

LNG이용 수소생산 1kW급 개질기시스템의 운전특성에 관한 연구

최홍준*, 박세준*, 신영식*, 차인수*, 윤정필**
 동신대학교*, (주)퓨전정보기술**

A Study on operational characteristics of 1kw hydrogen Reforming system from LNG

H.J. Choi*, S.J Park, S.Y. Young*, I.S. Cha*, J.P Young**
 Dongshin University*, Fusion Information Technology CO.Ltd**

ABSTRACT

앞으로의 에너지 고유가 시대를 대비하여 수소의 생산에 대한 연구를 활발히 진행되어지고 있다. 여러 가지 수소를 생산하는 방법 중 본 연구에 사용되는 방법은 개질반응법으로써 스팀(수증기)개질 방식을 사용하는 1KW용 개질시스템에 관한 연구이다. 본 장치는 천연가스를 이용하여 1m³/hr을 생산하는 수증기 개질시스템이다. 크게 세가지로 나누어 지는데, 첫째 시스템 제어부, 둘째 가스 및 물 공급부, 셋째 개질기이다.

본 연구에서는 이 개질 시스템의 운전 특성과 모니터링에 대해서 알아보려고 한다.

서 론

1. 개질 시스템의 개요와 원리

개질기란? 기존의 화석연료를 이용 개질하여 수소를 생산하는 방법으로 현재 가장 많이 쓰이고 있고 보편화 된 연료는 천연가스를 이용한 개질기라고 볼수있다. 크게 개질기와 정제부로 나뉘고 정제부는 수소와 함께 생성되는 CO의 제거를 주목적으로 하는 부분이다. 천연가스나 석유는 연료 전환 공정을 수행하기에 앞서 반드시 제거해야 할 유기 황 화합물을 포함하고 있다. 이 황화합물의 사전 제거 공정은 화석연료를 원료로 한 수소 생산에 있어 중요한 비중을 차지하는 공정이다.

1.1 수증기 개질 시스템

현재 사용되는 합성가스는 주로 천연가스 혹은 나프타를 이용하여 촉매 상에서 수증기 개질반응 공정을 통하여 얻어지고 있다. 이러한 수증기 개질반응의 개념은 메탄과 같은 탄화수소와 수증기가 촉매 상에서 반응하여 수소와 일산화 탄소를 생성하고 생성된 일산화탄소는 다시 수증기와 반응하여 최종적으로 메탄 1 분자 당 수소 4개 분자와 이산화 탄소 1 분자를 생성시키는 반응을 말한다. 그러나 실제적인 수증기 개질공정에서는 개질반응 전환율을 높이기 위하여 2단계의 개질반응을 거치게 되며 천연가스가 일차로 Ni/Al₂O₃ 촉매 상에서 과잉의 수증기와 일부 반응시킨 후 다시 2단계의 반응에서 메탄 전환율이 90%이상 얻어질 수 있도록 한다. 생성된 합성가스 중 일산화탄소의 농도를 낮추기 위하여 고온 및 저온 전환반응을 거치게 되며 생성되는 합성가스 중 일산화 탄소의 농도를 낮추기 위하여 고온 및 저온 전환반응을 거치게 되며 생성되는 합성가스는 수성가스 전환반응 단계에서 조성이 결정된다. 또한 필요

에 따라 일산화탄소를 저감시켜주기 위한 PROX(선택적 산화반응) 반응 단계를 거치게 된다.^[1]

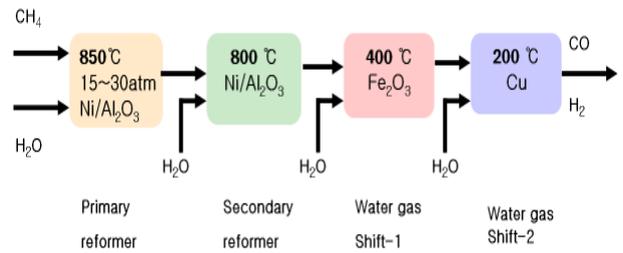


Fig. 1 개질반응의 과정

본 문

2.1 동신대학교 개질시스템의 특징

동신대학교에서 설치되고 운영되고 있는 개질기는 스팀 개질기로서 도시가스(LNG:천연가스)를 이용하여 수소를 생산하는 방식이다. 본 시스템의 기능과 특징으로는 다음과 같다.

