

수평형 HRSG의 탈질설비에서 암모니아 분사위치 변동에 따른 암모니아 유량비교

박재현*, 유호선**†

*한국중부발전(주), **†승실대학교 기계공학과

Comparison of Ammonia Mass Flow Rate between Two Ammonia Injection Positions in DeNOx system of a Horizontal HRSG

Jae-Hyun Park*, Hoseon Yoo**†

*Korea Midland Power Corp., Seoul 04082, Korea

**†Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 06978, Korea

ABSTRACT : As the emission limits for NOx in power generation facilities were strengthened, HRSGs installed in the 1990s became necessary to install additional DeNOx system. However, since there is no space in the HRSG for installing the entire the catalyst and ammonia injection grid, as an alternative, the catalyst was installed inside of the HRSG and the ammonia injection device was installed in the exhaust duct of the gas turbine. Experiments were conducted in horizontal HRSG of Incheon combined cycle power plant. Experimental results show that the ammonia injection method in the gas turbine exhaust duct is 1.2 times higher than the HRSG internal ammonia injection method. However when operating a HRSG for 30 years as its life span, ammonia injection method in the gas turbine exhaust duct is more economical than the cost of new HRSG construction.

초록 : 발전설비에서의 질소산화물 배출 규제치가 강화됨에 따라 1990년대에 설치된 HRSG도 탈질설비를 추가로 설치해야 하는 상황이 되었다. 그러나 HRSG 내부에 촉매와 암모니아 분사장치 모두를 설치할 수 있는 공간이 없기 때문에 그 대안으로써 HRSG 내부에는 촉매만 설치하고 암모니아 분사장치는 가스터빈 배기덕트로 변동하여 설치하는 것을 검토하였다. 본 연구에서는 인천복합발전소를 대상으로, 암모니아 분사장치를 HRSG 중압 과열기 후단과 가스터빈 배기덕트에 설치하여 암모니아를 분사했을 때 대기 배출기준 8.5 ppm을 만족하는 암모니아 소비량을 각각 측정하였다. 연구결과 가스터빈 배기덕트 암모니아 분사방식이 HRSG 중압 과열기 후단 분사방식에 비해 소비량이 1.2배 정도 증가한 것으로 나타났다. 따라서 HRSG 수명 30년 운영을 고려한다면 HRSG 내부에 암모니아 분사장치를 설치할 수 없는 경우 가스터빈 배기덕트에 암모니아 분사장치를 설치하는 것이 추천된다.

Key words : HRSG(Heat Recovery Steam Generator), 배연탈질설비(DeNOx system), Ammonia(암모니아), NOx Concentration(질소산화물 농도)

- 기호설명 -

C_{in} : HRSG 유입가스 질소산화물 평균 농도(ppm)

C_{out} : 대기 배출가스 질소산화물 평균 농도(ppm)

MW : 발전기 출력량

in : 암모니아 질량 유량(kg/h)

T : 온도(°C)

† Corresponding Author, hsy@ssu.ac.kr

1. 서론

최근 고농도 미세먼지의 빈발 등으로 미세먼지 문제해결에 대한 국민의 요구가 높아지고 있다. '17.9.26 정부 관계부처 합동으로 작성된 미세먼지 관리 종합대책⁽¹⁾에 따르면 정부는 미세먼지 문제해결을 최우선 과제로 설정하여 정부 임기 내에 국내 미세먼지 배출량의 30 % 감축을 추진하고 있다. 특히 발전부문은 2022년까지 배출량의 25 %를 줄여야 한다. 미세먼지는 간접배출이 전체 배출량의 72 % 정도를 차지하며 황산화물, 질소산화물, 휘발성 유기화합물 등이 미세먼지로 전환되어 생성된다. 특히 황산화물과 질소산화물로 인한 생성량이 가장 많은데 연료 속에 황성분이 거의 없어 황산화물 배출이 없는 복합화력 발전소도 Thermal NOx 생성으로 인한 배출규제가 점차 강화되고 있다. 따라서 탈질설비가 설치되지 않은 HRSG에도 탈질설비를 추가로 설치하는 것이 필요해졌다. 그러나 1990년대에 설치된 HRSG는 탈질설비가 설치되지 않았을 뿐만 아니라 HRSG 내부에 암모니아 분사장치와 촉매 모두를 설치할 만한 공간이 없다.

