

### 3톤/일 석탄 가스화공정의 개념 및 기본설계

유희종, 이진욱, 윤용승, 오세기  
고등기술연구원 전력에너지연구소

#### Conceptual and Basic Design for the 3 Ton/Day Bench Scale Coal Gasification Process

Hee Jong Yoo, Jin Wook Lee, Yongseung Yun, Se Kee Oh  
Electric Power System Lab., Institute for Advance Engineering

#### 1. 서론

석탄가스화 복합발전시스템은 전세계적으로 부각되고 있는 전력에너지의 안정적 공급과 환경오염물질 감소라는 요구조건을 충족시키면서 그에 따른 기술 파급효과가 매우 큰 발전방식이며 이외에 설치비 및 운영비 측면에서도 기타 발전방식에 뒤지지 않는 장점을 갖는다. 이러한 연유로 석탄가스화 복합발전시스템은 향후 2000년대에는 전세계 발전시장에 매우 큰 역할을 할 것으로 기대되며 따라서 유럽, 미국 및 일본등의 기술 선진국들은 석탄가스화 복합발전시스템의 대용량화 기술개발에 박차를 가하고 있는 실정이다. 이러한 발전방식의 기술변화에 국내에서도 능동적으로 대처하기 위한 노력이 다방면으로 진행되고 있는 실정이며 이러한 노력의 한 분야로서 본 고등기술연구원에서는 아주대학교와 공동으로 IGCC의 핵심기술이라고 말할 수 있는 석탄 가스화공정에 대한 설계 및 운전기술 확보를 위하여 고온(약1500℃) 및 고압(약30기압)의 조건하에서 일간 석탄 처리용량이 약 3톤인 분류층 방식의 BSU(Bench Scale Unit) 석탄가스화 공정의 설계 및 건설을 완료하여 현재 시험가동중에 있다.

본 연구에서는 이러한 목적으로 아주대학교 구내에 기설치된 BSU의 개념, 기본설계 및 제어구조 설계에 관한 개략적인 내용을 살펴보고자 한다.

#### 2. BSU 개념설계

석탄 가스화복합발전을 위한 석탄의 가스화공정의 일간 약 3톤의 아역청탄을 처리할 수 있는 BSU는 기본적으로 다음의 Fig. 1. 과 같은 개념을 만족할 수 있도록 설계되어 졌다. Fig. 1. 과 같이 BSU는 석탄의 분쇄 및 건조, 미분탄의 공급, 가스화반응, 생성가스 냉각, 용융슬랙 제거 및 집진, 유틸리티 및 생성가스의 후처리를 위한 flare stack 공정으로 구성되어 있다.

BSU로 공급된 원탄은 저장 및 전처리 공정을 거쳐 분쇄 및 건조공정으로 유입된다. 유입된 석탄은 기본설계 사양에 따라 건조 및 분쇄되고 가스화기로의 주입을 위해 분쇄호퍼에 저장된다. 저장된 미분탄은 석탄의 공급계통인 lock 호퍼 및 injection 호퍼를 통하여 가압상태의 가스화기로 주입된다. 주입된 미분탄은 함께 공급된 산소 및 스팀과의 반응을 통하여 가스화되며 이로 부터 생성된 용융회는 가스화기의 벽을 따라 흘러 내려 슬랙처리 공정을 통하여 가스화기로 부터 제거된다. 가스화기로 부터 생성된 가스는 냉각기를 통하여 요구되는 온도로 냉각되며 냉각된 생성가스에 포함된 비산재는 집진계통을 통하여 제거된다. 이와같이 얻어진 생성가스는 조성분석 과정을 거쳐 flare stack

으로 유입되며 유입된 가스는 적절한 처리를 거쳐 무해화 되어 대기로 방출된다. 이와 같은 개념을 통하여 얻어진 일련의 가스화공정을 성공적으로 구현하기 위해서는 이에 대한 공정의 기본적인 해석 및 설계가 충실히 이행되어야 하며 이를 통하여 구체적인 기본설계 및 P&ID (Piping and Instrumentation Diagram)가 확정되게 된다.

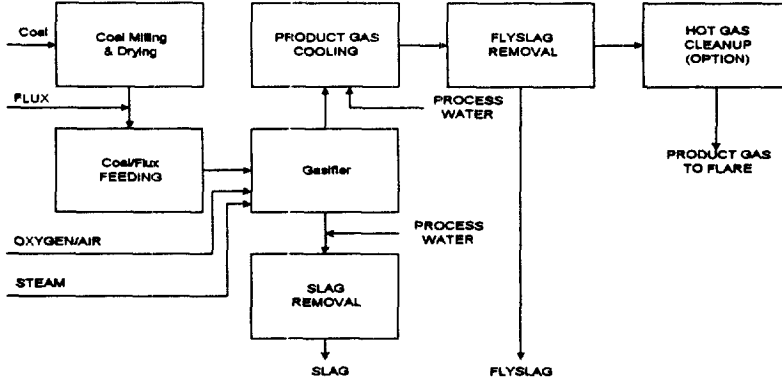


Fig. 1. Block Flow Diagram of the Bench Scale Unit.

