

산수소 가스를 이용한 후판의 산소절단 기술

A comparison of cutting performance between HOM gas and LPG gas for heavy industry

이목영*, 권영각*, 임명세**

* (재) 포항산업과학연구원 용접센터

** 신한 G&C

1. 서 론

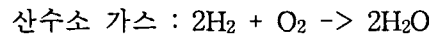
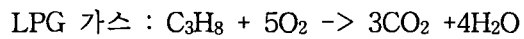
철강재의 산소절단은 연료가스의 연소열 및 철의 산화 반응열을 이용하여 강재를 절단하는 방법이다. 연료가스의 연소열을 이용하여 강재를 가열 및 용융시키고, 여기에 고순도의 산소를 취입하면 강재의 용융물질 중 철의 급격한 산화반응이 발생된다. 이 반응은 열을 발생시키는 발열반응으로 이때 발생하는 열을 이용하여 재료를 절단한다.

산소절단은 장비가 간단하고, 투자비 및 절단비용이 저렴하며, 작업이 단순하며, 얇은 판재에서부터 두꺼운 슬라브까지 소재 두께의 제약이 적은 장점으로 인하여 철강재의 절단에 가장 널리 사용되는 절단 방법이다. 그러나 단점으로는 합금원소가 다량 첨가된 탄소강, 스테인리스강 등에서는 철의 산화반응열이 적기 때문에 절단 생산성이 낮고, 비철소재의 절단이 곤란하며, 플라즈마 절단 혹은 레이저 절단 등에 비하여 절단속도가 낮고 절단품질이 저하되는 단점이 있다.

연료가스는 아세틸렌이 사용되었으나, 최근에는 구입이 용이하고 가격이 저렴한 LPG 가스가 주로 사용되고 있다. 그러나 이러한 가스는 C-H 결합에서 탄소의 연소열을 이용하므로 대기오염의 주요원인인 이산화탄소를 발생시킨다. 한편 물을 전기분해하면 수소 및 산소가 발생되는데, 이러한 산수소 가스를 연료가스로 사용하고자는 연구가 시도되고 있다⁽¹⁾.

산수소 가스는 1971년 호주 울 브라운에 의하여 처음 발견된 것으로, 물의 전기분해 과정에서 물 분자의 해리에 의하여 생성되는 수소와 산소가 화학당량비 2:1의 비율로 혼합되어 있는 혼합가

스이다⁽²⁾. 이 가스의 특징은 이산화탄소 등 환경유해물질의 발생이 전혀 없으며, 수소 및 산소의 이상적인 화학당량비에 의하여 완전연소되며, 수소와 산소의 열핵반응에 의해 고온가열이 가능하고, 연소시 내폭으로 인하여 화염이 집속되는 장점이 있다. LPG 가스 및 산수소 가스의 연소시 화학반응식은 다음과 같다.



산화반응열은 LPG 가스 및 산수소 가스에 대하여 각각 12.05 kcal/g 및 34.15 kcal/g으로 동일한 질량에 대하여 산수소 가스가 훨씬 높다. 산수소 가스의 경우에는 연소에 별도의 산소가 필요없다. 그러나 산수소 가스를 산소절단에 적용하기는 쉽지 않다. 산수소 가스를 열원으로 사용한다는 것이 보편화되어 있지 않으며, 화염의 특성 또한 LPG 가스와는 다르다. 또한 산수소 가스의 경우 가스를 생성하면서 사용하기 때문에 가스생성장치의 성능이 충분하지 않은 경우 많은 문제점을 초래한다.

본 연구에서는 산수소 가스의 일반적인 특성을 알아보고 기존의 LPG 가스와 절단특성을 비교평가하여 산수소 가스를 이용한 산소절단의 현장 적용성을 알아보았다.

2. 사용재료 및 실험방법

일반 구조용강재인 두께 50mm의 SS400을 대상으로 산소절단 시험을 수행하였다. 표 1에 절단 시험에 사용된 소재의 특성을 나타내었다.

절단시험에 사용된 연료가스는 일반 산업용 LPG 및 HOM 가스이었다. 산수소 가스 발생장치는

표 1 절단 시험 소재의 특성

강종	SS400
두께	50mm
치수	1,000 x 1,000mm
표면상태	대기중 산화

시간당 가스 생성량 2000l/min 및 산수소 가스압력 0.2MPa이었으며, 산수소 가스 발생장치의 사양을 표 2에 나타내었다.

표 2 산수소 가스 발생장치의 사양

모델명	HGQU-6000
규정용량	11.3kVA
규정가스 생산량	2000L/h
물소모율	1.2L/h
가스압력	0.2MPa

절단 토치는 일반 LPG 절단용 자동토치를 사용하였다. 그림 1에 절단 시험 장면을 나타내었다.

