

탄소강관의 ERW 용접부 손상에 관한 연구

이보영[†](항공대) · 이재윤*(항공대) · 이성호*(항공대)

Study on defect of ERW weldment of carbon steel pipes

Bo-Young Lee, Jea-Yun Lee and Seong-Ho Lee

Key Words : ERW(전기저항용접), groove corrosion(홈부식)

Abstract

Electrical resistance welded steel pipes showed leakage failure within 5 years usage. Microstructural analysis and hardness test were carried out, whose results gave no evidences about the reason of failure. For the analysis, 3 kinds of ERW pipes with different heat inputs were produced. Microstructural differences according to the different heat inputs were detected. Differences of the amount of inclusion in the weld line were observed. It is concluded that the difference of heat input during ERW pipe production caused the microstructural changes which resulted in the leakage failure.

1. 서론

전기저항용접 (이후 ERW : Electric Resistance Welding)은 고주파 전류로 피용접재를 가열시킨 후 압축력을 가하여 제작하는 용접방법이다.

ERW 강관은 전기저항용접 방법 중 High Frequency Induction Welding 과정으로 만든 강관을 말한다.^(1,2) 이후 ERW 탄소 강관으로 명칭한다. ERW 탄소 강관을 배관으로 사용할 때 용접선을 따라 깊은 "V"형의 홈 형상으로 국부적으로 심하게 부식되는 현상을 홈부식 또는 구상부식(Grooving corrosion)이라고 한다. 현재까지 홈부식의 발생 원인을 수질⁽⁵⁾, 황함유량⁽³⁾, 전기화학적 연구⁽³⁾ 등으로 분석을 하였지만, 아직까지 명확히 규명되어 있지 않은 상태이다. 문헌에 따르면 일반적으로 홈부식에 의해 관통이 되기까지는 14.1~16.2 정도 기간이 소요된다고 나와있다.⁽⁵⁾

본 연구의 목적은 수도 배관으로 사용되는 ERW 탄소 강관 용접부에서 5년 미만의 사용기간 후 발생한 균열과 누수 손상에 대한 원인을 찾아 내

는데 그 목적이 있다.

2. 실험 방법 및 시험 재료

ERW 탄소 강관의 홈부식의 원인을 분석하기 위해 실제로 배관으로 사용되었던 부분을 채취하여 A, B 시편으로 구분하여 경도 및 조직사진을 촬영하였다. 채취된 배관은 홈부식이 발생하여 부분적으로 관통이 된 상태였고, 배관 두께의 1/3 이상 홈부식이 진행된 부분을 관찰하였다.

경도측정은 조직 시험 결과, 균열이 의심되는 부분을 측정하였다. 측정 점은 총 20 점으로 했으며, 측정부위는 용접선을 중심으로 좌우 3mm 를 0.3mm 씩 간격을 두고 50gf 로 측정하였다. (Fig.1)

조직사진은 실제배관에서 채취한 시편으로 연마 후 2% 나이탈로 에칭을 실시하였다.

홈부식의 직접적인 원인을 분석하기 위해 ERW 강관 제조 회사에 의뢰하여, 입열량을 다르게 하여 고입열, 적정입열, 저입열 순으로 3 가지 강관을 1 차, 2 차에 나누어서 모의 제작하였다. 모의 제조된 강관도 Fig.1 과 같은 방법으로 경도를 측정하였으며, 연마 후 2% 나이탈로 에칭을 실시하

[†] 한국항공대학교

E-mail : bylee@mail.hankong.ac.kr

TEL : (02)300-0177 FAX : (02)3158-4429

* 한국항공대학교

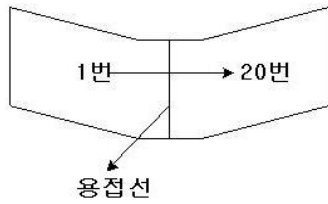


Fig. 1 경도 측정 방법 및 위치

여 조직을 검사하였다. 미세 조직에서 이상 부위는 SEM 촬영을 하여 분석을 실시하였다

3. 실험결과

3.1 경도 측정

경도 측정 결과 값이 Fig.2 에 나타나 있다. 그래프의 경도 값에서 특별한 경향을 얻을 수가 없었고, 단지 실제로 사용된 시편이 모의제조(2 차)된 시편보다 경도 값이 낮음을 확인하였다. 경도 측정의 결과로부터 실제 사용된 강관과 모의 제조된 강관에 대한 특별한 흠부식의 원인을 찾을 수가 없었다.

