

PE7)

습식 배연탈황공정에서 GGH 누설률 평가식의 수정

Modification of GGH Leakage Evaluation Equations  
in Wet FGD System

천성남 · 안영모 · 장경룡

한전전력연구원 발전연구실 수화학환경그룹

1. 서 론

습식 배연탈황 공정에서는 흡수탑 내에서의 황산화물 흡수율을 높일 목적으로 흡수탑으로 유입되는 배기가스를 약 50℃까지 냉각하고, 처리된 배기가스는 연돌에서의 자연 통풍력을 확보하고 연돌 배출 후 수분의 응축으로 인한 백연(white plume)의 문제를 방지하고자 통상 90℃ 이상으로 가온하는 것이 일반적이며 이를 위해 다양한 형식의 열교환기가 설치 운영되고 있다. 탈황공정에서 흔히 GGH(gas to gas heater)라 불리는 Ljungstrom 방식의 열 교환기는 미처리된 고온가스와 처리된 저온 가스가 회전하는 열교환소자로 이루어진 영역을 지나면서 열 교환이 이루어지는 형태로 회전 부위 및 두 가스흐름의 구분 판(sector plate) 등에서 필연적으로 처리가스 흐름 중으로 미처리 가스의 누입이 일어나게 된다. 탈황공정에서 미처리 가스는 처리 가스에 비해 약 10배 정도 고농도이며 GGH에서 누설된 미처리 가스는 이후 별다른 제어공정을 거치지 않고 연돌을 지나 대기 중으로 바로 배출되며, 탈황설비의 운영 관점에서 보면 GGH에서의 누설에 따른 연돌의 배출 농도가 배출허용기준치 이하가 되도록 공정의 운전 목표치를 선정해야하는 점을 고려하면 누설률을 정확히 평가할 필요성은 높은 것으로 판단된다. 탈황공정에서 처리 또는 미처리된 배기가스는 GGH를 통과하는 동안 온도 및 압력이 달라지고 습도의 변화 등에 따라 가스 조성이 달라지게 된다. 따라서, 본 고(稿)에서는 이들의 영향을 고려한 수정된 누설률 평가식을 제안하고 이들을 발전소 탈황공정의 운전자료를 이용 GGH 누설률을 평가한 후 그 결과를 보고하고자 한다.

2. 연구 방법

각종 산업 공정에서 사용하는 열교환기는 두 개의 매체가 전열면에 의해 완전히 분리된 non-leakage type과 Ljungstrom 방식처럼 회전하는 열교환 소자(element)에 두 가스 흐름이 접촉하는 leakage type으로 대별된다. Ljungstrom 열교환기에서는 전열면이 회전하면서 뜨거운(hot) 배기가스 영역과 차가운(cold) 배기가스 영역을 교대로 접촉하게 되므로 회전부위와 고정부 사이의 간극 및 두 가스 흐름을 분리하는 seal plate 간극 등을 통해 일어나는 direct leakage와 전열면이 서로 다른 가스 흐름으로 들어가기 직전에 소자 내에 들어간 가스가 반대편의 가스 흐름에 포함되는 entrained leakage로 대별되며 전자의 크기를 결정짓는 요인은 간극, 오리피스 계수 및 가스 흐름 간의 압력 차이이며 후자는 전열면의 크기와 회전수에 의해 결정된다. 탈황공정에 사용되는 GGH의 누설에 기여하는 direct leakage와 entrained leakage의 비는 보통 65:35 정도인 것으로 알려져 있다. GGH에서의 가스 누설은 종국적으로 연돌을 통해 배출되는 배기가스 중의 황산화물 농도를 높이게 되므로 이를 최소화하기 위해 전자에 대한 대책으로 radial seal, axial seal 등이 사용되고 후자를 위해서는 scavenging fan을 사용하고 있다.

