<연구논문> 한국동력기계공학회지 제10권 제4호 pp.111~118 2006년 11월

선체용 압연 강판의 습식 수중 아크 용접부의 부식특성에 관한 연구
A Study on the Corrosion Properties of Underwater Wet Arc Welds using the SM 41

곽희환·김창규·김민남·황성훈
H. H. Kwak, C. G. Kim, M. N. Kim and S. H. Hwang

Key Words : Underwater Wet Arc Welding(습식 수중 아크 용접), Welding Electrodes(용접봉), HAZ(열영향부), Corrosion Properties(부식특성), KR-RA(선체용 압연 강판)

Abstract : Underwater wet arc welds were experimentally performed on 11mm thick KR-RA steel plate using six different types of flux coated electrodes of 4.0mm diameter, KSKR, KSKT, USBL, JPUW, UWEA and UWEB.

From analysis of bead appearance, detachability of weld slag, spatter occurrence and arc stability, JPUW gives the best result, and UWEB is superior to KSKR and KSKT. By experimental result of hardness distribution on the weld bonds, UWEB weld has the narrowest bond structure which is probable condition to get the best mechanical properties of weld. UWEB and JPUW welds have more even hardness distribution across weld deposit and base metal. Upon polarization test to measure the respondency of corrosion, the electrode of UWEB shows the most excellent degree due to the low open circuit potential difference.

1. 서 론

해양자원 및 해저공간의 이용율을 높이기 위하여 해양개발과 해양구조물에 대한 연구가 다방면에 걸쳐 활발히 추진되고 있다. 이러한 해저구조물은 수중 가공기술에 의한 작업이 필요하게 될 것이며 또한 미래에는 수중용접이 중요한 위치를 차지하게 될 것으로 생각된다.[1~2] 일반적으로 수중용접은 교량, 해저 파이프라인, 해양구조물 등의 건조시의 현장용 장비나 보수용접에 적용되지만 용접법 자체의 개발뿐만 아니라, 구조물의 수중 조립기술, 잠수기술과 우수한 용접기술을 함께 갖춘 기술자를 필요로 하고, 또한 복잡한 설비도 갖추어야 한다.[3] 그리고 수중에서 용접된 용접 이음부는 급랭되어 경도가 증가되어 취성이 커지는 등 아직 해결하지 못한 많은 연구과제들을 가지고 있다.[4~5]

습식 수중 아크 용접은 발생하는 수증기와 용융금속의 반응, 냉각속도 증대에 의해 균열이나 기공 등의 용접 결함이 발생되기 쉽다. 그러나 수중 피복 아크 용접은 수중에서의 가장 간편하고 경제적인 용접방법으로 활용가치가 크다.[6] 습식 수중 아크 용접의 장점을 잘 활용하려면 각종 구조물의 제작에 있어서 용접 이음에 대한 신뢰성을 높이고 작업성을 향상 시킬 수 있는 기초적인 문제점들을 분석하고 해결함으로써 습식수중아크용접의 실용화를 도모할 수 있다고 생각된다.[7]

1802년 미국의 Humply Davy가[8] 처음으로 수중에서 아크를 일으키기 시작한 이후 최근 각종 해양구조물이 가공과 보수 수단으로서의 수중 용접 기술의 개발 및 연구가 확대되기 시작했으며 이미 플라즈마 용접, 탄산가스 용접 및 피복 아크 용접 등 각종 용접법이 수중 용접에 적용되어 비교적 양호한 결과를 얻었다고 보고되고 있으나 국내에서는 수중 아크 용접에 대한 연구실적은 다소 있지만 습식 수중 아크 피복 용접봉 개발에 관한 체계적인 연구는 다소 미흡한 실정이다.

본 연구는 수중에서 용접 중에 2차원 속도제어가 가능하도록 제작한 수중 용접 실험장치를 이용하여 김복인[9] 등이 개발한 습식 수중 아크 용접봉을 사용하여 선체용 압연강판(KR)을 습식 수중 아크 용

접수일 : 2006년 2월 18일, 채택확정 : 2006년 10월 16일
곽희환(책임저자) : 부경대학교 대학원 금속공학과
E-mail : symt03@yahoo.co.kr Tel. 051-620-1472
김창규 : 부경대학교 신소재공학부 금속시스템공학전공
김민남 : 부경대학교 기계공학부
황성훈 : 부경대학교 대학원 금속공학과

접을 실시하였으며 이 때 용접부의 용접성과 부식 특성 등을 고찰하였다.

2. 실험 재료 및 실험 장치

2.1 실험 재료

본 연구에 사용한 용접 모재는 크기 125×250 ×11mm로 선박 건조에 많이 사용되는 선체용 압연 강판(KR-RA)을 이용하였고 그 화학 조성은 Table 1, 기계적 성질은 Table 2에 각각 나타내고 있다.

