

TRANSPORTE DE CALOR BIDIRECCIONAL EN UN CILINDRO DE ACERO DURANTE SU CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Alberto Ingalls Cruz (ingalls@unam.mx)
Departamento de Ingeniería Metalúrgica

Introducción: El trabajo experimental de ingeniería debe realizarse, en nuestro caso, para comprender y evaluar la conducta de los sistemas durante los procesos de transformación de los materiales metálicos, y para obtener los valores de las propiedades particulares del sistema bajo estudio. Es así, que en este proyecto de trabajo se estudiará el transporte de calor durante el calentamiento inductivo de un acero, para determinar el efecto: (i) de los parámetros de la configuración del sistema de calentamiento inductivo, (ii) de las propiedades magnéticas, eléctricas y termofísicas, y (iii) de las condiciones iniciales y de frontera, sobre: (a) la distribución de temperaturas en el interior de la componente cilíndrica, y (b) la rapidez de calentamiento del acero.

Por lo que, con los resultados obtenidos se comprenderá y se evaluará el proceso de calentamiento inductivo sobre el acero.

Hipótesis: El calentamiento inductivo sólo afecta directamente a una tercio de la dimensión radial, a partir de la superficie y hasta el centro de la componente, como máximo.

Objetivos: (1) Desarrollar el modelo matemático para la evaluación del transporte bidireccional de calor, en un cilindro, durante el calentamiento inductivo de un acero. (2) Establecer las condiciones óptimas para un sistema dinámico de calentamiento inductivo. Esto es, cuando el cilindro se desplaza axialmente a través del sistema inductivo.

Metas:

- (1) Elaborar el programa de cómputo que permita calcular la distribución de las temperaturas con respecto del tiempo, en el interior de la componente cilíndrica. El producto entregable en esta meta será: El listado del programa de cómputo que resuelve el problema bidireccional del transporte de calor, mediante la aplicación del método numérico de diferencias finitas.
- (2) Revisar y analizar la información publicada, sobre los perfiles y los historiales térmicos obtenidos durante el calentamiento inductivo de los aceros. El producto entregable en esta meta será: El programa de simulación que permita estimar el efecto de los parámetros que afectan el calentamiento inductivo sobre los perfiles de temperatura y la rapidez de calentamiento del acero.

- (3) Evaluar el efecto de los valores de la configuración del sistema de calentamiento inductivo, y de las condiciones iniciales y de frontera, sobre la rapidez del calentamiento dinámico de la componente cilíndrica. El producto entregable en esta meta será: El reporte del trabajo realizado, indicando los valores óptimos del calentamiento inductivo de una componente cilíndrica de acero. El trabajo desarrollado hasta este punto deberá corresponder al 60% del trabajo de tesis. El trabajo restante corresponderá a la aplicación del modelo matemático, para estudiar el efecto de cada variable del sistema, y a la elaboración del reporte final (tesis).

Metodología:

- (1) Revisar la literatura correspondiente al proceso del calentamiento inductivo de los aceros, para realizar la descripción fenomenológica de este sistema: eléctrico-magnético-térmico.
- (2) Elaborar el modelo matemático (programa de cómputo) del transporte de calor bidireccional para el cálculo de los perfiles de temperatura y de la rapidez de calentamiento en un cilindro.

Debe destacarse que, el método numérico de diferencias finitas deberá permitir el ajuste, al final de cada intervalo de cálculo, de los valores de las propiedades magnéticas, eléctricas y térmicas, y de las condiciones de frontera en el sistema.

- (3) Realizar la simulación del proceso del calentamiento inductivo de un cilindro de acero para determinar la influencia de los parámetros de control, y de las propiedades del sistema, sobre el proceso de transporte de calor.
- (4) Elaborar el reporte del trabajo realizado.

Infraestructura: El trabajo que desarrollará la estudiante o el estudiante se resume básicamente en la elaboración de un modelo matemático mediante la aplicación de los conocimientos. Por lo cual, la infraestructura requerida por este proyecto se define principalmente por la disponibilidad de los recursos bibliográficos y de una computadora personal.

Cronograma:

ACTIVIDAD	TIEMPO (Semanas)
1. Búsqueda y análisis de la información sobre los sistemas de calentamiento inductivo.	3
2. Descripción fenomenológica del calentamiento inductivo de una componente cilíndrica de acero.	1
3. Descripción matemática de los fenómenos involucrados durante el calentamiento inductivo de un cilindro de acero.	1
4. Definición del sistema bidireccional que será modelado matemáticamente.	1
5. Descripción de la metodología matemática que se aplicará en la solución de las ecuaciones que describen al sistema bajo estudio.	1
6. Desarrollo de la solución (elaboración del modelo matemático).	4
7. Verificación y validación del modelo matemático desarrollado.	1
8. Ajuste del modelo matemático desarrollado, en función de los resultados de la validación.	1
9. Cálculo de la distribución de temperaturas y de la rapidez de calentamiento dinámico inductivo de un cilindro de acero.	2
10. Elaboración y presentación del reporte del trabajo realizado.	1

Evaluación: La evaluación del proyecto se realizará a través de la evaluación parcial de las metas alcanzadas, estableciéndose como calificación final al promedio ponderado de las calificaciones parciales. El reporte de trabajo corresponderá al 50% de la calificación final.

Perfil deseado en la estudiante o el estudiante: Interés personal en la aplicación de los conocimientos publicados y en el desarrollo de modelos matemáticos, para la solución de problemas de ingeniería.

Lugar y horario de trabajo: Este trabajo se desarrollará bajo la situación de emergencia sanitaria que se ha establecido. Por lo que, la supervisión del proyecto será a la distancia, considerando que el estudiante realizará sus actividades de lunes a viernes, en horas hábiles.

Comentarios finales: En el caso de ser necesario, la validación del modelo matemático se podría realizar a través de observaciones y de mediciones obtenidas durante el trabajo experimental que la estudiante o que el estudiante realizaría en las instalaciones del Departamento de Ingeniería Metalúrgica.