

HARDOX®
WEAR PLATE

SOUUDAGE DE HARDOX®



SSAB

SOMMAIRE

Soudage de la tôle d'usure Hardox®	3
Méthodes de préparation des joints	4
Énergie de soudage	5
Éviter les fissurations par hydrogène	6
Températures de préchauffage et entre passes minimales	8
Températures de préchauffage recommandées	10
Atteindre et mesurer la température de préchauffage	12
Rechargement dur	13
Recommandations pour limiter les déformations	14
Temps de refroidissement $t_{8/5}$	16
Séquence de soudage et écartement à la racine	17
Consommables de soudage	18
Consommables de soudage en acier inoxydable	20
Gaz de protection	21
Soudage sur le primaire	22
Traitement thermique après soudage	22
Les dernières technologies de soudage	23



Manuel de soudage SSAB

Si vous voulez explorer le monde du soudage plus en détail, nous vous recommandons le manuel de soudage SSAB. Ce document de 132 pages fournit tout un ensemble d'informations et de recommandations pour les techniciens, ingénieurs et autres professionnels. Il contient des recommandations pour obtenir les meilleurs résultats lors du soudage des tôles d'usure Hardox® et de l'acier haute performance Strenx®. Il décrit le flux et le cycle thermique, explique comment éliminer les risques de fissurations, améliorer les caractéristiques dans la ZAT, le choix de consommables et matériaux d'apport, ainsi que les caractéristiques de géométrie du joint.

Vous pouvez télécharger une version numérique ou commander une version imprimée du Manuel de soudage SSAB à l'adresse ssab.com/support/steel-handbooks

SOUDAGE DE LA TÔLE D'USURE HARDOX®

La gamme de plaque d'usure Hardox®, qui inclut aussi la tôle, les barres rondes, les tuyaux et les tubes, allie des performances uniques à une soudabilité exceptionnelle. Toute méthode de soudage conventionnelle peut être utilisée pour souder l'acier Hardox® sur un autre acier soudable.

Vous trouverez dans cette brochure des recommandations et informations utiles qui vous permettront de simplifier et d'améliorer l'efficacité de vos opérations de soudage. Elle reprend les recommandations de températures de préchauffage et entre passes, énergie de soudage, consommables et autres aspects techniques.

Ces conseils pratiques permettront à chaque utilisateur de tirer pleinement parti des propriétés uniques des aciers Hardox®. Dans cette brochure, vous trouverez des références aux éléments suivants :

- ▶ Documents de support technique fournissant davantage d'informations et abordant des thèmes particuliers tels que les mesures pour éviter les discontinuités. Ils reprennent également des exemples de fournisseurs de consommables. Les documents de support technique sont à disposition dans le Centre de téléchargements à l'adresse suivante: ssab.com/download-center.
- ▶ WeldCalc™ en version de bureau ou application smartphone permet aux utilisateurs d'optimiser l'opération de soudage en respectant les conditions et exigences spécifiques de la structure soudée. WeldCalc™ peut être téléchargée à l'adresse ssab.com/support/calculators-and-tools.

Les informations contenues dans cette brochure sont uniquement fournies à titre indicatif. SSAB AB décline toute responsabilité quant à la pertinence ou l'adéquation de ces informations pour toute application spécifique. Il incombe à l'utilisateur de déterminer de manière indépendante l'adéquation de tous les produits ou applications, de les tester et les vérifier. Les informations communiquées ci-dessous par SSAB AB sont fournies « en l'état », toutes erreurs éventuelles comprises, sans garantie d'aucune sorte. Le risque associé à ces informations incombe à l'utilisateur.



PARAMÈTRES IMPORTANTES POUR LE SOUDAGE

Pour assurer une soudure de haute qualité, nettoyez la zone à souder pour éliminer toute trace d'humidité, d'huile, de corrosion ou autres impuretés avant de commencer. Après vous être assurés de pouvoir travailler proprement, une attention particulière doit être portée aux éléments suivants :

- ▶ Choix des consommables de soudage
- ▶ Températures de préchauffage et de maintien
- ▶ Énergie de soudage
- ▶ Séquence de soudage et écartement à la racine dans le joint

MÉTHODES DE PRÉPARATION DES JOINTS

Les joints peuvent être préparés selon les méthodes conventionnelles comme la découpe thermique et l'usinage. Si la découpe thermique est utilisée, il se formera une fine couche d'oxyde ou de nitrure d'environ 0,2 mm d'épaisseur. Ces couches sont éliminées avant le soudage, en général par meulage.

ÉNERGIE DE SOUDAGE

La plupart des opérations de soudage sont réalisées en courant continu (CC) ou courant alternatif (CA). Pour le soudage CC et CA, l'énergie de soudage est calculée selon la formule suivante.

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

L'énergie de soudage pour le soudage à arc pulsé peut être déterminée par l'une des deux formules suivantes :

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

ou

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

Q = Énergie de soudage kJ/mm (kJ/po)

k = Rendement thermique (sans dimensions)

U = Tension [V]

I = Intensité [A]

v = Vitesse d'avance mm/min (pouce/min)

L = Longueur de cordon [mm ou pouces]

IE = Énergie instantanée [J]

IP = Puissance instantanée [W]

Chaque procédé de soudage a un rendement thermique différent. Le tableau 1 indique les valeurs approximatives selon le procédé utilisé.

Facteurs de rendement thermique pour différents procédés de soudage

PROCÉDÉ DE SOUDAGE	RENDEMENT THERMIQUE (K)
MAG/ GMAW	0,8
MMA/ SMAW	0,8
SAW	1
TIG/ GTAW	0,6

Tableau 1.

Une énergie de soudage excessive augmente la largeur de la zone affectée thermiquement (ZAT) et altère les propriétés mécaniques et la résistance à l'abrasion dans la ZAT. Une faible énergie de soudage présente plusieurs avantages :

- ▶ Meilleure résistance à l'abrasion dans la ZAT
- ▶ Déformations réduites (soudage monopasse)
- ▶ Meilleure ténacité du joint
- ▶ Meilleure résistance du joint

Une très faible énergie de soudage peut néanmoins affecter négativement les valeurs de résilience (valeurs $t_{8/5}^*$ inférieures à 3 secondes). Le tableau 2 indique l'énergie de soudage maximale recommandée (Q) pour l'acier Hardox®.

Apport thermique maximum recommandé pour tous les aciers Hardox®

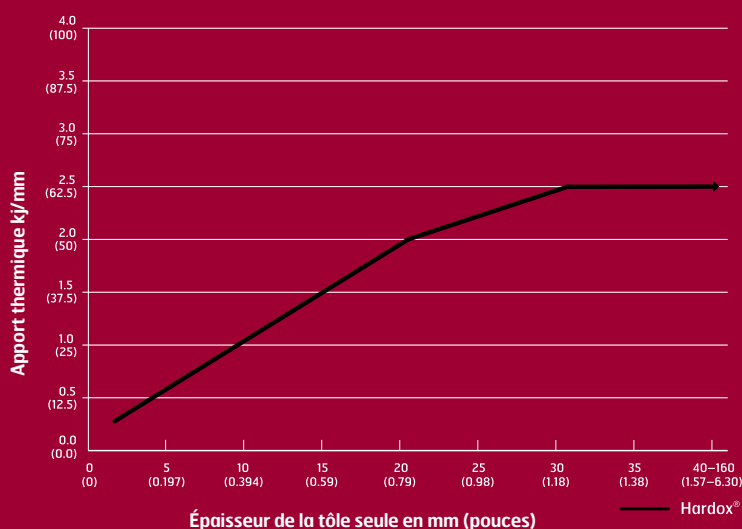


Tableau 2

* voir la définition à la page 16

ÉVITER LA FISSURATION PAR L'HYDROGÈNE

Du fait d'un carbone équivalent relativement faible, toutes les nuances d'acier Hardox® résistent mieux à la fissuration par hydrogène que d'autres aciers anti-abrasion.

