

Por RON A. SEWELL (HUNTINGDON FUSION*)

Electrodos de tungsteno para la soldadura con arco en atmósfera inerte

Hace casi 60 años, cuando apareció la soldadura con arco protegido por gas inerte, nadie podía imaginar la repercusión que aquel procedimiento, y en especial la versión con electrodos no consumibles, iba a tener en la construcción de estructuras soldadas en todo el mundo.

El procedimiento TIG, rápidamente adoptado a partir de los años 50, supuso una aportación fundamental para la expansión de la tecnología nuclear, química y aeroespacial. Incluso puede afirmarse que, en la actualidad, se ha consolidado como la técnica más versátil que se conoce para producir soldaduras por fusión de la máxima calidad.

Como quiera que, durante el soldeo, en el arco se genera una temperatura que ronda los 4.000 °C, el papel que desempeña el electrodo es decisivo. Está claro que deberá tener un punto de fusión muy alto y que no ha de fundirse. El tungsteno pronto pasó a consolidarse como el material más adecuado para los electrodos destinados al soldeo con arco.

Un mejor conocimiento de las características del arco demostró que el empleo de tungsteno en estado puro presentaba ciertas limitaciones para la expansión de este proceso, sobre todo en lo concerniente al cebado del arco, a la estabilidad y al desgaste de los electrodos.

Los primeros experimentos con pequeñas incorporaciones al tungsteno de óxidos refractarios, sobre todo de torio, demostraron que podrían conseguirse rendimientos muy superiores. De aquellos trabajos surgiría una gama de electrodos de tungsteno tratados con óxidos, o "impurezas dopantes", que fueron introduciéndose paulatinamente.

A pesar de la gran importancia que tiene el buen conocimiento de los electrodos, en los últimos cincuenta años sólo se han publicado unos pocos trabajos científicos de utilidad práctica sobre el funcionamiento de los electrodos de tungsteno.

Algunos de estos trabajos defienden una extensa aplicación de los dopantes, basándose en el mejor rendimiento de las soldaduras; otros, en cambio, hacen hincapié en los riesgos que entraña su uso.

Sin embargo, muchos de estos estudios son contradictorios y polémicos. Además proveedores y usuarios han realizado numerosas pruebas sobre el terreno, de las cuales se desprende que no todas las impurezas tienen la misma efectividad.

Pero las pruebas aportadas en apoyo de los resultados obtenidos carecen de consistencia y no pueden utilizarse como fundamento de conclusiones generalizadas. Para aclarar la situación, en la medida de lo posible, presentamos aquí una revisión objetiva de lo que se ha convertido en un asunto polémico: el empleo de dopantes en los electrodos de tungsteno.

Los temas que vamos a examinar suelen clasificarse en dos categorías: los temas relacionados con ventajas de índole técnico y comercial, y los que se ocupan de los peligros de la salud.

La fabricación de los electrodos

El procedimiento metalúrgico utilizado para fabricar los electrodos consiste en comprimir y sinterizar polvo metálico a altas temperaturas, con lo que se obtienen unas varillas. El polvo de tungsteno suele combinarse con aditivos (óxidos) antes de la formación, aunque algunos productos (los electrodos compuestos, por ejemplo) constan de un alma de tungsteno y un revestimiento de óxido.

A continuación, las varillas se someten a un tratamiento térmico y se reduce mecánicamente su diámetro, hasta adaptarlo a las medidas exigidas por el mercado.

Principales impurezas dopantes

Si se emplea en la fabricación de electrodos de soldeo, el tungsteno presenta la gran ventaja de su bajo potencial de ionización (es decir, la energía que se necesita para extraer un electrón), requisito imprescindible para conseguir un eficaz cebado del arco. Los dopantes reducen la energía de ionización, mejorando con ello la emisión de electrones. En consecuencia, además de alargarse la vida útil de los electrodos, también se facilita el cebado del arco y su estabilidad.

Material	Potencial de ionización (eV)
Tungsteno	4,50
Torio	3,35
Lantano	3,30
Cerio	2,60
MST	2,40

(MST es Multi Strike Tungsten, la marca original registrada que Huntingdon Fusión utiliza para sus electrodos de tungsteno).

Los aditivos más utilizados son óxidos de torio (ThO_2), zirconio (ZrO_2), lantano (LaO_2), itrio (Y_2O_3), magnesio (MgO) y cerio (CeO_2), algunos de los cuales figuran clasificados en la tabla 1. Véanse las referencias 1, 2 y 3.

Los fabricantes comerciales también producen una gama de electrodos que incluyen diversas combinaciones de aditivos (4).

* Firma representada en España por CODESOL.

TABLA 1. Clasificación de los electrodos de tungsteno, según la Norma Británica BS 6678

Código	Impureza % m/m	Tipo	Color identificativo
WP	Cero	Ninguno	Verde
WT4	0,35-0,55	Torio	Azul
WT10	0,80-1,20	Torio	Amarillo
WT20	1,70-2,20	Torio	Rojo
WT30	2,80-3,20	Torio	Violeta
WY40	3,80-4,20	Torio	Anaranjado
WZ 3	0,15-0,50	Zirconio	Marrón
WZ 8	0,70-0,90	Zirconio	Blanco
WL 10	0,90-1,20	Lantano	Negro
WC 20	1,80-2,20	Cerio	Gris
MST	1,80-2,20	Ce, La, Zr, Yt	Azul propio HFT

Aspectos técnicos y comerciales

Cebado del arco

Aunque el material utilizado en la fabricación del electrodo influya mucho en la facilidad con que se inicia el arco, existen igualmente otros factores que controlan este proceso. Figuran, entre ellos, la distancia del arco, la forma de la boquilla, el voltaje en vacío, la corriente de soldeo, el gas protector y las características del generador.

Con tantas variables que se influyen mutuamente, la experimentación consume mucho tiempo. El rendimiento comparativo de los diversos electrodos, respecto al inicio del arco, puede cambiar en función de otros factores. La máxima dificultad en cuanto a las condiciones del cebado sigue presentándose con los bajos voltajes en vacío (<35 V), las corrientes débiles (<20 A) y los arcos de gran abertura.

Castner (5) alcanza los máximos rendimientos utilizando electrodos con un 2 por ciento de cerio; pero Matsuda (6) sostiene que, con bajos voltajes en vacío, el rendimiento de los electrodos que contienen cerio es inferior al de las variedades provistas de lantano, itrio y torio.

De la experimentación específica, aunque limitada (7), con un electrodo provisto de varios dopantes, se desprenden pocas diferencias en cuanto a la iniciación del arco respecto al rendimiento de otro que contenía un 2 por ciento de torio. No obstante, las pruebas realizadas por Huntingdon Fusion Techniques Limited demuestran que, en idénticas circunstancias, un electrodo del tipo Multi Strike Tungsten producen 10 veces más cebados que un electrodo de tungsteno toriado.

Resumen: aunque, respecto a la formación del arco, hay pocas diferencias entre electrodos provistos de uno u otro tipo de impurificador, en general ninguno de ellos brinda resultados inferiores a los obtenidos con electrodos de tungsteno puro. En ciertas condiciones definidas, las incorporaciones de lantano y cerio ofrecen ventajas importantes. Por su parte, el tipo Multi Strike Tungsten brinda ventajas considerables en cuanto al cebado, además de estar totalmente libre de torio radioactivo.

Estabilidad del arco

Sin un arco estable no son posibles las soldaduras de alta calidad alta. La estabilidad es inversamente proporcional al potencial de ionización del material del electrodo; porque, aunque el tungsteno es aceptable, la estabilidad del arco mejora con los dopantes, debido a que sus potenciales de ionización son más bajos.

Sin embargo, se ha demostrado (5) que algunos materiales dopantes desaparecen de la superficie del electrodo, y que no siempre se reponen adecuadamente por difusión desde el cuerpo del mismo. En este caso, el efecto resultante sería una progresiva desestabilización del arco durante su uso.

El tungsteno de tipo Multi, en cambio, sí que aporta una mayor proporción de elementos dopantes que le permiten contrarrestar estos efectos.

Resumen: aunque la incorporación de cualquier impureza dopante de óxido refractario siempre mejorará la estabilidad del arco, ninguno resulta tan efectivo como el Multi Strike Tungsten.

Erosión de los electrodos

Al igual que sucede con la formación del arco, la erosión depende de numerosas variables relacionadas entre sí. De ahí que toda la investigación, por avanzada que sea, siempre producirá conclusiones basadas en unas cuantas combinaciones de variables diferentes.

Un factor destacado es la contaminación derivada del inicio por contacto o del propio baño de fusión. Otros factores son la forma de la boquilla, la corriente de soldeo, el voltaje en vacío, el gas protector, el material base y el generador.

Anderson (7) prueba que las incorporaciones de purificadores pueden reducir la erosión en niveles de corriente elevados, si bien sus conclusiones se basan en pocos trabajos. Huntingdon Fusion Techniques (8) ha demostrado que, en casi todas las circunstancias y trabajando con aluminio, los electrodos provistos de varios dopantes rinden más que los que solo llevan zirconio, aunque también en este caso la experiencia es limitada.

Winson y Turk (9) destacan la mayor duración de los electrodos con trazas de torio que los de tungsteno puro, en la mayoría de las aplicaciones. Matsuda (6) concluye que las incorporaciones de impurificadores redundan en importantes ventajas cuando se trabaja con corrientes de soldeo superiores (Fig 1).

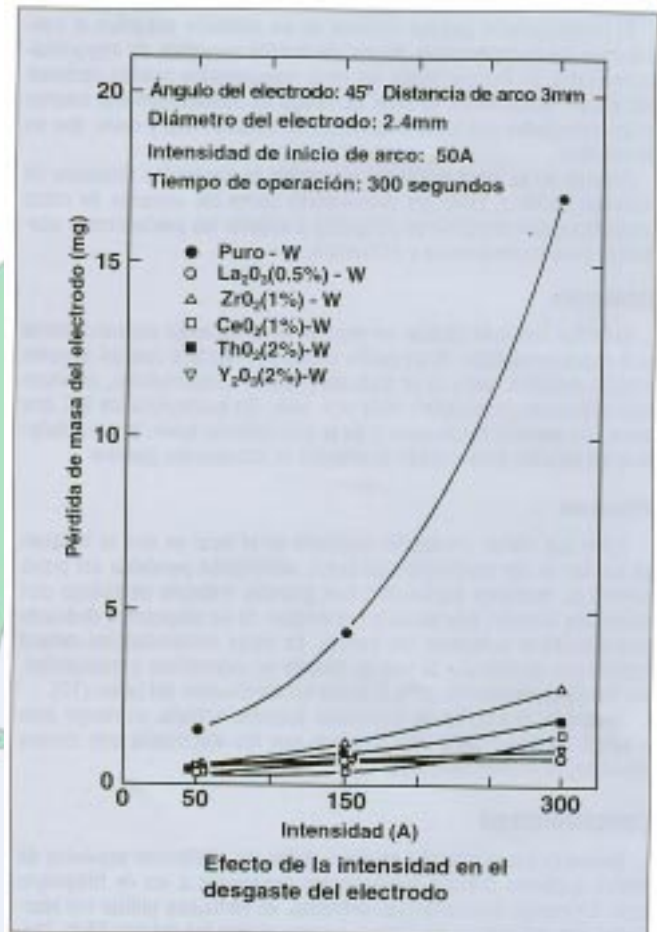


Fig. 1. Efecto de la corriente del arco en el consumo de electrodos.

Si tenemos presente la importancia de la erosión provocada por evaporaciones, el hecho de que los óxidos refractarios reduzcan la temperatura del electrodo durante el soldeo (6,9) sugiere que las incorporaciones de óxido limitarían las pérdidas por evaporación. No obstante, es preciso recordar el efecto de la difusión, que ya se ha mencionado.

Resumen: todas las incorporaciones de impurezas dopantes reducen la erosión de los electrodos, en determinadas circunstancias; pero ningún impurificador supera el rendimiento de los demás en cualquier circunstancia del soldeo.

Consideraciones sobre la calidad del soldeo

El electrodo desempeña un papel principal en cuanto a la consistencia del trabajo, dada su influencia sobre la estabilidad del arco. Pese a la disponibilidad comercial de tipos económicos de electrodos de tungsteno y de tungsteno con óxidos dopantes, suelen ser de baja calidad y notables por la inconsistencia de su rendimiento.

Cualquier electrodo de tungsteno de origen conocido tiene que garantizar al usuario un rendimiento consistente y sin problemas.

Resumen: la calidad del soldeo puede depender de la calidad del electrodo.

Riesgos para la salud

Numerosos organismos legislativos y consultivos advierten sobre los riesgos sanitarios (1, 2, 3, 12, 13) relacionados con el empleo de electrodos de soldeo que contengan óxidos refractarios.

Las advertencias mencionan la posible toxicidad y, en particular, el riesgo inherente a la inhalación de partículas de polvo desprendidas de los electrodos que contienen torio y producidas durante el repaso de la soldadura con una muela abrasiva.

El riesgo general pueden situarse en un contexto subjetivo si consultamos las características de los electrodos provistos de impurificadores (Tabla 1). Aunque todos los tipos mencionados puedan contener sustancias radioactivas, el nivel de riesgo es sustancialmente inferior en las variedades que incorporan zirconio, lantano, itrio y cerio, que en las toriadas.

Aunque no se haya prohibido el empleo de electrodos provistos de dopantes de torio, tanto los proveedores como los usuarios de estos productos están moralmente obligados a adoptar las precauciones adecuadas para su almacenaje y utilización.

Almacenaje

Siempre conviene dedicar un espacio de almacenaje exclusivamente para estos productos. Al pequeño usuario le bastará con un sencillo armario metálico; pero, si se trata de grandes consumidores, resultará más adecuado reservarles toda una sala. En cualquiera de los dos casos, las paredes del armario o de la sala deberán tener las características apropiadas para impedir la difusión de radiaciones gamma.

Utilización

Tiene que haber ventilación aspirante en el local en que se repasan las puntas de los electrodos, así como eliminación periódica del polvo superficial mediante aspiración. Los grandes trabajos de soldeo con electrodos toriados pueden exigir el empleo de un dispositivo dedicado exclusivamente a repasar las puntas. En estas circunstancias deberá implantarse un sistema de trabajo basado en extractores y mascarillas, con medidas apropiadas para la posterior eliminación del polvo (12).

Resumen: el empleo de electrodos toriados entraña un riesgo para la salud. La alternativa, representada por los electrodos con óxidos dopantes, es menos peligrosa.

Conclusiones

Respecto a la formación del arco, todos los electrodos provistos de óxidos dopantes brindan rendimientos superiores a los de tungsteno puro. En ciertas circunstancias definidas, es ventajoso utilizar los electrodos impurificadores de lantano y cerio, si bien los del tipo Multi Strike™ son los que ofrecen más ventajas.

La incorporación de cualquier óxido dopante refractario a los electrodos de tungsteno mejora la estabilidad del arco, aunque la máxima efectividad corresponde a los electrodos de tungsteno ceriados, o provistos de cerio con otros dopantes.

Las incorporaciones de impurificaciones de todos los tipos reducen la erosión de los electrodos en una u otra circunstancia, pero ningún dopante supera a los demás en todas las condiciones de trabajo.

La calidad del electrodo y su origen conocido pueden ser un factor a tener en cuenta.

Toda empresa obligada a producir soldaduras técnicamente complejas y que trabaje con arreglo a las normas ISO o similares, debería utilizar electrodos de tungsteno de origen conocido.

Como los electrodos toriados entrañan un riesgo sanitario, deberían utilizarse otros tipos de electrodos provistos de óxidos dopantes.

