

합성천연가스(SNG) 생산을 위한 석탄가스화기 기술성 검토[§]

이근우* · 신용승*

* 현대건설 연구개발본부

Technical Review of Coal Gasifiers for Production of Synthetic Natural Gas

Geun Woo Lee^{**†} and Yong Seung Shin^{*}

* Research & Development Division, Hyundai Engineering & Construction

(Received December 16, 2011 ; Revised June 8, 2012 ; Accepted June 15, 2012)

Key Words: Synthetic Natural Gas(합성천연가스), Coal Gasification(석탄가스화), Gasifier(가스화기)

초록: 최근 고유가와 천연가스 수요 상승에 따른 가격 상승으로 인하여 상대적으로 낮은 가격의 석탄을 이용한 에너지 생산이 주목을 받고 있다. IGCC를 비롯한 석탄가스화 분야는 오래전부터 청정화석연료를 이용한 유망한 기술로 각광받아 왔었다. 본 연구에서는 이러한 석탄가스화 기술을 이용하여 합성천연가스를 생산하는 실제 프로젝트 개발단계에서 석탄가스화기 선정에 대한 기술적 검토를 수행하였다. 합성천연가스 생산에 적합하다고 판단되는 가스화기로서 고정층 슬래그 가스화기, 습식 분류층 가스화기, 건식 분류층 가스화기를 검토 대상으로 선정하여 연구를 진행하였다. 선정된 가스화기별 주요 공정 특징 및 성능에 대하여 검토하였으며, 종합검토내용을 토대로 합성천연가스 생산시 석탄가스화기 선정 방향에 대하여 제시하였다.

Abstract: Because of the increasing cost of oil and natural gas, energy production technologies using coal, including synthetic natural gas (SNG) and integrated gasification combined cycle (IGCC), have attracted attention because of the relatively low cost of coal. During the early stage of a project, the developer or project owner has many options with regard to the selection of a gasifier. In particular, from the viewpoint of feasibility, the gasifier is a key factor in the economic evaluation. This study compares the technical aspects of gasifiers for a real SNG production project in an early stage. A fixed-bed slagging gasifier, wet-type entrained gasifier, and dry-type entrained gasifier, all of which have specific advantages, can be used for the SNG production project. Base on a comparison of the process descriptions and performances of each gasifier, this study presents a selection guideline for a gasifier for an SNG production project that will be beneficial to project developers and EPC (Engineering, Procurement, Construction) contractors.

1. 서론

1.1 SNG 플랜트 개요 및 개발 배경

석탄 SNG 플랜트는 석탄을 고온 고압 조건에서 가스화하여 합성가스(CO, H₂)를 생산·정제한 후, 메탄화 공정을 거쳐 천연가스(CH₄)를 생산하는 플랜트이다.⁽¹⁾ 석탄으로부터 합성천연가스를 생산하는 공정은 여러 단계의 변환 및 전환 반응을 요구하는데, 이에 따른 SNG 플랜트의 공정도

는 Fig. 1과 같다.

SNG 개발 배경으로는 세계 2차 대전 이후 1970년대까지 미국 내 천연가스의 소비가 전체 에너지 소비의 약 30% 차지할 정도로 엄청난 수요의 증가가 있었다. 1960년대부터 미국 정부와 산업계는 수요 급증으로 인한 천연가스의 부족 현상을 우려하여 천연가스의 사용과 가격에 대한 규제를 도입함과 동시에 석탄을 합성 천연가스로 변환하는 고효율의 메탄화 공정 개발에 착수했다. 이러한 SNG 합성에 관한 연구 개발은 미국 정부의 지원을 받아 DOE 주관 하에 지속적으로 추진되었다.⁽²⁾ 1970년대의 석유 파동은 석탄 가스화 SNG 생산의 개발을 더욱 더 촉진하는 계기가