본 실험에 사용한 용접봉은 시판 중인 지름 4.0mm의 고산화티탄계(high titanium oxide type) 용접봉 KSKR(KS E4313)과 라임티탄계(lime titania type) 용접봉 KSKT(KS E4303)의 두 종류와 미국에서 시판 중인 수중 용접봉 USBL과 일본에서 수입한 수중 용접봉 JPUW, 그리고 김복인 등이 시험 개발한 두 종류의 수중 피복 아크 용접봉 UWEA와 UWEB 등 모두 6 종류의 용접봉을 사용하여 실험하였다. 또한 시험 개발된 수중 용접봉의 심선은 용접봉 제작 회사에서 용접봉 제작에 일반적으로 사용되고 있는 연강용 피복 아크 용접봉의 심선 재질과 동일한 SWRY-11을 사용하였으며 Table 3에 그 화학적 조성을 나타내었다. 실험에 이용한 용접봉 KSKT 및 KSKR의 화학적 조성은 Table 4에 나타내고 있으며, 수중용접봉으로 수입한 두 종류의 용접봉(USBL, JPUW)에 대한 구체적인 자료는 정확한 것을 구하지 못하여 제시하지 않았다.

Table 1 Chemical composition of base metal (KR-RA)

Chemical composition (wt, %)					
C	Si	Mn	P	S	Ceq
0.13	0.25	0.57	0.017	0.01	0.22

Table 2 Mechanical properties of base metal (KR-RA)

Mechanical properties			
Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Bend test
323.4	446.8	24.0	Good

Table 3 Chemical composition of core wires for UWEA and UWEB

Chemical composition (wt, %)					
C	Si	Mn	P	S	Cu
0.05	0.018	0.54	0.01	0.008	0.1
SWRY-11, ϕ4.0 × 400					

UWEA ; Newly-developed underwater electrode-A type

UWEB ; Newly-developed underwater electrode-B type

Table 4 Chemical composition of welding electrodes

Electrode	Chemical composition (wt, %)				
	C	Si	Mn	P	S
KSKR	0.07	0.32	0.45	0.015	0.012
KSKT	0.07	0.15	0.37	0.014	0.013

KSKR ; E4303, lime titania type welding electrode

KSKT ; E4313, high titanium oxide type welding electrode

USBL ; Imported underwater wet welding electrode, made in USA

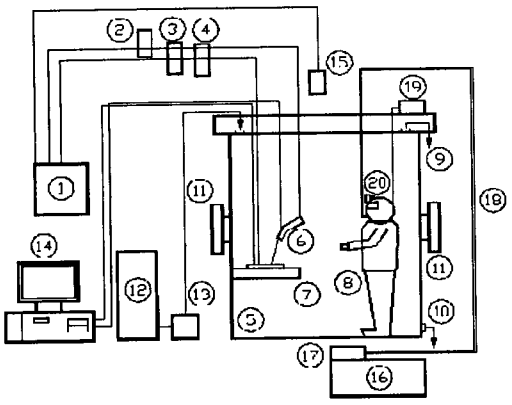
JPUW ; Imported underwater wet welding electrode, made in Japan

2.2 실험 장치

본 실험에 사용된 습식 수중 수동 용접 실험 장치는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 두께 28mm의 SB40 연강판을 사용하여 직경 2500mm, 깊이 2000mm의 커다란 원통형 수조를 모 중공업에 의뢰하여 내부에서 용접을 보조할 수 있는 보조 잠수사와 직접 수중 수동 용접을 할 수 있는 용접사 등 두 사람이 동시에 2000mm 깊이의 물 속에서 습식 수중 수동 용접 실험을 할 수 있도록 커다란 수조를 제작하여, 수도수가 순환되도록 급수 및 배수 시설을 장치하여, 실험 중에는 수심이 조절되고 수조내의 수온을 일정하게 유지시킬 수 있도록 하였다.

물의 온도를 측정하기 위해 측정온도 0℃~100℃까지 측정할 수 있는 디지털 온도계를 이용하였다. 수조 탱크 내의 밝기를 조절하기 위하여 탱크 중간 부분의 전면과 이면에 잠수정에 이용되고 있는 특수 유리를 장착하였으며, 실험에 사용된 용접기는 용량 600A의 직류 용접기로, 용접 실험은 직류 정

극성으로 하였으며, 용접 장치에 대한 전기적인 안전을 위하여 마그넷 스위치를 이중으로 설치하였다. 통신장비를 통하여 물 속의 보조사 및 용접사와 항상 통화를 하면서 수중 아크 용접은 꼭 필요한 시기만 용접전류를 흐르게 하여 용접사의 안전에 최대한의 노력을 기울였다.



