

가진법에 따른 탄소강 SMA 용접부 특성 변화

Characteristics of SMA weldment for carbon steel with mechanical vibration

박 태동*, 김하근, 윤중근
현대중공업(주) 산업기술연구소

1. 서 론

용접 공정을 이용한 구조물 제작시 용접부의 기계적 성질은 매우 중요하며, 이 특성은 용접 열이력에 의한 미세 조직 변화에 의해 크게 영향을 받는다. 또한, 용접을 수행하면 필연적으로 용접부에 잔류 응력 및 변형이 발생한다. 최근 용접부의 미세 조직과 잔류 응력 및 변형을 제어함에 있어 기계적 진동(vibration; 가진)을 활용한 결과가 보고되고 있다. Wu 등[1]은 Ni기 합금인 Alloy 690 용접시 기계적 진동을 이용한 GTA 용접을 수행하였다. 그 결과, 용착 금속의 미세 조직이 주상정형상에서 유사 등축정형상으로 변화되었으며, 이로 인해 강도와 용접부 잔류 응력이 동시에 감소되었음을 보고하였다. 또한, BT社 기술 자료에 의하면 제품의 공진 주파수 이하인 부 공진(Sub-harmonic) 주파수 영역에서 기계적인 진동을 가할 경우 용접부의 잔류 응력 및 변형이 감소됨을 보고하였다.

따라서, 본 연구에서는 선급용 AH36강의 수동 용접부를 대상으로 용접부 특성 즉, 미세 조직과 인장 특성에 미치는 가진 효과를 평가하고자 하였으며, 평가시 고려된 변수는 가진 주파수이다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 가진 장치는 자체 제작한 것으로서, 비대칭 캠을 회전시켜 발생하는 진동을 구조물에 인가하는 원리로 작동된다. 가진법을 이용한 용접 시험은 22mm 두께 부재를 전용 지그로 사용해 정반에 고정시켜 수행하였다. 정반을 포함한 용접 부재 취부 상태의 구조물을 대상으로 공진 주파수를 측정하였으며, 이 값을 기준으로 0~43.5Hz 조건의 시험 변수를 선정하였다. 모재는 22mm 두께 AH36 강판을 사용하였고, 용접 재료는 직경 4.0mm S-7016H를 사용해 1G 자세로 SMA 맞대기 용접하였다. 부재는 "V" 형상의 20° 각도로 개선했다. 가진 조건에 따른 용접부 특성 평가는 전 용착 금속(all weld metal)에 대한 인장 시험, 충격 시험, 경도 시험 및 미세 조직 관찰 순으로 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 가진 조건에 따른 SMA 용착 금속의 인장 특성을 보여주는데, 가진을 적용하지 않은 일반 용접부에 비해 가진 적용 용접부에서 항복 및 인장 강도는 다소 증가하였고, 연신율 및 단면 감소율은 감소하였다. 그림 2는 가진 주파수에 따른 상온에서의 SMA 용착 금속에 대한 충격 시험한 결과를 보여주는데, 가진을 적용하지 않은 일반 용접부에 비해 가진 적용 용접부에서 충격 인성치가 상대적으로 약 30 joule 정도 감소하였다. 가진 주파수에 따른 SMA 용접부의 경도 분포 평가 결과, 無 가진(0Hz) 조건에 비해 가진 조건인 39, 41 및 43.5Hz에서 용착 금속의 경도가 상대적으로 높았는데, 이는 용착 금속의 인장 시험 결과와 일치한다. 이와 같은 SMA 용착 금속의 기계 시험 결과를 종합해 보면, 가진 적용 용접부가 無 가진 용접부에 비해 강도 및 경도는 증가하고, 연신율 및 충격 흡수에너지는 감소하였다. 일반 용접부에서 강판의 두께가 동일할 경우 입열량이 감소하면 상변태 구간을 통과하는 시간 $\Delta t(800\sim 500^{\circ}\text{C})$ 가 작아져 즉, 냉각 속도가 증가함에 따라 강도는 상승하

