



Application Note AN-PAN-1069

Análisis en línea de baños de zinc/níquel con fluorescencia de rayos X

Mantener una composición del baño uniforme en los procesos de galvanoplastia es vital para garantizar la calidad del producto y la eficiencia operativa. Durante el proceso de galvanoplastia, una composición irregular del baño puede provocar defectos y un aumento de los costes operativos. Los defectos en los componentes galvanizados tienen consecuencias de gran alcance, como altos costes de retrabajo, pérdidas de producción y devoluciones de clientes debido al desgaste prematuro o la corrosión [1].

Los recubrimientos de zinc-níquel (Zn/Ni) son reconocidos por su superior resistencia a la corrosión.

Ofrecen una protección de cinco a seis veces mayor que la de los recubrimientos de zinc puro [2,3]. Esto los hace especialmente valiosos en aplicaciones automotrices, aeroespaciales y marinas. Sin embargo, lograr y mantener la relación Zn/Ni óptima es un desafío, especialmente con métodos de monitorización tradicionales como la química húmeda, la AAS (espectroscopia de absorción atómica) o la ICP-OES (espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente). Estos métodos requieren mucho tiempo y producen resultados tardíos.

Metrohm ofrece el analizador de procesos XRF 2060 para abordar estos desafíos. Este analizador de procesos utiliza fluorescencia de rayos X (XRF) para permitir el monitoreo continuo de las concentraciones

INTRODUCCIÓN

La galvanoplastia es una técnica que utiliza corriente eléctrica para aplicar una fina capa de un material, como níquel o zinc, sobre la superficie de otro, como el cobre. El zinc y las aleaciones a base de zinc, como el zinc-níquel (Zn/Ni), se utilizan comúnmente para proteger el acero de la corrosión. Las aleaciones de Zn-Ni son especialmente populares, ya que ofrecen una resistencia a la corrosión superior a la del zinc puro [2,3].

Para la galvanoplastia se utilizan habitualmente banos de Zn/Ni, tanto alcalinos como ácidos (Figura 1). Cada tipo de baño ofrece ventajas únicas según la aplicación [4]. Los banos alcalinos de Zn/Ni son conocidos por producir recubrimientos altamente uniformes con buen poder de penetración, lo que los hace ideales para componentes con formas complejas. Por otro lado, los banos ácidos de Zn/Ni ofrecen mayores velocidades de deposición y pueden proporcionar acabados lisos y brillantes, que suelen ser preferidos para aplicaciones estéticas [4].

Los banos de galvanoplastia son sensibles a diversas fluctuaciones relacionadas con el proceso que afectan significativamente la deposición de metal e influyen en el espesor y la calidad del recubrimiento final. Estas variaciones pueden deberse a cambios de temperatura, a los niveles de concentración de metal en el tanque de galvanoplastia o a la contaminación. Analizar la solución del baño con frecuencia es crucial para mantener condiciones de galvanoplastia estables y minimizar el desperdicio de material. La monitorización continua de las soluciones de galvanoplastia ayuda a garantizar que la

elementales dentro del baño de galvanoplastia, proporcionando datos en tiempo real que guían la dosificación química precisa.

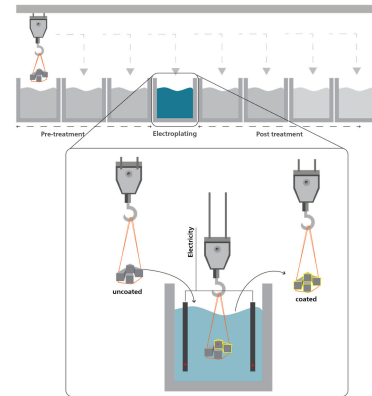


Figura 1. Ilustración de un proceso típico de galvanizado.

concentración de metales se mantenga dentro del rango óptimo.

El contenido de metal en los banos de galvanoplastia se mide a menudo manualmente en laboratorios in situ. Las técnicas clásicas de química húmeda, AAS e ICP-OES se utilizan comúnmente para este fin. Si bien estos métodos son eficaces, pueden requerir mucho tiempo, personal cualificado y podrían no proporcionar datos en tiempo real. Esto puede provocar retrasos en las correcciones e ineficiencias del material.

Las tecnologías modernas de análisis de procesos

(PAT) se están adoptando cada vez más en las operaciones de galvanoplastia para automatizar y optimizar la monitorización de los baños de galvanoplastia. Estos sistemas analizan continuamente parámetros críticos del bano, como la

El analizador de procesos XRF 2060 de Metrohm Process Analytics (**Figura 2**) ofrece una solución eficaz para la monitorización continua de baños galvánicos. Al proporcionar mediciones en tiempo real de concentraciones de metales como Zn y Ni, este analizador de procesos ayuda a mantener la composición ideal del bano, necesaria para obtener recubrimientos consistentes y de alta calidad.

concentración de metal, el pH, la temperatura y la conductividad, en tiempo real. Todos estos factores influyen directamente en la calidad y uniformidad del recubrimiento metálico depositado.



