

Aceros al Carbono

INDICE

22.1. Composición química del acero.....	442
22.2. Soldabilidad de los aceros.....	443
22.2.1. Efecto del hidrógeno	444
22.3. Tipos de aceros al carbono	444
22.3.1. Aceros de bajo contenido en carbono	444
22.3.2. Aceros de contenidos medios en carbono	444
22.3.3. Aceros de alto contenido en carbono	445
22.4. Tratamiento térmico postsoldeo	446
22.5. Soldeo por arco con electrodo revestido.....	446
22.6. Soldeo TIG.....	449
22.7. Soldeo MAG	451
22.8. Soldeo por arco con alambre tubular	453
22.9. Soldeo por arco sumergido	455
22.10. Soldeo oxigás	459
22.11. Soldeo fuerte	459

22.1. Composición Química del Acero

Los aceros que se emplean en la industria son aleaciones y no metales puros como el hierro, el oro, la plata, el estaño... De sus numerosos componentes **el hierro** es el elemento que entra en mayor proporción y **el carbono** el que ejerce influencia más decisiva en sus propiedades, características y tratamientos.

El hierro es un elemento metálico capaz de alearse con el carbono desde el 0% al 6,67% de este elemento.

Según el contenido en carbono varían sus propiedades y características. Así, en la práctica, con un contenido en carbono inferior al 1,7% se conoce la aleación con el nombre de **acero**, material duro y elástico capaz de absorber impactos y que puede deformarse y extenderse en forma de alambres y chapas (figura 22.1).

Cuando el contenido en carbono es superior al 1,7%, la aleación recibe el nombre de **fundición**, material extremadamente duro y quebradizo que no puede ser deformado ni extendido en forma de alambres o chapas (figura 22.1).

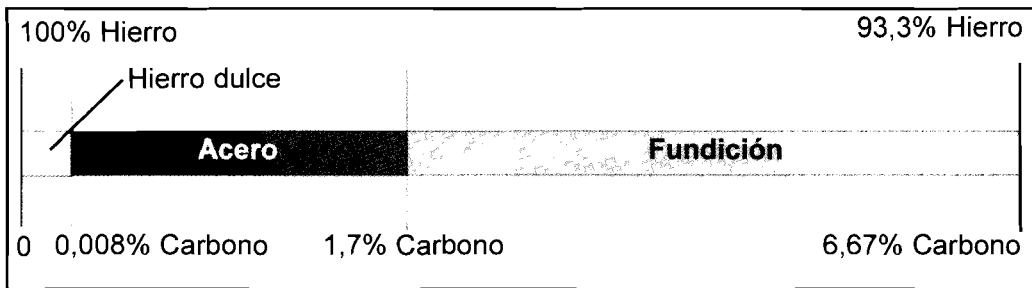


FIGURA 22.1: DIFERENCIA ENTRE ACERO Y FUNDICIÓN POR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA

El acero es uno de los materiales más utilizados debido a sus propiedades; existen muchas variedades de aceros: aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros al cromo-molibdeno, aceros al carbono-manganeso, aceros de herramientas, aceros inoxidable, aceros para muelles, etc. que se distinguen por su composición química y propiedades. Sin embargo, se pueden obtener diferentes propiedades y características de un acero con una determinada composición química tratándolo térmicamente.

Los **aceros al carbono**, también denominados no aleados, poseen en su composición hierro, carbono, pequeñas cantidades de manganeso (normalmente inferiores al 1,6%) y silicio (normalmente por debajo del 0,55%), como impurezas poseen fósforo y azufre, el contenido de estos elementos actualmente está limitado a un máximo del 0,035% por ser sumamente perjudiciales. Estos aceros suelen

tener un límite elástico inferior a 355 N/mm² y una carga de rotura inferior a 520 N/mm², estando su alargamiento comprendido entre el 10% y el 30%.

22.2. Soldabilidad de los Aceros

El principal problema que se puede encontrar al realizar el soldeo de un acero es la posibilidad de que se produzca el temple de la zona fundida y/o de la zona afectada térmicamente, con el endurecimiento y pérdida de tenacidad que ello supone y por tanto con la posibilidad de producción de grietas.

Al realizar una soldadura sólo se calienta una zona de la pieza, la cual se enfría mucho más rápidamente que si se hubiera calentado toda ella, debido a que la zona que permanece fría facilitará la transmisión del calor y el enfriamiento de la zona calentada a gran velocidad, se puede producir un endurecimiento y la formación de grietas.

Por tanto, la soldabilidad de los aceros es tanto peor cuanto:

- Mayor sea el contenido en carbono y elementos de aleación del acero, ya que mayor será su facilidad para temprar y por tanto más fácilmente se producirán grietas.
- Mayor sea la velocidad de enfriamiento de la pieza. La pieza enfriará más rápidamente cuanto:
 - Mayor sea el espesor de la pieza.
 - Mayor sea el número de caminos que tiene el calor para disiparse. Por ejemplo, una soldadura en ángulo se enfriará más rápidamente que una soldadura a tope porque el calor puede transmitirse a través de más caminos, ver figura 22.2.
 - Menor sea la temperatura inicial de la pieza. Para reducir la velocidad de enfriamiento a veces se precalienta el acero. Siempre será necesario que la temperatura mínima de las piezas entre pasadas sea la de precalentamiento.
 - Menor sea el aporte térmico. Por esta razón algunas veces se requieren aportes térmicos elevados para lo que se utilizarán: electrodos de gran diámetro, altas intensidades y velocidades de desplazamiento. El aporte térmico, sin embargo, nunca debe ser excesivo.

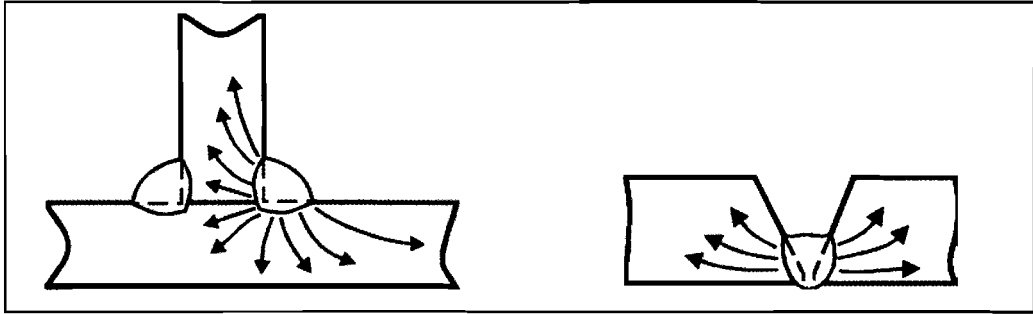


FIGURA 22.2: COMPARACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE CALOR EN UNA SOLDADURA EN ÁNGULO Y EN UNA A TOPE

22.2.1. Efecto del hidrógeno

Durante el soldeo se puede introducir hidrógeno en el cordón de soldadura y en la ZAT, este hidrógeno puede causar grietas sobre todo cuando el acero ha endurecido. Por esta razón es necesario muchas veces realizar el soldeo con electrodos básicos (de bajo contenido en hidrógeno) perfectamente secos. En general los procesos protegidos con gas introducen menores cantidades de hidrógeno; sin embargo eso no significa que no se requiera ninguna precaución cuando se realiza el soldeo con estos procesos.

22.3. Tipos de Aceros al Carbono

22.3.1. Aceros de bajo contenido en carbono

En este grupo se encuentran los aceros con carbono menor de 0,15% y manganeso menor de 0,8%.

