

PE17) SCR 시스템 내 유동 제어를 위한 baffle의 역할에 관한 전산해석적 연구

The Numerical Study on the Role of Baffles for Determining the Flow Characteristic in SCR System

박미정 · 장혁상

영남대학교 환경공학과

1. 서론

세계적으로 환경규제가 강화됨에 따라 대기오염 물질 감소를 위한 노력이 진행되고 있으나 연료 사용량은 점점 증가하고 있는 추세이다. 배기가스에 포함된 NO_x의 후처리 기술로는 LNT(Lean NO_x Traps), LNC(Lean NO_x Catalysts), SCR(Selected Catalytic Reduction) 등이 있으며 최근 배기가스에 요소를 분사해 NO_x를 저감하는 SCR이 주목받고 있다(서진원, 2008). 이 장치에서 유동이 편중될 때 일정 영역의 촉매만 사용하게 되어 촉매층의 성능이 저하됨에 따라 더 많은 운전비용을 필요로 하게 되는데 이를 개선하기 위하여 baffle과 같이 유동을 변경해 줄 수 있는 장치가 필수적이며 이의 각도, 개수 등을 조정하여 균일도를 최적화 할 수 있다. 본 연구에서는 CFD(Computational Fluid Dynamics) 상용코드를 이용하여 SCR 시스템 내 유체 도입부의 baffle 유무에 따른 유동 혼합 특성을 연구하였다.

2. 연구 방법

2.1 SCR 시스템 모델

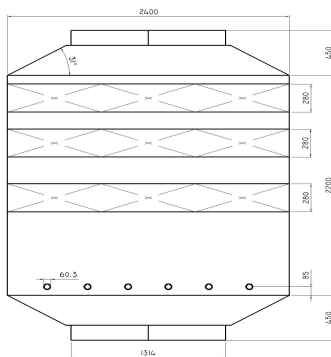


Fig. 1. Model of SCR System.

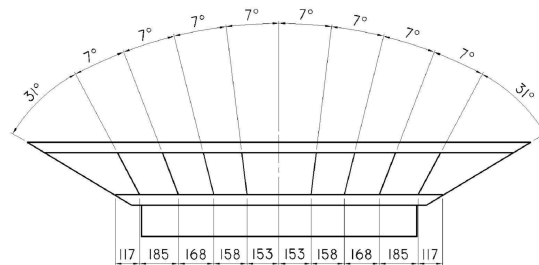


Fig. 2. Geometric shape of baffle in SCR.

SCR 시스템은 2.4(W)×2.4(D)×3.1(H) m³의 크기를 가지며 그림 1에 모델을 정면도로 묘사하였다. 배기가스는 SCR inlet을 지나 baffle 층을 통과하여 시스템으로 유입된다. 시스템 내에는 세 단의 촉매층이 존재하고 urea 분무를 위한 0.0625(D)×2.4(L)의 AIG(Ammonia Inlet Gfid)가 6개 존재한다. 이 때 시스템 유체 도입부에 설치한 baffle의 유무에 따라 촉매층에 전달되는 유체의 RMS(Root Mean Square) 값을 계산하여 균일도를 판단하며 baffle 형상을 그림 2에 나타내었다. RMS는 식(1)과 같이 계산된다.

$$RMS(\%) = \frac{1}{\bar{u}} \sqrt{\frac{\int \rho u (u - \bar{u})^2 dA}{\int \rho u dA}} \times 100(\%) \quad (1)$$

RMS는 유체 균일도를 판단하는 하나의 지수로 배기가스가 촉매층을 얼마나 효율적으로 통과하는지를 나타내는 수치이다. RMS가 100(%)에 가까운 값을 나타내면 한 셀로만 모든 유동이 들어오는 경우

이고 0(%)에 가까운 값을 나타내면 전 단면적에 걸쳐 골고루 들어오는 경우이다.