수소제조, 합성가스의 제조 공정에서 중심이 되는 기술은 수증기 개질이다. 현재 수소생산의 가장 큰 부문을 차지하고 있으며, 대용량 리포머는 100,000Nm³/h에 이른다. 설비비 측면에서도 많은 부문을 점하고 있고, 수소제조의 코스트 저감, 에너지 효율 향상의 키를 쥐고 있다.

수증기개질기술은 천연가스, 나프타 등의 탄화수소와 스팀으로부터 수소를 생산하는 기술로 그의 반응은 높은 흡열반응이 된다. 또한 화학 평형적으로 고온, 저압일수록 유리하다. 주 장치로서는 외부연소식의 수증기개질로(steam reformer)를 사용한다.^[2]

2.1.1 시스템의 구성



Fig. 2 동신대학교 개질 시스템

2.2 운전 특성 및 조건

Table. 1 개질중 운전 조건

- STR 내부 온도 - ℃ 이상 ~ 800℃ 이하
- HTS 내부 온도 - 400℃ 이상 ~ 550℃ 이하
- LTS 내부 온도 -170℃ 이상 ~ 220℃ 이하
- PROX1 내부 온도 - 110℃ 이상 ~ 160℃ 이하
- PROX2 내부 온도 - 110℃ 이상 ~ 160℃ 이하
- 버너 하단온도 - 350℃ 이하
- 버너 상단온도 - 960℃ 이하
- 연소 상단온도 - 950℃ 이하

table. 2 각각의 반응과 특성

	Property	Reaction
STR	- Slow start-up - Poor load-following - Big & complicate reactor	$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$ ($\Delta H = +206$ kJ/mol)
POX	- Fast start-up - Good load-following - Small & simple reactor	$CH_4 + 1/2O_2 \rightarrow CO + 2H_2$ ($\Delta H = -36$ kJ/mol)
ATR	- Balance of STR & POX	$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$ $CH_4 + 1/2O_2 \rightarrow CO + 2H_2$

2.2.1 실제 운전 화면과 데이터

- 운전 중 이상이 생기거나 잘못된 명령이 떨어지면 입력되어 있는 제어부 리스트 항목에 의해 부저가 울려 알려주게 되는데 이상이 있을시 아래 항목에 빨간색으로 error 창이 생기게 된다.

table. 3 알람목록

No.	Tag	Value	Alarm Set	Unit	Alarm
0	TE-101	147.1	350	℃	OK
1	TE-102	467.9	960	℃	OK
2	TE-103	662.0	900	℃	OK
3	TE-104	540.1	850	℃	OK
4	TE-105	477.3	650	℃	OK
5	TE-106	221.0	350	℃	OK
6	TE-107	150.1	250	℃	OK
7	TE-108	127.5	250	℃	OK
8	TE-109	135.2	200	℃	OK
9	TE-110	698.0	850	℃	OK
10	TE-111	435.9	600	℃	OK
11	TE-112	181.4	250	℃	OK
12	TE-113	149.4	180	℃	OK
13	TE-114	135.0	170	℃	OK
14	TE-115	29.7	1000	℃	OK
22	GDT 101	0.079	1	%	OK
23	PT 102	0.24	1	bar	OK
24	LS 110	High	Low	on/off	OK

- 아래는 개질기의 실제 구동현황을 모니터링 한 화면으로

서 개질기 구동중 내부상황을 한눈에 알 수 있게 작업해놓은 창이다. 각각의 내부온도와, 반응온도, 가스유입량, 등 기타 데이터를 한눈에 알아보기 쉽게 설정해 놓음으로써 실시간 데이터와 이상 유무를 쉽게 판단할 수 있다.

