

Étude numérique de l'effet d'air enrichie en oxygène sur les émissions de NOx dans un four de réchauffage

M. CHAOUR^{a,1}, M. BOUREBIA^{a,2}, S. BOULKROUNE^{a,3}, S. BOUHOUCHE^{a,4}

a. Welding and NDT Research, Centre (CSC), B.P 64 Cheraga, Algeria.

Email: chaourmed@yahoo.fr^{a,1}, mounirabourbia@gmail.com^{a,2},
sofiane25000dz@yahoo.fr^{a,3}, s.bouhouche@csc.dz^{a,4}

Résumé :

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude visant la réduction des émissions polluantes émises par les fours de réchauffage sidérurgique et l'optimisation des paramètres de fonctionnement des brûleurs industriels à flamme de diffusion. Dans le présent travail, on s'intéresse à l'influence de l'air enrichie en oxygène sur les émissions de NOx ainsi que sur les caractéristiques dynamique et thermique de l'écoulement. L'étude est menée sur un brûleur industriel à gaz de 250 kilowatt. Le calcul numérique a été effectué en utilisant le code commercial FLUENT, en utilisant le modèle de turbulence k-ε standard couplé au modèle de combustion turbulente ED (Eddy Dissipation). Le modèle de fonction de densité de probabilité PDF (6 espèces et 3 réactions) avec un modèle d'équilibre chimique. Les résultats obtenus pour un comburant considéré un mélange oxygène-air. La proportion volumique d'oxygène varie de 20 à 100%, montrent que les émissions de NOx dépendent de la composition du comburant.

Abstract:

This work aims to evaluate the reduce pollutant emission by steel reheating furnaces and operating process of the diffusion flame industrials burners. In the present work, we are interested in air enriched with oxygen influence on NOx emissions as well as the dynamic characteristics and heat flow. The study was conducted on an industrial gas burners 250kilowatt. Numerical simulations are per formed using the computer code FLUENT, using the turbulence standard k-ε model coupled to turbulent combustion ED (Eddy Dissipation).The probability density function PDF model (6 species and reactions 3) with a chemical equilibrium model. The results obtained for the combustion air considered an oxygen-air mixture. The volume proportion of oxygen ranges from 20 to 100%, modes prove that NOx emissions depend on the composition of the oxidant.

Mots clefs : Émissions polluantes ; Brûleur industriel ; Modèle $\kappa - \epsilon$ Standard ; Combustion Turbulente.

1 Problématique

Dans ce travail, nous nous intéressons à la simulation numérique d'un écoulement turbulent avec une combustion méthane-air [1], on s'intéresse à l'effet de la substitution d'une partie de l'air par l'oxygène pour examiner l'effet de ce mélange sur les zones de réaction, la température dans chambre de combustion et les concentrations dans les fumées.

Le brûleur étudié est un brûleur à flamme de diffusion [2] d'une puissance d'environ 250 KW. Le combustible est injecté avec un débit de 0.1kg/s à travers un diamètre de 20 mm, et le comburant avec un débit de 0.82kg/s et d'un diamètre de 70 mm Pour la même donnée particulière considérée.

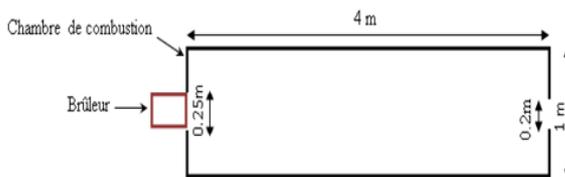


Figure 1 : Configuration géométrique du four. brûleur.

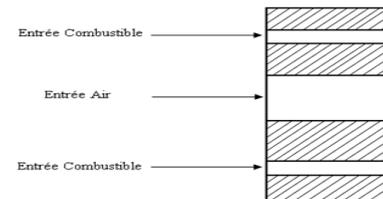


Figure 2 : Configuration géométrique de la section transversale.

2 Méthodologie

La simulation numérique est effectuée à l'aide du code industriel « FLUENT » qui utilise une méthode numérique aux volumes finis couplée à un schéma de résolution multi grille. Le problème est stationnaire, bidimensionnel et axisymétrique.

La résolution des équations régissant l'écoulement est effectuée à l'aide de l'algorithme SIMPLE et en utilisant le modèle de turbulence k-ε standard [3]. Le couplage entre la turbulence et la réactivité du système imposée par les réactions de combustion a été traité par la méthode ED (Eddy Dissipation) [4]. Le maillage de la géométrie (figure 3) est réalisé à l'aide de triangles. Il est pris fin à l'entrée et la sortie de la chambre de combustion. Plus loin, c'est à dire dans le reste de la chambre de combustion il devient de plus en plus lâche, le nombre du nœud est 14623.

