

CARACTERIZACIÓN DE ALUMINIOS INDUSTRIALES Y ACEROS INOXIDABLES MEDIANTE TÉCNICAS MAGNETICAS

Celman, Mariana¹

¹Instituto de Física del Litoral, IFIS-UNL

Director/a: Bonetto, Fernando José

Codirector/a: Bonin, Claudio Julio

Área: Ingeniería

Palabras claves: Aluminios, Aceros inoxidables, Susceptibilidad Magnética.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, dos de los materiales más ampliamente usados en una gran variedad de aplicaciones de ingeniería son las aleaciones de aluminio y los aceros inoxidables. Las aleaciones de aluminio permiten obtener materiales capaces de combinar las propiedades del aluminio puro (resistencia a la corrosión, alta conductividad térmica, baja densidad) con una buena resistencia mecánica, dando lugar a una eficiente relación peso-resistencia, además de una excelente reciclabilidad. Por otro lado, los aceros inoxidables permiten combinar las propiedades del acero (que pueden presentar distintos grados de tenacidad, dureza y resistencia mecánica) con una excelente resistencia a la corrosión, gracias al uso de aleantes como el cromo y el níquel.

La aplicación de este tipo de materiales en diversos componentes estructurales hace que una evaluación precisa de su calidad (y composición) se vuelva esencial para garantizar la seguridad, confiabilidad y eficiencia de los productos fabricados con dichos materiales. Una metodología prometedora en este sentido, y que aplicaremos en este trabajo, es el uso de métodos magnéticos, los cuales han demostrado ser valiosos para la inspección no destructiva de materiales metálicos.

La susceptibilidad magnética volumétrica, χ , es una constante adimensional (en el Sistema Internacional de Unidades) que caracteriza la respuesta de una sustancia dada ante la presencia de un campo magnético externo. En función del valor de χ , la mayoría de los materiales pueden clasificarse como diamagnéticos ($\chi < 0$ con $|\chi| < 10^{-3}$), ferromagnéticos ($\chi > 1$) o paramagnéticos ($\chi > 0$ con $|\chi| < 10^{-3}$). Los materiales paramagnéticos se ven levemente atraídos por un campo magnético externo, y es dentro de esta categoría que se encuentran tanto las aleaciones de aluminio como ciertos aceros inoxidables (específicamente los de tipo austenítico). La respuesta magnética de las aleaciones de aluminio es más débil que la de los aceros, lo cual se ve reflejado en un valor de χ menor.

Título del proyecto: Interacción de iones con superficies: estudio teórico-experimental de los procesos de transferencia de carga en colisiones de baja energía

Instrumento: CAID

Año convocatoria: 2020

Organismo financiador: UNL

Director/a: Bonetto, Fernando José



Ante la escasez de valores de susceptibilidad magnética reportados para aleaciones de aluminio y aceros inoxidable, en este trabajo se propone el uso de una técnica simple, práctica y de bajo costo (Bonin & Bonetto, 2022) para la determinación del χ de estos materiales, con el fin de distinguir distintos tipos de aleaciones.

OBJETIVOS

- Evaluación de la fiabilidad, potencialidad y aplicabilidad de la técnica de medición de χ a partir del uso de una balanza electrónica (medición de Al puro y comparación con valores tabulados).
- Correlacionar valores de χ medidos con distintas aleaciones de aluminio y aceros inoxidable.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Para la determinación de la susceptibilidad magnética de las distintas muestras se siguió el procedimiento teórico-experimental propuesto por Bonin & Bonetto (2022), donde χ puede estimarse a partir de la ecuación (1) como

$$\chi = \frac{2\mu_0 g \Delta m}{\int_V \frac{\partial}{\partial z} |\vec{B}(\vec{r})|^2 dV - 2\mu_0 g \Delta m} \quad (1)$$

En esta ecuación, μ_0 es la susceptibilidad magnética del vacío, g la aceleración de la gravedad, V el volumen de la muestra en estudio, B el campo de densidad de flujo magnético externo y Δm es la variación en la masa de la muestra con y sin campo B presente. La medición de Δm se lleva a cabo haciendo uso de un arreglo experimental como el que se muestra en la Figura 1, donde una balanza electrónica permite determinar la variación en la masa de la muestra al acercarse y retirarse (con ayuda de un posicionador en la dirección z) una serie de imanes de neodimio, que generan el campo B .

