

Estudio de materiales inteligentes: Nitinol y pigmentos termocrómicos como propuesta aplicativa para mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015

Study of smart materials: Nitinol and thermochromic pigments as applicative proposal to improve the quality of human life. Peru, 2015

Recibido: 22/10/2015

Revisado: 06/11/2015

Aceptado: 02/12/2015

Jaime E. Gutiérrez Ascón¹, Julio F. Amado Sotelo², Martín Gonzales Bustamante³
Agustín A. San Martín Caveró⁴, Irvin I. Grados García⁴, Cristian J. Olortigue Huamán⁴

RESUMEN

Objetivo: Estudiar la manera en que los materiales inteligentes mejoran la calidad de vida, el problema trata de encontrar respuestas en que el uso de materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos sirvan a la humanidad. **Material y métodos:** La investigación es de tipo descriptivo con diseño descriptivo correlacional para evaluar la influencia de la temperatura con la longitud o contracción del resorte de Nitinol, las pruebas en el laboratorio de física de la Universidad Hermilio Valdizán, Huánuco, indican que Nitinol con forma de resorte de 3 cm de longitud modelado con un transformador de 500 vueltas, 2,5 A y 200 V y con frecuencia de 60 Hz y 5 espiras, fue sometido el Nitinol a deformación por estiramiento hasta los 14 cm de longitud y evaluada la recuperación de su forma original de 3 cm. **Resultados:** El Nitinol registra un porcentaje de recuperación de su forma original en el intervalo desde 0% hasta el 100% para el intervalo de 44 °C a 59 °C, la longitud final del resorte se registra desde 3,0 hasta 14,0 para el mismo intervalo de temperatura lo que indica que la temperatura óptima que activa la memoria del material inteligente a su medida y forma inicial es 59 °C según las condiciones del laboratorio. La prueba de normalidad realizada indica que la contracción del Nitinol es un parámetro. **Discusión:** Es posible la aplicación del pigmento termocrómico para detectar sustancias calientes que causarían daño y la aleación de Níquel - Titanio como sondas endovenosas para liberar trombos, incluso para comprimir celdas fotoeléctricas y liberadas en el espacio exterior permita el funcionamiento de paneles solares en las sondas espaciales.

Palabras clave: Material inteligente, pigmento termocrómicos, deformación, recuperación y memoria.

ABSTRACT

Objective: To study how smart materials improve the quality of life, the problem is to find answers that the use of intelligent materials and thermochromic pigments Nitinol serve humanity. **Material and methods:** The research is

descriptive, correlational to evaluate the influence of temperature or contraction length Nitinol spring design, testing in the laboratory of physics at the University Hermilio Valdizán- Huánuco, indicate that shaped Nitinol spring 3 modeling cm length with a transformer 500 turns, 2.5 amps and 200 volts, 60 Hz and 5 turns Nitinol was subjected to deformation by stretching to 14 cm long and evaluated the recovery of their original shape 3 cm. **Results:** Nitinol recorded a recovery percentage of its original form in the range from 100% to 0% for the range 59°C to 44 °C, the final length of the spring takes place from 3.0 to 14.0 for same temperature range indicating that the optimum temperature active smart memory material to its original form as is 59°C under laboratory conditions. Normality test performed indicates that Nitinol is a contraction parameter. **Discussion:** It is possible to apply pigment to detect hot substances that cause damage and IVs to release thrombosis, even to compress photoelectric cells and released into outer space permitting operation of solar panels on space probes.

Keywords: Intelligent material, thermochromic pigment, deformation, recovery and memory.

INTRODUCCIÓN

Hace unos años en el mundo se acuñó el término "Materiales inteligentes" pero la pregunta es ¿un material puede tener inteligencia? Según la Real Academia de la Lengua Española esta palabra se refiere a la capacidad de percibir, memorizar, actuar y reaccionar; pero también se refiere al conocimiento, la reflexión y resolución de problemas, dentro de este contexto los llamados materiales inteligentes cumplen con las primeras cuatro características.

