

LES NOUVELLES VARIANTES PROUVENT LA FLEXIBILITE DU MIG/MAG

VARIANTES DU PROCEDE DE SOUDAGE MIG/MAG

Par sa mise en œuvre universelle, avec différentes sortes de matériaux, de formes de soudure et de positions de soudage, le soudage MIG/MAG est l'un des procédés de soudage par fusion. De plus, les nouvelles variantes du procédé aident à surmonter les limites techniques que pose le soudage MIG/MAG conventionnel. La principale motivation des fabricants dans le développement de ces variantes est la volonté d'augmenter la vitesse du soudage, de diminuer l'apport calorifique et de mieux maîtriser le procédé.

Par Valérie Couplez



Le soudage MIG/MAG doit son succès à sa flexibilité (grand domaine d'application) et à son attractivité économique

LE CONTEXTE DU SOUDAGE MIG/MAG

Le soudage MIG/MAG (Metal Inert Gas et Metal Active Gas) est le processus de soudage le plus utilisé dans l'industrie. Il doit son succès à sa flexibilité (grand domaine d'application) et à son attrait économique. Les possibilités qu'offre l'électronique moderne et les nouveaux besoins du marché, ont conduit au développement de nombreuses variantes du soudage MIG/MAG au fil des années. Les fondements du développement de ces variantes sont souvent un ou plusieurs souhaits :

- augmenter la productivité
- abaisser les coûts (de soudage)
- mieux maîtriser le processus de soudage en vue d'une qualité plus constante du soudage
- diminuer l'apport calorifique pour maîtriser les déformations
- pouvoir souder de nouveaux métaux

SOUDAGE MIG/MAG AVEC DES VITESSES DE DEPOT ET DE SOUDAGE ACCRUES

Il est question de soudage à vitesse de dépôt accrue quand la vitesse d'alimentation du fil excède 15 m/min (pour fils de soudure massifs d'un diamètre de 1 ou 1,2 mm). Dans le soudage MIG de l'acier non allié avec un fil de soudure d'un diamètre de 1,2 mm, la vitesse de dépôt dépasse 8 km/heure avec une vitesse d'alimentation du fil de 15 m/min. Ces variantes du processus de soudage MIG/MAG, également résumées sous le nom générique de 'soudage MIG/MAG à haute puissance', peuvent être scindées en quatre groupes :

- processus avec plusieurs fils de soudure
- processus avec un fil de soudure et une longueur de fil libre accrue
- processus avec un fil de soudure et une courte longueur d'arc

- processus de soudage hybrides

Soudage tandem-arc et twin-arc

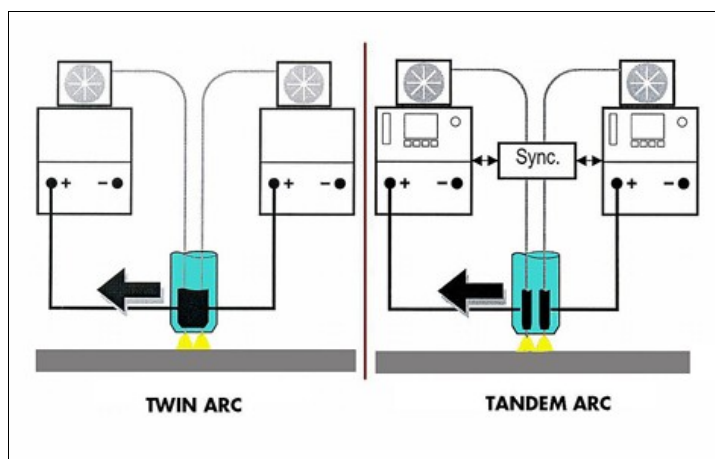
Principe: Dans ces deux variantes du processus MIG/MAG, on atteint une hausse de la vitesse de dépôt en soudant non pas avec un fil, mais bien avec deux fils réunis dans une torche. Dans le soudage twin-arc, on utilise une source de courant; dans le soudage tandem-arc, toujours deux. Une différence essentielle entre les deux variantes de processus est l'utilisation d'un tube de contact avec le soudage twin-arc, à travers lequel sont acheminés les deux fils, tandis que les fils traversent deux tubes de contact distincts dans le soudage tandem-arc. Ceci signifie que les deux arcs sont identiques (jumeaux) dans le soudage twin-arc et que les deux arcs doivent pouvoir être réglés séparément dans le soudage tandem-arc. Un inconvénient de l'utilisation d'un tube de contact est que celui-ci ne peut pas être réglé séparément. C'est la raison principale pour laquelle le soudage twin-arc est peu utilisé. Dans presque tous les cas qui se présentent, on utilise le soudage MIG/MAG tandem-arc. Une autre différence est que dans la pratique, les deux fils sont placés l'un derrière l'autre dans le soudage tandem-arc, tandis que les fils sont juxtaposés (par rapport à la direction du soudage) dans le soudage twin-arc. Un soudeur manuel lambda n'est pas en mesure de travailler sur une plus longue période avec des vitesses de soudage excédant les 50 cm/min. Le soudage tandem-arc permet d'atteindre des vitesses de soudage d'un grand nombre de mètres par minute. Avec le poids de la torche, c'est la raison pour

