

CO₂용접에서 용접 토치의 위치변화와 전압이 용접부에 미치는 영향고찰

Inspection about Influences on the Weld Parts through the Change of the Position of Welding Torch and the Voltage During CO₂ Welding

김법헌¹, 김원일², 이칠순^{3*}
Bub-Hun Kim¹, Won-Il Kim², Chil-Soon Lee^{3*}

<Abstract>

CO₂ Welding which uses CO₂ instead of inert gas is most widely used in industrial sites. Welding rod for CO₂ Welding is roughly divided into solid wire and flux cored wire. CO₂ Welding has higher efficiency than any other welding methods, and also economic and speedy to handle, that's why is used frequently for welding general structures. As most of studies about CO₂ Welding are focused on metallurgical changes of successful joints, they developed theories about the change of configuration on weld parts. This study is especially focused on not only the change of configuration on weld parts, but also the change of the penetrating depth through changing the position of welding torch. For inspection, applied AWS A5.20 E70-1 among welding wires and fixed moving angles of torch, but controled the values of voltage and the position of welding. Also Automatic Feed Mechanism is used for exact movement of material, specimen is a piece of steel for general structures. By measuring and analyzing the configuration of sliced section and the values of welding leg length and welding throat after welding, the outcome about the changes turned out.

Keywords : Machine tools, Dynamic properties, Design changes, Stability improvement

1. 서 론

CO₂용접은 산업현장에서 가장 널리 사용되어지고 있는 용접으로 불활성가스 대신 이산화탄소가스를 이용하는 용극식 용접이다. 와이어 송급롤러로 송급되어지는 용접와이어에 전류가 전도되어 와이어와 모재와의 사이에 아크를 발생시켜 용접하는 방법으로¹⁾ 용접봉은 solid

wire와 flux cored wire^{2,3)}로 크게 나누어지며, 이 용접은 다른 용접에 비해 용접능률이 높으며, 경제적이고, 용접속도가 빨라 일반 구조물의 용접작업에 많이 이용되어지고 있다.

그러나 CO₂용접의 연구 대부분이 이음성능에 대한 야금학적 변화에 초점이 맞추어져 있는 상황으로 용접부의 조직변화에 대한 연구는 어느 정도 체계화되어 연구가 진행되어지고 있

¹정회원, 경남대학교 기계자동화과

²정회원, 경남대학교 기계자동화과 교수, 工博

^{3*}정회원, 교신저자, 한국폴리텍VII대학 산업설비자동화과 교수, E-mail:chilslee@kopo.ac.kr

¹School of Mechanical Engineering and Automation, Kyungnam University,

²School of Mechanical Engineering and Automation, Kyungnam University, Prof., Ph. D.

^{3*}Corresponding Author, Dept. of Automation of Industrial Installation, Korea Polytechnic VII College, Prof.

으나, 용접 후 용입부의 형상변화 및 용접토치의 위치변화에 따른 용입부의 깊이변화에 관한 연구는 아직 미미한 수준이다.⁴⁾

따라서 본 연구에서는 조선, 교량, 철골구조물의 중·후판에 많이 사용하고 있는 AWS A5.20 E70-1 용접와이어를 적용하고, 100% CO₂가스를 사용하며, 용접토치의 작업각, 진행각은 고정하여 두고 전압 및 용접위치에 변화를 주어 용접하여 용입부의 용입깊이, 각장, 각목 등의 변화를 측정하여 비교치를 분석하고자 한다.

2. 실험장치 및 용접조건

2.1 재료 및 시편제작

본 연구에서 실험을 위해 사용한 재료는 일반구조용 강재(SS-400) 12t × 300 × 200, 12t × 300 × 150 이며, Table 1에 나타내었다. 용접와이어는 고장력용 KX-200H ϕ 1.2, ϕ 1.4 (AWS A5.20 E70-1)를 사용하였다.

