

Design of radiation shields for infrared heaters

**J. Jesús Nieto Miranda^{1*}, Jons Sánchez Aguilar², Héctor Castañeda Infante³,
Manuel Faraón Carbajal Romero⁴**

¹IPN-UPIITA, ²ITQ, ³ITA-CIATEC-CBTis 168, ⁴IPN-ESIME Azcapotzalco-Sepi.
Departamento de Ingeniería, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Tecnologías
Avanzadas UPIITA, Instituto Politécnico Nacional. Avenida IPN N° 2580, Col. La Laguna
Ticomán, C.P. 07340, Delegación Gustavo A. Madero, México D.F.
Teléfono: (55) 5729 6000 ext. 56862. *jnietom1@yahoo.com.mx

Abstract

We present a numerical-experimental study of an infrared gas heater for the final drying of the superficial layer of paint impregnated in the leather. Radiation shields are designed and implemented to reflect heat to the leather in order to optimize its operation and minimize leakage or losses of heat. The design of the shields is made by means of numerical simulations using the finite element method and computer software. The efficiency of these shields by thermography studies was validated. The main objective of this work is to improve the industrial efficiency of the prototype employed.

Key words: infrared dryer, radiation shields, thermography, finite element method.

Diseño de escudos de radiación para secadores infrarrojos

Resumen

Se presenta el estudio numérico-experimental de un secador infrarrojo alimentado con gas para el secado final de la capa superficial de pintura que se impregna en el cuero. Para esto, se diseñan e implementan escudos de radiación para reflejar el calor hacia el cuero con el objetivo de optimizar su funcionamiento, así como también minimizar las fugas o pérdidas de calor. El diseño de los escudos se realiza mediante simulaciones numéricas utilizando el método del elemento finito haciendo uso de programas computacionales. La validación de la eficiencia de estos escudos se realiza mediante estudios termográficos. El objetivo del presente trabajo es mejorar la eficiencia industrial del prototipo del secador infrarrojo empleado.

Palabras clave: secador infrarrojo, escudos de radiación, termografía, método del elemento finito.

Introducción

La fuerte competitividad global entre las empresas las ha obligado a la búsqueda de procesos de producción más eficientes, con el objetivo de tener ventajas sobre sus competidores. En este sentido, la industria del cuero no es la excepción, en especial la problemática del secado de la película o capa superficial de pintura que se impregna al cuero para mejorar las características de estética, textura y protección para su acabado final [1, 2]. Los conocedores reconocen que el

cambio de un cuero natural a uno con acabado es notable, además, es la parte de la manufactura que tiene como objetivo el disminuir o desaparecer los defectos superficiales, aparte de proveer a la superficie externa mejores propiedades físicas. Por este motivo se diseñó un secador para el acabado final del cuero que emplea energía infrarroja alimentado con gas LP o natural [3-5].

El diseño y empleo de los llamados escudos de radiación, es con la finalidad de reducir la temperatura en las paredes del secador prototipo, reflejando el calor hacia el cuero a secar. En

este caso, el reto es conseguir el mayor aprovechamiento de la temperatura alcanzada y del calor generado por esta tecnología infrarroja, es decir, seleccionar la combinación de materiales que proporcionen el máximo aislamiento posible, aunque, Cengel [6], Siegel y Howell [7] sugieren películas metálicas hechas de aluminio, ya que poseen una baja emisividad.

La termografía digital infrarroja es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia sin la necesidad de contacto físico con la superficie a estudiar [8]. Lo anterior se logra mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras de termovisión, que pueden convertir mediante algoritmos especializados, la energía radiada en una lectura de temperatura.

La termografía tiene muchos usos, para el presente trabajo se utilizó en la detección de fugas de calor y para mejorar la eficiencia del secador infrarrojo prototipo. Es importante comentar que la interpretación de las imágenes termográficas

infrarrojas fue clave para el desarrollo de los escudos de radiación.

Con el desarrollo de este trabajo numérico-experimental se pretende minimizar las fugas de calor mediante el empleo de escudos de radiación, con la finalidad de rediseñar el secador infrarrojo y mejorar su eficiencia durante el secado de la capa superficial o película de acabado del cuero.

Desarrollo

Para el desarrollo del presente trabajo, se hizo uso del prototipo del secador infrarrojo mostrado en las Figuras 1 y 2; el cual, tiene una longitud de 4 m, 70 cm de ancho y 80 cm de alto, la paredes están construidas de lamina galvanizada con un espesor de 1,93 mm (Cal 14), en la parte inferior tiene una banda fabricada en hilos de nylon con 1 mm de espesor y tiene montados cuatro paneles infrarrojos modelo RSCA3-N1 (SPACE-RAY) alimentados con gas LP que pro-