laquelle le rendement maximal ne peut être obtenu, tant dans le soudage twin-arc que tandem-arc, que si ces processus sont mécanisés.

Appareils: Tant l'intensité de courant élevée (jusqu'à 800 A) que les vitesses de fil (jusqu'à 30 m/min) posent leurs exigences spécifiques aux appareils de soudage. Ainsi, on utilise en général des unités d'alimentation de fil à six rouleaux d'alimentation au lieu des deux ou quatre habituels. Parfois, on utilise encore un dispositif d'insertion du fil supplémentaire pour limiter autant que possible le risque de perturbations. Pour un processus stable, le soudage tandem-arc exige de coupler les deux sources de courant en vue d'une gestion électronique par la suite. Les deux fils et tubes de contact doivent aussi être isolés électriquement l'un de l'autre. En principe, le soudage tandem-arc permet de souder avec une puissance deux fois supérieure à celle du soudage MIG/MAG traditionnel. Comme les deux fils sont réunis dans une torche, le refroidissement des tubes de contact et de la buse de gaz est très important. C'est pourquoi les fabricants ont doté la torche refroidie par un liquide d'un tube de gaz également refroidi par un liquide.

Applications: Le soudage tandem-arc est notamment appliqué dans le secteur du transport, dans la construction navale, dans la construction de chaudières et d'appareils, dans la technique d'installation, dans la fabrication de machines de terrassement et dans la pose de canalisations. Comme dans tous les procédés de soudage,

Présentation schématique du soudage twin-arc et tandem-arc, qui montre clairement les différences d'exécution entre les deux variantes du processus



le soudage tandem-arc connaît également ses limites. Ainsi, on ne peut pas souder dans toutes les positions. L'épaisseur de matériau (env. 2 mm) minimale à souder est également limitée. Le soudage tandem-arc permet aussi de souder avec les gaz protecteurs et les fils de soudage les plus usités.

Processus avec longueur de fil libre accrue

Principe: Normalement, on utilise une longueur de fil libre de 15 mm dans le soudage MIG/MAG. Dans le soudage avec une longueur de fil libre accrue, on doit songer à des longueurs de fil libre allant jusqu'à 30 mm. La résistance électrique du fil de soudage sorti est ainsi doublée, ce qui chauffe considérablement le fil et augmente la tension. Ceci augmente la puissance totale de l'arc et permet donc de réaliser une plus grande vitesse de dépôt avec un diamètre identique du fil. Un mince diamètre de fil renforce encore cet effet. La composition du gaz protecteur influence aussi l'énergie d'arc disponible. A l'instar du soudage MIG/MAG traditionnel, des ajouts d'hélium au gaz protecteur donnent une plus grande tension d'arc et donc une plus grande énergie d'arc. Généralement, ce type de processus de soudage fonctionne avec des mélanges équilibrés de gaz protecteurs.

