

Análisis térmico e interpretación de curvas de calentamiento por inducción de aceros de medio carbono

Profesor responsable: IQM. Agustín Ruiz Ramírez

Profesor corresponsable: M en M. Sergio García Galán

Planteamiento del problema:

El calentamiento por inducción es una de las técnicas más utilizadas para el endurecimiento superficial de componentes de acero de medio y alto carbono. En esta técnica, las piezas metálicas son sometidas a la acción de un campo magnético generado por una corriente alterna de alta frecuencia que fluye a través de una bobina enfriada con agua. El campo, induce una corriente eléctrica en el material que a su vez ocasiona el aumento de la temperatura debido a la resistencia del material al flujo de corriente. La acción del campo puede ser superficial o de mayor profundidad, esto dependerá principalmente de la relación potencia-frecuencia lograda con el equipo utilizado.

En este método de calentamiento, el acero puede adquirir la temperatura de austenización deseada en apenas unos segundos. Esto limita la cinética de transformación de la austenita; la elevada rapidez de calentamiento ocasiona un aumento sustancial de las temperaturas de transformación A_{c1} y A_{c3} , además el tiempo total de transformación se ve afectado tendiendo a valores menores que los esperados en calentamiento convencional. Ambos aspectos se ven reflejados en la curva de monitoreo de la temperatura en un calentamiento por inducción pues, los puntos de comienzo y término de la transformación austenítica son prácticamente indetectables. Sin embargo, la curva asociada presenta cambios en la rapidez de calentamiento a lo largo del tiempo, cambios que podrían estar relacionados también con la variación en las propiedades magnéticas del acero que se generan al aumentar su temperatura. Una consideración importante, por ejemplo, sería el valor de la temperatura de Curie A_{c2} que marca la transición del acero tratado de un comportamiento ferromagnético a paramagnético y que podría conllevar cambios en el calentamiento.

En trabajos anteriores realizados por quienes proponemos este proyecto, se han detectado estos cambios en la pendiente de las curvas de calentamiento que no coinciden con temperaturas de transformación de fase, así como valores constantes de la temperatura no esperados y que ahora, mediante un estudio enfocado, se busca darles una explicación que clarifique de mejor forma el comportamiento de estas curvas.

Justificación:

El programa de estudios de la asignatura de Tratamientos Térmicos presenta un enfoque en los tratamientos térmicos convencionales de los aceros. Este trabajo se

ha diseñado con el fin de extender el conocimiento del alumno sobre este campo de la metalurgia física y, en particular, en el área de los tratamientos por inducción (calentamiento por inducción) a la par de que el alumno realiza el trabajo de gabinete de un análisis térmico. Partiendo de los conocimientos que ha construido el alumno a lo largo de su licenciatura, particularmente en el área de metalurgia física, para: realizar una investigación bibliográfica consistente, un análisis profundo de resultados experimentales provenientes del monitoreo de piezas de acero calentadas por inducción y una adecuada interpretación e identificación de los fenómenos físicos observados en los mismos.

Objetivos:

- Investigar en la literatura las bases del calentamiento por inducción de metales.
- Realizar el trabajo de gabinete del análisis térmico de curvas de calentamiento por inducción (cálculo de primera y segunda derivada, selección de puntos de interés para transformaciones de fase y cambios de las propiedades magnéticas, etc.) para aceros de medio contenido de carbono.
- Interpretar con base en la investigación bibliografía los cambios de pendiente encontrados en las curvas de calentamiento por inducción.

Metodología:

La investigación se desarrollará en 7 etapas. Partiendo de proveer al alumno de herramientas de investigación bibliográfica, continuando con el análisis e interpretación de las curvas de calentamiento por inducción y cerrando con las conclusiones. En detalle, las etapas son:

- 1) Familiarización con las herramientas para consulta bibliográfica proporcionadas por la UNAM (Bidi, ScienceDirect, etc.) y las de acceso libre (principalmente Google Academics). Además, durante esta etapa se hará énfasis en confirmar la veracidad de la información consultada en otros medios web, así como en que el alumno cite adecuadamente las fuentes en su investigación.
- 2) Consulta bibliográfica relacionada con los principios del calentamiento por inducción.
- 3) Generación de una base de datos amplia con documentos relacionados al calentamiento por inducción de aceros. El material documental se clasifica en tres grandes grupos: ciencia básica, ciencia aplicada o casos de estudio en ingeniería y, por último, información industrial.
- 4) Lectura y análisis de la información.
- 5) Realizar el análisis térmico de las curvas de calentamiento por inducción proporcionadas por los profesores¹.
- 6) Realizar la interpretación de las curvas de calentamiento por inducción.
- 7) Construcción de las conclusiones y entrega del informe final.

¹ Los profesores a cargo del proyecto ya cuentan con los resultados experimentales, por lo que el alumno NO deberá realizar trabajo experimental.

La redacción del informe se realizará a la par de cada una de las etapas y se harán reuniones en línea con el equipo de trabajo cada dos semanas de avance.

Cronograma de actividades:

[illegible]