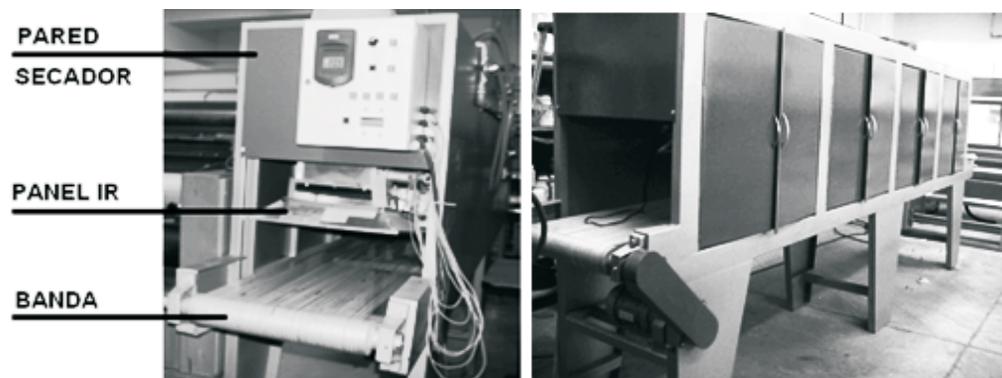


Figura 1. Prototipo de secador infrarrojo estudiado.



Figura 2. Vista frontal y lateral del secador prototipo infrarrojo sin escudos de radiación.

porcionan 26 000 BTU cada uno y una temperatura superficial de 1800°F (1255.37°K).

El espectro electromagnético de radiación térmica tiene un rango de $0,7 < \lambda < 1000 \mu\text{m}$ para la región infrarroja [5]. La ley de Wien [9] indica que $\lambda \cdot T = 2897,6 \mu\text{m}^\circ\text{k}$, aplicándola obtenemos una longitud de onda (λ) de $2,30 \mu\text{m}$, que se encuentra en la región cercana del espectro infrarrojo (rango de $0,7 < \lambda < 3 \mu\text{m}$).

La geometría del secador prototipo empleado fue reproducida en un programa de CAD, a continuación los modelos geométricos obtenidos se alimentaron a un programa de elementos finitos para su simulación. La finalidad del análisis numérico por elemento finito, es reproducir un panorama de la distribución de temperaturas en el prototipo, ocasionadas por la radiación en forma de calor que proporciona cada panel IR.

Los materiales y propiedades empleados se indican en la Tabla 1, se selecciono un elemento tipo SHELL-4 NODOS.

La Figura 3 muestra un corte longitudinal del prototipo del secador, mostrándose la distribución de temperatura obtenida al modelarlo y simularlo por el método de elementos finitos (MEF), este primer modelo no tiene escudo de radiación.

El siguiente paso fue colocar escudos de radiación en el prototipo, para este trabajo se presentan los resultados obtenidos cuando se agrega un escudo de radiación fabricado de papel aluminio, con 0,2 mm de espesor.

Se construyo un canal de aluminio dentro del prototipo como se ilustra en la Figura 4, se probaron dos tipos de acabado en el aluminio; el primero en forma natural y en el segundo se emplea una superficie negra ideal, también llamado

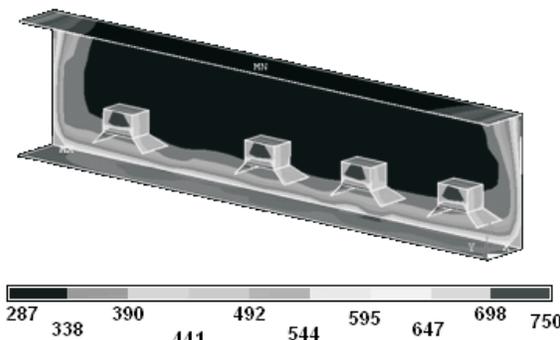


Figura 3. Temperaturas obtenidas en el secador por el método del elemento finito sin escudos de radiación, en grados Kelvin (°K).



Figura 4. Vista lateral del secador infrarrojo con escudo de radiación de aluminio natural y negro.

cuerpo negro [5, 9], para obtener mejores lecturas experimentales. Las propiedades utilizadas se observan en la Tabla 1. La distribución de temperaturas obtenidas en la simulación de este modelo se muestra en la Figura 5.

Para la validación del modelo numérico se emplea la termografía infrarroja, se utilizó una cámara infrarroja Ti45FT (FLUKE) y su respecti-

Tabla 1
Materiales y sus propiedades utilizadas en el método del elemento finito

Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/mm-K)	Emisividad	
Lámina galvanizada	1,93 (Cal 14)	0,0694	0,87	
Nylon	1	0,2	0,91	
Aluminio	0,2	0,240	negro	0,95
			normal	0,05

