

AMELIORATION DE LA PRODUCTIVITE PAR DES TECHNIQUES DE SOUDAGE AVANCEES

APPEL POUR PARTICIPATION A LA RECHERCHE

Le soudage par impulsion magnétique, le formage par impulsion magnétique et le sertissage par impulsion magnétique sont de nouvelles techniques très innovantes mais assez méconnues. Tous ces procédés sont basés sur le même principe, en l'occurrence l'utilisation de forces électromagnétiques pour déformer ou souder des pièces. Etant donné que ces techniques ne font pas usage de chaleur pour réaliser l'assemblage, elles offrent d'importants avantages par rapport aux techniques de soudage conventionnelles!

Par Ir. Koen Faes, EWE, Institut Belge de la Soudure
(Traduction: M.C. Ritzen – IBS)

SOUDAGE PAR IMPULSION MAGNETIQUE (MAGNETIC PULSE WELDING)

Principe de fonctionnement

Le soudage par impulsion magnétique appartient au groupe des procédés de soudage par pression qui permettent de réaliser un assemblage entre deux surfaces atomiquement pures en les pressant l'une contre l'autre. Le soudage par impulsion magnétique est un procédé par pression où la déformation se fait très rapidement comme pour le procédé de soudage par explosion. La découverte que deux pièces métalliques peuvent être assemblées en donnant une très grande vitesse à l'une à l'aide d'explosifs, date des années '40. Ce procédé est connu sous le nom de soudage par explosion et a principalement été étudié en URSS. Le principe de fonctionnement du soudage par impulsion magnétique est semblable à celui du soudage par explosion mais la force explosive est générée par des forces électromagnétiques générées par une bobine. Le procédé de soudage par impulsion magnétique est un procédé de soudage "solid state" ce qui signifie que le métal n'est pas mis en fusion durant le cycle de soudage. Le procédé utilise la pression et non la chaleur de sorte que tous les problèmes conventionnels de soudage dus au cycle de chaleur et à la perte des propriétés du matériau sont évités. Le principe de base est schématisé à la figure 1. Une bobine est

placée au-dessus des pièces à souder mais sans être en contact avec celles-ci. Durant le cycle de soudage une très grande quantité d'énergie électrique est libérée en un laps de temps très court. Certains systèmes peuvent décharger 2 millions d'ampères en seulement 100 microsecondes. Le flux élevé d'énergie traverse la bobine et cette décharge de courant induit des courants de Foucault dans la pièce externe. Ces deux courants créent un champ magnétique (figure 2). La répulsion entre les deux champs magnétiques développe une force qui donne une très grande accélération à la pièce externe en direction de la pièce interne. La vitesse d'impact de la pièce externe s'élève à plus de 1000 km/h. D'éventuelles impuretés de surface sont enlevées par la collision des deux matériaux ce qui crée un contact métallique pur. Une telle force pousse les atomes des matériaux les uns contre les autres de telle sorte que leurs forces de répulsion naturelle sont vaincues, qu'on arrive à un état d'équilibre stable et qu'on obtient une liaison métallique. Les forces magnétiques provoquent une déformation rémanente, sans retour de la pièce à sa forme initiale. Dans la plupart des cas, la soudure est plus résistante que le matériau le plus faible. Cette technique de soudage fonctionne le mieux avec des matériaux à conductibilité élevée. Des matériaux moins conducteurs exigent une énergie plus élevée. La

