

습식 배연탈황 기술

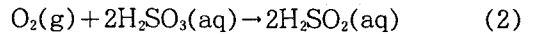
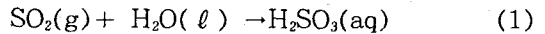
박 성 호

(주) 삼성중공업 창원 연구소
에너지환경개발팀/선임연구원

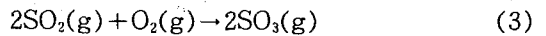
1. 머리말

황(Sulfur)은 석탄과 기름의 대부분 형태에서 볼 수 있는 혼합물이며, 특히 연소과정 중의 황은 산소와 반응하여 주로 이산화황(Sulfur Dioxide, SO_2)이 생성되고 미량의 SO_3 가 생성된다. 이러한 황산화물을 제거시키지 않으면 연소로에서 배출되어 대기로 방출되므로 인하여 많은 환경문제를 유발하게 된다. 세계적으로 연소기에서 배출되는 황산화물의 총량은 $180 \sim 200 \times 10^6 \text{ton/year}$ 정도이며, 이들의 70%는 화석연료의 연소에 의해 발전소 및 산업공정에서 발생되고 있다 [1]. 연소과정중에 화석연료(석탄 및 연소용 Oil)등에 포함된다. 이산화황은 대기(공기)로 방출되면 황산염과 황산으로 변하며, 이의 변화율(산화율)은 대기중의 태양광, 습도, 탄화수소, 촉매 및 다른반응성 물질의 정도에 의해 결정된다. 대기중에서 형성된 황산은 매우 높은 반응성을 갖고 있으며 금속 및 건물재질의 부식을 유발한다. 특히 기체상태의 SO_2 가 물과 혼합되면 묽은 아황산 수용액(H_2SO_3)이 되며, 이는 특히 대기중에서 산화되어

황산(H_2SO_4)으로 쉽게 변화되어 산성비의 주요성분이 된다.



대기중에서 SO_2 가 산화되어 기체상태의 SO_3 가 생성되며 SO_3 는 수증기와 높은 친화력을 갖고 있으므로 황산수용액으로 된다.



반응식(3)은 보일러관과 같이 철분이 있는 경우에 가속된다. 대기중에서 SO_2 는 SO_3 로 다시 SO_3 는 SO_4 로 변화되는데 그 변화정도는 서로 상관관계를 가지고 있으며 오염기준으로는 SO_2 를 사용하고 있다.

산성은 pH가 7.0 보다 낮고, 7.0 이상은 알칼리이며 증류수의 pH는 7.0으로 중성이다. 빗물이 황 혹은 질산을 포함하고 있지않다면, 대기중에서 이산화탄소(CO_2)의 흡수에 의하여 빗물의 pH는 5.7정도가 된다. 빗물의

pH가 5.6 이하이면 산성비(Acid Rain)라고 하는데, 대기에서 산성비가 어떻게 형성되는가에 대해서는 아직도 불명확한 부분이 있지만 화석연료를 연소시킬 때 방출되는 SO₂와 NO_x가 대기에서 광화학반응에 의해 수증기와 반응하여 황산과 질산이 되고 이들이 비에 용해되므로 산성비가 형성된다고 알려져 있다[2]. 산성비는 그 자체의 낮은 pH 때문에 농작물 등의 식물과 물고기 등의 수중생물에 특성을 일으킬뿐만 아니라 지층을 흘러내릴 때 칼슘 등의 광물질을 용해시킴으로서 식물의 성장을 저해시키고 각종 구조물의 재료를 부식시킴으로서 막대한 피해를 야기하고 있다. 따라서 화석연료의 연소에 의한 배기가스의 탈황공정은 최근에 필수적으로 요청되는 실비이므로 본 내용에서는 현재 상용화되어 운전중인 배연탈황 공정을 중심으로 개요와 특성을 알아보려고 한다.

2. SO₂ 제어

발전설비에서 발생하는 배연가스의 탈황기술은 투여되는 탈황제의 상태 및 공정에 따라 습식(Wet Process), 반건식(Semi-Dry Process, or Slurry Spray With Drying) 및 건식(Dry Process)로 구분된다. 상기 방법중 배연탈황 시스템을 선정할 때는 다음과 같은 기본적인 조건을 고려하는 것이 바람직하다.

- ① 높은 탈황효율
- ② 처리해야할 배기가스의 유량
- ③ 운전조작, 보수점검이 용이하고 장기간 안전운전이 가능해야 함.
- ④ 폐수 및 입자상물질등의 2차 오염원 발생이 없어야 함.

⑤ 건설, 운전비의 저렴.

