
Soumis le : 03/12/2017

Forme révisée acceptée le : 25/01/2018

Auteur correspondant : hachellafkaddour@yahoo.fr

Nature & Technology

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

Caractérisation d'un cordon de soudure Par FSW : Cas des matériaux polymères

HACHELLAF kaddour*, MEDDAH Hadj Miloud, OUD CHIKH El Bahri et
LOUNIS Abdellah

Laboratoire LSTE, Université Mustapha STAMBOULI, Mascara, Route de Mamounia, Mascara, 29000, Algérie

Résumé

Le but de notre travail expérimental est de proposer un modèle d'outil qui pourrait être utilisé comme un outil prédictif pour obtenir une bonne soudure des polymères comme le PEHD par la technique de soudage par friction malaxage FSW ou un soudage linéaire des plaques plates minces. Une série des essais expérimentaux concernant ce type de soudage (FSW) ont été réalisés avec différents type d'outils en fonction des paramètres optimaux de soudage tel que la vitesse d'avance, la vitesse de rotation, la forme géométrique d'outil, ... etc. Des résultats satisfaisants ont été obtenus montrant l'influence de ces paramètres sur la qualité du joint.

Mots-clés : Polymères, essais de traction, FSW, FEM, couplage, procédé-propriété

Abstract

The aim of our experimental work is to propose a tool model that could be used as a predictive tool to obtain a good welding of polymers such as HDPE by FSW friction stir welding technique or linear welding of thin flat plates. A series of experimental tests concerning this type of welding (FSW) have been carried out with different types of tools depending on the optimal welding parameters such as federate, rotational speed, geometrical tool shape ... etc. Satisfactory results were obtained showing the influence of these parameters on the quality of the joint.

Keywords: Polymers, tensile tests, FSW, FEM, coupling, process-property

1. Introduction

Le soudage par friction-malaxage étant un procédé d'assemblage permanent récent considéré comme une technologie principale en l'industrie, ce type de soudage s'applique sur les matériaux thermoplastiques notamment les polymères, son principe est basé sur le phénomène de ramollissement suite la fusion causé par l'échauffement du matériau à assembler avec un outil tournant spécial non consommable (Figure 1). Le principe consiste à fournir de la chaleur au métal (Figure 2) de base par friction du métal par un pion fixé sur une embase qui tourne dans le plan de joint des pièces à assembler. Une couche de métal sous forme plastique et pâteuse est formée sous l'embase et autour du pion. Ce procédé qui réalise l'assemblage à une température inférieure à la température de fusion du métal à assembler déforme moins que les procédés par

fusion. De plus, les caractéristiques mécaniques des matériaux soudés restent proches des valeurs initiales des matériaux de base [1].

Ce procédé convient particulièrement bien aux alliages à bas point de fusion (aluminium, magnésium, cuivre) et trouve avec ces matériaux ses applications industrielles principales : aéronautique, spatial, transports terrestres, construction navale [2].

Dans ce travail on met en évidence la soudabilité de polymère choisis, le PEHD on utilise le soudage par friction malaxage (FSW), ce matériau est utilisé dans les réseaux des eaux potables et ainsi les réseaux gaz de ville. Trois paramètres de soudage, la vitesse de rotation, la vitesse d'avance et la forme géométrique des outils, ont été étudiés. Des essais mécaniques de comportement ont été réalisés pour évaluer et optimiser les paramètres

nécessaires intervenant à la réalisation d'une bonne soudure.

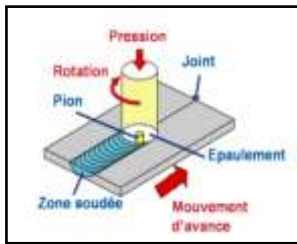


Figure 1 : Principe de soudage FSW [3]



Figure 2 : Outil de soudage FSW [4]

2. Le Matériau polymère

2.1. Les polymères

Sont des macromolécules formées de très longues chaînes de plusieurs milliers d'unité de base (monomères) reliées bout à bout (avec ou sans ramifications). Par exemple, un polyéthylène de synthèse typique comporte des macromolécules contenant approximativement entre 900 et 215.000 monomères d'éthylène (C_2H_4) ; les polymères synthétiques industriels sont produits à partir de monomères réactifs (le nylon, le plexiglas, le PMMA, le polyéthylène, le téflon ... etc.) et sont classés en trois catégories principales : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.

