

배연탈황설비



권정순

화력발전소 Boiler의 배기가스 중 환경유해성분인 황(SO₂) 성분을 제거하는 배연탈황설비에 대해 소개하고자 한다.

탈황설비의 기초이론

배연탈황설비(flue gas desulfurization system)란 일반적으로 화석연료를 보일러에서 연소시킬 때 연료 중 함유되어 있는 유황성분이 연소되어 배출되는 연소가스의 성분 중 하나인 황산화물(SO₂)을 알칼리 흡수제를 이용하여 흡수, 산화, 중화 및 흡착 등의 물리, 화학적인 방법으로 제거하여 청정가스를 연도로 배출하는 설비를 말한다. (대기환경보전법 제9조 별표7 황산화물 배출허용기준 270ppm)

이러한 배연탈황설비는 흡수제의 형태에 따라 습식과 건식으로 나누어지며 또한 반응생성물의 회수, 활용에 따라 재생법과 비재생법으로 구분할 수 있다. 현재 전 세계적으로 널리 사용되는 것은 습식석회석-석고법(wet limestone scrubbing with forced oxidation)으로 공정이 간단하고 운전이 용이하며, 사용되는 흡수제의 가격이 저렴하고 풍부하며, 대용량 발전소에 적용이 가능하여 전체 설치용량의 80% 이상을 점유할 만큼 운전실적이 가장 많은 설비이다.

흡수제로서는 석회나 석회석을 사용하며, SO₂를 제거하는데 있어서 반응 부산물로는 석고가 생산된다. 이러한 습식 석회/석회석

을 이용한 흡수설비는 흡수제의 사용량이 작고 SO₂의 제거효율도 90% 이상으로 매우 높으며, 또한 일반적으로 상용화 할 수 있는 고품질의 석고가 부산물로 생성된다는 장점을 가지고 있다.

탈황설비의 목적

이제 소개할 설비는 당사에서 시공중인 당진화력 발전소 1~4호기 배연탈황설비로 독일의 Steinmuller사의 설계개념을 바탕으로 한 강제 산화방식의 개방형 분무탑형(open spray tower type)습식석회석 설비로 발전소 보일러 후단의 전기집진기(EP)에 의해 분진이 제거된 연소가스 중의 SO₂를 95% 이상 제거하여 청정가스를 대기중에 배출하는 것을 목적으로 하고 있으며, 부산물로 상업용 석고도 생산되고 있다.

탈황설비의 개요

탈황설비의 구성은 크게 배연가스설비(flue gas system), 흡수탑(absorber system), 석회/석회석제조설비(limestone preparation system), 석고처리설비(gypsum dewatering system) 및 폐수처리설비(waste water

treatment system)의 다섯 개의 부시스템으로 구성되어 있다. 또한 연소가스의 분진농도가 높거나 염소성분에 의한 흡수탑 부식이 예상되는 경우와 부산석고의 순도를 높이기 위해 프리스크리버(prescrubber)를 설치하기도 한다.

배연가스설비는 보일러 부하변동에 대하여 무리 없이 운전할 수 있도록 설계되었으며, 유인송풍기를 지난 연소가스가 배연탈황설비로 인한 압력손실을 보충하기 위하여 부스터송풍기에 의해 승압되어 가스온도조절기를 거쳐 일차적으로 냉각된 후 흡수탑으로 인입된다.

부스터송풍기 전단에 우회 라인이 설치되어 초기 가동시나 운전조건 교란 등의 과도 운전시 자동이나 수동으로 연소가스를 우회시킨다.

부스터송풍기를 거쳐 들어온 가스는 약 120°C의 고온이므로, 흡수탑 전단에서 폐열을 흡수하여 흡수탑에서 스크리빙 현상을 좋게 하고 후단에서는 전단의 폐열을 GGH를 이용하여 공급받아 굴뚝에서의 백연(white plump) 현상을 방지하였다. GGH에는 굴뚝과 보충수를 공급하여 가열기를 주기적으로 청소하여 효율을 좋게 해주고 압력강하를 줄여주며 효율을 좋게 해준다.

흡수탑에서 제거된 SO₂ 가스는 GGH로 재가열(85°C~110°C)하여 굴뚝으로 배출되며 탈황설비의 부산물로 발생하는 석고는 1차 탈수장치인 하이드로사이클론(hydrocyclone)을 거친 후 2차 탈수장치인 진공벨트여과기(vacuum belt filter)를 거쳐 수분이 10% 이하, 순도 95% 이상의 상업용 석고를 생성한다.