① DC arc welding machine
② On/off magnet switch
③ Ampere meter
④ Voltage meter
⑤ Chamber
⑥ Electrode holder
⑦ Work bench
⑧ Driving dress
⑨ Over flow pipe
⑩ Drainage
⑪ Sight glass
⑫ Cooling water tank
⑬ Circulating pump
⑭ Data acquisition system
⑮ Welding machine power on/off switch
⑯ Air compressor
⑰ Precision air filter
⑱ High pressure hose
⑲ Communication phone box
⑳ Diver's full mask

Fig. 1 Schematic diagram of experimental equipments

3. 실험 방법

3.1 수중 수동 용접 실험

실제 산업 현장에서는 습식 수중 아크 용접에 대한 기본적인 지식의 습득과 깊은 물 속에서 활동할 수 있는 잠수기술 및 피복 아크 용접 기능기술의 숙달이 필수적이라는 것을 체험 할 수 있었으나, 본 실험 연구에서는 자체적으로 제작한 수중 용접 실험장치를 이용하여 실내에서 한정된 조건에서 기본적인 습식 수중 아크용접을 할 수밖에 없는 실정이었다. 실험재료에서 기술한 바와 같이 6종류의 선택 된 용접봉들과 모재에 대한 최적의 용접조건은 김복인 등이 실험한 용접 조건을 선택하여 사용하였는데, 그 용접 조건을 Table 5에 나타내었다.

실험실에서 제작한 실험용 수조 내에서 습식 수중 아크 용접에 적합하도록 특별히 고안된 용접 홀더를 손으로 잡고, 자체적으로 설계한 용접봉 운송장치의 기계적인 안내를 받으면서, 반자동용접의 형태를 취하면서 습식 수중 아크 용접 실험을 하였다. 각각의 용접봉의 종류에 관계없이 용접속도와 용접각도, 운봉비, 용접기상태 등을 기계적으로 일정하게 고정하여 두고, Table 5와 같은 동일한 용접조건으로 수심 2000mm에서 직류 정극성(D C straight polarity) 으로 습식 수중 아크 용접을 실시하였다. 또한 수조 내는 예비 급수 탱크와 펌프 등을 사용하여 냉각수를 계속하여 순환시키고, 수돗물을 이용하여 급수시키면서 항상 배수가 적당히 되도록 하여 수조 내의 수온은 20℃로 일정하게 유지할 수 있게 하고, 용접 슬래그에 의한 물의 혼탁을 방지하였다.

습식 수중 용접시의 용접 아크 안정성을 실시간으로 측정하기 위하여 전압과 전류의 파형 측정 프로그램인 HP-VEE(Hewlett-packard Visual Engineering Environment) 5.0 program을 활용하였다. 시스템에 적용시키기 위해 용접전압은 일백 분의 일로 줄이고, 전류는 분리기(shut)를 이용하여 50mV이하가 되도록 하여 신호 입력 단자에 연결되어, 습식 수중 아크용접에 따르는 특별한 애로사항은 없었다. 자료 수집 시스템의 두개 채널을 동시에 이용하고 gain은 1.0, rate는 500을 기준으로 하였으며, 용접 전압과 전류 측정점이 각각 500 point/sec가 되도록 시스템을 세팅하였다. 용접 실험 중에는 실시간으로 전송이 되도록 하여 용접 전압과 전류를 측정하고 모니터링을 할 수 있도록 하였다. 또한 CA 열전대를 이용하여 수중 용접 실험 중의 용접부 주위의 수온도 동시에 측정하고 PC상에서 관찰이 가능하도록 하였다.

Table 5 Typical experimental welding conditions

Welding Conditions	
Current (A)	190
Voltage (V)	35
Welding speed (mm/min)	300
Bead length / Electrode length used	0.5
Welding angle (°)	75
Electrode source	DCSP
Welding position	Flat

3.2 부식 특성 시험

부식 특성을 측정하기 위한 시험편은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 습식 수중 아크 용접된 시편들을 절

단하여 제작하였다. 강재의 압연 방향에 관계없이 125×250mm로 기계톱으로 절단한 후 V홈 면을 밀링 가공한 후 줄 다듬질을 하여 홈 각도 60°, 루트 간격 2mm, 루트면 2mm로 대형 수조 내에서 아래보기 자세로 다층 맞대기 이음용접을 하였다. 부식특성 시험을 위한 시편은 5% Nital 용액으로 부식시켜 Fig. 3과 같이 용접부(WM), 열영향부(HAZ) 및 모재부(BM)의 경계를 확인하고 각 영역별로 시험편을 채취하였다.