Table 1. Size of the material

Material	Size
SS-400	12t × 300 × 200 = 12EA
	12t × 300 × 150 = 12EA

2.2 실험장치

본 연구에서 정밀하고 안정된 용접작업을 위하여 SH-500X(500A)대용량 CO₂용접장비를 사용하였으며, 정확한 이송을 위하여 Chung soung CS-100 자동이송장치를 사용하여 용접을 진행하였으며, Fig. 1에 나타내었다.



(a) CO₂ Welding machine



(b) Automatic feed mechanism

Fig. 1. CO₂ Welding machine and automatic feed mechanism.

안정된 용접을 위하여 소재는 경사가 없는 수평상태로 지그를 고정한 후 필렛용접을 진행하였으며, 용접 후 필렛용접의 각장, 각목 및 용입깊이를 측정하기 위하여 단면부의 치수 측정이 가능한 Mitutoyo HM-124 시험장비를 사용하여 측정하였으며, Fig. 2에 나타내었다.



Fig. 2. Hardness testing machine.

3. 용접조건 및 실험방법

용접은 전류, 전압, 용접속도, 토치의 각도 및 진행방향, 와이어의 조준위치에 따라 용입부의 형상이 변화하므로 일정한 조건에서 용접을 진행하는 것이 중요하다. 또한 용접 중 혹은 용접이 완료된 후 잘못된 조건 값에 의한 결함 발생의 위험이 있다. 용입부의 중요 결함으로는 잔류응력, 기공이 있는데 잔류응력은 고온에서 용접을 진행하였을 경우 용접부 주위의 불균일한 온도분포에 의해 생성이 된다.⁶⁾ 본 실험에서 용접토치의 노즐 끝단과 소재와의 거리는 15mm로 고정하였으며, 필렛용접으로 300mm진

행한 후 용접부의 중심부 150mm지점을 파단한 후 용접부의 용입깊이 및 각장, 각목을 측정하였다. 소재 No. 11~No. 12번은 전압에 편차를 주어 용입부의 크기 변화를 분석하였으며, 본 실험에 이용된 No. 1~No. 12에 대한 용접속도 및 조건은 Table 2에 나타내었다. 소재 No. 1~No. 5는 $\phi 1.2$ 용접와이어를 사용하여 용접을 진행하였으며, No. 6~No. 10은 $\phi 1.4$ 용접와이어로 용접을 진행하였다. 용접 진행방법 및 노즐과 모재와의 용접조건은 Fig. 3에 나타내었다.

필렛용접을 진행하였을 때 잔류응력에 의한 소재의 변형은 Fig. 4에 나타내었다.⁵⁾

Table 2. Welding speed and condition

Number of material	Welding speed(cm/min)	Electric current(A)	Voltage (V)
No. 1	70	250	30
No. 2	70	250	30
No. 3	70	250	30
No. 4	70	250	30
No. 5	70	250	30
No. 6	40	300	33
No. 7	40	300	33
No. 8	40	300	33
No. 9	40	300	33
No. 10	40	300	33
No. 11	45	250	27
No. 12	45	250	33

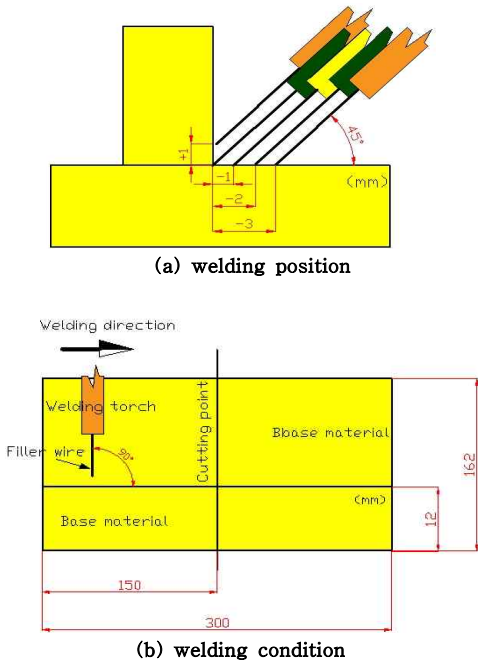


Fig. 3. Welding position and welding condition.

