

# NOUVEAU PROCÉDÉ DE SOUDAGE PAR FRICTION

## PRINCIPE, AVANTAGES, RÉSULTATS

En collaboration avec l'Institut Belge de la Soudure, l'Université de Gand et Cnaero et grâce à l'appui de la Région Flamande (IWVT), la société Denys nv a mené un projet ayant pour objectif principal de développer un nouveau procédé de soudage par friction, plus précisément une combinaison du soudage par friction avec une force de forgeage obtenue par explosion. Le nouveau procédé a été baptisé "FRIEX". Le principe, les avantages et les résultats les plus importants de ce nouveau procédé par friction sont décrits ci-après.



Par Paul Afschrift, Directeur R & D Denys nv  
 ir. Koen Faes, EWE, IBS  
 Traduction: M.C. Ritzen, IBS

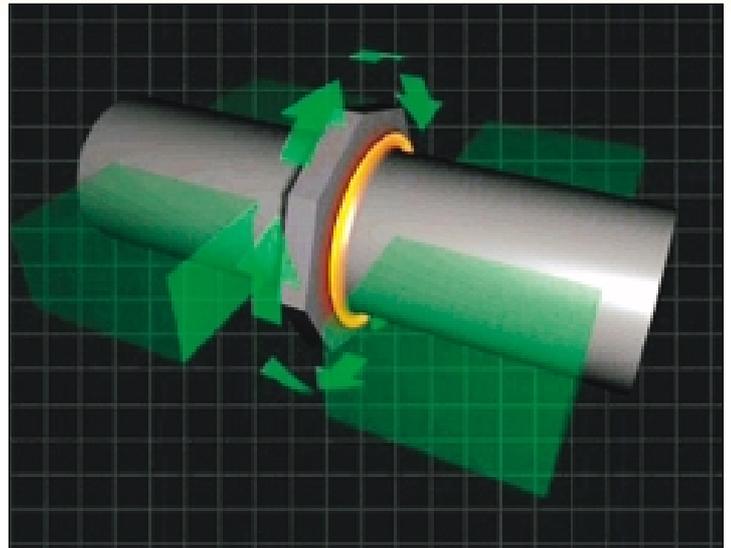


Figure 1: Principe de la nouvelle variante du procédé de soudage par friction

### Principe

Le soudage par friction est un procédé de soudage mécanique où la chaleur nécessaire pour le soudage est fournie en frottant l'une contre l'autre les pièces à assembler sous une pression axiale. En pratique, le procédé de soudage par friction par rotation est le plus utilisé. Le principe de base est qu'une des deux pièces à assembler est mise en rotation et ensuite serrée contre l'autre. L'énergie apportée à la pièce en rotation est transformée, par friction, en chaleur dans la surface de contact des pièces à assembler. Cette chaleur augmente la température de la surface de séparation jusqu'à la température de forgeage sans atteindre cependant la température de fusion. À cet instant, les deux pièces sont forgées l'une à l'autre au moyen d'une pression axiale. Le nouveau procédé de soudage a été conçu et développé pour le soudage complètement automatique de pipelines à l'aide du procédé de soudage par friction. Comme les longs tubes ne peuvent pas être mis en rotation, pour des raisons pratiques, et ne peuvent donc être soudés avec le procédé classique de soudage par friction, une nouvelle variante a été développée. (figure 1) Dans cette nouvelle variante du procédé de soudage par friction – au contraire du procédé classique de soudage par friction où une seule pièce est clamée – les deux éléments à souder sont

clamés et montés sur des rails. Pour ce procédé, on utilise un métal d'apport annulaire, appelé anneau de soudage. Cet anneau est placé entre les deux coupes transversales des pièces à assembler. La chaleur de soudage nécessaire est générée en faisant tourner le métal d'apport entre les coupes transversales des tubes à souder. L'énergie apportée à la pièce mobile est transformée en chaleur. Une fois que la soudure est suffisamment échauffée, une force de forgeage axiale obtenue par explosion est exercée après arrêt de l'anneau de soudage. Un schéma de principe est donné à la figure 1.