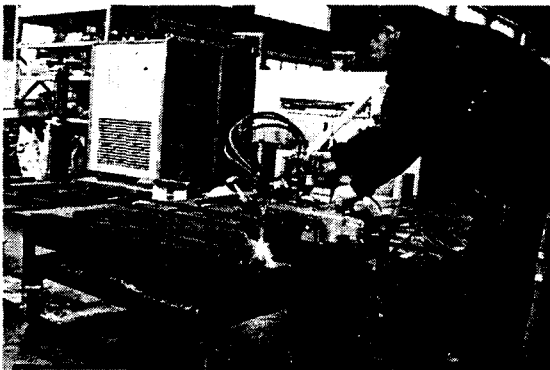


그림 1 절단 시험 장면

절단시험편의 품질 평가를 위하여 절단폭, 절단면형상, 절단면 표면조도 및 단면조직상의 열영향부 폭 등을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

동일한 질량에서 산수소 가스의 반응열이 LPG 가스에 비하여 2.8배 가량 높으므로 화염의 온도는 산수소 가스가 높을 것이다. 그림 2에 LPG 가스와 산수소 가스의 화염을 나타내었다. LPG에 비하여 화염의 직경이 넓었으며, LPG 가스에 비하여 산수소 가스의 절단폭이 상대적으로 좁을 것으로 예상된다.

그림 3은 절단시 절단면 상부의 화염을 비교한 것이다. LPG에 비하여 산수소 가스 절단시 화

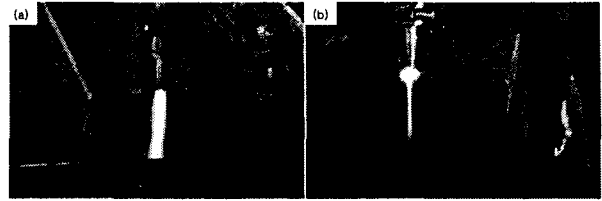


그림 2 화염 비교 (a) LPG 및 (b) 산수소 가스의 화염의 크기가 작았으며, 강제 상부의 열영향이 적을 것으로 예상되었다. 화염의 색상으로 보아 화염의 온도는 산수소 가스를 사용한 경우 고온이며, 산수소 가스 절단시는 절단면 주위에 연소반응시 발생한 수증기의 응축수가 생성되었다.

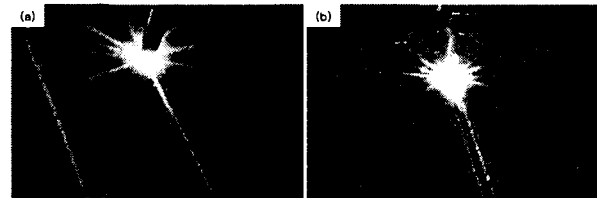


그림 3 절단 상부의 화염 비교 (a) LPG 및 (b) 산수소 가스

그림 4는 절단 시험시 절단면 하부의 용융금속 배출상태를 나타낸 것이다. LPG에 비하여 산수소 가스를 사용하는 경우 용융금속의 배출량이 상대적으로 적었다. 이것으로 보아 LPG에 비하여 산수소 가스를 사용하여 절단하는 경우 절단폭이 좁을 것으로 예상된다.

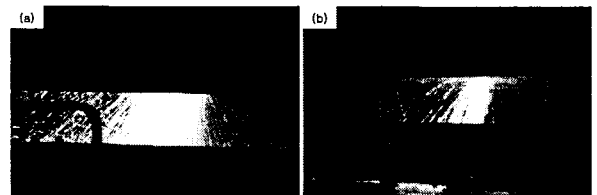


그림 4 절단면 하부의 용융금속 배출 상태 (a) LPG 및 (b) 산수소 가스

절단폭은 화염에 의하여 용융제거된 절단부의 폭을 의미하는 것으로 토치 혹은 화염의 직경에 좌우된다. 그림 5는 두께 50mm 후판 강재의 절단폭을 나타낸 것이다. LPG 및 산수소 가스의 절단폭은 각각 7.5mm 및 4.6mm 가량으로 산수소 가스의 절단폭이 좁았다.

