

탈황설비의 설치사례 및 경제성 분석



김 해 수 시설관리부서장
현대전자산업(주)경영지원본부

(0336)39-6250

1. 서 론

1.1 개요

열병합발전설비에서 발생하는 배기가스의 분질물 농도는 많은 량의 오염물질을 포함하게 된다. 날로 엄격히 규제되는 배가스의 배출농도를 낮추면서 발전효율 및 연료의 절감을 유도하여 발전원가의 절감을 위하여 부단히 노력을 하여야 한다. 그러므로 발전설비에서 배출되는 배가스의 농도를 관련법규 제재 이내로 만족하기 위하여 발전설비의 후단에 배연탈황시설을 설치하고 고유황 B-C OIL을 전환 사용할 경우 발전원가를 획기적으로 절감할 수 있는 발전시설을 운영할 수 있다. 그러므로 산업전반에 널리 운전되고 있는 열병합발전설비에 수산화마그네슘 [Mg(OH)₂]를 이용한 배연탈황설비의 기술적인 사항 및 탈황설비의 설치에 따른 경제성을 고찰하여 그 결과를 기술하였다.

1.2 황산화물 및 대기오염물질 규제현황

1.2.1 오염물질의 대기환경규제

환경정책기본법의 제10조에 의한 SO_x 및 DUST의 대기환경기준은 [표1.1]와 같다. 이러한 대기오염물질의 규제치강화는 날로 발전하는 산업사회에서 국민의 건강을 보호하고, 쾌적한 생활환경을 조성하기 위하여 해당 사업장에서 배출되는 오염물질은 총량으로 규제할 수 있도록 하고 있다. (대기환경보전법 제9조)

[표1-1] SO_x 및 DUST 배출기준

항 목	'94. 12. 31까지	'95. 1. 1 '98. 12. 31까지	'99. 1. 1 이후	비 고
황산화물 [SO ₂] *저유황사용지역 *기 타 지역	850ppm이하 1950ppm이하	540ppm이하 1950ppm이하	540ppm이하 540ppm이하	액체연료 사용시설
먼지 [DUST] *배출가스량 -200,000m ³ /h이상 -30,000m ³ /h~200,000m ³ /h	100mg/Sm ³ 이하 150mg/Sm ³ 이하	60mg/Sm ³ 이하 100mg/Sm ³ 이하	40mg/Sm ³ 이하 50mg/Sm ³ 이하	액체연료 사용시설

1.2.2 황산화물 [SO₂]의 저감 정책

액체 또는 고체연료를 사용하는 시설에서 배출되는 황산화물의 총량을 줄이는 방법의 하나로 사용연료에 포함된 황산화물의 낮은 연료를 사용하거나 배출시설을 개선하여 최종 배출되는 오염물질을 최소화 할 수 있다. 이중 오염물질 저감을 정책적으로 사용자 하여금 강제적 의무사항으로는 저유황유를 사용하는 지역을 확대실시하는 것이 연료정책이며, 연료의 사용후 의무규정으로 시행되어 관리되는 것이 최종 배출허용기준의 강화이다. 따라서 정부고시에 의한 연료 의무사용기준은 [표1.2] 및 [표1.3]과 같다.

[표1.2] 연료의 황함유 기준 (제5조 관련)

구 분	황함유 기준별 시행시기			
	'97년 6월30일까지	'97.7.1부터 2001.6.30까지	2001.7.1 이후	
유 류	벙커 - A	1.0 % ~	0.5 % 이하	0.3 % 이하
	벙커 - B	1.6 % 이하	1.0 % 이하	1.0 % 이하
	벙커 - C			
석 탄	경 유	0.1 % 이하		
	저유황악스유 (LSWR)	0.3 % 이하		
석 탄	유 연 탄	0.7 % 이하	0.5 % 이하	0.3 % 이하
	무 연 탄	0.7 % 이하	0.5 % 이하	0.5 % 이하

※ 석탄의 황함유 기준은 제12조의 규정에 의하여 고체연료사용 승인을 받은 집단에너지 공급시설과 열병합 발전시설에 한하여 적용한다.

1.2.3 저유황유 공급의 확대범위

연료용 유류의 황함유량 기준하여 저유황유의 사용지역은 점차적으로 확대, 강화되어가며 발전원가 절감은 물론 정부의 환경정책에 부응하기 위해서는 배연탈황 처리시설이 반드시 필요로 하고, 고시에 의한 대상지역 및 연료의 의무사용 시기는 [표 1.3] [표1.4]와 같다.

