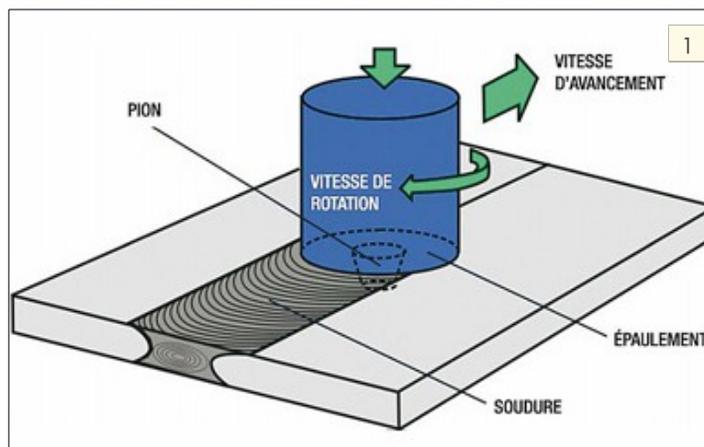


LE SOUDAGE PAR FRICTION MALAXAGE DES ACIERS

LE PROJET STEELFSW

Le CEWAC, l'IBS, le CRIBC et le CENAERO mènent actuellement un projet de recherche collective subsidié par la région wallonne sur le soudage par friction malaxage des aciers. Le but était dans un premier temps de maîtriser ce qui existe déjà dans le domaine. La recherche se concentre maintenant sur le développement d'outils, soit sur base de matériaux commerciaux, soit en produisant ses propres nuances. L'accent est aussi mis sur les manières de réduire l'usure des outils.

Kevin Deplus, IBS et Dorian Gioe, CEWAC (trad.: Marie-Christine Ritzen)



VARIANTES DE CARBURE DE TUNGSTENE

TYPES	CERATIZIT			BOEHLERIT
	TSF22	TSM33	CTF12A	HB44UF
TAILLE DE GRAIN	0,2 – 0,5	0,5 – 0,8	0,8 – 1,3	ultrafine
DURETE (HV30)	1.930	1.590	1.630	1.725
TENEUR EN COBALT (WT%)	8,2	10	6	12
DENSITE	14,55	14,5	15	14,05
RESIST. A LA TRACTION (MPA)	4.400	3.700	2.600	3.500
TENACITE (MPA*M ^{1/2})	7,5	9,4	10,2	

LE SOUDAGE PAR FRICTION MALAXAGE

Le soudage par friction malaxage est un procédé de soudage à froid. Les deux pièces à assembler sont solidement maintenues l'une contre l'autre et un outil en rotation constitué d'un pion et d'un épaulement (Figure 1) est enfoncé dans la matière à l'interface des deux pièces. Une pression verticale est appliquée continuellement. Celle-ci, combinée à la rotation de l'outil, entraîne une déformation plastique locale des pièces à souder et produit ainsi un échauffement suffisant pour transformer la matière en un état pâteux. L'outil peut alors suivre le joint à souder et la matière, brassée par la rotation de l'outil, s'écoule de l'avant vers l'arrière de l'outil pour former le joint soudé. L'application du soudage par friction malaxage a été, jusqu'au milieu des années 2000, concentrée sur l'aluminium, principalement parce que les propriétés mécaniques de l'aluminium permettent l'utilisation d'outils en acier sans usure marquée. Depuis quelques années, ce procédé de soudage est étudié pour son application aux aciers et c'est dans ce cadre qu'a été introduit le projet SteelFSW.

