

SOUDAGE A FROID DE L'ACIER: CECI N'EST PEUT-ETRE PAS UNE FRICTION!

LE SOUDAGE PAR FRICTION-MALAXAGE

Le procédé de soudage par friction-malaxage (FSW, Friction Stir Welding) est un procédé innovant utilisé généralement pour la réalisation de joints de haute qualité entre matériaux à bas point de fusion tels que l'aluminium, le magnésium et le cuivre. Il devient de plus en plus connu par les entreprises, notamment grâce aux efforts de promotion et de vulgarisation par les centres de recherche CEWAC et IBS.

L'application de ce procédé au soudage des aciers représente un grand potentiel en Belgique. De plus, les aciers spéciaux, souvent difficilement soudables, connaissent une utilisation croissante.

 Dorian Goe (CEWAC) Frederik Hendrickx (CEWAC), Maryse Demuyck (CRIBC), Jean-Pierre Errauw (CRIBC), Rajneesh Kumar (BIL-IBS), Fleur Maas (BIL-IBS)



Figure 1 : soudage FSW de l'acier, l'échauffement de la tôle est parfaitement visible

UN PETIT RAPPEL DU PROCÉDÉ

Le principe de cette technologie consiste à réaliser, initialement sur des matériaux à bas point de fusion, une soudure en brassant et mélangeant localement les

matériaux des deux pièces à assembler. Le brassage se fait dans un état 'pâteux' par un outil dont le rôle est de provoquer l'échauffement de la matière par frottement et par les déformations plastiques qu'elle subit. L'avantage majeur de ce procédé

est de souder des matériaux sans atteindre leur température de fusion.

ETAT DE L'ART

Si le soudage par friction-malaxage des alliages à bas point de fusion est bien maîtrisé, la situation est très différente lorsqu'il s'agit du soudage des aciers et autres alliages tels que le nickel. En effet, les températures à atteindre afin d'obtenir l'état pâteux nécessaire à la réalisation des soudures, dépassent dans ce cas 1.000 °C (plus de 500 °C de plus que pour le soudage des matériaux à bas point de fusion) (figure 1). Peu de matières sont capables de supporter les efforts mécaniques à mettre en jeu à ces températures! Les développements dans le domaine du soudage de l'acier par FSW n'en sont donc pour l'instant qu'à leurs débuts et un effort important est consacré au choix d'un matériau pour les outils les plus appropriés, de type céramique ou cermet.

cofinancé par la Wallonie. Les objectifs principaux de ce projet sont la maîtrise du procédé FSW pour les aciers et son introduction en applications industrielles. La réalisation de ces objectifs repose à la fois sur le développement

SI LE SOUDAGE PAR FRICTION-MALAXAGE DES ALLIAGES A BAS POINT DE FUSION EST BIEN MAITRISE, LA SITUATION EST TRES DIFFERENTE LORSQU'IL S'AGIT DU SOUDAGE DES ACIERS ET AUTRES ALLIAGES TELS QUE LE NICKEL

d'outils adaptés, présentant une fiabilité et une durabilité acceptables, et sur des adaptations du procédé visant à réduire les sollicitations thermomécaniques subies par ces outils. Le CRIBC (Centre de Recherche de l'Industrie Belge de la Céramique) apporte son expertise dans le

domaine des matériaux inorganiques (céramiques, cermets, ...) pour l'évaluation et le développement de matériaux alternatifs d'outillage. L'IBS développe des méthodes de test pour la qualification de ces matériaux. Le CEWAC réalise des soudures FSW sur des tôles en acier grâce à une de ses machines FSW aménagée pour le soudage de l'acier. Et finalement, le Cenaero (centre de recherche pour les simulations numériques) soutient le projet avec des tâches de modélisation.

PROJET STEELFSW

Afin de rester compétitif au niveau international dans ce domaine, quatre centres de recherches ont lancé le projet de recherche collective 'STEELFSW', un projet

SOUDAGE DES ACIERS

Grâce à l'étude et la modification de l'installation existante au CEWAC par l'ajout d'une tête adaptée (figure 2), d'un système



Figure 2 : tête de soudage FSW adaptée pour le soudage de l'acier

de refroidissement, d'une protection gazeuse et d'un système télémétrique pour la mesure de température de l'outil, le CEWAC a pu réaliser, en Belgique, les premières soudures FSW sur de l'acier avec des outils disponible sur le marché.

Les cordons réalisés en bout à bout sur des plaques en acier 304L de 2 et 5 mm d'épaisseur montrent tant l'aptitude à souder les épaisseurs fines que plus épaisses. Le procédé expérimental permet de réaliser des cordons allant jusqu'à 400 mm (**figure 3**). Les forces en jeu ne dépassent actuellement pas les 50 kN.

Les nombreuses données récoltées lors de ce soudage expérimental permettent de mieux comprendre l'application de cette technologie aux aciers, tout en quantifiant les influences des modifications de paramètres qui y sont opérés. Ainsi, la base de données constituée pourra mieux cibler les comportements mettant à mal le processus ou dégradant les outils. Le prix des outils de qualité étant prohibitif, l'allongement de leur durée de vie devient un enjeu capital pour l'introduction de cette technologie en entreprise.

L'analyse macrographique sur des cordons réalisés révèle une pleine pénétration ainsi qu'un bon brassage entre les deux tôles (**figure 4**).

Le procédé permet donc de souder de manière concluante l'acier avec une excellente reproductivité.

PERSPECTIVES ET DEVELOPPEMENTS

Le CRIBC est en train de développer et fabriquer des matériaux utilisables pour la fabrication d'outils FSW.

