

# FRICION STIR WELDING D'ALUMINIUM

## PROJET TAP2 "CASSTIR": COLLABORATION ENTRE IBS, UCL-PRM, CEWAC ET UGENT

Le projet CASSTIR (Assemblage innovant de structures exigeantes en aluminium par le procédé de soudage par friction malaxage) a démarré fin 2006. Cette recherche voit la collaboration de l'IBS, CEWAC, les universités de Louvain-la-Neuve et de Gent et est réalisée pour le compte de la Politique scientifique fédérale dans le cadre du "Programme de promotion du transfert de connaissances dans des domaines stratégiques importants". On trouvera ci-après une description du procédé friction stir welding et des objectifs du projet, ainsi qu'un aperçu des principales réalisations dans le cadre de ce projet durant la première année.

Par ir. Wim Van Haver, IWE, Centre de recherche de l'IBS  
(Traduction: M.C. Ritzen, IBS)

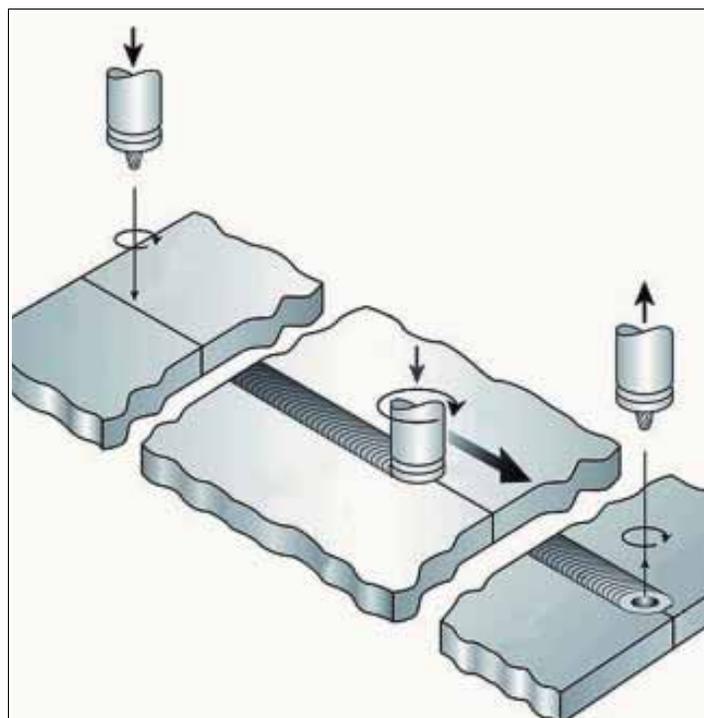


Figure 1 : Schéma du procédé friction stir welding (source: ISO/DIS 25239-1)

## FRICION STIR WELDING

La technique friction stir welding (FSW) a été découverte au début des années 90 et brevetée par The Welding Institute (Grande-Bretagne).

Dans ce procédé, un outil en rotation constitué d'une pointe à profil spécial et d'un épaulement est appuyé sur le matériau (voir aussi figure 5), jusqu'à ce que l'épaulement atteigne la surface de celui-ci.

Par friction, le matériau est échauffé jusqu'à des températures où il arrive à un état "pâteux".

Quand l'outil est déplacé vers l'avant, le matériau est poussé de l'avant vers l'arrière de la pointe; de cette manière, l'assemblage est réalisé à l'état solide (voir figure 1). C'est pour ces raisons que les alliages d'aluminium sont également soudables, alors qu'ils ne le sont pas avec les procédés TIG ou MIG, comme les alliages sensibles à la fissuration à chaud (alliages Alcu ou Al ZnMgCu) ou des pièces de fonte à haute pression.

### Avantages

Les principaux avantages de ce

procédé appliqué aux alliages d'aluminium sont:

- pas de fissures à chaud ou de porosités,
- pas de gaz de protection ou de métal d'apport,
- préparation des joints limitée (dégraissage uniquement),
- faible adoucissement ou déformation,
- complètement automatique - qualité constante de la soudure,
- productivité élevée,
- grande plage d'épaisseur à souder en une seule passe (1,2mm à 75mm),
- surface de soudure plane sans

surépaisseur.