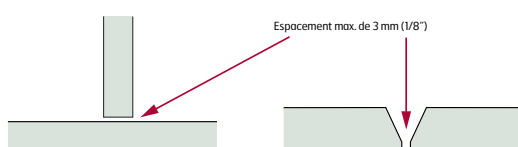
Pour réduire les risques de fissuration par hydrogène, suivez ces recommandations :

- ▶ Préchauffez la zone à souder à la température minimale recommandée.
- ▶ Mesurez la température de préchauffage selon les recommandations de préchauffage à la page 10.
- ▶ Utilisez des procédés et consommables permettant d'obtenir une teneur en hydrogène maximale de 5 ml/100 g de métal fondu.
- ▶ Maintenez le joint exempt d'impuretés (rouille, graisse, huile ou givre).
- ▶ Utilisez exclusivement des consommables de soudage répondant aux classifications recommandées par SSAB. (Plus de détails sur les consommables de soudage à la page 18.)
- ▶ Adoptez une séquence de soudage appropriée pour limiter les contraintes résiduelles.
- ▶ Positionnez les débuts et fins de cordon de préférence à au moins 50-100 mm (2"-4") d'un angle pour éviter les contraintes excessives à ces endroits. Voir figure 1.
- ▶ Assurez-vous que l'écartement à la racine ne dépasse pas 3 mm (1/8") ; voir figure 2.
- ▶ L'écartement ne doit pas dépasser 3 mm (1/8") ; voir figure 2.

Figure 1



Figure 2





TEMPÉRATURES MINIMALES DE PRÉCHAUFFAGE ET ENTRE PASSES

Afin d'éviter la fissuration par hydrogène, il est important de respecter la température de préchauffage minimale recommandée et de suivre la procédure permettant d'atteindre et de mesurer la température à l'intérieur et autour du joint.

Influence des éléments d'alliage sur le choix des températures de préchauffage et entre passes

Une combinaison unique d'éléments d'alliage permet d'optimiser les propriétés mécaniques de la tôle d'usure Hardox®. Cette combinaison régit les températures de préchauffage et entre passes de l'acier Hardox® lors du soudage, et peut être utilisée pour calculer la valeur de carbone équivalent. Le carbone équivalent est généralement exprimé en CEV ou CET, conformément aux formules à droite.

Les éléments d'alliage sont indiqués sur le certificat usine de l'acier Hardox® et exprimés en pourcentage massique dans

les deux formules ci-dessous. Une valeur carbone équivalent supérieure nécessite généralement une température de préchauffage et entre passes plus élevée. La valeur typique de carbone équivalent pour toutes les nuances Hardox® est garantie dans les fiches techniques produits SSAB disponibles sur le site www.hardox.com.

Toutefois, si les températures minimales de préchauffage indiquées dans cette brochure sont respectées, il n'est pas nécessaire de calculer le carbone équivalent.

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

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



Températures de préchauffage et entre passes pour l'intégralité de la gamme d'acier anti-abrasion Hardox®

La température de préchauffage minimale recommandée et la température entre passes maximale pendant le soudage sont indiquées dans les tableaux 3, 4a et 4b. Sauf indication contraire, ces valeurs sont applicables au soudage avec des consommables non alliés et faiblement alliés.

- ▶ Lorsque des tôles* de différentes épaisseurs mais de même nuance d'acier sont soudées ensemble, c'est la tôle la plus épaisse qui détermine les températures requises de préchauffage et entre passes ; voir figure 4.
- ▶ Lorsque des types d'acier différents sont soudés ensemble : les températures de préchauffage et entre passes sont déterminées par la tôle* nécessitant la température de préchauffage la plus élevée.
- ▶ Les données des tableaux 4a et 4b sont applicables aux énergies de soudage supérieures ou égales à 1,7 kJ/mm (43,2 kJ/pouce). Si vous utilisez des énergies de soudage comprises entre 1 et 1,69 kJ/mm (25,4 – 42,9 kJ/pouce), nous vous recommandons d'augmenter la température de 25° C (77°F) au-dessus de la température de préchauffage recommandée.
- ▶ Si vous appliquez une énergie de soudage inférieure à 1 kJ/mm (25,4 kJ/pouce), nous vous recommandons de calculer la température de préchauffage minimale préconisée avec l'application WeldCalc de SSAB.
- ▶ Si l'humidité ambiante est élevée ou si la température est inférieure à 5° C (41° F), augmentez de 25° C (77° F) les températures de préchauffage les plus basses recommandées dans les tableaux 4a et 4b.
- ▶ Pour les tôles de plus de 25 mm (0,984"), et les géométries d'assemblage, dont la passe de fond est proche de la ligne médiane de la tôle comme les soudure en X (V double), nous recommandons de décaler la passe de fond d'environ 5 mm (0,197") de la ligne médiane de la tôle.

* Plaque, tôle, barre ronde et tube.

Température entre passes/température de préchauffage maximales recommandées

Hardox® HiTemp**	300 °C
Hardox® HiTuf**	300 °C
Hardox® HiAce	225 °C
Hardox® 400/400 Tube et Barre ronde	225 °C
Hardox® 450	225 °C
Hardox® 500/500 Tube	225 °C
Hardox® 500 Tuf	225 °C
Hardox® 550	225 °C
Hardox® 600	225 °C
Hardox® Extreme	100 °C

Tableau 3

** Dans certains cas, il est possible d'utiliser des températures entre passes allant jusqu'à env. 400° C (752° F) pour Hardox® HiTemp et Hardox® HiTuf. Pour ces cas, reportez-vous à WeldCalc™.

La température entre passes indiquée dans le tableau 3 correspond à la température maximale recommandée dans le joint (sur le métal fondu) ou zone directement adjacente au joint (position de départ), juste avant de démarrer la passe suivante.

La température de préchauffage minimale recommandée et la température entre passes maximale indiquées dans les tableaux 3, 4a et 4b ne sont pas affectées par des énergies de soudage supérieures à 1,7 kJ/mm (43,2 kJ/pouce). Ces informations sont basées sur l'hypothèse que le joint soudé peut refroidir à l'air jusqu'à température ambiante.

Ces recommandations s'appliquent également aux opérations de pointage et passes de fond. En général, chaque passe de pointage doit faire au moins 50 mm (2") de longueur. Pour les joints soudés avec des épaisseurs de tôle jusqu'à 8 mm (0,31"), vous pouvez opter pour des passes de pointage plus courtes. La distance entre les passes de pointage peut être adaptée selon le besoin.