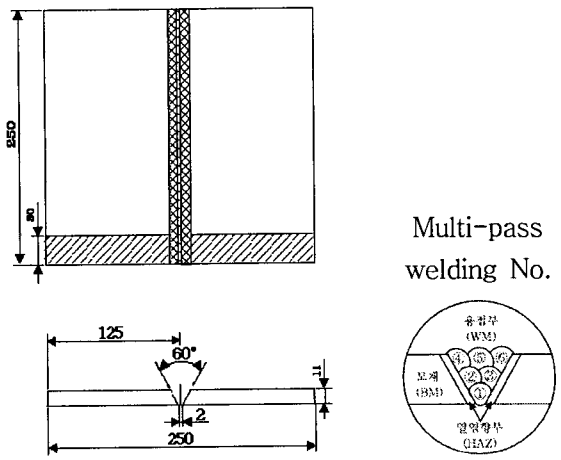
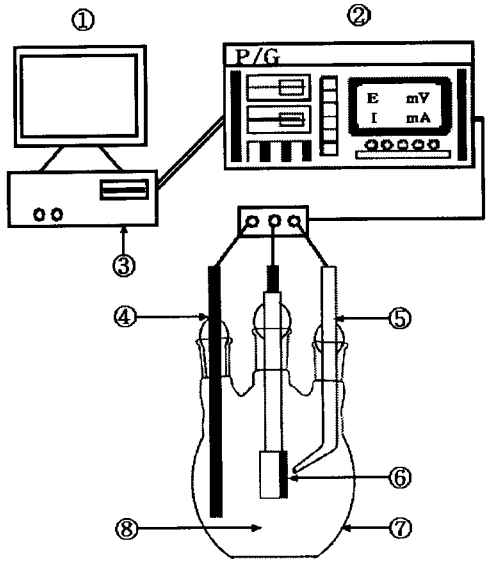


Fig. 2 Joint design and location of polarization test specimens



① Moniter ② Potentiostat/ Galvanostat
③ Personal computer ④ Counter electrode
⑤ Reference electrode ⑥ Specimen
⑦ Corrosion cell ⑧ Electrolyte

Fig. 3 Schematic diagram of polarization test apparatus

이 실험에서 사용된 전기화학적 부식특성시험은 다른 부식평가법보다 실험시간이 짧고 비파괴적으로 실시할 수 있기 때문에 부식평가법으로 많이 이용되고 있는 전기화학적 분극시험을 실시하였다.

각 시편의 전기화학적 부식상태를 비교하기 위하여 Potentiostat / Galvanostat (Model : EG & G PARC M273A)를 사용하였으며, M352 corrosion software를 사용하여 potentiodynamic scanning을 실시하였다.

전해액으로는 3% NaCl 용액을 사용하였고, 전해액의 온도는 30℃로 유지하였다. 기준전극(reference electrode)으로는 SCE(Saturated Calomel Electrode), 보조전극(counter electrode)으로는 고밀도 탄소봉을 사용하였고 주사속도(scan rate)는 1mV/sec로 하였다. 분극시험 전에 시험편을 320~2000번까지 연마하여 Ultrasonic Cleaner로 세척한 후 아세톤으로 탈지하였다. Fig. 3에 본 실험에 사용된 polarization cell의 개략도를 나타내었다.

4. 실험 결과 및 고찰

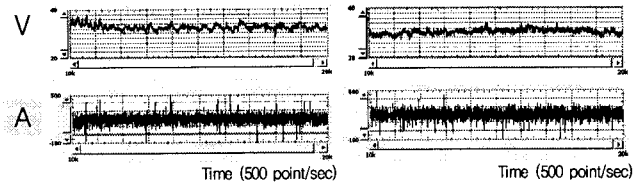
4.1 용접 아크 안정성 고찰

잠수사 겸 용접사에 해당되는 기능 자격을 가질 수 있을 만큼의 기술과 기능을 습득을 하고, 복잡한 잠수장비를 준비하여 수심 2m 이상의 물 속에서 직접 손으로 용접 홀더를 잡고 수동으로 실험용접을 하는 실험은 상당한 모험이었다. 습식 수중 수동 아크 용접(underwater wet manual arc welding)시의 용접 작업성은 수중 수동 아크 용접 기술에 따라 차이가 많아, 여러 사람의 자료보다는 한 사람의 숙달된 수중 용접 기술과 용접 기능에 의존하여 수동으로 다층 아크 용접 실험을 실시하였다.

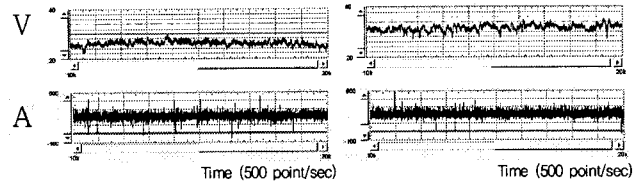
습식 수중 아크 용접의 경우 용접 입열량이 적으면 아크의 발생이 어렵고 단락되는 경우가 있으나, 예비 실험에서 선택한 Table 5와 같은 조건으로 용접기의 조절 노브(knob)를 고정하여 두고, 피복제가 다른 6종류의 용접봉을 사용하여 용접 작업성을 비교하여 보았다. 수심 2m 수조 내부 설치한 작업대에 용접 지그 (welding jig)를 장착하고, 여기에 시험편을 고정하였다. 용접 아크의 시작과 발생은 피복제의 종류에 따른 차이점은 발견 할 수 없었으나, 수중 용접 중의 아크 안정성은 약간의 차이가 있었으나, 용접 자체에는 큰 영향이 없는 것 같았다.

