

# 고장력강 Ball Tank의 화재 손상해석 결과 보고

## (Report on the Failure Analysis of a Fire Damaged HSLA Steel Ball Tank)

한국기계연구원

이보영  
이종훈

### 1. 서 언

화학공장에는 화학공정에 사용되는 원료나 반응물질등의 저장 및 처리를 위한 Ball Tank 들이 많이 설치, 사용되고 있다. 이들에 화재가 발생하였을 경우에는 열로 인한 Tank 재질의 조직 및 물성변화와 열변형등의 손상이 발생할 수 있다. 이런 경우 공장에서는 Tank 를 계속 사용할 수 있는지에 관한 결정을 내려야 한다. 본 연구에서는 화재가 발생하였던 Ball Tank 에서 비파괴 시험검사, 조직복사 및 경도시험, 유사강재를 이용한 모의시험과 구조물의 변형도 측정을 통하여 Tank 의 손상 정도를 확인하고 이를 근거로 건전성 및 계속사용 여부를 판정 하였다.

### 2. 구조물의 제원과 손상내용

#### 1) 구조물의 제원

- 형상 및 크기 = 구형, 안지름 13,000
- 판재 재질 및 두께 = HW 50, 33.5 ~ 34.5
- 설계입력 및 온도 = 18.6Kg/cm<sup>2</sup>.G, -11°C ~ 48°C
- 내용물 = 인화성가스

#### 2) 손상내용

가스 저장탱크의 정기검사후 가스를 구입하던 도중 화재가 발생되었음. 화재발생 즉시 탱크주변에 설치되어 있는 Spring Cooler 를 작동하여 탱크외면의 냉각을 실시하였으며 화재는 발생후 약 4시간뒤에 진화되었다. 이로 인하여 탱크 하단이 심하게 그을렸으며 탱크를 지지하고 있던 Support 구조물의 콘크리트들이 부서져 나갔으며 탱크 주변에 설치되었던 배관들의 변형과 함께 일부 Nozzle 부품들이 용융되었다.

### 3. 손상해석 및 결과

#### 1) 비파괴 검사

화재시 화염과 접촉된 부위의 내.외면 용접부에 대한 자분탐상 검사를 실시하였다. 검사결과 내면 수직용접부 1개소에서 균열성 지시가 발견되었으며 확인결과 화재로 인한 결함이나 아니라 제작시 용접시공중 발생되었던 결함으로 판명되었다.

## 2) 조직복사시험

Replica Film 을 이용하여 탱크 판재 및 Nozzle 부에 대한 조직을 복사 채취하여 분석하였다. 복사 조직은 화염의 영향을 받지 않은 건전부위와 화염의 직접적인 영향을 받은 탱크하단부 및 Support Colum 부들에서 채취하였다. 조직 분석결과 건전부위는 Quenching + Tempering 처리된 조직으로 화염의 영향을 직접 받은 부위들도 건전부위와 비교할 때 조직의 변화는 거의 없는 것으로 판명되었다.

## 3) 경도시험

복사 조직 채취 부위에 대하여 경도 시험을 실시하였다. 시험 결과 불꽃 영향을 받았던 부위가 건전부위보다 브리넬 경도값으로 최고 15 Point 증가한 202~218 HBS 를 보임을 확인하였다.

## 4) 모의실험

QT 강재의 화재손상으로 인한 기계적 특성 변화 가능성을 검토하기 위하여 유사종류 강재에 대하여 열화시험을 실시한 뒤 인장과 충격시험을 실시하고 조직을 조사하였다. 조사결과 A<sub>1</sub> 변태점 이상으로 가열된 경우에만 조직의 변화와 물성변화가 있음을 확인하였다.

## 5) 변형도 측정

화재발생시 냉각수 공급 및 소방 진화 작업으로 인하여 화염이 한쪽으로 밀린 상태가 유지되었기 때문에 화염이 집중적으로 쏠린 부위와 그렇지 않은 부위사이에 변형발생 위험과 탱크의 전체적인 변형 가능성을 확인하기 위하여 변형도를 측정하였다. 측정결과 편향된 변형들은 없었음을 확인하였다.

