

PROCÉDÉS DE SOUDAGE

NOTICE D'INFORMATION SUR L'ALUMINIUM – PARTIE IV

Dans cette quatrième notice d'information sur l'aluminium, vous pouvez lire la dernière partie sur le soudage TIG (exécution du soudage, défauts de soudage, inclusions et autres défauts) et la première partie sur le soudage MIG/MAG (historique, principe, types d'arc, appareils MIG pulsés et gaz de protection).

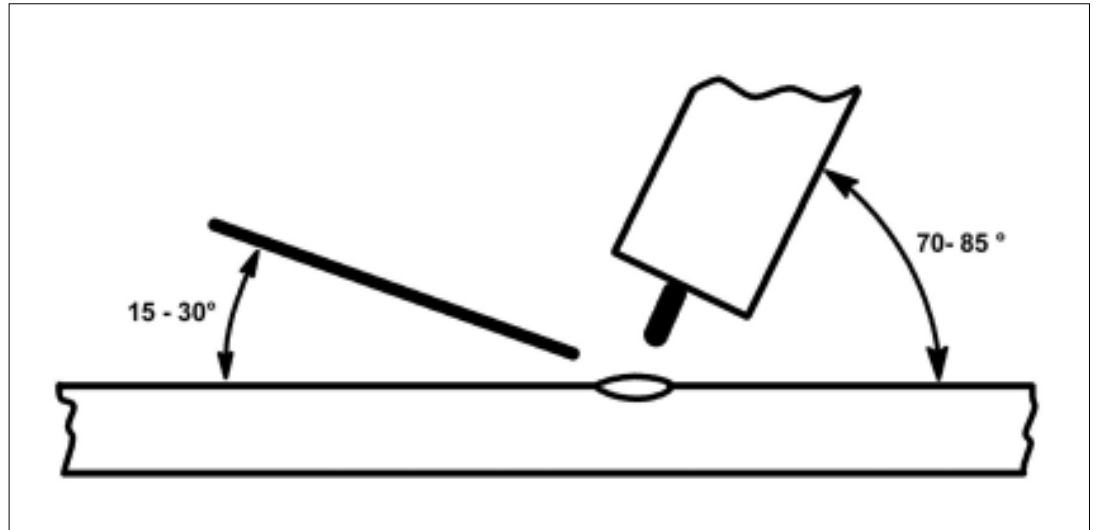


Figure 15: si on utilise du métal d'apport, celui-ci est alimenté au bord du bain de fusion et l'angle entre le métal d'apport et le matériau de base sera de 15 à 30° (toute la doc.: Marc Martens)

Par Ir. R. Vennekens, EWE - Institut Belge de la Soudure
 Ing. B. Verstraeten, IWE - Institut Belge de la Soudure
 Ing. K. Broeckx, EWE - Institut Belge de la Soudure
 Traduction: M.-C. Ritzen

EXÉCUTION DU SOUDAGE

Avant de souder, il faut bien choisir le diamètre de l'électrode et de la buse, l'intensité de courant, le débit de gaz, le type et le diamètre du métal d'apport. Des directives à ce propos sont données au tableau 11. Les recommandations suivantes ne concernent que le soudage TIG manuel:
 - amorcer l'arc autant que possible

sur le chanfrein ou sur un cordon déjà déposé.
 - après formation du bain de fusion, la torche est déplacée dans le sens du fil de soudage 'en poussant' à une vitesse régulière avec ou sans métal d'apport. L'angle formé par la torche et la pièce est de 80° environ (70-85) (voir figure 15).
 - la longueur d'arc peut varier de 3 à 7 mm.
 - si on utilise du métal d'apport, celui-ci est alimenté au bord du bain de fusion et l'angle entre le métal d'apport et le matériau de base sera de 15 à 30° (voir figure 15).
 - le fil d'apport ne peut pas toucher la pointe de l'électrode car

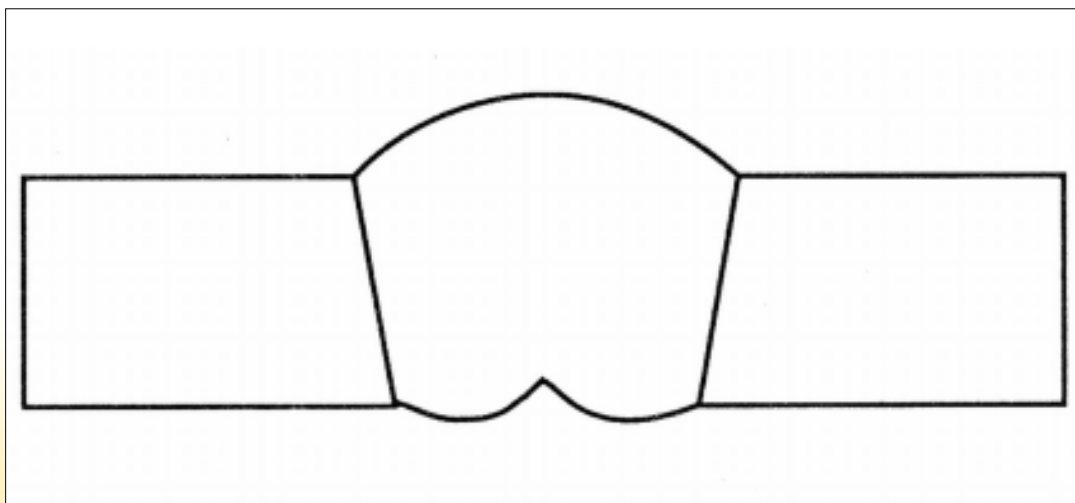
ceci provoque la pollution et/ou la fusion de la pointe d'électrode. Une pointe d'électrode polluée provoque un arc instable.
 - l'extrémité du métal d'apport doit toujours rester dans le gaz de protection de l'arc sinon il y a oxydation.
 - après interruption du soudage, l'extrémité du fil d'apport doit être coupée car celle-ci peut être oxydée.
 - après interruption de l'arc, recommencer sur le chanfrein ou sur une soudure déjà déposée afin d'éviter la formation de cratères et de fissures.
 - il est naturellement mieux de travailler avec une installation munie d'un système permettant de

diminuer le courant automatiquement lors d'un arrêt, ce qui évite les défauts de cratère.
 - lors du démarrage, le cratère éventuellement présent doit d'abord être meulé ou fraisé, ceci afin d'éliminer d'éventuelles fissures de cratères.