본 연구에서는 그 대안으로써 HRSG 내부에는 촉매만 설치하고 암모니아 분사장치는 가스터빈 출구 배기덕트 위치로 변동하여 설치하는 것을 검토하였다. HRSG 내부로 10~30 ppm으로 변화하며 유입되는 질소산화물의 농도를 8.5 ppm으로 저감하여 대기로 배출 시키는 경우 HRSG 내부위치에서 암모니아를 분사하는 방식과 가스터빈 배기덕트에서 암모니아를 분사하는 방식은 암모니아를 분사하는 위치와 분사면적이 다르기 때문에 암모니아의

사용량에 차이가 있을 수 있다.

따라서 본 연구는 HRSG 내부에 탈질설비가 기 설치된 인천복합발전소 수평형 HRSG를 대상으로 하여 가스터빈 출구 배기덕트에 4개소의 암모니아 분사노즐을 설치하여 HRSG 내부위치 뿐만 아니라 가스터빈 출구위치에서 암모니아를 각각 분사할 수 있는 시스템을 구성하였다. 그리하여 두 가지 위치에서의 암모니아를 각각 분사하여 질소산화물 저감을 위해 사용된 암모니아의 유량을 측정하고 비교하였다.

2. 수평형 HRSG의 탈질설비

2.1 탈질설비의 구성

Fig. 1은 본 연구의 실험대상인 인천복합발전소 2호기의 가스터빈과 수평형 HRSG, HRSG의 내부에 암모니아 분사장치와 촉매가 설치된 탈질설비의 구성을 나타낸 그림이다. 더불어 가스터빈의 배기덕트에 암모니아 분사장치가 추가 설치되었다. 인천복합발전소 2호기의 가스터빈은 Siemens 사에서 제작한 F Class SGT6-4000F(V84.3A) 기종으로 164 MW의 용량을 갖고 있으며 가스터빈의 배열을 회수하는 수평형 HRSG는 주증기 유량 181 ton/h, 재열증기 유량 216 ton/h의 용량을 갖고 있다. HRSG의 형식은 배기가스의 이용방식, 증기압력 수준, 보일러수의 순환방식, 배기가스의 유동방향에 따라 구분이 된다.

특히 배기가스 유동방향에 따라서는 수평형과 수직형으로 구분이 되는데 수평형 HRSG는 배기가스 흐름이 수평방향인 HRSG를 말하며 열교환기가 상하부의 헤더에 수직방향으로 연결 및 설치가 되어 있어 넓은 공간을 필요로 한다. 일반적으로 수평형 HRSG는 자연순환식 HRSG에 채용이 되며 탈질설비를 추가로 설치하는 경우에는 HRSG의 길이가 증가되는 특징이 있다.⁽²⁾ 탈질설비는 암모니아 하역 및 저장계통, 암모니아 주입계통, 촉매 반응단 및 보조계통으로 구분된다.

먼저 질소산화물을 포함한 가스터빈 연소 배기가스는 HRSG 유입 덕트를 통해 HRSG 내로 유입이 된다. 유입된 배기가스는 암모니아 저장 계통과 주입계통의 암모니아 주입장치(Ammonia Injection Grid)로부터 공급되는 암모니아와 혼합되며, HRSG에 유입된 배기가스중의 질

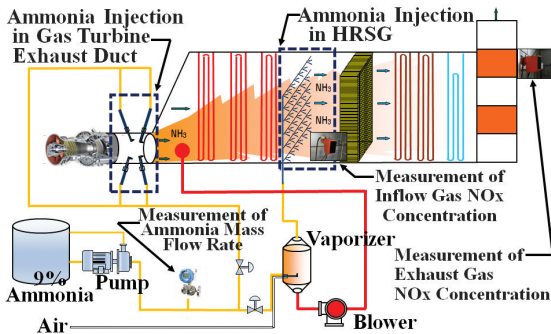


Fig. 1 Schematic configuration of DeNOx system in a horizontal HRSG of the Incheon combined cycle power plant NO.2

소산화물은 300~400℃⁽³⁾ 온도 하에서 HRSG 내부에 설치되는 촉매단을 통과하면서 환원반응에 의해 질소와 수증기로 환원된다. 질소산화물이 제거된 배기가스는 연돌로 배출되게 된다.