# 4. 결 론

- 1) 화재손상을 입은 탱크 판재의 경우 조직 및 경도 시험결과 A<sub>1</sub> 변태점 이상으로 가열되지는 않았으며 이로 인한 열화의 정도는 크지 않음을 확인하였다. 이에 따라 판재의 물성치 변화도 없을 것으로 판단되었다.
- 2) 화재시 화염이 한쪽으로 쏠린 상태가 수시간 계속되었음에도 불구하고 탱크의 변형은 크게 초래되지 않았음을 확인하였다.
- 3) 화재발생에도 불구하고 등 탱크를 부분적인 보수 교체를 통해 계속 사용하는 것이 가능하다고 판정되었다.

# 5. 참고문헌

- 1) Metals Handbook, ASM, 1987
- 2) 철강재료 편람 : 일본금속학회, 일본철강협회, 1967
- 3) Case Histories in Failure Analysis ASM, 1979

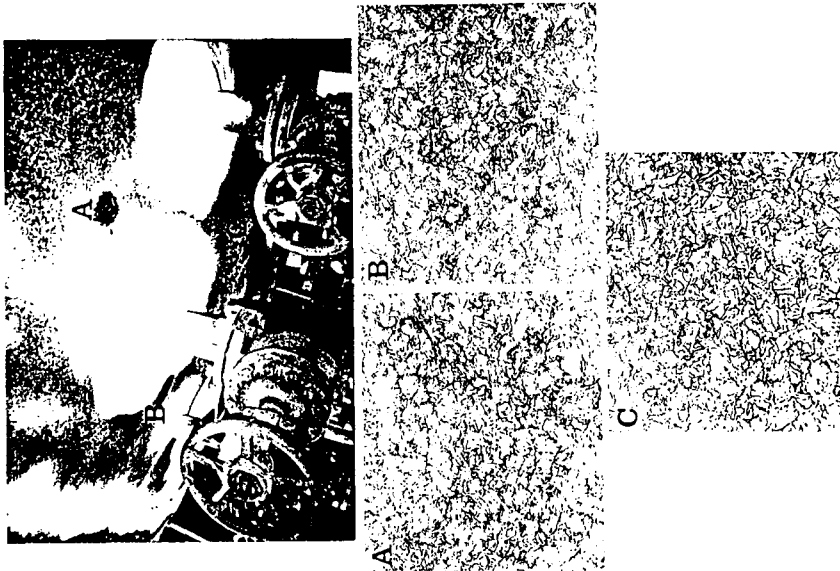


그림 1. 화제 손상부위의 Replica 채취위치와 조직사진

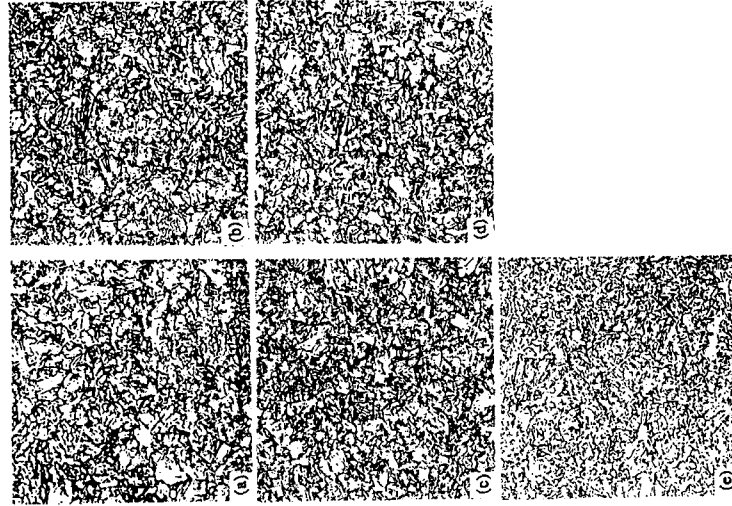


그림 2. 열화도 모의실험 온도에 따른 조직사진  
(a: 기본상태, B: 400°C, C: 600°C, d: 700°C, e: 800°C)