

# HCNG용 개질시스템에서 Tail Gas 버너 주입시 연소 안정성

한정옥\*, 이중성, 이영철, 김용철, 김형태, 김상민

## Combustion Stability of HCNG Reforming System by Tail Gas Addition in Burner Fuel

JO Han<sup>†</sup>, JS Lee, YC Lee, YC Kim, HT Kim, SM Kim

**Key Words** : Natural Gas Reforming System, Combustion Stability, Tail Gas, Metal Fiber Burner, Burner Fuel, HCNG

### 개요

천연가스를 수증기로 개질시켜 수소를 생산하는 개질시스템에서 버너 연료로 PSA 후단에 발생된 tail gas를 버너연료로 활용하는 실험을 수행하였으며 이때 연소안정 특성과 전체 개질시스템의 효율 개선효과를 고찰하였다. 우선 개질시스템은 30Nm<sup>3</sup>/h급으로 HCNG(수소혼합 천연가스)용 수소를 공급하기 위해 구축하였으며 HCNG 연료로 사용하기 위한 수소 순도는 30% 내외로 매우 낮으나 향후 수소연료전지 자동차의 연료 공급원으로 활용하기 위해 수소 순도는 99.99%를 만족하는 시스템을 구성하였다. 시스템 구축 이후 성능실험을 수행하였으며 버너의 연소안정성을 중심으로 고찰한 결과를 소개 하고자 한다.

### 1. 시스템 구성

개질시스템에 사용한 버너 시스템은 확산연소 버너와 메탈화이버 버너중 TDR 범위가 크고 화염길이가 짧은 메탈화이버 버너를 선정하였고 예비실험을 통해 확산 연소식 버너보다 화연안정성과 최소, 최대 부하 비율이 크게 나타나는 특성을 확인하였다. 이때 버너 연료는 천연가스를 주 연료로 하되 고순도 수소를 생산하고 남은 잔류가스(tail gas)를 활용할 수 있는 버너시스템을 구축 하였다. 개질 시스템은 국내에서는 현재 개발 중이며 개질 시스템 효율을 높이기 위해 tail gas 활용은 반드시 필요한 기술이다.

버너 시스템은 유량조절 기능을 갖는 유량계를 메인 연료라인과 tail gas 라인에 각각설치하고 PSA 운전 과정에 발생된 tail gas를 버너 연료로 이용할 수 있도록 시스템을 Fig. 1과 같

이 구성하였다.

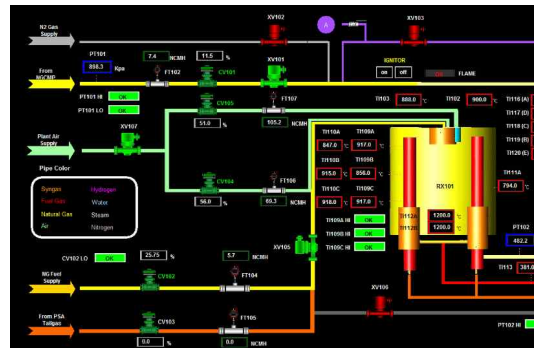


Fig. 1 개질장치와 버너 연료계통도

### 2. Tail gas 조성

Table 1에 천연가스와 tail gas조성을 나타내었다. Tail gas는 운전조건에 따라 다소 성분변화가 있으나 60% 운전부하 조건에서 분석된 조성을 기준으로 분석하였다. 천연가스와 tail gas의 발열량은 각각 10,360와 2,020 kcal/Nm<sup>3</sup>으로 차이가 많으며 투입열량을 일정하게 유지하기위해 각각의 유량을 제어할 필요가 있다.

