

수소-산소 혼합가스의 열절단 특성 연구

A Study on thermal cutting characteristics of hydrogen-oxygen mixed gas

김 남인**, 장 용원**, 정 준식**, 이 정수**

** (주)한진중공업 기술연구소

ABSTRACT In recent years, hydrogen-oxygen mixed gas generated by electrically dissociating water has been proposed as alternative cutting fuel. The mixed gas consists of a hydrogen-oxygen mixed gas in the mixture ratio of 2:1. And gas has some merits as cutting quality and speed compared with existing gas cutting process. Because main source of mixed gas is water, mixed gas is environmental-friendly clean fuel. The purpose of the present paper is to investigate cutting characteristics and optimum cutting parameters of mixed gas. The effect of cutting parameter on the cutting characteristics of mixed gas is also investigated as compared to existing gas cutting process.

1. 서 론

절단공정에는 크게 CNC 플라즈마 절단과 에틸렌 및 산소의 혼합 가스를 이용한 가스절단이 있으며, 플라즈마 절단은 두께 20t 이하의 중박 판 강재에, 가스 절단은 20t 이상의 후판 절단에 주로 이용되고 있다. 특히 후판 절단에 주로 이용되고 있는 가스절단은 절단속도가 상대적으로 느리고 독성 흠(Fume) 등의 공해 물질을 다량 배출하는 등 새로운 절단 프로세스가 요구되고 있다. 최근 물을 전기 분해하여 발생된 수소가스를 열원으로 한 혼합가스 절단공정은 기존 가스 절단에 비해 절단 품질, 절단속도의 향상뿐만 아니라 친 환경적인 청정원료로 각광 받고 있다.

절단 시 작업자의 판단에 따라 절단품질이 결정되는 경향을 보이며 이는 부재의 열변형이나 절단면의 조직변화, 잔류응력의 발생 등에 의한 절단후 공정의 작업상 문제를 발생시키고, 이러한 부재가 선체 구조물로써 사용될 경우 성능상 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 또한, 현장에서 불규칙적으로 발생하는 공정변수로 인해 절단품질을 유지하기 위한 최적의 절단조건에 대한 자료가 부족한 실정이며, 절단 공정에서의 품질차이를 일으킬 뿐만 아니라 후 공정에 영향을 주기 때문에 최적 절단조건에 대한 실험적인 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 수소-산소 혼합가스의 기초적인 절단시험 결과를 토대로 현장에서

사용중인 강재두께 별 절단특성(자동/수동) 및 절단 후 용접특성에 대해 고찰하였다.

2. 가스 특성

2.1 절단 특성

수소-산소 혼합가스의 절단조건 및 품질규격을 기준으로 강재두께 별 절단변수에 따른 절단면의 품질을 시험해 본 결과 Table 1과 2와 같이 최적 자동 수직절단 조건을 나타내었다. 개선 절단은 수직절단과 동일한 장비 및 절단 품질을 기준으로 하였으며, 절단 토치각을 17.5° 하여 자동 개선 절단을 실시 하였다. 시험결과 수직 절단에서의 결과와 동일하게 혼합가스를 이용했을 때, 절단 속도가 더 빠른 것으로 나타났다. 또한 강재 두께별 개선 절단속도는 Table 1, 2에 나타난 최적 자동수직 절단 보다 20 ~ 25% 낮은 것으로 나타났다.

혼합가스의 수동 절단성능을 알아보기 위하여 현재 당사에서 사용중인 에틸렌 가스와 상호 비교하는 방법으로 절단 품질을 검토하였다. 수동 절단의 경우 절단품질에 가장 큰 영향을 미치는 것 중에 하나인 작업자의 숙련도는 고 기량자를 이용하여 절단 품질 변화의 변수를 최소화하였다.

에틸렌 가스와 비교하여 혼합가스를 사용하였을 때, 예열산소가 필요 없는 혼합가스 특성으로 절단 토치 작동이 편리하였으며, 화염의 직진성이 우수하여 작업성 및 절단 품질이 우수한 것으로 나타났다.

