>> Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura

INDURA S.A. INDUSTRIA Y COMERCIO

INDURA®
Grupo AIR PRODUCTS

Sistema de Materiales y Soldadura

©INDURA S.A., Industria y Comercio
Inscripción en el Registro de Propiedad Intelectual N° 69.608

Reservados todos los derechos.
Prohibida la reproducción de la presente obra,
en su totalidad o parcialmente,
sin autorización escrita de INDURA S.A.

Otras obras editadas por INDURA:
“Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura”
“Electrodos y consumibles para Aceros Inoxidables”
“Manual de Gases INDURA”
“Cátalogo de Procesos y Productos”

Impresion de este libro
Marzo 2007
Ograma

INDURA S.A.
Av. Las Americas 585, Cerrillos, Chile

www.indura.net

Integrante de las siguientes asociaciones internacionales:
A.W.S. : American Welding Society
C.G.A. : Compressed Gas Asociation
I.O.M.A. : International Oxygen Manufacturers Asociation

En Chile, miembro integrante de:

ACHS : Asociación Chilena de Seguridad
ASIMET : Asociación de Industriales Metalúrgicos y Metalmecánica
ICARE : Instituto de Administración Racional de Empresas
ICHA : Instituto Chileno del Acero
SOFOFA : Sociedad de Fomento Fabril

Nota: INDURA, investiga e innova en forma permanente sus productos de acuerdo a las últimas tecnologías que se van desarrollando a nivel mundial. Por lo tanto las características de los productos aquí descritos pueden variar durante la vigencia de este libro.

Temas generales de soldadura

Reseña histórica	3
Certificaciones y acreditaciones	3
Seguridad en soldadura al arco	4
Estimación de costos en soldadura	10
Posiciones en soldadura	16
Esquemas básicos	17
Simbología en soldadura	18
Selección del electrodo adecuado	20
Almacenamiento de electrodos	20
Problemas y defectos comunes en la soldadura al arco	23
Electrodos INDURA	27

Sistema arco manual

Sistema arco manual. Descripción del proceso	29
Electrodos INDURA para soldadura arco manual	29
Certificación de electrodos	30
Electrodos para soldar acero al carbono	33
• INDURA 6010	34
• INDURA 230-S	35
• INDURA 6011	36
• INDURA Punto Azul	37
• INDURA Punto Verde	38
• INDURA 6012	39
• INDURA 6013	40
• INDURA 90	41
• INDURA Facilarc 14	42
• INDURA 7018-RH	43
• INDURA 7018-AR	44
• INDURA Facilarc 12	45
Electrodos para aceros de baja aleación	46
• INDURA 7010-A1	47
• INDURA 7018-A1	48
• INDURA 8018-B2	49
• INDURA 8018-C1	50
• INDURA 8018-C2	51
• INDURA 9018-B3	52
• INDURA 11018-M	53
Electrodos para aceros inoxidables	57
• INDURA 308-L	61
• INDURA 309-L	62
• INDURA 25-20	63
• INDURA 29-9S	64
• INDURA 316-L	65
• INDURA 347	66
• INDURA 13/4	67
Electrodos base níquel	70
• Nicroelastic 46	70
• INDURA Nicromo 3	71
Electrodos para soldar hierro fundido	72
• INDURA 77	73
• NICKEL 99	74
• NICKEL 55	75
Electrodos para cobre-bronce	76
• INDURA 70	77
Electrodos para aceros al manganeso	78
• INDURA Timang	79
Electrodos para biselar y cortar	80
• INDURA Speed Cut	80
• INDURA Speed Chamfer	81

ÍNDICE GENERAL

Sistema MIG solido	Sistema MIG solido. Descripción del proceso	82
	Tabla de regulación sistema MIG	87
	Sistema de clasificación del alambre para proceso MIG	87
	Electrodos continuos para aceros al carbono	88
	• INDURA 70S-6	88
	• INDURA 70S-3	89
	• MIGMATIC (Nuevo envase para alambre MIG)	90
	Electrodos continuos para aceros inoxidables	91
	• INDURA 308L	91
	• INDURA 309L	92
	• INDURA 316L	93
	Electrodos continuos para cobre y sus aleaciones	94
	• INDURA CuAl-2	94
	Electrodos continuos para aluminio	95
	• INDURA 1100	95
	• INDURA 4043	96
	• INDURA 5356	97
Sistema MIG tubular	Sistema MIG tubular. Descripción del proceso	98
	Sistema de clasificación del alambre para proceso MIG tubular	100
	Electrodos continuos de acero al carbono	101
	• INDURA 71V	101
	• INDURA Fabshield 4	102
	• INDURA Fabshield 21B	103
	Electrodos continuos para aceros de baja aleación	104
	• INDURA Fabco 115	104
	• INDURA 81Ni2-V	105
Sistema arco sumergido	Sistema arco sumergido. Descripción del proceso	110
	Materiales para arco sumergido	112
	Alambre para arco sumergido	113
	• EL12-H400	113
	• EM12K-H400	114
	• EM13K-H400	115
	Fundentes para arco sumergido	116
	• Fundente INDURA 105	117
	• Fundente INDURA 207	118
	• Fundente INDURA 401	119
	Tabla de regulación soldadura arco sumergido	120
Sistema TIG	Sistema TIG. Descripción del proceso	121
	Varillas para aceros al carbono	124
	• INDURA 70S-6	124
	• INDURA 70S-3	125
	Varillas de aluminio	126
	Varillas de acero inoxidable, acero baja aleación y bronce fosforico	127
Sistema oxigas	Sistema oxigas. Descripción del proceso	129
	Varillas de aporte para soldadura oxigas	131
	Soldadura de estaño	137
	Fundentes para soldaduras oxiacetilénicas y estaño	138
Soldadura de mantención	Soldadura de mantención	140
	Recubrimientos duros	140
	Aleaciones especiales	144
Torchado	Torchado	147
	Electrodo de grafito	149
Tablas	Dureza: Tabla comparativa de dureza	150
	Aceros: Composición química de los aceros	151
	Composición química aceros inoxidables	156
	Precalentamiento: T° de precalentamiento para diferentes aceros	157
	Temperatura: Conversión °C - °F	159
	Electrodos INDURA para aceros Estructurales	161
	Soldadura INDURA para aceros ASTM	162

RESEÑA HISTÓRICA

INDURA nace en 1948 para satisfacer las necesidades del sector metalmecánico con una moderna planta de electrodos. Trece años más tarde, entró en operaciones la planta para la producción de oxígeno, acetileno y nitrógeno. A partir de esta sólida base INDURA se abrió al mundo.

Este fue el primer pilar de la empresa, que posteriormente se expandió a otros países de la región. INDURA Ecuador se creó en 1979, para entregar productos y servicios en el área metalmecánica, con soldaduras, gases y equipos. Posteriormente, INDURA se estableció en Argentina en 1991. A la fecha está presente en Buenos Aires, Córdoba, Rosario y Tucumán, ofreciendo productos y servicios para las áreas medicinal, metalmecánica y de resonancia magnética nuclear. Desde 1996, INDURA está presente en Perú principalmente en las áreas metalmecánica y minera. El año 2004 comenzó a participar en el área medicinal.

Asimismo, mediante un efectivo canal de distribución de soldaduras, INDURA está presente en Estados Unidos, Canadá, México, Colombia, Venezuela y Centroamérica. A esto se suma la apertura hacia el mercado europeo con la instalación de un sistema logístico en Barcelona, España.

Certificaciones y Acreditaciones

INDURA y sus empresas relacionadas cuentan con las siguientes Certificaciones y Acreditaciones:

Sistema de Gestión de Calidad de INDURA S.A.
Aprobado por Lloyd´s Register of Shipping Quality Assurance
De acuerdo a Norma ISO 9001:2000

Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos de INDURA S.A.
Aprobado por Lloyd´s Register of Shipping Quality Assurance
De acuerdo con Codex Alimentarius
Annex to CAC / RCP1-1969, Rev. 4 (2003)

Sistema de Gestión Medioambiental de SOLDADURAS CONTINUAS LTDA.
Aprobado por Lloyd´s Register of Shipping Quality Assurance
De acuerdo a Norma ISO 14001:1996 /
NCh-ISO 14001 of. 97

Laboratorio de Ensayos Químicos del CENTRO TÉCNICO INDURA LTDA.
Aprobado por el Instituto Nacional de Normalización, INN
Según NCh-ISO 17025 of. 2001

Laboratorio de Ensayos no Destructivos del CENTRO TÉCNICO INDURA LTDA.
Aprobado por el Instituto Nacional de Normalización, INN
Según NCh-ISO 17025 of. 2001

Laboratorio de Ensayos Mecánicos del CENTRO TÉCNICO INDURA LTDA.
Aprobado por el Instituto Nacional de Normalización, INN
Según NCh-ISO 17025 of. 2001

Sistema de Gestión del CENTRO TÉCNICO INDURA LTDA.
Aprobado por BVQI
De acuerdo a Norma ISO 9001:2000 /
NCh ISO 9001 of. 2001

Sistema de Gestión del CENTRO TÉCNICO INDURA LTDA.
Aprobado por BVQI
De acuerdo a NCh 2728 of. 2003

Sistema de Gestión del CENTRO TÉCNICO INDURA LTDA.
Aprobado por BVQI
De acuerdo a BS en ISO 9001:2000

Ventajas de preferir productos y servicios INDURA

Elegir la línea de productos y servicios INDURA presenta ventajas en Productividad, Calidad, Seguridad y Medio Ambiente para nuestros clientes, dichas ventajas se sustentan en:

Cumplimiento de normas internacionales y nacionales:

Adicionalmente a las acreditaciones detalladas anteriormente, INDURA cumple con las Normas AWS, además de ser auditado periódicamente por organismos certificadores como la American Bureau of Shipping (ABS), Lloyd´s Register of Shipping (LRS), Germanischer Lloyd (GL), Nippon Kaiji Kyokai (NKK) y Canadian Welding Bureau (CWB).

Cobertura nacional e internacional:

INDURA posee cobertura nacional e internacional dada por una amplia red de plantas productivas, sucursales y distribuidores.

Asesoría técnica:

INDURA ofrece a sus clientes asesoría en terreno, en sus sucursales de venta y a través de su Call Center.

Centros de formación técnica CETI:

INDURA ofrece a través de su Centro Técnico CETI variados servicios como: capacitación, calificación de procedimientos, calificación de soldadores, inspección, laboratorio de ensayos no destructivos, laboratorio mecánico y laboratorio químico.

Variedad de productos para amplia gama de aplicaciones:

INDURA ofrece una amplia variedad de productos en soldadura, gases y equipos para una amplia gama de aplicaciones.

SEGURIDAD EN SOLDADURA AL ARCO

Cuando se realiza una soldadura al arco, durante la cual ciertas partes conductoras de energía eléctrica están al descubierto, el operador tiene que observar con especial cuidado las reglas de seguridad, a fin de contar con la máxima protección personal y también proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor.

En la mayor parte de los casos, la seguridad es una cuestión de sentido común. Los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes reglas:

Protección personal

Siempre utilice todo el equipo de protección necesario para el tipo de soldadura a realizar. El equipo consiste en:

1. Máscara de soldar, proteje los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo al proceso e intensidades de corriente empleadas.

2. Guantes de cuero, tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas.

3. Coleto o delantal de cuero, para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.

4. Polainas y casaca de cuero, cuando es necesario hacer soldadura en posiciones vertical y sobrecabeza, deben usarse estos aditamentos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.

5. Zapatos de seguridad, que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.

6. Gorro, protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hace soldadura en posiciones.

IMPORTANTE:

Evite tener en los bolsillos todo material inflamable como fósforos, encendedores o papel celofán. No use ropa de material sintético, use ropa de algodón.

Para mayor información ver:

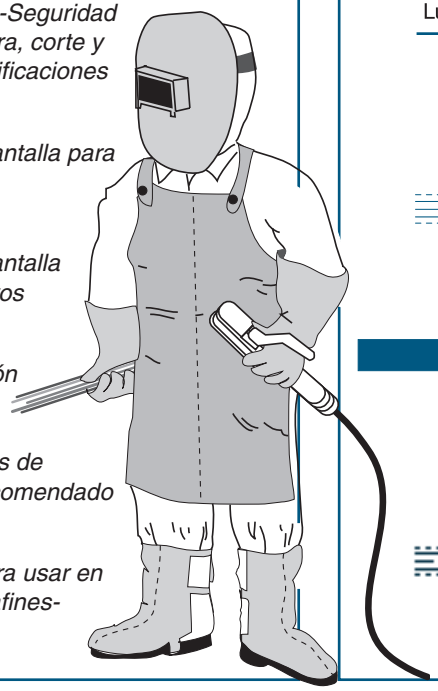
NCh 2928 of. 2005
Prevención de Riesgos-Seguridad en trabajos de soldadura, corte y procesos afines-Especificaciones

NCh 1562 of. 1979
Protección Personal-Pantalla para soldadores-Requisitos

NCh 1563 of. 1979
Protección Personal-Pantalla para soldadores-Ensayos

NCh 2914 of. 2005
Elementos de protección ocular, filtros para soldadura y técnicas relacionadas-Requisitos de transmitancia y uso recomendado

NCh 1805 of. 2004
Ropa de protección para usar en soldadura y procesos afines-Requisitos generales

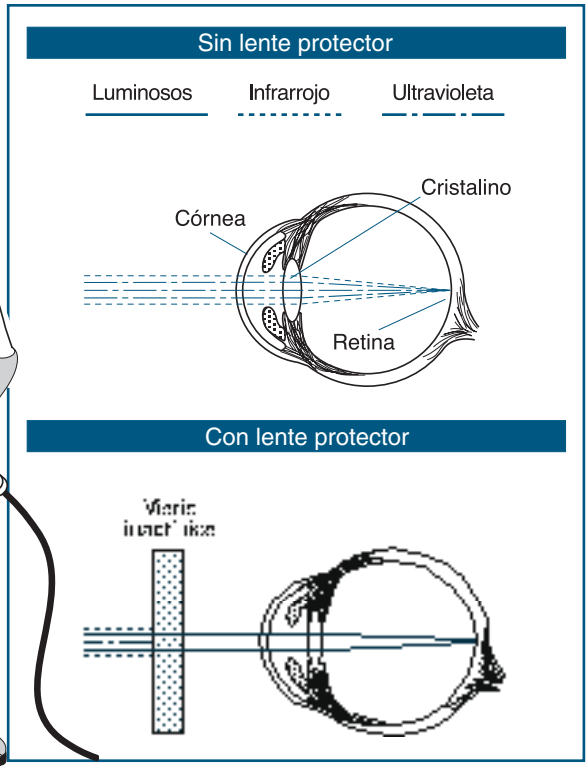


Protección de la vista

La protección de la vista es un asunto tan importante que merece consideración aparte. El arco eléctrico que se utiliza como fuente calórica y cuya temperatura alcanza sobre los 4.000°C, desprende radiaciones visibles y no visibles. Dentro de estas últimas, tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioleta e infrarrojo.

El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente, aunque sí es extremadamente dolorosa. Su efecto es como “tener arena caliente en los ojos”. Para evitarla, debe utilizarse un lente protector (vidrio inactínico) que ajuste bien y, delante de éste, para su protección, siempre hay que mantener una cubierta de vidrio transparente, la que debe ser sustituida inmediatamente en caso de deteriorarse. A fin de asegurar una completa protección, el lente protector debe poseer la densidad adecuada al proceso e intensidad de corriente utilizada. La siguiente tabla le ayudará a seleccionar el lente adecuado:

Influencia de los rayos sobre el ojo humano:



Escala de cristal inactínico a usar (en grados), de acuerdo al proceso de soldadura, torchado y corte

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA O TÉCNICAS RELACIONADAS	INTENSIDADES DE LA CORRIENTE EN AMPERES (0,5 1 2,5 5 10 15 20 30 40 60 80 100 125 150 175 200 225 250 275 300 350 400 450 500)
Electrodos recubiertos	9 10 11 12 13 14
MIG, sobre metales pesados	10 11 12 13 14
MIG, sobre aleaciones ligeras	10 11 12 13 14 15
TIG, sobre todos los metales y aleaciones	9 10 11 12 13 14
MAG	10 11 12 13 14 15
Torchado arco-aire	10 11 12 13 14 15
Corte por chorro de plasma	11 12 13
Soldadura por arco de microplasma	2,5 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Nota: Las áreas en azul corresponden a los rangos en donde la operación de soldadura no es normalmente usada.
Según las condiciones de iluminación ambiental, pueden usarse un grado de protección inmediatamente superior o inferior al indicado en la tabla.
La expresión metales pesados abarca los aceros y sus aleaciones, el cobre y sus aleaciones, etc.

Seguridad al usar una máquina soldadora

Antes de usar la máquina de soldar al arco debe guardarse ciertas precauciones, conocer su operación y manejo, como también los accesorios y herramientas adecuadas.

Para ejecutar el trabajo con facilidad y seguridad, deben observarse ciertas reglas muy simples:

MÁQUINA SOLDADORA (Fuente de poder)

Recomendaciones para la instalación, operación y mantención:

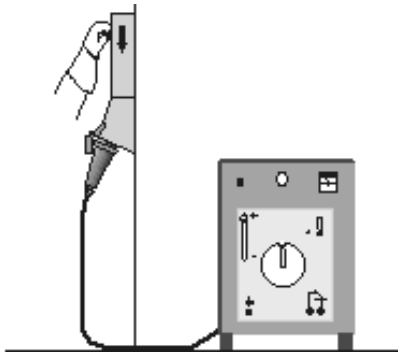
Siga las siguientes recomendaciones para la instalación de su equipo:

- Sólo personal calificado debe realizar la instalación eléctrica del equipo.
- No instale o ponga el equipo cerca o sobre superficies combustibles o atmósferas inflamables.
- No sobrecargue el cableado de su instalación eléctrica.
- Respete el ciclo de trabajo que requiere su equipo para permitir su periodo de enfriamiento.
- Recuerde que el periodo de trabajo continuo de su equipo depende del amperaje utilizado.
- Revise cuidadosamente el automático y el circuito de alimentación.
- Cubra los bornes de la máquina de soldar.
- Asegúrese que el cable de soldadura posea la sección y las características necesarias para conducir la corriente que se requiere, no utilice cables en mal estado o inadecuados.
- Desconecte la energía eléctrica cuando realice la conexión del enchufe del equipo a la fuente de energía.

Circuitos con corriente:

En la mayoría de los talleres el voltaje usado es 220 ó 380 volts. El operador debe tener en cuenta el hecho de que estos son voltajes altos, capaces de inferir graves lesiones. Por ello es muy importante que ningún trabajo se haga en los cables, interruptores, controles, etc., antes de haber comprobado que la máquina ha sido desconectada de la energía, abriendo el interruptor para desenergizar el circuito. Cualquier inspección en la máquina debe ser hecha cuando el circuito ha sido desenergizado.

Circuitos con corriente



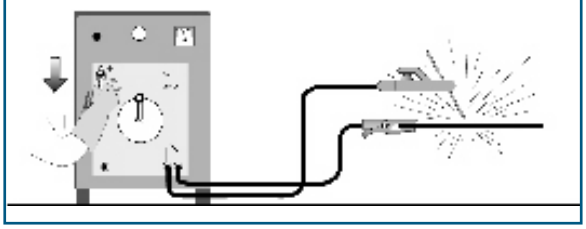
Línea a tierra:

Todo circuito eléctrico debe tener una línea a tierra para evitar que la posible formación de corrientes parásitas produzca un choque eléctrico al operador, cuando éste, por ejemplo, llegue a poner una mano en la carcasa de la máquina. Nunca opere una máquina que no tenga su línea a tierra.

Cambio de polaridad:

El cambio de polaridad se realiza para cambiar el polo del electrodo de positivo (polaridad invertida) a negativo (polaridad directa). No cambie el selector de polaridad si la máquina está operando, ya que al hacerlo saltará el arco eléctrico en los contactos del interruptor, destruyéndolos. Si su máquina soldadora no tiene selector de polaridad, cambie los terminales cuidando que ésta no esté energizada.

Cambio de polaridad



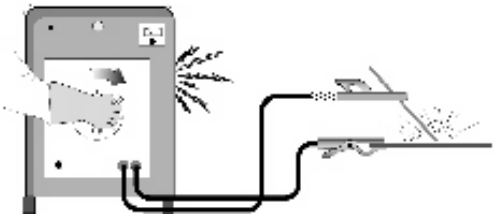
Cambio del rango de amperaje:

En las máquinas que tienen 2 o más escalas de amperaje no es recomendable efectuar cambios de rango cuando se está soldando, esto puede producir daños en las tarjetas de control, u otros componentes tales como tiristores, diodos, transistores, etc.

En máquinas tipo clavijeros no se debe cambiar el amperaje cuando el equipo está soldando ya que se producen serios daños en los contactos eléctricos, causados por la aparición de un arco eléctrico al interrumpir la corriente.

En máquinas tipo Shunt móvil, no es aconsejable regular el amperaje soldando, puesto que se puede dañar el mecanismo que mueve el Shunt.

Cambio de rango de amperaje

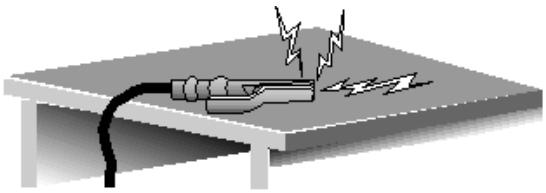


Circuito de soldadura:

Cuando no está en uso el portaelectrodos, nunca debe ser dejado encima de la mesa o en contacto con cualquier otro objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda. El peligro en este caso es que el portaelectrodo, en contacto con el circuito a tierra, provoque en el transformador del equipo un corto circuito.

La soldadura no es una operación riesgosa si se respetan las medidas preventivas adecuadas. Esto requiere un conocimiento de las posibilidades de daño que pueden ocurrir en las operaciones de soldar y una precaución habitual de seguridad por el operador.

Circuito de soldadura



Seguridad en operaciones de soldadura

Condiciones ambientales que deben ser consideradas:

Riesgos de incendio:

En el lugar de trabajo pueden estar presentes atmósferas peligrosas. Siempre tenga presente que existe riesgo de incendio si se juntan los 3 componentes del triángulo del fuego (combustible, oxígeno y calor). Observe que basta que se genere calor, (ni siquiera es necesaria una chispa) y recuerde que existen sustancias con bajo punto de inflamación. Algunas recomendaciones prácticas para prevenir riesgos de incendio son las siguientes:

- Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles. Cuando el área de trabajo contiene gases, vapores o polvos, es necesario mantener perfectamente aireado y ventilado el lugar mientras se suelda.
- Antes de iniciar un trabajo de soldadura siempre identifique las potenciales fuentes generadoras de calor y recuerde que éste puede ser transmitido a las proximidades de materiales inflamables por conducción, radiación o chispa.
- Cuando las operaciones lo permiten, las estaciones de soldadura se deben separar mediante pantallas o protecciones incombustibles y contar con extracción forzada.
- Los equipos de soldar se deben inspeccionar periódicamente y la frecuencia de control se debe documentar para garantizar que estén en condiciones de operación segura. Cuando se considera que la operación no es confiable, el equipo debe ser reparado por personal calificado antes de su próximo uso o se debe retirar del servicio.
- Utilice equipo de protección personal. Disponga siempre de un extintor en las cercanías del área de trabajo.
- Las condiciones de trabajo pueden cambiar, realice test tan a menudo como sea necesario para identificar potenciales ambientes peligrosos.

Riesgos de incendio

Ventilación:

Soldar en áreas confinadas sin ventilación adecuada puede considerarse una operación arriesgada, porque al consumirse el oxígeno disponible, a la par con el calor de la soldadura y el humo restante, el operador queda expuesto a severas molestias y enfermedades.

Ventilación

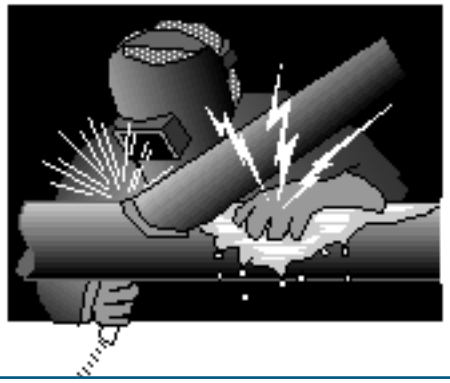
Humedad:

La humedad entre el cuerpo y algo electrificado forma una línea a tierra que puede conducir corriente al cuerpo del operador y producir un choque eléctrico.

El operador nunca debe estar sobre una poza o sobre suelo húmedo cuando suelda, como tampoco trabajar en un lugar húmedo.

Deberá conservar sus manos, vestimenta y lugar de trabajo continuamente secos.

Humedad



Seguridad en soldadura de estanques

Soldar recipientes que hayan contenido materiales inflamables o combustibles es una operación de soldadura extremadamente peligrosa. A continuación se detallan recomendaciones que deben ser observadas en este tipo de trabajo:

a) Preparar el estanque para su lavado:

La limpieza de recipientes que hayan contenido combustibles debe ser efectuada sólo por personal experimentado y bajo directa supervisión.

No deben emplearse hidrocarburos clorados (tales como tricloroetileno y tetracloruro de carbono), debido a que se descomponen por calor o radiación de la soldadura, para formar fosfógeno, gas altamente venenoso.

b) Métodos de lavado:

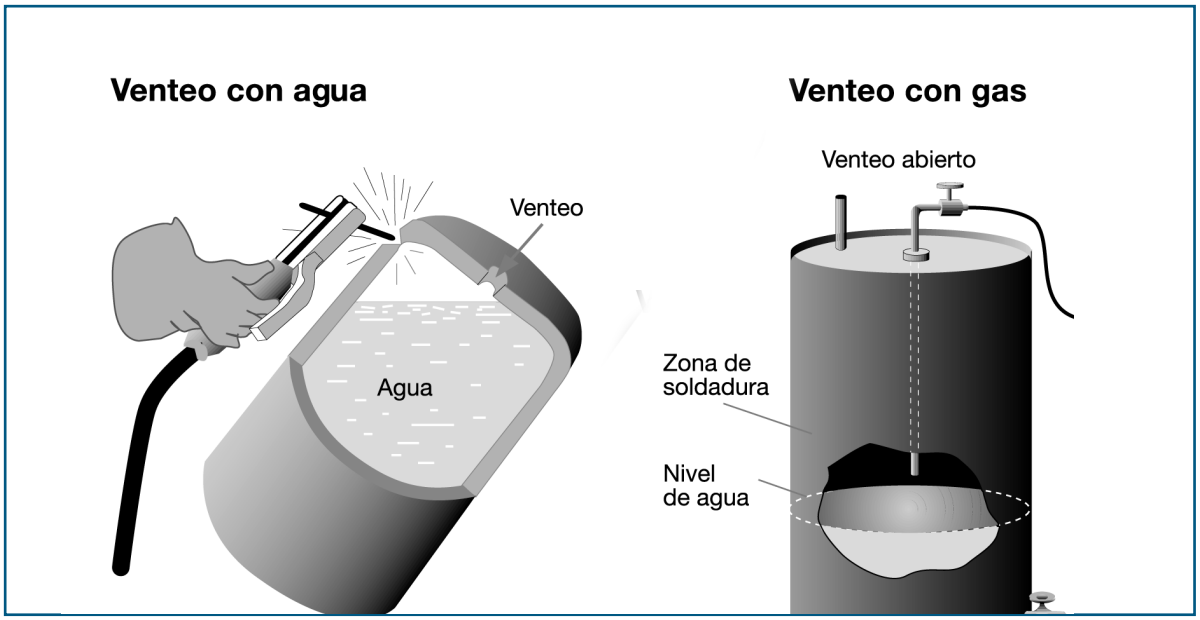
La elección del método de limpieza depende generalmente de la sustancia contenida. Existen tres métodos: agua, solución química caliente y vapor.

c) Preparar el estanque para la operación de soldadura:

Al respecto existen dos tratamientos:

- Agua
- Gas CO_2 o N_2

El proceso consiste en llenar el estanque a soldar con alguno de estos fluidos, de tal forma que los gases inflamables sean desplazados desde el interior.



ESTIMACIÓN DE COSTOS EN SOLDADURA

Introducción

Cada trabajo de soldadura presenta al diseñador y calculista sus propias características y dificultades, por lo cual, el modelo de costos que a continuación se desarrolla, propone un rango de generalidad amplio que permite abarcar cualquier tipo de aplicación.

Por otro lado, se intenta enfocar el problema con un equilibrio justo entre la exactitud y la simplicidad, es decir proponiendo fórmulas de costos de fácil aplicación, aun cuando ello signifique eliminar términos de incidencia leve en el resultado buscado.

Determinación de Costos en Operaciones de Soldadura

FÓRMULAS Base de Cálculo: metro lineal (ml)

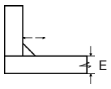
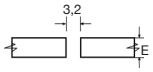
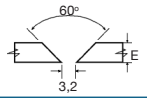
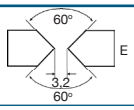
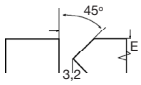
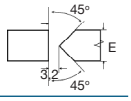
Costo electrodo	$\frac{(\$)}{m.l.} = \frac{\text{Pmd (kg/ml) x Valor electrodo (\$/kg)}}{\text{Eficiencia deposición (\%)}}$
Costo M.O. y G. Grales.	$\frac{(\$)}{m.l.} = \frac{\text{Pmd (kg/ml) x Valor M.O. y G.G. (\$/hr)}}{\text{Velocidad deposición (kg/hr) x F. operación (\%)}}$
Costo gas	$\frac{(\$)}{m.l.} = \frac{\text{Pmd (kg/ml) x Flujo gas (m}^3\text{/hr) x Valor gas (\$/m}^3\text{)}}{\text{Velocidad deposición (kg/hr)}}$
Costo fundente	$\frac{(\$)}{m.l.} = \text{Pmd (kg/ml) x F. uso (\%) x Valor fundente (\$/kg)}$

Nota: A continuación se definen conceptos previamente mencionados, además de rangos con valores de los parámetros que son normales en toda la industria de la soldadura.

1. Peso metal depositado:

Cantidad de metal de aporte necesario para completar una unión soldada. Relación para determinar peso metal depositado.

Pmd = Área seccional x longitud x densidad aporte.

Unión de soldadura						
Espesor (E) mm	METAL DEPOSITADO (kg/ml) (acero)					
3,2	0,045	0,098				
6,4	0,177	0,190	0,380		0,358	
9,5	0,396		0,638		0,605	
12,5	0,708		1,168		1,066	
16	1,103		1,731		1,707	1,089
19	1,592		2,380	1,049	2,130	1,449
25	2,839		3,987	2,578	3,554	2,322
32				3,768		3,380
37,5				5,193		4,648
51				8,680		7,736
63,5				13,674		11,617
76				18,432		16,253

2. Eficiencia de aportación:

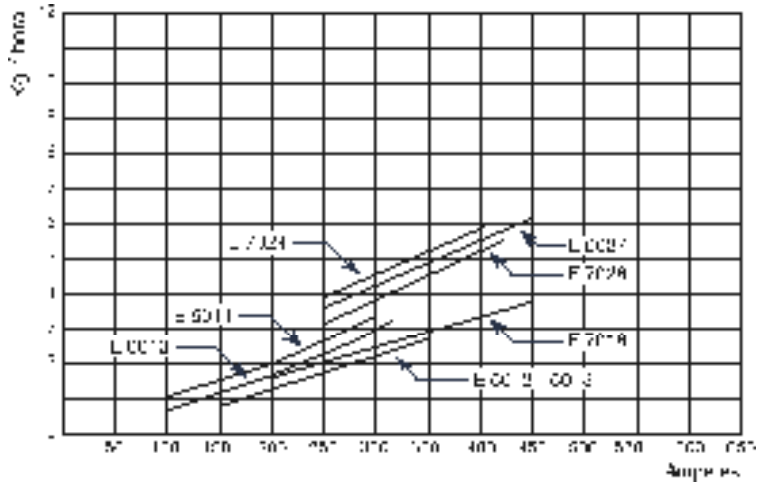
Relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad en peso de electrodos requeridos para efectuar ese depósito.

Proceso	Eficiencia deposición (%)
Electrodo manual	60-70
MIG sólido	90
MIG tubular c/protección	83
MIG tubular s/protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

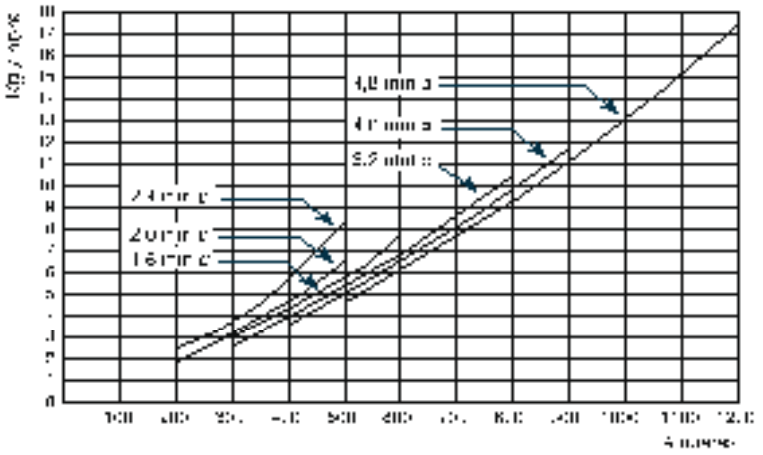
3. Velocidad de deposición:

Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo.

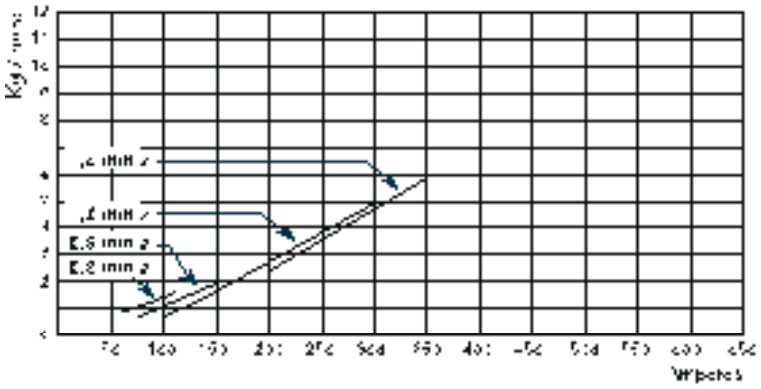
Electrodo manual



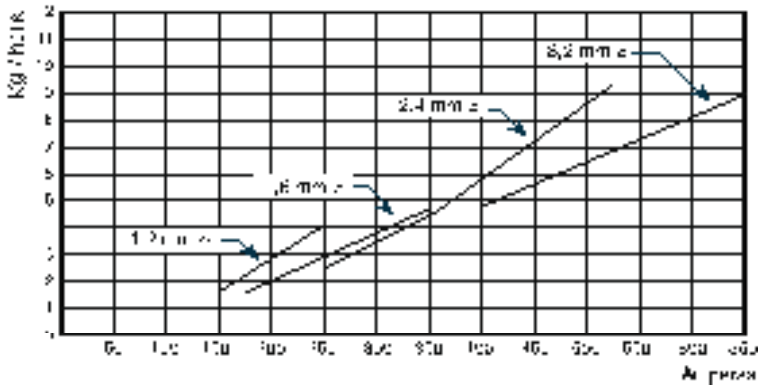
Arco sumergido



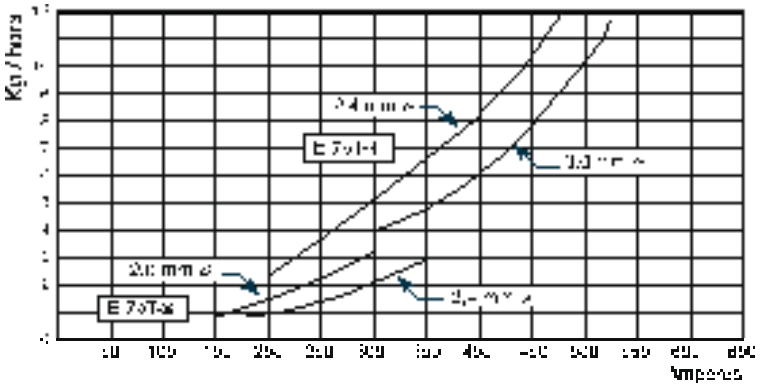
MIG sólido



MIG tubular con protección



MIG tubular sin protección



4. Factor de operación:

Se define como la relación entre el tiempo en que ha existido arco y el tiempo real o tiempo total pagado.

Proceso	Factor de Operación (%)
Electrodo manual	5- 30
MIG sólido	10- 60
MIG tubular	10- 60
TIG	5- 20
Arco sumergido	50-100

5. Flujo gas:

Cantidad de gas necesario para protección por unidad de tiempo.

Proceso	Flujo gas (m^3/hr)
MIG sólido	0,8-1,2
MIG tubular	1,0-1,4
TIG	0,5-1,0

6. Factor de uso de fundente:

Cantidad de fundente efectivamente empleado por kg de alambre depositado.

Proceso	Factor de uso fundente (%)
Arco sumergido	80-100

En el diseño o fabricación de cualquier componente, hay tres consideraciones fundamentales que deben estar siempre presentes. EFICIENCIA, COSTO y APARIENCIA.

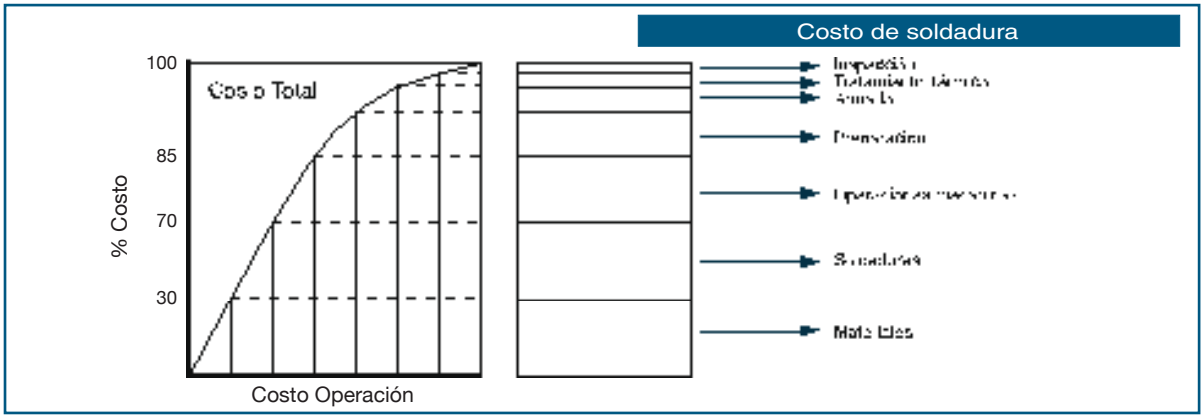
COSTO DE SOLDADURA:

Es especialmente importante, cuando es alto o cuando representa una proporción significativa del total estimado para un proyecto o un contrato. Como la soldadura está relacionada en forma directa a otras operaciones, nunca debe ser considerada y costeada aisladamente. Cualquier operación de fabricación de productos incluye por lo general:

1. Abastecimiento y almacenamiento de materias primas.
2. Preparación de estos materiales para soldadura, corte, etc.
3. Armado de los componentes.
4. Soldadura.
5. Operaciones mecánicas subsecuentes.
6. Tratamientos térmicos.
7. Inspección.

Dado que cada una de estas operaciones representa un gasto, es posible representar la composición del costo total, como se indica en la figura.

En este ejemplo, el costo de material, costo de soldadura y operaciones mecánicas representan 30%, 40% y 15% respectivamente del costo total; el costo de las tres últimas operaciones constituye sólo un 15% del total. Es por lo tanto evidente, que la operación de soldadura misma es importante y debe ser adecuadamente costeada y examinada en detalle, para determinar donde efectuar reducciones efectivas de costo.



Composición del costo de soldadura

Los principales componentes del costo de soldadura son:

a) Costo de consumibles (electrodo, fundente, gases de protección, electricidad, etc.).

b) Costo de mano de obra.

c) Gastos generales.

Los dos primeros ítems son costos directos de soldadura. Sin embargo, gastos generales incluye numerosos ítems indirectamente asociados con la soldadura, como son: depreciación, mantención, capacitación de personal, supervisión técnica, etc.

Costo de consumibles

Al considerar que existen numerosos procesos de soldadura y que cada uno tiene rendimientos diferentes, la cantidad total de consumibles que deben ser adquiridos varía considerablemente entre uno y otro.

La tabla siguiente indica los requerimientos de consumibles para varios procesos de soldadura:

Proceso	Eficiencia de deposición (%)	Pérdida de electrodos		Consumibles/ 100 kg metal depositado		
		Pérdida por colillas (%)	Eficiencia electrodo (%)	Electrodo (kg)	Fundente (kg)	Gas (m^3)
Electrodo manual celulósico	60	12	48	155	-	-
Electrodo manual rutílico	70-80	12	50-68	145-170	-	-
Electrodo manual bajo hidrógeno	72	12	60	160-170	-	-
Mig (corto circuito)	93	2	91	110	-	17-42
Mig (spray)	95	2	93	108	-	7-11
Tubular c/protección	83	1	82	122	-	4-20
Tubular s/protección	80	1	79	126	-	-
Arco sumergido	99	1	98	102	85-100	-

El único consumible cuyo costo no ha sido considerado es la energía eléctrica. Para todos los procesos de soldadura por fusión, puede ser considerado aproximadamente como 4,0 KW hr/kg de soldadura de acero depositado. Esto toma en cuenta la pérdida de energía en el equipo, como también el máximo de carga KVA, y es por lo tanto un valor promedio.

Sin embargo, el costo de energía se puede determinar a través de la siguiente relación:

$$\text{KW hora} = \frac{\text{Volts x Amps x Factor de potencia x Tiempo en horas}}{1.000}$$

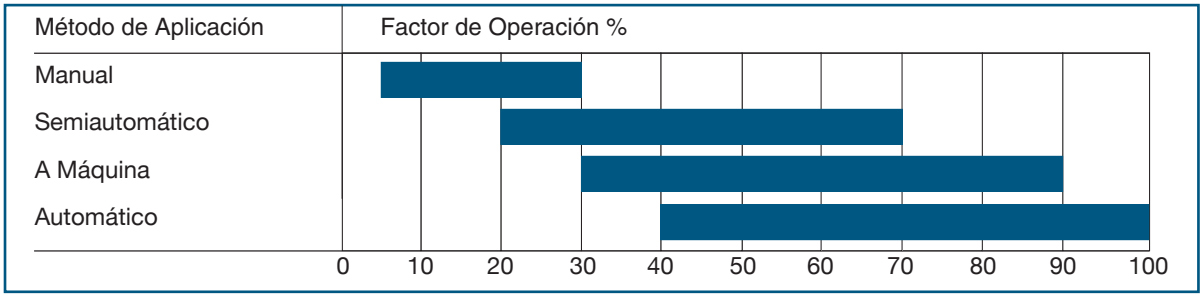
Costo mano de obra

Con excepción de ciertas aplicaciones semiautomáticas y automáticas, el costo de mano de obra, hoy en día, representa la proporción más significativa del costo total en soldadura.

El costo de mano de obra para producir una estructura soldada, depende de la cantidad de Soldadura necesaria, Velocidad de Deposición, Factor de Operación y Valor de Mano de Obra.

El factor de operación ha sido definido como la razón entre el tiempo real de arco y tiempo total que se paga al operador expresado en porcentaje. Así el intervalo de factores de operación, dependerá del proceso de soldadura y su aplicación.

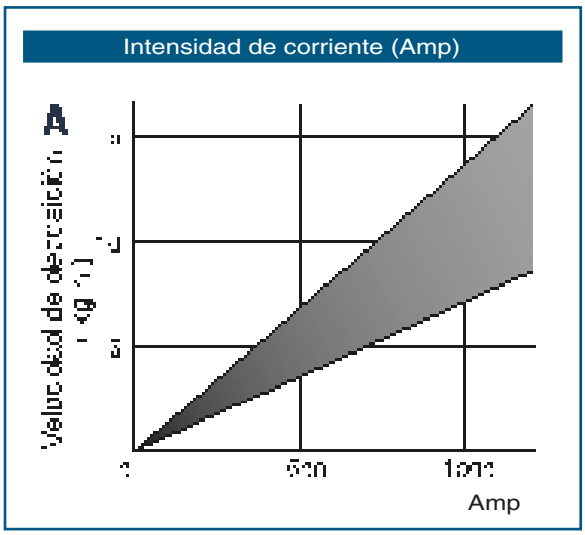
El diseño de la unión decide la cantidad de soldadura requerida y a menudo la intensidad de energía que se debe emplear al soldar. Sin embargo, los dos principales ítems que controlan los costos de mano de obra son velocidad de deposición y factor de operación.

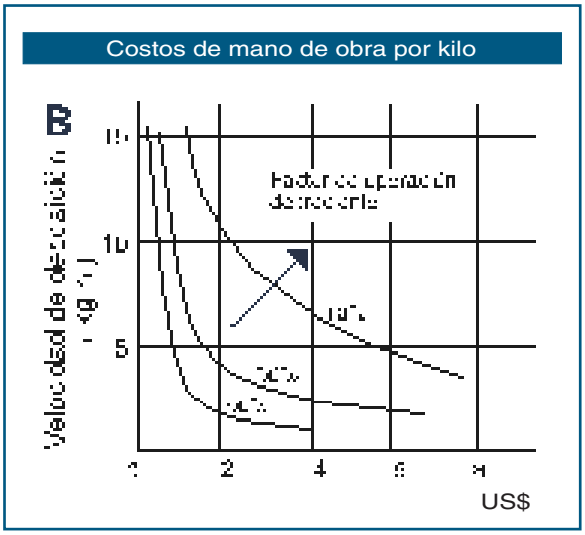


La figura (A) muestra que la cantidad de deposición aumenta a medida que es elevada la corriente de soldadura. Esto se aplica generalmente a todos los procesos de Soldadura al Arco.

La figura (B) muestra las relaciones generales entre: velocidad de deposición y costo de mano de obra.

Además muestra que en cantidades altas de deposición, los costos de mano de obra por kilo de metal depositado tienden a disminuir.



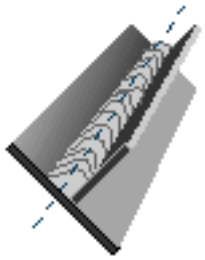


POSICIONES EN SOLDADURA

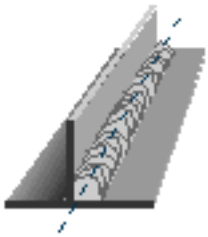
Designación de acuerdo con ANSI/AWS A3.0:2001

Plano	Horizontal	Vertical	Sobrecabeza

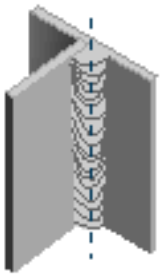
Uniones de filete



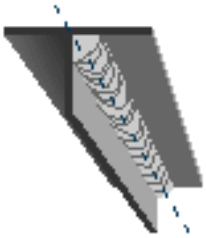
1F



2F

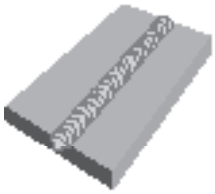


3F



4F

Uniones biseladas



1G

2G

3G

4G

Uniones de tuberías

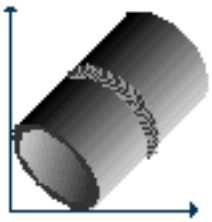
La tubería se rota

1G

2G

La tubería no se rota

5G

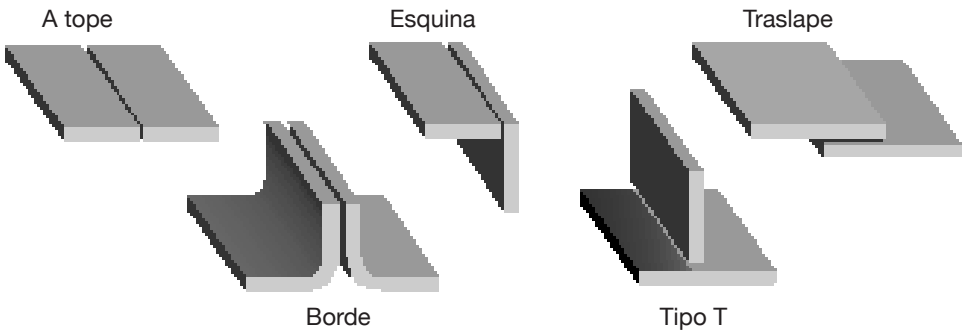


6G

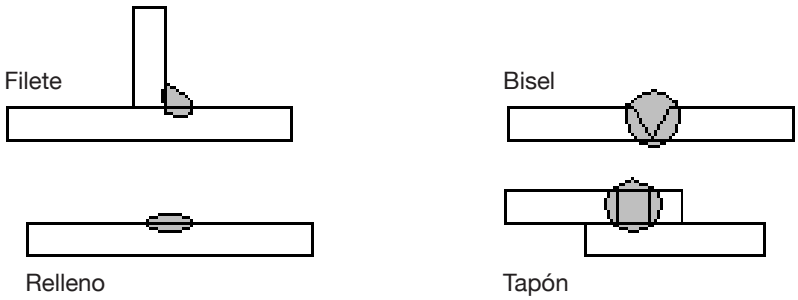
ESQUEMAS BÁSICOS

Esquemas Básicos de Soldadura

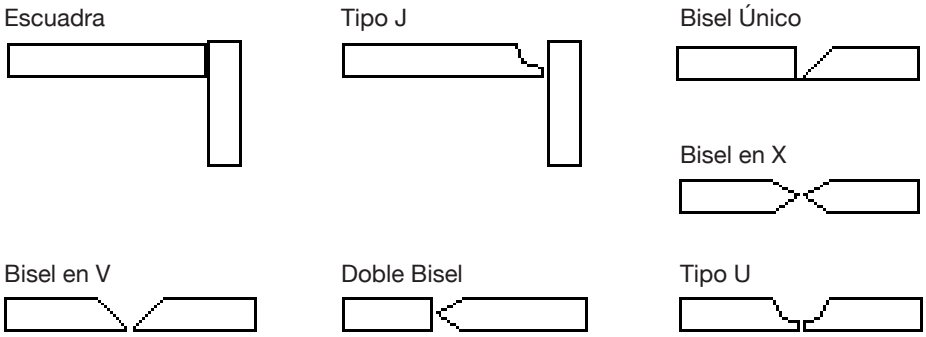
Tipos de unión



Tipos de soldadura



Variaciones de bisel

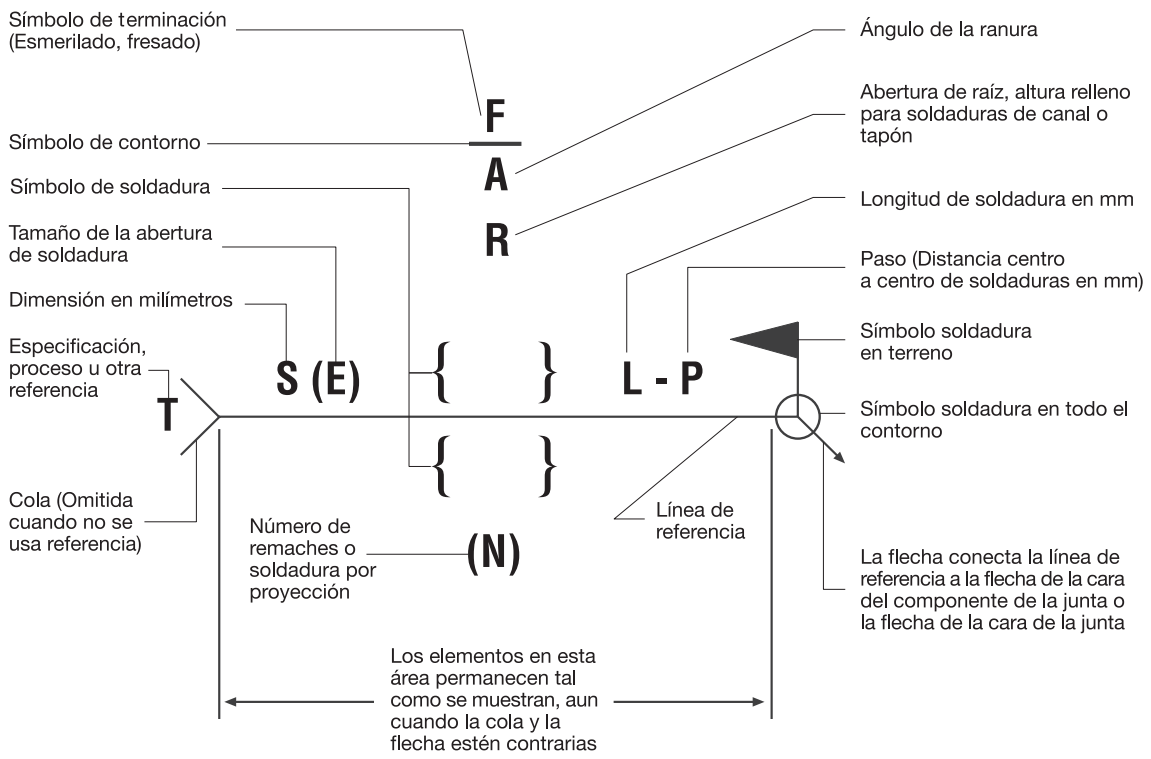


SIMBOLOGÍA EN SOLDADURA

La simbología en la especificación de trabajos de soldadura es una forma clara, precisa y ordenada de entregar información de operación. Existe para ello una simbología estándar que ha sido adoptada para la mayoría de los procesos de soldadura.