Estos aceros no suelen endurecerse durante el soldeo, por lo que no suelen requerir ningún tipo de precaución especial para prevenir la formación de grietas.

Sin embargo, cuando se suelden piezas de grandes espesores (mayores de 100 mm), puede ser necesario utilizar electrodos de bajo contenido en hidrógeno (básicos) o un ligero precalentamiento para asegurarse de que no se producirán grietas.

22.3.2. Aceros de contenidos medios en carbono

En este grupo se encuentran los:

- aceros con carbono mayor de 0,15%, pero menor de 0,25% y manganeso menor de 0,8%.
- aceros al carbono manganeso con contenidos en carbono menores del 0,2% y manganeso menor del 1,4%.

En estos aceros se utilizarán electrodos básicos o procesos que favorezcan el bajo contenido en hidrógeno, como por ejemplo TIG y MAG. También se podrá incrementar el aporte térmico mediante bajas velocidades o electrodos de gran diámetro. Cuando el espesor de la pieza sea elevado, o sea imprescindible utilizar electrodos de pequeño diámetro, se precalentarán las piezas.

22.3.3. Aceros de alto contenido en carbono

En este grupo se encuentran los aceros al carbono manganeso con contenidos en carbono mayores del 0,25% e inferiores al 1% con contenidos de manganeso mayores del 1%.

Estos aceros tienen mayor tendencia a endurecer y se deberán utilizar procesos o electrodos de bajo hidrógeno, así como precalentamientos y temperaturas entre pasadas de hasta 350° C. En algunos casos se puede evitar el precalentamiento si se utiliza un proceso de alto aporte térmico; sin embargo, los procesos de alto aporte térmico deben aplicarse con cuidado sobre todo en las primeras pasadas.

En la tabla 22.1 se resume lo anteriormente indicado.

Tipo de acero	Aplicaciones típicas	Precauciones durante el soldeo
Bajo carbono C < 0,15% Mn < 0,8%	Chapas, flejes, electrodos, perfiles, barras, acero estructural	Normalmente ninguna
Medio carbono 0,15% < C < 0,25% y Mn < 0,8% C < 0,2% y Mn < 1,4%	Elementos de máquinas. Herramientas	Se recomiendan electrodos básicos o procesos protegidos por gas (TIG, MAG). Puede requerirse precalentamiento en las piezas de gran espesor o cuando se utilicen electrodos de pequeño diámetro
Alto carbono 0,25% < C < 1% y Mn > 1%	Muelles, troqueles, moldes, railes	Precalentamiento (250-350° C). Puede no requerirse precalentamiento con procesos de alto aporte térmico (electrodos gruesos)

TABLA 22.1: PRECAUCIONES DURANTE EL SOLDEO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ACERO

22.4. Tratamiento Térmico Postsoldeo

Los aceros de contenido medio y alto en carbono suelen requerir tratamiento térmico postsoldeo, para lo cual se puede trasladar la pieza antes de que se enfríe a un horno donde permanecerá a la temperatura especificada el tiempo adecuado. Si no es posible realizar el tratamiento inmediatamente, se deberá mantener a la temperatura de precalentamiento durante 2 -3 horas por cada 25 mm de espesor.

22.5. Soldeo por Arco con Electrodo Revestido

Este es un proceso muy utilizado para los aceros al carbono. En las figuras 22.3 y 22.4 se indican las designaciones de los electrodos revestidos según AWS y EN. Como regla general, se utilizarán electrodos con cargas de rotura iguales a los del metal base, por tanto los electrodos E 60 XX (según AWS) se utilizarán para aceros de bajo y medio contenido en carbono, los electrodos E 70 XX para aceros de mayor resistencia. Cuando el acero es de alto contenido en carbono a veces se utilizan electrodos de baja aleación (ver capítulo 23). Los electrodos básicos se utilizarán para los aceros de medio y alto carbono; en este caso se deberán emplear perfectamente secos por lo que se secarán en hornos a la temperatura recomendada por el fabricante.

Ejemplos de designación según ANSI/AWS A5.1-91:

- E 7016: Electrodo básico que se emplea en cualquier posición con CCEP ó CA, cuya carga de rotura es 70 Ksi = 482 MPa.
- E 6013: Electrodo de rutilo que se emplea en cualquier posición con CCEP, CCEN o CA, cuya carga de rotura es 60 Ksi = 414 MPa
- E 7018: Electrodo básico de gran rendimiento para soldeo en todas las posiciones con corriente continua electrodo positivo o corriente alterna. Carga de rotura 70 Ksi = 482 MPa.

1. La designación de un electrodo o varilla según EN o AWS consiste en una serie de letras o números. Cada uno de ellos representa una propiedad característica del material de aportación, o del metal de soldadura que se obtiene con ese metal de aportación

