



Application Note AN-PAN-1069

Analisi online del bagno di zincatura/nichelatura con fluorescenza a raggi X

Mantenere una composizione del bagno uniforme nei processi di galvanica è fondamentale per garantire la qualità del prodotto e l'efficienza operativa. Durante il processo di galvanica, una composizione incoerente del bagno può causare difetti e un aumento dei costi operativi. I difetti nei componenti galvanici hanno conseguenze di vasta portata, tra cui elevati costi di rilavorazione, perdite di produzione e resi dei clienti dovuti a usura prematura o corrosione [1].

I rivestimenti in zinco-nichel (Zn/Ni) sono rinomati per la loro superiore resistenza alla corrosione. Offrono una protezione da cinque a sei volte superiore rispetto

ai rivestimenti in zinco puro [2,3]. Ciò li rende particolarmente preziosi nelle applicazioni automobilistiche, aerospaziali e navali. Tuttavia, raggiungere e mantenere il rapporto Zn/Ni ottimale è impegnativo, soprattutto con metodi di monitoraggio tradizionali come la chimica umida, l'AAS (spettroscopia di assorbimento atomico) o l'ICP-OES (spettroscopia di emissione ottica al plasma accoppiato induttivamente). Questi metodi richiedono molto tempo e forniscono risultati ritardati.

Metrohm offre 2060 XRF Process Analyzer per

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

INTRODUZIONE

La galvanica è una tecnica che utilizza la corrente elettrica per applicare un sottile strato di un materiale, come nichel o zinco, sulla superficie di un materiale, come il rame. Lo zinco e le leghe a base di zinco, come lo zinco-nichel (Zn/Ni), sono comunemente utilizzati per proteggere l'acciaio dalla corrosione. Le leghe Zn-Ni sono particolarmente diffuse, poiché offrono una resistenza alla corrosione maggiore di quella dello zinco puro [2,3].

Sia i bagni di Zn/Ni alcalini che quelli acidi sono comunemente utilizzati per la galvanica (Figura 1). Ogni tipo di bagno offre vantaggi unici a seconda dell'applicazione [4]. I bagni di Zn/Ni alcalini sono noti per produrre rivestimenti altamente uniformi con un buon potere di penetrazione, rendendoli ideali per componenti di forma complessa. D'altra parte, i bagni di Zn/Ni acidi offrono velocità di deposizione più elevate e possono fornire finiture lisce e brillanti, spesso preferite per applicazioni estetiche [4].

I bagni galvanici sono sensibili a diverse fluttuazioni legate al processo, che hanno un impatto significativo sulla deposizione del metallo e influenzano lo spessore e la qualità del rivestimento finale. Queste variazioni possono essere dovute a variazioni di temperatura, livelli di concentrazione del metallo nel bagno galvanico o contaminazione.

Analizzare frequentemente la soluzione del bagno è fondamentale per mantenere condizioni di placcatura stabili e ridurre al minimo gli sprechi di materiale. Il monitoraggio continuo delle soluzioni di placcatura contribuisce a garantire che la concentrazione dei metalli rimanga entro l'intervallo ottimale.

Il contenuto di metallo nei bagni galvanici viene spesso misurato manualmente nei laboratori in loco. A questo scopo vengono comunemente utilizzate

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

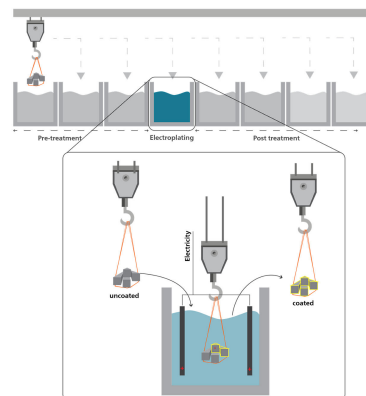


Figure 1. Illustrazione di un tipico processo di zincatura.

tecniche di chimica umida classica, AAS e ICP-OES. Sebbene questi metodi siano efficaci, possono richiedere molto tempo, personale qualificato e potrebbero non fornire dati in tempo reale. Ciò può portare a correzioni ritardate e inefficienze nei materiali.

