

# 해양플랜트 설비에 사용되는 Titanium , Duplex stainless steel 용접부 내식성 및 기계적 특성에 관한 연구

임세환\*김민수\*\*, 최낙정\*\*†  
\*전북대학교 산업기술학과(기계공학)  
\*\*전북대학교 기계설계공학부  
† e-mail:njchoi@jbnu.ac.kr

## The corrosion resistance and mechanical properties of Titanium , Duplex stainless steel welds used in offshore plant facilities a study on the subject

Se-Hwan Lim\*, Min-Soo Kim\*\*, Nag-Jung Choi\*\*†  
\*Dept. of Industrial Technology (Mechanical Engineering),  
Jeonbuk National University  
\*\*Division of Mechanical Design Engineering, Jeonbuk National University

### 요 약

해양플랜트에 사용되는 티타늄은 내식성이나 강도면에서 우수한 재료이다. 또한 해양플랜트 구조물에 사용되는 듀플렉스 스테인리스강은 자연적인 야금학적 변화 때문에 부식 가능성이 항상 잠재한다. 해양플랜트 구조물의 용접은 금속과 열영향부의 국부적인 조성과 미세조직의 상태 마지막으로 용착금속의 화학성분에 따라서 소재의 내식성이 결정한다. 본 연구는 강도와 내식성이 우수한 티타늄 과 듀플렉스 스테인리스를 동일한 용접조건으로 Tig 용접하여 시험편을 제작 및 동일한 조건으로 부식시험을 하여 두금속의 내식성 변화와 기계적특성에 대해서 비교 분석하고자 한다 해양 플랜트에 설비나 부품에 사용되는 티타늄과 듀플렉스 스테인리스강의 용접부 부식시험과 기계적 특성을 알아 보았다. 기계적특성은 듀플렉스 스테인리스강의 인장강도 min 620MPa 기준에 보다 조금 낮은 570MPa 정도 나오는걸 알수 있으며 굽힘 시험은 용접부 결함 없이 건정성을 확인할수 있었습니다. 티타늄은 시험용액 about 6% FeCl<sub>3</sub> 에 대한 반응성에 우수한 내식성을 가지고 있지만 , 듀플렉스 스테인리스강은 부식이 발생 하는걸 확인 하였습니다.

keyword : Titanium , duplex stainless steel

## 1. 서 론

티타늄은 내식성 등이 우수한 금속이다. 매우 다양한곳에 사용하며, 지각 내부에 함유한 금속중 AI, Fe, Mg에 이어 4번째로 매장되어 있는 금속 자원이다. 다양한 분야에서 활용도가 높으며 티타늄은 여러 화학약품에 대해서 내식성이 뛰어나지만 모든 곳에서 해당 되는건 아니다. 티타늄합금의 특징으로 고온 노출에도 비강도가 높고 내식이 우수하여 다양한 곳에서 사용되며 해양플랜트 설비 항공기 엔진 및 기체 와같은 특수소재로 사용되고 있다.(1) 듀플렉스 스테인리스 강은 가공성은 물론 내식성과 강도면에서 우수한 소재이다. 오스테 나이트, 스테인리스강과 그리고 페라이트계열 스테인리스 강의 중간 정도의 물리적 특성을 가지고 있지만 더가까운쪽은 페아리트 계열 스테인리스 강이

다. 텨부식은 저항의 금속에 포함된 Cr, Mo, W, N 의 따라달라지고 또한 함유량에 따라서 부식저항이 발생된다. (2)

내식성이 우수한 두금속의 기계적 특성과 부식저항성에 대해서 알아 보고자 한다.

