

**용접구조용 압연 강재 및 기계구조용 탄소강재의
용접에 관한 연구**
**(A Study of Welding of Rolled Steel of SWS50
and Carbon Steel of SM45C)**

이 완 규, 고 진 현

이 완 규(한국기계공업진흥회 직업전문학교), 고 진 현(한국기술교육대학교)

1. 서론

화물 적재용으로 트럭에 장착된 크레인의 한 부품인 붐(boom)이 용접으로 보강되고 있다. 이때 사용되는 재료가 SM45C와 SWS50이다. 지금까지 크레인 제조업체에서는 이 부분을 용접 후 열처리하고 있으나 as-welded 상태로 사용 가능하다면 비용절감 차원에서 상당한 도움이 될 것이다. 또한 더블 스윙기어(double swing gear)내에 사용되고 있는 부품 중 랙기어(rack gear)는 재질이 SM45C로서 지금까지 부품을 가공할 때 상당한 가공비와 재료소모가 있었다. 이것을 분리하여 가공후 용접을 한다면 재료비 뿐만 아니라 가공비도 절감될 것이다.

SM45C와 SWS50의 용접에 사용되고 있는 용접방법으로는 SMAW, GMAW, SAW, FCAW 등이 있다. 본 연구에서는 용접부의 기계적 성질을 향상시키기 위하여 점차 사용이 증대되어가고 있는 FCAW를 사용하였다. 용접부의 기계적 성질은 용접 후 냉각 중 상변태를 통하여 생성된 페라이트형상에 의하여 크게 영향을 받는다. 이들 중 강 용접부의 저온 인성과 강도는 아시쿨러 페라이트(acicular ferrite) 생성량과 관계가 있음은 잘 알려져 있다. 용접부의 아시쿨러 페라이트는 용접시 사용된 보호가스에 의하여 영향을 받는다.

다층 패스 용접에서 용착금속은 후속비드에 의해 선행비드는 다양한 온도로 영향을 받기 때문에 미세 조직은 용착된 상태(as-deposited)의 용접부와는 차이가 있다. 이와같이 다층 패스 용접을 하는 것은 용착된 상태의 용접부와 비교하여 미세조직 및 기계적 성질이 개선되기 때문이다. 또, 용접금속의 인성은 연속적인 재열과정으로 개선된다. C-Mn강에서는 다층패스 용접부의 재열영역이 클수록 인성이 증가하였다는 보고도 있지만 입열량이 아주 높을 때는 재열된 용접 금속량이 크게 증가 됨에도 불구하고 인성이 크게 감소하였다는 보고도 있다.

본 연구에서는 용접 구조용 압연강재인 SWS50과 기계구조용 탄소강재인 SM45C를 이용하여, SWS50-SM45C와 SM45C-SM45C의 용접에서 입열량을 0.6KJ/mm, 0.9kJ/mm와 1.2KJ/mm의 세가지 조건을, 보호가스로는 100% CO₂, 75%CO₂+25%Ar, 50%CO₂+50%Ar을 이용하여 다층 용접을 하였고 이들 조건에 따라 나타나는 미세조직과 기계적 성질 및 인성과의 관계를 조사하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 실험에서 사용된 모재는 두께 12mm의 기계 구조용 탄소강재(SM45C)와 용접 구조용 압연 강재(SWS50)였으며 AWS A5.20 E71T-1에 해당하는 MAG 용접용 플럭스 코어드 와이어 직경 1.2mm를 사용하였다. 보호가스로는 Ar과 CO₂가스를 사용하여, 100%CO₂, 75%CO₂+25%Ar, 50%CO₂+50%Ar의 비율로 혼합하였고 보호가스 유량은 20 ℓ/min였다.

본 실험에 사용된 용접장치는 CO₂/MAG용 350A 직류 용접기를 사용하였고 용접속도 및

와이어 공급을 자동으로 일정하게 조정할 수 있는 장치를 부착하였다. 시험편은 길이 450, 폭 300, 두께 12mm의 강재를 반자동 가스 절단기를 사용하여 30도로 가공하고 그라인더를 사용하여 가공면을 다시 한 번 가공한 뒤 양쪽 끝을 3mm 간격으로 띄웠으며, 이면에는 FCAW용 세라믹 이면재를 부착하였다. 시험편 양쪽 끝을 가접하고 역변형을 약 5도 정도로 준 상태에서 각 조건별로 용접하여 시편을 제작하였다.

본 실험에서는 0.6, 0.9, 1.2 kJ/mm의 세 가지 입열량을 갖도록 용접 전류, 전압 및 용접 속도 등의 파라메타를 조정하였다. 아크 길이는 15-20mm로 유지하였고 용접 패스간 층간 온도는 약 50 °C로 유지하였다.

조건 별로 두 개의 시편 용접을 한 것에서 전용착 금속의 기계적 성질을 조사하기 위하여 longitudinal-direction과 용착 금속과 모재의 기계적 강도를 비교하기 위해 transverse-direction의 시편을 각기 1개씩 2개를 band saw machine으로 절단하여 수직 밀링 머신으로 가공한 후 cross head 속도 20mm/min로 인장 시험하였으며, 시험편 규격은 KS B0801에 따라 하였고 인장 시험기로는 30 ton급 유압식 만능 재료 시험기를 사용하였다.