2.2. Le polyéthylène à haute densité (PEHD)

Le PEHD est un polymère thermoplastique de grande diffusion. Il fait partie de la famille des polyoléfinés au même titre que les polyéthylènes basse ou moyenne densité et le propylène. Il est obtenu par des procédés de polymérisation de l'éthylène à basse pression.

2.3. Domaine d'utilisation

Les matériaux polymères ont de multiples utilisations tel que:

- Vêtements et textiles : fibres textiles naturelles et synthétiques, non tissés, skaï, simili cuir ;
- Emballage alimentaire (Bouteilles, pots de yaourt, briques de lait, boîtes à œufs) ou industriel (Flacons de détergents, sachets et sacs, casiers, sacs-poubelles) ;
- Transports et en particulier l'automobile (Boucliers, carrosserie, optiques..., etc.);
- Industrie chimique : Tuyauteries, cuves, revêtements ;
- Agriculture : Irrigation, arrosage, serres, bâches ;
- Hygiène : Verres de lunettes, lentilles de contact, prothèses, matériel hospitalier (seringues, poches, tubes pour transfusion), couches [5].

3. Étude expérimentale et résultats

3.1. Le matériau utilisé

Le matériau utilisé dans ce travail est un polyéthylène à haute densité (PEHD) utilisé en tuyauterie pour la distribution de l'eau potable selon les normes 12201 – 2 et la marque de qualité Tedj (IANOR)-Algérie [6]. Les tableaux suivants (Tableaux 1 et 2) présentent les propriétés mécaniques et physiques du PEHD (PE100).

Tableau 1
Caractéristiques mécaniques du PEHD [6]

Désignation de la résine	Contrainte minimal requise (Mpa)	Contrainte hydrostatique à long terme σ (Mpa)
PE100	10	8

Tableau 2
Caractéristiques physique du PEHD [6]

Propriétés	Unité	PE100
Masse volumique (Densité)	kg/m ³	956 à 961
Fluidité MFI (1900C ; 16 kg ; 5 kg)	g/10mn	0,2 à 0,5
Résistance au seuil d'élasticité	MPa	≥ 19
Allongement à la rupture	%	> 600
Module d'élasticité	MPa	1000
Température de fragilité	°C	< - 100
Dilatation linéaire	K-1	24,104
Resistance électrique	Ω/cm	≥ 1012

3.2. Opération de soudage

La géométrie de l'outil est un facteur déterminant dans la distribution de la chaleur et la quantité de métal entraîné par l'outil car influençant directement sur la qualité du joint de soudage (Figure 3). Le matériau de l'outil choisie est un acier à usage courant approprié au FSW des plaques en PEHD et ce pour assurer de bon ramollissement de la matière soudée.

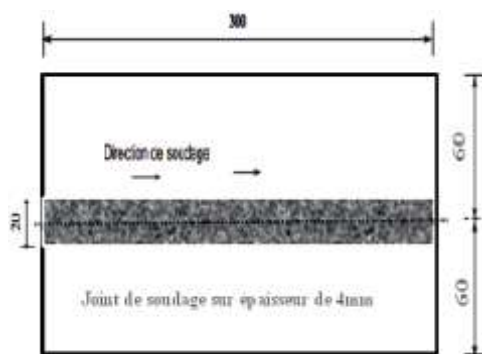


Figure 3 : Cordon de soudage FSW

3.3. Essai de traction

L'essai de traction est un test dont l'exécution est utile pour déterminer les principales caractéristiques mécaniques d'un matériau, telles que : la limite élastique, la résistance à la rupture, l'allongement après rupture et le coefficient de striction, ou pour la caractérisation de nouveaux matériaux et la qualité de notre polymère.

Les éprouvettes de traction (Figure 4) réalisées sont de type Haltère (Type B) (Figure 5) selon la norme ISO 3167 [7].

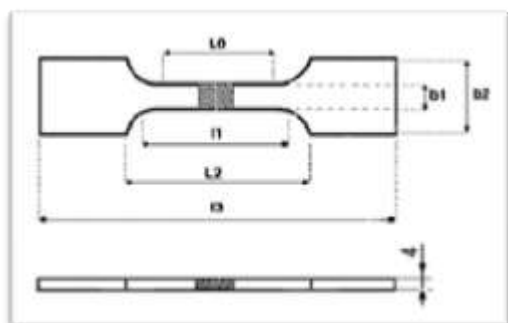


Figure 4 : Éprouvette type haltère



Figure 5 : Éprouvette de traction en PEHD

Table 3
Caractéristique d'éprouvette de traction utile (Figure 5)

Norme	Type d'éprouvette	L1	L2	L3	b1	b2	h	Forme
ISO 3167	B	60	70	120	10	20	4	Haltère

Les essais mécaniques sont effectués sur une machine de traction mécanique type MTS LANDMARK à l'université de Mascara (Algérie).