[표1.3.] 0.5 % B-A유(LSWR포함) 사용지역

시 / 도		대상 지역 별 시행 시기			
		'97년 7월1일 부터	'98년 7월1일 부터	'99년 7월1일부터	
특별(광역시)시		서울,인천,대구	부산,대전,광주	-	* 석유사업법 제4조 규정에 의한 석유정제업을 하는 자는 0.5% 이하 연료용유류를 사용할 수 있다.
도	경기	수원,부천,과천,성남,안산 광명,안양,이왕,김포군 의정부,군포,시흥,구리, 남양주,하남,고양시,광주	오산,이천,용인시,화성군	-	
	강원	-	춘천,원주시	춘천,원주,강릉,동해 삼척시	
	충북	-	청주시	충주,제천시	
	충남	-	천안시	서산,아산시,당진군	
	전북	-	-	전주,익산,군산시	
	전남	여천시,여천군	여수,광양,나주시	목포시	
	경북	경산시	경주,포항시	구미,김천시	
	경남	울산시	김해,양산시	진주시	
제주	-	-	전지역		

[표1.3.] 연료의 황함유 기준 및 시행시기

구 분		황함유 기준별 시행시기		
		'97.6.30까지	'97.7.1부터 2001.6.30까지	2001.7.1 이후
유 류	벵 커 - A	1.0%~1.6% 이하	0.5 % 이하	0.3 % 이하
	벵 커 - B		1.0 % 이하	1.0 % 이하
	벵 커 - C			
	경 유	0.1 % 이하		
	저유황왁스유 (LSWR)	0.3 % 이하		
석 탄	유 연 탄	0.7% 이하	0.5 % 이하	0.3 % 이하
	무 연 탄	0.7% 이하	0.5 % 이하	0.5 % 이하

※ 석탄의 황함유 기준은 제12조의 규정에 의하여 고체연료사용 승인을 받은 집단에너지공급시설과 열병합 발전시설에 한하여 적용한다.

1.2.4 열병합발전소의 탈황설비의 필요성

전력사용량의 증가로 인하여 중,소형의 자가발전 설비가 증가하고 있는 반면 연료의 사용규제는 강화되어 간다. 상기 [표1.2] 및 [표1.3]에서 볼 때 모든 오염물질 배출시설은 규정에 따라 연료를 의무 사용하여야 하며, '99년 이후에는 더욱 강화된 규정을 적용하게 된다. 따라서 현재 사용중인 발전시설 및 건설중인 열병합발전시설에는 배연탈황시설을

설치하도록 유도하고 있으며, 향후 자가발전시설의 원가절감을 위해서 연료의 변경사용시 반드시 탈황 설비는 필요로 할것이다.

1.3 탈황 PROCESS 의 비교

배출가스중에 포함된 SO_x를 제거하기 위하여 발전설비의 용량 및 특성을 고려하여 가장 적절한 배연탈황의 기법을 적용하여야 한다. 그러므로 일반적으로 열병합 발전소에서 적용할 수 있는 배연탈황 PROCESS를 간략히 기술하고 특히 수산화마그네슘을 이용한 탈황시설에 대하여 고찰하고자 한다.

[표1.4] 탈황 공정별 특성

구 분	Mg(OH) ₂ 습식탈황	석회석유기산 습식탈황	CFB 건식탈황
PROCESS	1. 수산화마그네슘을 중화제로 사용하여 연소가스중의 넬를 제거하여 무해의 부산물을 얻음. 2. 광물성Mg(OH) ₂ 는 SOLID의 SLURRY 가 발생하여 별도의 부산물처리가 필요로함. 3. 해수추출 Mg(OH) ₂ 는 별도의 SLURRY 처리시설은 필요치 않으나 Cl 성분이 포함.	1. 석회석 SLURRY 를 중화제로 사용하여 연소가스중의 SO _x X 를 제거하며, 석고형태의 부산물이 발생함. 2. SLURRY 처리를 위한 탈수 시설이 필요로 함. 3. 석고의 부산물이 발생되며, 중화제의 비용은 저렴하나 후처리설비를 감안하여 대형 발전소에 주로 사용	1. 소석회[Ca(OH) ₂]를 중화제로 사용하여 연소가스중의 SO _x X 를 제거함. 2. 부산물이 건조상태에서 회수되어 2차 오염의 우려가 적음. 3. 건식 탈황공정이므로 백연의 발생이 없음. 4. 물을 사용하지 않으므로 탈황 공정에서 BACK FILTER, 또는 전기집진기 필요.
가 동 율	1. 열병합 설계가동기준 98 % 이상임	1. POWER PLANT 설계기준 98 % 이상임.	1. 설비의 가동안전도를 고려하여 99 % 이상임.

2. ABSORBER 및 IONIZER 설계기준

현대전자에 설치된 탈황설비의 설계기준은 기존의 보일러에서 배출되는 4.0 % B-C OIL 연소시 발생 가스를 기준하여 설계하였다.

2.1 주요자재 및 특징

1) ABSORBER & 재질 및 규격

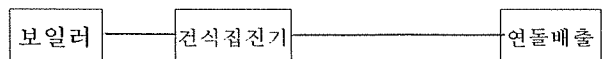
- 재 질 : SUS 316 L
- 형 식 : 충전탑(PACKED TOWER)
- 규 격 : Ø6,000 × 15,440 h (mm)
- 특 징 : 건식 집진기에서 유입된 가스를 SPRAY TOWER에서 배가스의 온도를 60 °C ~ 70°C 로 냉각시키고, 1차적으로 DUST 및 SO_x 를 제거한다.