그러나 용접기 조건을 Table 5의 습식 수중 용접 조건에 고정한 상태에서도 용접봉의 종류에 따라서 HP-VEE program의 실시간으로 실측된 전압과 전류를 Fig. 4에 나타내었다. 상당한 차이가 있었으며, 피복제의 성분에 따라서도 영향이 있다는 것을 실증 할 수 있었다. 그러나 본 실험 연구의 범위 내에서는 수중 수동 아크 용접에 있어서 별다른 문제없이 용접을 할 수 있었다.

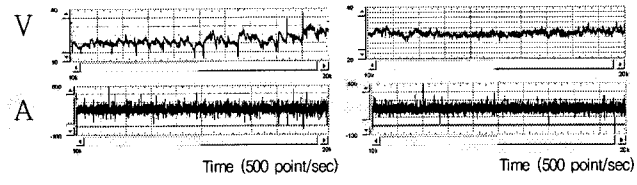
다층 용접의 중간에 물 속에서 와이어 브러쉬(wire brush)와 치핑 해머(chipping hammer)로 슬래그를 수동으로 제거하였다. KSKR 용접봉의 수중 슬래그 제거 작업이 가장 힘들었으며 시험 제작한 UWEB 용접봉이 UWEA 용접봉보다는 수중에서 슬래그 제거가 용이하였으며, 슬래그 형상은 수입한 수중 용접봉 JPUW와 서로 비슷한 모양이 되었다.



(a) KSKR and KSKT welding electrodes



(b) UWEA and UWEB welding electrodes



(c) USBL and JPUW welding electrodes

Fig. 4 Oscillograms by underwater wet arc welds for various welding electrodes

4.2 용접부 조직

Photo 1은 다층 용접한 시험편의 마크로 단면 조직 사진을 나타내고 있다. 김복인 등이 제작한 UWEA 및 UWEB 용접봉의 단면 조직이 시판 중인 KSKR 및 KSKT 용접봉보다 다소 양호한 상태를 보였고 용접봉의 종류에 따른 상이점보다는 잠수사 겸 용접사의 기능 기술의 영향이 크게 작용한 결과라고 사료된다.

Photo 2는 Table 5와 같은 용접 조건으로 수중에서 수동으로 습식 다층 아크 용접 실험한 시험편의 용접 경계 부분의 단면에 대한 현미경 조직 사진으로, 각각의 용접봉에 대한 용접금속부와 본드부 및 열영향부로 나누어 나타내고 있다.