Appareils: Il est indispensable d'utiliser des appareils spéciaux, étant donné que les vitesses de fil et les intensités de courant sont trop élevées. Un avantage de ce type de processus de soudage par rapport au soudage à fils multiples est l'utilisation possible d'une torche relativement simple. Le rendement optimal est également atteint quand le processus de soudage est mécanisé. Cependant, il peut aussi être exécuté à la main. Dans le soudage MIG/MAG avec une sortie allongée du fil de soudage, les vitesses peuvent être augmentées de 50 à 200%. De plus, on peut fondre nettement plus de matériau, ce qui permet de remplir des

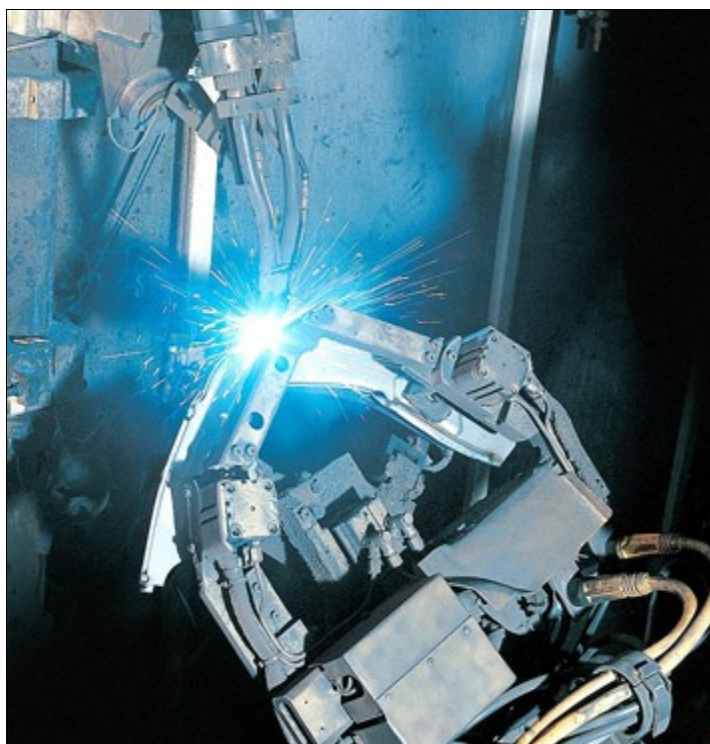
cordons de soudure en moins de couches. Ainsi, un cordon en X dans une tôle de 20 mm peut être posé en quatre couches, ce qui représente une diminution de moitié du nombre de couches usuel. Du reste, des soudures angulaires avec une plus grande hauteur A et surtout une pénétration plus profonde peuvent être apposées en une fois.

Applications: Ces variantes du processus MAG s'utilisent de plus en plus dans le soudage des nuances d'acier faiblement alliées. Les nuances d'acier hautement alliées peuvent également être soudées par ces procédés, tandis qu'ils sont aussi mis en œuvre pour recharger des métaux.

Processus avec une courte longueur d'arc

Principe: La courte longueur d'arc est obtenue dans le soudage MAG en réduisant la tension de l'arc. Ce faisant, l'arc peut devenir si court que celui-ci brûle juste au-dessus de la surface de la tôle. Normalement, ces courtes longueurs d'arc pourraient provoquer des courts-circuits qui entraînent des projections. Ce problème a été résolu par la mesure et la correction en temps réel du courant et de la tension pendant les courts-circuits, si bien que les projections sont évitées autant que possible. Ceci conduit à obtenir une pénétration profonde, en combinaison avec une étroite zone influencée par la chaleur.

Appareils: Les vitesses de fil élevées font augmenter le dépôt de 20 à 30% par rapport au soudage MAG traditionnel. Le gain maximal est obtenu avec le soudage mécanisé. Tout comme dans les procédés de soudage précités, les appareils doivent également satisfaire à des exigences spécifiques par rapport au travail avec des intensités de courant et des vitesses de fil élevées et doivent être équipés des systèmes de réglage électroniques requis. Cependant, on peut utiliser une torche relativement simple, parce qu'on soude uniquement avec un fil de soudage.



Application du soudage twin-arc

Applications: Le soudage MAG avec arc court est surtout intéressant pour tout travail de soudage exigeant de limiter l'apport calorifique. On peut ici songer au soudage dans la construction de machines et d'installations, l'industrie des moyens de transport, la construction navale, l'offshore, les constructions en acier, la construction de conteneurs, de chaudières et d'appareils.

