# 초음파를 이용한 순 티타늄 판재의 인장특성 평가

# Tensile Properties Evaluation of Pure Titanium Plate using Ultrasonic

*선상원[1], 박희동[2], 황영탁[3], 장대성[4], #이원[1]

*S. W. Seon[1] , H. D. Park[2], Y. T. Hwang[3], D. S. Chang[4], #W. Yi(yiwon@ssu.ac.kr)[1]

[1]숭실대학교 기계공학과, [2]한국건설생활환경시험연구원, [3]강원대학교 메카트로닉스공학과

[4]우송대학교 철도차량시스템학과

Key words : Titanium, Tensile characteristics, Ultrasonic test

## 1. 서론

티타늄은 비강도가 높고, 내식성이 우수하여 항공, 우주, 화학플랜트, 열교환기 등에 사용되는 중요한 구조용 소재이다.[1] 특히 면내이방성이 존재하는 순 티타늄 판재의 경우 압연방향에 따른 인장특성을 정확히 이해하고 사용목적에 부합되게 사용하는 것이 매우 중요하다. 또한 사용 중인 티타늄 구조물의 안전성을 효율적으로 확보하기 위해서는 비파괴적인 평가방법을 적용하여 외력이 집중적으로 작용하는 취약부에 대한 건전성평가가 필요하다.

본 연구에서는 순 티타늄 판재의 압연방향에 따른 인장시험과 초음파탐상을 병행하여 이들의 상관관계를 분석함으로서 구조물의 건전성을 유용하게 평가할 수 있는지 확인하고자 하였다.

## 2. 실험 재료 및 실험방법

본 연구에 사용된 주요 기기로는 만능재료시험기(1 960 kN), 디지털 오실로스코프(LeCroy 9354A, 500MHz), 초음파펄스 발생 수신장비(JSR PR35), 초음파 신호를 송수신하는 수직 탐촉자(중심 주파수 : 4MHz, 진동자 크기 : Ø10 mm) 등 이며, 실험에 있어서는 순 티타늄 판재 Grade 2를 KS B 0801 인장시험편 5호로 압연방향과 압연직각방향으로 제작하였다. Fig. 1의 기기를 이용하여 KS B 0802의 규격에[2] 따라 인장시험을 실시한 후 소성변형이 일어난 평행부와 소성변형이 일어나지 않은 건전한 부위를 대상으로 각각 초음파신호를 획득하였다.

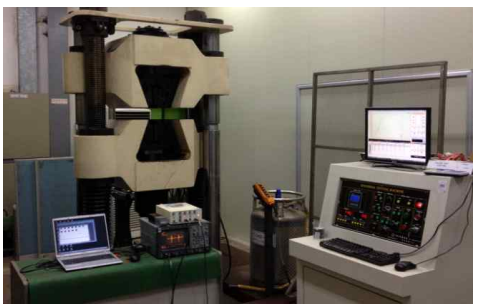

Fig. 1 Universal testing machine and Ultrasonic test instrument

## 3. 실험결과 및 고찰

인장시험 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 압연직각방향이 압연방향으로 인장한 것보다 기계적 성질이 높게 나타났다. 특히 소성변형의 기준점이 되는 항복강도의 경우 20 % 이상 높게 확인 되었고 연신율은 1 % 이내로 큰 차이가 없었다. 이러한 현상은 압연직각방향의 결합상태가 압연방향보다 우수하여 나타난 것으로 평가된다.

순 티타늄 판재는 압연방향에 따라 인장특성이 결과에 영향을 줄 정도로 차이 나므로 중요한 구조물일 경우 방향성을 잘 고려하여 설계할 필요가 있다. 그리고 구조물을 지속적으로 안전하게 사용하기 위해서는 비파괴적인 평가 기준이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 인장시험에 의해 파단 된 압연방향 및 압연직각방향의 시험편에서 초음파 신호를 획득하여 인장에 따른 초음파신호의 상관관계를 확인하였다.