3.2 미세 조직 분석(실제 사용된 시편)

Fig.3, Fig.4 는 실제로 사용된 강관에서 채취하여 나이탈로 에칭 후, 조직 사진을 촬영한 사진이다. Fig.3 과 Fig.4 에서 용접선을 따라 관내부 쪽에서 흠부식이 일어나고 있는 것이 확인되었고, Fig.3 에서 보면 용접선상을 따라서 크랙이 발생한 것처럼 날카로운 선이 관찰되었다(Fig.3 에서 a 표시부분). Fig.4 에서도 용접선상에 날카로운 선이 관찰되었고, Fig.3 에서와 달리 날카로운 선의 크기가 차이가 있었다. 참고문헌에 의하면, 용접선상에서 나타난 선은 강관제조에 사용한 재료의 탄소 함량이 낮기 때문에 Bond 부가 형성이

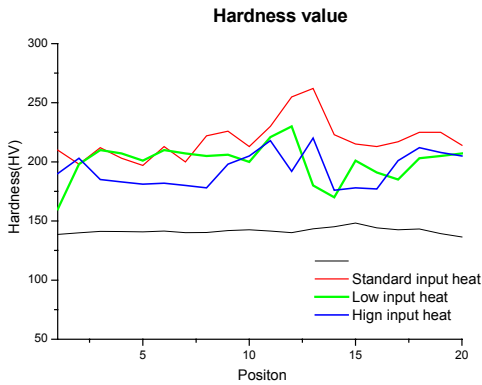


Fig. 2 경도 측정 값

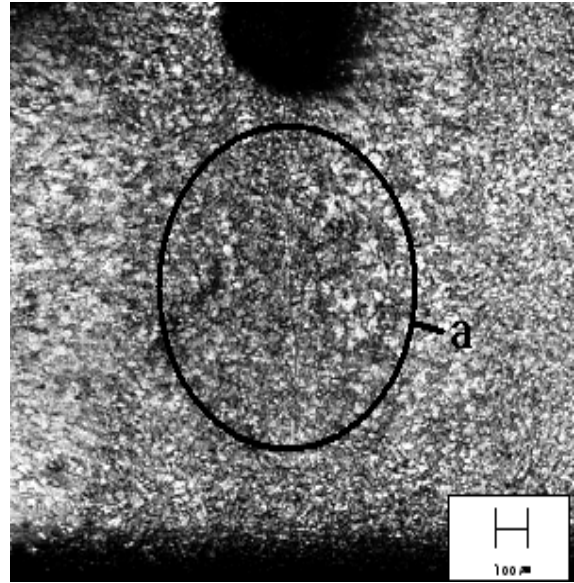


Fig. 3 실제 시편 A 조직 사진(나이탈)

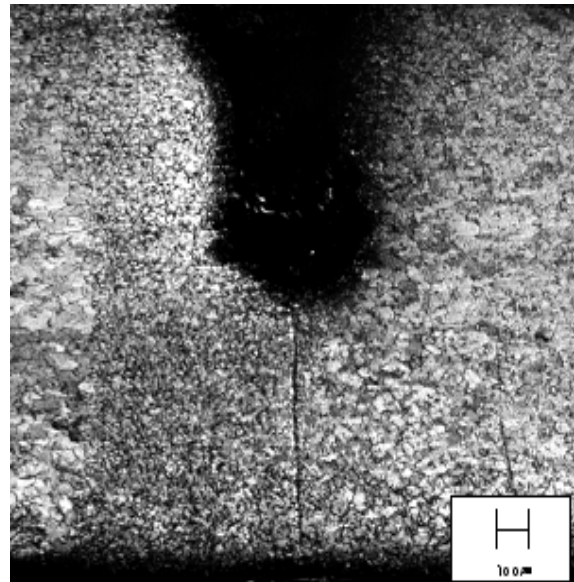


Fig. 4 실제 시편 B 조직 사진(나이탈)

안된 것이고, 용접부에 검은선이 나타나는 것은 냉접으로 접합되었음을 의미한다고 나타났다.⁽⁷⁾

이들 선이 냉접에 의한 것인지를 알아보기 위해서, 동일시편을 재 연마한 후 부식 없이 관찰하였다. 이들 사진이 Fig.5, Fig.6 에 주어져 있다. Fig.5 와 Fig.6 의 사진에서 용접선상에 흠부식 진행 방향으로 기공(void)으로 보이는 결함들이 관찰되었다. A 시편에서 이 결함들 중 하나(Fig.5 에서 b 표시부분)에 대해 SEM 촬영을 실시하였고, 실시결과 기공(Fig.7)으로 판명되었다. Fig.5 와 Fig.6 에서 용접선상을 따라서 기공이 존재하였다. 직선을 따라 존재하는 기공의 영향으로 인해, Fig.3 과 Fig.4 에서처럼 나이탈 부식조직에서는

