

Historia del uso y las aplicaciones de conductores eléctricos Bimetálicos: CCS (Copper Clad Steel) y CCA (Copper Clad Aluminum)

Por Pete Burd

Traducido por Jaime Fuente

Introducción CCS

Acero Revestido de Cobre (CCS) se ha utilizado comercialmente durante varias décadas como cables de alimentación, en líneas de transmisión, así como también en los conductores de televisión por cable y en los cables de comunicaciones. Varias versiones de cable compuesto que consta de una mezcla de cobre sólido y hilos de acero con revestimiento de cobre para líneas de transmisión eléctrica se utilizaron ya en la década de 1940. Ya para la década de los 1960, CCS fue comercializado y utilizado para transmitir potencia y el uso de cables para redes de tierra. Productos de CCS han demostrado ser una alternativa de menor costo para cable de cobre con una excelente historia de seguridad y confiabilidad. Una característica importantísima para promover el uso de CCS es que prácticamente no tiene valor como chatarra, y como el precio del cobre se ha vuelto extremadamente volátil y muy alto, se ha producido un aumento de robo de productos de cobre para comercializarlo como chatarra [1]. Cuando el precio del cobre aumenta también lo hace la incidencia de robo de cobre. A medida que el índice de robo se incrementa con los precios del cobre, material de reemplazo se hace más costoso y los costos relacionados con el mantenimiento de la red y la reinstalación del material robado se incrementan desproporcionadamente. De redes de puesta a tierra enterrada a supresores de rayos a cables para bajadas de postes hasta cables de conductores de comunicaciones, los productos de acero revestido de cobre se han convertido en un hecho positivo, rentable y la alternativa lógica a los productos de cobre que reemplazan.

Los Productos

No todos los productos de revestimiento de cobre se fabrican utilizando el mismo proceso. CommScope utiliza una técnica de presión y calor de proceso que une metalúrgicamente el cobre al acero para la fabricación de todos sus productos bimetálicos de CCS y CCA. Muchos otros fabricantes están utilizando la galvanoplastia para recubrir el acero. La presión de CommScope y el método de calor, utilizan dos tiras de cobre sólido para cubrir el acero. Esto asegura espesor de cobre constante y una superficie no porosa que es imposible separar el acero sólo por un proceso químico, lo que hace que el producto prácticamente sin valor como chatarra a una empresa de reciclado o al mismo ladrón, pero muy valiosos como un material compuesto con la alta conductividad del cobre combinado con la alta resistencia del acero.

CommScope ofrece tres versiones de acero revestido de cobre con una conductividad de 21%, 30% y 40% de cobre sólido. CCS con 21% de conductividad se fabrica principalmente para los cables de comunicaciones, tales como conductores centrales de los cables coaxiales y los conductores de par trenzado (twisted pair conductors). El material de acero revestido de cobre tiene mayor resistencia DC que el alambre de cobre sólido, pero cuando aumenta la frecuencia de la corriente alterna, el fenómeno llamado "Efecto Piel" hace migrar la circulación de corriente hacia el perímetro exterior del cable [2]. Debido a que la capa exterior del cable de CCS es de cobre puro de alta conductividad, cuando la frecuencia aumenta, disminuye la resistencia en CA.

El Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC) [93A] permite el uso de alambre de acero revestido de cobre como alternativa al cobre de los cables de tierra siempre que sean seguidas las recomendaciones para la selección de los CCS. Los productos con 30% y 40% de conductividad se fabrican principalmente para el mercado de cable a tierra. Cables de tierra se han convertido en un objetivo cada vez más popular para el robo ya que el precio del cobre ha aumentado considerablemente debido a una combinación de la demanda, las huelgas de las minas de Cobre y la especulación de productos básicos. Cables de tierra en los postes de distribución han sido especialmente blanco de robos. Se ha estimado que las compañías de energía (Utilities) reportan unas pérdidas de cable de tierra superior a \$ 60 millones (EE.UU.) de dólares por año [3]. A pesar de los intentos de ocultar los cables de tierra con tapas a prueba de manipulaciones, los robos de cable de cobre han continuado. Acero revestido de cobre tiene poco o ningún valor como chatarra, y ha surgido como una respuesta al problema generalizado del robo. Además de los costos involucrados en la pérdida de material, el costo de la mano de obra para reponer el material robado y los problemas de seguridad de los usuarios y de los equipos que están conectados a un sistema flotante, se han convertido en preocupación importante para las empresas de servicios públicos. Pararrayos para recortar las sobretensiones, se utilizan para limitar los daños a los equipos de los sistemas mediante el sangrado de corriente a tierra a través de cables y redes de tierra. Si los cables de tierra han desaparecido debido al robo, los pararrayos y equipos de protección se vuelven inútiles.