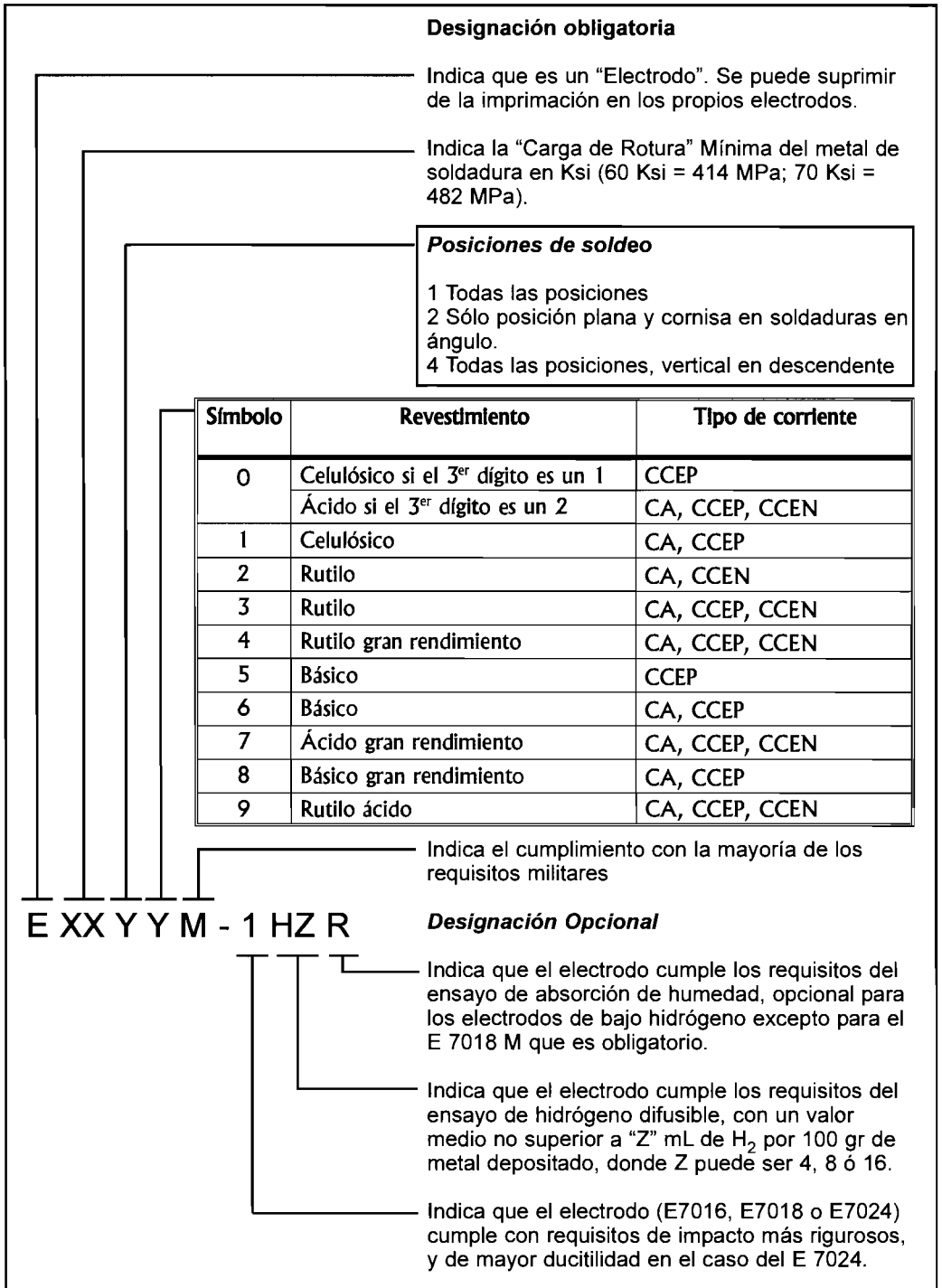


FIGURA 22.3: DESIGNACION Y CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS PARA EL SOLDEO DE ACEROS AL CARBONO DE ACUERDO CON ANSI/AWS A5.1-91

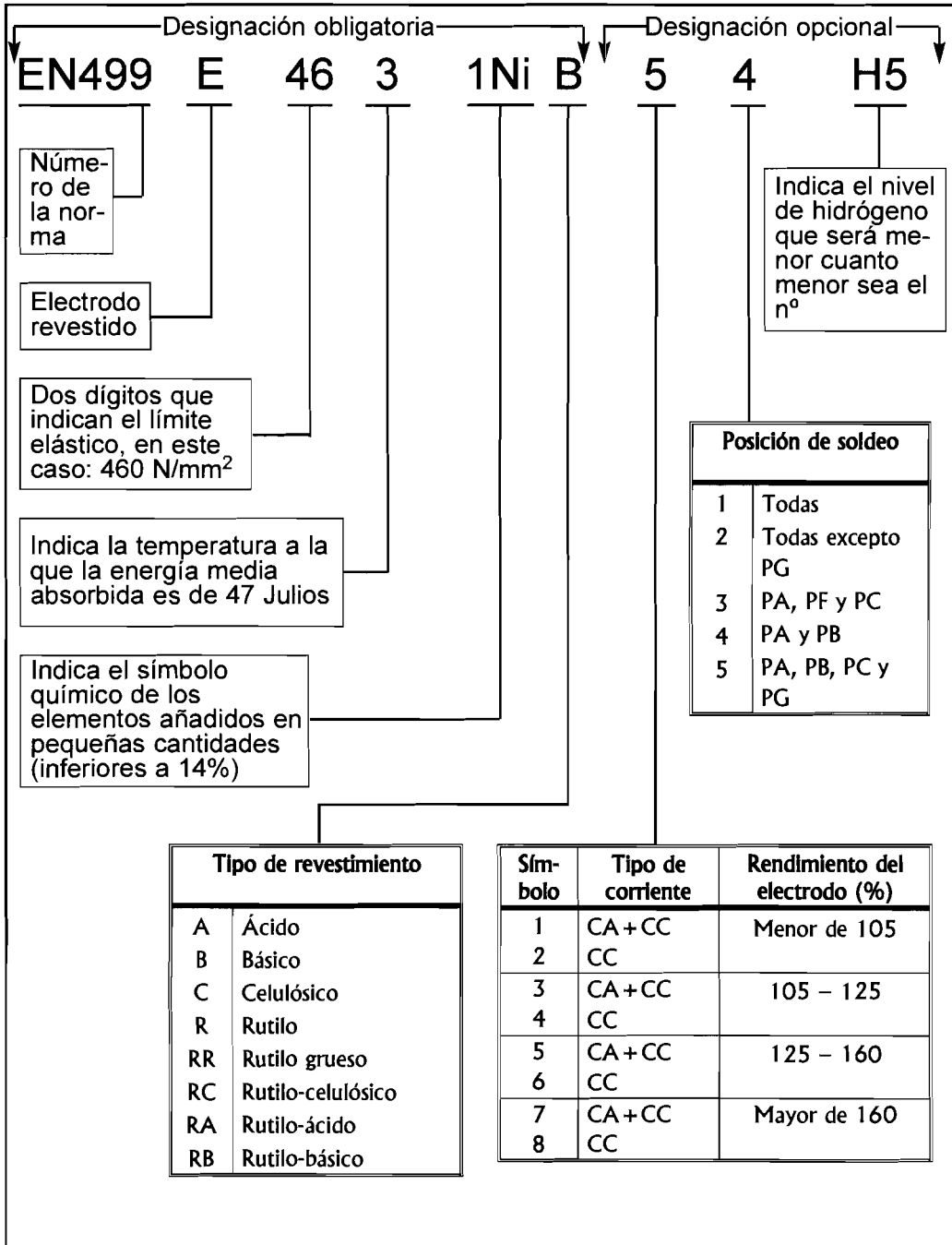


FIGURA 22.4: DESIGNACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS POR EL SOLDEO DE ACEROS NO ALEADOS DE ACUERDO CON UNE-EN 499:1995

Ejemplo de designación según UNE-EN 499:

- EN 499 E 46 3 1 Ni B 5 4 H5

Electrodo de 460 N/mm² de límite elástico y una energía promedio al impacto mínima de 47 J a -30°C, con adiciones del 0,6 - 1,2% de Níquel (Ni), básico, con un rendimiento del 125 al 160%, que se puede utilizar tanto en corriente alterna como en corriente continua, para posiciones PA y PB y el hidrógeno no excede de 5 ml/100 g de metal depositado.

22.6. Soldeo TIG

La calidad de las soldaduras TIG de aceros al carbono está más influida por las impurezas del metal base (grasa, aceites, polvo, óxidos) o por la calidad del metal base que en las soldaduras obtenidas con otros procesos, como soldeo con electrodos revestidos o por arco sumergido. Esto es debido a que en el proceso TIG no existen fundentes que retengan dichas impurezas.

La designación americana AWS de las varillas de aportación es la misma que la de los alambres para soldeo MIG/MAG de acuerdo con la norma ANSI/AWS A5.18, ver figura 22.5. La norma europea EN diferencia las designaciones de los dos procesos, siendo la aplicable al TIG la UNE-EN 1668 (ver figura 22.6).

El argón es el gas de protección más utilizado, pudiéndose añadir helio para espesores mayores de 12 mm. No se necesita gas de respaldo para el soldeo de estos aceros. En la tabla 22.2 se indican los gases recomendados.

