

암모니아수용액을 이용한 SO_x-NO_x 동시 흡수에 관한 연구

김재강^{a,†} · 이주열^{a,b} · 박병현^a · 최진식^{a,b}

(주)에니텍 기술연구소^a, 경희대학교 환경응용과학과^b
(2015년 5월 31일 접수; 2015년 6월 23일 수정; 2015년 6월 25일 채택)

The Simultaneous absorption of SO_x-NO_x using aqueous ammonia solution

Jae-Gang Kim^{a,†} · Ju-Yeol Lee^{a,b} · Byung-Hyun Park^a · Jin-Sik Choi^{a,b}

^aTechnology Institute, Anytech Co., Ltd, Digital Empire-II, 88, Sinwon-ro, Suwon, Gyeonggi-do, 449-701, Korea

^bDept. of Applied Environmental Science, Kyung Hee University, 1732 Deokyoung daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 446-407, Korea
(Received May 31, 2015; Revised June 23, 2015; Accepted June 25, 2015)

Abstract : The experiment was performed using the cleaning precipitator To investigate the absorption efficiency of the SO_x/NO_x of the aqueous ammonia solution. Concentration of the cleaning liquid is 0.1, 0.5, and 1.0% with increasing absorption efficiency has improved. However, the reaction shown only a difference in time. Absorption efficiency has improved in accordance with the gas residence time. When the direction of the same gas and the cleaning liquid is determined that there is the effect of increasing the residence time. The relative impact of SO_x and NO_x is this likely to react slower than SO_x/NO_x. The yield is determined to require adjustment of the cleaning dust collector according to the concentration of the next gas.

Keywords : Scrubber, Ammonia solution, Nitrogen oxides, Sulfur oxide, Absorption

1. 서론

질소산화물(NO_x)과 황산화물(SO_x)은 산성비, 호흡기 질환 및 광화학스모그(Photochemical-Smog)의 주요 원인으로 알려져 있는 대표적인 대기오염물질로써, 환경문제에 대한 관심의 고조로 외국 뿐 만 아니라 국내에서도 이에 대한 규

제가 계속적으로 강화되고 있는 추세이다. 이에 따라 탈질기술과 탈황기술에 대한 연구개발이 매우 활발하게 이루어졌으며, 개별적인 탈질·탈황에 대한 기술은 실용화 되어 산업계에서 가동 중에 있다. 이런 개별적인 기술(탈질·탈황 기술)은 공정상의 격차가 커 초기 투자비 및 운전유지비가 높아 최적 공정 결합방법 등에서 문제점으로 지적되고 있다.

최근 국제해사기구(IMO)에서 2016년부터 현행 2단계에서 3단계로 해상에서의 배출규제를 강

[†]Corresponding author
(E-mail: grapeman77@hanmail.net)

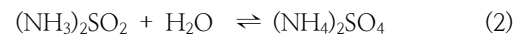
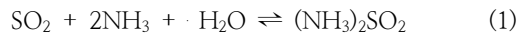
화할 것이 계획되어 있다. 현재 선박에 탑재되는 탈질·탈황 시스템은 대형 선박의 기준에 맞춰져 있으며 초기 설치비용과 유지비용이 높고 설비의 크기가 커 중·소형 선박에는 도입을 할 수 없는 실정이다. 이러한 상황에서 국제법 적용시기에 맞추어 관련 기술을 개발하는 것이 매우 시급한 실정이다.

이를 위하여 본 실험에서는 SO_x/NO_x 동시처리 시스템에서 기존의 산화제인 암모니아수용액에 대한 SO_x/NO_x의 영향성, 세정액의 농도, 플링 층의 높이, 세정액 분무 위치에 따른 제거효율을 측정하여 중·소형 선박에 도입가능한 콤팩트한 모듈형태의 오염물질 배출저감 시스템에서의 적용가능 여부와 운전을 위한 기초자료를 제시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1. SO_x와 NH₃간의 반응 매커니즘

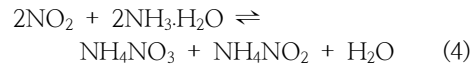
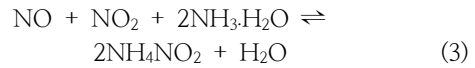
SO_x와 NH₃간의 반응은 주로 열에 의한 반응으로 식(1), (2)의 반응을 통해 SO_x를 흡수 제거하게 된다.



