

HARDOX®
WEAR PLATE

SOLDADURA HARDOX®



SSAB

ÍNDICE

Soldando la chapa antidesgaste Hardox®	3
Métodos para la preparación de la junta	4
Aporte térmico	5
Evitar el agrietamiento por hidrógeno	6
Temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas	8
Temperaturas recomendadas de precalentamiento	10
Obtención y medición de la temperatura de precalentamiento	12
Recargue de soldadura con metal duro	13
Recomendaciones para minimizar la deformación	14
Tiempo de enfriamiento $t_{8/5}$	16
Secuencia de soldadura y tamaño de apertura de la raíz	17
Consumibles para la soldadura	18
Consumibles de soldadura de acero inoxidable	20
Gases de protección para la soldadura	21
Soldadura sobre imprimación de Hardox®	
Tratamiento térmico posterior a la soldadura	22
Lo último en tecnología de soldadura	23

Manual de soldadura de SSAB

Si desea profundizar aún más en el mundo de la soldadura, le recomendamos el Manual de soldadura de SSAB. Este documento de 132 páginas ofrece una amplia gama de conocimientos y recomendaciones para técnicos, ingenieros y otros profesionales. Contiene recomendaciones para lograr el mejor resultado de soldadura al soldar la chapa antidesgaste Hardox® y el acero de alto rendimiento Strenx®. Describe el ciclo y el flujo térmico, así como el modo de eliminar el riesgo de agrietamiento, mejorar la zona afectada térmicamente, elegir consumibles y material de aporte y las características de la geometría de la unión.

Puede descargar una versión digital o solicitar una versión impresa del Manual de soldadura SSAB en ssab.com/support/steel-handbooks



SOLDANDO LA CHAPA ANTIDESGASTE HARDOX®

La gama de chapas antidesgaste Hardox®, que también incluye chapas finas, redondos, tubos y tuberías, combina un rendimiento único con una soldabilidad excepcional. Se puede utilizar cualquier método de soldadura convencional para soldar el acero Hardox® con cualquier tipo de acero soldable.

Este folleto contiene consejos e información útiles para cualquier persona interesada en simplificar y aumentar la eficiencia de los procesos de soldadura. Proporciona consejos relativos a las temperaturas de precalentamiento, y entre pasadas, aporte térmico, así como información sobre consumibles de soldadura y otro tipo de información.

Con esta información práctica, el usuario se beneficiará de las propiedades únicas de los aceros Hardox®. En este folleto se hace referencia a:

- ▶ Los documentos de TechSupport que facilitan información adicional y abordan temas tales como medidas para evitar discontinuidades de soldadura. También se proporcionan ejemplos de proveedores adecuados de consumibles. Los documentos de TechSupport pueden obtenerse en el Centro de descargas en ssab.com/download-center.
- ▶ Nuestro software WeldCalc™, en su versión de escritorio o como aplicación, permite a los usuarios optimizar las soldaduras, según las condiciones específicas y los requisitos de la estructura soldada. WeldCalc™ se puede descargar en ssab.com/support/calculators-and-tools.

La información que se proporciona en este folleto es tan solo de carácter informativo. SSAB AB declina toda responsabilidad por la eficacia o idoneidad de cualquier aplicación. Es responsabilidad del usuario determinar de forma independiente la idoneidad de todos los productos y/o aplicaciones, así como de probar y verificar los mismos. La información proporcionada por SSAB AB en este documento se proporciona 'tal cual, dónde está' y con todos los errores, y el usuario se responsabilizará de todos los riesgos asociados con dicha información.



PARÁMETROS IMPORTANTES DE LA SOLDADURA

Para garantizar una soldadura de alta calidad, limpie la zona a soldar, para eliminar la humedad, el aceite, la corrosión y las impurezas antes de la soldadura. Además de una buena limpieza previa a la soldadura, no olvide especialmente tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ▶ Elección de los consumibles para la soldadura
- ▶ Temperatura de precalentamiento y temperatura entre pasadas (temperatura de soldadura)
- ▶ Aporte térmico
- ▶ Secuencia de soldadura y tamaño de la separación en la raíz de la soldadura de unión

MÉTODOS PARA LA PREPARACIÓN DE LA UNIÓN

Las uniones se pueden preparar mediante métodos convencionales tales como corte térmico y mecanizado. Si se utiliza el corte térmico, debe haber presente una fina capa de óxido o nitruro con un grosor máx. de aprox. 0,2 mm. Estas capas se eliminan antes de realizar la soldadura, generalmente mediante amoladora.

APORTE TÉRMICO

La mayoría de los procedimientos de soldadura se llevan a cabo con soldadura de CC o CA. Para la soldadura de CC y CA, el aporte térmico se calcula según la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/pulgada)} \end{matrix}$$

El aporte térmico para la soldadura por arco pulsado se puede determinar mediante cualquiera de las dos fórmulas siguientes:

$$Q = \frac{k \cdot IE}{L \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/milímetro)} \end{matrix}$$

$$Q = \frac{k \cdot IP \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/milímetro)} \end{matrix}$$

Q = Aporte térmico kJ/mm (kJ/milímetro)

k = Eficiencia del arco (adimensional)

U = Tensión [V]

I = Intensidad [A]

v = Velocidad de avance mm/min
(milímetros/min)

L = Longitud de una pasada de soldadura
[mm o pulgadas]

IE = Energía instantánea [J]

IP = Potencia instantánea [W]

Cada proceso de soldadura tiene diferentes tipos de eficiencia térmica. En la Tabla 1 se indican valores aproximados para diferentes métodos de soldadura.

Factores de eficiencia térmica de diferentes métodos de soldadura

MÉTODO DE SOLDADURA	EFICIENCIA TÉRMICA (K)
MAG/ GMAW	0,8
MMA/ SMAW, soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido	0,8
SAW, soldadura por arco sumergido	1,0
TIG/ GTAW	0,6

Tabla 1

Un aporte de calor excesivo aumenta la anchura de la zona afectada térmicamente (HAZ, Heat-Affected Zone), lo que a su vez afecta a las propiedades mecánicas, así como a la resistencia al desgaste de la zona afectada por el calor. La soldadura con un bajo aporte térmico ofrece ventajas como las que se especifican a continuación:

- ▶ Mayor resistencia al desgaste de la zona afectada por el calor
- ▶ Menos deformación (uniones soldadas de una sola pasada)
- ▶ Mayor tenacidad de la junta
- ▶ Mayor resistencia de la junta

No obstante, un aporte de calor demasiado bajo podría perjudicar la resistencia a impactos ($t_{8/5}$ * valores por debajo de 3 segundos). En la Tabla 2 se indica el aporte térmico máximo recomendado (Q) para Hardox®.