Una ilustración típica del uso y ventajas que representa la simbología se puede apreciar en la figura detallada a continuación, en la cual se muestra también una comparación con la explicación detallada. *La ventaja es obvia.*

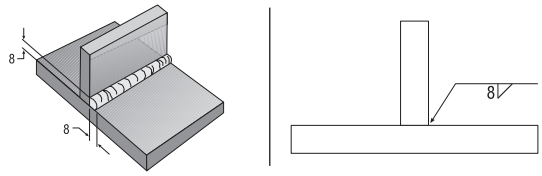
Ubicación estándar de los elementos de la simbología en soldadura



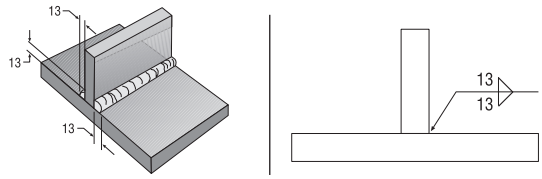
En las siguientes figuras se muestran algunos ejemplos de las aplicaciones de la simbología de soldadura.

Soldadura	Simbología

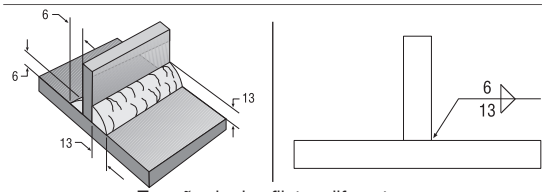
Ejemplo de soldadura de filetes



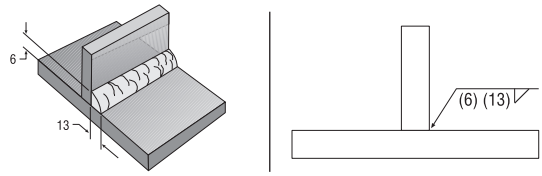
Tamaño de un filete



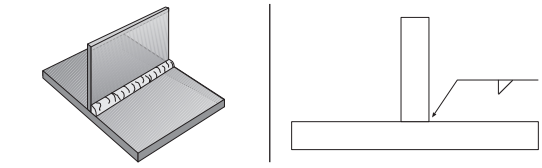
Tamaño de dos filetes iguales



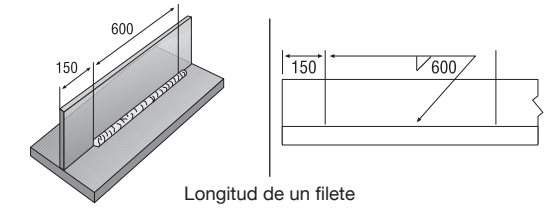
Tamaño de dos filetes diferentes



Tamaño de un filete de tamaño diferente



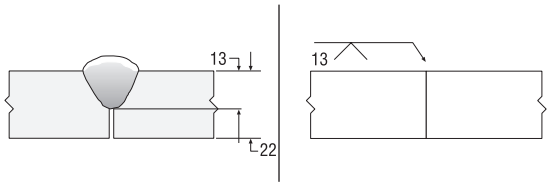
Filete continuo

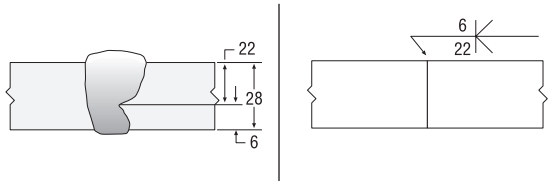


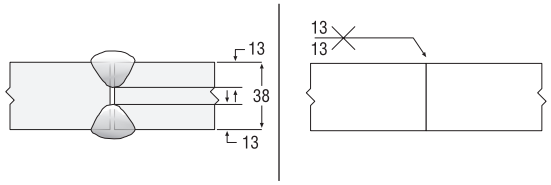
Longitud de un filete

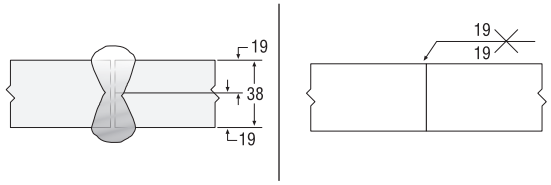
Soldadura	Simbología

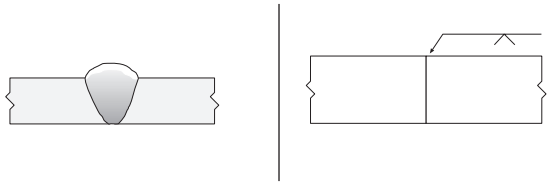
Ejemplo de soldadura de tope con bisel

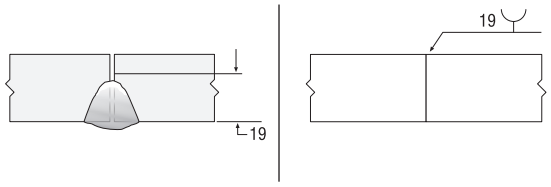












SELECCIÓN DEL ELECTRODO ADECUADO

Para escoger el electrodo adecuado es necesario analizar las condiciones de trabajo en particular y luego determinar el tipo y diámetro de electrodo que más se adapte a estas condiciones.

Este análisis es relativamente simple, si el operador se habitúa a considerar los siguientes factores:

1. Naturaleza del metal base.
2. Dimensiones de la sección a soldar.
3. Tipo de corriente que entrega su máquina soldadora.
4. En qué posición o posiciones se soldará.
5. Tipo de unión y facilidad de fijación de la pieza.
6. Si el depósito debe poseer alguna característica especial, como son: resistencia a la corrosión, gran resistencia a la tracción, ductilidad, etc.
7. Si la soldadura debe cumplir condiciones de alguna norma o especificaciones especiales.

Después de considerar cuidadosamente los factores antes indicados, el usuario no debe tener dificultad en elegir un electrodo INDURA, el cual le dará un arco estable, depósitos parejos, escoria fácil de remover y un mínimo de salpicaduras, que son las condiciones esenciales para obtener un trabajo óptimo.

ALMACENAMIENTO DE ELECTRODOS

Todos los revestimientos de electrodos contienen H_2O. Algunos tipos como los celulósicos requieren un contenido mínimo de humedad para trabajar correctamente (4% para un AWS E-6010). En otros casos, como en los de bajo hidrógeno, se requieren niveles bajísimos de humedad; 0,4% para la serie 70 (Ej. 7018), 0,2% para la serie 80 (Ej. E-8018); 0,15% para las series 90, 100, 110 y 120 (Ej. 9018, 11018, 11018 y 12018).

Este tema es de particular importancia cuando se trata de soldar aceros de baja aleación y alta resistencia, aceros templados y revenidos o aceros al carbono-manganeso en espesores gruesos.

La humedad del revestimiento aumenta el contenido de hidrógeno en el metal de soldadura y de la zona afectada térmicamente (ZAT). Este fenómeno puede originar fisuras en aceros que presentan una estructura frágil en la ZAT, como los mencionados anteriormente. Para evitar que esto ocurra se debe emplear electrodos que aporten la mínima cantidad de hidrógeno (electrodos de bajo hidrógeno, Ej. 7018), y además un procedimiento de soldadura adecuado para el material base y tipo de unión (precalentamiento y/o postcalentamiento según sea el caso).

De todo lo anterior se puede deducir fácilmente la importancia que tiene el buen almacenamiento de los electrodos. De ello depende que los porcentajes de humedad se mantengan dentro de los límites requeridos y así el electrodo conserve las características necesarias para producir soldaduras sanas y libres de defectos.

Como las condiciones de almacenamiento y reacondicionamiento son diferentes para los diversos tipos de electrodos, hemos agrupado aquéllos cuyas características son semejantes, a fin de facilitar la observación de estas medidas.

Previamente definiremos los siguientes conceptos:

a. Condiciones de almacenamiento:

Son aquéllas que se deben observar al almacenar en cajas cerradas. En Tabla I se dan las recomendaciones para el acondicionamiento de depósitos destinados al almacenamiento de electrodos.

b. Condiciones de mantención:

Son las condiciones que se deben observar una vez que los electrodos se encuentran fuera de sus cajas. En Tabla I se indican estas condiciones.

c. Reacondicionamiento o resecado:

Aquellos electrodos que han absorbido humedad más allá de los límites recomendados por la norma requieren ser reacondicionados, a fin de devolver a los electrodos sus características. En Tabla II se indican las recomendaciones para el reacondicionamiento de electrodos.

La operación de resecado no es tan simple como parece. Debe realizarse en hornos con circulación de aire. En el momento de introducir los electrodos

en el horno, la temperatura del mismo no debe superar los 100ºC y las operaciones de calentamiento y enfriamiento deben efectuarse a una velocidad de alrededor de 200ºC/hr., para evitar la fisuración y/o fragilización del revestimiento.

Por último queremos entregar a nuestros clientes algunas recomendaciones sobre el uso de electrodos de bajo hidrógeno. Éstas se encuentran indicadas en Tabla III y son una guía para el uso, que surge de la experiencia y de los resultados de distintas investigaciones.

Tabla I - Condiciones de almacenamiento y mantención de electrodos

Electrodo		Acondicionamiento del depósito (en cajas cerradas)	Mantención electrodos (en cajas abiertas)
Clase	Tipo		
EXX10 EXX11	Celulósico Celulósico	Temperatura ambiente.	No recomendado.
EXX12 EXX13 EXX14 EXX24	De rutilo (Fe) De rutilo (Fe) De rutilo (Fe) De rutilo (Fe)	Temperatura 15ºC más alta que la temperatura ambiente, pero menor de 50ºC, o humedad relativa ambiente menor a 50%.	10ºC a 20ºC sobre la temperatura ambiente.
EXX15 EXX16 EXX18 EXX48 Inox. E 70/E 120	Básico Básico Básico (Fe) Básico (Fe) De rutilo o básico Básico	Temperatura 20ºC más alta que la temperatura ambiente, pero menor de 60ºC, o humedad relativa ambiente menor de 50%.	30ºC a 140ºC sobre la temperatura ambiente.

Tabla II- Recomendaciones para el resecado de electrodos

Electrodo Tipo y Clase	Aplicación	Resecado
Celulósico (EXX10 - EXX11)	Todas	No requieren si han estado bien acondicionados. Por lo general no pueden resecarse sin deteriorar sus características operativas.
De rutilo (EXX12-EXX13) (EXX14-EXX24) Inoxidables austeníticos	Todas	No requieren si han estado bien acondicionados. Caso contrario resecar 30 a 120 minutos a 100-150ºC. Asociar la menor temperatura con el mayor tiempo. Durante el resecado ensayar en soldadura para comprobar características operativas y evitar sobresecado.
Básicos de bajo contenido de hidrógeno (EXX15-EXX16) (EXX18-EXX28) (EXX48). Incluyen baja aleación (AWS A5.5). Inoxidables martensíticos y ferríticos (E4XX)	Donde se requiere bajo contenido de hidrógeno en el metal depositado.	Cuando el electrodo permaneció más de 2 hrs. sin protección especial, resecar 60 a 120 min. a 250-400ºC. No exceder los 400ºC, y si se seca a 250ºC hacerlo durante 120 minutos.
	Aplicaciones críticas (aceros de alto contenido de carbono, aceros de baja aleación, aceros de más de 60 kg/mm^2 de resistencia).	Siempre antes de usar se resecan 60 a 120 min. a 300-400ºC. No exceder los 400ºC y si se seca a 300ºC hacerlo durante 120 min. Luego conservar en estufa hasta el momento de soldar.

Tabla III- Recomendaciones para el uso de electrodos de bajo hidrógeno

Para soldadura normal de bajo contenido de hidrógeno, con control razonable de nivel de hidrógeno y precauciones rutinarias de calor aportado y precalentamiento.	1. Electrodos en envases no herméticos o dañados y electrodos que han sido expuestos a atmósfera normal por más de 2 hrs. deben ser resecados antes de usarlos. 2. Electrodos en envases no herméticos pueden usarse sin resecar para la soldadura de aceros de menos de 50 kg/mm^2 de resistencia en situaciones de bajo embridamiento o cuando la experiencia muestra que no ocurren fisuras. 3. Los electrodos deben mantenerse en termos de 30ºC a 140ºC sobre la temperatura ambiente.
Para soldadura crítica de bajo contenido de hidrógeno, con extremo control de nivel de hidrógeno, en estructuras importantes y materiales de alto carbono o baja aleación con resistencia mínima mayor de 50 kg/mm^2.	1. Siempre deben resecarse los electrodos antes de usar. 2. Los electrodos deben mantenerse en termos de 30ºC a 140ºC sobre temperatura ambiente. 3. Los electrodos resecados expuestos por más de 1 hr. a atmósfera normal deben volver a resecarse.
Para soldadura general, donde se usan los electrodos por sus buenas propiedades mecánicas o calidad radiográfica, pero no se requiere un nivel bajo de hidrógeno en el metal depositado.	1. Los electrodos pueden utilizarse directamente a partir de cualquier tipo de envase, siempre que hayan permanecido almacenados en buenas condiciones.

PROBLEMAS Y DEFECTOS COMUNES EN LA SOLDADURA AL ARCO

DEFECTOS	CAUSAS Y SOLUCIONES

Mal aspecto

Causas probables:

1. Conexiones defectuosas.
2. Recalentamiento.
3. Electrodo inadecuado.
4. Longitud de arco y amperaje inadecuado.

Recomendaciones:

1. Usar la longitud de arco, el ángulo (posición) del electrodo y la velocidad de avance adecuados.
2. Evitar el recalentamiento.
3. Usar un vaivén uniforme.
4. Evitar usar corriente demasiado elevada.

Penetración excesiva

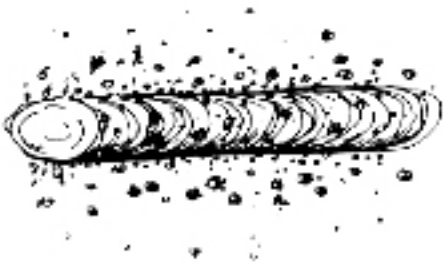
Causas probables:

1. Corriente muy elevada.
2. Posición inadecuada del electrodo.

Recomendaciones:

1. Disminuir la intensidad de la corriente.
2. Mantener el electrodo a un ángulo que facilite el llenado del bisel.

Salpicadura excesiva



Causas probables:

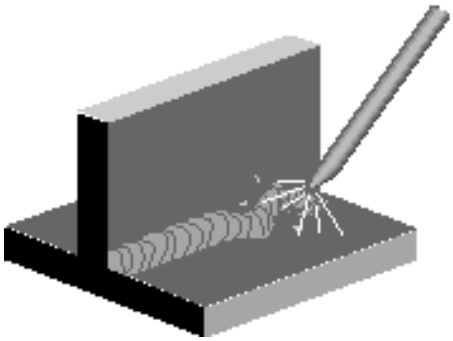
1. Corriente muy elevada.
2. Arco muy largo.
3. Soplo magnético excesivo.

Recomendaciones:

1. Disminuir la intensidad de la corriente.
2. Acortar el arco.
3. Ver lo indicado para “arco desviado o soplado”.

DEFECTOS	CAUSAS Y SOLUCIONES

Arco desviado



Causas probables:

1. El campo magnético generado por la CC produce la desviación del arco (soplo magnético).

Recomendaciones:

1. Usar CA
2. Contrarrestar la desviación del arco con la posición del electrodo, manteniéndolo a un ángulo apropiado.
3. Cambiar de lugar la grampa a tierra
4. Usar un banco de trabajo no magnético.
5. Usar barras de bronce o cobre para separar la pieza del banco.

Soldadura porosa

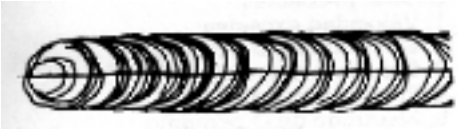
Causas probables:

1. Arco corto.
2. Corriente inadecuada.
3. Electrodo defectuoso.

Recomendaciones:

1. Averiguar si hay impurezas en el metal base.
2. Usar corriente adecuada.
3. Utilizar el vaivén para evitar sopladuras.
4. Usar un electrodo adecuado para el trabajo.
5. Mantener el arco más largo.
6. Usar electrodos de bajo contenido de hidrógeno.

Soldadura agrietada



Causas probables:

1. Electrodo inadecuado.
2. Falta de relación entre tamaño de la soldadura y las piezas que se unen.
3. Mala preparación.
4. Unión muy rígida.

Recomendaciones:

1. Eliminar la rigidez de la unión con un buen proyecto de la estructura y un procedimiento de soldadura adecuado.
2. Precalentar las piezas.
3. Evitar las soldaduras con primeras pasadas.
4. Soldar desde el centro hacia los extremos o bordes.
5. Seleccionar un electrodo adecuado.
6. Adaptar el tamaño de la soldadura de las piezas.
7. Dejar en las uniones una separación adecuada y uniforme.

DEFECTOS	CAUSAS Y SOLUCIONES

Combadura

Causas probables:

1. Diseño inadecuado.
2. Contracción del metal de aporte.
3. Sujeción defectuosa de las piezas.
4. Preparación deficiente.
5. Recalentamiento en la unión.

Recomendaciones:

1. Corregir el diseño.
2. Martillar (con martillo de peña) los bordes de la unión antes de soldar.
3. Aumentar la velocidad de trabajo (avance).
4. Evitar la separación excesiva entre piezas.
5. Fijar las piezas adecuadamente.
6. Usar un respaldo enfriador.
7. Adoptar una secuencia de trabajo.
8. Usar electrodos de alta velocidad y moderada penetración.

Soldadura quebradiza

Causas probables:

1. Electrodo inadecuado.
2. Tratamiento térmico deficiente.
3. Soldadura endurecida al aire.
4. Enfriamiento brusco.

Recomendaciones:

1. Usar un electrodo con bajo contenido de hidrógeno o de tipo austenítico.
2. Calentar antes o después de soldar o en ambos casos.
3. Procurar poca penetración dirigiendo el arco hacia el cráter.
4. Asegurar un enfriamiento lento.

Penetración incompleta

Causas probables:

1. Velocidad excesiva.
2. Electrodo de Ø excesivo.
3. Corriente muy baja.
4. Preparación deficiente.
5. Electrodo de Ø pequeño.

Recomendaciones:

1. Usar la corriente adecuada. Soldar con lentitud necesaria para lograr buena penetración de raíz.
2. Velocidad adecuada.
3. Calcular correctamente la penetración del electrodo.
4. Elegir un electrodo de acuerdo con el tamaño de bisel.
5. Dejar suficiente separación en el fondo del bisel.

DEFECTOS	CAUSAS Y SOLUCIONES

Fusión deficiente

Causas probables:

1. Calentamiento desigual o irregular.
2. Orden (secuencia) inadecuado de operación.
3. Contracción del metal de aporte.

Recomendaciones:

1. Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas.
2. Conformar las piezas antes de soldarlas.
3. Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar.
4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme.
5. Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo.

Distorsión (deformación)

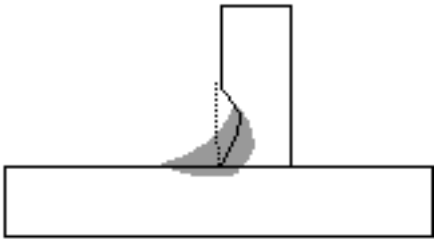
Causas probables:

1. Calentamiento desigual o irregular.
2. Orden (secuencia) inadecuado de operación.
3. Contracción del metal de aporte.

Recomendaciones:

1. Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas.
2. Conformar las piezas antes de soldarlas.
3. Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar.
4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme.
5. Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo.

Socavado



Causas probables:

1. Manejo defectuoso del electrodo.
2. Selección inadecuada del tipo de electrodo.
3. Corriente muy elevada.

Recomendaciones:

1. Usar vaivén uniforme en las soldaduras de tope.
2. Usar electrodo adecuado.
3. Evitar un vaivén exagerado.
4. Usar corriente moderada y soldar lentamente.
5. Sostener el electrodo a una distancia prudente del plano vertical al soldar filetes horizontales.

ELECTRODOS INDURA

Composición química (valores típicos)

Aplicación	Clasificación AWS	Electrodos INDURA	Corriente	Composición Química (%) del metal depositado (valores típicos) C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Otros
Acero al carbono	E6010 / E4310	6010	CC	0,11	0,55	0,24	0,014	0,008				
	E6011 / E4311	230-S	CA-CC	0,09	0,51	0,29	0,013	0,012				
	E6011 / E4311	6011	CA-CC	0,11	0,41	0,23	0,010	0,017				
	E6011 / E4311	Punto Azul	CA-CC	0,11	0,57	0,24	0,012	0,020				
	E6011 / E4311	Punto Verde	CA-CC	0,11	0,59	0,25	0,017	0,020				
	E 6012 / E4312	6012	CA-CC	0,08	0,50	0,25	0,018	0,019				
	E6013 / E4313	6013	CA-CC	0,11	0,40	0,22	0,015	0,010				
	E6013 / E4313	90	CA-CC	0,11	0,47	0,24	0,015	0,018				
	E7014 / E4914	Facilarc 14	CA-CC	0,07	0,89	0,55	0,018	0,020				
	E7018 / E4918	7018-RH	CC	0,06	1,05	0,49	0,015	0,010				
	E7018 / E4918	7018-AR	CC	0,09	1,05	0,55	0,020	0,015				
	E7024 / E4924	Facilarc 12	CA-CC	0,08	0,88	0,55	0,020	0,011				
Acero de baja aleación	E7010-A1	7010-A1	CC	0,11	0,50	0,23	0,010	0,009	0,03	0,04	0,55	
	E7018-A1	7018-A1	CC	0,05	0,87	0,66	0,013	0,010	0,05	0,06	0,51	
	E7018-G	7018-RC	CC	0,04	0,63	0,15	0,022	0,009	0,03	0,53	0,02	0,60 Cu
	E8018-B2	8018-B2	CC	0,08	0,57	0,52	0,012	0,009	1,14	0,07	0,56	
	E8018-B6	8018-B6	CC	0,05	0,76	0,79	0,021	0,007	5,24	0,18	0,47	
	E8018-B8	8018-B8	CC	0,06	0,98	0,41	0,012	0,006	10,32	0,21	1,17	
	E8018-C1	8018-C1	CC	0,04	0,94	0,28	0,015	0,009	0,06	2,49	0,02	
	E8018-C2	8018-C2	CC	0,05	1,15	0,51	0,004	0,006	0,02	3,73	0,004	
	E8018-C3	8018-C3	CC	0,05	1,11	0,41	0,015	0,008	0,04	0,95	0,21	
	E8018-W2	8018-W2	CC	0,04	1,07	0,39	0,024	0,009	0,61	0,70	0,02	0,45 Cu
	E9018-B3	9018 B3	CC	0,05	0,86	0,55	0,012	0,009	2,31	0,06	1,08	
	E9018-M	9018-M	CC	0,05	0,88	0,42	0,012	0,010	0,10	1,42	0,24	
	E11018-M	11018-M	CC	0,04	1,54	0,32	0,013	0,010	0,30	1,86	0,40	
Acero inoxidable	E308-16 / E308H-16	308/308H	CA-CC	0,05	0,54	0,67	0,021	0,005	18,7	10,2	0,07	
	E308L-16	308L	CA-CC	0,02	0,63	0,76	0,025	0,008	18,7	10,0	0,18	
	E309L-16	309L	CA-CC	0,02	0,69	0,80	0,022	0,009	22,5	13,4	0,16	
	E309LMo-16	309MoL	CA-CC	0,02	0,73	0,51	0,018	0,010	22,3	12,5	2,39	
	E310-16	25-20	CA-CC	0,13	1,25	0,71	0,021	0,008	25,8	21,4	0,10	
	E312-16	29-9 S	CA-CC	0,11	0,97	0,69	0,028	0,003	29,0	10,1	0,23	
	E316L-16	316L	CA-CC	0,02	0,63	0,77	0,022	0,009	18,5	11,7	2,70	
	E316-16 / E316H-16	316/316H	CA-CC	0,05	1,20	0,80	0,020	0,020	18,7	12,0	2,30	
	E347-16	347	CA-CC	0,03	0,76	0,90	0,032	0,005	18,5	10,0	0,25	0,40 Nb
	E410NiMo-15	13/4	CC	0,04	0,48	0,29	0,019	0,011	11,5	4,1	0,48	
	E2209-16	2209	CA-CC	0,03	1,01	0,38	0,011	0,013	22,9	10,1	3,00	
Ni y sus aleaciones	ENiCrFe-3	Nicroelastic 46	CA-CC	0,03	6,04	0,17	0,014	0,004	16,26	Balance	0,02	1.6Nb, 7.2Fe
	ENiCrMo-3	Nicromo 3	CA-CC	0,05	0,85	0,45	0,020	0,010	21,60	Balance	9,00	3.5Nb, 4.3Fe
Hierro Fundido	E-NiCl	Nickel 99	CA-CC	0,74	0,18	0,11	0,006	0,003	0,10	Balance	0,02	2.7Fe
	E-NiFe-Cl	Nickel 55	CA-CC	0,91	0,54	0,13	0,015	0,002	0,53	Balance	0,02	46Fe
	E-St	77	CA-CC	0,10	0,43	0,08	0,015	0,010				Balance Fe
Cu y sus aleaciones	ECuSn-A	70	CC	6.0 Sn, 0.25 Fe, 0.10 Si, 0.10 P, balance Cu								
Ac. al Manganeso	E-FeMn-A	Timang	CA-CC	0,78	14,47	0,19	0,020	0,003	4,16	2,50	0,02	

Propiedades mecánicas (valores típicos)

Aplicación	Clasificación AWS	Electrodo INDURA	Tratamiento Térmico (°C)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Límite de fluencia (Mpa)	Alargamiento en 50 mm. (%)	Energía Absorbida Ch-v (J)
Ac. al carbono	E6010 / E4310	6010	sin T.T.	500	414	26	38 J a -30°C
	E6011 / E4311	230-S	sin T.T.	488	403	28	37 J a -30°C
	E6011 / E4311	6011	sin T.T.	495	424	27	34 J a -30°C
	E6011 / E4311	Punto Azul	sin T.T.	483	411	24	49 J a -30°C
	E6011 / E4311	Punto Verde	sin T.T.	473	401	29	36 J a -30°C
	E 6012 / E4312	6012	sin T.T.	514	440	28	39 J a -30°C
	E6013 / E4313	6013	sin T.T.	518	431	28	90 J a 20°C
	E6013 / E4313	90	sin T.T.	513	435	27	56 J a 20°C
	E7014 / E4914	Facilarc 14	sin T.T.	530	460	30	40 J a 0°C
	E7018 / E4918	7018-RH	sin T.T.	535	445	30	130 J a -30°C
	E7018 / E4918	7018-AR	sin T.T.	572	475	31	135 J a -30°C
	E7024 / E4924	Facilarc 12	sin T.T.	570	477	24	30 J a 0°C
Ac. de baja aleación	E7010-A1	7010-A1	620°C x 1hr	610	537	25	100 J a 20°C
	E7018-A1	7018-A1	620°C x 1hr	660	578	28	124 J a 20°C
	E7018-G	7018-RC	sin T.T.	530	480	25	100 J a -20°C
	E8018-B2	8018-B2	690°C x 1hr	670	570	23	80 J a 0°C
	E8018-B6	8018-B6	740°C x 1 hr	708	593	19	200 J a 20°C
	E8018-B8	8018-B8	740°C x 1 hr	713	591	21	250 J a 20°C
	E8018-C1	8018-C1	605°C x 1hr	610	520	26	60 J a -59°C
	E8018-C2	8018-C2	605°C x 1hr	605	510	26	55 J a -73°C
	E8018-C3	8018-C3	sin T.T.	605	540	27	44 J a -40°C
	E8018-W2	8018-W2	sin T.T.	675	580	24	42 J a -29°C
	E9018-B3	9018 B3	690°C x 1hr	652	565	26	169 J a 20°C
	E9018-M	9018-M	sin T.T.	672	579	25	80 J a -51°C
	E11018-M	11018-M	sin T.T.	780	717	23	42 J a -51°C
Ac. Inoxidable	E308-16 / E308H-16	308/308H	sin T.T.	590	-----	53	-----
	E308L-16	308L	sin T.T.	560	-----	41	-----
	E309L-16	309L	sin T.T.	555	-----	42	-----
	E309LMo-16	309MoL	sin T.T.	680	-----	40	-----
	E310-16	25-20	sin T.T.	593	-----	30	-----
	E312-16	29-9 S	sin T.T.	754	-----	32	-----
	E316L-16	316L	sin T.T.	580	-----	48	-----
	E316-16 / E316H-16	316/316H	sin T.T.	600	-----	35	-----
	E347-16	347	sin T.T.	650	-----	39	-----
	E410NiMo-15	13/4	610°C x 1 hr	827	-----	17	-----
	E2209-16	2209	sin T.T.	794	-----	27	-----
Ni y sus aleaciones	ENiCrFe-3	Nicroelastic 46	sin T.T.	680	-----	43	-----
	ENiCrMo-3	Nicromo 3	sin T.T.	790	-----	30	-----

SISTEMA ARCO MANUAL

Descripción del proceso

El sistema de soldadura Arco Manual, se define como el proceso en que se unen dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir.

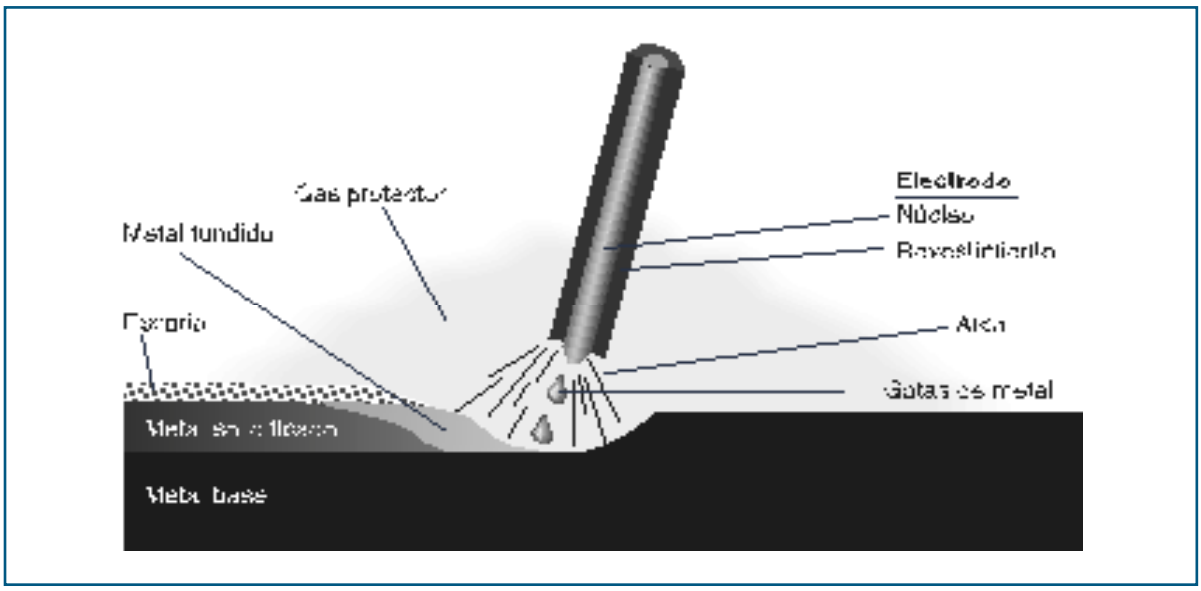
La soldadura al arco se conoce desde fines del siglo pasado. En esa época se utilizaba una varilla metálica descubierta que servía de metal de aporte.

Pronto se descubrió que el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera eran causantes de fragilidad y poros en el metal soldado, por lo que al núcleo metálico se le agregó un revestimiento que al quemarse se gasificaba, actuando como atmósfera protectora, a la vez que contribuía a mejorar notablemente otros aspectos del proceso.

El electrodo consiste en un núcleo o varilla metálica, rodeado por una capa de revestimiento, donde el núcleo es transferido hacia el metal base a través de una zona eléctrica generada por la corriente de soldadura.

El revestimiento del electrodo, que determina las características mecánicas y químicas de la unión, está constituido por un conjunto de componentes minerales y orgánicos que cumplen las siguientes funciones:

1. Producir gases protectores para evitar la contaminación atmosférica y gases ionizantes para dirigir y mantener el arco.
2. Producir escoria para proteger el metal ya depositado hasta su solidificación.
3. Suministrar materiales desoxidantes, elementos de aleación y hierro en polvo.



ELECTRODOS INDURA PARA SOLDADURA ARCO MANUAL

INDURA produce en Chile electrodos para soldadura al Arco Manual, utilizando los más modernos y eficientes sistemas de producción, lo que unido a una constante investigación y a la experiencia de su personal, le ha permitido poder entregar al mercado productos de la más alta calidad a nivel internacional.

Fabricación de electrodos

INDURA utiliza en su Planta de Electrodos el moderno sistema de Extrusión, en que a un “núcleo” o varilla de acero se le aplica un “revestimiento” o material mineral-orgánico, que da al electrodo sus características específicas.

Este sistema posee la gran ventaja de entregar un electrodo con un revestimiento totalmente uniforme y concéntrico con el núcleo, lo que significará excelente soldabilidad y eliminación de arcos erráticos en su aplicación.

El proceso de secado es primordial para obtener un producto de alta calidad, es por ello que nuestra planta cuenta con un moderno horno de secado continuo, en el cual el electrodo alcanza gradualmente la temperatura máxima especificada, obteniendo de esta forma un secado uniforme y total.

Envasado

Electrodos para aceros al carbono y baja aleación.

Son envasados en bolsas de polietileno (5 kg), posteriormente en cajas de cartón (25 kg).

Electrodos para aceros al carbono, baja aleación con bajo contenido de hidrógeno, aceros inoxidables, níquel y bronce.

Son envasados en bolsas de polietileno (5 kg), posteriormente en cajas de cartón (25 kg). Para dar una mayor protección contra la humedad y los golpes.

Control de calidad

Tanto para el control de materias primas como de productos elaborados, y para su constante investigación, INDURA posee un moderno Laboratorio Químico, dotado de instrumental especializado.

Este laboratorio no sólo realiza controles físicos (tamaño, uniformidad, concentricidad, consistencia del revestimiento) y químicos (de humedad, composición, etc.), sino que también realiza un constante control de soldabilidad y características mecánicas del metal depositado, con muestras de electrodos de producción, siendo ésta la única manera de comprobar la calidad final y eficiencia del producto terminado.

Los numerosos controles que se efectúan durante el proceso de fabricación y las pruebas efectuadas al producto terminado, son anotadas en una tarjeta de producción. Un número de serie anotado en cada envase, permite individualizar el día y hora de fabricación de cada electrodo, indicando el resultado de los controles a que fue sometido.

Propiedades mecánicas de los electrodos

Al someter a prueba un metal depositado mediante arco eléctrico, es importante eliminar algunas variables, tales como diseño de juntas, análisis del metal base, etc., por lo que se ha universalizado la confección de una probeta longitudinal de metal depositado, para luego maquinarla y someterla a prueba de tracción para conocer su punto de fluencia, resistencia a la tracción, porcentaje de alargamiento y de reducción de área.

Antes de traccionar la probeta, si se trata de electrodos que no sean de bajo hidrógeno, se la somete a un envejecimiento a 95°C-105°C durante 48 horas, con el fin de liberarlos de este gas.

CERTIFICACIÓN DE ELECTRODOS

Certificado de calidad American Bureau of Shipping, Lloyd's Register of Shipping, Germanischer Lloyd's, Nippon Kaiji Kyokai.

Estas casas clasificadoras exigen su aprobación a los electrodos que se usan en la construcción o reparación de buques que van a ser certificados en sus registros.

Es por eso que ellos especifican las pruebas a que se deben someter y verifican que los métodos y controles usados en su fabricación estén de acuerdo con sus especificaciones.

Algunos electrodos están homologados por estas casas clasificadoras, por lo que pueden ser usados en buques y equipos certificados por estas instituciones.

Ellas realizan un control anual para verificar la alta calidad que deben mantener los electrodos.

Clasificación de electrodos según normas AWS

Las especificaciones más comunes para la clasificación de electrodos según la AWS son las siguientes:

1. Especificación para electrodos revestidos de acero al carbono, designación AWS: A5.1/A5.1M-04.

2. Especificación para electrodos revestidos de aceros de baja aleación, designación AWS: A5.5-96.

3. Especificación para electrodos revestidos de aceros al cromo, y cromo-níquel resistentes a la corrosión, designación AWS: A5.4/A5.4M-06.

4. Especificación para varillas de aporte en uso oxiacetilénico y/o TIG, designación AWS: A5.2-92.

5. Especificación para electrodos revestidos para soldaduras de Fe fundido, designación AWS: A5.15-90.

6. Especificaciones para electrodos continuos y fundentes para arco sumergido, designación AWS: A5.17/A5.17M-97.

7. Especificaciones para electrodos de aceros dulces, para soldadura con electrodos continuos protegidos por gas (MIG/MAG), designación AWS: A5.18/A5.18M-05.

En la especificación para aceros al carbono de electrodos revestidos, el sistema de clasificación está basado en la resistencia a la tracción del depósito.

La identificación de clasificación, está compuesta de la letra E y cuatro dígitos. Esta letra significa “Electrodo” Los dos primeros dígitos indican la resistencia mínima a la tracción del metal depositado en miles de libras por pulgadas o decenas de mega pascales, dependiendo de la clasificación utilizada (ver tabla adjunta). Así es como, E-60XX indica un electrodo revestido cuyo depósito posee como mínimo 60.000 libras por pulgada cuadrada y E-43XX un electrodo revestido cuyo depósito posee al menos 430 mega pascales. Dichas cantidades corresponden a la resistencia mínima que debe cumplir el depósito.

Aunque los dos últimos dígitos señalan las características del electrodo, es necesario considerarlos separadamente, ya que el tercer dígito indica la posición para soldar del electrodo.

EXX1X - toda posición
EXX2X - posición plana y horizontal
EXX4X - toda posición, vertical descendente

Clasificación AWS A5.1	A5.1M	Tipo de revestimiento	Posición a soldar	Corriente y polaridad
E-6010	E-4310	Celulósico sódico	P, V, SC, H	CCEP
E-6011	E-4311	Celulósico potásico	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6012	E-4312	Rutílico sódico	P, V, SC, H	CA, CCEN
E-6013	E-4313	Rutílico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6018	E-4318	Potásico, BH - HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6019	E-4319	Óxido de hierro, rutílico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6020	E-4320	Óxido de hierro	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-6022	E-4322	Óxido de hierro	P, H	CA, CCEN
E-6027	E-4327	Óxido de hierro, HP	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-7014	E-4914	Rutílico, HP	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-7015	E-4915	Sódico, BH	P, V, SC, H	CCEP
E-7016	E-4916	Potásico, BH	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018	E-4918	Potásico, BH - HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018M	E-4918M	BH - HP	P, V, SC, H	CCEP
E-7024	E-4924	Rutílico, HP	P, H	CA, CCAP
E-7027	E-4927	Óxido de hierro, HP	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-7028	E-4928	Potásico, BH - HP	P, H	CA, CCEP
E-7048	E-4948	Potásico, BH - HP	P, V-down, SC, H	CA, CCEP

Nomenclatura			
HP: Hierro en polvo	CC: Corriente continua	EP: Electrodo positivo	P: Plana
BH: Bajo hidrógeno	CA: Corriente alterna	EN: Electrodo negativo	V: Vertical
	AP: Ambas polaridades	SC: Sobrecabeza	H: Horizontal

El último dígito indica el tipo de revestimiento del electrodo. Sin embargo para una identificación completa es necesario leer los dos dígitos en conjunto.

Para las posiciones vertical y sobrecabeza existe una limitación de diámetro hasta 4,8 mm comúnmente y de 4,0 mm para electrodos de BH.

Los sistemas de clasificación para los electrodos revestidos de acero de baja aleación son similares a la de los aceros al carbono, pero a continuación del cuarto dígito existe una letra y un dígito que indican la composición química del metal depositado. Así la A significa un electrodo de acero al carbono-molibdeno; la B un electrodo al cromo-molibdeno, la C un electrodo al níquel y la letra D un electrodo al manganeso-molibdeno.

El dígito final indica la composición química, según esta clasificación.

En las especificaciones para aceros inoxidables AWS: A5.4:2006, la AISI clasificó estos aceros por números, y estos mismos se usan para la designación de los electrodos. Por lo tanto, la clasificación para los electrodos de acero inoxidables, como 308, 347, etc. es su número y luego dos dígitos más que indican sus características de empleo (fuente de poder, tipo de revestimiento, etc). La letra L a continuación de los tres primeros dígitos indica que el acero inoxidable es de bajo contenido en carbono.

DESIGNACIÓN DE ELECTRODOS SEGÚN NORMA AWS: 5.5-96
DE ACUERDO A SU MAYOR PORCENTAJE DE ELEMENTOS DE ALEACIÓN

Número del sufijo para electrodos según AWS	% de aleación					
	(Mo)	(Cr)	(Ni)	(Mn)	(V)	(Cu)
A1	0,5	-	-	-	-	-
B1	0,5	0,5	-	-	-	-
B2	0,5	1,25	-	-	-	-
B3	1,0	2,25	-	-	-	-
B4	0,5	2,0	-	-	-	-
B5	1,1	0,5	-	-	-	-
B6	0,5	5,0	-	-	-	-
B7	0,5	7,0	-	-	-	-
B8	1,0	9,0	-	-	-	-
B9	1,0	9,0	-	-	0,20	0,25
C1	-	-	2,5	1,2	-	-
C2	-	-	3,5	1,2	-	-
C3	-	-	1,0	1,2	-	-
C4	-	-	1,5	1,2	-	-
C5	-	-	6,5	0,7	-	-
D1	0,3	-	-	1,5	-	-
D2	0,3	-	-	1,75	-	-
D3	0,5	-	-	1,4	-	-
G*	0,2	0,3	0,5	1,0	0,1	0,2
M	Ver	AWS	A 5,5-96	-	-	-
P1	0,5	0,3	1,0	1,2	-	-
W1	-	0,2	0,3	0,5	-	0,4
W2	-	0,6	0,6	0,9	-	0,5

G* Sólo necesita tener un porcentaje mínimo de uno de los elementos.
Requerimientos químicos adicionales pueden acordarse entre el fabricante y el usuario.

ELECTRODOS PARA SOLDAR ACERO AL CARBONO

Procedimiento para soldar acero al carbono

Los mejores resultados se obtienen manteniendo un arco mediano, con lo que se logra una fusión adecuada, permitiendo el escape de gases además de controlar la forma y apariencia del cordón.

Para filetes planos y horizontales, conviene mantener el electrodo en un ángulo de 45° respecto a las planchas, efectuar un pequeño avance y retroceso del electrodo en el sentido de avance. Con ello se logra una buena fusión al avanzar, se controla la socavación y la forma del cordón al retroceder al cráter.

Para filetes verticales ascendentes, se mantiene el electrodo perpendicular a la plancha moviéndolo en el sentido de avance. El movimiento debe ser lo suficientemente rápido y la corriente adecuada para permitir alargar el arco y no depositar cuando se va hacia arriba, para luego bajar al cráter y depositar el metal fundido, controlando la socavación y ancho del cordón.

La soldadura sobrecabeza se ejecuta en forma similar a la horizontal, pero la oscilación en el sentido de avance debe ser mayor para permitir que el metal depositado en el cráter se solidifique.

Cuando se suelda vertical descendente, el cordón de raíz se hace con un avance continuo, sin oscilar, y la fuerza del arco se dirige de tal manera que sujete el baño de fusión. Para los pases sucesivos se puede usar una oscilación lateral.

Recomendaciones para electrodos de bajo hidrógeno

El procedimiento para soldar todos los electrodos de bajo hidrógeno es básicamente el mismo. Para los que poseen hierro en polvo se debe usar una corriente ligeramente mayor, que para aquéllos que no lo contengan.

El arco debe mantenerse lo más corto posible en todo momento, pudiéndose usar una oscilación muy suave para controlar la forma y ancho del cordón. En soldaduras de varios pases, toda la escoria debe ser removida y la limpieza del cordón debe ser efectuada a conciencia.

Soldaduras en plano

Esta soldadura debe ser hecha con el mayor amperaje permitido por diámetro, para asegurar una buena fusión en los costados. Se puede usar una oscilación de 2 1/2 veces el diámetro del electrodo, aunque se recomienda, para soldaduras anchas, varios cordones angostos.

Soldadura vertical

El cordón de raíz debe hacerse ascendente, con un arco corto y muy poco movimiento en sentido de avance. El electrodo no debe ser movido bruscamente hacia arriba y por ningún motivo alargar el arco. Es preferible para este cordón usar un movimiento en forma de “V”. El electrodo se mantiene un instante en el vértice de la “V” para lograr penetración y remoción de escoria. El largo de la “V” no debe ser mayor de 3,2 mm. El segundo cordón y los sucesivos pueden hacerse con un movimiento oscilatorio de lado a lado, deteniéndose en los costados para permitir que la escoria atrapada en el primer cordón pueda salir a la superficie.

Soldadura sobrecabeza

Se recomienda hacerlo con cordones angostos y mantener el electrodo en un ángulo de 30° respecto a la cara vertical.

Soldadura horizontal

Los filetes horizontales deben hacerse con un cordón angosto, con el electrodo dirigido dentro de la unión en un ángulo de 45°. El cordón angosto debe hacerse también en los pases subsiguientes.

INDURA 6010

Clasificación AWS: E-6010 / E-4310

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento celulósico sódico. Color rojo***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Certificado anualmente por American Bureau of Shipping, Lloyd´s Register of Shipping, Germanischer Lloyd, Nippon Kaiji Kyokai***

Descripción

Electrodo con polvo de hierro en el revestimiento, que permite una velocidad de depósito mayor y una aplicación más fácil, junto con propiedades mecánicas sobresalientes. La estabilidad del arco y el escudo protector que da el revestimiento ayudan a dirigir el depósito reduciendo la tendencia a socavar. Está diseñado según los últimos adelantos técnicos para lograr óptimos resultados prácticos.

Usos

Este electrodo tiene un campo de aplicación muy amplio, en especial cuando es necesario soldar en toda posición.

Aplicaciones típicas

- Estanques
- Estructuras
- Planchas corrientes y galvanizadas
- Tuberías de presión
- Cañerías
- Barcos

Procedimiento para soldar

Para obtener los mejores resultados, se recomienda un arco de longitud mediana que permita controlar mejor la forma y aspecto del cordón.

Para soldadura de filetes planos y horizontales, se recomienda mantener el electrodo a 45º con cada plancha, oscilándolo en el sentido del avance. El movimiento adelante tiene por objeto obtener buena penetración y el movimiento hacia atrás controla la socavación y la forma del cordón.

En la soldadura vertical se recomienda llevar el electrodo en un ángulo de casi 90º, inclinándolo ligeramente en el sentido de avance.

Se debe llevar un movimiento de vaivén, alargando el arco para no depositar metal en el movimiento hacia arriba y luego acortándolo para depositar en el cráter y así controlar las dimensiones del depósito y la socavación.

Composición química (típica del metal depositado):

C 0,11%; Mn 0,55%; Si 0,24%; P 0,014%; S 0,008%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 500 MPa Límite de fluencia : 414 MPa Alargamiento en 50 mm : 26%	430 MPa 330 MPa 22%	38J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	60	90	75
3,2	350	80	110	35
4,0	350	110	160	24
4,8	350	150	200	17

INDURA 230-S

Clasificación AWS: E-6011 / E-4311

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento celulósico potásico. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Punto azul***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***
- ***Certificado anualmente por American Bureau of Shipping y Lloyd´s Register of Shipping***

Descripción

Está especialmente diseñado para uso con corriente alterna, también puede ser utilizado con corriente continua, electrodo positivo. Sus otras propiedades y aplicaciones son similares al electrodo E-6010.

Sus características son:

1. Alta velocidad de soldadura.
2. Eficiencia de deposición del metal superior al 70%.
3. Gran facilidad de encendido, manejo del arco y firmeza en la copa.
4. Excelente penetración.
5. Fácil remoción de escoria.
6. Produce un arco firme y estable, no afectándolo en corriente continua el fenómeno conocido por “soplo magnético”.

Usos

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura de acero dulce, sobre todo cuando es necesario soldar en posición vertical o sobrecabeza, por su escoria de rápida solidificación.

Aplicaciones típicas

- Estanques
- Estructuras metálicas
- Embarcaciones
- Calderería
- Obras de construcción
- Reparación de piezas y maquinarias

Procedimiento para soldar

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con electrodo E-6010 o E-6011.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,09%; Mn 0,51%; Si 0,29%; P 0,013%; S 0,012%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 488 MPa Límite de fluencia : 403 MPa Alargamiento en 50 mm : 28%	430 MPa 330 MPa 22%	37J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	50	90	77
3,2	350	80	120	37
4,0	350	120	160	26
4,8	350	140	220	18

INDURA 6011

Clasificación AWS: E-6011 / E-4311

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento celulósico potásico. Color canela***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***
- ***Toda posición***
- ***Certificado por Canadian Welding Bureau y anualmente por American Bureau of Shipping y Lloyd´s Register of Shipping***

Descripción

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo.

La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza.

El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

Usos

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera alta penetración.

Aplicaciones típicas

- Cordón de raíz en cañerías
- Cañerías de oleoductos
- Reparaciones generales
- Estructuras
- Planchas galvanizadas

Procedimiento para soldar

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con un electrodo E-6010.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,41%; Si 0,23%; P 0,010%; S 0,017%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 495 MPa Límite de fluencia : 424 MPa Alargamiento en 50 mm : 27%	430 MPa 330 MPa 22%	34J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	50	90	74
3,2	350	80	120	34
4,0	350	120	160	24
4,8	350	160	220	17

INDURA Punto Azul

Clasificación AWS: E-6011 / E-4311

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento celulósico potásico. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***
- ***Punto azul***

Descripción

Posee una formulación moderna capaz de brindar las más altas exigencias de trabajo.

Su arco suave y estable lo hace de fácil aplicación, en cualquier posición, logrando óptima calidad en la unión.

Esta nueva fórmula entrega además las siguientes características:

1. Alta velocidad de soldadura.
2. Depósitos lisos.
3. Bajo chisporroteo.
4. Bajo índice de humos.
5. Fácil remoción de escoria.
6. Excelente penetración.