## 2. 실험 방법

듀플렉스 스테인리스 본용접시 V형 그루브 선정 용접봉은 1.2mm 사용하였으며 극성은 DCSP 전류는 87(A) 전압 11(V) 용접 속도 10(cm/min) Groove 용접 자세 : 1G 선택하였으며 실드보호를 위한 차폐가스(Shielding Gas) 아르곤 가스 Ar 99.99% 사용 유량(Flow Rate) : 15 L/min 사용 하였습니다. 용접과정중에 산화를 방지 하기위해 Gas Backing : Ar 99.99% 사용하였고, 비드 운봉 : Stringer

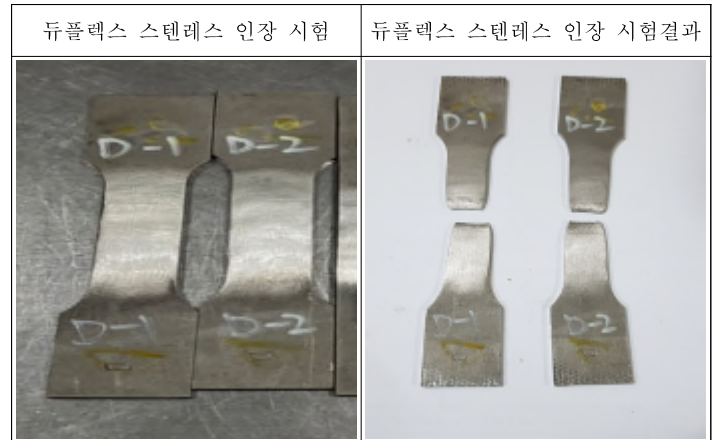
티타늄 본용접시 V형 그루브 선정 용접봉은 1.2mm 사용

하였으며 극성은 DCSP 전류는 87(A) 전압 12(V) 용접 속도 10(cm/min) Groove 용접 자세 : 1G 선택하였으며 실드보호를 위한 차폐가스(Shielding Gas) 아르곤 가스 Ar 99.99% 사용 유량(Flow Rate) : 15 L/min 사용 하였습니다. 용접과정 중에 산화를 방지 하기위해 Gas Backing : Ar 99.99% 사용 하였고 , 비드 운봉 : Stringer

장강도 min 350MPa보다 이상의 접합강도의 건정성이 확인되었다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