§ 이 논문은 대한기계학회 2011년도 추계학술대회(2011. 11. 2-4., EXCO) 발표논문임

† Corresponding Author, geunwoo.lee@hdec.co.kr

© 2012 The Korean Society of Mechanical Engineers

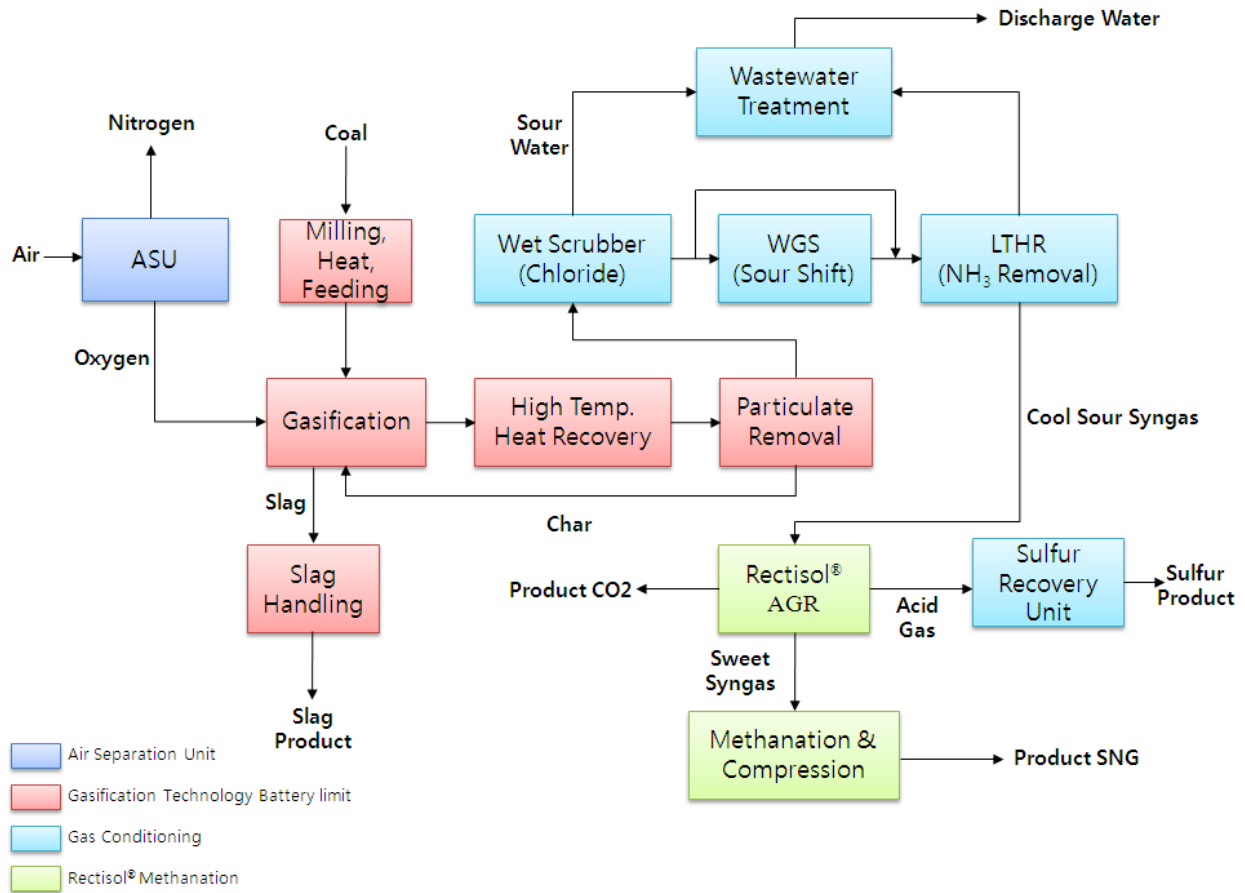
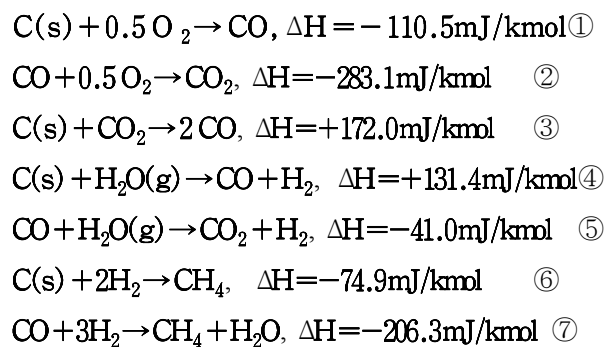


