

ASSEMBLAGE THERMIQUE DE TOLES EN MATERIAUX DISSEMBLABLES

LES NOUVEAUX PROCÉDES OFFRENT UN GRAND POTENTIEL

Ces dernières années sont apparus sur le marché de nouveaux procédés qui offrent un grand potentiel pour l'assemblage de matériaux dissemblables. Cet article a pour but de donner un aperçu de certains de ces procédés. Espérons que ceci vous donne matière à réflexion en vue d'une utilisation de matériaux innovante ou d'une optimisation accrue dans la production interne. L'IBS suit ces développements et nouvelles techniques de près, afin de pouvoir assister les entreprises dans leur application.

Par Koen Faes, Institut Belge de la Soudure; Patrick Van Rymenant, KU Leuven, Campus De Nayer, Sint-Katelijne-Waver; Frederik Hendrickx, CEWAC

UTILISATION OPTIMALE DES MATERIAUX

Dans l'industrie, on tente continuellement d'améliorer les éléments structuraux. Dans le secteur du transport, on cherche à réduire le poids; dans le secteur de construction de machines, on désire des éléments plus performants et dans les produits d'équipement et de la construction, une meilleure intégration des fonctionnalités fournit un avantage compétitif.

La combinaison de matériaux classiques (acier de construction, aluminium, ...) avec d'autres matériaux (par exemple acier inoxydable) offre des solutions aux concepteurs là où un seul matériau n'aurait pas convenu. Une conception avec plusieurs matériaux permet d'avoir, pour chaque partie d'une structure, un matériau ayant les propriétés optimales. Cette application est cependant freinée par les défis relevant de la technologie d'assemblage. Différentes combinaisons sur le plan des matériaux et des épaisseurs donnent des assemblages plus robustes mais plus complexes. La majorité des applications où les assemblages de métaux dissemblables sont justifiés est dictée par l'utilisation optimale du matériau: l'emploi d'un matériau donné ayant certaines propriétés, à un endroit précis. Un des secteurs les plus importants où on tend à utiliser le matériau optimal est le 'transport' dans le sens le plus large du terme: industrie automobile, construction navale, transport aérien et spatial, construction ferroviaire, ... Les propriétés importantes dont on peut tenir compte dans une application donnée sont: résistance,

rigidité, déformabilité, conductibilité, résistance à la corrosion, poids spécifique, coût du matériau, soudabilité. Idéalement, on désire un élément répondant aux critères précités.

NOUVEAUX PROCÉDES

Les procédés d'assemblage nouveaux et avancés offrent un grand potentiel pour l'assemblage de matériaux dissemblables de sorte qu'il est possible pour une application donnée d'assembler ces matériaux avec succès. Nous donnons un aperçu de quelques nouveaux procédés.

Soudage par résistance

Avec un nouveau type de pinces de soudage par points, on travaille avec une bande process placée entre les électrodes et les tôles à souder. Cette bande permet d'influencer les résistances de contact et le développement de chaleur, ce qui permet de souder des matériaux de différentes épaisseurs et même dissemblables. Cette bande se déplace après chaque soudure sur les électrodes. Ceci protège les électrodes et la pièce et prévient l'usure des électrodes. On a ainsi pu résoudre quelques problèmes le plus souvent rencontrés lors du soudage par résistance par points conventionnel. D'autres avantages de ce nouveau procédé sont des soudures par points tout à fait reproductibles et une aptitude à l'emploi beaucoup plus grande par rapport au soudage par résistance conventionnel. Voir **figures 1 et 2**. La **figure 2** présente une coupe métallographique d'un assemblage



Figure 1: soudage par résistance avec bande process (source: Fronius)

