

Hydrox Gas 절단과 LPG 절단의 열적특성에 관한 연구

김흥건⁺, 박이구*

(논문접수일 2009. 12. 2, 심사완료일 2010. 4. 1)

A Study on the Thermal Characteristics of LPG and Hydrox Gas Cutting

Hong Gun Kim⁺, Lee Ku Kwac*

Abstract

Cutting procedures where qualities are determined by various demand factors largely influences shipbuilding productivity. Particularly, defects in cutting shapes and cutting surface results in delay for post shipbuilding stages such as in welding and assemblage lines which could become factors for reduced economic viability of the project. Existing cutting procedures utilize fossil fuels such as propane or ethylene as the main fuel component and these methods applied particularly to ship plate cutting gives relatively slow cutting speed and generates large quantities of harmful and sometimes poisonous polluting fumes of which warrants an urgent need to look for alternative cutting methods. Recent introduction of hydrox gas generated by electrically dissociating water into hydrogen and oxygen components to be utilize as an alternative cutting fuel has resulted not just in visible improvement on cutting quality and speed over the existing methods but it has also been welcomed as an environmentally friendly clean fuel source. This paper has been prepared to serve as the basis for accommodating this environmentally friendly hydrox gas cutting method into actual working environment by observing and recording hydrox gas cutting thermal characteristics

Key Words : Hydrox Gas(수산소 가스), LPG(액화석유가스), Ethylene gas(에틸렌 가스), Cutting(절단), Thermovision camera(열화상카메라)

1. 서론

선박 건조, 자동차 생산, 중공업에 있어서 절단공정은 다양한 가공변수에 따라 품질이 결정되며 선박 및 자동차 생산성

에 많은 영향을 미친다. 특히, 절단형상과 절단면의 불량은 후처리 용접 및 조립라인에서 공정지연을 일으켜 경제적인 변수로 작용한다. 절단 공정은 부재의 두께에 따라 많은 조건 변화 요인이 작용하기 때문에 적절한 절단조건으로 절

⁺ 전주대학교 기계자동차공학과

^{*} 교신저자, 전주대학교 공학기술융합연구소 (kwac29@jj.ac.kr)
주소: 560-759 전북 전주시 완산구 백마길 45

단을 해야만 절단의 정밀도를 유지 할 수 있다. 절단 시 작업자의 판단에 따라 절단품질이 결정되는 경향을 보이며 이는 부재의 열변형, 절단면의 조직변화, 잔류응력의 발생 등에 의한 절단 후 공정의 작업상 문제를 발생시키고, 이러한 부재가 선체 구조물로서 사용될 경우 성능상 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 기존의 절단공정은 화석연료인 LPG, 에틸렌 가스(Ethylene gas)를 주 연료로 사용하고 있으며, 특히 후판 절단에 주로 이용되고 있는 LPG 절단은 절단속도가 상대적으로 느리고 독성 흠(Fume)등의 공해 물질을 다량 배출하는 등 새로운 절단 프로세스가 요구되고 있다. 최근 물을 전기분해하여 발생된 수소와 산소가스를 열원으로 한 하이드록스 가스(Hydrox Gas)절단은 기존 가스절단에 비해 절단 품질, 절단속도의 향상뿐만 아니라 친 환경적인 청정원료로 각광 받고 있다⁽¹⁻³⁾. 본 연구에서는 청정원료인 하이드록스 가스와 화석연료인 LPG를 연료로 한 절단공정에서 열적특성을 파악하기 위해 열화상카메라를 이용하여 시편의 열분포를 측정하여 비교함으로써 하이드록스 가스 절단의 우수성을 확인하고자 한다.

2. Hydrox Gas 발생원리

하이드록스 가스(Hydrox Gas)란 물(H₂O)의 구성비 그대로 수소와 산소가 2 : 1로 혼합된 상태의 혼합가스를 말하며, 물연료 자동 공급장치에서 생산되는 완전무공해 연료를 말한다. 고도의 전기분해 기술에 의한 물의 해리작용으로 생성되는 하이드록스는 자체산소에 의해 완전 연소되는 이상적인 혼합기체로서 임플로전(Implosion)현상에 의해 하이드록스만의 독특한 연소특성을 나타낸다. Fig. 1은 물의 전기분해에 의한 하이드록스의 발생 메카니즘을 나타내었다⁽¹⁻³⁾.

