

맞대기 조인트 용접부 토우 균열에 대한 조사

An investigation into the cause of weld toe cracks in butt joints

신 동진, 윤 동렬, 박 세진, 장 태원
삼성중공업 산업기술연구소 용접연구파트

1. 서 론

조선 및 해양 구조물은 대부분이 필렛과 맞대기 조인트 용접으로 구성되어 있다. 이 중 맞대기 용접에는 다양한 용접 공법이 적용되고 있으며, 최근에는 용접 생산성이 고려된 SAW (Submerged Arc Welding)가 상당한 부분을 차지하고 있다.

SAW는 설비의 기능에 따라 Turn-Over 가능한 경우(양면 용접, Both-sided)와 불가능한 경우(편면 용접, One-sided)로 구분된다.

또한 양면 용접은 강재의 두께에 따라 여러 가지 조인트 형상(I-, Y- 및 X-groove type)으로 구분되며, 후면(2nd weld side) 용접 전 백가우징(Back Gouging)이 적용되는 경우와 미 적용으로 나눌 수 있다.

본 연구는 백가우징이 적용되는 양면 용접시, 가우징 후 Cleaning 작업(그라인딩 또는 브러싱)의 영향을 조사하기 위함이다. 특히, 가우징 봉 표면에 코팅 처리된 Copper 성분은 백가우징 작업 중 모재 표면에 그 일부가 유착 및 잔류될 수 있으며, 이 같이 잔류된 Copper 성분이 후면 용접 토우 균열과의 관련성에 대해서 검토하기 위함이다.

2. 균열 발생 조사

2.1 시험편 제작

2.1.1 용접 순서 및 시험편 현황

아래 그림 1은 일반적인 맞대기 조인트의 용

접 순서를 도식적으로 나타내고 있으며, 시험편 제작은 이와 동일한 순서로 수행되었다. 전면에서 SAW 수행, Turn-Over, 백가우징 후 Cleaning 작업 미수행 상태에서 후면 SAW 순서로 제작되었다.

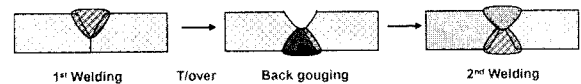


그림 1. 용접 순서

그 외, 적용된 강재는 해양 구조물에서 널리 사용 중인 API 2W-50, 강재 두께 15~25mm, 용접재료는 AWS F7A(P)8 & EH14 및 은 I- 또는 Y-groove type를 이용하였다.

2.1.2 용접부 비파괴 검사

용접 후 시험편에 대한 표면 균열 검사를 위해 생산 현장에서 많이 적용 중인 자분탐상 비파괴 검사법(MPT)을 이용했으며, 그림 2와 같이 후면 용접부에서 토우 균열을 발견할 수 있었다. 본 균열 검사 시 자분(Magnetic Particle)이 용접 토우부 근처에 쉽게 응집되므로 경험이 많은 검사원이 필요하였다.



그림 2. 비파괴검사(MPT)로 검사된 균열

2.2 균열부 분석

2.2.1 Macro-section 검사

MPT로 확인된 균열 부분을 그림 3과 같이 Macro-section 검사를 수행하였으며, 균열의 형상은 토우부 표면에서 시작되어 두께 방향으로 약 1~1.5mm 정도의 깊이를 가지고 있었다.

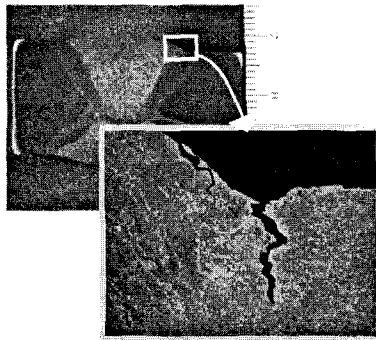


그림 3. 토우 균열 매크로형상

2.2.1 Microscopes and EDS 검사

그림 4는 상기의 균열 단면부에 대한 미세현미경 검사를 수행한 결과이며 검사 결과, 균열 내부에서 오염 물질을 일부 발견할 수 있었다.

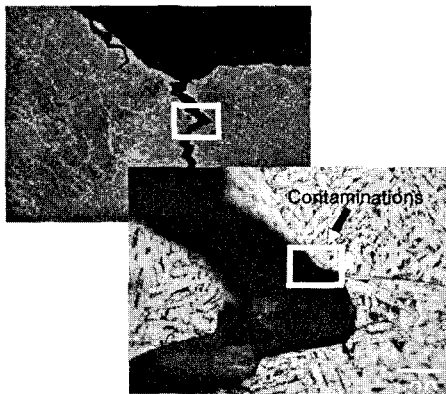


그림 4. 미세조직 검사

미세현미경 검사에서 발견된 오염 물질의 성분 조사를 위해 EDS를 수행하였으며, 그 결과 Copper 성분이 상당량 검출됨을 확인하였다.

2.2.3 Copper 발생 원인 규명

Copper 발생 원인은 앞서 추정했듯이 Copper로 표면 코팅된 가우징 붕이 백 가우징 후 모재 표면에 그 일부가 유착된 것으로 예상된다.

이를 검증하기 위해 아래 그림 5와 같이 수

차례 걸친 반복 시험을 수행하였으며, 가우징 붕에서 발생한 Copper가 가우징 후 모재 표면 주변에 쉽게 유착됨을 확인할 수 있었다.

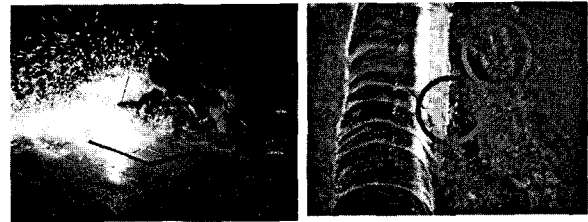


그림 5. 반복 시험 현황

2.2.4 Fractography Analysis

균열부 파단면에 대한 파면 해석을 통해 균열 유형을 조사하였다. 그림 6은 균열이 발생된 파단면을 SEM으로 분석하였으며, 입계를 따라 침투된 Copper의 영향에 의한 전형적인 입계 균열 (Intergranular cracking)임이 확인되었다.

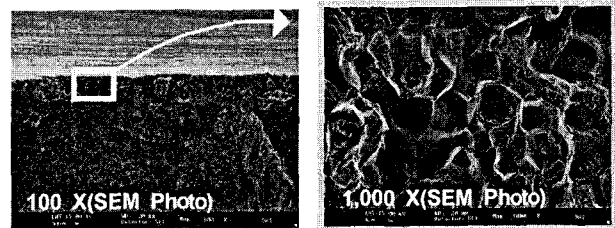


그림 6. 파면 분석 결과

3. 결 론

상기의 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 토우부에서 발생된 균열은 Copper 침투에 의한 입계 균열로 분석되었다.
- 2) Copper 침투 경로는, 가우징 후 미 제거된 잔류 Copper가 용접 중 모재로 침투된 후, 용접 응력에 의해 균열이 발생된 것으로 확인되었다.
- 3) 균열 방지 방안으로, 백 가우징 후 Grinding 작업 시 가우징 내부면 뿐만 아니라 그 근처의 Copper도 함께 제거해 주어야 한다.