

PE18) SCR 시스템 내 AIG의 분사구에 따른 NH₃ 농도 분포의 전산 해석적 연구

The Numerical Study on the Effect of the AIG Holes on the NH₃ Concentration Distribution in SCR System

박 선 미 · 장 혁 상

영남대학교 환경공학과

1. 서 론

환경규제가 강화됨에 따라 자동차 배출가스의 PM과 NO_x의 저감이 필요하게 되었으며 저공해 디젤기관의 개발도 함께 요구되고 있다. 디젤기관에서의 NO_x의 대부분은 공기 중의 질소가 고온에서 산화하거나 연료 중 탄화수소가 급속하게 반응하여 생성되는 Thermal NO_x로 Thermal NO_x의 제어 기술이 중요하다. 1차적 NO_x의 저감법은 연소시간, 온도를 제어하는 엔진제어이나, 엔진제어로 저감 가능한 NO_x는 20~30%로 환경규제를 만족하는데 한계가 있으므로 SCR(Selective Catalytic Reduction) 등의 후처리 기술이 저감법으로 적용이 되고 있다(정수진 등, 2006). SCR 시스템은 NO_x를 선택적으로 환원시키기 때문에 저감법으로 주로 사용되나, 시스템 내에서 국부적으로 높은 NH₃의 농도는 NH₃ 슬립 등의 문제를 야기하게 된다. 그에 따라 SCR 시스템 적용에 있어 효율적인 NO_x 저감과 경제적인 촉매층의 활용을 위해선 NH₃ 균일한 농도 분포를 위한 분사 방식의 안정성 확보가 필요하다. 이에 AIG (Ammonia Injection Grid)의 분사구 변화에 따른 NH₃의 농도 분포의 균일성을 해석하였다.

2. 연구 방법

그림 1과 그림 2는 해석대상으로 1.938(W)×1.466(D)×3.1(H) m³의 크기를 가진다. 300℃인 배기가스가 입구 부분에서 12,100 N^m/hr 유입이 되며, NH₃를 분사하는 AIG가 SCR 시스템 내 6개가 존재한다. AIG 하나를 통해 분사되는 NH₃의 양은 18.3 N^m/hr로 NH₃가 0.37% 나머지는 공기로 구성된다.

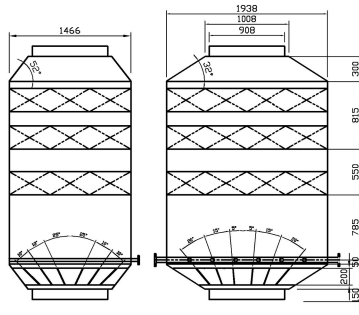


Fig. 1. Geometry of SCR system.

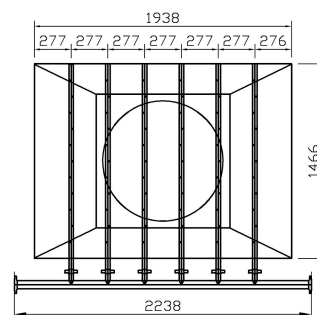


Fig. 2. Geometry of AIG.

배기관 내 분사된 NH₃는 반응식에 의해 NO_x를 질소와 수증기로 변화시켜 NO_x를 저감시킨다. 본 연구에서는 NH₃ 사용에 대한 위험성의 문제로 실험적 연구 대신 수치해석을 통해 NH₃의 농도 분포와 유동해석을 하였으며 해석을 위해 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 사용하였다. 유동 및 농도 분포의 해석을 위해 정상상태 난류 유동으로 가정하였고 지배방정식은 에너지 방정식, 연속 방정식, 물질 전달 방정식을 사용하였으며 난류 모델은 k-ε 모델을 사용하였다. 촉매전단에서의 NH₃농도 분포의 해석이 목적이기 때문에 물질간의 반응은 무시하였다. AIG 분사구에 따른 농도 균일도를 해석하기 위해 사