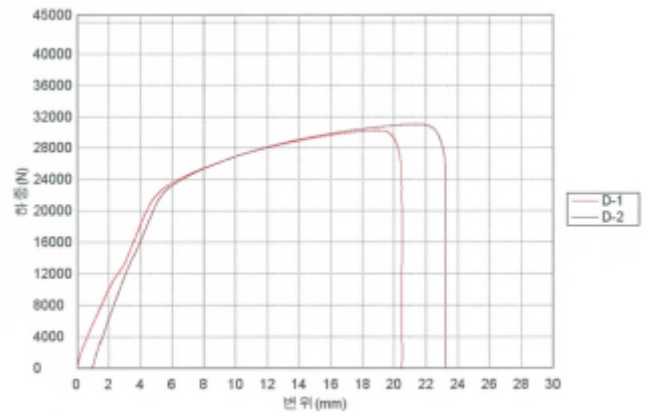
#### 3 - 1 인장 시험



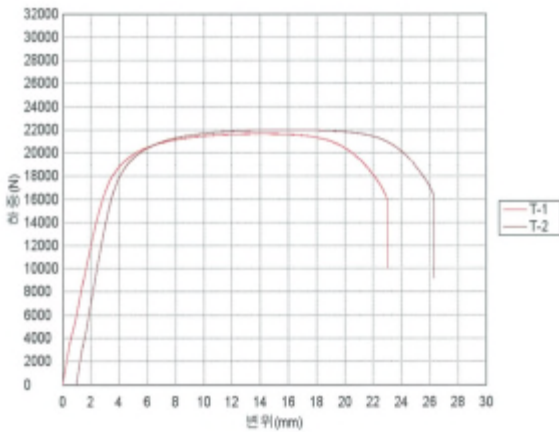
[그림3] 듀플렉스 인장 시험편 및 시험후



[그림 1] 티타늄 시험편 인장시험후



[그림4] 듀플렉스 스테인리스 인장시험 그래프



[그림 2] 티타늄 인장 그래프

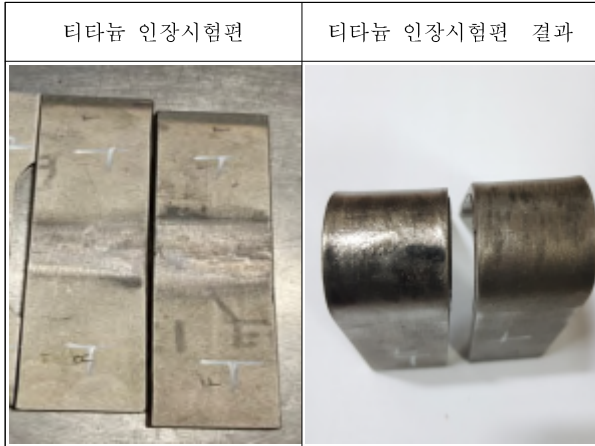
티타늄 강의 시험 방법은 ASME BPVC Sec. IX (QW-150 tension test)(3)에 따라 인장시험 하고가공할 시험편 치수는 T-1 폭 18.78mm, 두께 3mm, 단면적 62.162mm<sup>2</sup>인 시험편과 T-2 폭18.75mm, 두께 3mm, 단면적 62.250mm<sup>2</sup>인 두 개의 시험편을 가공하여 시험환경온도 22.7±0.1℃, 습도 72±1%에서 시험결과 350MPa, 355MPa로 나왔으며 이것은 티타늄 강재의 ASTM spec의 인장강도 min 170~310MPa 및 용접시험에 인

듀플렉스 스테인리스 강의 시험 방법은 ASME BPVC Sec. IX(QW-150 tension test)(3)에 따라 인장 시험 하고가공할 시험편 치수는 T-1 폭 18.83mm, 두께 3mm, 단면적 54.230mm<sup>2</sup>인 시험편과 T-2 폭18.84mm, 두께 3mm, 단면적 54.448mm<sup>2</sup>인 두 개의 시험편을 가공하여 시험환경온도 22.7±0.1℃, 습도 72±0%에서 시험결과 561MPa, 573MPa로 나왔으며 이것은 듀플렉스 스테인리스 강재의 ASTM spec의 인장강도 min 620MPa 및 용접시험에 인장강도 min 570MPa보다 이하로 접합강도가 조금 낮게 측정되는 것을 확인되었다.

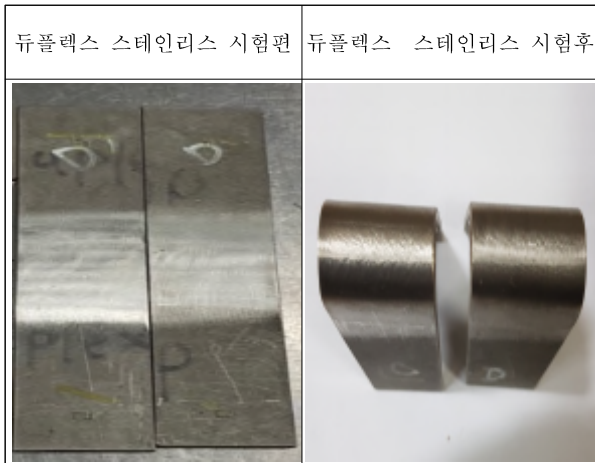
#### 3-2 굽힘 시험

시험 방법은 ASME BPVC Sec. IX(QW-160 guided-bend test)(4)에 따라 굽힘 시험 하고 시험편 준비는 두 개의 표면 굽힘 시험편과 이면 굽힘 시험편 두 개로 시험환경 온도 22.7±0.1℃, 습도 72±1%에서 굽힘

시험기계 각도 180°, roll 지름 10 mm로 setting 하여 시험결과 표면 굽힘 및 이면 굽힘 시편 4개의 모든 용접부에 균열 발생 없이 용접부 건전성이 확인되었다.