Fig. 1 Coal gasification SNG plant block flow diagram

되었다. 이 시기에 몇 개의 실증 플랜트와 파일럿 플랜트가 건설되었지만 상용 플랜트로는 미국 North Dakota주의 The Great Plains Synfuels Plant만이 건설되었고, 1984년 시운전을 시작하여 현재까지 운전 중이며 하루에 약 1만 8300 톤의 갈탄을 사용하여 연간 약 3000톤의 SNG를 생산하고 있고, 연간 이용률(Capacity Factor)은 90~92%이다. 이 플랜트에서는 CCS 실증도 이루어지고 있으며, 이 밖에도 비료와 용제, 페놀 및 기타 화학 약품을 생산하고 있다. 가스화기는 Lurgi Mark IV 가스화기가 사용되고 있고, 탈황 공정으로는 Rectisol 공정이 이용되고 있다.⁽³⁾

1.2 가스화 반응

가스화기 내부에서 발생하는 주요 고체-기체(Heterogenous)반응 및 기체-기체(Homogeneous)반응으로서 다음의 7개 주요 반응식이 있다.⁽⁴⁾



위의 나타낸 반응식들은 열역학적 평형상태와 에너지 수지만을 의미할 뿐이다. 즉, 충분한 시간이 지났을 때, 주어진 온도와 압력조건에서 반응물과 생성물이 유일한 비율로만 존재함을 의미한다. 가스화기를 설계할 때에, 주어진 온도와 압력에서 위 반응들의 평형상태에서의 조성을 고려할 필요가 있다. 실제로, 위 반응들을 모두 고려하여 주어진 온도와 압력에 대해 평형상태에서의 석탄

가스 조성을 계산해 낼 수 있다.

2. 본 론

2.1 공정사별 주요 기술성 검토

현재까지 개발된 가스화 공정은 수십 가지가 있지만, 실증단계 이상으로 기술개발된 가스화 공정은 고정층으로 Lurgi, BGL, 유동층으로 HTW, KBR(고속유동층), 분류층으로 GE, Shell, E-Gas(COP), PRENFLO(Uhde), Siemens, MHI, OMB, TPRI 공정 등이 있다.

본 연구에서는 고정층 가스화기 중 Slag배출형태의 BGL 공정, 현재 국책과제의 일환으로 POSCO에서 추진 중인 광양 SNG 사업의 가스화 공정으로 채택된 E-Gas 공정, 그리고 한국전력에서 독일의 Uhde사와 Joint Venture하여 국내 도입 예정인 PRENFLO 공정에 대하여 기술성 검토를 하고자 한다.

2.1.1 BGL 공정

BGL 가스화기는 British Gas사와 Lurgi사 공동으로 기존의 Lurgi 가압 가스화기의 Ash 배출 방식을 슬래깅 형태로 배출하도록 개조한 것이다. 1990년대 중반에 독일의 Schwarze Pumpe에서 첫 상용플랜트가 건설되었다. 이 프로젝트는 지역의 고체 폐기물과 갈탄의 혼합물을 이용한 가스화를 목적으로 합성가스를 이용하여 메탄올과 전기를 생산하였다. 다음 그림은 현재 BGL 가스화기에 대해 나타내었다.⁽⁵⁾

BGL 가스화기는 Lock Hopper를 통하여 가스화기 내부 연료층 상부로 석탄을 공급하는 시스템을 채택하고 있다. 원료 석탄은 유동화제와 함께 투입된다. 가스화기 내부에서 석탄의 유동은 하부로 향하며 반응기 하부에서 Tuyères를 통해 빠르게 증기와 산소 혼합물이 공급되어 가스화 반응이 일어난다.

BGL 공정은 고정층 가스화 공정의 특성상 합성가스 내부에 타르 오일 등과 같은 액체탄화수소를 다량 함유하고 있다. 가스화기에서 나온 합성가스를 냉각할 때 수증기가 타르 오일 등 여러 화합물을 용해시키면서 응축한 액을 Gas Liquor라고 한다. 고정층 가스화기에서는 이러한 Gas Liquor내 타르 오일을 분리 처리하기 위한 별도의 설비가 필요하며, 일반적으로 분리된 타르 오

일 등은 가스화기로 재순환 된다.

