

Diseño y Análisis de control e instrumentación en el proceso térmico del horno de inducción en la planta DANA TRANSEJES.

Investigación en Curso

Sandra Contreras Rincón
Programa Ingeniería Mecatrónica y Facultad Ing.
Físicomecánicas
scontreras6@unab.edu.co

Jorge Niño Mahecha
Programa Ingeniería Mecatrónica y Facultad Ing.
Físicomecánicas
jnino16@unab.edu.co

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Resumen

En el presente trabajo se logra optimizar los procesos y controlar los fenómenos que ocurren al interior de los mismos y que por consiguiente los afectan, para ello, se requieren diseñar y analizar a través de herramientas que permitan regular cada una de las variables implicadas en los procesos, la instrumentación asociada que son, hoy más que nunca, vitales en la manera en que podemos intervenir para mejorar y optimizar las labores de la industria (en este caso el proceso de un horno de inducción de la empresa DANA Transejes).

Abstract

In the present work it is managed to optimize the processes and to control the phenomena that happen to the interior of the same and that affect therefore them, for it, they are required to design and to analyze through tools that allow to regulate each one of the variables implied in the processes, the instrumentation associate that are, than, today more ever vital in the way in which we can take part to improve and to optimize the workings of the industry (in this case the process of an induction furnace of the company DANA Transejes).

Área de conocimiento

Ingenierías

Palabras clave

Control, Instrumentación, proceso térmico, horno de inducción.

1. Introducción

Actualmente en las operaciones de tratamiento térmico de la línea de juntas fijas se prevén procesos de templado de piezas de diferentes especificaciones y productos que son operadas manualmente y se desarrollan de manera insegura, permitiendo además pérdidas de tiempo de producción y generando un riesgo si bien leve, de no tener uniformidad en las diferentes piezas.

Lo anterior nos lleva a plantearnos la necesidad de mejorar los procesos térmicos, empleando para ello una serie de ajustes en la intervención del operario de modo que el proceso sea cada vez más automático, para lo cual es necesario tener en cuenta la instrumentación y mecanismos de control que intervienen en el proceso.

2. Objetivos

- Evaluar las variables manipuladas y controladas en el horno de inducción de la empresa DANA Transejes
- Realizar una investigación detallada acerca de que cambios podrían ejecutarse para la eficiencia de los

procesos térmicos hechos actualmente en DANA Transejes.

- Modelar el funcionamiento del horno de inducción, analizando las deficiencias actualmente existentes.
- Seleccionar la instrumentación y los sistemas de control.

3. Metodología de investigación

El presente proyecto se llevará a cabo teniendo en cuenta los siguientes lineamientos:

- Definir el concepto y diseño del controlador a implementar
- Simulación
- Prototipo virtual
- Análisis del diseño
- Optimización del diseño
- Montaje físico (a largo plazo)

4. Materiales y métodos

El templado por inducción consiste en exponer la pieza de acero a un campo magnético alterno el cual penetra el calor superficialmente, fenómeno conocido como efecto pelicular o efecto piel (este proceso se muestra en la Figura 1). 1

Cuanto mayor es la frecuencia de trabajo, menor es la penetración sobre la pieza. La energía del campo magnético se transforma en calor (efectos de histéresis y corrientes de Foucault sobre materiales ferromagnéticos), aumentando la temperatura de la superficie de la pieza hasta llegar en pocos segundos a la temperatura de templado (900°C aprox.).

Cuando sobrepasa determinada temperatura (Temperatura de Curie) el material pierde las propiedades ferromagnéticas y deja en gran medida la producción de calor.