Espesor de piezas	Tipo de corriente	Electrodo de wolframio	Gas de protección
Menor de 3 mm	Alterna	Volframio puro o con circonio EWP, EWZr-1	Argón
Todos	Corriente continua, electrodo negativo	Con torio EWTh-2	Argón Argón + Helio

TABLA 22.2: GASES DE PROTECCIÓN Y TIPOS DE CORRIENTE UTILIZADOS EN EL SOLDEO TIG DE ACEROS AL CARBONO

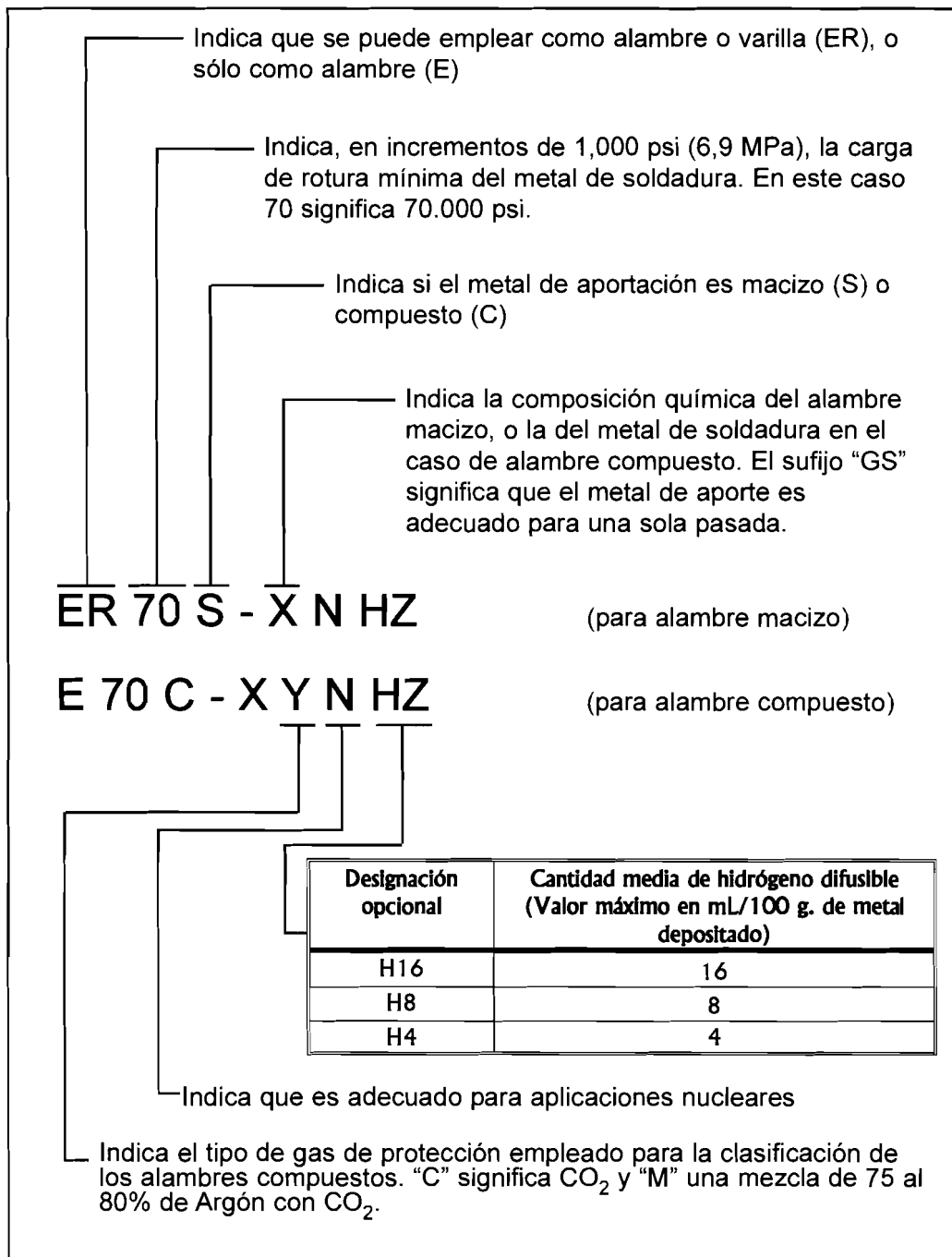


FIGURA 22.5: CLASIFICACIÓN DE LOS ALAMBRES Y VARILLAS PARA EL SOLDEO PROTEGIDO CON GAS DE ACEROS AL CARBONO DE ACUERDO CON ANSI/AWS

A5.18-93

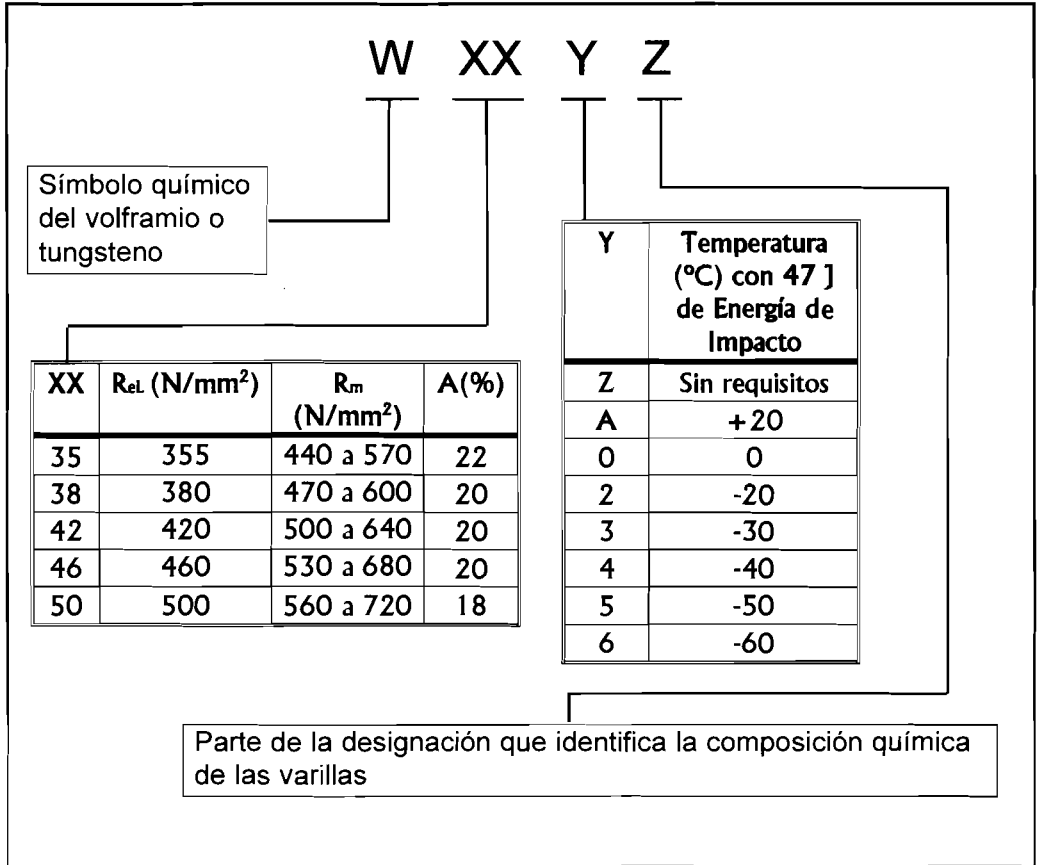


FIGURA 22.6: DESIGNACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARILLAS, ALAMBRES Y DEPÓSITOS PARA SOLDEO TIG, DE ACUERDO CON UNE-EN 1668:1997 UTILIZANDO EN 439-I1 (100% ARGÓN) COMO GAS DE PROTECCIÓN