2.2 질소산화물의 생성

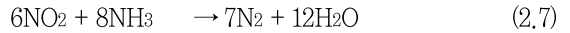
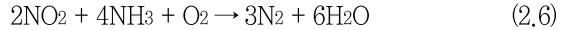
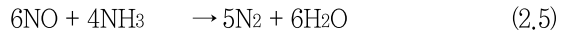
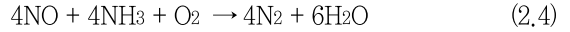
질소산화물은 질소와 산소의 결합 형태에 따라 여러 종류의 화합물이 존재한다. 연료의 연소에 의하여 발생하는 것은 대부분이 NO와 NO₂이며 일반적으로 질소산화물이라고 한다. 배기가스중의 질소산화물은 대부분이 NO이며 무색무취의 기체로 물에 거의 녹지 않는다. NO₂는 NO가 대기 중에서 산화되어 생성이 되는데 NO₂는 NO 보다도 수용성이고, 농도가 높은 경우에는 적갈색을 띠고 취기가 있다.⁽⁴⁾ 연료의 연소과정을 통해 발생하는 질소산화물은 두 가지 경로에 의해 생성된다. 먼저 연소용 공기 중의 질소가 고온상태에서 산소와 반응하여 질소산화물이 되는데 이를 Thermal NO_x라고 한다. 다음으로는 연료 중에 함유된 질소화합물의 질소성분이 연소할 때 산화되어 질소산화물이 되는데 이를 Fuel NO_x라 한다. 천연가스를 연료로 사용하는 경우 질소성분을 함유하고 있으나 그 형태는 거의가 N₂이고 공기중의 질소와 같은 화학반응을 나타내어 Fuel NO_x와는 관계가 없는 것으로 알려지고 있다. 연소용 공기 중의 N₂와 O₂에 의해 생성되는 Thermal NO_x의 생성기구는 식(2.1)부터 식(2.3)의 생성반응으로 표시된다.



2.3 탈질 원리

천연가스를 연료로 하여 발생한 Thermal NO_x는 연소 온도가 높은 경우, 연소영역에서 산소농도가 높거나, 고온영역에서 연소가스의 체류시간이 길어질수록 많이 생성이 된다. 선택적 환원반응에 의한 질소산화물의 저감은 식(2.4)부터 식(2.7)의 반응에 의해서 이루어진다. 이는 선택

적 환원반응의 주반응으로 NO_x와 NH₃를 촉매에서 반응시켜 NO_x를 H₂O와 N₂로 환원시키는 과정이다.



배기가스 중에는 대부분이 O₂ 성분을 함유하고 있어 주로 식(2.4)의 반응이 일어나게 되는데 NO와 NH₃가 1:1의 비율로 반응하게 되어 NO 저감량 만큼 NH₃가 필요하게 된다. 반면 식(2.6)에 의해서는 NO₂와 NH₃가 1:2의 비율로 반응하게 되지만 배기가스의 NO_x 중 약 5% 정도를 NO₂ 성분이 차지하기 때문에 질소산화물의 저감시에 이를 고려하지 않는다.⁽³⁾

3. 암모니아 분사위치 변동에 따른 암모니아 유량측정

3.1 암모니아 분사위치에 따른 유량측정의 필요성

대기환경보전법(5)에 의하면 인천복합발전소 2호기의 질소산화물의 배출기준은 50 ppm을 초과되지 않도록 규정하고 있으나 최근 강화된 질소산화물 배출규제 정책과 환경영향평가 협의기준에 의해 10 ppm을 초과하지 않도록 배출기준이 대폭 강화되었다. 더불어 질소산화물 배출규제는 해마다 점차 강화될 것으로 예상되는 가운데 1990년대에 설치된 HRSG의 경우도 탈질설비를 추가로 설치하는 것이 필요해 졌다. 하지만 HRSG 내부에 암모니아 분사장치와 촉매로 구성된 탈질설비 모듈을 설치할 수 있는 공간이 없어 탈질설비를 추가로 설치하기 위한 대안이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 그 대안으로써 HRSG 내부에 암모니아 분사장치와 촉매가 기 설치된 인천복합발전소 2호기를 모델로 하여 HRSG 내부에는 310 mm의 폭을 차지하는 촉

수평형 HRSG의 탈질설비에서 암모니아 분사위치 변동에 따른 암모니아 유량비교

매만 설치하고, 환원반응시간을 확보하기 위해 큰 폭을 차지하는 암모니아 분사장치는 가스터빈의 배기덕트로 위치를 변동하여 설치하는 방안을 검토하였다.

