chimiche riduce il rischio di sovradosaggio o sottodosaggio, riducendo al minimo gli sprechi chimici e quindi l'impatto ambientale.
- **Maggiore efficienza del processo:** il monitoraggio in tempo reale consente regolazioni proattive delle condizioni del bagno, prevenendo difetti di placcatura e tempi di fermo del processo.
- **Riduzione dei costi di manodopera:** non è più necessario effettuare frequenti analisi di laboratorio, riducendo così la dipendenza dai tecnici di laboratorio.



RIFERIMENTI

1. White Bronze, Copper-Tin-Zinc Tri-metal: Expanding Applications and New Developments in a Changing Landscape | Products Finishing.
<https://www.pfonline.com/articles/white-bronze-copper-tin-zinc-tri-metal-expanding-applications-and-new-developments-in-a-changing-landscape> (accessed 2025-02-11).
2. Replacing Nickel with Tri-Metal in Electronics Plating.
<https://www.pfonline.com/articles/replacing-nickel-with-tri-metal-in-electronics-plating> (accessed 2025-02-12).
3. White Bronze Decorative Electroplating Chemistry | Technic Inc.
<https://www.technic.com/applications/decorative/plating-chemistry/white-bronze-decorative-electroplating-chemistry> (accessed 2025-02-12).
4. Zanella, C.; Xing, S.; Deflorian, F. Effect of Electrodeposition Parameters on Chemical and Morphological Characteristics of Cu–Sn Coatings from a Methanesulfonic Acid Electrolyte. *Surface and Coatings Technology* **2013**, 236, 394–399.
[DOI:10.1016/j.surfcoat.2013.10.020](https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.10.020)
5. Quality, N. R. C. (US) S. on G. for M. F. D.-W. Guidelines for Cyanide. In *Guidelines for Chemical Warfare Agents in Military Field Drinking Water*; National Academies Press (US), 1995.

CONTACT

Metrohm Italiana Srl
Via G. Di Vittorio, 5
21040 Origgio (VA)

info@metrohm.it

CONFIGURAZIONE



2060 XRF Process Analyzer

2060 XRF Process Analyzer è uno strumento di analisi di processo online non distruttivo con tecnologia Energy-Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF). Questo strumento di analisi garantisce il monitoraggio preciso e quasi in tempo reale dei flussi di campioni liquidi nei processi industriali.

Grazie alla sua capacità di collegare fino a 20 punti di campionatura, **2060 XRF Process Analyzer** agevola l'analisi XRF online senza intoppi. In quanto parte della piattaforma 2060, integra facilmente più tecniche analitiche in una sola piattaforma. Scoprite il potere della combinazione tra XRF e titolazione o fotometria per ottenere informazioni complete sui processi come mai prima d'ora.