Recommended maximum heat input for all Hardox® steels

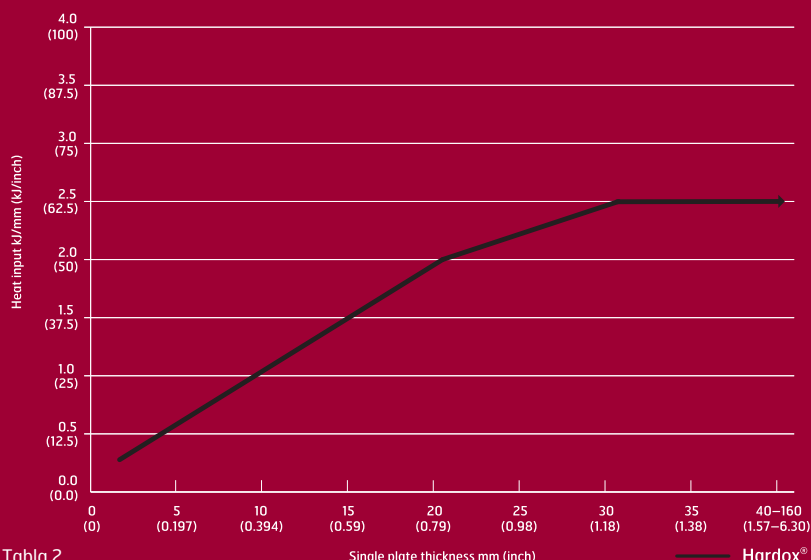


Tabla 2

* consultar la definición en la página 16

EVITAR EL AGRIETAMIENTO POR HIDRÓGENO

Debido a un contenido equivalente de carbono relativamente bajo, todas las calidades de Hardox® resisten mejor el agrietamiento por hidrógeno que otros aceros resistente al desgaste.

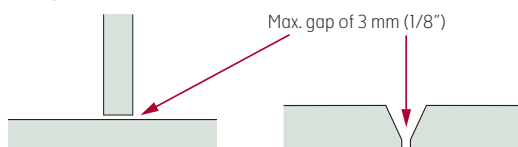
Minimice el riesgo de agrietamiento por hidrógeno siguiendo estas recomendaciones:

- ▶ Precaliente la zona de soldadura a la temperatura mínima recomendada.
- ▶ Mida la temperatura de precalentamiento según las recomendaciones que se proporcionan en la página 10.
- ▶ Use procesos y consumibles que proporcionen un contenido máximo de hidrógeno de 5 ml/100 g de metal de soldadura.
- ▶ Mantenga la junta sin impurezas como oxidación, grasa, aceite o escarcha.
- ▶ Use solo clasificaciones para consumibles de soldadura recomendados por SSAB. (Obtenga más información sobre consumibles de soldadura en la página 18.)
- ▶ Aplique una secuencia de soldadura apropiada con el fin de minimizar las tensiones residuales.
- ▶ Sitúe los comienzos y finalizaciones de las soldaduras preferentemente a 50-100 mm (2"-4") de una esquina para evitar tensiones excesivas en estas zonas, consulte la Imagen 1.
- ▶ Evite separaciones de la raíz de la soldadura superiores a 3 mm; véase la Imagen 2.
- ▶ La separación no debería superar 3 mm (1/8"); véase la Imagen 2.

Imagen 1



Imagen 2





TEMPERATURAS MÍNIMAS DE PRECALENTAMIENTO Y ENTRE PASADAS

Es esencial aplicar la temperatura mínima recomendada para el precalentamiento, así como seguir el procedimiento para obtener y medir la temperatura en la junta y alrededor de la junta con el fin de evitar el agrietamiento por hidrógeno.

Cómo afectan las sustancias de aleación a la hora de seleccionar la temperatura para el precalentamiento y la temperatura entre pases de soldadura

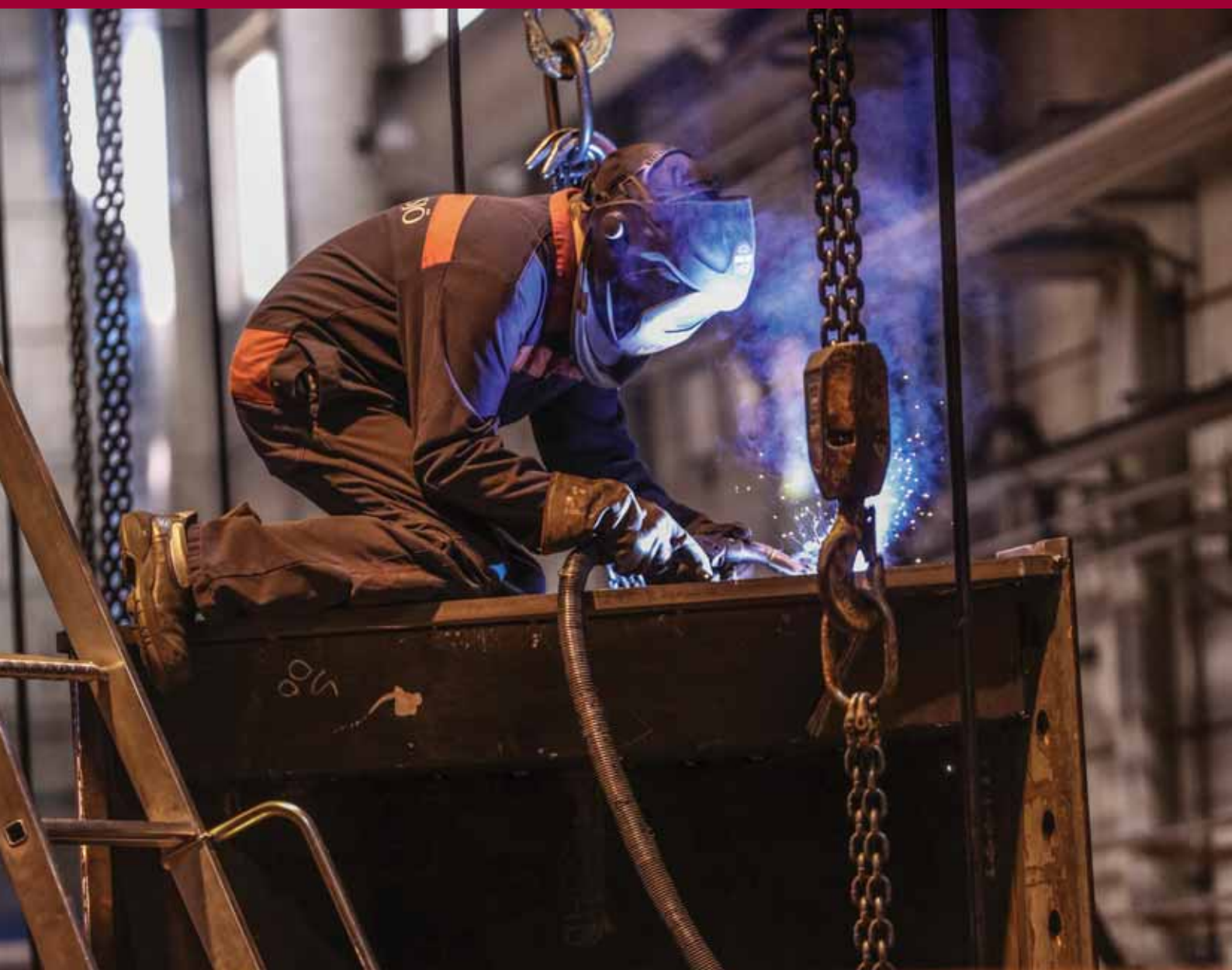
Una combinación única de sustancias de aleación optimiza las propiedades mecánicas de la chapa antidesgaste Hardox®. Esta combinación controla las temperaturas de precalentamiento y entre pasadas del acero Hardox® durante la soldadura, y se puede utilizar para calcular el carbono equivalente. El carbono equivalente se expresa normalmente como CEV o CET, de acuerdo con las ecuaciones que se indican a la derecha.

