



TEMA: DISEÑO, REHABILITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL HORNO PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS HASTA 1000 °C MARCA SYBRON MODELO TERMOLYNE 1500 PERTENECIENTE AL LABORATORIO DE CIENCIAS DE MATERIALES DEL DECEM

Luis Vladimir Ushiña Peralta

Carrera de Ingeniería Mecánica
ESPE
Sangolquí, Ecuador
vlady-999@hotmail.com

RESUMEN - Ante la necesidad de formar profesionales que apliquen el conocimiento científico técnico en las actividades de la industria, resulta de vital importancia la implementación de prácticas de laboratorio que ayuden al estudiante a comprender los Tratamientos Térmicos de una manera didáctica. En el presente proyecto se diseñó, rehabilitó y se puso en marcha el horno para tratamientos térmicos marca SYBRON perteneciente al laboratorio de Ciencia de Materiales de la Escuela Politécnica del Ejército. Al analizar el proceso de Tratamientos Térmicos se determinó las condiciones de tiempo y temperatura que debía entregar el equipo para llevar a cabo las prácticas de Tratamientos Térmicos. El desarrollo de este tema se complementó con el análisis de las propiedades metalográficas, físicas y mecánicas de las probetas obtenidas antes y luego de los Tratamientos Térmicos respectivos. Como resultado se obtuvo un equipo capaz de controlar tiempo-temperatura de acuerdo al Tratamiento Térmico a realizarse.

Palabras claves: Análisis metalográfico, propiedades mecánicas, controlador BrainChild, tratamientos térmicos, dureza.

ABSTRACT – Given the need to train professionals who apply scientific knowledge in the technical activities of the industry, it is vital to the implementation of laboratory practice to help students understand the heat treatments in a didactic way. In the present project was designed, rehabilitate and launched the oven for heat treatment SYBRON brand belonging to Materials Science Laboratory of the Polytechnic School of the Army. By analyzing the process of heat treatments conditions of time and temperature that should deliver the equipment to carry out the practices of Heat Treatment was determined. The development of this theme was complemented by metallographic analysis, physical and mechanical properties of the specimens obtained before and after the respective heat treatments. As a result a team capable of time-temperature control according to Heat Treatment implemented are obtained.

Keywords: metallographic analysis, mechanical properties, BrainChild controller, heat treatment, hardness.

1.-INTRODUCCIÓN

Los hornos eléctricos de resistencias más utilizados son los hornos eléctricos de mufla debido a su comodidad y fácil manejo, una mufla es una cámara cerrada construida con materiales refractarios, de construcción sencilla.

Estos hornos constan de una de una puerta para poder acceder al interior de la cámara de cocción, en la que existe un pequeño orificio de observación, en el techo se ubica un agujero por donde salen los gases de la cámara. Las paredes están hechas de placas de chamota, planchas de carburo y/o manta de material aislante.

Algunos hornos de este tipo tienen un sistema de programación de temperatura vs. Tiempo muy útiles y de sencillo manejo, en las cámaras de estos hornos van alojadas, unas espirales de hilo conductor de energía eléctrica, denominadas resistencias formadas por aleaciones de cromo-níquel y de otros metales cuya característica es la baja conductividad, según las temperaturas que se quiera alcanzar.



Figura 1. Horno eléctrico de resistencias – Mufla para tratamientos térmicos

El horno para tratamientos térmicos marca SYBRON modelo TERMOLYNE no está funcionando desde hace 7 años, debido a su año de fabricación posee controles análogos de temperatura los cuales no funcionan, en cuanto al sistema de calentamiento (resistencias eléctricas) no existe.

El laboratorio de Ciencias de Materiales tiene una demanda semestral de alrededor de 80 estudiantes distribuidos en 3 cursos, los cuales realizan las diferentes prácticas de Tratamientos Térmicos en grupos de 4 estudiantes generalmente; por lo cual el

único Horno que se encuentra en funcionamiento para la realización de dichas prácticas no es suficiente para el normal desenvolvimiento académico dentro del laboratorio.