Usos

Es un electrodo de uso general en aceros dulces, especialmente cuando es necesario soldar chapas y perfiles delgados.

Aplicaciones típicas

- Marcos de ventana
- Fabricación de rejas
- Estanques
- Planchas galvanizadas
- Estructuras
- Reparaciones generales

Procedimiento para soldar

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con un electrodo E-6010 o E-6011.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,57%; Si 0,24%; P 0,012%; S 0,020%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 483 MPa Límite de fluencia : 411 MPa Alargamiento en 50 mm : 24%	430 MPa 330 MPa 22%	49J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	50	90	70
3,2	350	80	130	35
4,0	350	120	160	25
*4,8	350	160	220	17

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA Punto Verde

Clasificación AWS: E-6011 / E-4311

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento celulósico potásico. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Punto verde***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***

Descripción

El punto verde es un electrodo con revestimiento celulósico que posee un arco muy suave y estable que lo hace de fácil aplicación.

Con una remoción de escoria sin problemas deja cordones de excelente apariencia.

Es aplicable en todas las posiciones de soldadura haciéndole muy versátil en sus aplicaciones.

Usos

Este electrodo sirve para uso general en aceros dulces, especialmente diseñado para estructuras del tipo livianas.

Aplicaciones típicas

- Marcos de ventanas
- Fabricación de rejas
- Estanques
- Estructuras livianas

Procedimiento para soldar

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con un electrodo E-6010 o E-6011.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,59%; Si 0,25%; P 0,017%; S 0,020%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 473 MPa Límite de fluencia : 401 MPa Alargamiento en 50 mm : 29%	430 MPa 330 MPa 22%	36J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	50	90	70
3,2	350	80	130	35
4,0	350	120	160	25
*4,8	350	140	220	17

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 6012

Clasificación AWS: E-6012 / E-4312

- ***Electrodo manual para acero al carbono***
- ***Revestimiento rutílico sódico. Color gris***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua y electrodo negativo o corriente alterna***

Descripción

Electrodo caracterizado por baja penetración, bajo chisporroteo y una escoria densa que cubre completamente el cordón de soldadura.

El metal depositado es generalmente más bajo en ductilidad y más alto en su límite de fluencia que el depósito realizado con el mismo tamaño de los electrodos E-6010 o E-6011.

Usos

Electrodo de uso general en aceros dulces y estructuras livianas.

Aplicaciones típicas

- Aceros de construcción no aleados
- Carpintería metálica
- Muebles metálicos
- Estructuras livianas

Procedimiento para soldar

Puede utilizarse corriente alterna o corriente continua y electrodo negativo, usualmente son adecudos para soldar en posición vertical con progresión ascendente o descendente. Sin embargo a menudo los de mayor diámetro son usados en posición plana y horizontal más que en posición vertical y sobrecabeza.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,08%; Mn 0,50%; Si 0,25%; P 0,018%; S 0,019%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 514 MPa Límite de fluencia : 440 MPa Alargamiento en 50 mm : 28%	430 MPa 330 MPa 17%	39J a -30°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	50	80	76
*3,2	350	80	120	37
*4,0	350	120	170	26
*4,8	350	170	240	18

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 6013

Clasificación AWS: E-6013 / E-4313

- ***Electrodo manual para acero al carbono***
- ***Revestimiento rutílico potásico. Color gris***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua (ambas polaridades) o corriente alterna***

Descripción

Electrodo caracterizado por una escoria fácil de remover y un arco suave y estable.

Es apropiado para trabajo sobre planchas delgadas de metal.

Los diámetros mayores son usados en muchas de las mismas aplicaciones que el E-6012.

Los diámetros menores proporcionan menor penetración que el obtenido con el E-6012.

Usos

Electrodo especialmente recomendado para soldar láminas metálicas delgadas y en general toda clase de aceros dulces.

Aplicaciones típicas

- Cerrajería
- Carpintería metálica
- Muebles metálicos
- Estructuras livianas

Procedimiento para soldar

Puede utilizarse corriente alterna o continua (ambas polaridades). En soldaduras verticales, se recomienda utilizar progresión ascendente.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,40%; Si 0,22%; P 0,015%; S 0,010%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 518 MPa Límite de fluencia : 431 MPa Alargamiento en 50 mm : 28%	430 MPa 330 MPa 17%	90J a 20°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	40	90	52
*3,2	350	70	120	35
*4,0	350	120	190	22
*4,8	350	160	240	17

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 90

Clasificación AWS: E-6013 / E-4313

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento rutílico potásico. Color gris***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua (ambas polaridades) o corriente alterna***

Descripción

El electrodo 90 tiene un revestimiento que produce escoria abundante y un depósito muy parejo. Su arco es muy suave y estable aunque de baja penetración.

Tiene muy buenas características de trabajo, aun con máquinas soldadoras de corriente alterna con bajo voltaje en vacío. Aunque especialmente formulado para corriente alterna, se puede usar también con corriente continua.

Usos

Este electrodo es especialmente recomendado para trabajos en láminas metálicas delgadas y en toda clase de aceros dulces, en los cuales se tenga como requisito principal la facilidad de aplicación, siempre que no se exijan características mecánicas elevadas en las uniones. Debido a su baja penetración, se recomienda para soldar planchas de espesores menores de 6,4 mm.

Aplicaciones típicas

- Cerrajería
- Muebles metálicos
- Estructuras livianas

Procedimiento para soldar

Puede utilizarse corriente alterna o continua, ambas polaridades.

Los electrodos 90 producen depósitos uniformes y lisos con poca pérdida por salpicaduras, y la escoria puede eliminarse fácilmente.

En soldaduras verticales de tope o filetes se recomienda soldar de abajo hacia arriba.

No es necesario realizar movimientos de vaivén hacia adelante con tanta frecuencia como en los tipos E-6010.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,47%; Si 0,24%; P 0,015%; S 0,018%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 513 MPa Límite de fluencia : 435 MPa Alargamiento en 50 mm : 27%	430 MPa 330 MPa 17%	56J a 20°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	40	90	52
3,2	350	70	120	30
4,0	350	120	190	22
*4,8	350	160	240	16

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA Facilarc 14

Clasificación AWS: E-7014 / E-4914

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento rutílico con hierro en polvo. Color café***
- ***Toda posición***
- ***Corriente alterna o corriente continua ambas polaridades***
- ***Certificado por Canadian Welding Bureau***

Descripción

El Facilarc 14 es un electrodo de revestimiento mediano con hierro en polvo.

Estas características permiten su operación en toda posición empleando velocidades de soldaduras mayores que las que se logran con los tipos convencionales (E-6013) y las pérdidas por salpicaduras son muy bajas.

Usos

Estos electrodos se utilizan para soldar todo tipo de estructuras en acero dulce, especialmente en soldaduras verticales descendentes en planchas delgadas.

Aplicaciones típicas

- Carrocerías de automóviles
- Trabajos ornamentales
- Estructuras de barcos
- Estanques

Procedimiento para soldar

Para obtener los mejores resultados se debe mantener un arco corto.

En uniones horizontales debe llevarse el electrodo a 45° con respecto a la horizontal y a un ángulo en el sentido de avance de 15°.

En filetes verticales descendentes el electrodo se lleva en la bisectriz del ángulo formado por las planchas y con ángulos en el sentido del avance de 30° a 45°.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,07%; Mn 0,89%; Si 0,55%; P 0,018%; S 0,020%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 530 MPa Límite de fluencia : 460 MPa Alargamiento en 50 mm : 30%	490 MPa 400 MPa 17%	40J a 0°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	80	110	62
3,2	350	110	150	28
4,0	350	140	190	21
*4,8	350	180	260	14

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 7018-RH

Clasificación AWS: E-7018 / E-4918

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color gris***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Certificado anualmente por American Bureau of Shipping, Lloyd´s Register of Shipping, Germanischer Lloyd y Nippon Kaiji Kyokai***

Descripción

El electrodo 7018-RH es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad.

Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición.

Su arco es suave y la pérdida por salpicadura es baja.

Usos

El 7018-RH es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías.

Sus buenas propiedades físicas son ideales para ser usado en astilleros.

Aplicaciones típicas

- Aceros Cor-Ten, Mayari-R
- Lukens 45 y 50
- Yoloy y otros aceros estructurales de baja aleación

Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En la soldadura en posición sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo.

Para mayores detalles ver página 33. Observe las recomendaciones para almacenaje de los electrodos, página 20.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,06%; Mn 1,05%; Si 0,49%; P 0,015%; S 0,010%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 535 MPa Límite de fluencia : 445 MPa Alargamiento en 50 mm : 30%	490 MPa 400 MPa 22%	130J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	70	120	55
3,2	350	120	150	28
4,0	350	140	200	20
4,8	350	200	275	14

INDURA 7018-AR

Clasificación AWS: E-7018 / E-4918

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color gris***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Electrodo de bajo contenido de hidrógeno.

Se caracteriza por depósitos de calidad radiográfica, arco fácil de establecer, excelentes características operativas, fácil desprendimiento de escoria y excelente presentación.

Usos

Se recomienda para trabajos donde se requiera una alta calidad radiográfica.

Aplicaciones típicas

- Construcción
- Reparación de buques
- Plataformas petroleras
- Cañerías, etc.

Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En soldadura en posición sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance.

Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo. Para mayores detalles ver página 33. Observe las recomendaciones para almacenaje de los electrodos, página 20.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,09%; Mn 1,05%; Si 0,55%; P 0,020%; S 0,015%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 572 MPa Límite de fluencia : 475 MPa Alargamiento en 50 mm : 31%	490 MPa 400 MPa 22%	135J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	60	110	52
3,2	350	100	160	26
4,0	350	130	210	19
4,8	350	190	280	14

INDURA Facilarc 12

Clasificación AWS: E-7024 / E-4924

- ***Electrodo para acero al carbono***
- ***Revestimiento rutílico con hierro en polvo. Color gris***
- ***Posición plana y horizontal***
- ***Corriente continua (ambas polaridades) o corriente alterna***
- ***Certificado por Canadian Welding Bureau***

Descripción

Electrodo para soldar acero dulce o al carbono. Posee una velocidad de deposición que duplica la del electrodo convencional y por ello es de una gran economía de trabajo. Tiene excelentes características de arco y fácil soldabilidad. La remoción de escoria es fácil ya que prácticamente se desprende sola.

Usos

Este electrodo, aunque usado generalmente para soldar acero dulce, también permite obtener soldaduras satisfactorias con muchos aceros de baja aleación o de mediano carbono. Proporciona gran economía en soldadura de rellenos en una o varias capas, debido a su alta velocidad de depósito y facilidad para desprender la escoria. Es autodesprendente.

Aplicaciones típicas

- Golletes y manillas de balones de gas licuado
- Cubierta de embarcaciones
- Fabricación de perfiles
- Elementos estructurales

Procedimiento para soldar

Para una soldadura de filete, el electrodo debe mantenerse en contacto con ambas planchas, pero es preferible usar un arco corto sin tocarlas, ya que esto permite movimientos oscilatorios para hacer depósitos anchos y planos.

Debe usarse un ángulo de 30° en el sentido de avance del electrodo, para evitar que la escoria sobrepase el arco y sea refundida, dificultando con ello su posterior remoción. El depósito es homogéneo, de alta resistencia a la tracción y permite obtener uniones de buena calidad radiográfica.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,08%; Mn 0,88%; Si 0,55%; P 0,020%; S 0,011%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 570 MPa Límite de fluencia : 477 MPa Alargamiento en 50 mm : 24%	490 MPa 400 MPa 17%	30J a 0°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	90	120	50
3,2	350	120	150	20
4,0	350	150	230	13
*4,8	350	230	300	8

* Electrodo fabricado a pedido

ELECTRODOS PARA ACEROS DE BAJA ALEACIÓN

Procedimiento para soldar

Los mejores resultados se obtienen manteniendo un arco mediano, con lo que se gana una fusión adecuada, permitiendo el escape de gases además de controlar la forma y apariencia del cordón. Para filetes planos y horizontales, conviene mantener el electrodo en un ángulo de 45° respecto a las planchas y efectuar un pequeño avance y retroceso del electrodo en el sentido de avance. Con ello se logra una buena fusión al avanzar, se controla la socavación y la forma del cordón al retroceder al cráter.

Para filetes verticales ascendentes, se mantiene el electrodo perpendicular a la plancha moviéndolo en el sentido de avance. El movimiento debe ser lo suficientemente rápido y la corriente adecuada para permitir alargar el arco y no depositar cuando se va hacia arriba, para luego bajar al cráter y depositar el metal fundido, controlando la socavación y ancho del cordón.

La soldadura sobrecabeza se hace en forma similar a la horizontal, pero la oscilación en el sentido de avance debe ser mayor para permitir que el metal depositado en el cráter se solidifique.

Cuando se suelda vertical descendente, el cordón de raíz se hace con un avance continuo, sin oscilar, y la fuerza del arco se dirige de tal manera que sujeta el baño de fusión. Para los pases sucesivos se puede usar una oscilación lateral.

INDURA 7010-A1

Clasificación AWS: E-7010-A1

- ***Electrodo para acero de baja aleación***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Revestimiento celulósico sodico. Color rojo***

Descripción

Su revestimiento celulósico le da características de operación similares al E-6010 o E-8010-P1. Está especialmente desarrollado para soldar con corriente continua, electrodo positivo.

Tiene un arco pulverizado muy estable y de alta penetración. Produce escoria delgada y de fácil remoción.

Usos

Especial para soldadura de cañerías en posición vertical descendente y para cordones de raíz, debido a su elevada penetración.

El electrodo 7010-A1, fue desarrollado principalmente para soldar aceros carbono-molibdeno, aceros de alta resistencia y baja aleación.

Posee excelentes propiedades mecánicas en trabajos que requieren condiciones de servicio a temperatura inferior a 480°C.

Aplicaciones típicas

- Tuberías acero carbono-molibdeno
- Tuberías de presión
- A302 Gr. A y B
- ASTM A204 Gr. A, B y C
- ASTM A335 Gr. P1
- Planchas para calderas

Procedimiento para soldar

Mantener el arco delante del baño de soldadura utilizando una leve oscilación en el sentido de avance, con una longitud de arco mediano que permita controlar la forma y aspecto del cordón.

Cuando la soldadura se realiza en acero carbono-molibdeno, deberá precalentarse de 150°C a 300°C.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,011%; Mn 0,50%; Si 0,23%; P 0,010%; S 0,009%; Cr 0,03%; Ni 0,04%; Mo 0,55%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.5-96):

Tratamiento Térmico	Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
620°C x 1 hr.	Resistencia a la tracción : 610 MPa Límite de fluencia : 537 MPa Alargamiento en 50 mm : 25%	480 MPa 390 MPa 22%	100J a 20°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	60	80	75
3,2	350	80	120	34
4,0	350	110	150	24
*4,8	350	140	200	16

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 7018-A1

Clasificación AWS: E-7018-A1

- ***Electrodo para acero de baja aleación***
- ***Revestimiento potásico, bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Electrodo similar al 7018 para aceros al carbono salvo que se le ha agregado un 0,5% de molibdeno. Esta adición incrementa la resistencia del metal de soldadura, especialmente a alta temperatura, y proporciona algún incremento en la resistencia a la corrosión.

Usos

Especial para soldaduras de aceros resistentes al calor con 0,5% Mo que trabajan a temperaturas hasta 525°C.

Aplicaciones típicas

- Soldaduras de estanques
- Tuberías de alta presión

Procedimiento para soldar

Se recomienda utilizar un arco corto. En posición sobrecabeza utilizar además un leve movimiento oscilatorio en la dirección del avance.

Evitar la oscilación brusca del electrodo. Para mayor información ver página 33. Para recomendaciones sobre almacenamiento de electrodos ver página 20.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,05%; Mn 0,87%; Si 0,66%; P 0,013%; S 0,010%; Cr 0,05%; Ni 0,06%; Mo 0,51%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.5-96):

Tratamiento Térmico	Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
620°C x 1 hr.	Resistencia a la tracción : 660 MPa Límite de fluencia : 578 MPa Alargamiento en 50 mm : 28%	480 MPa 390 MPa 25%	124J a 20°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	70	100	55
*3,2	350	100	140	28
*4,0	350	140	200	20
*4,8	350	200	270	14

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 8018-B2

Clasificación AWS: E-8018-B2

- ***Electrodo para acero de baja aleación***
- ***Revestimiento potásico, bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color blanco***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Toda posición***

Descripción

Este electrodo de bajo contenido de hidrógeno, es apto para soldaduras en toda posición con CC. Su bajo contenido de hidrógeno previene la fisuración del cordón y la zona afectada térmicamente, al soldar aceros de alta resistencia.

Este electrodo ha sido diseñado para soldar aceros al cromo-molibdeno, especialmente los que contienen Cr 1,0% y Mo 0,5%, donde se requiere normalmente precalentamiento y postcalentamiento.

Usos

El electrodo 8018-B2 está formulado especialmente para soldar aceros, donde se requiere alta resistencia mecánica.

Se usa con frecuencia en plataformas petroleras, construcción naval, columnas de alta presión, plantas termoeléctricas y refinerías.

Aplicaciones típicas

- Aceros cromo-molibdeno
- Aceros corten

Procedimiento para soldar

Debido a la alta fragilidad de los aceros Cr-Mo, se requiere el uso de precalentamiento, control de la temperatura de interpase y postcalentamiento para prevenir grietas.

Las temperaturas de precalentamiento e interpase no deben exceder de 315°C y la temperatura de postcalentamiento deberá ser entre 690°C y 740°C. Para mayores detalles ver página 33.

Deben observarse cuidadosamente las recomendaciones de almacenamiento de los electrodos (página 20).

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,08%; Mn 0,57%; Si 0,52%; P 0,012%; S 0,009%; Cr 1,14%; Ni 0,07%; Mo 0,56%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.5-96):

Tratamiento Térmico	Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
690°C x 1 hr.	Resistencia a la tracción : 670 MPa Límite de fluencia : 570 MPa Alargamiento en 50 mm : 23%	550 MPa 460 MPa 19%	80J a 0°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	70	100	65
3,2	350	100	130	29
4,0	350	140	180	18
*4,8	350	190	250	14

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 8018-C1

Clasificación AWS: E-8018-C1

- ***Electrodo para acero de baja aleación***
- ***Revestimiento potásico, bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Certificado anualmente por American Bureau of Shipping, Lloyd´s Register of Shipping, Germanischer Lloyd y Nippon Kaiji Kyokai***

Descripción

El electrodo 8018-C1 es de bajo contenido de hidrógeno difusible (menor o igual a 5 ml / 100 gr) y de alta resistencia.

Su depósito posee un 2,5% de níquel, lo que le da excelentes propiedades mecánicas y lo hace apto para soldaduras que requieren resistencia al impacto a bajas temperaturas.

Posee muy buenas características operativas como también excelente calidad radiográfica.

Usos

El electrodo está diseñado para aceros de grano fino, normalizados ASTM A 516 Gr. 70 y otros de resistencia similar, como también aceros de grano fino para aplicaciones criogénicas, donde la resistencia al impacto es necesaria.

Aplicaciones típicas

- Refinerías
- Recipientes a presión para gases licuados
- Equipo pesado
- Instalaciones sometidas a bajas temperaturas
- Equipos de refrigeración

Procedimiento para soldar

El arco debe mantenerse lo más corto posible en todo momento, pudiendo usarse una oscilación muy suave para controlar la forma y ancho del cordón.

En soldadura plana no debe oscilarse más de 2,5 veces el diámetro del electrodo. Para mayores detalles ver página 33.

Debe observarse cuidadosamente las recomendaciones de almacenamiento de los electrodos (página 20).

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,04%; Mn 0,94%; Si 0,28%; P 0,015%; S 0,009%; Cr 0,06%; Ni 2,49%; Mo 0,02%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.5-96):

Tratamiento Térmico	Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
605°C x 1 hr.	Resistencia a la tracción : 610 MPa Límite de fluencia : 520 MPa Alargamiento en 50 mm : 26%	550 MPa 460 MPa 19%	60J a -59°C	27J a -59°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	70	100	66
3,2	350	100	150	32
4,0	350	140	200	25
4,8	350	180	250	11

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 8018-C2

Clasificación AWS: E-8018-C2

- ***Electrodo para acero de baja aleación***
- ***Revestimiento potásico, bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Bajo contenido de hidrógeno difusible ≤ 5 ml / 100 gr***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Electrodo de bajo contenido de hidrógeno difusible (menor a 5 ml/100gr) y de alta resistencia.

Su depósito posee un 3,5% de níquel, lo que le da excelentes propiedades mecánicas y lo hace apto para soldaduras que requieren resistencia al impacto a bajas temperaturas.

Excelente calidad radiográfica.

Usos

Esta diseñado para aceros de grano fino, normalizados ASTM A 516 Gr.70 y otros de resistencia similar.

Aplicaciones típicas

- Recipientes de presión para gases licuados
- Aceros de grano fino para aplicaciones criogénicas, ASTM A203 Gr.E, A352 Gr.LC3 y LC4, A334 Gr.7

Procedimiento para soldar

Mantener el arco lo más corto posible, pudiendo utilizarse una oscilación muy suave para controlar la forma y ancho del cordón.

En soldadura plana no oscilar más de 2,5 veces el diámetro del electrodo.

Para mayor información ver página 33.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,05%; Mn 1,15%; Si 0,51%; P 0,004%; S 0,006%; Cr 0,02%; Ni 3,73%; Mo 0,004%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.5-96):

Tratamiento Térmico	Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
605°C x 1 hr.	Resistencia a la tracción : 605 MPa Límite de fluencia : 510 MPa Alargamiento en 50 mm : 26%	550 MPa 460 MPa 19%	55J a -73°C	27J a -73°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	70	100	66
*3,2	350	100	150	32
*4,0	350	140	200	25
*4,8	350	180	250	11

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 9018-B3

Clasificación AWS: E-9018-B3

- ***Electrodo para acero de baja aleación***
- ***Revestimiento potásico, bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color blanco***
- ***Temperatura de servicios máx.: 600°C***
- ***Excelente calidad radiográfica***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Toda posición***

Descripción

Para alcanzar las propiedades deseadas, estos electrodos tienen pequeñas adiciones de elementos de aleación (especialmente algo de níquel) y requiere un cuidadoso control de la humedad en el revestimiento del electrodo u otra fuente de hidrógeno.

Excelentes características operativas. Fácil desprendimiento de escoria.

Usos

Aceros de grano fino utilizados en aplicaciones a elevadas temperaturas.

Debido a sus buenas propiedades, se recomienda para soldadura de aceros de alta resistencia, baja aleación o microaleados entre sí o con aceros de más baja resistencia incluido el acero al carbono.

Aplicaciones típicas

- Aceros de grano fino
- ASTM A 633 Gr. E
- ASTM A 672 Gr. H75, H80, J80 y J90

Procedimiento para soldar

Son usualmente empleados con tratamiento térmico postsoldadura.

Para mayores detalles ver página 33.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,05%; Mn 0,86%; Si 0,55%; P 0,012%; S 0,009%; Cr 2,31%; Ni 0,06%; Mo 1,08%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.5-96):

Tratamiento Térmico	Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
690°C x 1 hr.	Resistencia a la tracción : 652 MPa Límite de fluencia : 565 MPa Alargamiento en 50 mm : 26%	620 MPa 530 MPa 17%	169J a 20°C	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	65	95	65
*3,2	350	90	140	32
*4,0	350	130	180	24
*4,8	350	170	240	12

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 11018-M

Clasificación AWS: E-11018-M

- ***Electrodo para acero de baja aleación***
- ***Revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color gris***
- ***Toda posición***
- ***Soldadura de aceros con elevada resistencia mecánica (aplicaciones militares)***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Excelente calidad radiográfica***

Descripción

El 11018-M es un electrodo de bajo contenido de hidrógeno con hierro en polvo en su revestimiento. Posee una gran velocidad de deposición y permite obtener uniones de alta resistencia mecánica. Los depósitos obtenidos son de excelente calidad radiográfica.

Usos

Este electrodo ha sido diseñado para obtener soldaduras de alta eficiencia en aceros de baja aleación y alta resistencia, como son T1, Cor-Cap y Dur-Cap.

Aplicaciones típicas

- Estructuras de acero T1, HY80, ASTM Gr. A514, A517
- Palas mecánicas
- Corazas de molinos
- Chasis de maquinarias
- Aceros SAE 4130, 4140, 4340

Procedimiento para soldar

Para producir mejores depósitos, deberá usarse un arco muy corto. El tamaño y forma del depósito se controlan con el movimiento del electrodo, evitando alargar el arco. Cuando se hagan varias pasadas deberá removerse previamente la escoria. Para mayores detalles ver página 33.

Deberá observarse cuidadosamente las recomendaciones de almacenamiento de los electrodos (ver página 20).

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,04%; Mn 1,54%; Si 0,32%; P 0,013%; S 0,010%; Cr 0,30%; Ni 1,86%; Mo 0,40%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.5-96):

Tratamiento Térmico	Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Sin T. T.	Resistencia a la tracción : 780 MPa Límite de fluencia : 717 MPa Alargamiento en 50 mm : 23%	760 MPa 680-760 MPa 20%	42J a -51°C	27J a -51°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	80	120	66
3,2	350	120	160	32
4,0	350	160	220	24
4,8	350	200	275	14

* Electrodo fabricado a pedido

Otros electrodos para aceros de baja aleación

Clasificación INDURA AWS 5.5-96	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA 7018-RC AWS: E-7018-G	C : 0,04% Mn : 0,63% Si : 0,15% P : 0,022% S : 0,009% Cr : 0,03% Ni : 0,53% Mo : 0,02% Cu : 0,60%	Sin tratamiento térmico Resistencia a la tracción 530 MPa Límite de fluencia en 0,2% 480 MPa Elongación (L=4d) 25% Energía absorbida Ch-v 100J a -20°C	Descripción: Electrodo de revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Su depósito bajo hidrógeno minimiza el riesgo de agrietamiento. Usos: Su depósito posee una composición que reduce la corrosión producida por el agua marina y la corrosión ambiental. Aplicaciones típicas: Reparación y fabricación recipientes de uso naval. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.
INDURA 8018-B6 AWS: E-8018-B6	C : 0,05% Mn : 0,76% Si : 0,79% P : 0,021% S : 0,007% Cr : 5,24% Ni : 0,18% Mo : 0,47%	Tratamiento térmico 740°C x 1 hr. Resistencia a la tracción 708 MPa Límite de fluencia en 0,2% 593 MPa Elongación (L=4d) 19% Energía absorbida Ch-v 200J a 20°C	Descripción: Electrodo básico de arco estable con transferencia spray. Buena resistencia en atmósferas sulfurosas, en tubos y calderas. Usos: Soldadura de aceros del tipo 5% Cr - 0,5% Mo. Está diseñado especialmente para construcción y reparaciones de tuberías bajo condiciones de temperatura hasta los 600°C. Aplicaciones típicas: Equipos de “Cracking” en la industria del petróleo y petroquímica. Para recubrimientos de aceros al carbono o aleados. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.
NDURA 8018-B8 AWS: E-8018-B8	C : 0,06% Mn : 0,98% Si : 0,41% P : 0,012% S : 0,006% Cr : 10,32% Ni : 0,21% Mo : 1,17%	Tratamiento térmico 740°C x 1 hr. Resistencia a la tracción 713 MPa Límite de fluencia en 0,2% 591 MPa Elongación (L=4d) 21% Energía absorbida Ch-v 250J a 20°C	Descripción: Electrodo básico de bajo contenido de hidrógeno. Proporciona buena resistencia en atmósferas sulfurosas, en tubos y calderas. Usos: Soldadura de aceros del tipo 9% Cr - 1% Mo. Está diseñado especialmente para construcción y reparaciones de tuberías bajo condiciones de temperatura hasta los 600°C. Apto para soldar aceros resistentes al creep. Aplicaciones típicas: Calderería, tuberías. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.

Otros electrodos para aceros de baja aleación

Clasificación INDURA AWS 5.5-96	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA 8018-C3 AWS: E-8018-C3	C : 0,05% Mn : 1,11% Si : 0,41% P : 0,015% S : 0,008% Cr : 0,04% Ni : 0,95% Mo : 0,21%	Sin tratamiento térmico Resistencia a la tracción 605 MPa Límite de fluencia en 0,2% 540 MPa Elongación (L=4d) 27% Energía absorbida Ch-v 44J a -40°C	Descripción: Electrodo con revestimiento básico. Excelentes propiedades a baja temperatura y alta calidad radiográfica. Su depósito posee un 1,0% de níquel, lo que le da buenas propiedades mecánicas y lo hace apto para soldaduras que requieren resistencia al impacto a bajas temperaturas. Usos: Está diseñado para depositar cordones con resistencia mejorada y con elevada resistencia al impacto en bajas temperaturas. Soldadura de aceros con elevada resistencia mecánica. Aplicaciones típicas: Recipientes de presión. Aceros de grano fino. Aceros ASTM A148, A334, A350 Gr.80-40, 80-50. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.
INDURA 8018-W2 AWS: E-8018-W2	C : 0,04% Mn : 1,07% Si : 0,39% P : 0,024% S : 0,009% Cr : 0,61% Ni : 0,70% Mo : 0,02% Cu : 0,45%	Sin tratamiento térmico Resistencia a la tracción 675 MPa Límite de fluencia en 0,2% 580 MPa Elongación (L=4d) 24% Energía absorbida Ch-v 42J a -29°C	Descripción: Electrodo bajo hidrógeno, especialmente diseñado para obtener un metal de soldadura con características más uniformes de resistencia a la corrosión y coloración en aceros estructurales ASTM resistentes a la intemperie. Esta propiedad es alcanzada debido a la adición de aproximadamente 0,5% de cobre al metal depositado. Para lograr resistencia, ductilidad y resistencia al impacto en el metal depositado, algo de cromo y níquel son adicionados. El color del metal depositado es similar al del acero resistente a la corrosión ambiental. Usos: Aceros estructurales resistentes a la corrosión ambiental. Aplicaciones típicas: Aceros del tipo ASTM A242 y A588, CORTEN, CORCAP. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.

Otros electrodos para aceros de baja aleación

Clasificación INDURA AWS 5.5-96	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA 9018-M AWS: E9018-M	C : 0,05% Mn : 0,88% Si : 0,42% P : 0,012% S : 0,010% Cr : 0,10% Ni : 1,42% Mo : 0,24%	Sin tratamiento térmico Resistencia a la tracción 672 MPa Límite de fluencia en 0,2% 579 MPa Elongación (L=4d) 25% Energía absorbida Ch-v 80J a -51°C	Descripción: Electrodo de bajo contenido de hidrógeno. Para alcanzar las propiedades deseadas, estos electrodos tienen pequeñas adiciones de elementos de aleación (especialmente algo de níquel) y requiere un cuidadoso control de la humedad en el revestimiento del electrodo u otra fuente de hidrógeno. Usos: Aceros de grano fino utilizados en aplicaciones a elevadas temperaturas. Debido a sus buenas propiedades, se recomienda para soldadura de aceros de alta resistencia, baja aleación o microaleados entre sí o con aceros de más baja resistencia incluido acero al carbono. Aplicaciones típicas: Aceros de grano fino, ASTM A 633 Gr. E, ASTM A 672 Gr. H75, H80, J80 y J90. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.

(a) P : Plana — H : Horizontal — V : Vertical — SC : Sobrecabeza
(b) CC : Corriente continua — EP : Electrodo positivo — EN : Electrodo negativo
CA : Corriente alterna — AP : Ambas polaridades

ELECTRODOS PARA ACEROS INOXIDABLES

¿Qué es un acero inoxidable?

Los aceros inoxidables son simplemente aleaciones compuestas por hierro (Fe), carbono (C) y cromo (Cr). El hierro es el elemento fundamental de todos los aceros inoxidables. Sin embargo, para hacer que el hierro sea "inoxidable" el contenido de cromo en solución debe ser por lo menos de un 11,5%. Se adicionan otros elementos de aleación (Ni, Mo, V, Ti, Nb) con el fin de mejorar ciertas propiedades como son: ductilidad, resistencia al impacto, resistencia al creep, resistencia a la corrosión, calor, etc.

Tipos de aceros inoxidables:

Desde el punto de vista metalúrgico, los aceros inoxidables están agrupados dentro de tres tipos básicos, de acuerdo a su microestructura: Martensíticos, ferríticos y austeníticos.

Martensíticos:

Estos aceros contienen entre 11,5% a 18% de cromo, como su principal elemento de aleación. Algunos ejemplos de este grupo son los aceros martensíticos AISI 410, 416, 420, 431, 501 y 502.

En la soldadura de los aceros martensíticos (aceros autotemplables) se pueden producir tensiones y por consiguiente grietas, si no se adoptan las precauciones convenientes.

Siempre que sea posible debe emplearse como metal de aporte aleaciones austeníticas (Ej. AISI 309-310) para absorber las tensiones en las zonas cercanas al cordón y así evitar grietas.

Es conveniente precalentar entre 300°C-350°C las piezas que van a ser soldadas. Después de la soldadura y una vez enfriadas las piezas se recomienda un revenido de 600°C a 700°C.

La resistencia óptima a la corrosión de estos aceros se obtiene efectuando tratamientos térmicos de temple y revenido a las temperaturas requeridas, sin embargo, esta resistencia a la corrosión no es tan buena como en los aceros austeníticos o ferríticos.

Su campo de acción está en piezas que están sometidas a corrosión y que requieren de cierta resistencia mecánica. Se utilizan generalmente en aletas para turbinas, rodetes de turbinas hidráulicas, fundiciones resistentes a la corrosión, cuchillería, piezas de válvulas, etc.

Ferríticos:

Los aceros inoxidables ferríticos contienen entre 17% y 27% de cromo. Ejemplos de éstos son los aceros AISI 405, 430, 442, 446.

Estos aceros no son endurecibles por tratamiento térmico sino sólo moderadamente mediante trabajo en frío. Son magnéticos al igual que los martensíticos. Pueden trabajarse en frío o en caliente, pero alcanzan su máxima ductilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido.

En los aceros ferríticos con un contenido de alto cromo, puede aparecer fase sigma (dura y frágil) cuando se les mantiene durante mucho tiempo a temperaturas cercanas a 470°C. Por otro lado los aceros ferríticos son muy propensos al crecimiento del grano (850°C-900°C) inconveniente para la soldadura. Si las piezas a soldar son de dimensiones considerables, se recomienda postcalentar las piezas entre 700°C y 850°C, seguido de un enfriamiento rápido.

Como los aceros ferríticos se pueden deformar fácilmente en frío, se utilizan mucho para estampados profundos de piezas, como recipientes para industrias químicas y alimenticias, y para adornos arquitectónicos o automotrices.

Austeníticos:

Estos son los aceros inoxidables al cromo-níquel (tipo 3XX) y al cromo-níquel-manganeso (tipo 2XX). Son esencialmente no magnéticos en la condición de recocido y no endurecen por tratamiento térmico. El contenido total de níquel y cromo es de por lo menos 23%. Se pueden trabajar fácilmente en caliente o en frío. El trabajo en frío les desarrolla una amplia variedad de propiedades mecánicas y, en esta condición, el acero puede llegar a ser ligeramente magnético. Son muy

resistentes al impacto y difíciles de maquinar. Estos aceros tienen la mejor resistencia a altas temperaturas y resistencia a la formación de escamas de los aceros inoxidables. Su resistencia a la corrosión suele ser mejor que las de los aceros martensíticos o ferríticos.

El mayor inconveniente que presenta la soldadura de los aceros austeníticos es la precipitación de carburos que pueden producirse en las zonas cercanas al cordón de soldadura, quedando sensibilizados a la corrosión intergranular. Para evitar esta precipitación se deben soldar las piezas sin precalentamiento y con el menor aporte de calor posible. Otra posibilidad es emplear aceros austeníticos con porcentaje de carbono menor a 0,03% o aceros austeníticos estabilizados con titanio, niobio o tántalo.

Selección de electrodos para acero inoxidable

Diagrama de Schaeffler:

El Diagrama de Schaeffler se usa principalmente para predecir la estructura del metal de soldadura obtenido en la unión de aceros inoxidables disímiles, o de aceros inoxidables con aceros al carbono, con o sin aleación.

Para su empleo se parte del cromo y el níquel equivalente del material base y electrodos. Estos se calculan a partir de las fórmulas dadas a continuación, para luego graficarlas en el Diagrama I.

Cromo equivalente: % Cr + % Mo + 1,5 x % Si + 0,5 x % Nb
Níquel equivalente: % Ni + 30 x % C + 0,5 x % Mn

Cuando se trata de unir materiales de la misma composición química, el punto correspondiente al metal depositado se encontrará entre la recta trazada por los puntos correspondientes al metal base y al electrodo. Su ubicación específica dependerá del grado de dilución con que se trabaje. En el proceso arco manual el valor típico es de 30%.

En el caso de materiales disímiles se grafican los puntos correspondientes al cromo y níquel equivalentes de ambos materiales base. Se obtiene el punto medio de la recta trazada entre ambos puntos (siempre y cuando los materiales participen en la misma proporción). Después se une este punto con el punto correspondiente al electrodo. La composición del material depositado se encontrará dentro de esta recta y dependerá del porcentaje de dilución (30% para arco manual).

Ejemplo de unión de acero AISI 410 con electrodo austenítico. (Diagrama II)

Queremos soldar un acero AISI 410 (13% Cr; 8,0% Mn; 0,5% Si y 0,08% C) con un electrodo 309L (24% Cr; 12,5% Ni; 1,8% Mn; 0,5% Si y 0,03% C) y suponemos una dilución del 30% (el metal base colabora con el 30% de la unión y el electrodo con el 70%).

Diagrama I

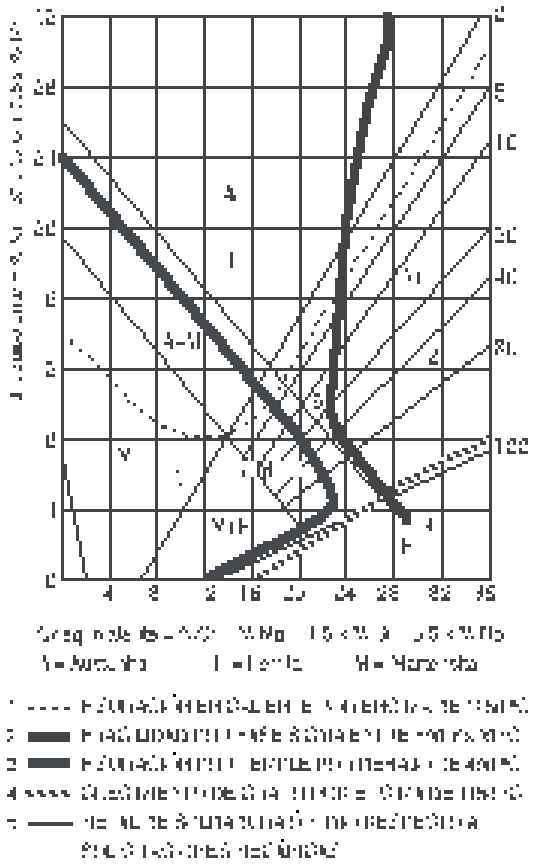
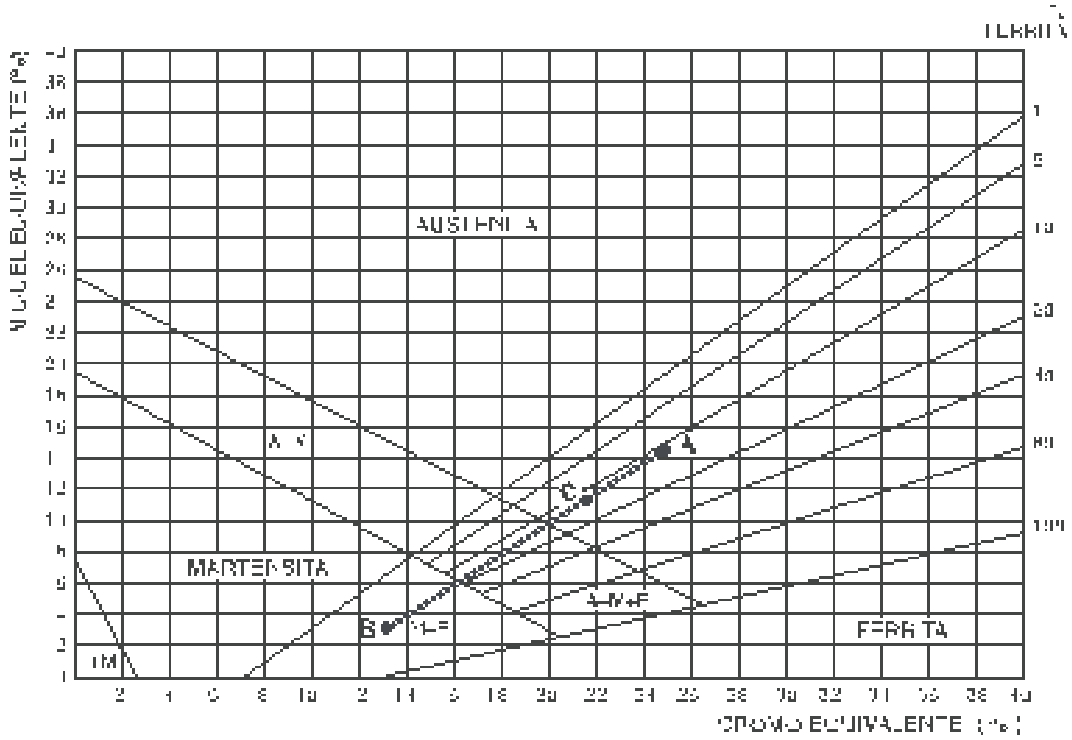


Diagrama II



¿Cuál es la composición del cordón resultante?

Representamos la chapa 410 por el punto B (cromo equivalente 13,75%, níquel equivalente 2,8%) y el electrodo 309L por el punto A (cromo equivalente 24,75%, níquel equivalente 14,3%). Cualquier metal que resulte de la mezcla A y B estará en la recta que los une. Dado que hemos supuesto que la dilución es del 30%, el punto C será el resultante del cordón depositado y tendrá un 13% de ferrita. Por tanto es posible esta soldadura sin peligro de fisuración en caliente.

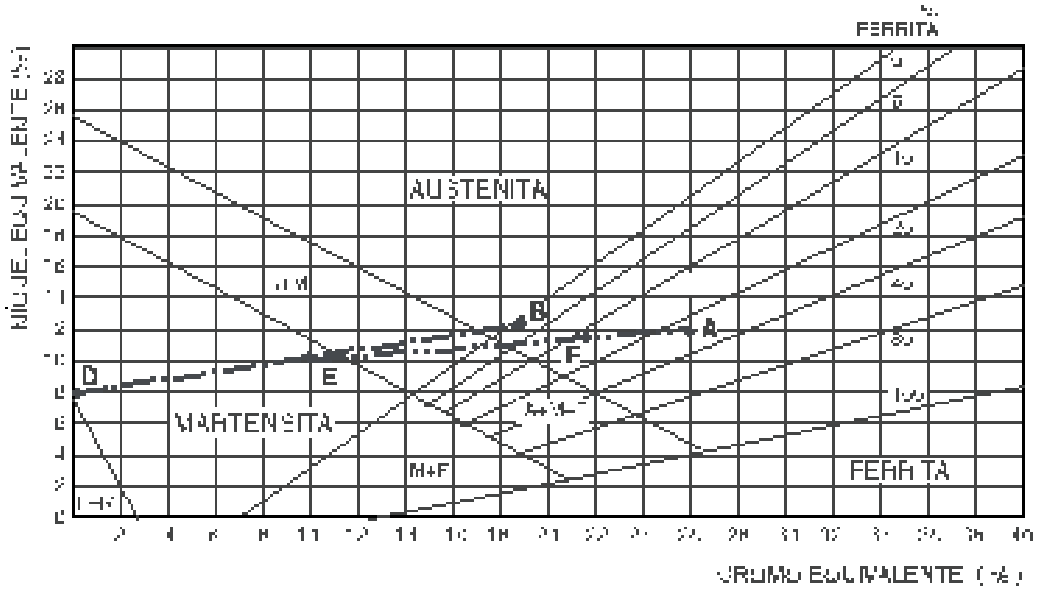
Ejemplo de soldadura disímil (Diagrama III)

Supongamos que debemos soldar un acero SAE 1045 (0,45% C y 0,8% Mn) con un acero AISI 316 (18,7% Cr; 12% Ni; 2,0% Mn; 0,5% Si y 0,07% C) empleando un electrodo INDURA 29-9 (28% Cr; 9,2% Ni; 2% Mn; 0,7% Si y 0,12% C).

¿Cuál es la composición del cordón resultante?

En el caso de los aceros al carbono debe considerarse un 50% de descarburación al soldar, por lo que en la fórmula del níquel equivalente debe reemplazarse el coeficiente correspondiente al carbono por el valor 15 x % C. De esta forma tenemos que para el acero SAE 1045 el cromo equivalente es igual a cero y el níquel equivalente igual a 7,15%, punto D. En el caso de la chapa AISI 316 tenemos cromo equivalente 21,8% y níquel equivalente 13,9%, punto B. Para el electrodo INDURA 29-9 el cromo equivalente es 28% y el níquel equivalente de 13,8%, punto A. Suponemos que ambas chapas (SAE 1045 y 316) participan por igual en la soldadura y que la dilución es del 30%. El punto E es el resultante de ambas chapas y el punto F el resultante de aplicar el 30% de dilución al segmento AE. Por lo tanto, el cordón resultante tendrá un 10% de ferrita y también es posible esta soldadura sin peligro de fisuración en caliente.

Diagrama III



INDURA 308L

Clasificación AWS: E-308L-16

- ***Electrodo para aceros inoxidables austeníticos***
- ***Revestimiento rutílico. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***
- ***Resistente a la corrosión intergranular***

Descripción

El electrodo 308L posee un revestimiento rutílico, lo que lo hace apto para soldar con CA o CC, electrodo positivo.

Este electrodo se caracteriza por un arco estable de transferencia spray, cuyo depósito es de excelente forma y apariencia.

La escoria se desprende fácilmente, además de tener muy buena reanudación de arco por lo que se aconseja usarlo en soldadura intermitente.

El depósito es de acero inoxidable austenítico.

Usos

El electrodo 308L ha sido diseñado principalmente para soldar aceros inoxidables austeníticos con un contenido extrabajo de carbono.

El contenido máximo de 0,04% de carbono según normas AWS, evita la formación de carburos y la precipitación de ellos en los bordes de grano, dando así una excelente protección contra la corrosión intergranular.

Se recomienda especialmente para aplicaciones resistentes a la corrosión, cuando hay posibilidad de "picadura", producida por los ácidos sulfúricos y sulfurosos, sulfito y soluciones de celulosa.

Aplicaciones típicas

- Aceros inox. 304, 304L, 308, 308L, 321, 347, 348
- Equipos químicos y petroquímicos
- Estanques que contengan productos químicos corrosivos

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,02%; Mn 0,63%; Si 0,76%; P 0,025%; S 0,008%; Cr 18,7%; Ni 10,0%; Mo 0,18%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 560 MPa	520 MPa
Alargamiento en 50 mm : 41%	35%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	60	90	59
3,2	350	90	120	31
4,0	350	120	150	21
*4,8	350	150	190	10

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 309L

Clasificación AWS: E-309L-16

- ***Electrodo para acero inoxidable austenítico***
- ***Revestimiento rutílico. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***

Descripción

El electrodo 309L posee un revestimiento rutílico, lo que lo hace apto para soldar con CA o CC, electrodo positivo.

Este electrodo se caracteriza por un arco estable de transferencia spray y cuyo depósito es de excelente forma y apariencia. La escoria se desprende fácilmente, además de tener muy buena reanudación de arco por lo que se aconseja usarlo en soldaduras intermitentes.

El depósito es de acero inoxidable austenítico.

Usos

El electrodo 309L ha sido diseñado principalmente para soldar aceros inoxidables tipo 309L y 309Cb.

Su depósito tiene excelente resistencia a la corrosión a temperatura ambiente, pero primordialmente fue diseñado para resistir la oxidación a altas temperaturas (1.000°C).

Tiene excelente resistencia al creep (1).

Aplicaciones típicas

- Aceros AISI 309, 309L, 309Cb, 304, 304L, 321 y 347
- Acero disímiles
- Acero al 12% Ni

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,02%; Mn 0,69%; Si 0,80%; P 0,022%; S 0,009%; Cr 22,5%; Ni 13,4%; Mo 0,16%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 555 MPa	520 MPa
Alargamiento en 50 mm : 42%	30%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	60	90	59
3,2	350	90	120	31
4,0	350	120	150	21
*4,8	350	150	190	10

* Electrodo fabricado a pedido

(1) Creep: Fenómeno por el cual los materiales acaban por sufrir una deformación permanente, cuando se les somete a una carga inferior a su límite elástico por un tiempo suficientemente largo.

INDURA 25-20

Clasificación AWS: E-310-16

- ***Electrodo para acero inoxidable austenítico***
- ***Revestimiento rutílico. Color gris***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***

Descripción

El electrodo 25-20 posee un revestimiento rutílico, lo que lo hace apto para soldar con CA o CC, electrodo positivo.

Este electrodo se caracteriza por un arco estable de transferencia spray cuyo depósito es de excelente forma y apariencia.

La escoria se desprende fácilmente, además de tener muy buena reanudación de arco por lo que se aconseja usarlo en soldaduras intermitentes.

El depósito es de acero inoxidable austenítico.

Excelente operatividad en toda posición, excepto vertical descendente.

Usos

Está especialmente diseñado para soldar aceros inoxidables del tipo 310 y 314, en los que se requiere una alta resistencia a la tracción y a la corrosión hasta temperaturas de 1.050°C. Puede ser usado además para soldar aceros inoxidables de composición desconocida y aceros inoxidables con acero carbono.

Aplicaciones típicas

- Estanques de ácidos
- Rellenos de ejes
- Aceros inoxidables: 310, 314, 310Cb
- Recipientes y cañerías sometidos a temperaturas
- Soldadura de aceros disímiles

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,13%; Mn 1,25%; Si 0,71%; P 0,021%; S 0,008%; Cr 25,8%; Ni 21,4%; Mo 0,10%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 593 MPa	550 MPa
Alargamiento en 50 mm : 30%	30%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	70	100	59
3,2	350	90	120	31
*4,0	350	120	160	21
*4,8	350	150	225	10

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 29-9S

Clasificación AWS: E-312-16

- ***Electrodo para acero inoxidable austenítico***
- ***Revestimiento rutílico. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***

Descripción

El electrodo 29-9S posee un revestimiento rutílico, que lo hace apto para soldar con CA o CC, electrodo positivo.

Este electrodo se caracteriza por un arco estable de transferencia spray cuyo depósito es de excelente forma y apariencia.

Su escoria se desprende fácilmente, además de tener una buena reanudación del arco por lo que se aconseja usarlo en soldaduras intermitentes. (El depósito es de acero inoxidable ferrítico austenítico).

Usos

Lo recomendamos para soldar aceros inoxidables de alta resistencia tipo 312 y para aceros de diferente composición en que uno es alto en níquel.

El depósito del electrodo 29-9S es sumamente resistente a las fisuras y grietas debido a las dos fases microestructurales austenita-ferrita.

Aplicaciones típicas

- Reparación de ejes y engranajes
- Rellenos de aceros templables difíciles
- Aceros inoxidables 312, 314 y 303
- Soldabilidad de aceros difíciles

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,97%; Si 0,69%; P 0,028%; S 0,003%; Cr 29,0%; Ni 10,1%; Mo 0,23%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 754 MPa	660 MPa
Alargamiento en 50 mm : 32%	22%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	70	100	55
3,2	350	90	120	31
*4,0	350	120	160	21
*4,8	350	150	225	10

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 316L

Clasificación AWS: E-316L-16

- ***Electrodo para acero inoxidable austenítico***
- ***Revestimiento rutílico. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***

Descripción

Este electrodo se caracteriza por producir un arco suave y estable de transferencia spray, formando un depósito de excelente apariencia.

