



Universidad de Guanajuato
Campus Irapuato - Salamanca



Universidad de Guanajuato
División de Ingenierías
Campus Irapuato – Salamanca
Departamento de Ingeniería Mecánica

Estación de calentamiento por inducción

Manual de usuario

M.Y. PARKINS-ORTEGA¹, L. ESQUIVEL VILLEGAS¹, L.F. PANTOJA RUÍZ¹, A.J. BALVANTIN-GARCIA¹,
A. SALDAÑA-ROBLES².

¹ División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, México.

² División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, México.

Julio 2021

Prólogo

El presente manual de usuario ha sido generado para realizar tratamientos térmicos de superficie en diversos materiales y como parte de los objetivos de Educación y Comunicación del Verano de la Ciencia 2021 para servir de material de apoyo didáctico para el desarrollo de pruebas experimentales como parte de los recursos didácticos de la División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, de la Universidad de Guanajuato.

Las **Unidades de Aprendizaje** a las cuáles contribuye este manual de usuario son listadas a continuación:

Carrera	UDA
Ingeniería Mecánica/Mecatrónica	Ciencia de los materiales para ingeniería
	Ciencia de los materiales para ingeniería
	Mecánica
	Mecánica de sólidos
	Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

Por otro lado, las **Competencias Específicas** en las cuáles impacta el uso de este manual se muestran en la siguiente tabla:

Carrera	UDA
Ingeniería Mecánica	CE5. Conoce las propiedades de materiales metálicos, poliméricos, cerámicos y materiales compuestos para su aplicación en la industria.
	CE8. Conoce y aplica estándares y normas de sus áreas de competencia para el desarrollo de sistemas y productos certificados satisfaciendo especificaciones de confiabilidad, seguridad y sustentabilidad.
Ingeniería Mecatrónica	CE5. Conoce y aplica estándares y normas de sus áreas de competencia para el desarrollo de sistemas y productos certificados satisfaciendo especificaciones de confiabilidad, seguridad y sustentabilidad.

Finalmente, el presente manual de usuario y el prototipo didáctico desarrollado tienen el fin de ser útiles para la enseñanza teórica-práctica de conceptos fundamentales de tratamientos térmicos y diseño de elementos de máquinas basados en pruebas de dureza y de esfuerzo aplicadas a probetas de acero sometidas al proceso de calentamiento por inducción.



Índice

Prólogo.....	2
Índice	3
Lista de Figuras	4
Introducción.....	5
1. Descripción y operación del equipo.....	6
1.1. Descripción del prototipo didáctico estación de calentamiento por inducción.....	6
1.2. Descripción de uso.	7
2. Bibliografía.....	9



Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama Fe-C [1].....	5
Figura 2. Estación de calentamiento por inducción.....	6
Figura 3. Bornes de entrada del circuito.	7
Figura 4. Probeta colocada en el inductor.....	7
Figura 5. Medición con pirómetro.....	8
Figura 6. Enfriamiento de probetas	8



Introducción

Un tratamiento térmico es un proceso en el cuál podemos hacer que cambien las propiedades mecánicas de un material, tales como dureza y elasticidad, dependiendo de la temperatura a la que se somete durante dicho proceso, el tiempo que este dura, la velocidad de enfriamiento y otros factores. Siendo el material más común utilizado en estos procesos el acero, este material presenta distintas fases metalúrgicas con distintas propiedades mecánicas cada una, y esto se puede observar en su diagrama Fe-C (Figura 1), donde con base en su composición y temperatura a la que se encuentra el acero, observamos sus distintas fases metalúrgicas.

