

DEFAUTS LORS DU SOUDAGE TIG, MIG/MAG ET A L'ARC SUBMERGÉ

CAUSES ET REMEDES

Dans cet article nous vous présentons un aperçu de tous les problèmes qui peuvent se poser lors du soudage TIG, lors du soudage MAG avec fil fourré et lors du soudage MIG/MAG avec fil massif. Finalement, nous prêtons également attention au

soudage à l'arc submergé.

 Ir. R. Vennekens, IWE, CEWE, FWeldl, Ing. Tom Vandewijngaert, IWE Institut Belge de la Soudure, Service Guidance Technologique (Service subventionné par l'IWT-Vlaanderen et la Région Wallonne) (Traduction: M.C. Ritzen – I.B.S.)

SOUDAGE TIG		
PROBLEMES	CAUSES POSSIBLES	REMEDES
GRANDE CONSOMMATION D'ELECTRODES	1 Débit insuffisant de gaz de protection 2 DCEP (électrode positive) 3 Diamètre de l'électrode non approprié au courant de soudage 4 Echauffement excessif dans le pistolet 5 Electrode contaminée 6 Oxydation de l'électrode lors du refroidissement 7 Le gaz de protection contient de l'oxygène ou du CO ₂	1 Augmenter le débit de gaz 2 Prendre une électrode de plus grand diamètre ou passer au DCEN 3 Prendre une électrode de plus grand diamètre 4 Contrôler si le porte-électrode assure bien le contact 5 Eliminer la contamination en meulant l'électrode. La soudure sera toujours mauvaise aussi longtemps que la contamination subsiste 6 Régler le flux de gaz à l'arrêt du soudage entre 10 et 15 s 7 Utiliser un gaz correct
ARC INCORRECT	1 Matériau à souder sale ou gras 2 Joint trop étroit 3 Electrode contaminée 4 Arc trop long	1 Nettoyer avec des produits chimiques, une brosse ou des produits abrasifs 2 Mettre un joint plus large, placer l'électrode plus près de la pièce 3 Eliminer la contamination, meuler l'électrode 4 Diminuer la distance torche-pièce
POROSITES	1 Inclus. de gaz (hydrogène, azote, air, vapeur d'eau) 2 Tuyaux de gaz défectueux et/ou mauvais raccordement des tuyaux 3 Film d'huile sur le métal de base	1 Purger les conduites avant de démarrer l'arc, utiliser un gaz ayant un degré de pureté correct (99,99%) 2 Contrôler les tuyaux et les raccordements (fuites). Arc trop long 3 Utiliser un nettoyeur chimique. Ne pas souder quand le métal est humide
CONTAMINATION DE LA SOUDURE PAR LE TUNGSTENE	1 Electrode en contact avec la pièce lors du démarrage 2 Fusion de l'électrode 3 L'électrode de tungstène touche le bain de fusion	1 Démarrer en HF, utiliser une plaquette en cuivre pour amorcer l'arc 2 Souder avec courant plus faible ou prendre une électrode de plus grand diamètre, utiliser une électrode appropriée pour le matériau à souder 3 Ne pas mettre en contact l'électrode de tungstène avec le bain de fusion

