

유동해석을 통한 신형 탈황설비용 GGH 요소 최적화

Optimization of the Gas Gas Heater Element for Desulfurization Equipment through Flow Analysis

류봉조† · 오부진* · 백수곤** · 김후식**

B. J. Ryu, B. J. Oh, S. G. Baek and H. S. Kim

Key Words : Gas Gas Heater element(GGH 요소), Desulfurization equipment(탈황 설비), Flow analysis(유동해석)

ABSTRACT

This paper deals with the optimization of Gas-Gas-Heater elements for desulfurization equipment through flow analysis. The flow analysis model used in the paper is $k-\epsilon$ turbulent flow model. Temperature and flow velocity distributions for three types of panel elements are calculated. Through the analysis the following conclusions are obtained. Firstly, pressure differences of between inlet and outlet for three types of panel elements do not exceed in the standard pressure difference. Secondly, it is expected that NU-type panel element having wide area of heat transfer will be more effective in the aspect of the heat transfer.

기 호 설 명

- ρ : 밀도 [kg/m^3]
 u_i : 속도 성분 [m/s] $i=1, 2, 3$
 τ_{ij} : 점성 전단 응력 텐서 [N/m^2]
 τ_{ij}^R : Reynolds 응력 텐서 [N/m^2]
 k : 난류운동에너지 [J/kg]
 ϵ : 소산율 [$J/kg-s$]

1. 서 론

탈황설비는 연료로 사용되고 있는 화석연료(석탄, 원유, 가스 등)중에 포함되어 있는 유황분이 보일러에서 연소될 때 배기가스 중에 포함되어 배출되며 이와 같은 황산화물을 제거하는데 필요하며 보일러에서 나온 배기가스가 대기로 배출되기 전에 황산화물을 흡수제거할 수 있는 석회석을 탈황설비에서 배기가스와 혼합시켜 황산화물을 제거하는 설비이다. 이러한 탈황설비 시설 중 GGH(Gas Gas Heater)

요소는 대체적으로 주름 판넬 모양의 적층구조로 되어있는데, 주로 보일러 연소에서 Nox, Sox 발생물을 걸러주는 작용을 하게 되며, 이를 흡수탑(suction tower)에서 흡수하여 Nox와 Sox를 제거하게 된다.

이러한 GGH 요소에 재(ash) 및 석회의 분말이 침적되어 GGH의 흡을 막아 발전소 운전을 방해하게 되면 발전설비 가동 중단에 따른 막대한 경제적 손실을 가져오게 되므로 이 요소는 매우 중요한 역할을 하게 된다.

현재 운영 중인 화력발전소의 탈황계통에 설치된 GGH는 흡수탑을 지난 연소가스가 연돌로 유입될 때 다뤄지지 않은 가스와 열 교환을 통해 재열함으로써 에너지 효율을 증대시키는 장치이며, 일부 운전 중인 발전소에서는 GGH로 인입되는 석고 농무(mist)나 집진기를 통과한 재(ash) 등의 미세한 입자가 열교환 요소에 고착되어 설비 차압이 높아지는 현상이 발생되고 있다. 이러한 문제를 고압 물세척을 통하여 단계적으로 문제점을 해결하려 하고 있으나 장기적인 방안이 되고 있지는 못한 실정이다. 또한 탈황설비의 운전 시에는 연소가스 중 암모니아와 SO3의 반응에 황산암모늄이 고착되어 GGH의 열전달 공극을 막아 차압을 상승시키고 부식속도를 증가시키는 등의 부수적인 문제를 유발하고 있다. 그러나 현재까지도 국내외적으로 요소 판넬 사이로 인입되는 가스의 침적물인 석회의 고착에 대해, 유동해석과 석회가루가 주로 침착되는 부위 등에 대한 정량적인 연구가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 GGH 요소 적층 판넬 사이를 통과

† 교신저자; 한밭대학교 기계공학부
E-mail : bjryu701@hanbat.ac.kr
Tel : (042) 821-1159, Fax : (042) 821-1587

* 충남대학교 대학원 기계설계공학과

** (주)한밭

하는 가스에 대한 유동해석을 행하여, 최적화 요소 판넬을 얻고자 한다.