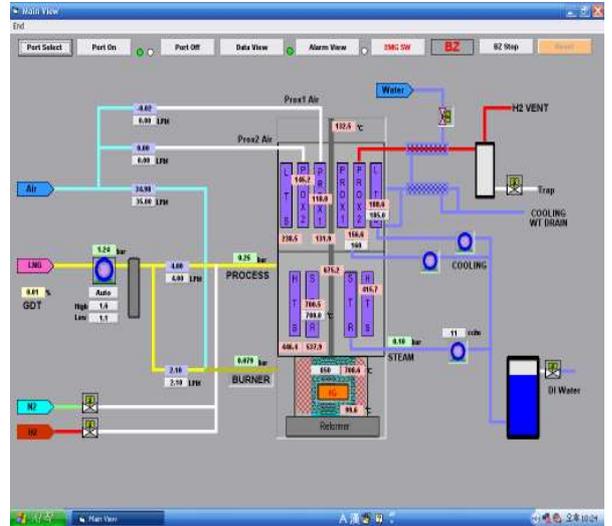


Fig. 3 운전중 모니터링 화면

Fig. 4는 개질기 구동 데이터를 나타낸 것으로서 첫 번째 그림은 STR, HTS, LTS, prox1, prox2의 내부 온도를 나타낸 그래프이며, 두 번째 그림은 개질기의 총 데이터를 나타내는 그림으로 25가지 이상의 데이터를 수집할수 있는 화면이다. 데이터를 보면 위의 Table. 1의 개질중 운전 조건에 만족하는 것을 알 수 있다.

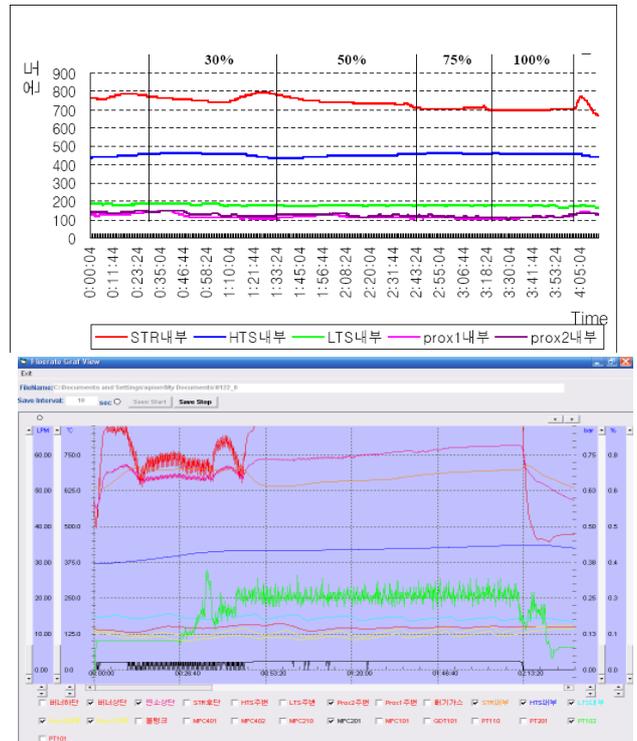


Fig. 4 데이터 화면

결론

현재 개질기 구동의 초기 단계로서 아직 많은 시험과 연구를 계속적으로 해야겠지만, 현재까지의 얻은 결과 물은 다음과 같다.

