



Echange de chaleur entre les gaz de protection et les pièces d'alliages métalliques

F. BENATALLAH¹, N. GUESSOUM², F. KHELFAOUI³ et S. LEMKEDDEM

Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière,
Laboratoire LRPPS, Département de Physique, Ouargla 30000, Algérie

¹ benatallahphysic@gmail.com, ² physiquerayonn@gmail.com, ³ fethi.khelfaoui@gmail.com

Résumé : Dans ce travail, nous utilisons une modélisation numérique pour calculer la distribution des gaz de protection et l'échange d'énergie entre les gaz et les pièces métalliques lors soudage au laser. Les équations de conservation (Navier Stokes, continuité, d'énergie) du modèle fluide permettent le calcul des vitesses du gaz et les températures du matériaux. Nous utilisons les transferts d'énergie par convection pour le traitement des échanges gaz-matériaux. Pour la résolution numérique, en cordonnés cartésiennes et avec le langage Fortran 77, nous appliquons la Méthode des Différences Finies (MDF) et l'algorithme de Gausse-Seidl.

Mots clés : sidérurgie, soudage aux lasers, gaz de protection, modèle fluide, transferts par convection.

1. INTRODUCTION

• Le soudage par laser est un procédé qui permet de reconstituer la continuité métallique entre les surfaces des éléments à assembler. Il présente devers avantages : apport d'énergies concentrés, très faible déformation, gain considérable de vitesse, ...

• Les gaz de protection sont nécessaires pour assurer une haute qualité de soudures et une protection contre les influences extérieures, et pour le refroidissement des pièces à souder [1].

• L'hélium, l'argon et le dioxyde de carbone sont les gaz de protection les plus couramment utilisés dans la soudure [1].

• Les gaz de protection se différencient par leurs propriétés physiques (densité, compressibilité, conductivité thermique, énergie de dissociation, énergie de ionisation). Ces différences influencent aussi la qualité des opérations de soudage [2].

• Ce travail est une continuité des travaux de Master de F. Hathat [3], nous allons calculer les vitesses du gaz de protection et l'échange de chaleur avec le matériaux.

2. MODELISATION MATHÉMATIQUE [4]

❖ **Equation de la quantité du mouvement ou Navier-Stokes:**

Pour la composante U de la vitesse U suivant x :

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \rho F_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \nabla^2 u + \frac{\mu}{3} \frac{\partial (\nabla \cdot \vec{V})}{\partial x} \quad (1)$$

et pour la composante W de la vitesse suivant z :

$$\rho \frac{\partial w}{\partial t} = \rho F_z - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \nabla^2 w + \frac{\mu}{3} \frac{\partial (\nabla \cdot \vec{v})}{\partial z} \quad (2)$$

❖ **Equation de continuité :** la composante V de la vitesse suivant y :

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho) + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0 \quad (3)$$

❖ **Equation d'énergie pour le matériau :**

$$\rho C_p \left[\frac{\partial T(x,y)}{\partial t} \right] = \lambda_s \nabla^2 T(x,y) + Q(x,y,z) \quad (4)$$

❖ **Le transfert de chaleur par convection** à la surface :

$$d\phi(x,y) = h(T(x,y) - T^\infty) \quad (5)$$

ρ : densité, C_p : chaleur spécifique, λ_s : conductivité thermique,

$Q = Q_0 F(x,y,z)$: terme source, $d\phi$: flux de chaleur,

h : coefficient d'échange

3. MODELISATION NUMÉRIQUE :

Le phénomène peut être simulé en 3 étapes [3] :

Étape 1 : Calcul des vitesses U, V et W du gaz de protection pour tous les zones et pour : $V_{\text{Laser}} = 0$ et $P_{\text{Laser}} = 0$ (Eq.1, 2. et 3.)

Étape 2 : Calcul des températures dans le solide pour $Q = Q_0 F(x,y,z)$

Pour l'étape 1 :

▪ Répartition de l'espace en cinq zones pour le calcul de la distribution de vitesse du gaz.

▪ Par application de la Méthode des Différences Finies (MDF) et la méthode itérative de Gauss-Seidel, nous obtenons des résolutions des équations pour U et W :

$$\alpha_1 f(i,j,k-1) + \alpha_2 f(i,j,k) + \alpha_3 f(i,j,k+1) = \beta_k$$

▪ calcul de V par l'équation de continuité.

Pour l'étape 2 :

▪ L'étude du transfert de chaleur par convection permet de déterminer les échanges de chaleur se produisant entre le fluide et la plaque.

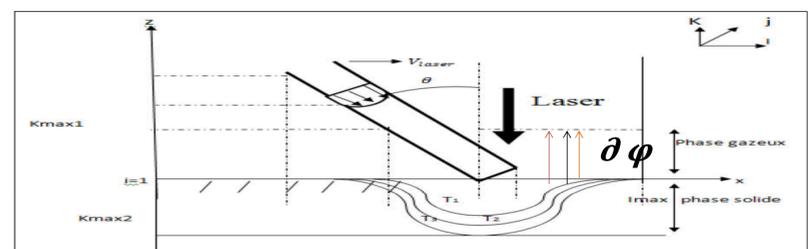


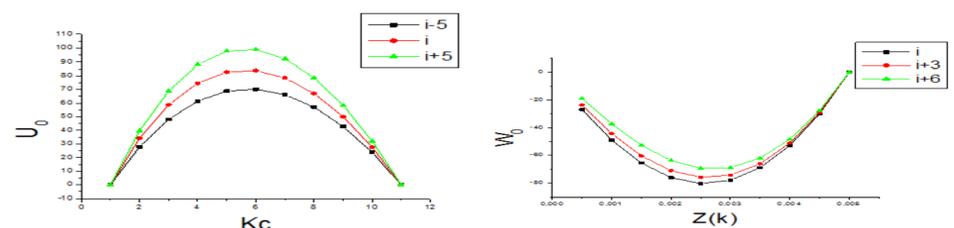
Schéma des écoulements pour les gaz de protection [3]

▪ Selon le mécanisme qui génère le mouvement du fluide, on distingue :

- ✓ La convection naturelle
- ✓ La convection forcée

4. TRAVAUX EN COURS :

➤ Calcul de U_0 et W_0 pour l'initialisation à la sortie du pipe (conditions de [5]) :



➤ A vérifier la convergence de U, V et W.

➤ A calculer l'échange de chaleur $d\phi$ par convection.

5. REFERENCES :

[1] Choisir le bon gaz, Pangas; <http://www.pangas.ch/> ; consulté le 08/10/2017.

[2] Shielding gases, Linde; <https://www.linde-gas.com> ; consulté le 08/12/2017.

[3] F. Hathat ; Mémoire de Master ; Université de Ouargla (2017).

[4] C. Boughanmi et al; Energy Procedia 107-237-241(2017).

[5] A. Shirvan, I. Choquet and H. Nilsson ; Proceedings of The 5th International Swedish Production Symposium ; Linköping, Sweden , pp. 269-276, (2012).