SOUDAGE MAG AVEC FIL FOURRE		
PROBLEMES	CAUSES POSSIBLES	REMEDES
POROSITES	1 Débit de gaz trop faible 2 Débit de gaz trop élevé 3 Courant d'air 4 Gaz de protection contaminé 5 Métal de base pollué 6 Fil de soudage pollué 7 Fourrage insuffisant du fil de soudage 8 Tension de soudage trop élevée 9 Trop grande longueur libre 10 Trop petite longueur libre (fil de soudage sans gaz de protection) 11 Vitesse de soudage trop élevée	1 Augmenter le débit et éliminer les projections de la buse de gaz 2 Diminuer le débit afin d'éviter un flux de gaz turbulent 3 Protéger la zone de soudage 4 Contrôler le gaz et vérifier s'il n'y a pas de fuites dans les tuyaux et les raccordements 5 Nettoyer le joint avant soudage 6 Eliminer le savon de tréfilage sur le fil / Eliminer le savon de tréfilage des rouleaux d'entraînement / Eviter la poussière venant de l'atelier / 'Sécher' le fil 7 Changer le fil de soudage 8 Diminuer la tension 9 Adapter le stick-out et le courant de soudage 10 Corriger la longueur libre du fil et adapter le courant 11 Adapter la vitesse de soudage
MOUILLAGE OU PENETRATION INSUFFISANTS	1 Mauvaise manipulation 2 Paramètres incorrects 3 Conception soudée non appropriée	1 Diriger le fil de soudage vers la racine de la soudure 2 - Augmenter le courant - Diminuer la vitesse de soudage - Diminuer la longueur libre du fil - Prendre un fil plus mince - Augmenter la vitesse de soudage (souder sans gaz de protection) 3 - Augmenter l'écartement - Diminuer le méplat
FISSURES	1 Bridage trop élevé 2 Métal d'apport inapproprié 3 Trop peu de désoxydants ou produits de fourrage non appropriés dans le fil	1 - Diminuer le bridage - Préchauffer - Prendre un métal d'apport plus ductile 2 Contrôler la composition du fourrage (flux) 3 Contrôler la composition du fourrage (flux)
ALIMENTATION EN FIL	1 Usure trop importante de la pointe de contact 2 Pointe de contact fondue ou fil soudé dans la pointe de contact 3 Gaine guide fil polluée	1 Diminuer la pression sur les rouleaux d'entraînement 2 - Diminuer la tension de soudage - Remplacer le 'liner' usé 3 Nettoyer avec de l'air comprimé ou remplacer la gaine guide fil