ABSORBER내에서의 SO_x 는 물에 대한 흡수력 및 ALKALI 와의 반응이 매우 높은물질로써 SO_x 의 처리율은 GAS 와 LIQUID와의 접촉가능여부에 의하여 좌우되며, 이를 위해서는 ABSORBER에서 GAS DISTRIBUTION과 NOZZLE에서의 SPRAY 상태가 가장 중요한 FACTOR 가 된다.

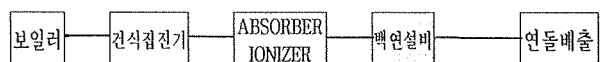
2) IONIZER 재질 및 규격

- 재 질 : SUS 316 L
- 형 식 : 전기 이온화 장치
- 규 격 : 10,575 W × 9,425 L × 8,300 H
- 특 징 : ABSORBER 를 통과한 GAS IONIZER에서 백연의 일부와 MIST 같은 미세한 입자상 물질을 완전히 제거한다.
 IONIZER 에서 발생한 Ion은 예자 BOX를 통하여 IONIZER BAR 로 전달되며 CORONA 전류에 의한 전기적 작용으로 입자상의 물질은 제거된다.

2.2 설비 구성



[탈황설비 설치전 설비구성]



[탈황설비 설치후 설비]

※ 건식집진기 후단에 습식탈황설비 및 백연제거 설비 설치

2.2 배출가스 조성 및 최종 배출조건

항 목	탈황 전	탈황 후	효 율	비 고
배출가스량	360,000 Nm ³ /hr		-	-
가스온도(℃)	180~200	85	-	백연처리후온도
DUST(ppm)	40	3	92.5 %	
SOx (ppm)	2,000	50	97.5 %	

※ 4.0 % B-C OIL 사용기준

일반적으로 널리 사용되고 있는 습식탈황설비의 경우는 ABSORBER 를 통과한 배가스는 다량의 수증기를 포함하고 있으며, 미반응 황산방울의 입자상 물질이 배기가스속에 포함되어 배출되므로 습식탈황의 방식을 사용할 경우에도 DUST 가 기준치를 초과하여 배출되는 경우가 많이 있다. 그러나 ABSORBER 상부에 IONIZER 를 설치할 경우 미세한 입자상의 MIST 까지 완벽히 제거되므로 최종적으로 완전한 CLEAN GAS 가 배출된다.

그러므로 탈황설비를 구성할 경우 SOx 및 DUST 까지 완전히 포집할 수 있는 탈황설비의 구성이 되도록 기술적인 검토가 필요로 하다.

2.3 사용자재의 선택

(SUS 316L + HASTELLOY-C276)

탈황설비에 사용되는 주된 자재는 SUS 316L로 황산분위기의 탈황반응에서 충분한 내식성을 가지고 있다. 다만 용접특성상 STAINLESS STEEL 은 용접의 열영향부위에 입계부식이 발생하기 쉽다. 이러한 입계부식을 방지하기는 근본적으로 용이하지 않지만 열영향부위를 최소로 줄이기 위하여 가급적 용접전류를 낮게 유지하여 용접을 하여야 한다. 이것은 탈황설비의 자재를 SUS 계열로 선택하여 시공할 경우 용접기법에 대해서는 충분히 검토되어야 할 사항이다.

[황산분위기에서의 부식율]

- H₂SO₄ 농도 : 0 ~ 5 (wt)
- 온 도 : 60 ℃ 이하
- 부 식 율

재질	Year			
	1	10	15	20
H-C276	0.05	0.5	0.75	1.0
SUS316L	0.05	0.5	0.75	1.0

※ 참조: CHEMICAL RESISTANCE GUIDE FOR METALS & ALLOY BOOK

상기 부식율은 현장의 용접조건에 따라 변화되는 용접부위의 부식율은 해당되지 않음.

3. 배연탈황 처리

3.1. Mg(OH)₂ 를 이용한 배연탈황 개요

일반적으로 열병합발전설비의 구성은 보일러 후단에 전기집진기가 구성되어 있다. 따라서 입자상 오염물질은 집진장치에서 포집하고 가스상 오염물질 및 황산백연은 대기로 방출된다.

탈황설비는 집진기 후단에 설치하여 SO₂ 와 Mg(OH)₂ 의 화학적 반응에 의하여 SO₂ 를 제거하게 된다. 이때 탈황설비의 ABSORBER 에 유입되는 가스의 원활한 반응을 위하여 배기가스의 냉각이 필요하며, 기·액의 효율적인 접촉을 위하여 ABSORBER 내부에 충전물을 내장하여, 탈황효율을 증가시킨다. ABSORBER 하부에는 AIR BUBBLING 을 하여 Mg(OH)₂ 의 산화반응을 촉진시키고 불용성의 슬러지의 침전을 방지한다.

ABSORBER 에서는 급수로 인한 다량의 수증기가 발생하고 기타의 처리가 없을 경우에는 백연의 형태로 대기로 방출된다. 그러므로 이러한 백연을 제거하기 위하여 MIST를 제거할 수 있는 IONIZER 를 ABSORBER 상부에 설치하고, 최종배출 되는 STACK 의 전단에 HEATING 장치를 설치할 경우 완벽한 화학적 반응에서 생성되는 황산백연 및 수증기에 의한 백연을 완벽히 제거할 수 있다. 탈황설비에서 사용되는 순환수의 일부는 산화탑으로 이송되어 산화반응을 일으키고 산화탑은 Ph CONTROL에 의하여 중화수로 변환된다.

