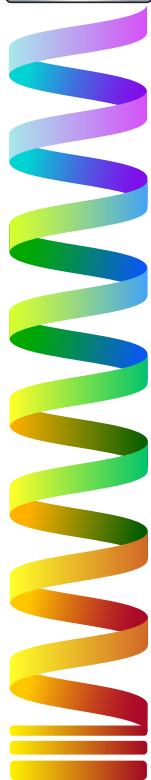
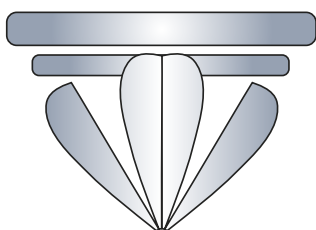
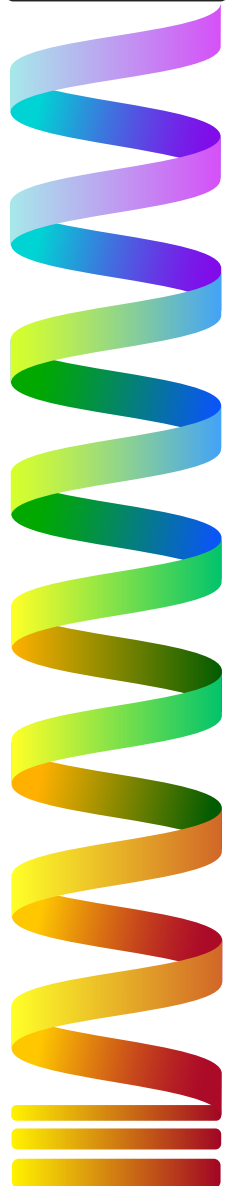
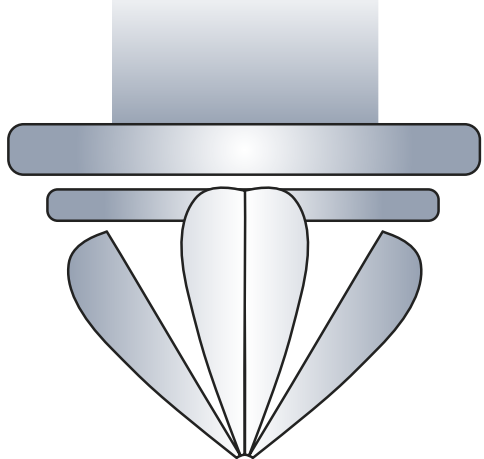


VIII Congresso I+D+i

Campus d'Alcoi

Creando Sinergias





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

VIII CONGRESO I+D+i CAMPUS DE ALCOY. CREANDO SINERGIAS

LIBRO DE RESÚMENES

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Alcoy, 14 y 15 de julio de 2021

Edita: Compobell, S.L.

ISBN: 978-84-121868-7-1

DEPÓSITO LEGAL: MU 1062-2021

IMPRESIÓN: Compobell, S.L.

Nota editorial: Este libro de resúmenes se ha realizado con las contribuciones de cada autor. Las modificaciones realizadas no han supuesto ningún cambio del contenido científico de las aportaciones.

MONITORIZACIÓN DEL PROCESO DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN BAÑO CALIENTE DE ZINC

García-Díaz, J.Carlos ⁽¹⁾, Trull, Oscar ⁽²⁾, Peiró-Signes, Ángel⁽³⁾

(1) Dep. Estadística e Inv. Op. Apl. Y Calidad, UPV, juagardi@eio.upv.es

(2) Dep. Estadística e Inv. Op. Apl. Y Calidad, UPV, otrull@eio.upv.es

(3) Dep. en Organización de Empresas, UPV, anpeisig@omp.upv.es

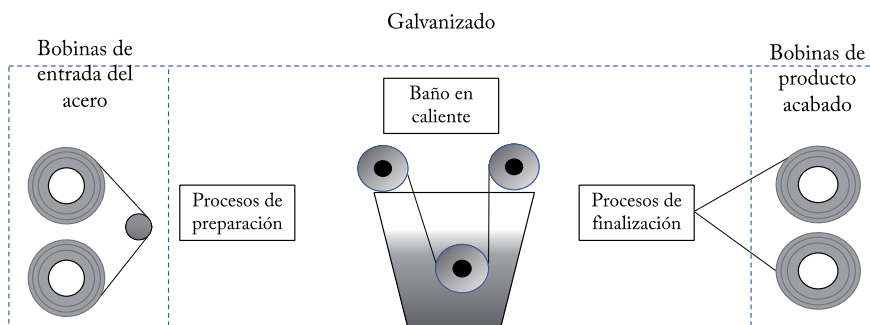
RESUMEN

La industria del automóvil requiere de la utilización en grandes cantidades de acero galvanizado. El proceso de obtención industrial más utilizado en España es el de galvanizado continuo por inmersión en baño caliente de zinc. El proceso del baño es altamente dependiente de las cantidades de aluminio presentes en el baño, lo cual requiere un control exhaustivo de calidad. En este artículo proponemos un método efectivo de control de calidad basado en gráficos de control basado en residuos que ha sido aplicado en la industria. Se muestra el método empleado y los resultados obtenidos.