미세 조직 검사에 사용되었던 시편을 이용하여 버커스 미소 경도 시험을 하였는데, 시험 장비는 일산 (MATSUZAWA SEIKI, MHT-2)을 사용하였으며, 용접 입열에 따라 발생된 용접부 및 모재의 경도는 두께 방향으로 시편 중심에서 좌·우로 각 1mm 간격으로 시행하였으며, 미소 경도 시험에서 사용된 하중은 300g, 압입 유지 시간은 10초였다.

용착 금속의 인성을 조사하기 위한 샤르피 충격 시험은 완료된 시편을 용접 방향에 대하여 직각으로 KS B0809에 따라 가공하였으며, V형 노치는 용접부 중앙에서 두께 방향으로 45 ° 노치 커터를 이용하여 가공하였다. 충격 시험의 온도는 -60°C, -40°C, -20°C, 0°C, 상온(실내온도15°C)과 같이 5단계로 나누어서 하였으며, 저온을 유지하기 위하여 사용된 냉매는 공업용 메틸알코올과 드라이 아이스와의 혼합물이었으며, 시험 장비로는 charpy impact tester(Keungdo. kdi300-2, 30kg · f · m)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

대체로 E71T-1와이어는 티타니아계(산성 슬래그 시스템)로서 아크가 부드럽고 안정하며, 스패터가 적으며, 박리성이 좋은 슬래그가 비드를 균일하게 덮기 때문에 양호한 비드와 관과 형상을 얻을 수 있었다. 본 실험에서 사용된 혼합가스에 따른 용접 특성을 비교하면 다음과 같다. CO₂ 보호 가스의 양이 많아질수록 거친 비드가 형성되었고, spatter도 많아졌고 또한 볼록 비드가 형성되었으며, 용입은 깊어졌다. Ar 가스의 혼합비율이 많아질수록 아크가 더욱더 부드러워졌으며 스패터도 적어졌고 비드의 퍼짐성이 좋아졌다. 용접의 입열량에 따라 살펴보면 입열량을 높일수록 슬래그 박리성이 좋아졌고, 비드 폭이 넓게 되고 용입이 깊게 되었다.

longitudinal-direction과 transverse-direction으로 용접된 시편을 인장 시험하여 본 결과 인장 강도의 값은 longitudinal-direction에서 높았고, 입열량이 0.9kJ/mm일 때 longitudinal-direction은 입열량 0.6kJ/mm과 비교하여 조금 높아지거나 거의 같았고, 입열량이 1.2kJ/mm일 때는 모재 SWS50 + SM45C와 SM45C + SM45C 용접부에서 인장 강도가 감소하였다. 이는 미세 조직의 조대화에 기인한 것으로 사료된다. 보호가스의 변화에 따른 인장 강도는 100% CO₂를 사용하였을 때가 CO₂ + Ar 가스를 사용하였을 때보다 강도가 높았다.

SWS50 + SM45C와 SM45C + SM45C의 용접에서 입열량에 따라서 살펴본 결과 0.6kJ/mm일 때 경도가 가장 높고, 1.2kJ/mm 일 때 경도가 가장 낮았다. 이것은 입열량에

따른 냉각 속도의 변화 때문으로 생각된다. 다시 말하자면 입열량이 낮아 냉각 속도가 빨라지면 경도가 높아지고, 반대로 입열량이 높아서 냉각 속도가 느려지면 경도가 낮아진다.

충격값은 SWS50 + SM45C 용접에서는 입열량이 큰 1.2kJ/mm로 용접하였을 때가 충격치가 가장 높게 나왔고, SM45C + SM45C 용접에서는 입열량이 0.9kJ/mm일 때 충격치가 가장 큰 것으로 나타났다.

4. 결론

용접 구조용 압연강재 (SWS50)와 기계 구조용 탄소강재(SM45C)의 용접에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다.

1. E71T-1와이어는 CO₂ 보호가스의 양이 많아질수록 거친 비드가 형성되며, spatter도 많아졌고 또한 불록 비드가 형성되었고 용입은 깊어졌다.

2. 인장 시험 결과 용착 금속이 많이 포함된 longitudinal-direction의 인장 강도가 transverse-direction보다 높았으며, 입열량에 따라서 보면 0.9kJ/mm일 때 가장 좋게 나타나며, 1.2kJ/mm일 때 인장 강도가 감소하였다. 이것은 미세 조직의 조대화에 기인한 것으로 사료된다.

3. SWS50+SM45C, SM45C+SM45C 모두가 입열량에 따라서 0.6kJ/mm때 경도가 높고, 1.2kJ/mm일 때 가장 낮았다. 이것은 입열량에 따른 냉각 속도의 변화 때문으로 생각된다.

4. SWS50 + SM45C 용접에서는 1.2kJ/mm로 용접하였을 때 인성이 좋아졌고, SM45C + SM45C 용접에서는 0.9kJ/mm로 용접하였을 때 인성이 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Garland, J.G. and Kirkwood, P.R : Microstructural and toughness control in low carbon weld metals, Metal Construction, Vol, 27, No(1975) ,p320
2. Lathabai, S and Stout, R.D : shielding gas and heat input effects on flux cored weld metal properties, welding journal. Vol.58. No.11(1987) pp.303-313
3. Stout, R.D : mchlaughin, P.E. and Strunk, S.S. 1969, heat treatment effects of multipass welds. welding journal 48(14) : 115-s to 160-s
4. Evans, G.M. 1982. Effect of heat input on the microstructure and properties of C-Mn all-weld-metal deposits. welding journal 61(44) : 125-s to 132-s