Las sustancias de aleación se especifican en el certificado de producción del acero Hardox® y se expresan en porcentajes de peso en las dos fórmulas de abajo. Un contenido mayor en carbono equivalente normalmente necesita una temperatura de precalentamiento y una temperatura entre pasadas más alta. El carbono equivalente típico para todas las calidades de Hardox® está garantizado en las fichas de datos de producto de SSAB que se pueden obtener en www.hardox.com.

Sin embargo, si se siguen las temperaturas de precalentamiento mínimas indicadas en este folleto, no será necesario calcular el carbono equivalente.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{[Mo+Cr+V]}{5} + \frac{[Ni+Cu]}{15} \quad [\%]$$

$$CET = C + \frac{[Mn + Mo]}{10} + \frac{[Cr+Cu]}{20} + \frac{Ni}{40} \quad [\%]$$



Temperatura de precalentamiento y temperatura entre pasadas para toda la gama Hardox® de aceros resistentes a la abrasión

Las temperaturas mínimas recomendadas para el precalentamiento y entre pasadas, se indican en las Tablas 3, 4a y 4b. A no ser que se indique lo contrario, estas características se aplican para la soldadura con consumibles no aleados y con bajo contenido de aleación.

- ▶ Cuando se sueldan entre sí chapas* de diferentes espesores, pero de la misma calidad de acero, la chapa más gruesa determina las temperaturas de precalentamiento y entre pasadas; véase la Imagen 4.
- ▶ Cuando se sueldan entre sí diferentes tipos de acero, la chapa* que requiere la temperatura más alta de precalentamiento determina las temperaturas entre pasadas y de precalentamiento.
- ▶ Las Tablas 4a y 4b se aplican para aportes térmicos de 1,7 kJ/mm o superiores. En caso de aplicar aportes térmicos de 1,0 – 1,69 kJ/mm, se recomienda aumentar la temperatura en 25 °C sobre la temperatura recomendada de precalentamiento.
- ▶ Si se aplica un aporte de térmico inferior a 1,0 kJ/mm, recomendamos utilizar la aplicación de WeldCalc™ de SSAB para calcular la temperatura mínima de precalentamiento.
- ▶ Si la humedad ambiente es alta o la temperatura es inferior a 5 °C, las temperaturas más bajas recomendadas de precalentamiento de las Tablas 4a y 4b deben aumentarse en 25 °C.
- ▶ Para chapas de más de 25 mm (0,984”) y geometrías de unión, en las que la raíz del cordón de soldadura se encuentra cerca de la línea central de la chapa, como las soldaduras a tope en V doble, recomendamos desplazar la raíz del cordón de soldadura aproximadamente 5 mm de la línea central de la chapa.

* Chapa, chapa fina, redondo y tubo.

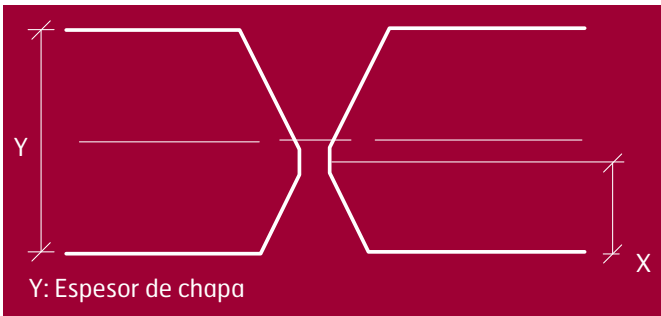


Imagen 3

Temperaturas máximas recomendadas entre pasadas/precalentamiento

Hardox® HiTemp**	300 °C
Hardox® HiTuf**	300 °C
Hardox® HiAce	225 °C
Hardox® 400/400 Tubo y Redondo	225 °C
Hardox® 450	225 °C
Hardox® 500/500 Tubo	225 °C
Hardox® 500 Tuf	225 °C
Hardox® 550	225 °C
Hardox® 600	225 °C
Hardox® Extreme	100 °C

Tabla 3

** En determinados casos, se pueden emplear temperaturas entre pasadas de hasta aproximadamente 400 °C para Hardox® HiTemp y Hardox® HiTuf. En esos casos, utilice WeldCalc™.

La temperatura entre pasadas indicada en la tabla 3 es la temperatura máxima recomendada en la unión (en la parte superior del metal de soldadura) o en posición inmediatamente adyacente a la unión (posición de comienzo), justo antes del inicio de otra pasada.

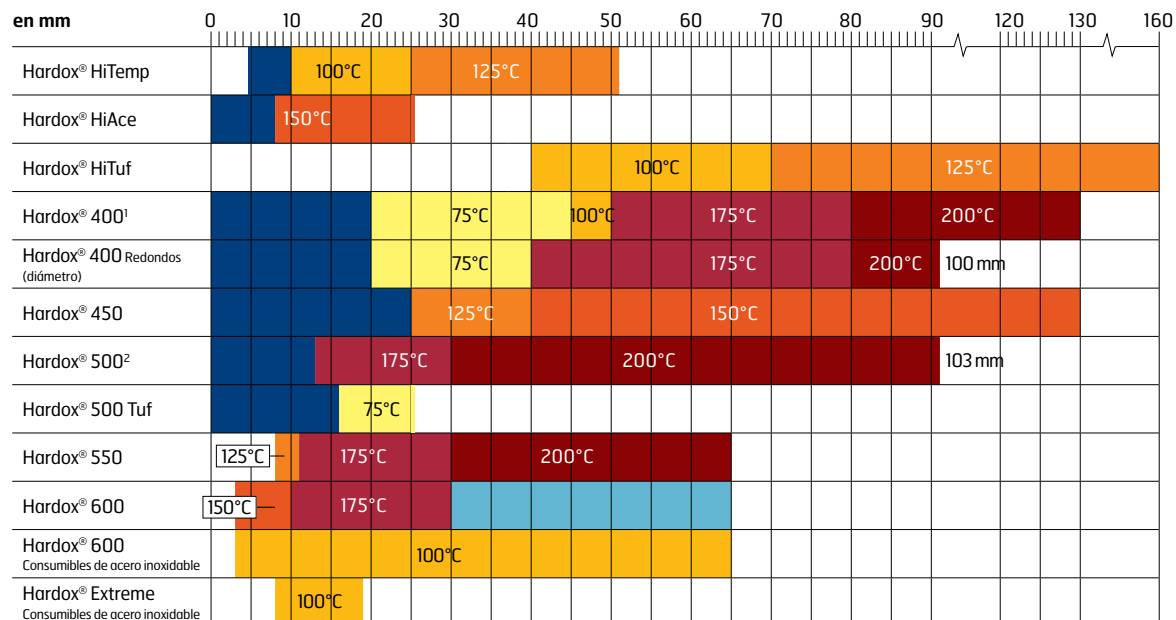
Las temperaturas mínimas recomendadas para el precalentamiento y entre pasadas, indicadas en las Tablas 3, 4a y 4b, no se ven afectadas con aportes de calor superiores a 1,7 kJ/mm. La información se basa en la hipótesis de que se deja enfriar la unión soldada a temperatura ambiente.