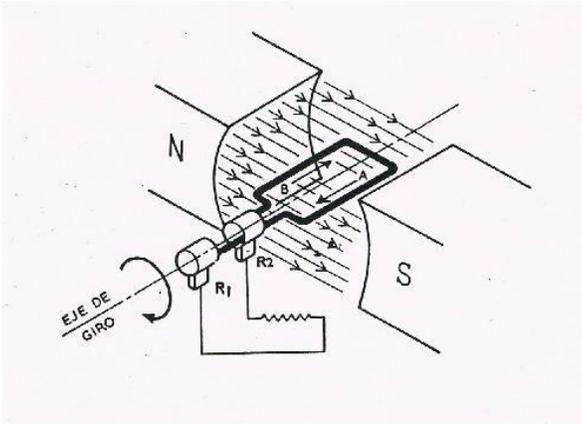


Figura 1. Proceso inducción electromagnética

Llegado a este punto se elimina el campo magnético y se enfría la pieza de diversas maneras (corrientes de aire, agua, soluciones acuosas, aceite, y otros) controlando de esta manera la velocidad de enfriamiento. A mayores velocidades se obtienen mayores durezas. Ver la instrumentación en la Figura 2.

Principio de calentamiento por inducción electromagnética

El principio básico del calentamiento por inducción electromagnética se modela mediante la utilización de las leyes de Ampere, Faraday y el efecto Joule. Para lograr un aumento de la temperatura en un material conductor, se requiere en primera instancia, generar un campo magnético de amplitud considerable y variable en el tiempo. Una vez establecido, se requiere someter la pieza que se pretende calentar, a su influencia para aprovechar el efecto de disipación de potencias producido por las corrientes inducidas, o también llamadas de Foucault..

Cuando circula una corriente i , por un elemento inductor de N espiras y L longitud, se induce en su interior, una intensidad de campo magnético H descrita por la ecuación 1.1.

$$Ni = \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} \cong Hl \tag{Ecuación 1.1.}$$

Si en el interior del solenoide existe una pieza de material conductor que para propósitos de simplificación del modelo, se asume cilíndrica, de radio r , longitud l , resistividad p y permeabilidad magnética μ en esta se induce una fuerza electromotriz que se modela mediante la ecuación 1.2.

$$fem = -N \frac{d\phi}{dt} \tag{Ecuación 1.2.}$$

La fem produce corrientes que son las responsables del aumento de la temperatura de la pieza, debido a que existen una disipación de potencia, la cual desde luego produce un aumento de la temperatura del material conductor que puede en algunos casos alcanzar los niveles adecuando para la fundición del material. Ecuación 1.3, que representa el efecto Joule, cuantifica la potencia instantánea disipada y está definida por el producto de la magnitud al cuadrado de las corrientes inducidas i_F y la resistencia equivalente vista desde los terminales del solenoide.

$$p(t) = i_F^2 R_{eq} \tag{Ecuación 1.3.}$$

Modelo eléctrico del solenoide.

El circuito equivalente desde los terminales del solenoide está formado por una inductancia en serie con una resistencia, la cual es la responsable directa de la disipación de potencia. En esta sección, se presenta el modelo de la resistencia equivalente así como también el modelo de la inductancia, junto con sus parámetros que en conjunto representan el comportamiento eléctrico del sistema.

Cuando la pieza a calentar se somete a la presencia del campo magnético, este se distribuye en la pieza de forma exponencial decreciente, siendo máximo en la superficie y despreciable a profundidades mayores a la longitud de penetración δ descrita en la ecuación 1.4 donde ω es la frecuencia de variación temporal del campo. La magnitud de las corrientes inducida en la pieza tiene una distribución análoga a la del campo magnético, siendo máxima en la superficie y mínima en el interior del cilindro. La resistencia equivalente propuesta se presenta en la ecuación 1.6 la cual se obtiene a partir de la ecuación 1.5.

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\sigma\mu}} \tag{Ecuación 1.4}$$

$$\frac{dP}{dS} = \frac{\sigma |Z_s|^2 |H_0|^2}{2} \int_0^\infty e^{-\frac{2r}{\delta}} dr = \frac{R_s}{2} \left(1 - e^{-\frac{2r}{\delta}} \right) |H_0|^2 \tag{Ecuación 1.5}$$

$$R_{eq} = \left(1 - e^{-\frac{2r}{\delta}} \right) N^2 \rho \frac{2\pi r}{\delta l} \tag{Ecuación 1.6}$$

En las ecuaciones 1.4 y 1.6 se aprecia que la conductividad, σ la permeabilidad del material μ y la frecuencia del campo son determinantes en el valor de la resistencia equivalente de la pieza de una geométrica cilíndrica.