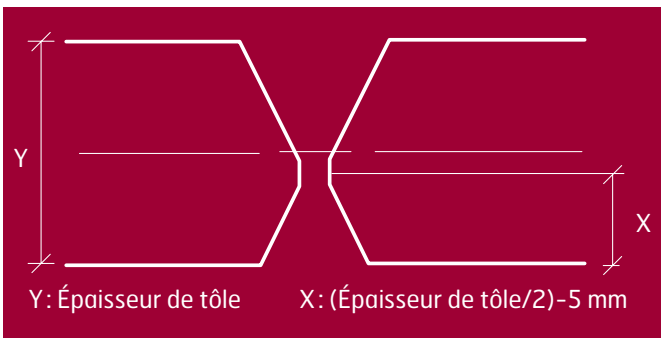


Figure 3.

TEMPÉRATURES DE PRÉCHAUFFAGE RECOMMANDÉES

L'épaisseur retenue (diamètre) est indiquée sur l'axe x. Les températures de préchauffage et entre passes recommandées sont indiquées pour différentes épaisseurs retenues. Notez que chaque augmentation de température commence à 0,1 mm (0,004") au-dessus de l'épaisseur indiquée dans les graphiques.

Tableau 4a

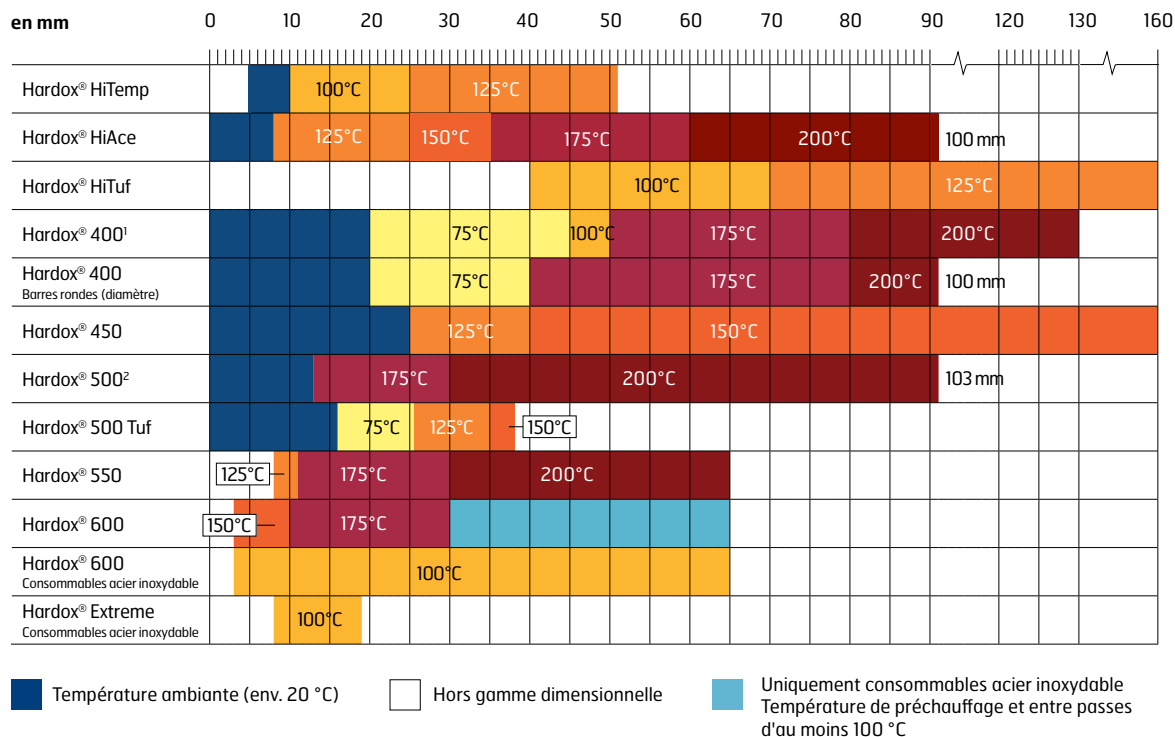
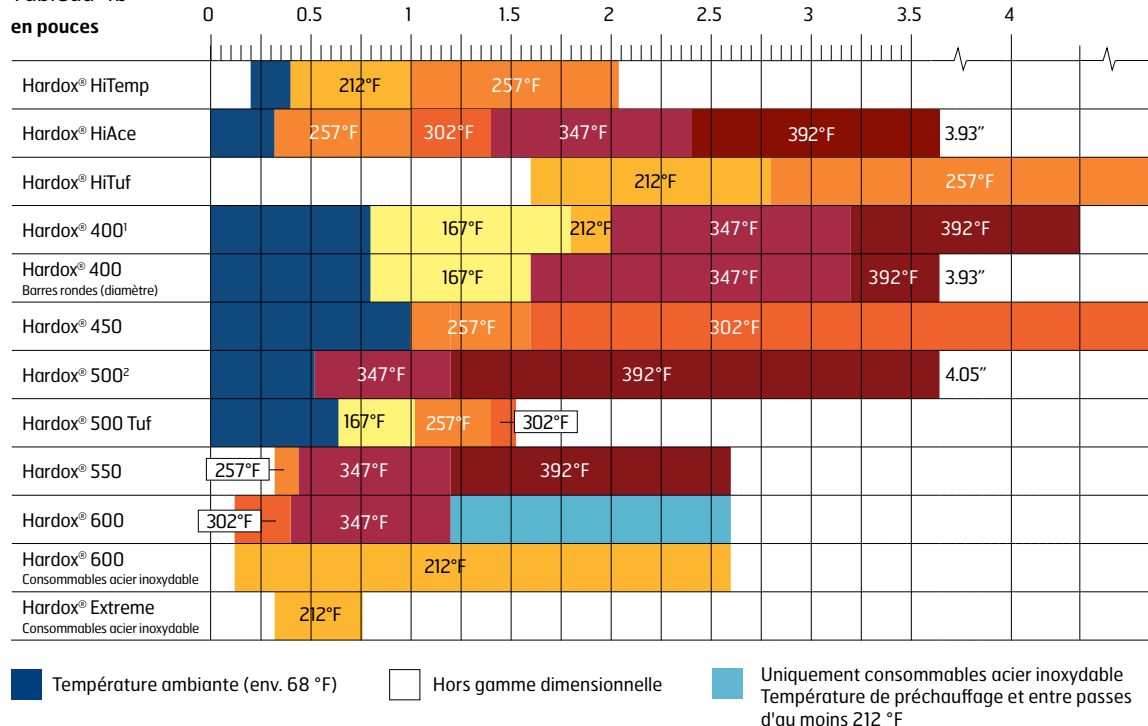