Los materiales inteligentes son una clase de materiales que tienen la capacidad de cambiar sus propiedades físicas y estructurales (rigidez, forma y color) con la influencia de un estímulo externo en concreto tales como: corriente eléctrica, campo magnético, temperatura y responder ante él de una forma pre-determinada en un tiempo apropiado, regresando a su estado original tan

¹ Docente asesor. Ingeniero Industrial con Maestría en Administración Estratégica. Email: ing_jagu@hotmail.com

² Docente asesor. Ingeniero Industrial docente principal de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

³ Docente asesor. Ingeniero Mecánico docente de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

⁴ Estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

pronto como el estímulo termine. Existen 3 grupos de materiales inteligentes: los materiales electro y termo activos, los materiales foto - cromo activos y los materiales con memoria de forma (Klemas, 2002).

Se busca resolver en esta investigación el problema principal que es ¿de qué manera los materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común, permiten mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015? Los problemas específicos son: ¿de qué manera la aleación y/o composición de los materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común, permiten mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015?; ¿de qué manera la propiedad de reversibilidad de los materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común, permiten mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015? y finalmente ¿de qué manera la propiedad termoactuadora de los materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común, permiten mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015?

El objetivo principal es: Estudiar la manera en que los materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común, permiten mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015.

Los objetivos específicos son:

- Estudiar la manera en que la aleación y/o composición de los materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común, permiten mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015
- Estudiar la manera en que la propiedad de reversibilidad de los materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común, permiten mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015
- Estudiar la manera en que la propiedad termoactuadora de los materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común, permiten mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015.

Hablar de un material con memoria de forma se refiere a la habilidad de recordar la forma que tenía a una determinada temperatura, incluso después de haber sufrido grandes deformaciones a bajas temperaturas (Barandarian & Muños, 2009).

Los pigmentos termocrómicos son compuestos por microcápsulas que cambian de color de forma reversible o irreversible. El cambio de color es producido por cambios de temperatura (Pigmentos Termocrómicos 2012).

Esta investigación se plantea como hipótesis principal probar que, si se estudian de manera apropiada los

materiales inteligentes Nitinol y pigmentos termocrómicos empleados en artículos de uso común; entonces, permitirá mejorar la calidad de vida del ser humano. Perú, 2015.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación es de tipo descriptiva, de corte longitudinal; el diseño es descriptivo correlacional, Latorre (1999) citado por Córdova (2012).

En el trabajo se usaron 2 tipos de materiales inteligentes: los materiales con memoria de forma; se utilizó un material con aleación de Níquel y Titanio de 46% y 54% respectivamente en su forma comercial llamada Nitinol las cuales no almacenan forma en su presentación comercial, sin embargo con un previo tratamiento térmico almacena en memoria una forma determinada, se presentó en cables de 500 μm de diámetro y 1 m de largo; así como también un pedazo de nitinol de 14 cm de largo y 750 μm de diámetro; los materiales termo-activos también llamados pigmentos termocrómicos se utilizó en una cantidad de 10 g de color negro de la forma comercial.

Para almacenar una forma determinada en los materiales con memoria de forma, se utilizaron los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL) de Huánuco, se usó un transformador de 500 vueltas, 2,5 A, 220 V, frecuencia 60Hz y 5 espiras de voltaje de 2,2 V y se pudo almacenar la forma requerida colocando el Nitinol en un perno de acero de $\frac{1}{4}$ " de diámetro para obtener la forma de un resorte de 3 cm.

Para los pigmentos termocrómicos se utilizó una base de color blanco y se le adicionó un pegamento para mantener los pigmentos en la base. El pigmento en condiciones de temperatura superiores a los 20°C logró cambiar el color almacenado de negro a blanco.

Para medir la relación existente entre la temperatura del agua en °C y la contracción de la aleación con memoria de forma se utilizó un termómetro de barra de rangos de 0°C - 100°C, un vaso precipitado de 500 mL y una regla de laboratorio, posteriormente se procesaron los datos en el software Minitab v.17 para saber si los datos siguen una distribución normal y Excel 2013 para hallar la correlación entre ambas variables.