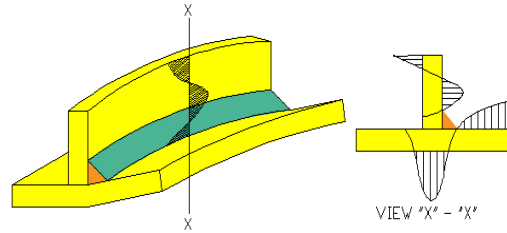


Fig. 4. Occurrence of residual stress during downward fillet weld.

용접부의 각장 및 각목의 측정은 Fig. 5(a)의 L1, L2, L3 위치를 측정하였으며, 용입깊이의 측정은 Fig. 5(b)의 A1, A2 위치를 측정하였다.

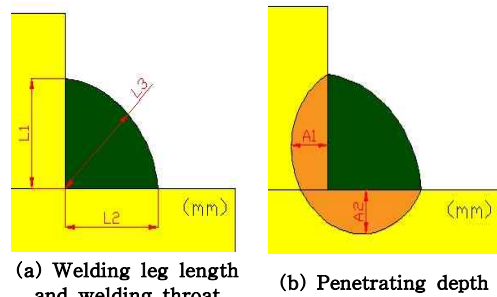


Fig. 5. Leg length, throat, and depth.

소재에 대한 용접와이어의 조준위치 및 작업각은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Position of wire aiming and angle of torch

Number of material	position of wire aiming (mm)	size of welding wire (ϕ)	angle of torch
No. 1	+1	1.2	45°
No. 2	0	1.2	45°
No. 3	-1	1.2	45°
No. 4	-2	1.2	45°
No. 5	-3	1.2	45°
No. 6	+1	1.4	40°
No. 7	0	1.4	40°
No. 8	-1	1.4	40°
No. 9	-2	1.4	40°
No. 10	-3	1.4	40°
No. 11	-1	1.2	45°
No. 12	-1	1.2	45°

4. 결과 및 고찰

Table 2, Table 3, Fig. 3의 조건으로 No. 1 ~No. 12까지 소재에 필렛용접을 진행한 결과 Table 4, Table 5와 같은 측정값을 얻을 수 있다. Table 4의 각장 및 각목에서 파악할 수 있는 것은 용접소재 No. 1번에서 No. 5번으로 용접 토치의 위치가 변화함에 따라 L1의 각장의 수치는 작아지는 것을 알 수 있으며, No. 6번에서 No. 10번 소재 또한 L1의 수치가 No. 1번~No. 5번 소재와 같이 작아지는 것을 알 수 있다. 반대로 L2의 수치는 No. 1번에서 No. 5번 소재로 용접 토치의 위치가 변화함에 따라 수치가 증가하는 것을 알 수 있으며, No. 6번에서 No. 10번 소재 또한 L2의 수치가 증가하는 것을 알 수 있다. 용접 지점을 어느 지점으로 잡는가에 따라 용접 이음의 모양 및 크기가 변화하는 것을 알 수 있다.

각목의 경우 Fig. 6의 단면형상에서와 같이 소재 No. 1번에서 No. 5번으로 용접위치가 변화함에 따라 용접형상의 처짐이 발생하며, 비이드의 형상이 낮아지는 것을 알 수 있다. No. 6번~No. 10번 소재 또한 동일한 현상이 나타났다. 용접 진행 중에 용융지는 액체 상태를 유지하게 되는데 응고를 하면서 비이드는 처지는 경향이 발생한다.