Figure 6 : Machine de traction MTS

4. Résultats et discussions

Les résultats obtenus des pièces de traction préparées à partir des éprouvettes soudées par la technique FSW sont comparés avec l'éprouvette vierge (témoin) non soudée. On observe que les résultats de soudage sont satisfaisants (Figure 7).

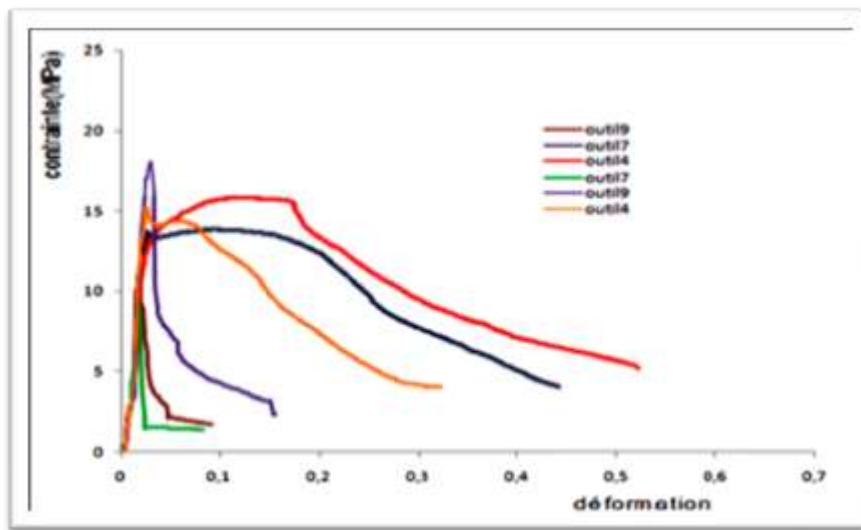


Figure 6 : Comparaison des bons résultats conclus

5. Conclusions

Dans cette étude nous nous sommes intéressés à la caractérisation du comportement mécanique des matériaux à travers différents tests par l'utilisation des paramètres d'usinage sélectionnés, ce qui a mis en évidence l'importance de maîtriser des paramètres de fonctionnement de la machine utilisée en soudage tels la vitesse de rotation, la vitesse d'avance et la forme d'outil.

Les essais de traction ont montré que les caractéristiques mécaniques optimales dépendent fortement des paramètres de soudage et des caractéristiques de l'outil utilisé. L'analyse de ces résultats nous a permis de mieux comprendre l'influence de la géométrie de l'outil et des autres paramètres tels que la vitesse de rotation de soudage des FSW sur le HDPE.

Références

- [1] Bulletin technique N°8 de l'Institut Maupertuis (Institut de recherche appliquée en productique), Le soudage Friction Stir Welding : FSW, Bulletin technique N°8 du Octobre 2007, Contour Antoine de St Exupéry, Campus de Ker Lann 35170 Bruz
- [2] Jemal N., Masse J-M., Langlois L., Tcherniaeff S., Giroit F., Caractérisation d'un alliage 2024-t3 assemblé par friction-malaxage, Conférence internationale sur le soudage, le CND et l'Industrie des Métaux, IC-WNDT-MI'10, Oran, 27-28 novembre 2010.
- [3] Jemal N., "Qualification du domaine de soudabilité en soudage par friction malaxage", Thèse de doctorat délivrée par l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 13 décembre 2011, 51 pp
- [4] Lorrain O., "Analyses expérimentale et numérique du procédé de soudage par friction malaxage FSW", Thèse de Doctorat, 11 juin 2010; École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 120 pp <https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/.../TheseLorrain.pdf>
- [5] Haudin J-M., Elaboration des polymères, Chapitre IV, Matériaux pour l'ingénieur : Groupe Français d'Études et d'Applications des

Polymères, Strasbourg (1996), 42-49 :

mms2.enscm.fr/mat_paris/elaboration/.../Ch_4_Elab_Polymeres.pdf

- [6] Catalogue technique pour tubes en polyéthylène PE: Filiale du Groupe CHIALI de Sidi Bel-Abbes (Algérie); site : www.groupe-chiali.com.

- [7] ASTM Méthode d'essai standard pour les propriétés de traction des plastiques, 2017 (Norme ISO 3167) : www.atomer.fr/1/1_dimensions-epruvettes-essais-de-traction.html