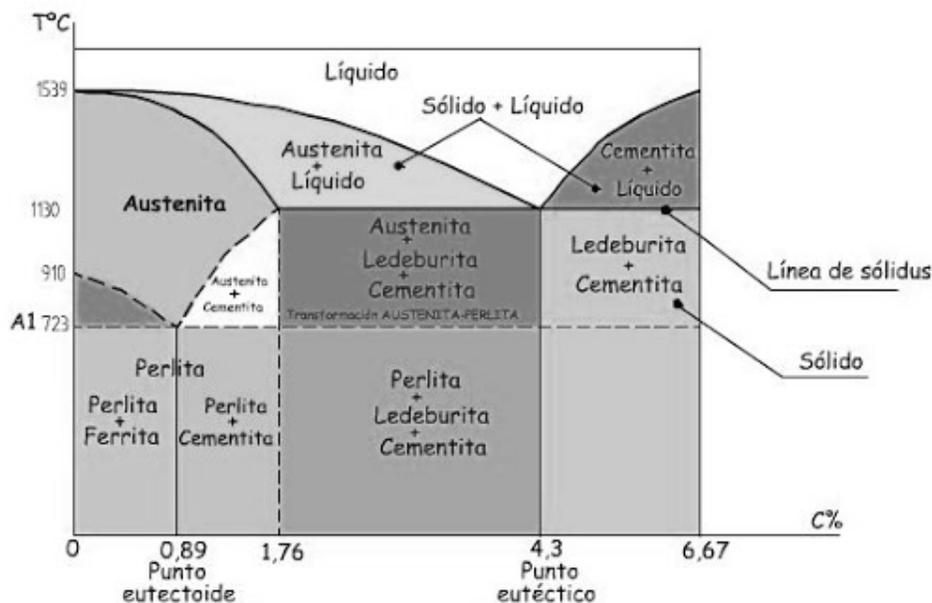


Figura 1. Diagrama Fe-C [1]

Al ser un material ferromagnético el acero es afectado por campos magnéticos, característica clave para ser un candidato al proceso de calentamiento por inducción y por ende, a ser calentado en el prototipo experimental de estación de calentamiento por inducción. Con dicha estación el usuario puede realizar un tratamiento térmico de superficie en las probetas y materiales que Introduzca en la bobina inductora de dicho prototipo aprovechando el fenómeno físico del efecto Joule.



1. Descripción y operación del equipo

1.1. Descripción del prototipo didáctico estación de calentamiento por inducción

El prototipo (Figura 2) desarrollado para el apoyo docente en la impartición de diferentes UDAs de los programas de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica consiste en un circuito electrónico que aprovecha la configuración de un circuito ZVS (zero voltage switching u onda cambiante de cero voltaje) para producir una onda cuadrada de alta frecuencia con la que excita a una pieza del circuito conocida como inductor, que es una bobina de alambre que produce corrientes parásitas en cualquier material ferromagnético que sea colocado dentro de la misma debido a los campos magnéticos variables que produce al ser activada, y estas corrientes a su vez producen un calentamiento del material gracias al efecto Joule.

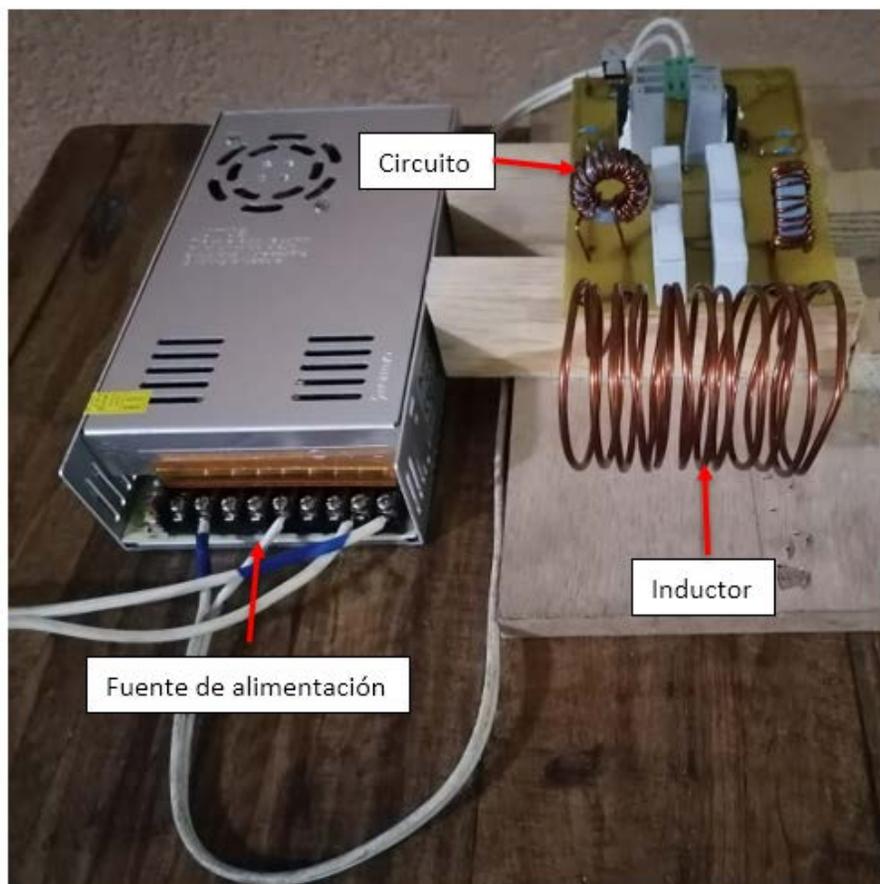


Figura 2. Estación de calentamiento por inducción.



