

SOUDAGE AU TIG:

Effet Du Courant Et De La Polarité

Il y a également lieu de souligner le fait que les métaux dont l'oxyde est instable sont quasiment insensibles au type de courant contrairement aux métaux très oxydables à l'air.

Le succès d'une opération de soudage requiert d'avoir un joint dépourvu de toute trace d'oxyde ou de contaminant afin d'assurer une bonne continuité métallurgique à travers le joint de soudure. Ces éventuels contaminants affectent le degré de mouillage du métal d'apport et la qualité de la fusion avec le métal de base, en plus de générer des inclusions dans le cordon. La présence de ces inclusions a pour conséquence d'altérer les performances du joint dont, entre autres, la ductilité dans le cas des aciers ou la conductivité électrique et thermique dans le cas des alliages d'aluminium ou de cuivre.

Parmi les procédés communs de soudage, le procédé TIG (GTAW) procure une meilleure protection du bain de fusion contre la contamination de l'air. Il représente ainsi la technique la plus recommandée dans les situations suivantes:

- assemblage dans les installations cryogéniques (basses températures) où, selon les codes et standards en vigueur, des niveaux de ténacité supérieurs sont requis au niveau des joints soudés;
- soudage des métaux réfractaires (niobium, tantale, molybdène, etc.) qui sont très sensibles à l'oxydation à hautes températures;
- soudage des métaux très réactifs avec l'air: magnésium, aluminium, titane, zirconium.

L'autre avantage principal du procédé TIG réside dans le fait que le métal d'apport est introduit directement et de façon séparée dans le bain de fusion sans avoir à traverser l'arc, ce qui prévient les pertes d'éléments d'alliage par oxydation lors du soudage.

Comme les baguettes d'apport solides sont dépourvues de flux pour la dissolution des oxydes ou le nettoyage des impuretés sur la surface du métal de base, un bon décapage mécanique s'impose avant le début du soudage afin d'enlever la couche de rouille, réduire la pellicule d'oxyde et mettre à nu le métal de base. Cette étape revêt une grande importance pour la formation d'un joint de qualité, et ce notamment lorsqu'il s'agit de métaux très réactifs avec l'oxygène tels que le magnésium ou l'aluminium où l'oxyde a tendance à s'empiler rapidement en couches.

Métaux et type d'oxyde

Lors du soudage TIG, le choix du type de courant, soit AC ou DC, ainsi que la polarité, soit directe, "normale" (DC- / DCEN) ou inversée (DC+ / DCEP), dépend dans une large mesure du type de métal, donc de la nature de son oxyde.

Pour cela, il convient tout d'abord de lister, évidemment, les deux principales sortes de métaux à savoir:

Métaux et/ou alliages dont l'oxyde est tenace et stable: magnésium, aluminium, titane, bronze-aluminium, zinc, cuivre-béryllium, aciers inoxydables et alliages de nickel contenant du chrome, de l'aluminium ou du titane.

Métaux et alliages avec oxydes instables et/ou friables: aciers ordinaires et alliés, fontes, cuivre et ses alliages (bronze, laiton, Cu-Ni), nickel et les alliages sans Cr, Al, Ti, etc.

Cette distinction permet en premier lieu de dégager une certaine approche concernant le choix du type de courant ainsi que la polarité à mettre en œuvre pour le soudage TIG.

Il y a également lieu de souligner le fait que les métaux dont l'oxyde est instable sont quasiment insensibles au type de courant contrairement aux métaux très oxydables à l'air.

Effet du courant électrique et polarité

Sous l'effet de l'arc électrique, les gaz inertes sont ionisés dans la colonne d'arc. L'ionisation et l'expansion de cette atmosphère de gaz ont un double effet: soit la stabilisation de l'arc électrique d'une part et la protection du bain de fusion, du métal de base ainsi que de l'extrémité du métal d'apport contre la contamination de l'air d'autre part. De surcroît, les ions de charge positive du gaz ionisé sont dirigés et accélérés par le champ électrique pour aller percuter intensément la Cathode (électrode négative). Il en découle qu'en fonction du type de courant et de la polarité en courant continu, on assiste aux différents phénomènes suivants:

Courant continue, polarité normale (DC-, DCEN)