2. 본 론

2.1 해석 모델

Fig. 1은 탈황 및 탈질 설비에 사용되는 GGH 요소가 장착이 되어 있는 열교환기에 있어서 재 및 석회분말이 가장 많이 침적되거나 부식이 발생하는 부분을 모델링한 그림을 나타내고 있다.

해석상 격자 생성에 대한 문제로 인하여 Fig. 2와 같이 세 가지 형태의 요소 판넬 형상을 세 개로 적층되어 있다고 가정하여 유동해석을 수행하였다.

Fig. 3은 해석모델과 해석에 사용된 계산격자 중에서 고체 영역 및 유체 영역에 대한 격자를 도시한 것이며, 전체적으로 유체 및 고체 부분에 약 1,400,000개의 격자가 사용되었다.



Fig. 1 3D model for some parts of GGH elements

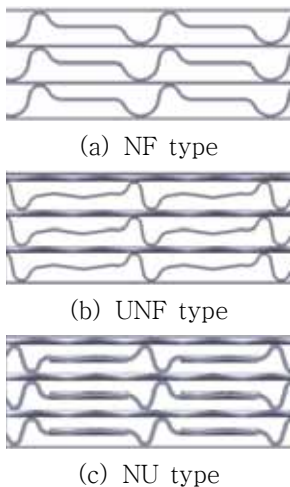
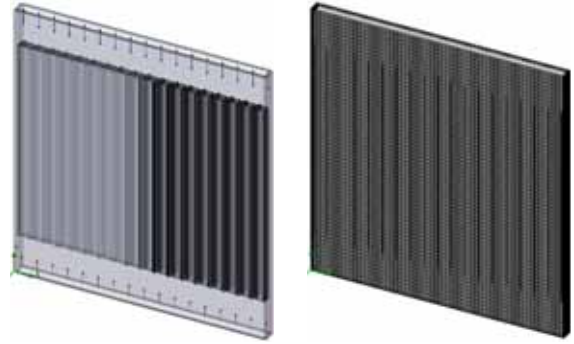


Fig. 2 Three types of panel elements



(a) Analysis Model

(b) Grids

Fig. 3 Analysis model & computational grids

2.2 지배방정식 및 경계 조건

기체 유동은 정상 상태의 난류 유동으로서 지배방정식은 다음의 식(1)~(3)으로 표시되는 연속방정식, 운동량방정식, 난류운동에너지방정식과 식(4)~(5)로 기술되는 난류운동에너지소산율방정식 등으로 구성된다. 또한 난류 모델로서 표준 $k-\epsilon$ 모델을 사용하였다.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = -\frac{\partial}{\partial x_j} (\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + S_i \quad (2)$$

$$i=1,2,3$$

$$\frac{\partial \rho H}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i H}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} (u_j (\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + q_i) \quad (3)$$

$$+ \frac{\partial p}{\partial t} - \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \rho \epsilon + S_i u_i + Q_H$$

$$H = h + \frac{u_i u_i}{2}$$

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + S_k \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho \epsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right) + S_\epsilon \quad (5)$$

경계조건과 관련하여, 외벽의 조건은 주변 온도 86[°C]도의 환경에서 외벽의 열전달 계수를 10[W/m^2K]로 가정하여 입구부에서는 13.9[m/s]로 공기가 유입되고 출구부에서는 대기압의 정압 조건인 것으로 가정하였다.

Table 1은 해석모델에 적용되는 steel의 25°C에서의 비열 및 열전도도를 나타내며, 실제 해석에서는 물성에 대한 온도 의존 데이터를 사용하였다.