Soudage MIG/MAG hybride

Principe: Le soudage MIG/MAG hybride veut dire que le processus MIG/MAG est combiné avec un autre procédé de soudage (souvent le soudage laser). Dans le soudage MIG/MAG, les vitesses de soudage maximales sont en effet limitées. Cette limite se situe surtout dans le fait que l'humidification du bain de fusion est insuffisante à hautes vitesses de soudage. La mise en œuvre d'une source d'énergie supplémentaire (p.ex. laser) peut donc procurer, d'une part, plus de chaleur dans le matériau et, d'autre part, une meilleure humidification. En combinant le soudage MIG/MAG avec le soudage laser, le préusinage peut se révéler moins critique pour aboutir à un bon résultat. Bien que l'on travaille avec deux sources de chaleur dans le soudage MIG/MAG hybride, la quantité de chaleur apportée consécutive aux vitesses de soudage élevées est limitée.

Appareils: L'appareillage consiste en l'intégration d'un laser (Nd-YAG, CO₂ ou laser à diode haute puissance) et d'appareils MIG/MAG. L'appareillage doit être couplé électroniquement afin de permettre de commander et de régler les deux appareils. Dans la

tête de soudage intégrée se trouvent le laser avec les systèmes de lentilles et la torche MIG/MAG. S'y ajoute l'exigence pratique que cette tête de soudage ne peut pas avoir des dimensions trop grandes en raison de l'accessibilité des cordons de soudure.

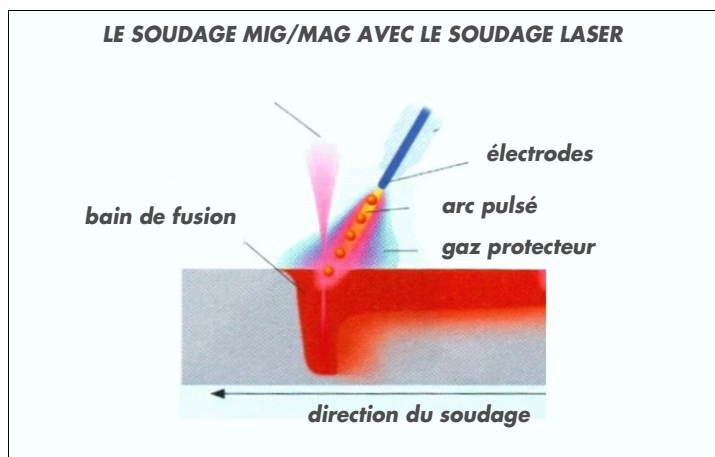
Applications: Il apparaîtra clairement qu'étant donné le prix à payer pour un tel système, il faudra poser bien des mètres de soudure pour travailler de façon rentable. La grande vitesse d'avance réalisable aide à rendre le processus rentable. On s'attend à ce que ce soit surtout l'industrie de la tôle mince qui utilise de tels systèmes. Des épaisseurs de tôle sous les 2 mm sont déjà soudées avec succès.

SOUDEAGE MIG/MAG AVEC FIL DE SOUDAGE PLAT

Principe

Avec cette variante de procédé, le fil de soudage rond traditionnel est remplacé par un fil de soudage plat rectangulaire dont les dimensions se situent entre 4 et 4,5 mm par 0,7 à 0,5 mm. Ce faisant, la surface de la section est comparable à un fil de soudage d'un diamètre de 1,6 mm. La grande différence réside dans la circonférence totale du matériau d'apport qui est de 5 mm pour un fil de soudage d'un diamètre de 1,6 mm et qui est presque deux fois aussi grand (9,5 mm) avec le fil de soudage plat. Ceci exerce une influence essentielle sur le passage du courant, le transfert de goutte et la pénétration. En raison de la forme rectangulaire du fil de soudage, on ajoute un paramètre supplémentaire au soudage, à savoir la position

Dans le soudage hybride laser - MIG/MAG, le laser est utilisé comme source d'énergie supplémentaire pour augmenter la vitesse de soudage maximale



du fil de soudage par rapport à la direction du soudage. Ceci exerce surtout une influence sur la forme de la pénétration et la capacité de surmonter des fentes que possède l'arc. La disponibilité des fils de soudage plat constitue encore un problème aujourd'hui. Dans bien des cas, des fils de soudage ronds sont étirés à travers un gabarit jusqu'à obtenir les dimensions désirées du fil de soudage plat. Cependant, ceci représente un usinage supplémentaire et augmente le prix du fil de soudage. L'avantage est de pouvoir utiliser un grand potentiel de fils de soudage disponibles.

