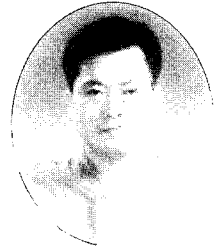


발전소 보일러 계통수처리 방식 변경에 따른 폐수발생 및 유독물사용 저감 사례



김 용 철
태안화력본부 환경관리부 대기환경과장

I. 사업소 소개

충남 태안군 방갈리에 자리잡은 한국전력공사 태안화력본부는 2000년 서해안시대의 안정적 전기공급을 목표로 '95년 6월 1호기가 준공한 이래 총 4개 호기가 연간 1,400만MWh의 전력을 생산하고 있으며 현재 5·6호기가 2002년 준공을 목표로 건설중에 있다.

환경친화적 발전소 건설을 지향하며 건설된 태안화력은 설계부터 환경친화적 발전소 개념을 도입하여 배연탈황설비, 고성능 전기집진기, 저 NOx 버너, 고효율의 폐수처리설비 설치가동은 물론 발전설비 외관을 개선하여 주변환경과 조화로운 발전소 운영에 앞장서고 있다.

그간 환경친화적 발전소 운영으로 '96년 미국 Power Engineering지로부터 최우수 발전소상, '97년 환경부로부터 환경친화기업으로 지정된데 이어 올해 환경부와 매일경제신문사가 공동주최한 매경환경경영대상 및 해양수산부장관 환경우수업체 표창을 수상하게 되었다.

II. 사례연생배경

본 사례는 초임계압 발전소인 태안화력 2호기를 대상으로 계통수처리 방식을 변경함으로써 계통수 관리 신뢰성을 향상시킴은 물론 동시에 폐수 발생량 및 유독물 사용량을 대폭적으로 저감시킨 사례이다.

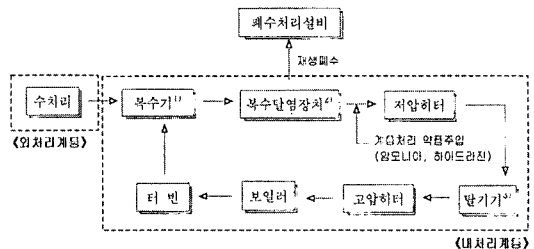
III. 연 황

1. 발전설비 현황

설비명	구 분	내 용
보일러	형 식	초임계압, 관류형, 변압운전
	용 량	증발량: 1,720톤/시간/호기
	증기조건	압력: 225kg/cm ² , 온도: 541℃
터 빈	형 식	직렬 4류식 재생재열 복수식
	용 량	550MW × 4기
	증기조건	압력: 246kg/cm ² , 온도: 538℃
발전기	형 식	수소냉각식, 전폐3상, 60Hz 동기발전기
	용 량	612MVA × 4기
	전 입	22kV

2. 보일러수 계통도

태안화력발전소의 보일러수는 크게 순수생산을 위한 외처리계통과 계통수(보일러수) 수질관리를 위한 내처리계통으로 나누어지며 개략적 계통도는 아래와 같다.



리포트 - II

- 1) 복수기(Hot Well) : 열효율 향상을 위해 일을 마친 터빈배기를 진공상태에서 응축시켜 복수로 만드는 장치
- 2) 복수탈염장치(Condensate Polished Plant) : 계통수내의 부식생성물과 불순물을 이온교환방법으로 제거하는 장치
- 3) 탈기기(Deaerator) : 계통수 용존산소를 기계적 방법으로 제거하는 설비

3. 보일러 계통수처리

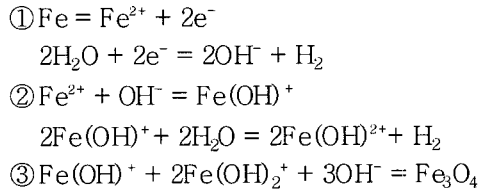
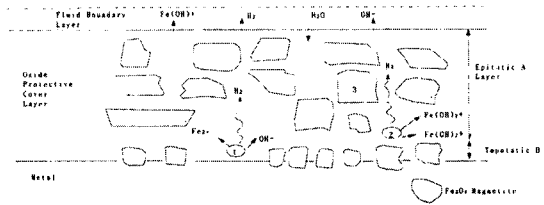
현재 발전소 계통수처리는 크게 인산염처리, 전회발성처리, 산소주입처리 등 크게 3가지로 구별되며 대부분의 대용량 석탄화력발전소에서는 pH 조절용 암모니아와 탈산소제 하이드라진을 사용하는 전회발성처리(All Volatile Treatment, AVT)를 주로 사용하고 있으며 최근 부식물 생성속도가 기존 방식에 비해 30% 둔화시킨 산소주입처리(Oxygenated Treatment, OT)에 의한 계통수관리에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 사례에서는 전회발성처리와 산소주입처리법을 중심으로 설명하도록 하겠다.