La escoria se desprende fácilmente y el depósito de soldadura se ajusta con facilidad a las exigencias del trabajo.

Debido a que el arco puede ser rápidamente restablecido, se recomienda su uso en soldadura intermitente.

Usos

El electrodo 316L ha sido diseñado principalmente para soldar aceros inoxidables austeníticos con un contenido extrabajo de carbono.

El contenido máximo de 0,04% de carbono según normas AWS, evita la formación de carburos y la precipitación de ellos en los bordes de grano, dando así una excelente protección contra la corrosión intergranular.

Se recomienda especialmente para aplicaciones resistentes a la corrosión, cuando existen posibilidades de “picadura” (ataque por ácido).

No es necesario tratamiento térmico posterior.

Aplicaciones típicas

- Aceros inoxidables 316, 316L, 317, 317L, 316Ti y 318
- Estanques que contengan productos químicos corrosivos
- Equipos químicos y petroquímicos
- Industria de papel

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,02%; Mn 0,63%; Si 0,77%; P 0,022%; S 0,009%; Cr 18,5%; Ni 11,7%; Mo 2,70%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 580 MPa	490 MPa
Alargamiento en 50 mm : 48%	30%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	60	90	59
3,2	350	90	120	31
4,0	350	120	150	21
*4,8	350	150	190	15

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 347

Clasificación AWS: E-347-16

- ***Electrodo para acero inoxidable austenítico***
- ***Revestimiento rutílico. Color blanco***
- ***Resistente a la corrosión intergranular***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***
- ***Tipo 19-9, estabilizado con niobio (columbio)***

Descripción

El electrodo 347 posee un revestimiento rutílico y ha sido diseñado para operar con CA o CC, electrodo positivo.

Su arco se caracteriza por una transferencia de tipo spray muy estable y un depósito que fluye para producir soldaduras de forma y apariencia excelentes.

La escoria se desprende fácilmente.

Los depósitos se ajustan para permitir un buen control en soldadura fuera de posición y así obtener cordones de buena apariencia.

Usos

El electrodo 347 ha sido diseñado especialmente para soldar aceros inoxidables tipo 347 y 321.

Sin embargo, puede ser utilizado para soldar cualquier tipo de acero inoxidable en que se requiera una máxima resistencia a la corrosión.

La adición de niobio en el depósito inhibe la precipitación de carburos, disminuyendo considerablemente la corrosión.

Aplicaciones típicas

- Aceros inoxidables 347, 321, 304 y 308L
- Válvulas de ácidos, gas y agua
- Estanques expuestos a la corrosión química

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,03%; Mn 0,76%; Si 0,90%; P 0,032%; S 0,005%; Cr 18,5%; Ni 10,0%; Mo 0,25%; Nb 0,40%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 650 MPa	520 MPa
Alargamiento en 50 mm : 39%	30%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	60	90	59
*3,2	350	90	120	30
*4,0	350	120	150	21
*4,8	350	150	190	15

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 13/4

Clasificación AWS: E-410NiMo-15

- ***Electrodo sintético para aceros inoxidables martensíticos***
- ***Revestimiento rutílico. Color blanco***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Depósito del tipo 12% Cr - 4,5% Ni - 0,5% Mo***
- ***Resistente a la oxidación, cavitación, choque térmico y desgaste***

Descripción

Electrodo de composición similar al E410 salvo que el metal depositado contiene menos cromo y más níquel.

El objetivo es eliminar ferrita en la microestructura debido a los efectos mecánicos perjudiciales generados por esta fase.

Proporciona mejor resistencia al agrietamiento que el metal de soldadura tipo 410 para la unión de metales base de este mismo tipo.

Además es un electrodo con revestimiento del tipo bajo hidrógeno, por lo cual se recomienda seguir todos los pasos correspondientes al presecado y mantenimiento de un electrodo bajo hidrógeno.

El tratamiento térmico postsoldadura no debería exceder los 620°C.

Usos

Muy apropiado para ruedas de turbinas tipo Pelton, Francis y Kaplan.

Aceros inoxidables 403, 405, 410, 410S, 414, 416, 420 y ASTM A240 (tipo CA6NM). UNS Nº S41500.

Aplicaciones típicas

- Reconstrucción de válvulas y fittings
- Aceros martensíticos
- Aceros inoxidables al cromo
- Aceros fundidos al Cr Ni

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,04%; Mn 0,48%; Si 0,29%; P 0,019%; S 0,011%; Cr 11,5%; Ni 4,1%; Mo 0,48%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06):

Tratamiento Térmico	Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
610°C x 1 hr	Resistencia a la tracción : 827 MPa Alargamiento en 50 mm : 17%	760 MPa 15%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	60	90	59
*3,2	350	90	120	30
*4,0	350	120	150	21
*4,8	350	150	190	15

* Electrodo fabricado a pedido

Otros electrodos para aceros inoxidables

Clasificación INDURA AWS A5.4/A5.4M-06	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA 308/308H AWS: E-308/308H-16	C : 0,05% Mn : 0,54% Si : 0,67% P : 0,021% S : 0,005% Cr : 18,7% Ni : 10,2% Mo : 0,07%	Resistencia a la tracción 590 MPa Elongación (L=4d) 53%	Descripción: Electrodo de composición típica 19% Cr y 10% Ni. Altamente resistente contra la fragilidad por fase sigma. Fácil remoción de escoria y excelente presentación del cordón. Usos: En general se recomienda para soldadura de metales base de composición similar. Para soldadura de aceros inoxidables que contienen 16-21% Cr, 8-13% Ni, y con altos contenidos de carbono, tipo 304H. Se utiliza en donde el acero inoxidable está sometido a temperaturas de servicios inferiores a 750ºC. Aplicaciones típicas: Aceros tipo AISI 301, 302, 304 y 305. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP, CA.
INDURA 309MoL AWS: E-309LMo-16	C : 0,02% Mn : 0,73% Si : 0,51% P : 0,018% S : 0,010% Cr : 22,3% Ni : 12,5% Mo : 2,39%	Resistencia a la tracción 680 MPa Elongación (L=4d) 40%	Descripción: Electrodo con revestimiento rutílico, para aceros inoxidables austeníticos. Su composición es igual al E-309Mo, excepto por el contenido de carbono reducido, el cual disminuye la posibilidad de corrosión intergranular y corrosión por pitting. Usos: Ideal para uniones disímiles entre aceros inoxidables y aceros al carbono o de baja aleación. Para soldadura de aceros inoxidables que contienen Cr-Ni-Mo. Aplicaciones típicas: Soldadura de metales disímiles. Unión de aceros AISI 309 MoL y para reparaciones de Clad Steel tipo AISI 316 y 316L. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP, CA.

Otros electrodos para aceros inoxidables

Clasificación INDURA AWS A5.4/A5.4M-06	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA 316/316H AWS: E-316-16 E-316H-16	C : 0,05% Mn : 1,20% Si : 0,80% P : 0,020% S : 0,020% Cr : 18,7% Ni : 12,0% Mo : 2,30%	Resistencia a la tracción 600 MPa Elongación (L=4d) 35%	Descripción: Electrodo con revestimiento rutílico para aceros inoxidables austeníticos del tipo 19% Cr, 12% Ni y 2,5% Mo. El electrodo 316H es igual al 316 excepto que en el primero el contenido de carbono ha sido restringido al rango superior aceptado por el 316, esto es entre 0,04% y 0,08% de C. Lo anterior proporciona mayor resistencia a la tracción y al creep a altas temperaturas. Usos: Para soldadura de aceros inoxidables que contienen 16-21% Cr, 10-15% Ni y 0-3% Mo, con alto contenido de carbono. Soldadura de aceros tipo 316 y aleaciones similares. Son utilizados para aplicaciones sometidas a altas temperaturas de servicio (hasta 750°C aproximadamente). Aplicaciones típicas: Equipos químicos y petroquímicos, industria lechera, etc. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP, CA.
INDURA 2209 AWS: E-2209-16	C : 0,03% Mn : 1,01% Si : 0,38% P : 0,011% S : 0,013% Cr : 22,9% Ni : 10,1% Mo : 3,00%	Resistencia a la tracción 794 MPa Elongación (L=4d) 27%	Descripción: Electrodos tiene una estructura duplex consistente en una matriz austenítica-ferrítica. El metal depositado combina alta resistencia a la tracción con propiedades mejoradas de resistencia a la corrosión bajo tensión y por picadura. Transferencia tipo spray con baja salpicadura. Bajo sobrecalentamiento del electrodo reduciendo las pérdidas. Fácil inicio de arco reduciendo las posibilidades de defectos asociados al inicio de este. Excelente resistencia a la humedad. Usos: Electrodos de esta composición se recomiendan para soldadura de aceros inoxidables duplex con un contenido aproximado de 22% de cromo. Aplicaciones típicas: Para soldar acero inoxidable duplex 22% Cr, 5% Ni y 3% Mo (tipo 2205) y 3% Mo (tipo 2205). Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP, CA.

(a) P : Plana H : Horizontal V : Vertical SC : Sobrecabeza
(b) CC : Corriente continua EP : Electrodo positivo EN : Electrodo negativo
CA : Corriente alterna AP : Ambas polaridades

ELECTRODOS BASE NÍQUEL

Nicroelastic 46

Clasificación AWS: E-NiCrFe-3

- ***Electrodo base níquel***
- ***Revestimiento gris***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***
- ***Uniones de aceros criogénicos, 9% Ni***
- ***Diseñado para temperaturas de servicio entre -196°C a 600°C***
- ***Posición plana, horizontal y vertical***

Descripción

Electrodo base níquel con alto contenido de cromo y niobio.

Especialmente diseñado para proporcionar soldadura de alta resistencia mecánica y tenacidad.

Usos

Recomendado para soldadura de aleaciones altas en cromo (tipo 600 y 800), aceros de bajo, mediano y alto carbono y aceros hasta 9% de Ni.

Especial para piezas que están sometidas a temperaturas criogénicas y altas temperaturas en ambientes corrosivos.

Recomendable para piezas de maquinaria pesada de difícil soldabilidad donde se requiere alta resistencia mecánica, ductilidad y tenacidad (acero fundido y aceros de baja aleación).

Aplicaciones típicas

- Estanques con productos corrosivos
- Uniones disímiles acero carbono-acero inoxidable
- Intercambiadores de calor
- Industria química y del petróleo
- Aceros al níquel hasta 9% de Ni
- Aleaciones tipo Inconel 600 y Incoloy 800

Procedimiento de soldadura

Limpie el área a soldar y bisele las partes si es necesario. En caso de grietas, utilice el electrodo Rocket Groove para biselar.

Precaliente las piezas sólo si el material base así lo requiere. Aplique de preferencia cordones rectos o con leve oscilación.

Un pequeño martillo ayudará a disminuir las tensiones residuales.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,03%; Mn 6,04%; Si 0,17%; P 0,014%; S 0,004%; Cr 16,26%; Nb 1,6%; Fe 7,2%; Mo 0,02; Ni balance

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.11/A5.11M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 680 MPa	550 MPa
Alargamiento en 50 mm : 43%	30%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	75	100	40
3,2	350	90	140	25
4,0	350	120	180	17
*4,8	350	150	220	10

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA Nicromo 3

Clasificación AWS: E-NiCrMo-3

- ***Electrodo base níquel***
- ***Revestimiento gris***
- ***Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna***
- ***Uniones de aceros criogénicos, 9% Ni***
- ***Aplicación en recubrimiento***
- ***Posición plana y horizontal***

Descripción

El electrodo Nicromo 3 se caracteriza por producir un arco suave y estable de transferencia spray. El depósito formado es de excelente apariencia y de fácil desprendimiento de la escoria. El depósito del electrodo Nicromo 3 se caracteriza por su favorable resistencia a elevadas temperaturas (1.100°C) durante tiempos prolongados, además de su buena resistencia a la corrosión bajo tensiones y fisuración en caliente.

Usos

Este electrodo es apto para unir aleaciones tipo Inconel 625 e Incoloy 825. Recomendado para unión de aleaciones altas en cromo-níquel, entre sí o con aceros inoxidables. Se recomienda además, para revestir aceros al carbono y de baja aleación. Debido a su alto límite elástico, se puede utilizar para unir aceros al níquel (5% y 9% de Ni).

Aplicaciones típicas

- Estanques para transportes criogénicos
- Estanques de almacenamiento de aceros al Ni (5%-9% Ni)
- Asiento de válvulas
- Reparación de maquinaria
- Estanques para productos corrosivos
- Aleaciones 904 y 904L, Inconel 625 e Incoloy 825

Procedimiento de soldadura

Es indispensable limpiar cuidadosamente las partes a soldar para lograr uniones libres de poros y grietas. Usar arco corto con una ligera inclinación. Para lograr un bajo aporte de calor, es recomendable depositar cordones rectos y angostos con poca o ninguna oscilación. El precalentamiento depende del metal base, cualquier postcalentamiento puede efectuarse sin peligro de perjudicar las características del depósito.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,05%; Mn 0,85%; Si 0,45%; P 0,020%; S 0,010%; Cr 21,60%; Mo 9,00%; Nb 3,5%; Fe 4,3%; Ni balance

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.11/A5.11M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 790 MPa	760 MPa
Alargamiento en 50 mm : 30%	30%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	60	90	63
*3,2	350	90	120	31
*4,0	350	120	160	21
*4,8	350	150	190	15

* Electrodo fabricado a pedido

ELECTRODOS PARA SOLDAR HIERRO FUNDIDO

Procedimiento para soldar hierro fundido

Las reparaciones en fundición de hierro gris o hierro maleable son los trabajos más comúnmente encontrados en la práctica diaria y son considerados como los trabajos de soldadura más difíciles.

Cuando se suelda hierro fundido con electrodos comunes de acero, se forma una capa dura y frágil adyacente a la soldadura. Esta capa consiste en hierro fundido endurecido superficialmente como resultado del rápido enfriamiento desde una alta temperatura. Si el metal de aporte es acero, éste absorberá considerable cantidad de carbón del hierro fundido, convirtiéndose en un acero de alto carbono. El resultado será que el depósito de soldadura se endurecerá siendo imposible su mecanizado. Además, cuando se usan electrodos con núcleo de acero, la diferencia de contracciones entre el metal fundido depositado y la fundición, generalmente es causa de problemas serios. La resistencia del metal de aporte es mucho mayor que la del hierro fundido y al producirse la contracción del acero puede desprenderse de la fundición. Debido a estas condiciones, es que los electrodos especiales son necesarios para este tipo de soldadura.

La soldadura del hierro fundido es relativamente fácil, pero sus características químicas y metalúrgicas son tales que deben ser consideradas cuidadosamente para asegurar los mejores resultados.

Algunas de sus características son:

1. Si se calienta a una temperatura alta y luego se enfría rápidamente, el resultado será una fundición blanca, muy dura y difícilmente trabajable mecánicamente.

2. Si se calienta a una temperatura alta y luego se enfría lentamente, el resultado será un hierro fundido gris que es blando y fácilmente trabajable.

3. El hierro fundido es frágil y no se puede doblar o estirar como el acero y consecuentemente si se produce un sobrecalentamiento durante la soldadura, las contracciones durante el enfriamiento pueden causar grietas en la soldadura misma o en las zonas térmicamente afectadas entre ésta y el metal base.

Las consideraciones anteriores son principalmente las que han establecido un procedimiento fundamental para la soldadura del hierro fundido, independiente del tipo de electrodo utilizado, maquinable o no maquinable, que puede establecerse en los siguientes puntos:

1. Utilizar electrodos de poco diámetro y corriente lo más baja posible, pero suficiente para producir una buena fusión.

2. Hacer soldaduras cortas de no más de 50 a 75 mm de longitud.

3. Es aconsejable el depósito de cordones delgados, en lugar de cordones anchos y oscilados.

Instrucciones

Para obtener los mejores resultados, es esencial que la unión haya sido adecuadamente preparada. Deben removerse o limpiarse todas las materias extrañas, tales como óxido, grasa y aceites. Especialmente las partes que se han impregnado de aceite, agua u otros agentes pueden requerir un precalentamiento a una temperatura suficientemente alta (300°C-370°C) para evaporar los contaminantes antes de la soldadura.

Las uniones deben ser preparadas y biseladas por medios mecánicos, como esmeriles, discos o limas y debe evitarse hacer los biselados o preparaciones con arco eléctrico, ya que este procedimiento tendería a producir hierro fundido blanco, duro y quebradizo en las zonas inmediatamente vecinas a las soldaduras.

El biselado se recomienda aún para secciones delgadas, manteniéndolo siempre al mínimo práctico para evitar los esfuerzos residuales provenientes de la contracción. Como regla general el ángulo total de bisel debe ser de aproximadamente 90° para secciones de 6,35 mm de espesor o menos, y de 60° a 90° para secciones más pesadas o de mayor espesor.

Es aconsejable, también para disminuir los esfuerzos térmicos, usar electrodos de diámetro pequeño y utilizar siempre amperajes bajos. Además, el precalentamiento es necesario para fundiciones pesadas y la soldadura debe depositarse en cordones cortos, lineales, de 50 a 75 mm de longitud. Cuando sea posible debe procurarse depositar la soldadura en dos a tres capas, ya que los pases subsiguientes tienen un efecto benéfico de normalizado sobre los primeros. En las soldaduras de hierro fundido es muy importante evitar el calor localizado, causante en la mayoría de los casos de grietas en el metal base y en la soldadura. Esto se logra haciendo soldaduras intermitentes, permitiendo que el calor se distribuya dentro de la fundición antes de depositar el próximo cordón.

INDURA 77

Clasificación AWS: E-St

- ***Electrodo revestido para hierro fundido***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento canela***
- ***Unión y reparación de hierros fundidos***
- ***Corriente alterna o corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

El electrodo 77, tiene núcleo de acero dulce con un revestimiento que actúa como fundente controlando las características del arco.

Tiene un punto de fusión lo suficientemente bajo para permitir usar corrientes bajas, característica importante en la soldadura de hierro fundido, lo que reduce el endurecimiento en la zona de fusión.

Usos

Este electrodo se recomienda para reparaciones en hierro fundido en que los depósitos no requieran maquinado posterior.

Aplicaciones típicas

- Cabezales de motores
- Piezas de máquinas
- Cajas de descanso
- Blocks de motores

Procedimiento para soldar

Se recomienda usar preferentemente CC, electrodo positivo. Las piezas a soldar deben estar limpias.

Se recomienda biselar las piezas en forma de “V” y taladrar los extremos de las grietas a reparar.

Para tener mayor seguridad de la calidad del trabajo, se debe evitar soldar en forma continua; se recomienda efectuar cordones de 5 a 8 cm, intermitentemente. Debe mantenerse el trabajo frío.

No se recomienda martillar el cordón, pueden producirse fisuras.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,10%; Mn 0,43%; Si 0,08%; P 0,015%; S 0,010%; Fe balance

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	50	80	76
3,2	350	80	120	38
*4,0	350	110	160	26
*4,8	350	140	180	19

* Electrodo fabricado a pedido

Nickel 99

Clasificación AWS: E-Ni-CI

- ***Electrodo con revestimiento de grafito y núcleo de níquel. Color gris oscuro***
- ***Toda posición***
- ***Unión y reparación de todos los tipos de hierros fundidos***
- ***Corriente alterna o corriente continua y electrodo negativo***

Descripción

Depósito de níquel especialmente diseñado para unión y reparación de fierro fundido (fundición gris). Éste entrega depósitos lisos y homogéneos, libres de porosidad (incluso en piezas contaminadas con aceite) y es de mayor resistencia y ductilidad que el metal base. Es de arco muy estable y fácil remoción de escoria.

Además posee un depósito con excelentes características para ser maquinado. Es aconsejable hacer cordones cortos y martillar después de cada cordón para alivianar tensiones. El núcleo del electrodo puede ser usado como aporte TIG.

Usos

Reparación y unión de piezas de fierro fundido entre sí, con otros metales ferrosos y no ferrosos, adecuado para espesores pequeños y medios.

Aplicaciones típicas

- Culatas de motores
- Blocks de motores
- Relleno de piezas
- Diferenciales
- Recuperación de engranajes, etc.

Procedimiento para soldar

Se recomienda que se practique una adecuada limpieza del material base. Además generalmente se requiere un calentamiento de la pieza, para eliminar cualquier impureza presente.

Se sugiere realizar cordones cortos y un posterior martillado para aliviar tensiones residuales.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,74%; Mn 0,18%; Si 0,11%; P 0,006%; S 0,003%; Cr 0,10%; Fe 2,70%; Mo 0,02%; Ni balance

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	50	80	68
3,2	350	80	110	32
4,0	350	100	140	21
*4,8	350	120	160	15

* Electrodo fabricado a pedido

Nickel 55

Clasificación AWS: E-NiFe-CI

- ***Electrodo con núcleo de níquel-hierro***
- ***Unión y reparación de todos los tipos de hierros fundidos***
- ***Toda posición***
- ***Soldadura de fundiciones gris, maleable, nodular***
- ***Corriente alterna o corriente continua y electrodo negativo***
- ***Revestimiento gris oscuro***

Descripción

Depósito de níquel-hierro especialmente diseñado para unión y reparación de piezas de fundición con alto porcentaje de fósforo, fundición nodular y esferoidal, sin necesidad de precalentamiento.

El depósito tiene una alta resistencia, es de excelente apariencia libre de grietas y porosidad, incluso sobre superficies contaminadas.

Al igual que todas las soldaduras de fierro fundido, se recomiendan los cordones cortos a fin de no calentar excesivamente la pieza. No se recomienda el martillado.

Usos

Unión y reparación de todos los tipos de fierro fundido, especialmente indicado para soldadura de fundición nodular.

Aplicaciones típicas

- Recuperación de cuerpos de válvulas
- Cuerpos y tapas de bombas
- Tambores para trefilación
- Eje excéntrico chancadores
- Uniones disímiles con hierro fundido, etc.

Procedimiento para soldar

Se debe limpiar bien la superficie a soldar, sin embargo, se comporta en forma adecuada en superficies con cierta contaminación.

Se recomienda usar preferentemente corriente continua electrodo negativo.

Al igual que todos los fierros fundidos se sugieren cordones cortos y después de soldar NO se debe martillar.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,91%; Mn 0,54%; Si 0,13%; P 0,015%; S 0,002%; Cr 0,53%; Fe 46%; Mo 0,02%; Ni balance

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	50	80	68
3,2	350	80	110	32
4,0	350	100	140	21
*4,8	350	120	160	15

* Electrodo fabricado a pedido

ELECTRODOS PARA COBRE–BRONCE

Procedimiento para soldar con electrodos cobre-bronce

La técnica de operación de estos electrodos es totalmente distinta a la empleada en la soldadura del acero al carbono, debido principalmente a la gran diferencia de conductividad térmica, coeficiente de expansión, menor punto de fusión y mayor fluidez a la temperatura de la zona de fusión.

Al soldar cobre y sus aleaciones deberán considerarse los siguientes factores:

1. Dejar una separación mayor en la raíz de las uniones.
2. Emplear ángulos de bisel mayores que los usuales.
3. El punteo de las uniones debe tener un paso menor.
4. Usar temperaturas de precalentamiento.
5. Emplear los rangos de corriente más altos para cada diámetro de electrodo.

Es frecuente el empleo de respaldos de cobre o de grafito, con el objeto de prevenir la sobrefusión en la raíz de las uniones, especialmente al soldar espesores delgados.

Como regla general al soldar cobre y sus aleaciones se recomienda el empleo de temperaturas de precalentamiento del orden de 200°C, y temperaturas entre pasadas de 200°C a 370°C para latones y de 400°C a 550°C para cobre.

El martillado de los depósitos de soldadura no es absolutamente indispensable, pero se emplea para reducir las tensiones y distorsiones en las uniones soldadas, a la vez de mejorar las propiedades mecánicas debido al afinamiento de los granos del depósito.

INDURA 70

Clasificación AWS: E-Cu Sn-A

- ***Electrodo de bronce fosfórico***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento negro***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Apto para unión de aleaciones de Cu-Sn, Cu-Zn, y aleaciones***

Descripción

El electrodo 70 ha sido diseñado para lograr depósitos de bronce fosfórico de alta calidad en toda posición con CC, electrodo positivo. El arco, a pesar de ser bastante estable, parece irregular debido a que el metal se transfiere en forma globular. El metal depositado solidifica muy rápido y la escoria de poco volumen tiende a formar islas, dejando expuesta mucha de la superficie del metal. Los depósitos de este electrodo son convexos, pero al usar las corrientes recomendadas más altas, se reduce la convexidad y el cordón se hace más uniforme.

Usos

Este electrodo está proyectado para soldar bronce, latón, cobre, acero, fundición gris y maleable. Se recomienda para soldar metales diferentes y sus características permiten usarlo cuando se necesitan capas superpuestas de bronce fosfórico.

Aplicaciones típicas

- Relleno de descanso
- Relleno de piezas de cobre
- Soldaduras de alambiques
- Soldaduras de hierro fundido
- Relleno de contactos eléctricos

Procedimiento para soldar

Se recomienda mantener un arco medianamente corto, sin permitir que el revestimiento del electrodo toque el metal fundido. Para soldar fundición gris, maleable y acero, deben ajustarse los amperajes más bajos indicados en la tabla.

Para el bronce se recomienda un amperaje medio entre el mínimo y el máximo de la tabla, y para los latones con alto porcentaje de zinc se recomienda los amperajes cercanos al máximo. En todos los casos, se debe remover totalmente la escoria antes de depositar el cordón o capa siguiente. Se recomienda soldar con cordones sencillos para lograr características mecánicas máximas en el depósito. En general no es necesario precalentar en espesores delgados. Se aconseja un precalentamiento de 90°C a 200°C para soldar secciones gruesas. En las soldaduras de cobre y bronce se recomienda precalentar la zona de iniciación de la soldadura. Para soldar en posición vertical se necesita una velocidad de avance mayor, con un amperaje ligeramente menor que el que se usaría con electrodo de acero dulce en condiciones similares.

Las soldaduras verticales deben hacerse en dirección ascendente. En posición sobrecabeza, se recomienda soldar con cordones sencillos, para mantener el baño de fusión lo más pequeño posible.

Composición química (típica) del metal depositado:

P 0,10%; Si 0,1%; Fe 0,25%; Sn 6,0%; Cu balance

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.6-84):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 300 MPa	240 MPa
Alargamiento en 50 mm : 22%	20%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
*2,4	300	40	75	61
3,2	350	80	120	34
4,0	350	130	190	23
*4,8	350	140	250	16

* Electrodo fabricado a pedido

ELECTRODOS PARA ACERO AL MANGANESO

Procedimiento para soldar

El electrodo para soldar acero al manganeso ha sido diseñado para obtener gran resistencia a las fisuras. Al estar sometido a fuerte impacto, el depósito endurece rápidamente.

Deben considerarse cuatro factores al ejecutar una soldadura al arco en acero al manganeso:

a) Mantener la temperatura lo más baja posible: se logra usando los amperajes mínimos admisibles y electrodos de menor diámetro. Es recomendable llevar cordones intermitentes y cortos. Se deberá mantener la zona contigua a la soldadura (13 mm aprox.) a una temperatura menor de 300°C.

b) Mantener al mínimo la dilución entre metal de aporte y metal base: se logra usando amperajes bajos, con corriente continua, electrodo positivo (se produce mayor calor en el arco). Al producirse la mezcla entre metal base y el metal de aporte, aumenta el contenido de carbono del último, lo que produce cordones frágiles.

c) Depositar cordones de sección suficiente: es fundamental lograr un primer cordón de raíz con una buena sección. Un depósito insuficiente tiende a producir grietas.

d) Reducir tensiones en el metal base y en el metal de aporte: los aceros austeníticos tienden a formar tensiones térmicas debido a su alto coeficiente de dilatación y baja conductividad térmica, produciendo zonas de alta temperatura. Estas tensiones pueden reducirse mediante un martillado neumático. Parte de la tensión de tracción se transforma en compresión, y parte queda anulada.

Técnica del proceso

Deberá depositarse un cordón oscilado con un ángulo de inclinación de 45° en el sentido de avance.

El ancho de la oscilación no deberá ser mayor a tres veces el diámetro del electrodo. Se deberá llevar un largo de arco aproximadamente igual al diámetro del electrodo.

Terminado el cordón, se deberá proceder al martillado en el mismo sentido del avance. El martillado deberá efectuarse en cada pasada.

INDURA Timang

Clasificación AWS: E-FeMn-A

- ***Electrodo de acero austenítico al manganeso***
- ***Apto para unión, relleno y recubrimiento de piezas de acero al manganeso***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento gris perla***
- ***Corriente alterna o corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

El electrodo Timang posee un revestimiento básico, con alto contenido de manganeso, que lo hace apto para soldar con CA o con CC, electrodo positivo.

Su depósito, sobre una superficie de acero manganeso, forma una matriz austenítica, no magnética, que al estar sometida a fuerte impacto, endurece rápidamente.

Usos

El electrodo Timang ha sido diseñado especialmente para dar gran resistencia a las fisuras, en aceros austeníticos al manganeso, y alta resistencia al desgaste por abrasión e impacto.

Aplicaciones típicas

- Alta resistencia al desgaste por impacto y compresión
- Reconstrucción de equipos para movimiento de tierra
- Reconstrucción, reparación y unión de aceros altos en manganeso
- Reconstrucción, reparación o soldadura de dientes de excavadoras, trituradoras, martillos para trituradoras, cilindros de trapiche, partes de dragas, zapatas para orugas de bulldozer, muelas y mantos chancadores

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,78%; Mn 14,47%; Si 0,19%; P 0,020%; S 0,003%; Cr 4,16%; Ni 2,5%; Mo 0,02%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.13-00):

Pruebas de dureza con metal de aporte dan los siguientes resultados:

Dureza recién soldado : 180-210 HB
Dureza después de trabajar : 400-500 HB

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
2,4	300	50	80	55
3,2	350	100	140	30
4,0	350	140	200	19
4,8	350	180	260	13

ELECTRODOS PARA BISELAR Y CORTAR

Estos electrodos tienen gran importancia en las industrias que requieren efectuar trabajos de corte y biselado, ya que han sido especialmente diseñados y fabricados para cumplir eficientemente estos trabajos.

Procedimiento para biselar y cortar

Para biselar use un portaelectrodo convencional, dirigiendo el electrodo en un ángulo aproximado de 30°, con respecto al plano del metal base. Use un movimiento de retroceso para evitar profundizar demasiado. Una mayor velocidad de avance dará un biselado menos profundo. Esmerile la zona antes de soldar.

Para cortar, dirija el electrodo en dirección al recorrido en un ángulo de 90° con respecto al plano del metal base. Use un movimiento vertical ascendente y descendente para producir el desprendimiento del material fundido.

INDURA Speed Cut

- ***Electrodo para cortar y perforar***
- ***Corriente alterna o corriente continua y electrodo negativo***
- ***Revestimiento gris oscuro***
- ***Toda posición***

Descripción

El electrodo Speed Cut está diseñado para cortar y perforar todos los metales, con CA o CC, electrodo negativo.

Es un electrodo de alta velocidad y su revestimiento especial de tipo refractario evita que se precaliente el núcleo y concentra la fuerza del arco para lograr cortes parejos y limpios.

Usos

Este electrodo ha sido especialmente diseñado para producir cortes de alta velocidad, en todas las posiciones.

Es recomendable su uso en todos los metales, especialmente para aquellos que representan dificultad para ser cortados o perforados, al ser tratados con equipos oxigas, como por ejemplo: fierro fundido, aceros inoxidables, aleaciones de níquel, bronce, cobre, aluminio, etc.

Aplicaciones típicas

- Cortes de alta velocidad, en todas posiciones
- Desarme de estructuras metálicas
- Remoción de defectos en soldadura
- Perforación de remaches

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
3,2	350	200	250	35
4,0	350	220	280	23
4,8	350	250	330	17

INDURA Speed Chamfer

- ***Electrodo para biselar***
- ***Corriente alterna o corriente continua y electrodo negativo***
- ***Revestimiento gris oscuro***
- ***Toda posición***

Descripción

El electrodo Speed Chamfer está especialmente formulado para biselar y achaflanar todos los metales.

Este electrodo se utiliza con CA o CC, electrodo negativo. No requiere oxígeno, ni equipos costosos, siendo muy fácil de aplicar.

Resiste altos amperajes sin afectarse, debido a su revestimiento refractario, el cual evita que se precaliente el núcleo y concentra la fuerza del arco para lograr biseles o canales parejos y limpios.

Es aplicable en toda posición sobre metales difíciles o imposibles de biselar con equipos oxiacetilénicos.

Usos

Es un electrodo especialmente diseñado para biselar, achaflanar, ranurar y acanalar cualquier metal, tanto ferroso como no ferroso.

Es usado especialmente para preparar secciones a soldar y eliminar depósitos viejos o defectuosos.

Aplicaciones típicas

- Biselar y cortar aceros ferrosos y no ferrosos
- Remoción de grietas en piezas de Fe fundido, aceros al manganeso, aceros inoxidables, aceros al carbono, etc.
- Perforar metales

Amperajes recomendados:

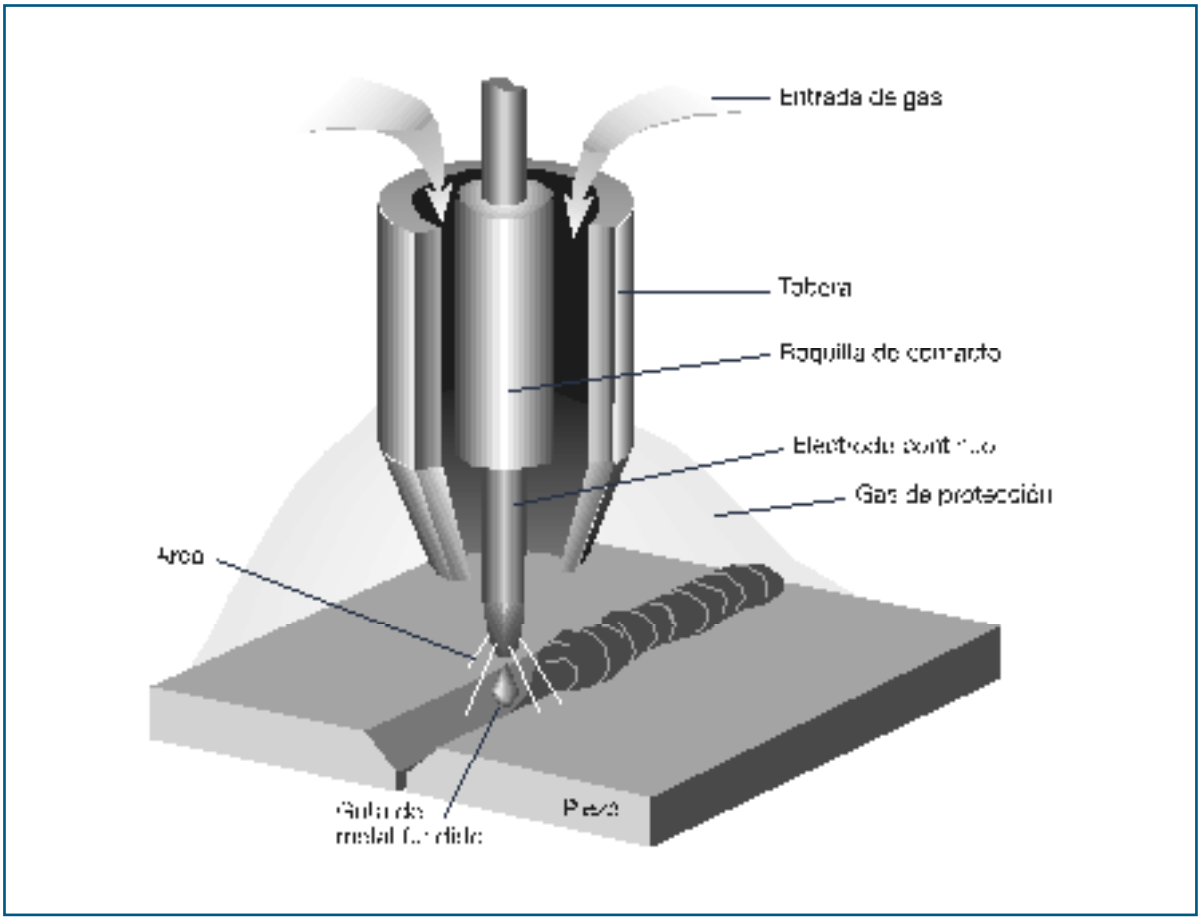
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Electrodos x kg aprox.
3,2	350	200	250	24
4,0	350	300	400	15
4,8	350	350	500	12

SISTEMA MIG SÓLIDO

Descripción del proceso

El sistema MIG fue introducido a fines del año 1940. El proceso es definido por la AWS como un proceso de soldadura al arco, donde la fusión se produce por calentamiento con un arco entre un electrodo de metal de aporte continuo y la pieza, donde la protección del arco se obtiene de un gas suministrado en forma externa, el cual protege el metal líquido de la contaminación atmosférica y ayuda a estabilizar el arco.

La ilustración siguiente indica esquemáticamente una soldadura por sistema MIG:



En el sistema MIG, un sistema de alimentación impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre-electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, mientras la pistola de soldadura se posiciona a un ángulo adecuado y se mantiene una distancia tobera-pieza, generalmente de 10 mm.

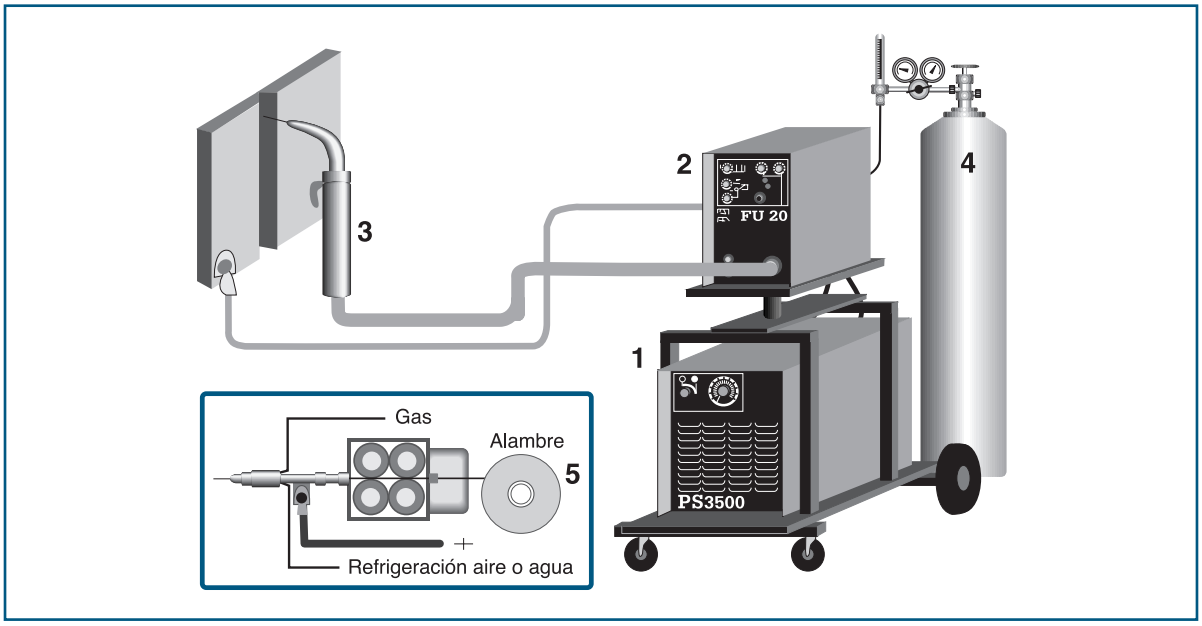
El sistema MIG posee cualidades importantes al soldar aceros, entre las que sobresalen:

1. El arco siempre es visible para el operador.
2. La pistola y los cables de soldadura son ligeros, haciendo muy fácil su manipulación.
3. Es uno de los más versátiles entre todos los sistemas de soldadura.
4. Rapidez de deposición.
5. Alto rendimiento.
6. Posibilidad de automatización.

Diagrama esquemático del equipo MIG

El sistema MIG requiere del siguiente equipo:

1. Una máquina soldadora.
2. Un alimentador que controla el avance del alambre a la velocidad requerida.
3. Una pistola de soldar para dirigir directamente el alambre al área de soldadura.
4. Un gas protector, para evitar la contaminación del baño de soldadura.
5. Un carrete de alambre de tipo y diámetro específico.



Resumen del proceso

El sistema MIG es un proceso de soldadura por arco eléctrico, en el cual un alambre es automática y continuamente alimentado hacia la zona de soldadura a una velocidad constante y controlada. El área de soldadura y arco están debidamente protegidas por una atmósfera gaseosa suministrada externamente, que evita la contaminación.

El voltaje, amperaje y tipo de gas de protección, determinan la manera en la cual se transfiere el metal desde el alambre-electrodo al baño de soldadura. Para comprender mejor la naturaleza de estas formas de transferencia en el sistema MIG, a continuación las detallaremos.

Transferencia metálica

En soldadura MIG, las gotas de metal fundido son transferidas a través del arco, desde un alambre-electrodo alimentado continuamente, a la zona de soldadura.

Para un diámetro dado de electrodo (d), con una protección gaseosa, la cantidad de corriente determina el tamaño de las gotas (D) y el número de ellas que son separadas desde el electrodo por unidad de tiempo:

Zona A: A valores bajos de amperaje, las gotas crecen a un diámetro que es varias veces el diámetro del electrodo antes que éstas se separen. La velocidad de transferencia a bajos amperajes es sólo de varias gotas por segundo.

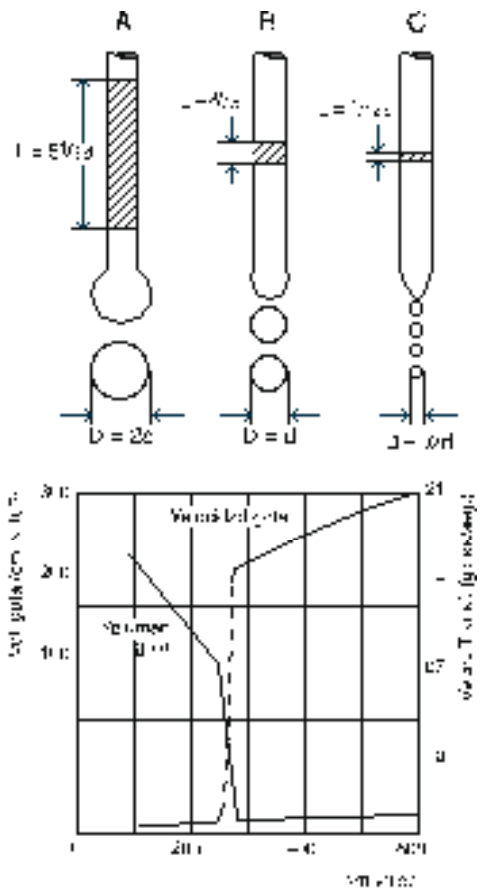
Zona B: A valores intermedios de amperaje, el tamaño de las gotas separadas decrece rápidamente a un tamaño que es igual o menor que el diámetro del electrodo, y la velocidad de separación aumenta a varios cientos por segundo.

Zona C: A valores altos de amperaje, la velocidad de separación aumenta a medida que se incrementa la corriente, las gotas son bastante pequeñas.

Existen tres formas de transferencia metálica:

1. Transferencia “Spray” o de Rocío.
2. Transferencia “Globular”.
3. Transferencia por “Corto-Circuito”.

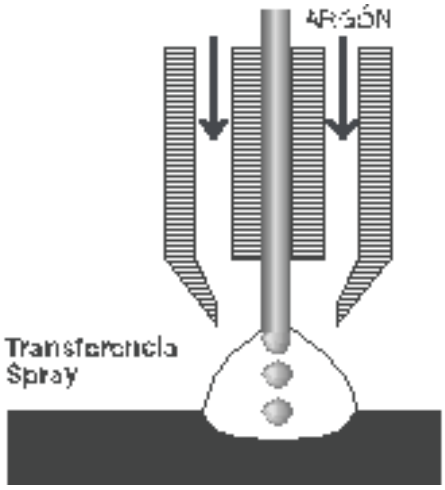
Transferencia metálica



Transferencia spray

El metal es transportado a alta velocidad en partículas muy finas a través del arco. La fuerza electromagnética es bastante fuerte para expulsar las gotas desde la punta del electrodo en forma lineal con el eje del electrodo, sin importar la dirección a la cual el electrodo está apuntando. Se tiene transferencia spray al soldar, con argón, acero inoxidable y metales no ferrosos como el aluminio.

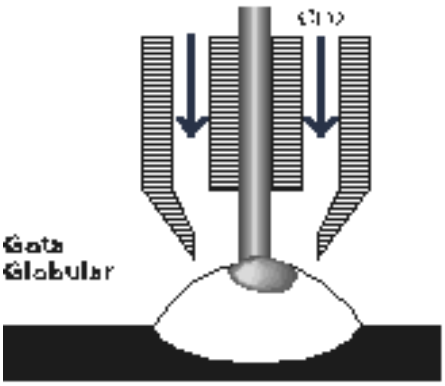
Transferencia spray



Transferencia globular

El metal se transfiere en gotas de gran tamaño. La separación de las gotas ocurre cuando el peso de éstas excede la tensión superficial que tiende a sujetarlas en la punta del electrodo. La fuerza electromagnética que actuaría en una dirección para separar la gota, es pequeña en relación a la fuerza de gravedad en el rango de transferencia globular (sobre 250 Amp). La transferencia globular se utiliza para soldar acero dulce en espesores mayores a 13 mm, en que se requiere gran penetración.

Transferencia globular

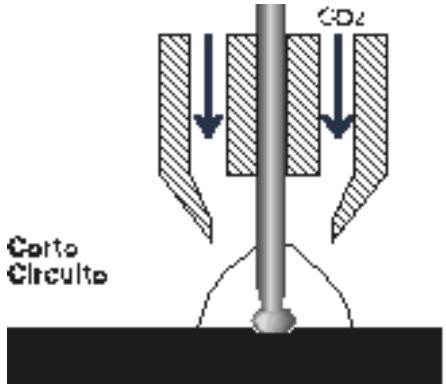


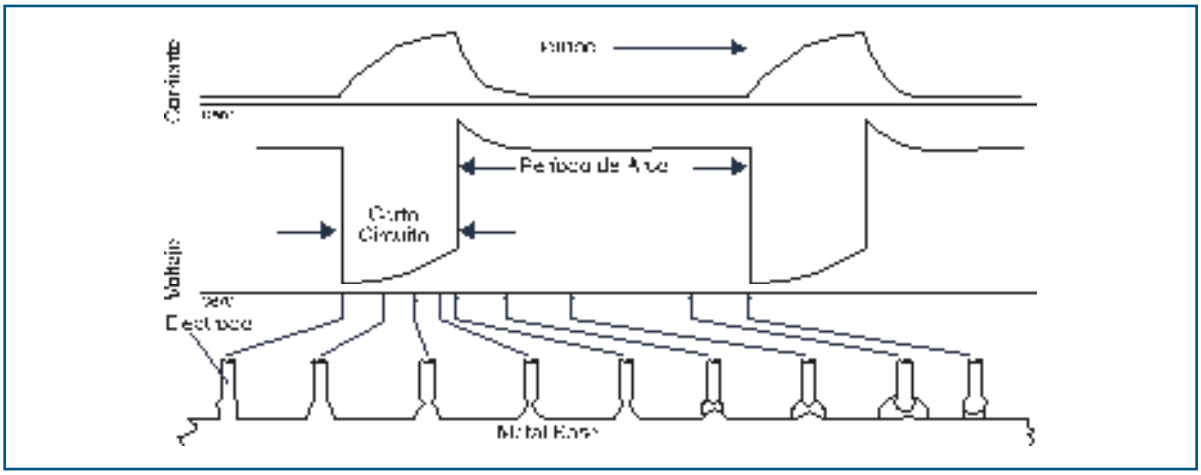
Transferencia por corto circuito

El metal no es transferido libremente a través del arco, sino que se deposita, cuando la punta del electrodo toca el metal base. Los cortos circuitos producidos por el contacto del electrodo con el baño fundido, ocurren con mucha regularidad, hasta 200 o más veces por segundo. El resultado final es un arco muy estable usando baja energía (inferior a 250 Amp) y bajo calor. El bajo calor reduce al mínimo la distorsión, deformación del metal y otros efectos metalúrgicos perjudiciales. Esta transferencia metálica se obtiene en presencia de dióxido de carbono (CO_2) o indurmig (Ar-CO_2).

La figura inferior ilustra, por medio de trazos oscilográficos, la secuencia del voltaje y de la corriente durante un ciclo típico de soldadura por corto circuito.

Transferencia por corto circuito





Electrodos y protección gaseosa

El propósito principal del gas de protección es desplazar el aire en la zona de soldadura y así evitar su contaminación por nitrógeno, oxígeno y vapor de agua. Estas impurezas afectan las propiedades del metal de soldadura.

Gases protectores

Gases inertes y activos se emplean en el sistema MIG. Cuando se desea soldar metales no ferrosos, se emplean gases inertes debido a que ellos no reaccionan con los metales. Los gases inertes usados en sistema MIG son: argón, helio y mezclas de argón-helio.

Sin embargo, en la soldadura de metales ferrosos se pueden emplear gases inertes o activos. Gases activos como: Dióxido de carbono, mezclas de dióxido de carbono, o gases protectores que contienen algún porcentaje de oxígeno. Estos gases no son químicamente inertes y pueden formar compuestos con los metales.

Hay varios factores que son necesarios considerar al determinar el tipo de gas de protección a emplear. Estos son:

1. Tipo de metal base.
2. Características del arco y tipo de transferencia metálica.

3. Velocidad de soldadura.
4. Tendencia a provocar socavaciones.
5. Penetración, ancho y forma del depósito de soldadura.
6. Disponibilidad.
7. Costo del gas.
8. Requerimientos de propiedades mecánicas.

El siguiente cuadro indica aplicaciones, características y mezclas más comunes empleadas en soldadura por sistema MIG:

Metal Base	Transferencia Spray	Transferencia Corto-Circuito
Acero inoxidable	Argón + 2% CO_2 Argón + 1% O_2 Argón + 2% O_2	90% Helio + 7,5% Argón + 2,5% CO_2
Aceros al carbono y baja aleación	Argón + 2% O_2 Argón + 20% CO_2 Argón + 5% CO_2 Argón + 8% CO_2	CO_2 Argón + 20% CO_2 Argón + 8% CO_2 Argón + 5% CO_2
Aluminio y magnesio	Argón Helio Argón + 25% He Argón + 75% He	
Cobre	Helio Argón + 25% He Argón + 50% He Argón + 75% He	

Máquinas soldadoras

En este proceso la máquina de soldar más empleada es aquella del tipo de corriente continua y de voltaje constante, o sea, una máquina que mantiene voltaje constante en el arco, sin que lo afecten variaciones de corriente en el arco. Es importante señalar, que este tipo de máquina de soldar puede ser usada sólo para soldadura semiautomática. La curva característica de este tipo de máquina se indica en la figura.

Cuando se usa una máquina de soldar de tipo voltaje constante, existen pocos cambios en el resultado del voltaje del arco, comparado con el cambio relativamente grande en la corriente de soldadura. Por ejemplo, como se puede ver en la figura, cuando la longitud del arco se acorta, aumenta notablemente la corriente de soldadura. Esto produce un aumento del promedio de consumo, equilibrando la longitud del arco al nivel deseado.

El principio está basado en el hecho de que la máquina de soldar de voltaje constante cambia la salida de corriente, para poder obtener la caída de tensión apropiada en el secundario del sistema de soldadura.

En este sistema, el ajuste de la longitud del arco es controlado al fijarse la magnitud del voltaje en la máquina de soldar, mientras que la corriente de soldar está controlada por medio de la velocidad en el alimentador de alambre.