Table 1 Material properties of steel at 25°C

Material	Specific heat [$J/kg^{\circ}C$]	Thermal conductivity [$W/m^{\circ}C$]
Steel	550	19.8

2.3 수치 해석 기법

본 논문에서는 열유동 해석을 수행하기 위하여 상용 CFD 코드인 COSMOS Flo-Works를 사용하였으며, 또한 난류 모델로서 표준 $k-\epsilon$ 모델을 방정식내 대류항의 계산을 위하여 상류차분도식(upwind difference scheme)을 사용하였다. 수렴조건으로 각 셀에 대한 운동량유수의 합 및 연속방정식의 유수의 합이 모두 10^{-3} 이하로 조건을 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 4는 UNF 형태와 NU 형태의 중간 판넬의 표면 온도 분포를 나타내고 있으며 최대온도는 약 49°C를 보이고 있으나 NF형태와 UNF 형태보다 전열면적이 넓은 NU 형태에서 전체적으로 열전달이 잘 이루어짐을 알 수 있다.

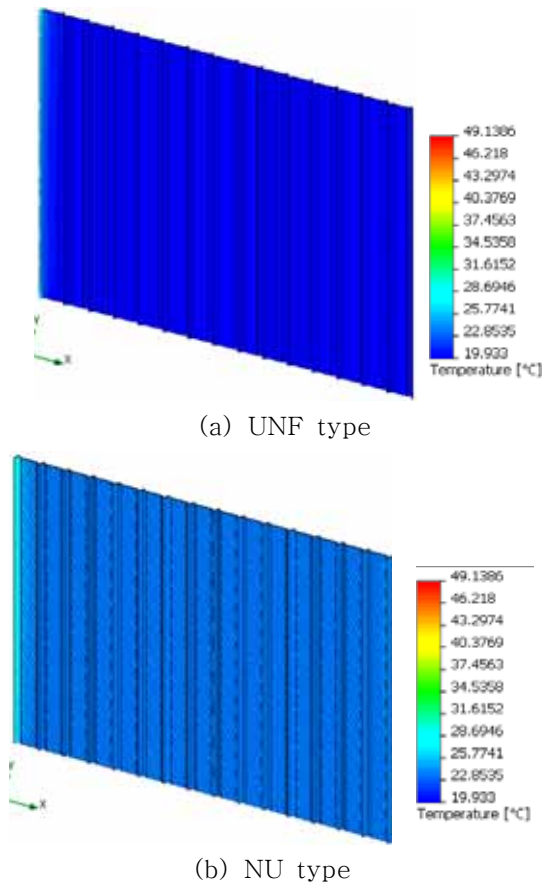


Fig. 4 Comparison UNF type with NU type for temperature distribution

Fig. 5는 요소 판넬의 형태별로 정면에서 거리가 약 10[mm]인 부근의 단면에서 유체의 속도 분포를 나타내고 있으며 그림에서 알 수 있듯이 NF 형태에서 가장 빠른 속도분포를 나타내고 있으나 실제로 계산된 결과는 NU 형태의 요소 판넬에서의 유동 속도가 국부적인 곳에서 가장 빠른 속도를 보이고 전체적인 속도 분포는 모든 형태에서 유사한 결과로 계산되었다.