RESULTADOS

Utilizando un resorte de Nitinol de 3 cm de longitud, cuya forma fue memorizada previamente, se sometió a estiramiento hasta 14 cm cada vez y colocándolo en un medio temperado (agua caliente) a distintas temperaturas, se registraron resultados de contracción en cm, tal como se muestra en la tabla 1, los cuales fueron procesados en el Excel 2013.

Tabla 1. Pruebas de comportamiento de resorte de Nitinol de 3 cm a distintas temperaturas en laboratorio.

Temperatura en °C	Longitud Inicial (cm)	Longitud final (cm)	Porcentaje	Contracción (cm)
59	14	3,0	100,00	11,0
58	14	3,7	93,64	10,3
57	14	4,3	88,18	9,7
56	14	5,3	79,09	8,7
55	14	6,2	70,91	7,8
54	14	7,0	63,64	7,0

53	14	8,3	51,82	5,7
52	14	9,5	40,91	4,5
51	14	10,6	30,91	3,4
50	14	11,2	25,45	2,8
49	14	11,9	19,09	2,1
48	14	12,6	12,73	1,4
47	14	13,1	8,18	0,9
46	14	13,4	5,45	0,6
45	14	13,8	1,82	0,2
44	14	14,0	0,00	0,0

Para analizar la normalidad de los datos, se aplicó el método de Anderson-Darling con el software Minitab v.17. Se obtuvo un p valor de 0,195 el cual al ser mayor a 0,05 nos indica que los datos obtenidos en la recuperación del material cumplen con una distribución normal, concluyendo el comportamiento de la variable a nivel poblacional.

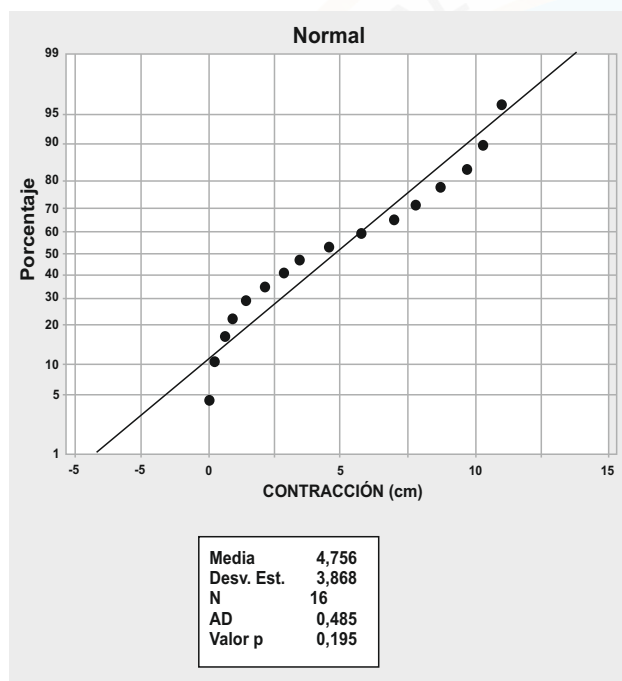


Figura 1. Prueba de normalidad de la contracción del resorte de Nitinol

En el estudio del material con memoria de forma estudiados en el 2015 se identificó el coeficiente de correlación mediante el programa Excel 2013 utilizando el método de correlación lineal.

Tabla 2. Resultados de la correlación entre la temperatura Vs contracción del resorte de Nitinol

r^2	0,9754	Coefficiente de determinación
r	0,9876	Coefficiente de correlación
$s(b_1)$	0,03405	Standard Error of Slope
t	23,5715	
p-value	0,0000	
$s(b_0)$	1,76035	Error estándar del intercepto
s	0,62777	Error estándar de predicción

Los resultados fueron: el coeficiente de correlación fue del 0,9876 a un 95% de confianza lo que nos indica que la relación entre las variables es excelente, bajo el criterio ($R > 0,80$).