22.7. Soldeo MAG

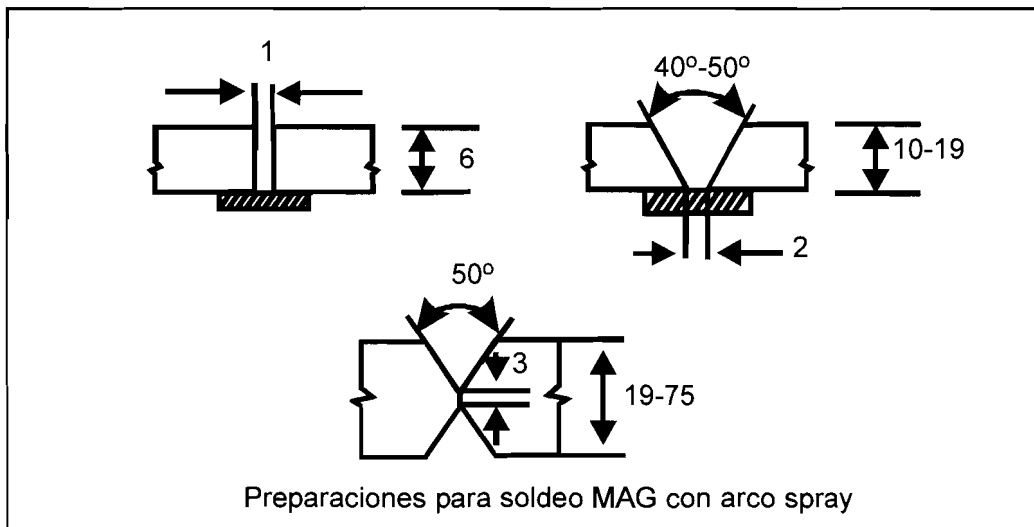
Para acero al carbono siempre se utilizan gases de protección activos (ver tabla 22.3) por lo que el proceso de soldeo se denomina MAG.

Transferencia en cortocircuito	Transferencia en spray	Transferencia con arco pulsado
CO ₂	Argón + 1-8% Oxígeno	Argón + 2-8% Oxígeno
Argón + 15-25% CO ₂	Argón + 5-20% CO ₂	Argón + 5-20% CO ₂
Argón + 50% CO ₂	Argón + CO ₂ + O ₂	Argón + CO ₂ + Oxígeno
Ar + CO ₂ + O ₂		

TABLA 22.3: GASES DE PROTECCIÓN PARA SOLDEO MAG DE LOS ACEROS AL CARBONO

Los gases más utilizados para el soldeo MAG del acero al carbono son: CO₂, argón + CO₂ y argón + oxígeno; su selección depende del tipo de transferencia y de la composición del alambre. Uno de los gases más utilizados es el 85/15 formado por un 85% argón y un 15% de CO₂. Se utiliza el dióxido de carbono (CO₂) para los aceros de bajo y medio contenido en carbono, en la tabla 22.3 se indican los gases en función de la transferencia de metal.

Se disminuirán las intensidades y voltajes para posiciones bajo techo. Para transferencias spray se deberá cambiar de gas (ver tabla 22.3) y se recomiendan las siguientes preparaciones.



La norma europea que clasifica a los alambres y depósitos para soldeo por arco con protección gaseosa de los aceros no aleados y de grano fino es la UNE-EN 440, ver figura 22.7

22.8. Soldeo por Arco con Alambre Tubular

Se puede utilizar con o sin protección gaseosa, aunque normalmente con gas de protección se obtienen mejores resultados. No se deberá utilizar un alambre diseñado para soldar con protección gaseosa sin gas de protección. Tampoco se debe utilizar un alambre para pasada simple en procesos de pasadas múltiples.

Los gases de protección utilizados son CO_2 y $\text{CO}_2 + \text{Ar}$.

Normalmente la polaridad empleada es la inversa (CCEP), sin embargo a veces se puede utilizar polaridad directa (CCEN) con electrodos con fundente básico y para realizar recargues.

La norma europea donde se clasifican es la UNE-EN 758, ver figura 22.8, y la americana la ANSI/AWS A5.20, ver figura 22.9.

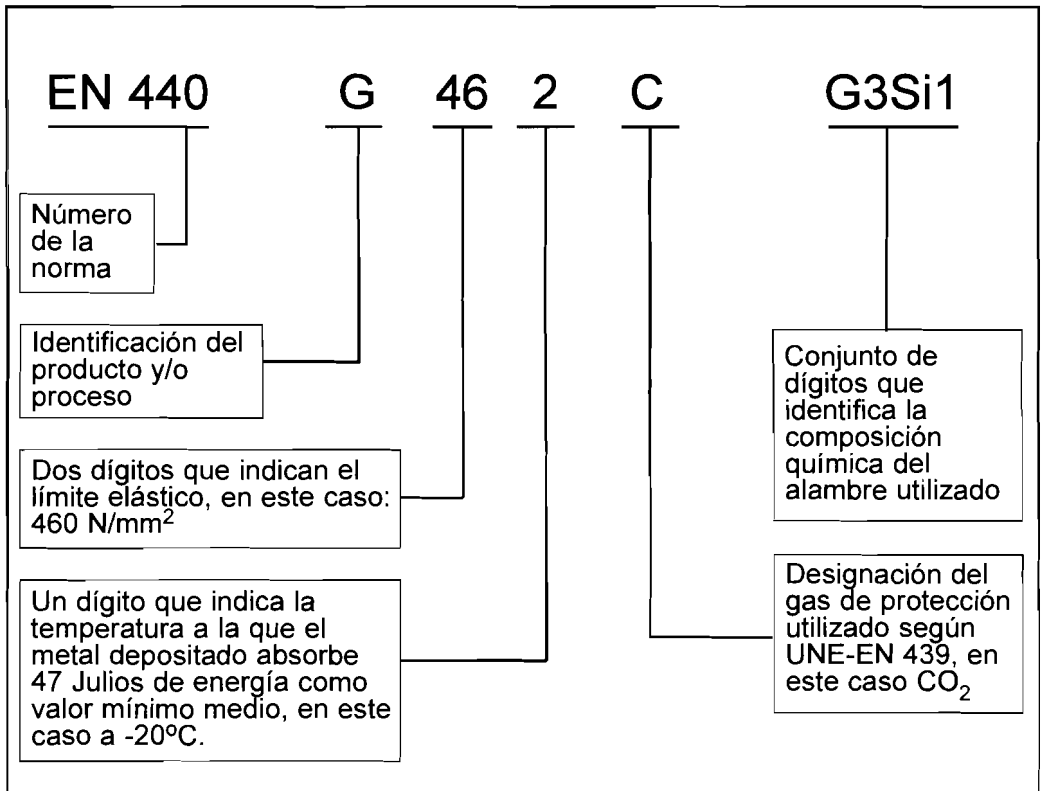


FIGURA 22.7: CLASIFICACIÓN DE LOS ALAMBRES DE DEPÓSITOS PARA SOLDEO POR ARCO CON PROTECCIÓN GASEOSA DE LOS ACEROS NO ALEADOS Y DE GRANO FINO SEGUN UNE-EN 440:1995