(a) KSKR (b) KSKT (c) UWEA

(d) UWEB (e) USBL (f) JPUW

Photo 1 Macrostructures of underwater wet welds

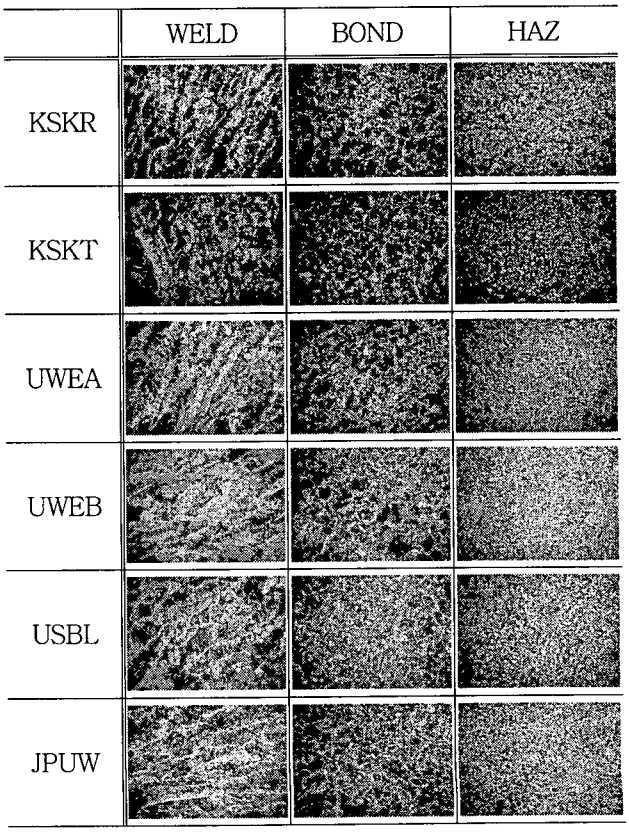


Photo 2 Microstructures of underwater wet welds

용접금속부(WM)는 용가제(용접봉)에 모재의 일부가 녹아 합쳐져서 응고한 부분으로 주조조직을 보이며 용융지 밑 부분에서 직접 내부에 온도구배에 따르는 주상정이 성장하여 일반적인 ingot에서 나타나는 내부의 입상정은 볼 수 없다. 또한 용접금속부는 급냉으로 인하여 침상의 마텐사이트 조직과 일부 위드만스태탠 (widmanstatten) 조직도 혼합되어 있는 것으로 보이고, 전체적으로 용접 금속부에서는 덴드라이트 주조조직이다. 용착금속부에 접하는 본드부(BM)는 융점까지 가열된 부분으로 결정립이 조대화된 위드만스태탠(widmanstattan) 조직으로 각 용접봉에 따른 조직적으로 큰 차이는 찾아 볼 수 없다. 본드부는 가장 경화하는 영역으로 용접균열이 발생하기 쉽고 노치 인성도 저하하는데, UWEB가 다른 용접봉에 비해 본드부의 영역이 좁아 기계적 특성면에 있어서 타 용접봉보다 양호하리라 생각된다. 열영향부(HAZ)는 다층용접으로 인해 용접부가 재가열되면서 노말라이징 (normalizing) 열처리되어 미세화 되었다.

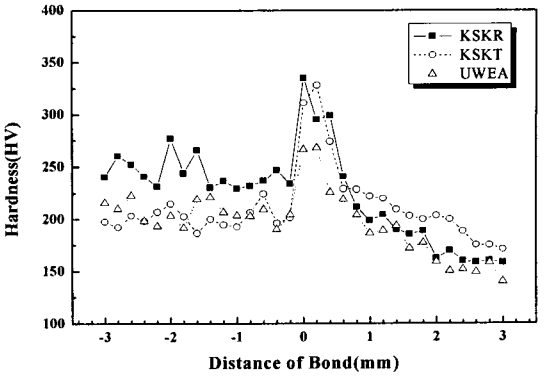
4.3 경도 분포

습식 수중 아크 용접 실험을 한 후 습식 수중 아크 용접시의 열 영향부에 대한 경도 분포를 측정하기 위해 마이크로 비커스 경도기(micro- Vickers hardness tester)에 의해 경도 시험을 실시하였다. 각 시편의 경도 측정은 모재 표면에서 1mm 내부의 점을 측정 점으로 선정하여 각각 0.2mm 간격으로 측정하였다.

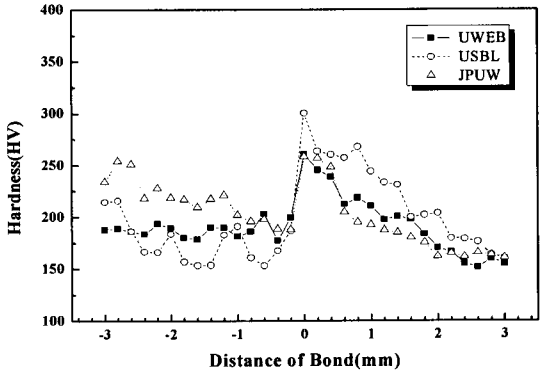
Fig. 4는 Table 5와 같은 용접 조건으로 다층 맞대기 이음 용접한 시편이 열 영향부에 대한 미소 경도 분포 상태를 나타낸 것으로 용접봉의 종류별로 열 영향부의 경도치를 나타내고 있다.

습식 수중 다층 용접 시 용접봉의 종류에 관계없이 전반적으로 본드부(bond)에서 급격히 경도 값이 상승되었고 용접부, 본드부 및 열영향부에 대해 용접봉 UWEA와 UWEB가 용접봉 KSKR과 KSKT에 비해 낮은 경도 값을 나타내어 수중에서의 급냉에 의한 경도 상승에 대해 양호함을 알 수 있다. 그리고 용접봉 UWEB가 다른 용접봉에 비해 경도분포가 가장 양호함을 알 수 있다.

6 종류의 각각 다른 용접봉을 사용하여 시험한 결과 습식 수중 용접시의 열영향부에 대한 경도 분포는 용접봉의 종류에 관계없이 전반적으로 모재부에 비해 높게 나타났다.



(a) KSKR, KSKT and UWEA welding electrodes



(b) UWEB, USBL and JPUW welding electrodes

Fig. 4 Hardness distributions of Underwater wet welds for comparison of various welding electrodes

4.4 용접부의 부식 특성

용접부에 대한 용접부, 열영향부 및 모재부에 대한 전기화학적 부식특성을 알아보기 위해 동전위 분극 시험의 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

각 용접봉에 대해 부위별 개로전위를 측정함으로서 환경조건에 따라 전위차에 의한 전지작용부식의 경향을 알아보았다. 즉 전위가 높은 부위가 음극으로 되고, 전위가 낮은 부위가 양극으로 작용하여 환경조건에 따라 양극으로 작용한 부위가 부식에 민감하다.

Fig. 5(a)는 모재에 대한 KSKR 용접봉에 의해 용접된 용접부와 열영향부의 부식 특성을 알아보기 위한 분극 곡선을 나타낸 것이다.

모재, 열영향부 및 용접부의 개로전위가 모두 비슷한 값을 나타내고, 모재와 용접부의 전류밀도 역시 비슷한 값을 보였다. 그러나, 양극분극 후 약

-350 mV/SCE의 전위에서 열영향부가 나머지의 전류밀도보다 더 많이 배류된다.