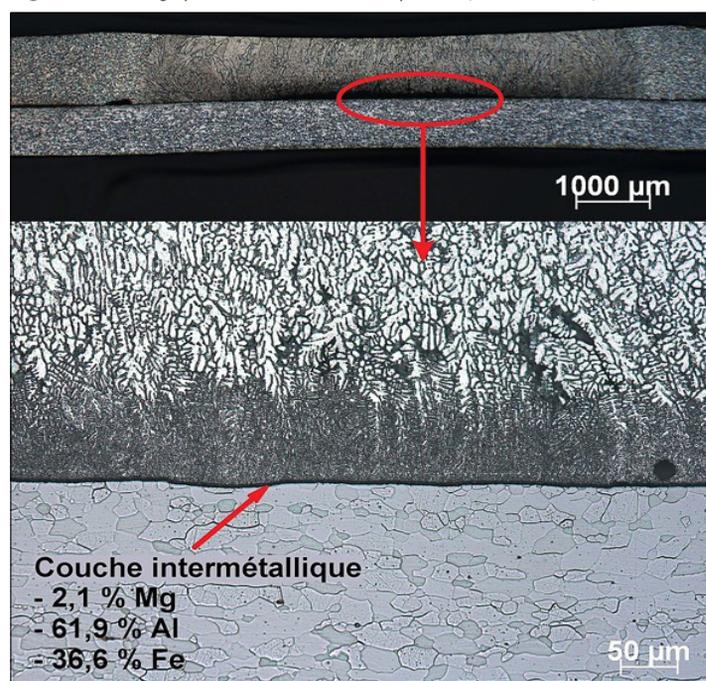


Figure 2: assemblage intermétallique entre l'aluminium et l'acier

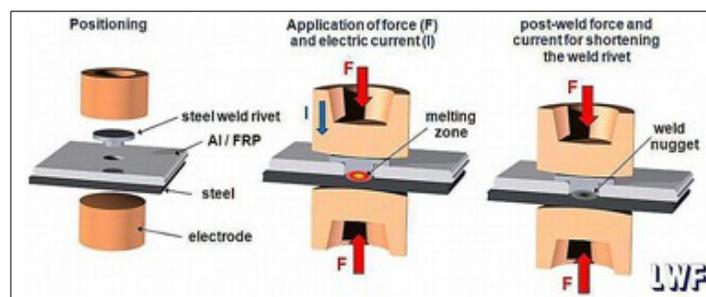


Figure 3: soudage par résistance avec élément (source: Laboratory of Materials and Joining Technology, l'université de Paderborn)

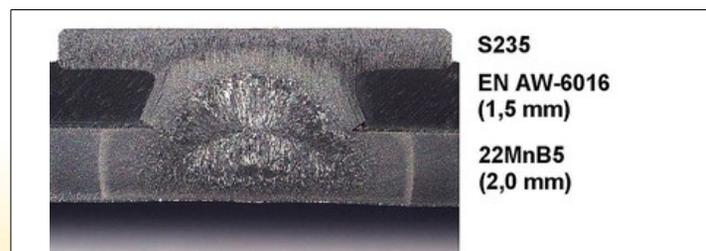


Figure 4: soudage par résistance avec élément de l'aluminium sur acier (source: Laboratory of Materials and Joining Technology, l'université de Paderborn)

aluminium-acier. L'assemblage entre l'aluminium et l'acier est réalisé par une très fine couche intermétallique de quelques microns d'épaisseur, constituée d'un assemblage Al-Mg-Fe. Une autre technique de soudage par résistance, appelée soudage par résistance avec élément (figure 3), fait usage d'un métal d'apport. Lors du soudage de l'aluminium à l'acier, l'élément en acier est placé dans une perforation de la tôle en aluminium. L'élément est soudé à la tôle en acier qui se trouve sous la tôle en aluminium (figure 4). La figure 5 montre une variante de ce principe: l'assemblage d'un composite avec l'acier via le soudage de goujons.