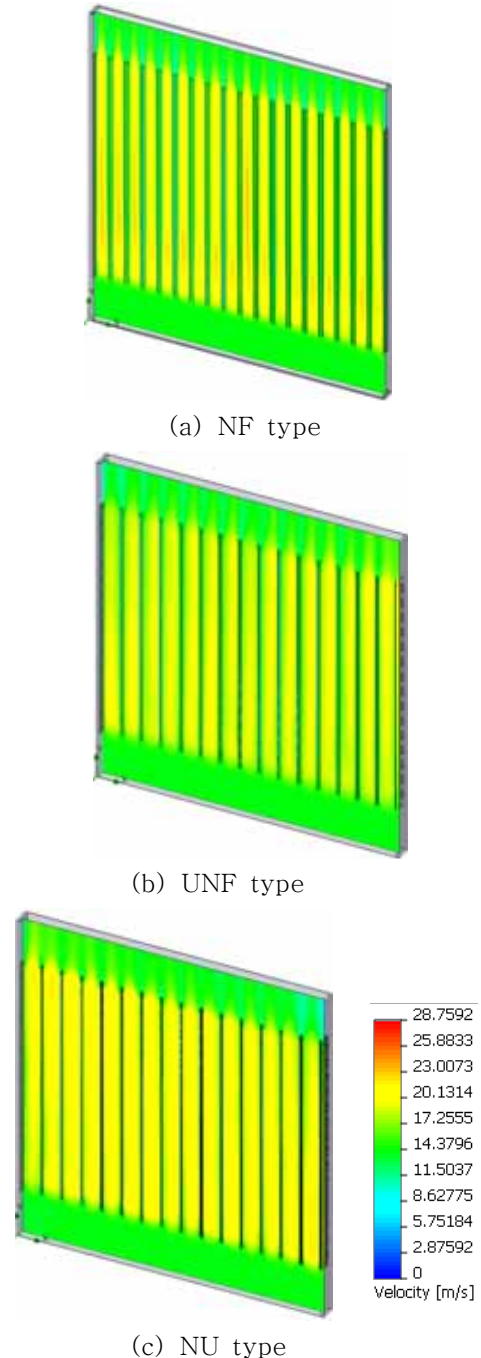


Fig. 5 Flow velocity distribution for various types of panel elements

Table 2는 요소 판넬 형태별 압력차의 계산 결과를 나타내고 있으며, 모든 형태에서 있어서 입출구 압력차의 기준치인 686.47 [Pa]를 초과하지 않으므로 만족한 결과를 얻을 수 있었다.

heater for flue gas desulfurization system”, Engineering Failure Analysis. Vol. 14, pp.686~693.

(4) COSMOS Flo-Works Fundamentals(User's Manual), 2007, DAS.

Table 2 Pressure difference for various types of panel elements.

Element type	Pressure difference [Pa]
NF type	293.19
UNF type	403.07
NU type	586.85

4. 결 론

첫째, 요소 판넬의 형태에 있어 전열면적이 넓은 요소 판넬의 형태인 NU 형태에서 열전달이 잘 이루어짐을 알 수 있으며 열교환기의 효율이 좋아질 것으로 사료된다.

둘째, 요소 판넬 세 가지 형태의 유동해석에 있어서 입출구 압력차의 기준치인 686.47 [Pa]의 범위를 초과하지 않으므로 설계기준에 만족한 결과를 얻었다.

향후 계획으로는 기체에 수분이 함유되어 있는 경우의 해석을 통하여 수분 함유량에 따른 기체의 유동 속도, 요소 판넬의 온도 분포 및 입출구 압력차를 연구하고, 또한 기체에 재나 석회 분말이 혼합된 경우에 요소 판넬 사이의 침적 상태에 대하여 해석을 수행하여 요소 판넬의 최적화를 도모하고자 한다.

후 기

본 논문은 2007년도 중소기업청 지원 산학협력실 사업 과제 결과의 일부이며, 지원을 아끼지 않으신 관계기관에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 이정오, 박희용, “열전달”, 범한서적출판(주), 1992.
- (2) 안희수, 김기형, 박승수, 박광규, 2005, “FGD Absorber의 Gas-Gas-Heater(GGH) Scale 생성원인 규명”, 한국 대기환경학회 2005 추계학술대회 논문집, pp. 475~477.
- (3) Kim, M. T., Chang, S. Y., Oh, O. Y., Won, J. B. and Park, H. W., 2007, “Failure analysis of enamel-coated carbon steel heating elements of gas-gas