

12mm 두께 세립형 고강도 강 용접부의 특성 연구

A study on Characteristics of a 12mm Thick Fine Grained Steel

윤 중근*, 박 태동, 김 광수

현대중공업(주) 산업기술연구소, 울산시 동구 전하동 1

1. 서 론

강재의 미세 조직이 미세해질 수록 강재의 강도는 증가될 뿐 아니라 강재의 인성 특히 DBTT를 크게 저하시킬 수 있다. 따라서 미세 조직을 미세하게 하면 일반 연강이나 저합금강 일지라도 고강도를 얻을 수 있기 때문에 고강도 강의 사용상 난점 중의 하나인 용접성을 해결할 수 있게 된다. 최근 국내에서도 미세 조직을 수 μm 으로 제어함으로써 용접성을 크게 개선시키면서도 인장 강도를 600MPa급으로 확보하는 세립형 구조용 고강도강(이하, 세립강)을 실험실적으로 개발하였다. 세립강을 사용하면 구조물 제작시 경량화 뿐 아니라 용접성이 개선되어 생산성도 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 하지만, 구조물 제작시 용접을 실시하면 용접 열영향부(HAZ)에서 세립화된 결정립이 용접 열로 인해 결정립의 조대화가 발생되므로 세립강 고유의 특성인 고강도 및 고인성은 소실된다. 따라서 세립강 용접부의 물성은 세립강의 사용 제한을 두게 되므로 이에 대한 평가는 공학적 측면에 있어 매우 중요하다. 물론 세립강의 물성 확보를 위한 용접 시공 및 용접 재료의 개발 역시 매우 중요하다.

본 연구에서는 금년 실험실적으로 개발된 12mm 두께의 600MPa급 세립강에 대한 용접부 특성을 평가하고자 현재 국내 중공업 분야에서 일반적으로 적용되고 있는 용접 시공법을 적용하였다. 이를 토대로 세립강의 적용 범위 및 향후 개발 방향에 대한 기반을 제공하고자 하였다.

2. 실험 방법

모재는 50mm 두께의 일반 API 65 강(0.1C-0.26Si-1.5Mn-0.016Ti-0.046Nb-0.053V)을 약 800°C에서 3단 압연하여 12mm 두께로 제조한 후 10°C/sec.의 속도로 냉각시킨 강으로 실험실에서 제조하였다. 이 세립강의 결정립은 약 5 μm 정도이었으며, 인장 강도는 약 690MPa 이었다.

용접부 특성 평가를 위하여 먼저 FCAW 기법으로 280A/31V 조건에서 입열량을 10, 20 및 30kJ/cm로 변화시켜 BOP(Bead on Plate) 용접을 실시하였으며, 이 후 용접부의 경도와 미세 조직을 평가하였다. 또한 맞대기 용접부 특성을 평가하기 위해 상용의 600MPa급 용접 재료를 사용하여 FCAW와 SAW를 실시하였다. 적용된 용접 입열은 약 10~30 kJ/cm 이었으며 FCAW의 경우 2G 및 3G 자세로, SAW의 경우 1G 자세로 용접하였다.

용접부 특성은 transverse 인장 시험, 용착부 및 HAZ에서의 충격 시험(@0°C), 1/4t 지점에서의 경도 시험으로 평가하였다. 그리고, 용접부 특성을 분석하기 위해 충격 시험후 파면과 미세 조직을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

입열량에 따른 BOP 용접부의 경도는 입열량이 증가함에 따라 용착부 및 HAZ의 경도가 감소하였다. 이는 입열량이 증가함에 따라 냉각 속도가 감소함으로써 미세 조직이 조대해지기 때문이다. 그러나 예상된 HAZ에서 용접 열에 의한 경도 저하 즉, 연화 현상은 발생되지 않았다.

용접부의 transverse 인장 시험 결과, 용접부의 인장강도는 약 570~600 MPa 정도로 모재에 비하여 강도가 저하하였으며, 공히 열영향부에서 파단되었다. 이는 Fig.1의 경도 분포에서 보여주듯이 열영향부의 연화 현상에 기인된다. 입열량이 10kJ/cm인 경우 fusion line에서 1mm 지점에서, 약 30kJ/cm인 경우 fusion line에서 2mm 지점에서 경도가 저하하는 연화 현상이 발생하였다. 이와 같은 연화부에 대한 미세 조직 관찰 결과, 10kJ/cm의 입열량인 경우에는 polygonal 페라이트 입도 크기는 모재와 유사한 크기이었으며, 약 30kJ/cm의 입열량인 경우에는 다소 페라이트 입도가 성장되었다. 따라서, 세립강 용접 열영향부에서 발생된 연화 현상은 일반 TMCP 강과 동일하게 강의 제조시 발생된 가속 냉각효과가 용접 열에 의해 소실되어 발생되었음을 알 수 있다. 따라서, 세립강 용접부의 강도를 향상시키기 위해서는 합금 설계의 개선과 가속 냉각시의 냉각 속도 제어가 필요하다.