Soudage par friction

Lors du soudage par friction avec élément, on applique une petite pièce en acier par exemple. Cette pièce est soudée par friction sur une autre tôle au travers d'une perforation faite dans la tôle du dessus. Diverses combinaisons de matériaux sont possibles car le procédé de soudage par friction permet d'assembler un large éventail de matériaux dissemblables (figure 6). Lors du soudage friction spot, on met en rotation un pion profilé et un manchon (figure 7). Le manchon déforme le matériau plastiquement. Le pion est tiré vers le haut. Après avoir atteint une profondeur de pénétration suffisante, le manchon en rotation est retiré et le pion pousse le matériau plastiquement dans la zone de la soudure afin de créer l'assemblage. Selon certaines sources, il serait même possible d'assembler des matériaux composites et non ferreux. Des soudures typiques de ce procédé sont montrées dans les figures 8 et 9. Lors du soudage par friction-malaxage, un outil rotatif constitué d'un pion profilé et d'un épaulement est enfoncé dans la matière (figure 10) jusqu'à ce que l'épaulement touche la surface du matériau à souder. La matière est ainsi chauffée par friction à des températures où elle est facilement malléable sans entrer en fusion. Lorsque l'outil avance entre les tôles, la matière s'écoule de l'avant vers l'arrière du pion pour former le joint soudé. De nombreux outils sont munis d'une tige filetée qui pousse le matériau vers le bas. Ce procédé permet de créer des assemblages tant linéaires que par points. Au contraire du soudage friction spot, il reste un orifice à la fin de la soudure. Comme il n'y a pas de fusion des matériaux lors du soudage par friction-malaxage, la formation de phases intermétalliques souvent néfastes peut être limitée. Là où le soudage par friction avec rotation est limité en raison de l'imposition d'avoir au moins une pièce symétrique, le soudage par friction-malaxage permet des



Figure 5: assemblage d'un composite avec l'acier (source: GSI mbH – SLV Munich)

soudures bout à bout de tôles et de profils. Voir figures 11 et 12.

Procédés de soudage au laser

Le soudage au laser a, par rapport aux procédés de soudage à l'arc conventionnels, un certain nombre d'avantages. Ainsi, le procédé de soudage est beaucoup plus rapide et beaucoup moins de chaleur est apportée dans le métal de base. On a une soudure très étroite avec une pénétration relativement forte et moins de déformation. Certains matériaux dissemblables peuvent souvent être soudés au laser sans métal d'apport. Un certain nombre de procédés de soudage au laser permettent de contrôler l'apport calorifique, ce qui offre certainement des possibilités supplémentaires dans le cas des tôles minces. Dans le soudage au laser, les facteurs cruciaux sont le positionnement du rayon laser ainsi que l'appareillage de bridage et l'ouverture qui doit être aussi petite que possible. Afin de résoudre le problème de ces limitations et de cette préparation précise, le soudage au laser hybride a été mis au point. Le soudage hybride laser-MIG et le soudage hybride laser-plasma ont été spécialement développés pour l'assemblage de l'aluminium et de l'acier.

Procédés de soudage à l'arc

Le procédé 'Cold Metal Transfer' (CMT) est une variante du procédé de soudage MIG/MAG. Par accouplement du dévidage du fil au déroulement du courant et de la tension, ce procédé permet de souder avec un apport calorifique très faible. En retirant légèrement le fil de soudage après le contact avec la pièce et en limitant le courant de soudage, le transfert de métal est réalisé sans projections. L'aluminium et l'acier peuvent être

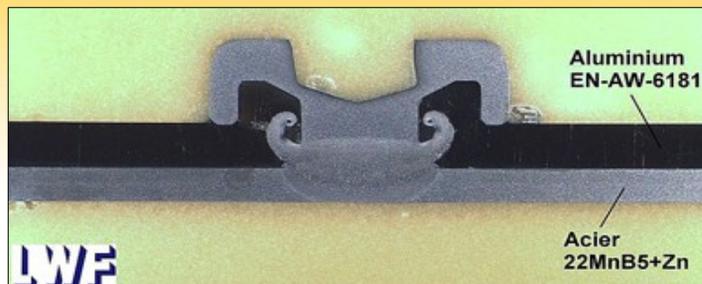


Figure 6: soudage par friction avec élément (source: Laboratory of Materials and Joining Technology, l'université de Paderborn)