Table 1에서는 BGL 가스화기의 합성가스 조성을 나타내고 있다. 고정층 슬래깅 가스화기의 경우 일반적인 고정층 가스화기와 비교하여 투입 석탄량 대비 산소, 증기 소비량이 적으며, 더 많

Table 1 Comparison with raw gas composition of fixed-bed gasifier

Raw Gas composition	Unit	Sasol-Lurgi	BGL
CO ₂	mol%	30.89	3.46
CO	mol%	15.18	54.96
H ₂	mol%	42.15	31.54
CH ₄	mol%	8.64	4.54
C _n H _m	mol%	0.79	0.48
N ₂	mol%	0.68	3.35
H ₂ S+CO _S	mol%	1.31	1.31
NH ₃	mol%	0.36	0.36

Feed Components per 1000 Nm ³ CO + H ₂			
Coal maf	kg	750	520
Steam	kg	1930	200
Oxygen	Nm ³	280	230
Pyrolysis products (/1000kg coal)		81	19

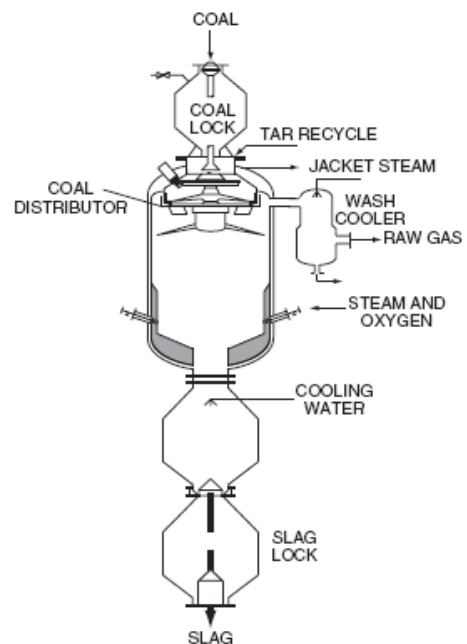


Fig. 2 Schematic diagram of BGL gasifier

은 합성가스를 생성한다. 그리고 CO₂ 함유량은 더 낮으며 메탄 성분은 고정층 가스화기의 절반 수준이다.⁽⁴⁾

최근에 진행되고 있는 BGL 가스화기 프로젝트으로는 중국, 인도에서 진행 중이다. 중국에서 진행되고 있는 프로젝트는 3기의 BGL 가스화기를 적용하여 연간 50만톤 규모의 암모니아를 생산하는 프로젝트로서 2011년 운전 목표로 건설 중이다. 또한 중국에서는 연간 37만톤 규모의 가스 생산을 목적으로 프로젝트가 진행 중에 있다.

현재 상세설계가 완료 단계이다. 인도의 경우에도 합성 암모니아 생산을 목적으로 가스화 프로젝트가 진행 중이다. 2기의 BGL 가스화기가 적용될 예정이며 2012년 상반기 운전을 목표로 프로젝트가 진행 중이다.

2.1.2 E-Gas 공정

E-Gas 석탄가스화 기술은 석탄을 슬러리로 공급하는 방식이나 가스화기를 2단으로 진전시킨 것으로 개략도는 Fig. 3에 나타내어져 있다. E-Gas 기술은 1978년 12톤/일급 규모의 파일럿 플랜트로 시작하여 이후 1983년 550톤/일급 실증플랜트와 1987년 1600톤/일급, 165MW IGCC 플랜트(LGTI)를 거쳤다. 2500톤/일급(2100톤/일급, Petcoke) 상용 플랜트가 Wabash River 지역에 건설되었다. Wabash River 프로젝트는 1966년에 건설된 플랜트를 개보수 작업으로써 1기의 예비 가스화기를 포함하고 있다. 전체 플랜트 효율은 40%이며 현재 ConocoPhillips사가 보유하고 있다.⁽⁶⁾ 가스화기의 제 1단은 수평으로 설치된 실린더형 동체이며 제2단은 제1단의 중앙에 수직으로 연결되는데 연결부위가 짧은 것이 특징이다. 가스화기 내부에는 내화물이 설치되어 있으며 냉각관(증기발생관)이 없다.