Tenga en cuenta que estas recomendaciones también se pueden aplicar a las soldaduras por puntos y cordón de raíz. Por lo general, cada soldadura por puntos debería tener por lo menos una longitud de 50 mm. Para juntas con espesores de chapa de menos de 8 mm, se pueden usar longitudes de puntos más cortas. La distancia entre las soldaduras por puntos puede variar según resulte necesario.

TEMPERATURAS RECOMENDADAS DE PRECALENTAMIENTO

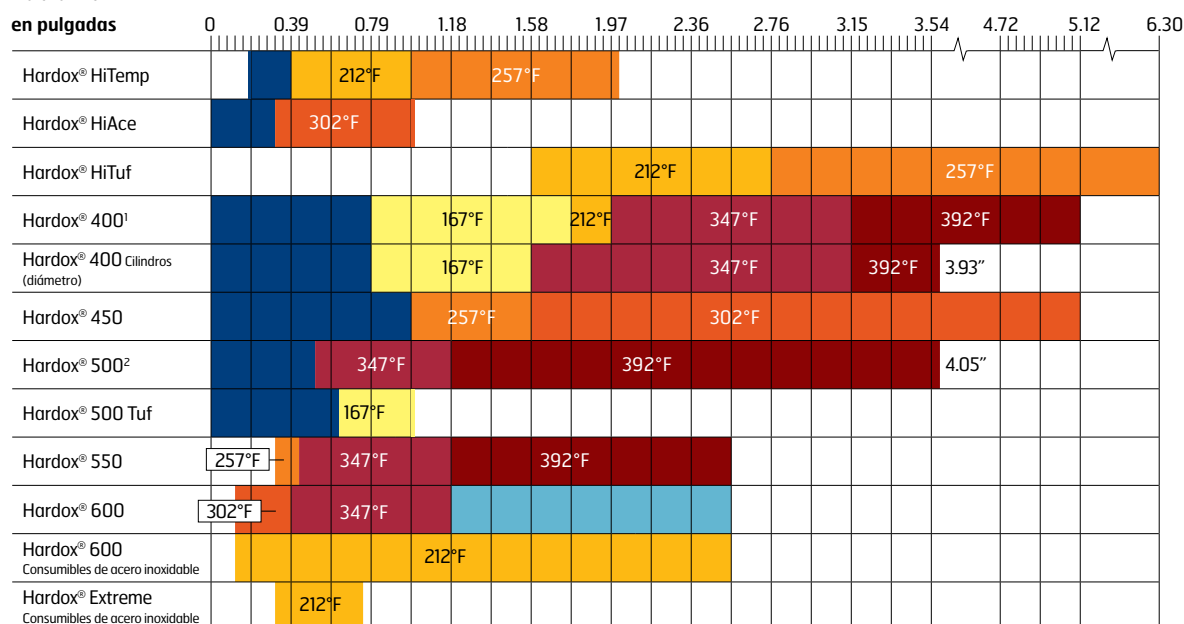
El eje X representa el espesor de la chapa individual (diámetro) en milímetros. Temperatura de precalentamiento y temperatura entre pasadas recomendadas se proporcionan para diferentes espesores de chapa individual. Observe que cada aumento de temperatura comienza a 0,1 mm por encima del espesor indicado en las tablas.

Tabla 4a



Temperatura ambiente (aprox. 20 °C)
 Fuera del rango de medidas
 Solo consumibles de acero inoxidable Temperatura de precalentamiento y temperatura entre pasadas de al menos 100 °C

Tabla 4b



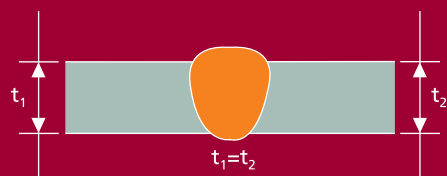
Temperatura ambiente (aprox. 68 °F)
 Fuera del rango de medidas
 Solo consumibles de acero inoxidable Temperatura de precalentamiento y temperatura entre pasadas de al menos 212 °F

¹ La temperatura de precalentamiento para Hardox® 400 también se aplica a los tubos Hardox® 400, que están disponibles en espesores de 3 - 6 mm.

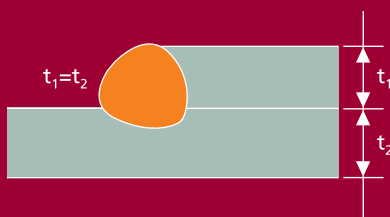
² La temperatura de precalentamiento para Hardox® 500 también se aplica a los tubos Hardox® 500, que están disponibles en espesores de 3 - 6 mm.

Diagrama esquemático con el 'espesor de chapa individual' (diámetro)

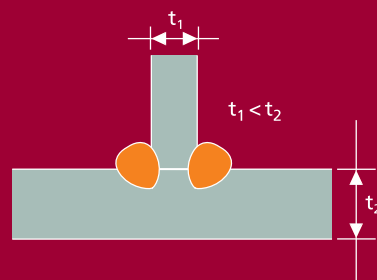
Imagen 4



t_1, t_2
El espesor de la chapa individual es t_1 o t_2 , siempre que se utilice el mismo tipo de acero.



$t_1=t_2$ El espesor de la chapa individual es t_1 o t_2 , siempre que se utilice el mismo tipo de acero.



$t_1 < t_2$ En este caso, el espesor de la chapa individual es t_2 , siempre que se utilice el mismo tipo de acero.



OBTENCIÓN Y MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO

La temperatura de precalentamiento necesaria se puede lograr de diferentes maneras. Con frecuencia, la mejor solución es colocar elementos de precalentamiento eléctrico (imagen 5) alrededor de la junta preparada, ya que proporcionan un calentamiento uniforme en esta zona. Se debe monitorizar la temperatura, por ejemplo con un termómetro de contacto.

