기 술 강 좌

가스배관 원주 자동용접절차 개발

김 우 식·김 영 표·김 철 만

Development of Girth Automatic Welding Procedure of Gas Pipeline

Kim Woo Sik, Kim Young Pyo and Kim Cheol Man

1. 서 론

에너지 배관 건설에서 가장 핵심 부분은 배관 원주용접이다. 배관과 배관을 연결하는 작업이 공사 진척도를 결정하기 때문에, 이를 얼마나 경제적으로 신속하게 신뢰성을 확보하면서 수행하는 지 여부가 건설기간 및 건설비용을 결정하는 핵심 요소이다. 가스배관 시공 원주용접 방법은 수동, 반자동, 자동 등 여러 가지 있는데, 현재 국내에서는 완전 수동용접(SMAW) 공정을 채택하고 있다. 이 방법은 국내 고압 가스배관을 건설한 초기부터 적용해온 것으로, 우수한 품질을 확보할 수 있으며 취약한 국내 자동화기술과 열악한 배관 시공여건 환경에서 적용하기 용이하기 때문에 현재까지 사용되고 있다.

그러나 우수한 용접기량을 보유한 용접사가 점차 부족해지고, 국내 천연가스 미공급지역에서 가스배관 시공이 동시다발적으로 진행되면서 가스배관 시공을 적기에 완료하기 위해 시간을 단축하고 비용을 줄이는 방안이 필요한데, 이를 해결할 수 있는 기술이 자동원주용접방안이다. 이 기술들은 해외 가스배관에 다양한 방법으로 적용되어 용접부위 신뢰성과 품질 우수성을 확보하고 시공비용절감을 달성하고 있다. 자동용접을 적용하기 위해서는 용접절차를 수립하여 절차인증시험을 수행하여 기존 방안과 동등 이상 품질이 확보되고 효율성이 겸비됨을 검증해야만 한다.

가스배관 시공은 국가 기본에너지의 안정적인 공급을 위해 적기 시공이 필요하다. 또한 1 km당 10 억 원 이상이 소요되는 배관시공비용 중 약 1/3이 용접비파괴검사 비용인 점을 감안할 때 품질이 확보되면서 경제적인 시공방안이 있다면 이를 적용하는 것이 국가 산업경제적 측면에서도 필요한 일이다.

이와 관련된 국내 가스배관 원주용접에 적용 가능한 자동용접 공정을 검토하고, 용접절차를 수립하여 절차인증시험을 수행하였으며, 추가로 배관 원주 자동용접 부위에 대한 기계적 특성 평가를 실시하였다. 본 자료에서는 자동용접 공정개발 과정과 원주용접부위 기계적 특성을 검토한 결과를 요약하였다.

2. 가스배관 원주 자동용접 방안

2.1 플럭스코어드 아크용접(FCAW)

시험대상 배관은 현재 국내 가스배관으로 시공 중인 API 5L X70 등급, 외경 762 mm, 두께 15.9 mm 배관을 사용하였다.

우선 국내 시공환경과 자동화기술을 감안하여 FCAW 공정을 적용하여 용접시험편을 제작하였다. FCAW 공정은 현재 해외 장거리 배관 원주용접에 많이 적용되고 있으며, 품질과 효율을 동시에 만족시킬 수 있는 방법이다. 가스배관 원주용접부위에 대한 엄격한 국내 비파괴검사 기준을 만족시키기 위해서 초층과 2층은 수동 GTAW를 수행하고 나머지 층만 FCAW를 수행하였다. 그림 1에 FCAW 용접시험편 제작 사진을 나타내었다.

용접재료는 국산(현대종합금속)과 외산(Lincoin Electric)을 사용하여 특성을 비교하였으며, FCAW 공정은 반자동(semi-automatic)과 기계화(mechanized)를 사용하여 용접절차인증시험과 특성평가를 각각 실시하였다.

그림 1 FCAW 용접시험편 제작

용접과정에서 국산과 외산 용접봉 모두 슬래그 박리성이 우수하며 스패터 발생이 적었고 용접층간 그라인딩 시간의 단축이 가능하였다. 또한 균일한 비드형상을 유지하여 원주용접부위별로 균일한 용접품질이 유지되었다. 용접효율은 현재 배관시공에 적용 중인 수동 GTAW+SMAW 방식과 비교할 때 1.58~1.79배 증가하는 것으로 나타났다. 자동용접 기술이 숙달된 용접기술자에 의해 현장에 적용할 경우에는 이보다 효율이 더 증가될 것으로 판단된다.

국산용접재료도 외산과 동등한 시공성과 용접품질을 보여 용접재료별 차이는 나타나지 않았다. 용접재료와 용접공정을 변화시킨 다양한 용접시험편에 대한 방사선투과시험 결과 모든 용접부위가 방사선투과검사 2급 이상으로 나타났다.

가스배관 원주용접절차 인증시험으로 인장시험결과 모든 시험편이 모재에서 파단 되었으며, 시험편 인장강도가 모재 최소인장강도 이상으로 규격 요구조건[1]을 만족시켰다. 측면 굽힘 시험에서도 모든 시험편에서 결함을 관찰할 수 없어 규격 요구조건을 만족시켰다.