SOUDAGE MIG/MAG AVEC FIL MASSIF

PROBLEMES	CAUSES	REMEDES
PENETRATION EXCESSIVE	<ol style="list-style-type: none"> 1 Apport calorifique trop élevé 2 Préparation incorrecte de joint 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Diminuer la vitesse du fil (courant de soudage) et la tension Augmenter la vitesse de soudage 2 Diminuer l'écartement des bords, augmenter le méplat
FISSURES ZAT	<ol style="list-style-type: none"> 1 Dureté trop élevée dans la ZAT 2 Tensions résiduelles trop élevées 3 Fissuration à froid 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Préchauffer pour avoir un refroidissement plus lent 2 Appliquer un recuit de relaxation 3 Utiliser un fil pur et un gaz de protection sec. Eliminer les impuretés du métal de base. Maintenir la soudure suffisamment longtemps à la température de préchauffage (temps nécessaire pour faire diffuser l'hydrogène – dépend du métal de base)
MANQUES DE LAISON	<ol style="list-style-type: none"> 1 Oxydes sur les côtés à souder ne sont pas éliminés 2 Apport calorifique insuffisant 3 Bain de fusion trop grand 4 Soudage incorrect 5 Mauvaise préparation de joint 	<ol style="list-style-type: none"> 1 La soudure et les environs de la soudure doivent être exempts d'oxydes 2 Augmenter la vitesse du fil (courant de soudage), diminuer la distance torche-pièce 3 Limiter le balancement de façon à mieux contrôler le bain de fusion. Augmenter la vitesse de soudage. 4 Lors du soudage à balancements, s'arrêter au bord du joint. Prévoir une meilleure accessibilité à la racine du joint. Diriger le fil de soudage vers le premier côté du bain de fusion 5 Utiliser une préparation de joint suffisamment large de façon à ce que le dessous de la soudure soit bien accessible pour une longueur libre normale (distance torche-pièce)
PENETRATION INSUFFISANTE	<ol style="list-style-type: none"> 1 Préparation du joint incorrecte 2 Technique inappropriée de soudage 3 Courant de soudage inapproprié 4 Vitesse de soudage trop élevée 5 Vitesse de soudage trop faible 	<ol style="list-style-type: none"> 1 L'accessibilité du fond de la soudure doit être correcte, avec une longueur libre correcte. Dim. le méplat si celui-ci est trop grand. Augm. l'ouverture 2 Appliquer un soudage tiré (inclinaison 5-15°) pour une pénétration maximale. Le bain de fusion ne peut pas précéder l'arc 3 Augmenter la vitesse du fil (courant de soudage) 4 Diminuer la vitesse de soudage 5 Augmenter la vitesse de soudage
FISSURATION DE LA SOUDURE	<ol style="list-style-type: none"> 1 Mauvaise conception de la soudure 2 Rapport hauteur-largeur de la soudure trop élevé 3 Bain de fusion étroit ou concave (dans le cas des joints d'angle et à la racine de la soudure) 4 Apport calorifique trop élevé avec retrait et déformation trop importants 5 Fissuration à chaud 6 Bridage trop élevé des pièces à souder 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Utiliser une préparation correcte du joint de façon à ce que suffisamment de métal puisse être fondu afin d'éviter des tensions excessives dues au soudage 2 Augmenter la tension et/ou diminuer l'intensité de courant afin d'avoir une soudure plus large et moins de pénétration 3 Diminuer la vitesse de soudage afin d'augmenter la section de la soudure 4 Dim. l'intensité de courant et/ou la tension, augm. la vitesse de soudage 5 Pour l'acier au carbone, prendre un fil à teneur élevée en manganèse (souder avec un arc plus court afin de limiter la perte en manganèse dans l'arc), adapter le joint de soudure pour pouvoir déposer suffisamment de métal d'apport; adapter la séquence de soudage afin de diminuer le bridage de la soudure durant le refroidissement, prendre un autre fil ayant les propriétés désirées 6 Appliquer un préchauffage afin de diminuer les tensions résiduelles. Adapter la séquence de soudage afin de diminuer le niveau des tensions
POROSITES	<ol style="list-style-type: none"> 1 Protection gazeuse insuffisante 2 Contamination du gaz 3 Contamination de l'électrode 4 Contamination de la pièce 5 Tension d'arc trop élevée 6 Trop grande distance entre la torche et la pièce 	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Optimiser le flux de gaz. Augmenter le débit du gaz pour chasser tout l'air, éliminer les projections de la buse de gaz - Dans le cas d'un débit de gaz trop élevé, diminuer le débit afin d'éviter des turbulences et de l'air dans la zone de soudage - Rechercher les fuites dans le circuit de gaz et réparer - Eviter les courants d'air (ventilateurs, portes/fenêtres ouvertes, ...) - Préchauffer pour éviter que le CO₂ des détendeurs ne gèle - Souder plus lentement - Diminuer la distance torche-pièce - A la fin de la soudure, maintenir le pistolet au-dessus de la soudure - La pointe de contact est excentrée par rapport à la buse de gaz, réparer le pistolet 2 Utiliser un gaz de protection approprié pour le soudage 3 Utiliser uniquement un fil pur et sec 4 Eliminer toute graisse, huile, humidité, rouille, peinture et saleté de la surface de la pièce avant le soudage Utiliser un fil de soudage à haute teneur en désoxydants (Si) 5 Diminuer la tension 6 Diminuer la distance torche-pièce
MORSURE	<ol style="list-style-type: none"> 1 Vitesse de soudage trop élevée 2 Tension de soudage trop élevée 3 Courant de soudage trop élevé 4 Arrêt insuffisant 5 Angle de la torche 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Diminuer la vitesse de soudage 2 Diminuer la tension 3 Diminuer la vitesse du fil 4 S'arrêter plus longtemps au bord du bain (lors du balancement) 5 Adapter la position de la torche
FISSURES DANS LE METAL FONDU	<ol style="list-style-type: none"> 1 Conception incorrecte de la soudure 2 Rapport hauteur-largeur de la soudure trop élevé 3 Bain de fusion étroit ou concave (dans le cas des joints d'angle et à la racine de la soudure) 4 Apport calorifique trop élevé ce qui a pour résultat un retrait et une déformation trop importants 5 Fissuration à chaud 6. Tensions élevées sur les pièces assemblées 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Une dimension de joint correcte pour pouvoir fondre suffisam. de métal d'apport et obtenir une section de soudure suffis. afin d'éviter des tensions 2 Augmenter la tension et/ou diminuer l'intensité de courant ou les deux afin d'avoir une soudure plus large et moins de pénétration 3 Diminuer la vitesse de soudage afin d'augmenter la section de la soudure 4 Diminuer l'intensité de courant et/ou la tension ou les deux, augmenter la vitesse de soudage 5 Pour l'acier au carbone, prendre un fil à teneur élevée en manganèse (souder avec un arc plus court afin de limiter la perte en manganèse dans l'arc), adapter l'angle d'ouverture du joint pour pouvoir déposer suffisamment de métal d'apport; adapter la séquence de soudage afin de diminuer le bridage de la soudure durant le refroidissement, prendre un autre métal d'apport ayant les propriétés désirées 6 Appliquer un préchauffage afin de diminuer les tensions résiduelles. Adapter la séquence de soudage afin de diminuer le niveau des tensions