Cette polarité ne produit pas un bon décapage de l'oxyde de surface. Cependant, elle permet d'avoir une bonne pénétration à cause de la plus grande partie de chaleur qui s'accumule sur la pièce (électrode positive) suite à l'impact du flux d'électrons. Dans un tel cas de figure, il convient principalement d'utiliser cette polarité dans les situations suivantes: pièces massives ou épaisses où l'oxyde est de nature instable ; métaux à haute conductibilité thermique comme l'exemple du cuivre où les pertes thermiques peuvent être contrecarrées tout en gardant un arc chaud et stable. Toutefois, vu qu'il n'y a pas d'effet de nettoyage relié à cette polarité, il sera toutefois nécessaire de procéder à un bon nettoyage mécanique de la surface avant le soudage.

Courant continu, polarité inversée (DC+, DCEP)

La grande partie de la chaleur est concentrée sur l'électrode (pôle positif) et non sur la pièce. Cette polarité est utilisée pour le soudage des sections minces où la pénétration ne représente pas vraiment un facteur de première importance par rapport au souci d'éviter les déformations et la brûlure de la plaque. Dans un tel cas, il est recommandé de maintenir un arc court pour réduire l'énergie du soudage et par conséquent la tendance à la distorsion.

Pour ce type de polarité, les ions positifs du gaz ionisé sont accélérés vers le métal de base (électrode négative) où leur impact exerce un effet décapant en fragmentant la couche d'oxyde de la surface. Cette action de décapage se fait point par point et est simultanément assistée par les électrons émis à partir de la sub-surface, soit juste en dessous du film d'oxyde. L'effet de ces derniers consiste en la dispersion et l'évacuation de cet oxyde une fois fragmenté par les ions de gaz. Cette polarité est efficace pour son effet de nettoyage et ce, surtout dans le cas des métaux et alliages dont la couche d'oxyde est très stable et/ou une bonne action de nettoyage est nécessaire. Ceci est le cas, par exemple, de l'aluminium, du magnésium, du bronze-aluminium, etc. Étant donné la faible pénétration produite par cette polarité, il convient de la réserver aux cas de plaques minces.

Néanmoins, il est à noter que ce type de polarité risque de produire une surchauffe au niveau de l'électrode de tungstène ce qui peut même entraîner la fusion de sa pointe. Cette situation requiert donc l'usage d'électrodes de tungstène de diamètres plus ou moins larges pour résister davantage à l'effet de surchauffe.

Courant alternatif AC

L'emploi du courant alternatif permet d'assurer à la fois les deux actions cycle : pénétration et nettoyage ; pénétration pendant l'alternance négative de l'électrode puis nettoyage et décapage cathodique pendant l'alternance positive. Ceci permet enfin de combiner à la fois les avantages des deux polarités DCEN (DC-) et DCEP (DC+).

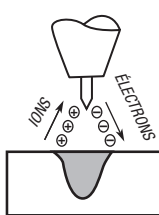
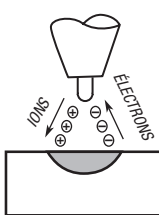
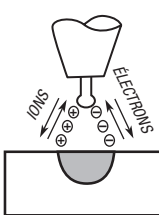
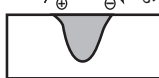


Le courant alternatif produit donne une pénétration moins profonde que la polarité directe DCEN et réduit le problème de soufflage de l'arc. Initialement, l'inconvénient du courant alternatif était relié au fait que l'arc s'éteint et se réamorçe à chaque demi-cycle quand le courant passe par le niveau zéro. Le développement du courant alternatif à haute fréquence (ACHF) s'est avéré très avantageux pour remédier à ce problème en permettant ainsi à l'arc de se réinitialiser avec un minimum de retard.

L'augmentation de la fréquence conduit à avoir un cône d'arc très serré ce qui contribue également à rétrécir la forme du cordon. Cette caractéristique constitue un avantage pour la réalisation des joints d'angles et des passes de pénétration. Cependant, la diminution de la fréquence amène à élargir le profil du cordon et conduit à avoir une zone de décapage large.

Le courant AC est principalement recommandé pour le soudage de l'aluminium, du magnésium et de leurs alliages, du cuivre-béryllium, etc.