Figura 2. Analizador de procesos XRF 2060 para baños de zinc/níquel.

APLICACIÓN

El análisis XRF se realiza mediante el módulo de tubo de rayos X de tungsteno (W) equipado con una ventana de prolene. El módulo Vanta funciona con el método de calibración preconfigurado. La

introducción de la muestra se realiza mediante electroválvulas de PFA (perfluoroalcoxi) que dirigen el flujo a través de una bomba hacia el recipiente de muestra XRF para su análisis.

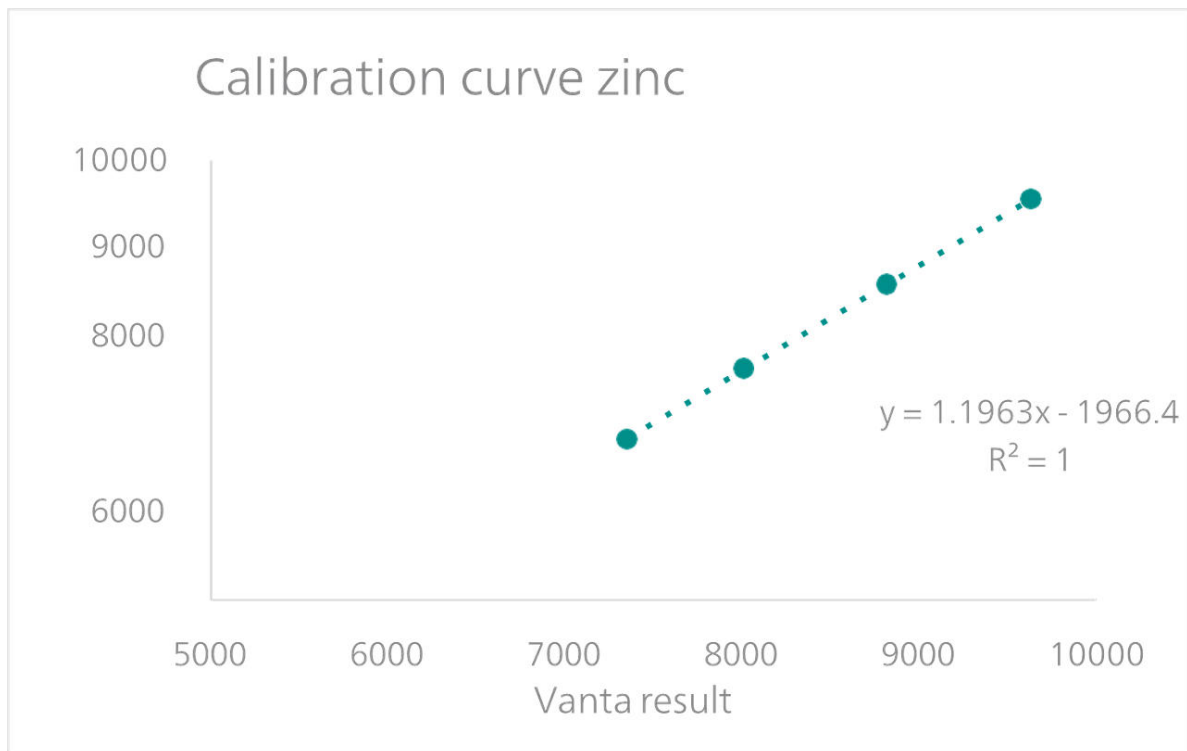
Tabla 1. Rango de medición de diferentes componentes del bano en baños de galvanizado/niquelado según lo determinado con el analizador de procesos XRF 2060.

Parámetro	Rango de medición (g/L)
Zinc	6.5–9.5
Niquel	0.5–2.5

CALIBRACIÓN

La calibración lineal se establece para las concentraciones de zinc y níquel midiendo la respuesta de XRF correspondiente en un rango de concentración específico. Para el zinc, se crea una curva de calibración para concentraciones de 6,5 a 9,5 g/L, mientras que para el níquel, se construye una curva similar dentro del rango de 0,5 a 2,5 g/L (**Figura 3**). El proceso de calibración implica añadir cantidades

conocidas de zinc y níquel a la muestra del baño, y cada medición se repite por triplicado para mayor precisión. Los resultados se utilizan para determinar la concentración de zinc y níquel en los baños de galvanoplastia. Esto garantiza un análisis preciso y fiable con una excelente correlación (valores R^2 de aproximadamente 0,998 para ambos elementos).



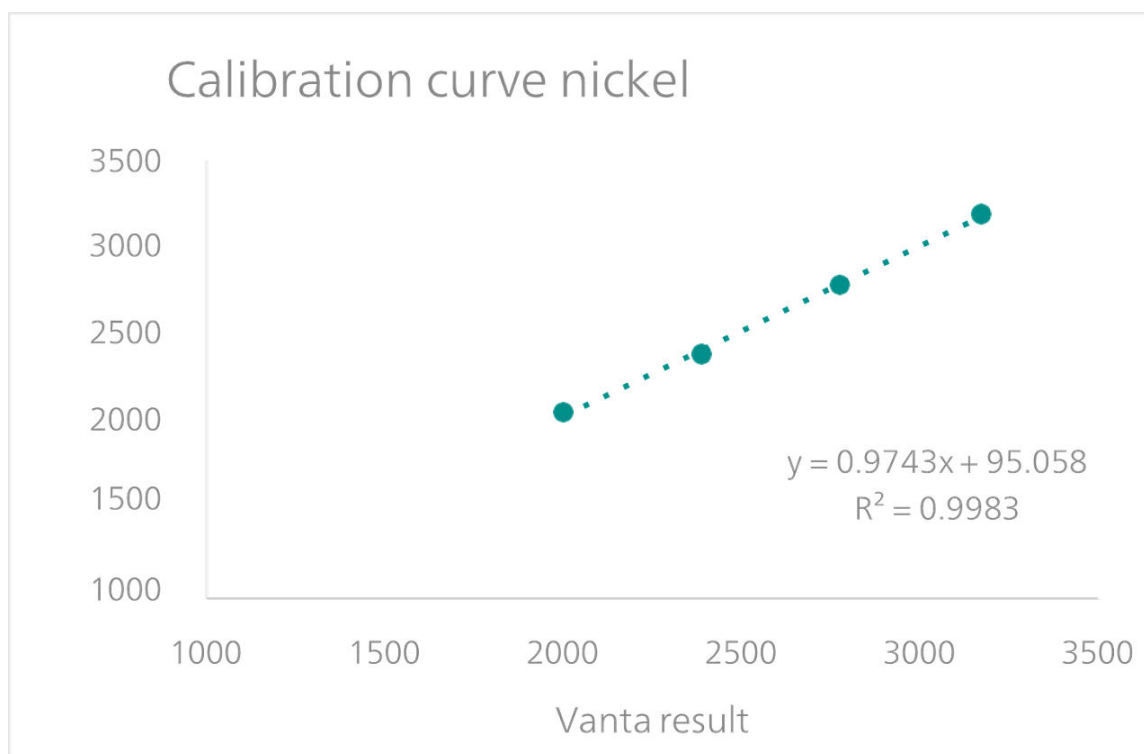


Figura 3. Curva de calibración para muestras de baños de galvanoplastia en el rango de 6,5 a 9,5 g/L de zinc (arriba) y 0,5 a 2,5 g/L de níquel (abajo).

OBSERVACIONES

El analizador de procesos XRF 2060 ofrece monitorización continua en tiempo real de las concentraciones de zinc y níquel en banos de galvanoplastia. Se pueden integrar otras técnicas

complementarias, como la titulación, para monitorizar parámetros adicionales como el pH y la conductividad.

CONCLUSIÓN

El analizador de procesos XRF 2060 es una solución fiable para la industria del acabado de metales, que ofrece monitorización en tiempo real de las concentraciones de zinc y níquel en banos de galvanoplastia. Su capacidad para medir

continuamente estos parámetros clave del baño garantiza una calidad de recubrimiento uniforme, reduce el desperdicio de material y mejora la eficiencia del proceso.

NOTAS DE APLICACIÓN RELACIONADAS

[AN-PAN-1064 Monitoreo de agentes complejantes en banos galvánicos en línea con espectroscopia Raman](#)

[AN-PAN-1068 Análisis en línea de cobre, estano y zinc en banos de bronce blanco mediante XRF](#)

BENEFICIOS DEL ANÁLISIS DE PROCESOS EN LÍNEA

- Entorno de trabajo más seguro para los empleados – sin exposición a productos químicos peligrosos.
- Espesor de recubrimiento uniforme garantizado.
- Detección temprana de desviaciones – evita el reprocesamiento.
- Mejora el control de calidad – comprensión más precisa de las condiciones reales del proceso.
- Garantiza la producción de productos finales de alta calidad gracias a la rápida respuesta a las variaciones en las condiciones del baño.



REFERENCIAS

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 Argentina S.A.
Avda. Regimiento de
Patricios 1456
1266 Buenos Aires

info@metrohm.com.ar

CONFIGURACIÓN



2060 XRF Process Analyzer

El **2060 XRF Process Analyzer** es un instrumento de análisis de procesos online no destructivos en el que se emplea tecnología de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía (EDXRF). Mediante este instrumento de análisis se garantiza la monitorización precisa y casi en tiempo real de flujos de muestras líquidas dentro de procesos industriales.

Gracias a su capacidad para conectar hasta 20 puntos de muestreo, el **2060 XRF Process Analyzer** facilita la realización de análisis XRF online continuos. Al formar parte de la plataforma 2060, integra impecablemente múltiples técnicas de análisis en una sola plataforma unificada. Aproveche la potencia de combinar la tecnología XRF con la titulación o la fotometría para obtener, como nunca antes, conocimientos completos sobre sus procesos.