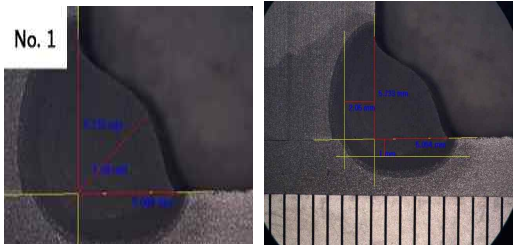
Table 4. The values of legs and throats

Number of material	L1	L2	L3
No. 1	5.733	5.094	5.59
No. 2	5.573	5.013	5.43
No. 3	4.8	5.333	4.93
No. 4	4.053	6.427	5.03
No. 5	3.68	6.933	4.98
No. 6	9.147	4.88	7.71
No. 7	7.627	7.282	7.35
No. 8	7.387	7.307	7.89
No. 9	7.173	7.653	7.96
No. 10	6.347	8.8	6.64
No. 11	6.293	6.587	6
No. 12	6.773	6.907	6.970

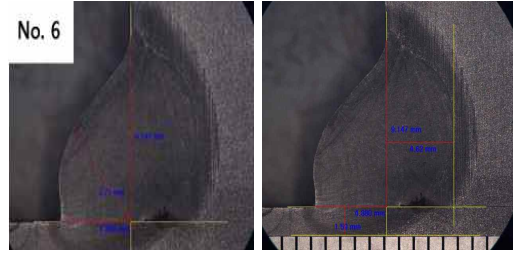
Table 5. Values of penetrating depth after welding

Number of material	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
A1	2.05	1.7	1.16	0.838	0.649
A2	1	1	1.73	2.03	2.24
Number of material	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
A1	4.62	3.27	2.70	2.22	1.24
A2	1.59	1.7	2.22	2.41	2.7
Number of material	No. 11	No. 12	/		
A1	1.03	1.84			
A2	1.81	2.08			

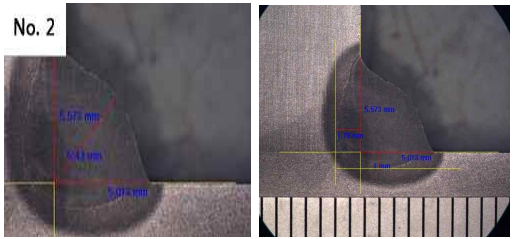
용접 후 용입깊이를 측정된 결과 Table 5와 같이 용접소재 No. 1번의 용입이 제일 깊게 나왔으며 No. 5소재의 용입이 제일 낮게 나타났다. 용접 토오치의 위치가 No. 1번 소재에서 No. 5번 소재로 변화함에 따라 A1의 용입깊이가 조금씩 작아지는 것을 알 수 있으며, No. 6번에서 No. 10번 소재 또한 용입깊이가 작아지는 것을 알 수 있다. 반대로 A2의 용입깊이는 No. 1번에서 No. 5번 소재로 용접 토오치의 위치가 변화함에 따라 용입깊이가 증가하는 것을 알 수 있으며, No. 6번에서 No. 10번 소재 또한 용입깊이가 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 용입깊이는 용접지점 +1, 0, -1, -2, -3의 지점 순서대로 용입깊이가 깊다는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 6의 단면형상에서 No. 2번 소재와 No. 7번 소재의 용착부 A1, A2가 가장 균일하게 용착되어 진 것을 알 수 있다. 따라서 필렛 용접 이음에서 용착형상은 와이어 조준위치가 0일 경우가 가장 좋다는 것을 알 수 있다. CO₂용접에서 전압이 너무 높으면 비이드는 넓어지고 납작해지며, 기포발생의 원인이 되기도 한다. 반대로 전압이 낮을 경우는 볼록한 비이드가 형성된다. 용접 토치에서 와이어의 돌출 길이가 길어질 경우 용접 와이어에 열이 발생하여 용착속도와 용착효율은 커지나 보호효과는 낮아지며, 용접 와이어의 거리가 짧아지면