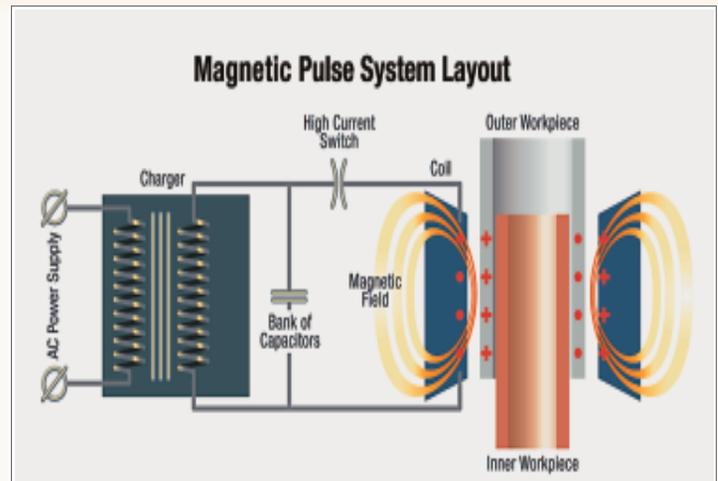


Figure 1: principe du soudage par impulsion magnétique

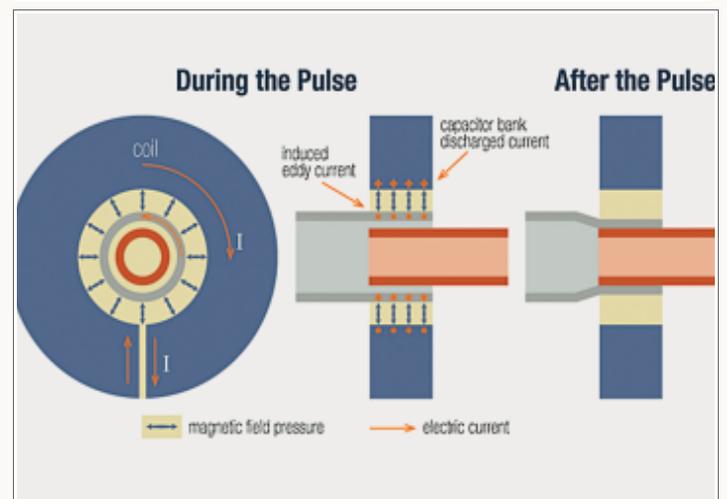


Figure 2: principe du soudage par impulsion magnétique de produits tubulaires



Figure 3: soudure de tubes en aluminium à des tubes en cuivre



Figure 4: soudure par impulsion magnétique et soudure MIG

macrographie de la coupe de la soudure présente de nombreuses similitudes avec celle d'une soudure par explosion.

Le procédé peut être utilisé pour l'assemblage de produits tubulaires dans une configuration à recouvrement. L'absence de chaleur durant le cycle de soudage permet d'assembler des matériaux ayant un point de fusion très différent. Les premiers développements ont concerné des assemblages de tubes aluminium-acier, aluminium-cuivre et aluminium-aluminium, cuivre-acier et cuivre-cuivre. Jusqu'à présent, seule une faible quantité de combinaisons de matériaux a été étudiée.

Avantages du soudage par impulsion magnétique

Dans le cas d'une exécution correcte, la soudure est plus résistante que le métal de base le plus faible: lors d'un essai, la rupture se fait toujours en dehors de la zone de la soudure. Les gaz de protection, métaux d'apport ou autres accessoires sont inutiles. Le soudage par impulsion magnétique permet une conception meilleure et plus simple des pièces à souder. Le procédé de soudage par impulsion magnétique est un procédé de soudage "froid". Les matériaux n'atteignent pas plus de 30 °C. Il n'y a donc pas de zone affectée thermiquement et le matériau ne perd pas ses propriétés. Ceci signifie qu'après soudage, les pièces peuvent être immédiatement débloquées et mises en œuvre. Vitesse de production élevée, parfois 10 pièces à la minute. Procédé de soudage écologique étant donné qu'on ne produit pas de chaleur, rayonnement, gaz ou fumées.

Applications du soudage par impulsion magnétique

Le procédé peut, par ex., être utilisé pour le soudage d'un couvercle sur des récipients tubulaires. Un assemblage à recouvrement de tubes en cuivre sur des tubes en aluminium est présenté à la figure 3. La figure 4 montre un accumulateur d'air conditionné pour les automobiles, assemblé respectivement avec le soudage par impulsion magnétique et le soudage MIG. Cette application montre que les soudures par impulsion magnétique ont un caractère esthétique plus élevé par rapport aux soudures MIG. De plus, les soudures MIG doivent être nettoyées après le soudage. Les figures 5 et 6 montrent des applications pratiques dans l'industrie automobile, tels que un arbre de commande et un filtre à combustible.

FORMAGE PAR IMPULSION MAGNÉTIQUE (MAGNETIC PULSE FORMING)

Principe de fonctionnement

Lors du formage par impulsion magnétique, les champs magnétiques sont utilisés pour déformer ou perforer des produits plats ou tubulaires suivant la forme d'une matrice. La figure 7 illustre le principe du formage par impulsion magnétique pour produits plats. La perforation du matériau se fait en même temps et est réalisée en prévoyant une ouverture dans la matrice à l'endroit où la perforation doit se situer.

Avantages du formage par impulsion magnétique

Le formage par impulsion magnétique offre certains avantages par rapport aux autres techniques de déformation: Reproductibilité: Comme l'énergie électrique dans les bobines peut être contrôlée d'une façon précise, la reproductibilité est très élevée. Sans contact: Au contraire des techniques classiques de déformation, le champ magnétique crée des forces. Aucun graissage n'est nécessaire et comme la technique se fait sans contact, on évite toute dégradation due à la matrice. Les matériaux qui ont d'abord été soumis à un traitement de surface (par ex. anodisation) peuvent donc être déformés, sans dégradation du traitement de surface. Retour à l'état initial: Lors du formage par impulsion magnétique, le matériau est déformé plastiquement ce qui a pour résultat une déformation plastique permanente; le retour à l'état initial est ainsi évité. Le procédé assure une ductilité et une déformabilité plus élevées des pièces en raison des tensions internes et du frottement moindres par rapport aux procédés de formage mécaniques. Les pièces qui, dans le cas des procédés traditionnels de formage, doivent être soumises à un traitement de relaxation des tensions, peuvent être formées en une seule fois avec le formage par impulsion magnétique.