E-Gas 가스화기는 1단에서 석탄 슬러리와 산소가 황으로 설치된 버너를 통해 공급된다. 산소공급량은 슬래그의 원활한 배출과 높은 탄소전환율을 확보하는 회분 용점 온도보다 높은 가스화기 내부 온도 유지를 하기 위해 정밀하게 제어된다. 1단 가스화기의 상부측으로 올라오는 Raw Gas에 대해 2단의 노즐에서 슬러리를 분사하고 Raw Gas는 2단 가스화기의 상부로 흘러가게 된다. 이러한 추가적인 연료의 공급은 탈휘발화와 열분해의 흡열반응에 의해 1단에서 배출되는 1,030°C

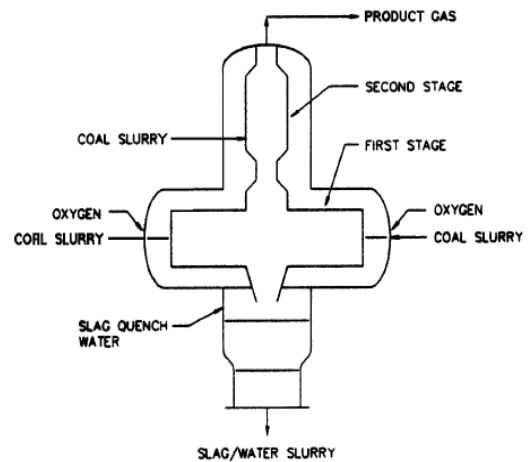


Fig. 3 Schematic diagram of E-gas gasifier

생성가스의 온도를 낮추게 된다. 그리고 수분은 탄소와 반응하여 CO, CO₂, H₂를 생성하며 미반응 연료(좌)는 반응가스와 함께 상부로 배출된다.

총 석탄 슬러리 중 80%가 제1단에, 20%가 제2단에 공급된다. E-Gas 가스화기의 운전온도는 제1단 출구 1425°C 및 제2단 출구 1,035°C이며, 운전압력은 30 bar이다. Wabash River 플랜트의 경우 1,400°C/29 bar 조건으로 운전되었다. 고온 반응가스로 인하여 냉각 시스템이 필요하며 또한 냉각을 통하여 증기를 생산할 수가 있기 때문에 반응가스의 냉각시스템이 설치된다. 냉각 시스템을 거친 반응 가스는 1,040°C에서 370°C까지 냉각된다. E-Gas공정에는 대류형 냉각기를 사용한다. E-Gas 공정의 실증플랜트인 LGTI의 HP 증기압은 30 bar이나 실증플랜트인 Wabash River에서는 100 bar 이상의 과열증기를 생산하게 된다.

실증플랜트인 LGTI의 참고자료를 활용하여 설계대상탄의 성상 및 생성가스 조성을 검토하였다. Table 2에서 설계탄 성상 및 생성가스 조성을 나타내었다. H₂+CO의 전체 비율이 약 80% 수준이며, 나머지 20% 중 대부분은 CO₂가 차지하고 있음을 알 수 있다. 참고로 석탄 슬러리를 이용한 습식 가스화 공정인 E-Gas 공정의 슬러리 중 고체농도는 LGTI에서는 52~54%(wt%)였으며, Wabash River는 65~66%(wt%)을 나타내고 있다.

2.1.3 PRENFLO 공정

PRENFLO(Pressurized Entrained Flow)는 상압 분류층 가스화기술 Koppers-Totzek 공정을 가압형으로 개선한 것으로 건식공급 및 산소산화제 방식

Table 2 Design coal property and syngas composition of LGTI project

Coal	wt%	Syngas	vol %
Carbon	69.52	H ₂	41.35
Hydrogen	4.97	CO	38.48
Nitrogen	0.97	CH ₄	0.11
Sulfur	0.49	CO ₂	18.48
Oxygen	17.24	H ₂ S	0.14
Ash	6.81	COS	60 (ppm)
Total (MF)	100.0		
HHV (Btu/lb)	12,222		

의 가스화기이다.