본 논문에서의 하이드록스 가스 발생은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 일반적인 전기분해장치와 달리 분리격막이 없

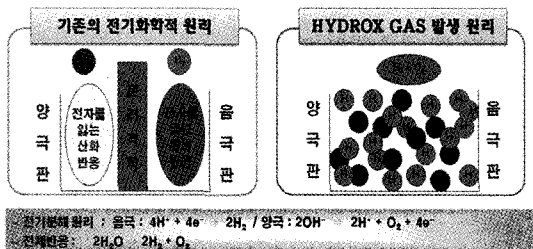


Fig. 1 Generation of hydrox gas

며, 전극간의 거리를 최적화 하여 효율을 증대시켰으며, 양전극사이에 형성되는 저항을 최소화 하였고, 전기분해 속도 향상하여 효과적인 실용화 장치 개발 하였다. 또한 전기분해 시 발생하는 열을 최소화하여 효율을 극대화 하였다.

하이드록스 가스는 수소와 산소의 혼합가스로서 일반적인 열현상에서 보이는 보편적인 폭발현상이 나타나지 않으며 대신에 독특한 내폭 현상이 발생한다. Hydrox Gas가 연소하면 완전한 중성의 물만이 생성될 뿐 화재의 위험이 전혀 없으며 그 외의 일체의 부산물이 생성되지 않으며, 수소와 산소로 이루어진 혼합기체이므로 직접연소가 가능하며, 밀폐된 장소에서 연소시 외부에서 별도의 기체를 공급할 필요가 없어 환기나 배기설비가 필요 없다. 또한 초고온의 열이 발생하며, 진공을 유도하여 불꽃이 분산되지 않고 초점을 형성하고, 주위로 열선을 방출하지 않는 특성을 가지고 있다.

3. 실험방법

Fig. 3에 나타낸 바와 같이 화석연료의 화염(예 : LPG등)은 복사열에 의한 확장 화염의 특성에 따라 접촉부가 넓은 관계로 절단 시 필요외의 부분으로 열이 분산하여 소비되므로 많은 열량을 필요로 하며 절단면 부근의 부위까지 열을 가해 형질 변형의 우려가 있고, 절단으로 인한 손실면이 많다. 반면 하이드록스 가스는 직진성 화염⁽³⁻⁵⁾으로 접촉하는 물질과 상호반응에 의해 연소온도가 대상물질의 용융점 이상의 승화온도까지 순간 상승하기 때문에 화석연료에서 얻을 수 없는 고온이 형성되며, 적은 열량으로도 최대의 효과를 볼 수 있으며 절단으로 인한 손실면이 적다.

본 논문에서 위와 같은 하이드록스 가스의 화염 특성에 근거한 절단에서 모재의 열적특성을 고찰하기 위해 Fig. 4와 같이 절단 시편의 후방 50mm 부근에서 동일 노즐과 압력으로 LPG와 하이드록스 가스 연료로 가열하여 전방부의 온