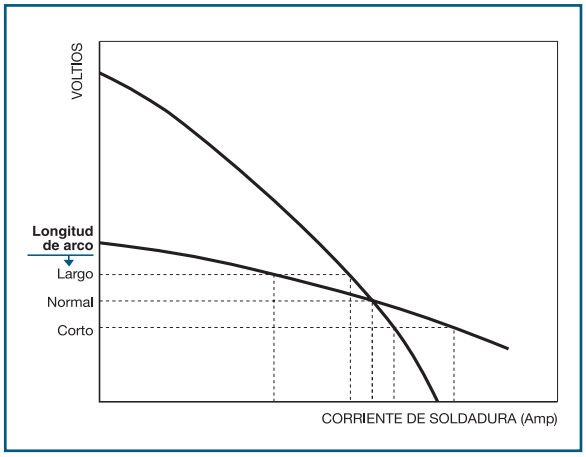


TABLA DE REGULACIÓN SISTEMA MIG

Tabla de regulación para uniones a tope con alambre sólido en aceros de mediana y baja aleación

Espesor en mm	ø Electrodo en mm	Amperajes en CC	Voltaje en CC	Velocidad avance m/min.	Gas lts/min.
0,77	0,8	35- 60	16-17,5	0,50	7- 9
0,92	0,8	40- 70	17-18	0,70	8- 9
1,25	0,9	70- 90	18-19	0,50-0,70	8- 9
2,1	0,9	120-130	20-21	40-0,50	9-12
3,17	1,2	120-180	20-23	0,37-0,50	9-13
4,76	1,2	190-200	21-22	0,60-0,70	12-14
6,25	1,2	160-180	22,5-23	0,35-0,45	12-14
7,93	1,2	200-210	23-23,5	0,30-0,50	12-14
9,5	1,2	220-250	24-25	0,30-0,40	12-14
12,5	1,2	280	28-29	0,35	12-14
19	1,6	300	32	0,25	14-16

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DEL ALAMBRE PARA PROCESO MIG

La AWS clasifica los alambres sólidos, usando una serie de números y letras. Para aceros al carbono, la clasificación está basada en las propiedades mecánicas del depósito de soldadura y su composición química

Una típica clasificación de electrodo MIG para soldadura de acero es:

ER-70S-6 (Sistema inglés)

ER-48S-6 (Sistema métrico)

1. La letra E indica electrodo
2. La letra R indica varilla
3. Los dos (o tres) dígitos siguientes indican la resistencia a la tracción en miles de libras/pulg^2 o decenas de megapascales según se use el sistema de unidades inglés o métrico respectivamente.
4. La letra S indica que el tipo de alambre es sólido.
5. El dígito, o letra y dígito indica la composición química especial del electrodo.

Así, ER-70S-6 indica un electrodo-varilla, sólido, con una resistencia mínima a la tracción de 70.000 lb/pulg^2 y ER-48S-6 un electrodo-varilla, sólido, con una resistencia mínima a la tracción de 480 MPa.

ELECTRODOS CONTINUOS PARA ACEROS AL CARBONO

INDURA 70S-6

Clasificación AWS: ER-70S-6 / ER-48S-6

- ***Alambre sólido para proceso de soldadura con protección gaseosa***
- ***Revestimiento cobrizado***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Toda posición***
- ***Certificado por Canadian Welding Bureau***
- ***Certificado anualmente por American Bureau of Shipping, Lloyd´s Register of Shipping, Germanischer Lloyd y Nippon Kaiji Kyokai.***

Descripción

El alambre 70S-6 es un electrodo de acero al carbono que ofrece excelente soldabilidad con una alta cantidad de elementos desoxidantes para soldaduras donde no pueden seguirse estrictas prácticas de limpieza.

Este electrodo es usado principalmente con gas CO_2 y otras mezclas comerciales como el indurmig.

Esta soldadura ofrece un depósito prácticamente sin escoria reduciendo al mínimo las operaciones de limpieza.

Usos

El alambre 70S-6 se recomienda para ser usado en aceros corrientes de baja aleación.

Su contenido de silicio y manganeso le confiere excelentes propiedades desoxidantes, lo que asegura una soldadura libre de porosidades sobre una amplia gama de trabajos.

Aplicaciones típicas

- Recipientes a presión
- Soldadura de cañerías
- Fabricación de carrocerías, muebles, extinguidores, etc.
- Estructuras
- Recuperación de ejes

Composición química (típica) del alambre:

C 0,08%; Mn 1,44%; Si 0,86%; P 0,012%; S 0,014%; Cr 0,02%; Ni 0,04%; Mo 0,003%; V 0,005%; Cu 0,20%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.18/A5.18M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 530 MPa Límite de fluencia : 415 MPa Alargamiento en 50 mm : 31%	480 MPa 400 MPa 22%	103J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volt	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Flujo CO_2 lts. / min.
0,8	14-26	60	160	7-12
0,9	15-27	90	230	8-12
1,2	17-30	130	340	12-14
*1,6	26-36	290	400	14-16

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 70S-3

Clasificación AWS: ER-70S-3 / ER-48S-3

- ***Alambre sólido para proceso de soldadura con protección gaseosa***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento cobrizado***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Certificado por Canadian Welding Bureau y anualmente por American Bureau of Shipping y Lloyd´s Register of Shipping***

Descripción

Electrodo con niveles suficientes de manganeso y silicio, adecuado para soldadura simple o de múltiples pasadas.

Presenta buena tolerancia para soldar materiales con superficies oxidadas.

Usos

Se utiliza en reparación y construcción de equipos pesados, soldadura de aceros estructurales, etc.

Se recomienda para soldaduras de simple o multipasada. Debido a sus propiedades desoxidantes, pueden ser utilizados para soldar aceros con superficies moderadamente oxidadas y sucias.

Aplicaciones típicas

- Aceros ASTM A36, A285-C, A515-55 y A516-70

Composición química (típica) del alambre:

C 0,08%; Mn 1,30%; Si 0,72%; P 0,015%; S 0,018%; Cr 0,02%; Ni 0,02%; Mo 0,005%; V 0,04%; Cu 0,20%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.18/A5.18M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 510 MPa Límite de fluencia : 410 MPa Alargamiento en 50 mm : 30%	480 MPa 400 MPa 22%	92J a -20°C	27J a -20°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volt	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Flujo CO_2 lts. / min.
*0,80	14-26	60	160	7-12
*0,9	15-27	90	230	8-12
*1,2	17-30	130	340	12-14
*1,6	26-36	290	400	14-16

* Electrodo fabricado a pedido

MIGMATIC

NUEVO

Descripción

Nuevos envases para alambre ER 70S-6 y ER 70S-3 con capacidad de 125 kg y 270 kg ideal para procesos de soldadura automáticos y semiautomáticos para alto volumen de producción.

Posee las mismas características del carrete de 15 kg con la gran ventaja de aumentar la productividad y disminuir los tiempos muertos en la producción.

Alambre con curvatura y hélice perfectamente balanceadas, previene la vibración del alambre percibida en el carrete estándar (15 kg).

Menor desprendimiento del cobrizado del alambre, debido a la menor fricción en los conductos y reducido resbalamiento en los rodillos de alimentación.

ELECTRODOS CONTINUOS PARA ACEROS INOXIDABLES

INDURA 308L

Clasificación AWS: ER-308L

- ***Alambre sólido de acero inoxidable***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento: No tiene***

Descripción

El alambre 308L está diseñado para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidables que utilizan procesos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG).

Este electrodo brinda un análisis químico bien equilibrado, que da por resultado propiedades uniformes del metal depositado y propiedades mecánicas bien balanceadas.

Este electrodo continuo se caracteriza por producir un arco estable de transferencia spray, en el caso de usar como protección gaseosa indurmig inox. o argón.

Usos

El alambre 308L es un electrodo continuo similar al 308, excepto por su contenido extrabajo de carbono (menor a 0,03%).

Es utilizado para soldar aceros inoxidables AISI tipos 304L y 308L que pueden ser utilizados en un amplio rango de condiciones corrosivas, sin necesidad de hacer tratamientos térmicos posteriores a la soldadura. Esto es posible porque el contenido extrabajo de carbono minimiza la precipitación de carburos.

Aplicaciones típicas

- Aceros inoxidables tipos 308L, 304L, 308, 321 y 347
- Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos
- Estanques que contengan productos químicos corrosivos
- Bombas, intercambiadores de calor, etc.

Composición química (típica) del alambre:

C 0,02%; Mn 1,90%; Si 0,38%; P 0,02%; S 0,01%; Cr 19,8%; Ni 9,8%; Mo 0,19%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.9-93):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Energía Absorbida Ch-v
Resistencia a la tracción : 570 MPa Alargamiento en 50 mm : 44%	90J a 0°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Voltaje, volts
0,9	125	300	18-32
1,2	155	450	20-34

INDURA 309L

Clasificación AWS: ER-309L

- ***Alambre sólido de acero inoxidable***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento: No tiene***

Descripción

Está diseñado para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidables que utilizan procesos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG).

Se caracteriza por un arco estable de transferencia spray cuando se usa como protección gaseosa indurmig inox o argón.

El bajo porcentaje de carbono en el metal depositado reduce la posibilidad de precipitación de carburos incrementando la resistencia a la corrosión intergranular.

Usos

El alambre 309L es similar al 309, excepto por su contenido extrabajo de carbono (menos a 0,03%).

Es utilizado para soldar aceros inoxidables AISI tipo 309L que pueden ser utilizados en un amplio rango de condiciones corrosivas, sin necesidad de hacer tratamientos térmicos posteriores a la soldadura.

Aplicaciones típicas

- Aceros inoxidables 309L, 304L, 309, 321 y 347
- Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos corrosivos

Composición química (típica) del alambre:

C 0,01%; Mn 1,6%; Si 0,42%; P 0,021%; S 0,002%; Cr 23,0%; Ni 13,7%; Mo 0,05%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.9-93):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Energía Absorbida Ch-v
Resistencia a la tracción : 570 MPa Alargamiento en 50 mm : 42%	100J a 0°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Voltaje, volts
*0,9	125	300	18-32
*1,2	155	450	20-34

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 316L

Clasificación AWS: ER-316L

- ***Alambre sólido de acero inoxidable***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento: No tiene***

Descripción

El alambre 316L está diseñado para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidables que utilizan procesos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG).

Este electrodo brinda un análisis químico bien equilibrado, que da por resultados propiedades uniformes del metal depositado y propiedades mecánicas bien balanceadas.

Este electrodo continuo se caracteriza por producir un arco estable de transferencia spray en el caso de utilizar como protección gaseosa indurmig inox. o argón.

Usos

El alambre 316L es un electrodo continuo que ha sido diseñado principalmente para soldar aceros inoxidables austeníticos, tipos 316L, 316, 318 y aleaciones similares con contenido extrabajo de carbono.

El contenido de 0,04% de carbono máximo en el metal depositado, evita la formación de carburos y la precipitación de ellos en los bordes dé granos, dando así una excelente protección contra la corrosión intergranular.

Se recomienda especialmente para aplicaciones resistentes a la corrosión cuando hay posibilidades de “picadura” (ataque por ácido).

No es necesario tratamiento térmico posterior.

Aplicaciones típicas

- Aceros inoxidables 316, 316L y 318
- Estanques que mantengan productos químicos corrosivos
- Equipos químicos y petroquímicos
- Industria alimenticia, de papel, turbinas, bombas, etc.

Composición química (típica) del alambre:

C 0,02%; Mn 1,69%; Si 0,38%; P 0,03%; S 0,008%; Cr 18,1%; Ni 11,1%; Mo 2,1%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.9-93):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Energía Absorbida Ch-v
Resistencia a la tracción : 570 MPa Alargamiento en 50 mm : 40%	90J a 0°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Voltaje, volts
0,9	125	300	18-32
1,2	155	450	20-34

ELECTRODOS CONTINUOS PARA COBRE Y SUS ALEACIONES

INDURA CuAl-2

Clasificación AWS: ER-CuAl-2A

- ***Alambre sólido de bronce-aluminio para aleaciones de cobre y metales ferrosos***
- ***Alta resistencia al desgaste por fricción***
- ***Depósitos resistentes a la corrosión***
- ***Posición plana y horizontal filete***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Aleación tipo bronce-aluminio de alta resistencia mecánica.

Usos

Apropiado para aplicaciones donde se requiera resistencia a la erosión y corrosión por ácidos y agua salada. Es generalmente usado para juntas de bronce-aluminio de similar composición: manganeso, bronce-silicio, algunas aleaciones cobre-níquel y metales ferrosos. También para metales disímiles como bronce-aluminio con acero y cobre con acero.

Aplicaciones típicas

- Uniones bronce-aluminio, relleno de hélices propulsoras de barcos, bombas. etc.

Composición química (típica) del alambre: (valores individuales son máximos salvo indicación contraria)

Cu balance; Al 8,5-11,0%; Si 0,10%; Pb 0,02%; Fe 1,5%; Zn 0,02%

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Voltaje, volts
*1,2	100	300	15-30

* Electrodo fabricado a pedido

ELECTRODOS CONTINUOS PARA ALUMINIO

INDURA 1100

Clasificación AWS: ER-1100

- ***Alambre sólido de aluminio para proceso de soldadura MIG***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento: No tiene***

Descripción

El alambre 1100 está diseñado para cumplir con los requisitos de las aleaciones de aluminio, que usan procedimientos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG).

Este alambre se caracteriza por una alta calidad de sus depósitos y un excelente brillo en la superficie de los cordones.

Usos

El alambre 1100 es un electrodo continuo, usado principalmente con argón y helio, además de otras mezclas comerciales como gas de protección.

Se recomienda especialmente para soldar planchas y piezas fundidas de gran espesor.

Su uso en forma oxiacetilénica requiere de fundente para aluminio Solarflux 202 o All State 21.

La alta conductividad térmica de estos materiales hace aconsejable el uso de precalentamiento (200°C-220°C).

Aplicaciones típicas

- Aluminios calidad: 1060 - 1350 - 3303 - 1100
- Usos generales en industrias de alimentos, lechería, refrigeración
- Piezas de aluminio
- Unión, relleno y reparación de planchas y fundiciones

Composición química (típica) del alambre: (valores individuales son máximos salvo indicación contraria)

Cu 0,05-0,20%; Mn 0,05%; Si + Fe 0,95%; Zn 0,10%; Al 99,0% (mín)

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Voltaje, volts
*1,2	100	250	18-23

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 4043

Clasificación AWS: ER-4043

- ***Alambre sólido de aluminio para proceso de soldadura MIG***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento: No tiene***

Descripción

El alambre 4043 está diseñado para cumplir con los requisitos de las aleaciones de aluminio, que usan procedimientos de soldadura con gas inerte en los procesos MIG y TIG.

Este alambre se caracteriza por una alta calidad de los depósitos y un excelente brillo en la superficie de los cordones.

Usos

El alambre 4043, es un electrodo continuo, usado principalmente con argón y helio, además de otras mezclas comerciales como gas de protección.

La resistencia a la tracción, ductilidad y resistencia a la corrosión de los depósitos, superan a las del propio metal base.

Es especialmente recomendado para soldar planchas y piezas fundidas de gran espesor.

Su uso en forma oxiacetilénica requiere de fundente para aluminio Solarflux 202 o All State 31.

La alta conductividad térmica de estos materiales hace aconsejable el uso de precalentamiento (200°C-220°C).

Aplicaciones típicas

- Aluminios calidad: 2014 - 3003 - 6061 - 4043
- Usos generales en industria de alimentos, lechería, refrigeración
- Envases y coladores químicos
- Carter de aluminio y culatas
- Unión, relleno y reparación de planchas, y fundiciones

Composición química (típica) del alambre: (valores individuales son maximos salvo indicación contraria)

Cu 0,30%; Mg 0,05%; Mn 0,05%; Si 4,5-6,0%; Fe 0,8%; Zn 0,10% Ti 0,20% Al balance

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Voltaje, volts
1,2	100	250	18-23

INDURA 5356

Clasificación AWS: ER-5356

- ***Alambre sólido de aluminio para proceso de soldadura MIG***
- ***Toda posición***
- ***Alambre de aluminio con 5% de Mg***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Revestimiento: No tiene***

Descripción

El alambre 5356, está diseñado para cumplir con los requisitos de las aleaciones de aluminio, que usan procedimientos de soldadura con gas inerte en los procesos MIG y TIG.

Este alambre se caracteriza por una alta calidad de los depósitos y un excelente brillo en la superficie de los cordones.

Usos

El alambre 5356, es un electrodo continuo, usado principalmente con argón y helio, además de otras mezclas comerciales como gas de protección.

Su alta resistencia a la tracción, lo hace apto para la fabricación y reparaciones de estanques de combustible tipo rodante.

Su uso en forma oxiacetilénica requiere de fundente para aluminio SOLAR-FLUX 202 o All State 31.

La alta conductividad térmica de estos materiales hace aconsejable el uso de precalentamiento (200°C-220°C).

Aplicaciones típicas

- Aluminios calidad: 5083 - 5096 - 5486 - 5454 - 5356
- Uso general en industrias de estanques

Composición química (típica) del alambre: (valores individuales son maximos salvo indicación contraria)

Mn 0,05-0,20%; Si 0,25%; Cr 0,05-0,20%; Ti 0,06-0,20%; Mg 4,5-5,5%; Zn 0,10%; Fe 0,40%; Al balance

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Voltaje, volts
1,2	100	250	18-23

SISTEMA MIG TUBULAR

Descripción del proceso

La soldadura al arco con núcleo de fundente (flux cored arc welding, FCAW), conocida como mig tubular, es un proceso de soldadura que aprovecha el arco eléctrico entre un electrodo continuo de metal de aporte y el metal base. Este proceso emplea un fundente que va al interior del alambre conocido como tubular, sin embargo de igual forma puede ir con o sin ayuda de una protección externa gaseosa.

El aspecto que distingue al proceso tubular (FCAW) de otros procesos de soldadura por arco es la incorporación de componentes en el fundente dentro de un electrodo de alimentación continua. Las notables características de operación del proceso y las propiedades de la soldadura resultante se pueden atribuir al empleo de este tipo de electrodo.

El FCAW tiene dos variaciones principales que difieren en su método de protección del arco y de la poza de soldadura contra la contaminación por gases atmosféricos (oxígeno y nitrógeno). Una de ellas, es el tubular autoprotegido que resguarda al baño mediante la descomposición y vaporización del núcleo fundente en el calor del arco. El otro tipo, es el tubular con protección externa gaseosa, este utiliza un flujo de gas que protege la zona de trabajo. En ambos métodos, el material del núcleo del electrodo proporciona una capa de escoria abundante que protege el metal de soldadura durante su solidificación.

Características principales

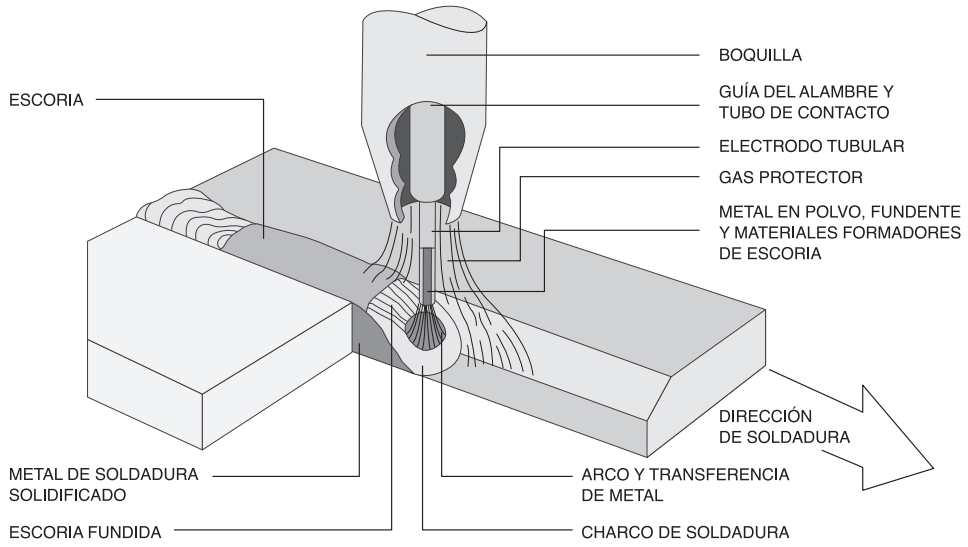
Los beneficios del alambre tubular se obtienen al combinar tres características generales:

1. La productividad de la soldadura de alambre continuo.
2. Las cualidades metalúrgicas que pueden derivarse de un fundente.
3. Una escoria que sustenta y moldea el cordón de soldadura.

El proceso FCAW combina características de la soldadura por arco manual protegido (SMAW), soldadura mig (GMAW) y la soldadura por arco sumergido (SAW).

En el método con protección gaseosa externa, generalmente se utiliza una mezcla de argón y dióxido de carbono (indurmig 20), también se utiliza 100% dióxido de carbono.

Soldadura por arco con núcleo de fundente protegida con gas



Por su parte, en el proceso tubular autoprotegido, la protección se obtiene a partir de ingredientes del fundente que se vaporizan y que desplazan el aire y además por la escoria que cubre las gotas de metal fundido y la poza de soldadura durante la operación.

Con ciertos tipos de electrodos autoprotegidos, la polaridad recomendable es la corriente continua electrodo negativo (CCEN), ya que produce menor penetración en el metal base.

Aplicaciones principales

Las aplicaciones de las dos variantes del proceso FCAW se traslapan, pero las características específicas de cada una las hacen apropiadas para diferentes condiciones de operación. El proceso se emplea para soldar aceros al carbono y de baja aleación, aceros inoxidables y fierro fundido. También sirve para soldar por punto uniones traslapadas en láminas y placas, así como para revestimiento y deposición en superficies duras.

El tipo de FCAW que se use, dependerá del tipo de electrodos de que se dispone, los requisitos de propiedades mecánicas de las uniones soldadas y los diseños y emplantillado de las uniones. En general, el método autoprotegido puede usarse en aplicaciones que normalmente se unen mediante soldadura por arco manual. El método con protección gaseosa puede servir para algunas aplicaciones que se unen con el proceso de soldadura mig/mag. Es preciso comparar las ventajas del proceso FCAW con las de esos otros procesos cuando se evalúa para una aplicación específica.

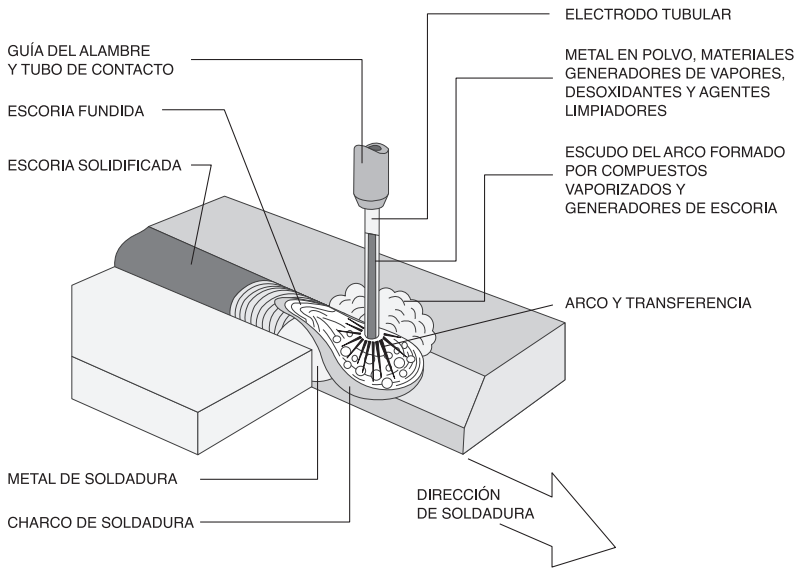
El proceso tubular tiene amplia aplicación en trabajos de fabricación en taller, mantenimiento y construcción en terreno. Se ha usado para soldar ensambles que se ajustan al código de calderas y recipientes de presión de la ASME, a las reglas del American Bureau of Shipping y a ANSI/AWS D1.1, código de soldadura estructural – acero. El FCAW tiene categoría de proceso precalificado en ANSI/AWS D1.1.

Se han usado electrodos de acero inoxidable con núcleo fundente, autoprotegidos y con protección gaseosa, para trabajos de fabricación en general, recubrimiento, unión de metales disímiles, mantenimiento y reparación.

Equipo semiautomático

El equipo básico para la soldadura por alambre tubular autoprotegido y con protección gaseosa es similar.

Soldadura por arco con núcleo de fundente y autoprotección



La principal diferencia radica en el suministro y regulación del gas para el arco en la variante con protección gaseosa. La fuente de poder recomendada es la de corriente continua y voltaje constante, similar a la que se usa para soldadura por sistema mig/mag. Esta fuente deberá ser capaz de trabajar en el nivel de corriente máximo requerido para la aplicación específica. La mayor parte de las aplicaciones semiautomáticas usan menos de 500 amperes, también se usan fuentes de poder de corriente continua y corriente constante con la suficiente capacidad, controles y alimentadores de alambre apropiados, pero estas aplicaciones son poco comunes.

El propósito del control de alimentación del alambre es suministrar el electrodo continuo al arco de soldadura con una velocidad constante previamente establecida. La rapidez de alimentación del electrodo determina el amperaje de soldadura suministrado por una fuente de poder de voltaje constante. Si se modifica esta rapidez, la máquina soldadora se ajustará automáticamente para mantener el voltaje de arco pre-establecido. La velocidad de alimentación del electrodo se puede controlar por medios mecánicos o electrónicos.

Este proceso requiere rodillos impulsores o alimentadores que no deformen el electrodo tubular. Se emplean diversos rodillos con superficies ranuradas y moleteadas. Algunos alimentadores de alambre tienen sólo un par de rodillos impulsores, mientras que otros cuentan con dos pares, en los que por lo menos uno de los rodillos de cada par está conectado a un motor.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DEL ALAMBRE PARA PROCESO MIG TUBULAR

La AWS clasifica los alambres tubulares, usando una serie de números y letras. La clasificación esta basada en las propiedades mecánicas del depósito de soldadura.

Una típica clasificación MIG tubular para soldadura de acero al carbono es:

E71T-1C o E71T-1M (Sistema inglés)
E491T-1C o E491T- 1M (Sistema métrico)

1. La letra E indica electrodo.
2. El primer dígito (para el sistema inglés) o los dos primeros (para el sistema métrico), indican la resistencia mínima a la tracción del metal depositado al multiplicarlos por 10.000 psi o por 10 MPa dependiendo si se trata del sistema inglés o métrico respectivamente.
3. El dígito que precede a la letra “T” indica la posición de soldadura. Puede ser un “0” o un “1”. El “0” indica adecuado para posición plana y horizontal, el “1” para toda posición.
4. La letra “T” indica que se trata de un alambre tubular con núcleo fundente.
5. El dígito ubicado después del guión, indica el uso adecuado del electrodo, en cuanto a polaridad y características generales de operación. Este puede ser un número de 1 a 14, o la letra “G” o “GS”. La letra G indica que la polaridad y las características generales de operación no se especifican. La letra “S” ubicada después de la “G” indica que el electrodo es sólo adecuado para una pasada.
6. La letra final, indica el gas de protección requerido para alcanzar dicha clasificación del electrodo. La letra “C” indica 100% CO_2 y “M” mexcla 75-85% argón / balance CO_2. La ausencia de dichas letras, indica que se trata de un alambre tubular autoprotegido, el cual mediante la descomposición de su fundente protege al baño de soldadura.

ELECTRODOS CONTINUOS DE ACERO AL CARBONO

INDURA 71V

Clasificación AWS: E-71T-1C / E-491T-1C

- ***Alambre tubular con protección gaseosa externa***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Protección gaseosa 100% CO_2***

Descripción

Alambre tubular con protección gaseosa. Diseñado para soldar aceros de alta resistencia.

Posee un amplio rango de parámetros de operación, bajos niveles de salpicaduras y fácil remoción de escoria, lo que permite minimizar la operación de limpieza después de soldar.

Están diseñados para simple o multipasada. Se caracterizan por alta velocidad de deposición, calidad radiográfica, baja pérdida por salpicadura y cordón plano a levemente convexo.

Usos

Extremadamente versátil para una gran variedad de aplicaciones, tales como equipos para movimientos de tierra, fabricación en general de aceros estructurales, etc.

Aplicaciones típicas

- Maquinaria pesada
- Equipos para movimiento de tierra
- Construcción naval
- Puentes
- Estructuras en general

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,04%; Mn 1,44%; Si 0,65%; P 0,016%; S 0,011%; Cr 0,03%; Ni 0,01%; Mo 0,01%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.20/A5.20M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 573 MPa Límite de fluencia : 540 MPa Alargamiento en 50 mm : 27%	490-670 MPa 390 MPa 22%	48J a -20°C	27J a -20°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volt	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Stickout, mm
1,2	22-30	120	300	0,90-1,60
1,6	22-30	180	400	0,90-1,60

INDURA Fabshield 4

Clasificación AWS: E-70T-4 / E-490T-4

- ***Alambre tubular autoprotegido***
- ***Alta penetración y alto grado de deposición***
- ***Posición plana y horizontal***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***
- ***Unión de aceros al carbono y baja aleación***

Descripción

Se caracteriza una transferencia tipo globular, con un arco que no es afectado por vientos moderados.

Excelente soldabilidad, fácil remoción de escoria, velocidad de deposición por sobre 19 kg/hr. y eficiencia de deposición de 84% o más.

Está diseñado para producir un cordón bajo en sulfuro y muy resistente al agrietamiento.

Usos

Especial para relleno y unión de piezas de acero al carbono. Apropiado para soldaduras de simple o multi-pasada.

No se recomienda para estructuras que estarán expuestas a solicitaciones sísmicas.

Aplicaciones típicas

- Reparación de maquinaria pesada e industrial
- Fabricación de maquinaria industrial
- Ciertos equipamientos de barco

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,24%; Mn 0,78%; Si 0,33%; P 0,007%; S 0,004%; Al 1,55%; Cr 0,02%; Ni 0,01%; Mo 0,01%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.20/A5.20M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 628 MPa Límite de fluencia : 407 MPa Alargamiento en 50 mm : 26%	490-670 MPa 390 MPa 22%	–	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volt	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Stickout, mm
*2,0	29-31	290	370	45-56
2,4	29-34	320	500	56-70
*3,2	29-37	450	680	72-75

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA Fabshield 21B

Clasificación AWS: E-71T-11 / E-491T-11

- ***Alambre tubular autoprotegido***
- ***Para acero al carbono o acero galvanizado***
- ***Toda posición***
- ***Corriente continua y electrodo negativo***

Descripción

Alambre tubular autoprotegido para propósito general.

Se caracteriza por una excelente soldabilidad, baja susceptibilidad al agrietamiento, arco estable de transferencia spray con bajo nivel de salpicadura, excelente apariencia del cordón y fácil remoción de escoria.

Usos

Extremadamente versátil para una gran variedad de aplicaciones.

Diseñado para soldadura de simple o multipasada de acero al carbono o galvanizado.

Ideal para variadas aplicaciones. Excelente para soldadura tipo filete o traslape.

Aplicaciones típicas

- Piezas de máquinas
- Estructuras prefabricadas
- Estructuras ligeras
- Reparación de rieles
- Reparaciones generales, etc.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,30%; Mn 0,30%; Si 0,18%; P 0,006%; S 0,003%; Al 1,0%; Cr 0,03%; Ni 0,01%; Mo 0,02%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.20/A5.20M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 635 MPa Límite de fluencia : 430 MPa Alargamiento en 50 mm : 22%	490-670 MPa 390 MPa 20%	-	No especificado

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volt	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Stickout, mm
1,2	15-17	130	160	7-19
*1,6	18-20	150	200	13-25
2,0	19-22	200	260	13-25
*2,4	19-23	250	300	13-25

* Electrodo fabricado a pedido

ELECTRODOS CONTINUOS DE ACEROS DE BAJA ALEACIÓN

INDURA Fabco 115

Clasificación AWS: E-110T5-K4C / E-760T5-K4C

- ***Alambre tubular con protección gaseosa externa***
- ***Posición plana y horizontal***
- ***Protección gaseosa 100% CO_2***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Alambre tubular de alta resistencia, comparable a la obtenida con el electrodo de baja aleación E-11018M, pero con una velocidad de deposición más alta.

Deposita un cordón de bajo contenido de hidrógeno, minimizando la tendencia al agrietamiento.

Posee una alta resistencia al impacto a bajas temperaturas, mínimas pérdidas por salpicadura y una transferencia tipo globular.

Usos

Se recomienda para soldar aceros A514, A517, HY100 y similares de alta resistencia, además de aceros de baja aleación.

Aplicaciones típicas

- Maquinaria pesada
- Equipos de movimiento de tierra
- Equipos mineros, etc.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,06%; Mn 1,70%; Si 0,50%; P 0,01%; S 0,014%; Cr 0,45%; Ni 2,30%; Mo 0,43%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.29/A5.29M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 823 MPa Límite de fluencia : 734 MPa Alargamiento en 50 mm : 20%	760-900 MPa 680 MPa 15%	73J a -51°C	27J a -50°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volt	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Stickout, mm
1,2	22-27	120	220	13-25
1,6	22-30	190	350	13-25
2,4	25-32	290	525	19-31

INDURA 81Ni2-V

Clasificación AWS: E-81T1-Ni2C, -Ni2M / E-551T1-Ni2C, -Ni2M

- ***Alambre tubular con protección gaseosa externa***
- ***Toda posición***
- ***Protección gaseosa, indurmig 20 ó 100% CO_2***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Alambre tubular con protección gaseosa.

Se caracteriza por excelente estabilidad de arco, baja salpicadura utilizando CO_2 o indurmig 20, bajos niveles de hidrógeno difusible y buena resistencia al impacto.

Usos

Produce propiedades mecánicas superiores en el metal depositado, lo cual lo hace recomendable en aplicaciones tales como construcción naval y de maquinaria pesada.

Recomendado para soldaduras de simple o multipasada en toda posición.

Aplicaciones típicas

- Construcción naval
- Aceros HSLA
- Aceros expuestos al ambiente
- Maquinaria pesada
- Equipos mineros

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,05%; Mn 1,10%; Si 0,28%; P 0,015%; S 0,014%; Cr 0,04%; Ni 2,24%; Mo 0,02%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.29/A5.29M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 685 MPa Límite de fluencia : 632 MPa Alargamiento en 50 mm : 20%	550-690 MPa 470 MPa 19%	37J a -40°C	27J a -40°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volt	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Stickout, mm
1,2	22-30	100	300	13-19
1,6	23-29	150	400	13-19

Otros alambres tubulares

Clasificación	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA TUBE ALLOY AP-O	C : 0,48% Mn : 16,50% Si : 0,30% Cr : 13,0% Fe : balance	217-248 HB (1 capa) (recién soldado) 495-555 HB (1 capa) (endurecido en trabajo) Resistencia a la tracción: 856 MPa Límite de fluencia: 573 MPa Elongación en 50 mm: 40%	Descripción: Alambre tubular autoprotegido, el cual mediante la descomposición de su fundente protege al baño de soldadura contra la contaminación por gases atmosféricos. Deposita una aleación austenítica alta en cromo y manganeso. Depósito con excelente resistencia al impacto, buena resistencia a la abrasión y difícil maquinabilidad. No está limitado a un máximo número de capas de relleno. Usos: Puede utilizarse para rellenar y recubrir aceros al carbono y de baja aleación, unir aceros al manganeso entre sí o con aceros al carbono y de baja aleación. Es una excelente base para mayor resistencia a la abrasión tales como Tube Alloy 255-O. Aplicaciones típicas: Trituradores de mandíbula, turbinas hidroeléctricas, barras de trituración por impacto, martillos de pulverización, etc. Posición de soldadura: P, H. Tipo de corriente: CCEP.
INDURA TUBE ALLOY 255-O	C : 4,50% Mn : 1,5% Si : 1,05% Cr : 29% Fe : balance	54 HRc (1 capa) (recién soldado) (depósito en acero 1020) 48 HRc (1 capa) (recién soldado) (depósito en acero al Mn)	Descripción: Alambre tubular autoprotegido, el cual mediante la descomposición de su fundente protege al baño de soldadura contra la contaminación por gases atmosféricos. Su depósito es un acero aleado muy alto en carburos de cromo. Su resistencia al impacto es moderada. Usos: Puede ser usado para recubrir superficies sometidas a extrema abrasión y donde se requiere resistencia a altas temperaturas (675ºC aproximadamente). Está diseñado para recubrimiento sobre metales base de aceros al carbono, baja aleación y aceros austeníticos al manganeso o sobre una base de Tube Alloy Build-Up-O o Ap-O. Aplicaciones típicas: Taladros, láminas de bulldozer, martillos pulverizadores de carbón, chutes de cemento y carbón, tornillos de transportadores, trituradores de mandíbula, etc. Posición de soldadura: P, H. Tipo de corriente: CCEP.

Otros alambres tubulares

Clasificación	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA TUBE ALLOY 258-O	C : 0,39% Mn : 1,43% Si : 0,68% Cr : 6,04% Mo : 1,32% W : 1,59% Fe : balance	49 HRc (1 capa) (depósito en acero 1020) 51 HRc (1 capa) (depósito en acero 1045)	Descripción: Alambre tubular autoprotegido, el cual mediante la descomposición de su fundente protege al baño de soldadura contra la contaminación por gases atmosféricos. Deposita un acero aleado martensítico de gran calidad similar a la composición del acero de herramientas H-12. Tiene una excelente resistencia para uso adhesivo (metal-metal). Debido a su alta templabilidad un apropiado precalentamiento puede ser requerido para depósitos libres de grietas. Buena resistencia a la abrasión y al impacto, maquinable sólo por esmerilado, difícil de cortar por llama, magnético, tratable térmicamente, forjable y mantiene dureza en caliente sobre los 538°C. Usos: Está diseñado para usarse como un recubrimiento sobre aceros al carbono y de baja aleación, o puede ser usado sobre una base de “Tube-Alloy Build Up-O. Nunca debería ser usado para uniones. Aplicaciones típicas: Collares de acoplamiento, cadenas de arrastre, guías, ejes. Posición de soldadura: P, H. Tipo de corriente: CCEP.
INDURA TUBE ALLOY BUILD UP-O	C : 0,12% Mn : 2,80% Si : 0,80% Cr : 1,20% Fe : balance	30 HRc (1 capa) (depósito en acero 1020) 36 HRc (1 capa) (depósito en acero 4130)	Descripción: Alambre tubular autoprotegido, el cual mediante la descomposición de su fundente protege al baño de soldadura contra la contaminación por gases atmosféricos. Deposita un acero de baja aleación. El metal de soldadura posee buena resistencia a la compresión y al impacto, haciéndolos excelentes bases para aleaciones resistentes a la abrasión. El depósito tiene excelente resistencia al agrietamiento, incluso en múltiples capas, y posee un buen rango de maquinado. Adecuada resistencia a la tracción, muy buena resistencia al impacto, excelente maquinabilidad, puede ser cortado por llama, magnético, tratable térmicamente. Usos: Está diseñado para trabajar sólo en aceros al carbono y de baja aleación. No es recomendado para uniones. Aplicaciones típicas: Cadenas de arrastre, ejes de acero, mangos de acero, capachos de arrastre, ruedas de grúa, dientes de engranajes, bordes y dientes de capachos, ruedas de equipos mineros. Posición de soldadura: P, H. Tipo de corriente: CCEP.

Otros alambres tubulares

Clasificación	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA 308L-T1 (AWS A5.22 E308LT1-1/-4	C : 0,03% Mn : 1,90% Si : 0,79% Cr : 19,8% Ni : 10,2% Fe : balance	Resistencia a la tracción: 610 MPa Elongación (L=4d): 35%	Descripción: Alambre tubular con protección gaseosa externa. Gas de protección indurmig 20 ó 100% CO_2. Excelente soldabilidad y mejorada resistencia al creep a alta temperatura. El metal depositado contiene óptimo contenido de ferrita en su estructura austenítica, así su soldabilidad es excelente con baja susceptibilidad al agrietamiento. Usos: Diseñado para soldadura MAG de aceros inoxidables tipo 18% Cr - 8% Ni de bajo contenido de carbono. Aplicaciones típicas: Aceros inoxidables AISI 304, 304L, 304LN, ASTM A 157 Gr. C9, A320 Gr. B8C o D. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.
INDURA 309L-T1 (AWS A5.22 E309LT1-1/-4	C : 0,03% Mn : 1,92% Si : 0,80% Cr : 23,8% Ni : 13,3% Fe : balance	Resistencia a la tracción: 600 MPa Elongación (L=4d): 38%	Descripción: Alambre tubular con protección gaseosa externa, para la soldadura de aceros inoxidables. Gas de protección: 100% CO_2 o indurmig 20. El metal de soldadura contiene comparativamente bastante ferrita en su estructura austenítica, de esta forma proporciona mejor soldabilidad junto con una elevada resistencia a la temperatura y a la corrosión. Es fácil de operar con poderosa penetración con transferencia spray, mínima salpicadura y escoria autodesprendente. Usos: Fue diseñado para soldadura MAG de acero inoxidable 22% Cr - 12% Ni de bajo carbono. Soldadura de uniones disímiles entre aceros de alta resistencia, aceros al carbono y aceros de baja aleación templables y revenidos, aceros ferríticos al Cr y austeníticos al Cr-Ni y aceros al manganeso. Para generar una primera capa resistente a la corrosión en soldadura de aceros ferríticos-perlíticos en partes de estanques a presión y calderas. Aplicaciones típicas: Aceros inoxidables 309 y 309Cb, aceros disímiles y aceros al 12% Ni. Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.

Otros alambres tubulares

Clasificación	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Usos / Aplicaciones típicas / Posición de soldadura (a) / Tipo de corriente (b)
INDURA 316L-T1 (AWS A5.22 E-316LT1-1/-4	C : 0,03% Mn : 1,85% Si : 0,75% Cr : 18,7% Ni : 11,4% Mo : 2,5% Fe : balance	Resistencia a la tracción: 620 MPa Elongación (L=4d): 38%	Descripción: Alambre tubular con protección gaseosa externa, para soldadura de aceros inoxidables. Gas de protección: 100% CO_2 o indurmig 20. Posee escoria autodesprendente, transferencia tipo spray, excelente soldabilidad y elevada resistencia al creep a altas temperaturas. El metal de soldadura contiene óptimo contenido de ferrita en su estructura austenítica, de esta forma su soldabilidad es excelente con baja tendencia al agrietamiento. Usos: Fue diseñado para soldadura MAG de acero inoxidable 18% Cr - 12% Ni - 2% Mo de bajo carbono. Posee bajo contenido de carbono lo cual le da buena resistencia para la mayoría de los tipos de corrosión del metal de soldadura. Aplicaciones típicas: AISI 316L, 316Ti, 316Cb Posiciones de soldadura: P, H, V, SC. Tipo de corriente: CCEP.
INDURA 308L-0 (AWS A5.22 E-308LT0-3	C : 0,03% Mn : 0,5-2,5% Si : 1,0% Cr : 19,5-21% Ni : 9,0-11% Mo : 0,5% Fe : balance	Resistencia a la tracción: 520 MPa (mín) Elongación (L=4d): >35%	Descripción: Alambre tubular autoprotegido para soldadura de acero inoxidable. La composición del metal depositado es la misma que la del electrodo E-308T0-3 excepto por el contenido de carbono. Su bajo contenido de carbono le permite obtener resistencia a la corrosión intergranular por precipitación de carburos, sin el uso de elementos estabilizadores tales como columbio y titanio. Su metal depositado no es tan resistente a elevadas temperaturas como el depósito obtenido con E-308 estabilizado con columbio y titanio. Aplicaciones típicas: Base de recubrimientos duros y relleno de polines. Su depósito Cr-Ni permite soldar aceros inoxidables calidades 302, 303, 304, 305, 308. Posiciones de soldadura: P, H. Tipo de corriente: CCEP.

(a) P : Plana H : Horizontal V : Vertical SC : Sobrecabeza
(b) CC : Corriente continua EP : Electrodo positivo EN : Electrodo negativo
CA : Corriente alterna AP : Ambas polaridades

SISTEMA ARCO SUMERGIDO

Descripción del Proceso

De los métodos de soldadura que emplean electrodo continuo, el proceso de arco sumergido desarrollado simultáneamente en EE.UU. y Rusia a mediados de la década del 30, es uno de los más difundidos universalmente.

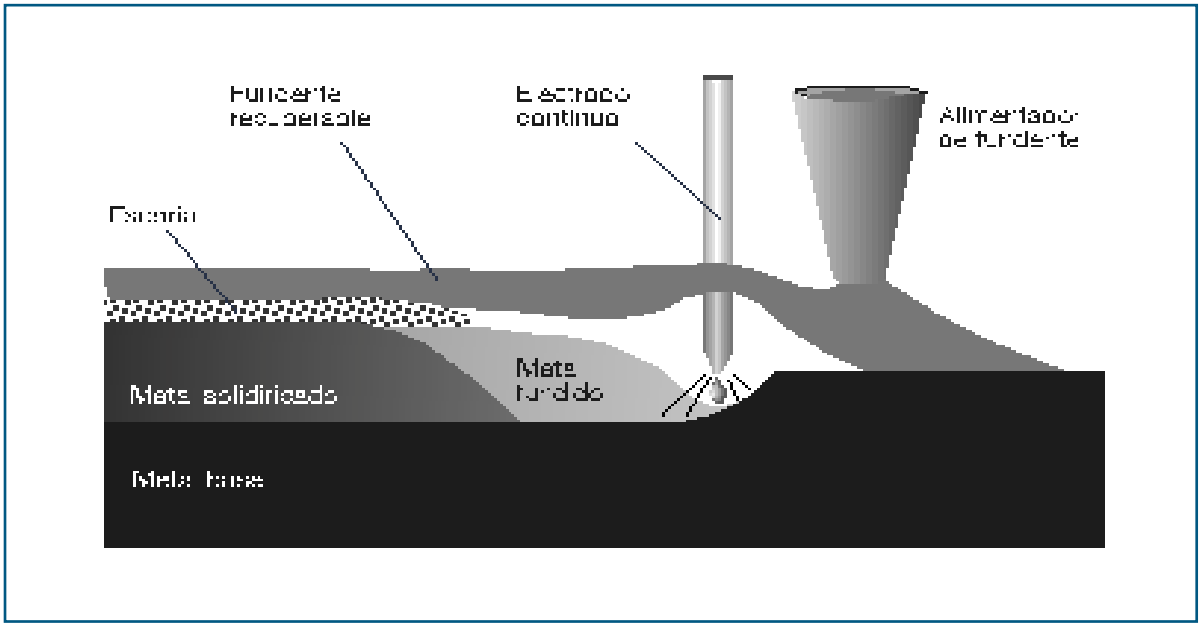
Es un proceso automático, en el cual, como lo indica la figura, un alambre desnudo es alimentado hacia la pieza. Este proceso se caracteriza porque el arco se mantiene sumergido en una masa de fundente, provisto desde una tolva, que se desplaza delante del electrodo.

De esta manera el arco resulta invisible, lo que constituye una ventaja, pues evita el empleo de elementos de protección contra la radiación infrarroja y ultravioleta, que son imprescindibles en otros casos.

Las corrientes utilizadas en este proceso varían en un rango que va desde los 200 hasta los 2000 amperes, y los espesores que es posible soldar varían entre 5 mm y hasta más de 40 mm.

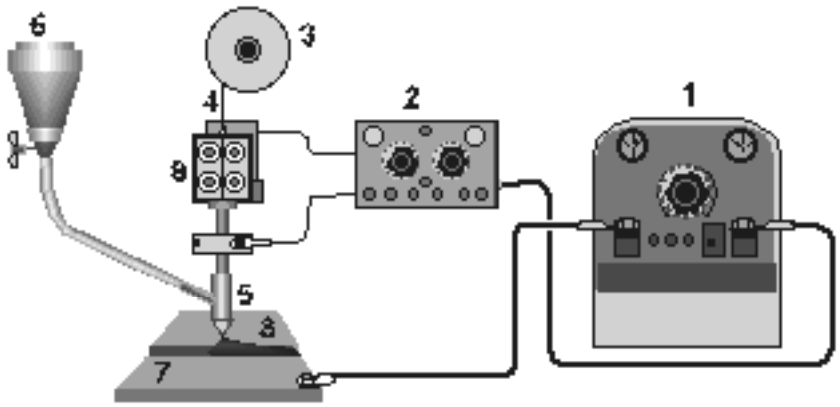
Usualmente se utiliza corriente continua con electrodo positivo, cuando se trata de intensidades inferiores a los 1000 amperes, reservándose el uso de corriente alterna para intensidades mayores, a fin de evitar el fenómeno conocido como soplo magnético.

El proceso se caracteriza por sus elevados regímenes de deposición y es normalmente empleado cuando se trata de soldar grandes espesores de acero al carbono o de baja aleación.



Equipo

El diagrama siguiente muestra los componentes para hacer soldadura por arco sumergido:



1. Fuente de poder de CC o CA (100% ciclo de trabajo).
2. Sistema de control.
3. Portacarrete de alambre.
4. Alambre-electrodo.
5. Tobera para boquilla.
6. Recipiente portafundente.
7. Metal base.
8. Fundente.
9. Alimentador de alambre.

Ventajas del proceso y Aplicaciones

1. Ventajas

Entre las principales ventajas podemos citar:

a) Alta velocidad y rendimiento: Con electrodos de 4,0 mm y 4,8 mm a 800 y 1000 amperes, se logran depositar hasta 15 kg de soldadura por hora. Con electrodos de 6,4 mm y 1300 amperes, se depositan hasta 24 kg por hora (tres a cuatro veces más rápido que en la soldadura manual).

b) Propiedades de la soldadura: Este proceso permite obtener depósitos de propiedades comparables o superiores a las del metal base.

c) Rendimiento: 100%.

d) Soldaduras 100% radiográficas.

e) Soldaduras homogéneas.

f) Soldaduras de buen aspecto y penetración uniforme.

g) No se requieren protecciones especiales.

2. Aplicaciones

El sistema de soldadura automática por arco sumergido, permite la máxima velocidad de deposición de metal, entre los sistemas utilizados en la industria, para producción de piezas de acero de mediano y alto espesor (desde 5 mm aprox.) que puedan ser posicionadas para soldar en posición plana u horizontal: vigas y perfiles estructurales, estanques, cilindros de gas, bases de máquinas, fabricación de barcos, etc. También puede ser aplicado con grandes ventajas en relleno de ejes, ruedas de FF.CC. y polines.

MATERIALES PARA ARCO SUMERGIDO

Alambres

Descripción

En el sistema de soldadura por arco sumergido, se utiliza un alambre sólido recubierto por una fina capa de cobrizado para evitar su oxidación y mejorar el contacto eléctrico.

Generalmente contiene elementos desoxidantes, que junto a los que aporta el fundente, limpian las impurezas provenientes del metal base o de la atmósfera y aportan elementos de aleación seleccionados según sean las características químicas y mecánicas del cordón de soldadura que se desee.

Clasificación

Según la AWS, los alambres se clasifican por 2 letras y 2 números, que indican la composición química de éstos.

EX	XX
letras	dígitos

- 1° letra, “E”: Significa electrodo para soldadura al arco.
- 2° letra, “X”: Significa el contenido máximo de manganeso:

L : 0,60% Mn máx. (bajo contenido manganeso).

M : 1,25% Mn máx. (contenido mediano de manganeso).

H : 2,25% Mn máx. (alto contenido de manganeso).

Los 2 dígitos: Indican los porcentajes medios de carbono.

Los alambres se entregan en rollos de 25 kg aproximadamente y con diámetro interior de 300 mm.

Se ofrecen en los siguientes diámetros: 2,0; 2,4; 3,2 y 4,0 mm.

ALAMBRES PARA ARCO SUMERGIDO

INDURA EL12 - H400

Clasificación AWS: F48A0-EL12

- ***Alambre continuo de acero al carbono para aplicaciones en que se desee obtener máxima ductilidad***
- ***Posición plana y horizontal filete***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Alambre de bajo contenido de carbono, manganeso y silicio.

Excelente ductilidad y resistencia al agrietamiento. Usado con fundente INDURA 400 y 401.