PRENFLO 가스화기는 1974년부터 Shell과 공동개발하여 1978~1981년까지 독일 Hamburg에 150톤/일 규모의 Shell-Koppers 공동 가스화기를 운영하였다. 1981년에 Krupp-Koppers사는 고압 분류층 가스화기를 PRENFLO Process라 명명하였다. 이후 1986년에 Krupp-Koppers의 독자적인 PRENFLO 기술로 설치된 독일 Furstenhausen의 48톤/일 규모 실증플랜트 건설하였다. 여기에서 현재의 PRENFLO 기술이 대부분 개발 및 실증되었다. 이 실증플랜트는 1992년에 가동 완료하였으며 1996년에 스페인의 Puertollano 프로젝트(2,600톤/일, 운전압력 20 bar, 300MW)에서 최초의 상용 PRENFLO 가스화기가 가동되었다.⁽⁷⁾

PRENFLO 가스화기는 건조된 미분탄과 산소가 수평으로 분사되며 생성가스는 상부로 올라간다. 가스화기 내부는 Water Wall로 둘러싸여 있으며, 가스화기와 Waste Heat Boiler(HP convective boiler)가 하나의 동체로 구성되어 있다.

가스화기 출구의 Raw Gas 온도는 약 1,300℃이며 Waste Heat Boiler(HP convective Boiler)에 유입되기 직전에 분진이 제거된 저온(240℃) Raw Gas에 의한 Quenching으로 약 850℃로 냉각된다. HP Convective Boiler에서 고압증기(137 bar)를 생산하고 나오는 Raw Gas는 MP Convection Boiler에 유입되어 중압증기(36 bar)를 생산하며 약 235℃로 냉각되어 MP Convection Boiler를 떠나 Candle Filter에 유입된다.

PRENFLO 가스화기 출구 Raw Gas 온도는 약 1,300℃이며 HP Convection Boiler 출구 온도는 약 380℃이다. 가스화기 운전압력은 약 25 bar이다.

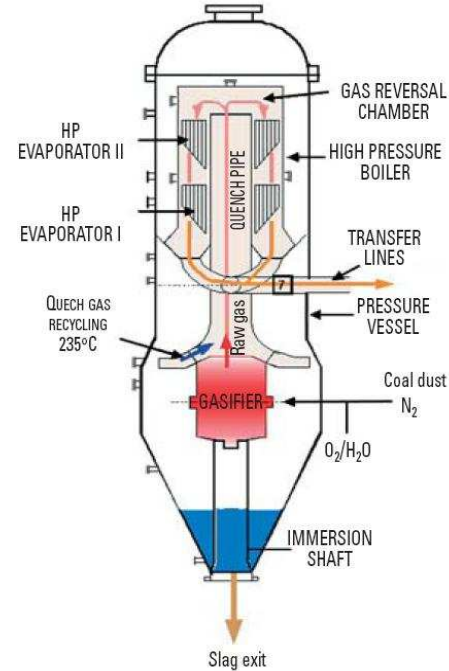


Fig. 4 Schematic Diagram of PRENFLO Gasifier⁽⁴⁾

PRENFLO 가스화기에서는 4개의 버너가 사용되는데 그중에 2개는 Recycle Char가 공급된다. 가스화제인 산소와 증기는 버너에 유입되기 직전에 혼합되어 유입된다. PRENFLO 시스템에서는 Gas Quenching이 적용되고 있다. Raw Gas Waste Heat Boiler의 구성은 다음과 같다.

- Gas Quench Tube
- HP/IP Convection Boiler
- HP와 IP Convection Boiler 연결관

가스화기와 직결된 HP Convection Boiler에 동심원으로 설치된 Gas Quench Tube에서 저온 Raw Gas와 혼합된 Quenched Raw Gas(850℃)는 Tube 상부에서 방향을 바꾸어 Tube 외부의 동심원 덕트를 따라 내려오며 HP Convection Boiler Tube와 열교환되며 약 380℃로 냉각된다. 열교환을 통해 IP Convection Boiler 상부로 유입된 Raw Gas는 하부로 흐르며 중압증기를 생산하고 약 235℃로 냉각되어 Candle Filter로 보내진다. Slag는 Slag Crusher를 통과하여 Slag Collector(Slag Chamber)에 일정량이 모인 다음 압력 조정 후 Slag Lock Hopper로 내려가서 Conveyer Belt로 된 Slag Extractor로 Battery Limit을 벗어난다.