Tableau 4b

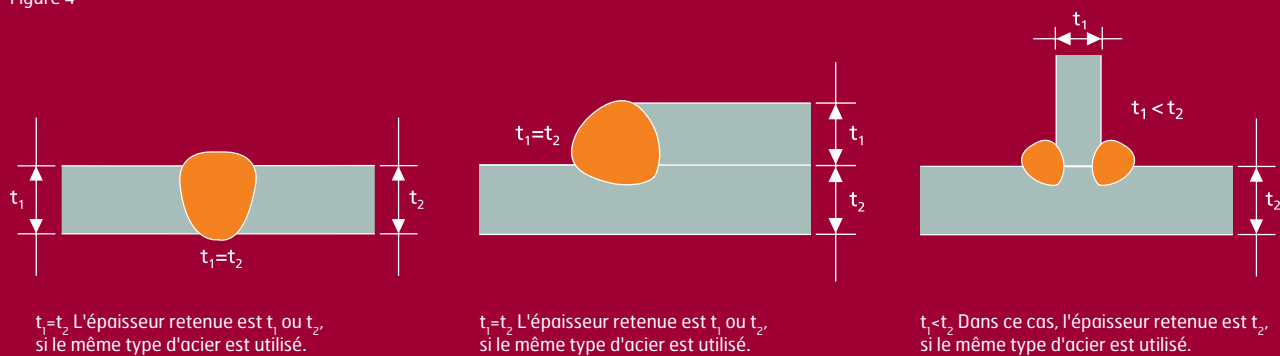


¹ La température de préchauffage pour Hardox® 400 s'applique également aux tubes Hardox® 400, disponibles en épaisseurs de 3 à 6 mm (0,118"-0,236").

² La température de préchauffage pour Hardox® 500 s'applique également aux tubes Hardox® 500, disponibles en épaisseurs de 3 à 6 mm (0,118"-0,236").

Schéma présentant « l'épaisseur de tôle retenue (diamètre) »

Figure 4



ATTEINDRE ET MESURER LA TEMPÉRATURE DE PRÉCHAUFFAGE

Il existe différentes méthodes pour atteindre la température de préchauffage requise. Le positionnement de résistances chauffantes (figure 5) de part et d'autre du joint préparé est souvent la meilleure solution dans la mesure où elle assure un chauffage homogène de la zone. La température doit être contrôlée en utilisant, par exemple, un thermomètre de contact.

Figure 5 : Exemple de systèmes de résistances chauffantes

Procédure de préchauffage recommandée

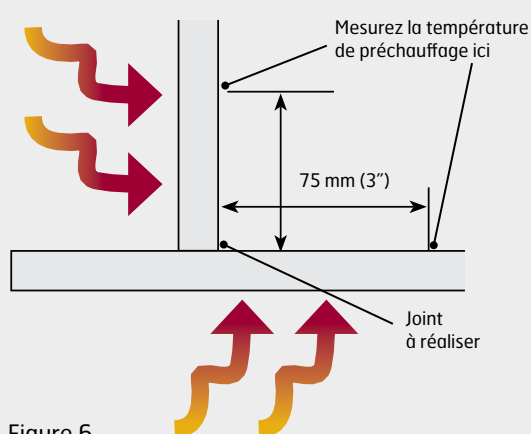
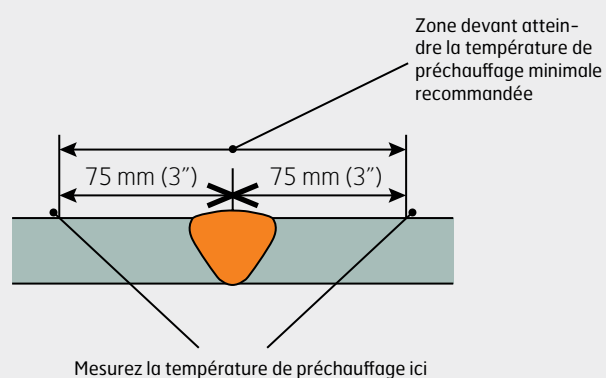


Figure 6

Respectez un temps d'attente minimum de 2 minutes par 25 mm (2 min/ 1 pouce) d'épaisseur, avant de vérifier la température de préchauffage. La température minimale de préchauffage doit être obtenue dans une zone de 75 + 75 mm (3" + 3") autour du joint à réaliser ; voir ci-dessus.



La température entre passes peut aussi être mesurée dans le métal fondu ou métal de base immédiatement adjacent.

RECHARGEMENT DUR

Si le joint soudé se trouve dans une zone de forte abrasion, vous pouvez réaliser un rechargement dur avec des consommables spéciaux pour renforcer la résistance à l'abrasion du métal fondu. Veillez à bien suivre les instructions d'assemblage et de rechargement de l'acier Hardox®.

Certains consommables de rechargement nécessitent une température de préchauffage très élevée pouvant dépasser la température entre passes maximale recommandée pour l'acier Hardox®.

Il faut également préciser qu'utiliser une température de préchauffage supérieure à la température entre passes maximale recommandée pour l'acier Hardox® peut réduire la dureté du matériel de base et par conséquent dégrader la résistance à l'abrasion de la zone préchauffée.

Les températures de préchauffage minimales et maximales sont les mêmes que pour les procédés de soudage conventionnels : voir les tableaux 4a et 4b. Se reporter à la figure 7 pour la définition de l'épaisseur de tôle retenue pour les opérations de rechargement dur.

Il peut être utile de souder une couche de transition (beurrage) de ténacité particulièrement élevée entre le joint soudé ordinaire (ou la tôle) et le rechargement dur. Le choix des consommables pour cette couche de transition doit tenir compte des recommandations de soudage pour les tôles d'usure Hardox®. Pour la couche de transition, privilégiez des consommables en acier inoxydable selon classifications AWS 307 et AWS 309 : voir figure 8.

Figure 7 : Définition de l'épaisseur de tôle retenue

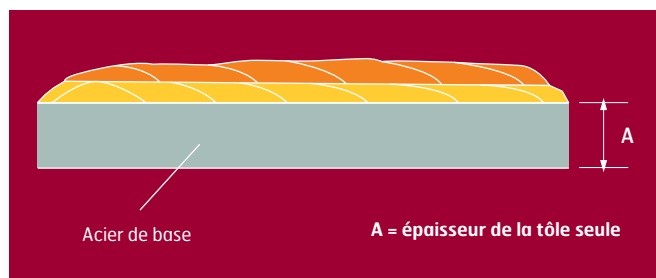
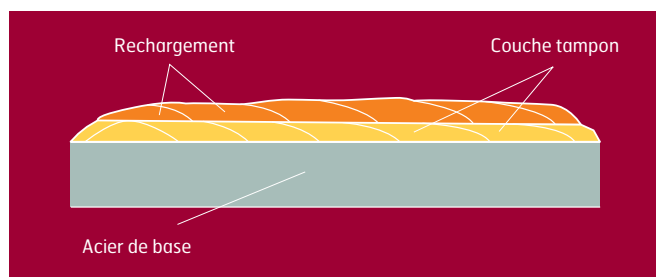


Figure 8 : Exemple de séquence de soudage avec consommables pour couche de transition et rechargement dur



RECOMMANDATIONS POUR LIMITER LES DÉFORMATIONS

L'ampleur des déformations pendant et après le soudage dépend de l'épaisseur de la tôle de base et de la méthode de soudage utilisée. Réduisez les déformations, en particulier pour le soudage des fines épaisseurs, en suivant les recommandations suivantes :

- ▶ Optez pour une énergie de soudage la plus faible possible (soudage monopasse).
- ▶ Minimisez la section transversale : voir figure 9.
- ▶ Soudez de manière symétrique ; voir figure 10.
- ▶ Positionnez, bridez ou orientez les pièces avant le soudage de manière à compenser la déformation ; voir exemple à la figure 11.
- ▶ Évitez un écartement à la racine irrégulier.
- ▶ Minimiser les surépaisseurs et optimisez la gorge des soudures d'angle.
- ▶ Réduisez l'espacement entre les passes de pointage.
- ▶ Optez pour une séquence de soudage de type "back-step welding" (à pas de pèlerin) ou "skip welding". Dans le cas d'une soudure à pas de pèlerin, toutes les passes sont soudées dans la direction opposée à la progression générale. Pour les soudures de type "skip welding", toutes les séquences de soudage ne doivent pas nécessairement être réalisées dans la direction opposée à la progression générale ; voir figure 12.
- ▶ Soudez depuis les zones rigides vers les extrémités libres, voir figure 13.