Palabras clave: galvanizado, zinc, baño, calidad, control estadístico.

INTRODUCCIÓN

El acero es un material con una excelente relación de todas sus características: resistencia, peso, precio y maquinabilidad. Estas características lo convierten en un material básico de utilización en gran parte de la industria, y en especial en el sector del automóvil. Sin embargo, uno de los grandes defectos es la corrosión que padece. Es por ello que necesita de una capa protectora. La utilización del zinc como revestimiento protector se remonta a principios del siglo XIX [1]. En la actualidad existen más de 600 líneas de producción de galvanizado en caliente [2] que producen más de 100 M de toneladas de acero galvanizado gracias a ser un método eficaz y de alta capacidad productiva. La producción de acero galvanizado en baño en caliente se puede resumir



El proceso de galvanizado consiste en la adhesión del zinc en las capas superficiales del acero creando una capa de ZnFe durante el proceso en caliente. En una línea continua de galvanizado en caliente, la banda de acero se recubre pasando primero por un proceso de limpieza y preparación del material antes de ser inmerso en un crisol o baño de zinc fundido. Este baño normalmente se encuentra a una temperatura de entre 450 y 480 °C (temperatura promedio del baño de 460°C). Posteriormente se retira del baño a través de un par de aire y de chorros de limpieza, para eliminar el exceso de zinc líquido. Este proceso es el descrito en la Figura 1 como proceso de finalización. El galvanizado es un proceso en línea durante el cual la capa de zinc de la banda de acero se transforma en una capa de ZnFe por difusión. Dependiendo de la temperatura de recocido, el tiempo de recocido, el grado de acero, el contenido de aluminio en la base de Zn y otros parámetros, se forman diferentes fases intermetálicas de ZnFe en el revestimiento, que influyen en la conformabilidad del material galvanizado.

El proceso de adición de zinc al baño se realiza mediante la introducción de lingotes de aluminio-zinc (Al-Zn) que se descomponen liberando el zinc en el crisol. Para liberar el zinc, el aluminio debe disolverse por completo, y esto influye en las propiedades y la calidad del producto final. Sin embargo, conseguir que el Al se mantenga en un nivel óptimo es una tarea altamente desafiante [3]. Para controlar el proceso, se recurre a la medición del contenido de aluminio en el baño.

En este artículo se muestra un nuevo procedimiento para controlar la calidad del proceso a través de la monitorización del contenido de aluminio y realizar predicciones del contenido de la misma, pudiendo detectar causas asignables de desviación con anterioridad.

METODO

La variable de control de interés es el Al efectivo en el baño. El estricto control de la concentración de aluminio en un baño de galvanizado es extremadamente importante para cumplir con la alta calidad superficial de los aceros galvanizados que ha sido exigida por la industria. Una vez que se ha completado la fase del análisis y exploración de datos históricos, y se han corregido las causas asignables, es deseable configurar gráficos SPC para monitorear el comportamiento futuro del proceso.

El contenido de Al en el baño de zinc sin ninguna causa extraña discurre de forma predecible. Podemos asignar la serie temporal Z_t como un proceso autoregresivo integrado de media móvil (ARIMA) de modo que se formule siguiendo la notación de Box y Jenkins [4] como se indica en (1).

$$\Phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B) a_t \quad (1)$$

donde B es el operador de retardo tal que $B^s Z_t = Z_{t-s}$, $\Phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$, $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p$, y a_t es una secuencia de variables aleatorias de ruido blanco, con media 0 y varianza constante.

Mediante la ayuda de un software estadístico (Statgraphics), se ajustó el modelo ARIMA correspondiente. Se realizan previsiones mediante el modelo y se comparan con los datos reales, obteniendo los residuos ε_t . Si el modelo autorregresivo es fiel a los datos de contenido de Al, entonces los residuos pueden ser utilizados para monitorizar el proceso. Se utilizan los datos de los residuos para construir un gráfico de control. Además, se puede asegurar la incorrelación de los residuos.

Gráficos de control basados en las observaciones originales

Varios autores recomiendan trazar los gráficos de control con las observaciones originales utilizando límites modificados. El gráfico de control estándar de Shewhart para monitorear la media del proceso tiene límites de control en $\mu \pm k\sigma$, donde el parámetro k es generalmente 3 [5]. Esto proporciona un ARL aproximado de 370.