2.- DISEÑO TERMICO.

Se considera estructuras compuestas en las cuales el flujo de calor es unidimensional, por lo menos aproximadamente. Para hacer que el tratamiento resulte aplicable a casos prácticos cuyas temperaturas de superficie por lo general se desconocen .Se incluirá en el tratamiento del flujo de calor a través de las resistencias térmicas. Se supondrá que el sistema está expuesto por un lado a un medio a alta temperatura constante y conocida y por el otro medio a baja temperatura constante y conocida.

La figura representa una pared compuesta de tipo generalmente utilizado en un horno.

Analizando el circuito térmico obtendremos la siguiente ecuación.

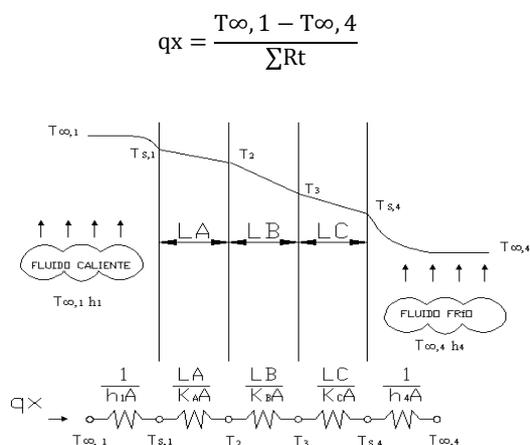


Figura 2. Circuito equivalente para una pared compuesta en serie

3.- SELECCIÓN E IMPLEMENTACION DE COMPONENTES.

Para poder seleccionar el sistema más adecuado se tomaron en cuenta ciertos parámetros como son:

- Temperatura (Mínima y Máxima).
- Características del material a calentar.
- Ventajas Técnicas y Económicas.

Analizando todos estos parámetros se seleccionó un sistema eléctrico Tipo Mufla, debido a que presenta las siguientes ventajas:

- Control simple y preciso de la temperatura, mediante elementos de regulación de costo bajo.
- Ambiente limpio para el proceso, pues no existe contacto entre los materiales de las probetas a ensayar con ningún tipo de combustible.
- Temperatura aproximadamente constante y uniforme al interior del Horno.
- Mínima Influencia de la temperatura Ambiente sobre el interior del horno.
- Temperatura aproximadamente constante y uniforme al interior del Horno.
- Mínima Influencia de la temperatura Ambiente sobre el interior del horno.

Tabla 1. Matriz de selección del dispositivo de control

ITEM	PLC	Microprocesador PIC	PC Industriales	Controlador de temperatura
Precio	Alto	Bajo	Alto	Medio
Tamaño	Espacio Considerable	Poco Espacio	Espacio Considerable	Poco Espacio
Disponibilidad	Regular	Alto	Bajo	Alto
Software	Propio	Libre	Propio	Propio
Precisión	Alta	Alta	Alta	Alta
Reparación	No	Si	No	Si
Programación	Fácil	Difícil	Difícil	Fácil

El proceso que maneja el sistema térmico del horno para realizar tratamientos térmicos se puede representar mediante el siguiente esquema:

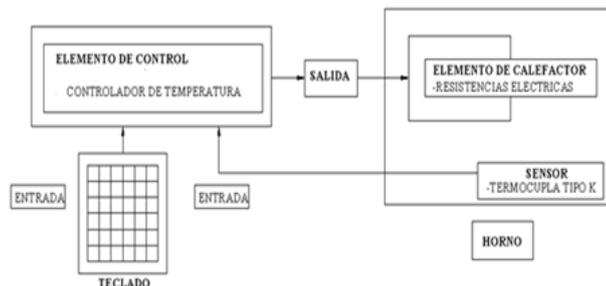


Figura 3. Sistema de control utilizado en el equipo

3.- EXPERIMENTACION.

Una vez culminada la rehabilitación e instalación del equipo de control del horno de Tratamientos Térmicos, se ejecutaron pruebas para calibrar el mismo.