Imagen 5: Ejemplo de mantas eléctricas calefactoras

Operación recomendada de precalentamiento

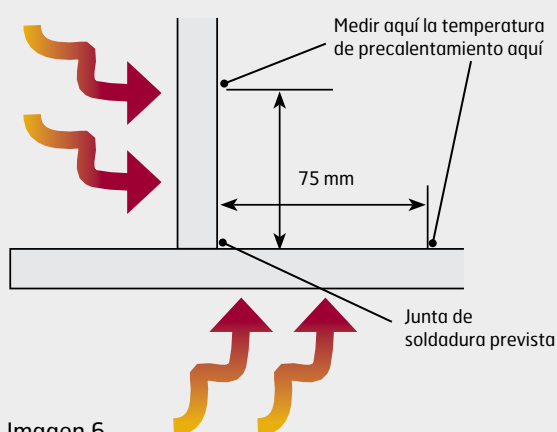
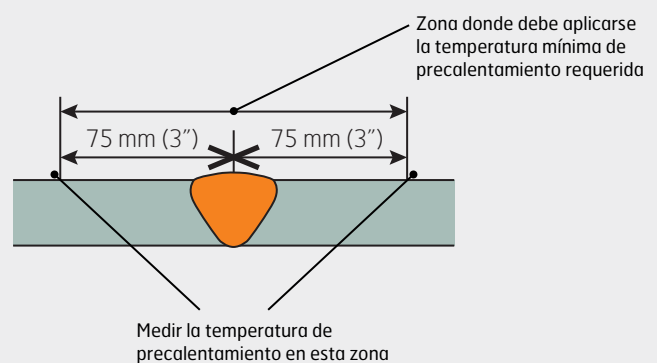


Imagen 6

Espere un mínimo de 2 min/25 mm de espesor, antes de medir la temperatura de precalentamiento. La temperatura mínima de precalentamiento debe obtenerse en una zona de 75 + 75 mm alrededor de la junta de soldadura prevista; ver arriba.



La temperatura entre soldaduras también se puede medir en el metal de soldadura o en el metal de base inmediatamente adyacente.

REVESTIMIENTO DE SOLDADURA CON METAL DURO

Si la junta de soldadura está situada en una zona para la que se prevé mucho desgaste, se puede emplear un revestimiento de soldadura con metal duro con consumibles especiales para aumentar la resistencia al desgaste del metal de soldadura. Deben seguirse las instrucciones para las juntas y para el revestimiento de soldadura con metal duro para Hardox®.

Algunos consumibles para revestimiento con soldadura de metal duro requieren una temperatura de precalentamiento muy alta que puede superar la temperatura máxima entre pases de soldadura recomendada para el acero Hardox®.

Cabe señalar que una temperatura de precalentamiento superior a la temperatura máxima entre pases de soldadura recomendada para el acero Hardox®, puede reducir la dureza de la chapa base y provocar el deterioro de la resistencia al desgaste de la zona precalentada.

Las temperaturas mínima y máxima de precalentamiento son las mismas que para los tipos convencionales de soldadura; ver las tablas 4a y 4b. Ver la Imagen 7 para consultar la definición de espesor de chapa individual para las situaciones con revestimientos de soldadura con metal duro.

Es conveniente soldar una capa de 'búfer' (capa amortiguadora) con una tenacidad muy alta entre la unión soldada normal o la chapa y el revestimiento con metal duro. La elección de los consumibles de la capa de «búfer» (capa amortiguadora) debe cumplir las recomendaciones de soldadura para las chapas antidesgaste Hardox®. Para la capa de 'búfer', deben usarse preferentemente consumibles de acero inoxidable conformes a AWS 307 y AWS 309; ver la Imagen 8.

Imagen 7: Definición de espesor de chapa individual

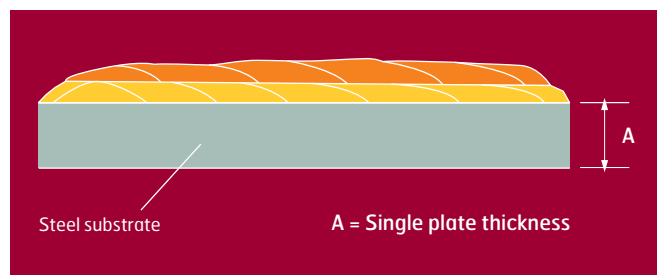
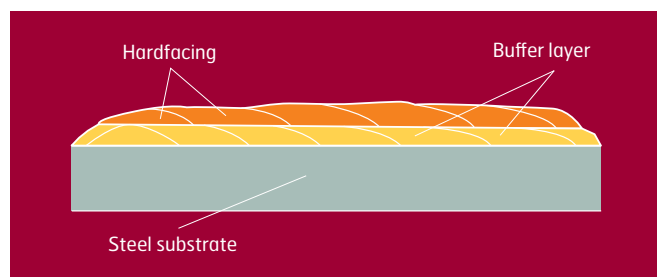


Imagen 8: Ejemplo de secuencia de soldadura para capa de 'búfer' (capa amortiguadora) y revestimiento de soldadura con metal duro



RECOMENDACIONES PARA MINIMIZAR LA DEFORMACIÓN

El grado de deformación durante y después de la soldadura está relacionado con el grosor de la chapa base y con el procedimiento de soldadura aplicado. Minimice el grado de distorsión (deformación), especialmente al soldar espesores más finos, siguiendo estas recomendaciones:

- ▶ Soldar con el mínimo aporte de calor posible (uniones soldadas con pase único).
- ▶ Reducir el área de la sección transversal; ver Imagen 9.
- ▶ Aplicar soldaduras simétricas; ver Imagen 10.
- ▶ Preajustar, fijar o aplicar un ángulo a las piezas antes de proceder a soldar, para compensar la deformación; ver Imagen 11.
- ▶ Evitar una base de soldadura irregular.
- ▶ Minimizar los refuerzos y optimizar el espesor de la garganta de las soldaduras a tope.
- ▶ Reducir la separación entre los puntos de soldadura.
- ▶ Aplicar una técnica de soldadura 'backstep'. En la soldadura 'back-step', todas las pasadas de soldadura se realizan en dirección opuesta al avance general. En la soldadura 'skip', no es necesario dirigir todas las secuencias de soldadura en dirección opuesta al avance general; ver Imagen 12.
- ▶ Soldar desde las zonas rígidas hacia los extremos sueltos; ver Imagen 13.

Imagen 9: Sección transversal de la soldadura y su influencia sobre el ángulo de desviación.

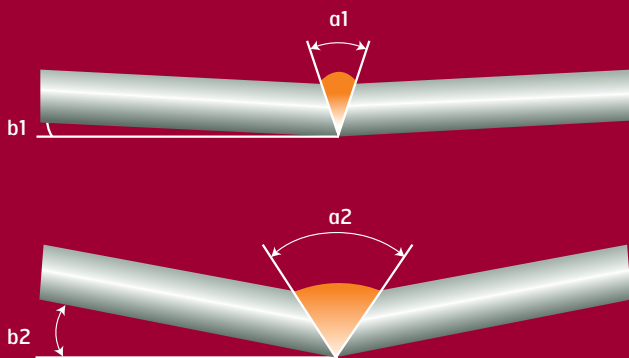


Imagen 10



Imagen 11: Preajuste de una junta de filete y una junta a tope en V simple.



Imagen 12: Utilizar una secuencia de soldadura simétrica.