### Résultats

Pour obtenir de bonnes propriétés, comme la ductilité, dans la zone de la soudure, il est nécessaire que les paramètres soient situés dans un champ déterminé. Une partie importante de la recherche avait pour objectif de déterminer ce champ de paramètres. Un programme d'essai a été établi afin d'examiner quelles sont les conditions pour réaliser des soudures de qualité. L'influence des différents paramètres a été étudiée. À l'aide d'un essai à

petite échelle, des tests ont été réalisés sur des tubes de trois et quatre pouces (resp. 89 et 114 mm de diamètre extérieur) dans les matériaux API X42, X52 et X70. Beaucoup d'attention a été donnée à la détermination du

matériau, la forme et les dimensions de l'anneau de soudage. Les soudures ont été examinées par métallographie et ont été soumises à des essais destructifs tels que décrits dans les normes API et EN en vigueur.

Les figures 2 et 3 donnent des exemples de soudures réalisées. Il s'agit d'un assemblage de deux tubes de quatre pouces ayant une épaisseur de paroi de 8,5 mm. De tels assemblages sont réalisés en un très court laps de temps: la durée de la phase de friction et de

forgeage est respectivement de 20 et 10 secondes. La durée totale est donc de 30 secondes sans compter le montage et le démontage des clames.

### Modélisation

Une partie importante lors du développement de la nouvelle méthode de soudage est la modélisation numérique du procédé de soudage par friction. Cette tâche a été confiée au

centre de recherche Cnaero de Charleroi. À l'aide de l'analyse numérique des éléments finis (répartition de la température, flux de chaleur, déformation plastique, ...), des modèles ont été établis qui permettent de décrire précisément le soudage par friction de différentes formes de produits (différents diamètres et différents matériaux). À l'aide de ce modèle théorique, il est possible de prévoir les paramètres du procédé pour réaliser des soudures de qualité et ce, en fonction du matériau et de la géométrie des pièces à souder. (Figure 4)

En tenant compte des essais de soudage, on a montré que l'aspect modélisé de la soudure présentait une grande ressemblance avec les soudures réelles. Les températures calculées à certaines distances de la surface de friction et les raccourcis correspondent aux mesures faites durant les essais de soudage réalisés à petite échelle à l'Institut Belge de la Soudure.

### Développements actuels

Durant la troisième phase du projet – qui se termine fin août 2006 – on a réalisé une extrapolation des connaissances déjà engrangées vers des diamètres plus grands. On met actuellement au point un montage d'essai à grande échelle qui permettra de réaliser des essais sur site avec des tubes de 14 pouces de diamètre (diamètre extérieur 355 mm). Dans ce

DANS CETTE NOUVELLE VARIANTE DU PROCÉDÉ DE SOUDAGE PAR FRICTION – AU CONTRAIRE DU PROCÉDÉ CLASSIQUE DE SOUDAGE PAR FRICTION OÙ UNE SEULE PIÈCE EST CLAMÉE – LES DEUX ÉLÉMENTS À SOUDER SONT CLAMÉS ET MONTÉS SUR DES RAILS

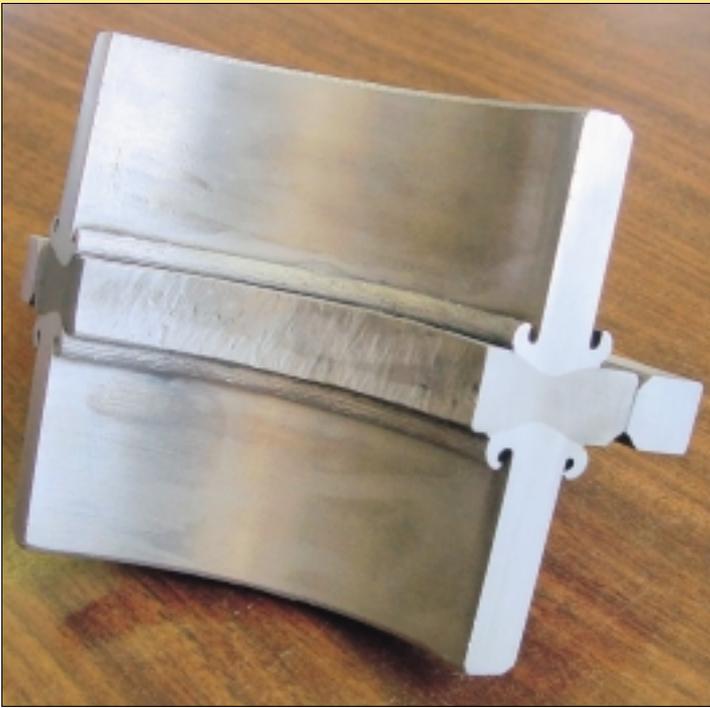


Figure 2: Assemblage de deux tubes de quatre pouces (mat.: API X42, paroi 8,5 mm)