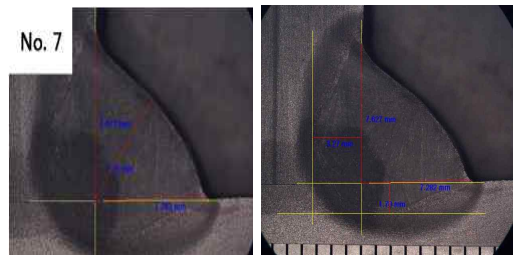
(A) No. 1



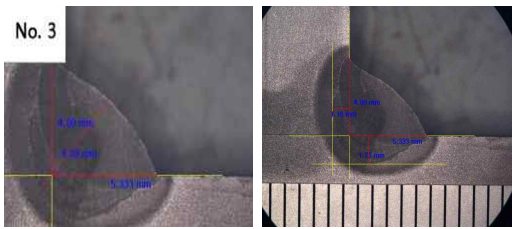
(f) No. 6



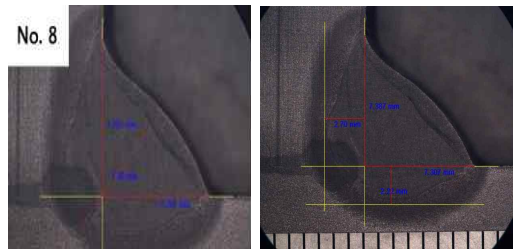
(b) No. 2



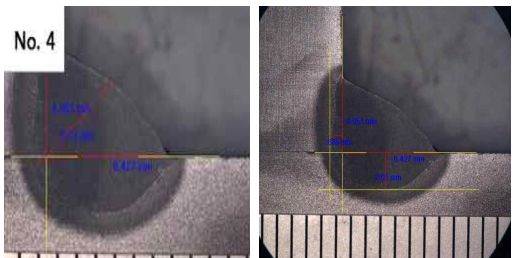
(g) No. 7



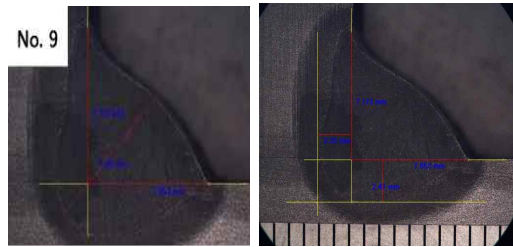
(c) No. 3



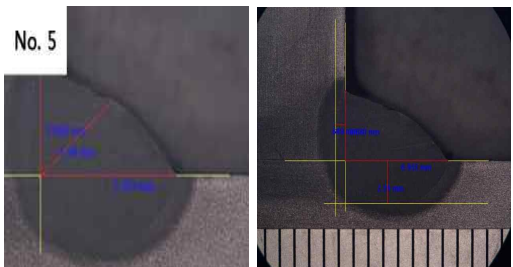
(h) No. 8



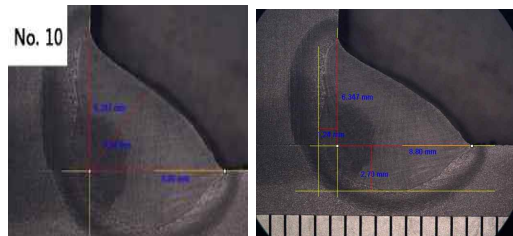
(d) No. 4



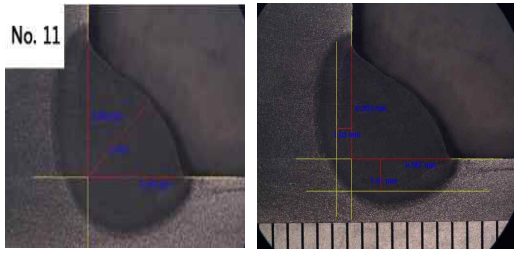
(i) No. 9



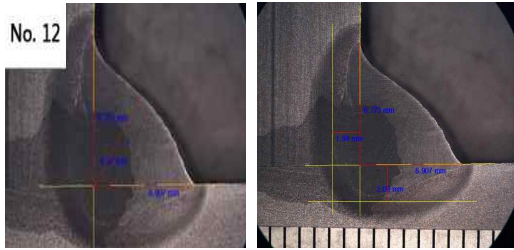
(e) No. 5



(j) No. 10



(k) No. 11

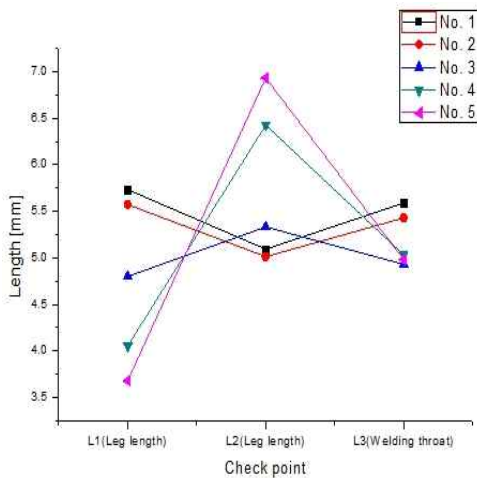


(l) No. 12

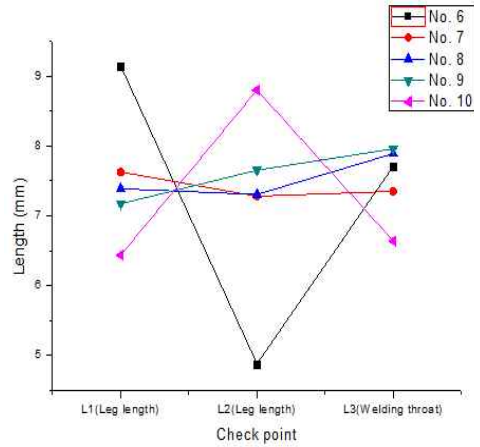
Fig. 6. Values of leg length, welding throat and penetrating depth.

보호가스의 효과는 높으나 용접 토치의 노즐에 이물질이 부착되기 쉽고 용접 외관 및 작업성도 나빠짐으로 용접와이어를 15mm로 유지하여 일정하게 용접을 진행하였다.

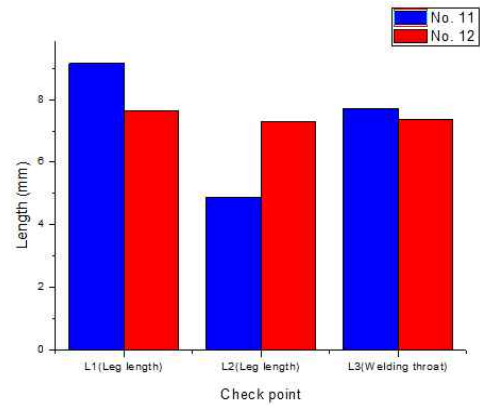
일정한 거리에서 전압에 변화를 주어 용접을 진행한 후 형상변화에 대한 측정을 한 결과 Table 5, Fig. 7, Fig. 8의 No. 11번 소재보다 No. 12번 소재의 경우가 각장, 각목, 용입깊이의 전체 값이 크게 나왔다.



(a) Values of legs and throats of no. 1~no. 5 material

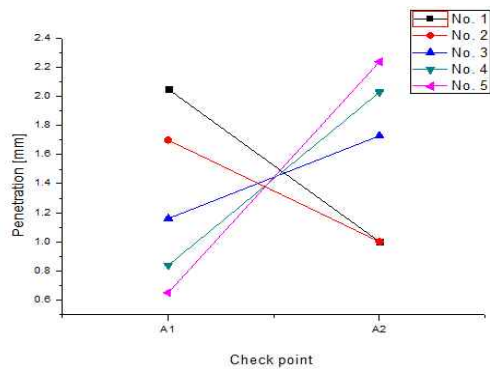


(b) Values of legs and throats of no. 6~no. 10 material

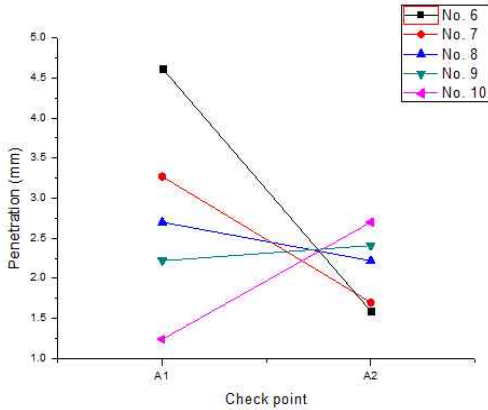


(c) Values of legs and throats of no. 11~no. 12 material
Fig. 7. Graph of welding leg length and welding throat.

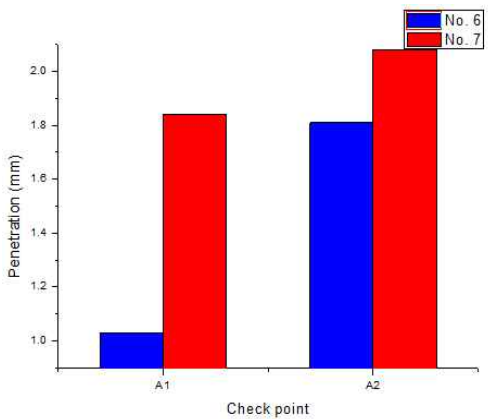
따라서 일정한 전류 및 용접속도일 경우 전압이 높아짐에 따라 각장, 각목, 용입깊이는 커지며, 용접봉의 소비량 또한 증가하는 것을 알 수 있었다.



(a) no. 1~no. 5 penetration



(b) no. 6~no. 10 penetration



(c) no. 11~no. 12 penetration

Fig. 7. Graph of penetrating depth.

5. 결론

본 연구에서 아래보기 수평필렛 시편에 CO₂ 용접을 진행하여 용입부의 단면부 형상 및 각장, 각목, 용접형상을 측정하고 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 소재 No. 1번에서 No. 5번으로 용접 토치의 위치가 변화함에 따라 L1의 각장의 수치는 적어졌으며, L2의 수치는 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 소재 No. 6번~No. 10번 소재의 수치변화도 L1에서 L2의 방향으로 이동할수록 각장의 수치가 증가하는 것을 알 수 있었다.
- 2) 각목의 단면형상을 보면 소재 No. 1번에서

No. 5번, No. 6번에서 No. 10번으로 용접 위치가 변화함에 따라 용접형상에 처짐 현상이 나타나며, 비이드의 형상이 낮아지는 것을 알 수 있었다. 그래프에서도 L1에서 L2쪽으로 수치가 커지는 것을 알 수 있다.

- 3) No. 11번, No. 12번 소재에서 일정한 고정전류에서는 전압이 증가할수록 각장, 각목 및 용입깊이의 값이 크게 나왔다. 따라서 전압이 높아짐에 따라 용접봉의 소비량 또한 증가하는 것을 알 수 있다.
- 4) 용접진행 후 용입깊이를 측정된 결과 용접 소재 No. 1번과 No. 6번의 용입이 제일 깊게 나왔으며, No. 5과 No. 10번 소재의 용입이 제일 낮게 나타났다. 따라서 용입깊이는 용접지점 +1, 0, -1, -2, -3의 지점 순서대로 용입깊이가 깊다는 것을 알 수 있었다.
- 5) 단면형상에서 No. 2번 소재와 No. 7번 소재의 용입부 A1, A2가 가장 균일하게 용착되어진 것을 알 수 있었다. 조준위치가 0의 지점일 경우 용입모양이 가장 일정함을 알 수 있다.

참고 문헌

- 1) GMA溶接におけるワイヤ突出し部の非定常熱伝導解析—超狭開先GMA溶接プロセスの開発(第2報), 溶接學會論文集, 20, 1, 53, (2002)
- 2) 국산 Flux-Cored Wire를 이용한 반자동용접 이음새에서의 피로파괴 특성, 대한용접접합학회지, 7, 1, 42 (1989)
- 3) 플럭스코어드 용접으로 맞대기 및 필렛 용접된 판의 용접변형, 대한용접접합학회지, 7, 4, 22, (1989)
- 4) GMAW 공정 중 용접 변수들이 용접 폭에 미치는 영향에 관한 연구, 대한용접접합학회지, 14, 4, 33, (1996)
- 5) 용접잔류 응력과 용접변형의 발생機構와 그 대책, 대한용접접합학회지, 7, 1, 17, (1989)

(접수:2011.02.25, 수정:2011.04.27, 게재 확정:2011.05.24)