En Belgique, tant CEWAC (Liège) que l'UCL-PRM (Louvain-La-Neuve) disposent des appareillages et licences nécessaires pour appliquer ce procédé de soudage dans un but de recherche (voir figure 2). Actuellement, Sapa RC Profiles à Ghlin, près de Mons, est la seule société en Belgique qui applique le friction stir welding en production.

Au niveau international, le friction stir welding est surtout appliqué dans l'industrie aéronautique et spatiale, le transport et

Figure 2.1 : Machine FSW à l'UCL



Figure 2.2 : Une des deux machines FSW disponibles au CEWAC





Figure 3.: Détail des angles de deux profils extrudés, joints par FSW

l'automobile, et la construction navale. En général, ces secteurs apprécient particulièrement la combinaison de productivité et de qualité de la soudure, la faible déformation et le maintien de la résistance dans la zone soudée.

### PROJET CASSTIR

Ce projet de recherche financé par la Politique scientifique fédérale, a été proposé dans le cadre du TAP2 et été approuvé comme projet "clean technologies" pour la période de décembre 2006 à décembre 2009.

Il faut noter qu'en plus des avantages technologiques du Friction stir welding repris ci-avant, la technique se positionne très bien dans le domaine de la sécurité et de l'environnement.

### Comparaison avec le procédé classique

Quand on compare cette technique avec un procédé classique pour l'aluminium (MIG ou TIG), on constate:

- pas de fumées, d'ozone ou de projections,
- pas de rayonnement UV ou de grands champs électromagnétiques,
- pas de risque d'électrocution,
- moins de déchets,
- pas de gaz de protection,
- faible consommation en énergie (99% en moins par rapport au soudage par résistance selon Mazda),

- possibilité d'avoir une construction plus légère en optimisant le matériau (soudage d'alliages non soudables par fusion!) et perte moindre en résistance.

### Objectif

L'objectif de CASSTIR est d'améliorer les connaissances sur le friction stir welding en Belgique, à la suite de projets de recherche collective tel qu'ALUWELD (IWT 30909).

Les partenaires de recherche vont étudier les possibilités et les limites du friction stir welding,

appliqué sur trois alliages d'aluminium différents (correspondant à trois applications différentes). Dans ce cadre, on va examiner d'une façon détaillée les propriétés des soudures au niveau de la métallographie, des propriétés mécaniques, des tensions résiduelles, de la fatigue et de la corrosion.

La possibilité d'utiliser des techniques non destructives va être examinée et on va vérifier dans quelle mesure des paramètres de soudage optimaux peuvent être transférés à d'autres machines FSW. L'attention se portera également sur la modélisation numérique du procédé FSW.

**L'OBJECTIF DE CASSTIR EST D'AMÉLIORER LES CONNAISSANCES SUR LE FRICTION STIR WELDING EN BELGIQUE, A LA SUITE DE PROJETS DE RECHERCHE COLLECTIVE TEL QU'ALUWELD (IWT 30909)**

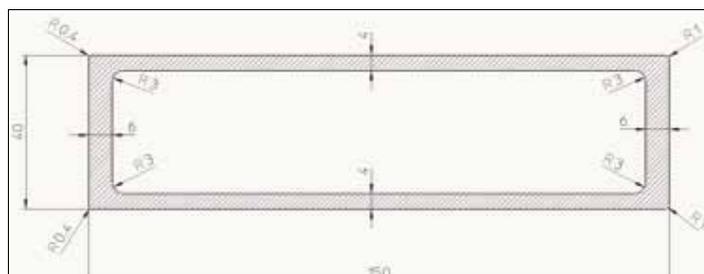


Figure 3.2: Conception du profil extrudé 6082-T6 étudié dans CASSTIR

Dans une dernière phase, les soudures friction stir seront comparées, quant aux propriétés de la soudure, la productivité et la non-pollution, avec un procédé de production alternatif classique (p.ex. soudage MIG).

CASSTIR portera également son attention sur des aspects plus larges tels que les efforts que la normalisation du procédé FSW au sein de l'ISO et CEN.

### Répartition des tâches

Dans le cadre de ce projet, l'IBS assure la coordination ainsi que la métallographie et les essais mécaniques. Les soudures friction stir sont réalisées par l'UCL et CEWAC. L'UCL s'occupe de la détermination des tensions résiduelles et CEWAC de l'examen non destructif des soudures. UGent s'occupe de la caractérisation des soudures du point de vue résistance à la corrosion.