세립강 용접부의 인성 분포를 용접 시공 방법별로 Fig.2에 도시하였다. 전반적으로 용접부의 인성은 모재에 비하여 크게 낮았으나, 규정치이며 목표인 47J 이상의 값을 보여 주고 있다. FCAW의 경우 용착 금속의 인성과 FL에서의 인성값이 유사하나, SAW는 FL의 인성이 가장 낮음을 보여 주고 있다.

4. 결론

금년 실험실적으로 개발된 12mm 두께의 600MPa급 세립강의 용접부 특성을 평가한 결과, 용접부에서는 연화 현상이 발생되었으며 용접부의 인성 역시 규정치를 만족하나 모재에 비해서는 낮다. 세립강 용접부의 물성을 향상시키기 위해서는 합금 설계의 개선과 가속냉각시의 냉각 속도 제어가 필요하다.

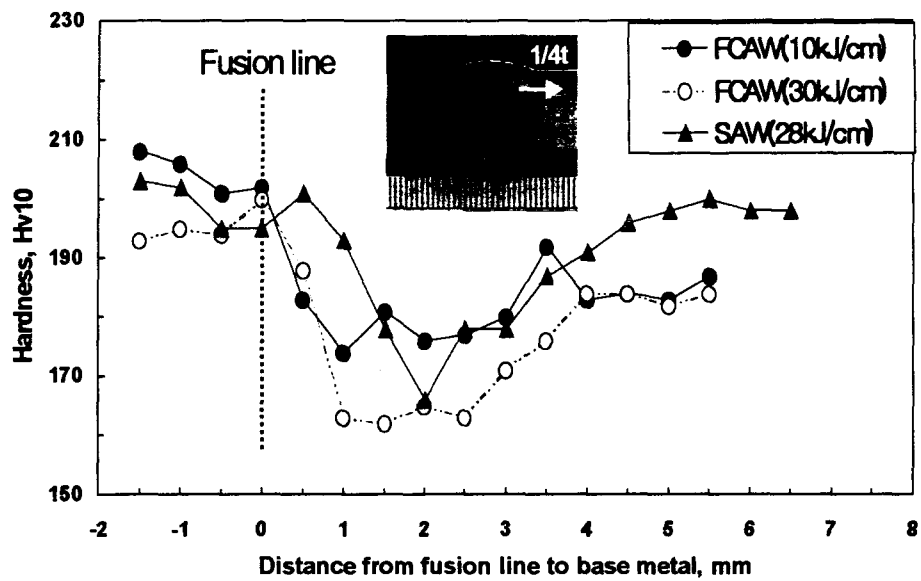


Fig.1 Hardness distribution of the butt weldment of a 12mm thick fine grained steel

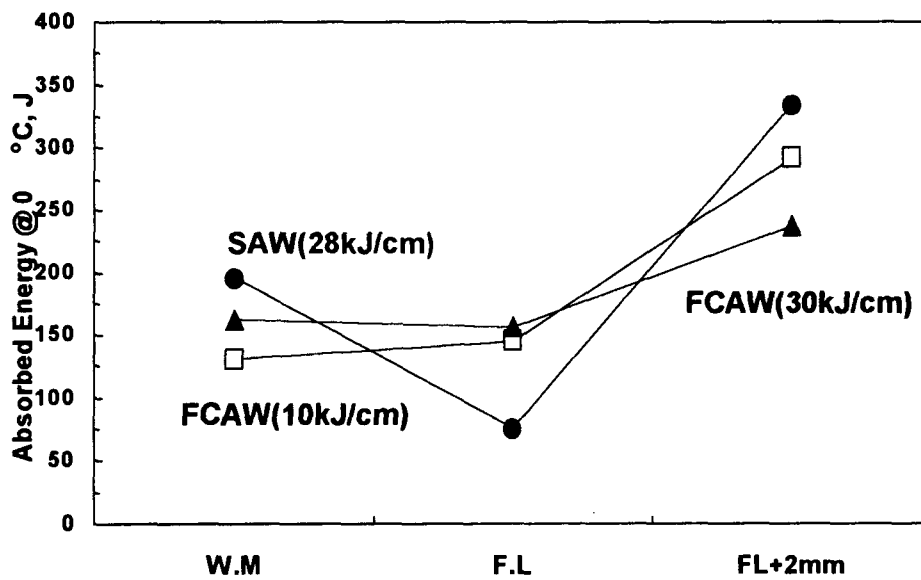


Fig.2 Charpy impact toughness at 0°C of the butt weldment of a fine grained steel