L'EXTRÉMITÉ DU MÉTAL D'APPORT DOIT TOUJOURS RESTER DANS LE GAZ DE PROTECTION DE L'ARC, SINON IL Y A OXYDATION

Il faut ensuite nettoyer avec une brosse en acier inoxydable.
 - lors du soudage multicouches, il faut brosser (brosse en acier inoxydable) chaque couche avant de déposer la suivante.
 - la soudure doit avoir un aspect brillant des deux côtés de la soudure.
 - le cas contraire indique que la protection gazeuse et/ou le nettoyage n'ont pas été optimaux.
 - dans le cas d'alliages d'aluminium soumis à un traitement thermique, il est important de maintenir la température interpasses prescrite.
 - laisser refroidir la soudure à l'air calme; faire attention aux courants d'air. Un refroidissement trop rapide peut donner lieu à des fissures.

Figure 16: un autre phénomène assez courant lors du dépôt des passes de fond est l'effondrement de la couche d'oxydes dans la soudure



DÉFAUTS DE SOUDAGE TYPIQUES

Ce problème est également traité dans le CD-ROM 'Process 141'

(disponible auprès de l'IBS).
 En principe, tous les défauts de soudage TIG apparaissant lors du soudage d'autres matériaux (acier, acier inoxydable) peuvent également apparaître lors du soudage de l'aluminium.
 Certains défauts sont cependant typiques à l'aluminium: porosités, collage, fissures à chaud et inclusions d'oxydes.
 L'apparition de ces défauts a déjà été traitée dans la première partie de cette série.
 Quelques problèmes pratiques seront traités dans la dernière partie de cette série.
 (voir tableau 14 - Exécution incorrecte du soudage)

INCLUSIONS

L'oxyde d'aluminium a un point de fusion de 2.000 °C environ de sorte qu'il peut s'introduire dans le bain de fusion lors du soudage. L'action nettoyante de l'arc peut éliminer ces oxydes en partie mais si ce n'est pas suffisant, ces oxydes se retrouveront dans la soudure et

LES DÉFAUTS DE COLLAGE PEUVENT APPARAÎTRE À CAUSE D'UN BROSSAGE INSUFFISANT DES BORDS DU JOINT, AUSSI ENTRE LES COUCHES. LA COUCHE D'OXYDES EST DONC INSUFFISAMMENT ÉLIMINÉE, CE QUI EMPÊCHE LE MOUILLAGE DU MATÉRIAU DE BASE

apparaîtront à la radiographie sous forme de chapelet.
 Ceci peut être également dû à une protection gazeuse insuffisante ou à une mauvaise étanchéité du système gazeux.
 Les porosités ou les inclusions d'oxydes apparaissent souvent en même temps.
 Un autre phénomène assez courant lors du dépôt des passes de fond est l'effondrement de la couche d'oxydes dans la soudure.
 La figure 16 donne une représentation de ce phénomène.
 On y remédie en brisant les bords à l'envers de la tôle.
 Les oxydes peuvent ainsi mieux s'échapper.

AUTRES DÉFAUTS DE SOUDAGE

– Pénétration insuffisante
 Celle-ci apparaît principalement quand le courant de soudage est trop faible en combinaison avec un écartement des bords et un angle d'ouverture trop faibles dans

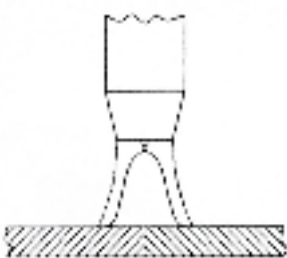
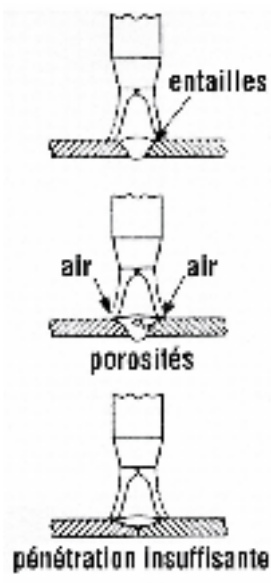
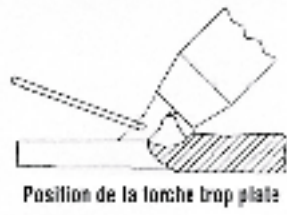
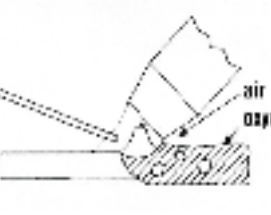
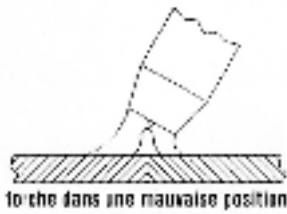
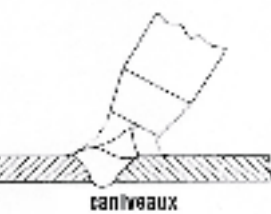
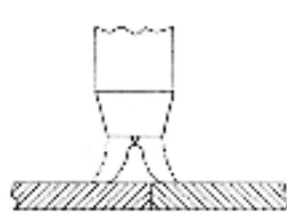
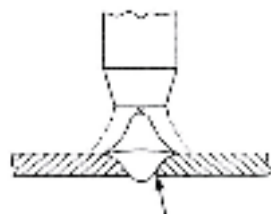
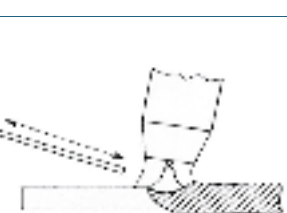
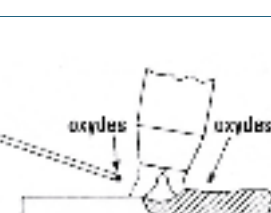