Fig. 5(b)는 모재에 대한 KSKT 용접봉에 의해 용접된 용접부와 열영향부의 부식 특성을 알아보기 위한 분극 곡선을 나타낸 것이다.

용접부의 개로전위가 모재부의 개로전위보다 귀전위화되고 있고 개로전위 하에서 용접부 및 열영향부는 모재부의 전류밀도와 거의 비슷한 값을 보이고 있다. 그러나 양극전위가 높아짐에 따라 양극전위 약 -300mV 에서부터 용접부와 열영향부의 전류밀도는 모재부의 전류밀도보다 더 많이 배류된다.

Fig. 5(c)는 모재에 대한 UWEA 용접봉에 의해 용접된 용접부와 열영향부의 부식 특성을 알아보기 위한 분극 곡선을 나타낸 것이다.

열영향부와 용접부의 개로전위가 모재부의 개로전위보다 귀전위화되고 개로전위 하에서의 전류밀도는 모두 비슷하게 배류된다. 양극분극 후 약 -400 mV/SCE의 전위에서 용접부와 열영향부의 전류밀도가 모재부의 전류밀도보다 더 많이 배류된다.

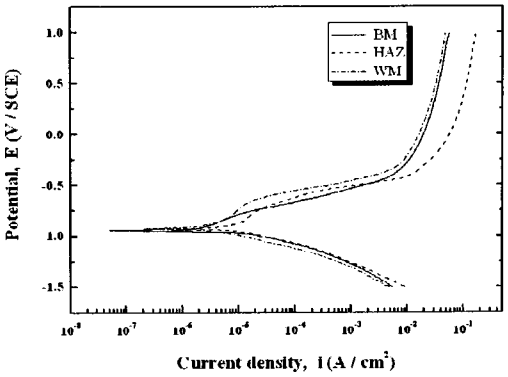
Fig. 5(d)는 모재에 대한 UWEB 용접봉에 의해 용접된 용접부와 열영향부의 부식 특성을 알아보기 위한 분극 곡선을 나타낸 것이다.

모재, 열영향부 및 용접부의 개로전위가 모두 비슷한 값을 나타내고, 개로전위 하에서의 전류밀도 역시 거의 같게 배류된다. 그러나, 양극분극 후 약 -350 mV/SCE의 전위에서 열영향부가 나머지의 전류밀도보다 더 많이 배류된다.

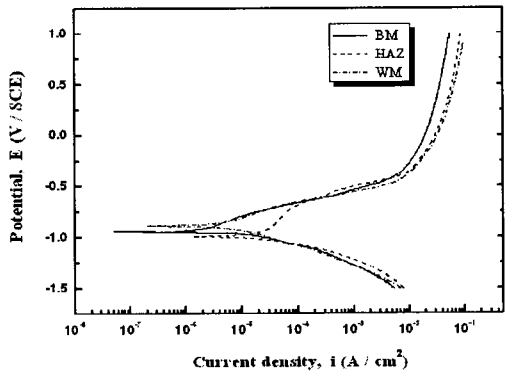
Fig. 5(e)는 모재에 대한 USBL 용접봉에 의해 용접된 용접부와 열영향부의 부식 특성을 알아보기 위한 분극 곡선을 나타낸 것이다.

용접부의 개로전위는 모재부의 개로전위와 거의 비슷하게 나타나지만 열영향부의 개로전위는 모재부의 개로전위보다 귀전위화되고 있다. 개로전위 하에서도 마찬가지로 용접부의 전류밀도는 모재부의 전류밀도와 거의 비슷하게 배류되지만 열영향부의 전류밀도는 모재부의 전류밀도보다 더 많이 배류되고 있다. 양극분극 후 약 -400 mV/SCE의 전위에서 용접부와 열영향부의 전류밀도는 모재부의 전류밀도보다 더 많이 배류된다.

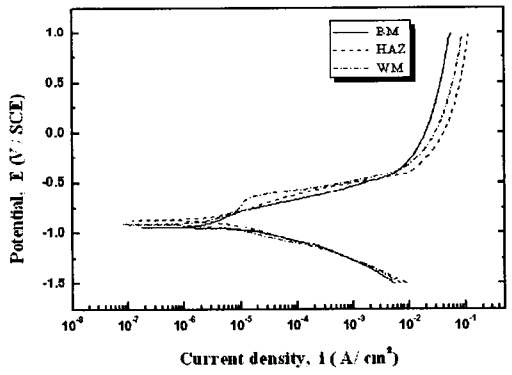
이상의 결과로부터 UWEB에 있어서 모재에 대한 타 부위와의 개로전위차가 가장 적어 부식에 대한 민감도가 가장 양호함을 알 수 있다.