이때 산화탑의 Ph 는 자동조절이 되어야 하고 Ph CONTROL 이 중요한 요소중의 하나이다.

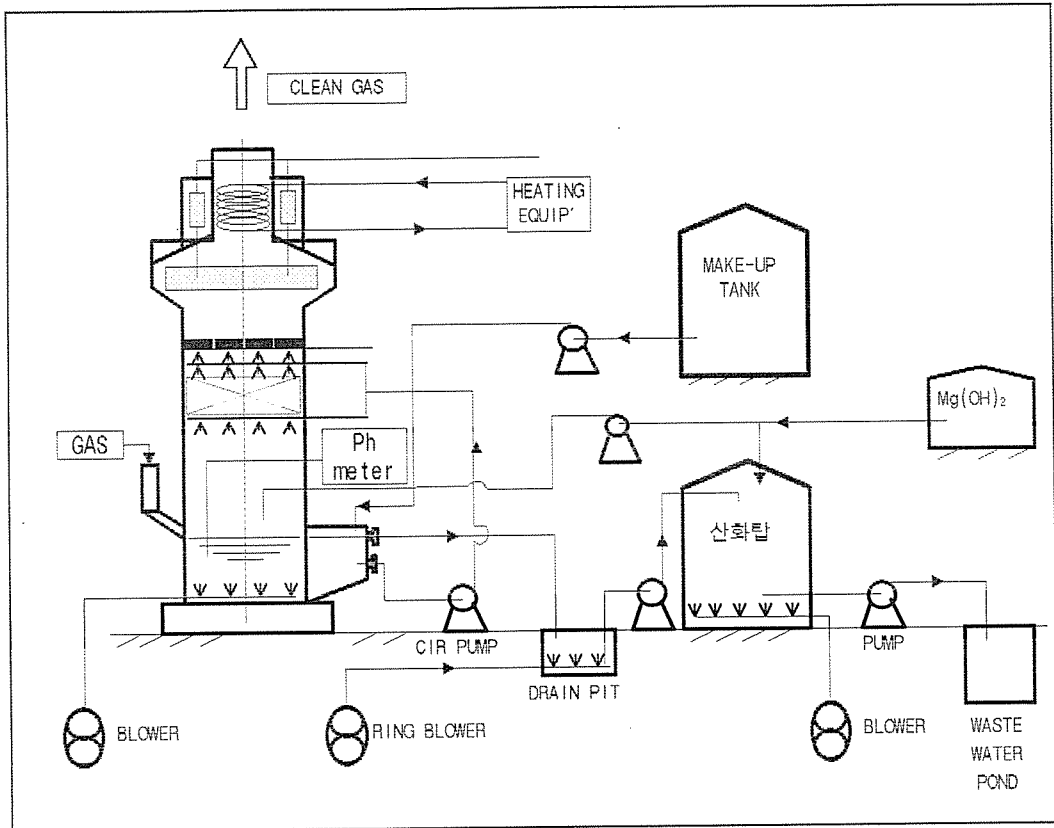


Fig 1 탈황공정 FLOW DIAGRAM

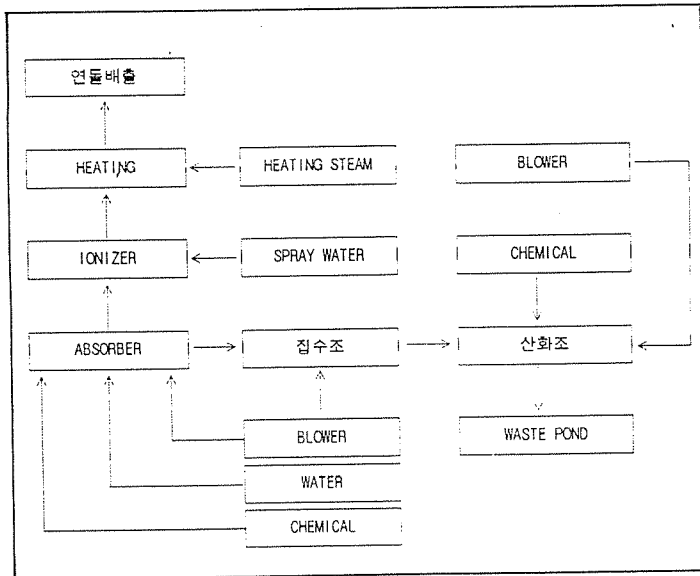
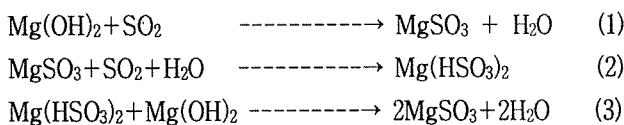


Fig 2 탈황공정 FLOW DIAGRAM

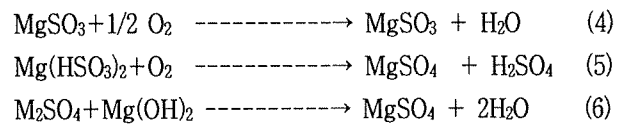
3.1.1 Mg(OH)₂ 와 SO₂ 의 반응식

Mg(OH)₂ 와 SO₂ 의 반응은 흡수와 산화반응으로 나눌수 있으며 아래와 같다.