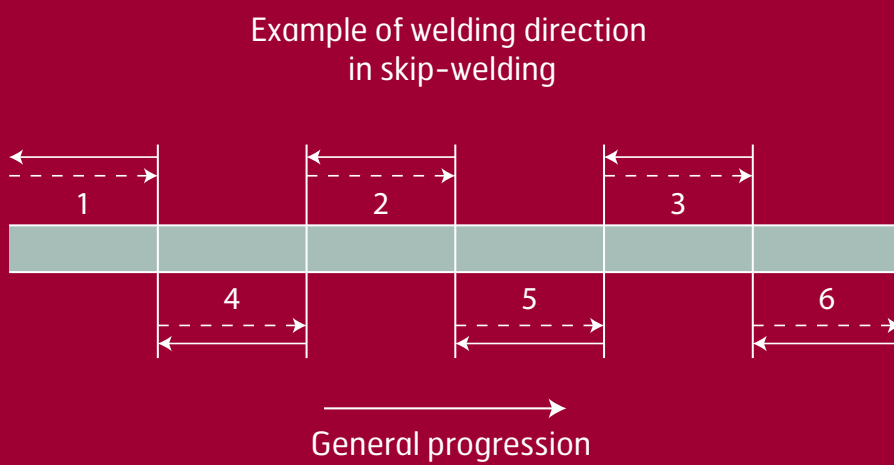
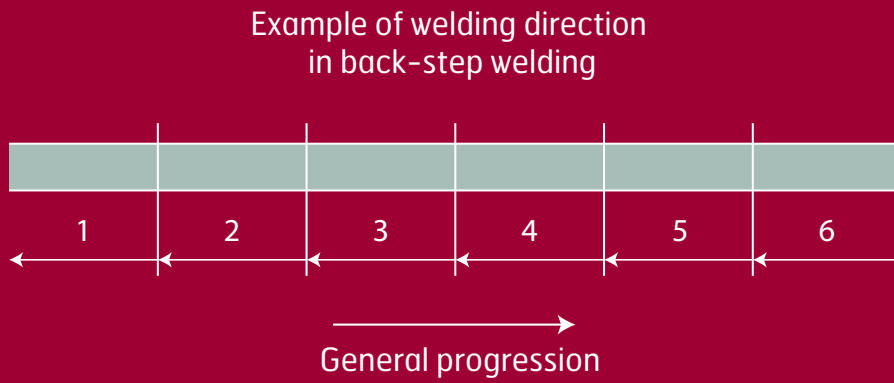
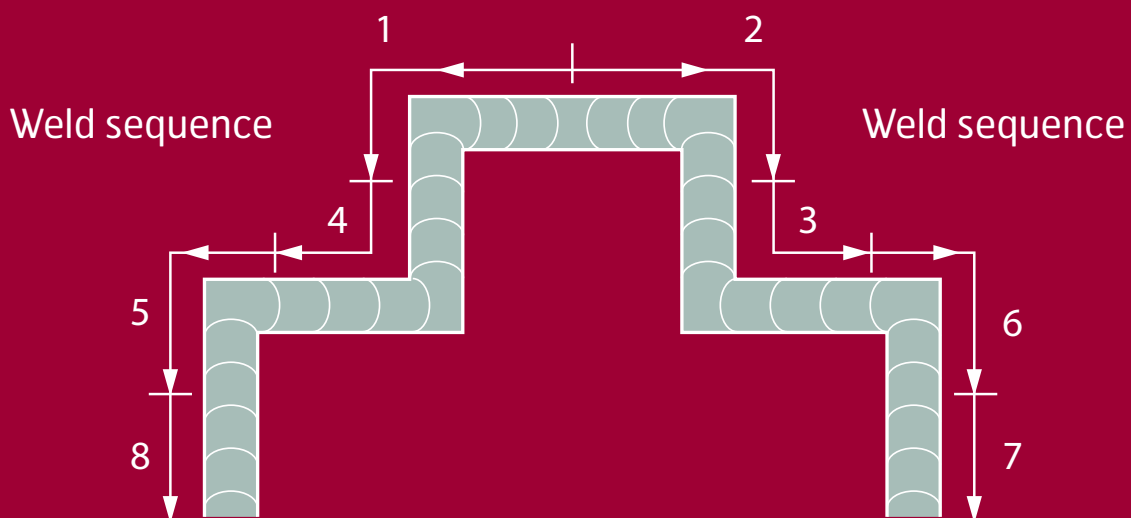


Imagen 13



TIEMPO DE ENFRIAMIENTO $t_{8/5}$

El tiempo de enfriamiento ($t_{8/5}$) es el tiempo que tarda la soldadura en enfriarse de 800° a 500 °C, y proporciona una buena descripción del efecto térmico de la soldadura.

A menudo se proporcionan tiempos de enfriamiento recomendados para los aceros estructurales con el fin de optimizar el proceso de soldadura para un requisito determinado, por ejemplo, obtener una tenacidad mínima.

Los tiempos de enfriamiento máximos recomendados para las diferentes calidades de Hardox® están disponibles en la aplicación WeldCalc™ de SSAB.



WeldCalc™ recomienda y pone a su disposición soldaduras optimizadas

La aplicación WeldCalc™ de SSAB le proporciona los ajustes correctos de la soldadora, incluido el aporte térmico recomendado, las temperaturas de precalentamiento, amperaje, voltaje y la velocidad de desplazamiento. Descargue la aplicación WeldCalc™ o la versión de escritorio en ssab.com/support/calculators-and-tools o bien, escanee los códigos QR que aparecen a continuación para aplicaciones iOS y Android:



App store

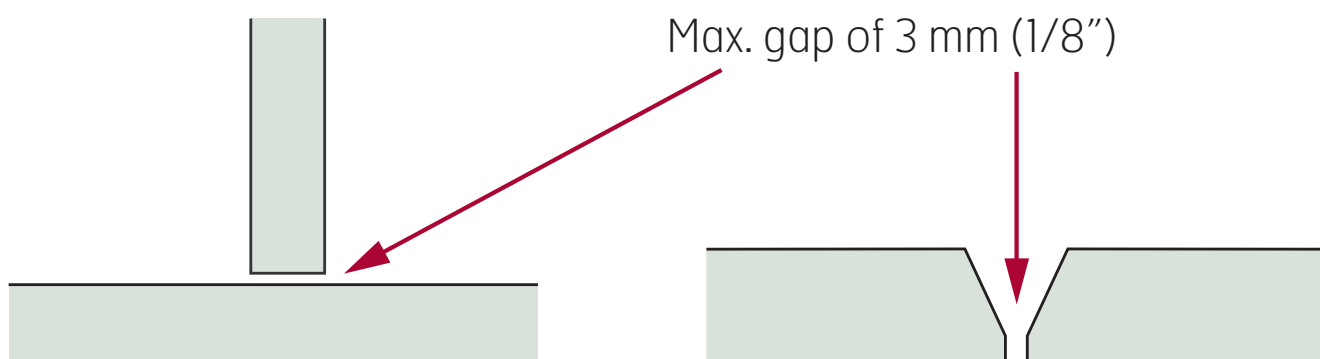
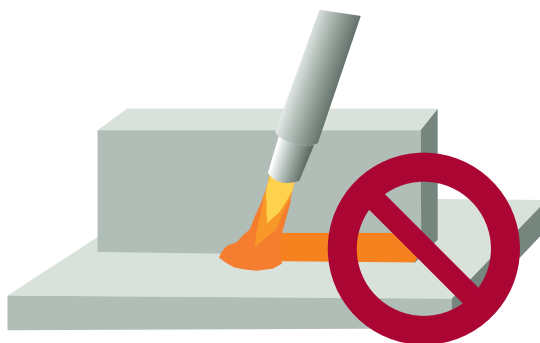


Google play

SECUENCIA DE SOLDADURA Y SEPARACIÓN DE LA UNIÓN DE LA SOLDADURA

Antes de la soldadura por puntos, es importante mantener una apertura de la raíz entre las chapas base no superior a 3 mm; véase la imagen 14. Trate de obtener un tamaño de separación a lo largo de la unión lo más uniforme posible. Además, evite comenzar y parar la soldadura en zonas con tensiones grandes. En la medida de lo posible, los comienzos y paradas deben ser al menos a 50-100 mm de las esquinas; ver Imagen 14. Con el fin de evitar defectos en los extremos al soldar dos chapas, podemos desplazar el inicio y final de la soldadura fuera, añadiendo dos pequeñas chapas de sacrificio al inicio y final del cordón.

