

전기집진기의 발전

박기서

한국코트렐(주) 기술연구소 부장

1. 개요

전기집진기는 Dr. Cottrell에 의하여 1908년 캘리포니아의 DuPont Powder Work에서 Fume과 Dust를 처리하기 위한 장치로 최초로 상업화되었으며, 한국 내에서 본격적으로 이용되기 시작한지도 어느덧 약 25년 정도가 흘렀다. 이는 한국코트렐의 설립역사와 궤를 같이 한다고까지 말 할 수 있으며 그간의 꾸준한 기술 개발과 국산화 등은 비교적 이러한 기술부문의 체계화와 자립화를 이루기에 손색이 없다고 하겠다. 전기집진기는 기본적으로 장치의 Upstream으로부터의 교란에 대하여 유연하게 대응할 수 있어야 하며 또한 주설비의 신뢰도를 보장해 줄 수 있을 만큼 설비의 안정성을 보장해 줄 수 있어야만 한다. 이 기술 자료는 그간의 많은 자료들이 전기 집진기에 국한된 기술을 소개한데 대하여 비교적 공정기술(Process Technology)적인 측면과 연관기술 등과의 관계에서 이 분야의 발전방향을 기술하는데 초점을 맞추었다.

가. 基本 發展 現況

전기 집진기는 앞서서도 언급한 바와 같이 발전소, 제철소, 시멘트공장, 정유공장, 유리공장 등 분진 발생이 우려되는 부문에 폭넓게 이용되어 왔다. 그러나 이러한 전기집진기는 공정상의 설비로서 계통의 요구가 변화함에 따라서 부득이하게 그 기능의 정의나 개념도 변모할 수밖에 없었다. 예를 들어 석탄 발전소에서는 최근 3~4년 사이에 탈황설비가 설치됨에 따라서 최종적으로 배출 분진을 조절하는 장치라기보다는 탈황설비의 부생 석고의 질을 유지하고, 석회석

눈막음(Limestone Blinding) 현상을 일으키지 않는다는 조건을 충족하여야 하는 등 과거와는 그 기능과 효율 등에 대한 기대가 바뀌게 되고 이에 따라서 그 이용도 다양하게 변하고 있다고 하겠다.

여기서는 최근의 전기 집진기의 발전을 살펴보고자 한다. 발전소의 연소가스는 Economiser를 떠난 후에 Air Preheater를 거쳐서 전기집진기에서 분진 처리가 이루어진다.

현재 당진화력 등의 석탄화력 발전소의 기준은 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 의 배출 농도를 관리하고 있으며, 이는 배연 탈황설비가 설치되어 있는 경우 최종적으로 연돌에서의 배출 보증 농도인 $40\text{mg}/\text{Nm}^3$ 을 유지하는데 별다른 어려움이 없다. 국내의 석탄화력 발전소용 전기집진기는 소위 "Cold Side ESP"로 구성되었는데 이는 Air Preheater의 후단에 전기집진기를 설치하는 방식이다. 한국전력에서 설치한 바 있는 "Hot Side ESP"는 보령화력 1, 2호기로서 1982년경에 시운전되다가 "Cold Side ESP"로 개조되었다.

나. 새로운 Process Concept를 적용한 저저온 전기집진기

발전소에서의 전기집진기는 산 노점 온도를 기준으로 하여 건식과 습식의 적용으로 나뉘어지게 된다. 즉 산 노점 온도보다 낮은 온도에서 운영되는 전기 집진기는 일반적으로 결로 현상에 따른 부식 등이 우려될 때 또 분진들의 수분 함유량이 많아져 단순한 기계적인 탈진 장치로서는 적절한 탈진이 이루어지지 못하게 될 때 물에 의한 세척을 하는 습식 전기 집진기를 설치하여야 하는 것으로 알려져 왔다. 이러한 개념에 대하여 일본의 일부 석탄 화력 발전소에서는 지난 4~5년간에 걸쳐서 저저온 전기집진

기("Low-Low ESP")에 대한 실증적인 접근을 하여 왔다.

이러한 접근에는 석탄의 비회(Fly Ash)양이 매우 많으므로, 비록 산 노점온도보다 낮은 온전 온도에서 운영된다고 하더라도 분진들이 흡수하는 수분의 양은 탈진되기에 충분할 것이라는 가정 하에 실증적인 검토에 들어간 바 있었다. 이러한 가능성에 대해서는 전기집진기 외에도 전단의 Air Preheater 등을 포함한 설비 전반에 걸쳐 기술 사항을 검토하였다. 이러한 논의는 이미 1997년의 EPRI Meeting에서 MHI 등에 의하여 발표된 바 있고, 일부 일본의 전력 생산관련 논문 등에도 발표된 바 있으나, 아직까지 국내에서는 별다른 관심을 끌고 있지는 못한 상황이다. 일본의 기술 검토를 결론적으로 말하면 이러한 기술이 일부 전력 생산 공정상에서는 아직 보완을 필요로 하기는 하지만 건식 전기집진기를 분진 제어를 위하여 적용할 수 있다고 판단되며, 기술적 경제적으로도 타당성이 있다고 말할 수 있겠다.

