

라인파이프용 API-X70강의 SAW 용접 재료와 용접부 충격인성의 상관성

Effect of Submerged Arc Welding Consumables on the Weld Joint Impact Toughness of API-X70

김충명, 홍현욱
㈜포스코 기술연구소

1. 서 론

석유 자원의 수송 방법 중 하나인 라인 파이프를 안정적으로 이용하기 위해서는 우수한 품질의 라인 파이프용 소재와 더불어 우수한 품질의 용접 재료 및 안정적으로 적용할 수 있는 용접기술의 개발이 필수적으로 요구된다. 라인 파이프용 소재는 그 제조 공정에 따라서 비교적 큰 두께를 가진 판재 형태의 제품과 비교적 작은 두께를 가진 장척의 판재를 코일 형태로 공급하는 제품이 있으며, 그 형태에 따라서 각기 다른 조관 방법을 적용하게 된다. 대구경 강관의 제조에 이용되는 용접 방법은 코일 형태의 제품이나 판재 형태의 제품에 대하여 적용하는 어느 조관 방법이라 하여도 공통적으로 SAW(Submerged Arc Welding; 잠호용접) 용접법을 적용하게 된다.

본 연구에서는 특히 API-X70급 이상 고강도강의 대구경 강관의 조관에 적용되는 SAW에 있어서 소재와 용접 재료의 유형에 따라 용접금속 자체의 충격인성과 용접 열영향부의 충격인성 분포에 대하여 검토하여 소재의 특성에 대응하는 시판중인 용접재료를 선정하거나 새로운 용접재료의 개발 방향에 대하여 고찰해 보고자 하였다.

2. SAW 용접재료

강관의 제조에 사용되는 조관 용접법인 SAW의 용접재료는 용접금속을 형성하는 와이어(wire)와 용융된 금속을 공기로부터 차단시켜 보호하는 슬래그(slag)를 형성시키는 플럭스(flux)의 두 가지로 구성된다. 이 중에서 와이어는 특히 구조물의 설계시 가장 기본적 요구사항의 하나인 용접 이음부 강도를 우선적으로 만족시키는 역할을 수행하며, 또한 사용 환경에 따른 요구특성으로서 내식성이나 저온인성을 확보하기 위한 기능을 보

유하게 된다. 용접금속의 강도확보를 위한 가장 용이한 방법은 탄소량을 증대시키는 것이나 탄소량의 증가는 강재의 취화를 급격히 증가시켜 용접금속을 취화시키기 때문에 가능한 한 그 함유량을 낮추고 있다. 그 대신에 다른 경화성 원소들을 사용하게 되는데, 이러한 목적으로 사용되는 성분계로서는 Mn, Cr, Ni, Mo 등이 이용된다. 현재 시판중인 용접재료에서 강도 측면에서 가장 우선적으로 고려하는 것이 Mn 함유량의 증가이고, 그것이 한도에 이르렀을 때 사용하는 것으로서 Mo가 이용되고 있다. 또한 인성이 주로 요구되는 경우에 Ni의 첨가가 유용하게 이용되고 있으며, 내식성의 요구에는 Cr이 주로 이용되고 있다. 한편, 플럭스는 대기중의 산소나 질소 등의 가스가 용접금속에 혼입되어 용접금속을 취화시키는 현상을 방지하기 위한 슬래그를 형성하는 외에도 적절한 합금성분을 첨가하고 염기도 등을 조절하여 용접시 아크의 안정성을 확보하고 용접금속의 인성을 향상시키는 등의 중요한 역할을 수행하게 된다.

본 실험에서는 각기 제조사가 다른 세 가지 유형의 용접 재료를 사용하여 API-X70급 강재에 적용하여 얻어진 용접부에 대한 충격인성을 검토해 보았다. 적용된 용접 와이어의 성분계 특징을 Table 1에 나타내었으며, 저C-고Mn계, 저C-저Mn계 및 고C-고Mn계로 구분된다. 또한 와이어와 함께 사용된 플럭스 조성의 특징을 Table 2에 나타내었으며, 이들은 우선 염기도의 차이로 구분될 수 있다.

Table 1 SAW wire types used

Mark	Composition Type (wt%)
WK	0.08C-1.9Mn-0.5Mo-0.08Cu
WC	0.08C-1.4Mn-0.3Mo-0.05Ti
WJ	0.13C-1.8Mn-0.5Mo

Table 2 SAW flux types used

Mark	Main Compositions	Basicity
FK	Al ₂ O ₃ +MnO, SiO ₂ +TiO ₂	0.6 ~ 1.0
FC	CaO ₂ +MgO, CaF ₂	1.6 ~ 2.0
FJ		

3. API-X70강 SAW 용접부 인성

사용된 강재의 특징은 0.07C-1.5Mn-0.1Cu-0.2Ni-0.25Mo-0.05Nb-0.012Ti Type으로서 탄소당량(Ceq) 약 0.4 수준을 가지는 강재이다. 판재의 두께는 21mm 이었고, 용접 입열량은 약 45kJ/cm 수준이었다.