Le moderne tecnologie di analisi di processo (PAT) vengono sempre più adottate nelle operazioni di galvanica per automatizzare e ottimizzare il monitoraggio dei bagni di placcatura. Questi sistemi analizzano costantemente e in tempo reale i parametri critici del bagno, come concentrazione del metallo, pH, temperatura e conduttività. Tutti questi fattori influenzano direttamente la qualità e l'uniformità del rivestimento metallico depositato.

2060 XRF Process Analyzer di Metrohm Process Analytics (**Figura 2**) offre una soluzione efficace per il monitoraggio continuo dei bagni galvanici. Misurando in tempo reale le concentrazioni di metalli come Zn e Ni, questo analizzatore di processo aiuta a mantenere la composizione ideale del bagno, necessaria per rivestimenti uniformi e di alta qualità.



Figure 2. 2060 XRF Process Analyzer per bagni di zinco/nichel

APPLICAZIONE

L'analisi XRF viene eseguita utilizzando il modulo tubo a raggi X al tungsteno (W) dotato di una finestra in prolene. Il modulo Vanta funziona con il metodo di calibrazione preconfigurato. L'introduzione del

campione avviene tramite elettrovalvole in PFA (perfluoroalcolossi) che indirizzano il flusso attraverso una pompa nel contenitore del campione XRF per l'analisi.

Tabella 1. Intervallo di misurazione dei diversi costituenti del bagno nei bagni di zincatura/nichelatura come determinato con 2060 XRF Process Analyzer.

Parameter	Measuring range (g/L)
Zinc	6.5–9.5
Nickel	0.5–2.5

CALIBRAZIONE

La calibrazione lineare viene stabilita per le concentrazioni di zinco e nichel misurando la corrispondente risposta XRF in un intervallo di concentrazione specificato. Per lo zinco, viene creata una curva di calibrazione per concentrazioni comprese tra 6,5 e 9,5 g/L, mentre per il nichel, una curva simile viene costruita nell'intervallo tra 0,5 e 2,5 g/L (**Figura 3**). Il processo di calibrazione prevede

l'aggiunta al campione del bagno di quantità note di zinco e nichel e ogni misurazione viene ripetuta in triplicato per garantire l'accuratezza. I risultati vengono utilizzati per determinare la concentrazione di zinco e nichel nei bagni galvanici. Ciò garantisce un'analisi precisa e affidabile con un'eccellente correlazione (valori R2 di circa 0,998 per entrambi gli elementi).

