

Application Note AN-PAN-1068

Análisis en línea de cobre, estaño y zinc en baños de bronce blanco mediante XRF

El recubrimiento galvánico de bronce blanco es un proceso de galvanoplastia decorativo y funcional que deposita una capa de bronce blanco (una aleación de cobre (Cu), estano (Sn) y zinc (Zn)) sobre un metal base. El bronce blanco se utiliza a menudo debido a su conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión y al desgaste.[1].

Las técnicas precisas de análisis químico son cruciales para garantizar la calidad del bano de bronce blanco, ya que brindan información valiosa sobre las concentraciones de varios productos químicos que influyen en el proceso de enchapado. Tradicionalmente, estos análisis se realizaban en entornos de laboratorio, a menudo utilizando equipos y reactivos especializados. Sin embargo, este enfoque presenta varias desventajas, incluidos largos tiempos de respuesta, costos financieros sustanciales y la necesidad de instalaciones de laboratorio especializadas. Estas limitaciones retrasan la capacidad de obtener datos en tiempo real, lo cual es esencial para una dosificación química precisa del bano de galvanoplastia.

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 químicas dentro del bano de galvanoplastia, proporcionando datos en tiempo real que guían la dosificación precisa de productos químicos.

INTRODUCCIÓN

El recubrimiento de un solo metal es una solución viable para el acabado de superficies. Sin embargo, existe un límite en cuanto a cuánto puede mejorar las propiedades de una superficie. Por el contrario, la co-deposición de dos o más metales como recubrimiento de aleación permite mejoras adaptadas a aplicaciones específicas [2].

El bronce blanco es un tipo de aleación trimetálica, lo que significa que consta de tres elementos metálicos diferentes [3]. Específicamente, es una aleación de Cu, Sn y Zn (también conocida como CTZ), cuidadosamente disenada para proporcionar una resistencia superior a la corrosión y un acabado brillante y uniforme.

El bano de bronce blanco utilizado en la galvanoplastia mejora considerablemente las propiedades químicas y físicas de diversos productos metálicos. Cuando se aplica con cuidado a las superficies, la tri-aleación mejora la resistencia a la corrosión al tiempo que proporciona un acabado blanco plateado visualmente atractivo.1]. Este procedimiento se utiliza comúnmente en la fabricación de joyas y artículos decorativos, ya que aumenta la durabilidad y el atractivo de los productos metálicos.1].

Uno de los principales desafíos para mantener un bano de bronce blanco es garantizar la proporción correcta de Sn, Cu y Zn [1]. Un desequilibrio en la concentración de estos elementos puede dar lugar a depósitos no uniformes, lo que afecta a las propiedades estéticas y funcionales de la capa revestida.

Los compuestos de cianuro suelen estar presentes en los banos de bronceado blanco, principalmente debido a su capacidad para formar complejos estables con el cobre [4]. Garantizan una deposición eficiente del metal y un recubrimiento liso y uniforme. Este complejo de cianuro y cobre ayuda a controlar la velocidad de recubrimiento y a mejorar la calidad general de la capa terminada.

Pequenas fluctuaciones en las concentraciones de metales pueden afectar significativamente el rendimiento del bano. Esto da lugar a problemas como depósitos opacos, revestimientos frágiles o mala adhesión. Estas fluctuaciones pueden surgir de variaciones en la reposición del bano, tasas de consumo o contaminación. Esto hace que la monitorización continua sea esencial para un funcionamiento estable.

Los métodos de monitoreo tradicionales a menudo resultan en tiempos de inactividad del proceso debido al tiempo requerido para el muestreo manual, la preparación química y el análisis. La naturaleza laboriosa de estos métodos también aumenta el

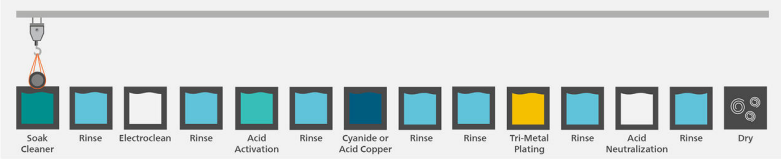


Figure 1. Ilustración de un flujo típico del proceso de recubrimiento de aleación de cobre-estaño-zinc (CTZ). Extraído de [1].

APLICACIÓN

Las muestras de bano de bronce blanco se midieron utilizando un Espectrómetro XRF con fuente de ánodo de tungsteno. Este sistema garantiza una alta precisión para la detección de Sn, Cu y Zn mediante el uso de una excitación de rayos X característica. Figura 2 muestra los espectros generados con picos distintos correspondientes a Sn, Cu y Zn en la solución del bano de galvanoplastia.

Mientras que el Analizador de procesos XRF 2060 (Figura 3) proporciona monitoreo en tiempo real de las concentraciones de metal en soluciones de enchapado, también se pueden incorporar técnicas complementarias como la titulación para monitorear parámetros de bano críticos adicionales, como el pH y los niveles de cianuro. Esta combinación de metodologías no solo mejora el control del proceso sino que también proporciona una solución integral única en el mercado, permitiendo a los operadores garantizar tanto la calidad del enchapado como la seguridad del operador con un único enfoque analítico integrado.

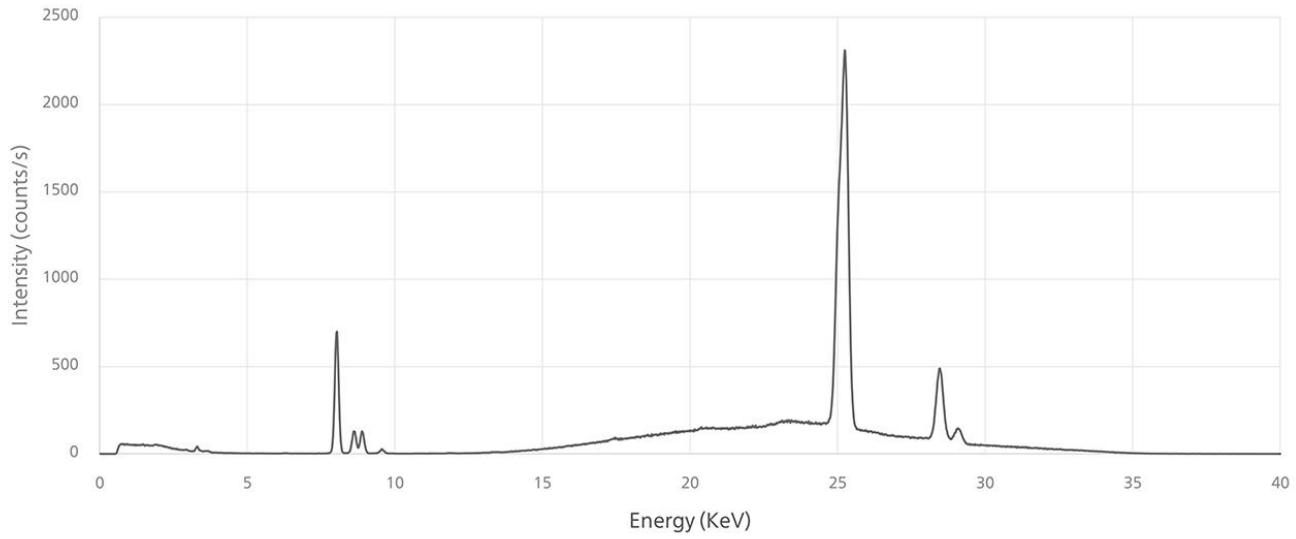


Figure 2. Espectro generado durante la medición XRF de una muestra de baño de bronce blanco. Los picos alrededor de 25 y 28 KeV indican la presencia de estaño. Los picos alrededor de 9 KeV revelan la presencia de cobre y zinc, mostrando sus líneas Kα y Kβ. Es probable que el pico ancho y amplio alrededor de 1–4 KeV sea potasio.

Tabla 1. Rango de medición, desviación estándar y desviación estándar relativa de Sn, Cu y Zn en muestras de bano de bronce blanco medidas con el analizador de proceso XRF 2060.

Parámetros	Rango de medición (g/L)	Desviación estándar (g/L)	Desviación estándar relativa (%)
Estano	21–40	0,351	0,87
Cobre	6–15	0,025	0,33
Zinc	0,6–2,5	0,004	0,58

A DESTACAR

Si bien la XRF permite un análisis rápido y preciso del contenido total de metal, la voltamperometría (VA) ofrece la ventaja adicional de distinguir los iones libres Cu2+, Zn2+ y Sn2+, en lugar de medir solo sus concentraciones totales. Distinguir entre estas especies es particularmente importante para monitorear el equilibrio Sn(II)/Sn(IV), que es crucial para la estabilidad del bano y el rendimiento del enchapado. También garantiza que la disponibilidad de iones metálicos favorezca tasas de deposición óptimas y la eficiencia del bano.



Figure 3. Analizador de procesos XRF 2060 para el análisis del contenido de CTZ en baños de bronce blanco.

CONCLUSIÓN

Un analizador de bano de galvanoplastia XRF proporciona una solución rápida y confiable para el monitoreo en tiempo real de las concentraciones de Sn, Cu y Zn en banos de galvanoplastia de bronce blanco. Por su velocidad, facilidad de uso y naturaleza no destructiva, es una herramienta ideal para optimizar y controlar el proceso de enchapado. El uso de fluorescencia de rayos X para este propósito ayuda a mantener la calidad del depósito y reduce los costos operativos.

Para mejorar aún más la eficiencia del proceso, Metrohm Process Analytics ofrece el analizador de procesos XRF 2060 que permite la monitorización automatizada en línea y proporciona información continua y en tiempo real sobre la química del bano.

NOTAS DE APLICACIÓN RELACIONADAS

AN-PAN-1064 Monitoreo de agentes complejantes en banos galvánicos en línea con espectroscopia Raman

AN-T-223 Análisis de banos galvánicos

AN-T-024 Contenido metálico de los banos de galvanoplastia alcalina para cadmio, cobre, plomo o zinc

BENEFICIOS DEL ANÁLISIS DE PROCESO ONLINE

- Control mejorado del bano – Los datos en tiempo real permiten una dosificación química precisa, optimizando las condiciones del bano y garantizando una calidad de recubrimiento constante.
- Residuos minimizados – Una dosificación química precisa reduce el riesgo de sobredosis o subdosis, lo que minimiza el desperdicio de productos químicos y, por tanto, el impacto ambiental.
- Mejora de la eficiencia del proceso – El monitoreo en tiempo real permite realizar ajustes proactivos a las condiciones del bano, lo que evita defectos de enchapado y tiempos de inactividad del proceso.
- Costos laborales reducidos – se elimina la necesidad de realizar análisis de laboratorio frecuentes, lo que reduce la dependencia de los técnicos de laboratorio.



REFERENCIAS

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
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 México
Calle. Xicoténcatl #181, Col
Del Carmen, Alcaldía
Coyoacán.
04100. Ciudad de México
México

info@metrohm.mx