실험실 규모 배기관에서 요소수의 저온 열분해

구건우* · 박홍민* · 박형선*· 김태훈*· 홍정구*†

Thermal decomposition of urea solution at low temperature in a lab-scaled exhaust pipe

Kunwoo Ku*, Hongmin Park*, Hyungsun Park*, Taehun Kim*, Junggoo Hong*†

ABSTRACT

An experimental study has been carried out to investigate a thermal decomposition of urea solution at relative low temperature with a lab-scaled exhaust pipe. The conversion efficiency of reductant considered with both ammonia and HNCO related with the urea injection quantity, inflow gas velocity and temperature. The conversion efficiency of ammonia was larger than that of HNCO under all experimental conditions unlike the theoretical thermolysis reaction.

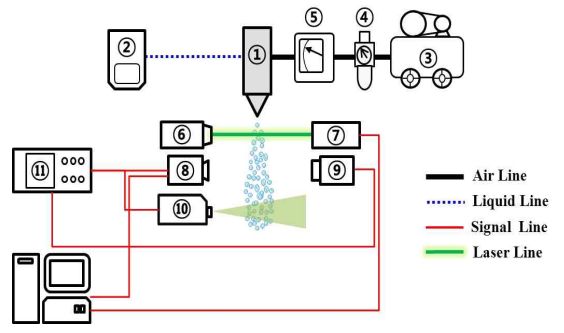
Key Words : Urea thermal decomposition, NH_3, HNCO, Nusselt number

최근 들어 IMO's NOx Tier III requirements 가 enforced 되어짐에 따라 대형 선박용 디젤엔진에 Urea-SCR 시스템을 적용시키는 연구가 시작되고 있다[1]. 본 연구는 대형 선박용 Urea-SCR 설계정보를 제공하기 위한 기초연구로서 선박용 디젤엔진의 배기가스 특성과 유사한 조건에서 요소의 열분해 효율 (Urea thermolysis)을 조사하였다. 요소 열분해 효율을 측정하기 위해 FTIR 가스 분석기를 사용하였으며, 모사배기관 내 요소수(urea solution) 분사를 위해 일반적으로 선박용 urea-SCR시스템에 적용되고 있는 이유체 노즐이 사용되었다.

Urea-SCR 시스템에서 요소수의 열분해는 일반적으로 다음과 같은 과정으로 진행된다. 배기관 내로 직접 분사된 요소수에 포함된 물이 배기가스의 열에 의해 증발하고, 이후 남아있는 요소가 반응식 1에 의해 환원제인 암모니아와 이소시안산 (HNCO) 으로 열 분해된다. 이 반응으로 생성된 이소시안산은 일반적으로 SCR 촉매에서 가수분해(반응식2)를 통해 암모니아로 분해된다[2-3].

Urea thermolysis	$CO(NH_2)_2 \rightarrow NH_3(g)+HNCO(g)$	(1)
HNCO hydrolysis	$HNCO+H_2O \rightarrow NH_3+CO_2$	(2)

일반적으로, 유동장 안에서의 액적 증발 및 물질전달은 분사된 액적의 분무특성에 깊은 연관성을 보인다[4]. 요소수 분사노즐의 분무특성 실험은 노즐을 모사배기관에 장착하기 전 대기조건 하에서 수행하였으며, 그림 1과 2는 분무특성 실험장치와 요소 열분해 실험장치를 나타낸다.



① Nozzle ② Liquid Pump ③ Air compressor
④ Air regulator ⑤ Air flow meter ⑥ Laser for SMD
⑦ Laser Detector ⑧ CCD camera ⑨ Stroboscope
⑩ ND-YAG laser ⑪ Delay generator

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup to measure spray characteristics

* 경북대학교 기계공학과
† 연락저자, jghong70@knu.ac.kr
TEL : (053)950-6570 FAX : (053)-950-6550

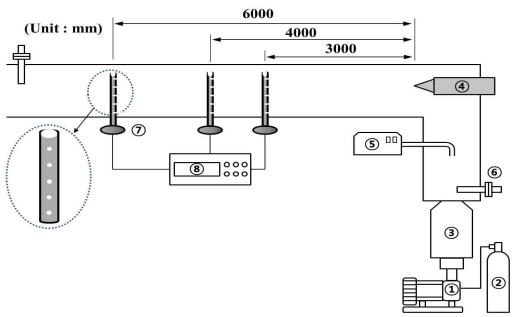


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental setup for measuring urea thermal decomposition

본 연구를 통한 저온 배기가스 조건하에서 요소수 열분해에 대한 실험결과는 다음과 같다. 요소수 열분해 효율은 유입가스의 온도와 깊은 연관성을 보였으며, 동일 유입가스의 온도, 유동 조건하에서 요소수 분사량의 증가는 열분해 효율의 감소를 초래하였다. 또한 반응식 1의 이론 요소 열분해 반응과 달리 모든 실험 조건하에서 암모니아의 열분해 효율이 이소시안산의 열분해 효율보다 높게 측정되었으며, 암모니아와 이소시안산의 열분해 효율의 상대적 차이는 유입가스의 온도뿐만 아니라 유입가스의 누셀트 수 및 요소수의 분사량에 영향 받았다.

참고 문헌

[1] A. Azzara, D. Rutherford, H. Wang, “Feasibility of IMO Annex VI Tier III Implementation using Selective Catalytic Reduction”, ICCT, 2014, working paper 2014-4.
[2] S. D. Yim, S. J. Kim, J. H. Baik, I. S. Nam, Y. S. Mok, J. H. Lee, B. K. Cho, S. H. Oh, “Decomposition of Urea into NH_3 for the SCR Process”, Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 43 (16), 2004, pp. 4856-4863.
[3] A. M. Bernhard, D. Peitz, M. Elsener, A. Wokaun, O. Kröcher, “Hydrolysis and Thermolysis of Urea and Its Decomposition Byproducts Biuret, Cyanuric Acid and Melamine over Anatase TiO_2”, Appl. Catal., B, vol. 115-116, 2012, pp. 129-137.
[4] A. H. Lefebvre, “Atomization and Sprays”, Hemisphere Publishing Corporation, 1989.