Appareils

En principe, toutes les sources de courant modernes sont utilisées pour le soudage à fil plat, à condition de disposer d'une puissance suffisante (jusqu'à 500 A). Bien entendu, l'appareil doit être équipé d'une unité d'alimentation spéciale qui doit être destinée au transport de fils de soudage plats.

VARIANTES FROIDES DU SOUDAGE MIG/MAG

Avec l'arrivée du HSS et les efforts visant à réduire le poids, on travaille de plus en plus avec une tôle mince. Ceci faisait entrevoir les limites de mise en œuvre possibles du soudage à l'arc en court-circuit. Le besoin d'un soudage MAG avec un moindre apport calorifique s'est fait ressentir. Ici aussi, les évolutions de l'électronique moderne sont venues à la rescousse.

Soudage Surface Tension Transfer (STT)

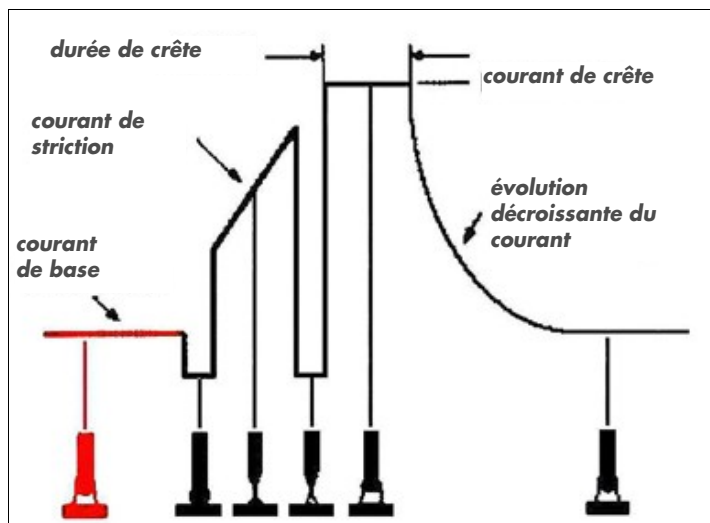
Principe: L'objectif du soudage SST était de développer une technique de soudage à l'arc en court-circuit semi-automatique ayant un comportement de projections minimal sous gaz protecteur CO_2 . Lors de la division de la goutte, la surface de la goutte s'accroît et ainsi, l'énergie surfacique. La tension de surface est ainsi l'une des principales forces contraires

dans la division de goutte. En abaissant la tension de surface, la division de goutte peut être favorisée. Dans la dernière phase du court-circuit, le système tente d'abaisser l'énergie surfacique totale en rapetissant la grande surface du pont de liquide par l'interruption de ce pont et la reformation d'une goutte à l'électrode. L'essentiel avec un procédé SST est la limite du courant de court-circuit après le court-circuit. Ceci est réalisé en abaissant le courant de striction à quasi 0 ampère après quelque temps. La division de la goutte de métal s'effectue quasi sans courant et par conséquent sans projections. Ceci est atteint par la mesure continue du courant et de la tension à l'aide d'un capteur d'arc.

Applications: Le soudage SST est surtout mis en œuvre pour souder les tôles et tubes minces dans toutes les positions et réaliser des soudures dans un tuyau. Le soudage SST est surtout un concurrent du soudage TIG, avec pour le soudage SST l'avantage d'un moindre apport calorifique dans le matériau et d'une vitesse de soudage considérablement accrue.