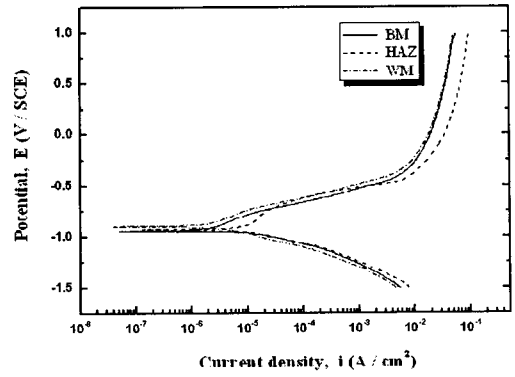
(a) KSKR electrode



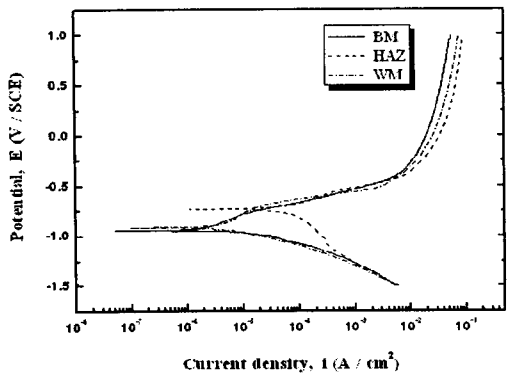
(b) KSKT electrode



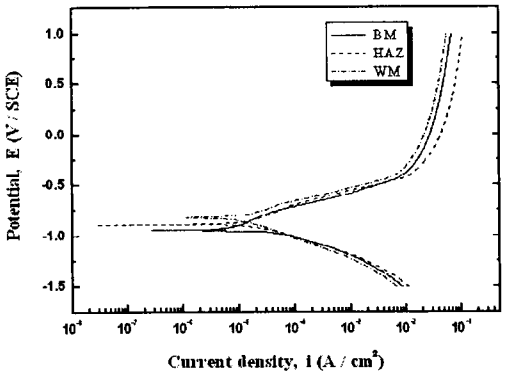
(c) UWEA electrode



(d) UWEB electrode



(e) USBL electrode



(f) JPUW electrode

Fig. 5 Polarization curves of BM, HAZ and WM in underwater wet welds using various welding electrodes

5. 결 론

본 연구는 김복인 등이 자체적으로 설계 제작한 수중 용접 장치에서 선체용 압연강판(KR-RA강)에 대한 습식 수중 피복 아크 용접시의 용접성을 확인하고, 용접 열영향부와 용착금속부의 모재부에 대한 부식특성을 규명하고자 하였다.

공기 중에서 사용되고 있는 일반 용접봉(KSKR, KSKT)과 수중 용접봉 (UWEA, UWEB) 및 국외에서 수입한 용접봉(USBL, JPUW)을 비교 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 아크 안정성, 슬래그 박리성, 스패트 발생 및 비드형상 등의 측면에서 JPUW 용접봉의 경우가 가장 양호하였고 UWEB가 KSKR 및 KSKT보다 더 양호한 결과를 얻었다.
2) 각 용접봉에 대한 시편의 단면미시 및 현미경조직은 모두 유사한 모습을 나타내었지만 UWEB의 경우 용접부에 대한 기계적 특성에 가장 큰 영향을 미치는 본드부의 간격이 다른 용접봉에 비해 좁았다.
3) UWEB 및 JPUW가 다른 시험편과 비교하면 융착부와 모재의 경도값의 차이가 적어 보다 안정된 양호한 기계적 성질을 나타내고 있다.
4) UWEB가 다른 용접봉에 비교하여 융착부에서 가장 낮은 경도를 가짐으로 분극개로전위차가 가장 낮은 상관관계를 가짐으로 부식의 민감도가 낮은 내식성을 갖고 있음을 알수있었다.

참고문헌

1. J. S. Chung, 1987, "Technologies for petroleum and mineral", J. of OET, Vol. 1, No. 1, pp. 10~20.
2. H. C. Cotton, 1983, "Welding underwater and in the splash zone a review", Proceedings of the of Int. Conference, IIW, pp. 4~48.
3. A. E. Asnis, I. M. Savich, 1983, "The new method of mechanized underwater welding", Proceedings of the Int. Conference, IIW, pp. 311~317.
4. D. G. Howden, 1984, "Behavior of hydrogen in arc welded pools", Welding Research Supplement, Vol. 61, No. 4, pp. 103s~108s.
5. D. Ogden, 1993, "School brings wet welder training on-site", Welding journal, pp. 54~56.
6. 오세규, 김민남, 1987, "TMCP강의 습식수중 아크 용접성에 관한 고찰", 대한용접학회지, 제5권, 4호, pp. 28~35.
7. ANSI/AWS D3.6M, 1999, "Specification for Underwater Welding". pp. 1~91.
8. AWS, 1976, "Welding Handbook", 7th Edition, Vol. 1, Fundamentals of Welding, pp. 59~70
9. 김복인, 2003, "습식 수중 용접봉 개발에 관한 연구", 박사학위논문, pp. 14~15.