

SWS490강의 습식수중용접특성

The Underwater Wet Welding Characteristics of SWS490 Steel

Gi Yong Choi , Sang Yul Lee , Byung Hoon Lee*

Hankuk Aviation University, Materials Engineering Department

*Korea Institute of Machinery and Metals

ABSTRACT

The characteristics of underwater welding of SWS490 steel were investigated. The bead-on-plate type welding with one or three pass using ilmenite and water-proofed type electrodes was performed by varying welding currents and the sizes of electrodes used. The amounts of hydrogen absorbed into the weld metal were measured according to the JIS Z 3118 specification and the results were interpreted in terms of the cold cracking behaviours of the welded steel. The microstructural changes as well as the microhardness distribution after underwater welding were also investigated using Vickers microhardness tester and S.E.M (scanning electron microscopy) and O.M (optical microscopy). The results indicated that the cold cracking could be avoided by three pass welding under low current with an electrode with a small diameter.

1. 서론

현재 개발되어있는 수중용접 기술은 습식 수중용접법(underwater wet welding method), 건식 수중용접법(dry chamber welding method) 및 국부건식 수중용접법(local cavity underwater welding method)등으로 대별된다.⁽¹⁾ 이러한 용접법들은 용접방식의 차이에 따라 각각의 특성과 문제점이 대두되고 있다. 습식 수중용접(under-water wet welding)인 수중 SMAW용접은 용접시에 주위의 물에 의한 용접부의 급냉으로 인하여 용접금속 및 열영향부가 모재에 비해 현격히 경화되어 대기중 용접에 비하여 용접열영향부의 경도가 상승하고 blow hole이나 냉간균열등 많은 용접결함이 발생하게 된다. 또한 높은 arc열에 의하여 수중 용접부는 oxygen이나 다량의 확산성수소(diffusible hydrogen)가 침입하게 된다.^(2,3) 특히 강 용접의 저온균열을 발생시키는 주 원인으로 확산성 수소가 관여되는 경우가 많고 피복아크 용접봉을 사용한 습식수중용접시에는 높은 arc열에 의한 주위의 물의 분해에 의해 대기중용접에 비해 용착금속 중에 다량의 수소가 용해되어 급냉되므로 수소에 의한 용접열영향부의 경화가 생기게 된다.^(4,5,6,7) 본 연구에서는 TMCP(Thermo-Mechanical Controlled Process)처리한 SWS490강의 저수심 습식 수중용접특성을 분석하고자 E4301(일미나이트계) 피복용접봉과 수중용접봉⁽⁸⁾을 사용하여 수중에서 1-pass 또는 multi-pass bead-on-plate 용접^(4,3,6)을 실시하였을 때 각각의 용접조건에 따른 확산성 수소량을 측정하고 이 확산성 수소가 수중용접부 냉간균열에 미치는 영향을 알아보았다.

2. 실험방법

본 실험에서는 TMCP(Thermo-Mechanical Controlled Process)처리한 18mm두께의 SWS

490 강판을 사용하고, 시험편은 JIS Z 3118 규격⁽⁹⁾에 의거했으며, 용접봉은 3.2mm, 4.0mm, 5.0mm지름의 ilmenite계 electrode(E4301)와 방수처리한 수중용접봉을 사용하였다. 본 연구에서는 100×100×85cm의 수조내부에 용접지그를 설치하여 모재를 고정한 후, 습식 수중 수동 SMAW용접을 실시했으며 용접중에는 상수도를 계속하여 공급하여 수조내부의 물을 순환시켜 수온을 일정하게 유지할 수 있게 하였다. 실험에 사용한 용접기는 수하특성의 직류용접기로서 용량은 500A이며, 직류정극성(DC-SP)을 사용하였다. 전류계와 전압계를 사용하여 용접전압과 전류를 측정할 수 있게 했으며 수중용접중 전기적 안정도를 유지 하였다. 수면에서 용접위치까지의 깊이는 수심 5m(수압 0.5atm)까지는 저수심 수중용접에 있어서 깊이의 영향이 거의 없다는 결과⁽¹⁰⁾에 따라 100mm수심에서 수평하향식 bead-on-plate용접을 실시 하였다. 또한 확산성 수소량을 측정하기 위해, 본 실험에서는 글리세린 치환법(JIS Z 3118)을⁽⁹⁾ 사용하였다. 또한 용접완료후의 포집개시까지의 시험편의 취급 방법과 처리 시간은 수소량 측정에 커다란 영향을 미치게 되므로, 작업이 무리되지 않는 범위에서 용접완료 후 시편을 급냉하여 포집까지의 시간을 단축하였다. 포집기의 형상은 일반적으로 bell형의 것을 사용하였고 방출 가스의 부상을 쉽게 하기위해 4mm전후의 내경의 포집관을 사용하였다. 또한 확산성 수소에 의한 용접부의 냉간균열의 여부를 조사하기 위해서 시험편을 용접 실시한 후 72시간동안 상온에서 방치한 후 시편을 종단으로 절단하여 경면연마를 한 후 nital 2% 용액에 etching 을 하고 SEM 과 광학현미경으로 냉간균열을 조사하였다. 그리고 용접부의 횡단면 경도분포와 최고경도분포를 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1 미세조직분석

