



Application Note AN-PAN-1064

Monitorización de agentes complejantes en baños galvánicos en línea con espectroscopia Raman

INTRODUCCIÓN

Los objetivos principales de los baños de proceso galvánico incluyen el refinamiento de la superficie de las piezas de trabajo y el establecimiento de propiedades físicas. Para ello se añaden regularmente aditivos para el baño (p. ej. compuestos orgánicos o agentes complejantes) en diferentes cantidades, dependiendo de la carga de procesamiento. Dado que la composición del baño cambia continuamente debido a la introducción de las piezas de trabajo, es necesario un estrecho seguimiento de la

concentración de los aditivos del baño para garantizar que la calidad del producto final esté al más alto nivel. Esta nota de aplicación del proceso presenta un método para analizar con precisión **agentes complejos** en línea en baños galvánicos con **Analizador Raman 2060** de Metrohm Process Analytics. Esto permite el control del baño en tiempo real y, por tanto, un aumento de la eficiencia de producción y la calidad del producto.

El proceso de galvanoplastia consiste en utilizar electricidad para recubrir un material (p. ej., cobre (Cu)) con una fina capa de otro material (p. ej., níquel (Ni), zinc (Zn)), normalmente por motivos de protección.

El zinc y sus aleaciones (p. ej., Zn/Ni) son algunos de los principales materiales utilizados para la protección contra la corrosión del acero. Sin embargo, las aleaciones de Zn-Ni se utilizan principalmente porque son de cinco a seis veces más fuertes que el Zn puro para contrarrestar la corrosión.^[1]

Se añaden aditivos orgánicos o agentes complejos a la solución electrolítica en el baño para mejorar el proceso de deposición y, por tanto, la resistencia a la corrosión.^[2]

Durante el proceso de galvanoplastia, se utilizan agentes complejos para formar complejos con iones metálicos en la solución de electrolito. Estos complejos ayudan a mantener los iones metálicos en la solución, evitando su recepción prematura o reacciones secundarias no deseadas. Las aminas, por ejemplo, pueden actuar como agentes complejantes en baños alcalinos de Zn/Ni. Forman complejos estables con iones metálicos (p. ej., Zn^{2+} y Ni^{2+}), impidiendo que reaccionen con otros iones. Esto ayuda a controlar el potencial de deposición, mejorar la conductividad y suprimir la formación de

dendritas.^[3]

Tradicionalmente, el control de la concentración de agentes complejos en los baños de galvanoplastia se realiza manualmente. Se trata de un proceso engorroso que implica la extracción de muestras del baño que deben transportarse a un laboratorio para su análisis.

Estas acciones no sólo no logran capturar la composición de los baños en tiempo real sino que también conllevan riesgos para la seguridad. El retraso entre la recogida de muestras y el análisis puede dar lugar a resultados sesgados, ya que pueden producirse cambios en el proceso de galvanoplastia antes de que se complete el análisis.

La utilización de la espectroscopia Raman en línea aborda estos desafíos al permitir el análisis continuo de componentes orgánicos e inorgánicos, incluidos agentes complejos, en tiempo real. A diferencia de los métodos químicos húmedos tradicionales, la espectroscopia no requiere preparación de muestras y puede integrarse perfectamente en el proceso de galvanoplastia. Esto permite conocer minuto a minuto el estado del baño y facilitar un control más preciso sobre el potencial de deposición, la conductividad y la formación de dendritas. Esto no sólo mejora la eficiencia, sino que también contribuye a la seguridad y confiabilidad de las operaciones de galvanoplastia.



Figure 1. Ilustración de una configuración típica de banco húmedo que muestra tres formas diferentes (A–C) de conectarse al baño de proceso galvanico para un monitoreo continuo en línea de su composición con espectroscopía Raman de proceso.

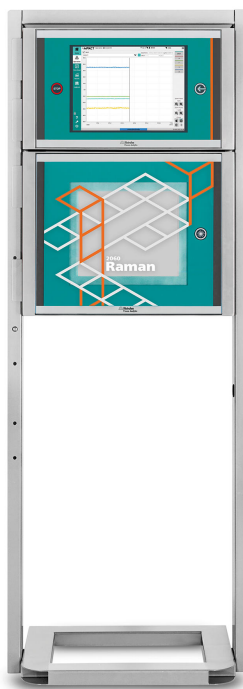


Figure 2. El analizador Raman 2060 es ideal para el análisis cuantitativo en línea de agentes complejantes en baños galvanicos.

Para el análisis automatizado durante el funcionamiento rutinario, la aplicación ha sido desarrollada previamente por Metrohm Process Analytics. Para ello, los espectros se registran con el analizador Raman 2060 (**figura 2**). Los espectros se correlacionan con datos de un método de análisis de referencia y se crea un modelo de calibración sólido.