SOUDAGE A L'ARC SUBMERGE

Porosités

Les soufflures et les inclusions de gaz peuvent être causées par :

- Trop peu de flux, flux trop fin, flux trop humide ou azoté
- Nettoyage insuffisant
- Soudure manuelle à l'envers polluée
- Pénétration insuffisante dans une soudure en deux couches
- Mauvaise préparation de joint pour la soudure manuelle à l'envers, par ex. un trop grand écartement
- Tension trop élevée, vitesse de soudage trop élevée
- Trop peu de désoxydants dans le fil de soudage (Mn, Si, Al), tôle insuffisamment désoxydée, tôle azotée (procédé Thomas)

PROBLEMES	CAUSES / REMEDES
SOUFFLURES ISOLEES ET SOUFFLURES ALIGNEES AU MILIEU DE LA SOUDURE A PARTIR DE LA RACINE DE LA SOUDURE	<ul style="list-style-type: none"> • Enlever toute rouille, saleté et humidité du joint et aux environs • Sécher le joint avec le chalumeau pour éliminer l'humidité dans la rouille et échauffer la pièce • Réchauffer une tôle que l'on a refroidie jusqu'à une température inférieure à 10 °C; sécher un flux humide et souder de préférence avec un flux séché • Utiliser un flux insensible à l'humidité et à la rouille • Diminuer la vitesse de soudage
SOUFFLURES ALIGNEES LORS DU SOUDAGE DANS UN BANC DE CLAMAGE CAUSE: SOUFFLAGE MAGNETIQUE	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier les raccordements à la masse, diviser éventuellement le câble de masse • Ne pas utiliser le support de bain comme masse • Diminuer la vitesse de soudage
SOUFFLURES ALIGNEES AU MILIEU, PARTANT DE LA RACINE ET NE DEBOUCHANT PAS A LA SURFACE; CELLES-CI APPARAISSENT DANS UNE PREMIERE PASSE DEPOSEE MANUELLEMENT OU UNE SOUDURE MAG POREUSE QUI DOIT ETRE REFONDUE	<ul style="list-style-type: none"> • Souder avec plus de pénétration, cette soudure doit pénétrer dans la soudure manuelle. Quand ce n'est pas sûr, la soudure manuelle doit être renforcée • Pour une soudure de pénétration, la soudure MAG est préférable à la soudure à l'électrode car il ne reste pas de laitier dans le joint. La soudure doit être exempte de soufflures et ce, certainement dans le cas de la soudure sous flux à haute vitesse
SOUFFLURES EN EVENTAIL OU NIDS DE SOUFFLURES DUS A L'ACTION DE L'ATMOSPHERE	<ul style="list-style-type: none"> • La couverture de flux est trop réduite à cause d'une mauvaise alimentation

Fissures

Les fissures dans la soudure peuvent être dues à :

- Soudures de pointage trop petites
- Tension trop faible, courant trop élevé, pénétration trop élevée
- Mauvaise polarité de l'électrode, mauvaise inclinaison de l'électrode
- Mauvaise combinaison fil-flux (teneur en Mn inférieure à 1,7 fois la teneur en Si)
- Mauvaise séquence de soudage
- Mauvais dispositif de bridage
- Préchauffage trop faible
- Mauvais raccordement à la masse
- Dilution trop élevée avec le métal de base pollué
- Trop grand écartement