2.2. NO_x와 NH₃간의 반응 매커니즘

NO_x와 NH₃간의 반응 또한 열에 의한 흡수

반응으로 식 (3),(4)의 반응을 통해 흡수 제거하게 된다.



3. 실험재료 및 방법

3.1. 실험재료

본 실험에서 사용된 암모니아는 30% 수용액으로 농도에 맞게 희석하여 사용하였으며, 실험에 사용된 기체는 10% SO₂, 5% NO₂이다.

3.2. 실험재료

본 실험에서는 기체흡수실험을 위해 Wet Scrubber를 사용하여 실험을 수행하였으며, Fig. 1에 나타내었다. 각각의 가스는 기체의 유량을 조절하는 질량유량조절기(MFC)를 사용하여 일정량으로 공급하였으며, 분무액의 양은 유량계를 이용해 조절 공급하였다.

Ammonia Scrubber는 lab-test를 위해 간단히 제작하였으며, 반응 챔버의 크기는 소형으로 처리 가스용량은 0.01 CMM이다. 분무위치에 따른 흡수효율을 확인하기 위해 챔버 상부와 가스 주입부에 각각 분무시스템을 설치하였다. 반응 전후의 SO_x/NO_x 농도 분석을 위해 Green Line-9000을 사용하여 측정하였다.

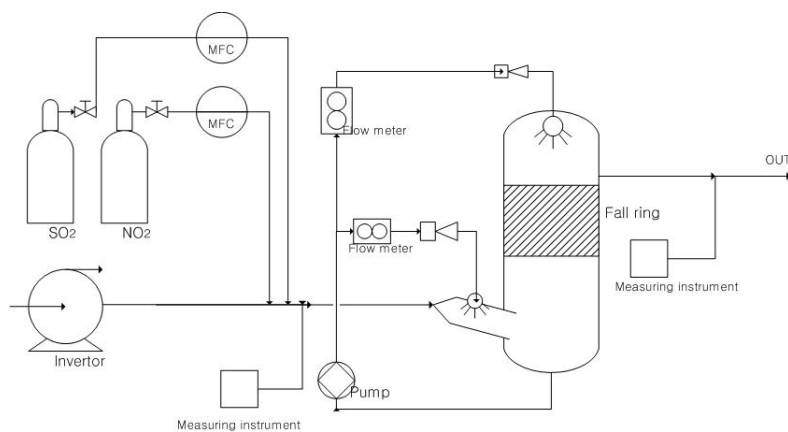


Fig. 1. SO_x/NO_x 제거를 위한 Scrubber 개략도.

4. 실험결과 및 고찰

4.1. 세정액 농도에 따른 NO_x 흡수

암모니아 수용액의 농도를 각각 0.1, 0.5, 1.0 %로 희석하여, 먼저 NO_x에 대한 흡수제거 효율에 대한 실험을 진행하였다.

Fig. 2는 암모니아 수용액의 농도에 따른 NO_x 흡수효율을 나타내는 것으로 그림에서 보는 바와 같이 1.0%에서의 흡수효율이 0.1%에서의 흡수효율보다 높게 나타났다. 하지만 반응시간적인 부분에서의 속도차이를 보였을뿐 0.1% 암모니아 수용액을 사용하였을 때에도 99% 이상의 흡수효율을 보여주었다.

