

SP2-R22-P

EVALUACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AISLAMIENTO CON LA TEMPERATURA EN TERMOPARES DE METALES COMUNES

Raúl Caballero, Marina Parrondo, Carmen García Izquierdo
Centro Español de Metrología, calle Alfaro, 2. 28760 Tres Cantos, (Madrid)

Resumen: En esencia, un termopar consta de dos hilos metálicos diferentes (termoelementos) conectados en un extremo (la unión de medición). Cuando el termopar se expone a un gradiente de temperatura, se genera una fuerza electromotriz (fem), que se puede medir y convertir en una lectura de temperatura.

Los termopares formados por hilos de metales comunes son uno de los sensores de temperatura más utilizados en la industria. Estos termopares están formados por los termoelementos antes mencionados, rodeados de un material eléctricamente aislante (normalmente óxido de magnesio), encapsulado en una vaina de metal como acero inoxidable o Inconel.

Una medición de temperatura precisa depende de que los termoelementos estén eléctricamente aislados y conectados solo en la unión de medición. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la conductividad del aislamiento del óxido de magnesio, con la correspondiente disminución de la resistencia entre los termoelementos. Además, el óxido de magnesio es higroscópico y cualquier humedad absorbida también reduce la resistividad. Ambos efectos dan como resultado una derivación eléctrica a lo largo de la longitud afectada del termopar y, como consecuencia, se generan errores de medición de temperatura.

Esta ponencia describirá el sistema diseñado para la evaluación de la disminución de la resistencia de aislamiento con la temperatura. Las medidas realizadas y conclusiones serán presentadas para termopares tipo K y tipo N con aislamiento mineral y revestimiento metálico (MI).

Esta actividad se ha llevado a cabo dentro del proyecto europeo EMPIR 17IND04 EMPRESS 2, financiado conjuntamente por los países participantes en el programa EMPIR y la Unión Europea.

INTRODUCCIÓN: Los termopares tipo K y tipo N con aislamiento mineral entre sus hilos y funda metálica (MI) se utilizan ampliamente en la industria para la supervisión y el control de procesos. Un factor que limita su precisión es la drástica disminución de la resistencia del aislamiento de los hilos a temperaturas superiores a 600 °C, lo que da lugar a errores de medición de la temperatura debido a las fugas eléctricas. En este trabajo se caracteriza la resistencia de aislamiento de un conjunto de termopares tipo K y tipo N de diferentes diámetros, que oscilan entre 0,75 mm y 6 mm. Se analizan las fugas de aislamiento de cuatro termopares tipo N con cubierta Nicrotherm, cinco termopares tipo K con cubierta Inconel 600 y cinco termopares tipo K con cubierta Inox AISI 310.

termopar	Diámetro (mm)	Material de la funda	Tipo
405-556	4,5	Nicrotherm	N
405-252	6	Nicrotherm	N
405-231	3	Nicrotherm	N
405-216	1,5	Nicrotherm	N
405-600	6	Inconel 600	K
405-056	1,5	Inconel 600	K
405-071	3	Inconel 600	K
405-644	0,75	Inconel 600	K
405-416	4,5	Inconel 600	K
405-386	4,5	Inox AISI 310	K
405-007	1,5	Inox AISI 310	K
405-037	6	Inox AISI 310	K
405-022	3	Inox AISI 310	K
405-624	0,75	Inox AISI 310	K

DESARROLLO

Debido al amplio rango de resistencias a medir, rango de 1 kΩ a 1000 GΩ, se desarrollaron dos configuraciones de medida. Los valores de resistencia más bajos se midieron con un multímetro digital Keysight 3458A de 8½ dígitos, y las resistencias superiores a 1 GΩ se midieron con un sub-femto amperímetro Keithley 6430 configurado en "preamplificador remoto". La resistencia de aislamiento del termopar se tomó como la resistencia entre la funda del termopar (adyacente a la cabeza en el extremo frío) y uno de los termoelementos. Las medidas de la dependencia del aislamiento de cada uno de los termopares con la temperatura se realizó a temperaturas decrecientes en un horno Isotech 465 de tres zonas con bloque isotérmico. Antes de las mediciones, que comenzaron a 1100 °C, los termopares se sometieron a un tratamiento térmico durante la noche a 1100 °C para estabilizar el estado de oxidación de los hilos del termopar. La temperatura del horno se determinó mediante un termopar calibrado (Tipo R para temperaturas superiores a 1000 °C y termopares Au/Pt para temperaturas inferiores).

RESULTADOS y CONCLUSIONES

La dependencia de la resistencia de aislamiento con la temperatura para termopares representativos se muestra en la Figura 1. Como era de esperar [1,2], la resistencia disminuye aproximadamente de manera exponencial con la temperatura y, en general, aumenta al aumentar el grosor del aislamiento del termopar. Esto se puede ver en la Figura 2, que muestra cómo varía la resistencia con el diámetro del cable para los termopares tipo K con revestimiento de Inconel. La resistencia aumenta con el grosor del termopar hasta un diámetro de 3 mm, luego va aumentando ligeramente con el diámetro del termopar. Las mediciones realizadas mostraron que, como se esperaba, el tipo de termopar (K o N) y el material de la funda protectora no influyen en la resistencia del aislamiento.

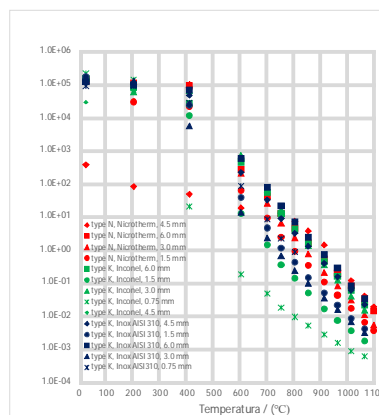


Figura 1

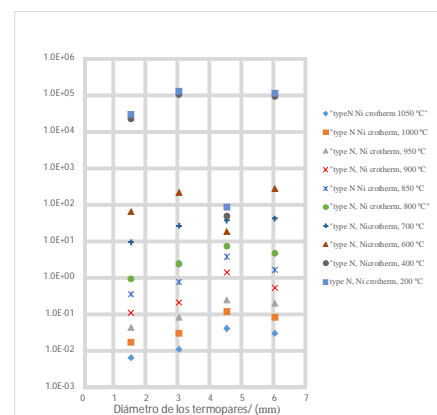


Figura 2

REFERENCIAS

- [1] M. W. Hastings, J. V. Pearce, and G. Machin., "Electrical Resistance Breakdown of Type N Mineral-Insulated Metal-Sheathed Thermocouples above 800 °C". *Measurement Techniques*. Vol. 55, No. 8, November 2012.
- [2] C. García, D. del Campo and F. Raso, "Measurement of AC and DC Insulation Leakage in Platinum Resistance Thermometers up to 960 °C". *Int. J. Thermophys* (2011) 32: 1399-1408.

Trabajo publicado: Pearce, J., Tucker, D., Izquierdo, C.G. *et al.* Correlation Between Insulation Resistance and Temperature Measurement Error in Type K and Type N Mineral Insulated, Metal Sheathed Thermocouples. *Int J Thermophys* 43, 35 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10765-021-02967-x>