TMCP처리한 SWS490강을 습식 수중 SMAW 수동용접을 실시했을 때 미세조직을 관찰한 결과 HAZ부에서는 martensite, bainite, pearlite 및 소량의 입계 ferrite가 관찰되었으며 용착금속부의 조직은 조대화된 dendrite조직이 생성되며 bond부위로부터 열영향부에서는 다량의 martensite조직이 관찰 되었다. 또한 bond부의 조립역에서 모재부위로 갈수록 세립의 조직이 분포되어 있으나, 용접조건이나 용접비드수는 용접조직에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 관찰되었다.

3-2. 수중용접부 횡단면 경도분포

습식 수중용접부는 주위의 물에의한 급냉효과나 탈산성분의 잔류로 인하여 대기중 용접부보다 훨씬 경화된다. 일미나이트계 용접봉을 사용하여 TMCP처리한 SWS490강의 bead-on-plate 습식 수중용접을 한 시험편의 1mm깊이에서 횡단면 경도 분포를 측정해본 결과 모재의 열영향부에서는 최고 경도치 400Hv를 나타내고 있으며 용착금속이나 모재에 비하여 현저히 경화가 되어있고, 모재와 용착금속 부위에서는 경도값이 170Hv정도로 유사하게 나타났다. 또한 입열량 변화에 따른 용착금속부 횡단면 경도분포에는 차이가 없었다.

3-3 확산성 수소량 측정결과

Fig. 1에 TMCP처리한 SWS490강의 각각의 용접조건에서 용접봉 종류와 비드수에 따른 확산성 수소량을 측정한 결과를 나타내었다. 용접전류가 증가함에 따라 확산성 수소량이 증가하는 것으로 나타났으며, 이러한 용접전류의 증가에 따른 확산성 수소량의 증가는 용입의 증대에 의한 것이라고 사료된다. 또한 방수처리된 용접봉을 사용하여 수중용접하는 경우에

일미나이트계 용접봉을 사용하는 경우보다 용착금속내에 함유된 확산성 수소량이 감소됨을 알 수 있다. 또한 각각의 용접조건에서 용접비드 수에 따른 확산성 수소량도 비드수가 증가함에 따라 확산성 수소량이 현저히 감소됨을 알 수 있으며, 이것은 용접비드 수가 증가함에 따라 tempering 효과에 의해 확산성 수소가 외부로 방출됨에 따라 감소된 것으로 사료된다. 또한 방수처리된 용접봉보다 Multi-pass에 의한 확산성 수소의 감소가 더 효과적임을 알 수 있다.

