

Inconel 690 과 SUS 경계부의 용접균열 방지에 관한 연구

The Study on the prevention of weld crack in boundary of Inconel 690 & SUS

이규식, 정인철, 김종오
한국중공업(주) 기술연구원, 경남, 창원

1. 개 요

최근 원자력 증기발생기의 튜브시트는 내부식을 위해 인코넬 690 재질로 오버레이 용접을 수행하며, 또한 1차측 헤드와 격판 설치부에도 동일재질로 버터링 용접이 수행된다. 현재 적용하고 있는 용접방법으로 튜브시트에는 Hot wire-TIG 방법에 의한 오버레이 용접이 적용되고, 1차측 헤드 내부의 격판 설치부와 노즐부에는 SMAW 방법에 의한 버터링 용접이 수행되고 있다.

그러나 1차측 헤드 내부의 격판 설치부와 노즐부의 오브레이 부분은 스테인레스 재질과 인코넬 재질이 맞닿아 있어 용접후 각 경계부에서는 미세균열이 크게 발생하여 제품 제작 시 많은 어려움을 겪고 있다.

따라서 이러한 용접부에서 발생하는 용접결함을 방지하기 위해 균열발생 원인을 분석하고, 그 대책방안을 마련하였다.

2. 시험 내용

2.1 시험 개요

- (1) 시험소재 및 치수 : SA508 CL.3 , 100t x 420W x 450L
- (2) 예열: Min. 121℃, 중간 온도: Max.171℃, 후열: 210~300℃ / 2Hr
- (3) 용접방법 : SAW 스트립에 의한 스테인리스 용접 후 인코넬 용접
- (4) 검사방법: PT & UT

2.2 용접 방법

- (1) 인코넬 690 : SMAW, ESW
- (2) 오스테나이트 스테인리스 : SAW, SMAW

2.3 시험 내용

- (1) 인코넬과 SUS 경계부에서 발생한 용접결함 시험

구분	시험용접 방법
현재 오브레이 용접방법	1. 인코넬 690 (SMAW) + SUS 오버레이(SAW)
	2. SUS 오버레이 (SAW) + SUS 버터링(SMAW) + 인코넬 690(SMAW)
결함방지위한 시험 용접방법	1. SAW 에 의한 스테인리스에 의한 버터링 용접
	2. ESW 스트립에 의한 인코넬 용접

(2) 결함 제거방법 시험

구 분	시험 용접 방법	시험 결과
현재 수행되는 보수용접	인코넬 690 용접부를 편치로 제거한 후 TIG 용접으로 보수	결함이 증가하는 현상 발생
개선된 시험 보수용접	인코넬 690 용접부를 그라인드로 제거한 후 TIG 용접으로 보수	결함이 90% 이상 제거

(3) 용접 재료별 시험

2가지 용접재료에 대해 2G, 3G 자세로 시험용접 결과, 작업성에 있어서는 약간의 차이가 있었고, 결함발생 경향성은 2가지 모두 유사하였다.

3. 결과 분석

3.1 용접 방법별 시험

(1) 결함 원인분석

- 결함위치는 SUS 용접 상부의 인코넬 용접부 초층에서 발생한다.
- 결함 주변으로 Nb 이 많이 분포하는 것이 확인되었다.
- 인코넬 재질은 구속응력이 높은 조건에서 용접균열이 쉽게 발생한다.
- 종합 검토한 결과 크랙 발생 원인은 다음과 같다
첫째, Nb 등의 원소, 특히 이물질 침투에 의한 균열 민감도가 증가
둘째, SUS 스타트부와 크레이터부는 잔류응력이 높아 균열이 쉽게 발생
셋째, SUS 와 인코넬간의 열팽창 계수 차이에 의해 발생

(2) 개선방안

- SUS 용접 경계부가 스타트부와 크레이터부를 배제하도록 용접한다.
- 인코넬 용접은 ESW 방법이 효과적이다.
- 인코넬 690 용접은 수축응력이 최소화 될 수 있도록 용접한다.

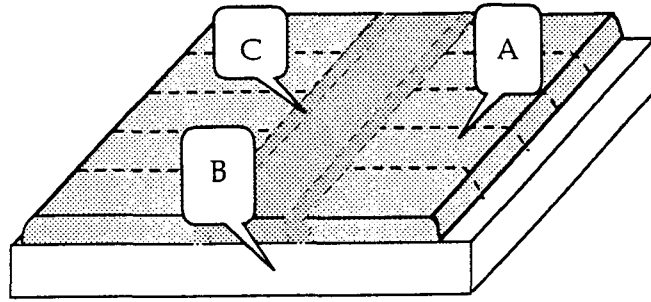
3.2 결함제거 방법시험

(1) 현장 보수 방법

- 용입을 특성에 의한 TIG 용접시 편치 홈 부분에서 용입이 완전히 되지 않는다.
- 편치에 의한 노치가 응력을 집중시켜 열에 의한 응력이 증가하여 결함 발생한다.
- 잔류응력이 높은 용접부에서 결함이 쉽게 발생한다.