Table 3 Fuel property and raw gas composition of Puertollano plant⁽⁷⁾

Ultimate analysis		Raw Coal	Pet. Coke
C	% by wt.(wf)	41.1	89.3
H	% by wt.(wf)	3.3	3.3
S-combustible	% by wt.(wf)	0.7	5.4
N	% by wt.(wf)	0.8	1.7
O	% by wt.(wf)	6.9	-
Cl	% by wt.(wf)	0.1	-
Ash	% by wt.(wf)	47.1	0.3
Total	% by wt.(wf)	100.0	100.0
Volatiles	% by wt.(wf)	20.7	13.5
Calorific value (HHV) MJ/kg(wf)		16.27	35.82
Raw gas composition			
CO ₂		3.7 vol.%	
CO		61.3 vol.%	
H ₂		22.3 vol.%	
N ₂		10.5 vol.%	
Ar		1.0 vol.%	
H ₂ S + COS		1.2 vol.%	
CH ₄		< 0.05 vol.%	
LHV		10.43 MJ/m ³ n w.f.	

PRENFLO 가스화기술에 의한 최초의 상용설비인 Puertollano에서는 고회분의 Puertollano석탄과 Puertollano소재 REPSOL 정유공장에서 생산되는 고유황 Petroleum Coke를 중량비 50:50으로 사용한다. Table 3에 Puertollano탄과 Petroleum Coke의 성상 및 생성 Raw gas의 조성이 나타나 있다.

2.2 가스화 공정별 기술성 종합 비교

석탄을 이용한 합성천연가스 생산 플랜트에 적용 가능한 상용 가스화 공정으로 산소공급방식의 고정층 가스화기와 분류층 가스화기를 선정하였다. 본 논문에서 검토한 가스화 공정에 대하여 공정사의 자료와 문헌을 바탕으로 공정별 특성을 Table 4에 정리 비교하였다.

가스화 공정에서 생산되는 합성가스의 양과 성상은 가스화기와 투입연료에 따라 상이하다. BGL 가스화기는 체류시간이 가장 길며 이것은 동일한 연료투입을 조건에서 가스화기 단위 체적당 합성가스 생산율이 낮다는 것을 의미한다. 분류층 가스화기는 체류시간이 매우 짧기 때문에 더 많은 합성가스를 생산할 수 있다.

Table 4 Comparison of gasification process

구분	BGL	E-Gas	PRENFLO	
기술성	가스화 방식	고정층	분류층	분류층
	연료공급 방식	건식	습식, 2단 공급	건식
	운전압력 (bar)	25 ~ 30 ⁽⁸⁾	25 ~ 85	30 ~ 50
	가스화기 운전온도 (°C)	760 ~ 960 ⁽⁸⁾	~ 1350	1400~1550
	체류시간	15~30분	1~10초	1~10초
	증기공급	유	무	유
	산소 소모량	저저	중	저
	현열회수 방식	수관식	연관식	수관식
	슬래그 배출방식	Lock Hopper	연속 배출	Lock Hopper
	버너 교체주기	-	매년	-
	최저부하	낮음 (대수운전)	60%	50%
	부하 변동율	낮음	1%/분	3%/분
	기동시간 (냉간)	-	56시간	28시간
사용연료	가능연료	저질탄, 고회분탄	석탄, Pet Coke, Sludge, Biomass 등	석탄, Pet Coke, Biomass
	미세입자 손실	높음	없음	없음
성능	탄소 전환율	99%	> 99%	> 99.5%
	냉가스 효율	82 ~ 90%	약 79%	약 83%
	타르, 페놀 함유	다량 함유	없음	없음

BGL 가스화기는 연료로 오직 고체만 사용 가능하다는 단점이 있는 반면에 약 35% 정도까지 회분을 함유한 고회분탄도 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 인도탄과 같이 회분이 높은 석탄(~40%)의 경우에는 E-Gas, PRENFLO 등의 분류층 가스화기에 적합하지 않으며, 이유는 분류층 가스화기의 특성상 회분을 고온에서 용융시키기 위하여 다량의 산소를 투입되어야 하고 따라서 합성가스 내 CO₂의 성분이 증가하여 냉가스효율이 매우 낮아지기 때문이다.

분류층 가스화기는 가스화기 운전온도가 높기 때문에 펫코크와 같이 반응성이 낮은 연료를 사용할 수 있는 장점이 있다. 현재, PRENFLO 가스

화 공정을 사용한 스페인 Puertollano IGCC 플랜트에서는 석탄과 펠트코크를 50:50으로 혼소하여 성공적으로 가스화기를 운용하는 것으로 보고되고 있다.