[그림 5] 티타늄 인장시험편 및 시험후



[그림 6] 듀플렉스 스테인리스 시험편 및 시험후

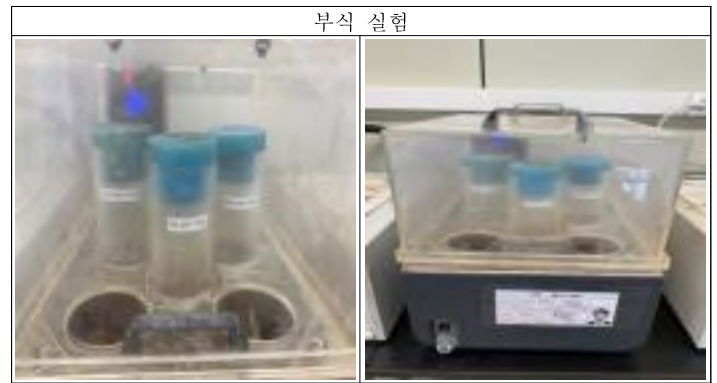
### 3-4 부식 시험

ASTM G48“A”(피팅확인) 염화물 환경에서의 스테인레스 강의 내공식성을 판정 하며 인장이 내공식성에 미치는 영향의 조사를 할수 있으며 .시험용액 about 6% FeCl<sub>3</sub> 사용 하였으며 . 시험 조건은 50 LSUPoC ±1 °C 72h 동안의 노출을 시켜 부식실험을 진행하였습니다. 공식 발생 임계온도 시험 방법으로

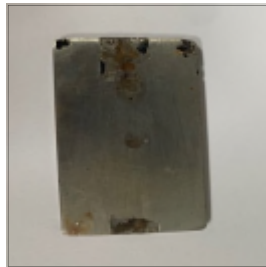
(ASTM G48 Method “A”) 공식을 발생하는 최적의 온도를 정량적으로 측정하는 방법으로 공식의 깊이 에 따라 평가한다.

티타늄은 염화제이철 부식시험에서 건전성이 평가되었으며 듀플렉스 스테인리스강은 공식 부식이 발생

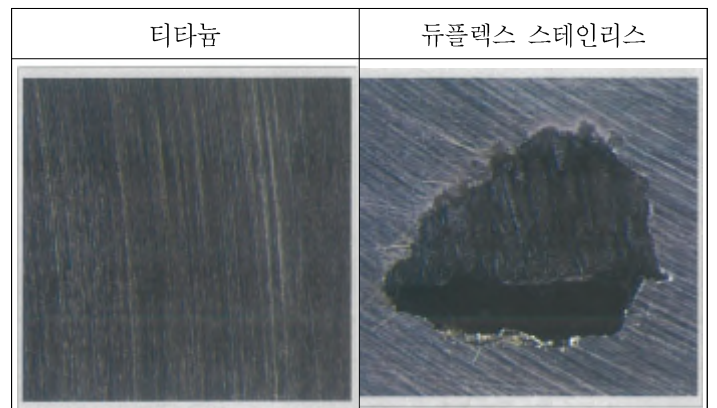
확인할 수 있다.



[그림 14] 부식 시험기

시험 과정		
모 재	시험편	72시간 시험 온도 (°C) 50 ± 1
Titanium Grade1		
Duplex stainless steel		

[그림 15] Ferric Chloride Pitng Test-Weight Loss  
ASTM G48-11(2015)(Methoda)



[그림 16] Ferric Chloride Pittng Test-Visible Pittng(20)

ASTM G48 Method “A”의 시험방법을 통해 시험 용액 about 6% FeCl<sub>3</sub> 사용 하였으며 . 시험 조건은 50LSUPoC ±1 ° C 72h 동안의 금속 시편(Titanium 3t) W25 X L50 X T-3 노출한 결과 Ferric Chloride Pittng Test-Visible Pittng(20) 통한 확인 결과 이상 없음을 알수 있었다.