건식법(Dry Process)은 고체상태의 흡착제(Sorbent)를 연소가스와 접촉반응시켜 배기가스중의 황산가스를 제거하며, 이 때의 반응은 물리적 흡착(Physis-Sorption)과 화학반응이 수반되는 화학적 흡착(Chemi-Sorption)이 있다. 이 공정은 흡착제를 처리시킬 배기가스에 대항류(Countercurrent Flow) 형태로 보내 배기가스를 탈황시키고, 재생장치(Generator)에서 활성화시켜 흡수제를 재생하여 다시 흡착공정에 보낸다. 이 때 흡착제는 미립자 형태의 분말로 배기가스에 분사 주입시키므로, 배기가스의 온도가 낮아질 염려가 없고 연돌주변의 Mist 낙하현상도 없으나, SO₂의 흡수 또는 흡착반응 속도가 느리므로 설비가 커지기 때문에 비교적 작은용량(50~100MW 발전용)의 연소설비에 적용된다.

반건식법(Semi-Dry Process)은 알칼리 혹은 알칼리 현탁액(Suspension)을 배기가스에 접촉시켜 SO_x를 제거하는 방법으로 고온의 배기가스내에 건식반응 부산물이 형성되고 이 건식 부산물은 분진분리기에에서 제거된다.

습식법의 기본원리는 알칼리계의 탈황제(용액 혹은 현탁액상태)를 배기가스의 대항류 형태로 분사 및 접촉시켜 흡착반응으로 SO_x를 제거한다. 습식탈황법의 장점으로는 SO₂의 흡수/반응 속도가 크기 때문에 탈황율이 높고 많은 배기가스 유량의 처리가 가능하며, 연료교환에 따른 대응이 편리하며, 건설비 부지등이 건식법보다 조건이 양호하다. 그러나 단점으로는 배출가스 온도가 60°C 정도까지 저하되어 백연현상이 우려되므로 재가열이 필요하고 사용 용수량이 많아서 폐수 처리가 필요하다. 그러나 건식법보다는 잇점

이 많으므로 180,000MW 세계시장의 85%을 습식탈황법이 점유하고 있다[2]. 이상의 탈

황방식중 습식과 건식의 간략한 비교는 표 1에 나타나 있다.

표 1. 탈황 방식의 비교

탈황 방식	건/습식 구분	건식(석탄회이용법)	습식(석회석고법)
	흡수제	석탄회, 소석회	석회석
	부생품	석탄회와 석고 혼합물	석고
시스템 구성			
시스템의 특징	1. 탈황성능	90% 이상	90% 이상
	2. 탈황 기구	고체와 기체의 반응	수용액과 기체의 반응
	3. 배수처리	不要	要
	4. 가스재가열	不要	要
	5. 용수	少量	多量

이상에서 보는바와 같이 탈황시스템은 처리방식에 따라 여러가지가 있으나 본 내용에서는 현재 가장 많이 이용되고 있는 습식 석회석고법의 특징 및 설계인자(Design Factors)에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

3. 습식석회석고법(Lime-Limestone Wet

Scrubbing Process)

현재 복잡하지 않고 단순한 형태의 분사탑(흡수탑)이 반응 부산물의 응집을 최소화시키고 폐쇄현상(Plugging)을 줄일 수 있는 설비로 인정되고 있다. 흡수탑은 최고부하(Maximum Load)에서 평균 가스속도가 설

계 가스속도를 넘지 않도록 설계되어야 한다. 대부분 흡수탑의 평균속도는 2.4~4m/s 정도이며 표준설계 속도는 일반적으로 3.0m/s를 채용하고 있다. 연소 배기가스는 흡수탑 측면으로 들어가므로 흡수탑에서의 가스유동의 비균일성은 SO₂ 제거효율에 지대한 영향을 준다. 이러한 가스유동의 비균일성을 없애기 위하여 과거에는 그림 1에서 보는바와 같이

다공판(Perforated Plate)을 설치하기도 하였으나 최근에는 다공판을 설치하지 않고 흡수탑 입구부분을 공기역학적(Aerodynamic)으로 설계하여 가능한한 흡수탑내에서 가스의 상방향 유동이 균일성을 갖도록 하고 있다. 모든 습식 탈황설비에서 가장 중요한 설계 변수로는 흡수탑내에서 슬러리(Slurry)유량과 배기가스 유량의 비(Ratio)인 L/G이다.