[흡수공정 반응식]

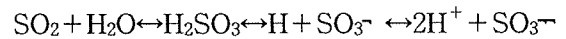


[산화공정 반응식]



3.1.2 Mg(OH)₂ 의 탈황 반응

B-C OIL 을 연소하면 연소가스의 황성분은 대부분이 SO₂로 되고 미량이 산화된다. 대부분의 황화 물질은 수분과 접촉하여 황산으로 변화되고 가스의 온도가 저하되면서 수분과 결합하여 MIST로 된다. SO₂ 의 비점은 -9.86 °C 의 가스로 물에 용해하면 아황산가스를 생성한다.



SO₂ 는 물에대한 용해도가 낮기 때문에 ALKARI 용제인 Mg(OH)₂ 를 사용하여 아황산염으로 고정한다. 식 (1) (2) (3)

식(1) (2) 는 실제 탈황설비의 운전에서 미반응에 의한 SCALE 생성이 일어날 수 있는 상태이나 식(4) (5) (6) 의 과정에서 반응에서 탈황이 이루어지며, 용해도가 큰 MgSO₄ 로 변화되어 탈황공정에서의 SCALE의 발생을 방지할 수 있다.

3.1.3 Mg(OH)₂ 의 공정 특성

Mg(OH)₂ 를 이용한 탈황율은 대단히 높으며, Mg(OH)₂ 및 Mg(OH)₃ 의 반응속도가 빠르기 때문에 ABSORBER 에서 액·기비를 타 공정법에 비하여 대폭적으로 줄일 수 있다. 그러므로 설비의 설치비용을 줄일 수 있고 산화탑에서의 완전한 산화반응이 이루어질 경우 별도의 폐수처리설비가 필요없고 모든 순환 SYSTEM 내의 미반응 SCALE 에 의한 배관의 막힘 또는 ABSORBER 내에서의 SCALE 침적현상 우려가 없다. 따라서 ABSORBER 내부와 산화탑에서의 충분한 산화반응에 의한 정확한 Ph CONTROL 이 탈황처리의 주된 기술이다.

3.2. Ph 와 SO₂ 제거 효율

탈황설비의 운전에 있어서 SO₂ 를 제거하기 위한 중요한 요소중 Ph 의 적절한 유지관리이다. 당사의 탈황설비의 운전에 의한 Ph 와 MgSO₃ 와의 관계에 있어서 아래와 같이 요약할 수 있다. 이러한 DATA는 반응실험에 의한 조건과 현장의 무수히 많은 변화조건의 영향으로 정확한 DATA는 취득할 수 없으나 Ph 변화에 따라 MgSO₄ 로의 반응은 확연히 알 수가 있다.

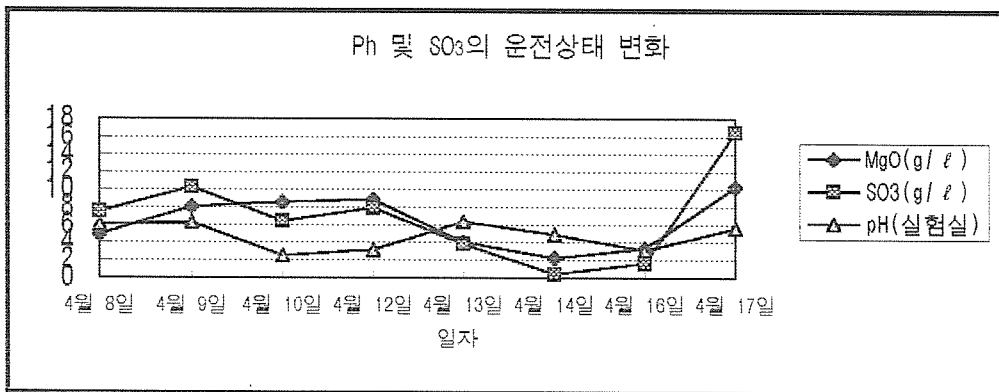


Fig 3 Ph 변화에 따른 SO₂ 변화추이

3.2.1 SO₃ 의 생성원인 및 개선사례

1) 조건

- DATA : 탈황설비 설치후 ABSORBER 에서 실제운전 DATA 측정.
- 측정항목 : MgO 농도, SO₃ 농도, 배출수량, Ph.
- DATA 적용 : '98년 4월8일부터 '98년 4월17일
- 공기량 : 3,000 Nm³/h 을 각 ABSORBER에 균일하게 공급.

