

수중연소식 천연가스기화기(SMV)용 순산소 연소기 개발

손화승* · 김호연* · 정영식**

Development of Oxy-fuel Combustor for the Underwater SMV(Sub-Merged Vaporizer)

Whaseung Sohn*, Hoyeon Kim**, Youngsik. Jeong**

Key Words : SMV(Submerged Vaporizer), CCS(Carbon Capture Storage), Combustion

요 약

지구온난화 문제는 한국가의 문제가 아니라 인류의 문제로 대두되어 많은 이에대한 많은 연구가 이루어 지고 있다. 지구온난화의 주 대상물질인 화석연료로부터 연소시 발생하는 이산화탄소를 감축하기위한 많은 규제와 노력이 요구된다.

CCS(Carbon Capture & Storage)란 화석연료로부터 연소시 대기 중으로 배출되는 온실가스(CO₂)를 포집하여 재생 또는 지중, 해양에 저장하는 기술로서 국가녹색성장 핵심기술중의 하나로 분류되며, CO₂ 회수방안, 저장, 처리관련 연구를 비롯하여 국내외 적으로 활발한 연구가 이루어 지고 있다. 또한 순산소 연소기술을 통한 CO₂ 회수, 처리 기술은 연료의 산화제를 공기대신 순도 95% 이상의 고농도 산소를 이용하여 순산소연소를 하며, 이때 발생하는 배가스의 대부분은 CO₂와 수증기로 구성되어 있다. 발생한 배가스의 약 70~80%를 다시 연소실로 재순환시켜 연소기의 열적 특성에 적절한 연소가 가능하도록 최적화함과 동시에 배가스의 CO₂ 농도를 80% 이상으로 농축시켜 회수를 용이하게 하며, 동시에 공해물질은 NO_x 발생량을 10ppm 이하로 줄일 수 있는 기술이다.

천연가스를 생산하는 LNG기지에서 연소에 의한 이산화탄소를 발생시키는 기기로는 수중연소식 기화기(SMV ; Submerged Combustion Vaporizer)를 들 수 있다. SMV는 버너를 이용하여 -162℃ LNG를 10℃의 LN로 기화시키는 설비로서 특히 동절기에 작동시키며 CO₂를 배출시키는 연소기다.

본 연구에서는 수중연소식 SMV에 순산소 연소 방식을 적용하여 천연가와 산소를 연소시키므로서 발생하는 CO₂를 LNG냉열을 이용 액체화 시켜 회수하는 연구를 수행하고 있다. 내용중에 수중연소식 SMV에 대한 순산소 연소기를 개발하는 연

구를 수행하였으며, 실제 SMV의 1/10크기, 열량기준 1/900로 모형을 제작하여 실험하였다. 연소기 노즐은 직경 0.6mm, 배가스가 수조내에서 48개의 노즐을 제작하였다. 실험결과 일정량 이상의 CO₂ EGR율이 일정 값 이상이 되면 화염의 길이가 공기/NG 화염 길이와 큰 차이가 없었으며 CO₂ EGR율이 100%이상에서는 CO₂ EGR율 증가에 따른 화염길이 변화는 크게 나타나지 않았다. CO 배출 농도는 공기/NG 연소의 경우보다 높게 나타났으며, λ가 1.4보다 높은 조건에서는 측정되지 않았다. NO_x의 배출 농도는 약 1~8ppm으로 나타났다.

실험 장치

본 연구에서 구현하고자 하는 산소부하 연소의 경우 연소에 필요한 공기 대신 버너에 산소를 직접 공급함으로써 화염온도를 높이고, 배가스내 CO₂ 농도를 높임으로서 CO₂ 포집을 원활히 할 수 있는 장점이 있다. Fig 1에 액화천연가스를 기화시키기 위한 연소식 기화기에서 발생하는 배가스를 LNG냉열을 이용해 CO₂를 액화, 회수하기 위한 개략도를 나타내고 있다. Table 1. 과 Fig.2와 같은 실험조건으로 실험장치에 대한 실험을 실시하였다. 산소를 이용할 경우 공기 중에 포함되어 있는 N₂가 없기 때문에 화염온도가 매우 높게 된다. 버너 및 시스템의 내구성을 위하여 화염온도를 낮추어야 하는데 대표적인 방법이 배출되는 배가스를 포집하여 다시 버너측으로 공급하는 FGR(flue gas recirculation) 혹은 EGR(exhaust gas recirculation) 기술이다. 배가스에 함유되어 있는 불활성가스의 경우 화염온도를 낮추는 기능을 하는데 SMV에 적용되는 버너의 경우 순산소 부하 연소를 하게 되면 배가스 성분중의 수분은 수조에서 대부분 물에 흡수되고, 연소되고 남은 잉여 산소(산소과잉으로 인한)와 CO₂가 대부분이므로 이것을 회수하여 화염온도를 낮추게 된다. 또한, CO₂ 저감을 위해서 배가스내 포함되어 있는 CO₂를 액화하여 저장하는 기술이

* 한국가스공사 연구개발원

** ㈜ 어코드

† 연락처자, hssohn@kogas.or.kr

TEL : (031)400-7456 FAX : (031)-279-3199

현재 연구되고 있다.