La delgada capa de cobre en su superficie mejora el contacto eléctrico entre el alambre y la boquilla, mejorando la estabilidad del arco y aumentando la vida de la boquilla.

Usos

Recomendado para soldaduras que requieran facilidad de mecanizado y máxima ductilidad.

Aplicaciones típicas

- Construcción de vigas
- Puentes
- Carros de ferrocarril
- Estanques
- Rellenos en general
- Recipientes a presión
- Cilindros de gas licuado

Composición química (típica) del alambre:

C 0,09%; Mn 0,47%; Si 0,077%; P 0,015%; S 0,013%

Características típicas del metal depositado (con Fundente H-400) (según norma AWS: A5.17/A5.17M-97):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Energia Absorbida Ch-v
Resistencia a la tracción : 510 MPa Límite de fluencia : 437 MPa Alargamiento en 50 mm : 30%	37J a 0°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volts	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Velocidad cm/min.
*2,0	25-28	200	300	10-30
2,4	26-30	250	350	20-40
3,2	27-32	300	450	30-50
4,0	28-32	400	650	30-70

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA EM12K - H400

Clasificación AWS: F7A0-EM12K/F48A2-EM12K

- ***Alambre de acero medio manganeso, recomendado para uniones a tope y filete, en aceros medio carbono y baja aleación***
- ***Posición plana y horizontal filete***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Pueden ser aplicados en múltiples pases en aceros que tengan un espesor menor que 25 mm (con fundente INDURA H-400).

La delgada capa de cobre en su superficie mejora el contacto eléctrico entre el alambre y la boquilla, mejorando la estabilidad del arco y aumentando la vida de la boquilla.

Usos

Ampliamente usado en aplicaciones que requieran buena ductilidad.

Aplicaciones típicas

- Construcción de vigas
- Puentes
- Carros de ferrocarril
- Estanques
- Rellenos en general
- Recipientes a presión de alta seguridad, etc.

Composición química (típica) del alambre:

C 0,09%; Mn 0,95%; Si 0,27%; P 0,013%; S 0,012%

Características típicas del metal depositado (con Fundente H-400) (según norma AWS: A5.17/A5.17M-97):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Energia Absorbida Ch-v
Resistencia a la tracción : 640 MPa Límite de fluencia : 572 MPa Alargamiento en 50 mm : 23%	48J a -18°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volts	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Velocidad cm/mín.
*2,0	25-28	200	300	10-30
2,4	26-30	250	350	20-40
3,2	27-32	300	450	30-50
4,0	28-32	400	650	30-70

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA EM13K-H400

Clasificación AWS: EM13K-H400

- ***Alambre de acero medio manganeso, recomendado para uniones a tope y filete, en aceros medio carbono y baja aleación***
- ***Posición plana y horizontal filete***
- ***Corriente continua, electrodo positivo***

Descripción

Alambre de bajo carbono con niveles adecuados de manganeso y silicio para la soldadura de arco sumergido.

Excelente ductilidad y resistencia al agrietamiento.

La delgada capa de cobre en su superficie mejora el contacto eléctrico entre el alambre y la boquilla, mejorando la estabilidad del arco y aumentando la vida de la boquilla.

Usado con fundente INDURA 400 y 401.

Usos

Recomendado para soldaduras en aceros estructurales, reparación y construcción de equipos pesados.

Composición química (típica) del alambre:

C 0,06%; Mn 1,37%; Si 0,66%; P 0,001%; S 0,009%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.17/A5.17M-97):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Energia Absorbida Ch-v
Resistencia a la tracción : 540 MPa Límite de fluencia : 440 MPa Alargamiento en 50 mm : 29%	59J a -18°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volts	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Velocidad cm/min.
*2,0	25-28	200	300	10-30
2,4	26-30	250	350	20-40
3,2	27-32	300	450	30-50
4,0	28-32	400	650	30-70

* Electrodo fabricado a pedido

FUNDENTES PARA ARCO SUMERGIDO

Clasificación Fundentes según AWS

Según la AWS el fundente es clasificado en base a las propiedades mecánicas del depósito, al emplear una determinada combinación fundente/alambre.

Esta clasificación es la siguiente dependiendo si se utiliza el Sistema Ingles o el Sistema Métrico.

Indica fundente para ambas clasificaciones.

Indica la resistencia mínima a la tracción que debe ser obtenida en el metal depósitado con el fundente y electrodo utilizado. Para obtener dicho valor, se debe multiplicar por 10000 PSi o por 10 megapascales respectivamente, dependiendo si se trata de la clasificación inglesa o métrica.

Indica para ambas clasificaciones la condición de tratamiento térmico en que el depósito fue sometido a ensayo: “A” sin tratamiento térmico y “P” con tratamiento térmico.

Para la clasificación métrica indica temperatura más baja (en °C) a la cual el metal depositado tiene una resistencia al impacto igual o mayor a 27 joules. Z indica que no tiene requerimientos. 0, 2, 3, 4, 5, 6 indican distintas temperaturas de ensayo (x-10°C). Para la clasificación inglesa indica lo mismo pero la temperatura se debe utilizar en °F y la resistencia al impacto se debe reemplazar por 20 ft.lbf.

Clasificación del electrodo.

F X X X - X X X X

Requerimientos Mecánicos del Depósito (Sistema Métrico)

Clasificación Fundente-Electrodo	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa) mín.	Elongación en (50 mm)
F43XX-EXXX	430-560	330	22
F48XX-EXXX	480-660	400	22

Requerimientos Mecánicos del Depósito (Sistema Ingles)

Clasificación Fundente-Electrodo	Resistencia a la tracción (PSi)	Límite de fluencia (PSi) mín.	Elongación en (2 inch)
F6XX-EXXX	60.000-80.000	48.000	22
F7XX-EXXX	70.000-95.000	58.000	22

Fundente INDURA 105

Clasificación F7A2/EM12K

Descripción

Fundente para proceso de arco sumergido, utilizado en soldadura de aceros al carbono y de baja aleación. Buena resistencia al impacto.

Buenas propiedades mecánicas a bajas temperaturas. Excelente soldabilidad. Fácil remoción de escoria en soldadura de bisel profundo.

Buena resistencia a la fisuración y porosidad. Excelente apariencia del cordón de soldadura.

Usos

Recomendado para uniones de aceros de baja aleación y en soldadura de recargue en piezas desgastadas.

Aplicaciones típicas

- Calderería en general, en soldaduras multipasadas para espesor ilimitado
- Recargue de piezas desgastadas

Características típicas del metal depositado:

Las características típicas del metal depositado, utilizando los parámetros indicados a continuación, se muestran en la siguiente tabla de valores.

Parámetros utilizados:

- Alambre : EM12K de 4 mm
- Stickout : 25 mm
- Tipo corriente : CCEP
- Velocidad de soldadura : 0,41 m/min
- Tensión : 28 V
- Corriente : 550 A
- N° de pases : 15
- Temperatura de interpase : 135°C - 163°C
- Metal base : A36

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,04%; Mn 1,24%; Si 0,28%; P 0,026%; S 0,016%

Propiedades mec'anicas típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.17/A5.17M-97):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Energia Absorbida Ch-v
Resistencia a la tracción : 510 MPa Límite de fluencia : 420 MPa Alargamiento en 50 mm : 31%	147J a -29°C

Nota: Los valores presentados son referenciales. Existen muchas variables que pueden influenciar los resultados de la operación de soldadura.

Fundente INDURA 207

Clasificación F207 / EL12

Descripción

Fundente para proceso de arco sumergido, aleado con cromo y molibdeno, para aplicaciones donde se desea obtener recubrimientos con dureza superficial, proporcionando alta productividad a bajo costo utilizando electrodos con bajo contenido de carbono como el alambre EL12.

Usos

Es usado típicamente para reconstruir piezas que requieren buenas características de dureza y resistencia al desgaste.

Aplicaciones típicas

- Revestimiento de rodillos de mesas de laminación
- Recuperación de ruedas de puente grúa
- Recuperación de ruedas de molino y de tren

Características típicas del metal depositado:

Las características típicas del metal depositado, utilizando los parámetros indicados a continuación, se muestran en la siguiente tabla de valores.

Parámetros utilizados:

- Alambre : EL12 en 4 mm
- Stickout : 25 mm
- Tipo corriente : CCEP
- Velocidad de soldadura : 0,40 m/min
- Tensión : 31 V
- Corriente : 550 A

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,15%; Mn 1,50%; Si 0,60%; P 0,025%; S 0,025%; Cr 2,10%; Mo 0,50%

Propiedades mecánicas típicas del metal depositado:

Dureza (HRC) (a): 32 - 37

(a) Depende del número de capas

Nota: Los valores presentados son referenciales. Existen muchas variables que pueden influenciar los resultados de la operación de soldadura.

Fundente INDURA 401

Clasificación F7A0/EM12K

Descripción

Fundente para proceso de arco sumergido, de aplicación general y de gran versatilidad. Buena remoción de escoria en bisel.

Usos

Usado en soldadura de perfiles, reparación en chapas hasta 25 mm de espesor y piezas de pequeño diámetro.

Aplicaciones típicas

- Balones de gas
- Tubos
- Calderería

Características típicas del metal depositado:

Las características típicas del metal depositado, utilizando los parámetros indicados a continuación, se muestran en la siguiente Tabla de valores.

Parámetros utilizados:

- Alambre : EM12K de 4 mm
- Stickout : 25 mm
- Tipo corriente : CCEP
- Velocidad de soldadura : 0,41 m/min
- Tensión : 28 V
- Corriente : 550 A
- N° de pases : 15
- Temperatura de interpase : 135°C - 163°C
- Metal base : A36

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,03%; Mn 1,69%; Si 0,93%; P 0,032%; S 0,013%

Propiedades mec'anicas típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.17/A5.17M-97):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Energia Absorbida Ch-v
Resistencia a la tracción : 640 MPa Límite de fluencia : 595 MPa Alargamiento en 50 mm : 27%	33J a -18°C

Nota: Los valores presentados son referenciales. Existen muchas variables que pueden influenciar los resultados de la operación de soldadura.

TABLA DE REGULACIÓN SOLDADURA ARCO SUMERGIDO

Tabla de regulación para soldadura en aceros de mediana y baja aleación.

Espesor del material (mm)	Diámetro del electrodo (mm)	Amperaje	Voltaje	Velocidad de avance (m/min.)
4	2,4	375	30	1
5	2,4	425	35	1
6	3,2	480	35	0,90
7	3,2	550	30	0,88
8	4,0	550	35	0,90
10	4,0	600	35	0,90
12	4,8	750	35	0,80
16	4,8	800	36	0,55
20	4,8	925	38	0,45
25	6,4	925	36	0,45
30	6,4	925	36	0,35
35	6,4	1000	34	0,28

SISTEMA TIG

Descripción del Proceso

En nuestros días, las exigencias tecnológicas en cuanto a calidad y confiabilidad de las uniones soldadas, obligan a adoptar nuevos sistemas, destacándose entre ellos la soldadura al Arco con Electrodo de Tungsteno y Protección Gaseosa (TIG).

El sistema TIG es un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte.

Se utiliza un gas de protección cuyo objetivo es desplazar el aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presentes en la atmósfera.

Como gas protector se puede emplear argón o helio, o una mezcla de ambos.

La característica más importante que ofrece este sistema es entregar alta calidad de soldadura en todos los metales, incluyendo aquéllos difíciles de soldar, como también para soldar metales de espesores delgados y para depositar cordones de raíz en unión de cañerías.

Las soldaduras hechas con sistema TIG son más fuertes, más resistentes a la corrosión y más dúctiles que las realizadas con electrodos convencionales. Cuando se necesita alta calidad y mayores requerimientos de terminación, se hace necesario utilizar el sistema TIG para lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

La siguiente ilustración indica esquemáticamente una soldadura por sistema TIG.

Características y Ventajas del Sistema TIG

- No se requiere de fundente, y no hay necesidad de limpieza posterior en la soldadura.
- No hay salpicadura, chispas ni emanaciones, al no circular metal de aporte a través del arco.
- Brinda soldaduras de alta calidad en todas las posiciones, sin distorsión.
- Al igual que todos los sistemas de soldadura con protección gaseosa, el área de soldadura es claramente visible.
- El sistema puede ser automatizado, controlando mecánicamente la pistola y/o el metal de aporte.

Equipo

El equipo para sistema TIG consta básicamente de:

- Fuente de poder
- Unidad de alta frecuencia
- Pistola
- Suministro gas de protección
- Suministro agua de enfriamiento

La pistola asegura el electrodo de tungsteno que conduce la corriente, el que está rodeado por una boquilla de cerámica que hace fluir concéntricamente el gas protector.

La pistola normalmente se refrigera por aire. Para intensidades de corriente superiores a 200 Amp. se utiliza refrigeración por agua, para evitar el recalentamiento del mango.

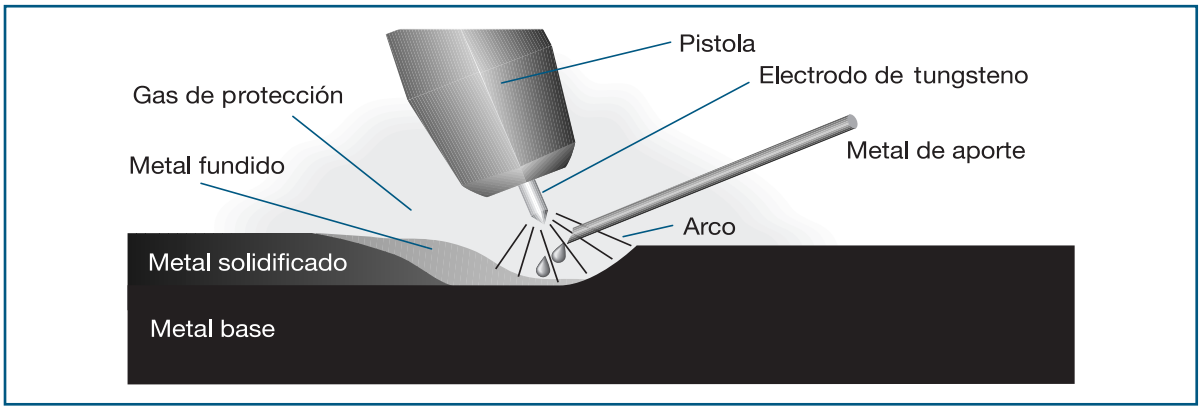
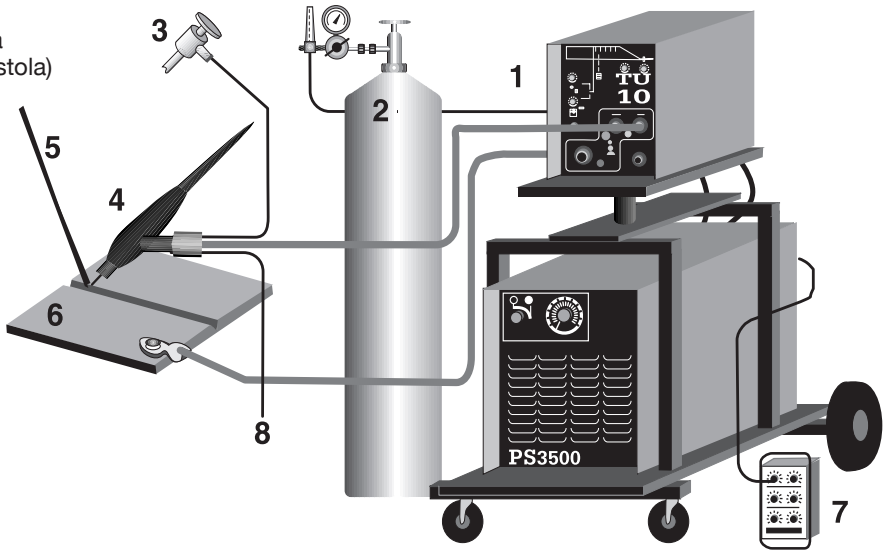


Diagrama Esquemático del equipo TIG

1. Fuente de poder de corriente continua, con unidad de alta frecuencia incorporada
2. Gas de protección
3. Suministro de agua (enfriamiento de pistola)
4. Pistola
5. Material de aporte
6. Material base
7. Control remoto
8. Drenaje de agua



Electrodos para Sistema TIG

Los electrodos para sistema TIG, están fabricados con tungsteno o aleaciones de tungsteno, lo que los hacen prácticamente no consumibles, ya que su punto de fusión es sobre los 3.800°C.

Su identificación se realiza por el color de su extremo:

Diámetros más utilizados: 1,6 mm; 2,4 mm; 3,2 mm.

Largos estándar: 76 y 178 mm.

La adición de 2% de torio permite una mayor capacidad de corriente, mejor iniciación y estabilidad del arco.

Tipos de electrodos	Identificación	AWS
• Electrodos de Tungsteno puro	Punto verde	EWP
• Electrodos de Tungsteno-Torio (0,8-1,2% Th)	Punto amarillo	EWTh-1
• Electrodos de Tungsteno-Torio (1,7-2,2% Th)	Punto rojo	EWTh-2
• Electrodos de Tungsteno-Zirconio (0,15-0,4% Zr)	Punto café	EWZr
• Electrodos de Tungsteno-Lantano (1,0% La)	Punto negro	EWLa-1
• Electrodos de Tungsteno-Lantano (1,5% La)	Punto dorado	EWLa-1,5
• Electrodos de Tungsteno-Lantano (2,0% La)	Punto azul	EWLa-2
• Electrodos de Tungsteno-Cerio (1,8-2,2% Ce)	Punto naranjo	EWCe-2

Cuadro de Selección de Electrodos

Material	Tipo de corriente	Penetración	Gas	Electrodo
Aluminio	CAAF	Media	Argón	W
Acero inox.	CCEN	Alta	Argón	W-Th
Acero dulce	CCEN	Alta	Argón o Helio	W-Th
Cobre	CCEN	Alta	Argón o Helio	W-Th
Níquel	CCEN	Alta	Argón	W-Th
Magnesio	CAAF	Media	Argón	W

Nota: CAAF : Corriente Alterna y Alta Frecuencia
CCEN : Corriente Continua, Electrodo Negativo

W : Tungsteno
W-Th : Tungsteno-Torio

Aplicaciones del Sistema TIG

- Este sistema puede ser aplicado casi a cualquier tipo de metal, como: aluminio, acero inoxidable, acero al carbono, hierro fundido, cobre, níquel, magnesio, etc.
- Es especialmente apto para unión de metales de espesores delgados, desde 0,5 mm, debido al control preciso del calor del arco y la facilidad de aplicación con o sin metal de aporte. Ej.: tuberías, estanques, etc.
- Se utiliza también en unión de espesores mayores, cuando se requiere calidad y buena terminación de la soldadura.
- Se puede utilizar para aplicaciones de recubrimientos duros de superficie y para realizar cordones de raíz en cañerías de acero al carbono.
- En soldaduras por arco pulsado, suministra mayor control del calor generado por el arco con piezas de espesores muy delgados y soldaduras en posición.
- Para soldadura de cañería, es ventajosa la combinación:

  - Cordón de raíz : TIG
  - Resto de pases : MIG o Arco Manual

VARILLAS PARA ACEROS AL CARBONO

INDURA 70S-6

Clasificación AWS: ER-70S-6/ER-48S-6

- ***Varilla para soldadura TIG de aceros al carbono***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento cobrizado***
- ***Corriente continua, electrodo negativo***

Descripción

La varilla INDURA 70S-6 contiene niveles más altos de manganeso y silicio que otros grados de alambre sólido.

Lo anterior le confiere excelentes propiedades desoxidantes lo que asegura una soldadura libre de porosidades para una amplia gama de trabajos.

Usos

Se recomienda para ser usado en aceros corrientes o de baja aleación. Apropiadas para soldadura de simple o multipasada.

Recomendados para soldar planchas de acero donde se desea obtener un cordón con excelente terminación superficial y estructuras con moderado óxido y suciedad superficial.

Aplicaciones típicas

- Cordón de raíz en tuberias de presión
- Cordón de raíz en recipientes a presión
- Matricería
- Aceros ASTM A36, A285-C, A515-55, A516-70, etc.

Composición química (típica) del alambre:

C 0,08%; Mn 1,44%; Si 0,86%; P 0,012%; S 0,014%; Cr 0,02%; Ni 0,04%; Mo 0,003%; Cu 0,20%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.18/A5.18M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 530 MPa (mín) Límite de fluencia : 415 MPa (mín) Alargamiento en 50 mm : 31% (mín)	480 MPa 400 MPa 22%	103J a -30°C (mín)	27J a -30°C

Parámetros de soldadura:

Los parámetros de soldadura para soldar con TIG son dependientes en gran parte del espesor del material y de la aplicación. Para evitar la fusión del electrodo de tungsteno se deberá usar electrodo negativo y un gas de protección inerte, tal como argón o helio.

Diámetro, mm	*1,6	*2,0	2,4	*3,2
Longitud, mm	1000	1000	1000	1000

* Electrodo fabricado a pedido

INDURA 70S-3

Clasificación AWS: ER-70S-3/ER-48S-3

- ***Varilla para soldadura TIG de aceros al carbono***
- ***Toda posición***
- ***Revestimiento cobrizado***
- ***Corriente continua, electrodo negativo***

Descripción

Su contenido de silicio y manganeso le confiere excelentes propiedades desoxidantes lo que asegura una soldadura libre de porosidades para una amplia gama de trabajos.

Usos

Se recomienda para ser usado en aceros corrientes de baja aleación.

Son apropiados para soldadura de simple o multipasada. Debido a sus propiedades desoxidantes, pueden ser usados para soldar aceros con superficies moderadamente sucias y oxidadas.

Aplicaciones típicas

- Aceros ASTM A36, A285-C, A515-55, A516-70, etc.

Composición química (típica) del alambre:

C 0,08%; Mn 1,30%; Si 0,72%; P 0,015%; S 0,018%; Cr 0,02%; Ni 0,02%; Mo 0,005%; Cu 0,20%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.18/A5.18M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 510 MPa (mín) Límite de fluencia : 410 MPa (mín) Alargamiento en 50 mm : 30% (mín)	480 MPa 400 MPa 22%	92J a -20°C (mín)	27J a -20°C

Parámetros de soldadura:

Los parámetros de soldadura para soldar con TIG son dependientes en gran parte del espesor del material y de la aplicación. Para evitar la fusión del electrodo de tungsteno se deberá usar electrodo negativo y un gas de protección inerte, tal como argón o helio.

Diámetro, mm	*1,6	*2,0	2,4	*3,2
Longitud, mm	1000	1000	1000	1000

* Electrodo fabricado a pedido

Varillas de Aluminio

Las varillas de aluminio para los procesos de soldadura con gas inerte (TIG), han sido sometidas a un proceso de limpieza especial, que permite que sean empleadas con éxito como metal de aporte.

Las varillas son envasadas en cajas de 2,5 kg, fabricadas en las siguientes medidas: diámetro: 1,6 - 2,0 - 2,4 - 3,2 mm en 915 mm de largo.

Aleaciones INDURA	AWS	Composición Química (típica)	Aplicaciones Generales
ALUMINIO			
25	ER-1100	Cu : 0,05-0,20% Mn : 0,05% Si-Fe : 0,95% Zn : 0,1% Al : 99,0% mín.	Usos generales en industria de alimentos, lácteos, refrigeración, unión, relleno y reparación de planchas y piezas de Al fundido. Al calidad: 1060-1350-3003-1100
26	ER-4043	Cu : 0,30% Mn : 0,05% Fe : 0,80% Ti : 0,20% Mg : 0,05% Si : 4,5-6,0% Zn : 0,10% Otros : 0,15% Al : balance	Culatas y carter de aluminio, envases y coladores químicos. Especialmente indicado para trabajos en los cuales se desconoce la composición química del metal base. Al calidad: 2014-3003-6061-4042-4043
5356	ER-5356	Cu : 0,10% Mg : 4,5-5% Mn : 0,05-0,2% Cr : 0,05-0,2% Si-Fe : 0,5% Zn : 0,10% Ti : 0,06-0,20% Otros : 0,15% Al : balance	La varilla 5356 está especialmente diseñada para ser aplicada con argón y helio, además de otras mezclas comerciales como gas de protección. Su alta resistencia a la tracción la hace apta para fabricación y reparación de estanques. Al calidad: 5083-5086 5486-5454-5356

Varillas de Acero Inoxidable, Acero Baja Aleación y Bronce Fosfórico

Las varillas de aluminio, las varillas de aporte para soldar aceros inoxidables, acero dulce y bronce fosfórico son envasadas en cajas de 10 kg y se fabrican en las siguientes medidas: 1,6 - 2,4 - 3,2 - 4,0 mm en 915 mm de largo.

Aleaciones INDURA	AWS	Composición Química (típica)	Aplicaciones Generales
ACERO INOXIDABLE			
2209	ER-2209	C : 0,002% Mn : 1,33% Si : 0,46% S : 0,001% P : 0,020% Cr : 23,32% Ni : 8,15% Mo : 3,15% Cu : 0,10% N : 0,150%	Varilla para soldar aceros inoxidables dúplex con proceso TIG. Resistente a la corrosión intergranular y por pitting. Presenta ventajas en soldadura de aceros inoxidables del tipo austeno-ferrítico como 18Cr/8Ni/Mo (3RE60), 22Cr/5Ni/3Mo (2205) y 23 Cr/4Ni (2304). Posee buena resistencia a la corrosión bajo tensión, especialmente en ambientes que contienen H_2S. Los parámetros de soldadura para soldar con proceso TIG son dependientes en gran parte del espesor del material y de la aplicación de soldadura. Para evitar la fusión del electrodo de tungsteno se deberá usar electrodo negativo y un gas de protección inerte, tal como argón o helio.
308	ER 308	C : 0,005% Mn : 1,85% Si : 0,44% S : 0,001% P : 0,02% Cr : 19,9% Ni : 9,29% Cu : 0,09%	Varilla para soldar aceros inoxidables con proceso TIG. Composición nominal 19% cromo y 9% níquel. Usada frecuentemente para soldar metales base de composiciones similares. Apropiada para temperaturas de servicio hasta 750°C. La composición química de la varilla ER-308H es la misma que la de la varilla ER-308 excepto que el contenido de carbono ha sido restringido al rango superior del aceptado para la varilla ER-308. El contenido de carbono de 0,04 a 0,08% proporciona más alta resistencia. Aplicaciones típicas se encuentran en soldadura de metales base tipo 304H, 308H y sus derivados.
308L	ER-308L	C : 0,02% Mn : 1,9% Si : 0,38% S : 0,01% P : 0,02% Cr : 19,8% Ni : 9,8%	Acero inoxidable Tipo: 308L-304L-308-321-347. Equipos de procesos y almacenamiento de productos alimenticios y químicos. Bombas, intercambiadores de calor.
309L	ER-309L	C : 0,01% Mn : 1,6% Si : 0,42% S : 0,002% P : 0,021% Cr : 23,05% Ni : 13,7%	La composición de esta clasificación es la misma que la de la varilla ER-309, excepto por el contenido de carbono. El bajo contenido de carbono en el metal de aporte (0,03 máximo), diminuye la posibilidad de precipitación de carburos y así incrementa la resistencia a la corrosión intergranular sin el uso de estabilizadores tales como columbio y titanio. Estas aleaciones bajo carbono pueden sin embargo no ser tan resistentes a alta temperatura como las aleaciones estabilizadas con columbio o la ER-309.

Aleaciones INDURA	AWS	Composición Química (típica)	Aplicaciones Generales
ACERO INOXIDABLE			
316L	ER-316L	C : 0,019% Mn : 1,69% Si : 0,38% S : 0,008% P : 0,03% Cr : 18,1% Ni : 11,1% Mo : 2,1%	Diseñado especialmente para soldar aceros inoxidables austeníticos tipo 316L-316-318. Uso en industria alimenticia, de papel, turbinas, bombas. Se recomienda para aplicaciones resistentes a la corrosión cuando hay posibilidades de picadura (ataque por ácido).
316H	ER-316H	C : 0,049% Mn : 1,64% Si : 0,45% Cr : 19,1% Mo : 2,3% P : 0,02% S : 0,003% Ni : 12,7% Cu : 0,1%	Varilla para soldar aceros inoxidables. Apta para temperaturas de servicio hasta 750°C. La composición química del metal de aporte es la misma que la de la varillla ER-316, excepto que el contenido de carbono ha sido restringido al rango superior aceptado por la varilla ER-316. El contenido de carbono de 0,04 a 0,08% proporciona más alta resistencia. Aplicaciones típicas se encuentran en soldadura de metales base tipo 316H.
ACERO BAJA ALEACIÓN			
80S-B2	ER-80S-B2	C : 0,081% Mn : 0,52% Si : 0,49% Cr : 1,23% Mo : 0,44% P : 0,007% S : 0,008% Ni : 0,040% Cu : 0,2%	Se recomienda para soldar tuberías y en construcción de calderas. Es resistente al calor y la corrosión. Al soldar aceros de composición química semejante, se recomienda precalentamiento de 260°C-300°C.
90S-B3	ER-90S-B3	C : 0,083% Mn : 0,60% Si : 0,50% Cr : 2,41% Mo : 0,97% P : 0,007% S : 0,010% Ni : 0,050% Cu : 0,20%	Diseñado especialmente para soldar aceros al carbono-molibdeno, estabilizado con cromo. Resistente al calor y la corrosión. Al soldar aceros de composición química semejante, se recomienda precalentamiento de 260°C-300°C.
BRONCE FOSFÓRICO			
ER-CuSnA	ER-CuSnA	Sn : 4,0-6,0% P : 0,10-0,35% Al : 0,01% Pb : 0,02% Cu : balance	Diseñado especialmente para soldar cobre y sus aleaciones. Relleno de descansos y engranajes. Al soldar aleaciones de cobre se recomienda precalentamiento de 300°C-350°C.

SISTEMA OXIGAS

Descripción del Proceso

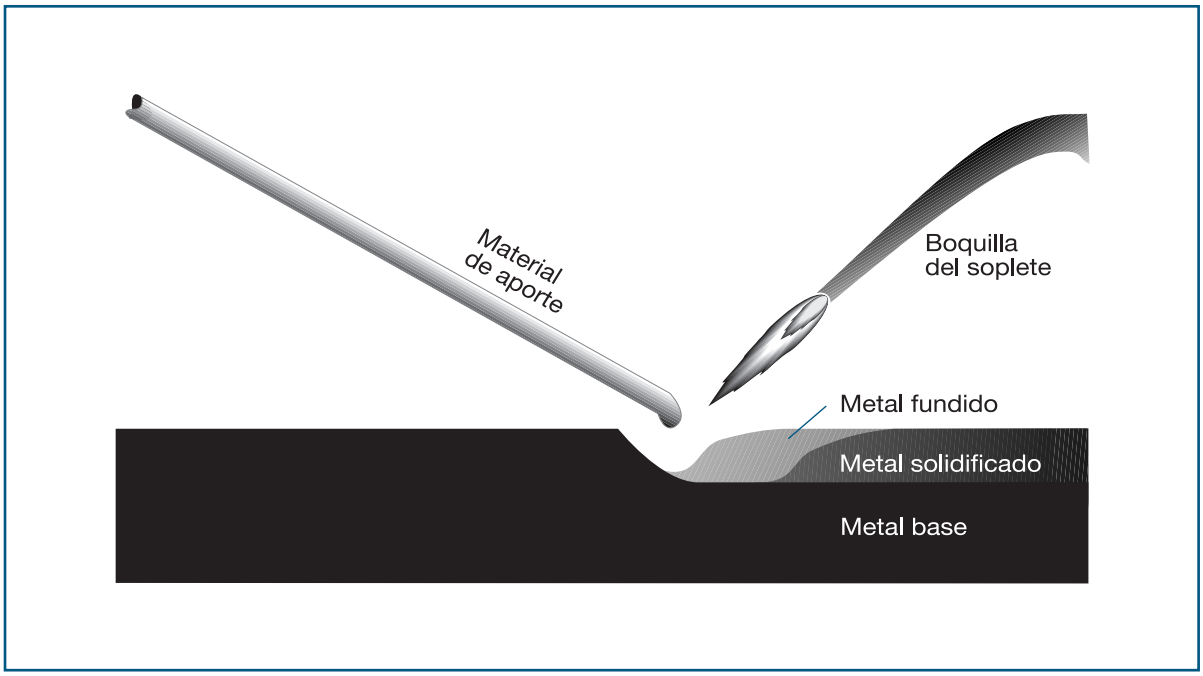
El proceso de soldadura oxigas mostrado en la figura, consiste en una llama dirigida por un soplete, obtenida por medio de la combustión de los gases oxígeno-acetileno. El intenso calor de la llama funde la superficie del metal base para formar una poza fundida.

Con este proceso se puede soldar con o sin material de aporte. El metal de aporte es agregado para cubrir biseles y orificios.

A medida que la llama se mueve a lo largo de la unión, el metal base y el metal de aporte se solidifican para producir el cordón.

Al soldar cualquier metal se debe escoger el metal de aporte adecuado, que normalmente posee elementos desoxidantes para producir soldaduras de buena calidad.

En algunos casos se requiere el uso de fundente para soldar ciertos tipos de metales.



Ventajas y Aplicaciones del Proceso

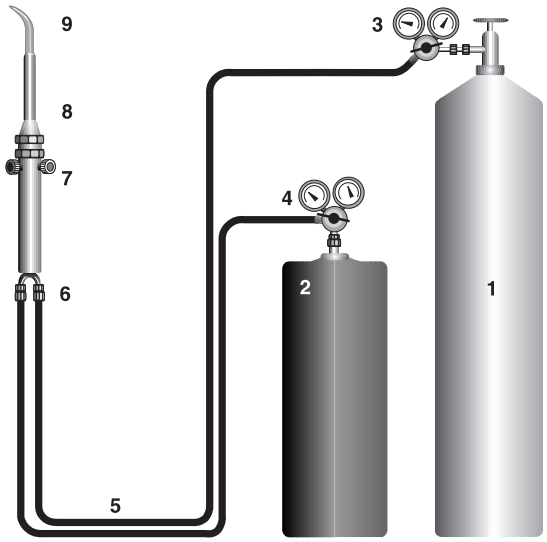
El proceso oxigas posee las siguientes ventajas: el equipo es portátil, económico y puede ser utilizado en toda posición.

El proceso oxigas es normalmente usado para soldar metales de hasta 6,4 mm de espesor. Se puede utilizar también para soldar metales de mayor espesor, pero ello no es recomendable.

Su mayor aplicación en la industria se encuentra en el campo de mantención, reparación, soldadura de cañerías de diámetro pequeño y manufacturas livianas. También puede ser usado como fuente de energía calórica, para calentar, doblar, forjar, endurecer, etc.

Equipo para Soldadura y Corte Oxigas

Es el conjunto de elementos que, agrupados, permiten el paso de gases (oxígeno-acetileno) hasta un soplete en cuyo interior se produce la mezcla. La misma, en contacto con una chispa, produce una combustión, base del sistema oxiacetilénico.



El equipo está formado por:

1. Cilindro oxígeno
2. Cilindro acetileno
3. Regulador para oxígeno
4. Regulador para acetileno
5. Mangueras de gases
6. Válvulas antirretroceso
7. Válvulas de control de gas
8. Soplete
9. Boquilla de soldar

Procedimiento Básico de Soldadura

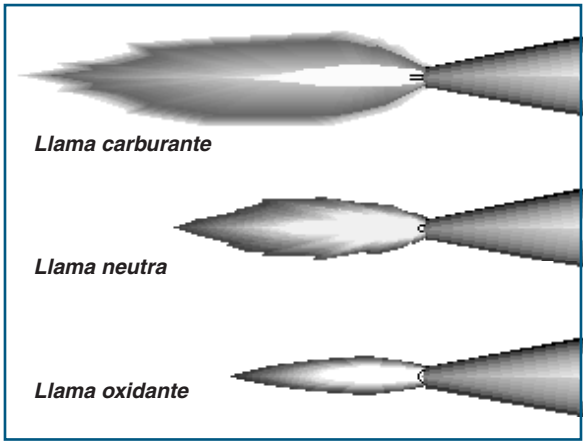
Ajuste de llama

En soldadura oxiacetilénica se utiliza una llama neutra (3.160°C), o sea, se suministra suficiente oxígeno para realizar la combustión de todo el acetileno presente. Aunque esta situación corresponde a una relación teórica oxígeno-acetileno de 2,5:1, en la práctica parte de la combustión se realiza con oxígeno del aire de modo que:

- Se consumen iguales cantidades de oxígeno y acetileno (relación 1:1)
- Se produce un efecto de autoprotección, que minimiza la oxidación del metal base

La llama carburante con exceso de acetileno se reconoce por una zona intermedia reductora que aparece entre el dardo y el penacho: se utiliza sólo en casos especiales.

La llama oxidante, con exceso de oxígeno se reconoce por su dardo y penacho más cortos y su sonido más agudo.



Selección de la boquilla

En la selección de la boquilla influyen los siguientes factores:

1. Tipo de material a soldar
2. Espesor del material
3. Tipo de unión (tope, filete, biselada, etc.)
4. Posición en que se soldará
5. Habilidad del operador

Como norma de seguridad siempre debe utilizarse la boquilla a la presión recomendada por el fabricante.

VARILLAS DE APORTE PARA SOLDADURA OXIGAS

Varillas para Soldadura Oxigas

INDURA dispone de todos los tipos de varillas para este tipo de soldadura: bronce, níquel-plata, acero dulce, hierro fundido y aluminio, en los siguientes diámetros: 1,6 mm - 2,4 mm - 3,2 mm - 4,0 mm - 4,8 mm y 6,0 mm.

El tamaño de varilla adecuada debe ser determinado por:

- El tipo de unión de soldadura
- El espesor del material
- La cantidad de aporte requerido

Procedimiento para soldar con varillas de soldadura oxigas (bronce)

Deben limpiarse muy bien las piezas, aplicándoles la llama sobre la superficie hasta que alcance un color rojo cereza. Ambas piezas deben estar a la misma temperatura, porque en caso contrario, la varilla fluirá hacia la pieza más caliente (fenómeno de capilaridad). Caliente la varilla con la llama e introdúzcala luego en el depósito de fundente.

Note que el calor hace que el fundente se adhiera a la varilla. (Si se utiliza una varilla ya revestida con fundente, este paso debe eliminarse). Una vez que la varilla está impregnada con fundente y las piezas han alcanzado la temperatura adecuada, acerque la varilla hacia la unión y coloque la llama encima, fundiéndola. La varilla entonces se funde y fluye hacia el área calentada, uniendo fuertemente las piezas. Debe utilizarse bastante fundente. Si la cantidad de fundente es insuficiente, la varilla no unirá los metales.

Varillas de Bronce

Descripción

La soldadura de bronce permite obtener depósitos con características mecánicas sobresalientes en resistencia y ductilidad, además de ser muy homogénea.

Aplicaciones

Su principal campo de aplicación es: soldadura de hierro fundido, acero dulce, cobre y sus aleaciones.

La principal característica de estas soldaduras es la poca cantidad de gases que se genera en el cráter de metal fundido y su bajo punto de fusión, que permite una mejor y mayor fluidez del metal fundido.

Como técnica operatoria, se recomienda precalentar el metal base hasta una temperatura cercana al punto de fusión del metal de aporte, luego fundir una gota de soldadura y aplicar calor adicional para obtener una fluidez adecuada en el depósito.

Recomendamos el uso del fundente INDURA 10, a fin de obtener depósitos más limpios y de mejor apariencia.

Las aleaciones de bronce INDURA son envasadas en cajas de 10 kg y fabricadas en las siguientes medidas: 2,4 mm - 3,2 mm - 4,0 mm - 4,8 mm - 6,0 mm.

Aleación INDURA	AWS A5.8-89	Composición Química	Aplicaciones
127	RBCuZn-C	Cu : 56-60% Sn : 0,8-1,1% Zn : resto	Recomendada para aplicaciones en aceros, repararaciones de hierro fundido, acero dulce, níquel, cobre y sus aleaciones, relleno de superficies desgastadas. Recomendamos usar fundente N° 10.
127 FX	RBCuZn-C	Cu : 56-60% Sn : 0,8-1,1% Zn : resto	La varilla 127 FX posee fundente extruido como revestimiento. Es recomendada para aplicaciones de relleno, reparaciones Fe fundido, acero dulce, níquel, cobre y sus aleaciones.
128 FX	RBCuZn-D	Cu : 46-50% Ni : 9-11% Zn : resto	La varilla 128 FX posee fundente extruido como revestimiento. Es recomendada para uniones fuertes, resistentes a la temperatura y de excelente conductividad térmica. Recontrucción de dientes de engranajes, ejes, descansos, contactos eléctricos, etc.

Varillas x kg (aprox.)

Aleación INDURA	Clasificación AWS	2,4 mm	3,2 mm	4 mm	4,8 mm	6,0 mm
127	RBCuZn-C	25	15	10	5	4
127 FX	RBCuZn-C	48	30	-	-	-
128 FX	RBCuZn-D	-	30	-	7	-

Varillas de Aluminio

Descripción

Las varillas de aluminio son soldaduras para uso oxiacetilénico y permiten obtener depósitos homogéneos y de buena apariencia.

Aleación INDURA	Clasif. AWS	Composición Química	Aplicaciones Generales
ALUMINIO			
25	R-1100	Cu : 0,05-0,20% Mn : 0,05% Si-Fe : 0,8% Zn : 0,10% Al : 99,0% mín.	La varilla 25 es una soldadura de aluminio comercialmente puro, para uso oxiacetilénico, especialmente diseñada para soldar planchas y piezas fundidas de aluminio de espesores mayores. • Industria de alimentos, lácteos y refrigeración. • Para soldar Al, calidad 1060-1350-3003-1100. Se recomienda el uso de fundente Solar Flux N° 202 o All-State 31.
26	R-4043	Cu : 0,30% Mg : 0,05% Mn : 0,05% Si : 4,5-6% Fe : 0,8% Zn : 0,10% Ti : 0,20% Otros : 0,15% Al : Resto	La varilla 26, para uso oxiacetilénico, ha sido desarrollada para soldar aleaciones de Al del tipo 2014-3003-6061-4043. También se usa en todas las aleaciones de Al fundido. Debido a la composición química típica de este metal de aporte se consigue un punto de fusión de 580°C. Otras aplicaciones: • Blocks y carter de Al. • Envases y coladores químicos. Recomendada para trabajos en los que se desconoce la composición química del metal base. Se recomienda el uso de fundente Solar Flux N° 202 o All State 31.
5356	R-5356	Cu : 0,10% Mg : 4,5-5,5% Mn : 0,05-0,2% Cr : 0,05-0,2% Si-Fe : 0,65% Zn : 0,10% Ti : 0,06-0,20% Be : 0,0008% Otros : 0,15% Al : Resto	La varilla 5356 para uso oxiacetilénico ha sido desarrollada para soldar aleaciones de Al tipo 5083-5086-5486-5454-5356. Su alta resistencia mecánica la hace apta para la fabricación y reparación de estanques. Se recomienda el uso de fundente Solar Flux N° 202 o All State 31.

Varillas x kg (aprox.)

Aleación INDURA	Clasificación AWS	1,6 mm	2,4 mm	3,2 mm	4 mm	4,8 mm	6,0 mm
25	R-1100	213	94	52	32	23	13
26	R-4043	-	94	52	33	23	13
5356	R-5356	218	-	55	33	23	13

Varillas de Plata

TIPO	Descripción Aplicaciones	Características del metal depositado
Ag 6% Varilla 2,0 x 500 mm 2,4 x 500 mm 3,2 x 500 mm	Soldadura fosfórica libre de cadmio con 6% de plata para soldar cobre y sus aleaciones. Se aplica especialmente con procesos oxigas y hornos eléctricos. Las soldaduras se pueden maquinar con facilidad y ser calentadas hasta 400°C, sin sufrir cambios en sus características. Conductibilidad eléctrica en uniones de inducidos y otros componentes eléctricos. Para aplicar la soldadura se recomienda separar las piezas entre 0,03 a 0,15 mm.	Rango de fusión : 640°C-705°C Temp. de trabajo : 660°C Resistencia a la tracción : 250 MPa Densidad : 8,1 gr/cm^3 Conduct. eléctrica : 5 m/Ωmm^2
Ag 15% Varilla 2,4 x 500 mm 3,2 x 500 mm	Soldadura fosfórica libre de cadmio con 15% de plata para soldar cobre y sus aleaciones. Se aplica especialmente con procesos oxigas y hornos eléctricos. Las soldaduras se pueden maquinar con facilidad y ser calentadas hasta 400°C, sin sufrir cambios en sus características. Su mayor porcentaje de plata mejora la fluidez durante el proceso de soldadura. Espacio de separación: 0,025 a 0,13 mm.	Rango de fusión : 640°C-800°C Temp. de trabajo : 660°C Resistencia a la tracción : 250 MPa Densidad : 8,3 gr/cm^3 Conduct. eléctrica : 7,0 m/Ωmm^2
Ag 35% FC Varilla 2,0 x 450 mm	Soldadura de plata libre de cadmio, permite soldar aceros, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones. Se logra buena fluidez y acción capilar, lo que asegura uniones de alta resistencia en redes de gases y líquidos. Las uniones pueden ser expuestas a temperaturas constantes de 300°C sin alterar sus características. Espacio de separación: cobre y sus aleaciones: 0,05 a 0,25 mm. Para metales ferrosos y níquel: 0,04 a 0,20 mm.	Rango de fusión : 640°C-720°C Temp. de trabajo : 640°C Resistencia a la tracción : 400 MPa Densidad : 9,1 gr/cm^3 Conduct. eléctrica : 13,6 m/Ωmm^2
Ag 40% FC Varilla 2,0 x 450 mm	Soldadura libre de cadmio, para todos los aceros, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones. Para uniones que estén expuestas a temperaturas no superiores a 200°C. Su baja temperatura de trabajo, alta fluidez y acción capilar dan a esta aleación extraordinaria seguridad en uniones de operación masiva, realizadas mediante calentamiento automático, hornos eléctricos, resistencias, sopletes. Debe aplicarse con fundente (Flux Ag). Espacio de separación: Cobre y sus aleaciones: 0,05-0,15 mm. Para metales ferrosos y níquel: 0,4-15 mm.	Rango de fusión : 650°C-700°C Temp. de trabajo : 650°C Resistencia a la tracción : 510 MPa Densidad : 9,3 gr/cm^3 Conduct. eléctrica : 14,4 m/Ωmm^2
Ag 45% FC Varilla 2,0 x 450 mm	Soldadura de Plata 45%, libre de cadmio. Usada en la industria alimenticia, donde los efectos tóxicos del cadmio deben ser evitados. Para tuberías de barcos, enfriadores de aceite en motores aeronáuticos. Especialmente indicado para aceros, aleaciones de níquel, cobre, y combinaciones de metales diferentes. Debe aplicarse con fundente (Flux Ag). Espacio de separación: cobre y sus aleaciones: 0,04 a 0,12 mm. Metales ferrosos y níquel: 0,03 a 0,10 mm.	Rango de fusión : 665°C-745°C Temp. de trabajo : 680°C Resistencia a la tracción : 510 MPa Densidad : 9,3 gr/cm^3 Conduct. eléctrica : 14,4 m/Ωmm^2
Ag 50% FC Varilla 2,0 x 450 mm	Soldadura de plata 50%, libre de cadmio. Como la Ag 45% FC, es usada en la industria alimenticia por su falta de cadmio, de riesgo tóxico. Especialmente indicada para aceros, aleaciones de níquel, aleaciones de cobre, combinación de metales diferentes, en uniones en T. No genera gases tóxicos. Debe aplicarse con fundente (Flux Ag). Espacio de separación: cobre y sus aleaciones: 0,04 a 0,12 mm. Metales ferrosos y níquel: 0,03 a 0,10 mm.	Rango de fusión : 627°C-665°C Temp. de trabajo : 660°C Resistencia a la tracción : 508 MPa Conduct. eléctrico : 11,6 m/Ωmm^2

Varillas de Plata

TIPO	Descripción Aplicaciones	Características del metal depositado
Ag 35% FC FX Varillas 1,6 x 450 mm 2,0 x 450 mm	Aleación libre de cadmio. Excelente fluidez y ductilidad. No requiere fundente ya que éste va adherido a la varilla. Presenta ventajas en soldadura de equipos y contenedores de la industria alimenticia, de refrigeración, naval, área médica, construcción eléctrica, calderería, aire acondicionado y climatización.	Rango de fusión : 640°C-720°C Resistencia a la tracción : 425 MPa Densidad : 9 gr/cm^3
Ag 40% FC FX Varillas 1,6 x 450 mm 2,0 x 450 mm	Aleación libre de cadmio. No requiere fundente ya que éste va adherido a la varilla. Recomendada para soldadura brazing de aceros al carbono, aceros inoxidables, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones y uniones que en servicio no excedan una temperatura mayor de 200°C. El material de aporte es resistente al agua de mar. Particularmente recomendada para la mantención fabricación de equipos y piezas de acero inoxidable en la industria alimenticia y hospitalaria.	Rango de fusión : 640°C-700°C Resistencia a la tracción : 510 MPa Densidad : 9 gr/cm^3
Ag 45% FC FX Varillas 1,6 x 450 mm 2,0 x 450 mm	Aleación libre de cadmio. No requiere fundente ya que éste va adherido a la varilla. Recomendado para uniones de aceros al carbono, aceros inoxidables, hierro fundido, níquel y sus aleaciones, cobre y sus aleaciones. Muy apropiada para soldadura de aceros inoxidables de la serie 300. Reparación y fabricación de equipos y piezas en la industria alimenticia.	Rango de fusión : 640°C-680°C Resistencia a la tracción : 510 MPa Densidad : 9 gr/cm^3
Ag 50% FC FX Varillas 1,6 x 450 mm 2,0 x 450 mm	Aleación libre de cadmio. Excelente fluidez. No necesita fundente ya que éste va adherido a la varilla. Alta resistencia a la ruptura por fatiga. Presenta ventajas en soldadura de aceros inoxidables de la serie 300. Especialmente recomendada para reparación, mantención, fabricación de piezas y equipos en la industria alimenticia.	Rango de fusión : 640°C-660°C Resistencia a la tracción : 400-540 MPa Densidad : 9 gr/cm^3

Nota: FC: (Free Cadmium)= libre de cadmio
FX: Varilla con fundente incorporado

Varillas x kg (aprox.)

Diámetro	Aleación INDURA									
	Ag 6%	Ag 15%	Ag 35FC	Ag 40FC	Ag 45FC	Ag 50FC	Ag 35FC-FX	Ag 40FC-FX	Ag 45FC-FX	Ag 50FC-FX
1,6 mm	-	-	-	-	-	-	88	88	88	88
2,0 mm	74	-	82	82	82	82	60	60	60	60
2,4 mm	54	54	-	-	-	-	-	-	-	-
2,8 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,2 mm	34	34	-	-	-	-	-	-	-	-

Varillas de Aceros INDURA 17

Clasificación AWS: R-45

Descripción

La varilla INDURA 17 para uso oxiacetilénico, está especialmente diseñada para trabajos en planchas de todo tipo de espesor, tuberías y trabajos en general. Esta varilla es de acero de bajo contenido de carbono, revestida por una capa delgada de cobre, se deposita con facilidad logrando cordones homogéneos.

Al soldar aceros se recomienda una llama neutra o ligeramente carburante.

Nota: Esta varilla es aplicable sólo en proceso oxiacetilénico.

Dimensiones

La varilla INDURA 17 es envasada en cajas de 10 kg y fabricada en las siguientes medidas:

Diámetro en mm	Longitud en mm	Varillas x kg aprox.
2,4	914	32,0
3,2	914	17,0
4,0	914	11,0
4,8	914	8,0
6,4	914	4,5

Varillas de Hierro Fundido INDURA 19

Clasificación AWS: RCI

SOLDADURA DE FUNDICIÓN GRIS DE ALTA CALIDAD, LIBRE DE INCLUSIONES Y ARENA

Descripción

La varilla 19 permite obtener depósitos fáciles de trabajar mecánicamente, cuando se usa una técnica apropiada de soldar.