En el software Minitab v.17 se utilizó el modelo de regresión lineal lo que dio como resultado el modelo de la ecuación que describe el comportamiento de las variables:

$$\begin{aligned} X: & \text{Temperatura } (^\circ\text{C}) \\ Y: & \text{Recuperación de forma (centímetros)} \\ \text{Recuperación de forma} = & -36,57 + 0,8025 X \quad (1) \end{aligned}$$

El modelo es aplicable para trabajos con temperatura entre $44^\circ\text{C} - 59^\circ\text{C}$ a partir de 59°C en adelante el material con memoria de forma recupera su forma original en un 100%.

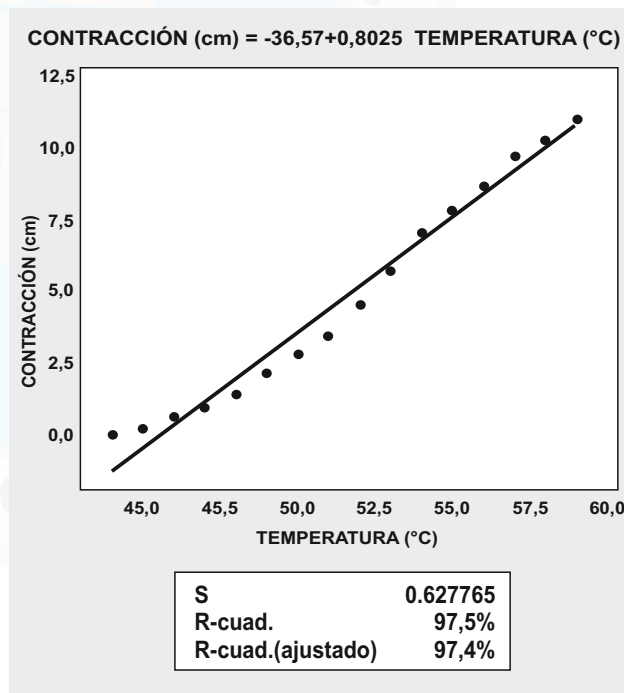


Figura 2. Prueba de normalidad de contracción del resorte de Nitinol

DISCUSIÓN

En la presente investigación se demostró que los materiales con memoria de forma muestran en sus propiedades físicas que tienen la capacidad de recuperar su forma original en un 100% sometidos a temperaturas mayores o iguales a 59°C después de haber sido sometidos a una deformación física.

Se descubrió que son directamente proporcionales mediante el estudio de correlación en el cual se obtuvo el grado de correlación mediante el uso del

modelo de Regresión Lineal, se trabajó con una variable independiente que fue la temperatura y la dependiente fue la recuperación de forma.

Encontramos que el punto crítico de los materiales se encuentra en el rango de 44°C-59°C, ya que en este intervalo de temperatura se va perdiendo la propiedad de recuperación de forma hasta el punto de no recuperación; esto nos ayuda a poder formular posibles aplicaciones donde debemos de considerar como factor importante la temperatura mayor o igual a 59°C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barandarian & Muños (2009). Materiales con memoria de forma metálicos y plásticos, estudio y aplicación. XIX

Congreso Nacional de Ingeniería mecánica. Asociación Española de Ingeniería Mecánica. Córdoba (2012). El proyecto de investigación cuantitativa. Lima, Perú: San Marcos.
 Klemas (Abril 2002). Aleaciones metálicas y polímeros con memoria de forma. Recuperado el 20 de septiembre de 2015, de dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4804628.pdf
 Pigmentos Termocromicos (2012) pp.1. Recuperado el 27 de Octubre del 2011, de: http://www.inteligentes.org/memoria_pigmento_termo_cr_rev1_noimp.pdf



Figura 3. Es el transformador donde dimos forma al nitinol



Figura 5. Estiramos a 14 centímetros el nitinol con forma de resorte para probar si vuelve a su forma original a distintas temperaturas



Figura 4. El material esta siendo calentado con el transformador, buscando así guardar la forma de un resorte



Figura 6. Colocamos el nitinol al agua caliente y vemos la recuperación de su forma original



Figura 7. Medimos el nitinol después de someterlo al calor y vimos que recupero su forma original es decir volvió a los 3cm iniciales.