2) ABSORBER 운전조건 비교

[표1.5] 운전조건 비교

항 목	개선전 조건	개선후 조건	비 고
배출 수량	21 ~ 42	42	농도를 일정하게 유지후 측정
MgO 농도	2 ~ 12	8 ~ 10	
SO ₃ 농도	0.4 ~ 28	3 ~ 10	
Ph	4 ~ 6.8	5.5 ~ 6	
상 태	SCALE 생성	SCALE 생성없음	

※ 필요한 공기량의 계산은 탈황설비의 실제 운전 DATA 를 적용하여 계산하였으므로 SO_x 배출 농도의 변화, SO_x 포집율의 변화가 있을 경우 운전의 안정성에 영향을 미칠수 있다.

상기 [표3]에서 볼 때 Ph 의 량이 4 ~ 6.8 로 운전될 경우 Ph 의 변화폭이 크다. 따라서 적정량 Mg(OH)₂ 의 공급으로 탈황설비를 안정하게 운전할 수 있다. 또한 SO₃의 생성요인은 ABSORBER 내부로 공급되는 가스의 량, 급수량, 공기량에 따라 많은 변화가 일어날 수 있으므로 현장측정 또는 운전시 이러한 조건을 충분히 고려하여야 한다.

[표1.6] 운전조건 개선전

일 자	T-MgO(%)	T-SO ₃ (%)	원수pH	SO ₂ 과포화비	비고
				(g/l)	
4월 8일	0.51	0.68	6.5	-1.379762308	
4월 9일	0.696	0.93	6.85	3.377700755	
4월10일	0.911	0.86	4.11	-2.987889407	
4월12일	0.995	1.14	5	-2.100906007	
4월13일	0.455	0.257	4.05	-5.981067017	
4월14일	0.514	0.52	7	-0.728822173	
4월16일	0.195	0.041	5.4	-13.91871346	
4월17일	0.345	0.245	5.2	-7.667969125	

ABSORBER 내의 Ph 의 상태에 따라 SO^{2/3} 과포화비가 현저히 낮음을 알 수 있다. 동일한 조건에서 Ph 의 CONTROL 을 정확히 조절할 경우 [표1.7]에서 SO^{2/3} 과포화비가 증가되어 SCALE 의 생성을 억제할 수 있음을 알 수 있다.

[표1.7] 운전조건 개선후

일 자	T-MgO (%)	T-SO ₃ (%)	SO ₃ (mol/l)	원수pH	SO _{2/3} 과포화비	비고
					(g/l)	
4월 8일	0.51	-1.143708	-0.142964	6	(9.31)	
4월 9일	0.696	-0.893708	-0.111714	6	(7.02)	
4월10일	0.911	-0.963708	-0.120464	6	(6.33)	
4월12일	0.995	-0.683708	-0.085464	6	(5.11)	
4월13일	0.455	-1.566708	-0.195839	6	(11.43)	
4월14일	0.514	-1.303708	-0.162964	6	(9.83)	
4월16일	0.195	-1.782708	-0.222839	6	(20.16)	
4월17일	0.345	-1.578708	-0.197339	6	(13.38)	

4. 탈황설비의 투자비 산정 및 경제성 분석

4.1 탈황설비의 투자비 산정

탈황설비에 대한 투자비의 산정은 여러 가지의 경우를 고려하여야 하나 일반적으로 현재 운영중인 열병합발전소를 기준하여 해당설비의 투자비를 산정였으며, 설비의 자재선택, 설비의 구성등으로 인하여 투자금액의 변화가 크므로 설비의 내구년수를 감안하여 각부분의 설계를 고려하여야 한다.

4.1.1 설비투자비 항목

탈황설비의 주설비 공사별 투자비는 [표1.8]에 나타난 바와 같이 분류할 수 있고 설비의 특성별로 분류하면 [표1.9] 와 같다.

[표1.8] 공사별 투자비 항목

* 토목공사비 : 부지조성 및 기초공사 비용
* 건축공사비 : 운전실 및 기타건물 비용
* 기계설비 공사비 : 기계 주설비 비용
* 전기 공사비 : PANEL 및 동력CABLE
* 계장 공사비 : DCS & PLC 계장공사비용
* 배관 공사비 : 급수, 약품 배관 비용
* 보온 공사비 : 배관의 보온비용
* 도장 공사비 : 주설비 및 철골도장 비용
* 시운전 비용 : 시운전중의 약품비용

[표1.8] 탈황설비 공정별 분류

- * 탈황설비 공정: ABSORBER 및 백연제거설비의 제반비용 (사용자재의 선택에 따라 많은변화가 있음)
- * 약품주입 설비: 약품의 저장시설 및 배관설비의 비용.
- * 급수공급 설비: 급수저장조 및 배관설비의 비용.
- * 백연제거 설비: ABSORBER에서 발생하는 백연을 제거하는 설비의 비용(방식에 따라 많은 비용의 변화가 있음)
- * 폐수처리 설비: 순환수에서 발생된 일정량의 폐수를 처리하는 설비의 비용(집수조, 산화조 및 폐수이송 배관의 비용)
- * 기타 부대시설: 보온 및 도장에 소요되는 기타비용

4.1.2 연료변경에 의한 절감액

탈황설비의 투자비용 산출에 있어서 우선 고려하여야 할 사항은 현재 사용중인 연료를 고유황유로 전환하여 사용할 경우와의 차액에 의한 경제성을 고려하여야 한다. 그러므로 현재 가동중인 설비인 경우는 사용년수를 감안하여 탈황설비의 자재를 선택하고 모든 설비를 구성하여야 하며, 신규설비에 탈황설비를 구성할 경우는 보일러설비의 내구년수를 고려하여 설비의 투자비를 산정한다.