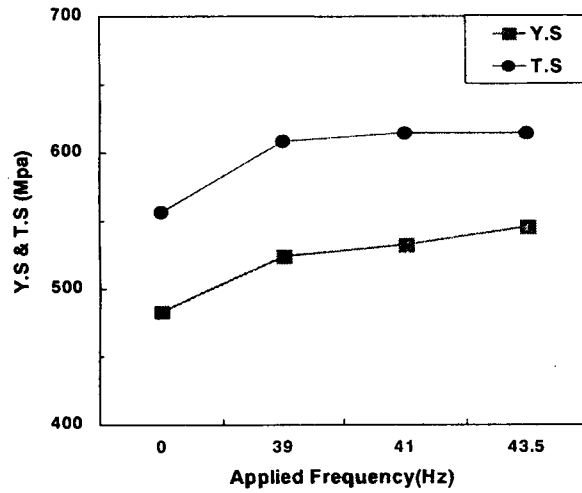
고 연신율과 충격 인성치는 감소하는 경향이 있다. 따라서, 입열량이 동일한 SMA 용접부에서 기계적 진동을 가할 경우 액체 상태의 용착 금속이 고체로 응고되는 속도가 증가함에 따라 강도 상승 및 연신율 감소 현상이 발생된 것으로 판단하였다.

4. 결 론

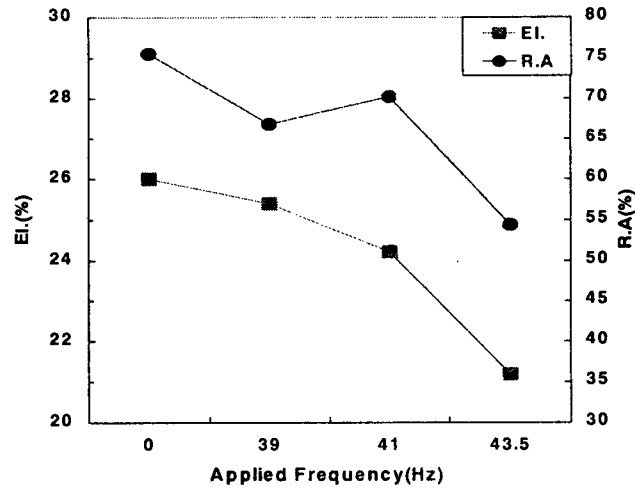
각종 가진 주파수 변화에 따른 탄소강 SMA 용접부 특성을 평가한 결과, 39~43.5Hz 가진 조건이 無 가진 조건에 비해 용착 금속의 강도 및 경도가 상대적으로 증가하였고, 연신율 및 충격치는 감소하였다.

참고문헌

1. Weite Wu, "Mechanical Behavior of Vibration-Arc-Welded Alloy 690", Materials Transactions, JIM, Vol.40, No.12, 1999, pp 1456~1460



(a)



(b)

Fig. 1 Effect of vibration frequency on tensile properties of SMA weld metal for 22mm thick AH36 steel: (a) yield and tensile strength (b) elongation and reduction of area

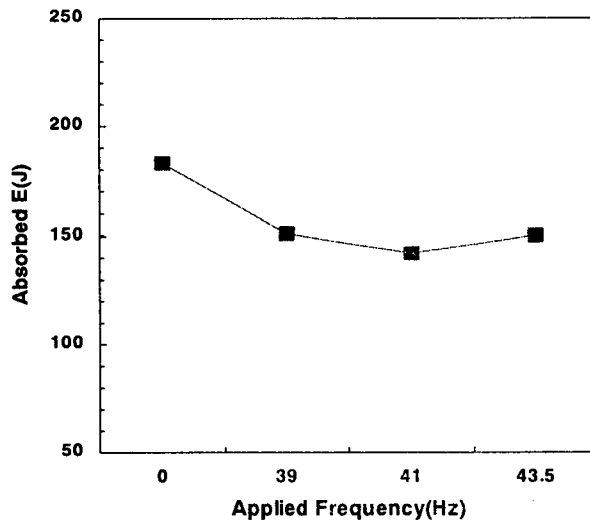


Fig. 2 Effect of vibration frequency on impact property of SMA weld metal for 22mm thick AH36 steel