### 3. BSU 기본설계

BSU 공정의 기본설계는 앞서 설명된 BSU 개념설계 자료를 바탕으로 석탄 가스화공정의 단위공정별 열 및 물질수지의 해석 및 정상상태 운전조건에 상응하는 석탄 가스화반응의 모델링으로 부터 얻어진 자료를 기본으로 하여 수행되어진다. 이러한 석탄 가스화공정의 열 및 물질수지 자료와 정상상태 가스화 반응의 모델링 자료를 기본으로 하여 가스화 반응의 운전조건인 가스화기의 온도, 압력 및 요구되는 체류시간과 이에 따르는 미분탄, 산소, 스팀 및 질소의 유량 등이 결정되어지며 이를 통하여 가스화공정의 핵심인 가스화기의 용적과 주변 공급 및 처리장치의 사양이 결정되며 상기의 과정을 통하여 정상조업시 계산된 가스화기 주변의 예측되는 열 및 물질수지는 Fig. 2. 과 같다.

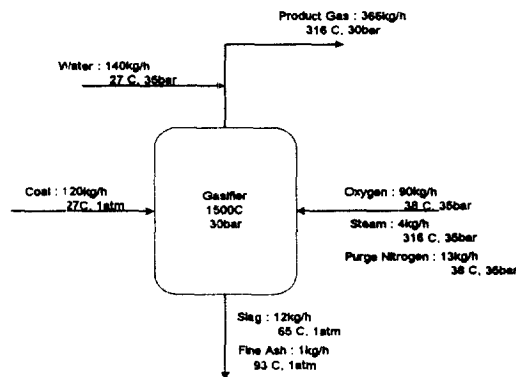


Fig. 2. Overall material and heat balance of the BSU gasifier.

고온 및 고압하에서 연속공정으로 가동되는 BSU 의 안정한 정상상태의 자동운전을 위해서는 이에 상응하는 원료의 안정한 공급 및 가스화기의 정상상태 조건의 유지를 위한 적절한 공정흐름 및 안전을 위한 설계개념은 기본설계의 가장 중요한 요소중의 하나로 작용한다. 본 BSU 공정에서 가스화기는 고온 및 고압하에서 운전되기 때문에 전단에서 공급되는 원료 및 기타 물질의 흐름은 가스화기 압력과 비교하여 항상 일정수준 높게 조절되어 공급되어야 하며 이를 위하여 모든 주입시스템의 전단에서는 압력조절을 통하여 공급될 수 있도록 설계되어야 한다.

BSU 석탄 가스화공정에서 주로 사용될 대상탄은 고유수분이 약 10%, 건조기준 휘발분이 약 50%이고, 발열량이 약 6300kcal/kg 인 Alaskan Usibelli 산 아역청탄으로 선정되었다. 석탄 건조 및 분쇄공정은 가스화기 용량 및 주입탄의 요구조건에 따라 대상탄에 대하여 수분함량이 약 10%이고 200mesh 잔사가 약 10-15% 인 입도로 건조 및 분쇄된 석탄을 일간 약 4톤 생산할 수 있는 규모로 설계되었다.

BSU 석탄가스화기는 건식, 고압, slagging 및 분류층 형태로 산화제로서 산소 및 공기를 모두 사용할 수 있고, 정상상태 운전온도 및 압력이 각각 약 1500℃, 30기압하에서 산화제로 산소를 사용하는 경우에 석탄처리용량이 일간 3톤인 규모로 설계되었다. 고온 및 고압하에서 운전되는 가스화기로의 원료탄은 각각 4기의 lock 호퍼 및 injection 호퍼를 사용하여 4기의 공급노즐을 통하여 수송용 질소를 사용하여 농후상으로 주입될 수 있도록 설계되었다.

이외에 가스화 반응에 필요한 산소 및 스팀과 수송용 및 purge 용 질소는 주입되는 석탄 및 가스화기의 운전조건에 따라 일정한 비율로 공급될 수 있도록 전단의 압력조절 밸브 및 후단의 유량조절 밸브를 통하여 공급될 수 있도록 설계되었으며 이러한 기본설계 개념을 통하여 확정된 가스화기 주변 개략적인 P&ID 는 Fig. 3. 과 같다.