El modelo de calibración se utiliza automáticamente en el proceso. El recibe los resultados de la medición de la concentración tanto en forma de tabla de usuario como en forma de gráfico de tendencias del proceso (**figura 3**). Los valores se pueden transferir a un sistema de control de procesos a través de una interfaz de comunicación de procesos.

Tabla 1. Parámetros de proceso medidos por el analizador Raman 2060 en banos de galvanoplastia.

Concentración [g/L]	
Aditivos orgánicos (electrolitos)	0–100 ± 0,5

RESULTADOS

El gráfico de tendencias en **figura 3** muestra los resultados del análisis Raman en línea de aditivos orgánicos en un baño de revestimiento galvanico en comparación con el análisis de referencia que se realiza manualmente. El análisis en línea captura mucho mejor los cambios del proceso, lo que permite a los fabricantes ajustar la composición del baño más rápido y ahorrar costos.

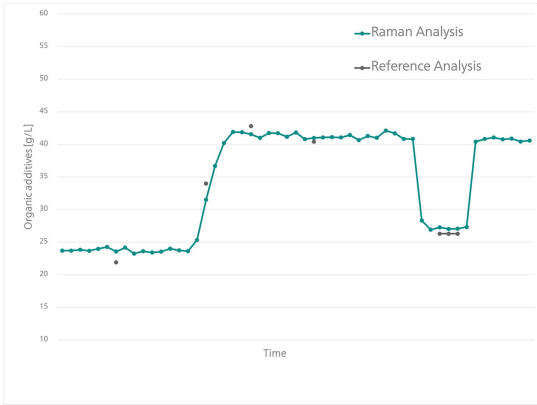


Figure 3. Gráfico de tendencias de las mediciones Raman en línea realizadas por el analizador Raman 2060 para la determinación de aditivos orgánicos.

DESTACADO

Aún debe estar en uso un método de referencia. Se debe analizar una gama apropiada de muestras que cubre la variabilidad del proceso mediante ambos métodos (es decir, referencia primaria y Raman) para construir un modelo Raman preciso. Se hacen correlaciones para procesar las

especificaciones. La sonda Raman correcta debe colocarse in situ de manera que proporcione suficiente contacto de la muestra con la ventana de la punta de la sonda. Es muy importante el diseño correcto de la sonda y la ubicación adecuada en el equipo de proceso.

La espectroscopia Raman es una técnica analítica fácil de usar que identifica líquidos y sólidos en segundos. El analizador Raman 2060 de Metrohm Process Analytics es un sistema Raman de alto rendimiento diseñado para monitorear diferentes procesos como

la galvanoplastia.

Junto con el software Vision e IMPACT de Metrohm, el analizador Raman 2060 se puede utilizar para adquirir resultados en tiempo real, aumentar la productividad y reducir los costos de producción.

NOTAS DE APLICACIÓN RELACIONADAS

- [AN-PAN-1012](#) Análisis en línea del contenido de iones de níquel e hipofosfito en banos de niquelado no electrolítico
- [AN-PAN-1018](#) Determinación de ácidos, bases y aluminio: industria galvanica – tratamiento de superficies metálicas
- [AN-T-223](#) Análisis de banos de galvanoplastia.

BENEFICIOS DE RAMAN EN PROCESO

- Comentarios «en tiempo real» al proceso para garantizar un alto nivel de control de los recubrimientos.
- **detección temprana** de fallos en el bano.
- **Múltiples parámetros** a partir de una sola medición.
- Espectros Raman únicos que sirven como huellas digitales específicas para **identificación de materiales**.



REFERENCIAS

1. 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>.
2. Gezerman, A. O. Effects of Novel Additives for Zinc-Nickel Alloy Plating. *Eur. J. Chem.* **2019**, *10*, 118–124. <https://doi.org/10.5155/eurjchem.10.2.118-124.1834>.
3. Son, B.-K.; Choi, J.-W.; Jeon, S.-B.; et al. Concentration Influence of Complexing Agent on Electrodeposited Zn-Ni Alloy. *Appl. Sci.* **2023**, *13* (13), 7887. <https://doi.org/10.3390/app13137887>.

CONTACT

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

info@metrohm.mx

CONFIGURACIÓN



2060 Raman Analyzer

El **2060 Raman Analyzer** es un instrumento de análisis de procesos inline no destructivo que aplica la espectroscopía Raman para monitorizar procesos en tiempo real y con precisión. Gracias a su capacidad de automonitorización, su espectrómetro de alto rendimiento y su estabilidad láser de larga duración, aporta información inmediata sobre la composición química y permite realizar ajustes oportunos para lograr un óptimo control de procesos, asegurando constantemente la calidad de los productos y mejorando la eficiencia operativa general.

Se pueden conectar hasta 5 sondas y/o celdas de flujo al instrumento de análisis. Cada uno de sus 5 canales puede configurarse independientemente de los demás mediante el software propietario integrado.