다. Material Concept의 變化

전기집진기용 재질 또한 다양하게 변모하여 왔다. 일반적으로 방전극과 집진판 등으로 구성된 내장품들은 과거의 단순한 건식 전기집진기에서는 일반 탄소강을 주로 하여 사용하여 왔으며, 단지 적용 온도에 따른 기계적 강도의 저하 등의 이유로 고장력 탄소강이나 스테인레스 등이 이용되어 왔다. 최근 일본에서는 발전소에서 $70\sim 90^\circ\text{C}$ 정도의 온도에서 가동되고 있는 "Low Low ESP"는 Casing 등에 비교적 고가인 SUS314L이나 SUS316LM 등을 이용하기도 한다. 최근들어 나타나는 또 하나의 경향은 탈황 설비 후단에 습식 전기집진기나 탈황설비를 하지 않고 전기집진기만으로 분진 규제가 가능한 습식 전기집진장

치에서도 이러한 재질 선택이 중요한 기술적 사항으로 부각되고 있다는 점이다. 즉 일부 발전소에서는 탈황설비 후단의 Mist를 최소화하며, 또한 SO₃ Mist를 줄이기 위한 최적의 대안으로서 습식 전기집진기가 검토되는데 이러한 특수한 습식 전기집진장치의 경우에는 기존의 일반적인 재질 이외에도 C276이나 6% Mo 등의 니켈 합금류나 FRP 등의 내식성 재질이 집진장치의 내장품으로 점차 많이 사용되고 있다.

습식 전기 집진장치는 2000년 이후에는 미국 등의 일부 시장에서 본격적으로 그 이용이 증가될 것으로 예견되는 바, Pilot 규모의 습식 전기 집진장치를 직접 운영함으로써 사용되는 재질 검토가 이루어질 것으로 보인다. 이는 특히 Washing Cycle을 어떻게 운영하는 것이 바람직할 것인가 하는 점과도 연관되어 있는 등 Process Equipment로서의 전기집진기술이 본격적으로 발전하고 검토되는 계기가 될 것으로 보인다.

라. PPCP Technology

전기집진기술의 하나로써 새롭게 전세계의 관심을 집중시키고 있는 부문은 바로 PPCP(Pulse Plasma-induced Chemical Process) 기술이다. 작년 경주에서 개최된 제7차 국제 전기집진기 학회에서도 많은 논문에서 이러한 부문에 대하여 언급하였다. 기존의 건식 전기집진기 기술을 보다 진보적으로 발전시키기 위해 국내에서는 한국코트렐, 한국중공업, 한전 전력연구원, 삼성중공업 등이 많은 연구를 진행하여 왔다. 이 기술은 전체적인 설비구조 상으로는 전기 집진기의 원리와 유사하나, 고도로 개량된 Pulse Plasma 전원 장치를 이용하여 배 가스내에 다량의 Radical을 생성하여 이러한 Radical을 가지고 고도 산화과

정을 통하여 안정화된 NO나 SO₂ 등을 반응성이 좋은 형태로 변화시켜 2차적인 화학반응이나 흡수를 통하여 제거하는 방식이다. 이러한 장치는 또한 VOC의 효과적인 제거까지 가능하므로 아직까지는 약 10,000 Am³/hr 정도의 규모에서 실험이 이루어지고 있는 정도이지만 향후에는 상업화 부문으로서 점차 각광받을 것으로 예상된다.

국내에서는 보령화력 발전소에서 Pilot Scale의 NOx 제거 실험이 진행되고 있으며, 납제련공정에서의 적용예로는 20,000Am³/hr의 비교적 큰 설비규모로 SOx 및 NOx 저감에 대하여 심도있는 연구가 진행되고 있다.

현재 선진국 중에는 캐나다, 러시아, 일본 등에서 이러한 부문에 대해 많은 연구가 진행되고 있다.