La fuente de alimentación del circuito presentado puede cambiarse por cualquier otra fuente de 12V, 24V o 36V, aunque si la fuente no entrega suficiente potencia puede que el prototipo no se comporte de forma satisfactoria.

1.2. Descripción de uso.

Para operar la estación debe de conectarse la fuente a los bornes de entrada del circuito, teniendo cuidado de la polaridad de los conectores, además, debe de asegurar los bornes con un desarmador para evitar cualquier desconexión accidental.



Figura 3. Bornes de entrada del circuito.

Una vez asegurada la conexión se conecta la fuente o se enciende, teniendo cuidado de tener a un asistente listo para desconectar o apagar la fuente en caso de emergencia.

Al tener funcionando el circuito se puede introducir la probeta en el interior del inductor, teniendo el cuidado de no tocarlo directamente para evitar cualquier accidente, y se espera a obtener el calentamiento deseado, con base en el tiempo de exposición.



Figura 4. Probeta colocada en el inductor

Es recomendable medir la temperatura de la probeta con un pirómetro para saber a qué temperatura llega, y en caso de no alcanzar o excederse de la temperatura deseada ajustar o cambiar la fuente de alimentación.



Figura 5. Medición con pirómetro.

El tiempo, temperatura y zona de la probeta a la que se le aplica el calentamiento por medio de este dispositivo deben de ser conocidos y calculados de antemano por parte del usuario y es su deber el llevar un control de los mismos para que este pueda proceder con las pruebas mecánicas que se deseen aplicar.

Para aplicar el tratamiento térmico por inducción, es necesario enfriar rápidamente la probeta, aplicando el medio de temple deseado.



Figura 6. Enfriamiento de probetas



2. Bibliografía

- [1] ASM International. (1991). ASM handbook: Volume 4. Materials Park, Ohio: ASM International.
- [2] Mazón-Valadez, C., Quintero-Hernández, L., Mazón-Valadez, E., Hernández-Sámano, A., Ávila-Paz, J., & Cano-González, M. (2016). Developing a self-regulating soldering iron based on induction heating. *DYNA*, 83(196), 159-167. doi: 10.15446/dyna.v83n196.51208
- [3] Murygin, A., Tynchenko, V., Laptенок, V., Emilova, O. and Bocharov, A., 2017. Complex of automated equipment and technologies for waveguides soldering using induction heating. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 173(1), p.012023.}
- [4] Apostolidis, P., Liu, X., van de Ven, M., Erkens, S., & Scarpas, T. (2019). Control the crosslinking of epoxy-asphalt via induction heating. *International Journal of Pavement Engineering*, 21(8), 956-965. doi: 10.1080/10298436.2019.1652741
- [5] Choi, J., & Lee, S. (2020). High-frequency heat treatment of AISI 1045 specimens and current calculations of the induction heating coil using metal phase transformation simulations. *Metals*, 10(11), 1484.
- [6] Barglik, J., Smagór, A., Smalcerz, A., & Desisa, D. G. (2021). Induction Heating of Gear Wheels in Consecutive Contour Hardening Process. *Energies*, 14(13), 3885.
- [7] Rudnev, V., Loveless, D., & Cook, R. L. (2017). *Handbook of induction heating*. CRC press.
- [8] Acevedo Picón, A., Barrero Pérez, J., & Gélvez Figueredo, J. A. (2007). Calentamiento por inducción electromagnética: diseño y construcción de un prototipo. *UIS Ingenierías, Volumen 6*(Junio 2007), 69–76.
- [9] Torres García, H. (2016). Desarrollo e implementación de modelo de predicción en procesos de temple por inducción para un acero AISI-SAE 1043 (Tesis de maestría). UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN.