
Clasificación de Electroodos para Soldadura

La mayoría de los electroodos para soldadura por arco se clasifican a partir de las propiedades del metal de aporte, que fueron clasificadas y estudiado por un comité asociado a la American Welding Society (A.W.S) y a la American Society Mechanical Engineers (ASME).

Como ya se ha expuesto en otros tutoriales, las características mecánicas de los aceros dependen en gran medida del tipo de aleación incorporada durante su fabricación. Por tanto, los electroodos de material de aporte empleados para soldadura se deberán seleccionar en función de la composición química del acero que se vaya a soldar.

Las diferentes características de operación de entre los electroodos existentes en el mercado son atribuidas al revestimiento que cubre al alambre del electroodo. Por otro lado, este alambre es generalmente del mismo tipo, acero al carbón AISI 1010 que tiene un porcentaje de carbono de 0.08-0.12C% para la serie de electroodos más comunes.

Por lo general los aceros se clasifican de acuerdo con su contenido de carbono, esto es, acero de bajo, mediano y alto contenido en carbono.

Normas de aplicación

La A W.S. y la A.S.M.E. son las máximas autoridades en el mundo de la soldadura que dictan las normas de clasificación de los electroodos para soldadura eléctrica que son más reconocidas internacionalmente.

En este tutorial se van a exponer los distintos criterios existentes para la clasificación de los electroodos, según la composición de los aceros a soldar y del tipo de proceso elegido.

Clasificación de electrodos para aceros al carbono

La especificación AWS A5.1, que se refiere a los electrodos para soldadura de aceros al carbono, trabaja con la siguiente designación para electrodos revestidos:

E XXYZ - 1 HZR

donde,

E, indica que se trata de un electrodo para soldadura eléctrica manual;

XX, son dos dígitos (ó tres si se trata de un número de electrodo de cinco dígitos) que designan la mínima resistencia a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura, del metal depositado, en Ksi (Kilo libras/pulgada², como se indican en los ejemplos siguientes:

E 60XX ... 62000 lbs/pulg² mínimo (62 Ksi)

E 70XX ... 70000 lbs/pulg² mínimo (70 Ksi)

E110XX ... 110000 lbs/pulg² mínimo (110 Ksi)

Y, el tercer dígito indica la posición en la que se puede soldar satisfactoriamente con el electrodo en cuestión. Así si vale 1 (por ejemplo, E6011) significa que el electrodo es apto para soldar en todas posiciones (plana, vertical, techo y horizontal), 2 si sólo es aplicable para posiciones planas y horizontal; y si vale 4 (por ejemplo E 7048) indica que el electrodo es conveniente para posición plana, pero especialmente apto para vertical descendente.

Z, el último dígito, que está íntimamente relacionado con el anterior, es indicativo del tipo de corriente eléctrica y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo, e identifica a su vez el tipo de revestimiento, el que es calificado según el mayor porcentaje de materia prima contenida en el revestimiento. Por ejemplo, el electrodo E 6010 tiene un alto contenido de celulosa en el revestimiento, aproximadamente un 30% o más, por ello a este electrodo se le califica como un electrodo tipo celulósico.

A continuación se adjunta una tabla interpretativa para el último dígito, según la clasificación AWS de electrodos:



Última cifra	Tipo de corriente	Tipo de Revestimiento	Tipo de Arco	Penetración
E XX10	CCPI Polaridad inversa	Orgánico ⁽¹⁾	Fuerte	Profunda ⁽²⁾
E XX11	CA ó CCPI Polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda
E XX12	CA ó CCPD Polaridad directa	Rutilo	Mediano	Mediana
E XX13	CA ó CC Ambas polaridades	Rutilo	Suave	Ligera
E XX14	CA ó CCPI Polaridad inversa	Rutilo	Suave	Ligera
E XX15	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX16	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX17	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Suave	Mediana
E XX18	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana

Por otro lado, los códigos para designación que aparecen después del guión son opcionales e indican lo siguiente:

1, designa que el electrodo (E 7016, E 7018 ó E 7024) cumple con los requisitos de impacto mejorados E y de ductilidad mejorada en el caso E 7024;

HZ, indica que el electrodo cumple con los requisitos de la prueba de hidrógeno difusible para niveles de "Z" de 4.8 ó 16 ml de H₂ por 100gr de metal depositado (solo para electrodos de bajo hidrógeno).

R, indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de absorción de humedad a 80°F y 80% de humedad relativa (sólo para electrodos de bajo hidrógeno).

3- Clasificación de electrodos para aceros de baja aleación

La especificación AWS A5.5. que se aplica a los electrodos para soldadura de aceros de baja aleación utiliza la misma designación de la AWS A5.1. con excepción de los códigos para designación que aparecen después del guión opcionales. En su lugar, utiliza sufijos que constan de una letra o de una letra y un número (por ejemplo A1, B1, B2, C1, G, M, etc.), los cuales indican el porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura, de acuerdo al siguiente cuadro:

A1	0.5% Mo
B1	0.5% Cr, 0.5% Mo
B2	1.25% Cr, 0.5% Mo
B3	2.25% Cr, 1.0% Mo
B4	2.0% Cr, 0.5% Mo
B5	0.5% Cr, 1.0% Mo
C1	2.5% Ni
C2	3.25% Ni
C3	1.0% Ni, 0.35% Mo, 0.15% Cr
D1 y D2	0.25-0.45% Mo, 1.75% Mn
G(*)	0.5% mín. Ni, 0.3% mín. Cr, 0.2% mín Mo, 0.1% mín. V, 1.0% mín Mn

(*) Solamente se requiere un elemento de esta serie para alcanzar la clasificación G.

A continuación se adjunta una tabla resumen donde se indica el tipo de corriente y revestimiento del electrodo según la norma AWS:

Clasificación AWS	Tipo de Revestimiento	Posición de soldeo	Corriente eléctrica
E 6010	Alta celulosa, sodio	F, V, OH, H	CC (+)
E 6011	Alta celulosa, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC(+)
E 6012	Alto titanio, sodio	F, V, OH, H	CA, CC (-)
E 6013	Alto titanio, potasio	F, V, OH, H	CA, CC (+) ó CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	H-Filete	CA, CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7014	Hierro en polvo, titanio	F, V, OH, H	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7015	Bajo hidrógeno, sodio	F, V, OH, H	CC (+)
E 7016	Bajo hidrógeno, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC (+)



E 7018	Bajo hidrógeno, potasio, hierro en polvo	F, V, OH, H	CA ó CC (+)
E 7018M	Bajo hidrógeno, hierro en polvo	F, V, OH, H	CC (+)
E 7024	Hierro en polvo, titanio	H-Filete, F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	H-Filete	CA, CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7028	Bajo hidrógeno, potasio	H-Filete, F	CA ó CC (+)
E 7028	Hierro en polvo		
E 7048	Bajo hidrógeno, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC (+)
E 7047	Hierro en polvo	F, V, OH, HV- Descendente	

Según las normas AWS las posiciones de soldeo son:

F: plana;

H: horizontal;

H-Filete: filete horizontal;

V-Descendente: vertical descendente;

V: vertical;

OH: techo ó sobrecabeza.

Clasificación de electrodos para aceros inoxidables

La especificación AWS A5.4 dicta las normas de clasificación de electrodos para soldar aceros inoxidables. Como los casos anteriores, el sistema de clasificación de estos electrodos también es numérico.

Como muestras de clasificación de estos tipos de electrodos son, por ejemplo, E 308-15, ó E 310-16

Antes de entrar en la explicación del sistema, es conveniente resaltar que los aceros inoxidables sean identificados de acuerdo a lo que indica la AISI. Así por ejemplo, el acero inoxidable AISI 310 corresponde a un acero cuya composición química es del 25% de Cr y el 20% de Ni, entre sus elementos principales.

La especificación AWS A5.4, que se refiere a los electrodos para soldadura de aceros inoxidables, trabaja con la siguiente designación para electrodos revestidos:

E XXX-YZ

donde,

E, indica que se trata de un electrodo para soldadura por arco;

XXX, indica la numeración que se corresponde a la Clase AISI de acero inoxidable, para el cual está destinado el electrodo.

Y, el penúltimo número indica la posición en que puede utilizarse. Así de los ejemplos E 308-15, ó E 310-16, el "1" indica que el electrodo es apto para todas las posiciones.

Z, el último número de los ejemplos anteriores (5 y 6) señala el tipo de revestimiento, la clase de corriente y la polaridad a utilizarse, en la forma siguiente:

5: significa que el electrodo tiene un revestimiento alcalino que debe utilizarse únicamente con corriente continua y polaridad inversa (el cable del porta-electrodo al polo positivo);

6: significa que el electrodo tiene un revestimiento de titanio, que podrá emplearse con corriente alterna o corriente continua. En caso de utilizarse con corriente continua ésta debe ser con polaridad inversa (el cable del porta-electrodo al polo positivo).

En algunos casos se podrá encontrar que en la denominación del electrodo aparece un índice adicional al final con las letras ELC, que significa que el depósito del electrodo tiene un bajo contenido de carbono (E: extra; L: bajo/low ; C: carbono).

Clasificación de electrodos para metales no ferrosos



Biblioteca Calderas del Norte SA Steam Boiler
P.O. Box 66478
Mexico, Df
Tel: 01800-849-8459
Inspection and Insurance Co.
Nex: 0181-83218290
Internet: <http://www.calderasdelnorte.com>

La especificación AWS A5.15 dicta las normas de clasificación de electrodos para soldar metales no ferrosos.

En este caso el sistema de clasificación de estos electrodos es simbólico, es decir, que se indica el símbolo químico del elemento o elementos metálicos predominantes en el análisis del núcleo metálico del electrodo.

El sistema utiliza el prefijo E, que significa que el producto es un electrodo para soldar, seguido de los elementos considerados significativos.

Por ejemplo E Cu Sn A, los símbolos indican que el electrodo está compuesto básicamente de cobre (Cu) y estaño (Sn).

Por último, el caso concreto para soldadura de hierro fundido, la denominación del electrodo termina con las letras CI. Por ejemplos, E ni-CI, E ni Fe-CI, etc.

Clasificación de electrodos y flujos para arco sumergido

Normas para electrodos

La especificación AWS A5.17 dicta las normas de clasificación de electrodos por proceso de arco sumergido para aceros al carbono.

Esta especificación identifica los electrodos con el prefijo E (electrodo para arco eléctrico), seguido de la letra que indica el contenido de manganeso y que puede ser L (bajo), M (medio) ó H (alto).

A continuación sigue uno o dos dígitos que dan el contenido nominal de carbono en centésima de porcentaje.

Finalmente, algunos electrodos traerán una letra K para significar que es un producto obtenido de un acero calmado al silicio.

Las propiedades mecánicas del depósito dependen del fundente que se use con cada electrodo.

La denominación completa del fundente y electrodo puede ser, por ejemplo, la siguiente:

F6A2 EM12K

donde cada término significa:

F: Fundente.

6: 60.000 Psi de resistencia a la tracción mínima.

A: Propiedades mecánicas obtenidas sin tratamiento post soldadura (as welded).

2: Resistencia al impacto de 27 mínimo a 20°F.

E: Electrodo.

M: Contenido medio de manganeso.

12: 0.12% de carbono (nominal).

K: Acero calmado.

Electrodo AWS	Composición Química (%)			
	Carbono	Manganeso	Silicio	Otros
EL 8	a 0,10	0,30-0,55	0,05	0,5
EL 8 K	a 0,10	0,30-0,55	0,10-0,20	0,5
EL 12	0,07-0,15	0,35-0,60	0,05	0,5
EM 5 K	0,06	0,90-1,40	0,4-0,7	0,5
EM 12	0,07-0,15	0,85-1,25	0,05	0,5
EM 12 K	0,07-0,15	0,85-1,25	0,15-0,35	0,5
EM 13 K	0,07-0,19	0,90-1,40	0,45-0,70	0,5
EM 15 K	0,12-0,20	0,85-1,25	0,15-0,35	0,5
EH 14	0,10-0,18	1,75-2,25	0,05	0,5

Normas para flujos

La norma para fundentes identifica los flujos con el prefijo F (de flujo), seguido de dos dígitos, que representan los valores medios de resistencia a la tracción y su especificación bajo condiciones de impacto. A continuación se añaden cuatro dígitos adicionales que representan el electrodo en la combinación para determinar las propiedades.

Se adjunta tabla representativa:

Flujos AWS	Resistencia a la tracción, psi	Límite de fluencia (0,2%), psi	Elongación en 2" %	Charpa-V pie/lb.
F60-XXXX	62000 a 80000	50000	22	No requiere
F61-XXXX				20 a 0°F
F62-XXXX				20 a 20°F
F63-XXXX				20 a 40°F
F64-XXXX				20 a 60°F
F70-XXXX	72000 a 95000	60000	22	No requiere
F71-XXXX				20 a 0°F
F72-XXXX				20 a 20°F
F73-XXXX				20 a 40°F
F74-XXXX				20 a 60°F

Clasificación de electrodos para soldaduras al arco con gas

La especificación AWS A5.18 dicta las normas de clasificación del material de aporte para procesos de soldadura con protección gaseosa (MIG/MAG, TIG y plasma). En este caso, los electrodos se denominan de la siguiente forma:

ERXX-SX

donde cada término significa lo siguiente:

E: indica electrodo para soldadura por arco (sólo caso MIG/MAG).

R: indica aporte que funde por un medio diferente que el que conduce la corriente del arco eléctrico (sólo caso TIG y plasma).

XX: indica la resistencia a la tracción nominal del depósito de soldadura (igual para todos los casos).

S: indica que el electrodo es sólido.

X: último número que indica la composición química del electrodo.

Se adjunta la siguiente tabla representativa de lo anteriormente explicado:

AWS Clasificación	Gas Protector	Corriente y Polaridad	Resistencia a la Tracción
GRUPO A: ELECTRODOS DE ACERO DE BAJO CARBONO			
E 60S-I	Argón-Ia 5% O ₂	C.C. Polaridad Inversa	62 000
E 60S-2	Argón-Ia 5% O ₂ ó CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	62 000
E 60S-3	Argón-Ia 5% O ₂ ó CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	62 000
E 70S-4	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70S-5	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70S-6	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 80S-G	No especifica	No especifica	72 000
GRUPO B: ELECTRODOS DE BAJA ALEACIÓN			
E 70S - IB	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70S - GB	No especifica	No especifica	72 000
GRUPO C: ELECTRODOS EMISIVOS			



Biblioteca Calderas del Norte SA Steam Boiler

P.O. Box 66478

Mexico, Df

Tel: 01800-849-8459

Inspection and Insurance Co.

Nex: 0181-83218290

Internet: <http://www.calderasdelnorte.com>

E 70 U-I	Argón-Ia 5% O ₂ ó Argón	C.C. Polaridad Directa	72 000
ELECTRODOS TUBULARES			
E 70T-I	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-2	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-3	Ninguno	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-4	Ninguno	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-5	CO ₂ Ninguno	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-G	No especifica	No especifica	72 000