

Modélisation du procédé de soudage FSW à l'aide de la méthode SPH

A. Timesli¹, H. Zahrouni¹, A. Moufki¹,
B. Braikat², H. Lahmam²

¹ LPMM, Université Paul Verlaine de Metz, France, {timesli, zahrouni, moufki}@univ-metz.fr

² LCSM, Université Hassan II Mohammedia - Casablanca, Maroc, {b.braikat,lahmam.hassane}@gmail.com

Le soudage par friction et malaxage (FSW) a été inventé par l'Institut de Soudure Britannique TWI depuis les années 1990 pour les alliages d'aluminium [1]. Le principal avantage de cette technique est sa capacité à souder à l'état solide les alliages de métaux qui sont généralement difficiles à souder par des procédés de soudage conventionnels. L'assemblage de deux pièces par FSW consiste en la production de chaleur due principalement à l'épaulement et le malaxage du matériau grâce au pion. L'épaulement et le pion constituent les principaux éléments de l'outil de soudage. La chaleur est générée principalement par le frottement et par la dissipation plastique [2].

La modélisation numérique du procédé de soudage par Friction et malaxage FSW (friction stir welding) a été étudiée par plusieurs auteurs considérant l'aspect thermique ou thermomécanique. Différentes formulations ont été proposées dans ces contributions concernant des formulations eulérienne, lagrangienne ou ALE [3-7]. Le choix d'une formulation spécifique dépend principalement du phénomène étudié. Le malaxage est difficile à réaliser à l'aide de la méthode des éléments finis puisque la zone proche de l'outil de soudage est le siège de grandes déformations. Pour cela, on propose dans ce travail d'utiliser la méthode sans maillage smoothed particle hydrodynamics (SPH) [8-10] pour la simulation de ce procédé.

Dans le présent travail, un modèle numérique basé sur la méthode SPH est développé pour simuler le procédé de soudage FSW. Ce modèle considère la zone de soudure comme un fluide non newtonien faiblement compressible où la viscosité dépend de la température. Dans ce modèle, le contact entre l'outil et les plaques à souder est géré par une force due au terme de pression, ce qui permet d'éviter la pénétration des particules du matériau dans l'outil de soudage.

Les résultats du modèle proposé sont comparés avec ceux obtenus en utilisant un code industriel Fluent basé sur une formulation eulérienne de l'écoulement de fluide.

Quelques résultats numériques

La figure 1 présente les configurations de malaxage des matériaux pour différents temps de calcul, ces configurations représentent les positions des particules dans la zone soudée. Ce résultat montre l'avantage de la méthode SPH pour simuler les procédés industriels impliquant de grandes déformations comme c'est le cas du procédé FSW. La distribution du champ de température est présentée dans la figure 2. Les résultats de notre approche sont comparés avec ceux obtenus à l'aide du logiciel Fluent. Ce code est basé sur une formulation eulérienne et une discrétisation par volumes finis. Pour valider les résultats de notre algorithme, nous choisissons deux configurations équivalentes entre les deux formulations lagrangienne et eulérienne. Le calcul SPH est réalisé sur un temps $t = t_c$. Dans la formulation eulérienne, le calcul instationnaire est réalisé sur le même temps t_c . Les deux calculs utilisent la même loi de comportement et un couplage thermomécanique. La figure 3 montre la comparaison entre SPH et Fluent pour la distribution de température. On peut observer que le résultat confirme la validité de l'algorithme proposé avec une différence relative ne dépassant pas 5%. Ces simulations ont été réalisées en 2D mais une modélisation tridimensionnelle est en cours de réalisation.

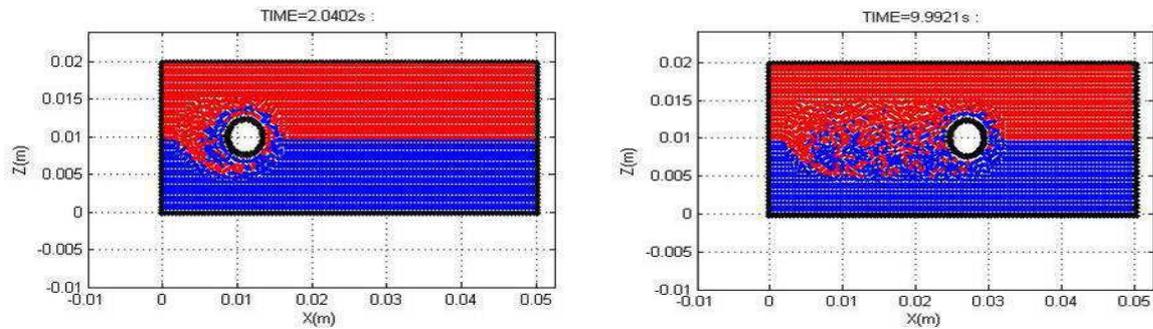


Fig. 1 – Malaxage des particules au tour de l’outil de soudage.