Enfin, CENAERO agit en tant que sous-traitant de l'UCL et CEWAC dans le domaine de la modélisation numérique. Le projet est géré par un Comité de suivi, composé de l'administrateur de programme de la Politique scientifique fédérale et les entreprises et organismes de recherche intéressés. Ce Comité de suivi en principe deux fois par

an pour discuter des résultats de recherche obtenus.

### CHOIX DES APPLICATIONS ET ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans une première phase du projet, en concertation avec le Comité de suivi, les applications et les alliages d'aluminium étudiés dans le projet CASSTIR ont été choisis:

- Soudures bout à bout friction stir de profils extrudés creux 6082-T6 pour le transport et la construction navale (voir **figure 3**), comme alternative aux soudures MIG ou laser hybride
  - Soudures à recouvrement friction stir de tôles 2124-T3/T851 de 15mm d'épaisseur pour l'aviation (voir **figure 4**), comme alternative plus économique pour des pièces fortement usinées
  - Soudures bout à bout friction stir de tôles minces (0,8mm) 5754-H111 pour l'aviation et l'automobile (voir **figure 5**), comme alternative pour des tubes extrudés et tirés ou des tôles minces soudées au laser.
- Ces applications ont toutes en commun qu'il existe une amélioration potentielle en matière d'environnement et de coût par rapport aux techniques actuellement utilisées, qu'elles sont importantes pour au moins une entreprise belge et que l'UCL et/ou CEWAC disposent des moyens pour réaliser, selon les désirs, des soudures friction stir.

Figure 4: Schéma du soudage par recouvrement friction stir de l'alliage 2124. 1) une première tôle 2124 de 15mm est soudée par recouvrement avec le FSW à la tôle de base 2124; 2) au-dessus de la première, on soude par friction stir la deuxième tôle 2124 de 15mm d'épaisseur; 3) après soudage, le matériau excédentaire est fraisé de façon à obtenir la pièce désirée (4)

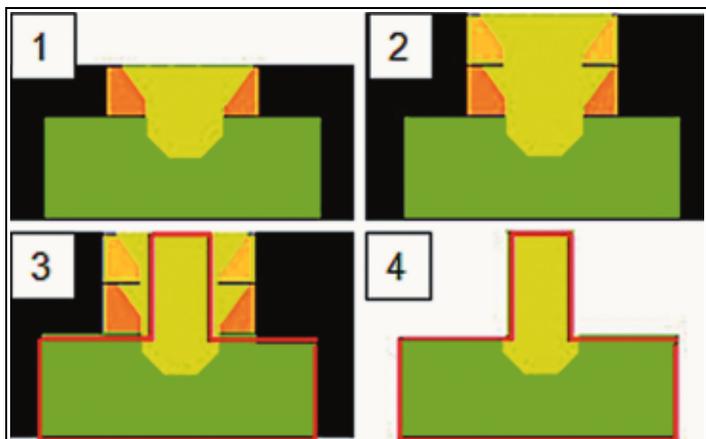


Figure 5: Montage expérimental pour FSW du matériau 5754-H111 de 0,8mm à l'UCL-PRM



De plus, chaque application est un défi technique/intellectuel en soi. Le travail expérimental peut contribuer d'une façon significative à la poursuite du développement de la technique du friction stir welding.

### Etude bibliographique

Tous les partenaires se sont ensuite consacrés à une étude bibliographique spécifiquement dirigée vers les applications et matériaux choisis. Cette étude bibliographique qui s'est terminée début 2008, avait pour objectif de fournir une base aux partenaires pour mener la recherche expérimentale et également d'informer sérieusement le Comité de suivi sur les aspects spécifiques intervenant dans CASSTIR tels que les mesures de tensions résiduelles, les propriétés à la corrosion, ...

### RECHERCHE EXPERIMENTALE

En 2007, de bons résultats ont déjà été obtenus, avec une quantité relativement faible de matériaux par l'UCL et CEWAC sur les profilés plats 6082-T6 de 4mm d'épaisseur, en préparation au soudage des profilés creux.

Ceci est apparent sur le **tableau**, qui fait une comparaison de la résistance et la productivité des soudures d'essai sur 6082-T6 de 4mm au sein de CASSTIR avec les résultats obtenus sur 6082-T6 de 4mm dans le cadre d'autres projets IBS.

Les montages nécessaires ont ensuite été réalisés pour le soudage des profilés creux 6082-T6 et l'optimisation du friction stir welding sur ces profilés ont été entrepris tant par l'UCL que CEWAC.