Fig. 2는 실험대상인 인천복합발전소 2호기의 암모니아 분사장치 위치를 HRSG 중압 과열기 후단에서 가스터빈 배기덕트로 변동한 모습을 나타낸 그림이다. 이 경우 HRSG 중압 과열기 후단에서의 암모니아 분사와 비교했을 때 암모니아 분사위치와 분사면적이 달라지기 때문에 사용된 암모니아의 질량유량에도 차이가 있을 수 있다. 또한 기존의 HRSG 내부에서 암모니아를 분사하는 방식과 비교하여 암모니아 사용량의 현저한 증가가 있을 경우에는 사용에 어려움이 있어 기존의 HRSG 대신 새로운 HRSG를 건설해야 할 것이다. 따라서 두 가지 암모니아 분사위치에 10~30 ppm으로 HRSG의 내부로 유입되는 질소산화물의 농도를 대기 배출기준 8.5 ppm으로 저감하였을 때 사용된 암모니아의 유량을 측정하여 성능을 비교하였다.

3.2 실험장치의 구성

3.2.1 암모니아 분사장치

인천복합발전소 2호기의 수평형 HRSG에 암모니아 분사위치 변동에 따른 암모니아 유량을 측정하기 위해 실험 장치를 설치하였다. 인천복합발전소 2호기 HRSG는 2009년에 준공되어 운전되고 있는데 고압 증발기와 중압 과열기로 이루어진 열교환기 뱅크와 고압 절탄기 2번, 중압 과열기 1번, 중압 절탄기로 이루어진 열교환기 뱅크 사이에

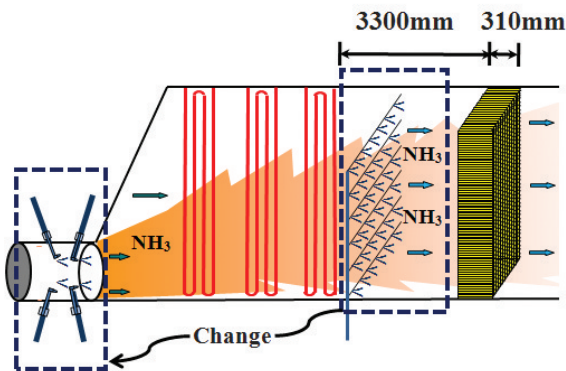


Fig. 2 Change of ammonia injection position in DeNOx system of a horizontal HRSG

3.6 m의 폭을 가진 공간이 마련되어 있고 이 공간에 암모니아 분사장치와 촉매가 기 설치되어 있다. 실험을 위해 암모니아 분사위치는 2곳으로 구성하였다. 첫 번째는 HRSG 중압 과열기 후단에서의 암모니아 분사로써 암모니아가 촉매에 균일하게 분사될 수 있도록 촉매 3 m 전단에 암모니아 주입 그리드가 설치 되어있다. 암모니아 Tank에서 암모니아 공급 펌프에 의해 기화기로 이송된 암모니아는 10 m³ 용량의 기화기를 거치게 되며 기화기 출구의 온도를 340°C로 운전하기 위해 300 m³/min 용량의 송풍기가 HRSG 내부의 배기가스를 추가하여 혼합이 되게 된다. 기화된 암모니아는 암모니아 주입 그리드로 나가게 되는데 암모니아 주입 그리드는 27개의 분기 라인이 HRSG 연소가스 흐름방향에 수직하게 배열이 되어 있고 분기라인 당 20개의 분사 노즐이 설치되어 암모니아를 균일하게 분사하게 된다. 두 번째는 가스터빈 출구측 배기덕트 내에 4개의 이류체 노즐을 90° 간격으로 설치하였다. 4개의 이류체 노즐을 통해 9% 농도의 암모니아와 공기를 섞어 분사하는 구조로써 분사된 암모니아는 540°C의 연소가스에 들어가 기화되게 된다. 기화된 암모니아는 HRSG 내의 열교환기를 지나며 연소가스와의 혼합과정을 통해 촉매 층을 거치면서 환원반응에 의해 질소산화물을 저감하게 된다.