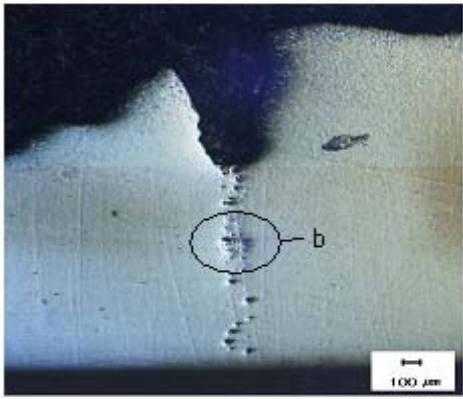


Fig. 5 실제 시편 A 조직 사진(나이탈)

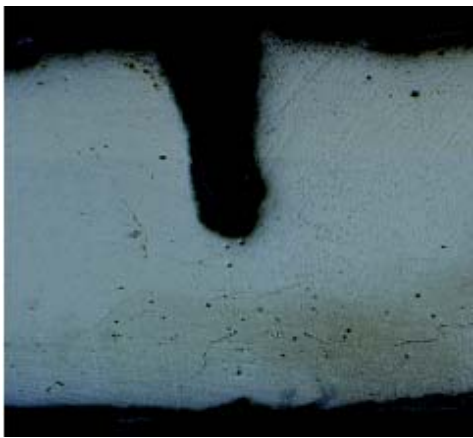


Fig. 6 실제 시편 B 조직 사진(나이탈)

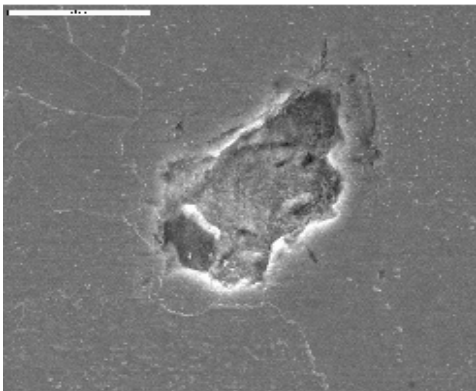


Fig. 7 실제 시편 A 에서 b 부위 SEM 사진(4000 배)

홈부식 진행 방향으로 크랙 모양의 날카로운 선이 관찰된 것으로 판단된다.

3.3 미세 조직 분석(모의 제조된 시편)

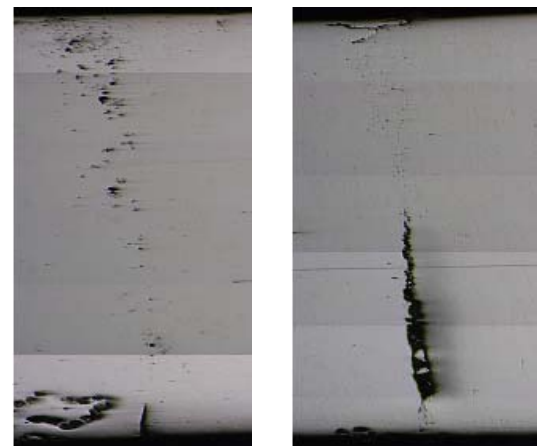
실제로 사용된 배관에 기공(Fig.7)이 용접선상에 다량 존재하였고, 이 기공이 홈부식에 영향을 준다고 판단하였다. 이들 기공의 발생원인을 확인하기 위해 입열량 조건을 3 가지 종류(고입열, 적정입열, 저입열)로 변화시킨 강관을 1차, 2차로



1차 제조 2차 제조
Fig. 8 모의제조 조직사진 (고입열)



1차 제조 2차 제조
Fig. 9 모의제조 조직사진 (적정입열)



1차 제조 2차 제조
Fig.10 모의제조 조직사진 (저입열)

나누어서 모의 제조하였다.