Soudage Cold Metal Transfer (CMT)

Principe: L'innovation de ce processus CMT est que l'alimentation du fil est incluse dans la régulation électronique. Ceci permet de veiller à réduire le courant et la tension quasi à zéro pendant le transfert de matériau. Après que le fil de soudage a établi le contact avec la pièce, celui-ci est retiré un petit peu et, en combinaison avec une limite du courant de soudage, le transfert de métal s'opère ensuite sans projections. Après la hausse de la tension, l'arc se rallumera automatiquement en conséquence de la hausse de la température. Après le transfert de matériau, le fil de soudage est de nouveau alimenté et la tension et l'intensité du courant augmentent à nouveau. Un contact avec le bain de fusion se produit de nouveau et



Dans le STT, le capteur d'arc limite le courant de court-circuit après le court-circuit (abaisser le courant de striction) pour un transfert sans courant (et sans projections)

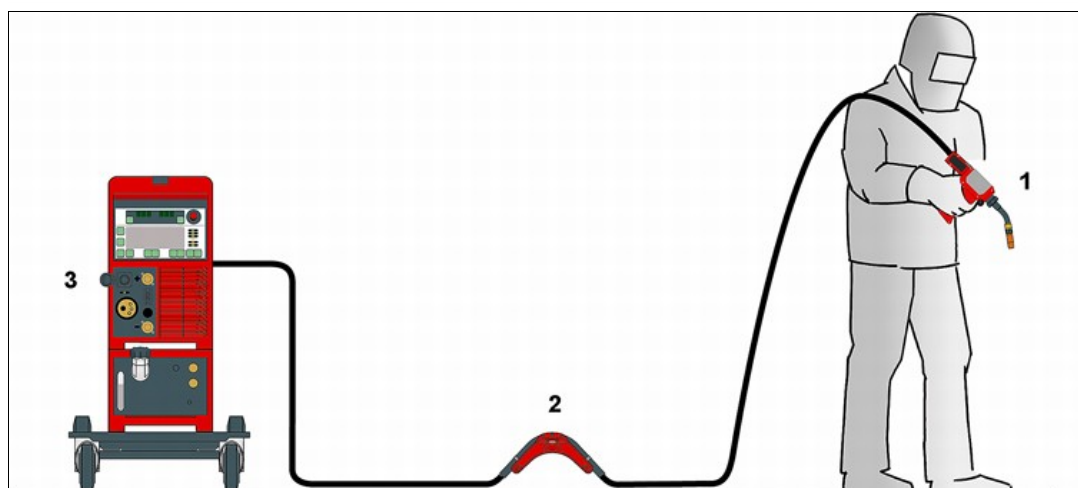
le processus décrit ci-dessus se répète. Le tout à une fréquence moyenne d'environ 70 Hz. La différence marquante entre le soudage SST et CMT est donc qu'en plus du réglage du courant et de la tension, on réalise dans le soudage CMT un accouplement des deux à la vitesse de fil. En retirant le fil de soudage au bon moment, seule une quantité minime de matériau est transportée vers le bain de soudage. De cette manière, on minimise le nombre de projections adhérentes.

Appareils: Le processus CMT nécessite une unité d'alimentation spéciale, un tampon de fil et une source de courant à régulation électronique. Une électronique de commande spéciale est nécessaire pour pouvoir mesurer rapidement et réaliser de rapides variations de courant et de tension. Naturellement, la régulation électronique du fil de soudage est également incluse dans la commande. Pour pouvoir retirer le fil de façon correcte, l'appareil est muni d'une unité d'alimentation de fil spéciale. Une unité d'alimentation de fil à deux rouleaux est logée dans la torche, tandis qu'une seconde unité d'alimentation de fil

est nécessaire pour l'alimentation constante du fil de soudage. Cette seconde unité d'alimentation consiste en une unité d'alimentation de fil à quatre rouleaux normale et est placée sur la source de courant. Les deux sont naturellement couplées et gérées par électronique. Le retrait du fil de soudage s'effectue sur une distance de quelques millimètres et est compensé par le jeu présent dans le liner proprement dit. Pour éviter les collisions du fil, on a développé un tampon de fil spécial repris dans le set de flexibles.

Applications: Le soudage CMT convient par excellence au soudage des tôles et tuyaux minces avec un apport calorifique minimal. La maîtrise de ce processus est si bonne que même le soudage à l'arc en court-circuit MIG de l'aluminium fait partie des possibilités. Le soudage CMT convient aussi pour réaliser des assemblages dissemblables, comme le soudage de l'aluminium sur l'acier galvanisé. Récemment encore, seul le soudage CMT mécanisé était possible. Mais d'autres évolutions ont permis d'appliquer également le procédé manuel.