PROBLEMES	CAUSES / REMEDES
FISSURES A CHAUD LONGITUDINALES AU MILIEU DU JOINT OU LE LONG DU FRONT DE SOLIDIFICATION	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvais pointages • Contrôler le rapport hauteur-largeur. Pour le soudage avec un seul fil, celui-ci doit être au moins de 1;1,2 et pour le soudage en tandem de 1:1 • Les fissures peuvent être dues à de fortes impuretés soufrées ou des doublures dans la tôle. Elles peuvent être évitées par une faible dilution ou en choisissant un autre matériau Units Crack Susceptibility $UCS = 230C + 190S + 75P + 45Nb - 12,3Si - 5,4Mn - 1$ $UCS < 10$ = forte résistance à la fissuration $UCS > 30$ = faible résistance à la fissuration Utiliser des électrodes alliées au Mo • Eviter une section de soudure en forme de champignon • Les fissures dans le joint peuvent également être dues à des chocs et au déplacement des pièces durant le soudage (dans le cas de lignes d'alimentation en continu). Interdiction de marcher sur de fines tôles ou de marteler la soudure
FISSURES A FROID TRANSVERSALES AU JOINT	<ul style="list-style-type: none"> • La teneur en alliages de la soudure est trop élevée (Mn, C), mauvaise combinaison fil-flux. Si possible, utiliser un fil moins allié et/ou un flux dont la reprise en éléments d'alliage est plus faible • Augmenter le préchauffage • Vérifier si des tensions extérieures ou des vibrations du joint durant la solidification peuvent engendrer des contraintes (par ex. joints circulaires)
FISSURES DE CRATERE, FISSURES LONGITUDINALES A LA FIN DE TUBES FENDUS, PAROIS MINCES DE RESERVOIRS, PANNEAUX, ...	<ul style="list-style-type: none"> • Les soudures de pointage aux extrémités du joint sont insuffisantes • Dans le cas de tubes, réservoirs à paroi mince, ... arrêter la soudure à 150 à 300 mm de la fin et terminer la soudure dans l'autre direction ou manuellement • Les fissures peuvent être évitées en changeant de technique de soudage
FISSURES SOUS TENSION DANS UNE SOUDURE EN UNE SEULE PASSE	<ul style="list-style-type: none"> • Préchauffer, éliminer l'humidité sur la pièce et dans le flux
FISSURES SOUS TENSION DANS UNE SOUDURE MULTIPASSES	<ul style="list-style-type: none"> • Adapter la combinaison fil-flux pour être en conformité avec les propriétés de résistance du métal de base. Les températures de préchauffage et d'interpasses doivent être choisies en fonction du matériau et de l'épaisseur du matériau • Le refroidissement doit se faire lentement, placer éventuellement les pièces soudées encore chaudes dans un four préchauffé et porter lentement à la température de recuit de relaxation

Aspect extérieur du joint

Un aspect extérieur incorrect du joint peut être causé par:

- Mauvais raccordement à la masse
- Alimentation en fil glissante
- Epaisseur de couche de flux trop grande, flux trop brut, flux humide
- ou tôle humide
- Diamètre du fil trop petit
- Mauvaise vitesse de soudage, mauvais réglage de l'intensité de courant et/ou de la tension de soudage
- Trop grand écartement, mauvaise préparation du joint
- Passe à l'envers défavorable

