

러그 제거부의 결함방지 연구  
(Study on the Formation and Prevention of Weld Defect on the  
Surface Ground after Removing the Weld for Lifting Lug)

김광수\*, 김대순, 최기영  
현대중공업(주), 산업기술연구소

1. 개요

조선 블록(Block)의 운반을 위해 블록에 용접 설치되는 리프팅 러그(Lifting Lug)를 사용한 후에는 보통 산소/에틸렌 화염으로 러그를 제거하게 된다. 러그를 화염으로 제거한 후에는 그 제거면을 그라인딩한 후 MPI(Magnetic Particle Inspection)를 실시하는 경우가 있는데, 이 때 균열로 보이는 선형 결함이 발생되어 문제가 되고있다.

따라서, 본 연구에서는 문제가 되고있는 선형 결함의 발생원인을 규명하고자 모의 시험을 통한 원인 분석을 실시하였고, 그 원인에 따른 결함의 방지 대책을 마련하고자 용접시험을 실시하였다.

2. 결함의 분석

1) 결함의 분석 방법

선형 결함의 발생원인을 규명하고자 모의시험을 실시하였다. 즉, 적당한 크기의 판재에 러그를 필렛 용접 방법으로 부착한 후 현장에서 행하여지는 표준 제거방법인 산소/아세틸렌 화염으로 러그를 모재 표면으로 부터 용접부 높이까지 남겨두고 1차 제거한 후, 남아있는 용접부를 포함하는 러그 하단부를 산소/에틸렌 화염에 의한 가우징 방법으로 모재면까지 완전히 제거한 다음, 그 면을 편평하게 그라인딩하였다. 그면에 대하여 MPI를 실시한 결과, 선형 결함을 관찰할 수 있었다.

2) 결함의 분석 결과

선형 결함의 미세 관찰을 위해서 결함의 단면을 광학 현미경으로 관찰하였다. Fig. 1에서 볼 수 있는 바와 같이 결함의 발생부는 용접 또는 화염에 의해 금속의 미세조직이 변한 가장자리 부위임을 알 수 있었고 그 깊이는 약 0.1-0.4mm 정도임을 확인할 수 있었다. 결함 단면을 미세 관찰한 결과 어떤 결함의 내부에는 이물질이 존재함을 알 수 있었고, 그 것을 EDX로 분석한 결과 Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 주성분이 Ti, Mn, Si 인 것으로 보아, 결함 내부에 존재하는 물질은 용접시에 형성된 용접 슬래그 성분임을 알 수 있었다.

### 3) 결함 발생의 원인

결함 내부의 물질이 용접 슬래그로 밝혀짐에 따라, 문제의 결함은 용접시에 형성되는 것으로 판단할 수 있었고, 결함의 발생부위는 모재의 변태조직부 가장자리인 것으로 보아 용접부의 코너 부임을 알 수 있었다. 따라서, 이 사실을 확인하기 위하여 필렛 용접시험을 실시한 결과, Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 이 결함은 용접부의 루트갭사이에 슬래그(검은색으로 보이는 것)가 모재를 일부 용융시킨 후 끼임으로서, 이것이 용접부를 제거한 후에도 잔존하여 MPI 검사시에 선형 결함으로 검출되는 것이다.

## 3. 결함 방지를 위한 용접시험 결과

### 1) 용접 Process에 따른 결함의 발생 정도

슬래그 발생 유무에 따른 결함 발생 경향을 살펴보기 위하여 용접 슬래그가 거의 발생되지 않는 GMAW Process와 FCAW Process를 비교시험한 결과, 슬래그가 발생되지 않는 GMAW Process로 만들어진 용접부에서는 결함이 발생하지 않았고, 슬래그가 발생하는 FCAW Process로 만든 용접부에서는 선형결함이 발생하였다.

### 2) 루트 갭의 변화에 따른 결함의 발생 정도

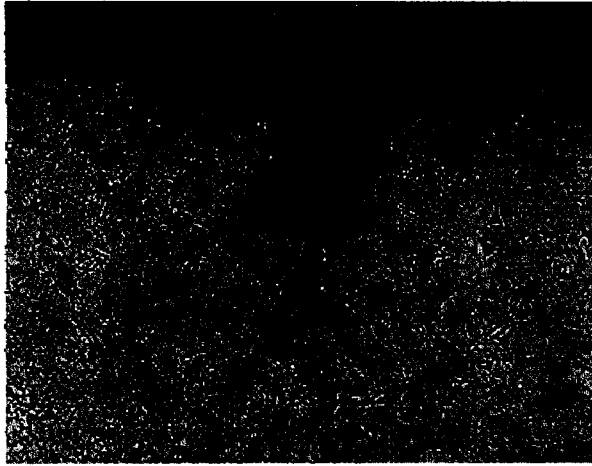
용접 슬래그가 코너부에 끼일 수 있는 공간의 역할은 하게되는 루트 갭의 정도에 따른 결함 발생 유무를 알아보고자, 루트 갭을 0mm와 1mm, 두가지 조건에 대해서 FCAW Process를 이용하여 용접시험을 한 결과, 루트 갭이 0mm인 조건에서는 결함의 발생이 없었고, 1mm인 조건에서는 결함이 발생하였다.

### 3) 토치 진행각도 변화에 따른 결함 발생량의 변화

용접 슬래그가 코너부에 끼이는 경향에 미치는 토치각도의 영향을 살펴보고자, 토치 진행각도가 수직인 조건, 수직에서 앞쪽으로 30° 높힌 조건과 뒷쪽으로 30° 높힌 조건의 각각에 대해서 용접시험을 하여 결함발생 경향을 비교 분석한 결과, 뚜렷한 차이점을 발견할 수 없었다.

## 4. 결론

러그 용접부를 제거한 후에 모재 표면에 발생하는 선상 결함은 필렛 용접시, 용접부의 루트갭사이에 용접슬래그가 모재의 일부를 녹인 상태로 끼임으로서, 용접부를 제거한 후에도 잔존하여 MPI 검사시에 선상결함으로 검출되는 것이다. 이것을 방지하기 위해서는 슬래그 발생이 없는 GMAW Process를 사용하여 용접하거나, FCAW로 용접할 시에는 슬래그가 갭사이에 끼이지 않도록 갭을 최소화하는 대책이 필요하다.



— 0.1mm

Fig. 1 선상결합의 단면 확대

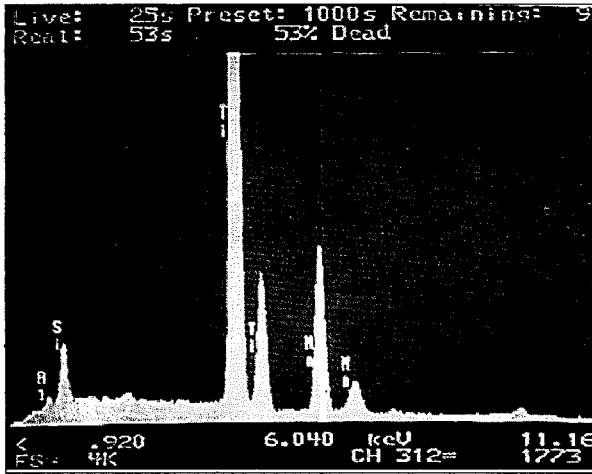


Fig. 2 선상결합 내부 이물질의 EDX 분석



Fig. 3 루트 갭사이의 슬래그 박힘