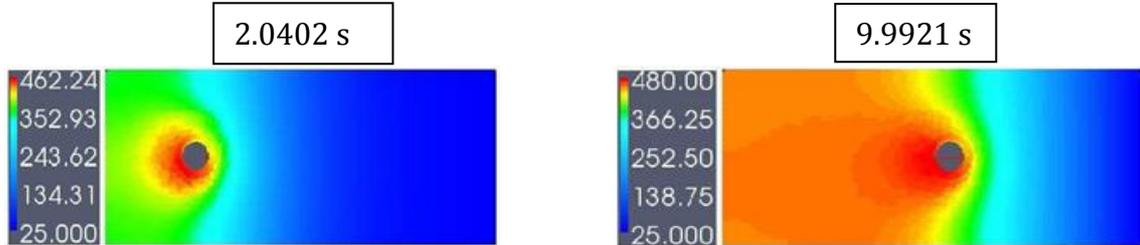


FIG. 2 – Distribution de température

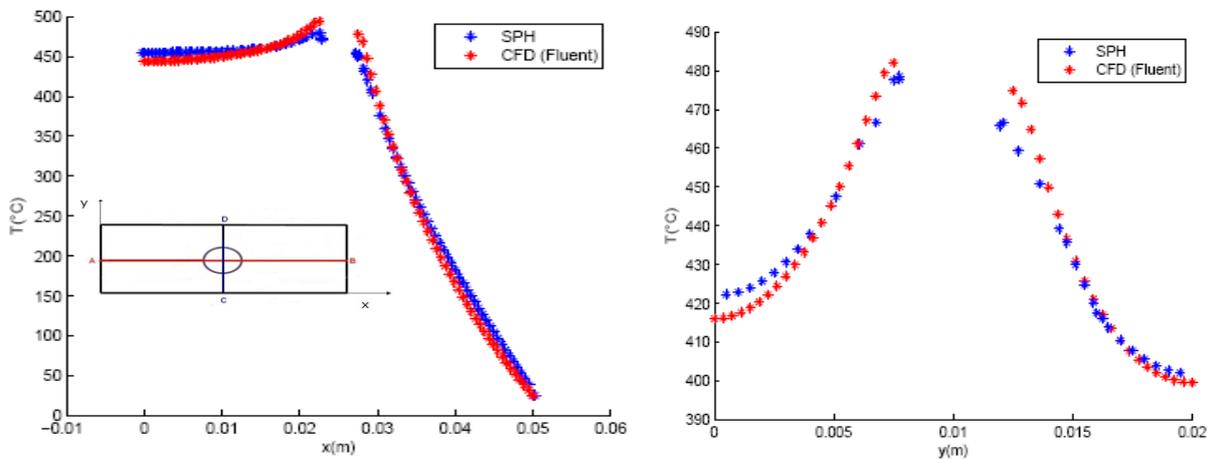


FIG. 3 – Evolution de température le long du coupe horizontal (coté gauche) et vertical (coté droit), comparaison entre Fluent et notre modèle.

Références

- [1] W. M. Thomas, E. D. Nicholas, J. C. Needham, M. G. Church, P. Templesmith and C. Dawes, Intl. Patent Application no. PCT/GB92/02203 and GB Patent Application no. 9125978.9, 1991.
- [2] K. Colligan, “Material Flow Behavior during Friction Stir Welding of Aluminium”, *Welding Journal*, vol. 78(71), 229-237, 1999.
- [3] S. Guerdoux, L. Fourment, “A 3D numerical simulation of different phases of friction stir welding“, *Modell. Simul. Mater. Sci. Eng.* 17 (2009)
- [4] H. Schmidt, J. Hattel. “Thermal modelling of friction stir welding”. *Scripta Materialia*, vol. 58, 332–337, 2008.
- [5] O. Lorrain, J. Serri, V. Favier, H. Zahrouni, M. El Hadrouz, “A contribution to a critical review of FSW numerical simulation”, *J. Mec. Mat. Str.*, Vol. 4, 351-369, 2009.
- [6] A. Bastier, M.H. Maitournam, F. Roger, K. Dang Van, “Modelling of the residual state of friction stir welded plates”, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 200, Issues 1-3, Pages 25-37, 8 May 2008.
- [7] E. Feulvarch, Y. Goorochur, F. Boitout, J.M. Bergheau, “3D Modelling of Thermofluid Flow in Friction Stir Welding”, *TRENDS IN WELDING RESEARCH, PROCEEDINGS*, Pages 261-266, 2006.
- [8] J.J. Monaghan, "An introduction to SPH", *Comput. Phys. Commun.* 48 (1) (1988) 89-96.
- [9] J.J. Monaghan, “Smoothed Particle Hydrodynamics”, *Annu. Rev. Astrophys.* 30: pp. 543-574, 1992.
- [10] G. R. Liu, M. B. Liu, “Smoothed Particle Hydrodynamics - A Meshfree Particle Method”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 5 Toh Tuck Link, Singapore 596224