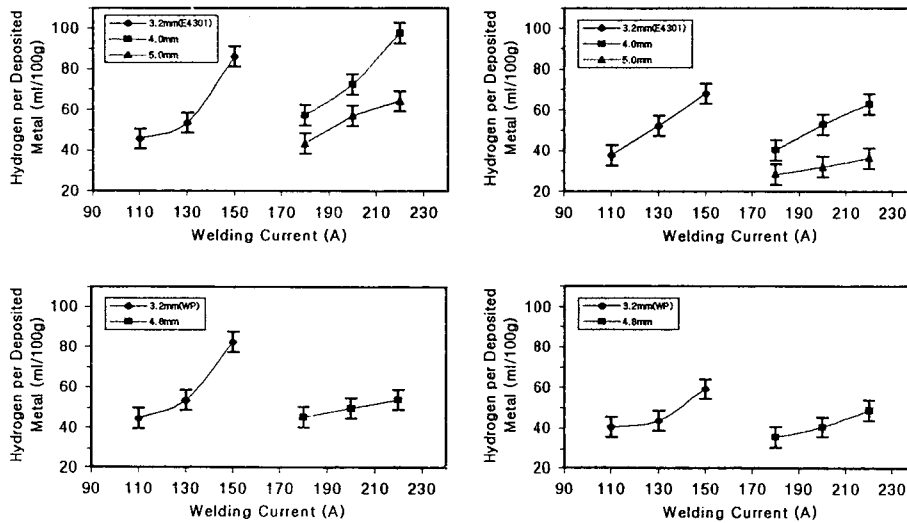


Fig. 1 Effect of welding current on diffusible hydrogen content of welds(a)E4301(1-pass), (b)E4301(3-pass), (c)Water-proofed electrode(1-pass), (d)Water-proofed electrode(3-pass)

3-4. 확산성 수소에 의한 습식 수중용접부 냉간균열

습식 수중용접부에 있어서는 주위의 물이 arc열로 인하여 분해되어 용접부에 다량의 확산성 수소가 침입하기 때문에 용착금속부 및 HAZ에 수소 취성이 일어나 대기중 용접 보다 쉽게 균열을 유발시킨다. 본 연구에서는 일미나이트계와 방수처리된 용접봉을 TMCP처리한 SWS490강재에 습식 수중용접을 실시 했을 때 용접 조건에 따른 용접부의 냉간균열의 유무를 관찰하였다. TMCP처리한 강재는 비교적 낮은 전류인 110A에서 방수처리된 수중용접봉을 사용한 저전류 multi-pass 용접에서 냉간균열이 발생되지 않았다.

4. 결론

- (1) 용접입열량, 용접전압은 용접전류 증가에 따라 1차 함수적으로 증가한다.
- (2) 최대 용접전류 240A일 때 36V정도 이므로 수중용접 작업시 인체에 큰 충격을 주지는 않을 것으로 사료된다.
- (3) 용접 조건하에서 열영향을 가장 많이 받는 HAZ부에서 최고 경도 400Hv~410Hv정도로 모재나 용착 금속부 보다 현격히 경화 되어 있는 것을 볼 수 있다.

- (4) 적정전류 범위에서 수소 측정된 결과 E4301보다 water-proofed electrode가 더 확산성 수소량을 감소 시킬 수 있지만 Multi-pass에 의한 확산성 수소량 감소 효과가 훨씬크게 나타났다.
- (5) 동일 전류를 사용할 경우 용접봉 지름이 커짐에 따라 확산성 수소량이 감소하는 것을 알 수 있다.
- (6) 냉간 균열을 방지하기 위해서는 낮은 입열량에서 용접을 실시하고, multi-pass 용접이 효과 적임을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) Welding Underwater and in the splash Zone a review Prov. of Int. Conf. IIW, 4-48 Cotton, H. C.(1983)
- 2) "Implant Welding Testing for High Strength Steel", Study on Wet Underwater Welding, Hideo Yara and Yasuji Makishi, Vol. 3, 1985
- 3) "Feasibility of Covered Electrode", Study on Wet Underwater Welding, Hideo Yara and Yasuji Makishi, Vol. 1, 1983
- 4) "On Underwater Gravity Arc Welding", Atsushi Hasui and Yasuo Suga, Vol. 43, 1974
- 5) "Impact Values and Fatigue Strength of Weld Metals of High Strength steel", Study on Wet Underwater Welding, Hideo Yara and Yasuji Makishi, Vol. 2, 1984
- 6) "The Effect of Cooling Rate on Mechanical Properties of Underwater Wet Welds", Yasuo Suga, Vol. 5, 1987
- 7) "Shielded Metal-Arc Welding Underwater with Iron Power Electrodes", BY E. A. SILVA AND T. H. HAZLETT, Welding Journal, June, 1971
- 8) "Underwater wet welding mild steel with nickel base and stainless steel electrodes" BY E . P . SADOWSKI, Welding Journal, July, 1980
- 9) "Method of Measurement for Hydrogen Evolved from Steel Welds", JIS Z 3118, Vol. 1, 1992
- 10) 蓮井淳, 菅泰雄 : 水中鎔接部の氣孔生成について. 日本鎔接學會誌. 50(12). 1981