탄소전환율은 본 논문에서 검토한 3개 가스화 공정 모두 99%를 상회하며 특히 건식 분류층 가스화기인 PRENFLO 공정의 경우 99.5%를 상회하고 있다. 냉가스효율은 습식 분류층 방식의 E-Gas 공정이 가장 낮으며, 가스화기 특성상 합성가스 내 CH₄ 성분이 높은 고정층 가스화기인 BGL 공정이 82~90%로 가장 높다.

BGL 공정은 합성가스 내 타르와 페놀의 함량이 높기 때문에, 가스화기 후단 별도의 타르와 페놀 처리기를 설치 운용하기 때문에 가스화 플랜트 운용이 좀더 복잡하다고 보고되고 있다.

3. 결론

합성천연가스 생산을 위한 석탄 가스화기 선정에 있어 어느 특정 조건하에서만 비교 검토하기에는 많은 점을 간과하기 쉽다. 따라서, 전체 프로젝트 관점에서 가스화 공정을 검토하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

Lurgi나 BGL 가스화기가 SNG 생산에 유리한 장점을 가지고 있지만, 분류층에 비해 대당 가스화기의 석탄처리용량이 작아 가스화기의 대수가 많고, Gas Liquor의 처리 문제, 가스화기의 보수 유지 등의 어려움이 있으며 이로 인해 프로젝트 초기 투자비 상승을 초래할 수 있다. 사용가능 연료, 가스화 성능, 운전의 용이성, 미래 응용기술로의 확장성 등을 고려할 때 고정층보다는 분류층 가스화기가 더 유리할 것으로 판단된다.

최종 생산물이 CH₄라는 측면에서 합성가스 내 CH₄의 성분이 높은 가스화 공정이 후단 메탄화 공정에서 처리량 감소로 인해 다른 가스화 공정보다 유리한 점이 있다. 그러나 가스화 성능, 보수 유지, 건설 여건을 포함한 국내 여건 등을 종합적으로 고려할 경우, 특정 공정이 절대적으로 유리하다고 언급하기에는 어려움이 있다. 또한 역청탄과 아역청탄 또는 갈탄을 사용하는 각각의 경우에 적합한 가스화기의 평가의 결과가 달라질 수 있다.

플랜트 프로젝트의 경우 경제성 확보가 중요

고려사항이다. 따라서 초기투입비용이 약간 증가하더라도 합성가스생산량을 증대할 수 있는 연계 공정을 설계하여 더 많은 수익성을 확보할 수 방안을 모색하여야 한다. 즉, 가스화기 선정에 있어 가스화기에 대한 초기투입비용뿐만 아니라 생산 능력, 유지보수, 운전특성 등 여러 측면들을 종합적으로 검토해야만 한다. 또한, 가스화기 후단에서 각 공정의 최적화를 통한 CH₄의 수율을 높이는 방안이 별도로 강구되어야 한다.

후 기

이 연구는 현대건설(주)의 연구개발과제에 의해서 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Chandel, M. and Williams, E., 2009, "Synthetic Natural Gas (SNG): Technology, Environmental Implications, and Economics," Climate Change Policy Partnership, Duke University.
- (2) National Energy Technology Laboratory, 2007, "Industrial Size Gasification for Syngas, Substitute Natural Gas and Power Production," DOE/NETL-401/040607.
- (3) U.S. DOE Office of Fossil Energy, 2006, "Practical Experience Gained During the First Twenty Years of Operation of the Great Plains Gasification Plant and Implications for Future Projects."
- (4) Higman, C. and van der Burgt, M., 2008, "Gasification," 2nd ed., Gulf Professional Publishing, Miami, pp. 12~20.
- (5) Shellhorse, V., 2005, "The BGL Slagging Gasifier Fuel Flexibility," Gasification Technology Conference.
- (6) Jenkins, S.C., 1991, "The Dow syngas project and the Clean Air Act," 53rd Annual American Power Conference.
- (7) DePriest, W., Van Laar, J., Sargent & Lundy, 1992, "Engineering Evaluation of Prenflo-Based IGCC Power Plant Designs," Electric Power Research Institute TR-101609.
- (8) National Energy Technology Laboratory, 1998, "British Gas/Lurgi Gasifier IGCC Base Cases," PED-IGCC-98-004.