ASTM G48 Method “A”의 시험방법을 통해 시험 용액 about 6% FeCl<sub>3</sub> 사용 하였으며 . 시험 조건은 50LSUPoC ±1 ° C 72h 동안의 금속 시편(Duplex 3t) W25 X L50 X D-3 노출한 결과 Ferric Chloride Pittng Test-Visible Pittng(20) 통한 확인 결과 750.8 g/m<sup>2</sup>수치의 공식 부식이 진행되었음을 알수 있었다.

#### 4. 결론

해양플랜트에 사용되는 티타늄은 내식성이나 강도면에서 우수한 재료이다. 또한 해양플랜트 구조물에 사용되는 듀플렉스 스테인리스강은 자연적인 야금학적 변화 때문에 부식 가능성이 항상 잠재한다. 해양플랜트 구조물의 용접은 금속과 열영향부의 국부적인 조성과 미세조직의 상태 마지막으로 용착금속의 화학성분에 따라서 소재의 내식성이 결정한다.

본 연구는 강도 와 내식성이 우수한 티타늄과 듀플렉스 스테인리스를 동일한 용접조건으로 Tig 용접하여 시험편을 제작 및 동일한 조건으로 부식시험을 하여 두금속의 내식성 변화와 기계적특성에 대해서 비교 분석 한 결과 이다.

1 . 티타늄과 듀플렉스 스테인리스강의 TIG 용접시 용접부의 대한 인장강도는 티타늄의 경우 ASTM 의 인장강도 min 170~310MPa 및 용접시편에 인장강도 min 350MPa보다 이상의 접합강도의 건정성이 확인 할수 있었으며 듀플렉스 스테인리스강은 ASTM 인장강도 min 620MPa 및 용접시편에 인장강도 min 570MPa보다 이하로 접합강도가 조금 떨어지는 것을 확인되었다.

2 . 티타늄 과 듀플렉스 스테인리스강의 TIG 용접시 용접부의 대한 굽힘 시험에서는 표면 굽힘 및 이면 굽힘 시편 4개의 모든 용접부에 균열 발생 없이 용접부 건전성이 확인되었다.

3 . 티타늄 과 듀플렉스 스테인리스강의 TIG 용접시

용접부의 대한 부식시험은 시험용액 about 6% FeCl<sub>3</sub>에 대한 부식반응은 티타늄과 듀플렉스 스테인리스강의 Ferric Chloride Pittng Test-Visible Pittng(20) 통한 확인 결과 티타늄은 반응이 전혀 일어나지 않음을 알수 있었으며 듀플렉스 스테인리스강은 750.8g/m<sup>2</sup> 부식이 진행 될것 확인 되었다.

티타늄과 듀플렉스 스테인리스강의 내식성 비교 분석 시험에서 티타늄은 시험용액 about 6% FeCl<sub>3</sub>에 대한 반응성에 우수한 내식성을 가지고 있지만 , 듀플렉스 스테인리스강은 부식이 발생 하는걸 알수 있었습니다.

#### 참고문헌

[1] C. Li and J. Deng, 2003, "Development Trend of the Wrought Processing for Titanium and Titanium Alloy" Ti-2003 Science and Technology: proceeding of the 10th World Conference on Titanium Vol.1 pp.285-296. 2. Practical Guidelines for the Fabrication of Duplex Stainless Steels 2nd ed., International Molybdenum Association(IMAO), Pennsylvania, USA(2009).  
3. ASME BPVC Section IX, QW-150 Tension Test pp 4, (2010).  
4 . ASME BPVC Section IX, QW-160 Guided-bend test pp 5, (2010).