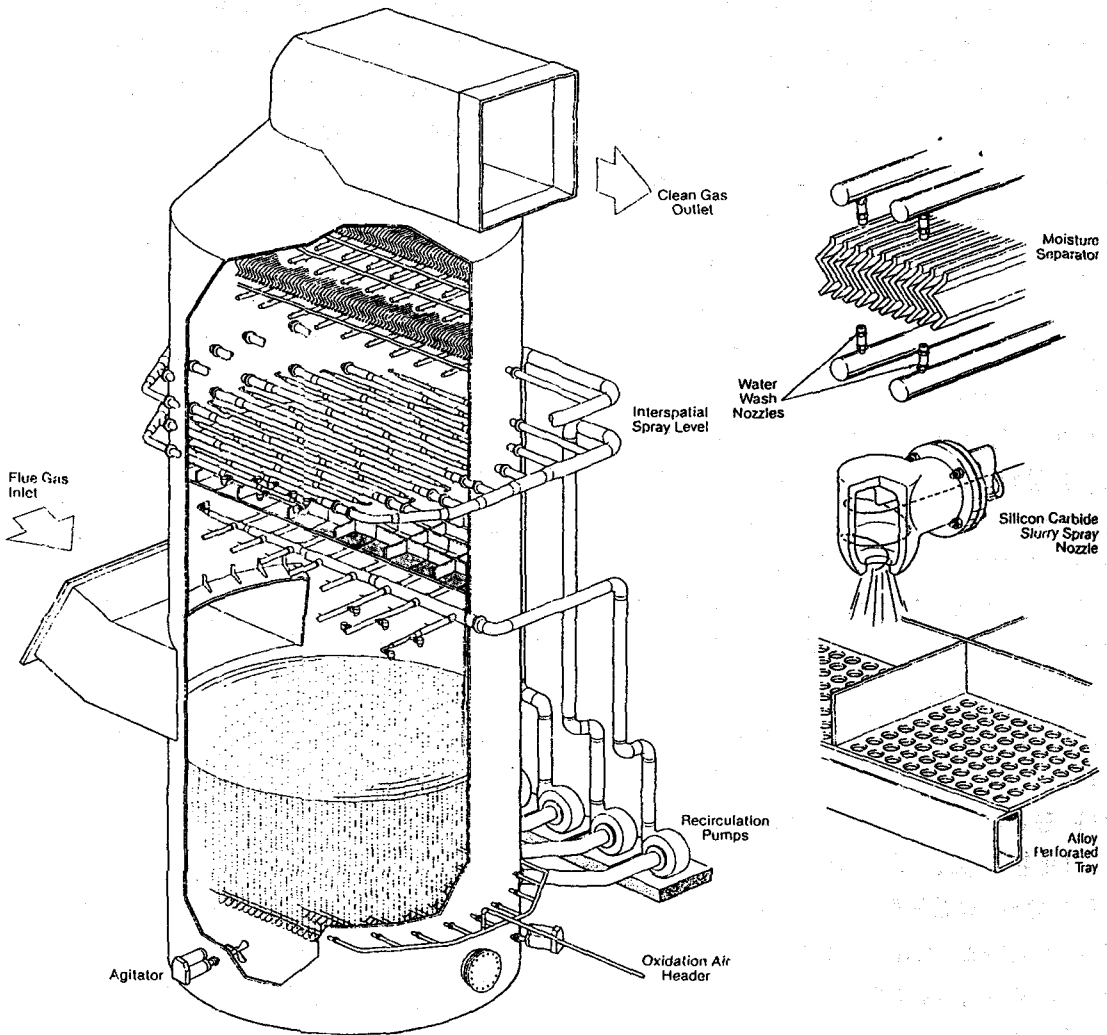


그림 1. Absorber Module in The Wet Gas Desulfurization System

광범위한 영역의 L/G 값이 이용될 수 있으나 일반적으로 $1.34 \ell/m^3 \sim 20 \ell/m^3$ 범위내에서 운전이 이루어지고 있다. 흡수탑에서 배기가스와 슬러리의 접촉 표면적과 혼합(Mixing)을 조절하는 분무노즐(Spray Nozzle)의 운전압은 보통 34~138 kPa 정도이다. 노즐에서 폐쇄현상을 줄이기 위해서는 가능한한 큰노즐을 채택하면 좋으나 이 경우에는 전체의 노즐수가 감소하여 가스유동이 균일하지 않게 되어 탈황효율에 악영향을 미치게 된다.