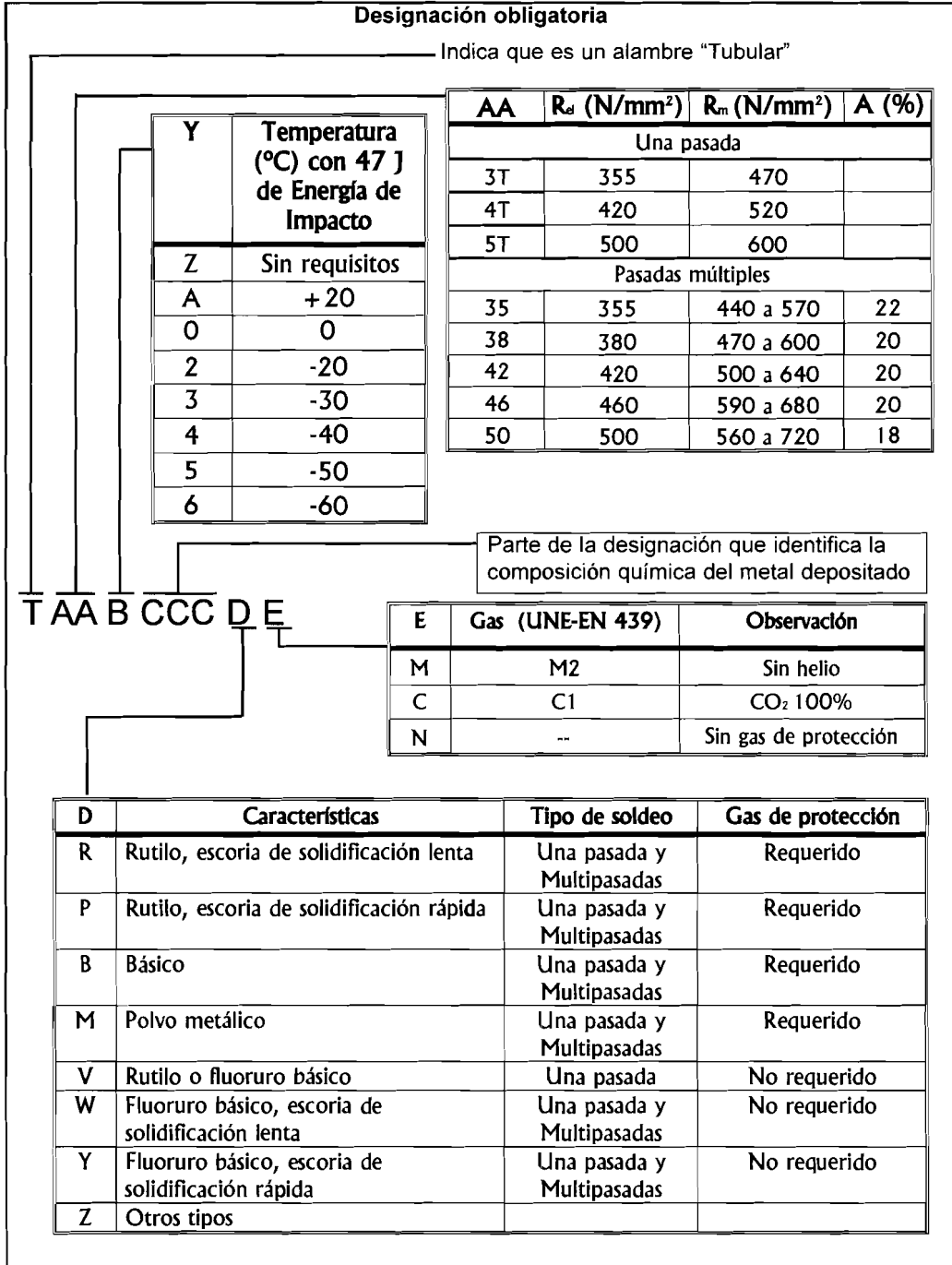


FIGURA 22.8: CLASIFICACIÓN DE LOS ALAMBRES TUBULARES PARA EL SOLDEO POR ARCO CON Y SIN GAS DE PROTECCIÓN DE LOS ACEROS NO ALEADOS Y DE GRANO FINO DE ACUERDO CON UNE-EN 758:1997

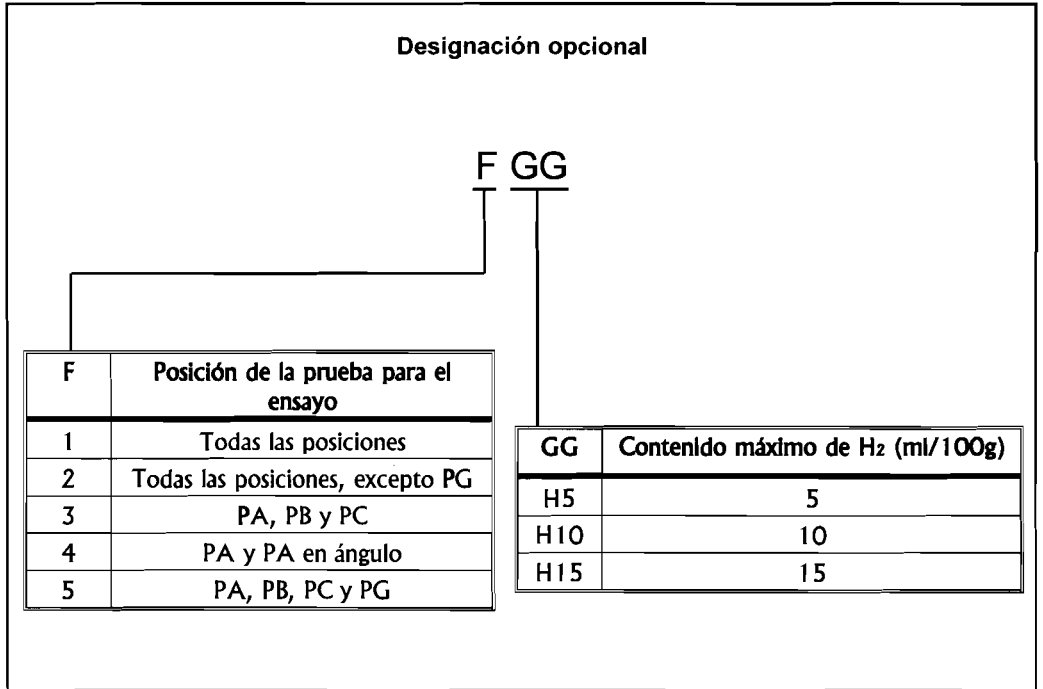


FIGURA 22.8 (CONTINUACIÓN): CLASIFICACIÓN DE LOS ALAMBRES TUBULARES PARA EL SOLDEO POR ARCO CON Y SIN GAS DE PROTECCIÓN DE LOS ACEROS NO ALEADOS Y DE GRANO FINO DE ACUERDO CON UNE-EN 758:1997

22.9. Soldeo por Arco Sumergido

Las designaciones de los alambres y fundentes se encuentran en las normas ANSI/AWS A5.17, (ver figura 22.10), UNE-EN 756 (ver figura 22.11) y UNE-EN 760. Es muy importante mantener el fundente seco y limpio.

