

# Temper Bead 기법을 이용한 압력용기의 보수용접

(Repair Welding of Pressure Vessel Using Temper Bead Technique)

한국원자력 안전기술원 : \*김석원, 안희성, 이재훈, 김준구  
 충남대학교 : 이영호

## 1. 초음파검사

고온 고압의 냉각 유체가 흐르는 압력용기의 용접부를 주파수 2.25 MHz, 탐상각도 60° 인 수동 탐촉자를 사용하여 초음파탐상(UT)한 결과 선형 지시치가 용기 내부의 오오스테나이트 스테인레스 클래딩 벽에 가까운 새로용접부에서 발견되어, 보다 정확한 지시치의 sizing 을 위하여 보완적인 탐상으로서 3.5MHz 및 5MHz 의 고주파 수동 탐촉자를 사용하여 재 확인 하였으나 동일한 결과였다. 최종적으로 자동 UT 장비로 그림 1과 같은 TOFD (Time of Flight Diffraction)원리를 이용하여 지시치의 크기를 정밀 측정한 결과에 따라 보수용접이 수행 되었다. 이러한 TOFD 기법은 두 탐촉자를 tandem 으로 배열하여 crack tip 에서 회절(diffraction)되는 신호 사이의 시간차로 결함을 탐상하므로 탐상조건 및 결함위치등에 의한 영향이 적어 일반적으로 정밀 탐상이 가능하다.

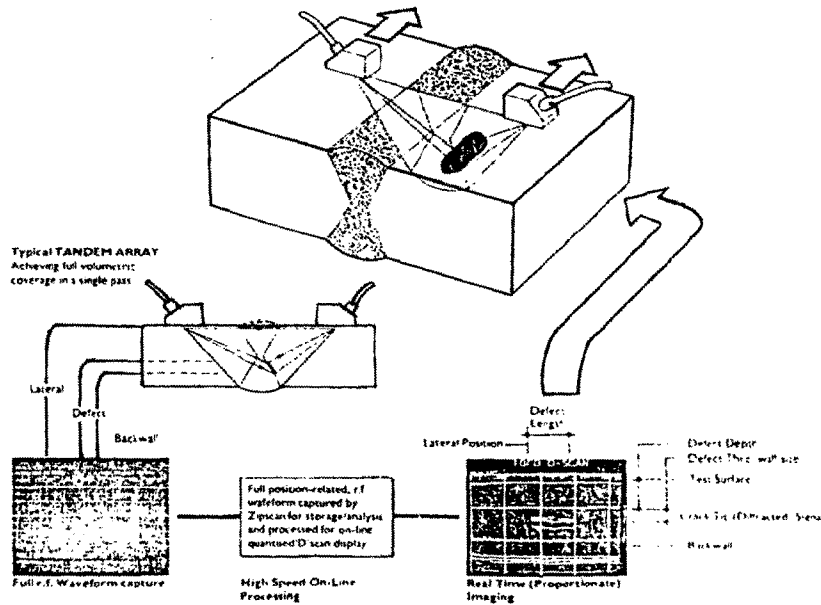


그림1. TOFD operation

## 2. 보수용접

### 2.1 결함제거

모재는 100mm두께의 SA533 Grade A 저합금 탄소강재이며 용기내부는 내식용으로 6mm 두께의 308L 스테인레스강으로 클래딩 되어 있다. 결함의 위치는 클래드 부위에 근접해 있으므로 용기 내벽에서 그라인딩하고 자분탐상검사(MT)로 결함이 완전 제거 되었음을 확인 하였다. 클래드 내부에 작은 기공등을 액체 침투탐상검사(PT)로 확인하여 그림 2와 같이 육성용접을 하기위한 cavity 를 가공하였다.