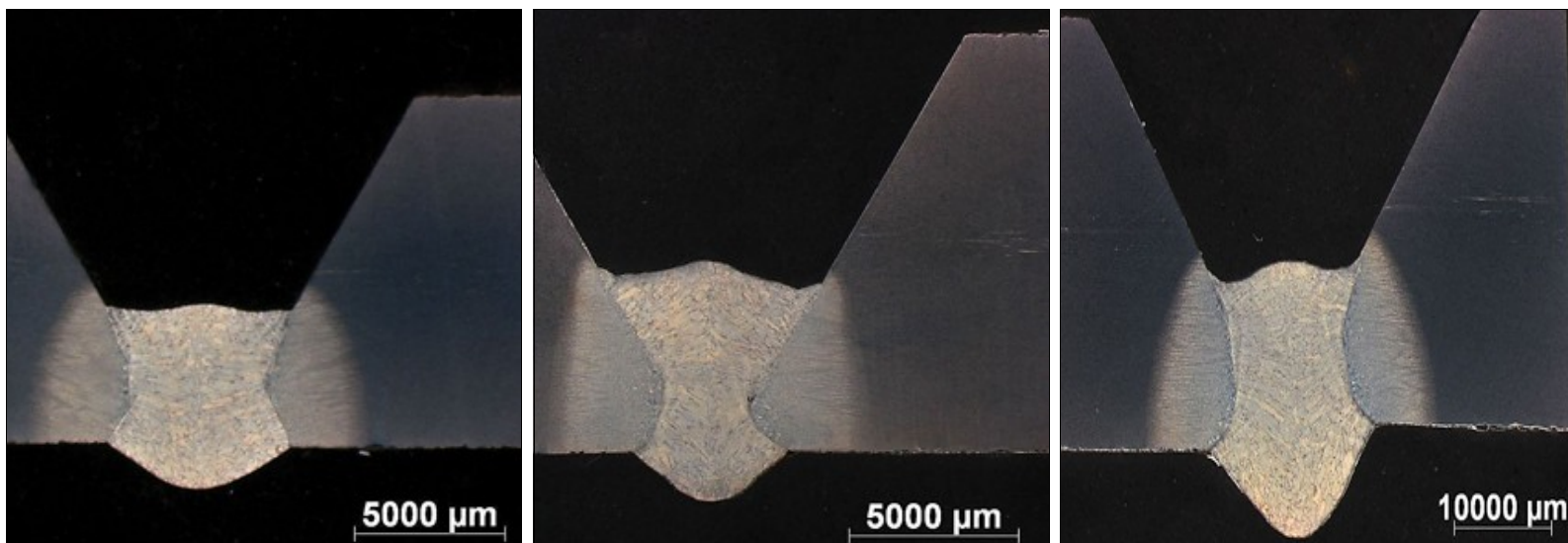
Présentation schématique du soudage CMT: 1. torche 2. tampon fil 3. source de soudage



Soudage cold arc

Principe: Une division de goutte contrôlée s'opère également dans le processus cold arc par la mesure et le réglage du courant et de la tension durant le court-circuit. Ceci s'opère en utilisant un nouveau type de commutation à inverseur dynamique, combiné avec un contrôle numérique rapide du processus. Le choix de ne pas piloter le fil de soudage est délibéré, afin de travailler avec des torches standard.

Applications: Le champ d'application recouvre entièrement celui du soudage CMT et comprend le soudage des tôles et tubes minces dans toutes les positions. Le procédé cold arc permet de



Soudure au sol dans une soudure en V dans une plaque S355M (épaisseur de 10 mm) : à gauche le MAG - au milieu le CMT - à droite le cold arc

souder l'acier, l'aluminium et l'inox, ainsi que l'acier sur l'aluminium et l'aluminium sur le magnésium, à partir d'épaisseurs de matériau de 0,3 mm.

Cold weld

Principe: Dans le cold weld, la polarité change pendant le soudage. Tout comme dans le soudage pulsé, la pièce est échauffée durant la phase fondamentale (positive) et un matériau d'apport est transféré durant chaque phase de pulsation. Pendant la phase négative, l'arc électrique se dirige vers l'extrémité du fil. L'énergie calorifique est conduite vers le fil et le bain de fusion se refroidit.