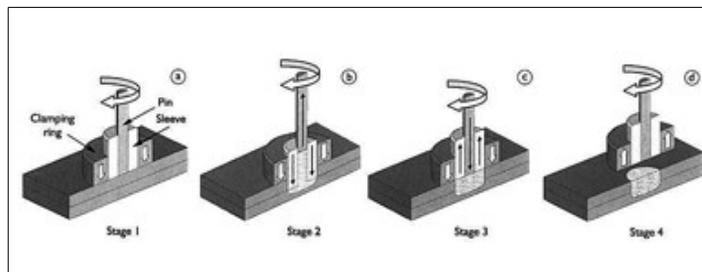


Figure 7: soudage friction spot (source: Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Allemagne)

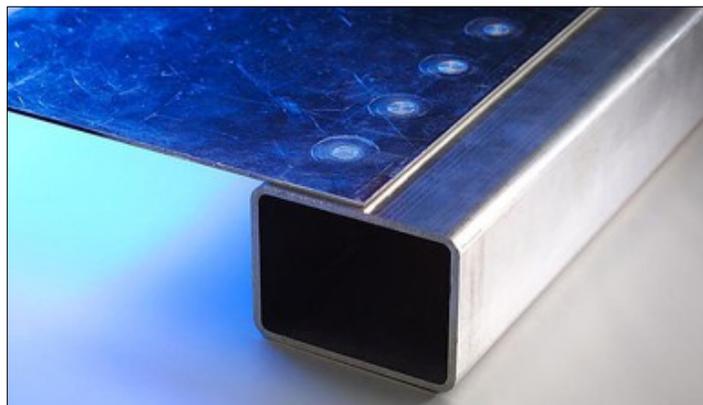


Figure 8: pièce d'une série BLW 5 (source: Riftec gmbh, Allemagne)

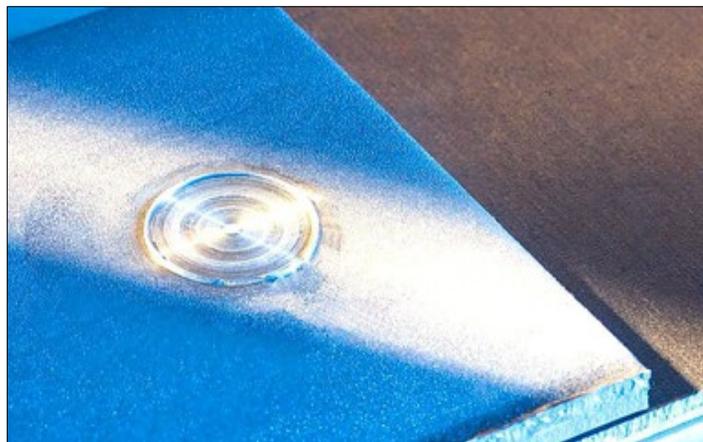


Figure 9: soudage friction spot de l'aluminium sur l'acier (source: Riftec gmbh)

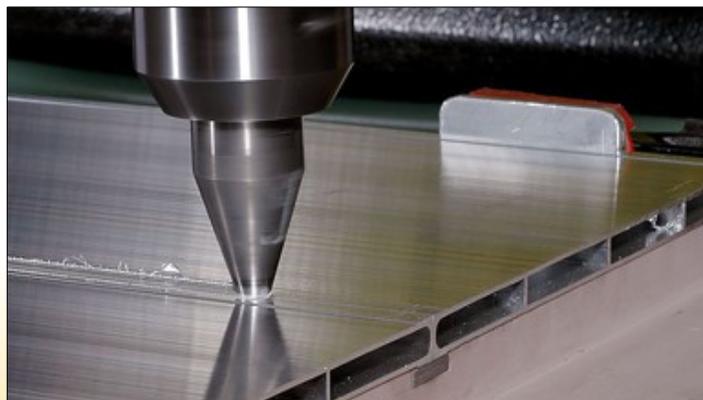


Figure 10: soudage par friction-malaxage (source: CEWAC)