Cuando este proceso está bajo control, los gráficos de control deben mostrar estabilidad. La presencia de valores anómalos puede perjudicar este modelo de predicción. Es por ello que es necesario realizar un procedimiento de detección y análisis de los valores anómalos. La corrección de valores atípicos es esencial porque la presencia de uno o más valores atípicos en la serie observada puede dañar seriamente la identificación y estimación del modelo ARIMA.

El análisis de valores atípicos de los datos de series de tiempo comprende dos cuestiones clave: detección de valores atípicos (ubicación y tipo de valores atípicos en una serie de tiempo contaminada) y ajuste de valores atípicos. El proceso de detección-estimación-ajuste de valores atípicos se puede implementar utilizando software estadístico estándar para el análisis de series de tiempo, como SCA, SAS / ETS o TRAMO / SEATS. Los procedimientos estándar para la detección y corrección automática de valores atípicos consideran cuatro tipos de valores atípicos, a saber, valores atípicos aditivos, innovadores, de cambio de nivel y de cambios transitorios. Estos cuatro tipos de valores atípicos afectan una serie temporal observada de diferentes maneras. Los 4 tipos de valores atípicos son:

Valor atípico aditivo (AO). Un valor atípico aditivo es un evento que afecta a una serie solo durante un período de tiempo. Un AO podría reflejar un error de grabación.

Valor atípico innovador (IO). Un valor atípico innovador es un evento cuyo efecto se propaga de acuerdo con el modelo de proceso de ruido. En la práctica, una IO a menudo representa el inicio de una causa externa.

Cambio de nivel (LS). Un LS afecta a una serie en un momento dado y su efecto es permanente. Un valor atípico de LS es una función escalonada y podría reflejar el cambio de un mecanismo de proceso.

Cambio temporal (TC). Un TC afecta a una serie en un momento dado, y su efecto decae exponencialmente según algún factor de amortiguación, digamos δ .

La serie se analiza con todos estos tipos de valores anómalos. Estos valores se incorporan al modelo. Finalmente, el modelo ARIMA incluye estas posibles modificaciones en la serie debido a estos valores. El paso final del ajuste del modelo es la selección del modelo. Es común tener varios modelos en competencia para la serie y necesitamos un método para seleccionar el mejor de los modelos. Las técnicas más populares son el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de información bayesiano (BIC). Un valor de AIC y BIC más pequeño es más favorable.

CONCLUSIONES

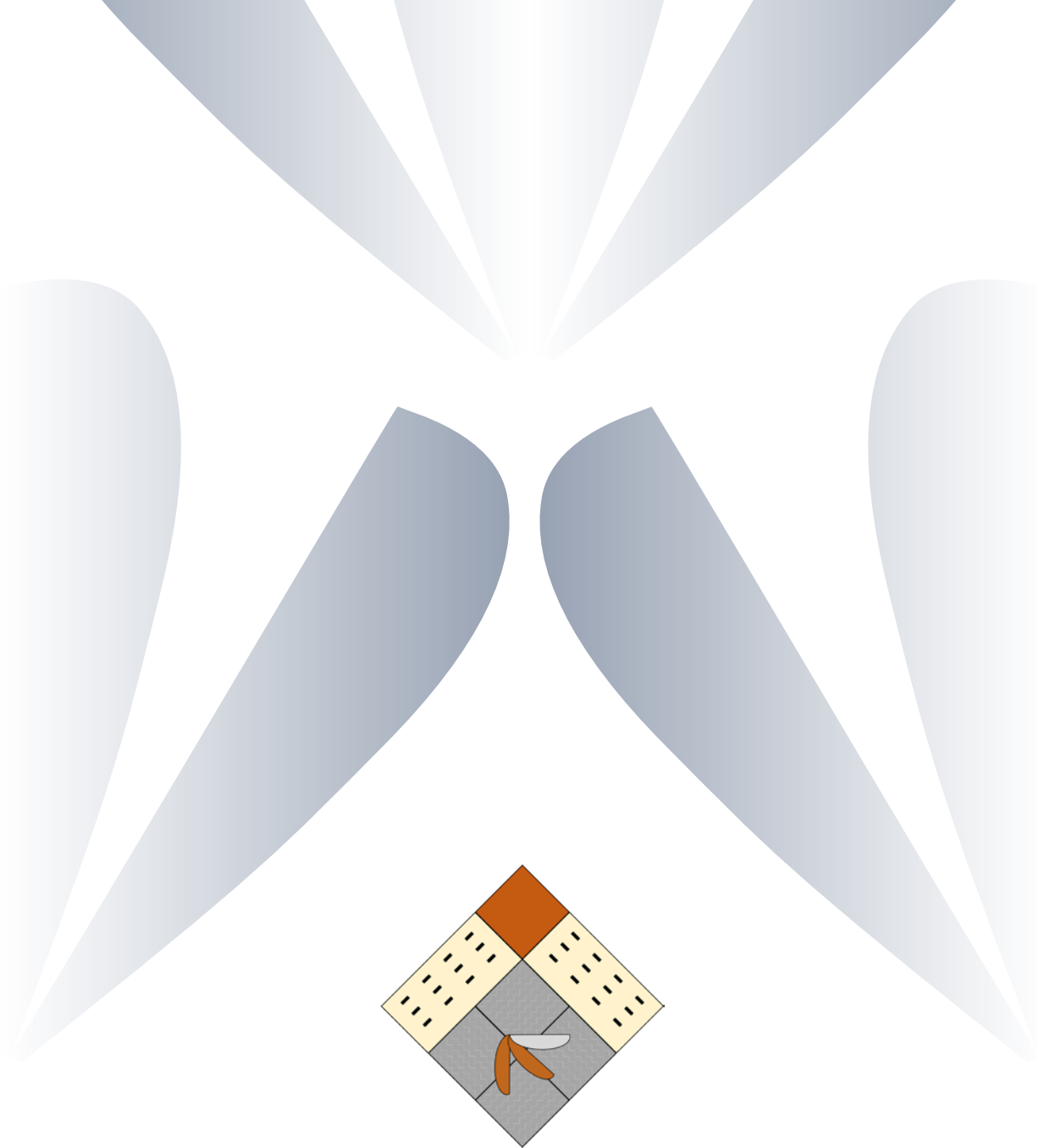
Los ingenieros de control de procesos usan SPC para monitorear la estabilidad, consistencia y desempeño general de un proceso. El estricto control de la concentración de aluminio en un crisol de galvanizado es extremadamente importante para cumplir con la alta calidad superficial de los aceros galvanizados que ha sido exigida por la industria. El presente trabajo propone un modelo estadístico para la predicción de la concentración

