

## 석탄가스화 복합발전용 고온건식 bench scale 탈황장치 제작 및 설치

한 근희, 이 창근, 진 경태, 손 재익, 위 영호\*, 김 중영\*  
한국에너지기술연구소, 전력연구원\*

### Installation of a Bench scale Hot Gas Desulfurization System for IGCC

K. H. Han, C. K. Yi, K. T. Jin, J. E. Son, Y.H. Wi\*, J.Y. Kim\*  
Korea Institute of Energy Research, Korea Electric Power Research Institute\*

#### 서론

석탄가스화 복합발전시스템(IGCC)은 석탄가스화로, 고온가스 정제공정, 터빈의 발전공정으로 이루어져 있다. 석탄가스화 반응은 환원 조건에서 이루어지므로 석탄 속의 유황 성분은  $H_2S$  및  $COS$ 의 형태로 전환된다. 가스터빈의 부식방지 및 공해 문제를 해결하기 위해서 석탄가스 중의  $H_2S$  및  $COS$ 는 제거되어야 한다. 석탄가스를 기존의 습식방법이 아닌 고온에서 바로 정제하여 현열손실을 막을 수 있는 방법을 모색하면서 고온건식 탈황기술 개발이 시작되었다. 고온건식 탈황법은 습식 탈황법에 비하여 열효율 면과 공해억제 측면에서 유리한 방법으로 미국, 일본을 중심으로 연구 개발이 한창 진행 중에 있다.

고온건식 탈황공정 요소기술 개발을 목표로 탈황제 제조법 및 반응특성 규명과 소규모 고온 탈황공정의 프로세서 개발에 역점을 두고 '94년도에 bench-scale 고온건식 탈황시스템의 상세 설계를 하였고, '95년도에는 상세 설계를 바탕으로 장치의 제작 및 설치가 이루어졌다<sup>1, 2)</sup>.

#### 장치개요

<표 1>은 본 장치를 제작하기 위하여 마련된 제작 사양을 나타낸다.  $H_2S$  탈황률 95%를 목표로 유동층 방식의 반응기가 선택되어 최고압력 10 기압, 최고 온도 800 °C로 넓은 범위의 실험을 할 수 있도록 만들어 졌다. 사용될 탈황제는 국내 철광석과 zinc titanate이다. 탈황효과를 높이기 위해 기-고 반응물의 혼합 효과가 좋은 유동층방식의 탈황탑 및 재생탑을 설치하였다.

#### 공정구성

[그림 1]은 고온건식 탈황시스템의 물질 및 열 수지를 나타낸다. 전체 공정은 크게 모사가스처리 및 공급부문, 탈황탑 및 재생탑의 반응부문, 집진 및 가스 후처리부문으로 구성된다.

&lt;표 1&gt; Bench-scale 고온건식 탈황장치 제작개요

종 류	구 분	제 작 사 양	비 고
H <sub>2</sub> S농도	탈황반응전	3000ppm	95%탈황을 목적
	탈황반응후	150ppm	
사용될 탈황제	종 류	국내산철광석, zinc titanate	
	크 기(size)	$d_{p_{mean}} = 0.2\text{mm}$	
반응기	형태및크기	유동층방식, 직경75mm x 높이1200mm	
	유동화속도	0.3 m/sec	
	총가스유량	11.71 Nm <sup>3</sup> /hr	
	조업압력	1-10 기압	
	운전온도	400-800 °C	

일정 실험 압력으로 조절된 가스는 각각의 mass flow controller를 거치면서 유량을 제어하고 가스 믹서를 거쳐 가스예열기로 유입된다. 이때 H<sub>2</sub>O는 deionization cartridge를 거쳐 증기발생기에서 약 150 °C의 증기가 생성되어 응축을 방지하기 위해 관 가열기가 설치된 관을 통해 가스예열기의 전단에서 다른 모사가스들과 합류하게 하였다. 그러나 H<sub>2</sub>S는 부식을 방지하기 위하여 직접 반응기에 유입되도록 하였다.