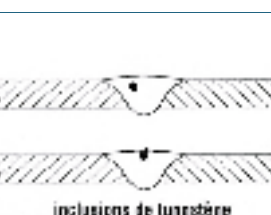
EXÉCUTION INCORRECTE DU SOUDAGE	DÉFAUTS POSSIBLES	
 <p>arc trop long</p>		<p>Un arc trop long donne une pénétration moindre, des caniveaux et une protection gazeuse insuffisante. Cette dernière donne une soudure poreuse.</p>
 <p>Position de la torche trop plate</p>		<p>On aspire ainsi l'air extérieur ce qui provoque des inclusions d'oxydes.</p>
 <p>torche dans une mauvaise position</p>	 <p>caniveaux</p>	<p>Une mauvaise position de la torche par rapport au sens du soudage conduit à une soudure asymétrique et des caniveaux.</p>
 <p>arc à côté du joint</p>	 <p>défauts de pénétration</p>	<p>Une mauvaise position par rapport au joint donne des défauts de pénétration.</p>
 <p>fil en dehors du gaz de protection</p>		<p>Oxydation de l'extrémité du fil. Ceci peut aboutir à des inclusions d'oxydes dans la soudure.</p>
 <p>Contact de l'électrode avec le bain de fusion</p>	 <p>inclusions de tungstène</p>	<p>Une partie de l'électrode de tungstène peut fondre et créer ainsi des inclusions de tungstène dans la soudure.</p>

Tableau 14: exécution incorrecte du soudage

des joints chanfreinés. L'élimination insuffisante de la couche d'oxydes susmentionnée peut donner une pénétration insuffisante. Une position de la torche incorrecte peut donner une pénétration insuffisante parce que l'arc est dirigé vers un côté.

Une autre cause peut être : mauvais réglages des paramètres de soudage c.-à-d. courant de soudage trop faible et/ou vitesse de soudage trop élevée.

- Pénétration trop importante
Mauvais réglage des paramètres de soudage : courant de soudage trop élevé, vitesse de soudage trop faible.

Lors du soudage TIG, l'action réfrigérante du métal d'apport peut être trop faible ou l'écartement des bords peut être trop grand.

- Caniveaux
Quand on soude avec un arc trop long (tension d'arc élevée), la chaleur de l'arc est trop dispersée. Dans les soudures d'angle, ceci peut provoquer des caniveaux sur la tôle verticale.

Une mauvaise tenue de la torche (arc trop dirigé d'un seul côté) peut avoir le même effet.

Lors du dépôt de couches de remplissage dans des joints bout à bout, des caniveaux internes peuvent apparaître.

- Collage
Les causes sont :
- trop de métal d'apport mis dans la soudure
- fil trop gros

- courant de soudage trop faible
- vitesse d'avancement trop élevée
- l'arc de soudage est trop dirigé vers le bain de fusion.

Les défauts de collage peuvent également apparaître à cause d'un brossage insuffisant des bords du joint, également entre les couches.

La couche d'oxydes est donc insuffisamment éliminée ce qui empêche le mouillage du matériau de base par le métal d'apport.

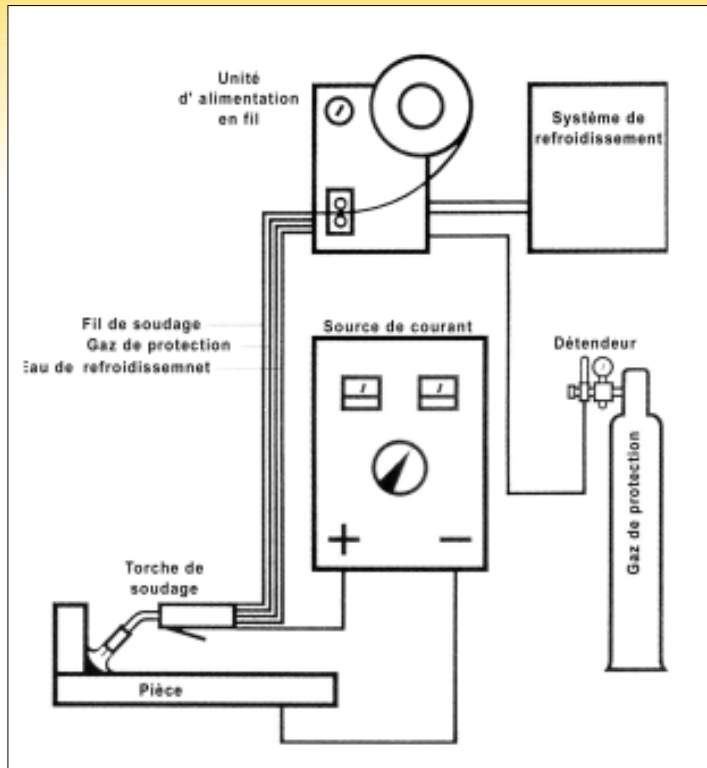


Figure 17: lors du soudage MIG, un arc est entretenu entre un métal d'apport fusible et la pièce. Le métal d'apport est alimenté en continu à partir d'une bobine

SOUDEGE MIG/MAG: HISTORIQUE

Ce procédé a été mis au point par PHILIPS dans les années 50 du 20^{ème} siècle et est connu sous différentes dénominations comme soudage CO₂, soudage semi-automatique, soudage MIG (MIG = Metal Inert Gas) et soudage MAG (Metal Active Gas). Toutes ces dénominations ont trait au même procédé de soudage. Dans cet article, on parlera du soudage MIG.

PRINCIPE

Lors du soudage MIG, un arc est entretenu entre un métal d'apport

fusible et la pièce.

Le métal d'apport est alimenté en continu à partir d'une bobine (figure 17).