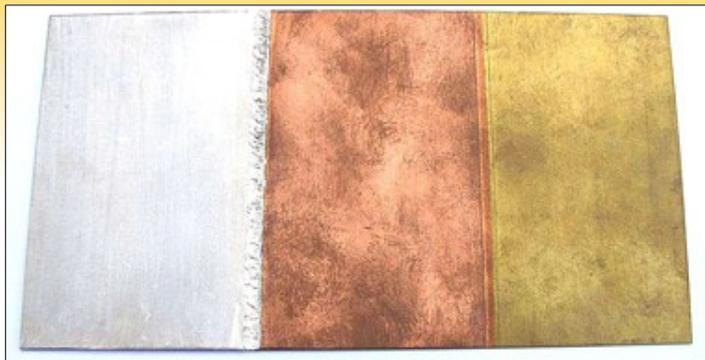
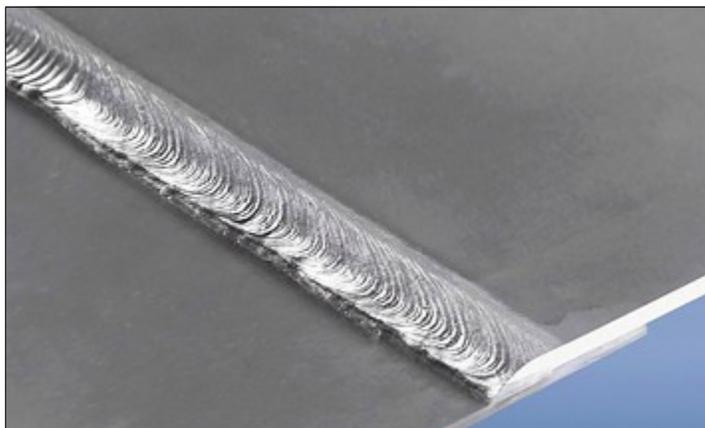


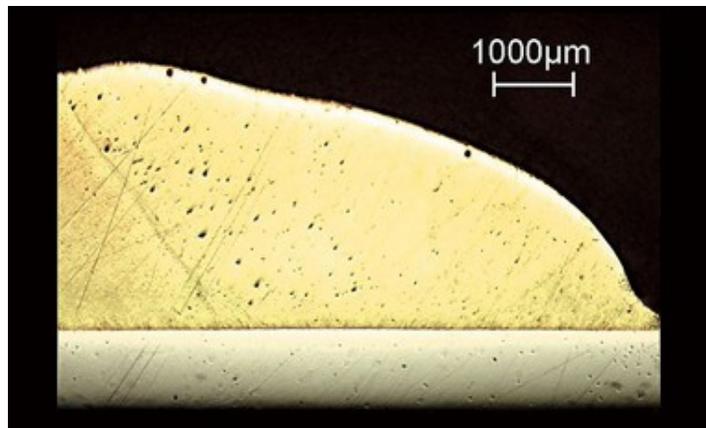
Figure 11: soudage par friction-malaxage du cuivre au laiton et à l'aluminium (épaisseur de tôles = 0,5 et 0,8 mm; source: CEWAC)



Figure 12: soudage par friction-malaxage de l'aluminium 2xxx à l'aluminium 6xxx (application aéronautique; source: CEWAC)



Figures 13a et 13b: soudure à recouvrement réalisée avec le procédé CMT entre une tôle supérieure en aluminium et une tôle inférieure en acier. Sur la figure de droite, on peut voir que l'aluminium est en fait brasé à l'acier (source: Fronius)



assemblés avec succès avec ce procédé. Grâce à l'apport calorifique, la formation d'une couche intermétallique peut être fortement réduite. La coupe transversale de la **figure 13** laisse nettement voir que l'aluminium (au-dessus) est brasé à l'acier (en dessous). Jusqu'ici, la plupart des recherches se sont axées sur l'assemblage de l'aluminium à de l'acier galvanisé où la couche de zinc améliore l'humidification par l'aluminium fondu. Voir **figures 13a et 13b**.