Table 1 천연가스와 tail gas의 조성

천연가스	조성비(%)	Tail Gas	조성비(%)
CH <sub>4</sub>	91.31	H <sub>2</sub>	52.3
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	5.47	CO	9.4
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.06	CO <sub>2</sub>	36.6

Tail gas는 수소와 CO<sub>2</sub> 및 CO 성분이 포함된 합성가스이며 천연가스와의 연소특성을 파악할 필요가 있다. 운전 부하 60% 영역에서 천연

가스와 tail gas의 혼합비가 7:3 인 경우 천연가스와 혼합연료의 발열량 및 연소속도 지수(cp)는 Table 2와 같다. 이 결과에서 천연가스만을 사용하는 경우와 tail gas를 일부 주입하는 경우 발열량은 다르지만 유량을 조절함으로써 전체 투입 열량을 일정하게 유지할 수 있다. 이때 연소속도나 연소에 필요한 공기량이 기존 천연가스의 경우와 차이가 있다면 운전중에 적절한 제어가 필요하다. 그러나 분석결과 연소속도 지수가 천연가스와 tail 혼합가스의 경우 41과 62로 다소 차이가 있으나 100%의 수소경우 380과 비교하면 차이는 매우 낮은 수준이다. 또한 이론 연소공기량의 차이도 7% 정도로 매우 적어 이에 대한 고려가 필요하지 않을 것으로 파악하였고 실제 실험을 통해 확인하였다.

Table. 2 버너 혼합연료의 물성비교

구분	발열량 (HHV) (kcal/Nm <sup>3</sup> )	CP	버너유량 (Nm <sup>3</sup> /h)	단위공기량 (Nm <sup>3</sup> air/Nm <sup>3</sup> f)	연소공기량 (Nm <sup>3</sup> /h)
NG	10,360	41	7.0	10.4	73
NG(70%)+ TailGas(30%)	4,636	62	15.6 (NG:4.9, Tail:10.7)	4.4	68

3. 연소특성 비교

3.1 화염 사진

Tail gas를 연소기에 주입하기 전과 주입 후 버너 사진을 관찰한 결과 특이한 차이는 보이지 않았으며 Fig. 2와 같이 적열된 버너특성을 보이고 있다. 또한 역화나 노내 압력변동이 발생하지 않고 안정적인 연소가 유지되는 것을 확인하였다. 따라서 조성변화가 있는 tail gas를 안정적으로 버너 연료로 이용하는데 문제가 없는 것으로 판단된다.



Fig. 2 개질장치 운전중 버너 화염사진

3.2 노내 온도 변화

Tail gas 연소에 따른 열량특성 변화를 관찰하기 위해 노내 온도 변화를 관찰하였다. Fig. 3에 보는바와

같이 14시에 tail gas를 주입한 이후 노내 온도가 일정하게 유지함으로써 동일한 열량이 공급됨을 간접적으로 확인하였다. 즉, 버너에 tail gas의 양과 천연가스 유량이 적절하게 공급되어 별다른 운전조건의 조정이 필요하지 않은 것으로 이해할 수 있다.

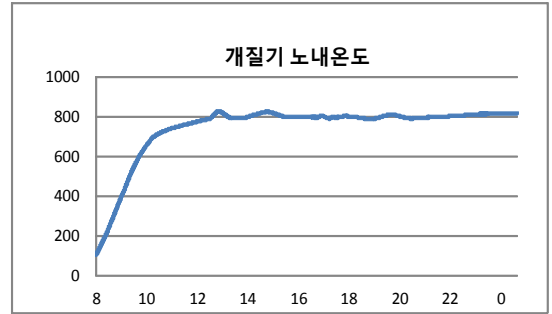


Fig. 3 개질장치 노내 온도 변화(14:00 이후 tail gas 주입)

3.3 시스템 효율 개선 효과

시스템의 효율개선효과는 시스템에서 필요한 버너용 천연가스를 얼마나 tail gas 주입으로 감소시킬 수 있는냐에 따라 달라질 수 있다. 물론 전체 시스템을 최적화 시켜 단위 수소 생산당 연료 공급량을 최소화 시키는 노력이 필요하며 이에 대한 연구는 진행중에 있다. 다만 tail gas의 활용에 따라 버너 연료가 7Nm<sup>3</sup>/h에서 4.9Nm<sup>3</sup>/h로 감소됨으로 효율상승은 30% 상승하는 효과를 가져 온 것으로 확인되었다.

후 기

본 연구는 친환경기술개발 사업단의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

[1] 시내버스용 HCNG 엔진 및 충전 인프라 구축 기술개발 3차년도 보고서, 2014. 4  
 [2] 천연가스 물성 산출 프로그램(2002. 11)