LE SOUDAGE PAR FRICTION MALAXAGE DES ACIERS

Pour souder de l'acier par friction malaxage, la température à atteindre à l'interface pour que la pièce à souder soit dans un état pâteux dépasse les 1.000 °C. Dès lors, les efforts nécessaires pour générer la chaleur sont très importants et la pression verticale que subit l'outil, peut atteindre des valeurs de 130 MPa. Ceci implique aussi qu'à ces températures, le matériau de l'outil doit garder de bonnes propriétés mécaniques et doit rester inerte au fer. A l'heure actuelle, on trouve dans le

commerce deux types d'outil de friction malaxage capable de souder l'acier. Dans les matériaux constituant ces outils, on trouve soit du PCBN (nitride de bore cubique polycristallin), soit du W-Re (tungstène-rhenium). De par leur rareté ou leur procédé de fabrication, ces outils se vendent à des prix prohibitifs (entre 3.000 et 4.500 \$). Pour cette raison, un des objectifs du projet SteelFSW est d'étudier la possibilité d'utiliser des matériaux à plus faible coût, quitte à accepter en contrepartie que ceux-ci aient une plus faible durée de vie. Les matériaux envisagés jusqu'à présent sont différentes nuances de carbure de tungstène du commerce (Tableau). Des outils de forme relativement simple ont été usinés et une campagne de soudage instrumentée sur des tôles d'acier inox 304L de 3 mm d'épaisseur a été menée.

ESSAIS

Sur une machine de friction malaxage, les paramètres que l'opérateur peut modifier, sont la vitesse de rotation, la pression verticale, la vitesse d'avancement et le 'tilt angle' (angle d'inclinaison de la tête par rapport à la verticale). En jouant sur ces quatre paramètres, les conditions doivent être créées pour d'une part apporter suffisamment de chaleur et de mouvement de matière pour que la soudure se forme sans défaut, mais il faut d'autre part que les conditions ainsi créées soient supportables pour l'outil.

Figure 1: principe du soudage par friction malaxage

Figure 2: usure d'outil (rupture partielle du pion)

Figure 3: usure d'outil (rupture complète du pion)

Figure 4: soudure en pleine matière réalisée avec un outil à géométrie simple



Pour résoudre ce problème, nous avons traité séparément les deux problématiques, à savoir celle de la soudure et celle de l'outil. En d'autres termes, il est nécessaire dans un premier temps de savoir ce que l'outil peut supporter pour ensuite déterminer s'il est possible de faire une soudure, compte tenu de ce qu'il peut supporter. Le paramètre critique dont nous avons tenu compte, est la pression verticale qui est exercée sur l'outil. En fonction de cette pression, deux types de dégradation ont été observés :

- lorsque la pression verticale est très faible, la chaleur générée est insuffisante et l'outil est alors victime d'une rupture complète du pion ou du moins d'une série de ruptures partielles (**Figures 2 et 3**),
- lorsque la pression verticale est trop élevée, la combinaison entre la pression exercée sur l'outil et la température à l'endroit du contact entraîne des conditions propices au fluage de l'outil (**Figure 5**).

En se plaçant entre ces deux conditions extrêmes, il nous est dès lors possible de faire varier les autres paramètres jusqu'à obtenir une soudure correcte.

Essais à partir de barreaux commerciaux

A partir de barreaux standard du commerce repris dans le tableau, des outils à géométrie simple ont été usinés. Des essais en pleine tôle ont été effectués avec ces outils.

Essais à partir d'outils à géométrie complexe composés de matériaux commerciaux

En partenariat avec la société Boehlerit, des outils de géométrie plus complexe ont été étudiés (**Figure 6**). Ainsi, la géométrie qui est réputée jouer un rôle déterminant, a été ajustée afin d'offrir un profil moins enclin à l'usure.

Afin d'éviter l'affaissement dont est victime l'épaulement au-delà de certaines températures et pressions (comme l'illustre la Figure 4), un épaulement à géométrie convexe a été utilisé.

De cette façon, une plus grande partie de l'épaulement contribue à la déformation plastique de la matière et permet de réduire les sollicitations appliquées au pion. De plus, le porte-outil utilisé ne laisse dépasser qu'une petite partie de l'outil et empêche, de ce fait, la matière de se déformer latéralement, laissant la possibilité d'atteindre des températures plus élevées.