Referencias

1. Norma Británica BS 6678:1986
Electrodos de tungsteno para soldeo con arco protegido en gas inerte y para corte y soldeo con plasma.
2. Norma ISO 6848:1984
Electrodos de tungsteno para soldeo con arco protegido en gas inerte y para corte y soldeo con plasma.
3. Norma Británica BS 26848:1991
Características de los electrodos de tungsteno para soldeo con arco protegido en gas inerte y para corte y soldeo con plasma.
4. Electrodos de tungsteno del tipo Multi-Strike
Huntingdon Fusión Techniques Ltd, PE29 6EJ, Inglaterra
5. Castner H R
Nuevos tipos de electrodos de tungsteno para soldeo con arco en atmósfera inerte.
Edison Welding Institute
6. Matsuda y colaboradores
Estudio sobre electrodos de tungsteno para soldeo con arco en atmósfera inerte.
Study on Gas Tungsten Arc electrode
Trans Japan WRI: V15 No 1 1986 y V15 No 2 1986
7. Anderson P C J
Rendimiento de electrodos de tungsteno para soldeo en gas inerte
Informe 220177 (junio de 1993) del Welding Institute
8. Huntingdon Fusión Techniques
Pruebas de soldadura manual en aluminio con electrodos del tipo Multi-Strike
Pruebas de obra (mayo de 1999)
9. Winson y Turk
Estudio comparativo de electrodos de tungsteno toriados, zirconia-dos y puros
Suplemento del Welding Journal (marzo 1957)
10. Norma Estadounidense ANSI/AWS A5 12-92
Características de los electrodos de tungsteno y de aleaciones de tungsteno para soldeo y corte con arco
11. Directriz HSE 564/6 (Rev) del Consejo Británico de Sanidad y Seguridad Laboral Almacenaje y utilización de electrodos de tungsteno toriado.
12. Nota Orientativa EH 53 del Consejo Británico de Sanidad y Seguridad Laboral Mascarillas protectoras contra la radioactividad atmosférica.
13. Directriz 90/394/CEE del Consejo de Europa.
Protección del trabajador contra el riesgo derivado del contacto con productos cancerígenos en el lugar de trabajo. ■

MULTI-STRIKE™

ELECTRODOS DE TUNGSTENO



- Para mejorar la calidad, el aspecto y la productividad de sus soldaduras.
- Más cordones de soldadura por cada afilado y por cada electrodo
- No contienen elementos radioactivos
- Necesitan menor voltaje en el arco, menor calor aportado
- Empaquetado especial que garantiza la calidad, limpieza, trazabilidad de los electrodos
- Eliminado el Torio, elemento carcinógeno

Huntingdon pone a su disposición este nuevo electrodo, para que su empresa pueda beneficiarse de las nuevas tecnologías.

- No contiene material radioactivo
- Mejor distribución de los componentes
- Más y mejores soldaduras
- Menor cantidad de calor introducido

FUNCION DE TRABAJO

La función de trabajo de un metal ó aleación es la energía necesaria para trasladar un electron, desde el nivel de Fermi en el material, hasta un punto alejado de su superficie.

Este factor es importante en la soldadura TIG, ya que a menor función de trabajo de los componentes del electrodo de tungsteno, se necesitará menos voltaje para establecer el arco.

La función de trabajo del tungsteno es:

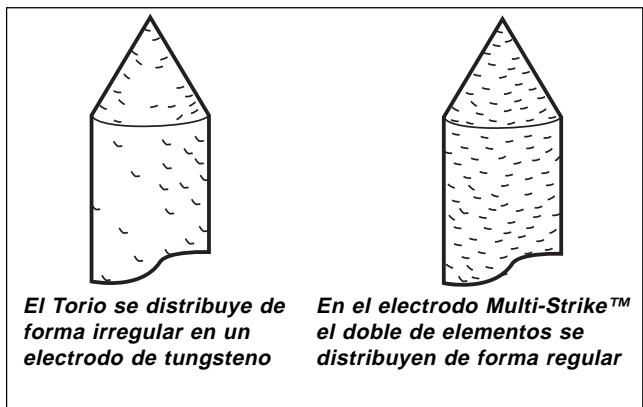
4,35 ev. la del Torio es de 3,4 ev.

y la del elemento que nosotros utilizamos es: de 2,9 ev.

SIN ELEMENTOS RADIOACTIVOS

Los electrodos Multi-Strike no contienen ningún elemento radioactivo, por lo tanto son una alternativa de gran calidad para el medio ambiente y la salud, cuando las autoridades ó la empresa se preocupan por los efectos nocivos del Torio y otros elementos radioactivos ó carcinógenos.

Huntingdon Fusion Techniques Limited se complacerá en atender a sus necesidades específicas. Consultenos.



DUPLICAR LA DURACION DEL ELECTRODO

El nuevo elemento que utilizamos en sustitución del Torio; tiene una densidad igual a la mitad de la de éste. Y no es radioactivo.

Por lo que el Multi-Strike, es doblemente eficaz en duración y no contiene ningún elemento radioactivo en su composición.