탈황설비의 구성

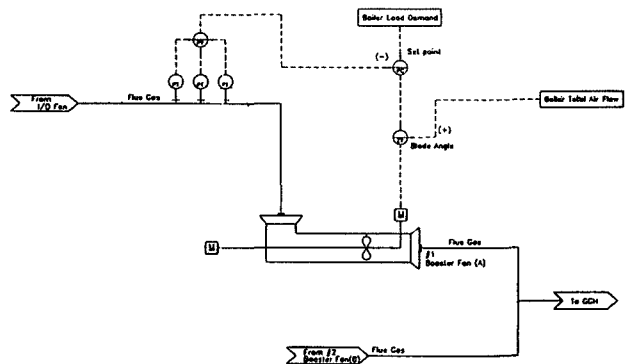
배연가스설비

발전소 보일러에서 배출된 배연가스는 보일러 유인송풍기에 의해 배연탈황설비로 보내지게 되는데 이 배연가스는 부스터송풍기로 다시 승압하고 가스/가스 가열기를 통과하면서 온도를 낮추어 흡수탑에 인입된다.

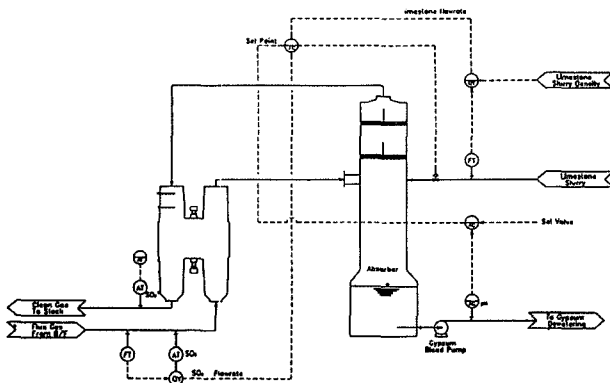
흡수탑에서 탈황처리된 가스는 배연탈황설비가 습식이므로 수분 포화온도 내인 약 40°C ~ 50°C가 되어 덕트 및 굴뚝의 부식을 초래하고, 굴뚝을 나온 가스의 백연현상으로 인한 발전소 주변의 환경오염을 유발시키게 되므로 이를 방지하기 위하여 배연가스의 온도를 약 85°C ~ 110°C로 재가열하여 굴뚝으로 배출한다. 그림 1은 배연가스의 통풍제어 계통도를 보여주고 있다.

흡수탑

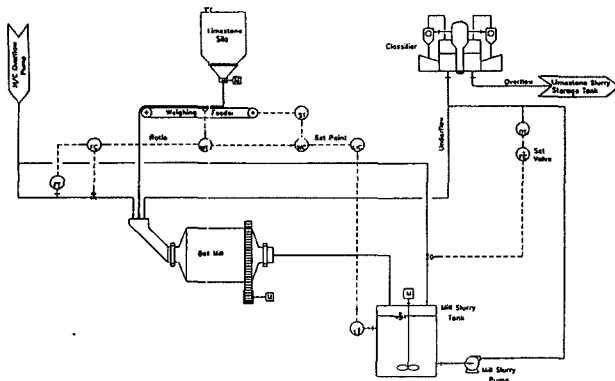
배연탈황설비의 주설비로서 GGH를 거쳐 흡수탑에 인입된 배연가스는 흡수탑 상부에 설치된 분무노즐에서 분사하는 석회용액(limestone slurry : CaCO₃)에 의해 기체/액체 반응하여 SO₂가 제거된 뒤 배연가스가



〈그림 1〉 배연가스 통풍제어



〈그림 2〉 탈황 및 슬러리 pH 제어 계통도



〈그림 3〉 시동시 슬러리탱크의 레벨제어 계통도

함유한 미스트를 제거하는 미스터 제거기를 통과하여 다시 GGH로 보내지게 되고, 하부에는 SO₂와 석회석이 반응하여 CaSO₄와 같은 고형침전물로서 슬러지가 생성되는데 사용 가능한 석회석 슬러리는 다시 흡수탑 상부로 보내(recirculation system) 사용하고, 침전된 석회석 슬러리는 교반기로 슬러리 고착을 방지하면서 공기브로어로 산소를 공급하여 sulfite를 sulfate로 산화시켜 석고 탈수 장치로 보내져 석고로 만들어진다. 그림 2는 탈황 및 슬러리 pH 제어시스템의 계통도를 보여주고 있다.