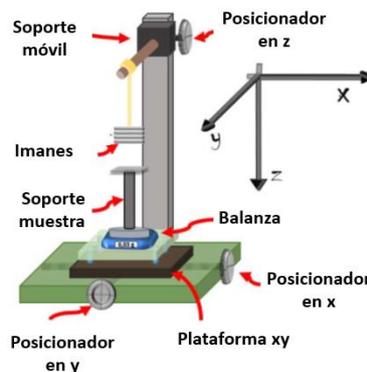


Figura 1: Balanza magnética. Arreglo experimental para mediciones de Δm .

Aluminio puro

La susceptibilidad magnética del aluminio metálico es una magnitud ampliamente reportada en la literatura (ver Tabla 1). Con el fin de corroborar la precisión del método de medición empleado, se determinó el valor de χ para una muestra de Al al 99.9999% de pureza, y se lo comparó con el tabulado. Esta medición se realizó por duplicado, y los resultados obtenidos se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1: valores de χ , tabulado (Lide, D. R., 2010, pp 4-142) y medido, para Al puro.

χ tabulado (10^{-5})	χ medido (10^{-5})
2.08 ± 0.02	2.08 ± 0.10
	2.09 ± 0.10

Resultados preliminares para aleaciones de aluminio y aceros inoxidables

Los valores de χ obtenidos para distintas aleaciones de aluminio se exponen, junto con sus respectivas desviaciones estándar (σ), en la Figura 2. Cada una de estas aleaciones se identifica, en función de su composición, por una serie de cuatro números, siguiendo la norma IRAM 681:2014 para aluminio y aleaciones base aluminio.

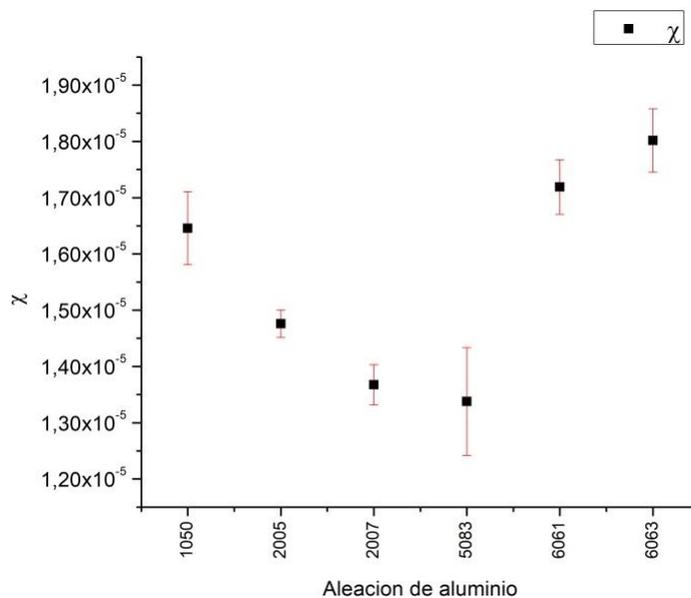


Figura 2: Valores de χ obtenidos para distintas aleaciones de aluminio (cuadrados negros) con sus respectivas desviaciones estándar (línea roja).