전회발성(AVT)처리

전회발성처리(AVT)는 암모니아를 사용, 계통수 pH를 9.0~9.6으로 유지하고 하이드라진을 사용, 용존산소를 제거시켜 계통수를 환원성분위기로 조성하여 마그네타이트(Fe₃O₄)의 산화방지피막을 형성, 부식을 방지하는 계통수처리 방식이다.

AVT처리 방식의 특징은 알카리부식 방지, 계통수내 스케일생성 억제, 광범위한 재질에 적용 등 많은 장점이 있는 반면, 계통수를 알카리성(pH9.0~9.6)으로 유지에 따른 CPP 재생횟수증가에 의한 다량의 폐수(1회 재생시 약 200톤)발생과 약품사용의 단점을 지니고 있다.

AVT처리 방식에 의한 마그네타이트 피막구조와 생성 mechanism은 아래와 같다.



◆ AVT 계통수처리 주입약품 사용량 및 용도 ◆

종류	농도	월 사용량	용도
염산	35%	15,550kg/호기	CPP Cation Ion Resin 재생
가성소다	45%	4,838kg/호기	CPP Anion Ion Resin 재생
암모니아	28%	2,736kg/호기	계통수 pH 조정
하이드라진	35%	176kg/호기	계통수 탈산소제

산소주입(OT)처리

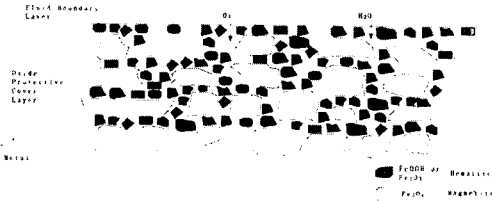
초임계압 발전소 계통수관리중 보일러 튜브의 금속산화물 침적현상과 잦은 화학세정 등의 문제점을 해소하고자 최근 OT처리법에 대한 연구가 활발히 진행되어지고 있는데 OT처리법은 높은 pH 유지가 AVT처리의 기본개념인 반면 부식방지 저감을 위해 산소를 주입하는 방식이다. 산화제로서 산소, 과산화수소, 공기를 사용하게 되는데 태안화력 2호기는 산화제로써 산소를 채택하였다.

산소주입처리(OT)법은 AVT처리법과는 달리 산화성 분위기에서 Tube 표면에 헤마타이트(Fe₂O₃)의 부식방지피막을 형성시켜 부식을 방지하는 방식으로 pH 범위에 따라 중성수처리(NWT)법과 복합수처리(CWT)법으로 구분되는데 본 사례에서는 현재 태안화력 2호기에 적용된 CWT처리법을 설명하도록 하겠다.

리포트 - II

OT처리법은 계통수 pH를 8.0~8.5로 유지하고 산소를 계통수내로 주입(100ppb)하여 계통수를 산화성 분위기로 조성한 다음 산화방지피막인 헤마타이트를 마그네타이트 여유공간에 생성시켜 피막구조를 더욱 친밀하게 유도, 산화속도를 억제시키는 방식으로 이과정에서 AVT처리법과는 달리 탈산소제인 하이드라진을 주입하지 않는다.

OT처리 방식에 의한 헤마타이트 피막구조와 생성 mechanism은 아래와 같다.



- ① $4Fe^{2+} + O_2 + 2H^+ = 4Fe^{3+} + 2OH^-$
- ② $Fe(OH)^+ + H_2O = FeOOH + 2H^+ + e^-$
- ③ $Fe_3O_4 + 2H_2O = 3FeOOH + H^+ + e^-$
- ④ $2Fe^{2+} + 2H_2O + 1/2O_2 = Fe_2O_3 + 4H^+$
- ⑤ $2Fe_3O_4 + H_2O = 3Fe_2O_3 + 2H^+ + 2e^-$

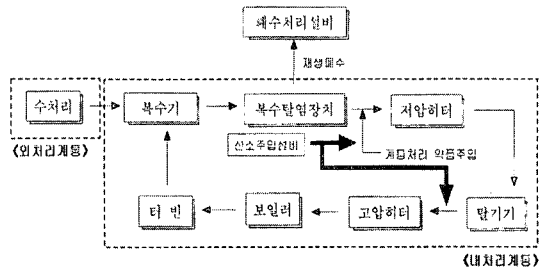
IV. 개선내용

산소주입설비 보강

AVT처리에서 OT처리로 계통수처리 방식을 변경하기 위하여 기존 하이드라진 주입 Line을 개선, 산소주입을 위한 별도의 설비를 개선보강하였으며 또한 Dea. Outlet에 산소주입을 위한 추가Line을 신설하였고 설비보강 사항은 아래와 같다

- 산소주입점: CPP 및 Dea. Outlet
- 주입배관규격: ϕ 50mm, SUS
- 산소압력측정기 및 유량계

구 분	최대치	운영치	용 도
1st Pr. gauge	250kg/cm ²	-	산소용기압력 측정
2nd Pr. gauge	120kg/cm ²	20kg/cm ²	주입산소압력 측정
Flow Meter	350 l/hr	110 l/hr	산소주입량 조절



계통수관리 변경

기존의 전회발성처리법(AVT)에서 산소주입처리법(OT)으로 변경하였으며 예비운전단계, 방청단계 및 pH하향운전단계 등 3단계를 거쳐 순차적으로 시행하여 계통수질을 환원성 분위기에서 산화성 분위기로 변경하고 계통수 DO농도를 100ppb로 유지관리토록 하였다.