Limites du formage par impulsion magnétique

Le formage par impulsion magnétique a également des limites: comme le formage se fait en très court laps de temps, le matériau n'a pas l'occasion de subir une grande déformation. Pour les produits tubulaires par ex., la déformation est ainsi limitée à 10% environ du diamètre. Le procédé est également limité aux matériaux conducteurs électriques tels que, par ex. le cuivre, l'aluminium, le bronze et l'acier doux. Néanmoins, des matériaux moins conducteurs



Figure 5: arbre de commande



Figure 6: filtre à combustible

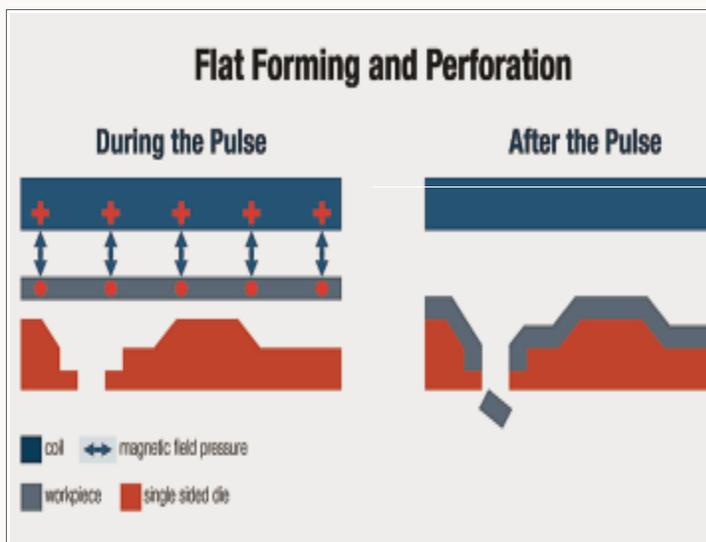


Figure 7: formage et perforation par impulsion magnétique de produits plats



Figure 8: formage et perforation par impulsion magnétique



Figure 9: formage par impulsion magnétique

peuvent être déformés en utilisant des bobines appropriées.

Applications

Les figures 8 et 9 donnent des exemples d'applications du formage par impulsion magnétique. On remarquera la possibilité de réaliser des ouvertures en même temps.

SERTISSAGE PAR IMPULSION MAGNÉTIQUE (MAGNETIC PULSE CRIMPING)

Principe de fonctionnement

Le sertissage par impulsion magnétique est très semblable au formage par impulsion magnétique de produits tubulaires sauf que la pièce interne remplace la matrice. Le sertissage se fait en une fraction de secondes et la vitesse élevée de déformation n'influence pas les propriétés du matériau. Le procédé peut également être appliqué sur des matériaux à faible ductilité. Il est approprié pour les pièces cylindriques, elliptiques et rectangulaires.

Application

La figure 10 montre des connecteurs sertis sur des câbles électriques.

APPEL POUR PARTICIPATION À LA RECHERCHE

En raison de la concurrence internationale croissante, on est de plus en plus tenu actuellement de compresser les coûts afin de rester compétitif. On a donc besoin de techniques de production plus rapides et plus économiques. On espère donc avoir une baisse des coûts et surtout une meilleure productivité en utilisant de nouvelles techniques de production. Ces nouveaux procédés offrent certaines possibilités intéressantes. Actuellement, on dispose de peu d'informations objectives sur la faisabilité technique des applications industrielles concernées, ni sur l'augmentation

éventuelle de la productivité et de la qualité de soudage et donc sur l'avantage économique que peut représenter l'application de ces procédés innovants pour l'industrie. Le centre de recherche de l'IBS va étudier ces techniques de soudage très innovantes et en démontrer les avantages potentiels pour l'industrie. Ces procédés permettent d'assembler toute une série de matériaux plus rapidement, sans défauts et donc plus économiquement. En participant à ce projet, les entreprises auront à court terme une vue sur les possibilités de ces nouveaux procédés. Elles seront à même d'estimer si ces procédés sont utilisables pour leur application spécifique en tenant compte des propriétés attendues des soudures, des investissements nécessaires, de l'augmentation du rendement par rapport à la technique actuellement utilisée, la fiabilité du procédé, ...

Toute entreprise intéressée par ces techniques ou désireuse d'en étudier la faisabilité pour une éventuelle application peut prendre contact avec l'IBS (ir. Koen Faes). □

REFERENCES

- Figures: Pulsar Ltd.
- V. Shribman, Pulsar Ltd. Magnetic pulse technology for improved tube joining and forming. Tube & Pipe, Nov.-Dec. 2006, p. 91-95.
- A. Tomokatsu, M. Kashani. Magnetic pulse welding (MPW) Method for Dissimilar Sheet Metal Joints. Tokyo Metropolitan college of Technology, Department of Electronic and Information Engineering, Tokyo, Japan.
- B-T. Spitz, V. Shribman. Magnetic pulse welding for tubular applications: Discovering new technology for welding conductive materials. The Tube & Pipe Journal, Juli 2001

Figure 10: sertissages