(2) 개선된 보수 방법

- 그라인드를 이용하여 결함을 제거한다
- 와이어 공급을 많이 하여 응력에 의한 터짐을 방지한다.
- 크레이터 처리는 여러 번 실시하여 덧살을 충분히 쌓은후 제거한다..
- 용접후 수축응력이 최소가 되도록 한다



구분	현재 수행되는 보수용접	개선된 시험 보수용접
A	SUS 오버레이 용접 (SAW)	SUS 오버레이 용접 (SAW)
B	인코넬 690 용접(SMAW)	인코넬 690 용접 (SMAW + ESW)
C	미용접 + SUS 버터링 용접(SMAW)	SUS 버터링 용접 (SAW)

Fig 2. 시편부위별 용접방법

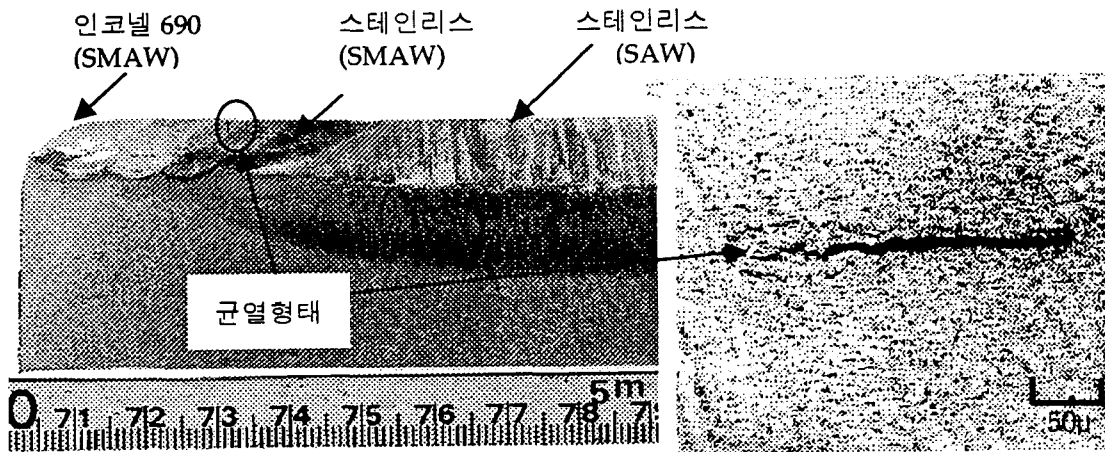


Fig 3. 크랙 발생 Macro & Micro 조직

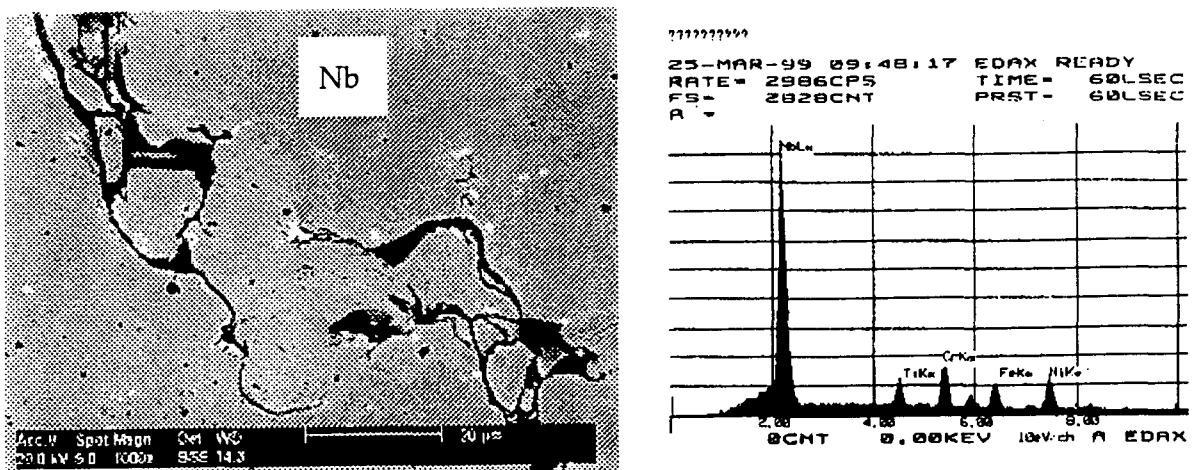


Fig 4. 용접 결합부 SEM & EDAX 분석

4. 결 론

인코넬과 스테인리스 경계부에서 발생한 용접 결함의 원인과 대책방안 및 결함 발생시 효과적인 결함 제거 방안을 검토하였다. 그 결과 인코넬 용접부의 결함원인은 Nb 등의 원소와 용접부 미청정에 의해서 불순물이 균열 민감도를 증가시킴으로써 열팽창 계수 차이에 의해 SUS와 인코넬 경계부에서 결함이 발생하는 것으로 판단된다.