Le métal d'apport, l'arc et le bain de fusion sont entourés d'un gaz de protection contre l'influence de l'air environnant. Quand ce gaz de protection est inerte, on parle de soudage MIG (Metal Inert Gas). Quand celui-ci est actif (il contient par ex. de l'oxygène), on parle de soudage MAG (Metal Active Gas).

Lors du soudage MIG, on soude en courant continu. L'électrode (fil) est souvent au pôle positif. On a récemment introduit le soudage en courant alternatif de l'aluminium en épaisseur mince.

Comme gaz de protection, on

utilise de l'argon ou des mélanges argon-hélium.

TYPES D'ARC

Lors du soudage MIG, on distingue, en principe, deux types d'arc en fonction des réglages du poste de soudage : soudage à arc en court-circuit (short arc) et soudage à arc stable (spray arc).

SOUDEGE SHORT ARC

Lors d'intensités de courant faibles, l'électrode alimentée en continu entre en contact avec la pièce. Le court-circuit ainsi créé fait fondre une partie de l'électrode.

LORS DU SOUDEGE MIG, ON DISTINGUE DEUX TYPES D'ARC EN FONCTION DES RÉGLAGES DU POSTE DE SOUDEGE: SOUDEGE À ARC EN COURT-CIRCUIT (SHORT ARC) ET SOUDEGE AU SPRAY ARC

La dénomination soudage à arc en court-circuit vient donc du fait que le transfert de métal ne se fait que durant une période de court-circuit (short arc). Avec ce type d'arc, on a beaucoup de projections.

Ce type d'arc n'est pas approprié pour le soudage de l'aluminium car il a trop peu d'action récurante et ce type d'arc est trop froid (collage). (voir figure 18)

SOUDEGE SPRAY ARC

Lors d'intensités de courant élevées supérieures à un certain courant de transfert dépendant de la combinaison métal d'apport-gaz appliquée, on a un transfert continu de métal.

Le fil fond sous forme de gouttes, grosses ou fines, et le transfert de métal se fait sous l'influence de la pesanteur et de forces électromagnétiques.

On parle alors de soudage au spray arc.

Ce type d'arc ne crée pratiquement pas de projections (figure 19).

Le bain de fusion est assez grand avec une bonne pénétration.

Ce type d'arc peut être utilisé pour le soudage de l'aluminium.

SOUDEGE À L'ARC PULSE

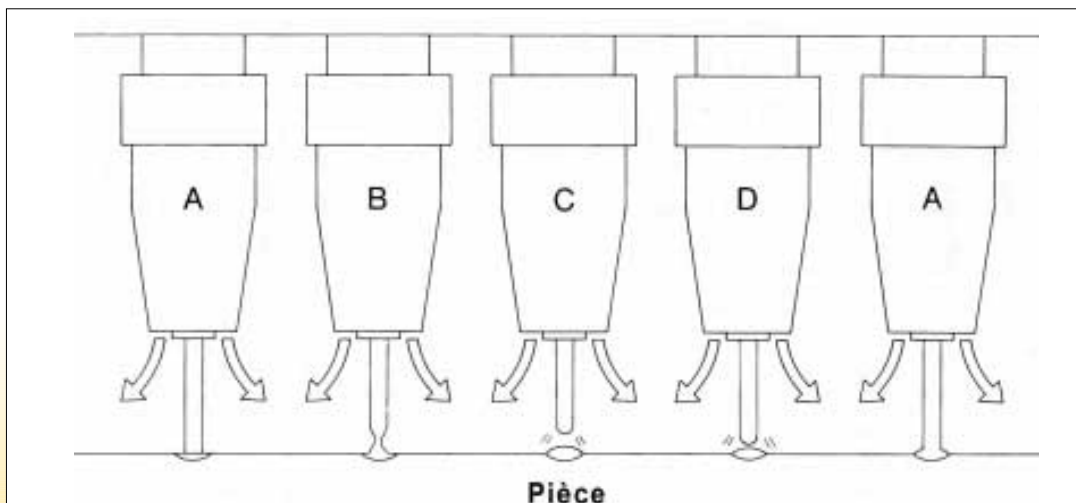
On soude de plus en plus en un courant pulsé.

Le courant de soudage varie entre le courant de base (I_b) et le courant de pointe (I_p).

Durant le courant de base, il n'y a pas de transfert de métal.

Le transfert se fait lors du maintien

Figure 18: soudage short arc



du courant de pointe (figure 20). Le courant de base se trouve dans le domaine du short arc et le courant de pointe dans le domaine du spray arc. Les avantages des deux types d'arc sont ainsi combinés.

Le courant moyen se situe donc entre le courant de base et le courant de pointe. L'énergie apportée se trouve entre celle existant quand on soude avec le courant de base (short arc) et celle quand on soude avec le courant de pointe (spray arc). Le soudage à l'arc pulsé donne donc un soudage plus froid par rapport au soudage spray arc en courant continu.

Mais les avantages du soudage en short arc et en spray arc sont maintenus, c'est à dire soudage de tôles minces et soudage en position avec une bonne pénétration et donc un faible risque de collage. Ceci provient du fait que le transfert de métal ne se fait que durant la période de pointe du courant de soudage en spray arc. Lors du courant de base, l'arc est entretenu et aucun transfert de métal ne se fait.