RESULTATS

Résultats des essais à partir de barreaux commerciaux

Dans la gamme des carbures présentés dans le Tableau 1, c'est le carbure de tungstène lié avec 8% de cobalt (TSF22) de la société CERATIZIT qui a montré une plus large plage de pressions verticales admissibles.

Plusieurs soudures ont été effectuées avec un outil de géométrie simple composé de ce matériau en utilisant différentes vitesses de rotation, vitesses d'avance et angles d'inclinaison. Finalement, en se maintenant dans les conditions favorables décrites dans la partie 'Essais' ci-dessus, une soudure de 40 cm de long a pu être réalisée à la vitesse de 30 mm/min (**Figure 4**). L'outil présentait une usure modérée à la fin de la soudure.

Résultats des essais à partir d'outils à géométrie complexe composés de matériaux commerciaux

Les modifications de la géométrie des outils citées précédemment se sont révélées d'une grande importance. En effet, une première longueur de 40 cm a été effectuée en pleine matière, suivie d'une autre longueur en bout à bout, comme l'illustre la **Figure 8**. Après ces deux soudures, aucune dégradation notable n'était visible sur l'outil (**Figure 7**). De plus, les vitesses utilisées ont pu être doublées par rapport à celles utilisées avec les outils à géométrie simple. En outre, les examens radiographiques n'indiquent pas la présence de particules d'outil dans les plaques soudées.

CONCLUSION/ TRAVAUX FUTURS

Les résultats obtenus jusqu'à présent sont encourageants et il est très probable qu'il existe des alternatives moins coûteuses aux outils commerciaux actuels. Nous avons démontré dans le cadre de ce projet que des carbures de tungstène combinés à des paramètres opératoires judicieusement choisis pouvaient déjà représenter une alternative techniquement réaliste. Afin de comparer objectivement les deux solutions, il reste maintenant à déterminer quelle est la durée de vie des outils optimisés et celle des outils commerciaux afin de voir pour des applications spécifiques, quelle solution semble la plus économique. La dernière étape consistera à réaliser des outils optimisés à partir de nuance propre de matériau. Ces matériaux seront développés par le CRIBC. Nous invitons les sociétés qui seraient intéressées par ce procédé ou qui désirent de plus amples informations, que ce soit pour son application à des alliages à bas point de fusion ou à haut point de fusion, à prendre contact avec le CEWAC (info@cewac.be) ou l'IBS (kevin.deplus@bil-ibs.be). □

Figure 5: usure par fluage de l'outil (élargissement des bords de l'épaulement)

Figure 6: outil convexe avec renfort latéral pour limiter le fluage

Figure 7: usure de l'outil de la figure 6 après deux cordons de 40 cm

Figure 8: soudure bout à bout réalisée avec un outil à géométrie complexe



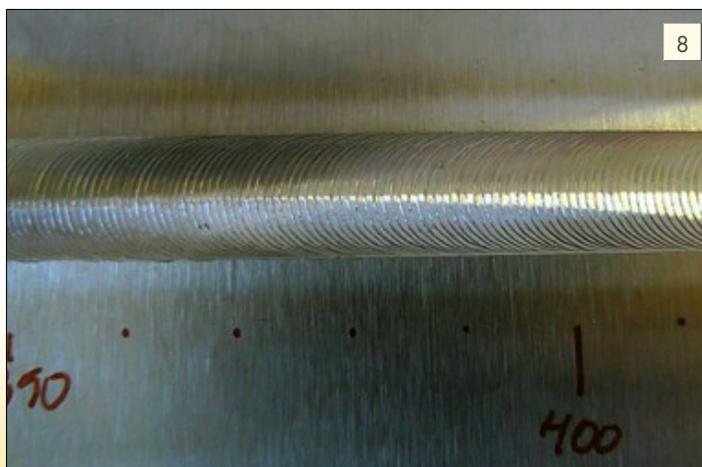
5



6



7



8

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

