

GMAW 더블 와이어 릴, 원격제어토치 용접기술을 이용한 V형 맞대기 용접 부의 실험적 성능 평가

김정혁^{1*}, 오석형², 이해길¹

¹군장대학교 조선해양계열학과, ²군산대학교 기계자동차공학부

Experimental Performance Evaluation on V-shaped Butt Welding Using GMA Welding Double Wire Reel and Remote Control Torch Welding Technique

Jeong-Hyeok-Kim^{1*}, Seck-Hyeog-Oh², Hae-Gil-Lee¹

¹Department of Shipbuilding & Marine, and Ocean Kunjang University

²Department of Mechanical and Automotive Engineering Kunsan University

요약 본 연구는 현장의 GMAW 용접기에 더블 와이어 릴을 겸비한 원격제어토치의 시스템에 관한 것이다. 산업현장 용접에서는 용접기 본체로부터 와이어 송급장치까지의 거리가 약 30m 떨어져 있고 송급장치로부터 토치까지의 거리는 약 3~5m 정도이다. 이에 따라 차량 및 탱크 내부의 용접에서 제어 패널을 볼 수 없는 곳이나 작업장이 먼 곳 등에서 용접사가 용접을 하면서 용접조건에 맞는 전류와 전압을 조절할 수가 없고 또한 용접와이어가 완전히 소모되면 용접을 중단하고 와이어 릴을 갈아 끼워야하는 번거로운 문제점이 있다. 이 때문에 전류와 전압 조절 및 와이어를 교체하기 위해 용접을 중단하고 잦은 이동으로 용접구조물의 순간적인 냉각에 의해 용접결합이 발생된다. 본 연구에서는 이러한 제반 문제를 감소하기 위해 기존의 GMAW 용접기의 제반기능을 토대로 간소화 및 합리화하여 더블 와이어 릴을 겸비한 원격제어 토치를 자체 제작하였다. 실험은 SM50A 용접구조용 압연강재 6mm를 사용하여 와이어 더블 릴을 겸비한 원격제어 토치와 기존 CO₂ /MAG 용접토치를 V형 맞대기 수직자세로 용접을 실행하였다. 용접 완료 후 용접부의 표면비드 상태의 형상을 육안검사 관찰하고 또한 이를 방사선투과검사를 통해 용접부의 내부 용접품질에 대하여 용접현상을 분석하였다. 이 연구를 통해 용접결합 감소, 원가 절감 및 기존 상용용접기에 교체사용에 대한 성능 및 호환성여부에 미치는 영향에 대해 평가하였다.

Abstract This study discusses a remote control torch system equipped with a GMAW double wire reel. The welding machine is 30m away from the wire feeder at the industrial site and the feeder is three to five meters away from the torch. Accordingly, the welders cannot control the current and voltage that meets the welding condition during work when they are working at a place that prevents them from seeing the control panel, such as inside a vehicle or tank or at a far work site. They also have no choice but to stop working to change the wire reel when it is burned out completely. Such work suspension resulting from frequent moves to adjust the current and voltage as well as to replace the wire and subsequent cooling causes welding defects. This study produced a remote control torch equipped with a double wire reel by simplifying and streamlining the existing GMAW functions to reduce the troubling issue. The remote control torch equipped with a double wire reel and the existing CO₂ /MAG welding torch were applied as a V-groove butt in the vertical position using 6mm rolled steel for a SM50A welding structure. After welding, the condition of welded surface beads underwent a visual inspection and radiographic inspection to analyze the welding quality inside the welded part. This study also evaluated the reduction of welding defects, cost saving, the replacing performance against the existing commercial welders, and the effects on possible compatibility.

Key Words : Gas metal arc welding, Wire feeding, Double wire reel, Remote control torch, Radiographic test

*Corresponding Author : Jeong-Hyeok Kim(Kunjang Univ.)

Tel: +82-10-4114-4310 email: jhkim@kunjang.ac.kr

Received September 5, 2014

Revised November 11, 2014

Accepted February 12, 2015

1. 서론

금속의 접합 방법 중 한 분야인 용접은 현대 산업 발전에 큰 역할을 담당하고 있다. 용접에 의한 접합은 단조나 리벳이음 등과 같은 다른 접합 방법에 비하여 높은 이음효율, 재료의 절감, 뛰어난 유밀성 및 기밀성 등과 같은 많은 장점들이 있어서 용접에 대한 적용이 확대되어 왔으며, 현재 발전소와 같은 거대한 설비를 비롯하여 자동차, 조선, 항공분야 등의 기계 공업 분야에 널리 이용되고 있다.[1]

이에 따라 재료의 종류와 두께에 따라 다양한 용접방법이 사용되어 지고 있으며, 그 용접 방법에 따라 수동식, 반자동식, 전자동식으로 구분하는데, 수동식은 거의 사용되지 않고 반자동식과 전자동식이 널리 사용되고 있다.[2]

그 중에서도 탄산가스 아크 반자동용접으로서 종래의 탄산가스 아크 용접법은 용접사가 직접 용접을 하면서 용접조건에 맞는 전류와 전압을 조절할 수가 없었고, 따라서 전류와 전압을 조절하려면 용접을 중단하고, 와이어피더(Wider feeder)가 있는 곳으로 가서 전류와 전압을 조절한 후 다시 용접장소로 돌아와서 용접을 하거나, 다른 사람에게 어느 정도 전류와 전압을 조정하여 달라고 부탁을 하여 조절하는 불편한 문제점이 있었다.

또한 탄산가스 아크 용접 시작 시에는 모재가 냉각되어 있어서 전류가 약할 때, 발생하는 현상으로 즉 오버랩(Overlap), 용입부족(Lack of penetration) 등의 결함이 발생하며, 이로 인해 용접시공부위가 취약해지고, 또 다른 하나는 용접이 진행됨에 따라 모재가 가열되면 상대적으로 과도한 전류가 되어 언더컷(Undercut), 용락(Burn through), 스패터(Spatter)가 생기고 크레이터(Crater)를 처리해야 하는 등의 여러 가지 결함이 발생하기 쉬워 이들 결함으로부터 균열(Crack)이 발생하고 전파하여 대형 사고를 유발하게 된다.[3,4]

상기의 내용을 해결하기 위하여 본 연구를 진행하였으며, GMAW 용접기의 더블 와이어 릴과 원격제어토치를 자체 제작하여 실험하였다. 본 연구 결과는 실제적으로 현장에서 용접구조물 용접에 있어 열에 의한 용접 결함으로 인한 용접시공의 피해를 주지 않고, 원격제어토치방법에 의해 토치에서 직접 조절하여 차량내부 및 탱크내부 등 제어 패널을 볼 수 없는 곳에서 용접조건을 조절하는데 큰 도움이 되는데 기대한다. 대부분 구조물 등

은 탄산가스 아크 용접방법에 만들어지지만, 실제 용접 하던 중 여러 가지 이유로 인해 사용 중 지속적으로 파손되어 아주 큰 인적, 경제적 손실을 가져오고 있다.[5]

그러나 제조 산업 현장의 핵심기술인 용접기술은 열악한 작업환경과 유해하고 육체적인 부담이 크기 때문에 근로자들이 꺼려하는 대표적인 3D작업 중에 하나이다. 최근 숙련된 용접인력의 감소, 용접사의 고령화 및 인건비 증가 등의 이유로 용접자동화가 국가 경쟁력 주요 현안으로 대두되고 있는 실정이다.[6] 그렇지만, 자동화 용접은 여러 가지 현장의 작업조건 및 설치비용에 대한 한계가 있기 때문에 실제 산업현장 7~80% 정도 사용하고 있는 반자동 용접토치장치를 이용하기에 용접기마다 호환성을 가지고 있기 때문에 용접토치케이블만 교환해줌으로써 충분히 자동화용접 못지않게 시설 설치비용의 단점을 보완 할 수 있어 현장에서 효율적으로 사용할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 더블 와이어 릴, 원격제어 토치를 이용하여 용접구조물 압연강재 용접부를 대상으로 일반적인 현재의 사용토치 용접법의 변화에 의해 발생하는 표면결함인 비드폭(Bead width), 비드높이(Bead height), 용입부족(Lack of Penetration) 등을 방지하기 위해 모재의 표면 및 내부 용접품질 상태에 따라 여러 가지 용접결합과 비교한 내용에 대해 검토한 결과의 평가를 얻고자 한다. GMAW 용접기에 관련된 용접부 연구[7,8]는 오래 전부터 연구자들에 의해 행하여지고 있지만 더블 와이어 릴, 원격제어 토치장치의 실험과 관련된 연구는 찾아보기 힘들어, 직접 용접작업하면서 용접전류와 전압을 조절하면서 용접을 수행할 수 있는 더블 와이어 릴, 원격제어 토치 용접기술을 이용한 용접 부의 성능 평가에 대해 고찰하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 더블 와이어 릴, 원격제어 토치를 기존 CO₂ /MAG 용접기를 이용해 V형 맞대기 수직 자세로 용접실험을 실시하고 용접 부의 표면비드상태의 형상을 육안검사 관찰하고 또한 이를 침투검사 및 방사선투과검사를 통해 용접부의 품질평가에 대하여 중점적으로 수행하여 용접결함 문제 방지 및 기존 상용용접기 교체사용 성능 및 호환성여부에 미치는 영향에 대한 해결에 도움이 되고자 연구하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 재료 및 용가재

본 실험에서 사용한 용접기 및 토치는 일반적으로 현장에서 사용하는 인버터 CO₂ /MAG 350~600급 용접기 3대를 사용하였으며, 용접시험편은 150×100×6.0mm의 SM50A 기계구조용 압연강재로 보호 가스는 100% CO₂ /MAG를 사용하였으며 가스유량은 18~20(l/min)으로 설정하였다. 또한 실험에 사용한 와이어 용가재의 종류는 솔리드와이어(Solid wire) K사 AWS규격 1.2 mm ER70S-6을 사용하였고, Fig. 1은 더블 와이어 릴과 원격 제어토치 실험 장치이며 또한 SM50A의 기계적, 물리적 조성은 Table 1 및 Table 2에 구분하여 나타내었다.

[Table 1] Chemical composition of SM50A

C	Si	Mn	P	S
~0.20	~0.55	~0.66	~0.035	

[Table 2] Mechanical properties of SM50A

Yield strength(MPa)	Tensils strength(MPa)	Elongation(%)
325~	490~610	17~

[Table 3] Welding conditions

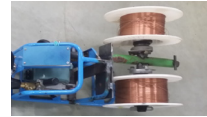
Nine minutes	350A (A Company)			500A (B Company)			600A (C Company)		
	1 pass	2 pass	3 pass	1 pass	2 pass	3 pass	1 pass	2 pass	3 pass
Current(A)	140	150	140	150	160	150	160	170	160
Voltage(V)	20	21	20	21	22	21	22	23	22
Welding speed(cm/min)	25			25			25		
Projected length(mm)	10~12								
Groove angle(°)	60								
Root gap(mm)	3.0			2.5			2.0		
Root surface(mm)	1.5			1.8			1.4		



(a) Welding Remote control torch



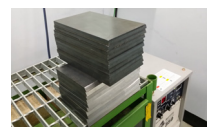
(b) Remote control torch



(c) Double wire reel



(d) Welding Jig



(e) Welding Specimen

[Fig. 1] CO₂ welder current, voltage, adjustable torch experimental device

2.2 실험 방법

2.2.1 용접 조건 선정

실제 산업현장에서는 상용토치 용접에 대한 기본적인 지식의 습득과 GMAW 용접 기능기술의 숙달이 필수적이라는 것을 체험할 수 있으나, 본 실험 연구에서는 우선 자체적으로 제작한 더블 와이어 릴과 원격제어토치 실험 장치를 이용하여 실내의 한정된 조건에서 기본적인 CO₂ /MAG V형 맞대기 수직(Vertical)자세 용접을 하였다.

실험재료에서 기술한 바와 같이 CO₂ /MAG 용접기로 용접 모재에 대해 최적의 조건을 찾기 위해 용접전류, 용접전압, 루트간격, 루트면 등을 변수에 대하여 바꾸어 가며 예비실험을 여러 차례 실시하였다. 각각의 전류 전압의 변화에 따라 약간의 오차가 있는 것은 감지되었으나 서로 비교 분석을 하기 위하여 동일한 용접조건을 선택하였다.

즉, 용접와이어 지름이 1.2 mm인 CO₂ /MAG 용접기로 시험편 두께 6 mm의 용접구조용 압연강판(SM50A)을 사용하여, 실험실 내에서 여러 차례의 더블 와이어 릴과 원격제어 토치 용접에 대한 예비실험 결과를 비교분석하여 Table 3과 같은 용접조건을 선택하였다.

2.2.2 용접 시편 제작

본 실험실에서 시험편 제작은 용접 시공의 정밀도를

높이기 위해 Fig. 2와 같이 전용 면취기를 사용하였으며, 또한 모재의 용접부에 이물질이 포함되지 않도록 용접 개선면 가공 후 핸드그라인더 브리시를 사용하여 표면의 불순물을 청결하게 청소한 후 용접 실험을 진행하였다.

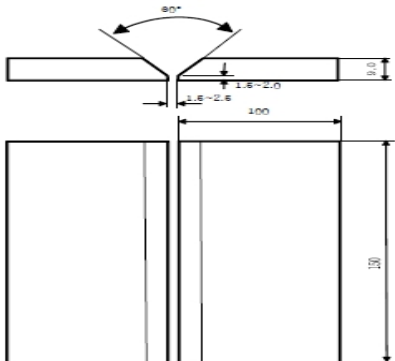


[Fig. 2] Specimen deburring machine

2.2.3 실험 설계

본 실험실에서는 Fig. 2와 같이 시험편을 구속하지 않은 상태에서 Table 3 같은 조건 변수를 주어 제작한 실험용 더블 와이어 릴과 원격제어토치를 CO₂ /MAG 용접에 적합하도록 특별히 고안 제작한 용접토치를 손으로 잡고, 자체 제작한 용접지그(Jig)를 사용하여 용접전류, 용접전압, 용접속도, 용접각도, 용접기상태 등을 동일한 용접조건으로 V형 맞대기 수직자세 용접 후 육안검사, 방사선투과검사 순으로 용접결함 상태를 파악하여 비교 검토 실험하였다.

시험편 두께에 관계없이 용접기 조건을 기계적으로 일정하게 고정해 두고 Table 3과 같은 동일한 용접조건으로 V형 맞대기 수직자세 용접을 실시하였다.



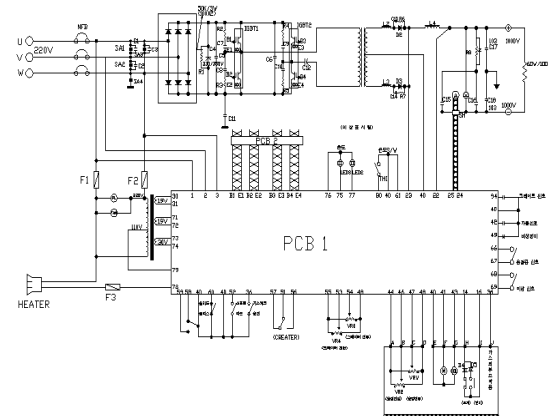
[Fig. 3] V-type butt weld test specimen schematic diagram for welding experiments

2.2.4 CO₂ /MAG 용접토치 회로도 구성

회로를 구성하기 앞서 실험장치의 규격을 설정하였다.

Table 3에 용접조건을 설정하고 용접기는 현장에서 가장 많이 사용하는 CO₂ /MAG 350~600[A]로 하였다.

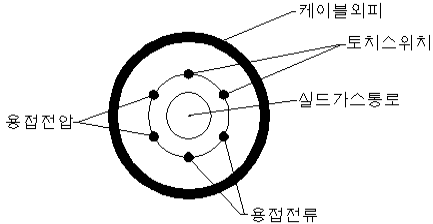
CO₂ /MAG 용접토치 회로 구성은 Fig. 3과 같이 U, V, W에 3상 입력380[V]의 전기가 들어오고 U, W에 단상이 별도의 TRANS로 들어가서 제어전원과 환풍기, 마그네트를 구동 시킨다. 또한 T2의 단상에 들어가서 PCB로 들어가는 전원을 만들며 U, V, W에 있는 코일은 MAIN TRANS 1차 입력이고 그 옆쪽에 그림은 TRANS 2차 입력을 표시한다. 2차 측에 SCR 이라고 나타나 있는 부분에서 정류할 때 한쪽은(+), 다른 한쪽은(-)로 전기가 흘러간다. 중앙 아래쪽에 있는 PCB 1은 와이어 송급장치라는 별도의 장치로써 송급모터, 가스밸브, 용접전압, 용접전류의 볼륨 등을 조절할 수 있는 회로를 구성한다. 여기에서 기존의 CO₂ /MAG 용접의 회로의 경우 커넥터 입력 PCB1에는 9P의 컨트롤 케이블 회로도 구성되어 있다.



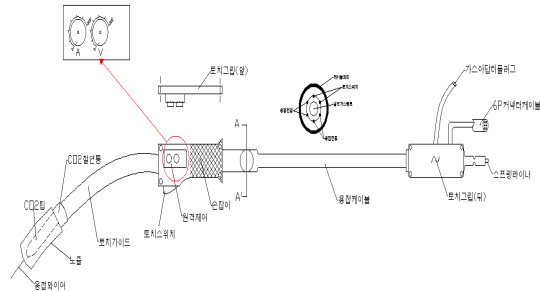
[Fig. 4] Circuit diagram of CO₂ /MAG welder

본 연구의 더블 와이어 릴과 원격제어토치 실험 장치에서는 와이어피더(Wire feeder)에서 용접토치로 연결되는 출력모드 9P 커넥터를 출력모드 6P 커넥터로 간소화시켜 용접할 때마다 콘트롤 박스에서 용접전류와 용접전압, 인칭스위치를 조정하던 용접방법을 쉽도록 전기 회로도 시스템을 재구성 하였다. 이렇게 재구성한 시스템은 인칭스위치를 와이어피더 구조물 전방에 별도로 장착하였고 용접전류 및 용접전압 배선은 토치스위치와 함께 용접케이블을 따라 용접토치 손잡이 측면 클립에 나란히 배치하였으며, 이때 용접 케이블 내에서 용접 전기 이동 통로를 Fig. 5에 나타내었다. 용접조건에 따라 용접을 진

행하면서 중단하지 않고 전류 및 전압을 조정하는 기능을 수행 제어할 수 있다. Fig. 6는 본 연구의 원격제어토치 시스템의 구성도를 나타내었다.



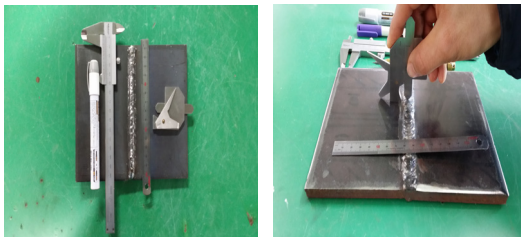
[Fig. 5] Section of remote control torch welding cable



[Fig. 6] Composition of remote control torch system

2.3 용접부의 육안검사

용접부의 육안(외관)검사는 현장에서 흔히 사용하는 검사로 V형 맞대기 수직자세로 용접한 2개의 시험편을 용접한 후 용접 부의 표면비드와 이면비드의 형상을 실험 관찰한다. Fig. 7은 육안검사 장비 및 실험 사진을 나타내었다.



[Fig. 7] Visual inspection of the equipment and experimental

2.4 용접부의 침투탐상검사

침투탐상 시험체는 V형 맞대기 수직자세로 용접한 2개의 판을 용접한 후 표면을 정밀하게 가공하였다. 또한 2개의 시험편은 용접 표면 부분을 사포로 다듬질 가공하여 실험 수행한다. Fig. 8은 침투탐상검사 시험장비를 나타내었다.



[Fig. 8] Penetration weld inspection testing equipment

2.5 용접부의 방사선투과검사 조건 및 촬영

본 연구에서는 방사선투과검사(KS B0845)체는 V형 맞대기 수직자세로 용접한 2개의 시험편을 용접한 후 용접부의 내부결함 유, 무를 확인하기 위한 방사선투과검사 절차에 따라 X선 발생장치를 사용하여 시험하였고, 측정 부위는 초기 가접 부위를 포함한 용접 전 구간을 촬영 수행하였으며. 실험조건별로 3개씩 측정하였다. Fig. 9에 나타내고 있는 방사선 장비를 이용하여 측정 조건은 S.F.D(선원-필름간 거리) 350mm, 방사선선원종류 Ir, -192, 선원강도 14Ci, 선원크기 3.0*1.5 mm, 투과도계 KS(wire)04F, 농도범위 2.0~4.0, 노출시간 2분15초, 산란방지 스크린(납) 0.127mm를 사용하여 측정하였다.



[Fig. 9] Photo of the shooting scene and radiographic inspection test equipment

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 용접 부의 외관 용접비드 관찰

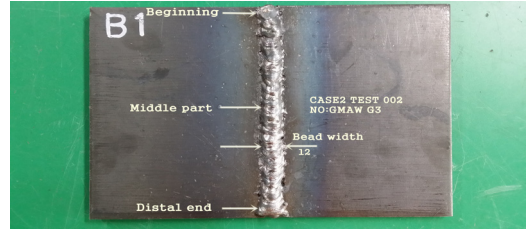
본 연구에서는 V형 맞대기 용접시험편에 용접 부의 외관결함인 표면비드 폭과 높이, 또한 이면비드 상태를 평가하기 위해 Table 3의 실험조건을 적용하고 시험편에 고유번호를 붙였으며 토치의 전류 및 전압 보류를 용접 시공 조건에 맞춰 진행하면서 직접 조절하여 용접실험을 수행하였다.

Fig. 10은 용접기 제조사별 용접 부의 폭과 비드높이 형상을 관찰하기 위해 V형 맞대기 용접을 실시한 사진이다. 또한 토치의 전류 전압의 조절의 변화를 실시하여 시험편의 용접 부의 표면비드 폭과 높이 상태에 대해 확인하였다.

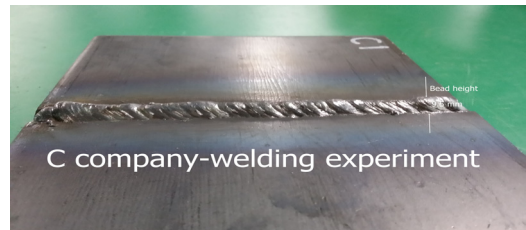
본 실험은 용접을 직접 하면서 용접의 전류값을 140A에서 170A 사이에 10A씩 변화 증가시키고 전압도 함께 변화 시키면서 실험을 수행 하였다. 기존의 상용 용접기 토치로 용접할 때와 비교해서 Fig. 10 (A)제조사 용접 비드 형상의 실험에서는 용접 중 전류 전압 조절 실험에서 표면비드 폭과 높이가 기존 용접토치 용접보다 현저하게 불균형한 상태가 적음을 확인하였다. 그러나 Fig. 10 (B) 제조사 용접 비드 형상의 실험에서는 용접기 용량이 500A 이다 보니 용접비드 폭과 높이가 대체적으로 미세하게 증가하는 것을 확인하였다. 시작부분을 제외하고는 용접 중에 용접조건을 조절할 수 있어 용접비드 폭과 비드높이가 별 변동 없음을 알 수 있었다. 또한 Fig. 10 (C) 제조사 용접 비드 형상의 실험에서는 용접기 용량이 600A로 더 높다보니 끝단부분에 약간의 결함이 나타났다. 전류 전압 조절 실험에서 표면 용접비드 폭과 비드높이가 기존 상용토치 용접기보다 현저하게 양호한 표면비드 상태를 나타냄을 발견하게 되었다. Fig. 11은 용접 폭과 높이의 비드형상을 실험한 결과의 사진이며 거의 외관 결함에 미치는 영향은 미비한 것으로 사료된다.



(a) A company weld bead shape

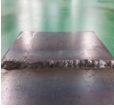

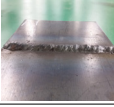
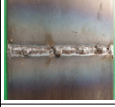
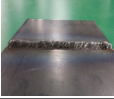



(b) B company weld bead shape



(c) C company weld bead shape

[Fig. 10] The width of welders and welding bead height by company experiments

Welders capacity	Current(A)	Voltage (V)	Bead surface	Bead back
350A A Company	140~150	20~21		
500A B Company	150~160	21~22		
600A C Company	160~170	22~23		


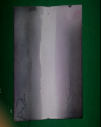




[Fig. 11] Welder welding parts by manufacturer, the surface of the bead and bead shape

3.2 V형 맞대기 용접부의 침투탐상검사 관찰

침투탐상검사를 실시한 결과에 따른 Fig. 12와 같이 용접기 용량에 따라 더블 와이어 릴, 원격제어토치로 V형 맞대기 표면비드와 이면비드를 수차례의 예비 실험을 통해 만든 용접 부의 상태는 기존 와이어 피더 부착 전류 전압 컨트롤 용접방법보다 용접 부의 침투검사 실험 결과 Fig. 12에서 (A)제조사는 표면비드 중간부분에 아주 미세한 균열 2.5mm 전도가 관찰되었는데 원인은 용융부족이 부적절하여 나타났지만 지시모양이 미비한 상태이므로 품질에 영향을 주지는 않는 것으로 추정되어진다. 또한 Fig. 12 (B)제조사에서는 표면비드 시작부분에 미세한 결함이 있었지만 언더컷으로 추정되고 이에 반해 이면비드는 무결점인 우수한 상태를 보였다. Fig. 12 (C) 제조사에서는 시작부분에서 아주 미세한 결점을 보였지만 사실은 시험편의 냉각에 의한 원인이라 추정할 수 있다. 지시모양이 미비한 상태이므로 품질에 영향을 주지는 않았다. 용접기용량에 따른 제조사 3사의 용접기로 용접을 실시 해본 결과는 모든 시험편에서 V형 맞대기 용접부의 용접균열이 거의 미비한 상태로 나타났다. 개발 토치가 기존 용접방식보다 용접결함이 없는 건전한 용접 부가 얻어졌다.

본 실험의 범위 내에서는 시판되고 있는 기존상용토치 용접방법의 제조사 용접기들과 용접상태를 비교했을 때, Fig. 12와 같이 더블 와이어 릴, 원격제어토치를 자체 제작한 용접 V형 맞대기 수직자세 침투검사 용접실험 결과에서 보듯이 용접부의 결함이 거의 발견되지 않음에 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 각종 재질이나 두께에 따른 용접 이음에 대한 금속학적인 해석과 용접

부의 물리적인 물성치의 성질에 대해서는 앞으로 더욱 연구해야 될 과제라고 하겠다.

Welders capacity	Current (A)	Voltage (V)	Bead surface	Bead back
350A A Company	140~150	20~21		
500A B Company	150~160	21~22		
600A C Company	160~170	22~23		

[Fig. 12] Weld penetration tests negative test results

3.3 V형 맞대기 용접부의 방사선투과검사 관찰

3.1에서 육안검사 실시 후 완료된 시험편을 Fig. 13에 기존 상용토치 용접(a)와 더블 와이어 릴, 원격제어토치 용접(b)의 방사선투과검사의 결과에 대한 비교를 사진으로 나타내었다.

Fig. 13(a)는 시편 A1, B1, C1에 대한 방사선 필름 사진으로 기존상용토치 용접실험인 A1의 경우 표면비드 시작부와 끝단부분에 언더컷(UnderCut)과 기공(Porosity)이 관찰되어 용접결함으로 추정되었고, B1의 경우는 용접비드 전 구간 사이에 언더컷(UnderCut), 기공(Porosity), 용입 불량(Incomplete Penetration)이 다수 발견되어 품질 불량으로 판정되었고 C1의 용접상태에서는 초기구간에 1층은 용입 불량(Incomplete Penetration)이 발생되고 표면비드에서는 언더컷(UnderCut)도 함께 검출되었다. 이는 용접을 하다가 중단하고 용접 전류와 전압을 맞추다보니, 모재의 냉각에 의해 용접 특성에 영향을 준 것으로 용접결함의 원인으로 보여진다.

Fig. 13(b)는 시편 A2, B2, C2에 대한 방사선 필름 사진으로 더블 와이어 릴, 원격제어토치 용접실험 A2의 경우는 끝단부에서만 아주 미세한 언더컷(Undercut)이 발견되었지만 결함 판정의 기준에 적합하므로 문제는 되지 않음으로 품질에 영향을 주지는 않는 것으로 추정되어진다. B2에서는 시작부분과 중간부분에서는 아주 미세한 언더컷이 관찰되었으나 사실은 위빙 속도에 의한 원인이

라 추정할 수 있다. 그러나 결합상태가 아주 미비한 상태이므로 품질에 영향을 주지는 않았다. B31의 사진을 보면 결합이 전혀 없는 무결점(No Defect)으로 판단되었다.

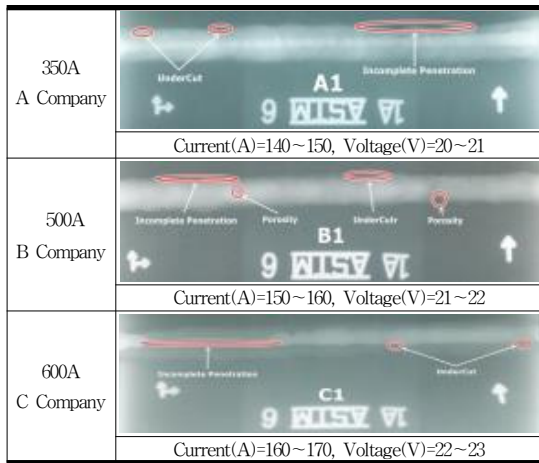
본 실험에서는 기존 상용토치 용접과 더블 와이어 릴, 원격제어토치 용접실험을 방사선검사를 통해 서로 비교해본 결과는 더블 와이어 릴, 원격제어토치 용접실험에서는 용접을 중단하지 않고 연속적으로 진행할 수 있었기 때문에 용접부의 용접결함이 거의 미비한 영향으로 나타났다. 이는 더블 와이어 릴, 원격제어토치가 기존 상용토치 용접방식보다 용접결함이 없는 건전한 용접상태임을 보였다.

실험의 범위 내에서는 현장에서 사용되고 있는 상용의 용접기들을 비교했을 때, Table 3의 용접조건으로 Fig. 13과 같이 더블 와이어 릴, 원격제어토치를 이용한 용접기가 V형 맞대기 수직자세 방사선검사 실험한 결과에서 보는 바와 같이 시험편 3장의 용접 부의 결합이 전체적으로 미비하게 관찰되어 감소의 효과가 있었다. 그러나 각종 재질이나 두께에 따른 용접 이음에 대한 급속학적인 해석과 용접부의 물리적인 물성치의 성질에 대해서는 앞으로 더욱 연구해야 될 과제라고 하겠다.

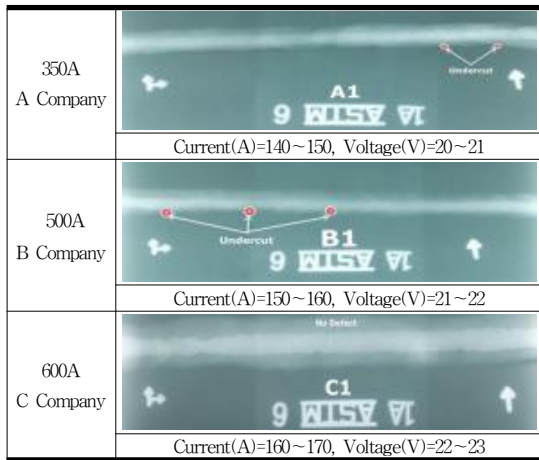
4. 결론

본 연구는 판 두께 6mm의 SM50A 용접구조용 강재 시험편을 이용하여 용접실험을 실시하였으며, 기존 용접토치와 더블 와이어 릴, 원격제어토치 용접기술을 이용하여 용접전류 및 용접전압 변수에 따른 V형 맞대기 표면 비드 및 이면 비드의 용접실험으로 용접기의 성능에 대한 평가를 용접비드 외관 관찰과 침투탐상검사, 방사선 투과검사를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) GMAW 용접기 더블 와이어 릴, 원격제어토치를 자체 제작하여 각각 용량이 다른 용접기로 용접실험을 수행한 결과 외관 검사 관찰에서는 시작 부분을 제외한 대부분 구간에 균일한 표면 비드의 폭과 높이의 형상으로 외관상 결합이 거의 없으며, 용접 중에도 용접전류 및 용접전압 미세 증감조정에 의해 용접결함이 크게 나타나지 않음을 확인하였다.
- 2) V형 맞대기 수직자세로 용접실험을 수행 후 침투탐상 실험한 결과 더블 와이어 릴, 원격제어 토치의 용접방법은 모든 비드에 걸쳐 기존 GMAW 상용 용접토치 방법과 비교하여 거의 용접부에 결함지시모양이 발견되지 않아 결점이 없음을 확인하였다.
- 3) V형 맞대기 수직자세로 용접실험을 수행 후 방사선투과검사 한 결과 더블 와이어 릴, 원격제어 토치의 용접방법은 모든 비드에 걸쳐 기존 GMAW 상용 용접토치와 비교하여 거의 용접부의 내부 용접 품질 결점이 없고 용접결함 감소하는 양호한 용접부를 보였다.
- 4) 실험에서 얻어진 결과는 기존 상용화 된 용접기를 각각 적용 실험 확인한바, 더블 와이어 릴, 원격제



(a)



(b)

[Fig. 13] Comparison of radiographic inspection between the existing (a) Commercial torch welding (b) Remote control torch with double wire reel

어 토치 용접기술은 실제 현장에서 사용되는 기존의 어느 제조사별 용접기에도 사용이 가능함을 보여 원가절감효과, 성능 및 호환성이 있음을 확인하였다.

- 5) 연구를 통해 손으로 용접토치를 잡고 용접 실험을 수행하다보니 최적의 용접조건을 찾는 데 어려움이 적지 않았으며, 기계적 시험을 통해 얻을 수 있는 인장시험, 경도시험, 조직시험 등과 비파괴검사에서 내부결함을 찾을 수 있는 음향방출 시험 및 초음파 검사 등의 추가적인 실험적 연구가 더욱 필요하다고 사료된다.

References

- [1] G. E. Cook, "Feedback and adaptive Control in automated arc welding system", Metal Construction Vol. 13, NO. 9, pp. 51~55, 1981.
- [2] G. O. Eom, "Practical Welding Engineering", gerund, pp. 2~3, 226, 321~323, 1978.
- [3] D. H. I 4 et al, "Special Welding", Human Resources Development Service of Korea, pp. 97~99, 114~117, 2009.
- [4] J. H. Kim et al, "Welding department conquer", book publishing, Hanjin, pp. 76~77, 2013.
- [5] S. G. I "Deformation Behavior of Pressure Vessel Steel Weld Evaluation of Acoustic Emission Characteristics", PhD thesis, pp. 2, 2011 Kunsan National University
- [6] J. S. Kim et al, "GMA welding of view and vertical position chocheung Experimental Study on the Selection of the optimum conditions", Study, pp. 42, 2013 University aim for welding. Joining Society.
- [7] C. S. Pak, "Ships shell character study on the development of automatic welding equipment", Ph.D. thesis, 2012 Pusan National University.
- [8] B. O. An, "Weld line with the learning function study on the development of automatic welding equipment", Ph.D. thesis, 1996 Korea Maritime University.

김 정 혁(Jeong-Hyeok-Kim) [정회원]



- 1983년 10월~1997년 6월 : 삼성중공업(주) 국내기술영업 근무
- 2008년 8월 : 군산대학교 산업대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2010년 10월 : 군산대학교 대학원 기계공학과 (공학박사수료)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 군장대학교 조선해양계열학과 교수

<관심분야>
기계공학, 금속재료

오 석 형(Seck-Hyeog-Oh) [정회원]



- 1987년 3월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1989년 6월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 군산대학교 기계자동차학부 교수

<관심분야>
공작기계, 절삭가공

이 해 길(Hae-Gil-Lee) [정회원]



- 1994년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 군장대학교 조선해양계열학과 교수

<관심분야>
전자제어, 선박통신