Tabla 2. Código de las probetas testigo

Probetas de Acero AISI 1045	Código
Testigo	1
Recocida	2R
Normalizada	3N
Templada	4T

Tabla 3. Durezas de las probetas tratadas térmicamente

DETERMINACION DE DUREZAS ANTES DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS						
PROBETAS	DUREZA 1[HRB]	DUREZA 2[HRB]	DUREZA 3[HRB]	DUREZA 4[HRB]	PROM. [HRB]	DUREZA BRINELL
1	88,3	88,7	89,1	89,4	88,9	172,5
2R	88,5	89,7	89,3	88,8	89,1	173,1
3N	88,2	88,6	88,8	89,4	88,8	172,1
4T	80,7	89,2	88,7	89,7	87,1	167,7
DETERMINACION DE DUREZAS DESPUES DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS.						
PROBETA	DUREZA 1[HRB]	DUREZA 2[HRB]	DUREZA 3[HRB]	DUREZA 4[HRB]	PROM. [HRB]	DUREZA BRINELL
2R	89,6	90,5	90,6	90,3	90,3	177,2
3N	91,8	90,9	89,7	91,5	91,0	180,4
PROBETA	DUREZA 1[HRC]	DUREZA 2[HRC]	DUREZA 3[HRC]	DUREZA 4[HRC]	PROM. [HRC]	DUREZA BRINELL
4T	25,3	25,4	23,5	25,4	24,9	260

Se analizo lo siguiente:

- Todas las probetas de acero presentan un aumento de su dureza después de ser sometidas a los tratamientos térmicos, esto reafirma que se produjeron cambios estructurales anteriormente explicados, además los valores tabulados están dentro de los valores esperados.
- La probeta 2R (recocida) presenta una dureza similar a la probeta testigo 1, esto debe a que el estado de suministro de la misma es en Recocido, sin embargo la probeta 2R presenta una grana más pequeño y una estructura homogénea.

- La probeta templada 4T su medio de enfriamiento no fue en agua por tal razón no alcanzó su máxima dureza, la templarla en aceite obtuvo un valor medio debido a que la velocidad de enfriamiento en este medio es menor.
- La probeta 3N normalizada presenta una dureza levemente mayor a la probeta 2R recocida esta la por la cual a veces es preferible realizar un recocido en lugar de un normalizado a los aceros con más del 0,4 % C.

3.- ANÁLISIS DE COSTOS.

Analisis Económico.

Partiendo del hecho que es de una rehabilitación y que en el laboratorio ya se disponía de algunos elementos críticos para el equipo, por lo tanto se ha tomado en cuenta los materiales necesarios y faltantes para la rehabilitación del horno.

ANÁLISIS DE COSTOS.

Para el análisis de costos se han tomado en cuenta los siguientes rubros que in inciden en los costos directos, indirectos y costo total en la rehabilitación del horno.

- Transporte.
- Adquisición del sistema de control como de los elementos necesarios para la realizar la conexión del mismo.
- Rehabilitación del horno.
- Mano de obra calificada.
- Pruebas y funcionamiento.

COSTOS DIRECTOS.

A continuación se detalla la inversión fija que se necesitó:

Tabla 4 . Costos directos

COSTOS DIRECTOS.			
ITEM	DENOMINACION		VALOR
1	Materiales para la cámara de calentamiento	\$	120,00
2	Materiales para el sistema de calentamiento.	\$	450,00
3	Sistema de control PID	\$	520,00
4	Materiales electrónicos	\$	180,00
5	Mano de obra	\$	100,00
TOTAL			\$ 1.370,00

COSTOS INDIRECTOS.

En los costos indirectos se ha tomado un valor del 32 % con relación a los costos directos, se considera una utilidad de 0% para fines de estudio realizado en el proyecto de tesis.