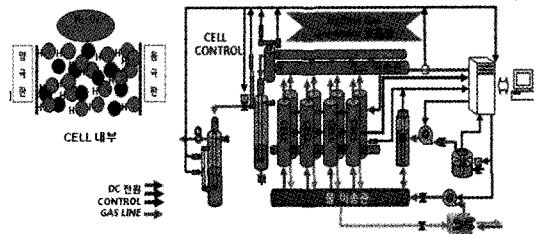


Fig. 2 Schematic diagram of hydrox gas generator

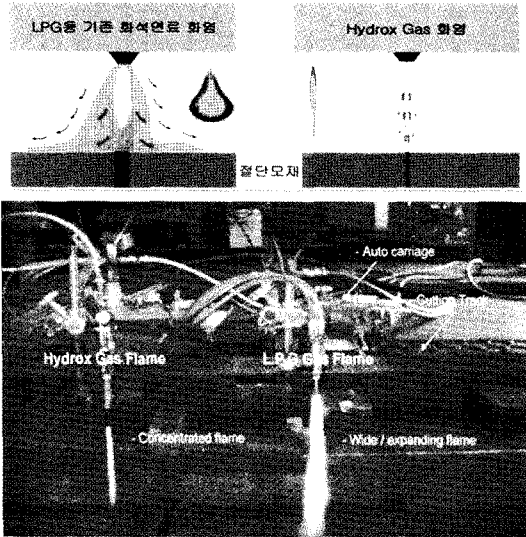


Fig. 3 Flames of LPG and Hydrox gas

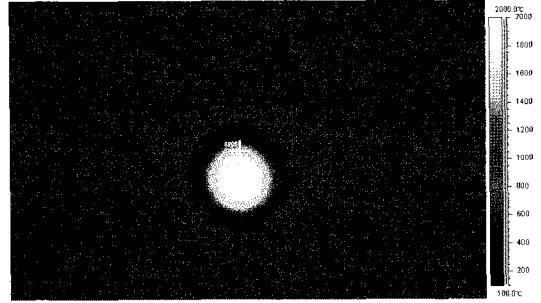


Fig. 6 Thermal distribution of LPG heating

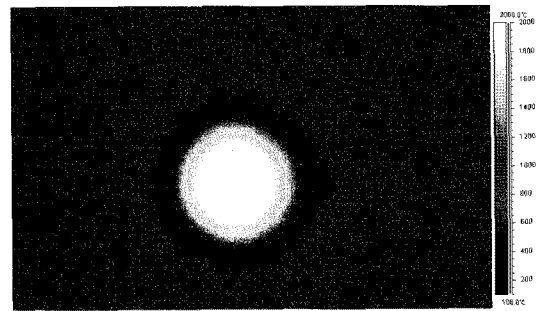


Fig. 7 Thermal distribution of hydrox gas heating

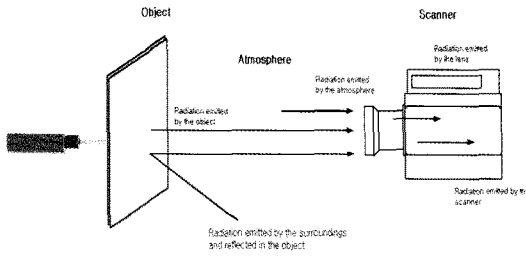


Fig. 4 Thermal distribution measurement situation of hydrox and LPG heating.

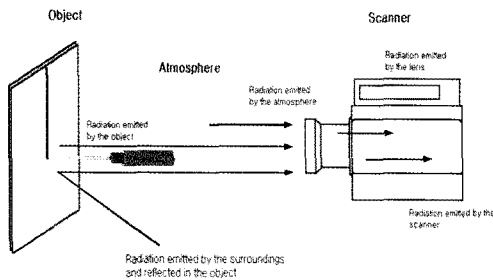


Fig. 5 Thermal distribution measurement situation of hydrox and LPG cutting

도가 시편의 용융점 (1500°C) 까지 도달하는 시간과 용융점 도달 시의 시편의 온도분포를 열화상 카메라를 이용하여 측

정하였다⁽⁴⁾.

또한 Fig. 5와 같이 연료에 따른 절단 시의 열적 특성을 파악하기 위해 동일 시편과 동일 노즐과 압력으로 노즐과 시편의 50mm 부근에서 LPG 절단과 하이드록스 가스절단 시의 절단부 근접 부분의 열분포를 측정 하였다. 시편의 재질은 SM45C이며 크기는 300*300 mm이다.

4. 실험결과 및 고찰

Fig. 4와 같은 방법으로 측정된 시편의 온도분포는 Fig. 5~7과 같다. Fig. 7에서 확인할 수 있듯이 시편의 용융점인 1500°C 까지 도달 하는 시간은 LPG를 연료로 할 경우 약 23초 소요되었으며, 하이드록 가스를 연료로 할 경우 약 17 초 소요되었다. 또한 Fig. 5~6에서 확인할 수 있듯이 용융점 도달시의 시편의 온도분포는 LPG를 연료로 하였을 경우 열 변형이 우려되는 300°C 이상의 온도의 면적이 120mm²이었으며, 하이드록스 가스를 연료로 사용하였을 경우 300°C 이상의 온도의 면적이 45mm²로 확인되었다.

Fig. 3과 같은 실험방법을 통해 확인 할 수 있는 Fig. 5~6

의 측정결과는 하이드록 가스를 연료로 가열 하였을 경우에 LPG 보다 시편에 대한 열 전달이 60%이상 영향을 적게 미치는 것으로 확인 되었다.

또한 Fig. 5와 같은 방법으로 모재의 절단실험을 수행한 결과 Fig. 9~11과 같은 결과를 확인할 수 있었으며, Fig. 9~10에서와 같이 하이드록 가스를 연료로 절단 하였을 경우에 절단 근접부의 열전달이 현저히 적은 것으로 확인 되었다.

Fig. 11에서 확인할 수 있듯이 하이드록 가스를 연료로 절단하였을 경우 절단 근접부의 온도는 200~400℃에 대부분 분포 하였고, LPG를 연료로 절단하였을 경우 에는 400~920℃에 대부분 분포 하였다. 또한 200℃ 이상의 온도가 열전달된 면적이 하이드록스 가스를 연료로 절단하였을 때 가 현저히 적은 것으로 확인되었다.

또한 LPG와 하이드록스 가스를 연료로 하여 동일한 조건으로 강판을 절단 하여 Fig. 12와 같은 절단 하부의 모습을 관찰하여 보았다. LPG 절단 시 다량의 슬러지가 발생하였으며, 하이드록스 가스 절단 시 소량의 슬러지가 관찰 되었다. 이러한 결과는 하이드록스 가스의 직진성과 고온의 특성

에 의해 절단이 LPG 가스 절단 보다 신속하게 진행되어 슬러지의 발생이 비교적 소량으로 발생된 것으로 사료된다.

이러한 결과는 Fig. 4와 같이 하이드록 가스 화염의 직진성이 우수한 특성으로 인하여 화염이 직접 접촉되는 부분만 빠르게 가열하기 때문이며, 절단 시에 절단면적을 최소화 할 수 있고, 절단 모재에 열적 영향을 최소화 할 수 있을 것으로 기대 되며, 모재의 열변형이나 절단면의 조직변화, 잔류응력

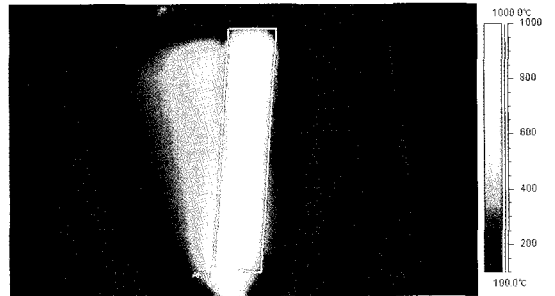


Fig. 10 Thermal distribution of hydrox gas

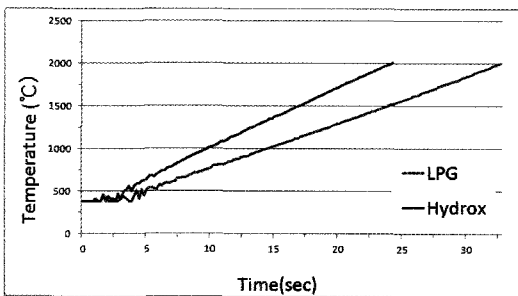


Fig. 8 Temperature of heating point due to hydrox gas and LPG

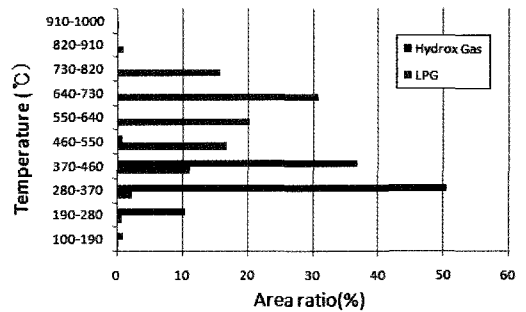


Fig. 11 Thermal distribution area ratio of hydrox gas and LPG cutting

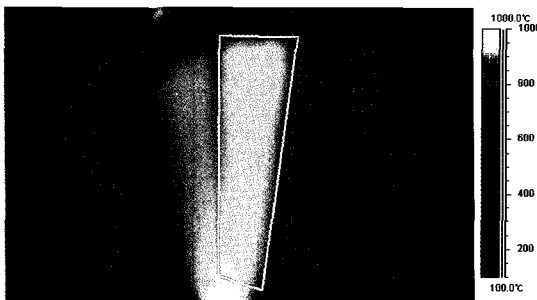


Fig. 9 Thermal distribution of LPG Cutting

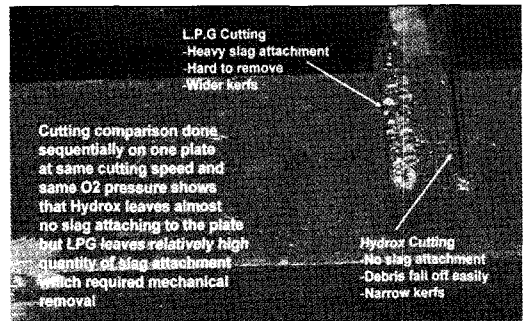


Fig. 12 Cutting comparison LPG and hydrox gas

의 발생 등에 의한 절단 불량률을 최소화할 수 있을 것이다.

하이드록가스를 연료로 절단을 하였을 경우 절단에 의한 열적 특성을 파악하기 위하여 기존의 화석연료인 LPG 가스를 연료로 절단하였을 때와 동일한 조건으로 절단실험을 수행 하였으며, 시편의 열적특성을 관찰하기 위하여 열화상카메라를 이용하여 가열실험과 절단실험을 수행하여 열전달 면적과 온도 분포를 측정하였다. 이러한 실험을 통하여 다음과 같은 결과를 확인하였다.

5. 결론

- (1) 시편의 용융점인 1500℃까지 도달 하는 시간은 LPG를 연료로 할 경우 약 23초 소요되었으며, 하이드록 가스를 연료로 할 경우 약 17초 소요되었다. 또한 용융점 도달 시의 시편의 온도분포는 LPG를 연료로 하였을 경우 열변형이 우려되는 300℃ 이상의 온도의 면적이 120mm² 이었으며, 하이드록스 가스를 연료로 사용하였을 경우 300℃ 이상의 온도의 면적이 45mm²로 확인되었다.
- (2) 하이드록 가스를 연료로 절단 하였을 경우에 절단 근접부의 열전달이 LPG에 비해 현저히 적은 것으로 확인하였으며, 하이드록 가스를 연료로 절단하였을 경우 절단 근접부의 온도는 200~400℃에 대부분 분포 하였고, LPG를 연료로 절단하였을 경우 에는 400~920℃에 대부분 분포 하였다. 또한 200℃ 이상의 온도가 열전달된 면적이 하이드록스 가스를 연료로 절단하였을 때가 현저히 적은 것으로 확인되었다.
- (3) LPG와 하이드록스 가스를 연료로 하여 동일한 조건으로 절단시에 절단 하부에 LPG 다량의 슬러그가 발생하였으며, 하이드록스 가스 절단 시 소량의 슬러그가 관찰되었다.

이러한 결과는 선박후판, 자동차 강판, 중공업에서의 각종 강판 절단 시에 절단면적을 최소화 할 수 있고, 절단 모재에 열적 영향을 최소화 할 수 있을 것으로 기대 되며, 모재의 열변형이나 절단면의 조직변화, 잔류응력의 발생 등에 의한 절단 불량률을 최소화할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) Brown, Y., 1978, "Arc-assisted oxy/hydrogen welding", US Patent 4081656
- (2) Hyun, J. S., Park, J. W., Maken, S., Gaur, A., Hyun, S., 2004, "Vitrification of Fly and Bottom Ashes from Municipal Solid Waste Incinerator using Brown's Gas", *Korean Journal of Chemical Engineering*, Vol. 10, No. 3, pp. 361~367
- (3) Min, S. Y., Maken, S., Park, J. W., Gaur, A., Hyun, S., 2008, "Melting treatment of waste asbestos using mixture of hydrogen and oxygen produced from water electrolysis", *Korean Journal of Chemical Engineering*, Vol. 25, No. 2, pp. 323~328
- (4) Yoo, Y. T., Kim, J. Y., Ro, K. B., Yang, D. J., Oh, Y. S., Im, K. G. Kim, J. H., 2003, "Estimation of Laser Welding Behavior of SM45C Steels by Plume Monitoring" Vol. 12, No. 6, pp. 14~21
- (5) Kim, S.-N., 2002, "Brown gas heating furnace made of mineral stone", US Patent 6397834
- (6) Kim, S.-N., 2004, "Brown gas combustion apparatus and heating system using the same", US Patent 20040013988A1
- (7) Kim, S.-N., 2004, "Heating apparatus using thermal reaction of brown gas", US Patent 6761558