Figure 9 : Section transversale de la soudure et influence sur la déformation angulaire.

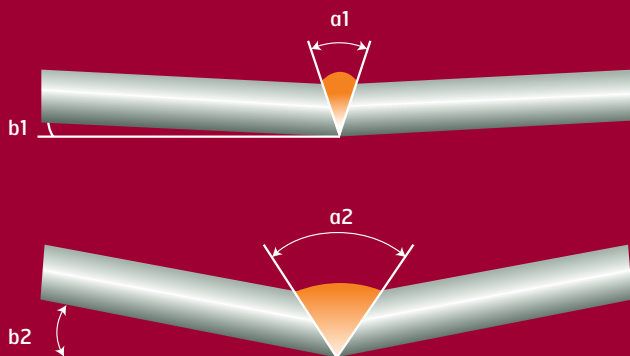


Figure 11 : Pré-positionnement d'une soudure d'angle et d'une soudure en V.

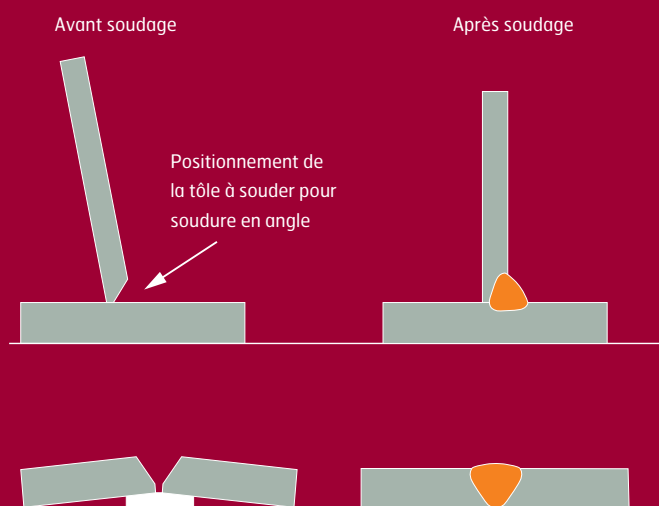


Figure 10



Figure 12 : Adoptez des séquences de soudage symétriques.

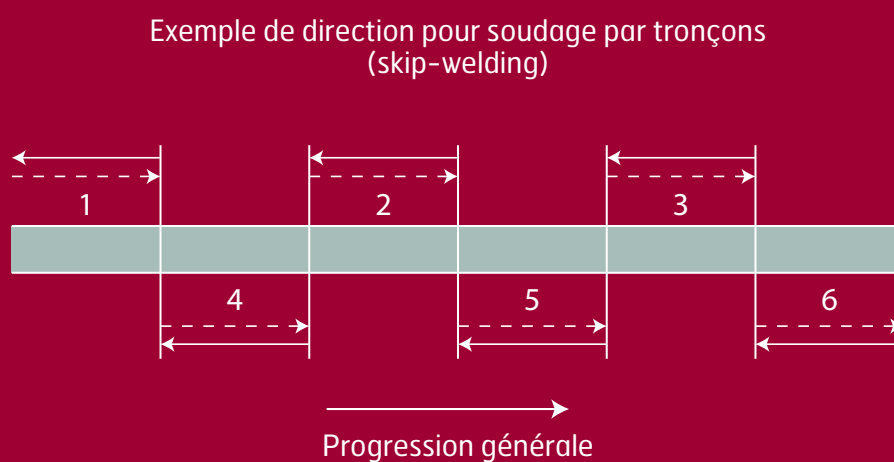
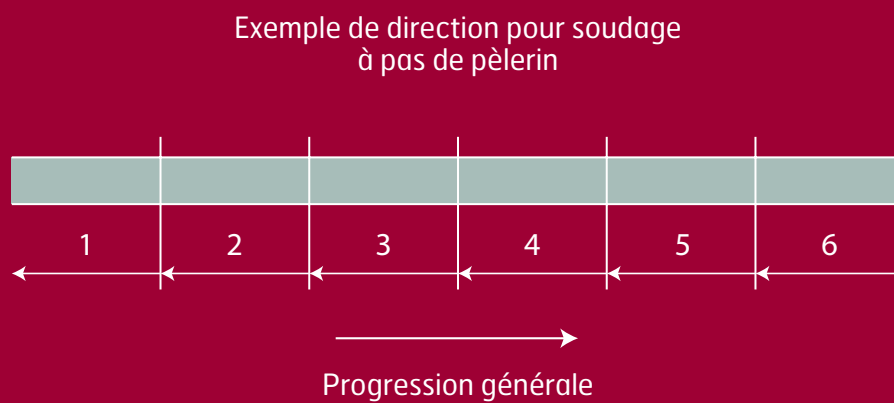
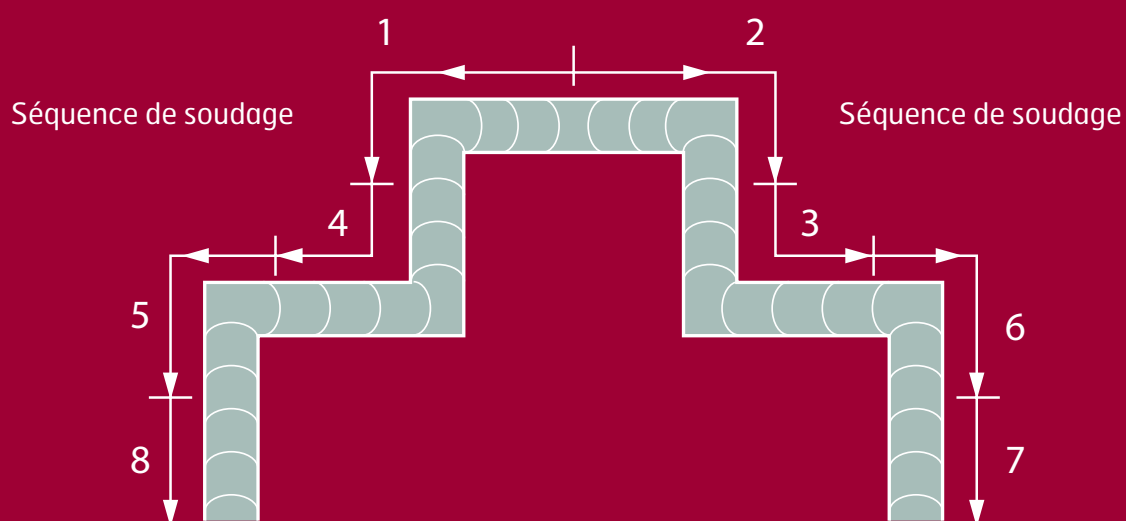


Figure 13



TEMPS DE REFROIDISSEMENT

$t_{8/5}$

Le temps de refroidissement ($t_{8/5}$) correspond à la durée nécessaire pour que la soudure passe de 800° à 500° C (1472° à 932° F). C'est l'élément clé de la microstructure finale de la soudure.