De plus, l'UCL a entrepris l'optimisation pour le friction stir welding des tôles minces 5754-H111 de 0,8mm. On a constaté qu'il est nécessaire

RESISTANCE ET PRODUCTIVITE DES SOUDURES D'ESSAI			
PROJET	PROCEDE DE SOUDAGE	VITESSE DE SOUDAGE [mm/min]	FACTEUR DE SOUDAGE [%]
ALU 2000	MIG, 5183 Ø 1,2mm, 70Ar30He	882	0,71
	MIG, 5183 Ø 1,2mm, Ar15HeN2	888	0,45
	TIG AC, 5183 Ø 1,6mm, 70Ar30He	130	0,70
	TIG AC, 5183 Ø 1,6mm, 70Ar30He	140	0,72
	FSW (par ESAB)	500	0,81
	Laser, 100He	?	0,74
	Laser-MIG, 5183, Ar	?	0,58
ALUWELD	Laser-MIG, 4043 Ø 1,2mm, Ar	2.000	0,78
CASSTIR	FSW (par UCL)	2.000	0,81
	FSW (par CEWAC)	800	0,81

**Tableau:** Comparaison de la résistance et de la productivité des soudures d'essai sur 6082-T6 de 4mm au sein de CASSTIR avec les résultats obtenus sur 6082-T6 de 4mm dans le cadre d'autres projets IBS



**Figure 6:** Coupe métallographique d'une soudure friction stir en 0,8mm 5754-H111, soudé à 0,5 m/min

d'avoir une vitesse élevée de rotation de l'outil afin d'avoir un assemblage de bonne qualité et une productivité considérable; un exemple d'un tel assemblage est montré à la **figure 6**. Les microstructures du métal de base et de la soudure sont données à la **figure 7**.

### PLANNING POUR 2008

En 2008, la recherche expérimentale va de toute façon se poursuivre.

On va continuer à optimiser les paramètres de soudage pour les trois applications différentes. Ceci

sera suivi de l'examen non destructif et de la caractérisation au moyen de la métallographie, des mesures de dureté, des propriétés mécaniques, des tensions résiduelles, de la résistance à la corrosion et de la fatigue.

On examinera également l'influence des traitements thermiques après soudage. Dans la deuxième moitié de 2008, on démarrera la partie modélisation de CASSTIR.

### PARTICIPATION

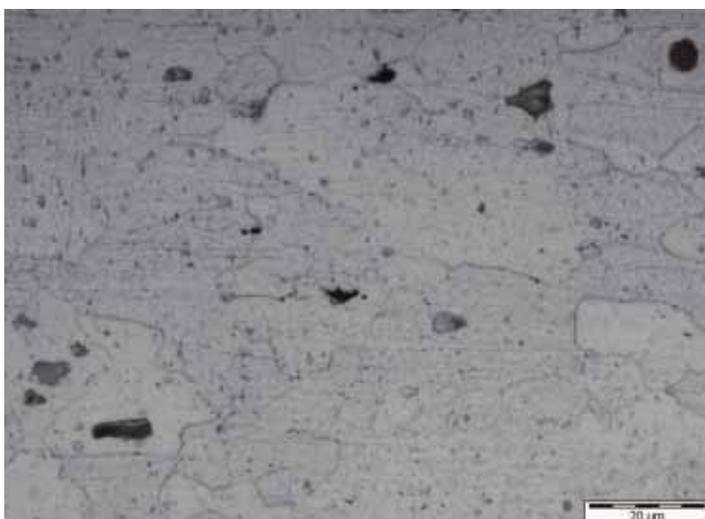
Les entreprises et instituts de

recherche peuvent encore participer au projet CASSTIR. Comme le projet est subsidié à 100% par la Politique scientifique fédérale, aucun apport financier n'est demandé.

Il est cependant demandé aux entreprises intéressées de prendre l'engagement de participer aux réunions de suivi du projet et d'orienter le projet de cette manière.

En contrepartie, les résultats de la recherche obtenus seront mis à disposition et ceci donnera l'occasion d'avoir un meilleur aperçu sur les possibilités offertes par le friction stir welding. □

**Figure 7.1:** Micrographie du métal de base 5754-H111



**Figure 7.2:** Micrographie du centre de la soudure. Il y a un affinement remarquable de la microstructure