Esta característica se debe a su contenido de silicio, que es superior al que se usa normalmente en la fundición gris. Para controlar la fluidez del metal fundido, la soldadura contiene una apropiada cantidad de fósforo.

Usos

Esta varilla se usa especialmente en reparaciones de piezas de hierro fundido para lo cual el trabajo debe estar sujeto a un pre y post calentamiento apropiado.

Se recomienda usar Fundente N°10.

Dimensiones

La varilla INDURA 19 es envasada en cajas de 10 kg y fabricada en las siguientes medidas:

Diámetro en mm	Longitud en mm	Varillas x kg aprox.
3,2 x 3,2	500	22
4,8 x 4,8	500	11
7,9 x 7,9	500	5

SOLDADURA DE ESTAÑO

Descripción

Estas soldaduras son aleaciones a base de estaño, y se recomiendan para soldar uniones a prueba de filtración de agua o aire, en que la resistencia mecánica no es de importancia y que no estarán expuestas a altas temperaturas. Son especialmente apropiadas para trabajos generales en fierro, cobre, zinc, hojalata, fierro galvanizado, etc.

Estas soldaduras pueden aplicarse por medio de cautín, soplete directo, inmersión, vaciado o por horno.

Se suministran en los siguientes tipos, según forma y proporción de aleación:

EN BARRAS:

Tipo	% de estaño (Garantizado)	Temperatura de fusión
A	50	216°C

EN CARRETES:

De 3,2 mm de diámetro en carretes de 1/2 kg aproximadamente.

Tipo	% de estaño (Garantizado)	Temperatura de fusión
LA	50	216°C

El mayor porcentaje de estaño influye mejorando la resistencia mecánica de la soldadura, de tal forma que los mejores resultados en este sentido se obtienen con el tipo “A” y “LA”. El tipo “A” se recomienda de preferencia para sellar envases de hojalata.

Para obtener una buena soldadura, es indispensable efectuar una buena limpieza de las piezas a soldar, con lija, esmeril, lima o escobilla de acero. En caso de planchas oxidadas de fierro debe limpiarse con ácido muriático durante 5 ó 10 minutos. Se recomienda, además, el uso de Fundente INDURA 200 para evitar la oxidación de los metales a soldar, facilitar la fluidez de la soldadura y obtener buenas uniones.

EN CARRETES:

De 3,2 mm de diámetro con fundentes en el núcleo, en carretes de 1/2 kg aproximadamente.

Tipo	% de estaño (Garantizado)	Temperatura de fusión
LAFN	Neutro 50	216°C

La soldadura INDURA LAFN es apropiada para soldar uniones de circuitos eléctricos y electrónicos, ya que evita el peligro de corrosión y no deja residuos que sean conductores.

FUNDENTES PARA SOLDADURAS OXIACETILÉNICAS Y ESTAÑO

INDURA Nº 10 - Bronce

FUNDENTE PARA BRONCE

Descripción

Es un fundente de uso general para soldaduras oxiacetilénicas. Permanece fundido y viscoso en un margen de temperatura muy amplio, protegiendo en forma efectiva el metal de la oxidación.

Se recomienda para soldar latón, cobre, hierro fundido, etc.

Envases

El fundente INDURA 10 se envasa en latas de 1/2 y 5 kg.

Consumo

Para varilla Bronce 127:

Diámetro en mm	Fundente x varillas aprox. (gr)	Fundentes x kg de varilla aprox. (gr)
2,4	4,0	116
3,2	6,5	101
4,0	8,5	90
4,8	9,2	69
6,4	10,3	42

INDURA Nº 200 - Estaño

FUNDENTE PARA ESTAÑO

Descripción

Es un fundente de composición especial para soldadura de estaño, evita la oxidación de los metales a soldar y facilita la fluidez de la soldadura, permitiendo obtener uniones de la más alta calidad.

Estas cualidades hacen que la pasta INDURA 200 sea inmejorable para aplicarla en unión de fitting de bronce y cobre, y en soldaduras de hierro galvanizado, hojalata y latón.

Envases

La pasta fundente INDURA 200 se envasa en tarros de 100, 250 y 500 gr.

INDURA All-State 31

FUNDENTE PARA ALUMINIO (USO OXIGAS SOLAMENTE)

Descripción

Este fundente fue desarrollado para soldar Al, aleaciones de Al y Al fundido, eliminando así la necesidad de utilizar distintos tipos de fundentes para estos metales. Además se pueden realizar soldaduras de aluminio por brazing, con varilla de aluminio Nº 31.

Envase

INDURA All-State 31 se envasa en tarros de 0,45 kg.

Características

- Aumenta la fluidez de la varilla de aporte.
- Asegura una correcta adherencia del aporte con el metal base.
- Actúa como desoxidante, removiendo la capa de óxido de aluminio.

INDURA Solar Flux Tipo B

FUNDENTE PARA ACERO INOXIDABLE

Descripción

INDURA Solar Flux actúa como fundente en soldaduras de planchas o cañerías de acero inoxidable y en otros aceros, en todos los sistemas de soldadura, especialmente en TIG y MIG.

Envase

INDURA Solar Flux tipo B se envasa en tarros de 0,45 kg.

Características

- Evita el uso de cámara de gas inerte.
- Elimina la posibilidad de formación de óxidos y poros.
- Controla la penetración.

SOLDADURA DE MANTENCIÓN

Aplicaciones de la Soldadura de Mantención

Muy a menudo una pieza o la totalidad de un equipo industrial, está sometido a desgaste o pérdida de material por abrasión o impacto, acompañados de altas temperaturas o corrosión, disminuyendo así su vida útil.

Fabricar una pieza, a base de una aleación que permita una alta resistencia a los agentes de desgaste a que está sometida, implica un costo muy elevado.

Dado que sólo la superficie de la pieza está expuesta al desgaste, es mucho más económico fabricar la pieza en acero corriente para luego recubrirla con una capa de material que resista el desgaste, la corrosión, temperatura, o combinación de estos factores.

También se aplican los recubrimientos de protección a piezas usadas, ya que generalmente su costo de recuperación es muy inferior al costo de una pieza nueva y su vida útil es también muy superior.

Ventajas del Procedimiento con Soldadura de Mantención

1. Se aumenta la vida útil en servicio de la pieza, reduciendo los costos de mantención y pérdidas por el tiempo en que los equipos están fuera de servicio.
2. Se reducen los costos de mantención y repuestos. La posibilidad de recuperar una pieza desgastada elimina la necesidad de grandes stocks de repuestos.
3. Permite la reparación de piezas desgastadas, obteniéndose una vida útil en servicio más larga que con una pieza nueva.
4. Se reduce el consumo de energía, por la mayor eficiencia en servicio de las piezas recuperadas.

Recubrimientos Duros

Clasificación INDURA	Composición química	Dureza	Descripción / Aplicaciones típicas / Tipo de corriente (b)
BUILD UP 4340	C : 0,38% Mn : 0,74% Si : 0,20% Cr : 1,10% Ni : 2,25% Mo : 0,28%	30-40 HRc (1 capa) (recién soldado) 34-42 HRc (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Electrodo usado para relleno de piezas de acero al carbono y baja aleación. Recubrimiento de superficie, desgaste metal-metal. Depósito maquinable. Posee buena resistencia al desgaste metal-metal y compresión. Aplicaciones típicas: Bloques de matrices, ruedas de grúas, empalmes, palas mecánicas, maquinarias mineras, etc. Tipo de corriente: CA, CCEP.

Clasificación INDURA	Composición química	Dureza	Descripción / Aplicaciones típicas / Tipo de corriente (b)
INDURA 83	C : 0,09% Mn : 0,50% Si : 0,20% Cr : 4,50% Ni : 0,01% Mo : 0,01%	30-40 HRc (1 capa) (recién soldado) 34-42 HRc (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Electrodo rutílico para aplicación como recubrimiento duro. Apto para base de recubrimientos de mayor dureza. Depósito mecanizable con el uso de herramientas adecuadas. DIN 8555 E-1-350. Excelente para desgaste por impacto moderado y desgaste metal-metal. Aplicaciones típicas: Rodillos de molino, asiento de válvulas, piñones, maquinarias agrícolas, etc. Tipo de corriente: CA, CCEN.
INDURA 84	C : 0,60% Mn : 0,30% Si : 0,35% Cr : 6,70% V : 0,55% Mo : 0,48%	50-57 HRc (1 capa) (recién soldado) 55-62 HRc (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Electrodo rutílico para aplicación como recubrimiento duro. Depósito mecanizable sólo mediante esmerilado. DIN 8555 E-6-60. Excelente para desgaste abrasivo y metal-metal. Aplicaciones típicas: Equipos para movimiento de tierra, dientes de pala, tornillos sin fin para transportadoras y/o cualquier actividad que involucre una elevada tasa de desgaste. Tipo de corriente: CA, CCEN.
WELDMANG	C : 0,50% Mn : 15,5% Si : 0,13% Mo : 1,0% Cr : 0,04% Ni : 0,07%	190-220 HB (2 capa) (recién soldado) 400-500 HB (2 capas) (endurecido por trabajo) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Electrodo de acero austenítico al manganeso del tipo AWS EFeMn-B. Apto para unión, relleno y recubrimiento de piezas de acero al manganeso del tipo Hadfield. Alta resistencia al desgaste por impacto y compresión. Mantener la temperatura de la pieza durante el proceso de soldadura bajo los 250°C. Aplicaciones típicas: Reparación de piezas fundidas de acero al manganeso, rodillos, chancadores, etc. Especialmente diseñado para reparar defectos de fundición, color similar al material fundido. Tipo de corriente: CA, CCEP.
BUILD UP 24	C : 0,12% Mn : 0,40% Si : 0,29% Cr : 1,05% Ni : 0,01% Mo : 0,01%	180-310 HB (1 capa) (recién soldado) 210-330 HB (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Relleno de aceros al carbono y baja aleación. Base de recubrimiento duro. Depósitos maquinables. Buena resistencia a la compresión. El electrodo Build Up 24 está especialmente diseñado para aplicaciones de reconstrucción de piezas de acero al carbono y baja aleación donde se requiere recargues maquinables. Alta resistencia al desgaste y compresión. Aplicaciones típicas: Capa final de ejes, engranajes de giro lento, ruedas guías de ferrocarril, etc. Tipo de corriente: CA, CCEP.

Clasificación INDURA	Composición química	Dureza	Descripción / Aplicaciones típicas / Tipo de corriente (b)
BUILD UP 28	C : 0,20% Mn : 1,00% Si : 0,40% Cr : 0,90% Ni : 0,30% Mo : 0,40%	200-310 HB (1 capa) (recién soldado) 210-350 HB (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Relleno de aceros al carbono y baja aleación. Base de recubrimiento duro. Depósito maquinable y resistente al agrietamiento. El electrodo Build Up 28 está especialmente diseñado para aplicaciones de reconstrucción de superficies desgastadas que requieren una mayor resistencia al impacto y compresión, y cuyos depósitos deben ser maquinados. Aplicaciones típicas: Puntas de ejes, eslabones de oruga, engranajes, poleas, etc. Tipo de corriente: CA, CCEP.
MN-14	C : 1,2% Mn : 18,45% Si : 0,42% Cr : 0,07% Ni : 4,21% Mo : 0,02%	180-210 HB (2 capas) (recién soldado) 400-500 HB (2 capas) (endurecido por trabajo) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Unión, relleno y recubrimiento de piezas de acero al manganeso. Alta resistencia al desgaste por impacto y compresión. Depósito no magnético. El electrodo Mn-14 ha sido diseñado para reconstruir, entregando gran resistencia a las fisuras en aceros al manganeso austeníticos, también llamados Hadfield. Aplicaciones típicas: Baldes de palas, muelas, mantos de chancadores, dientes de excavadoras, martillo para trituradores, etc. Tipo de corriente: CA, CCEP.
ANFITRIX 37	C : 0,22% Mn : 0,40% Si : 0,30% Cr : 2,27% Ni : 0,04% Mo : 0,01%	220-310 HB (1 capa) (recién soldado) 240-400 HB (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Recubrimiento de superficies sometidas a desgaste metal-metal y por impacto moderado. Depósitos maquinables y resistentes al agrietamiento. El Antifrix 37 se caracteriza por su excelente soldabilidad y por la alta velocidad de deposición, lo que junto a su resistencia a la compresión, lo hacen recomendable para relleno de piezas de acero bajo carbono y recubrimiento de piezas de acero dulce y baja aleación. Aplicaciones típicas: Poleas, ruedas tensoras, rodillos, ruedas de ferrocarril, cruce de vías. Tipo de corriente: CA, CCEP.
SUPER 160	C : 0,80% Mn : 3,50% Si : 0,50% Cr : 20,0% Ni : 8,60% Fe : balance	202-241 HB (1 capa) (recién soldado) 375-461 HB (1 capa) (endurecido por trabajo) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Soldadura y relleno de piezas de acero al manganeso y acero al carbono. Unión de piezas de acero manganeso y acero al carbono. Resistencia a deformación bajo carga. Es un electrodo de alta aleación y rendimiento. Su alto contenido de cromo y manganeso le confiere gran tenacidad, resistencia al desgaste y a la deformación. Diseñado básicamente para soldar donde se necesita alta resistencia, en acero manganeso y piezas de manganeso con acero al carbono y de baja aleación. Aplicaciones típicas: Calce de zapatas, planchaje de baldes, base de recubrimientos duros. Tipo de corriente: CA, CCEP.

Clasificación INDURA	Composición química	Dureza	Descripción / Aplicaciones típicas / Tipo de corriente (b)
OVERLAY 60	C : 3,40% Mn : 1,70% Si : 0,55% Cr : 31,0% Ni : 0,20% Mo : 0,50%	40-58 HRc (1 capa) (recién soldado) 48-61 HRc (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Recubrimiento de superficies sometidas a desgaste por alta abrasión e impacto. Alta dureza a elevadas temperaturas. Excelente resistencia a la compresión. Depósitos no maquinables. Es un electrodo de alto contenido de aleación que ofrece una excelente combinación de resistencia al desgaste, soldabilidad y apariencia. Está especialmente diseñado para recubrimientos en aceros al carbono, de baja aleación y manganeso. Aplicaciones típicas: Tornillos transportadores, fábrica de cemento, ladrillos, martillos de molino, levas, patines. Tipo de corriente: CA, CCEP.
OVERLAY 62	C : 5,00% Mn : 3,22% Si : 2,82% Cr : 35,0% Ni : 0,14% Mo : 0,91%	55-62 HRc (1 capa) (recién soldado) 58-63 HRc (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Recubrimiento de superficies sometidas a desgaste por alta abrasión e impacto. Alta dureza a elevadas temperaturas. Excelente resistencia a la compresión. Depósitos no maquinables. Es un electrodo de alto contenido de aleación cromo-carbono que ofrece una excelente combinación de resistencia al desgaste, soldabilidad y apariencia. Está especialmente diseñado para rellenos tenaces y duros en equipos de movimiento de tierra. Aplicaciones típicas: Baldes de cargador, trituradoras, molinos de martillos, mantos de chancadores, tornillos alimentadores. Tipo de corriente: CA, CCEP.
DURALOY	C : 4,55% Mn : 1,41% Si : 2,69% Cr : 23,5% Ni : 2,36% Mo : 7,76%	55-60 HRc (1 capa) (recién soldado) 55-63 HRc (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Recubrimiento de superficies sometidas a desgaste por alta abrasión e impacto. Alta dureza a elevadas temperaturas. Excelente resistencia a la compresión. Depósitos no maquinables. Es un electrodo de alto contenido de aleación cromo-carbono y molibdeno resistente al desgaste extremo. La resistencia del depósito se mantiene a altas temperaturas. Al aplicar en metales base de alta resistencia se recomienda el uso de electrodo tipo E 310-16 como cojín de recubrimiento. Aplicaciones típicas: Recubrimiento de ollas de fundición, labios de convertidor, picadores de escoria, etc. Tipo de corriente: CA, CCEP.

(b) CC : Corriente continua EP : Electrodo positivo EN : Electrodo negativo
CA : Corriente alterna AP : Ambas polaridades

Aleaciones Especiales

Clasificación INDURA	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Aplicaciones típicas / Tipo de corriente (b)
BORIUM		58-60 HRc (1 capa) (recién soldado) 60-63 HRc (2 capas) (recién soldado) Dureza obtenida sobre acero ASTM A36	Descripción: Recubrimiento de superficies sometidas a desgaste por abrasión o fricción. Varillas para aplicación oxiacetilénica. Electrodo para aplicación eléctrica. Los electrodos o varillas oxiacetilénicas Borium están compuestas por un tubo de acero dulce con cristales de carburo de tungsteno, distribuidos homogéneamente en su interior. El carburo de tungsteno es uno de los materiales más duros que se conoce, otorgando al depósito alta resistencia al desgaste. Aplicaciones típicas: Trépanos de perforación, tornillos sin fin en industria del cemento, cadenas para la nieve o draga, dientes trituradores. Tipo de corriente: CA, CCEP.
COBALT 6 ECoCr-A	C : 1,27% Mn : 0,04% Si : 1,22% Cr : 28,7% Ni : 2,60% W : 5,40% Fe : 2,60% Mo : 0,05% Co : balance	38-46 HRc (1 capa) (recién soldado)	Descripción: Varilla o electrodo de base cobalto para recubrir superficies sometidas a desgaste por abrasión y corrosión a altas temperaturas. Depósitos maquinables y libres de grietas. Esta aleación fundida puede ser aplicada como varilla descubierta para soldadura oxiacetilénica, TIG o como electrodo revestido para soldar con corriente continua. En base cobalto cromo-tungsteno, esta aleación no ferrosa mantiene su dureza bajo condiciones de elevadas temperaturas. Aplicaciones típicas: Asientos de válvulas, rodillos impulsores de tochos, pistones de aceros, quemadores oxipetróleo, etc. Tipo de corriente: CCEP.
COBALT HR 21	C : 0,30% Mn : 0,60% Si : 0,80% Cr : 28,0% Ni : 2,7% Fe : 2,60% Mo : 4,50% Co : balance	32 HRc (1 capa) (recién soldado) 48 HRc (1 capa) (endurecido en trabajo)	Descripción: Aleación base cobalto, diseñada para desgaste metal-metal a temperaturas elevadas. Posee un maquinado difícil. Aleación base cobalto con Cr-Ni-Mo, diseñado para el recubrimiento y recuperación de piezas sometidas a desgaste metal-metal a temperaturas elevadas. Posee buena resistencia y tenacidad incluso a altas temperaturas (hasta 1.050°C). Aplicaciones típicas: Matricería en caliente, asientos de válvulas, pistones de acero, herramientas para trabajo en caliente. Tipo de corriente: CA, CCAP.

Clasificación INDURA	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Aplicaciones típicas / Tipo de corriente (b)
NICROM C	C : 0,04% Cr : 16,1% W : 3,6% Fe : 5,9% Mo : 16,2% Co : 1,7% Ni : balance	Resistencia a la tracción: 680 MPa Límite de fluencia: 380 MPa Elongación: 10%	Descripción: Aleación de recubrimientos en base níquel. Alta resistencia a deformación y desgaste por altas temperaturas. Depósitos maquinables y libres de grietas. Resistencia a ambientes oxidantes. Este electrodo de alta aleación, en base níquel, cromo, molibdeno y tungsteno ha sido especialmente diseñado para aplicaciones sujetas a desgaste por alta temperatura. Recomendado para unir aleaciones diferentes, tales como Hastelloy, Inconel a aceros de bajo contenido de carbono o aceros inoxidables. Aplicaciones típicas: Ollas de fundición, asientos de válvulas, matrices de forja y estampado. Tipo de corriente: CA, CCEP.
SUPER ALLOY	C : 0,098% Mn : 1,10% Si : 0,738% Cr : 29,09% Ni : 9,51% Fe : 58,5% Mo : 0,861%	225-420 HB Resistencia a la tracción: 827 MPa	Descripción: Soldadura de aceros diferentes y difíciles. Alta resistencia mecánica y tenacidad. Resistencia a la corrosión, temperatura e impacto. Base de recubrimientos duros. El electrodo Super Alloy, es una aleación de alto contenido de cromo, níque y manganeso. Especialmente formulada para unir diferentes tipos de aceros, tales como aceros de herramientas, aceros fundidos, etc. Utilizado como capa intermedia en piezas desgastadas de aceros al carbono, antes de soldar el recubrimiento duro. Aplicaciones típicas: Reconstrucción de engranajes, piñones, ejes, paletas agitadoras expuestas a corrosión. Tipo de corriente: CA, CCEP.
NICROELASTIC 46 ENiCrFe-3	C : 0,03% Mn : 6,04% Si : 0,17% Cr : 16,26% Nb : 1,6% Fe : 7,18% Ni : balance	Resistencia a la tracción: 680 MPa Límite de fluencia: 455 MPa Elongación: 46%	Descripción: Soldadura de aceros de alta tenacidad. Depósitos resistentes a las trizaduras, bajo condiciones de alta y baja temperatura. Unión materiales disímiles. Depósito resistente a la corrosión. El electrodo Nicroelastic 46 es una aleación de alto contenido de níquel, cromo y columbio. Está especialmente diseñado para proporcionar soldaduras de alta resistencia mecánica y alto porcentaje de alargamiento. Aplicaciones típicas: Aceros de bajo, mediano y alto porcentaje de carbono, aceros de mediana y alta aleación y aceros hasta 9% de níquel. Tipo de corriente: CA, CCEP.

Clasificación INDURA	Composición química	Propiedades mecánicas	Descripción / Aplicaciones típicas / Tipo de corriente (b)
ALUM 43 E4043	Mn : 0,04% Si : 5,25% Cu : 0,23% Fe : 0,8% Mg : 0,04% Zn : 0,08% Al : balance	Resistencia a la tracción: 250 MPa Límite de fluencia: 150 MPa Elongación: 18%	Descripción: Unión, relleno y reparación de aluminio. Alta velocidad de deposición. El Alum 43 es un electrodo de aplicación general para aluminio y sus aleaciones. Su operación es suave y el control de la soldadura es fácil, por la gran estabilidad del arco al usar bajos amperajes. Aplicaciones típicas: Soldadura de estanques, tuberías, fundiciones pesadas, carcazas, moldes, blocks de motores, pistones. Tipo de corriente: CCEP.

(b) CC : Corriente continua EP : Electrodo positivo EN : Electrodo negativo
CA : Corriente alterna AP : Ambas polaridades

TORCHADO

Descripción del proceso

En el proceso de corte con arco de carbono y aire, el intenso calor del arco entre un electrodo de carbón-grafito y la pieza de trabajo, funde una porción de está última. Al mismo tiempo, se hace pasar por el arco un chorro de aire con velocidad y volumen suficientes para que el material fundido salga despedido. Luego, el metal sólido expuesto se funde por el calor del arco, y la secuencia continua. El proceso resulta útil para separar y acanalar.

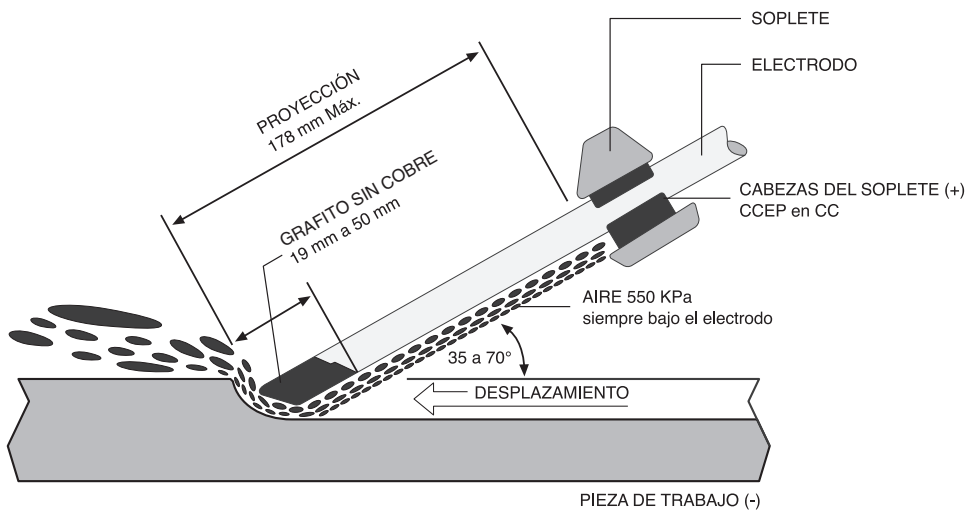
El corte con arco de carbono y aire no depende de la oxidación para mantener el corte, por lo que puede cortar materiales que no se cortan con oxicorte. Se ha usado con éxito el proceso en acero al carbono, acero inoxidable, muchas aleaciones de cobre y hierros colados. La velocidad de fusión está en función de la corriente: la tasa de eliminación del metal depende de la velocidad de fusión y de la eficiencia del chorro de aire para remover el metal fundido. El aire debe ser capaz de expulsar el metal fundido de la región del arco antes de que pueda solidificarse de nuevo. El proceso se muestra de manera esquemática en la figura adjunta.

El corte con arco de carbono y aire se desarrolló en la década de 1940 como una extensión del corte con arco de carbono (CAC). El CAC debe efectuarse con la pieza de trabajo en posición vertical o por encima de la cabeza para que la gravedad pueda quitar el metal fundido. La versión de CAC con aire permite al operador eliminar metal en cualquier posición.

Los primeros intentos de lograr una versión de CAC con soplo de aire requerían dos operadores. El primero sostenía un soplete de CAC para derretir el metal y el segundo dirigía una tobera con un chorro de aire hacia el metal fundido. Poco tiempo después apareció un soplete en el que se combinaba el chorro de aire con el portaelectrodos de carbono, como precursor de los actuales sopletes de CAC-A mejorados. El primer soplete de CAC-A comercial apareció en 1948.

Hay sopletes cuyos tamaños van desde modelos de trabajo ligero para granjas y talleres domésticos hasta modelos de trabajo pesados para fundidoras.

Procedimientos de operación típicos para el acanalado con arco de carbono y aire



Electrodos

Son tres los tipos de electrodos empleados en CAC-A: recubiertos de cobre para corriente continua (CC), simples para CC y recubiertos de cobre para CA. Su sección normalmente es redonda, aunque existen electrodos planos y semirredondos para producir surcos rectangulares.

Electrodos recubiertos de cobre para CC

Este tipo electrodo es el que más se usa debido a que tiene una vida relativamente larga sumado a lo estable de las características de su arco y a lo uniforme del surco producido. Estos electrodos se fabrican con una mezcla especial de carbón y grafito, con un aglutinante adecuado. La mezcla se extruye y hornea para producir electrodos de grafito densos y homogéneos con baja resistencia eléctrica. En seguida, los electrodos se cubren con una capa de cobre de espesor controlado.

Existen electrodos articulados para trabajar sin desperdiciar los extremos residuales. Cuentan con un enchufe hembra y una espiga macho.

Electrodos simples para CC

De uso limitado, estos electrodos no tienen recubrimiento de cobre. Durante el corte, se consumen con mayor rapidez que los electrodos cubiertos.

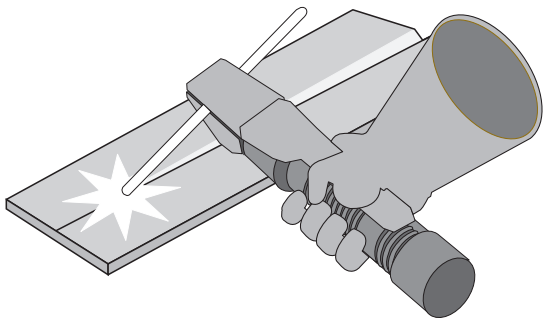
Electrodos recubiertos de cobre para CA

Estos electrodos se fabrican con una mezcla de carbón y grafito a la que se han añadido materiales de tierras especiales que estabilizan el arco para el corte con corriente alterna. Están cubiertos con un espesor controlado de cobre.

Aplicaciones

El proceso de corte con arco de carbono y aire puede usarse para separar y acanalar aceros al carbono, de baja aleación e inoxidables, hierro colado; y aleaciones de aluminio, magnesio, cobre y níquel. El acanalado puede servir para preparar los bordes de placas y tubos para soldarlos. Se pueden colocar dos bordes en contacto frontal y acanalar un surco en U a lo largo de la unión, como se muestra en la figura adjunta. También puede acanalarse la raíz de una soldadura hasta llegar a metal bueno antes de completar la soldadura por el segundo lado. De manera similar, puede quitarse mediante acanalado el metal de una soldadura defectuosa para repararla. Otra aplicación es la eliminación de material de recubrimiento viejo antes de volver a recubrir una pieza.

Operación de acanalado con arco de carbono y aire en posición plana



Electrodo de grafito

- ***Electrodo de grafito para ranurar, cortar, biselar, perforar o remover diversos metales.***
- ***Electrodo diseñado para operar con sistema arco-aire.***
- ***Posición de soldadura: toda posición***
- ***Tipo de corriente: CCEN***

Descripción

Los electrodos poseen una mezcla formulada con carbón y grafito que produce el rendimiento más efectivo para la remoción de metal.

Los electrodos de grafito esta diseñados para usarse con un portaelectrodo de torchar y se conecta a una máquina soldadora común y a una fuente de aire comprimido.

Características y Campos de usos:

- Puede remover diversos materiales incluyendo acero inoxidable, acero carbono, acero al manganeso, aleaciones cromo-molibdeno, fundición gris, maleable y dúctil, cobre, aluminio, magnesio y aleaciones de níquel.
- Disponibles en varios diámetros, los electrodos de grafitos son ideales para variadas aplicaciones, tales como ranurados en “U” para preparación de uniones, remoción de soldadura, ranurado de grietas, limpieza y reparación de piezas de fundición.

Parámetros de aplicación y datos:

Diámetro, mm	4,0	4,8	6,4	8,0	9,5
Longitud, mm	300	300	300	300	300
Int. de Corr., A	100-150	200–250	250-350	350-450	450-600
Rendimiento gr. / electrodo	80	120	350	600	950
Presión de trabajo PSI	80	80	80	90	90

DUREZA

TABLA COMPARATIVA DE DUREZA

Brinell	Vickers	Rockwell C	Rockwell B	Resistencia a la tracción x 1000 psi	Brinell	Vickers	Rockwell C	Rockwell B	Resistencia a la tracción x 1000 psi
898				440	223	223	20	97	110
857				420	217	217	18	96	107
817				401	212	212	17	96	104
780	1150	70		384	207	207	16	95	101
745	1050	68		368	202	202	15	94	99
712	960	66		352	197	197	13	93	97
682	885	64		337	192	192	12	92	95
653	820	62		324	187	187	10	91	93
627	765	60		311	183	183	9	90	91
601	717	58		298	179	179	8	89	89
578	675	57		287	174	174	7	88	87
555	633	55	120	276	170	170	6	87	85
534	598	53	119	266	166	166	4	86	83
514	567	52	119	256	163	163	3	85	82
495	540	50	117	247	159	159	2	84	80
477	515	49	117	238	156	156	1	83	78
461	494	47	116	229	153	153		82	76
444	472	46	115	220	149	149		81	75
429	454	45	115	212	146	146		80	74
415	437	44	114	204	143	143		79	72
401	420	42	113	196	140	140		78	71
388	404	41	112	189	137	137		77	70
375	389	40	112	182	134	134		76	68
363	375	38	110	176	131	131		74	66
352	363	37	110	170	128	128		73	65
341	350	36	109	165	126	126		72	64
331	339	35	109	160	124	124		71	63
321	327	34	108	155	121	121		70	62
311	316	33	108	150	118	118		69	61
302	305	32	107	146	116	116		68	60
293	296	31	106	142	114	114		67	59
285	287	30	105	138	112	112		66	58
277	279	29	104	134	109	109		65	56
269	270	28	104	131	107	107		64	56
262	263	26	103	128	105	105		62	54
255	256	25	102	125	103	103		61	53
248	248	24	102	122	101	101		60	52
241	241	23	100	119	99	99		59	51
235	235	22	99	116	97	97		57	50
229	229	21	98	113	95	95		56	49

ACEROS

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEROS

SERIES SAE Y AISI

SAE (Society of Automotive Engineers) y AISI (American Iron and Steel Institute) han efectuado clasificaciones extensas de los aceros de acuerdo a su composición química, llegando a establecer la siguiente normalización:

Designación de Letras

B: Acero al carbono (Horno Bessemer, ácido)

C: Acero al carbono (Horno solera abierta, básico)

E: Acero al carbono (Horno eléctrico)

Designación Numérica

(10XX) Aceros al carbono
(13XX) Manganeso 1,60 a 1,90%
(23XX) Níquel 3,50%
(25XX) Níquel 5,0%
(31XX) Níquel 1,25% - Cromo 0,60%
(33XX) Níquel 3,50% - Cromo 1,60%
(40XX) Molibdeno
(41XX) Cromo - Molibdeno
(43XX) Níquel - Cromo - Molibdeno
(46XX) Níquel 1,65% - Molibdeno 0,25%
(48XX) Níquel 3,25% - Molibdeno 0,25%
(51XX) Cromo
(52XX) Cromo y alto carbono
(61XX) Cromo - Vanadio
(86XX) Cromo - Níquel - Molibdeno
(87XX) Cromo - Níquel - Molibdeno
(92XX) Silicio 2,0% - Cromo
(93XX) Níquel 3,0% - Cromo - Molibdeno
(94XX) Níquel - Cromo - Molibdeno
(97XX) Níquel - Cromo - Molibdeno
(98XX) Níquel - Cromo - Molibdeno

ACEROS AL CARBONO

Número SAE	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Número AISI
—	0,06 máx.	0,35 máx.	0,040	0,050	C1005
1006	0,08 máx.	0,25-0,40	0,040	0,050	C1006
1008	0,10 máx.	0,25-0,50	0,040	0,050	C1008
1010	0,08-0,13	0,30-0,60	0,040	0,050	C1010
—	0,10-0,15	0,30-0,60	0,040	0,050	C1012
—	0,11-0,16	0,50-0,80	0,040	0,050	C1013
1015	0,13-0,18	0,30-0,60	0,040	0,050	C1015
1016	0,13-0,18	0,60-0,90	0,040	0,050	C1016
1017	0,15-0,20	0,30-0,60	0,040	0,050	C1017
1018	0,15-0,20	0,60-0,90	0,040	0,050	C1018
1019	0,15-0,20	0,70-1,00	0,040	0,050	C1019
1020	0,18-0,23	0,30-0,60	0,040	0,050	C1020
—	0,18-0,23	0,60-0,90	0,040	0,050	C1021
1022	0,18-0,23	0,70-1,00	0,040	0,050	C1022
—	0,20-0,25	0,30-0,60	0,040	0,050	C1023
1024	0,19-0,25	1,35-1,65	0,040	0,050	C1024
1025	0,22-0,28	0,30-0,60	0,040	0,050	C1025
—	0,22-0,28	0,60-0,90	0,040	0,050	C1026
1027	0,22-0,29	1,20-1,50	0,040	0,050	C1027
—	0,25-0,31	0,60-0,90	0,040	0,050	C1029
1030	0,28-0,34	0,60-0,90	0,040	0,050	C1030
1033	0,30-0,36	0,70-1,00	0,040	0,050	C1033
1034	0,32-0,38	0,50-0,80	0,040	0,050	C1034
1035	0,32-0,38	0,60-0,90	0,040	0,050	C1035
1036	0,30-0,37	1,20-1,50	0,040	0,050	C1036
1038	0,35-0,42	0,60-0,90	0,040	0,050	C1038
—	0,37-0,44	0,70-1,00	0,040	0,050	C1039
1040	0,37-0,44	0,60-0,90	0,040	0,050	C1040
1041	0,36-0,44	1,35-1,65	0,040	0,050	C1041
1042	0,40-0,47	0,60-0,90	0,040	0,050	C1042
1043	0,40-0,47	0,70-1,00	0,040	0,050	C1043
1045	0,43-0,50	0,60-0,90	0,040	0,050	C1045
1046	0,43-0,50	0,70-1,00	0,040	0,050	C1046
1050	0,48-0,55	0,60-0,90	0,040	0,050	C1050
—	0,45-0,56	0,85-1,15	0,040	0,050	C1051
1052	0,47-0,55	1,20-1,50	0,040	0,050	C1052
—	0,50-0,60	0,50-0,80	0,040	0,050	C1054
1055	0,50-0,60	0,60-0,90	0,040	0,050	C1055
—	0,50-0,61	0,85-1,15	0,040	0,050	C1057
—	0,55-0,65	0,50-0,80	0,040	0,050	C1059
1060	0,55-0,65	0,60-0,90	0,040	0,050	C1060
—	0,54-0,65	0,75-1,05	0,040	0,050	C1061
1062	0,54-0,65	0,85-1,15	0,040	0,050	C1062
1064	0,60-0,70	0,50-0,80	0,040	0,050	C1064
1065	0,60-0,70	0,60-0,90	0,040	0,050	C1065
1066	0,60-0,71	0,85-1,15	0,040	0,050	C1066
—	0,65-0,75	0,40-0,70	0,040	0,050	C1069
1070	0,65-0,75	0,60-0,90	0,040	0,050	C1070
—	0,65-0,76	0,75-1,05	0,040	0,050	C1071
1074	0,70-0,80	0,50-0,80	0,040	0,050	C1074

ACEROS DE ALEACIÓN

Número AISI	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Si	Ni	Cr	Otros	Número SAE
1320	0,18-0,23	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35				1320
1321	0,18-0,23	1,60-1,90	0,050	0,540	0,20-0,35	—	—	—	—
1330	0,28-0,33	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	—	1330
1335	0,33-0,38	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	—	1335
1340	0,38-0,43	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	—	1340
2317	0,15-0,20	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	2317
2330	0,28-0,33	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	2330
2335	0,33-0,38	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	—
2340	0,33-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	2340
2345	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	2345
E2512	0,09-0,14	0,40-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	4,75-5,25	—	—	2512
2512	0,12-0,1	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	4,75-5,25	—	—	2515
E2517	0,15-0,20	0,45-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	4,75-5,25	—	—	2517
3115	0,13-0,18	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3115
3120	0,17-0,22	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3120
3130	0,28-0,33	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3130
3135	0,33-0,38	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3135
3140	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3140
3141	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,70-090	—	3141
3145	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,70-0,90	—	3145
3150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,70-0,90	—	3150
E3310	0,08-0,13	0,50-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	3,25-3,75	1,40-1,75	—	3310
E3316	0,14-0,19	0,45-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	3,25-3,75	1,40-1,75	—	3316
								Mo	
4117	0,15-0,20	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4017
4023	0,20-0,25	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4023
4024	0,20-0,25	0,70-0,90	0,040	0,035-0,050	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4024
4027	0,25-0,30	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4027
4028	0,25-0,30	0,70-0,90	0,040	0,035-0,050	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4028
4032	0,30-0,35	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4032
4037	0,35-0,40	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4037
4042	0,40-0,45	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4042
4047	0,45-0,50	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4047
4053	0,50-0,56	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4053
4063	0,60-0,67	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4063
4068	0,63-0,70	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	468
—	0,17-0,22	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,40-0,60	0,20-0,30	4119
—	0,23-0,28	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,40-0,60	0,20-0,30	4125
4130	0,28-0,33	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	4130
E4132	0,30-0,35	0,40-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,80-1,10	018-0,25	—
E4135	0,33-0,38	0,70-0,90	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,18-0,25	—
4137	0,35-0,40	0,70-0,90	0,025	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	4137
E4137	0,35-0,40	0,70-0,90	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,80-1,10	018-0,25	—
4140	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,18-0,25	4140

ACEROS DE ALEACIÓN

Número AISI	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Si	Ni	Cr	Otros	Número SAE
								Mo	
4142	0,40-0,45	0,75-1,001	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	
4145	0,43-0,48	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	4145
4147	0,45-0,50	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	—
4150	0,48-0,53	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	4150
4317	0,15-0,20	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,40-0,60	0,20-0,30	4317
4320	0,17-0,22	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,40-0,60	0,20-0,30	4320
4327	0,35-0,40	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30	—
4340	0,38-0,43	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30	4340
4608	0,06-0,11	0,25-0,45	0,040	0,040	0,20 máx.	1,40-1,75	—	0,15-0,25	4608
4615	0,13-0,18	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4615
—	0,15-0,20	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4617
E4617	0,15-0,20	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,27	—
4620	0,17-0,22	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4620
X4620	0,18-0,23	0,50-0,70	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30 X	4620
E4620	0,17-0,22	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,27	—
4621	0,18-0,23	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4621
4640	0,38-0,43	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4640
E4640	0,38-043	0,60-0,80	0,025	0,025	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,27	—
4812	0,10-0,15	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	0,20-0,30	4812
4815	0,13-0,18	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	0,20-0,30	4815
4817	0,15-0,20	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	0,20-0,30	4817
4820	0,18-0,23	0,50-0,70	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	0,20-0,30	4820
5045	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,55-0,75	—	5045
5046	0,43-0,58	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,55-0,75	—	5046
—	0,13-0,18	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-090	—	5115
5120	0,17-0,22	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5120
5130	0,28-0,33	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	—	5130
5132	0,30-0,35	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,05	—	5132
5135	0,33-0,38	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,05	—	5135
5140	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5140
5145	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5145
5147	0,45-0,52	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,90-1,20	—	5147
5150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5150
5152	0,48-0,55	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,90-1,20	—	5152
E50100	0,95-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,40-0,60	—	50100
E51100	0,95-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,90-1,15	—	51100
E52100	0,95-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,20-0,35	—	1,30-1,60	—	52100
								V	
6120	0,17-0,22	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	0,10 mín.	—
6145	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15 mín.	—
6150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	08,0-1,10	0,15 mín.	—
6152	0,48-0,55	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,10 mín.	—

ACEROS DE ALEACIÓN

Número AISI	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Si	Ni	Cr	Mo	Número SAE
8615	0,15-0,18	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,50-0,60	0,15-0,25	8615
8617	0,15-0,20	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8617
8620	0,18-0,23	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8620
8622	0,20-0,25	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8622
8625	0,23-0,28	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8625
8627	0,25-0,30	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8627
8630	0,28-0,33	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8630
8632	0,30-0,35	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8632
8635	0,33-0,38	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8635
8637	0,35-0,40	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8637
8640	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8640
8641	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040-0,60	0,20-0,35	0,40-0,87	0,40-0,60	0,15-0,25	8641
8642	0,40-0,45	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8642
8645	0,43-0,48	0,75,-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8645
8647	0,45-0,50	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8417
8650	0,48-0,53	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8650
8653	0,50-0,56	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8653
8655	0,50-0,60	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8655
8660	0,50-0,65	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8660
8720	0,18-0,23	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8720
8735	0,33-0,38	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8735
8740	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8740
8742	0,48-0,45	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	—
8745	0,43-0,48	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8745
8747	0,45-0,50	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	—
8750	0,48-0,53	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8750
—	0,58-0,60	0,50-0,60	0,040	0,040	1,20-1,60	—	0,50-0,80	—	9254
9255	0,58-0,60	0,70-0,95	0,040	0,040	1,80-2,20	—	—	—	9255
9260	0,55-0,65	0,70-1,00	0,040	0,040	1,80-2,20	—	—	—	9260
9261	0,55-0,65	0,75-1,00	0,040	0,040	1,80-2,20	—	0,10-0,25	—	9261
9262	0,55-0,65	0,75-1,00	0,040	0,040	1,80-2,20	—	0250-0400	—	9262
E9310	0,08-0,13	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	3,00-3,50	1,00-1,40	0,80-0,15	9310
E9315	0,13-0,18	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	3,00-3,50	1,00-1,40	0,80-0,15	9315
E9317	0,15-0,20	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	3,00-3,50	1,00-1,40	0,80-0,15	9317
9437	0,35-0,40	0,90-1,20	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,80-0,15	9437
9440	0,38-0,43	0,90-1,20	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,80-0,15	9440
9442	0,40-0,45	1,00-1,30	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,80-0,15	9442
9445	0,43-0,48	1,00-1,30	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,80-0,15	9445
9447	0,45-0,50	0,50-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,10-0,25	0,15-0,25	9447
9763	0,60-0,67	0,50-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,10-0,25	0,15-0,25	9763
9840	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	085-1,15	0,70-0,90	02,0-0,30	9840
9845	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,85-1,15	0,70-0,90	0,20-0,30	9840
9850	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,85-1,15	0,70-0,90	0,20-0,30	9850

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Tipo AISI	Carbono %	Manganeso Máximo %	Silicio Máximo %	Cromo %	Níquel Elementos %	Otros
AUSTENÍTICOS						
201	0,15 máx.	5,5/7,5	1,00	16,00/18,00	3,50/5,50	N_2 0,25 máx.
202	0,15 máx.	7,5/10,00	1,00	17,00/19,00	4,00/6,00	N_2 0,25 máx.
301	0,15 máx.	2,00	1,00	16,00/18,00	6,00/8,00	
302	0,15 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	8,00/10,00	
302B	0,15 máx.	2,00	2,00/3,00	17,00/19,00	8,00/10,00	
303	0,15 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	8,00/10,00	S 0,15 mín.
303Se	0,15 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	8,00/10,00	Se 0,15 mín.
304	0,08 máx.	2,00	1,00	18,00/20,00	8,00/12,00	
304L	0,03 máx.	2,00	1,00	18,00/20,00	8,00/12,00	
305	0,12 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	10,00/13,00	
308	0,08 máx.	2,00	1,00	19,00/21,00	10,00/12,00	
309	0,20 máx.	2,00	1,00	22,00/24,00	12,00/15,00	
309S	0,08 máx.	2,00	1,00	22,00/24,00	12,00/15,00	
310	0,25 máx.	2,00	1,50	24,00/26,00	19,00/22,00	
310S	0,08 máx.	2,00	1,50	24,00/26,00	19,00/22,00	
314	0,25 máx.	2,00	1,50/3,00	23,00/26,00	19,00/22,00	
316	0,08 máx.	2,00	1,00	16,00/18,00	10,00/14,00	Mo 2,00/3,00
316L	0,03 máx.	2,00	1,00	16,00/18,00	10,00/14,00	Mo 2,00/3,00
317	0,08 máx.	2,00	1,00	18,00/20,00	11,00/15,00	Mo 3,00/4,00
321	0,08 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	9,00/12,00	Ti5 x C mín.
347	0,08 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	9,00/13,00	Cb +Ta10 C mín.
348	0,08 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	9,00/13,00 Ta 0,10 máx.	Cb +Ta10 C mín.
MARTENSÍTICOS						
403	0,15 máx.	1,00	0,50	11,50/13,00		
405	0,08 máx.	1,00	1,00	11,50/14,50		Al 0,10/0,30
410	0,15 máx.	1,00	1,00	11,50/13,50		
414	0,15 máx.	1,00	0,50	11,50/13,50	1,25/2,50	
416	0,15 máx.	1,25	1,00	12,00/14,00		S 0,15 mín.
416Se	0,15 máx.	1,25	1,00	12,00/14,00		Se 0,15 mín.
420	Sobre 0,15	1,00	1,00	12,00/14,00		
431	0,20 máx.	1,00	1,00	15,00/17,00	1,25/2,50	
440A	0,60/0,75	1,00	1,00	16,00/18,00		Mo 0,75 máx.
440B	0,75/0,95	1,00	1,00	16,00/18,00		Mo 0,75 máx.
440C	0,95/1,20	1,00	1,00	16,00/18,00		Mo 0,75 máx.
501	Sobre 0,10	1,00	1,00	4,00/6,00		Mo 0,40/0,65
502	0,10 máx.	1,00	1,00	4,00/6,00		Mo 0,40/0,65
FERRÍTICOS						
405	0,08 máx.	1,00	1,00	11,50/14,50		
430	0,12 máx.	1,00	1,00	14,00/18,00		
430F	0,12 máx.	1,25	1,00	14,00/18,00		S 0,15 mín.
430FS	0,12 máx.	1,25	1,00	4,00/18,00		Se 0,15 mín.
442	0,20 máx.	1,00	1,00	18,00/23,00		
446	0,20 máx.	1,50	1,00	23,00/27,00		N_2 0,25 máx.

PRECALENTAMIENTO

TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO PARA DIFERENTES ACEROS

El precalentamiento de las piezas a reparar con soldadura resistente al desgaste puede ser necesario, para evitar grietas en el metal base, como también en el depósito.

La temperatura de precalentamiento para cada aleación está indicada en su descripción respectiva y dependerá del contenido de carbono y elementos de aleación en el metal base.

Cuanto más alto el contenido del carbono, mayor debe ser la temperatura de precalentamiento.

Las temperaturas indicadas en esta tabla representan los valores mínimos para cada material, por lo que se recomienda usar siempre la temperatura más alta de las cifras indicadas para el metal base y para el material de aporte.

Aceros	Designación	% Carbono	Precalentamiento recomendado
ACEROS AL CARBONO	Aceros al carbono	Bajo 0,20	Sobre 90°C
	Aceros al carbono	0,20-0,30	90ºC-150ºC
	Aceros al carbono	0,30-0,45	150ºC-260ºC
	Aceros al carbono	0,45-0,80	260ºC-420ºC
ACEROS CARBONO-MOLIBDENO	Aceros carbono-molibdeno	0,10-0,20	150ºC-260ºC
	Aceros carbono-molibdeno	0,20-0,30	200ºC-320ºC
	Aceros carbono-molibdeno	0,30-0,35	260ºC-420ºC
ACEROS AL MANGANESO	Aceros al Mn medio	0,20-0,25	150ºC-260ºC
	SAET 1330	0,30	200ºC-320ºC
	SAET 1340	0,40	260ºC-420ºC
	SAET 1350	0,50	320ºC-480ºC
	Ac. Mn 12% (HADFIELD)	1,25	No requiere
ACEROS DE ALTA RESISTENCIA	Acero molibdeno-manganeso	0,20	150ºC-260ºC
	Acero T1	0,10-0,20	90ºC-200ºC
	Aceros Alta Resistencia ARMCO	0,12 máx.	Sobre 90ºC
	Aceros Mayari R	0,12 máx.	Sobre 150ºC
	Aceros DUR-CAP	0,25 máx.	90ºC-200ºC
	Aceros YOLOY	0,05-0,35	90ºC-320ºC
	Aceros Cr-Cu-Ni	0,12 máx.	90ºC-200ºC
	Aceros cromo-manganeso	0,40	200ºC-320ºC
	Aceros Hi	0,12 máx.	90ºC-260ºC
ACEROS AL NÍQUEL	SAE 2015	0,10—0,20	Sobre 150°C
	SAE 2115	0,10—0,20	90ºC-150°C
	Acero níquel 2 1/2%	0,10—0,20	90ºC-200ºC
	SAE 2315	0,15	90ºC-260ºC
	SAE 2330	0,20	90ºC-260ºC
	SAE 2340	0,30	150ºC-320ºC

Aceros	Designación	% Carbono	Precalentamiento recomendado
ACEROS CROMO-NÍQUEL	SAE 3115	0,15	90ºC-200ºC
	SAE 3125	0,25	150ºC-260ºC
	SAE 3130	0,30	2000ºC-370ºC
	SAE 3140	0,40	260ºC-430ºC
	SAE 3150	0,50	320ºC-480ºC
	SAE 3215	0,15	150ºC-260ºC
	SAE 3230	0,30	260ºC-370ºC
	SAE 3240	0,40	370ºC-540ºC
	SAE 3250	0,50	480ºC-600ºC
	SAE 3315	0,15	260ºC-370ºC
	SAE 3325	0,25	480ºC-600ºC
	SAE 3435	0,35	480ºC-600ºC
	SAE 3450	0,50	480ºC-600ºC
ACEROS AL MOLIBDENO	SAE 4140	0,40	320ºC-430ºC
	SAE 4340	0,40	370ºC-480ºC
	SAE 4615	0,15	200ºC-320ºC
	SAE 4630	0,30	260ºC-370ºC
	SAE 4640	0,40	320ºC-430ºC
	SAE 4820	0,20	320ºC-430ºC
ACEROS CROMO-MOLIBDENO	Aceros 2% Cr - 1/2% Mo	Sobre 0,15	200ºC-320ºC
	Aceros 2% Cr - 1/2% Mo	0,15-0,25	260ºC-430ºC
	Aceros 2% Cr - 1% Mo	Sobre 0,15	260ºC-370ºC
	Aceros 2% Cr - 1% Mo	0,15-0,25	320ºC-430ºC
	Aceros 5% Cr - 1/2% Mo	Sobre 0,15	260ºC-430ºC
	Aceros 5% Cr - 1/2% Mo	0,15-0,25	320ºC-480ºC
ACEROS AL CROMO	12-14% Cr tipo 410	0,10	150ºC-260ºC
	16-18% Cr tipo 430	0,10	150ºC-260ºC
	23-30% Cr tipo 446	0,10	150ºC-260ºC
ACEROS INOXIDABLES CROMO - NÍQUEL	18% Cr - 8% Ni tipo 304	0,07	Estos aceros no requieren de precalentamiento
	25-12 tipo 309	0,07	
	25-20 tipo 310	0,10	
	18-8 Cb tipo 347	0,07	
	18-9 Mo tipo 316	0,07	
	18-8 Mo tipo 317	0,07	

TEMPERATURA °C – °F

CONVERSIÓN DE TEMPERATURA FAHRENHEIT - CENTÍGRADO

Busque la temperatura que desea convertir en la columna celeste.

