
Modèle 3D thermo-hydraulique complet de soudage laser - Comment réduire les temps de calcul ?

Mickael Courtois*^{†1}, Muriel Carin¹, Philippe Le Masson¹, and Sadok Gaied²

¹Univ. Bretagne Sud, UMR CNRS 6027, IRDL, F-56100 Lorient, France – Université de Bretagne Sud [UBS], Université de Bretagne Sud (UBS) – France

²ArcelorMittal Global RD Montataire – ARCELORMITTAL – France

Résumé

La modélisation des écoulements dans le bain de fusion lors des procédés de soudage laser est un challenge complexe. Bien que la littérature montre que ces calculs sont réalisables et permettent de prédire des formes de zones fondues ou l'apparition de défauts, les temps de calcul et la complexité de mise en œuvre sont encore un frein à leur pleine utilisation. Pour pallier à ce défaut, des travaux ont été menés en collaboration avec ArcelorMittal pour rendre ces modèles plus exploitables. Un modèle complet résolvant la mécanique des fluides, le transfert de chaleur dans toutes les phases du métal en présence (solide, liquide, vapeur) et le calcul de la surface libre pour prédire la déformation du capillaire de vapeur est présenté. En effet, ce capillaire de vapeur est le siège de nombreux phénomènes, et comme il pilote la forme du cordon soudé, il doit donc être calculé et non présupposé.

Les équations décrivant ce procédé sont maintenant maîtrisées depuis quelques années. La particularité de ces travaux et de cette communication porte sur l'optimisation des temps de calcul. Le résultat est un temps de calcul inférieur à 1 jour sur une station de travail personnelle [4 cœurs @3,33Ghz – 8Gb RAM] avec le code commercial Comsol Multiphysics tout en gardant une prédiction des formes de bains fondus et de capillaires de vapeur calculées en dynamique. Pour arriver à ce résultat, une approche simplifiée de la pression de recul est employée et une méthode originale d'utilisation de 3 maillages indépendants pour chaque physique est présentée et discutée. L'utilisation de 3 maillages au lieu d'un seul classiquement permet une optimisation poussée des mailles utilisées pour chaque physique et donc des temps de calcul. D'autres méthodes de réduction des temps de calcul (utilisation de cluster, forme de capillaire fixée...) seront également discutées.

Enfin, pour valider ces simplifications de modèle, une validation expérimentale poussée est présentée avec différentes coupes macrographiques (longitudinales et transverses), des mesures de températures par micro-thermocouples (25 μm) en phase solide [20-1200°C], des mesures de températures en phase liquide par pyrométrie [1500-3000°C] et des mesures de vitesse en surface de bain de fusion grâce à une caméra rapide. Une fois le modèle validé, il sera utilisé sur différentes configurations intéressantes pour l'industriel : épaisseur plus importante, jeu d'accostage entre les tôles, dissymétrie des épaisseurs de tôles soudées...etc.

Mots-Clés: soudage laser, modélisation multiphysique, level set, keyhole, bain de fusion

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: mickael.courtois@univ-ubs.fr