Imagen 14: Evite las posiciones de arranque y parada en las zonas sometidas a mayor tensión como las esquinas. El hueco de separación no debería superar 3 mm.



CONSUMIBLES PARA LA SOLDADURA

Resistencia de consumibles de soldadura no aleados y con bajo contenido de aleación

Normalmente, para el acero Hardox® se recomiendan consumibles no aleados y de bajo contenido de aleación, con un límite elástico máximo de 500 MPa (72 ksi). Se puede usar consumibles de mayor tensión de rotura (Re máx. 900 MPa) para Hardox® 400 y 450 con un intervalo de espesores de 0,7-6,0 mm.

Los consumibles con bajo contenido de aleación tienen como consecuencia una dureza mayor del metal de soldadura, lo que puede reducir la tasa de desgaste del metal de soldadura.

Si las propiedades de desgaste del metal de soldadura son esenciales, la parte superior de la unión de la junta puede soldarse con consumibles utilizados para el revestimiento de soldadura con metal duro; ver el capítulo 'Revestimiento de soldadura con metal duro' en la página 15.

Además, en la Tabla 5 se recomiendan consumibles para aceros Hardox® y sus clasificaciones de conformidad con la clasificación AWS y EN.

Requisitos de contenido de hidrógeno de consumibles de soldadura no aleados y con bajo contenido de aleación

El contenido de hidrógeno debe ser inferior o igual a 5 ml de hidrógeno por cada 100 gramos de metal de soldadura al soldar con consumibles de soldadura no aleados o con bajo contenido de aleación.

El electrodo sólido utilizado para la soldadura MAG/GMA (soldadura a gas y arco metálico) y soldadura TIG/GTA puede producir estos bajos contenidos de hidrógeno en el metal de soldadura. La información acerca del contenido de hidrógeno para otros tipos de consumibles de soldadura debe obtenerse de los fabricantes correspondientes. SSAB proporciona ejemplos de consumibles adecuados en el documento de TechSupport n.º 60 que se puede obtener en nuestra página web en ssab.com.

Si los consumibles se almacenan conforme a las recomendaciones del fabricante, se mantendrá el contenido de hidrógeno de forma que satisfaga los requisitos mencionados a continuación. Esto también es aplicable a todos los consumibles con revestimiento y fundentes.

Tabla 5: : Consumibles recomendados para toda la gama de productos de chapa antidesgaste Hardox®

MÉTODO DE SOLDADURA	CLASIFICACIÓN DE AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY)	CLASIFICACIÓN DE EN (AMERICAN WELDING SOCIETY)
MAG/ GMAW, electrodo sólido	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 42x
	AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 46x
MAG/ MCAW, alambre con núcleo de metal	AWS A5.28 E7XC-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
MAG/ FCAW, alambre tubular relleno de fundente	AWS A5.29 E7XT-X	EN ISO 17632 -A- T 42xH5
	AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632 -A- T 46xH5
MMA (SMAW), soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido	AWS A5.5 E70X	EN ISO 2560-A- E 42xH5
	AWS A5.5 E80X	EN ISO 2560-A- E 46xH5
SAW, soldadura por arco sumergido	AWS A5.23 F49X	EN ISO 14171-A- S 42x
	AWS A5.23 F55X	EN ISO 14171-A- S 46x
TIG/ GTAW	AWS A5.18 ER70X	EN ISO 636-A- W 42x
	AWS A5.28 ER80X	EN ISO 636-A- W 46x

Nota: La X representa uno o más caracteres.



CONSUMIBLES DE SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE

Se pueden usar consumibles de aceros inoxidables austeníticos para la soldadura de todos los productos de Hardox®, como se muestra en la tabla 6. Permiten la soldadura a temperatura ambiente 5-20° C sin necesidad de precalentamiento, excepto para Hardox® 600 y Hardox® Extreme.

SSAB recomienda dar preferencia primero a los consumibles conformes a AWS 307, y en segundo lugar a los conformes a AWS 309. Estos tipos de consumibles tienen un límite elástico de hasta aproximadamente 500 MPa en todo el metal de soldadura.

El tipo AWS 307 soporta mejor el agrietamiento en caliente que el tipo AWS 309. Cabe señalar que los fabricantes rara vez especifican el contenido de hidrógeno de los consumibles de acero inoxidable, ya que el hidrógeno no afecta a la eficacia de los productos tanto como los afecta en consumibles no aleados y con bajo contenido de aleación. SSAB no impone restricciones sobre el contenido máximo de hidrógeno para estos tipos de consumibles. Se pueden encontrar ejemplos de consumibles de acero inoxidable adecuados en el documento TechSupport n.º 60 que se puede obtener en ssab.com.

Tabla 6: Consumibles recomendados para toda la gama de productos de chapa antidesgaste Hardox®

MÉTODO DE SOLDADURA	CLASIFICACIÓN DE AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY)	CLASIFICACIÓN DE EN (AMERICAN WELDING SOCIETY)
MAG/ GMAW, electrodo sólido	AWS 5.9 ER307	Recomendado: EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Adecuado: EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
MAG/ MCAW, alambre con núcleo de metal	AWS 5.9 EC307	Recomendado: EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Adecuado: EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MAG/ FCAW, Alambre tubular relleno de fundente	AWS 5.22 E307T-X	Recomendado: EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Adecuado: EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
Soldadura MMA/ SMAW, soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido	AWS 5.4 E307-X	Recomendado: EN ISO 3581-A: 18 18 Mn/ EN ISO 3581-B: 307 Adecuado: EN ISO 3581-A: 22 12 X/ EN ISO 3581-B: 309X
SAW, soldadura por arco sumergido	AWS 5.9 ER307	Recomendado: EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Adecuado: EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
TIG/ GTAW	AWS 5.9 ER307	Recomendado: EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Adecuado: EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

Nota: La X representa uno o más caracteres.

GAS DE PROTECCIÓN PARA SOLDADURA

Los gases protectores para las chapas antidesgaste Hardox® son generalmente los mismos que aquellos que normalmente se eligen para aceros no aleados y con bajo contenido de aleación.

Los gases protectores utilizados para soldadura MAG/GMA de aceros Hardox® contienen normalmente una mezcla de argón (Ar) y dióxido de carbono (CO₂). En ocasiones se utiliza una pequeña cantidad de oxígeno (O₂) junto con el argón y el CO₂ con el fin de estabilizar el arco y reducir las salpicaduras (proyecciones).