입열량 변화에 따른 용접부 모습이 Fig.8~10에 주어져 있다. 이들 시편으로부터 매크로 또는 미세 조직 상의 차이는 없었으며, 저입열 조건으로 제조된 시편의 경우에는 Fig.10(2차 제조)에

서 볼 수 있듯이 미접합 부분이 존재하였다. Fig.8~10 에서와 같이 모의 제조된 시편 역시 실제로 사용된 배관에서 관찰되었던 검은점들이 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 검은점들을 확인해본 결과, 개재물로 판명되었다. 입열량에 따라 개재물 발생량에 차이가 있었으며, 고입열 용접부에서보다 저입열 용접부에서의 개재물 발생량이 더 많음을 확인하였다(Fig.8 ~ Fig.10 참조).

4. 결론

흠부식은 ERW 제조 방식으로 제작된 탄소 강관에서 발생이 된다. 그러나 사용한지 5 년도 안된 배관에서 흠부식으로 인해 관통누수현상이 일어나는 현상에 대해서, 흠부식을 촉진하는 특별한 인자가 있다고 생각되었다.

흠부식이 발생하는 인자를 찾기 위해서 본 연구는 실제로 흠부식이 발생한 배관의 시편을 채취하여 경도시험 및 미세 조직 검사를 수행하였다. 경도시험에서는 특별한 원인을 찾지 못하고, 마크로 조직 검사에서 용접부 선상에서 검은선을 확인하였다(Fig.3, Fig.4 참조). 참고문헌에 실제 사용된 시편 용접부에 보이는 검은선은 강관 소재로 쓰인 재료에 탄소함량의 부족과 강관제조 시 충분한 입열량을 주지 못하였기 때문에 생성되고, 그리고 이러한 검은선이 보이는 것은 냉접을 의미한다고 나와있다.⁽⁷⁾

냉접 유무를 확인하기 위해, 용접부에 미세 조직 검사를 하였고, 흠부식이 많이 일어난 부분에서 기공(Fig.7)을 발견하였다. 따라서 냉접에 의해서 기공이 발생하였고, 이 기공이 흠부식을 일으키는 인자 중에 하나로 추측하였다.

ERW 탄소 강관 제조 시, 입열량의 차이가 기공의 발생에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단하여, 입열량이 서로 다른 3 가지 종류의 강관을 제작하여 경도시험 및 미세 조직 검사를 수행하였다. 경도시험에서도 특별한 인자를 찾지 못하였다. 그리고 실제시편에서 발견했던 기공과 다르게 모의제조된 시편에서의 미세 조직 검사에서는 개재물을 발견하였다. 따라서 실제 사용된 손상된 시편에서 확인된 기공들은 냉접 시 포함된 개재물들이 시편 준비 과정에서 빠져나가 형성된 것으로 추정된다. 이 개재물의 양이 입열량의 차이에 따라 다르다는 것을 발견하였다. 즉 입열량이 적을수록 개재물의 발생량이 많아졌고, 입열량에 따른 개재물의 양은 배관에 발생하는 흠부식을 촉진하는 중요한 인자로 파악되었다.

참고문헌

- (1) Howard B.Cary, 1998, *Modern Welding Technology*, Prentice Hall, 249~250, 622~631
- (2) Myung-Jun Kim, 1993, *Resistance Welding*, Gimoonsa, 267~282
- (3) Hee-Jun Sung, Hoeng-Sik Kim, Byung-Woo Lee, Young-Bok Jeong, Kwang-Hak Lee, Do-Soo Seo, 1998, *Electrochemical Study on Grooving in the Weld Metal of ERW Carbon Steel Pipe*, 한국부식학회지, Vol.27 No.2, 122~136
- (4) Kwang-Hak Lee, Do-Soo Seo, Hoeng-Sik Kim, 2000, *Grooving Corrosion of weld metal in ERW carbon steel pipe*, 공학연구논문집, Vol.31 No.1, 195~212
- (5) Hyun-Dong Lee, Won-Sik, Jeong, Jung-Hun Park, Chul-Ho Bea, Pil-Jea Kwak, 2001, *Evaluation of Water Quality Characteristics Effects on the Internal Corrosion of Galvanized Steel Service Pipe in the Building*, 수질보전, Vol.17 No.5, 627~635
- (6) Jong-Kweon Lee, Bo-Min Seo., 2000, *Effect on Grooving Corrosion Susceptibility of Electric Resistance Welded Steel Pipe*, 한국부식학회지, Vol.29 No.3, 148~152
- (7) Jun Lee, 1999, *High Strength ERW(Electric Resistance Welding)*, 대한금속학회회보, Vol.12 No.4, 463~471