On peut ainsi limiter la pénétration et maîtriser la chaleur apportée. De cette manière, on amène moins d'énergie vers le cordon de soudure et la pièce, et la déformation et le risque de fissures diminuent. Hormis la diminution de la déformation et des fissures, les avantages sont la possibilité de souder des fentes plus larges et une vitesse de soudage pouvant être trois fois supérieure à celle du soudage ordinaire.

Applications: Cold weld s'applique sur la tôle d'acier, l'aluminium et l'inox avec une épaisseur d'environ 3,5 mm qui doivent être réunis avec peu d'apport calorifique.

BRASAGE A L'ARC MIG

Principe

Dans le brasage à l'arc, on utilise un arc comme source de chaleur. Le grand avantage du brasage à l'arc est de pouvoir utiliser des procédés de soudage à l'arc standard, comme le soudage TIG, MIG et plasma. De plus, on travaille avec une source d'énergie bien plus concentrée. Ceci procure un chauffage très local, ce qui est avantageux pour les propriétés de matériau de l'assemblage et

minimise la déformation. En raison de l'apport calorifique plus concentré, la vitesse de production est considérablement plus élevée dans le brasage à l'arc que dans le brasage à la flamme traditionnel. Le métal d'apport souvent utilisé est un alliage de cuivre comportant 3% de silicium.

Ce fil procure un excellent assemblage fluidifié grâce aux bonnes propriétés de mouillage. Non seulement le silicium abaisse la tension surfacique, mais agit aussi comme outil de désoxydation. Dans le brasage MIG de la tôle galvanisée, on obtient des soudures exemptes de cavités. La résistance aux intempéries de l'assemblage brasé à l'arc est supérieure à celle du reste du produit. L'assemblage brasé est plus noble que les pièces soudées.

Si les paramètres sont bien réglés, le brasage à l'arc ne produit quasi aucune projection, ce qui fait que l'assemblage ne doit généralement pas subir de post-usinage. Si, toutefois, une finition mécanique du cordon de brasure devait être souhaitable, la surépaisseur et la soudure relativement tendres sont aisément usinables de façon mécanique.

Applications

Le brasage à l'arc est appliqué pour l'acier et l'acier galvanisé. L'inox peut aussi être brasé à l'arc. Mais les soudures ont une couleur cuivre, ce qui n'est pas toujours tolérable pour des raisons esthétiques avec l'inox. Cependant, les fabricants de métaux d'apport au brasage s'efforcent de développer un métal d'apport 'color matching' pour le brasage à l'arc de l'inox. Un autre danger dans le brasage à l'arc MIG de l'inox est l'émergence d'une pénétration de cuivre dans le matériau de base, les nuances d'inox austénitiques y sont surtout sensibles. Ceci peut affecter la résistance de l'assemblage et le matériau est plus sensible à l'attaque corrosive.

SOUDAGE MIG/MAG AVEC COURANT ALTERNATIF

Principe

Un autre développement récent est le soudage MIG/MAG avec courant alternatif. Jusqu'ici, on ne soudait pratiquement qu'avec un courant continu ou un courant continu pulsé. Dans le soudage avec le courant alternatif, des pulsations polaires tant positives que

négatives sont appliquées sur le fil. Si le fil est suspendu au pôle négatif, la vitesse de décapage est plus grande et le courant de soudage pourra être abaissé pour une quantité de dépôt constatée. Ceci permet de souder des épaisseurs de matériau plus minces qu'avec le soudage MIG/MAG conventionnel. Ceci permet également de souder des ouvertures plus grandes sans brûlure. Etant donné que le courant passe systématiquement par zéro à chaque inversion de polarité, l'arc doit à chaque fois être redémarré. Pour cela, on utilise une très courte pulsation haute tension.

Application

Le soudage MIG avec le courant alternatif convient surtout pour souder des tôles minces à partir de 0,8 mm et l'appareil convient aussi bien au soudage de l'aluminium, de l'acier carbone-manganèse que de l'inox. Comme l'apport calorifique est plus faible, la déformation consécutive au soudage et la fumée de soudage libérée sont réduites. □

Tiré de VM 124 de FME CWM et en collaboration avec l'Institut Belge de la Soudure

Représentation schématique du processus cold weld