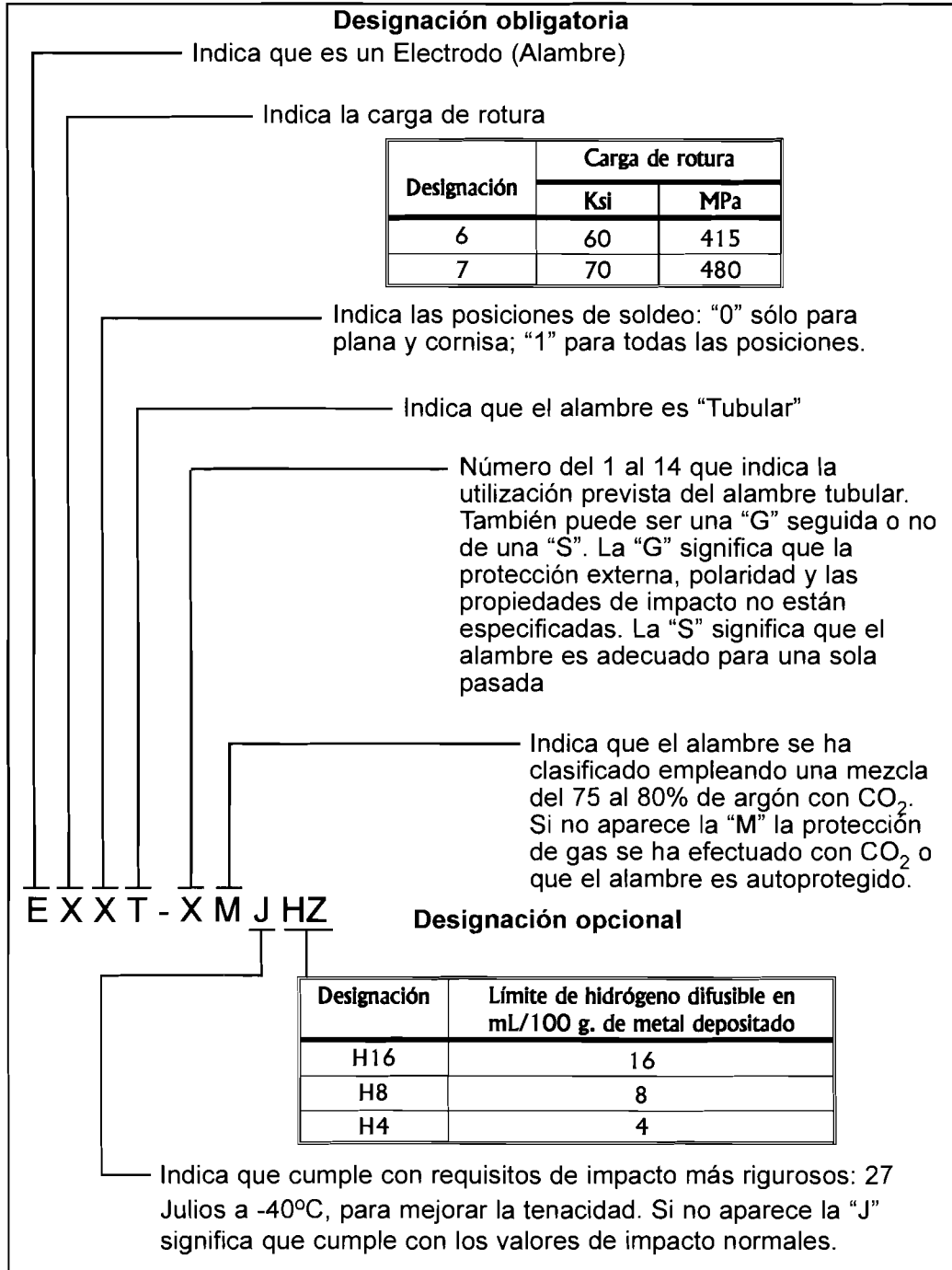


FIGURA 22.9: CLASIFICACIÓN DE LOS ALAMBRES TUBULARES APRA EL SOLDEO POR ARCO DE ACEROS AL CARBONO DE ACUERDO CON ANSI/AWS A5.20-95

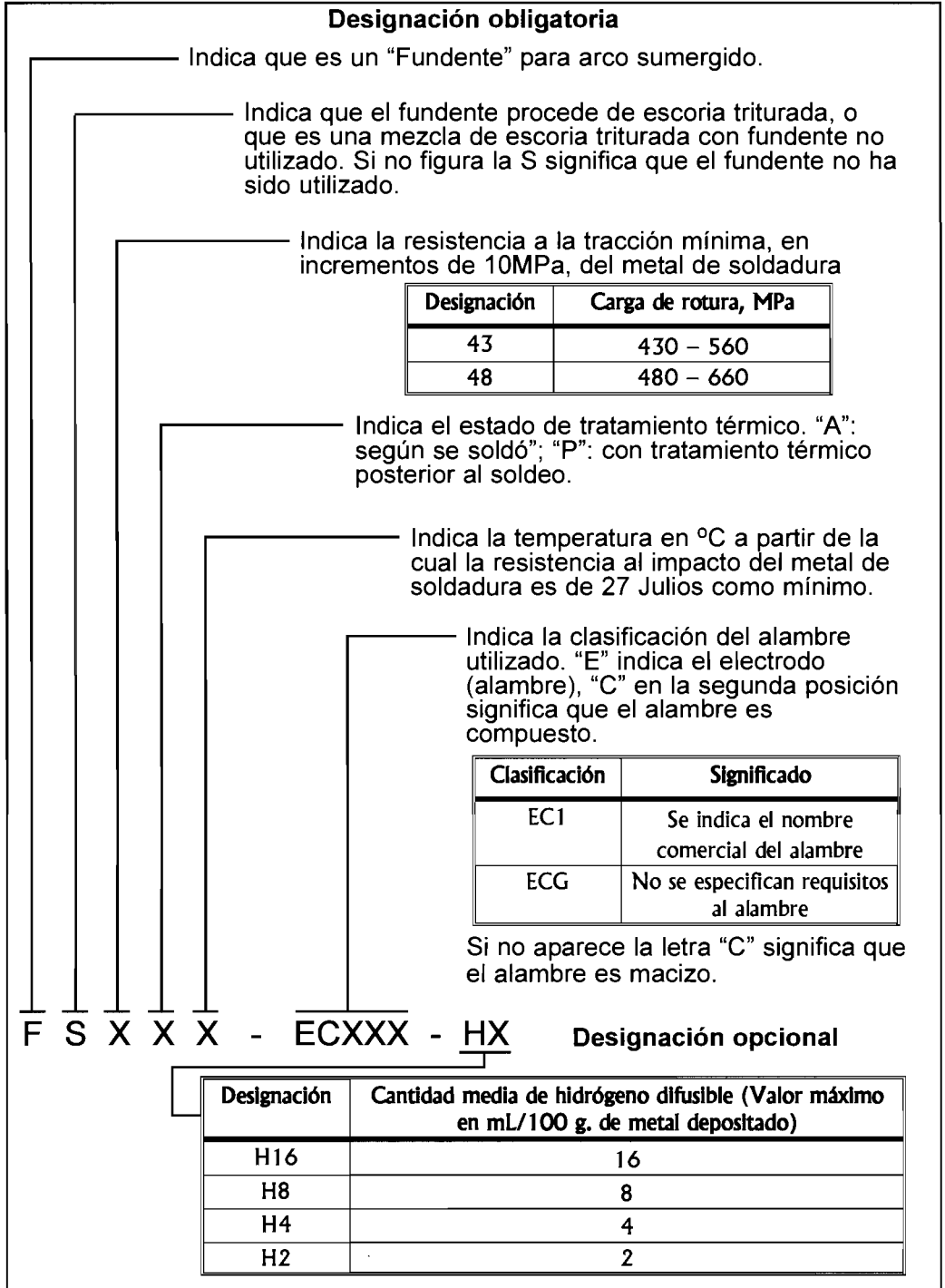


FIGURA 22.10: CLASIFICACIÓN DE LOS ALAMBRES Y FUNDENTES PARA EL SOLDEO POR ARCO SUMERGIDO DE ACEROS AL CARBONO DE ACUERDO CON ANSI/AWS A5.17-97

Ejemplos de designación según A5.17-97:

- F 43A2-EM12 K significa que se produce un metal de soldadura que, en la condición “según se soldó”, tiene una carga de rotura de 430 a 560 MPa y una resistencia al impacto mínima de 27 Julios a -20°C, utilizando un alambre EM12K y un fundente nuevo.
- F 48P6-EC1 significa que se está utilizando un alambre compuesto conociéndose su nombre comercial. El fundente es nuevo y se produce un metal de soldadura, que, tras un tratamiento térmico posterior al soldeo, tiene una carga de rotura de 480 a 660 MPa y una resistencia al impacto mínima de 27 Julios a -60°C.