Table 1 Cutting condition of mixed gas

T	P		L	S	PT	Tip #		
	O	M						
12	6.0	1.2	8 ~ 10	600	10 ~ 15	#2		
18				500		#2		
32				480		#3		
40				~	~	450	#3	
60				6.2	1.4	380	15	#3
75						350	~	#4
80			280	20	#4			

Table 2 Cutting condition of ethylene gas

T	P		L	S	PT	Tip #		
	O	E						
12	5.6	0.4	8 ~ 10	550	10 ~ 15	#2		
18				450		#2		
32				430		#3		
40				~	~	400	#3	
60				5.8	0.6	330	15	#3
75						300	~	#4
80			250	20	#4			

T: material thickness(mm), P: pressure (kgf/cm)
 O: oxygen gas, M: mixed gas, E: ethylene gas,
 L: length of tip to specimen(mm)
 S: cutting speed(mm/min), PT: preheating time(sec)

2.2 용접 특성

강재 절단 프로세스 변화에 따른 용접성 즉 재료의 기계적 성질 변화를 정량적으로 파악하기 위해 에틸렌 가스와 상호 비교 방법으로 검토하였다.

2.2.1 용접 조건

본 연구에 사용한 시험재는 현장생산재인 두께 15mm의 선급재인 GL-A강을 사용하였으며, 폭 150mm, 길이 400mm 으로 시험편을 제작하였다.

혼합가스와 에틸렌가스를 이용하여 V-개선 후 Table 3과 같이 용접을 실시하였다.

Table 3 Welding conditions (FCAW)

Pass	Current [A]	Voltage [V]	Speed [cm/min]	Heat input [KJ/cm]
1	230	27	10.6	35
2	290	35	17.6	35
3	300	35	18.2	35

2.2.2 경도

경도시험은 마이크로 비커스 경도계를 사용하여 하중 1kg, 하중 시간 15초로 하여 시험하였다. Fig. 1은 혼합가스 및 에틸렌 가스를 이용하여 절단 후 용접한 시험편의 경도 값을 비교하여 나타내었다. 혼합가스의 경우, 화염 특성상 에틸렌 가스에 비해 직진성이 높고, 화염 범위가 좁아 상대적으로 fusion line의 경도 값은 높게 나타났으나, 열영향부(HAZ)부의 경도값은 에틸렌 가스보다 낮은 것을 알 수 있다. 이는 에틸렌의 화염 범위가 크기 때문인 것으로 판단된다.

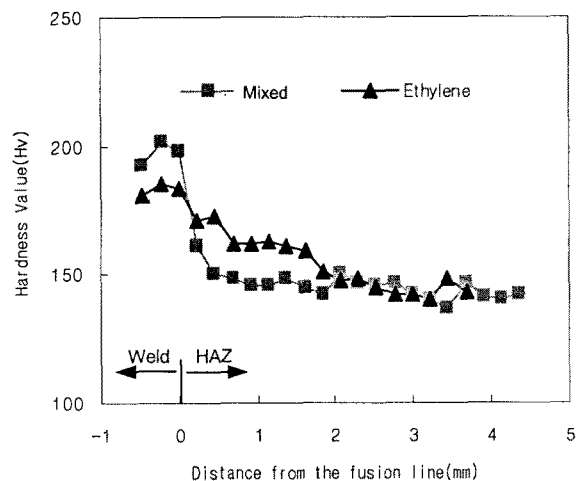


Fig. 1 Result of hardness test

2.2.3 인성

샤르피 충격시험기(Charpy V-notch)를 이용하여 상온에서 fusion line, fusion+1mm, fusion+2mm, fusion+3mm에 대해 충격시험을 각각 3회 실시하였다. 결과는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 에틸렌 가스에 비해 혼합가스로 절단하여 용접한 시험편의 열 영향부의 인성값이 높

은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 화염범위가 상대적으로 좁고 직진성이 우수한 혼합가스의 특성 상 열에 의한 강재의 조직변화가 적기 때문으로 판단된다.