Para la soldadura manual, se recomienda una mezcla de gas protector con un contenido aproximado de 18-20% de CO₂ en argón, lo que facilita la buena penetración en el material

con una cantidad razonable de salpicaduras (proyecciones). En caso de utilización de soldadura automática o robot de soldadura, se puede usar un gas protector con 8-10% CO₂ en argón para optimizar el resultado de la soldadura con respecto al nivel de productividad y de salpicaduras (proyecciones).

La imagen 15 muestra los efectos de diversas mezclas de gases protectores. La tabla 7 contiene recomendaciones de gases protectores para diferentes métodos de soldadura. Las mezclas de gases protectores indicadas en la tabla 7 son mezclas generales aptas para transferencia por cortocircuito (soldadura por arco en corto-circuito) y soldadura por spray (transferencia en rociadura).

Imagen 15: Mezclas de gases protectores y sus efectos en el proceso de soldadura

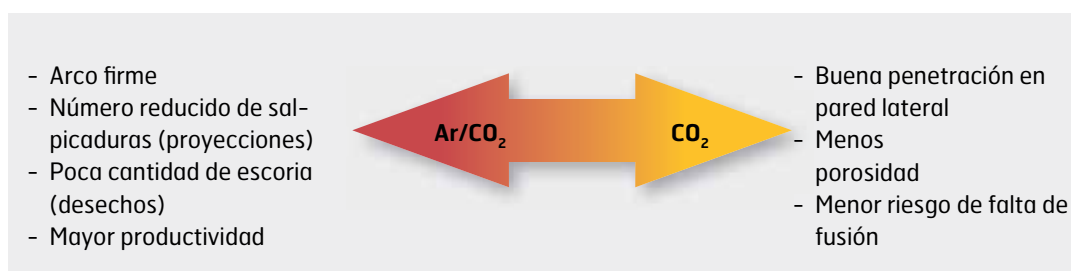


Tabla 7: Ejemplos de mezclas de gases protectores y recomendaciones

MÉTODO DE SOLDADURA	TIPO DE ARCO	POSICIÓN	GAS DE PROTECCIÓN PARA SOLDADURA
MAG/ GMAW, electrodo sólido	Soldadura por cortocircuito	Todas las posiciones	18 – 25% CO ₂ en Ar
MAG/ MCAW, alambre con núcleo de metal	Soldadura por cortocircuito	Todas las posiciones	18 – 25% CO ₂ en Ar
MAG/ GMAW, electrodo sólido	Soldadura por spray	Horizontal	15 – 20% CO ₂ en Ar
MAG/ GMAW, FCAW	Soldadura por spray	Todas las posiciones	15 – 20% CO ₂ en Ar
MAG/GMAW, MCAW	Soldadura por spray	Horizontal	15 – 20% CO ₂ en Ar
MAG/GMAW robotizada y automatizada	Soldadura por spray	Horizontal	8 – 18 % CO ₂ en Ar
TIG/ GTAW		Todas las posiciones	100% Ar

Nota: En ocasiones se usan mezclas de gases con tres componentes, por ejemplo O₂, CO₂, en Ar a fin de optimizar las propiedades de soldadura.

En todos los métodos de soldadura basados en gas de protección para soldadura, el caudal del gas protector depende de las condiciones de soldadura. Como norma general, el caudal del gas protector en l/min debe ser igual al diámetro interior de la boquilla (inyector) de gas medida en mm.

SOLDADURA SOBRE IMPRIMACIÓN DE HARDOX®

Se puede soldar directamente sobre la imprimación de Hardox® gracias su contenido bajo de zinc. La imprimación se puede eliminar fácilmente mediante pulido o amolado en la zona alrededor de la junta; ver la imagen de abajo.

Puede resultar conveniente eliminar la imprimación antes de soldar, ya que de esta forma se puede minimizar la porosidad de la soldadura y facilitar la soldadura fuera de posición. Si la imprimación permanece en la superficie a soldar, la porosidad en esta superficie y en la sub-superficie podría ser un poco mayor. El proceso de soldadura FCAW (alambre tubular relleno de fundente) con fundente básico ofrece la porosidad más baja.

Es importante asegurar una buena ventilación en las instalaciones de fabricación para evitar el efecto perjudicial que podría tener la imprimación sobre el soldador así como en el entorno.

La imprimación se puede eliminar fácilmente mediante cepillado si es necesario.



TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA

Se pueden eliminar las tensiones de Hardox® HiTuf y Hardox® HiTemp mediante un tratamiento térmico posterior a la soldadura, aunque rara vez resulta necesario. No se debe utilizar este método para reducir las tensiones en otras clases de aceros Hardox®, ya que podría afectar a las propiedades mecánicas. Para obtener más información, consulte el Manual de soldadura de SSAB. Descargue su copia gratuita del Manual de soldadura de SSAB en ssab.com/support/steel-handbooks.





LA TECNOLOGÍA DE SOLDADURA MÁS AVANZADA

En las propias estaciones de soldadura de los Centros de I+D de SSAB, probamos continuamente las tecnologías y las máquinas más avanzadas para ofrecerle las mejores recomendaciones de soldadura.

Con la tecnología SAW Narrow-Gap que utiliza uno o dos electrodos, puede soldar espesores de chapa antidesgaste Hardox® más gruesos. Obtendrá unos resultados de alta calidad con menos electrodo y fundente en polvo además de reducir el tiempo de funcionamiento de la máquina, ahorrar energía y reducir los costes de producción. Y con SAW ICE (alambre frío integrado), puede utilizar una velocidad de soldadura más alta, un menor aporte de calor y obtener una tasa de deposición más alta que con los métodos convencionales.

Sea cual sea el proceso adecuado para usted, le ayudaremos a asegurarse de que consigue mejores propiedades del material soldado y tasas de productividad más altas.

SSAB es una empresa nórdica siderúrgica con sede también en Estados Unidos. SSAB ofrece productos y servicios de valor añadido desarrollados en estrecha colaboración con sus clientes para crear un mundo más sólido, ligero y sostenible. SSAB proporciona empleo a personas en más de 50 países. SSAB cuenta con instalaciones de producción en Suecia, Finlandia y Estados Unidos. SSAB cotiza en bolsa, en el mercado Nasdaq de Estocolmo, y de manera secundaria en el mercado Nasdaq de Helsinki. www.ssab.com. Síguenos también en redes sociales: Facebook, Instagram, LinkedIn, Twitter y YouTube.



SSAB
SE-613 80 Oxelösund
Suecia

T: +46 155 25 40 00
F: +46 155 25 40 73
E: contact@ssab.com

www.hardox.com

Hardox® es una marca registrada del grupo empresarial SSAB. Todos los derechos reservados. La información que se proporciona en este folleto es tan solo de carácter informativo. SSAB AB declina toda responsabilidad por la eficacia o idoneidad para una aplicación específica. Es responsabilidad del usuario determinar de forma independiente la idoneidad de todos los productos y/o aplicaciones, así como de probar y verificar los mismos. La información proporcionada por SSAB AB en este documento se proporciona 'tal cual, dónde está' y con todos los errores, y el usuario se responsabilizará de todos los riesgos asociados con dicha información.

SSAB