흡수탑의 구조는 반응통, 가스/액체의 접촉구역 및 순수가스구역(Pure Gas Zone)의 3가지 영역으로 구분된다. 흡수탑 하부에 있는 탱크는 반응통 혹은 재순환통(Reaction Tank, Recirculation Tank)라고 하며 이체적인 많은 물리화학적인 반응(산화반응)이 완료될 수 있도록 한다. 반응통 안에서는 현탁액의 축적, 교반, 공기취입 그리고 새로운 세척제가 주입된다. 반응통은 수작제의 용해속도 및 분해되는 SO_2 의 양에 따라 그 크기가 결정된다. 산화장치는 흡수액의 성상(특히 pH)에 관계없이 적은 공기량으로 양호한 산화성능이 얻어지고, 동시에 공기흡입노즐의 결점이 생기지 않는 프로펠러 분무(Atomizer)방식을 채용한다. 본 방식은 흡수탑 순환 탱크에 횡축식 교반기를 설치하여 공기를 임펠러 선단과 적절한 각도를 갖는 교반기축에 따라 공급하고 임펠러 회전에 의한 전단력으로 미세한 기포를 발생시킨다.

흡수탑의 중간부분인 가스/액체의 접촉구역은 배기가스 흐름의 역방향으로 세척현탁액을 분사시켜 세척반응이 발생된다. 세척액은 몇개의 분사층을 통하여 균일하게 분사된다. 따라서 집중적인 가스/액체의 접촉구역

이 형성되고 배기가스에서 세척액으로 효율적인 물질전달이 이루어진다. 분무노즐은 상대적으로 큰액적을 분사시키는데 이는 2000~2500 μm 정도이며, 분사된 액적은 1~3초 동안 대향류 형태로 배기가스와 접촉하여 화학반응에 의한 물질전달이 짧은 시간동안에 이루어져 SO_2 의 흡수가 완성된다.

흡수탑의 상부, 즉 순수가스영역은 배기가스가 연무제거기(Mist Eliminator)를 통해 흐르게 하여 미세한 액적을 분리시키며, 이 부분의 세척을 위하여 주기적으로 상부에서 하부로 물을 분사시킨다.

3.1 설계시 고려사항

습식 석회석고법의 설계를 위해서는 주문자의 요구에 의하여 많은 조건들이 주어지거나 대표적인 설계조건은 다음과 같다.

① 배기가스의 양과 특성(SO_2 농도, Dust농도 등)

탈황설비에서 처리해야하는 가스의 양에 따라 팬(Fan), 재가열설비(Gas Gas Heater, GGH), 및 흡수탑의 용량이 결정되고 배기가스로 부터 유입되는 불순물에 의해 부산물로 회수되는 석고가 영향을 받게 되므로 처리해야할 배기가스의 양과 특성이 주어져야 한다.

② 시스템 효율

배연탈황 설비를 거쳐 대기로의 배출되는 SO_2 의 농도는 흡수탑으로 유입되는 배기가스의 SO_2 농도와 시스템의 탈황효율에 따라 결정되므로 환경규제를 만족시키기 위하여 시스템 내에서의 탈황효율이 결정되어야 한다.

③ 회수석고의 특성

부산물로서 회수되는 석고를 시멘트 원료

및 건축자재등의 원료로 이용되므로 상품화가 가능한 것으로 회수될 석고의 순도, 즉 불순물의 함유량 등의 특성이 주어져야 한다.

3.2 주요 설계인자

탈황시스템은 플랜트의 최대연속증발량 (Maximum Continuous Rating, MCR)의 조건에 따라 기본설계(Basic Design)가 이루어지고, 운전모드(Mode) 및 제어기기 계통설계

표 2. 각종 설계인자

계를 위하여 부분부하시의 운전조건을 검토해야 한다. 이 때의 주요설계 인자들은 표 2에 나타난 바와 같으며, 이의 주요 특성들을 살펴보기로 한다.

① 흡수시스템의 PH

일반적으로 흡수시스템에서의 탈황성능은 PH가 높을수록 좋아지지만, 흡수제로 사용되는 석회석의 용해도는 줄어들게 되며, 고형물에 의해 폐쇄현상(Plugging)이 발생할 수도 있다. 따라서 이러한 여러가지 조건들을 검토

일 반 설 계 값							
탈황효율	운전 pH	선속도	슬러리농도	Cl ⁻ 농도	팬 위치	흡수탑종류	SCR 설치
%	-	m/sec	wt%	ppm	-	-	-
					□□□□	□□	□□

PROCESS WATER						
COD 농도	Cl ⁻ 농도	F ⁻ 농도	Al ³⁺ 농도	Fe ²⁺ 농도	Mg ²⁺ 농도	Na ⁺ 농도
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm

공 급 석 회 석				
순도	MgCO ₃ 농도	MgCO ₃ 용해도	슬러리농도	입자크기
%	%	%	wt%	mesh

회 수 석 고			G G H		
요구순도	Cl 농도	표면수	처리측으로 누설율	미처리측으로 누설율	분전누설율
%	ppm	%	%	%	%

석고 제조설비		석고 세척수		kgH ₂ O/kg CAKE			
CENTRIFUGE		THICKENER		HYDROCYCLONE 1		HYDROCYCLONE 2	
여과수농도	세척수	U/F 농도	O/F 농도	U/F 농도	O/F 농도	U/F 농도	O/F 농도
wt%	kg/hr	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%

BELT FILTER							
공펌프	BELT	CLOTH	BELT/CLOTH		이동벨트	진공BOX	여과수
세척수	세척수	세척수	세척수 농도		윤활수	세척수	농도
kg/hr	kg/hr	kg/hr	wt		kg/hr	kg/hr	wt%

하여 최적의 pH를 선정해야 한다.

② 석회석의 특성

배기가스로부터 SO₂를 제거하기 위해 흡수제로 사용되는 석회석은 흡수반응탑 내에서 슬러리 상태로 공급되어 반응을 통하여 부산물로 석고를 생성하게 된다. 석회석은 그 입자 크기에 따른 용해도의 차이, 불순물의 성분 및 과잉율에 따라 탈황성능 및 석고성분 등에 영향을 미치게 되므로 중요한 설계인자가 된다.

③ 액체/가스 비(L/G)

일반적으로 L/G는 PH와 SO₂ 농도 및 황 제거효율에 따라 결정되므로 주어진 조건을 만족시키기 위하여 처리가스에 대하여 분무시켜야 할 양(L/G)을 선정하여야 한다.

④ 흡수시스템 배출슬러리 농도

흡수시스템 내에서는 배기가스로 부터 SO₂가 제거되어 석고가 생성되므로 SO₂의 지속적인 제거를 위해서 생성된 석고를 외부로 방출하고 필요한 흡수제인 석회석 슬러리를 지속적으로 공급하여야 한다. 방출물은 슬러

리 상태이며 이 양에 따라 석고제조설비의 용량이 결정되므로 배출농도는 중요한 설계인자가 된다.

⑤ 폐수의 특성

배기가스로 부터 SO₂를 제거함에 따라 배기가스에 포함된 중금속 및 유해화합물(HCl) 등도 함께 탈황설비내에 흡수되어 축적되게 된다. 이러한 성분들에 의하여 시스템의 재질에 부식 및 침식등을 야기하게 되므로 문제가 발생하지 않도록 일정량을 시스템 외부로 방출하여야 한다.

3.3 탈황설비 슬러리시스템

습식 석회석고 탈황설비 시스템을 크게 흡수탑, 석고회수장치, 석회석 공급장치, 물 공급장치와 탈수장치로 구분되며, 이들의 배치는 그림 2와 같고 주요 기능은 다음과 같다.

① 흡수장치(흡수탑)

보일러 배기가스로부터 SO₂ 가스를 흡수하는 장치이며, 그림 1에서 보는바와 같이 흡

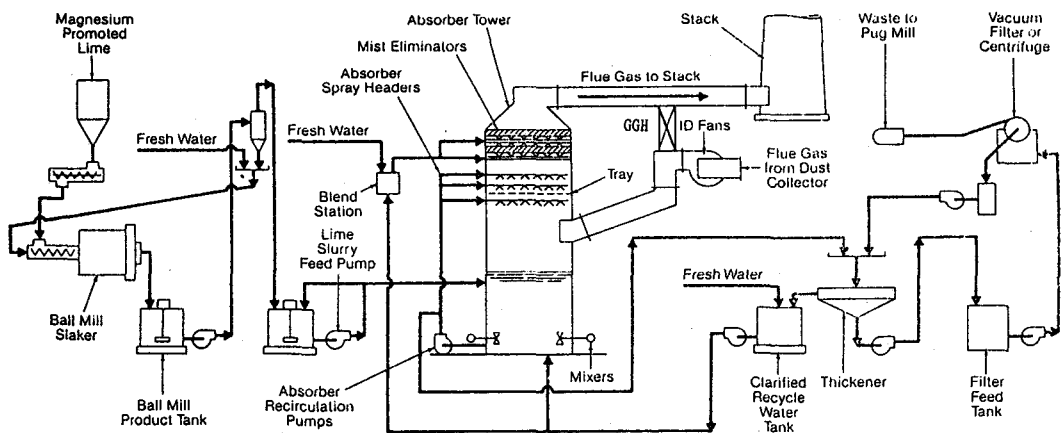


그림 2 Wet Lime FGD System Flow Schematic

표 3. 설계 및 운전조건

MCR 연소가스 조건						
건가스량		절대습도	온도	STACK 입구온도	SO ₂ 농도	DUST농도
Nm ³ /hr	kg/hr	kgH ₂ O/ kgGAS	℃	℃	ppm	mg/ Nm ³ GAS
HCl 농도	HF 농도	NO _x 농도	FLYASH 성분			
			Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O
ppm	ppm	ppm	wt%	wt%	wt%	wt%