Tabla 5 . Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS.			
ITEM	DENOMINACION	PROCENTAJE	VALOR
1	Imprevistos de costos directos	6%	\$ 100,00
2	Montaje de equipos	6%	\$ 100,00
3	Servicios básicos	0%	\$ -
4	Utilidad	0%	\$ -
5	Diseño ingenieril	12%	\$ 150,00
6	Combustible	6%	\$ 100,00
TOTAL			\$ 450,00

COSTO TOTAL.

El costo total del proyecto está representado por la suma de los costos directos e indirectos, por lo tanto:

Tabla 6 . Costo total

COSTO TOTAL			
ITEM	DENOMINACION		VALOR
1	Costos directos	\$	1.370,00
2	Costos Indirectos	\$	450,00
TOTAL			\$ 1.820,00

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- Se realizó completamente el diseño, rehabilitación y puesta en marcha del horno para tratamientos térmicos.
- El diseño del sistema de calentamiento del horno permitió cumplir con los requerimientos del laboratorio para la óptima realización de las practicas de tratamientos térmicos.
- Al implementar tres resistencias eléctricas como elementos de calentamiento la cantidad de calor es mayor permitiendo que las temperaturas de los tratamientos térmicos se alcance en menor tiempo, y en consecuencia un tiempo total menor.
- El tiempo promedio para que el horno alcance una temperatura aproximada de 800°C es de 1 hora con 40 minutos, es 2.4 veces menor comparado con el horno tipo mufla que se usa actualmente en el laboratorio de Ciencia de Materiales del DECEM.
- La implementación del controlador de temperatura PID como sistema de control del horno consta con tecnología de lógica difusa que permite un proceso para llegar un punto de ajuste predeterminado en el menor tiempo posible.
- La operación entre el operador y el controlador de temperatura PID no requiere de conocimientos profundos de computación, ya que únicamente se usa la consola de control.
- Realizadas las pruebas se ha establecido el error de $\pm 3\%$ de la temperatura real promedio, este error es mínimo ya que las probetas obtuvieron los resultados esperados en las pruebas de metalografía y dureza.

RECOMENDACIONES.

- Se debe dar una operación adecuada a los sistemas del horno, así como un mantenimiento periódico para poder conservar la eficiencia, remitiéndose estrictamente al manual de operación y a la guía de mantenimiento.
- Para realizar el mantenimiento de recomienda seguir lo establecido en el manual que consta en este proyecto.
- Se recomienda esperar 40 minutos después de realizada la práctica para realizar la limpieza del horno.
- Para lograr un control de temperatura más preciso con el PID, un mantenimiento continuo a la termocupla
- Para evitar daños en el controlador de temperatura PID se deben verificar los circuitos de protección del mismo, tener cuidado con las conexiones eléctricas.
- Aun cuando el manejo del controlador de temperatura PID es sencillo, se recomienda un adiestramiento previo al personal que está a cargo del equipo.
- Se recomiendo que el horno debe ser ubicado en lugares secos y ventilados debido a que la humedad puede producir daños tanto en los implementos mecánicos, como eléctricos y electrónicos.

5.BIBLIOGRAFIA

1. Frank. P. Incropera (1999). Fundamentos de Transferencia de calor Editorial Prentice Hall. Cuarta Edición. México.
2. ASKELAND, Donald R. (1998). (Tercera Edición) Ciencia e Ingeniería de los
3. Materiales. Thomson. México.
3. SMITH, William, (2005). Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería Materiales. Concepción Fernández. España, Madrid.
4. Carlos A. Reyes (2004) Aprenda Rápidamente a Programar microcontroladores Quito-Ecuador.
5. Yu.M.LAJTIN 1985. Metalografía y tratamiento térmico de los metales.Moscu.
6. Telemecanique. Catalogo de Contactores, Reles Térmico Auditivo
7. Hichs Hitler, (2003). Formulas de Ingeniería Mecanica. Primera edición. McGraw- Hill, España.
8. ACOSTA, Luis, (1972). "Guía Práctica para la Investigación Científica".Paidos. Buenos Aires. Argentina.
9. BrainChild, (2012) User Manual P41