

# 변형률 측정 및 비측정에 따른 마이크로 금속박판 소재의 물성 특성 차이 분석

## Difference Analysis of Micro Thin Foil Material Property Depending on Strain Measuring Method

\*한아름<sup>1,2</sup>, 이낙규<sup>1</sup>, #이혜진<sup>1</sup>, 박영필<sup>2</sup>

\*A.R. Han<sup>1,2</sup>, N. K. Lee<sup>1</sup>, # H. J. Lee(nalnt@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, Y.P. Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀, <sup>2</sup> 연세대학교 기계공학과

Key words : Micro Metal Thin Foil, Strain Measurement, Micro Material Property, Vision Inspection System

### 1. 서 론

최근 전기, 전자 관련 제품들의 소형화, 저소비 전력화 추세에 맞추어 부품들이 경량화, 소형화, 고기능화 되고 있으며, 이들에 대한 수요가 급증할 것으로 예상되고 있다. 이들 초미세 부품이 핵심부품으로 사용되는 차세대 영상 장치, 광통신 부품, 각종 이·화학 실험분석 장치 등의 최첨단 장비는 고가이며 동시에 고정도성이 요구되는 부품들이므로, 이들 핵심부품에 대한 고정도성, 내구성 등을 포함한 부품의 신뢰성 평가에 관한 요구가 거세지고 있다.

초소형 부품의 신뢰성 평가는 부품의 크기가 작아지게 됨에 따라서 소재 내부의 결정립, 표면에 존재하는 작은 흠집, 마찰력 등의 영향이 커지게 되며, 일반적으로 수행되는 시험 방법들에 의한 물성 측정 결과를 적용하는 것이 불가능하게 되었다. 따라서 마이크로 및 나노 정도의 정밀도를 가지는 물성 시험에 관한 연구가 최근 활발히 진행되어지고 있다.

소재의 물성을 측정하는 방법으로는 인장 시험, 굽힘 시험, 자기공명 시험, 경도 시험법 등이 있다. 이 중에서 인장 시험법은 직접적으로 탄성계수, 포와송비, 파괴강도 등을 측정할 수 있는 가장 효과적인 방법이며, 또한 특별한 수식을 통한 환산이나 조건 없이도 물성치를 직접적으로 구할 수 있으므로 보편적으로 많이 쓰이고 있는 방법이다.

변형률(Strain) 측정방법에는 접촉 방식의 변형률 측정 방법과 비접촉 방식의 변형률 측정 방법이 있다. 접촉 방식의 변형률 측정 방법은 정밀 신율계(Extensometer)가 소재와 접촉하여 측정하는 방식으로 크기가 작은 마이크로 박판 소재에 적용시 매우 어려움이 있다. 그리고 마이크로 물성평가 분야에 적용할 수 있는 비접촉 방식의 변형률 측정 방법에는 ISDG(Interferometric Strain/Displacement Gage), ESPI(Electronic Speckle Pattern Interferometry) 그리고 고배율 카메라를 이용하여 얻은 화상을 이용하는 이미지 분석 방법이 있다.

본 논문에서는 니켈(Ni) 박판 소재의 변형률 측정하는 방법이 시험결과에 미치는 영향을 분석하기 위해 이미지 변형률 측정 방법 및 가진 변위 환산법에 따른 데이터를 정밀 분석하였다.

이러한 가진 변위 환산법은 마이크로 물성 평가 분야에서 변형률을 측정하는 방법이 없을 경우 일반적으로 많이 사용하고 있는 방법이다.

### 2. 마이크로 이미지 변형률 측정 모듈

마이크로 박판소재의 기계적 물성을 측정하기 위한 마이크로 물성평가 시스템은 Fig. 1과 같다. 본 시스템은 한국생산기술연구원에서 개발한 시스템으로 상온 및 다양한 환경 모사 시험까지 수행할 수 있는 시스템으로 구성되었다.

마이크로 박판 소재의 변형률을 정밀하게 측정하기 위한 이미지 변형률 측정 모듈은 고배율 렌즈와 고해상도 CCD 카메라로 구성되었으며, 상의 위치 및 초점을 조정하기 위한 3축 매뉴얼 스테이지위에 위치되어 있다.

또한 표점의 이미지를 정확하게 측정하기 위해 광량을 조절할 수 있는 LED 광원을 설치하였다.

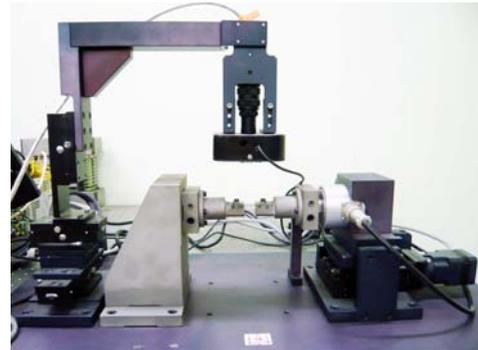


Fig.1 Micro material property measurement system

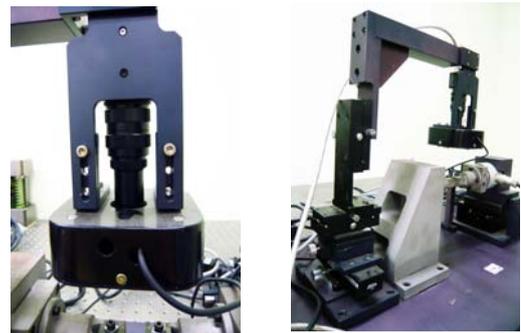


Fig.2 Image strain measurement module

### 3. 금속 박판 소재의 이미지 변형률 측정 방법 및 가진 변위 환산법에 따른 시험 방법

측정방법에 따른 변형률은 이론적으로 다음과 같이 구할 수 있고, 이미지 변형률 측정 방법에 따른 변형률은 이론적으로 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\epsilon_l = \frac{\Delta l}{L_0}$$