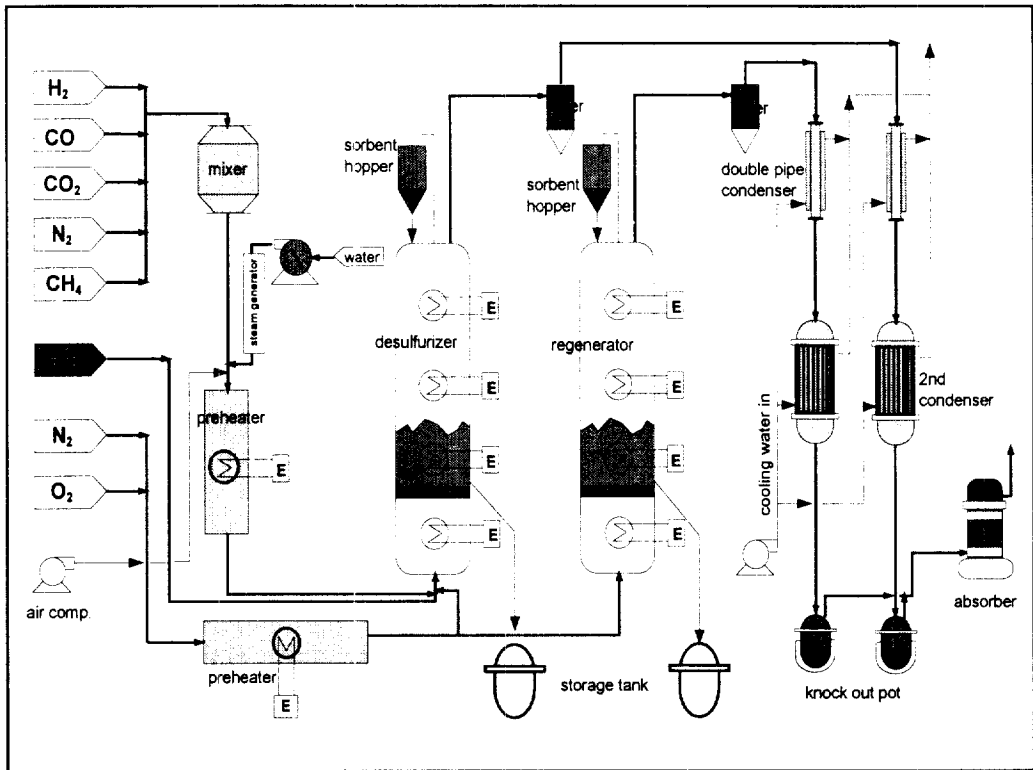
가스예열기는 혼합된 가스를 반응기에 인입되기 전에 설정된 온도로 예열하는데 가스와 전기 히터에 의한 내부가열 방식으로 설치하고 외부에는 열 손실을 막기 위해 100 mm 두께의 단열을 하였다.

반응기는 SUS310으로 제작되었고 고온의 부식성 가스가 직접 접촉되지 않도록 하기 위해 내부에 직경 75mm의 석영관을 삽입하였다. 또 반응기의 가열은 외부에서 전기히터로 가열하는 방식으로 반응기 전체를 네 등분하여 각각의 히터로 조작되도록 하였다. 가스분배기는 sintered plate를 주문 제작하여 설치하였다. 반응기의 절대압과 탈황제의 층높이 등을 측정하는 차압계가 설치되었고, 온도측정을 위해 inconel601의 열전대를 탈황탑 내에 설치하였다. 또 wind box에도 석영관을 삽입하고 가스의 고른 분배를 위해 세라믹 볼을 충전하였다.

반응기의 상단에 탈황제를 일정량 투입할 수 있도록 투입장치와 저장조를 설치하였다. 반응기의 하단에 운전중 혹은 운전후 탈황제를 배출하는 배출저장조를 설치하였다.

가스 후처리부를 보면 반응된 고온가스가 먼저 고온용 세라믹 필터에서 분진이 제거되는데 필터의 전 후단의 차압을 측정하여 필터의 막힘 정도를 알 수 있도록 하였다. 집진된 가스는 1차 수냉식 이중관 응축기와 2차 다발관 형식의 응축기를 거치고 여기서 냉각된 가스는 상온으로 떨어져 응축된 냉각수 등을 포집하는 포집조를 거치게 되어 있다. 이후 가스는 압력 조절밸브를 거친 후 상압의 가스로 떨어진 후 배가스 중화조에서 중화 처리된 후 대기로 방출하게 된다.