2.2 수치 해석 모델

본 연구는 3차원 SCR 시스템에서의 유동현상을 확인하기 위해 CFD 상용코드를 이용하였다. 정상상태 난류 유동으로 가정하였으며 지배 방정식은 연속 방정식, 에너지 방정식, 난류 유동 방정식 등을 이용하였다. 표 1에 수치 해석에 사용한 계산조건을 나타내었다. 난류 모델은 $k-\epsilon$ standard 모델을 이용하였다. 입구에서의 난류량은 도입부를 혼합이 일어나는 단면이라고 보고 난류 강도는 10%, 수력 직경 1.314 m를 이용하여 설정하였다(Kim, 2002). 또 본 연구는 유체의 균일도를 판단하기 위함으므로 배기 가스 내에 미량으로 존재하는 NO_x 의 양을 무시하고 100% 공기로 해석하였다.

Table 1. Experimental boundary conditions.

위치	계산 조건	설정값
Inlet	Velocity inlet	25,300 Nm ³ /hr, 10.9 m/sec, 300°C
Outlet	Pressure outlet	1 atm
Catalyst	Porous media	-
Wall	Adiabatic	-

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 촉매층 전단 5 mm인 Z방향 0.83 m 높이에 면을 생성하여 이 면을 지나는 배기가스 속도분포와 이를 이용하여 계산된 RMS 값으로 유동 균일도를 판단하였다.

3.1 유체 도입부 baffle 미설치 경우

그림 3은 baffle이 설치되지 않은 SCR 시스템의 해석결과이다. SCR 시스템 내부로 유입되는 배기 가스는 도입부에 비해 4 배 이상 큰 촉매층과 반응되어야 하나 baffle 등 유동을 변화시켜줄 수 있는 장치의 미설치로 속도분포가 일정 영역으로 편중되는 것을 볼 수 있다. 이 때 촉매층 전단을 지나는 유체의 평균속도는 5.5 m/sec이고 표준편차는 1.8 m/sec이다. 이를 이용해 계산한 RMS 값은 32.7%이다.

3.2 유체 도입부 baffle 설치 경우

그림 4는 유체 도입부에 baffle이 설치된 SCR 시스템의 해석결과이다. 촉매층 전단을 지나는 유체의 평균속도는 앞의 3.1절과 비교할 때 1.2 m/s가 감소한 4.3 m/sec이고 표준편차는 1.1 m/sec이다. 여기서 계산한 RMS 값은 25.6%이며 앞의 3.1절과 비교할 때 7.1%가 낮아진 값이다. 즉 다음과 같이 도입부에 비해 촉매층의 면적이 큰 경우는 baffle 등을 이용하여 유체 유동을 변화시켜주는 것이 필수적이다.

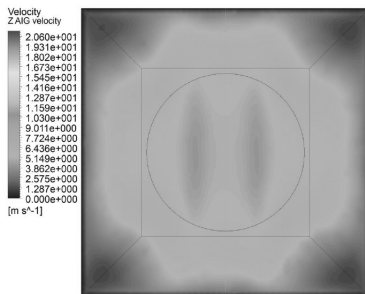


Fig. 3. Velocity contour in SCR according to without baffle.

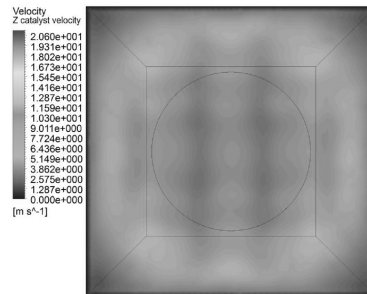


Fig. 4. Velocity contour in SCR according to baffle.

참 고 문 헌

- 서진원 (2008) SCR 시스템의 믹서 구조 특성에 따른 유동 혼합 특성에 관한 연구, 한국자동차공학회, 16, 192-199.
- FLUENT Inc. (2009) FLUENT User's Guide, Ver. 12.0.
- Kim, H.-S. (2002) A combined experimental and computational approach to improve catalyst flow uniformity and light-off behaviour, Journal of Automobile Engineering, 216, 413-430.