부분부하 연소가스 조건						
건가스량		절대습도	온도	SO ₂ 농도	DUST 농도	
Nm ³ /hr	kg/hr	kgH ₂ O/kgGAS	℃	ppm	mg/Nm ³ GAS	
HCl 농도	HF 농도	NO _x 농도	FLYASH 성분			
			Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O
ppm	ppm	ppm	wt%	wt%	wt%	wt%

수작용은 흡수제슬러리(석회석슬러리)를 노즐을 통해 가스흐름과 대향분무를 함으로써 기체와 액체의 접촉에 의하여 일어난다. 흡수탑은 탑의 내부에 다공판(Perforated Plate)의 유무에 따라 2가지 종류가 있다.

② 석고회수장치

흡수탑에서 흡수된 SO₂ 가스와 흡수제와의 반응으로 생성된 석고슬러리를 판매가능한 석고로 회수하기 위한 장치로서 현재는 진공을 이용하여 탈수처리를 하는 Beltfilter와 원심력을 이용하여 탈수처리를 하는 Centrifuge의 2가지 기기가 사용되고 있다.

③ 석회석공급장치

흡수된 SO₂ 가스를 석고로 회수하기 위한

반응제로서 석회석이 사용되며 석회석은 Ball Mill 등의 제조설비에 의하여 작은 입자상으로 만들어져 물과 함께 슬러리상태로 흡수탑으로 공급된다.

④ 물공급장치

본 탈황설비의 반응방식이 습식 석회석고법이므로 흡수탑내의 반응에 의해 증발하는 물과 폐수로서 방출하는 물의 양만큼을 시스템내에 공급해주어야 한다.

⑤ 중간 탈수장치

중간 탈수장치는 흡수탑과 석고 회수장치 사이에 설치되는 것으로서 흡수탑에서 방출되는 석고슬러리의 조건이 석고 회수장치의 입력조건으로서 만족되지 않을 경우에 중간

에서 석고회수장치의 입력조건을 만족시켜주기 위해 일차적으로 탈수시키는 기능을 갖는다. 중간 탈수장치로서 사용되는 것은 침전에 의해 슬러리를 고농도와 저농도의 슬러리로 분리하는 Thickener와 원심작용에 의해 슬러리를 고농도와 저농도로 분리시키는 Hydrocyclone의 2가지가 사용되며, 석고회수장치가 Beltfilter인 경우에는 Beltfilter의 입구조건을 만족시키기 위하여 분리력이 높은 Hydrocyclone이 사용되며, Centrifuge인 경우에는 2가지 모두가 사용될 수 있다. 중간 탈수장치로서 Hydrocyclone이 사용된 경우에는 시스템의 물 이용조건이 열악하여 중간 탈수장치의 저농도(Overflow)를 재생수로서 이용하기 위한 경우에 사용된다.

⑥ 백연방지대책

습식 배연탈황 장치의 흡수탑에서 배출되는 배기가스는 통상 45~55°C의 포화온도의 상태로 배출된다. 연돌(Stack)에서의 배기가스 확산효과를 높이고 백연방지 및 배관과 연돌의 부식방지를 위해서 통상 흡수탑 출구의 배기가스를 재가열한다. 재가열 방식으로, 탈황장치 입구의 고온배기가스와 흡수탑 출구의 저온가스를 열교환 하는 것에 의해 에너지의 유효이용이 도모되는 회전재생식의 GGH가 일반적으로 사용되고 있다. 중소형 보일러에서는 연도 및 연돌을 내부식재료(FRP제, 수지라이닝제 또는 스테인레스제)로서 백연은 무해한 것으로 이의 방지책을 행하지 않는 방법이 이용된다.

이 경우 Stack Rain(연돌내에서 응축한 산성수 액적이 비가되어 내리는 현상) 방지대책으로서 연돌내 유속을 7.5~12m/s 정도로서 연돌출구부에 연무제거기를 취부하는 것 등의 고려가 필요하다.