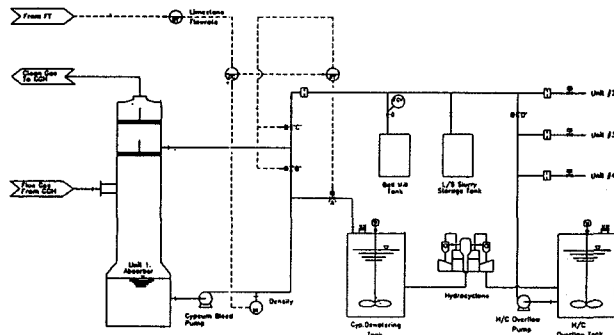
■ 석회석 준비 설비

흡수탑의 배연가스와 반응하여 SO₂를 제거하는 석회석을 준비, 공급하는 시스템으로 천연결정인 석회석(CaCO₃) 덩어리들을 계량공급용 계량대를 통과시켜 선별하여 습식 볼 파쇄기(wet ball mill)라는 설비로 미세하게 분쇄하여 석회석 저장 사일로에 저장되었다가 분체 이송설비에 의해 석회석 일일 저장탱크로 이송되어 흡수탑에 공급된다. 그림 3은 시동시의 슬러리 탱크의 레벨제어 계통도를 보여주고 있다.

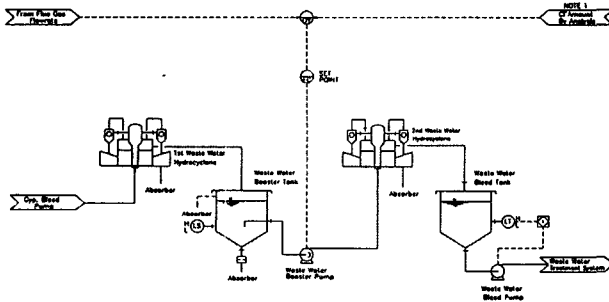
■ 석고탈수 설비

흡수탑에서 나오는 석고슬러리를 농축(thickening), 탈수(dewatering)의 과정을 거쳐 시멘트 첨가제, 토양개발제 또는 석고보드 제품에 사용하는 석고고체를 만들어 내는 설비는

- 1 단계 : 하이드로사이클론 혹은 농축기(와류가 없는 원심분리형 분리장치로 원심분리와 용액의 전달력을 결합시켜 고체를 분리하는 장치로 40 ~ 60%의 석고고체가 생성된다.)
- 2 단계 : 진공벨트여과기(석고슬러리가 진공이 유지된 구역을 지나면서 여과층으로 슬러리가 흡입되어 고형물 케이크(95% 석고고체)가 만들어진다.)



〈그림 4〉 석고 생성 제어 계통도



〈그림 5〉 폐수처리 제어 계통도

상기의 과정으로 만들어진 석고는 석고저장소로 보내져 2차 생산재로서 활용하게 된다. 그림 4는 석고 생성 제어 계통도를 보여주고 있다.

폐수처리 설비

석고산화과정에서 발생하는 물질은 석고

와 중금속들의 오염물질이 함유된 폐수 (0.05~0.2 gpm/mw) 등이 발생된다. 이 배출 폐수는 산성으로 염분농도가 높고 부유물질 중금속 Chloride, Fluoride 등이 함유되어 있으며 COD가 높다. 또한 석고가 농축된 환경에서 폐수가 발생하므로 석고 함량이 높으며 마그네슘, 알루미늄 및 철 등이 함유되어 있다.

이러한 폐수를 응집, 침전방식(physico-chemical)을 거쳐 처리한다.

그림 5는 폐수처리설비의 계통도를 보여주고 있다.

향후 전망

배연탈황설비는 환경의 중요성이 증대됨에 따라 정부의 관심도 커지고 있으며 세계적인 인식도 더욱 확대되어지고 있다.

향후, 환경규제 차원에서 뿐 만 아니라, 환경을 보전하기 위하여 배연탈황설비는 계속 추진되리라 본다.

〈기획 : 김병주 이사(bkim@wow.hongik.ac.kr)〉