Alambres y cables de Acero Revestidos de Cobre para cables de tierra están disponibles en configuraciones flexibles de 19 hilos con hilos hechos con un tamaño del 5 al 9 AWG,

(19x6) y Cables de 7 hilos hechos con tamaños del 4 al 10 AWG, (7x5) y CCS sólidos también están disponibles en tamaños 2, 4 y 6 AWG.

Las versiones de alambre sólido también se ofrecen con una chaqueta de polietileno opcional para imitar un cable de comunicaciones y tratar de disminuir los robos. Todos estos productos están disponibles en recocido suave (DSA, Dead Soft Annealed) con 30% y 40% de conductividad. Corrientes de fusión se han calculado y verificado y están disponibles en forma impresa y en línea.

Productos CCS son una opción lógica para los cables de tierra, Los pararrayos se han hecho de este material durante muchos años y han demostrado ser resistentes a la corrosión y eficaz en la aplicación. Los extremos expuestos del producto CCS, el corte, se ha encontrado que se oxidan a la intemperie o enterradas, pero la capa de oxidación se ha observado que sólo atraviesa una distancia de menos de tres veces el diámetro del alambre. Es el vínculo entre la metalúrgica del cobre y el acero lo que limita la corrosión.

Aluminio Revestido de Cobre: CCA

Introducción CCA:

(La sinergia de aluminio y cobre)

Tanto el Cobre como el Aluminio tienen propiedades físicas y eléctricas únicas y diferentes. Estas propiedades únicas proporcionan claras ventajas y desventajas en comparación, como la resistividad, resistencia a la tracción, peso/densidad, oxidación y económicamente hablando costos. Mediante la combinación de los dos metales utilizando tecnologías probadas desde hace mucho tiempo y la tecnología más moderna, de punta, para su manufactura, el Aluminio Revestido de Cobre, CCA, es un producto bimetálico que combina las propiedades únicas de ambos metales en una sola aplicación, aportando lo mejor de cada uno de ellos en donde más se necesita. Como metal individual, cada uno tiene atributos y desventajas, pero los conductores bimetálicos de Aluminio revestidos de cobre ofrecen lo mejor de ambos materiales a un costo atractivo.

El costo del cobre, ver tabla 1, ha sido sin lugar a dudas extremadamente volátil desde 2006 en donde empezó un crecimiento sin precedentes subiendo desde unos \$2.00 el kilo a más de \$10 el kilo en los últimos años. [4]. El precio futuro del cobre es probable que permanezca por encima de \$ 10 por kilo el 9 de febrero del 2011, siendo \$3 por kilo el punto en que los conductores de CCA se convierten en una opción económicamente viable frente a cables de cobre para las aplicaciones de los productos básicos como alambres y cables para construcciones (Building wire). La historia reciente nos ha enseñado que es imposible especular con algún grado de certeza sobre los precios del cobre. Este solo hecho hace que los productos de aluminio revestido de cobre sean una alternativa atractiva para reemplazar productos elaborados con hilos de cobre.

Combine eso con la diferencia de peso entre los dos metales y las ventajas de los bimetálicos se hace evidente. Añadir la fiabilidad, la garantía de calidad, la capacidad y la técnica única que CommScope utiliza en el proceso de revestimiento para la manufactura de los bimetálicos y la calidad y experiencia de CONDUSAL en el trefilado y la aplicación de aislamiento y el compromiso en el cumplimiento de estándares internacionales y usted tiene productos que se encuentran en una posición única y privilegiada para su uso en el mercado eléctrico.