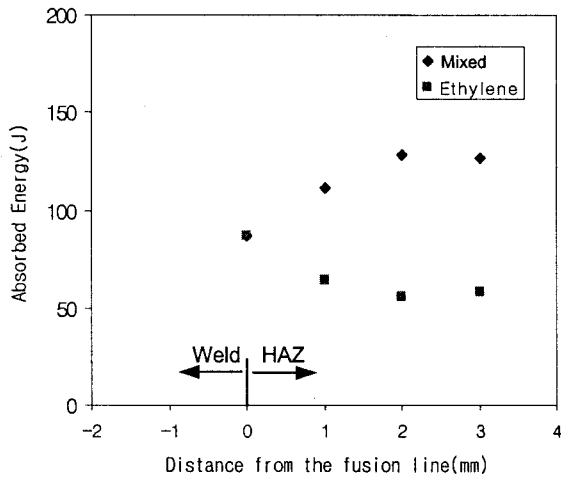


Fig. 2 Result of impact test

2.2.4 매크로 (Macro)

용접부의 매크로 조직을 관찰하기 위해서 가스 절단과 기계가공을 실시한 후 3% 염산 수용액 (Nital, Nitric acid + Alcohol)에 10초간 부식 한 후 관찰한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 혼합가스의 경우 에틸렌보다 열 영향부가 좁은것으로 나타났다.

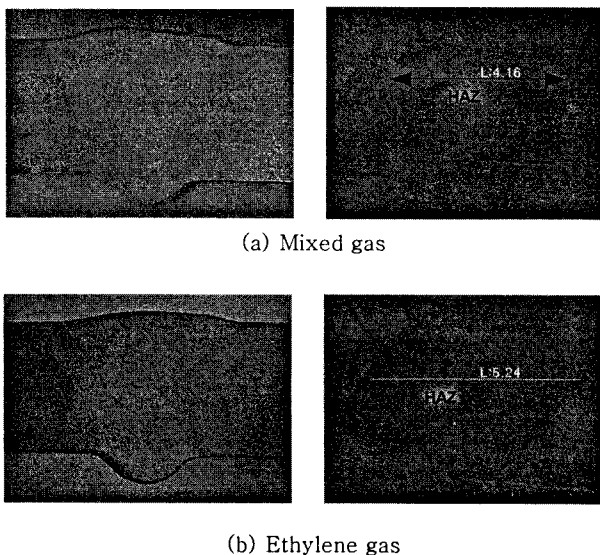


Fig. 3 Macro section of weld metal

4. 결 론

새로운 청정연료인 수소-산소 혼합가스를 이용하여 강재두께별 절단특성(자동/수동) 및 절단 후 용접특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 당사에서 절단 공정에 사용 되는 화석연료인 에틸렌 가스와 비교하여 자동(수직/개선) 및 수동절단을 수행한 결과, 혼합가스의 화염 특성상 화염의 직진성 및 화염 범위가 좁아 절단품질 규격(ISO 9013)을 기준으로 에틸렌 가스에 비해 절단품질이 좋은 것으로 나타났으며, 절단속도 측면에서 약50mm/min 속도가 빠른 것으로 나타나 절단 생산성이 높은 것으로 판단된다.

2) 강재 절단 프로세스 변화에 따른 용접성 즉 재료의 기계적 성질 변화를 정량적으로 평가한 결과, 혼합가스를 사용하였을 때 용접성이 가장 취약한 부분으로 알려진 열영향부(HAZ)의 범위가 에틸렌 가스에 비해 상대적으로 좁은것으로 나타났으며, 충격 인성값은 높은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. BS EN ISO 9013:2002, Thermal cutting- Classification of thermal cuts- Geometrical product specification and quality tolerances
2. AWS, Welding hand book 8th, volume 2, pp.450~474
3. Howard B.Cary and Scottc. Helzer, Modern welding Technology 6th, pp.214~225
4. 산업자원부: 2002년도 대체에너지 실용화 평가사업, 브라운가스 이용시스템실증연구 최종 보고서
5. 김인철, 김성일, AH36 고장력 강판의 절단조건 변화에 따른 절단특성에 관한 연구, 대한용접학회지, vol.21, No.2, 2003년
6. KS B 0428:1980, 가스 절단 가공 강판 보통 허용차