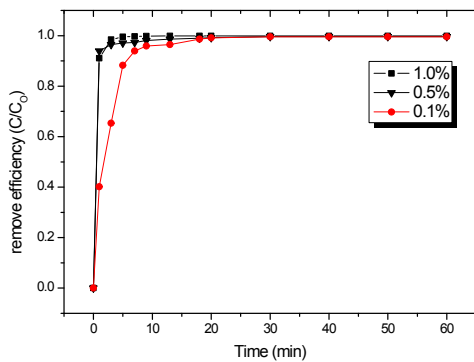


Fig. 2. 암모니아 수용액 농도에 따른 NO_x

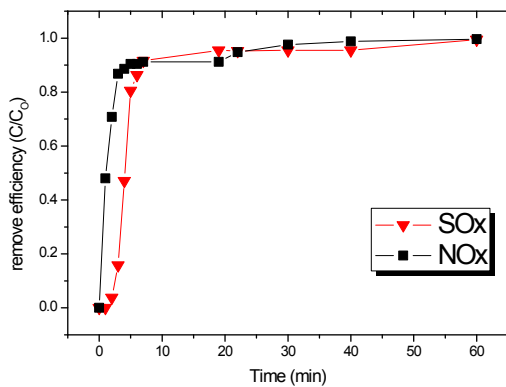


Fig. 3. SO_x/NO_x 동시 흡수에 따른 흡수효율.

4.2. SO_x/NO_x 동시 흡수에 따른 영향

SO_x/NO_x gas를 동시에 흡수제거 할 때 서로 흡수효율에 미치는 영향을 보기 위해 두 가스를 동시에 주입하여 흡수 실험을 진행하였다.

Fig. 3은 SO_x/NO_x 동시 흡수에 따른 흡수효율을 나타내는 것으로 그림에서 보는 바와 같이 NO_x가 먼저 흡수반응이 일어나고, 뒤이어 SO_x가 흡수반응이 일어나는 것을 확인 할 수 있었다. 두 반응시간의 차이가 크지는 않으나, 추후 기술개발에 있어 중요한 자료가 될 것으로 판단 된다.

4.3. 가스 체류시간에 따른 흡수효율

암모니아 수용액으로 SO_x/NO_x를 제거함에 있어서 가스 체류시간이 흡수효율에 미치는 영향을 살펴보기 위해, 반응 챔버내의 폴링층의 높이를 5, 10, 20cm로 조절하여 실험을 진행하였다. 각각의 높이는 0.29s, 0.58s, 1.15s의 가스 체류시간을 나타낸다.

Fig. 4는 가스 체류시간에 따른 흡수효율 나타내는 것으로 그림에서 보는 바와 같이 가스 체류시간의 시간이 길어짐에 따라 SO_x/NO_x 흡수효율이 높아지는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 체류시간이 증가됨에 따라 세정액과의 반응 시간이 길어져 원활한 흡수 반응이 이루어 지는 것으로 판단된다.

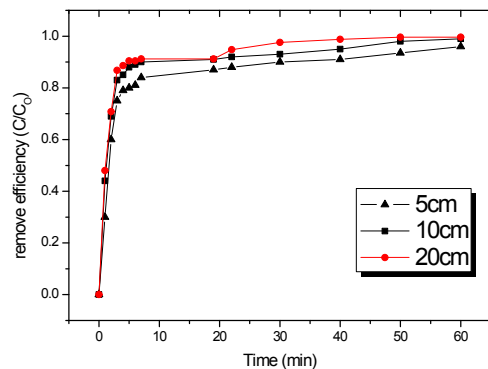


Fig. 4. 가스 체류시간에 따른 흡수효율.

4.4. 세정액 분무 위치에 따른 흡수효율

세정액의 분무 위치를 챔버 상부와 가스 주입부로 나누어 실험을 진행하였다. Fig. 5는 세정액 분무위치에 따른 흡수효율을 나타낸 것으로 보는 바와 같이 챔버 상부에서 분무하여 흡수하는 것에 비해 가스 주입부분에서 분무하여 흡수하는 것의 효율이 더 높게 나타났다. 가스가 주입되는 부분에서 반응을 진행하면 폴링에 의한 체류시간 효과도 없을 뿐만 아니라, 챔버 내부에 비해 선속도가 빨라 흡수효율이 낮을 것으로 판단이 되

었으나, 실제 실험 결과에서는 반대의 경향을 보여 주었다. 이것은 가스와 세정액이 동일한 방향으로 이동을 하면서 폴링에 의한 체류시간 증가 효과를 보는 것으로 판단된다.