Le soudage se fait pratiquement sans projections. Comme pour le soudage TIG, la pureté est une exigence (voir 'Notice d'information sur l'aluminium', partie I, II et III). Le soudage MIG pulsé offre des avantages par rapport au soudage MIG en courant continu et ce, pour les raisons suivantes:

- apport calorifique plus faible

- utilisation possible de diamètres de fil plus grands (moins de problèmes d'alimentation en fils 'tendres' d'aluminium)
- pratiquement pas de projections
- pénétration régulière

QUELQUES ASTUCES

Afin d'avoir une alimentation continue en fil de soudage, il faut mettre un guide en matière plastique (par ex. téflon) dans la gaine MIG. Dans le cas du soudage MIG à fils doubles (twin arc), on peut atteindre une vitesse de soudage quelque peu inférieure à celle du

LE SOUDAGE MIG PEUT ÊTRE APPLIQUÉ POUR LE SOUDAGE D'ÉPAISSEURS PLUS FORTES AVEC DES VITESSES DE SOUDAGE RAISONNABLEMENT ÉLEVÉES MAIS N'A DONC PAS, À CES INTENSITÉS DE COURANT ÉLEVÉES, D'AVANTAGES SPÉCIFIQUES SUPÉRIEURS AU SOUDAGE MIG PULSÉ

soudage au laser. Les coûts d'investissement sont cependant beaucoup plus faibles. Le domaine d'application du soudage MIG se situe au niveau du soudage manuel principalement pour les épaisseurs de 3 mm et plus tandis que le procédé peut être mécanisé sans problèmes à partir d'épaisseurs de 2 mm.

Le soudage MIG peut être appliqué pour le soudage d'épaisseurs plus fortes avec des vitesses de soudage raisonnablement élevées mais n'a donc pas, à ces intensités de courant élevées, d'avantages spécifiques supérieurs au soudage MIG pulsé. Le soudage manuel MIG pulsé peut, en principe, être utilisé à partir d'épaisseur de 2 mm mais, pour cette épaisseur, il exige une grande concentration du soudeur.

Il est plus réaliste d'utiliser le soudage manuel à partir de 3 mm d'épaisseur. Par contre, le soudage mécanisé est utilisable à partir d'épaisseurs de 1 mm à condition que le matériau soit bien clamé et/ou pointé de façon adéquate. Tant pour le soudage manuel que pour le soudage mécanisé, il y a une limite supérieure en ce qui concerne l'épaisseur de matériau à souder.

La figure 21 donne le choix du procédé de soudage en fonction des épaisseurs à souder. Ceci vaut tant pour le soudage MIG que pour le soudage MIG pulsé au-dessus de 10 mm. À part pour le soudage en position, le soudage MIG pulsé, pour une épaisseur supérieure à 10 mm, n'a plus d'avantages par rapport au soudage MIG. La fréquence des pulsations et donc l'intensité de courant moyenne sont tellement élevées que l'apport calorifique moyen pour les deux variantes se situe plus ou moins au même niveau.

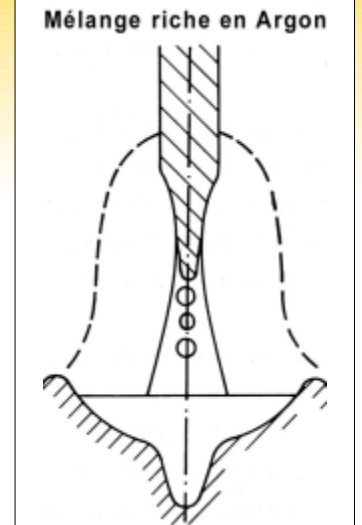
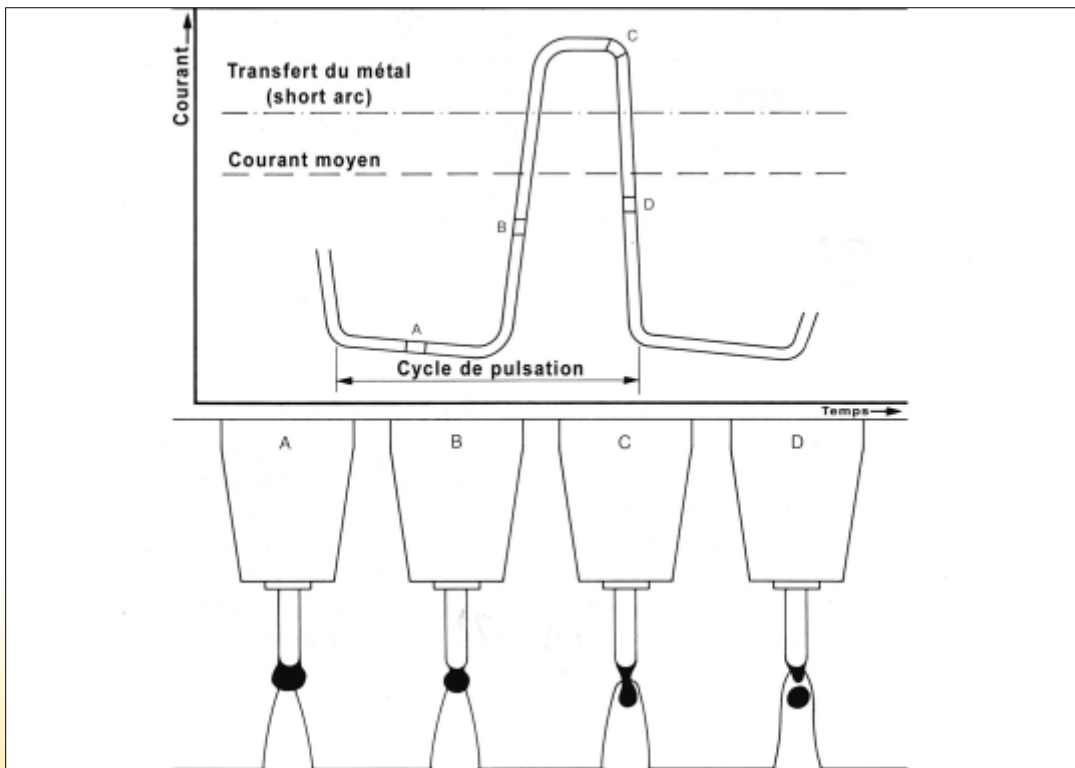


Figure 19: soudage spray arc

Le soudage MIG pulsé est le plus universellement utilisé et a, en général, la préférence tant sur le soudage TIG que le soudage MIG. Le système d'alimentation en fil, lors du soudage de l'aluminium, joue un rôle important car les fils en aluminium sont assez tendres. Ceci impose des limites à la longueur de la gaine, en l'occurrence pour des fils 'minces' de 0,8 et 1,0 mm. Pour ces diamètres, un système poussoir avec une gaine entre la bobine du fil et le pistolet de soudage est trop sujet à des perturbations et donc inapplicable. Pour ces diamètres, un système dit push-pull (pousser-tirer) est recommandé où le fil est non seulement poussé par un guide mais également tiré par un système inséré dans le pistolet de soudage. Une longueur de 8 mm est ainsi possible.

Le rayon d'action ainsi créé est un avantage. Par contre, le pistolet est plus lourd, plus grand et plus coûteux qu'un pistolet MIG normal. À partir d'une épaisseur de fil de 1,6 mm, on peut utiliser un système poussoir à condition que la longueur de la gaine soit limitée à 3 à 4 m. Il faut utiliser, dans tous les cas, un guide-fil en matière plastique. Pour des fils de soudage très minces et courts, il existe des systèmes où une petite bobine de fil (environ 0,5 kg) est insérée dans le pistolet de soudage. Ce système a pour inconvénients la faible quantité de fil sur la bobine, le pistolet alourdi, l'offre limitée en types de fil et le prix relativement élevé du métal d'apport. Avec ce système, le degré de perturbations est bien moindre. Lors du choix du poste de soudage MIG, il faut tenir compte des courants de soudage relativement élevés nécessaires pour le soudage de l'aluminium (voir tableau 1.5).

Figure 20: soudage à l'arc pulsé



Avec une source de courant trop faible, on ne peut pas souder en spray arc et ce, au détriment de la qualité de la soudure.

La source de courant est choisie en fonction du travail de soudage à réaliser.

On aura souvent besoin d'une source de courant de 250-350 A au minimum. Par l'utilisation de 100% d'argon comme protection gazeuse et en raison du pouvoir réflecteur de l'aluminium, le pistolet de soudage est fortement soumis à la chaleur. Il vaut mieux utiliser un pistolet refroidi à l'eau.

On utilise généralement le même poste de soudage pour le soudage MIG et MIG pulsé.

Ceci ne veut cependant pas dire que tous les postes MIG sont sans plus appropriés pour le soudage MIG pulsé.

L'inverse est cependant vrai.

Quand une entreprise veut souder en MIG pulsé, elle doit en tenir compte lors de l'achat d'un poste. Dans l'ensemble, on peut dire qu'il est utile et nécessaire que le poste soit bien entretenu.

Ceci est naturellement toujours souhaitable mais c'est une nécessité absolue lors du soudage de l'aluminium.

Les fils en aluminium sont plus tendres que les fils en acier ce qui rend l'alimentation en fil plus critique et peut provoquer de fréquentes pannes avec un poste pas bien entretenu.

Avec un poste de soudage MIG standard, le soudeur doit régler la tension à vide et le courant de soudage.

Le réglage du courant de soudage est couplé au réglage de la vitesse du fil.

APPAREILS DE SOUDAGE MIG PULSÉ

Les différents types d'appareils MIG pulsé disponibles sur le marché peuvent, en principe, être subdivisés en grands groupes:

- Appareils MIG pulsé programmables
- Appareils MIG pulsé synergiques

APPAREILS PROGRAMMABLES

Avec des appareils programmables, tous les paramètres de soudage doivent être réglés par l'utilisateur.

Ceci veut dire que pour chaque vitesse de fil, les paramètres suivants doivent être réglés: tension de pointe, temps de courant de pointe, courant de base, temps de courant de base, tension de soudage (tension de base).

Ces paramètres doivent être en concordance les uns avec les autres par diamètre de fil, type de fil et type de gaz de protection de façon à avoir un processus stable.

C'est évidemment possible mais en pratique, ce n'est pas la méthode la plus rapide.

Ce type d'appareil MIG pulsé est souvent utilisé par les chercheurs et par des entreprises qui doivent régulièrement souder avec des gaz et fils spéciaux.

APPAREILS SYNERGIQUES

Les appareils synergiques, appelés à tort machines à 'un bouton', ont été développés afin de limiter le nombre de paramètres devant être réglés par le soudeur.

Synergie vient du grec et signifie 'en collaboration'.

Ceci signifie qu'il existe un lien entre la vitesse du fil et la fréquence de pulsations.

Si la vitesse du fil augmente, la fréquence de pulsations augmente également ainsi que l'intensité de courant moyenne.

Ceci est nécessaire afin de garantir un équilibre entre la vitesse d'alimentation en fil et la vitesse de fusion.

Pour un soudeur habitué au soudage MIG conventionnel, travailler avec ce type d'appareil est aisé puisque l'augmentation de la vitesse du fil entraîne également une intensité de courant et un dépôt plus élevés.

Avant de souder, le soudeur doit régler la tension de soudage ainsi qu'un certain nombre d'interrupteurs. Il fait ainsi un choix pour un certain type de fil de soudage, un diamètre de fil et un type de gaz de protection.

Il peut ensuite en tournant un seul bouton (vitesse de fil/fréquence) utiliser la gamme totale de l'appareil MIG pulsé (de l'intensité de courant la plus faible à la plus élevée).

Dans la plupart des appareils MIG pulsé synergiques, il y a un deuxième bouton pour un réglage précis de la longueur d'arc.

Le choix entre un poste conventionnel

ou un appareil pulsé dépend de:

- la nature du soudage (critique, soudage avec des fils spéciaux ou sous protection gazeuse spéciale...)
 - l'avis du soudeur/utilisateur
- En pratique, dans 9 cas sur 10, on choisit un appareil synergique pour le soudage MIG pulsé de l'aluminium.