Les temps de refroidissement préconisés sont souvent fournis pour les aciers structurels dans le but d'optimiser l'opération de soudage pour répondre à une exigence donnée, par exemple, atteindre une valeur minimale de résilience.

Les temps de refroidissement maximaux recommandés pour les différentes nuances Hardox® sont disponibles dans l'application WeldCalc de SSAB.



WeldCalc™ : des recommandations de soudage optimisées à portée de main

L'application WeldCalc de SSAB vous fournit les paramètres appropriés pour la machine de soudage, incluant l'énergie de soudage recommandée, les températures de préchauffage, l'intensité, la tension et la vitesse d'avance. Téléchargez l'application WeldCalc ou la version de bureau sur la page ssab.com/support/calculators-and-tools ou scannez les QR codes ci-dessous pour les applications iOS et Android :



App store

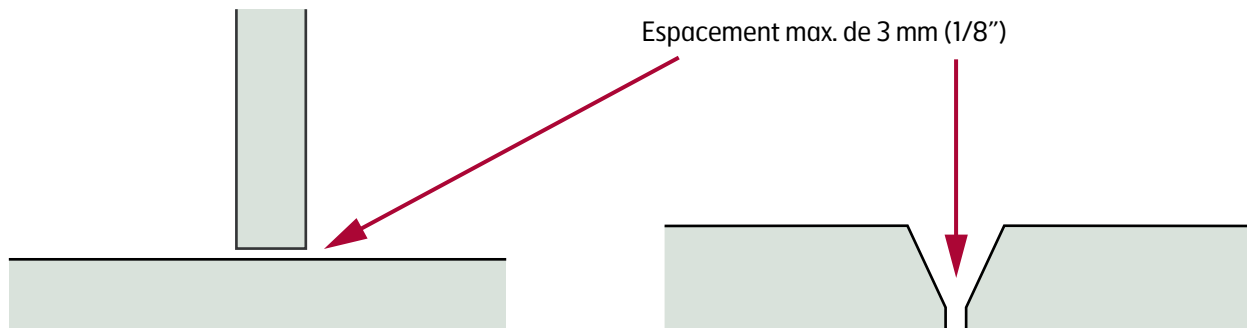
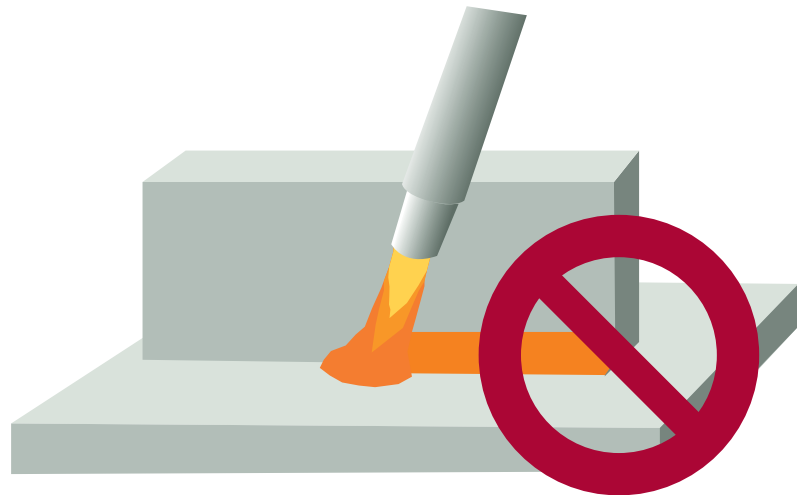


Google play

SÉQUENCE DE SOUDAGE ET ÉCARTEMENT À LA RACINE

Avant de procéder au pointage, il est important de maintenir un écartement à la racine entre les pièces ne dépassant pas 3 mm (1/8") : voir figure 14. Veillez à ce que l'écartement le long du joint reste constant. Évitez les débuts et fins de cordons dans les zones de plus fortes contraintes. Si possible, les débuts et fins de cordons devraient être distants d'au moins 50 à 100 mm (2" à 4") d'un angle ; voir figure 14. Pour le soudage en bord de tôles, l'utilisation d'appendices de début/fin de cordons (pièces martyres) peut être bénéfique.

Figure 14 : Évitez les débuts et fins de cordon dans les zones de plus fortes contraintes, comme dans les angles. L'écartement ne doit pas dépasser 3 mm (1/8").



CONSOMMABLES DE SOUDAGE

Résistance des consommables de soudage non alliés et faiblement alliés

Des consommables non alliés ou faiblement alliés d'une limite d'élasticité maximale de 500 MPa (72 ksi) sont généralement recommandés pour les aciers Hardox®. Des consommables de résistance supérieure (Re max. 900 MPa/130 ksi) peuvent être utilisés pour les aciers Hardox® 400 et 450 d'épaisseurs 0,7 à 6 mm (0,028" – 0,236").

Les consommables faiblement alliés présentent généralement une dureté supérieure dans le métal fondu ce qui peut en améliorer la résistance à l'usure. Si les propriétés d'usure du métal fondu sont essentielles, une passe terminale peut être réalisée avec des consommables pour rechargement dur ; voir chapitre « Rechargement dur » à la page 13.

En complément, le tableau 5 reprend la liste des consommables recommandés pour les aciers Hardox® avec leurs désignations selon les classifications AWS et EN.

Exigences relatives à la teneur en hydrogène des consommables de soudage non alliés et faiblement alliés

Lors du soudage avec des consommables non alliés ou faiblement alliés, la teneur en hydrogène doit être inférieure ou égale à 5 ml pour 100 g de métal fondu.

Les fils pleins généralement utilisés en soudage MAG/GMA et TIG/GTA peuvent produire ces faibles teneurs en hydrogène dans le métal fondu. Pour connaître la teneur en hydrogène d'autres types de consommables de soudage, renseignez-vous auprès de leur fabricant. SSAB fournit des exemples de consommables appropriés dans TechSupport N° 60, disponible sur notre site : ssab.com.

Si les consommables sont stockés conformément aux recommandations du fabricant, la teneur en hydrogène sera maintenue pour respecter les exigences ci-dessous. Ces recommandations s'appliquent également aux électrodes enrobées et flux.