Table 1 Tensile test result according to a direction

| | T.S.(MPa) | Y.S.(MPa) | El.(%) |
|---|---|---|---|
| Rolling direction | 550 | 430 | 34 |
| Transverse direction | 571 | 528 | 33 |

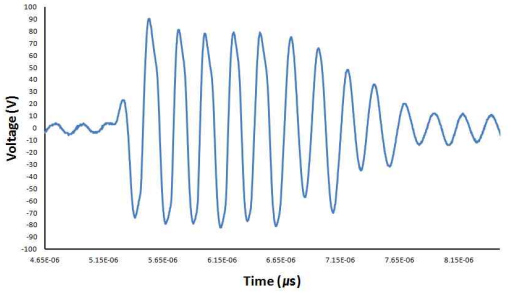


Fig. 2 Ultrasonics signal of rolling direction

초음파는 물체 내부를 진행할 때 결정립경계에서 산란감쇠가 일어나고 결정립의 크기가 반파장보다 클 경우 음파가 결정에 부딪치면 산란반사가 심하게 일어나 나는 특징이 있다.[3,4] 따라서 물체에 인장하중이 작용하면 물체를 구성하고 있는 결정립이 인장방향으로 늘어나고 결정립경계도 명확해 지면서 초음파의 산란감쇠가 심하게 일어나는 조건이 만들어진다.

순 티타늄 판재의 인장과 초음파의 상관관계를 정량적으로 확인하기 위하여 파단 된 인장시험편으로부터 Fig. 2와 같은 시계열의 신호를 획득하였다.

Fig. 2와 같은 시계열 초음파 신호를 신뢰성 있게 정량화 하기위해 실효값(RMS, Root Mean Square) 방식을 사용하여 2차원적으로 분석하였다.

Fig. 3은 압연방향의 모재 부를, Fig. 4는 압연방향의 파단 부를 나타내는 값이다. 포락선의 수식을 적분하여 압연 방향의 모재부와 파단부의 면적을 각각 계산하였다. 결과적으로 모재부의 넓이를 기준으로 파단부의 넓이가 38 % 감소하였으나, 압연직각방향에서는 2 % 감소로 모재부와 파단부가 큰 변화 없이 비슷하였다. 이와 같은 현상은 압연직각방향의 인장력 작용에 있어 결정립경계 변화에

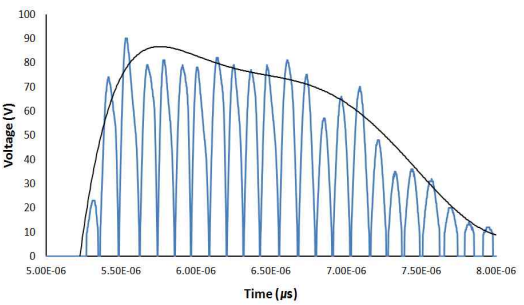


Fig. 3 Ultrasonics signal of Base Metal Using The RMS method (Rolling direction)

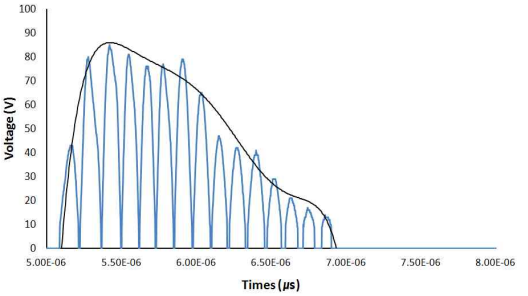


Fig. 4 Ultrasonics signal of Fracture Metal Using The RMS method (Rolling direction)

크게 영향을 주지 않아 나타난 현상으로 분석되며 이를 확인하기 위해 추가적으로 미세조직 분석이 필요하다.

## 4. 결론

본 연구에서 순 티타늄 판재의 압연방향과 압연직각방향의 인장특성에 따른 초음파특성을 비교평가하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

압연직각방향이 압연방향으로 인장한 것보다 소성변형에 기준이 되는 항복강도가 20 % 이상 높은 것으로 확인하였다. 그러나 압연방향에서 모재부와 파단부의 초음파 선도면적을 비교한 결과 38 % 감소하였다. 그리고 동일한 방법으로 압연직각방향의 선도면적을 비교한 결과 2 % 감소하였다. 따라서 순 티타늄 판재로 구성된 구조물의 안전진단에 있어 인장하중이 압연직각방향으로 작용할 경우 초음파특성을 이용한 인장특성평가에 오류를 범할 수 있으나, 압연방향으로 인장하중이 작용하는 경우에는 초음파평가 방법이 유용하게 적용될 수 있음을 확인하였다.

## 참고문헌

1. 박희동, 윤인식, 이원, “티타늄의 초음파거리진폭특성곡선에 관한 연구,” 한국 정밀공학회지, **08**, 707-708, 2008.
2. KS B 0802, Method of Tensile Test for Metallic Materials , 2003.
3. Tusty, J., Smith, S. and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," Annals of the CIRP, **39**, 517-521, 1990.
4. 이충헌, 김경애, “초음파탐상 검사,” 세진사, pp. 51-54, 1998.