용된 조건을 표 1에 나타내었다. 또한 촉매 진단에서의 NH₃ 불균일도를 판단하기 위해서 RMS(Root Mean Square) 값을 사용하며 식 (1)에 나타내었다.

$$RSM(\%) = \frac{1}{\bar{c}} \sqrt{\frac{\int (c - \bar{c})^2 dA}{A}} \times 100(\%) \quad c : \text{농도}, \quad \bar{c} : \text{평균농도} \quad (1)$$

Table 1. AIG hole conditions.

case	분사구의 개수	분사구의 각도[°]
case 1	9	30
case 2	15	30
case 3	11	45
case 4	11	0

3. 결과 및 고찰

분사구에 따른 촉매층 진단 5 mm에서의 NH₃ 농도 분포의 결과를 그림 3, 4, 5, 6에 나타내었다.

3.1 AIG 내 분사구 개수에 따른 NH₃ 농도 분포

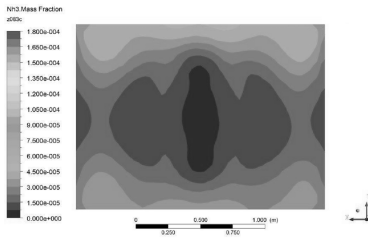


Fig. 3. NH₃ concentration distribution in case 1.

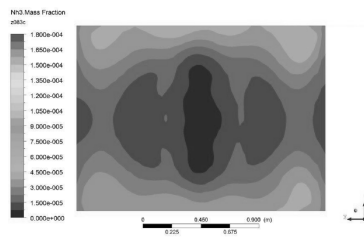


Fig. 4. NH₃ concentration distribution in case 2.

그림 3은 9개의 hole를 가지는 AIG의 촉매층 진단 5 mm의 NH₃ 농도 분포 해석 결과로 평균 NH₃의 농도는 2.14×10^{-5} , 표준편차는 1.02×10^{-5} 이고 RMS 값은 47.7%이다. 그림 4는 hole 개수가 15개로 평균 NH₃의 농도는 2.14×10^{-5} , 표준편차는 1.06×10^{-5} 이며 RMS 값은 49.5%이다. AIG의 hole 수가 증가 될수록 RMS 값은 증가되었다.

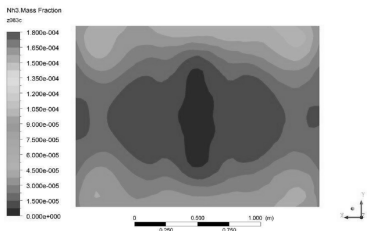


Fig. 5. NH₃ concentration distribution in case 3.

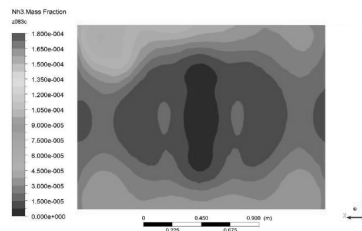


Fig. 6. NH₃ concentration distribution in case 4.

3.2 AIG 내 분사구 각도에 따른 NH₃ 농도 분포

그림 5는 각 45°를 가지는 AIG의 NH₃ 농도 분포 해석 결과로 평균 NH₃의 농도는 2.17×10^{-5} , 표준편차는 1.07×10^{-5} 이고 RMS 값은 49.3%이다. 그림 6은 각도를 주지 않은 AIG로 NH₃의 농도는 2.16×10^{-5} , 표준편차는 1.18×10^{-5} 이며 RMS 값은 54.6%이다. AIG의 hole의 각이 없는 것에 비하여 각을 주었을 시 RMS 값은 감소되었다. AIG 분사구의 개수, 각도를 조절이 촉매층 진단에서의 NH₃ 농도 균일화에 영향을 미치므로 최적화된 분사구 형상을 찾는 것이 중요하다.

참 고 문 헌

정수진, 이상진, 김우승, 이춘범 (2006) 대형 디젤엔진용 SCR 시스템의 암모니아 슬립 억제를 위한 인젝터의 형상 및 위치에 관한 수치적 연구, 한국자동차공학회지, 14, 68-78.