3.2.2 촉매

Table 1은 인천복합발전소 2호기에 설치된 촉매의 규격을 나타낸 표이다. 인천복합발전소 2호기에 사용된 촉매는 원료만을 이용해 압출성형을 하여 벌집모양(Honeycomb) 형상을 하고 있으며 한 개의 층으로 구성되어 있다. 화학 조성은 TiO₂ (타이타니아) - V₂O₅ (바나듐) - WO₃ (텅스텐)으로 TiO₂ (타이타니아)를 지지체로 하고 바나듐, 텅스텐, 몰리브덴 등이 첨가되었다.

실험에 사용한 표준 촉매의 단면은 150 × 150 mm이며 길이는 310mm를 갖는다. 이러한 촉매를 가로로 12개, 세로로 6개로 구성하여 모듈화 하였고 가로 12개, 세로 12개의 모듈을 HRSG 단면 가로 8,576 mm, 세로 21,175 mm에 배치하였다.

3.2.3 계측장치

유입가스의 질소산화물 농도를 측정하기 위해 촉매 전단에 질소산화물 농도계측기를 사용하였고, 배출되는 질소

Table 1 Catalyst specification for Incheon combined cycle power plant NO.2

Classification	Catalyst
Type	Honeycomb Type
Chemical composition	TiO ₂
Catalyst layer	1 Layer/Unit
Reactor size	TIMES
CENTIGRADE	320 ? 420
mmH ₂ O	28.2 at 100% Load

산화물의 농도를 측정하기 위해 배기 연돌 상부 53.7 m 지점에 질소산화물 농도 계측기를 설치하였다. 암모니아 저장탱크로부터 암모니아 분사장치로 암모니아를 이송하는 펌프의 유량을 측정하기 위해 암모니아 펌프의 후단에 질량유량 측정기를 설치하였다. 질소산화물의 농도와 암모니아의 유량은 분산제어시스템을 통해 기록이 되고, Human Man Interface 화면을 통해 실시간으로 수치를 확인할 수 있다.

3.3 실험방법

3.3.1 HRSG 중압 과열기 후단에서의 암모니아 분사

HRSG 중압 과열기 후단에서의 암모니아 분사실험은 Fig. 1 인천복합발전소 2호기 탈질설비의 구성을 나타낸 그림에서 HRSG 내부로 암모니아를 공급하는 밸브와 가스터빈 배기덕트 측으로 암모니아를 공급하는 두 개의 밸브 중 가스터빈 배기덕트 측 공급밸브를 차단한 상태에서 실시하였다. 가스터빈은 지멘스의 164 MW V84.3A 기종으로 파이로트 버너와 프리믹스 버너의 2단 버너를 가지고 있다. 실험방법은 2단 버너가 모두 점화되어 있는 상태에서 가스터빈의 출력을 올려 배기가스 유량을 점차 증가시켰을 때 HRSG로 유입되는 질소산화물의 농도, [ppm]이 각각 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm, 30 ppm으로 유입되는 시점에 가스터빈의 출력을 고정하고, 배출되는 질소산화물의 농도, [ppm]이 8.5 ppm이 되도록 암모니아의 분사되는 질량유량, m [kg/h]을 증가시켜가며 측정하였다. 기화기의 출구측 온도는 340 °C로 제어시스템에 의해 자동으로 유지되도록 하였다. 질소산화물 농도와 암모니아 질량유량의 측정은 순시값 사용에 따른 오차가 발생할 수 있기 때문에 10분 평균데이터를 취득하였다.