Tableau 5 : Consommables recommandés pour tous les aciers de la gamme produits Hardox®

PROCÉDÉ DE SOUDAGE	CLASSIFICATION AWS	CLASSIFICATION EN
MAG/ GMAW, fil plein	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 42x
	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 46x
MAG/ MCAW, fil fourré à poudre métallique	AWS A5.28 E7XC-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
MAG/ FCAW, fil fourré de flux	AWS A5.29 E7XT-X	EN ISO 17632 -A- T 42xH5
	AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632 -A- T 46xH5
MMA (SMAW, baguette)	AWS A5.5 E70X	EN ISO 2560-A- E 42xH5
	AWS A5.5 E80X	EN ISO 2560-A- E 46xH5
SAW	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

Remarque : X représente un ou plusieurs caractères.



CONSOMMABLES DE SOUDAGE EN ACIER INOXYDABLE

Les consommables en acier inoxydable austénitique peuvent être utilisés pour souder tous les aciers Hardox® (voir tableau 6). Ils permettent le soudage à température ambiante entre 5 et 20 °C (41-68 °F) sans préchauffage, à l'exception de Hardox® 600 et Hardox® Extreme.

SSAB recommande de privilégier en premier lieu les consommables de type AWS 307 et en choix alternatif, les consommables de type AWS 309. La limite d'élasticité de ces consommables atteint environ 500 MPa (72 ksi) dans le métal fondu.

Les consommables de type AWS 307 résistent mieux à la fissuration à chaud que le type AWS 309. On notera que les fabricants indiquent rarement la teneur en hydrogène des consommables en acier inoxydable, dans la mesure où cela n'affecte pas autant les performances qu'avec les consommables non alliés ou faiblement alliés. SSAB n'impose aucune restriction sur la teneur en hydrogène maximale pour ces types de consommables. Des exemples de consommables en acier inoxydable sont fournis dans TechSupport N° 60, disponible sur le site ssab.com.

Tableau 6 : Consommables en acier inoxydable recommandés pour la gamme de tôles d'usure Hardox®

PROCÉDÉ DE SOUDAGE	CLASSIFICATION AWS	CLASSIFICATION EN
MAG/ GMAW, fil plein	Recommandé : AWS A5.9: ER307 Choix alternatif : AWS A5.9: ER309	Recommandé : EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Choix alternatif : EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
MAG/ MCAW, fil fourré à poudre métallique	Recommandé : AWS A5.9: EC307 Choix alternatif : AWS A5.9: EC309	Recommandé : EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Choix alternatif : EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MAG/ FCAW, fil fourré de flux	Recommandé : AWS A5.22: E307T-X Choix alternatif : AWS A5.22: E309T-X	Recommandé : EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Choix alternatif : EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MMA/ SMAW, baguette	Recommandé : AWS A5.4: E307-X Choix alternatif : AWS A5.4: E309-X	Recommandé : EN ISO 3581-A: 18 18 Mn/ EN ISO 3581-B: 307 Choix alternatif : EN ISO 3581-A: 22 12 X/ EN ISO 3581-B: 309X
SAW	Recommandé : AWS A5.9: ER307 Choix alternatif : AWS A5.9: ER309	Recommandé : EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Choix alternatif : EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
TIG/ GTAW	Recommandé : AWS A5.9: ER307 Choix alternatif : AWS A5.9: ER309	Recommandé : EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Choix alternatif : EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

Remarque : X représente un ou plusieurs caractères.

GAZ DE PROTECTION

En règle générale, les gaz de protection à utiliser pour les tôles anti-abrasion Hardox® sont les mêmes que pour les aciers non alliés ou faiblement alliés.

Les gaz de protection utilisés pour le soudage MAG/ GMA des aciers Hardox® contiennent généralement un mélange argon (Ar) et dioxyde de carbone (CO₂). Une faible quantité d'oxygène (O₂) est parfois ajoutée au mélange Ar et CO₂ pour stabiliser l'arc et réduire les projections.

Pour le soudage manuel, utilisez un mélange de gaz de protection à environ 18 à 20 % de CO₂ dans l'argon, ce

qui facilite la pénétration, avec un niveau de projections acceptable. Pour le soudage automatisé ou robotisé, un gaz de protection à 8-10 % de CO₂ dans l'argon peut être utilisé pour améliorer la productivité et la quantité de projections.

La figure 15 présente les effets de différents mélanges de gaz de protection. Le tableau 7 liste les recommandations de gaz de protection pour différents procédés de soudage. Les mélanges de gaz de protection indiqués dans le tableau 7 sont des mélanges généraux pouvant être utilisés pour le soudage en régimes court-circuit et pulvérisation axiale.

Figure 15 : Mélanges de gaz de protection et leurs effets sur l'opération soudage

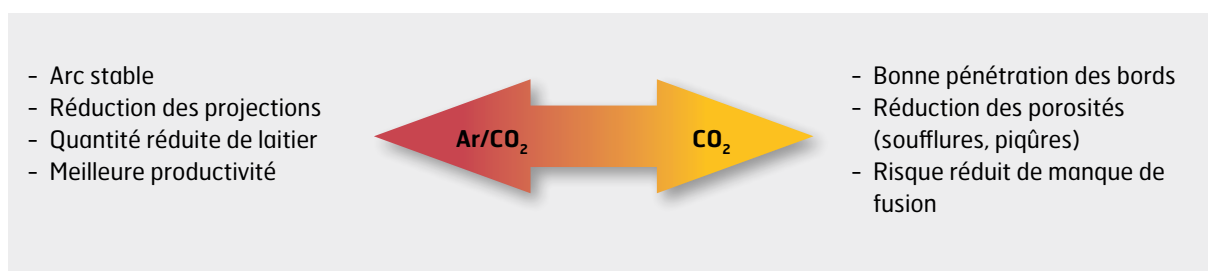


Tableau 7 : Exemples de mélanges de gaz de protection et recommandations

PROCÉDÉ DE SOUDAGE	TYPE D'ARC	POSITION	GAZ DE PROTECTION
MAG/ GMAW, fil plein	Court-circuit	Toutes les positions	18 – 25 % CO ₂ dans Ar
MAG/ MCAW, fil fourré à poudre métallique	Court-circuit	Toutes les positions	18 – 25 % CO ₂ dans Ar
MAG/ GMAW, fil plein	Pulvérisation	Soudage à plat	15 – 20 % CO ₂ dans Ar
MAG/FCAW, fil fourré	Pulvérisation	Toutes les positions	15 – 20 % CO ₂ dans Ar
MAG/MCAW, fil fourré poudre métallique et fil fourré basique FCAW	Pulvérisation	Soudage à plat	15 – 20 % CO ₂ dans Ar
MAG/GMAW robotisé et automatisé	Pulvérisation	Soudage à plat	8 – 18 % CO ₂ dans Ar
TIG/ GTAW		Toutes les positions	100% Ar

Pour toutes les méthodes de soudage avec gaz de protection, le débit de gaz dépend de la situation de soudage. À titre de recommandation générale, régler le débit de gaz de protection exprimé en l/min sur la même valeur que le diamètre intérieur de la buse en mm.

SOUDAGE SUR LE PRIMAIRE

Grâce à sa faible teneur en zinc, vous pouvez souder directement sur le primaire utilisé sur les tôles d'usure Hardox®. Le primaire peut facilement être brossé ou meulé sur la surface autour du joint : voir figure ci-dessous.