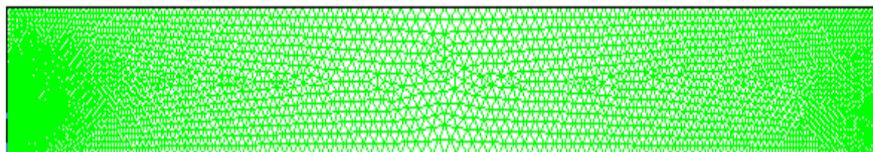


Figure 3 : Maillage de la chambre de combustion.

3 Résultats

La figure 4 représente le profil de température au milieu du four pour plusieurs pourcentages volumiques d'oxygène dans le mélange de comburant. En remarque que la température dans le four augmente à l'augmentation du pourcentage d'O₂.

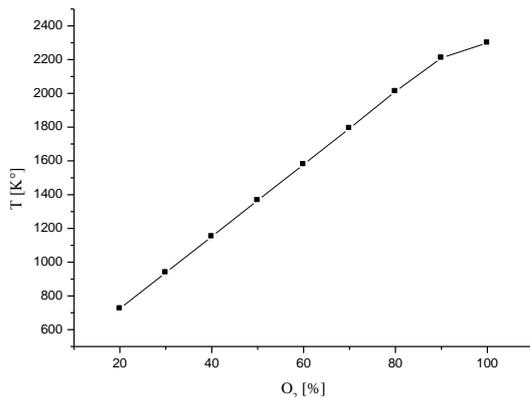


Figure 4 : Profil de température dans le four.

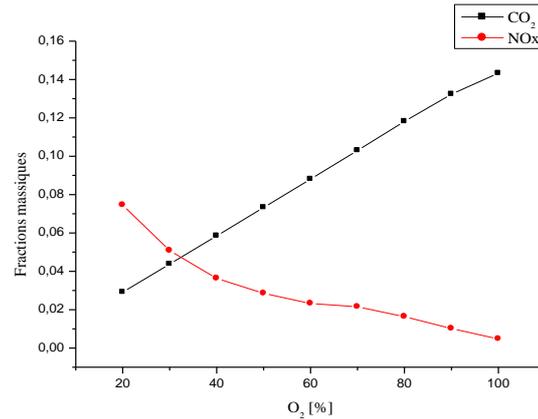


Figure 5 : Profils des fractions massiques.

Pour le fonctionnement du brûleur on donne sur la figure 5, les évolutions des fractions massiques du CO₂ et du NOx à la sortie de la chambre de combustion. On note que la fraction massique du CO₂ dans les fumées augmentées lorsque l'on augmente le pourcentage d'oxygène. Sur la même figure, on constate que à l'utilisation d'oxygène pur on trouve une réduction drastique des émissions d'oxyde d'azote (NOx).

4 Conclusion

Dans cette étude, on a simulé numériquement l'influence de l'air enrichi en oxygène sur l'émission polluante. On a considéré un comburant comme un mélange air-oxygène et on a montré que l'ajout de l'oxygène dans le comburant change radicalement la composition chimique de la réaction et la température augmente dans la chambre de combustion. En effet, on a constaté que les émissions d'oxyde d'azote diminuent lorsque l'on augmente le pourcentage d'oxygène.

Références

- [1] F. Bouras, A. Soudani et M. Si-Ameur, Simulation aux grands échelles de la combustion turbulente couplée à des fonctions densités de probabilité, Proceeding of International Conference on Energetics and Pollution, Organized by LEAP, 2007, pp. 45-50
- [2] A. Soud, W. Kriaa, H. Mhiri, G. Le Palec & P. Bournot, Simulation d'un brûleur industriel. Etude de l'effet des ventelles sur les caractéristiques de l'écoulement, 18^{ème} Congrès Français de Mécanique. Grenoble, France, 2007
- [3] R. Mouangué, M. Obounou, Numerical simulation of turbulent diffusion flames of H₂/Air, Phys. Chem. News 50 (2009)69–78
- [4] S. Nechad, A. Khelil, L. Loukarfi et M. Brakia, Simulation numérique à trois dimensions d'une flamme de diffusion en utilisant un schéma réactionnel quasi-global et détaillé ? 20^{ème} Congrès Français de Mécanique. Besançon, France, 2011