PROBLEMES	CAUSES / REMEDES
SUREPAISSEUR EXCESSIVE	• Diminuer l'intensité de courant, augmenter la tension, augmenter la vitesse de soudage
SUREPAISSEUR TROP FAIBLE	• Augmenter l'intensité de courant, diminuer la tension, diminuer la vitesse de soudage
ASPECT DU JOINT RUGUEUX	• Prendre un plus grand diamètre de fil. Contrôler le raccordement à la masse, verser moins de flux sur la tôle, flux plus fin, flux sec
LA SURFACE DU JOINT A UN ASPECT EN CHEVRONS, PRESENTE DES BOSSES ET DES MORSURES	• Contrôler tout le circuit de soudage, les paramètres de soudage et la charge du fil • Une légère augmentation de la tension, supérieure à la normale, peut avoir un effet positif • Changer éventuellement de flux, souder avec un flux plus fin (quand la charge du flux est trop grande) • Choisir un plus grand diamètre de fil
LARGEUR DU JOINT INEGALE, MAUVAISE PREPARATION DU JOINT	• Contrôler le circuit de soudage et certainement le raccordement à la masse • La vitesse de fusion du fil ne peut être en dehors du domaine de réglage de l'alimentation en fil, c.-à-d. que la tension de soudage doit pouvoir être réglée • L'alimentation en fil doit suffisamment redresser le fil de soudage • Contrôler la vitesse de soudage
STRICTIONS LOCALES DE LA SOUDURE DANS LE CAS DE SOUDURES EN COURANT ALTERNATIF AVEC UN FLUX DE SOUDAGE PAS VRAIMENT APPROPRIE	• Utiliser le flux approprié
CHEVRONS ET AUTRES EMPREINTES DE GAZ SUR LA SURFACE DU JOINT	• Ne pas souder sur une tôle froide, sécher le flux et éventuellement préchauffer le métal

Pénétration irrégulière

Ceci peut être causé par:

- Mauvaise préparation du joint,
- pièce mal positionnée
- Mauvais choix de l'intensité et de la tension de soudage
- Rouleaux d'alimentation en fil glissants, mauvaise alimentation en fil
- Mauvais raccord. à la masse
- Mauvaise granulométrie du flux
- Mauvaises soudures de pointage

PROBLEMES	CAUSES / REMEDES
L'INTENSITE DE COURANT UTILISEE OU PRESCRITE NE SUFFIT PLUS POUR POUVOIR PENETRER COMPLETEMENT	• Contrôler la largeur du joint et éventuellement la diminuer. Avec le courant continu, la profondeur de pénétration est inversement proportionnelle à la largeur du joint • Modifier l'inclinaison du fil de soudage ou, dans le cas d'une soudure circulaire, modifier le point d'impact de l'arc
AVEC LES PARAMETRES DE SOUDAGE NORMAUX, ON A LOCALEMENT UNE PENETRATION EXCESSIVE	• Correction de la pénétration au moyen de la tension. Une augmentation de tension donne une pénétration plus faible et inversement

Enlèvement du laitier

Ceci peut être causé par:

- Mauvaise forme du joint, mauvaise préparation du joint
- Mauvais paramètres de soudage
- Mauvais flux

PROBLEMES	CAUSES / REMEDES
MAUVAIS, DIFFICILE ENLEVEMENT DU LAITIER	• Il est mieux d'enlever le laitier quand il est refroidi • Dans les joints étroits, l'enlèvement du laitier est favorisé par toutes les mesures qui font diminuer la largeur du joint: soudage plus rapide, tension plus faible, intensité de courant moindre • Dans le cas d'une soudure multipasses de joints d'angle, quand les bords du joint soudé ne sont pas symétriques par rapport à l'axe vertical, on peut avoir une amélioration en déplaçant (d'environ la moitié du diamètre du fil) le fil de soudage du milieu du joint vers le côté le plus incliné. • On élimine le mieux le laitier en martelant perpendiculairement sur le laitier, utiliser alors un burin à bout émoussé (± 600 mm de long)

Effondrement local du bain

Ceci peut être causé par:

- Courant de soudage trop élevé, tension trop faible, vitesse de soudage trop faible
- Angle d'ouverture trop grand, méplat trop petit, écartement des bords trop petit, préparation du joint irrégulière

Morsure

Ceci peut être causé par:

- Vitesse de soudage trop élevée
- Tension de soudage trop faible
- Flux trop grossier
- Mauvaise position du fil de soudage

Fissures de cratère

Ceci peut être causé par:

- Intensité de courant trop élevée par rapport à la tension
- Mauvaise préparation du joint

BIBLIOGRAPHIE

- AWS Welding Handbook
- MG UP-Handbuch, Handbuch für das Unterpulver-Schweißen
- EN ISO 1011, partie 2