Historia

Aluminio revestido de cobre (CCA) no es un producto nuevo. Fue desarrollado en Alemania para aliviar la escasez de cobre en la década de 1930 (5). Varios métodos se utilizaron inicialmente como spray, inmersión, galvanoplastia y el revestimiento. Las técnicas de spray y galvanización fueron inconsistentes, demasiado delgadas y no lo suficiente uniforme para el desempeño deseado. La técnica que utiliza calor y presión se convirtió en el método por excelencia para el revestimiento de los productos bimetálicos.

Muchos de los avances en el proceso de revestimiento y de las aleaciones metálicas se han realizado en las décadas siguientes a la introducción del producto en el mercado. CommScope utiliza una variación patentada única y exclusiva de esta técnica, que asegura un espesor de revestimiento consistente y una unión libre de contaminantes, garantizando metalúrgicamente el sellado o enclavamiento entre los dos metales. Ningún otro fabricante de productos de CCA utiliza la técnica o un proceso similar al que CommScope ha perfeccionado. Este sello hermético libre de contaminantes elimina cualquier posibilidad de corrosión galvánica mediante la eliminación de la posibilidad de solución electrolítica en la unión entre los dos metales. En los Estados Unidos el CCA se ha utilizado casi

exclusivamente como el conductor central del cable coaxial de televisión por cable y cables de distribución de más de cuarenta años. Estos cables con conductores CCA centrales, no sólo sirven para la transferencia de las señales de alta frecuencia de televisión, pero además alimentan la potencia eléctrica de los amplificadores colocados a lo largo de los sistemas de televisión por cable utilizando un voltaje de corriente alterna transmitido por los conductores [6].

Los Productos

CommScope proporciona alambre CCA con una capa de revestimiento de cobre que es el diez por ciento del total de área de sección transversal. En pocas palabras, cuanto mayor sea el cable, más grueso será el revestimiento de cobre. Al mantener la proporción de cobre a aluminio consistente para cada calibre de cable, la conductividad del material es el mismo independientemente del tamaño o calibre del alambre. Esto hace que la elección del calibre de cable correcto para cualquier aplicación sencilla cuando se utilizan otros materiales, como un hilo de cobre sólido para la comparación. Los tamaños más comunes CCA son alambres en calibres 10 y 12 AWG y cables para la alimentación de energía en calibres 8, 10 y 12 AWG (American Wire Gauge). Otros tamaños también están disponibles a partir de productos de alambre fino de 20 AWG, hasta cables 4/0 AWG. Alambre de CCA con quince por ciento de revestimiento de cobre en volumen también se fabrica y se utiliza principalmente cuando se requieren aplicaciones de soldadura de conductores que requieren de un espesor adicional de cobre.

Resistencia

El aluminio es un muy buen conductor de electricidad en comparación con la mayoría de los otros metales. Sin embargo, el aluminio se oxida si se expone a las condiciones

atmosféricas en unos cuantos milisegundos. La capa de la superficie oxidada de aluminio, mientras que beneficioso para la estabilidad física del metal, es muy resistente (dura) pero a la vez aislante o de alta resistencia eléctrica. Gracias al recubrimiento o revestimiento de aluminio con una capa de cobre, la resistencia de contacto del bimetálico es la misma que la de cobre sólido. La Resistencia de un alambre conductor se define como la resistividad del material multiplicada por la longitud del cable y dividida por el área de la sección transversal del alambre.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

Dado que la proporción de cobre a aluminio es constante en el CCA, independientemente del tamaño del cable, la resistividad también se mantiene constante. Alambre de CCA con el 10% de cobre por volumen tiene una resistividad de $2,65 \mu\Omega\text{cm}$ @ 20°C . Cobre sólido tiene una resistividad de $1,72 \mu\Omega\text{cm}$ @ 20°C , o alrededor de 1.5 veces menor que la resistividad del CCA. Por lo tanto, un método simple y seguro para encontrar el tamaño de cable CCA que equivale en la resistencia al cable de cobre, se puede encontrar moviendo dos números AWG de mayor área conductora. Por ejemplo, si usted necesita las propiedades de resistencia de alambre de cobre 10 AWG, use un 8 AWG CCA. Si usted requiere la resistencia de un alambre de 12 AWG de cobre, seleccione un 10 AWG CCA. Este sencillo método le garantiza un cable CCA con menos resistencia que un cable de cobre sólido.