본 연구에서는 탈황공정의 GGH에서 일어나는 누설을 평가의 정도(精度)를 높이기 위하여 기존의 누설률 평가식에 GGH 전·후단에서의 온도, 압력 및 배기가스 조성의 변화를 고려할 수 있는 수정식을 구할 목적으로 GGH 시스템을 그림 1과 같이 단순화하고 각 배기가스 흐름에 대한 오염물질 수지에 근거한 평가식을 제안하였다. 또한, 수정된 계산식과 기존의 계산식을 S 발전소 GGH 운전 자료 이용하여 평가하고 이들의 차이를 비교하였다.

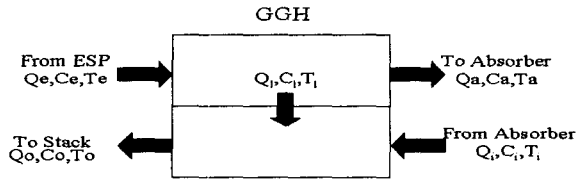


Fig. 1. Simplified GGH system for leakage evaluation.

### 3. 결과 및 고찰

GGH 전·후단에서 hot 및 cold 가스의 온도, 입력 및 조성의 변화가 없다고 가정하는 경우의 일반적인 누설을 평가식은 식(1)처럼 표현된다.

$$L = \frac{Q_i}{Q_o} = \frac{(C_o - C_i)}{(C_i - C_o)} \quad (1)$$

그러나 GGH 전·후단에서는 흡수탑으로 들어가고 또 흡수탑으로부터 나오는 배가 가스가 교차되므로 두 가스 간에 온도 및 압력의 변화가 있게 되며 이 경우 누설을 평가를 위해서 식 (1)을 (2) 처럼 수정하였다.

$$L = \frac{Q_i}{Q_o} = \frac{(C_o \frac{760 + P_i}{273 + T_i} - C_i \frac{760 + P_i}{273 + T_i})}{(C_i \frac{760 + P_i}{273 + T_i} - C_o \frac{760 + P_i}{273 + T_i})} \quad (2)$$

또한, GGH에서는 전열면을 지나면서 배기가스가 온도 변화를 겪게 되고 이에 따라 흡수탑에서 수증기로 포화되어 배출된 처리 가스는 GGH를 지나면서 수증기가 기화되어 가스 체적의 변화를 가져올 것으로 기대된다. 가스 조성의 변화를 GGH에서의 수증기량 변화를 기준으로 계산하고 이를 고려해서 구한 누설을 평가식을 식(3)과 같이 제안하였다.

$$L = \frac{Q_i}{Q_o} = \frac{(C_o \frac{760 + P_i}{273 + T_i} - C_i \frac{760 + P_i}{273 + T_i} - \frac{Q_w}{Q_i} C_o)}{(C_i \frac{760 + P_i}{273 + T_i} - C_o \frac{760 + P_i}{273 + T_i})} \quad (3)$$

그림 2에는 위에 나타낸 수정된 누설을 평가식과 기존의 누설을 평가식을 습식 배연탈황공정이 운전 중인 S 발전소의 GGH 설비의 운전 자료에 적용하여 연돌을 통해 배출되는 아황산가스의 농도를 계산한 결과를 나타낸 것으로 누설률이 증가할수록 평가 오차가 커지고 온도에 의한 보정 효과가 큰 것으로 나타났다.

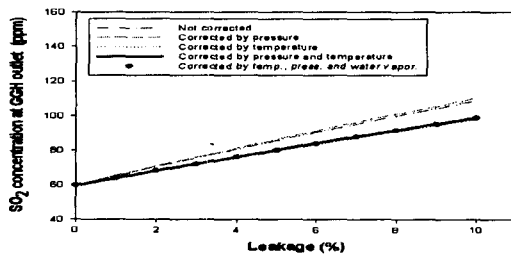


Fig. 2. Calculation results of SO<sub>2</sub> concentration using modified leakage evaluation equation at GGH outlet.