de aluminio en un baño de galvanizado de una línea continua de galvanizado en caliente. Este documento ha proporcionado un resumen de muchos de los conceptos y métodos para el monitoreo de procesos y la detección de fallas. Estos métodos aprovechan al máximo la naturaleza multivariante de los datos.

Las técnicas de diagnóstico y monitoreo multivariante tienen el poder de detectar eventos inusuales mientras que su impacto es demasiado pequeño para causar una desviación significativa en una sola variable de proceso. Esta es una ventaja importante porque esta tendencia hacia un funcionamiento anormal puede ser el comienzo de una falla grave en el proceso. Además, se investiga la aplicación de métodos de análisis de series de tiempo y control estadístico de procesos para monitorear y pronosticar niveles efectivos de aluminio. Se utilizaría un modelo SPC + ARIMA en tiempo real para monitorear los valores futuros de la concentración efectiva de aluminio en un baño de galvanizado de una línea continua de galvanizado en caliente. El modelado ARMA demostró ser una herramienta de predicción eficaz. Los datos de la concentración efectiva de aluminio están altamente autocorrelacionados. Los datos de proceso autocorrelacionados hacen que la mayoría de los gráficos de control convencionales no sean informativos, debido a la mayor frecuencia de falsas alarmas. El enfoque empírico utilizado en este trabajo ha demostrado ser un método eficiente y enfocado para predecir la concentración efectiva de aluminio. Ajustamos el modelo AR (1) a la concentración efectiva de aluminio. Los residuos de este modelo no están correlacionados. Las desviaciones en los residuos del modelo de ajuste se identifican mediante el gráfico de control. Estas salidas son indicadores de causas especiales que actúan sobre la calidad del producto. Este modelo de procedimiento se puede utilizar para controlar los niveles efectivos de concentración de aluminio. Se proponen dos gráficos de control univariados para monitorear el nivel efectivo de aluminio en el baño: un gráfico de control basado en residuos y un gráfico de control basado en las observaciones originales.

REFERENCIAS

- [1] Lamesch, J.; (2005). "The world history of galvanizing." *Rev. Metallurgie*. vol. 102, no. 2. pp. 119–126, doi: 10.1051/metal:2005113.
- [2] Ajersch, Frank; and Florin Ilinca; (2018). "Review of Modeling and Simulation of Galvanizing Operations." *Steel Res. Int.* vol. 89, no. 1. p. 1700074, doi: 10.1002/srin.201700074.
- [3] Liu, Y. H.; and N. Y. Tang; "Automating and Optimizing Bath Management Using the Computer Program PAL®."
- [4] Box, George E. P.; Gwilym M. Jenkins; Gregory C. Reinsel; and Greta M. Ljung; *Time series analysis: forecasting and control*, Fifth edit. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [5] Nelson, Lloyd S.; (1984). "The Shewhart Control Chart—Tests for Special Causes." *J. Qual. Technol.* vol. 16, no. 4. pp. 237–239, doi: 10.1080/00224065.1984.11978921.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI