

CO₂ 용접결함 감소를 위한 원격 제어 토치 성능 평가 연구

김정혁^{*}, 오석형², 이해길¹

¹군장대학교 조선해양계열학과, ²군산대학교 기계자동차공학부

Study on an Evaluation of Remote Control Torch Performance to reduce CO₂ Welding Defects

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 논문은 용접 산업현장에서 많이 사용 되는 CO₂ 용접에서는 차량내부 및 탱크내부 용접에서 제어 패널을 볼 수 없는 곳, 작업장이 먼 곳 등에서 용접사가 용접을 하면서 용접조건에 맞는 전류와 전압을 조절할 수가 없고, 전류와 전압을 조절하기 위해 용접을 중단하고 잦은 이동으로 용접 구조물의 순간적인 냉각에 의해 용접결함이 발생된다. 본 연구에서는 기존의 CO₂ 용접기 3종류를 각각 사용하여 원격제어 토치의 용접에 대해 SS400 용접구조용 압연강재를 사용하여 원격제어 토치와 기존 CO₂ 용접 토치를 V형 맞대기 수직자세로 용접실험을 실시하고 용접 부의 표면비드 상태의 형상을 육안검사 관찰하고 또한 이를 침투탐상검사 및 굽힘 시험을 통해 용접부의 외관품질에 대하여 중점적으로 수행하여 용접결함 감소 및 기존 상용용접기에 교체사용에 대한 성능 및 호환성여부에 미치는 영향에 대해 평가하였다.

Abstract CO₂ welding is used widely in the field. On the other hand, welding defects occur when welders cannot adjust the current and voltage needed for welding and have to stop working to adjust the current and voltage, causing sudden cooling down of the welding structure inside a vehicle or tank where the control panel is invisible or when work site is far. This study used three types of existing CO₂ welders. This also applied SS400 rolled steel for welding structural purposes for remote control torch welding, perform a welding test through v-groove butt welding with a remote control torch and existing CO₂ welding torch, conducted visual inspection on the appearance of a welded top bead. In addition, the appearance quality of the welding part was monitored mainly through penetrant testing and a bending test to evaluate the welding defect reduction and the effect on the performance and compatibility by replacing the existing welder.

Key Words : CO₂ welding, Lack of Penetration, Welding cable, Wire feeding devices, Welding torch

1. 서론

산업의 급속한 발달과 함께 넓은 범위에서 기계구조물의 접합에 용접이 많이 사용되어 왔다. 하지만 이렇게 많이 사용되는 용접은 용접 시 부주의로 각종 용접결함을 발생시키고, 용접열에 의한 모재의 변질, 변형과 수축, 잔류응력의 발생 및 용접부 내의 화학성분과 조직의 변화를 어느 정도 피할 수 없으며, 이 결과는 용접 된 구도

에 원하는 성능을 나타내지 못하게 하는 경우가 많이 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 [1,2]. 그 중에서도 탄산가스 아크 반자동용접으로서 종래의 탄산가스 아크 용접법은 용접사가 직접 용접을 하면서 용접조건에 맞는 전류와 전압을 조절할 수가 없었고,

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

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

Received July 4, 2014

Revised July 30, 2014

Accepted October 10, 2014

따라서 전류와 전압을 조정하려면 용접을 중단하고, 와이어피더(Wider feeder)가 있는 곳으로 가서 전류와 전압을 조정한 후 다시 용접장소로 돌아와서 용접을 하거나, 다른 사람에게 어느 정도 전류와 전압을 조정하여 달라고 부탁을 하여 조정하는 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, CO₂ 용접기의 원격제어 토치를 자체 제작하여 실험하였다. 본 연구 결과는 실제적으로 현장에서 용접구조물 용접에 있어 열에 의한 용접 결함으로 인한 용접시공의 피해를 주지 않고, 원격제어 토치 용접방법에 의해 토치에서 직접 조정하여 차량내부 및 탱크내부 등 제어 패널을 볼 수 없는 곳에서 용접조건을 조절하는데 큰 도움이 되도록 기대한다. 대부분 구조물 등은 탄산가스 아크 용접방법에 만들어지지만, 실제 용접하던 중 여러 가지 이유로 인해 사용 중 지속적으로 파손되어 아주 큰 인적, 경제적 손실을 가져오고 있다[5].

그러나 제조 산업현장의 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 용접조건 및 설치비용에 대한 한계가 있기 때문에 실제 산업현장 7~80 % 정도 사용하고 있는 반자동 용접 토치장치를 이용하기에 제조사별 용접기마다 호환성을 가지고 있기 때문에 기존 용접토치케이블만 교환해줌으로써 충분히 자동화용접 못지않게 시설 설치비용의 단점을 보완 할 수 있어 현장에서 효율적으로 사용할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 CO₂ 용접기를 이용하여 용접구조용 압연강재 용접 부를 대상으로 일반적인 현재의 상용 토

치 용접 전과 원격제어 토치 용접 후의 용접조건의 변화에 의해 발생하는 표면결함인 비드폭(Bead width), 비드높이(Bead height), 용입 부족(Lack of Penetration) 등을 방지하기 위해 모재의 표면외관 품질상태에 따라 여러 가지 용접결함과 비교한 내용에 대해 검토한 결과의 평가를 얻고자 한다. CO₂ 용접기에 관련된 용접부 연구 [7,8]는 오래 전부터 연구자들에 의해 행하여지고 있지만 원격제어 토치의 실험과 관련된 연구는 찾아보기 힘들어, 직접 용접작업하면서 용접전류와 전압을 조정하면서 용접을 수행할 수 있는 원격제어 토치의 성능 평가에 대해 고찰하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 원격제어 토치를 기존 CO₂ /MAG 용접기를 이용해 V형 맞대기 수직자세로 용접실험을 실시하고 용접 부의 표면비드 상태의 형상을 육안 검사 관찰하고 또한 이를 침투탐상검사 및 굽힘 시험을 통해 용접 부의 외관품질에 대하여 중점적으로 수행하여 용접결함 감소 및 기존 상용용접기 교체사용 성능 및 호환성여부에 미치는 영향에 대해 검토하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험 재료 및 용가재

본 실험에서 사용한 용접기 및 토치는 일반적으로 현장에서 사용하는 인버터 CO₂ /MAG 350~600A급 용접기 3종류를 각각 사용하였으며, 용접시험편은 150 x 100 x 9.0 mm의 SS400 일반구조용 압연강재로 보호 가스는 100% CO₂ 를 사용하였으며 가스유량은 18~20(l/min)으로 설정하였다. 또한 실험에 사용한 와이어 용가재의 종류는 솔리드와이어(solid wire) K사 AWS규격 1.2 mm ER70S-6을 사용하였다.

원격제어 토치 실험 장치는 Fig. 1과 같으며 또한 강재의 기계적, 물리적 특성은 Table 1과 같다.

[Table 1] Mechanical, physical properties of Material

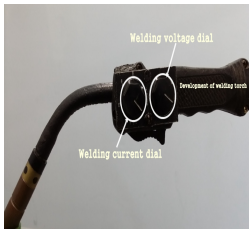
Material	C	Si	Mn	P	S
SS400	-	-	-	~0.05	
SS400	Yield strength (MPa)		Tensile strength (MPa)		Elongation (%)
	215~		400~510		23~

[Table 2] Welding conditions of the vertical weldment

Nine minutes	350A (A Maker)			500A (B Maker)			600A (C Maker)		
	1 pass	2 pass	3 pass	1 pass	2 pass	3 pass	1 pass	2 pass	3 pass
Current(A)	140	150	140	160	170	160	180	190	180
Voltage(V)	20	21	20	22	23	21	24	25	24
Welding speed(cm/min)	30			30			30		
Projected length(mm)	10~12								
Groove angle(°)	60								
Root gap(mm)	2.5			2.0			1.5		
Root surface(mm)	2.0			1.8			1.6		



(a) Existing commercial welding device



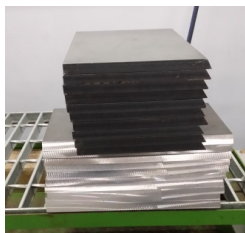
(b) Development Torch



(c) Welding experiment



(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 산업 현장에서는 상용토치 용접에 대한 기본적인 지식의 습득과 CO₂ 용접 기능기술의 숙달이 필수적이라는 것을 체험할 수 있으나, 본 실험 연구에서는 우선 자체적으로 제작한 원격제어 토치 실험 장치를 이용하여 실내의 한정된 조건에서 기본적인 CO₂ V형 맞대기 수직(Vertical)자세 용접을 하였다.

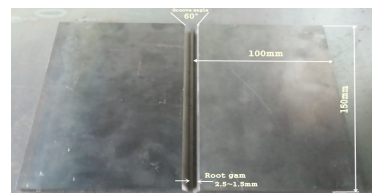
실험재료에서 기술한 바와 같이 3종류의 용접기로 용접 모재에 대해 최적의 조건을 찾기 위해 용접전류, 용접전압, 루트간격, 루트면 등을 변수에 대하여 바꾸어 가며 예비실험을 여러 차례 실시하였다. 각각의 전류 전압의 변화에 따라 약간의 오차가 있는 것은 감지되었으나 서로 비교 분석을 하기 위하여 동일한 용접 조건을 선택하였다.

즉, 용접와이어 지름이 1.2 mm인 3종류로 용접기의 각각의 제조사가 다르고 용량이 다른 장비로 시험편 두께 9 mm의 일반구조용 압연강재(SS400)을 사용하여, 실험실 내에서 여러 차례의 원격제어 토치 CO₂ 용접에 대한 예비실험 결과를 비교분석 하여 Table 2와 같은 용접 조건을 선택하였다.

2.2.2 실험 설계

본 실험실에서는 Fig. 2와 같이 시험편을 구속하지 않은 상태에서 Table 2 같은 조건 변수를 주어 제작한 실험용 원격제어 토치를 CO₂ 용접에 적합하도록 특별히 고안 제작한 용접토치를 손으로 잡고, 자체 제작한 용접지그(jig)를 사용하여 용접기 종류에 따라 용접전류, 용접전압, 용접속도, 용접각도, 용접기상태 등을 동일한 용접조건으로 V형 맞대기 수직자세 용접 후 육안검사, 침투탐상시험, 굽힘 시험 순으로 용접결함 상태를 파악하여 비교 검토 실험하였다.

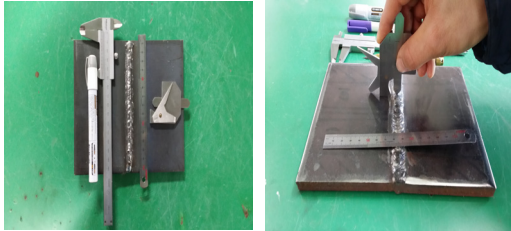
시험편 두께에 관계없이 용접기 조건을 기계적으로 일정하게 고정해 두고 Table 2와 같은 동일한 용접조건으로 V형 맞대기 수직자세 용접을 실시하였다.



[Fig. 2] V-type butt weld test specimen schematic diagram for welding experiments

2.3 용접 부의 육안검사

용접 부의 육안(외관)검사는 현장에서 흔히 사용하는 검사로 V형 맞대기 수직자세로 용접한 2개의 시험편을 용접한 후 용접 부의 표면비드와 이면비드의 형상을 실험 관찰한다. Fig. 3은 육안검사 장비 및 실험 사진을 나타내었다.



[Fig. 3] Visual inspection of the equipment and experimental

2.4 침투탐상검사

침투탐상시험(KS B0816)체는 V형 맞대기 수직자세로 용접한 2개의 시험편을 용접한 후 표면을 정밀하게 가공하였다. 또한 용접완료 된 시험편은 용접 표면 부분을 사포로 다듬질 가공 후 용접 부의 표면에서의 결함 유무를 확인하기 위한 침투 탐상 검사를 실시하였고, 초기 가접 부위를 포함한 용접 전부위에 실험 수행한다. Fig. 3은 침투탐상검사 장비 및 표면 가공 사진을 나타내었다.



[Fig. 4] Penetrant inspection test equipment and surface treatment

2.5 굽힘 시험

굽힘 시험(KS B0804)체는 2.4에서 침투탐상검사 실시 완료 된 용접의 시험편 폭을 38 mm로 절단, 가공하여 채취하였다. 용접의 시험편은 용접의 덧붙임(보강부) 부분은 시험편(모재)과 두께면 까지만 다듬질 가공하였으며, 모서리 R부분에 대해서는 두께 9 mm는 R1.5로 가공하였다. 또한 굴곡시험편은 용접부가 정확히 형틀의 중앙에 있도록 장치하고 스틱들은 시험편이 완전히 U자형이 되도록 압틀에 부착하여 180도까지 굽힘 한 후 시험편을 빼내어 실험한다.

Fig. 5는 시험편 가공, 절단 및 용접 부의 굽힘 시험 실험 장비 사진을 나타내었다.



[Fig. 5] Specimen processing, cutting and bending test experimental equipment

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 용접 부의 외관 결함 용접비드 형상 관찰

본 연구에서는 V형 맞대기 용접시험편에 용접 부의 외관결함인 표면비드 폭과 높이, 또한 이면비드 용입 상태를 평가하기 위해 실험을 실시하였다. Table 2 실험조건을 적용하여 원격제어 토치의 용접전류 및 용접전압 볼륨을 용접시공 조건에 맞춰 진행하면서 직접 조정하여 용접실험을 수행하였다.

Fig. 6은 용접기 제조사별 용접 부의 폭과 비드 높이 및 용입 상태의 형상을 관찰하기 위해 V형 맞대기 용접을 실시한 사진이다. 또한 원격제어 토치의 용접전류, 전압의 조절의 변화를 실시하여 시험편의 용접 부의 표면비드 폭과 높이 상태에 대해 확인하였다.

본 실험은 용접을 직접 하면서 용접의 전류 값을 각각의 용접기 마다 140A에서 210A 사이에 10A씩 변화 증가

시키고 전압도 20V에서 25V사이 10V씩 함께 변화 시키면서 실험을 수행 하였다. 기존의 상용 용접기토치로 용접할 때와 비교해서 Fig. 6 원격제어 토치 용접 사진을 보면 (A)회사 용접 비드 형상의 실험에서는 용접 기 용량 350A의 원격제어 토치 실험에서 표면비드 폭과 높이가 기존 상용용접토치 용접보다 현저하게 불균형한 상태가 적응을 확인하였으나, 끝단부에 미비한 언더컷이 발생하였다. 또한 이면비드 시작부의 중간부 끝단부에서 용입 부족, 용락 현상이 있었지만 구조상 결함문제의 범위에서는 미비한 상태이다. 그러나 Fig. 6 원격제어 토치 용접 사진을 보면 (B)회사 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. 그러나 (A)회사와 마찬가지로 이면비드의 여성이 부족한 상태를 약간 보였다. 또한 Fig. 6 원격제어 토치 용접 사진을 보면 (C)회사 용접 비드 형상의 실험에서는 용접기 용량이 600A로 더 높은 용접기였지만 표면비드가 현저하게 양호한 비드 상태를 나타냈고, 이면비드는 끝단 부분에 약간의 미비한 결함만 보였다. 원격 제어 토치 성능 실험에서 표면 용접비드 폭과 비드높이가 기존 상용 토치 용접기보다 현저하게 양호한 표면비드 상태를 나타냄을 발견하게 되었다. Fig. 6은 용접부의 표면비드와 이면비드의 비드형상을 실험한 결과의 사진이며 거의 외관 결함에 미치는 영향은 미비할 것으로 사료된다.

Welders capacity	Face bead	Root bead
350A (A) Maker		
140~150A, 20~21V		
500A (B) Maker		
160~170A, 22~23V		
600A (C) Maker		
180~190A, 24~25V		

[Fig. 6] If the surface of the weld bead and the bead shape beads experimental results

3.2 V형 맞대기 용접 부의 침투탐상검사 관찰

3.1에서 육안검사 실시 완료 된 시험편 중에서 용접 부의 침투탐상검사 사진을 Fig. 7에 비교하여 나타내었다. 원격제어 토치 용접 사진을 보면 (A)사는 표면비드 시작부와 끝단부분에 아주 미세한 원형지시로 추정되고, 이면비드는 중간부에 균열 2.5 mm 정도가 관찰되었는데 원인은 용융부족이 부적절하여 나타났지만 지시모양이 미비한 상태이므로 품질에 영향을 주지는 않는 것으로 추정되어진다. 또한 원격제어 토치 용접 사진 (B)사를 보면 시작부분에서 미세한 결점을 보였지만 사실은 시험편의 냉각에 의한 원인이라 추정할 수 있다. 그러나 지시모양이 미비한 상태이므로 품질에 영향을 주지는 않았다. (C)사 용접 사진을 보면 표면비드가 무결점인 우수한 상태를 보였는데 이에 반해 이면비드는 시작부와 중간부분에 아주 미세한 결함이 관찰되었지만 그다지 용접부에 영향을 주지 않는 양호한 상태라 추정된다. 용접기 용량에 따른 제조 3사의 용접기로 용접 부의 침투탐상검사 실험을 실시 해본 결과는 모든 시험편에서 V형 맞대기 용접 부의 용접균열이 거의 미비한 영향으로 나타났다. 원격제어 토치가 기존 상용토치 용접방식보다 용접결함이 없는 건전한 용접 성능이 있음을 보였다.

Welders capacity	Face bead	Root bead
350A (A) Maker		
140~150A, 20~21V		
500A (B) Maker		
160~170A, 22~23V		
600A (C) Maker		
180~190A, 24~25V		




[Fig. 7] Weld penetration tests negative test results

실험의 범위 내에서는 시판되고 있는 상용의 제조사별 3종류의 용접기들을 비교했을 때, Table 2의 용접조건으로 Fig. 7과 같이 원격제어 토치를 이용한 용접기가 V

형 맞대기 수직자세 침투탐상검사 실험한 결과에서 보는 바와 같이 시험편 3장의 용접 부의 결함이 전체적으로 미비하게 관찰되어 결함 감소의 효과가 있었다. 그러나 각종 재질이나 두께에 따른 용접 이음에 대한 금속학적인 해석과 용접부의 물리적인 물성치의 성질에 대해서는 앞으로 더욱 연구해야 될 과제라고 하겠다.

3.3 V형 맞대기 용접 표면 부의 굽힘 시험 관찰

Fig. 8은 Table 2의 용접조건에서 제조사별로 140~150A(20~21V), 160~170A(22~23V), 180~190A(24~25V)의 원격 제어 토치로 용접부의 연성과 균열을 조사하기 위하여 표면 및 이면 굽힘 시험(face bend test) 결과를 사진으로 나타내고 있다. 3점 굽힘 실험한 3장의 시험편을 육안으로 관찰하였다. Fig. 8 원격제어 토치 용접 사진을 보면 3.1에서 육안(외관)검사의 결과에 의해 같은 결함부위에서 (A)사는 표면비드와 이면비드가 미세한 2.0 mm이하 균열이 발견되었지만 아주 양호한 상태를 보여주고 있다. Fig. 8 원격제어 토치 용접 사진을 보면 (B)사에서는 표면비드와 이면비드 모두가 아주 미세한 결점을 보였지만 결함이 2.5 mm미만 균열 상태이므로 품질에 영향을 주지는 않는다. 균열의 원인은 용접전류와 전압의 상승으로 모재과열에 의한 미세균열이라고 판단된다. Fig. 8 원격제어 토치 용접 사진을 보면 (C)사에서는 높은 600A 용접기 용량에 비해 표면비드와 이면비드 모두 무결점인 양호한 상태를 보였다. 이상과 같이 굽힘 시험 실험결과는 전반적으로 시작부분을 제외한 전 구간에 걸쳐 시험편 3장 모두 용접 부의 결함상태가 적합한 결과를 얻어 기존의 어느 제조사 상용용접기에도 사용할 수 있어 성능 및 호환성이 있음을 확인하였다.

Welders capacity	Current (A)	Voltage (V)	Weld defect states
350A (A) Maker	140~150	20~21	
500A (B) Maker	160~170	22~23	
600A (C) Maker	180~190	24~25	

[Fig. 8] Results weld bend test is negative surface

4. 결론

본 연구는 SS400 일반구조용 강재 시험편을 이용하여 기존 상용용접토치와 원격제어 토치를 이용하여 V형 맞대기 표면 및 이면 비드의 전류 전압 변화에 따른 용접부의 외관 용접비드 형상과 용접부의 침투탐상검사 및 굽힘 시험을 통해 CO₂ 용접 결함 제거를 위한 원격제어 토치를 이용해 용접실험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) CO₂ 용접기 원격제어 토치를 자체 제작하여 용접 실험을 수행한 결과 시작 부분을 제외한 대부분 구간에 균일한 표면 비드의 폭과 높이의 형상으로 외관상 결함이 거의 없으며, 용접 중에도 전류 전압 미세 증감조정에 의해 용접결함이 크게 나타나지 않음을 알았다.
- 2) V형 맞대기 수직자세로 용접실험을 수행 후 침투탐상검사 실험한 결과 전류 원격제어 토치의 용접 방법은 모든 비드에 걸쳐 기존 CO₂ 상용용접토치와 비교하여 거의 용접부에 결함지시모양이 발견되지 않아 결점이 없음을 확인하였다.
- 3) V형 맞대기 수직자세로 용접실험을 수행 후 굽힘 실험한 결과 원격제어 토치의 용접방법은 모든 비드에 걸쳐 기존 CO₂ 상용용접토치와 비교하여 거의 용접부의 표면과 이면비드 상태가 균열의 결점이 없는 양호한 용접 부를 보였다.
- 4) 실험에서 얻어진 결과는 상용화된 제조사별 3종류의 용접기를 용량에 따라 적용 실험 확인한바, 원격제어 토치는 실제 현장에서 사용되는 기존의 어느 제조사별 용접기에도 사용이 가능함을 보여 성능 및 호환성이 있음을 확인하였다.
- 5) 연구를 통해 손으로 용접토치 잡고 용접 실험을 수행하다보니 최적의 용접조건을 찾는데 어려움이 적지 않았으며, 기계적 시험을 통해 얻을 수 있는 인장시험, 경도시험, 조직시험 등과 비파괴검사에서의 내부결함을 찾을 수 있는 방사선 검사 및 초음파 검사 등의 추가적인 실험적 연구가 더욱 필요하다고 사료된다.

References

- [1] D. S. Im, "Sinpyeon Welding Engineering", Munundang, pp. 236, 1989.
- [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 대학교 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 전자공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 군장대학교 조선해양계열 교수

<관심분야>

전자제어, 선박통신