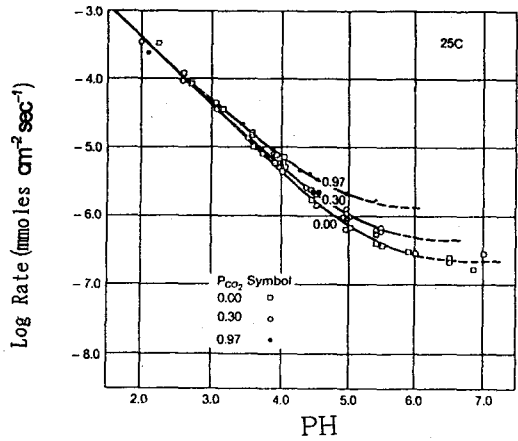


그림 3 Limestone Dissolution Rates at Various pH And CO₂ Partial Pressure (atm)²

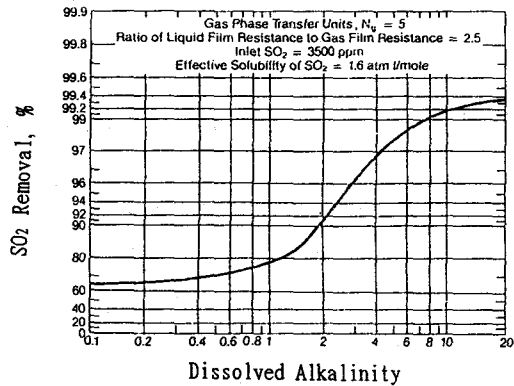


그림 4 Influence of Dissolved Alkalinity on SO₂ Performance(1 Milliequivalent = 50ppm CaCO₃)

⑦ 배수처리

중질유 연소보일러의 배연탈황의 배수처리에서는 이 이외에 연료중의 중금속과 할로젠에 유의할 필요가 있으며 일반적으로 특별히 문제가 되지 않는다. 전반적으로 다른 배수처리(보일러 수순환 장치에서의 배수)도 포함하여 합리적인 설비계획을 한다.

4. 향후 기술동향

습식 석회석고법 배연탈황장치는 많은 실적이 있고, 신뢰성도 높으며 기본적인 기술은 이미 완성되어 있다. 금후 화력발전 플랜트의 대형화와 다양화에 따라서 탈황장치는 설비의 간소화와 시스템적인 개발이 중요하다고 사료되며 주요기술을 다음과 같이 정리해 본다.

① 총합 배연처리 시스템

탈황장치의 탈황팬(BUF) 및 가스재열장치(GGH) 외에 정전집진기(EP), 보일러 유인 통풍기를 포함한 배연처리시스템의 검토에 의해 총합적으로 에너지의 합리화를 이루어야 할 것이다.

② 저배수 탈황시스템

화력발전 플랜트의 대형화에 따라 탈황장치에서의 배수량도 증가하기 때문에 배수처리장치 및 처리비가 증가한다. 이 배수량을 저감하려면 탈황장치의 흡수액 중의 염소농도가 상승하여 탈황성능에 방해가 된다. 이것의 대응기술로서 흡수액 중의 슬러리 농도를 높이는 것이 유효한 수단이 될 수 있다. 또한, 저감한 탈황배수와 석탄회 및 소석회등을 혼합/고화하여 무배수화 하는 기술이 개발중에 있다[3]. 무배수화 방식으로서 배수를 연도등에 분무하는 방식과 농축고화하는 방식의 2가지 방법이 개발중에 있다. 연도 분무방식에서, 배수는 공기가열기(Air Heater) 출구의 고온가스 중에 분무하여 배연의 열에 의해 증발되고, 고형물은 후류의 건식 정전집진 장치에서 분진과 함께 제거된다. 농축고화 방식에서는 농축물을 회분(Fly Ash)와 시멘트를 혼합하여 비용출성 고화물로 만든다. 본 방식에 의해 설치면적, 운전비와 함께 종래의

배수처리 방식에 비하여 대폭적인 비용절감이 가능하다.

③ 간이형 탈황장치

종래의 탈황장치는 효율이 90% 이상을 달성할 수 있지만 설비비가 고액이며, 또한 설비자체는 생산설비가 아니므로, 중국과 동남아에서는 자금사정의 제한으로 도입이 지연되는 경향이 있다. 따라서 일본의 IHI (Ishkawajima-Harima Heavy Industries)에서는 연도의 일부를 이용한 흡수시스템으로 사용하여 흡수탑을 생략하고 또한 기기대수를 삭감하는 것에 의해 효율은 50~70%를 유지하고 설비비를 종래장치의 30~50% 정도의 간이형 탈황장치를 개발한 바 있다[3].