마. 전기집진기의 복합화 기술개발

전세계적으로 모든 엔지니어들은 설치의 최적화를 위하여 끊임없이 노력하고 있으며 전기집진기 부문도 그러하다고 할 수 있다. 전기집진기의 장점이자 단점은 설비의 크기가 요구되는 효율의 지수승에 비례한다는 데 있다. 과거에 석탄화력 발전소에서 단순히 100~300mg/Nm³의 집진 성능을 요구하는 경우에는 전기집진장치가 가장 경쟁력 있는 방안이라는데 지난 30년간 별다른 이의가 있을 수 없었다. 그리고 그것은 현재 탈황설비들이 설치되어 있는 대부분의 석탄화력 발전소에서도 사실이다. 그러나 후단부에 별다른 추가적인 세정탑이 없는 경우, 10~20mg/Nm³을 안정되게 유지하는데 과연 전기집진기만이 유일한 해법이나에 대한 신중한 검토가 있어 왔으며, 이에 대한 하나의 대안으로서 전기집진기와 여과식 집진장치를 직렬로 연결하여 각각의 기능을 극대화하는 기술적 제안이 있었고, 이를 구체화하기에 이르

렸다. 이러한 기술은 기본적으로는 전기 여과 집진기
술과 미세분진의 여과포에서의 거동에 대한 주의 깊
은 연구가 없이는 불가능한 부분이며, 동시에 운전중
인 여과포 표면에서의 유체의 운동에 대한 세심한 연
구를 바탕으로 설계될 수 있는 부분이다. 현재 가장
많은 실증적인 검토가 이루어진 부분은 호주의
Howden 등이 참여한 EPRI Project 중의 하나인
COHPAC (Compact Hybrid Paarticulate
Control)으로서, 최근에도 Hamon Research
Cottrell에 의하여 미국에서 275MW급의 석탄 발전
소인 Gaston 3호기에 설치되는 등, 분진 제어의 중
요한 대안의 하나로 자리잡아 가고 있다.

이러한 기술은 연구 초기의 문제점들이 지난 4~5
년간의 실증적인 운영을 통하여 개선되어 가고 안정
화되고 있는 추세이다.

바. 전기집진기의 성능 개선 방식에 대한 검토

장기간 운영하여 온 전기 집진장치에서 집진 성능
을 개선하기 위한 기술적인 검토와 관련된 사항은 비
단 어제 오늘의 일은 아니다. 특히 발전소 등의 여건
을 감안 할 때에 우리 나라도 이제 20년 가까이 운영
하여 온 발전소가 점차 늘고 있으며, 이러한 발전소의
경우 전기집진기 개선 작업에 대한 검토는 주어진 각
종의 발전소 여건을 감안할 때 단순히 집진 면적을 늘
리면 되는 간단한 문제는 아닌 것이다. 몇 가지 대안
으로서의 소위 FGC(Flue Gas Conditioning) 장
치의 적용이라거나, 신형 Power Supply의 적용 탐
재, Moving C.E.Design의 이용, 보다 면밀한
Integrated DCS system 운영 등을 들 수 있다. 그
러나 이러한 문제를 체계적으로 검토할 수 있는 기술
적 배경을 갖춘 기관이 국내에는 많지 않다는 점과 해

외 운영 사례에만 의존하는 현재의 상황, 그리고 대다
수의 업체가 열악한 환경설비 업체라는 것 등을 감안
할 때, 많은 경우에 있어 국내에서의 검토가 단순한
사례 수집의 차원을 넘어서 기술 축적으로까지 가기
에는 어려움이 많을 것으로 보인다.

현재 국내 석탄 발전소에서는 보령화력 발전소와
삼천포 화력 등에서 SO₃ 가스를 주입하는 조절장치
를 운영하고 있으며, 일부 발전소에서는 TEA를 주
입하는 등 조절 장치의 운영 쪽으로 관심이 쏠리고
있는 상황이지만, 점차 신형의 Power Supply와
Control 시스템의 보완 작업을 통한 노력도 병행되
어 나타날 것으로 보인다. 미국의 경우에는 SO₂ 가
스 주입이나, ADA-34, ADA-23 등이 사용되고 있
지만, 아직은 많은 경우에 SO₃ 가스 주입 장치가 선
호되고 있다.

3. 맺음말

전기집진장치에 대하여서는 국내에서도 많은 연구
개발이 이루어져 왔으며, Conventional 전기 집진
장치의 경우에는 이러한 노력의 결과 상당한 진보
가 이루어지고 기술적 기반도 갖추게 되었다. 그럼에
도 불구하고 앞에서 설명한 해외 전기집진장치와 관
련된 실질적인 기술 개발은 국부적으로 이루어진 정
도이거나 실용적으로는 거의 진행되고 있지 못한 상
태이다. 이는 기본적으로 설비 공급자와 설비 운영자
와의 상호 설비 개발에 대한 이해의 부족, 신뢰의 부
족, 기술 개발의 의지 부족 등이 이유가 될 수 있겠
다. 현재의 국내 기술 수준을 한단계 높여서 국제적
인 경쟁력을 갖추기 위해서는 그러한 점에서 설비 업
체의 기술 개발에 대한 집념과 이에 못지 않게 설비
운영을 담당하고 있는 회사간의 끊임없는 문제 의식
과 기술 개발 정신이 필요한 때라고 하겠다. ■