인코넬 용접부의 결함 해결방안은 SUS 오버레이 용접 경계부에 SAW 길이 방향으로 SUS 버터링 용접을 수행하며, 인코넬 690 용접을 ESW 방법으로 수행하며, 수축응력이 최소화할 수 있도록 용접한다.

결함 제거 방안은 그라인드에 의한 결함제거 후 수정 용접부위 초층의 용착량을 적절히 하여 수축응력이 최소가 되도록 용접한다. 이러한 방법으로 인코넬 690 용접을 수행하면 용접 결함을 효과적으로 방지할 수 있으며, 또한 결함을 제거할 수 있다.

※ 참고문헌

1. 대한 용접학회 : "Ni 및 그 합금" 용접 접합편람 P308~312
2. HANJUNG : "고니켈계 합금의 용접 및 부식 균열고찰", 기술개발보고 문집 20 권
3. Huntington Alloys : Inconel 690, Huntington Alloys, Inc., Huntington, West Virginia 25720
4. ASME : PHYSICAL PROPERTIES OF Ni-Cr-Fe ALLOY 690

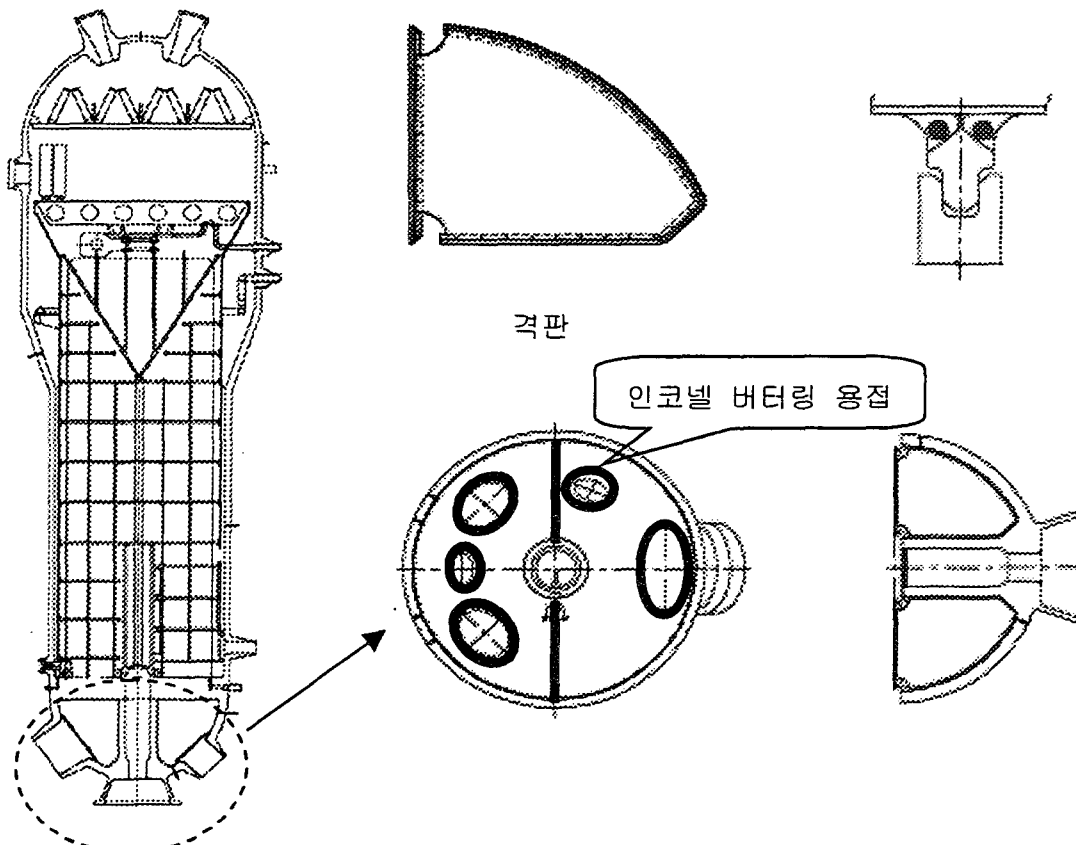


Fig1. 증기발생기 1차헤드측 인코넬 690 & SUS 용접부위