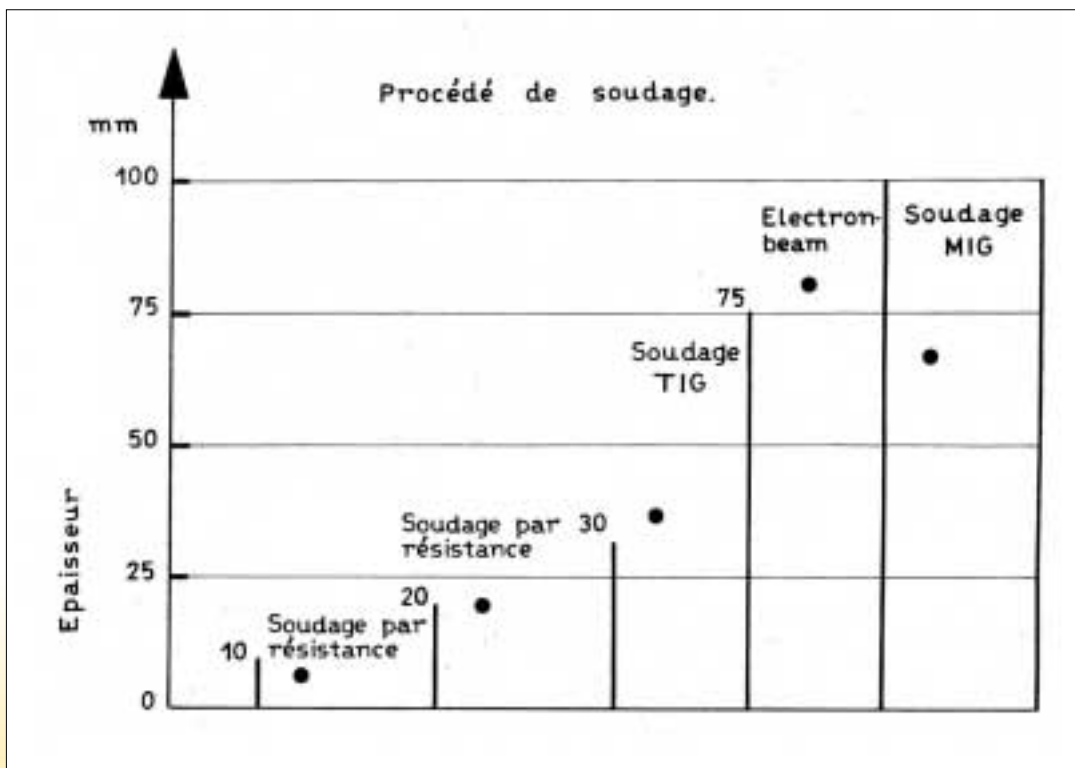
AUTRES APPAREILS MIG PULSÉS ET MIG EN COURANT ALTERNATIF

Avec un poste conventionnel, on utilise une caractéristique de tension d'arc plate, ce qui a pour conséquence qu'une faible variation de tension (variation de la longueur d'arc) donne une forte variation de courant.

Ceci s'appelle l'effet auto-régulateur car lors d'un arc trop long, le courant plus faible assure que le fil fonde moins rapidement et l'arc revient ainsi à une longueur correcte. Avec les sources de courant modernes pulsées ou même à courant alternatif, il en va tout autrement.

LES APPAREILS SYNERGIQUES, APPELÉS À TORT MACHINES À 'UN BOUTON', ONT ÉTÉ DÉVELOPPÉS AFIN DE LIMITER LE NOMBRE DE PARAMÈTRES DEVANT ÊTRE RÉGLÉS PAR LE SOUDEUR

Figure 21: le choix du procédé de soudage en fonction des épaisseurs à souder



En utilisant un courant alternatif sinusoïdal, l'arc s'éteindrait toujours au passage au zéro (passage du positif au négatif) et l'arc devrait à chaque fois être rallumé.

Afin d'éviter ce problème, on utilise du courant alternatif en blocs.

Le temps de passage au zéro est minimal et l'arc ne doit pas être réamorcé à chaque fois.

Les sources de courant à inverser sont d'une grande utilité pour les procédés de soudage MIG modernes car le courant peut être mieux modulé.

ÉQUIPEMENTS SPÉCIAUX

En plus des équipements déjà cités qui doivent être réglés avant de commencer le soudage de l'aluminium, le poste pour le soudage MIG et MIG pulsé est souvent équipé d'accessoires supplémentaires.

Il s'agit souvent d'accessoires pour le démarrage et pour l'arrêt.

- Au démarrage, il y a deux problèmes possibles: premièrement, convexité excessive avec forte surépaisseur et deuxièmement, manque de pénétration (collage).
- La recherche a montré qu'un temps d'amorçage réduit est favorable pour un bon démarrage.

Les facteurs influençant un temps

Ø DU FIL	INTENSITÉ DE COURANT CRITIQUE*
0,8 mm	env. 90
1,0 mm	110
1,2 mm	125
1,6 mm	160
2,4 mm	190

* A spray arc

Tableau 15: intensités de courant critique

d'amorçage réduit sont entre autres:
 -coupe en biais du fil de soudage avant l'amorçage
 -vitesse faible d'alimentation en fil au démarrage
 -induction faible dans le circuit de soudage
 -capacité de charge élevée du fil de soudage.
 L'amorçage correct de l'arc lors du soudage de l'aluminium dépend de certains facteurs dont les plus importants sont le fil de soudage, le diamètre du fil de soudage, le type de torche de soudage, la source de courant.
 Plus le fil est rigide et dur, moins il y aura de problèmes au démarrage. En fait, les diamètres de fil les plus grands posent généralement moins de problèmes au démarrage. De plus, des fils plus tendres (par ex. AlSi) et des câbles plus longs peuvent poser plus de problèmes au démarrage que des fils de soudage AlMg plus durs.
 Une recherche a montré que quand on utilise un mécanisme d'alimentation en fil conventionnel (push) lors du soudage avec de l'AlSi, on a environ quatre fois plus de problèmes que lors du soudage avec un fil AlMg5.
 L'utilisation d'une torche de soudage push-pull peut éviter beaucoup de problèmes au démarrage et a donc la préférence.
 L'électronique moderne permet

Figure 22: L'AluTip est composée de deux parties: une partie en cuivre très bonne conductrice et l'autre en graphite spécial



actuellement d'ajouter dans la source de courant des accessoires afin d'améliorer le comportement au démarrage.
 - À la fin de la soudure apparaissent des fissures de cratère.
 Comme on le sait, certains types d'aluminium sont sensibles aux fissures de cratère.
 L'interruption brusque de l'arc à la fin de la soudure est souvent la cause de l'apparition de fissures de cratère. La plupart des postes MIG pulsé actuels (réglés électroniquement) sont parfaitement à même d'éviter la formation de cratères à la fin de la soudure.
 - Un autre problème lors du soudage de l'aluminium, est le coincement du fil dans la buse de contact.
 Le choix d'une buse correcte évitera ces problèmes.
 Un développement récent est l'AluTip ou buse en graphite.
 La buse a été développée, à l'origine, pour éviter les collages lors du soudage de petites longueurs. Elle est constituée de deux parties:

L'UTILISATION D'UNE TORCHE DE SOUDAGE PUSH-PULL PEUT ÉVITER BEAUCOUP DE PROBLÈMES AU DÉMARRAGE ET A DONC LA PRÉFÉRENCE

une partie en cuivre très conductrice, vissée dans la torche et une deuxième partie en graphite spécial, attachée à la partie en cuivre (voir figure 22).
 En raccourcissant la partie en cuivre, la buse de contact spéciale peut être appliquée dans une torche standard.
 L'avant de la buse est en graphite. Ce matériau peut être utilisé car il est conducteur de courant.
 Comme l'aluminium et le graphite ne se dissolvent pas l'un dans l'autre, le fil en aluminium n'adhère pas au graphite de la buse.
 La buse Alu peut, en principe, être utilisée avec toutes les torches en adaptant la géométrie.
 Le graphite est plus mauvais conducteur que le cuivre.
 La chute de tension dans la buse de contact est donc un peu plus élevée que dans une buse en cuivre.
 Le soudeur devra mettre une tension et une alimentation en fil plus élevées qu'avec une buse de contact en cuivre.
 La différence est cependant minime.

GAZ DE PROTECTION

Pour le soudage de l'aluminium, on peut utiliser de l'argon comme gaz de protection.
 Avec des épaisseurs plus fortes et/ou pour améliorer la vitesse de soudage, on peut également

utiliser des mélanges argon/hélium.
 Les gaz classiques pour acier et acier inoxydable comme O₂, CO₂ ou H₂ ou des mélanges de ces gaz ne peuvent pas être utilisés pour l'aluminium afin d'éviter l'oxydation et/ou les porosités.
 Lors de récentes recherches réalisées par le Centre de Recherche de l'Institut Belge de la Soudure, on a constaté que certains mélanges de gaz donnaient une meilleure productivité lors du soudage de l'aluminium.
 Une addition d'He à l'Ar donnait toujours une meilleure pénétration. Dans le projet de recherche, des mélanges avec addition de 15% et de 30% ont été testés.
 Le mélange gazeux ayant le pourcentage le plus élevé en He donnait la pénétration la plus forte.
 Dans le mélange à 15% He, on a ajouté 150 ppm N₂; ceci a donné un arc plus stable et un très faible pourcentage de porosités dans la soudure.
 L'aluminium demande un débit de gaz plus élevé que pour l'acier et l'acier inoxydable.
 Une règle approximative pour la quantité de gaz sous argon est le diamètre de la buse (mm) multiplié par 1,5; ceci donne la quantité minimale en litres par minute (par ex. buse = 14 mm, débit = 1,5 x 14 = 21 l/min).
 Pour les mélanges argon/hélium, il faut toujours prendre une quantité plus élevée en fonction du rapport du mélange.
 L'hélium pur par rapport à l'argon demande deux ou trois fois de débit de gaz. (À suivre) □

Remerciements
 Le projet 'Conseil Technologique en Soudage' est subsidié par l'IWT-Vlaanderen, la Région Bruxelles-Capitale et le Ministère de la Région Wallonne.

Ir.R.Vennekens, EWE-Institut Belge de la Soudure



BIBLIOGRAPHIE

- NIL - "Laskennis opgefrist" Sur base du "Job knowledge for Welders" de TWI Connect
- "Understanding Aluminium Alloys" Welding Journal, Avril 2002, pp. 77-80
- Aluminiumcentrum (Nederland) Het lassen van aluminium (I) Algemeen
- Het lassen van aluminium (III) TIG-lassen
- Het lassen van aluminium (III) MIG-lassen
- Het lassen van aluminium (IV) Weerstandlassen
- "Défauts lors du soudage de l'aluminium - comment les éviter" R. Vennekens, Lastijdschrift/Revue de la Soudure 3, pp. 4-13
- "Slimme constructie werkt kostenbesparend" H. Lammertz, H. Brantsma, EWE, Aluminium 4/98 pp. 27-29
- "Combinatie van laser en plasmaboog" Lastechniek, november 1998, pp. 9-12
- "Lasmetallurgie der metalen buiten het ijzer" Prof. dr.ir. E. Wetteinck, Laboratorium Non Ferro Metallurgie, RUG
- Welding Handbook Vol. 3, part 1, Materials and applications, 8th Ed., 1996 American Welding Society, pp. 1-120
- "Le soudage de l'aluminium et de ses alliages" R. De Mulder (ESAB) - Conférences Technologiques IBS
- "Het lassen van aluminium en aluminiumlegeringen" R. Vennekens, B. Verstraeten "BIL Workshops 2000"
- "Porositeit bij het lassen van aluminium - Technische Gegevens"
- EN 573-1: Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 1: Numerical designation system
- EN 573-2: Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 2: Chemical symbol based designation system
- EN 573-3: Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 3: Chemical composition
- EN 573-4: Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 4: Forms of products.
- Hoekloos MIG/MAG, TIG & Plasma, Een voorlichtingsbrochure over de bekende lasprocessen.
- 14.TIG - en plasmalassen VM81 - Vereniging FME
- 15.Welding Handbook Vol. 2, Welding processes 8th Ed., 1991