Soudage par impulsion magnétique

Le soudage par impulsion magnétique appartient au groupe des procédés de soudage par pression qui permettent de réaliser un assemblage entre deux surfaces en les pressant l'une contre l'autre. Le

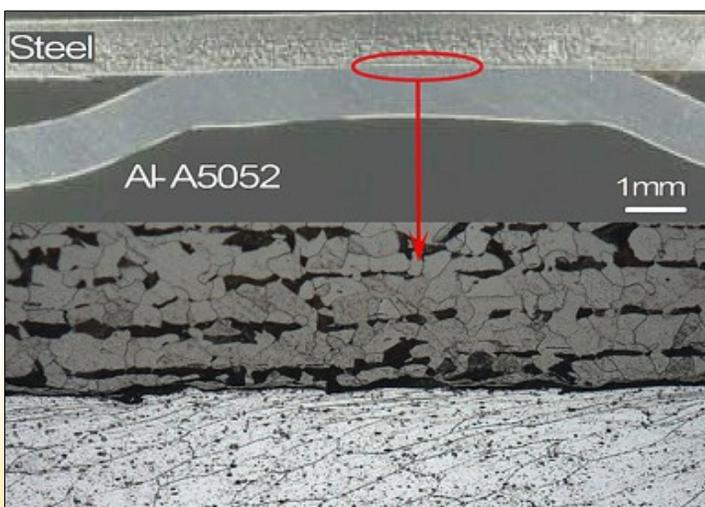
soudage par impulsion magnétique est un procédé par pression où la déformation et l'impact se font très rapidement. Le principe de fonctionnement du soudage par impulsion magnétique est semblable à celui du soudage par explosion mais la force explosive est générée de façon sûre, en l'occurrence via une bobine d'induction. Ce procédé permet de réaliser des assemblages entre des métaux et alliages totalement différents, difficilement soudables avec les procédés de soudage par fusion conventionnels. Voir **figures 14a et 14b**.

APPEL A PARTICIPATION A UN PROJET DE RECHERCHE

De ce qui précède, il apparaît que des développements dans le domaine du soudage offrent de nouvelles possibilités pour la

réalisation d'assemblages de matériaux dissemblables de bonne qualité. Le choix de la technique la plus appropriée dépend de l'application, de l'importance de la série et de la nature de l'assemblage (soudure par points, soudure à recouvrement ou soudure bout à bout). Actuellement, peu de connaissances objectives sont disponibles sur l'utilisation possible du point de vue technique de ces procédés pour certaines combinaisons de matériaux ou produits, ni sur l'amélioration éventuelle de la productivité ou sur la qualité de la soudure à atteindre. L'impact économique que peut signifier l'application de ces procédés innovateurs, n'est donc pas connu. Si l'intérêt industriel est suffisant, un projet de recherche collective démarrera sur l'assemblage de matériaux dissemblables sur tôles.

Le projet donnera un aperçu de l'assemblage de matériaux dissemblables et permettra aux entreprises d'identifier la technologie d'assemblage appropriée pour leur produit. Les techniques seront étudiées d'une façon objective de telle sorte que les entreprises participantes pourront opter, en connaissance de cause, pour l'application ou non d'un assemblage de matériaux hétérogènes sur base de la recherche appliquée. Durant le projet, quelques cas représentatifs seront traités sur base de l'apport des entreprises participantes. Si vous êtes intéressé par ce projet, vous pouvez contacter un des partenaires: IBS (Koen Faes), KU Leuven, Campus De Nayer, Sint-Katelijne-Waver (Patrick Van Rymenant) ou CEWAC (Frederik Hendrickx). □



Figures 14a et 14b: soudage par impulsion magnétique de tôles (source: PSTproducts)

PLUS D'INFOS?

Institut Belge de la Soudure
ASBL

Technologiepark 935
B-9052 Zwijnaarde

Tél.: +32 (0)9/292.14.00
Fax: +32 (0)9/292.14.01

www.bil-ibs.be
info@bil-ibs.be