3.3.2 가스터빈 배기덕트에서의 암모니아 분사

가스터빈 배기덕트에서의 암모니아 분사실험은 Fig. 1 인천복합발전소 2호기 탈질설비의 구성을 나타낸 그림에서 HRSG 내부로 암모니아를 공급하는 밸브와 가스터빈 배기덕트 측으로 암모니아를 공급하는 두 개의 밸브 중 HRSG 내부위치로 암모니아를 공급하는 밸브를 차단한 상태에서 실시하였다. 실험방법은 HRSG 내부위치에서 암모니아를 분사하는 실험과 동일하게 진행하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 HRSG 중압 과열기 후단에서 암모니아 분사 시 암모니아 유량

Fig. 3은 HRSG로 유입되는 질소산화물의 농도, C_{in} [ppm]이 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm, 30 ppm으로 유입이 될 때 대기로 배출되는 질소산화물의 농도, C_{out} [ppm]을 8.5 ppm으로 유지하고, 촉매의 위치를 고정한 상태에서 HRSG 중압 과열기 후단에서 암모니아를 분사한 경우와 가스터빈 출구 배기덕트 위치에서 암모니아를 분사한 경우의 암모니아 질량유량, m [kg/h]을 측정하고 기록한 그래프이다.

그래프에서의 각 점은 순시 값 사용 시의 오차를 줄이기 위하여 10분 평균 유량 데이터를 취득하여 나타낸 값이다. 추가적으로 질소산화물의 유입농도를 10 ppm과 30 ppm 사이에서 고정하고 10분 평균 유량데이터를 취득한 값도

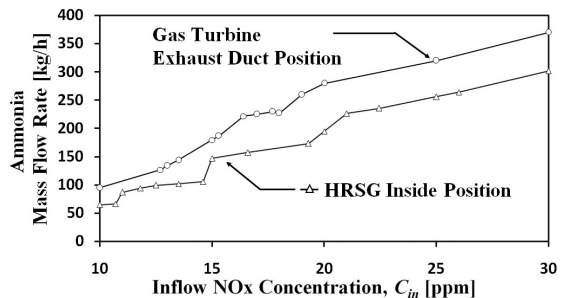


Fig. 3 Comparison of ammonia mass flow rate between two ammonia injection positions in DeNOx system of a horizontal HRSG

수평형 HRSG의 탈질설비에서 암모니아 분사위치 변동에 따른 암모니아 유량비교

그래프에 나타내었다. 2개의 유량 그래프 중 하부는 HRSG 중압 과열기 후단에서 암모니아를 분사하였을 때 사용된 암모니아 유량을 나타낸다. 질소산화물의 농도가 10 ppm으로 HRSG로 유입되었을 때 소비된 암모니아는 시간당 65 kg, 15 ppm으로 유입 되었을 때 시간당 147 kg, 20 ppm으로 유입되었을 때 시간당 195 kg, 25 ppm으로 유입되었을 때 시간당 256 kg, 30 ppm으로 유입되었을 때 시간당 302 kg으로 측정되었다. 질소산화물의 농도 증가에 따라 비교적 완만하게 비례하여 암모니아의 소비량이 증가하였다.

4.2 가스터빈 배기덕트에서 암모니아 분사 시 암모니아 유량

2개의 유량 그래프 중 상부는 가스터빈 배기덕트에서 암모니아를 분사하였을 때 사용된 암모니아의 유량을 나타낸다. 질소산화물의 농도가 10 ppm으로 HRSG로 유입되었을 때 시간당 95 kg, 15 ppm으로 유입되었을 때 시간당 180 kg, 20 ppm으로 유입되었을 때 시간당 280 kg, 25 ppm으로 유입되었을 때 시간당 320 kg, 30 ppm으로 유입 되었을 때 시간당 370 kg이 소비되었다. HRSG 중압 과열기 후단위치에서 암모니아를 분사하였을 때와 마찬가지로 질소산화물의 농도 증가에 따라 비교적 완만하게 비례하여 암모니아의 소비량이 증가하였다.