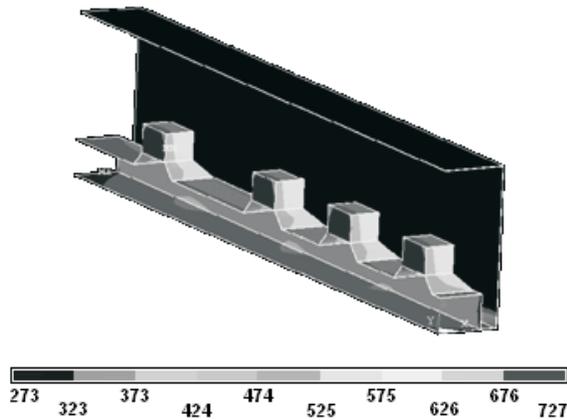


Figura 5. Temperaturas obtenidas por MEF con escudo de radiación de aluminio (°K).

vo programa de computo SmartView V2.1 para el análisis de imágenes termográficas. La Figura 6 muestra la imagen obtenida de la distribución de temperaturas, en grados Kelvin (°K).

Resultados

La Figura 3, muestra que existe una dispersión de las temperaturas en el prototipo, con lo cual, existen fugas de calor, consumiéndose más

energía (gas) durante el proceso de secado del cuero. Observamos que las paredes del secador prototipo alcanzan temperaturas variables que van desde 287,289 hasta 750°K; la banda muestra una distribución de temperaturas no homogénea con valores que van desde 492,938 hasta 698,588°K.

La Tabla 2, muestra un comparativo de los valores de temperaturas obtenidas para las diferentes pruebas numérico-experimentales realizadas en el secador con escudo de radiación de aluminio.

La Figura 5, muestra que el empleo del escudo de radiación fabricado en aluminio refleja el calor emitido por los paneles IR hacia la banda de nylon, que es el lugar donde se coloca el cuero con su película de acabado a secar, presentando una distribución de temperaturas más homogénea con valor de 676°K, observándose que el escudo minimiza las fugas de calor.

Conclusiones

El diseño y empleo de los llamados escudos de radiación cumple con la finalidad de reducir la temperatura de las paredes del secador prototipo.

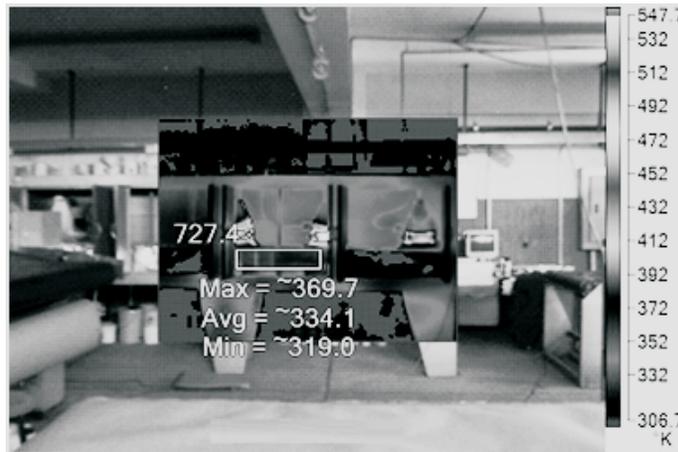


Figura 6. Termografía del secador infrarrojo (°K).

Tabla 2
Comparativo numérico-experimental del secador prototipo con escudo de radiación (°K)

Temperatura (°K)	Modelo Experimental	Modelo Numérico	Diferencia
Máxima	727,4	727,0	0,4
Minima	306,7	273,01	33,69

po, reflejando el calor hacia el espécimen en cuestión y lográndose aumentar el aislamiento del secador prototipo.

Agradecimientos

Al IPN (SIP-20110063) y al CONCYTEG (09-01-K662-071) por el apoyo proporcionado para el desarrollo de este proyecto.

Referencias bibliográficas

1. Sanchez J., Alonso S., Taracena F. and Zitzumbo R.: "Infrared Drying: A Leather Finishing Application". JALCA, 101(2006) 105-111.
2. Sanchez J., Alonso S., Zitzumbo R. and Ornelas F.: 2008, "Improvements for Infrared Drying: A Leather Finishing Application," JSLTC, Vol. 92, No.4 (2008)162-166.
3. Hulls, P.J.: "Introduction to industrial drying". JSLTC 71, (1987) 43.
4. Komanowsky, M.: "Drying of leather with microwaves". JALCA 85, (1990)131.
5. Mahan, J.R.: "Radiation heat transfer: a statistical approach". John Wiley & Sons, New York, 2002.
6. Cengel, Y.A.: "Heat Transfer: a practical approach". McGraw-Hill, New York, 2003.
7. Siegel, R. and Howell, J. R.: "Thermal radiation heat transfer". Taylor & Francis, New York, 2002.
8. Minkina W. and Dudzik S.: "Infrared Thermography: Errors and Uncertainties". John Wiley & Sons., United Kingdom, 2009.
9. Incropera F.P. and DeWitt D.P.: "Fundamentos de transferencia de calor", Prentice Hall, México, 1999.

Recibido el 28 de Junio de 2011

En forma revisada el 10 de Septiembre de 2012