Éliminer le primaire avant soudage peut être bénéfique pour limiter les porosités dans la soudure et peut aussi faciliter le soudage dans certaines positions. Si le primaire est conservé sur la surface à souder, la soudure peut présenter un niveau de porosités (soufflures, piqûres) légèrement supérieur. Le soudage à l'arc avec fil fourré basique (FCAW) offre le niveau de porosités le plus faible.

Il est important de maintenir une bonne ventilation au poste de travail pour éviter les effets nocifs du primaire pour le soudeur et son environnement.

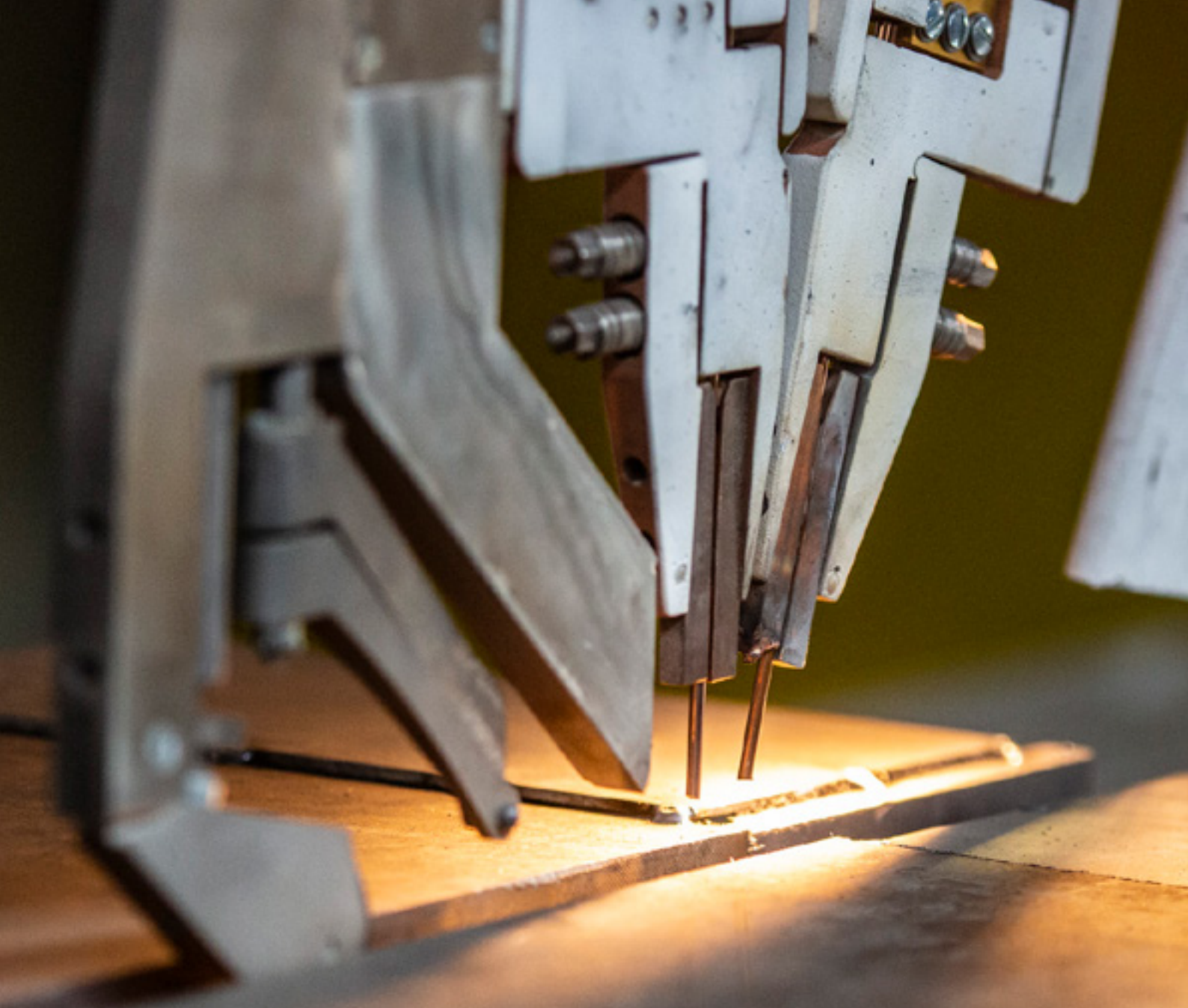
Le primaire peut facilement être éliminé par brossage si nécessaire



TRAITEMENT THERMIQUE APRÈS SOUDAGE

Les nuances Hardox® HiTuf et Hardox® HiTemp peuvent subir un recuit de détente pour réduire les contraintes résiduelles, bien que cela soit rarement nécessaire. Cette méthode de libération de contraintes ne doit pas être appliquée aux autres nuances Hardox®, car elle pourrait dégrader les propriétés mécaniques. Pour plus d'informations, consultez le Manuel de Soudage SSAB. Téléchargez votre exemplaire gratuit du Manuel de Soudage SSAB à l'adresse suivante ssab.com/support/steel-handbooks.





LES DERNIÈRES TECHNOLOGIE DE SOUDAGE

Sur les postes de soudage propres à SSAB dans nos centres R&D, nous testons continuellement des technologies et machines de pointe pour vous offrir les meilleures recommandations de soudage.

Avec la technologie SAW narrow-gap utilisant un ou deux fils, vous pouvez souder de plus fortes épaisseurs de tôles d'usure Hardox®. Vous obtenez des résultats de haute qualité avec moins de fil de soudage et de poudre de flux tout en réduisant les temps de fonctionnement des machines, économisant de l'énergie et réduisant les coûts de production. Et avec la technologie SAW ICE (électrode froide intégrée), vous pouvez utiliser une vitesse de soudage supérieure, une énergie de soudage plus faible et obtenir une vitesse de dépôt supérieure aux méthodes conventionnelles.

Quel que soit le processus qui vous convient, nous veillerons à ce que vous obteniez de meilleures propriétés des matériaux soudés et une plus grande productivité.

SSAB est une société sidérurgique nordique et américaine. SSAB propose des produits et des services à forte valeur ajoutée, développés en étroite collaboration avec ses clients pour créer un monde plus résistant, plus léger et plus durable. SSAB a des employés dans plus de 50 pays. SSAB dispose d'usines de production en Suède, en Finlande et aux États-Unis. SSAB est cotée à la bourse Nasdaq de Stockholm et fait l'objet d'une cotation secondaire au Nasdaq de Helsinki. www.ssab.com.



SSAB
13, rue Madeleine Michelis -
92 200 Neuilly sur Seine
France

Tél. +33 1 55 61 91 00
Fax +33 1 55 61 91 09
info.fr@ssab.com

hardox.fr

Hardox® est une marque déposée du groupe SSAB.
Tous droits réservés. Les informations contenues dans cette brochure sont uniquement fournies à titre indicatif. SSAB AB décline toute responsabilité quant à la pertinence ou l'adéquation de ces informations pour toute application spécifique. Il incombe à l'utilisateur de déterminer de manière indépendante l'adéquation de tous les produits ou applications, de les tester et les vérifier. Les informations communiquées ci-dessous par SSAB AB sont fournies « en l'état », toutes erreurs éventuelles comprises, sans garantie d'aucune sorte. Le risque associé à ces informations incombe à l'utilisateur.

SSAB