1) 연료변경에 의한 절감액

(0.5 %S B-C OIL → 4.0 %S B-C OIL 대비)

- 산정기준

일일연료사용량	450,000 l/day
0.5 %S 단 가	243 원/l
4.0 %S 단 가	147 원/l

- 4.0 %S B-C OIL (1일사용금액)

$$450,000 \text{ l} \times 147 \text{ 원/l} = 66,150,000 \text{ 원/일}$$

- 0.5 %S B-C OIL (1일사용금액)

$$450,000 \text{ l} \times 243 \text{ 원/l} = 109,350,000 \text{ 원/일}$$

- 일일 절감액 : 109,350,000 - 66,150,000

$$= 43,200,000 \text{ 원/일(절감)}$$

2) 그러므로 0.5 %S B-C OIL을 사용하는 지역의 열병합발전시설에서 4.0 %S 의 B-C OIL을 전환사용할 경우 [표1.10] 과 같이 연료사용에 의한 원가를 절감할 수 있다.

[표1.9] 연료 절감액

1일 절감액	43,200,000 원
30일 절감액	1,296,000,000 원
년간 절감액(11개월)	14,256,000,000 원

※ 정기보수기간 1개월 제외

4.2 탈황설비 운영비용 산출 (년간)

[단위:천원]

항 목	금 액	산 출 근 거	비 고
1)약품비	1,400,000	* 1,250kg/h×140원/kg ×8,000hr	① 약 품: Mg(OH) ₂ 50% ② 소모량: 1,250 kg/h ③ 단 가: 140원 ④ 시 간: 8,000 hr 기준
2)동력비	150,400	* 400kWh×47원×8,000hr	한전수전단가 적용
3)보수비	24,000	* 설비투자액의 0.3%적용	
4)용수비	832,000	* 520m ³ /hr×200원/m ³ ×8,000hr	상수요금 기준
5)인건비	61,200	* 170만원/월×3인×12월	1인 3교대 기준
합 계	2,467,600		

※ 년간 8,000 시간의 적용은 설비의 정기보수 시간을 제외한 시간임.

- 1) 약품비: 탈황반응에 필요한 약품은 수산화마그네슘 농도 50% 기준하여 산출하고 발전용 보일러 운전부하에 따라 변화되므로 일간 사용되는 약품의 평균치를적용
- 2) 동력비: 설비가동에 필요한 MOTOR 및 IONIZER 사용전력 비용
- 3) 보수비: 탈황설비운전중 일반적인 보수에 지출되는 비용은 정기보수 및 일반정비에 소요되는 비용으로 SCALE생성에 의한 전반적인 CLEANING 비용은 포함하지 않음
- 4) 용수비: 일간 사용되는 용수의 비용으로 상수비용을 적용
- 5) 인건비 : 운전원 평균임금 및 1일 3교대 인원 기준 해당 인건비용

※ 운영비용의 산출은 해당설비의 운영관리, 설비의 보수관리, 탈황설비의 가동율에 따라 변화되므로 현재 당사에서 운전하고 있는 설비의

상태를 기준함.

4.3 탈황설비의 투자회수 기간

탈황설비의 투자회수기간을 산정함에 있어서 시설에 투자된 비용을 투자비용으로 하고 설비용 부지비용은 제외하고 산정되었다. 또한 제반 운영비용 및 시설의 비용은 간략히 표기하기로 한다.

1) 설비투자 및 운영비용

탈 황 설 비	투 자 비	운 영 비 (년)	연료절감액(년)
180,000Nm ³ ×2기	₩8,000,000,000	₩2,467,600,000	₩14,256,000,000

2) 회수기간 산정

항목	설비투자비	연료비절감액(년)	년간지출비용(년)	
금 액	8,000,000,000	14,256,000,000	년간운영비	2,467,600,000
			감가상각비	670,000,000
			지급 이자	400,000,000
			3,537,600,000	

- 년간 절감금액

연료비 절감액-년간지출비용=년간절감금액
14,256,000,000-3,537,600,000=10,718,400,000원/년

- 회 수 기 간

설비투자비 ÷ 년간절감금액 = 투자회수기간
8,000,000,000 ÷ 10,718,000,000 = 0.75년

3) 경 제 성

배연탈황설비를 준공하는데 필요한 비용의 총합과 운영에 필요한 제반 비용의 총합은 상기의 방법으로 간략히 나타낼 수 있다. 당사의 탈황설비는 향후 운영중 상세한 운영비용을 산출하여 정확한 경제성을 검토할 필요가 있지만 '98년 5월부터 4.0 %S B-C OIL을 전환사용하고 있으므로 유류사용에 의한 비용은 획기적으로 절감하고 있다. 따라서 탈황설비의 설치에 따른 발전시설 및 기타의 시설물에는 경제적 투자의 가치가 충분히 있다고 생각되어진다.

