

연소로 내 2차 공기 분사에 따른 CFD 난류 모델 비교에 관한 연구

최준혁* · 최중균* · 황승식** · 신동훈**† · 정태용**

The research on CFD turbulence models for comparison according to my secondary air injection into the combustion

Junhyuk Choi*, Chong-gun Choi*, Seung-Sik Hwang**,
Donghoon Shin**† and Tae-Yong Chung**

ABSTRACT

The secondary air injection influences the flow of the combustion gas in the furnace. Therefore, the analysis of the furnace should be careful in the selection of the turbulent model with CFD. In this study, CFD results of several turbulent models were compared with experimental results. Analysis results suggest to select turbulent models in the furnace secondary air nozzle.

Key Words : combustion, secondary air, turbulent, CFD

최근 전산해석 프로그램의 사용 빈도수가 증가하고 있는 추세이다. 전산해석을 통한 연구는 주어진 조건에 따른 결과를 미리 예측하고, 사전에 문제점 등을 찾을 수 있다. 하지만 실질적인 실험 연구와 전산해석을 통한 모델과의 차이가 발생하게 된다. 따라서 연구에 앞서 어떠한 난류 모델을 사용하는 것이 전산 해석에 있어 가장 타당한 결과를 도출해 낼 수 있는지를 알아볼 필요성이 있다고 본다.

본 연구는 김영민[1] 등의 선행 연구인 소각로 내 2차 공기 분사의 운동량 비율이 연소 성능에 미치는 영향에 대한 연구를 바탕으로 하였다. 소각로의 연소실 내의 2차 공기 분사를 통한 모사 실험 장치와 컴퓨터를 이용한 CFD 난류 모델 해석을 비교한다. 이에 어떠한 난류 모델을 사용하는 것이 2차 공기 분사 거동 실험 해석에 있어 타당한 결과를 도출해낼 수 있는가를 알아보고자 한다.

Fig.1 에서 보는 바와 같이 소각로의 연소로 모사 실험 장치를 통하여 차 공기와 2차 공기의 유동 현상과 J와 C값에 따라 어떻게 혼합되는지를 실험을 통하여 보고자 한다.



Fig. 1 소각로의 연소로 모사 실험장치

실험 장치는 유동의 가시화를 위하여 아크릴로 제작하였다. 크기는 1200mm(가로)x500mm(세로)x1700mm(높이)로 제작하였고 아크릴의 두께는 8mm이다.

$$J = \frac{\rho_{jet} U_{jet}^2}{\rho_{main} U_{main}^2}$$

위에 주어진 식 J는 운동량 비율로 연소가스의 밀도와 속도, 2차 공기의 밀도와 속도로 계산된다. 실제 운전되고 있는 소각로 내 연소로에서의 J 값이 1200일 때, 연소가스 유량과 2차 공기의

* 국민대학교 기계공학과 대학원
** 국민대학교 기계시스템공학부
† Email : d.shin @ kookmin.ac.kr
TEL : (02)910-4818

유량을 유량의 비로 계산하고, 상사법칙을 이용하여 연소로 모사장치의 유량을 선정하였다. 따라서 J값이 1200일 때, 연소로 모사 실험장치의 1차 공기와 2차공기의 유량의 비를 선정하였다. 또한, 실험모델 선정에서 가장 중요한 변수가 되는 것이 2차 공기이다. 모사 실험 장치에서 2차 공기는 운동량 비율 식으로 계산할 수 있다. 본 연구에서의 운동량 비율은 1차, 2차 모두 공기라고 가정하고 1차 공기의 밀도와 속도, 2차공기의 밀도와 속도로 계산하였다. 그리고 계산의 편의상 상온에서의 공기 밀도로 가정하고 계산하였다. 따라서 1차, 2차 공기의 속도에 따라 J값을 구할 수 있다. 1차 공기의 속도는 0.5m/s~1m/s로 가정하였고, 2차 공기의 속도는 17.3m/s~34.6m/s로 가정하였다. 그리고 J 값에 따라서 운동량 비율과 함께 2차 공기 노즐 사이의 거리와 2차 공기가 분사되는 벽 사이의 거리와의 비율에 운동량비율을 제공된 한 값을 곱하여 계산한 2차 공기 침투 계수 C를 계산하였다. 침투 계수 C에 대한 식은 아래와 같다.

$$C = (S/H_0) \sqrt{J}$$

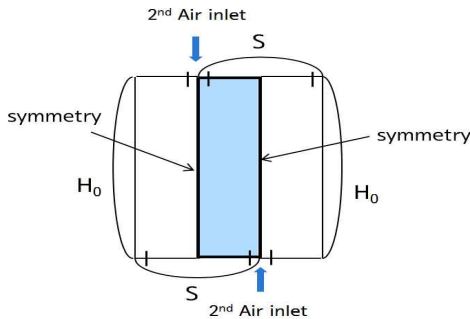


Fig. 2 경계 조건

따라서 2차 공기는 J의 값이 800, 1200, 1600 일 때 C값을 각각 1, 3, 5, 7 로 맞추어 각각의 값에 따른 S값을 설정하고 두께 30mm 아크릴로 제작하여 실험하였다. 그리고 2차 공기의 직경은 유량에 따라 다르다.