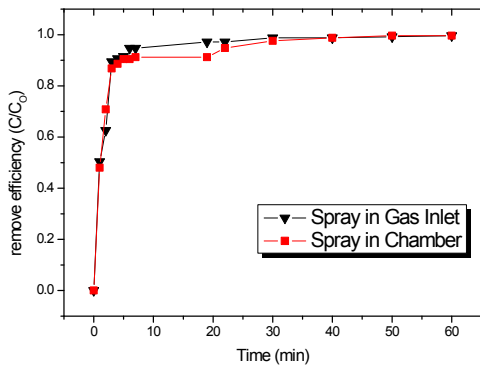


Fig. 5. 세정액 분무 위치에 따른 흡수효율.

4.5. 세정액 반응 지속시간

암모니아 수용액의 반응 지속시간을 체크하기 위해 0.1% 암모니아 수용액 1.0L를 이용하여, 반응이 종료될 때 까지 실험을 진행하였다.

Fig. 6은 세정액 반응 지속시간을 나타내는 것으로 300분까지 지속적으로 흡수가 된 후 감소되는 것을 확인 하였다.

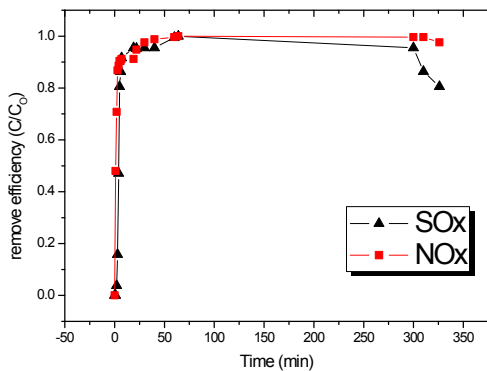


Fig. 6. 세정액 반응지속시간.

5. 결 론

본 실험에서는 세정집진방식을 이용한 SO_x/NO_x 동시 흡수제거하기 위한 암모니아 수용액을 이용하여 세정액의 농도, 분무 위치, Fall

Ring 층 높이, 동시흡수 영향성 및 반응지속시간에 대해 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 암모니아 수용액의 농도가 증가 할수록 가스와 반응하는 암모니아의 수가 증가하여 흡수효율이 높아지는 것으로 판단된다. 제거효율을 위해서는 높은 농도의 세정액을 사용하면 되지만, 암모니아 수용액에서 발생하는 암모니아 가스의 양이 많아지면 또 다른 환경오염의 원이 되므로 최대한 낮은 농도의 세정액을 사용하여 SO_x/NO_x 흡수 제거를 진행해야 한다. 그리고 SO_x가 NO_x에 비해 늦게 반응하는 것을 확인하였으므로 향후 공정상의 가스 비율에 따라 스크리버의 단수 조정이 필요할 것으로 판단된다.
- (2) 기체의 체류시간에 대한 영향을 살펴보기 위해 폴링층 높이 및 분무 위치에 따른 흡수효율을 측정 한 결과, 체류시간을 길게 가져감에 따라 흡수효율이 높아지는 것을 확인 할 수 있었으며, 기체와 세정액의 진행방향을 같게 해주어도 폴링을 사용한 효과와 비슷한 효과를 보여주는 것을 확인할 수 있었다.
- (3) 암모니아 수용액의 반응지속시간을 측정한 결과 300분이라는 높은 반응지속시간을 확인할 수 있었으며, 추후 유입되는 SO_x/NO_x 농도에 따른 세정액 사용량 산출에 큰 도움이 될 것이라 판단이 된다.

감사의 글

본 연구는 환경부 환경 선진화 기술 개발사업의 “국제규제 대응 소형선박 배출가스 처리기술 개발” 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

References

1. GO, D.-J., Kim, K.-T., Mok, Y.-S., Byeon, Y.-C., Kwon, O.-J., "Simultaneous Removal of Air Pollutants using Oxidants",

Ministry of Environment, (2009).

2. Seo, J.-B., Choi, W.-J., Kim, J.-W., Choi, B.-W., Oh, K.-J., "The Simultaneous Absorption Rate of CO₂/SO₂/NO₂ from Flue Gas with Aqueous Alkanolamine Solutions", Korean Chem. Eng. Res., 47, 639-645(2009).