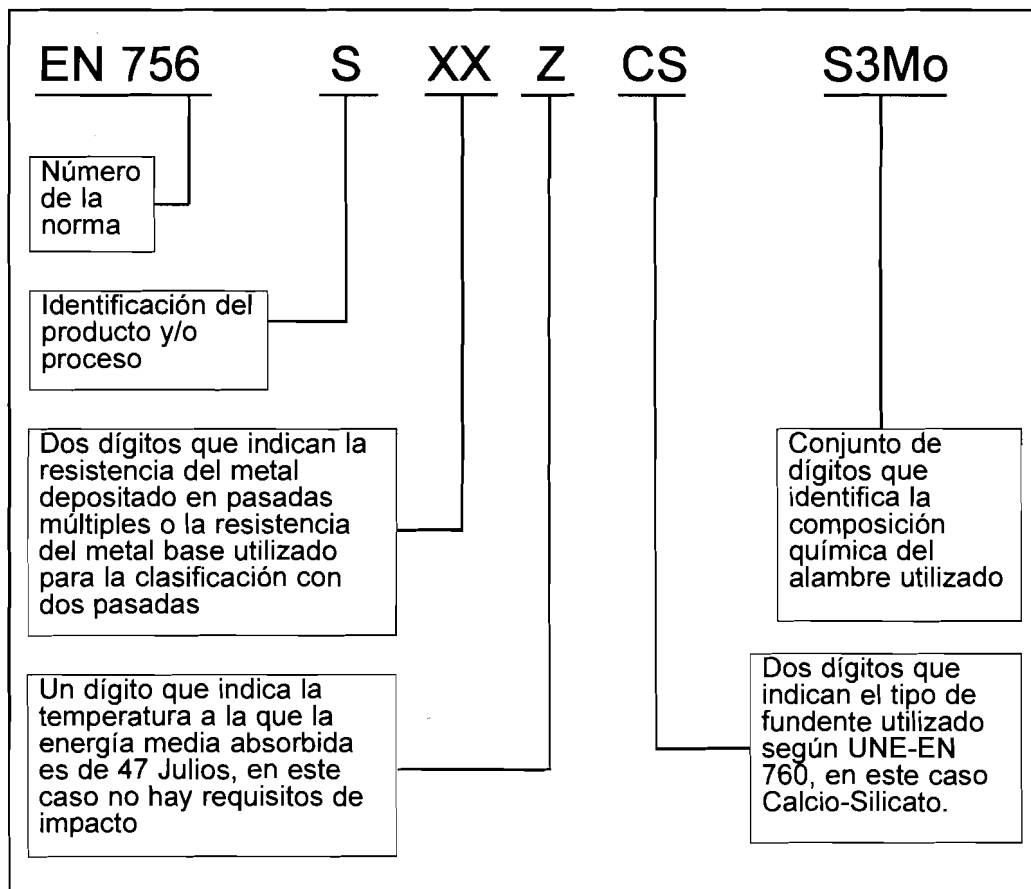


FIGURA 22.11: CLASIFICACION DE LOS ALAMBRES Y COMBINACIONES DE ALAMBRES-FUNDENTES PARA EL SOLDEO POR ARCO SUMERGIDO DE ACEROS NO ALEADOS Y DE GRANO FINO SEGUN UNE-EN 756:1995

22.10. Soldeo Oxigás

La mayoría de los aceros al carbono pueden soldarse por oxigás, sin embargo este proceso presenta numerosos inconvenientes como son gran lentitud durante el soldeo, producción de grandes deformaciones y posibilidad de que se produzcan imperfecciones con mayor frecuencia. La ZAT es muy ancha y se obtienen peores propiedades mecánicas.

Existen varillas de aportación para el soldeo oxigás especificadas en ANSI/AWS A5.2 (ver figura 22.12) aunque también se utilizan las varillas TIG. Se empleará llama neutra y se recomienda el acetileno como gas combustible.

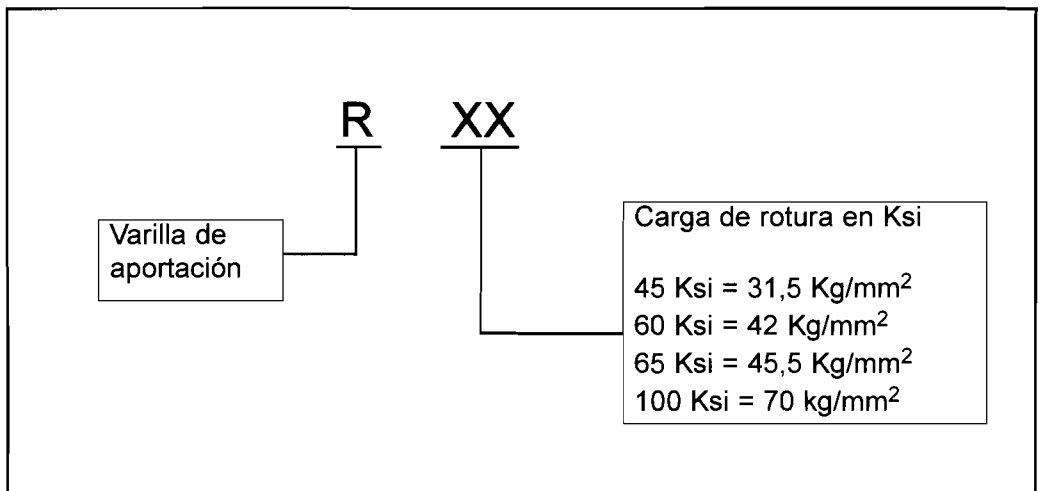


FIGURA 22.12: VARILLAS DE APORTACIÓN PARA EL SOLDEO OXIGÁS DE ACEROS AL CARBONO Y DE BAJA ALECIÓN DE ACUERDO CON ANSI/AWS A5.2-92

22.11. Soldeo Fuerte

Los aceros al carbono pueden unirse mediante cualquier proceso de soldeo fuerte; los más utilizados son el soplete, horno e inducción.

Como metales de aportación se suelen utilizar los indicados en la tabla 22.4; en ella se recomiendan diversos materiales de aportación cuando se unen aceros al carbono entre sí o con otros materiales.

Acero al carbono unido con	Acero al carbono	Aluminio y sus aleaciones	Cobre y sus aleaciones
Material de aportación	Aleaciones de: Plata Oro Cobre Níquel Cobre-Cinc	Aleaciones de: Aluminio Silicio	Aleaciones de: Plata Oro Níquel Cobre-Cinc

TABLA 22.4: MATERIALES DE APORTACIÓN PARA EL SOLDEO FUERTE DEL ACERO AL CARBONO CON ACERO AL CARBONO O CON OTROS MATERIALES