2.2 가스텅스텐아크용접(GTAW)

현재 국내에 자동화 기술이 많이 보급되었고 소구경 배관에 적용이 가능할 것으로 판단되는 자동 GTAW를 적용한 배관원주용접절차를 작성하여 시험편을 제작하였다. 완전자동 용접공정을 채택하였으며, 용접재료는 ER 80S-G 1.0 mm 로 국산(현대종합금속)과 외산(Bohler Thyssen)을 각각 사용하여 결과를 비교하였다.

시험편 제작에는 API 5L X65 등급, 외경 508 mm, 두께 11.9 mm 인 배관을 사용하였다. 용접시스템과 용접과정을 그림 2에 나타내었다. 용접 후 방사선투과시험을 실시한 결과 모든 시험편이 1급이었다. 용접절차 인증시험 수행 결과, 인장시험은 모든 시험편의 인장강도가 모재의 최소인장강도 이상이었으며, 굽힘시험 결과도 규격의 요구조건을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

완전 자동 GTAW 공정에서 중요한 것은 배관진원도와 베벨형상으로, 초층부터 자동용접을 적용하기 위해서 엄격한 진원도 관리가 필요하다. 경우에 따라서는 내면 확관 장치나 외면 클램프를 사용하여 초층 용접이 원활하게 수행될 수 있도록 해야 한다.

그러나 이 방안은 생산효율 측면이 현재 사용 중인 수동방식보다 오히려 낮게 나타나, 국내 가스공급 주배관 같은 대구경배관에는 적용하기 어려울 것으로 판단된다.

2.3 가스금속아크용접(GMAW)

API X70등급, 외경 30 inch, 두께 15.9 t 배관을 대상으로 GMAW 자동용접절차를 작성하였다. 용접 groove 형상 및 용접시험편 제작과정을 그림 3에 나타내었다. 용접자세는 하진 5G이며, 예열은 프로판 가스토치를 이용하여 100 ℃로 하였다. 용접봉은 E80C-G(1.2 mm, 현대종합금속)이며, 보호 가스는 80% Ar + 20% CO_2 이었다.

전체 용접시간은 약 40분 정도가 소요되어 다른 자동용접방안이나 수동용접방안과 비교할 때 매우 효율적인 공정으로 나타났다. 용접절차인증시험 결과 인장 및 굽힘 시험이 모두 규격을 만족시켰으며, 방사선투과시

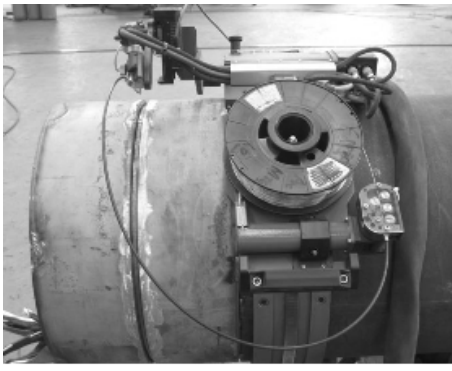

그림 2 GTAW 용접시험편 제작과정

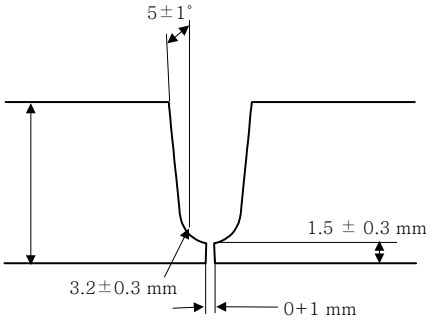

그림 3 GMAW 용접시험편 제작과정 및 용접 그루부 형상

험도 통과하여 용접절차서 작성을 할 수 있었다. 초층부터 자동용접을 적용되므로 배관 시공현장에서 용접작업 전에 베벨가공과 배관정형을 위한 내부클램프 작업이 필요하다.

3. 결 론

현재 국내 가스배관 현장시공에 적용 중인 수동용접을 자동용접으로 대체시키려는 작업으로 자동용접절차서를 개발하였다. 국내 배관시공환경과 비파괴검사 기준을 감안하여 용접공정으로 수동 GTAW+자동 FCAW, 자동 GTAW, 자동 GMAW가 검토되었고, 용접절차인증시험을 거쳐 가스배관 원주 자동용접절차서를 확정하였다.

2010년 9월에 수동GTAW+자동FCAW 방식이 국내 가스배관 시공에 처음으로 적용하였다.

참 고 문 헌

1. API 1104 "Pipeline Welding", 2007, API

• 김우식
• 1963년생
• 한국가스공사 가스설비기술 연구개발
• 배관 재료, 용접 및 건전성평가
• e-mail : wskim@kogas.re.kr

• 김영표
• 1968년생
• 한국가스공사 가스설비기술 연구개발
• 가스설비 용접 및 건전성평가
• e-mail : ypkim@kogas.re.kr

• 김철만
• 1968년생
• 한국가스공사 가스설비기술 연구개발
• 금속재료 및 용접공정 평가
• e-mail : cmkim@kogas.re.kr