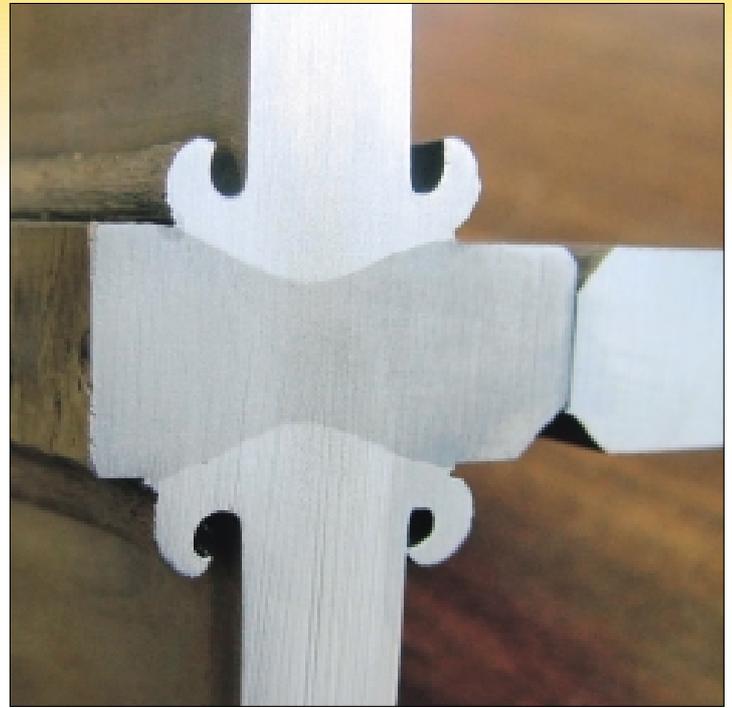


Figure 3: Détail de la figure 2

projet, on a également examiné toutes les difficultés techniques d'exécution qu'on peut rencontrer lors de l'utilisation de la nouvelle technique. Cette recherche se fait en collaboration avec l'université de Gand (Vakgroep Mechanische constructie en Productie).

Pour les essais de traction à grande échelle, un montage a été mis au point qui permet de soumettre les éprouvettes à une pression (eau) interne de telle façon que les conditions opérationnelles soient parfaitement simulées; en d'autres termes, le joint circulaire peut, durant l'essai, être soumis en même temps, à une force de traction axiale externe et une pression interne. Ce montage unique permettra d'étudier le comportement à la déformation sous charge biaxiale.

Du point de vue du soudage, une recherche a été faite sur la faisabilité du soudage de tubes en aciers micro alliés TMCP modernes (Thermo-Mechanical Controlled Processing) à l'aide de la nouvelle technique. Dans une première phase, l'influence du cycle de soudage sur les propriétés de la soudure a été examinée, en particulier l'influence de la résilience. Pour ce faire, des simulations physiques de soudage ont été réalisées qui simulent d'une façon précise l'échauffement, le refroidissement et les phases de transformation dans la zone affectée thermiquement de la soudure. Des essais de traction, des mesures de dureté et des examens métallographiques ont été effectués sur les soudures de simulation. Des essais de

soudage ont également été réalisés sur l'acier TMCP API X70 fortement utilisé. Les soudures étaient de bonne qualité et les assemblages satisfaisaient aux exigences des normes EN et API.

### Conclusions

Les principaux résultats de l'étude réalisée durant le projet 'Nouveau procédé de soudage par friction pour le soudage automatique de pipelines' peuvent être résumés comme suit:

- Les connaissances de base sont établies pour l'assemblage de longs tubes au moyen du procédé de soudage par friction avec un anneau de soudage comme métal d'apport.
- Le soudage par friction a été modélisé: un modèle d'éléments finis théorique a été établi pour

différentes géométries de pièces à assembler et pour différents matériaux. L'extrapolation vers d'autres dimensions et matériaux est toujours possible.

- Des soudures de qualité de tubes ont été réalisées jusqu'à un diamètre de 141 mm, dans les matériaux API X42, X52 et X70.
- La qualité des assemblages a été démontrée avec succès à l'aide de la caractérisation des soudures via des examens non destructifs, métallographie et essais mécaniques. Les résultats des essais de traction, de pliage et de résilience satisfont aux normes concernées.
- Sur base de ces résultats, on a mis au point un montage d'essai à grande échelle pour compléter la recherche sur les difficultés techniques inhérentes à l'application de la nouvelle technique en pratique. □

Figure 4 et 5: Modélisation du procédé de soudage