Si ésta es Centígrado, tendrá el equivalente Fahrenheit en la columna de la derecha.

Si es Fahrenheit, tendrá el equivalente Centígrado en la columna de la izquierda.

— 459,4 a 0			0 a 100					
C	T	F	C	T	F	C	T	F
-273	-459,4		-17,7	0	32	9,9	50	122,0
-268	-450		-17,2	1	33,8	10,4	51	123,8
-262	-440		-16,6	2	35,6	11,1	52	125,6
-257	-430		-16,1	3	37,4	11,5	53	127,4
-251	-420		-15,5	4	39,2	12,1	54	129,2
-246	-410		-15,0	5	41,0	12,6	55	131,0
-240	-400		-14,4	6	42,8	13,2	56	132,8
-234	-390		-13,9	7	44,6	13,7	57	134,6
-229	-380		-13,3	8	46,4	14,3	58	136,4
-223	-370		-12,7	9	48,2	14,8	59	138,2
-218	-360		-12,2	10	50,0	15,6	60	140,0
-212	-350		-11,6	11	51,8	16,1	61	141,8
-207	-340		-11,1	12	53,6	16,6	62	143,6
-201	-330		-10,5	13	55,4	17,1	63	145,4
-196	-320		-10,0	14	57,2	17,7	64	147,2
-190	-310		-9,4	15	59,0	18,2	65	149,0
-184	-300		-8,8	16	60,8	18,8	66	150,8
-179	-290		-8,3	17	62,6	19,3	67	152,6
-173	-280		-7,7	18	64,4	19,9	68	154,4
-169	-273	-459,4	-7,2	19	66,2	20,4	69	156,2
-168	-270	-454	-6,6	20	68,0	21,0	70	158,0
-162	-260	-436	-6,1	21	69,8	21,5	71	159,8
-157	-250	-418	-5,5	22	71,6	22,2	72	161,6
-151	-240	-400	-5,0	23	73,4	22,7	73	163,4
-146	-230	-382	-4,4	24	75,2	23,3	74	165,2
-140	-220	-364	-3,9	25	77,0	23,8	75	167,0
-134	-210	-346	-3,3	26	78,8	24,4	76	168,8
-129	-200	-328	-2,8	27	80,6	25,0	77	170,6
-123	-190	-310	-2,2	28	82,4	25,5	78	172,4
-118	-180	-292	-1,6	29	84,2	26,2	79	174,2
-112	-170	-274	-1,1	30	86,0	26,8	80	176,0
-107	-160	-256	-0,6	31	87,8	27,3	81	177,8
-101	-150	-238	0	32	89,6	27,7	82	179,6
-96	-140	-220	0,5	33	91,4	28,2	83	181,4
-90	-130	-202	1,1	34	93,2	28,8	84	183,2
-84	-120	-184	1,6	35	95,0	29,3	85	185,0
-79	-110	-166	2,2	36	96,8	29,9	86	186,8
-73	-100	-148	2,7	37	98,6	30,4	87	188,6
-68	-90	-130	3,3	38	100,4	31,0	88	190,4
-62	-80	-112	3,8	39	102,2	31,5	89	192,2
-57	-70	-94	4,4	40	104,0	32,1	90	194,0
-51	-60	-76	4,9	41	105,8	32,6	91	195,8
-46	-50	-58	5,5	42	107,6	33,3	92	197,6
-40	-40	-40	6,0	43	109,4	33,8	93	199,4
-34	-30	-22	6,6	44	111,2	34,4	94	201,2
-29	-20	-4	7,1	45	113,0	34,9	95	203,0
-23	-10	14	7,7	46	114,8	35,5	96	204,8
-17,7	0	32	8,2	47	116,6	36,1	97	206,6
			8,8	48	118,4	36,6	98	208,4
			9,3	49	120,2	37,1	99	210,2
						37,7	100	212,0

100 a 1000						1000 a 2000					
C	T	F	C	T	F	C	T	F	C	T	F
38	100	212	260	500	932	538	1000	1832	815	1550	2732
43	110	230	265	510	950	543	1010	1850	820	1510	2750
49	120	248	271	520	968	549	1020	1868	827	1520	2768
54	130	266	276	530	986	554	1030	1886	831	1530	2786
60	140	284	282	540	1004	560	1040	1904	838	1540	2804
65	150	302	288	550	1022	565	1050	1922	842	1550	2822
71	160	320	293	560	1040	571	1060	1940	849	1560	2840
76	170	338	299	570	1058	576	1070	1958	853	1570	2858
83	180	356	304	580	1076	582	1080	1976	860	1580	2876
88	190	374	310	590	1094	587	1090	1994	864	1590	2894
93	200	392	315	600	1112	593	1100	2012	871	1600	2912
99	210	410	321	610	1130	598	1110	2030	876	1610	2930
100	212	413	326	620	1148	604	1120	2048	882	1620	2948
104	220	428	332	630	1166	609	1130	2066	887	1630	2966
110	230	446	338	640	1184	615	1140	2084	893	1640	2984
115	240	464	343	650	1202	620	1150	2102	898	1650	3002
121	250	482	349	660	1220	626	1160	2120	904	1660	3020
127	260	500	354	670	1238	631	1170	2138	909	1670	3038
132	270	518	360	680	1256	637	1180	2156	915	1680	3056
138	280	536	365	690	1274	642	1190	2174	920	1690	3074
143	290	554	371	700	1292	648	1200	2192	926	1700	3092
149	300	572	376	710	1310	653	1210	2210	931	1710	3110
154	310	590	382	720	1328	659	1220	2228	937	1720	3128
160	320	608	387	730	1346	664	1230	2246	942	1730	3146
165	330	626	393	740	1364	670	1240	2264	948	1740	3164
171	340	644	399	750	1382	675	1250	2282	953	1750	3182
177	350	662	404	760	1400	681	1260	2300	959	1760	3200
182	360	680	410	770	1418	686	1270	2318	964	1770	3218
188	370	698	415	780	1436	692	1280	2336	970	1780	3236
193	380	716	421	790	1454	697	1290	2354	975	1790	3254
199	390	734	426	800	1472	704	1300	2372	981	1800	3272
204	400	752	432	810	1490	708	1310	2390	986	1810	3290
210	410	770	438	820	1508	715	1320	2408	992	1820	3308
215	420	788	443	830	1526	719	1330	2426	997	1830	3326
221	430	806	449	840	1544	726	1340	2444	1003	1840	3344
226	440	824	454	850	1562	734	1350	2462	1008	1850	3362
232	450	842	460	860	1580	737	1360	2480	1014	1860	3380
238	460	860	465	870	1598	741	1370	2498	1019	1870	3398
243	470	878	471	880	1616	748	1380	2516	1025	1880	3416
249	480	896	476	890	1634	752	1390	2534	1030	1890	3434
254	490	914	482	900	1652	760	1400	2552	1036	1900	3452
			487	910	1670	765	1410	2570	1041	1910	3470
			493	920	1688	771	1420	2588	1047	1920	3488
			498	930	1706	776	1430	2606	1052	1930	3506
			504	940	1724	782	1440	2624	1058	1940	3524
			510	950	1742	787	1450	2642	1063	1950	3542
			515	960	1760	793	1460	2660	1069	1960	3560
			520	970	1778	798	1470	2678	1074	1970	3578
			526	980	1796	804	1480	2696	1080	1980	3596
			532	990	1814	809	1490	2714	1085	1990	3614
			538	1000	1832				1093	2000	3632

2000 a 2750											
C	T	F	C	T	F	C	T	F	C	T	F
1093	2000	3632	1198	2190	3974	1303	2380	4316	1409	2570	4658
1098	2010	3650	1204	2200	3992	1308	2390	4334	1415	2580	4676
1104	2020	3668	1209	2210	4010	1315	2400	4352	1420	2590	4694
1109	2030	3686	1215	2220	4028	1320	2410	4370	1427	2600	4712
1115	2040	3704	1220	2230	4046	1326	2420	4388	1432	2610	4730
1120	2050	3722	1226	2240	4064	1331	2430	4406	1438	2620	4748
1126	2060	3740	1231	2250	4082	1337	2440	4424	1443	2630	4766
1131	2070	3758	1237	2260	4100	1342	2450	4442	1449	2640	4784
1137	2080	3776	1242	2270	4118	1348	2460	4460	1454	2650	4802
1142	2090	3794	1248	2280	4136	1353	2470	4478	1460	2660	4820
1149	2100	3812	1253	2290	4154	1359	2480	4496	1465	2670	4838
1154	2110	3830	1259	2300	4172	1364	2490	4514	1471	2680	4856
1160	2120	3848	1264	2310	4190	1371	2500	4532	1476	2690	4874
1165	2130	3866	1270	2320	4208	1376	2510	4550	1483	2700	4892
1171	2140	3884	1275	2330	4226	1382	2520	4568	1488	2710	4910
1176	2150	3902	1281	2340	4244	1387	2530	4586	1494	2720	4928
1182	2160	3920	1286	2350	4262	1393	2540	4604	1499	2730	4946
1187	2170	3938	1292	2360	4280	1398	2550	4622	1505	2740	4964
1193	2180	3956	1297	2370	4298	1404	2560	4640	1510	2750	4982

RECOMENDACIÓN DE ELECTRODOS PARA ACEROS ESTRUCTURALES MENCIONADOS EN «MANUAL DEL ACERO-ICHA»

ELECTRODOS RECOMENDADOS POR INDURA PARA SOLDAR PRINCIPALES ACEROS CAP

Norma	Grado	Requerimiento mín. metal de aporte (1)	Electrodo INDURA
NCh 203 of. 77	A37-24 ES A42-27 ES	SMAW - electrodo revestido A5.1 (2) E60XX, E70XX A5.5 (3) E70XX-X	SMAW - electrodo revestido INDURA 6010,6011, 7010, 7018,7024 INDURA 7010-A1, 7018-A1
ASTM A36 M-05	-		
ASTM A53 M-05	B		
ASTM A283 M-03	A,B,C		
NCh 215 of. 79	A37-21 ES A42-25 ES		
SAE J403H Nov. 2001	1005 1006 1008 1010 1015 1018 1020	SAW - arco sumergido A5.17 (4) F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX A5.23 (5) F7XX-EXXX-XX F7XX-ECXXX-XX GMAW - mig/mag A5.18 (6) ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM A5.28 (7) ER70S-XXX, E70C-XXX	SAW - arco sumergido EL12-H400 (F7A0-EL12) EM12K-H400 (F7A2-EM12K) GMAW - mig/mag INDURA 70S-6 (ER70S-6)
ASTM A 131 M-04	A, B, D		
API 5L	B, X42		
ASTM A285 M-03	A		
NCh 213 of. 77	A34-19 CS A37-20 CS A42-23 CS	FCAW - tubular A5.20 (8) E6XT-X, E6XT-XM E7XT-X, E7XT-XM A5.29 (9) E7XTX-X	FCAW - tubular INDURA 71V (E71T-1) con gas de protección Fabshield 21B (E71T-11) sin gas de protección Trimark TM121 (E71T-11) sin gas de protección Fabshield (E70T-4) sin gas de protección Trimark TM 44 (E70T-4) sin gas de protección
A1011 M-05 A1011 M-05 A1011 M-05 A1011 M-05	30 33 36 40		
LRS-ABS-DNV- BV	A, B, D		
NCh 203 of. 77	A52-34 ES	SMAW - electrodo revestido A5.1 (2) E7015, E7016,E7018, E7028 A5.5 (3) E7015-X, E7016-X,E7018-X	SMAW - electrodo revestido INDURA 7018 (E7018) INDURA 7018-A1 (E7018-A1)
ASTM A36 M96	ASTM A 36		
ASTM A283 M-03	D	SAW - arco sumergido A5.17 (4) F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX A5.23 (5) F7XX-EXXX-XX F7XX-ECXXX-XX	SAW - arco sumergido INDURA EL12-H400 (F7A0-EL12) INDURA EM12K-H400 (F7A2-EM12K)
ASTM A285 M-03	B, C		
ASTM A455 M-03	70		
ASTM A515 M-03	70	GMAW - mig/mag A5.18 (6) ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM A5.28 (7) ER70S-XXX, E70C-XXX	GMAW - mig/mag INDURA 70S-6 (ER70S-6)
ASTM A516 M-06	70		
A1011 M-05	50		
API 5L	X52	FCAW - tubular A5.20 (8) E7XT-X, E7XT-XM A5.29 (9) E7XTX-X	FCAW - tubular INDURA 71V (E71T-1) Fabshield 21B (E71T-11) Trimark TM121 (E71T-11) Fabshield (E70T-4) Trimark TM 44 (E70T-4) INDURA 81Ni2V (E81T1-Ni2V) Fabco 115 (E110T5-K4)
ASTM A572 M-06	50		
ASTM A588 M-05	-		
ASTM A992 M-04	-		

Notas:

(1) SMAW : shielded metal arc welding (electrodo revestido); GMAW: gas metal arc welding (mig/mag); FCAW: flux cored arc welding (tubular); SAW: submerged arc welding (arco sumergido)
(2) AWS A5.1 : specification for carbon steel electrodes for shielded metal arc welding
(3) AWS A5.5 : specification for low alloy steel electrodes for shielded metal arc welding
(4) AWS A5.17 : specification for carbon steel electrodes and fluxes for submerged arc welding
(5) AWS A5.23 : specification for low alloy steel electrodes and fluxes for submerged arc welding
(6) AWS A5.18 : specification for carbon steel electrodes and rods for gas shielded arc welding
(7) AWS A5.28 : specification for low alloy steel electrodes and rods for gas shielded arc welding
(8) AWS A5.20 : specification for carbon steel electrodes for flux cored arc welding
(9) AWS A5.29 : specification for low alloy steel electrodes for flux cored shielded arc welding

SOLDADURAS INDURA PARA ACEROS ASTM

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
A3-78	1,2	Barras	Acero al carbono	6012, 6013, 7014, 7018, 7024	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A27-81a	Todas	Fundición	Acero	7018		
A36-81a		Estructural	Acero	6012,6013, 7014, 7018, 7024		
A53-81a	A y B	Cañerías	Acero	6010, 6011, 7018		
A82-79		Reforzado	Acero	7018		
A105-81		Cañerías	Acero	Similar a A53		
A106-80	A y B	Cañerías	Acero	Similar a A53		
	C	Cañerías	Acero	7018		
A109-81		Fleje	Acero	Similar a A36		
A123-78		Chapa, Fleje	Acero	7018		
A131-81a		Estructural	Acero	Similar a A36		
A134-80		Cañerías	Acero	Similar a A53		
A135-79	A y B	Cañerías	Acero	Similar a A53		
A139-74	Todas	Cañerías	Acero	Similar a A53		
A148-81	80-40, 80-50	Fundición	Baja Aleación	8018C3	ER-80S-Ni1	E-8XT- 1, Ni1
	90-60		Baja Aleación	9018M	ER-100S-1	E-9XT1-Ni2
	105-85		Baja Aleación	11018M	ER-110S-1	E-110TX-K3
	120-95		Baja Aleación	12018M	ER-120S-1	E-120T5-K4
	150-125,174-145		Baja Aleación			
A161-83		Tuberías	Acero	Similar a A53	ER-70S-2, 3, 4	E-70T-X, E-71T-X
A167-81a	302B					
	304L	Chapa, Fleje	Inoxidable	308L	ER-308L	E-308LT-X
	309S, 309	Chapa, Fleje	Inoxidable	309	ER-309	ER-309T-X
	310S, 310	Chapa, Fleje	Inoxidable	310	ER-310	E-310T-X
	316	Chapa, Fleje	Inoxidable	316	ER-316L, HISil	E-316LT-X
	316L, 317L	Chapa, Fleje	Inoxidable	316L	ER-316L	E-316LT-X
	317	Chapa, Fleje	Inoxidable	317		
	321	Chapa, Fleje	Inoxidable			
	347, 348	Chapa, Fleje	Inoxidable	347	ER-347	E-347LT-X
	XM-15	Chapa, Fleje	Inoxidable	310	ER-310	E-310T-X
A176-81	403, 405, 409	Chapa, Fleje	Inoxidable	410	ER-310	
	410, 410S	Chapa, Fleje	Inoxidable	410	ER-310	
	429, 430	Chapa, Fleje	Inoxidable	308	ER-310	
	442, 446	Chapa, Fleje	Inoxidable	309	ER-309	E-309T-X
A177-80		Chapa, Fleje	Inoxidable	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
A178-79b	A	Tuberías	Acero	7018	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T-X
	C	Tuberías	Acero	Similar a A53	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T
A179-79		Tuberías	Acero	Similar a A53	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T
A181-81	60	Cañería, Fittings	Acero	Similar a A53	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T-X
	70	Cañería, Fittings	Acero	7018	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A182-81A	F1	Cañería, Fittings	Acero al Cr/Mo	7018A1	ER-80S-B2	E-8XTX-A1
	F2, F11, F12	Cañería, Fittings	Acero la Cr/Mo	8018B2	ER-80S-B2	E-8XTX-A1
	F5, F5a, F21, F22	Cañería, Fittings	Acero al Cr/Mo	9018B3	ER-90S-B3	E-9XTX-B3
	F6	Cañería, Fittings	Inoxidable	410		
	F304, F304H	Cañería, Fittings	Inoxidable	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	F304L	Cañería, Fittings	Inoxidable	308L	ER-308L	E-308LT-X
	F310	Cañería, Fittings	Inoxidable	310	ER-310	E-310T-X
	F316L	Cañería, Fittings	Inoxidable	316L	ER-316L	E-316LT-X
	F321, F321H, F347	Cañería, Fittings	Inoxidable			
	F347H, F348, F348H	Cañería, Fittings	Inoxidable	347	ER-347	E-347T-X
	F10	Cañería, Fittings	Inoxidable	310	ER-310	E-310T-X
	F9	Cañería, Fittings	Acero al Cr/Mo			
A184-79	40	Reforzado	Acero	7018	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T-X
	50, 60	Reforzado	Baja Aleación	9018M	ER-100S-1	E-9XT-1-Ni2

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
A185-79		Reforzado	Baja Aleación	7018	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A192-80		Tuberías	Acero	7018	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A199-79a	T3b, T4, T22	Tuberías	Cr/Mo	9018B3	ER-90S-B3	
	T5, T2	Tuberías	Cr/Mo			
	T11	Tuberías	Cr/Mo	8018B2	ER-80S-B2	E-8XTX-B2
	T9	Tuberías	Cr/Mo			
A200-79a		Tuberías	Cr/Mo	Similar a A1 99		
A202-78	A y B	Estanque a pres.	Baja Aleación	9018M	ER-100S-1	E-9XT-1-Ni2
A203-81	All	Estanque a pres.	Ac. níquel	8018-C3	ER-80-Nil	E-80TS-K1
A204-79a	A y B	Estanque a pres.	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-B2	E-8XTX-B2
	C	Estanque a pres.	Baja Aleación	10018M	ER-110S-1	E-110TX-K3
A209-79a		Tuberías	Acero	7018	ER-70S-2, 3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A210-79a	A-1	Tuberías	Acero	Similar a A161	ER-80S-D2	E-70T-1, E-71T-1
	C	Tuberías	Acero	E7018		
A211-75		Cañerías	Acero	Similar a A53		
A213-81a	T2, T11, T12, T17	Tuberías	Cr/Mo	E8018B2		E-80C-B2
	T3b, T22	Tuberías	Cr/Mo	E9018B3		E-90C-B3
	T5, T5b.T5c.T21	Tuberías	Cr/Mo			E-502T-1
	T9	Tuberías	Cr/Mo			E-505T-1
	TP304, TP304H	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	TP310	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	E-310LT-X
	TP316, TP316H	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L, HISil	E-316LT-X
	TP316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
	TP321, TP321H, TP,347, TP347H, TP348, 348H	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	E-347T-X
A214-75		Tuberías	Acero	Similar a A 161		
A216-79	WCA	Fundición	Acero	6012, 6013, 7014, 7024	E-70S-3, 6	E-70T-1, E-71T-1
	WCB, WCC		Acero	7018, 7024	E-80S-D2, E-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A217-81	WC1	Fundición	Cr/Mo	7018, 7024	E-80S-D2, E-70S-3, 6	E-70T-X
	WC4, WC5, WC6	Fundición	Cr/Mo	8018B2	E-80S-D2	E-80C-B2
	WC9	Fundición	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
	C5	Fundición	Cr/Mo			E-502T-1
A225-79	C	Estanque a pres.	Baja Aleación	11018M, 12108M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	D	Estanque a pres.	Baja Aleación	8018C3	ER-80S-D2	E-81Ti-N2
A226-80		Tuberías	Acero	Similar a A 161		
A234-81a	WPA, WPPB, WPC	Fittings	Acero	Similar a A53		
	WP1	Fittings	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-D2	
	WP11, WP12	Fittings	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
	WP22	Fittings	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
	WP5	Fittings	Cr/Mo			E-502T-1
A236-9a	C, D, E, F, G	Forjados	Baja Aleación	9018M		E-110T1-G
	H	Forjados	Baja Aleación	1201M		E-120C-G
A240-81a	302, 304, 304H	Estanque a pres.	Inoxidable	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	305	Estanque a pres.	Inoxidable	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	304L	Estanque a pres.	Inoxidable	309	ER-309	E-309LT-X
	309S	Estanque a pres.	Inoxidable	310	ER-310	E-310LT-X
	310S	Estanque a pres.	Inoxidable	310	ER-310	E-310LT-X
	316H	Estanque a pres.	Inoxidable	316L	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	316L, 317L	Estanque a pres.	Inoxidable	347	ER-347	E-47T-X
	317	Estanque a pres.	Inoxidable	347	ER-347	
	321, 321 H	Estanque a pres.	Inoxidables			
	347, 347H	Estanque a pres.	Inoxidables			
	348, 348H, XM15	Estanque a pres.	Inoxidables	310	ER-310	E-310T-X
A240-79		Estanque a pres.	Inoxidables			

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
A242-81	Tipos 1 y 2	Estructural	Acero	7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-80T1-W, E70T-1, E71T-1
A249-81a	304, 304H, 305	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	309	Tuberías	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	310	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	E-310T-X
	316, 316H	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	ER-316LT-X
	316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-3616L	E-316LT-X
	317	Tuberías	Inoxidables	317	ER-317	
A250-79a		Tuberías	Mo	7018A1	ER-80S-D2	E-70T-X, E-71T-X
A252-81	1,2	Cañerías	Acero	Similar a A53		
	3	Cañerías	Acero	7018	ER-80S-D2	E-70T-X, E-71T-X
A263-79	405, 410, 410S	Chapa, Fleje	Inoxidables	410		E-410T-1
A266-78	1, 2, 3, 4	Forjados	Acero	7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A268-81	TP405, TP409, TP410	Tuberías	Inoxidables	410		E-41OT-1
	TP409			410		E-409T-2G
	TP329	Tuberías	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
A269-81	TP304	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308, HiSil	E-308LT-X
	TP304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	TP316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	TP316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
	TP317	Tuberías	Inoxidables	317		
	TP321, TP347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP348					
A270-80		Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
A271-80	TP304	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP304H	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP321	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP321H	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP347H	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
A273-64	C1010 a C1020	Forjados	Acero	7018, 7024		ER-70S-3, 6
A276-79a	302, 304, 305, 302B	Barras	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	304L	Barras	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	309, 309S	Barras	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	310, 310S	Barras	Inoxidables	310	ER-310	
	316	Barras	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	316L	Barras	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
	317	Barras	Inoxidables	317		
	321, 347, 348	Barras	Inoxidables	347	ER-347	
	TP403	Barras	Inoxidables	410		E-410T-1
	TP405	Barras	Inoxidables	410		E-410T-1
	TP410	Barras	Inoxidables	410		E-410T-1
	TP414	Barras	Inoxidables	410		E-410T-1
	TP420	Barras	Inoxidables	410		E-410T-1
	TP446	Barras	Inoxidables	309,310		
A283-81	A, B, C, D	Estructural	Acero	Similar a A36		
A284-81	C, D	Estructural	Acero	Similar a A36		
A285-81	A, B, C	Estanque a pres.	Acero	7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A288-68	1	Forjados	Acero	7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
	2	Forjados	Baja Aleación	9018M	ER-100S-1	E-110T1-G, El 1OT5-K4
	3	Forjados	Baja Aleación	11018M	ER-70S-3, 6	E-120C-G
	4, 5, 6, 7, 8	Forjados	Ac. Aleación			E-4130T-1
A289-70a	A y B	Forjados	Inoxidables	308	ER-308, HiSil	E-308LT-X
A297-81	HF	Fundición	Inoxidables	308, 308L		
	HH	Fundición	Inoxidables	309	ER-308L, HiSil	E-308LT-X

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
	HI, HK	Fundición	Inoxidables	310	ER-309	E-309LT-X
	HE	Fundición	Inoxidables	312	ER-310	
A299-79b		Estanque a pres.	Baja Aleación	9018M		
A302-80	A,B,C,D	Estanque a pres.	Baja Aleación	9018M		
A312-81a	TP304, TP304H	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308, HiSil	E-308LT-X
	TP304L	Cañerías	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	TP309	Cañerías	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	TP310	Cañerías	Inoxidables	310	ER-310	
	TP316, TP316H	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	TP316L	Cañerías	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
	TP317	Cañerías	Inoxidables	317		
	TP321, TP321H, TP347, TP347H, TP348, TP348H	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
A328-81		Pilotes	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A333-81a	1 y 6	Cañerías	Baja Aleación	8018C3		
	3.4, 7.9	Cañerías	Baja Aleación	8018C2		E-80C-Ni3
A334-79	1 y 6	Tuberías	Baja Aleación	8018C3		E-81TI-Ni2
	3,7,9	Tuberías	Baja Aleación	8018C2		E-80C-Ni3
A335-81a	P1, P15	Cañerías	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-D2	
	P2, P11, 12	Cañerías	Cr/Mo	8018B2		E-80C-82
	P5, P5b, P5c	Cañerías	Cr/Mo	502		E-502T-1
	P9	Cañerías	Cr/Mo			E-505T-1
	P22	Cañerías	Cañerías	9018B3		E-90C-83
A336-81a		Estanque a pres.	Baja Aleación	7018A1		
	F5, F5a	Estanque a pres.	Cr/Mo			E-502T-1
	F6	Estanque a pres.	Inoxidables	410		E-41OT-1
	F22, F22a	Estanque a pres.	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
	F30	Estanque a pres.	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
	F31		Aleac. níquel	8018C2		E-80C-Ni3
	F32	Estanque a pres.	Cr/Mo			E-502T-1
A336-81a	FS, FS2, FS4	Estanque a pres.	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	F8M	Estanque a pres.	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	F10, F25	Estanque a pres.	Inoxidables	310	ER-310	
A350-81	LF1, LF2	Fittings	Aleac. níquel	8018C3		E-80C-Ni2, E-81M-Ni2
	LF3, LF4	Fittings	Aleac. níquel	8018C2		E-80C-Ni3
A351-81	CF8,CF8A, CF8C	Fundición	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	CF3, CF3A	Fundición	Inoxidables	308L	ER-308L	E-300LT-
	CF8M, CF10MC CF3M, CF3MA	Fundición	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
	CH8, CH10, CH20	Fundición	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	CK20, HK30, HK40	Fundición	Inoxidables	310	ER-310	
	CN7M	Fundición	Inoxidable	320CB		
A352-81	LC2	Fundición	Aleac. níquel	8018C1		E-80C-Ni2, E-81Ti-Ni2
	LC3	Fundición	Aleac. níquel	8018C2		E-80C-Ni3
A356-77	1	Fundición	Acero	Similar a A27		
	2	Fundición	C/Mo	7018A1	ER-80S-D2	
	5, 6, 8	Fundición	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
	10	Fundición	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
A358-81	304	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	309	Cañerías	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	310	Cañerías	Inoxidables	310	ER-310	
	316	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	321, 347, 348	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	A-361-76
A361-76		Chapa	Acero	7018	ER-70S-3,6	E-70T-X, E-71T-X
A369-76	FP1	Cañerías	Baja Aleación	701SA1	ER-80S-D2	

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
	FP2, FP11, P12	Cañerías	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
	FP5	Cañerías	Cr/Mo			E-502T-1
	FP22, FP38	Cañerías	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
	FP21, FP22					
A369-79a	FPA, FPB	Cañerías	Baja Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
	FP9	Cañerías	Cr/Mo			E-505T-1
A372-81	I	Forjados	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
	II, III	Forjados	Baja Aleación	9018M		
	IV	Forjados	Baja Aleación	11018M		E-110T5-K4, E-110Ti-G
	V	Forjados	Ac. Aleación	12018M		E-120C-G
	VI	Forjados	Ac. Aleación	1001SD2		
	VII, VIII	Forjados	Ac. Aleación			E-4130T-1
A376-81	TP304, TP304H	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP304N, TP316, TP316H, TP316N	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	TP321, TP321H, TP347, 347H, 348	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
A381-81	Y35 a Y50	Cañerías	Acero	Similar a A53		
	Y52, Y56	Cañerías	Acero	7018	ER-80S-D 2	
	Y60, Y65	Cañerías		9018M		
A387-79b	A, B, C	Estanque a pres.	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
	D, E	Estanque a pres.	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
A389-77a	C23	Fundición	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
A403-81	WP304, WP304H	Fittings	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	WP304L	Fittings	Inoxidables	308L	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	WP309	Fittings	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	WP310	Fittings	Inoxidables	310	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	WP316, WP316H	Fittings	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	WP317	Fittings	Inoxidables	317		
	WP321, WP321H WP347H, WP348	Fittings	Inoxidables	347	ER-347	
A405-81	P24	Cañerías	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
A409-77	TP304, TP304L	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308L
	TP309	Cañerías	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	TP310	Cañerías	Inoxidables	310	ER-310	
	TP316, TP316L	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	TP317	Cañerías	Inoxidables	317		
	TP32, TP347, TP348	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
A412-81	201, 202	Chapa, Fleje	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
A413-72	PC, BBB	Cadena	Acero	7018	ER-70S-3	E-70T-X, E-71T-X
A414-79	A, B, C, D, E, F, G	Chapa Acero	6012, 6013, 7014, 7024		ER-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
A420-81a	WPL6	Fittings	Acero	8018C3		E-81Ti-Ni2
	WPL9	Fittings	Ac. níquel	8018C1		E-80C-Ni2, E-81Ti-Ni2
	WPL3	Fittings	Ac. níquel	8018C2		E-80C-Ni3
A423-79a	1	Tuberías	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
	2	Tuberías	Ac. níquel	8018C3		E-@N12, E-SIIVNI2
A426-80	CP1, CP15	Cañerías	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-D2	
	CP2, CP11, CP12	Cañerías	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
	CP5, CP5B	Cañerías	Cr/Mo			E-502T-1
	CP21, CP22	Cañerías	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
	CPCA15	Cañerías	Inoxidables	410		E-410T-1
	CP9	Cañerías	Cr/Mo			E-505T-1
A430-79	FP304, FP304H FP304N	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	FP316, FP316H,	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
	FP316N					
	FP321, FP321H	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
	FP347, FP347H					
A441-81		Estructural	Acero	Similar a A36		
A442-79b	55, 60	Estanque a pres.	Ac. níquel	8018C3	ER-309	E-309LT-X
A447-79		Fundición	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
A451-80	CPF8, CPF8C	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E30SLT-X
	CPF8M, CPF10MC	Cañerías	Inoxidables	309Mo		
	CPH8, CPH20	Cañerías	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	CPK20	Cañerías	Inoxidables	310	ER-310	
A452-79	TP304H	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP316H	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	TP347H	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
A458-81a		Estanque a pres.	Baja Aleación	9018M		
A457-71	761	Chapa Fleje	Inoxidable	347	ER-347	
A469-71	1, 2	Forjado	Ac. níquel	8018C2		E-80C-Ni3
A470-65	1, 2	Forjado	Ac. níquel	8018C2		E-80C-Ni3
A479-81	302, 304, 304H	Barras	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	304L	Barras	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	310, 3105	Barras	Inoxidables	310	ER-310	
	316, 316H	Barras	Inoxidables	316L	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	316L	Barras	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
	321, 321H, 347, 347H	Barras	Inoxidables	347	ER-347	
	348, 348H					
A486-74	70	Fundición	Acero	7014, 7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-X, E-71T-X
	90	Fundición	Baja Aleación	9018M		E-110TI-G, E-110T5-K4
	120	Fundición	Ac. Aleación	12018M		E-120C-G
A487-81	1N, 2N, 4N, 8N, 9N	Fundición	Baja Aleación	9018M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	1Q, 2Q					
	3Q, 4Q, 5Q, 4QA, 7Q	Fundición	Ac.Aleación	12018M		E-120C-G
	8Q, 9Q,10Q, 5N, 6N					
	10N					
A493-80a	302, 304, 305	Barras	Inoxidables	308	ER-308	E-308LT-X
	316	Barras	Inoxidables	316	ER-316	E-316LT-X
	321, 347	Barras	Inoxidables	347	ER-347	
	410	Barras	Inoxidables	410		E-410T-1
A496-78		Reforzado	Baja Aleación	9018M		
A497-79		Reforzado	Baja Aleación	9018M		
A500-81a	A, B, C	Tuberías	Acero	Similar a A36		
A501-81		Tuberías	Acero	Similar a A161		
A508-81	1, 1a	Forjado	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-X, E71T-X
	2, 3	Forjado	Baja Aleación	9018M		E-110T5-K4
	4, 5	Forjado	Baja Aleación	11018M		E-120C-G, E110TS-K4, E-110T1-X
	5a, 4a	Forjado	Baja Aleación	12018M		E-120C-G
A511-79	MT302, MT304, MT305	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	MT304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	MT309, MT309S	Tuberías	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	MT310, MT310S	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	
	WT316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	MT316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
	MT317	Tuberías	Inoxidables	317		
	MT321, MT347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	MT410	Tuberías	Inoxidables	410		E-410T-1
A512-79	MT1010 a MT1020	Tuberías	Acero	Similar a A216		
A513-81	1008 a 1022	Tuberías	Acero	Similar a A161		

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
	4130	Tuberías	Ac.Aleación			E-4130T-1
A514-81		Plancha	Baja Aleación	11018M, 12018M		E-120C-G, E-110T5-K4
A515-79b		Estanque a pres.	Acero	7018	ER-70S-3	E-70T-1, E-71T-1
A516-79b		Estanque a pres.	Acero	7018	ER-70S-3	E-70T-1, E-81Ti-Ni2, E-71T-1
A517-81		Estanque a pres.	Baja Aleación	11018M		E-120C-G, E-110T5-K4, E-110T1-G
A519-80	1008 a 4130	Tuberías	Acero	Similar a A161		E-4130T-1
A521-70	CA, CC, CC1	Forjado	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
	AA, AB, CE, CF, AC, AD, CF1, CG	Forjado	Baja Aleación	9018M		E-110T5-K4, E-110T1-G
	AE	Forjado	Baja Aleación	11018M		E-120C-G, E-110T5-K4, E-110T1-G
	AG, AH	Forjado	Ac. Aleación			E-4130T-1
A523-81		Cañería	Acero	Similar a A53		
A524-80		Cañerías	Acero	Similar a A53		
A526-80		Chapa	Galvanizada	7018	ER-70S-6	E-71T-11, E-71T-GS
A527-80		Chapa	Galvanizada	7018	ER-70S-6	E-71T-11, E-71T-GS
A528-80		Chapa	Galvanizada	7018	ER-70S-6	E-71T-11, E-71T-GS
A529-75		Estructural	Acero	Similar a A36		
A533-81	A1, B1, C1, D1,	Estanque a pres.	Baja Aleación	9018M		
	A2, B2, C2, D2, A3, B3, C3, D3	Estanque a pres.	Baja Aleación	10018M		
A537-80	1	Estanque a pres.	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-71T-1
	2	Estanque a pres.	Ac. níquel	8018C3		E-80C-Ni2, E-81Ti-Ni2
A539-79		Tuberías	Acero	Similar a A161		
A541	1, 1a	Forjado	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-71T-1, E-70T-4, 7, 8
	2, 3, 4, 5, 6	Forjado	Cr/Mo	8018B2		E-80C-B2
	6A, 7, 7A, 8, 8A	Forjado	Baja Aleación	12018M		E-120C-G
A542-79	1, 2	Estanque a pres.	Cr/Mo	9018B3		E-90C-B3
A643-79a	A, B	Estanque a pres.	Baja Aleación	12018M		E-120C-G
A554-81	MT301, MT302, MT304, MT305	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-30SLT-X
	MT304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	MT309, MT309S	Tuberías	Inoxidables	309	ER-309	E-309LT-X
	MT309S-CB	Tuberías	Inoxidables	309CB		
	MT310, MT310S	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	
	MT316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	WT316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316L	E-16LT-X
	MT317	Tuberías	Inoxidables	317		
	MT321, MT347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	MT330	Tuberías	Inoxidables	330		
	MT429, MT430	Tuberías	Inoxidables	430		
A556-79	A2, B2	Tuberías	Inoxidables	Similar a Al 61		
	C2	Tuberías	Acero	7018	ER-80S-D 2, ER-70S-6	E-71T-1
A557-79		Tuberías	Acero	Similar a A556		
A562-79a		Estanque a pres.	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-l, E71T-1
A569-72		Chapa, Fleje	Acero	6012, 6013, 6022, 7014	ER-70S-3. 6	E-71 T- 1, 11E71 T-GS
A570-79	30, 36, 40, 45	Chapa, Fleje	Acero	Any E60 o E70 electrodos	ER-70S-3, 6	E-70T-1, E-71T-1
	50	Chapa, Fleje	Acero	7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-4, 7, 8, E-71T-1
A572-81a	42 a 55	Estructural	Acero	Similar a A36		
	60 a 65	Estructural	Baja Aleación	8018C2		
A573-81		Estructural	Acero	Similar a A36		
A587-78		Cañerías	Acero	Similar a A53		
A588-81		Estructural	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-80T1-W, E-80C-Ni2, 3
A589-81a		Cañerías	Acero	Similar a A53		E-70T-6
A591-77		Acero	Galvanizado	7018	ER-70S-6	E-71T-11, E-71T-GS

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
A592-74	A, E, F	Estanque a pres.	Baja Aleación	12018M		E-120C-G
A595-80	A, B, C	Tuberías	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-71T-1
A606-75		Chapa	Baja Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
A607-75	45	Chapa	Baja Aleación	6010, 6012, 6012, 6013, 7014, 7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1, 11, E-71T-GS
	50	Chapa	Baja Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8
	55	Chapa	Baja Aleación			E-71T-1, 11, E-71T-GS
	60	Chapa	Baja Aleación	8018C3		
	65	Chapa	Baja Aleación			
	70	Chapa	Baja Aleación	9018M		
A611-72	A, B, C, D	Chapa	Acero	E-60xx, E-70xx electrodos	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
A611-72	E	Chapa	Acero	9018M	ER-80S-D2	E-110T1-G, E-110T5-K4
A612-79b		Estanque a pres.	Acero	9018M	ER-80S-D2	E-110T1-G, E110T5-K4
A615-81	40	Reforzado	Acero	Similar a A82		
	60	Reforzado	Baja Aleación	9018M		
	75	Reforzado	Baja Aleación	10018M		E-110TI-G, E-110T5-K4
A616-81a	50, 60	Reforzado	Baja Aleación	9018M		
A617-81a	40	Reforzado	Acero	Similar a A82		
	60	Reforzado	Baja Aleación	9018M		
A618-81	1, 2, 3	Tuberías	Acero	7018	ER-80S-D2	
A619-75		Chapa	Acero			
A620-75		Chapa	Acero	7014, 7024	ER-70S-3	E-71T-GS, E-71T-1
A621-75		Chapa, Fleje	Acero	7018	ER-70S-6	E-70T-1, E-71T-1
A622-75		Chapa, Fleje	Acero			
A632-80	TP304	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP304L	Tuberías	Inoxidables	304L	ER-308L	E-308LT-X
	TP310	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	
	TP316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
	TP316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
	TP317	Tuberías	Inoxidables	317		
	TP321	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP348	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
A633-79a	A, B, C, D	Estructural	Alta resistencia Baja Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 811 E-71T-GS, E-71T-1
A642-71		Chapa	Galvanizado	7018	ER-70S-3, 6	E-71T-11, E-71T-GS
A643-78	A	Fundición	Acero	7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
	B	Fundición	Acero	10018D2		E-110T1-G, E-110T5-K4
	C	Fundición	Acero	9018B3		E-80C-B2
A651-79	TP409	Tuberías	Inoxidables	410		E-409T-2G
	TPXMB	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP304	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-316LT-X
A656-81	1, 2	Estructural	Baja Aleación	10018D2		E-110T5-K4, E-110T1-G, E-120C-G
A659-72	1015, 1016, 1017, 1018, 1020, 1023	Chapa, Fleje	Acero	6012, 6013, 7018, 7024	ER-80S-D2, ER-70S-3, 6	E-70T-1, E-71T-1
A660-79	WCC, WCA, WCB	Cañerías	Fundición Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, E-71T-1
A662-79a	A, B	Estanque a pres.	C-Mn,	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
A666-80	TP201					
	TP202					
	TP301	Chapa, Fleje	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP302					
	TP304					
	TP316	Chapa, Fleje	Inoxidables	316	ER-316L, HiSil	E-7-316LT-X

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ASTM

ACEROS				Recomendación INDURA		
ASTM	Grado	Producto	Tipo de Metal	Arco Manual	MIG-MAG-TIG	Tubular FCAW
A669-79a		Tuberías	Ac. Aleación	316L	ER-316L	E-316LT-X
A672-82	A45, A50, A55, B55	Cañerías	Acero			
	B60	Cañerías	Acero			
	B65	Cañerías	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, E-71T-1
	B70, C55, C60, C65	Cañerías	Acero			
	C70, D70	Cañerías	Acero			
	D80, E55, E60	Cañerías	Acero	8018C3		E-80C-Ni2, E-81Ti-Ni2
	H75, H80, J80, J90	Cañerías	Acero	9018M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	J100	Cañerías	Acero	10018M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	K75, K85	Cañerías	Acero	9018M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	L65, L70	Cañerías	Acero	7018A1	ER-80S-D2	E-110T1-G, E-110T5-K4
	L75	Cañerías	Acero	10018M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	M70, M75, N75	Cañerías	Acero	9018M		E-110T1-G, E-11T5-K4
A678-75	A	Estructural	Ac. carbono	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
A678-75	B	Estructural	Ac. carbono	9018M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	C	Estructural	Ac. carbono	10018M		
A688-81	TP304	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L, HiSil	E-308LT-X
	TP304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E-308LT-X
	TP316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316, HiSil	E-316LT-X
	TP316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316L	E-316LT-X
A691-81	CM65, CM70	Cañerías	C-Ac. Aleación	7018A1	ER-80S-D2	E-110T1-G, E-110T5-K4
	CM75	Cañerías	C-Ac. Aleación	10018M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	CMSH70	Cañerías	C-Ac. Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-71T-1
	CMS75	Cañerías	C-Ac. Aleación	9018M		E-110T1-G, E-110T5-K4
	CMSH80	Cañerías	C-Ac. Aleación	8018C3		E-80G-Ni2, E-8171-Ni2
	1/2CR	Cañerías	C-Ac. Aleación	8018B2		E-80C-B2
	1CR, 1-1/4CR	Cañerías	C-Ac. Aleación	8018B2		E-80C-B2
	2-1/4CR	Cañerías	C-Ac. Aleación	8018B2		E-90C-B3
	5CR	Cañerías	C-Ac. Aleación			E-502T-1
A692-74		Tuberías	Cr/Mo	7018A1	ER-8OS-D2	E-110T1-G, E-11OT5-K4
A694-81	F42, F46, R48	Fittings	C-Ac. Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
	F56, F50, F52	Fittings	C-Ac. Aleación	7018, 7028	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
	F60, F65	Fittings	C-Ac. Aleación	8018C3	ER-BOS-D2	E-80C-Ni2, E-81T1-Ni2
A696-81	B, C	Barras	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
A699-77	1, 2, 3, 4	Plancha, Barras	Aleación	10018D2		E-110T1-G, E-110T5-K4, E-120C-G
A704-74	40	Reforzado	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
	60	Reforzado	Acero	9018M		
A706-81		Reforzado	Baja Aleación	8018C3	ER-80S-D2	E-80C-Ni2, E-81T1-Ni2
A707-81	L1, L2, L3	Flanges	C-Ac. Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
	L4	Flanges	C-Ac. Aleación	8018C1		E-80C-Ni2
	L5, L6	Flanges	C-Ac. Aleación	8018C3		E-80C-Ni2, E-81Ti-Ni2
	L7, L8	Flanges	C-Ac. Aleación	8018C2		E-80C-Ni3
A709-81a	36	Estructural	Alta resistencia Baja Aleación	6012, 6013, 7014, 7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-1, E-71T-1
	50, 50W	Estructural	Alta resistencia Baja Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
	100, 100W	Estructural	Alta resistencia Baja Aleación	11018M		E-120C-G, E-110T5-K4
A714-81	I, II, III, IV	Cañerías	Baja Aleación	7018	ER-70S-3, 6	E-70T-1, E-71T-1
	V	Cañerías	Baja Aleación	8018C1		E-80C-Ni2, E-81Ti-Ni2
	VI	Cañerías	Baja Aleación	8018C3		E-80C-Ni2, E-81T1-Ni2
A715-81	50	Chapa, Fleje	Acero	6010, 6012, 6013, 7014, 7018, 7024	ER-70S-3, 6	E-70T-1, E-71T-1
	70	Chapa, Fleje	Acero	8018C3	ER-80S-D2	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1
	80	Chapa, Fleje	Q & T steel	9018M	ER-80S-D2	E-110T1-G, E-110T5-K4
A724-81	A	Estanque a pres.	Acero	9018M		
A732-80	1A, 2A, 3A	Fundición	Acero	6012, 6013, 7014	ER-70S-3, 6	E-70T-1, 4, 7, 8, E-71T-1

INDURA CHILE

Santiago (Casa Matriz)
Camino a Melipilla 7060, Cerrillos
Tel.: (2) 530 3000 - Fax: (2) 557 3471
Casilla 13850 - Correo 21, Santiago
e-mail: info@indura.net

Centro de Servicio al Cliente
Tel.: 600 600 30 30 - Fax: 600 600 67 89

PLANTAS PRODUCTORAS

Cerrillos
Camino a Melipilla 7060, Cerrillos
Tel.: (2) 530 3000 - Fax: (2) 557 3471
Casilla 13850 - Correo 21, Santiago
e-mail: info@indura.net

INDURA Soldaduras Continuas Ltda. - SOLCON
Las Américas 285, Los Cerrillos
Tel.: (2) 530 3000 - Fax: (2) 538 4252

Lirquén
Camino Tomé s/n
Tels.: (41) 238 4809 - 238 4812 - Fax: (41) 238 4815

Graneros
Ruta Panamericana Sur - Kilómetro 74,5
Tel.: (72) 471 922

CAP
Gran Bretaña s/n, Recinto Huachipato
Tel.: (41) 254 5651 - Fax: (41) 254 5630

ENAP Refinería Aconcagua
Avda. Borgoño s/n, Concón
Tel./Fax: (32) 281 3985

CENTRO TÉCNICO INDURA LTDA.

Santiago (Casa Matriz)
Camino a Melipilla 7060, Cerrillos
Tel.: (2) 530 3181 - Fax: (2) 530 3176

Antofagasta
Avda. Pedro Aguirre Cerda 7723
Tel.: (55) 237 366 - Fax: (55) 235 649

Talcahuano
Avda. Gran Bretaña 5061
Tel.: (41) 243 4537 - Fax: (41) 243 4526

SUCURSALES COMERCIALES REGIÓN METROPOLITANA

Cerrillos
Camino a Melipilla 7060

Mapocho
Mapocho 3774

Américo Vespucio
Avda. Américo Vespucio 0469

Los Bronces
Camino a Farellones km. 70, Lo Barnechea

Panamericana Norte
Panamericana Norte 5363

Santa Rosa
Santa Rosa 3790

REGIONES EN CHILE

Arica
Avda. Santa María 2599, Barrio Industrial

Iquique
Desiderio García 152

Antofagasta
Avda. Pedro Aguirre Cerda 7723

Calama
Avda. Balmaceda 4085

Candelaria
Interior Puente Ojanco Apartado Postal,
Tierra Amarilla Nº 3

Copiapó
Los Carrera 1575

La Serena
Balmaceda 5995, Paradero 12

San Felipe
Avda. Maipú 324-A

Saladillo
Camino Industrial s/n, Planta Codelco

Viña del Mar
Limache 4059, Sector El Salto

Rancagua
Capitán Nicolás Maruri 919

Curicó
Avda. Alessandri 1771

Talca
Parque Industrial s/n

Concepción
Avda. Irarrázabal 2597

Talcahuano
Avda. Gran Bretaña 5061

Los Ángeles
Panamericana Sur, Kilómetro 508

Temuco
Camino Aeropuerto Maquehue s/n

Valdivia
Avda. Matta 304, Las Ánimas

Puerto Montt
Polpaico Esquina Pilpilco, Barrio Industrial

Castro
Ruta 5 Norte, Kilómetro 3,7, Sector Ten - Ten

Aysén
Ruta 240, Kilómetro 5

Punta Arenas
Avda. del Arriero 05875

e-mail: info@indura.net • www.indura.net

ARGENTINA

INDURA Argentina S.A.

Dirección: Ruta Panamericana Norte

Km 37.5 Parque Industrial Garín

Buenos Aires, Argentina.

Centro de Servicio al Cliente:

0810 810 6003

CHILE

INDURA S.A. Industria y Comercio

Dirección: Av. Las Américas 585 Cerrillos,

Santiago, Chile.

Centro de Servicio al Cliente:

600 600 3030

COLOMBIA

CRYOGAS S.A.

Dirección: Carrera 50 # 52-50

Edificio Unión Plaza, Piso 10

Medellín, Colombia.

Centro de Servicio al Cliente:

01 8000 514 300

ECUADOR

INDURA Ecuador S.A.

Dirección: Kilómetro 14 1/2 vía Daule,

Guayaquil, Ecuador.

Centro de Servicio al Cliente:

1800 463872

MÉXICO

INDURAMEX S.A. de C.V.

Dirección: Av. Gustavo Baz N° 180,

Bodega D-3 Col. San Jerónimo Tepetlacalco,

Tlalnepantla, Edo. de México.

C.P. 54090

Centro de Servicio al Cliente:

01 800 0046387

PERÚ

INDURA S.A. Perú

Dirección: Av. El Pacífico 401-425,

Independencia, Lima, Perú.

Centro de Servicio al Cliente:

0801 70670

EMPRESA ASOCIADA AL INSTITUTO CHILENO DEL ACERO

INDURA®
Grupo AIR PRODUCTS