실험 case는 J와 C의 값에 따라 12가지의 case를 가지게 된다. 각각의 실험 case에 따라 2차 공기 부분을 교체할 수 있게 아크릴을 제작하였다. 여기서 S값은 2차 공기 노즐과 노즐사이의 거리를 나타내는 것이고, 반대편 벽면과의 거리를 H0 라고 설정하였다. 그리고 2차 공기의 노즐은 서로 마주보고 있으며, 분사되었을 때 교차할 수 있게 설정하였다.

연무기(fog generator)를 이용하여 2차 공기의 침투계수를 확인하고 가시화 장비를 이용하여 2차 공기의 유선의 형상 및 1차 공기와 2차 공기

혼합을 관찰하였다.

Table 1 J=1200 일 때, C 의 값에 따른 S 값

C = 1	S = 14.4 mm
C = 3	S = 43.3 mm
C = 5	S = 72.2 mm
C = 7	S = 101.0 mm

실험 장치 내의 공기 혼합과정을 전산해석과 비교해보기 위해 상용 CFD 코드인 FLUENT 6.3을 이용한 3차원 해석으로 각각의 실험 case별로 비교해보고자 한다. Fig.2 는 2차 공기 노즐 형상을 제작하고 격자를 생성한 것을 나타내는 그림이다.

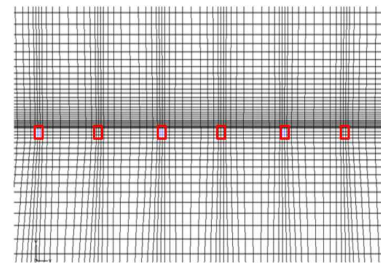


Fig. 2 2차 공기 노즐 격자 생성

본 연구를 통하여 운동량 비율 J와 2차 공기의 침투계수 C에 따른 모사장치 실험으로 나타난 결과와 전산해석에 사용된 모델의 정확성을 비교해보려 하였다. 향후에 운동량 비율과 2차 공기 침투 계수, 2차 공기 노즐 의 값들을 정확하게 측정하여 연구한다면 전산 해석을 통하여 정확성을 더 정밀하게 비교 할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 에너지인력양성사업의 일환(20114010100070)과 지식경제부 산업원천기술개발사업의 일환(10033389)으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 김영민, 신동훈, 황승식, “소각로 내 2차 공기 분사의 운동량 비율이 연소 성능에 미치는 영향에 대한 해석적 연구”, 2011, 제43회 KOSCO SYMPOSIUM 논문집, pp.177-181.
- [2] 이진욱, 박병수, 서정대, 허일상, “2차 공기 분사특성에 따른 소각로 연소실 유동장 변화 고찰”, 1999, 제18회 KOSCO SYMPOSIUM 논문집, pp.125-135.
- [3] V. Nasserzadeh, J. Swithenbank and B. Jones, “Effect of High Speed Secondary Air

Jets on the Overall Performance of Large MSW Incinerator with a Vertical Shaft”, *Combust. Sci. and Tech*, Vol.92, 1993, pp.389-422.

[4] V. Nasserzadeh, J. Swithenbank, C. Schofield, D.W. Scott and A. Loader, “1 Effects of High Speed Secondary Air Jets and Internal Baffles on the Gas Residence Time in Large Municipal Incinerators”, *Environmental progress*, Vol.13, 1994, No.2, pp.124-133.

[5] T. Klasen and K. Goner, “Numerical Simulation and Optimisation of a Large Municipal Solid Waste Incinerator Plan”^t, *The 2nd Int. Symp. on Incineration and Flue Gas Treatment Technologies*, 4-6 July, 1999, Sheffield, UK.

[6] O.Riccius, A. Walther and B. Stoffel, “Design of Waste Incinerators Utilising CFD”, *The 2nd Int. Symp. on Incineration and Flue Gas Treatment Technologies*, 4-6 July, 1999, Sheffield, UK.

[7] O.H. Madsen, S.binner and K. Jorgensen, “Modem Design Technologies for Thermal Optimisation and Pollutant Control in MSW Incinerator Plants“, *The 1st Int. Symp. on Incineration and Flue Gas Treatment Technologies*, 7-8 July, 1997, Sheffield, UK.

[8] Y. Kori and R. Takeya, “Cross Jet Mixing and Its Effects on Combustion Performance in MSW Incinerators with Natural Gas Reburning”, *The 3rd Int. Symp. on Incineration and Flue Gas Treatment Technologies*, 2-4 July, 2001, Brussels, Belgium.