Cada 2 calibres en el sistema AWG se incrementa el área en 1.59%

Mediante una simple regla de tres, 2 calibres más gruesos en CCA tienen un 3.5% menos de resistencia eléctrica que el conductor de cobre que reemplaza.

Propiedades físicas y mecánicas

Una desventaja obvia de cobre sólido sobre el aluminio es su peso. Cobre sólido tiene una densidad de más de $8,9 \text{ g/cm}^3$ mientras que el aluminio 1350 pesa alrededor de $2,7 \text{ g/cm}^3$. CCA 10% tiene una densidad de $3,32 \text{ g/cm}^3$ que resulta en un producto que es más del 62% más ligero que el cobre. Este ahorro de peso no sólo reduce el costo del producto, sino que también mejora las características de manejo y permite más largas distancias al aire y reducir los costos de envío y transporte y también reduce el esfuerzo físico del técnico instalador y sus ayudantes. El núcleo de aluminio en los conductores recocidos de productos de CCA aumenta la vida por fatiga por flexión por un factor de cinco [7] contra los conductores de cobre sólido recocido.

Conclusiones:

- 1) Productos CCS de acero revestido de cobre, han estado en uso durante casi un siglo y tienen un historial demostrado de fiabilidad y funcionalidad en muchas aplicaciones en la industria de suministro de energía y como conductores de los cables de comunicaciones.
- 2) Como los precios del cobre se han elevado y han estado muy volátiles desde el 2006, debido en parte al aumento del consumo de materias primas por un desarrollo sin precedentes en los países industrializados como China, Brasil, Rusia e India, el CCS hoy más que nunca se convierte en la mejor y más lógica alternativa económica para reemplazar cables de cobre sólido, especialmente para aplicaciones como

las redes de tierra y las aplicaciones de distribución de energía.

- 3) Los conductores CCS se pueden conectar de la misma manera como se usan y conectan los de cobre. Conectores de presión, conectores de tornillo, soldadura exotérmica y la soldadura por resistencia (welding).
- 4) Los productos de aluminio revestido de cobre han estado en uso durante muchas décadas y tienen un historial demostrado de fiabilidad y funcionalidad en muchas aplicaciones en la industria de la energía y como conductores en los cables de comunicaciones.
- 5) Los conductores de Aluminio Revestido de Cobre son productos bimetálicos únicos que combinan las mejores propiedades de ambos metales en un solo producto. Tienen las ventajas de costo y el peso del aluminio, junto con las propiedades eléctricas, sobretodo conectividad, y corrosivas del cobre.
- 6) Al reemplazar conductores de cobre con CCA en dos calibres de mayor área conductora, estamos disminuyendo las pérdidas de transmisión en un 3.5%
- 7) Debido a que el revestimiento de cobre está en el punto de conexión, en esencia la conexión es de cobre con cobre, y este no permite el corrimiento o desplazamiento (Creep) del aluminio en el cable CCA.
- 8) Como los precios actuales del cobre sobrepasan los \$ 7,500.00 (LME) por tonelada métrica, la opción de conductores eléctricos fabricados con CCA se convierte en una alternativa técnica, económica, probada y lógica contra los cables de cobre sólido para transmisión de energía (building wire).