Por otro lado, valores de χ obtenidos para distintos aceros inoxidables se exponen, junto con sus respectivas desviaciones estándar, en la Figura 3. El acero AISI 304 es un acero inoxidable austenítico que típicamente presenta 18 wt% de Cr y un 8 wt% de Ni, mientras que el AISI 316, además de Cr y Ni en concentraciones similares, contiene un 3wt% de Mo. Las muestras 1, 2 y 3 son de composición desconocida, aunque se sabe que se trata de aceros distintos entre sí. Debido a la diferencia entre los valores de χ para las muestras 1, 3 y AISI 316 respecto de la muestra 2 y AISI 304, los resultados se presentan en dos gráficas para mayor claridad.

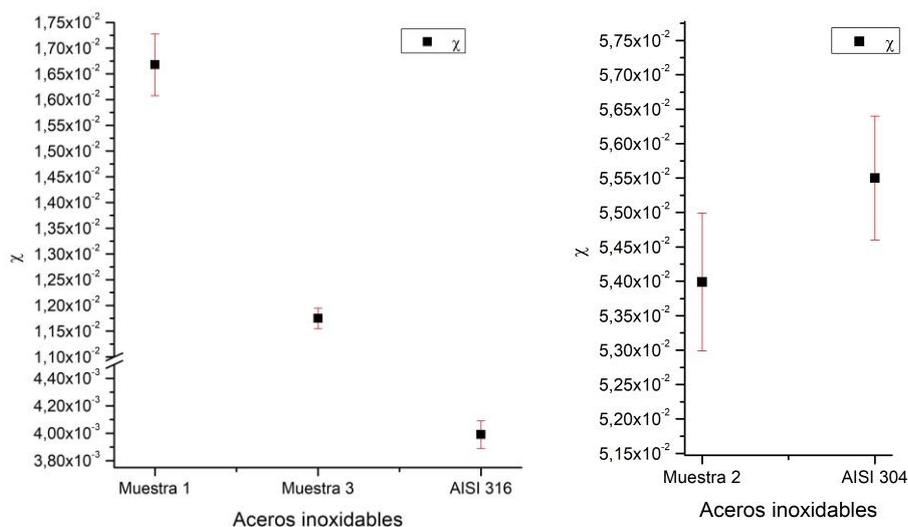


Figura 3: Valores de χ obtenidos para distintos aceros inoxidables (cuadrados negros), con sus respectivas desviaciones estándar (línea roja), en un rango entre $3.8 \cdot 10^{-3}$ y $1.75 \cdot 10^{-2}$ (izq.) y entre $5.3 \cdot 10^{-2}$ y $5.7 \cdot 10^{-2}$ (der.)

CONCLUSIONES

En la Tabla 1 puede apreciarse la similitud entre los valores de χ estimados para el aluminio puro y los reportados en la literatura, lo que evidencia la precisión y confiabilidad de la técnica empleada.

Tanto en los aluminios como en los aceros inoxidables estudiados, se observa una variación en el valor de χ según el tipo de aleación, lo que sugiere que esta técnica es potencialmente adecuada para caracterizar estos materiales. Sin embargo, en la Figura 2 se puede ver que, debido a la incerteza de las mediciones realizadas ($\chi \pm \sigma$), algunos valores de la susceptibilidad magnética correspondientes a muestras diferentes, como las muestras 2007 y 5083, resultan indistinguibles. Lo mismo ocurre en la Figura 3 (derecha) para las muestras 2 y AISI 304, aunque, dado que se desconoce la composición de la muestra 2, esto podría deberse a que se trate del mismo tipo de acero. En el futuro se planea estudiar muestras de aceros inoxidables de composición elemental conocida para investigar la dependencia de χ con el contenido y tipo de aleantes de cada acero.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Bonin, C. J., & Bonetto, F. J. 2022. A low-cost and accurate method for measuring weak magnetic susceptibilities. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 71, pp.1-10.

Davis, J. R. 1994. ASM Specialty Handbook Stainless Steels. ASM International. USA.

Kaufman, J. G. 2000. Introduction to aluminum alloys and tempers. ASM International. USA.

Lide, D. R. 2010. CRC Handbook of Chemistry and Physics. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.