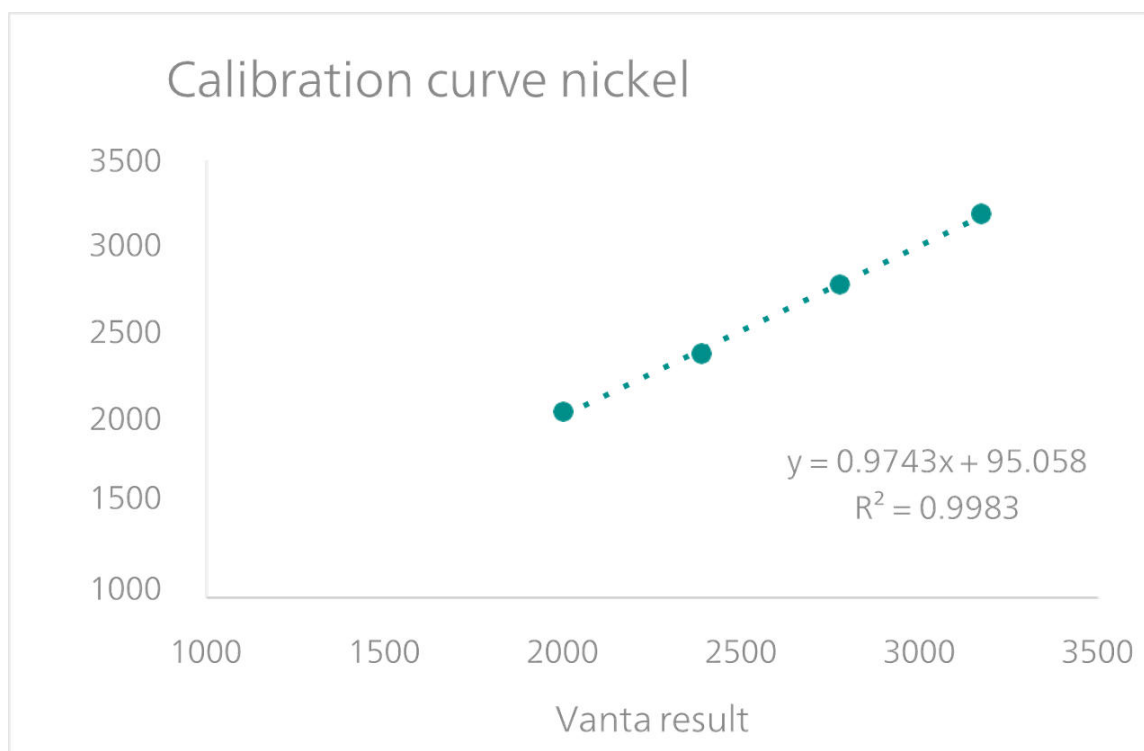


Figure 3. Curva di calibrazione per campioni di bagno di placcatura nell'intervallo 6,5–9,5 g/L di zinco (in alto) e 0,5–2,5 g/L di nichel (in basso).

NOTE

2060 XRF Process Analyzer offre un monitoraggio continuo e in tempo reale delle concentrazioni di zinco e nichel nei bagni galvanici. Altre tecniche

complementari, come la titolazione, possono essere integrate per monitorare parametri aggiuntivi come pH e conduttività.

CONCLUSIONE

2060 XRF Process Analyzer è una soluzione affidabile per il settore della finitura dei metalli, offrendo un monitoraggio in tempo reale delle concentrazioni di zinco e nichel nei bagni galvanici. La sua capacità di

misurare in modo continuo questi parametri chiave del bagno garantisce una qualità di rivestimento costante, riduce gli sprechi di materiale e migliora l'efficienza del processo.

APPLICATION NOTES CORRELATE

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

[AN-PAN-1068](#) Analisi online di rame, stagno e zinco nei bagni di bronzo bianco tramite XRF

VANTAGGI DELL'ANALISI NEI PROCESSI ONLINE

- Ambiente di lavoro più sicuro per i dipendenti: nessuna esposizione a sostanze chimiche pericolose.
- Spessore del rivestimento **costante garantito**.
- **Rilevamento precoce delle deviazioni**: evitare la rielaborazione.
- **Migliora il controllo di qualità**: comprensione più accurata delle reali condizioni di processo.
- **Garantisce la produzione di prodotti finali** di alta qualità grazie alla rapida risposta alle variazioni delle condizioni del bagno.



RIFERIMENTI

1. *The Soft Cost of In-house Rework*.
<https://www.pfonline.com/columns/the-soft-cost-of-in-house-rework> (accessed 2025-04-23).
2. Westphal, L. Zinc Nickel Electroplating Differences | DeKalb Metal Plating, 2023.
3. Leiden, A.; Kölle, S.; Thiede, S.; et al. Model-Based Analysis, Control and Dosing of Electroplating Electrolytes. *Int J Adv Manuf Technol* **2020**, 111 (5), 1751–1766.
<https://doi.org/10.1007/s00170-020-06190-0>.
4. *Why opt for Acid or Alkaline in Zinc Electroplating?*. PAVCO.
<https://pavco.com/blog/acid-or-alkaline-in-zinc-electroplating> (accessed 2025-04-24).

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.