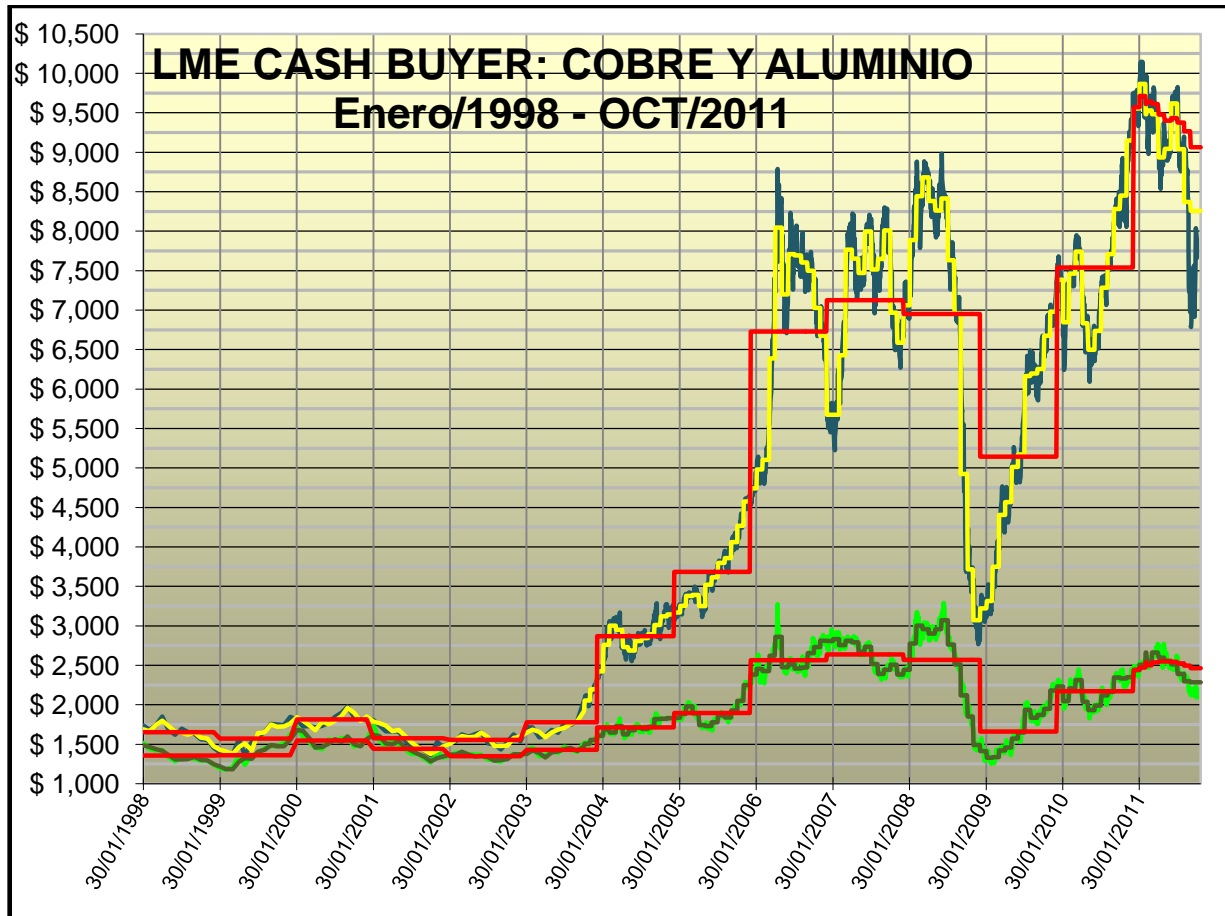


TABLA 1

REFERENCIAS:

- [1] http://www.kitcometals.com/charts/copper_historical_large.html
- [2] <http://www.copperinfo.co.uk/busbars/pub22-copper-for-busbars/sec4.htm>
- [3] TD World, Cutting Out Copper Theft, (Dec, 2010) pp32, 34.
- [4] http://www.kitcometals.com/charts/copper_historical_large.html
- [5] la industria del metal, 07-diciembre, 1952
- [6] ER Bartlett, Comunicaciones por Cable, McGraw-Hill, (1995)
- [7] B. Calliham, hartos de los altos precios del cobre, Breve Tech, CommScope