En résumé, l'effet du type de courant électrique et de la polarité en courant continu (DC) sur les caractéristiques du cordon dont la soudure est schématisé sur la figure ci-contre:

Effet du contrôle de la balance en mode AC sur les caractéristiques du cordon

TYPE DE COURANT	DCEN	DCEP	AC(Équilibré)
Polarité de l'électrode	Négatif	Positif	
Mouvement des électrons et ions			
Caractéristiques de pénétration			
Action nettoyant des oxydes	Non	Oui	Oui à chaque demi cycle
Orientation de la chaleur dans l'arc	70% sur le métal de base 30% au bout de l'électrode	30% sur le métal de base 70% au bout de l'électrode	50% sur le métal de base 50% au bout de l'électrode
Pénétration	Profond & étroit	Peu profond & large	Médium
Capacité de l'électrode	Excellent e.g., 3.2 mm (1/8 in) 400A	Mauvaise e.g., 6.4 mm (1/4 in) 120 A	Bonne e.g., 3.2 mm (1/8 in) 225 A

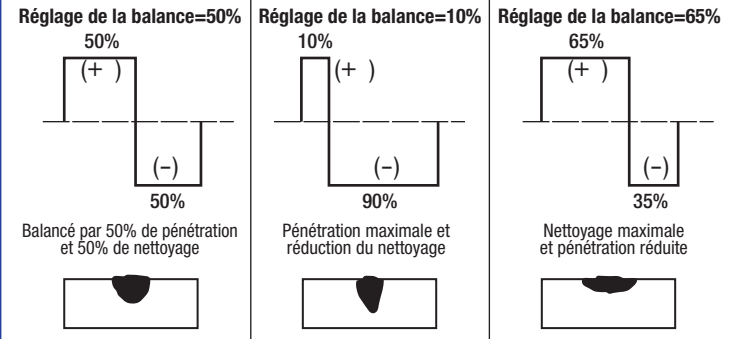
Au regard du soudage AC, le ratio alternance positive /alternance négative peut être contrôlé dans le but d'ajuster le rapport pénétration du joint versus / action de nettoyage de la surface et vice versa. Comme le montre le schéma ci-après, on établit les cas de figures suivants :

50% (+) / 50% (-) : l'électrode et la pièce s'altèrent à chaque demi cycle, les effets de nettoyage et de pénétration étant réparties équitablement ;

10% (+) / 90% (-) : la pièce sert d'anode (pôle positif) pendant seulement 10% du cycle et l'électrode de tungstène de cathode (pôle négatif) durant 90% du cycle. Il en découle que la pénétration est maximale et que l'effet du nettoyage est moindre ;

65% (+) / 35% (-) : la pièce sert d'anode (pôle positif) pendant 65% du cycle et l'électrode de cathode (pôle négatif) durant seulement 35% du cycle. Ceci donne lieu à un maximum de nettoyage et à moins de pénétration.

Variation du ratio pénétration-nettoyage pour le soudage



Le tableau ci-après récapitule certaines données sur la polarité dans le procédé TIG pour certains métaux et alliages

Métal / alliage	Courant et polarité	Type d'oxyde et remarques
Cuivre	DC-(DCEN)	Oxyde instable et très friable. Chauffage très localisé avec le TIG est très bénéfique pour les métaux très conducteurs de la chaleur. Polarité DC- aide à contrecarrer les pertes thermiques
Cuivre-béryllium	AC	oxyde de béryllium stable
Bronze d'aluminium	AC	oxyde d'aluminium stable,
Aluminium Magnésium	AC DC+ (DCEP) on thin sections DC- (DCEN) for automatic welding on sections thicker than 1/4" (6.35 mm). The base metal must be cleaned immediately prior to welding.	Very Stable oxide
Stainless steel	AC DC- (DCEN) AC with a short arc in automatic welding especially on thin plates. A long arc increases the heat input and causes warping.	Stable chromium oxide
Nickel	DC- (DCEN) AC pour réduire les déformations	Oxyde de nickel instable, friable. Oxyde stable sur alliages avec Cr, Al ou Ti
Métaux réfractaires: W, Mo, Ta, Nb,	DC- (DCEN)	Métaux très oxydables à températures élevées
Aciers doux et alliés, fontes	DC- (DCEN)	Oxyde instable, friable