4.3 암모니아 분사위치 변동에 따른 암모니아 유량비교

HRSG 중압 과열기 후단에서 사용된 암모니아는 HRSG로 유입되는 질소산화물 최대 농도 30 ppm에서 8.5 ppm으로 저감 시 302 kg/hr, 가스터빈 배기덕트에서 사용된 암모니아는 370 kg/hr의 질량유량이 사용 되었다. 질소산화물 농도분포가 10 ~ 30 ppm일 때 암모니아의 유량은 가스터빈 배기덕트 암모니아 분사 방식이 HRSG 중압 과열기 후단 암모니아 분사 방식보다 평균 1.2배 정도 증가하였다. 비용으로 환산 시 사용기간 1년, 최대용량 사용, 이용률 60% 로 가정하였을 때 가스터빈 배기덕트 암모니아 분사방식이 1,997 ton을 사용하여 4억 7천만원, HRSG 중압 과열기 후단 암모니아 분사방식이 1,629 ton을 사용하여 3억 8천만원의 암모니아 구입비가 필요한 것으로 나

타났다. 이는 가스터빈 배기덕트 암모니아 분사방식이 1년 동안 8천 6백만원의 암모니아 구입비가 추가적으로 소요되며 HRSG의 통상적인 수명 30년 운영을 고려했을 때 26억원의 암모니아 비용이 추가적으로 필요하다는 것을 나타낸다. HRSG 중압 과열기 후단에서 가스터빈 배기덕트로 암모니아의 분사위치 변동시에 HRSG 최고온부에 위치한 과열기와 재열기의 증기발생량 감소에 주는 영향은 미미하였다.

1990년대에 설치된 HRSG의 경우 HRSG 내부에 암모니아 분사장치와 촉매 모두를 설치할 수 있는 공간이 없다. 따라서 HRSG 내부에는 촉매만을 설치하고 가스터빈 배기덕트 위치에 암모니아 분사장치를 설치한다면 30년 동안 최대 26억원의 암모니아 구입비가 더 소요될 수 있다. 그러나 HRSG 신규 건설비용이 100~200억원이 소요되는 것을 감안한다면 가스터빈 배기덕트에 암모니아 분사장치를 설치하는 것이 훨씬 경제적이라고 할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 인천복합발전소 2호기 수평형 HRSG의 탈질설비에서 촉매의 위치를 고정하고 암모니아 분사장치를 HRSG 중압 과열기 후단에서 가스터빈 배기덕트로 변동하여 암모니아 유량의 변화를 실험하였다. HRSG로 유입되는 질소산화물의 농도, C_{in} [ppm]이 10~30 ppm으로 변할 때 대기로 배출되는 질소산화물의 농도, C_{out} [ppm]을 8.5 ppm으로 유지하였고 암모니아 분사위치에 따라 사용된 암모니아 질량유량, [kg/h]을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 가스터빈 배기덕트에서의 암모니아 분사방식은 HRSG 중압 과열기 후단분사 방식에 비해 암모니아 유량이 평균 1.2배 증가하였다. 사용기간 1년, 최대용량 사용, 이용률 60% 가정 시에 암모니아 유량은 가스터빈 배기덕트 위치가 1,997 ton, HRSG 중압 과열기 위치가 1,629 ton이 소요되어 HRSG 수명인 30년 운영을 고려한다면 가스터빈 배기덕트 위치가 HRSG 중압 과열기 후단 위치에 비해 추가적으로 11,037 ton이 소요되는 것으로 나타났다.

2. HRSG 내부에 탈질설비 모두를 설치할 수 없는 경우 HRSG 내부에는 촉매만 설치하고 설치공간이 많이 필요한 암모니아 분사장치는 가스터빈 배기덕트에 설치한다면 30년간 최대 26억원의 암모니아 비용이 추가적으로 소요될 수 있으나 HRSG를 새로 짓는 비용보다 훨씬 경제적이기 때문에 가스터빈 배기덕트에 암모니아 분사장치를 설치하는 것이 추천된다.

참고문헌

(1) Related Ministries of Government, 2017, Com-prehensive Measurement of Fine Dust Management, Related Ministries of

Government, pp. 4 ~ 11.(2) Korea Power Learning Institute, 2010, Prac-tice of Thermal Power Generation II, Korea Power Learning Institute, pp. 803.(3) Korea Power Learning Institute, 2015, Pr-actice of Boiler Operation, Korea Power Learning Institute, pp. 436.(4) Korea Power Learning Institute, 2006, Atmo-spheric and Environmental Practice, Korea Power Learning Institute, pp. 112.(5) Ministry of Environment, 2018, Enforcement Regulations of the Air Quality Preservation Act, Article 15, Law 16, Paragraph 1, Annex 8.