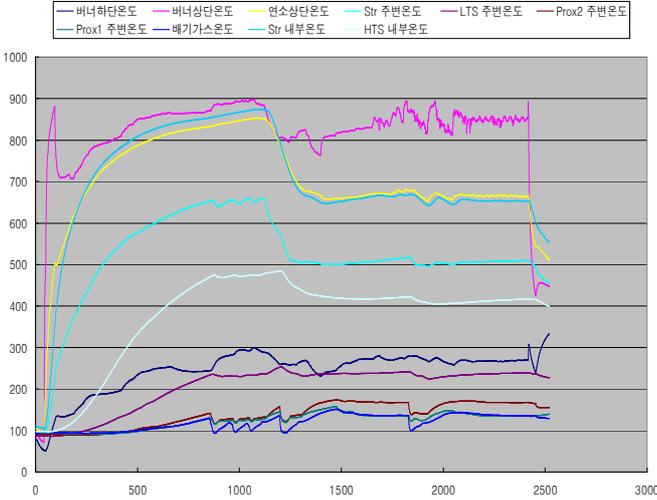


Fig. 5 구동시간에 따른 부분별 온도 특성

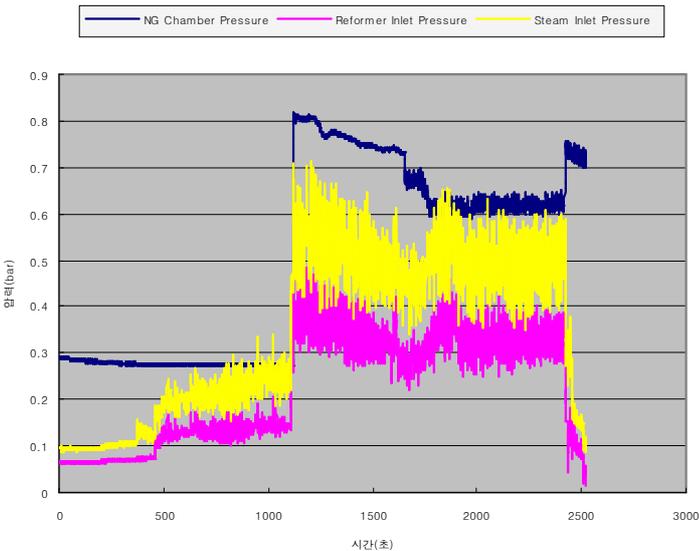


Fig. 6 구동시간에 따른 가스 챔버, 개질기 입구, 스팀 입구의 압력

Table. 4 부하 조건에 따른 가스분석 결과

부하	G/C 분석 결과					G/A 분석 결과				
	H ₂	Air	CO	CH ₄	CO ₂	H ₂	CO %	CO ppm	CH ₄	CO ₂
30	75.5966	5.5449	0.0000	0.0000	18.8585	76.1	0.02	2	0.01	20.00
50	76.5374	4.4781	0.0000	0.0000	18.9845	76.7	0.02	2	0.00	19.90
75	76.7966	4.1123	0.0000	0.0000	19.0911	77.4	0.02	4	0.00	19.26
100	76.9852	4.2387	0.0000	0.0000	18.7761	77.2	0.02	3	0.00	19.40

Table. 5 공급유량 및 생산량

도시가스 성분 및 반응식	도시가스 공급량	수소 생산량	STEAM 공급량
C3H8(7%)+6H2O ==> 3CO2 + 10H2	0.259 LPM	2.59 LPM	1.998 cc/min
C2H6(3%)+4H2O ==> 2CO2 + 7H2	0.111 LPM	0.777 LPM	0.570857 cc/min
CH4(90%)+2H2O ==> CO2 + 4H2	3.33 LPM	13.32 LPM	8.562857 cc/min
총유량	3.7 LPM	16.68 LPM	11.13 cc/min

현재까지 얻은 결과물은 위에서 언급한바와 같다 부하조건에 따른 가스 분석결과, 공급유량 및 생산량 모두 이론치와 비슷한 결과가 나와 오차범위를 벗어나지 않았으며 다른데이터들도 모두 정상범위내에서 작동하였다.

우리나라의 개질기 시스템의 기술력은 외국에 비해 많이 뒤쳐지는 편이다. 개질기는 현재 국내 기술로는 만들수가 없어 업체들도 외국에서 수입하여 조립하는 게 현실이다. 개질시스템은 수소를 생산하는 방법중 한가지 방법에 불과하지만 가장 많이 쓰이고 안정된 수소 제작 방법중 한가지이다. 앞으로의 에너지 대란을 대처하고 이겨내기 위해서는 연료처리 시스템이 절실히 필요하게 현실이다.

다음 연구는 아직 초기 구동현황이고 많은 시간을 돌려보지 않았기 때문에 개질 시스템의 효율이라든지 데이터값이 일정하였지만 더 많은 시간을 구동하고 계절별로 구동을 시켜서 개질기의 계절별 현황에 대한 연구를 진행해 보고자 한다.

감사의 글

본 연구는 과제번호 R-2005-B-117 2005년~2008도 산업자원부 전력산업연구개발사업 전력선행기술에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

[참고 문헌]

- [1] 과학기술부, "수소station용 천연가스 수증기개질 수소 제조 공급시스템 기술 개발", 2006
- [2] 산업자원부, "지역별 신·재생에너지 통합관리 운영시스템 개발최종보고서", 2008

참고 문헌

- [1] N.G. Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System", Proceedings of the IEEE, Vol. 76, No. 4, pp. 481-482, 1988, April.
- [2] Curtis F. Gerald, Applied Numerical Analysis: Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. pp. 1-14, 1978.