La **Figure 5** montre les matériaux 'candidats' qui ont été sélectionnés.

Ces matériaux seront testés dans un dispositif présenté à la **figure 6**: en mettant en contact l'outil simple en rotation contre une plaque d'acier on simule en pression et température ce que l'outil subit pendant la phase de soudure.

Les premiers résultats obtenus dans le cadre de la recherche STEELFSW ont permis d'appréhender également le soudage de titane (TiAl6V). L'échantillon obtenu semble prometteur et laisse entrevoir de nombreuses applications dans le domaine aéronautique comme le rechargement de profils usés, ou simplement l'assemblage de composants.

Le CEWAC reste à la recherche de tout développement où l'application du FSW présente un avantage. □



Figure 3: cordon de soudure réalisé sur de l'acier 304L

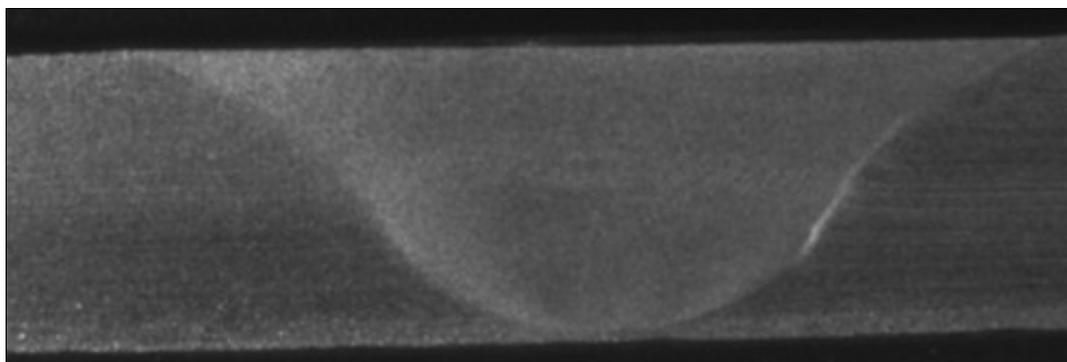


Figure 4: coupe métallographique de la soudure FSW sur de l'acier

MACROGRAPHIE D'UNE SOUDURE FSW SUR DE L'ACIER						
MATERIAUX POTENTIELS	EXEMPLES	T _{MAX}	DISPONIBILITE	USINABILITE	REAGIT AVEC	STABILITE THERMIQUE
Superalliages (à base de Fe, Ni, Co)	Alliages Nb	800	+	-	Ti	+
Métaux et alliages réfractaires (W, Mo, Nb, Re)		> 1.000	+	+/-	/	(oxidation)
Céramiques (PCBN, SiC, Si ₃ N ₄ , ZrO ₂)		> 1.000	+/-	--	Certains avec Ti	+++
Cermets	WC-Co	800	++	-	Ti	+
Intermétalliques (aluminures, siliciures)		> 800	--	--	Certains avec Ti	++

Figure 5: synthèse des différents matériaux possibles et leurs propriétés les plus importantes pour le FSW

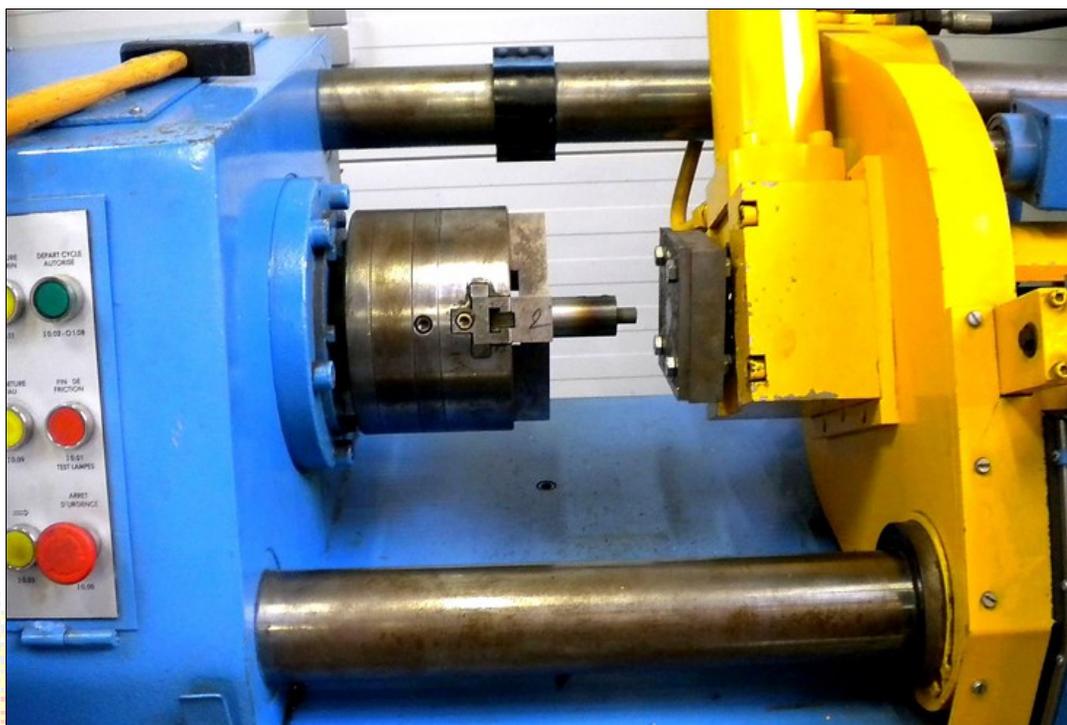


Figure 6: set-up pour tester les matériaux d'outils