그리고  $\Delta d$ 는 가진 변위 환산법에 의해 구동 액츄에이터의 인장길이가 된다. 그 길이는 정밀 변위 센서(Linear Scale)로 측정된다. 이론적으로 아래와 같이 구할 수 있다. (Fig.3참고)

$$\epsilon_d = \frac{\Delta d}{L_0}$$

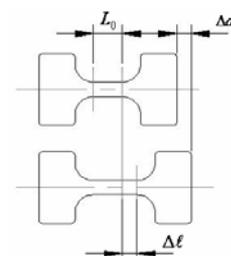


Fig.3 Element for strain



Fig.4 Strain measurement at vision



Fig.5 Strain measurement at displacement sensor (linear scale sensor)

위의 식을 적용하여 이미지 변형률 측정 및 가진 변위 환산을 하여  $\epsilon_l$ 과  $\epsilon_d$ 를 구할 수 있고 이를 비교하여 오차를 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$error = |\epsilon_l - \epsilon_d|$$

#### 4. 금속 박판 소재의 이미지 변형률 측정 및 가진 변위 환산에 따른 시험 결과

마이크로 박판소재의 비전변형률 측정 및 비측정을 100 $\mu$ m 두께의 니켈(Ni)박판소재를 이용하여 이미지 변형률 측정 방법 및 가진 변위 데이터 차이를 분석하였다.

니켈(Ni)박판 소재의 마이크로 시편은 Etching기법을 이용하여 Fig.3의 형상 같이 제작한 후 마이크로 물성평가 시스템 시험 장비에 시편을 고정시켜 고배율의 렌즈가 결합된 CCD카메라로(Fig.2) 이미지 변형률 측정 실험을 수행하였다. 시편을 인장시키는 속도는 500 $\mu$ m/min로 유지하였고 실험을 위한 시편의 자세한 사양은 다음과 같다.

Table.1 Specification of Nickel

소재	소재 두께	$L_0$	$w$
Ni	100 $\mu$ m	2mm	1mm

이미지 변형률 측정으로 인해 얻은 니켈(Ni)박판소재의 변형률  $\epsilon_l$ 의 결과는 Fig.6그래프와 같고 가진 변위 환산에 의해 측정된 니켈(Ni)박판소재의 변형률  $\epsilon_d$ 의 결과는 Fig.7그래프와 같았다. 또한 두 그래프의 탄성계수와 인장강도를 분석함으로써  $\epsilon_l$ 와  $\epsilon_d$ 의 오차를 다음과 같이 확인할 수 있었다.

Table.2 Result of experiment

	Vision	Linear scale	error
탄성계수(GPa)	98.6	24.7	73.9
인장강도(GPa)	41.5	41.6	0.1

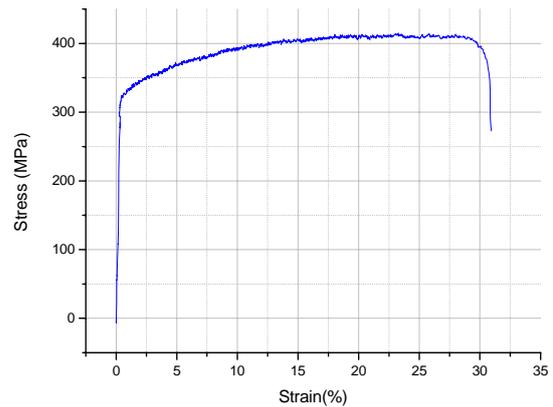


Fig.6 Result of Image Strain Measurement module  $\epsilon_l$

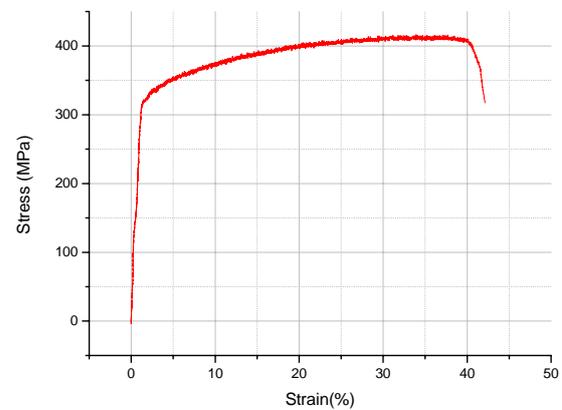


Fig.7 Result of displacement conversion  $\epsilon_d$

#### 5. 결 론

본 논문을 통해 각각의 소재에 대한 이미지 변형률 측정과 가진 변위 환산에 대한 차이를 분석할 수 있었다. 오차를 줄일 수 있는 방법을 고안하여 마이크로 소재 물성평가를 한다면 관련 부품/모듈 분야의 신뢰성기반을 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하는 표준화 기술 개발 사업 중 한국생산기술연구원이 주관하고 있는 “나노 및 막형 소재의 마이크로 인장 특성 표준 시험 평가 기술 개발”의 과제로써 수행 중이며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. H. Ogawa, K. Susuki, S. Kaneko, Y. Nakano, Y. Ishikawa and T. Kitahara, “Measurement of mechanical properties of micro-fabricated thin film”, Proc. IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop, Nagoya, 430-435, January, 1997
2. S. Greek and S. Johansson, “Tensile testing of thin film micro-structures”, Proc. SPIE, 3224, 344-351, 1997