④ 일체형 흡수탑

종래의 시스템에서는 제진탑(Prescrubber)과 흡수탑이 분리된 2탑 방식이었으나 최근 일본의 BHK(Babcock Hitachi)사에서는 소위 지능형(Intelligent Type)이라는 제진탑과 흡수탑이 동일탑에서 처리하는 일탑방식을 개발하였다. 지능형 탈황시스템(흡수탑내 산화방식)의 주요특징을 살펴보면, 우선 시스템이 간소화되어 있기 때문에 설비의 합리화가 도모된 범위로 되고 운전이 용이하다. 또한 SO₂의 흡수에 분무방식을 채용하기 때문에 제진탑을 별도로 설치하지 않고 높은 제진성능을 얻을 수 있으며, 흡수탑의 Draft손실이 낮은 탈황통풍기의 동력저감이 도모된다. 흡수탑에서 SO₂를 흡수하고 흡수탑 순환 탱크내로의 공기흡입에 의해 직접 산화시키는 것에 의해 흡수탑내의 탈황반응을 개선할 수 있으며 탈황성능이 향상되고 부하응답성이 우수하다. 탈황반응의 개선에 의해, 종래의 모양으로 별도로 설치된 산화탑에서 pH 조정용의 황산이 필요없을 뿐만 아니라 전력과

석회석의 사용량의 저감 및 배수중의 COD (생물학적 산소요구량)의 저감을 도모할 수 있다.

⑤ 새로운 제어방식

탈황장치의 운전비를 종래보다 저감시키는데는 입구 가스조건의 변화에 적합한 흡수탑 순환펌프의 대수, 흡수제의 공급유량, 특히 1탑 방식 배연탈황 장치의 경우에 불순물의 영향에 따른 성능의 저하를 억제하기 위해서 사용하는 약제(가성소오다)의 주입량을 세밀하게 제어해야 한다. 그러나 종래의 제어방식에서는 이러한 고도의 프로세스 제어는 극히 곤란하여 새로운 제어시스템이 필요하게 되었다. 여기서 종래형 제어방식의 제어성을 향상시키기 위한 보조시스템으로서 제어원리가 다른 다음 2가지 시스템의 개발이 보고된 바 있다. 탈황성능 시뮬레이션 모델을 구사하는 것에 의해 실시간(Real Time)으로의 최적운전 조건의 결정(Feedback 제어), 운전원이 입력하는 부하변화 패턴과 탄종의 교체 Data에 기초한 가까운 미래에 있어서 최적운전 조건의 설정(Fed Forward 제어)을 행한다. 최근에는 퍼지제어 시스템을 응용하여, 현재까지 축적된 탈황운전의 경험을 종래의 Feedback제어계에 반영하여 프로세스의 제어성을보다 고도화한방법이 개발된바 있다[3].

5. 맺음말

이상에서 살펴본 바와같이 습식석회석법의 탈황시스템은 높은 효율과 안정성을 바탕으로 세계적으로 가장 많은 설치실적을 보유하고 있고 최근의 추세는 부산물로서 석고를 회수함으로써 고품폐기물을 감소시키는등 유리한 점이 많다. 특히 흡수반응제의 가격이

저렴하고, 고 유황유리의 사용 등 연소로의 사용연료의 변화의 대응이 편리하다. 따라서 국내의 경우 화력발전소의 대부분이 수입유연탄에 의존하고 있으므로 현재와는 달리 고유황유리의 사용가능성에 대비하여 습식공정의 채택이 요구될 것으로 사료된다. 한편 국내의 연구개발 부문에서는 자체 개발에 의한 기술의 보유는 시간적, 경제적, 기술적 신뢰도등의 여러가지 이유로 인하여 주로 외국 선진사와의 기술제휴에 의존하고 있으며, 몇몇 기업에서는 습식 배연탈황 기술의 자립을 위한 노력을 기울이고 있으며, 특히 전자빔 가속기를 이용한 황산화물과 질소산화물의 동시제거를 위한 연구개발이 상품화 단계에 있는 기업도 있다. 비록 국내의 배연탈황기술이 시작은 외국에 비하여 늦지만 기술제휴에 의한 빠른 기술습득과 이를 통한 기술자립 및 전문화된 선진기업의 개발동향을 면밀히 분석하고 새로운 기술을 접목시킨다면 국내의 배연탈황기술의 미래는 많은 가능성을 내재하고 있다고 판단된다.

- 참 고 문 헌 -

1. Babcock & Wilcox, 1992, "STEAM 40th ed", pp. 35-1~35-15.
2. R.C. Flagan and J.H. Seinfeld, 1988, "Fundamentals of Air Pollution Engineering", Prentice-Hall, pp. 480~516.
3. M. Torii et al., 1993, "DeSOx Technology in Exhaust Gas", The Thermal and Nuclear Power, Vol. 44, No.10, pp. 54~79.
4. 김성현 외, 1993, "배연탈황 기술의 현황 분석", 에너지 R & D, 제15권3호, pp.143~159.