열영향부 (HAZ) 폭은 절단시 화염 혹은 용융금속의 잠열이 열전도되어 절단부위를 가열시켜 형성된 것으로 최고 가열온도가 강재의 변태온도

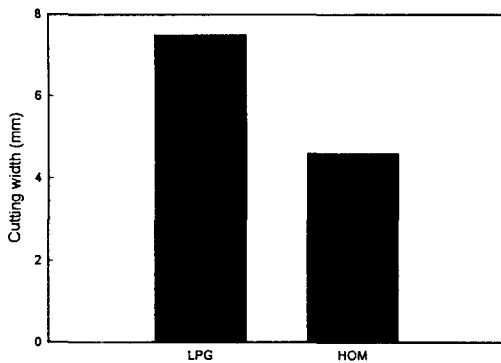


그림 5 절단폭 비교

이상에 도달한 영역의 폭을 나타낸다. 그림 6은 두께 50mm의 후판강재를 절단속도 360mm/min에서 LPG 및 산수소 가스로 절단한 경우 열영향부 폭을 강재의 두께에 따라 나타낸 것이다. 열영향부 폭은 상부에서 가장 좁았으며 아래로 갈수록 폭이 증가하였다. LPG 가스에 비하여 산수소 가스의 경우 모든 부위에서 열영향부 폭이 적었다. 표 3에 열영향부 폭을 정리하였다.

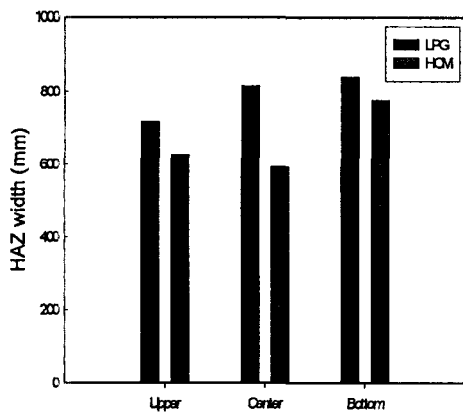


그림 6 강재 위치별 열영향부 폭 비교 (용접속도 360mm/min)

강재의 가스 절단면은 철산화물로 덮혀있으며, 절단시 생성된 striation에 의하여 물결무늬 형상을 보인다. 그림 7에 절단면의 외관을 나타내었다. LPG 및 산수소 가스 절단에서 절단면 외관의 큰 차이는 없었으나, LPG 절단에서 절단면 상부 및 하부의 산화색이 다소 짙게 관찰되었다. 그림 8은 절단면 부위를 고배율로 관찰한 것으로 LPG 절단의 경우 절단면 산화층과 열영향부의 중간에 보다 검은영역이 관찰되었다. 이것은 LPG 가스에 포함된 탄소가 강재에 침투(침탄)되

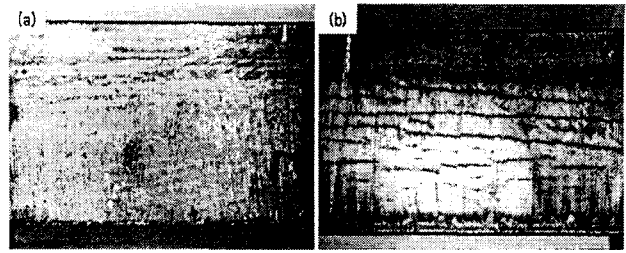


그림 7 절단면 외관 (a) 산수소 가스 및 (b) LPG

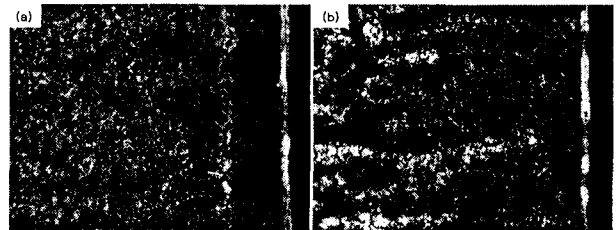


그림 8 절단면 근처의 침탄층 사진 (a) LPG 및 (b) 산수소 가스

어 형성된 침탄층으로 모재 및 열영향부 보다 높은 경도를 갖는다. 이에 반하여 산수소 가스 절단면의 경우 화염에 탄소성분이 포함되어있지 않기 때문에 침탄층이 관찰되지 않았으며, 절단면을 기계가공하는 경우 공구의 마모가 상대적으로 적을 것으로 생각된다.

4. 결 론

철강재의 절단에 일반적으로 사용되는 LPG와 물의 전기분해에 의하여 생성된 산수소 가스를 연료로 한 산수소 가스의 절단 특성을 비교 평가한 결과는 다음과 같다.

- (1) 가스 절단시 절단표면의 화염의 크기는 산수소 가스가 작아 주위에 미치는 열영향이 적을 것으로 판단된다.
- (2) 절단폭은 산수소가스(4.6mm)가 LPG (7.5mm)에 비하여 적었다.
- (3) 산수소 가스 절단면은 침탄층이 형성되지 않아서 후가공공정에 유리할 것으로 생각되었다

참고문헌

1. 용접편람 : 대한용접학회
2. 2002년도 대체에너지 실용화평가사업결과 보고서 “브라운가스 이용시스템 실증연구”, 2002-N-HY11-P-01