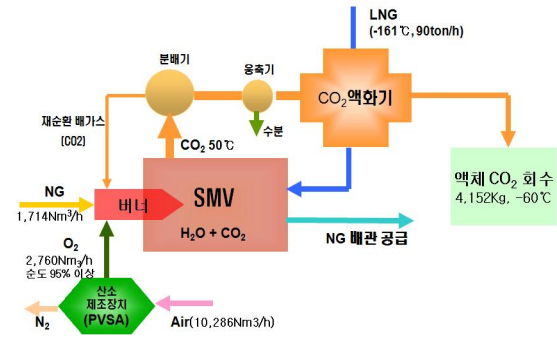


Fig.1 Schematic diagram of SMV CO₂ separation and recovery

Table 1 Comparison of burner design and specification

항목	기존 SMV	버너 설계 데이터
버너열량	16,000Mkcal/hr	20,000kcal/hr
공기비	1.3 (추정값)	산소, CO ₂ EGR
공기량	19,000m ³ /hr	3.84m ³ /hr
노즐개수	6	6
연료홀	∅5mm x 8개	∅0.6mm x 1개
가스압력	1bar (추정값)	좌동

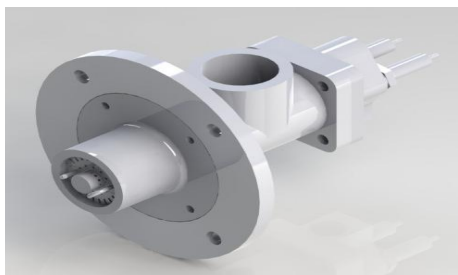


Fig. 2 SMV burner designed

연구 결과

Fig. 3은 EGR을 이용한 연소실험결과로서 화염에 대한 사진이다. Fig. 4는 Air+NG 화염의 온도를 λ에 따라 측정한 그래프로서 측정위치에 따라 온도가 달라지는 것을 알 수 있다. λ=1에서 버너 팁(tip) 주위의 온도는 약 1200°C 정도로 측정되었으며, λ가 증가할수록 화염온도는 하락하였다. λ에 따라 화염길이가 달라지므로 정확한 화염 팁을 확인하기는 어렵지만, 화염 팁에 해당하는 H=300mm에서의 온도는 최대 700°C 근방으로 측정되었다.



Fig.2 Flame load=15%, λ=1, EGR=0%



Fig.3 Flame load=15%, λ=1, EGR=100%

Fig. 4 Flame Temperature according to Air+NG λ

결론

LNG 기화설비인 SMV의 연소설비 부분에 대한 LNG 냉열을 이용한 배출가스의 CO₂ 회수방법에 대하여 연구를 수행하였다.

- Air+NG 화염의 온도를 λ에 따라 측정하였으며, λ=1에서 버너 팁(tip) 주위의 온도는 약 1200°C 정도로 측정되었으며, λ가 증가할수록 화염온도는 하락하였다.
- λ에 따라 화염길이가 달라지므로 정확한 화염 팁을 확인하기는 어렵지만, 화염 팁에 해당하는 H=300mm에서의 온도는 최대 700°C 근방으로 나타났다.
- 기존의 Air+NG 연소에 비해 산소+NG+CO₂ 연소는 배가스내 산소농도가 50%이상이다. NOx 및 CO의 경우 산소농도는 참고하여 실험한 결과 NOx 배출량은 1~8pp이며, CO의 경우는 λ=1.4에서만 측정되었다.
- 본 연구를 통하여 SMV에서 발생되는 CO₂를 액화천연가스 냉열을 활용해 회수하기 위한 실험적 연구를 수행, 완료하였다.

본 연구는 한국가스공사 연구개발사업으로 수행된 연구과제의 일부분으로 작성되었습니다.

참고 문헌

- [1] 한국가스공사, "CCS를 위한 SMV용 순산소연소 기술개발" 2013.