각 단계별 시행기간과 주요운전사항은 아래와 같다.

단계	기간	운전사항
예비운전	'97.7.8 ~ '97.10.16	○ 계통수 환원성분위기로 \hookrightarrow 산화성분위기로 전환 ○ 하이드라진 주입중지 ○ 암모니아 주입 ○ 계통수 pH: 9.4
	'97.10.17 ~ '97.11.13	○ 복급수계통 및 BLR, TBN 계통 방청 ○ CCP Outlet 산소주입 ○ 계통수 pH: 9.4
정상운전	'98.4.13 ~	○ 산소주입수처리 정상운전 ○ 계통수 pH 하향조정: 9.4 \hookrightarrow 8.5

◆ 개선전 · 후 처리방식 비교 ◆

구 분	AVT	OT
처리약품	염산	○
	가성소디	○
	암모니아	○
	하이드라진	-
수질기준	pH	9.4
	DO(ppb)	<7
피막형성	마그네타이트 (Fe ₃ O ₄)	헤마타이트 (Fe ₂ O ₃)

V. 개선요과

태안화력 2호기의 계통수처리를 AVT법에서 OT법으로 변경시행에 따라 폐수발생량 감소, 유독물 사용량 절감 등의 환경적 효과를 얻을 수 있었으며 세부효과내용은 아래와 같다.

폐수발생량 감소

'98년도 4월부터 본격적인 계통수처리법을 2호기에 적용한 결과 pH를 9.4에서 8.5로 낮게 유지함으로써 CPP 재생횟수가 동기간 1호기의 재생횟수 8회/월에 비하여 1/4 수준인 2회/월을 재생함으로써 폐수발생량을 1/4 규모로 감소시켜 호기당 월 1,600톤이던 폐수발생량을 월 400톤으로 대폭 감소시켰다.

이를 4개호기로 확대적용할 경우 4개호기 기준 월 CPP 재생폐수 6,400톤을 1,600톤으로 감소시켜 월 총 폐수발생량 29,000톤에서 17%에 해당되는 4,800톤의 폐수발생량을 저감하여 수질환경보전에 크게 기여하게 될 전망이다.

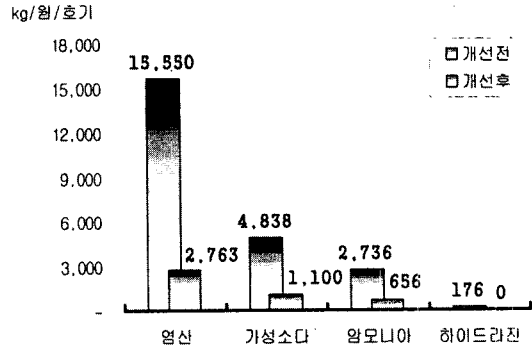
유독물 사용량 절감

계통수처리 변경에 따라 월간 유독물 사용량은 염산 2,763kg, 가성소다 1,100kg, 암모니아 656kg, 하이드라진 0kg으로 이는 전년도 대비 염산 82.2%, 가성소다 77.3%, 암모니아 76.0%, 하이드라진 100% 감소하였으며 총량 기준 80.6% 절감한 규모이다.

이것은 계통수 pH를 하향(9.4 → 8.5)조정으로 인한 CPP 재생횟수의 감소에 의한 것과 탈산소제인 하이드라진 무사용으로 인한 것이며 개선전·후의 유독물 사용량 비교는 아래와 같다.

폐기물 저감

장기간 보일러 운전으로 인한 스케일생성으로 열 효율 저하를 예방하고자 실시되는 화학세정(1회/5년/호기)을 4개호기에 순차적으로 실시할 경우 년 평균 43.0톤의 세정폐액(폐기물)이 발생되나 OT처



<그래프 1> 개선전·후 계통수처리약품 사용량 비교

리법으로 변경시 화학세정 주기가 호기당 10년으로 2배 연장되어 폐기물 발생량을 절반수준으로 줄이게 된다.

VI. 양우계획

태안화력 2호기의 성공적인 OT시행으로 폐수발생량 및 유독물사용량을 줄일 수 있었으며 현재 4호기가 10월 OT처리법으로 변경 시행되고 있으며 향후 1호기를 2000년 6월, 3호기를 2000년 8월 예정으로 확대시행 할 예정으로 있다.

또한 태안화력은 수질환경개선뿐만 아니라 대기환경 및 지역환경 개선에도 더욱 노력하여 환경친화적 발전소가 운영되도록 노력해 나아갈 것이다. **環境保全**

약 력

전남대학교 화학공학과 졸업

'90.5 한국전력공사 입사

現 태안화력본부 환경관리부 대기환경과장