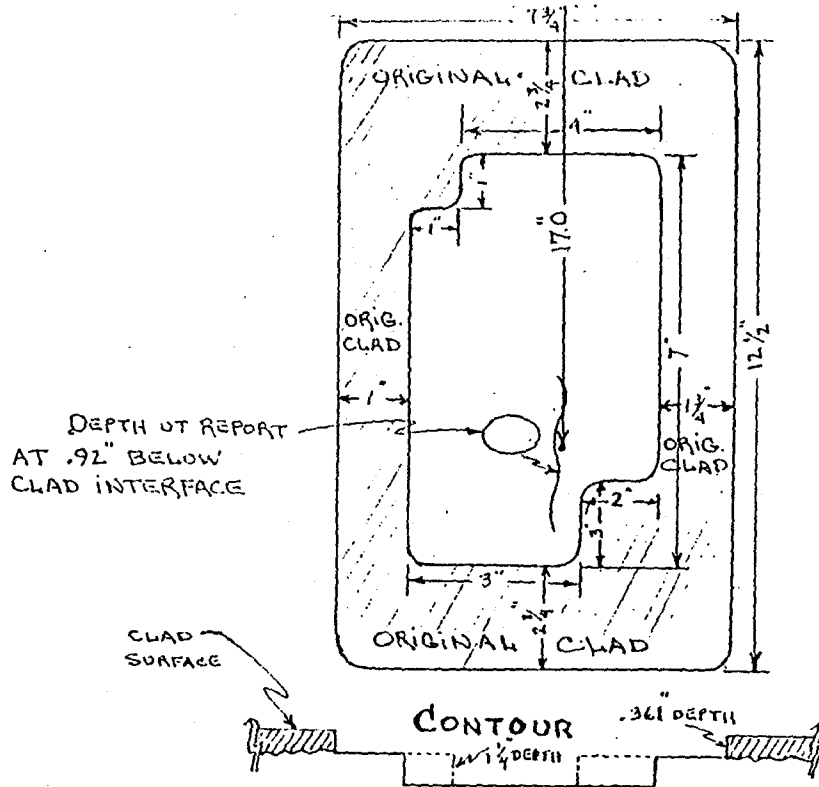


그림2. Cavity contour

### 2.2 Temper Bead Technique

모재와 용접봉과의 조합은 Delong diagram 등으로 용접부의 FN(ferrite number)을 예상하여 결정 하였으며 이는 시편을 통해 실제 측정되어 기준에 만족하였다. 또한 기계적강도를 시험 하기 위한 15° 굽힘시험과 측면굽힘 시험 결과가 양호한 용접절차서가 적용되었다.

용기체적은 40m<sup>3</sup> 로서 후열처리가 곤란하므로 그림3과 같은 temper bead 방법을 사용하여 캐비티를 육성용접 하였다. 그림과 같이 SA533 grade A 인 캐비티의 표면을 충분히 덮도록 3/32" ∅의 E9018M용접봉으로 1층 용접한 뒤 초층 두께의 반을 그라인딩 해내어 2층의 용접열이 모재 열영향부에 tempering 효과를 주도록 하였고 2층 비이드 부터는 클래드경계의 -1/4" 부근까지 1/4" ∅ 의

E9018M 용접봉으로 육성하였다. 이후 부터 클래드표면까지는 3/32"  $\phi$  의 E309L 스테인레스강 용접봉으로 초층 용접하고 half bead 로 그리인딩 한후 1/4"  $\phi$  의 E308L로 2층 용접하여 용접을 완료 하였다.

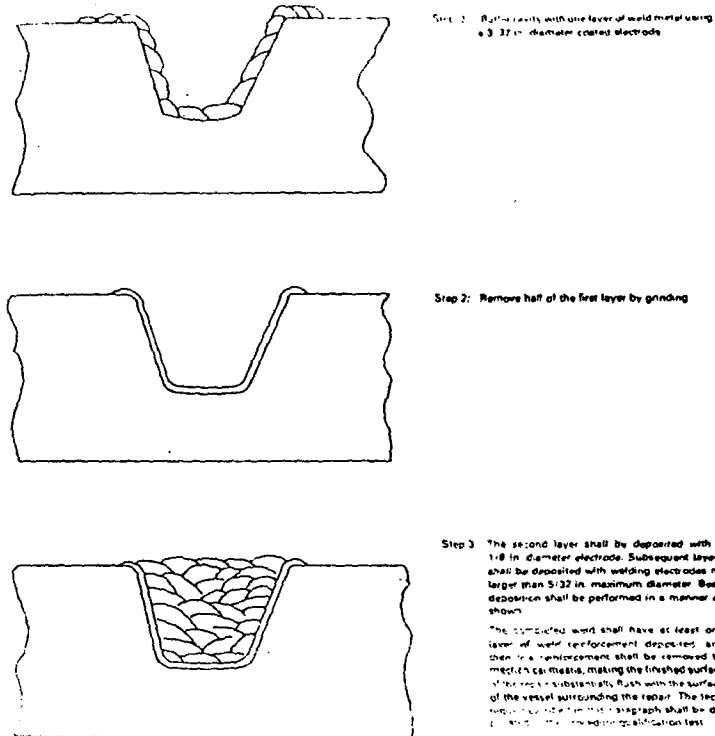


그림3. Temper Bead Technique

### 3. 보수용접후 검사 및 수압시험

육성용접후 체적검사로서 방사선 투과검사(RT), 기존의 2.25MHZ를 이용한 수동 UT, 자동 UT(TOFD), 그리고 클래드 표면검사로서 PT 가 적용되었으며 최종 시험인 수압시험으로 보수용접 부위는 건전한 것으로 입증 되었다.