La inductancia del solenoide, se puede calcular de la ecuación 1.7 propuesta por Wheeler a principios del siglo XX, donde r es el radio del solenoide, N es el número de espiras y h es la longitud.

$$L_{(H)} = \mu_0 \frac{\pi r^2 N^2}{0.9r + h} \tag{Ecuación 1.7.}$$

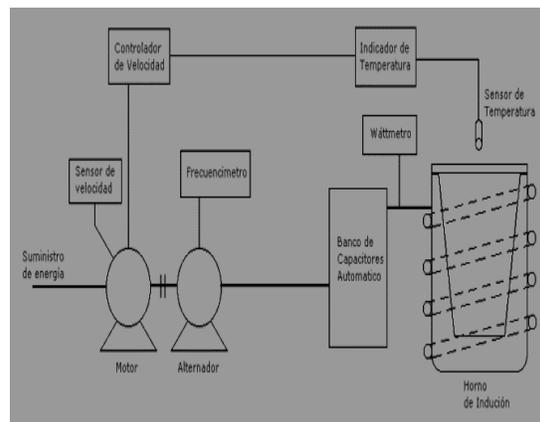


Figura 2. Instrumentación de un horno de inducción

5. Instrumentación

El funcionamiento del Horno de inducción es el siguiente:

Por medio del control de velocidad se hace funcionar el motor para proporcionarle energía mecánica al alternador de alta frecuencia.

El alternador de alta frecuencia proporciona la energía alterna utilizada por el horno de inducción, esta energía pasa a través de un banco de capacitores automáticos para poder regular el factor de potencia.

Un sensor mide la temperatura del horno, la señal es transmitida a un indicador y a su vez a un controlador o variador de velocidad.

El variador de velocidad regula las revoluciones por minuto, y a su vez modifica la frecuencia del alternador.

Se puede observar que es importante utilizar diferentes tipos de sensores que monitoreen la temperatura, la frecuencia y las revoluciones por minuto al interior del proceso, de modo que se obtenga una caracterización prácticamente en tiempo real, de las variables controladas.

La potencia representa la energía por unidad de tiempo que el equipo debe tener disponible Para transferir a la pieza.

En un tratamiento térmico por inducción, la potencia calentadora es la que se determina por El circuito oscilante y más precisamente se le denomina potencia reactiva.

6. Identificación del proyecto

Nombre del Semillero	INSTRUMENTACIÓN & CONTROL
Tutor del Proyecto	DR. ANTONIO FAUSTINO MUÑOZ
Grupo de Investigación	CONTROL Y MECATRÓNICA
Línea de Investigación	CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

6.1 Cronograma del proyecto

ACTIVIDAD		DURACIÓN (MESES)					
		1	2	3	4	5	6
Concepto y Diseño	Recopilación Bibliográfica.	■					
	Analizar el comportamiento		■				
Diseño, Análisis y Optimización	Estudiar y analizar las técnicas de control.		■	■			
	Implementar el prototipo simulado.			■	■		
Prototipo Físico	Diseño y evaluación del Modelo de control de los sistemas...			■	■		
Producto Final	Elaboración de un modelo a escala para estudiar comportamiento de los sistemas				■	■	
	Documentación del Proyecto sobre la metodología de diseño de los sistemas de control					■	■

7. Referencias

- [1] Bowman tll Lean Six Sigma for serice, Autor George Michael. Copynght 2003 McGraw-Hill Companies
- [2] Manual de Enfenamiento Black Belt, George Group 2007
- [3] Manual de Operación de Hornos Regenerativos, Owens Illinois Glass Container 2005
- [4] Combustión e CombustiblesL íquidos. Dr. Ine. E. Brizuela- Ing. I.C.Loza.2 001,