우선 약간 산성의 플럭스를 가진 WK-FK 조합의 용접재료를 사용한 용접 이음부의 각 위치별 충격인성을 Fig. 1에 나타내었는데, 일반적으로 용접 열영향부에서 가장 취약한 것으로 알려진 Fusion Line의 충격인성이 시험온도 -20°C에서 약 120joule 정도로 나타나고 있어 매우 우수한 인성을 보여주고 있다. 비교적 용기도가 높은 것으로 나타난 WC-FC 조합의 용접재료를 사용한 용접 이음부의 충격인성은 Fig. 2에 나타내었는데, Fusion Line의 충격인성이 시험온도 -20°C에서 약 90joule 정도로 나타나고 있어 이 경우에는 WK-FK 조합의 플럭스가 더 높은 용기도를 가지고 있음에도 불구하고 인성은 다소 낮은 분포를 보이고 있었다. 한편 WJ-FJ 조합의 용접 재료를

사용한 용접 이음부의 충격인성 분포는 Fig. 3에 나타내었는데, Fusion Line의 충격인성이 시험온도 -20°C에서 약 70joule 정도로 나타나고 있어 가장 낮은 분포를 보였다. 이러한 결과들은 용접부의 충격인성을 확보하기 위한 용접재료의 선택에 있어서 제품의 단순한 지표에 의한 판단보다는 적용되는 강재의 특성에 맞는 용접재료의 선택이 중요함을 말해 주고 있다.

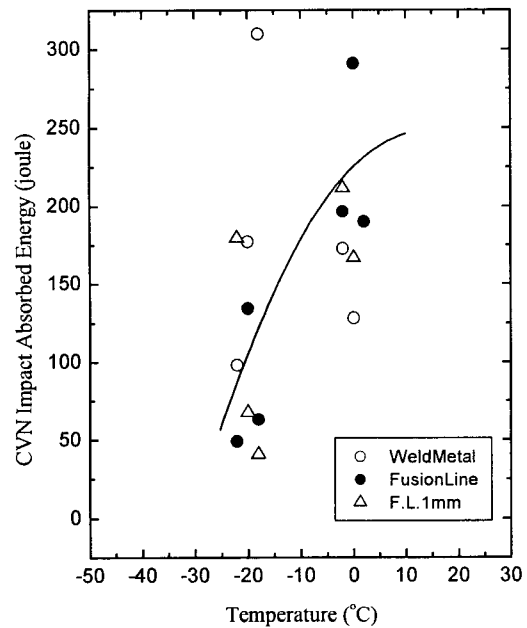


Fig. 2 Charpy V-notch impact toughness of weld joint of API-X70 with WC-FC welding consumables.

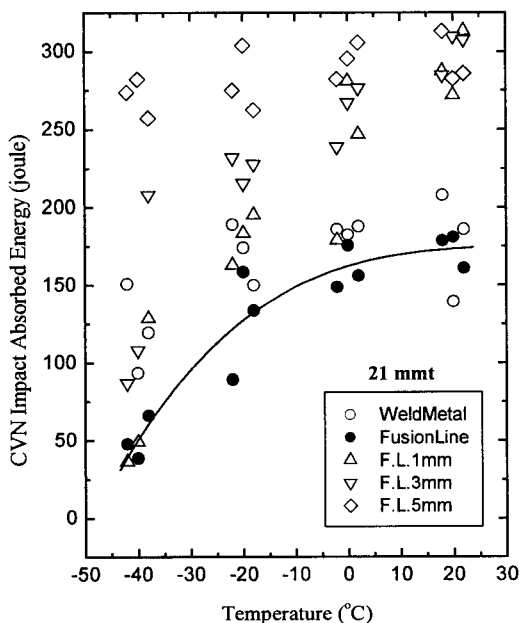


Fig. 1 Charpy V-notch impact toughness of weld joint of API-X70 with WK-FK welding consumables.

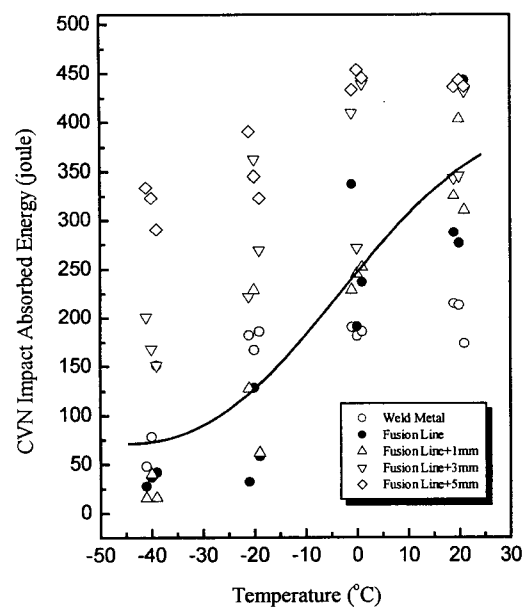


Fig. 3 Charpy V-notch impact toughness of weld joint of API-X70 with WJ-FJ welding consumables.