모사가스는 가스믹서와 압력 조절밸브의 후단에서 가스를 채취하여 농도를 측정하도록 하였다.



[그림 1] 고온건식 탈황시스템의 공정도

### 장치 제작 및 설치시 유의점

본 장치를 제작 설치시 겪었던 어려운 점과 유의점을 나열하고자 한다.

1. 안전문제 : 유해 가스의 취급과 고온 고압의 공정이므로 반응기의 설계시부터 안전문제에 주안점을 두었다. 반응기 주변의 고온 고압이 동시에 요구되는 부위의 밸브들은 규격에 맞는 특수 밸브들을 사용하였고, 고온의 관 혹은 유해 가스가 흐르는 관은 이음매 없는 관을 사용하였고, 전 공정의 플랜지등 연결 부분에 누출을 방지할 수 있는 금속 packing재를 사용하였다. 스팀 발생기, 탈황탑, 재생탑에는 압력이 과도하게 걸릴 경우를 대비하여 안전밸브를 부착하였다.
2. 부식방지 및 재질문제 : 석탄가스화로부터 직접 연결된 대형 탈황 재생탑의 경우에는 부식방지와 보온을 위해 내부에 세라믹 벽이 필요하나, 본 실험 장치의 경우 가열에 의한 탑내 온도 유지를 위해 SUS310을 사용하고 석영관을 내부에 설치하여 H<sub>2</sub>S에 의한 부식을 방지하도록 하였다. 외국의 경우 작은 반응기의 경우 고온 표면 처리로 알루미늄이 증착된 Alon™을 사용하기도 한다. 고온의 부식성 가스가 직접 접촉하는 부분에는 가능한 한 용접을 피했고 만약 용접을 한

다면 주의 깊은 용접이 되도록 했다. 고온의 부식성 가스와 증기가 혼합하면 극심한 부식을 야기할 수 있으므로 H<sub>2</sub>S를 탈황탑의 하부로 직접 투입하였다.

3. 장치의 설치문제 : 실험 진후에 반응기의 온도 변화가 심하기 때문에 열팽창을 고려하여 설치 하였다. 반응기의 상 하단을 고정하면 뒤틀림 변형이 쉽게 일어나므로 상부만 고정시켰다. 반응기를 가열할 히터는 내부 온도를 용이하게 조절하고 고장시 부분적인 교체가 가능하도록 네등분으로 제작하였다.

4. 유동층 반응기 : 탈황제가 잘 유동화 되도록 그 동안의 경험을 바탕으로 가스 분배기의 주의 깊은 설계와 제작이 이루어졌다.

5. 제어문제 : 조업자의 현장에서의 불필요한 작업을 가능한 한 줄이고 안전을 위해 제어 시스템이 구성되었다. 전 공정의 압력은 제어밸브에 의해 배기가스의 유량을 조절하고, 투입 모사가스들은 mass flow controller를 사용하였고, 제어실에서 조작이 되도록 하였다. 문제 발생시 전 공정을 멈추게 할 수 있는 긴급정지 단추, 경보장치, 누전감지 장치들이 설치되어 있고, 전 공정의 작동 상태를 제어실에서 감시할 수 있도록 PLC (Programmable Logic Controller)와 DCS (Distributed Control System)의 소프트웨어가 사용되어 감시, 제어, 데이터수집, 처리가 이루어지도록 하였다.

## 결 론

석탄가스화 복합발전용 고온건식 탈황공정 개발을 위한 고온 고압의 유동층 반응기를 포함한 bench-scale 장치의 제작 및 설치중 겪은 경험과 관련 제작 기술 자료를 서술하였다.

## 감사의 글

본 연구는 통상산업부가 지원하는 대체에너지기술개발 (G7 선도기술개발) 사업의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 박영성, 이창근, 한근희, 손재익, 위영호, 이정수 “석탄가스화 복합발전용 고온건식 bench-scale탈황공정 설계,” 화학공학의 이론과 응용, vol. 1, No. 1, pp155 (1995)
2. 지평삼 외 “석탄가스 고온정제 기술개발,” 연구보고서, 통상산업부, 941E102252FG1 (1994)