#### 4. 결론

상기한 방식의 개념 및 기본설계를 거쳐 확정된 BSU 석탄 가스화공정의 P&ID 를 기본으로 BSU 공정의 제어시스템 설계 및 상세설계가 수행되어 고온 및 고압하에서 운전될 수 있는 일간 석탄처리용량이 약 3톤인 분류층 방식의 BSU 석탄가스화 공정은 현재 아주대학교 구내에 건설이 완료되어 가동중에 있으며 BSU 공정의 운전을 통하여 얻어지는 경험 및 공정자료 해석을 통하여 기수행된 기본 및 상세설계의 미비점을 개선해 나가고 있는 한편 이를 통하여 PDU(Process Development Unit) 급 IGCC 시스템에 대한 총괄적인 설계기술 확보를 위한 연구를 수행중에 있다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 고등기술연구원/아주대학교: "석탄가스화 복합사이클 발전시스템 실용화 개발(II)", 2차년도 보고서, 1994.
- 2) 고등기술연구원/아주대학교: "석탄가스화 복합사이클 발전시스템 실용화 개발(III)", 3차년도 보고서, 1995.

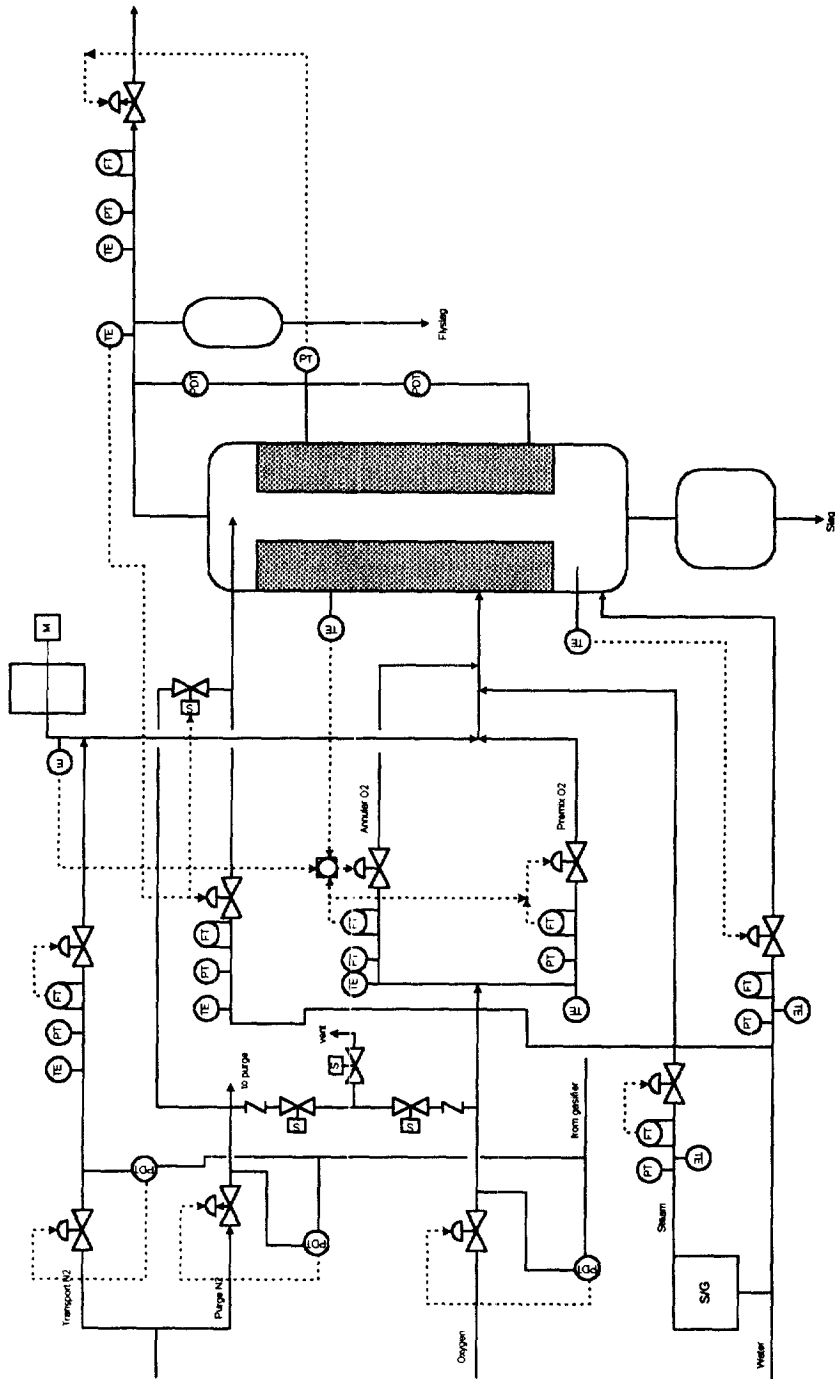


Fig. 3. Simplified P&ID for the 3 ton/day bench scale gasification process.