5. 결 언

열병합발전시설 및 중, 소형 보일러설비를 운영하는 시설에는 전항에서 본 바와 같이 배연탈황시설을 조기에 입안 검토하여야 할 필요성이 있다. 최

근 발전시설에 사용되는 유가의 폭등 및 환율변동에 따른 제반 비용의 증가로 인하여 발전시설을 운영하는 모든 사업장에서 많은 어려움을 느끼고 있는 실정이며, 모든 시설물에 대한 계획정비의 기간도 원가의 절감차원에서 과거에 비하여 장기운전으로 전환되고 있는 추세이다.

배연탈황방법중에서 수산화마그네슘을 이용한 PROCESS가 과대한 부대시설이 필요로 하지 않으며, 저렴한 약품비용으로 인하여 발전시설을 운영하는 사업장에서는 많은 원가절감의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

다변화되는 세계경제적 상황과 환경정책에 능동적으로 대처하기 위해서는 발전시설을 운영하는 사업장 모든 종사자들의 원가절감을 위한 부단한 노력이 필요로 하다. 국외로부터 전량을 수입에 의존하는 유류의 사용은 많은 외화지출의 요인이되고 사

업장의 경제적 부담을 주는 요소가 된다. 따라서 배연탈황에 대한 설비의 투자는 경제적 측면뿐만 아니라 쾌적한 생활환경 및 근무환경을 조성하는데 중요한 부분을 차지한다. 날로 발전하는 산업사회에서 성장위주의 경영에서 환경과 원가절감의 목적을 동시에 달성할 수 있는 시설의 투자는 정부에서 시행하는 에너지절약시책에 능동적으로 부응하고, 침체된 국내경제에 활력을 불어넣는 계기가 될 것이다.

그러나 경제성만을 고려하여 저렴한 설비를 설치하였을 경우 보수를 위한 탈황설비 및 관련설비의 중단등으로 인하여 설비의 초기투자 비용보다 많은 보수 및 개선비용이 발생되 점을 감안하여 향후 강화되는 환경조건에 만족할 수 있는 보다 완벽한 설비의 구성을 염두에 두어 신중하고 치밀한 계획하에 추진하여야 할 것이다.

열전가변형 가스터빈 열병합발전 소개

- 일본제온(주) 가와사키 공장 사례를 번역 게재 -

1. 회사 및 공장 소개

일본제온 주식회사는 1950년 요코하마 고무, 후루가와 전공, 일본경금속의 후루가와계 3사가 공동출자하고 미국의 B, F Goodrich Chemical과의 기술 제휴를 토대로 설립되어 합성수지 및 합성고무의 메이커로서 업계를 리드해 왔다. 가와사키공장은 1959년에 특수합성고무인 NBR(Acrylic nitrile, 푸타젠고무)의 양산공장으로 일본에서 처음으로 국산화에 성공하였다. 그후 30년에 걸쳐 합성고무와 합성라텍스를 주제품으로 하고 자동차의 중요보안제품인 벨트, 호스, 펌핑류의 소재를 비롯하여 크레코드용, 접착제용, 타이어코드용등의 각종 합성라텍스를 제조하고 있다.

2. 도입 경위

당 공장에서는 1988년 3,770KW 가스터빈 열병합발전 시스템을 도입하여 대폭적으로 에너지비용을 저감하며 에너지절약을 실현하였다. 또한, 1989년에는 중유연소 60t/h 수관보일러를 2t/h×15대의 도시가스연소 소형 관류보일러의 다관설치방식으로 바꾸어 증기부하에 맞게 대수제어를 하며, 최적보일러 운전과 로테이션을 하고 증기 원단위의 향상과 집중감시 시스템을 채용하므로서 대폭적인 성력화를 실현하였다.

동시에 종래부터 가동하고 있던 산업폐기물 소각로의 조연바나도 도시가스로 전환하여 연료의 일원화와 저공해화를 도모하고 환경대책을 먼저 실시하여 왔다. 그 후, 생산량의 증대에 수반하여 에너지소비량, 특히 전력소비량이 증가하여 보다 한층 더 에너지비용의 삭감과 에너지절약을 실현하였기 때문에 1993년에 열병합발전 2호기 도입프로젝트를 시작하였다.

1호기의 가동실적에 의하여 가스터빈 열병합발전시스템의 신뢰성이 높고, 에너지절약성과 비용절약성에 대해서는 실증이 끝났으나 1호기와의 병렬운전을 하기위하여 최적시스템을 검토할 필요가 있었다. 에너지비용을 삭감하는데는 가능한한 발전출력이 큰 기종으로 계약전력의 저감을 도모하는 것이 우위지만 그 경우에는 하계에 잉여증기가 발생한 다. 그래서 열전가변형 증기주입 가스터빈 열병합발전시스템인 IHI사의 2 유체사이클(이후 FLECS : Flexible Electric CO-generation System)를 채용하기로 하였다.

3. 시스템 개요

3-1. 특징

아리손사제 가스터빈 501 KH5를 사용한 FLECS