

# 냉간 등방압 성형기를 이용한 미세박판 인장시험시편 가공기술 및 정밀 기계적 물성 측정기술

이혜진<sup>1/2</sup>, 박훈재<sup>1</sup>, 이낙규<sup>1</sup>, 김승수<sup>1</sup>, 이형욱<sup>1</sup>, 황재혁<sup>2</sup>, 박진호<sup>1</sup>

## Manufacturing Technology of Thin Foil Tensile Specimen Using Cold Isostatic Press and Precision Mechanical Property Measurement Technology

H. J. Lee, H. J. Park, N. K. Lee, S. S. Kim, H. W. Lee, J. H. Hwang, J. H. Park

### Abstract

This paper is concerned with manufacturing technology of thin foil tensile specimen using CIP(Cold Isostatic Press) and measurement of precision mechanical property. This thin foil tensile specimen manufacturing technology is a method that can make a metal thin foil specimen for micro tensile testing. We can get a burr free micro metallic thin foil specimen using this technology. For testing mechanical property of this micro thin foil, we use a nano scale material testing machine that was developed by KITECH. In this paper, micro tensile specimens of nickel and copper thin foil are fabricated with CIP and precision mechanical properties of these materials could be measured. We will expect that precision mechanical property of micro/nano material and component. Micro and Nano mechanical property can be measured using this technology and mechanical property data base of micro/nano material and component can be constructed.

**Key Words** : CIP(Cold Isostatic Press), Thin foil, Tensile specimen, Precision mechanical property

### 1. 서론

최근 전기, 전자 관련 제품들의 소형화, 저소비 전력화 추세에 맞추어 부품들이 경량화, 소형화, 고기능화 되고 있으며, 이 들에 대한 수요가 급증 할 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 방법에 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 가

1. 한국생산기술연구원  
2. 한국항공대학교

장 효과적인 방법이며, 또한 특별한 수식을 통한 환산이나 조건 없이도 물성치를 직접적으로 구할 수 있으므로 보편적으로 많이 쓰이고 있는 방법이다. 그러나, 마이크로/나노 인장 시험은 시험편의 소형화에 따라서, 시험편 정렬이 정밀하게 이루어져야 하며, 이를 위하여 다양한 시험편과 정렬 방법이 사용되고 있다. 또한, 마이크로 시험편에 인장력을 부가하기 위한 Gripping 방법에 관한 다양한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 현재 까지 대부분의 연구는 단결정 실리콘(SCS, Single Crystalline Silicon)이나 다결정 실리콘 소재의 시험에 집중되어 있어서, 금속소재에 관한 마이크로/나노 물성시험이 상대적으로 취약한 상황이다. 아래의 Table.1 에 기존에 연구되어진 마이크로/나노 물성시험에 대해 정리를 하여 나타내었다.

본 논문에서는 니켈 및 구리소재 마이크로 박판의 정밀한 물성시험을 하기 위한 마이크로 인장 시험편의 제작방법 및 물성시험에 관해 연구한 결과를 기술하였다. 마이크로 인장시험편은 냉간 등방압 성형방법을 이용하여 제작을 하였고, 각 소재들의 물성시험은 한국생산기술연구원에서 개발한 나노급 수평형 인장시험기를 이용하여 수행되었다.

## 2. 미세 박판 인장시험시편 가공

### 2.1 냉간 등방압 성형장비(CIP)

본 논문에서는 마이크로 인장 시험편을 제작하기 위해 냉간 등방압 성형장비(CIP, Cold Isostatic Press)를 이용하였다. 이 장비는 가압하고자 하는 대상물을 가압 챔버안에 넣은 후에 설정압력까지

유체를 가압을 하여 설정압력에 도달을 하면 일정시간동안 가압상태를 유지한 후 압력을 제거하여 성형을 하는 장비이다. 본 논문에서 사용한 CIP 장비의 사진 및 사양을 아래 fig.1 과 table.2 에 기술하였다.

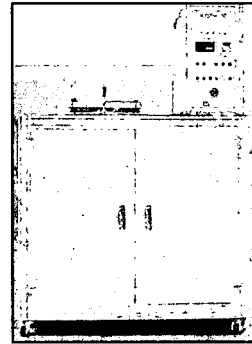


Fig. 1 Picture of CIP(Cold Isostatic Press)

Table.2 Specification of CIP(Cold Isostatic Press)

Item	Value
Working Space	120Φ x 360L
Commercial Max.Pressure	3,000 Bar
Designed Pressure	3,500 Bar
Compressed Air	Air 5kgf/cm <sup>2</sup>
Equipment Dimension	2m x 2m x 2m
Power	3Φ / 220V

### 2.2 마이크로 시험가공

지금까지의 연구 결과들은 대부분이 단결정 실리콘(SCS, Single Crystalline Silicon)이나 다결정 실리콘 소재의 시험에 집중되어 있고, 금속의 경우에도 니켈에 대해서만 연구가 되어져 왔다. 하지

Table.1. Micro tensile tests' results with various schemes.

	Method of Measurement		Results		Specimen		
	Load	Displacement	Young's Modulus [GPa]	Fracture Strength [GPa]	Size w×t[μm]	Material	Gripping Method
Greek (1997) <sup>[2]</sup>	Strain Gage	Optical Encoder	167	1.25	10×10	Polysilicon	Insertion
Tsuchiya (1998) <sup>[3]</sup>	Strain Gage	Strain Gage	-	2.5	2~5×2	Polysilicon	Electrostatic
Ogawa (1997) <sup>[4]</sup>	Load Cell	Microscope	96	0.95	300×0.5	Titanium	Screw
Chasiotis (1998) <sup>[5]</sup>	Load Cell	AFM	132	-	50×1.9	Polysilicon	Electrostatic
Sharpe (1997) <sup>[7]</sup>	Load Cell	Interferometry	176	0.56	200×200	Nickel	Insertion
Sharpe (1997) <sup>[8]</sup>	Load Cell	Interferometry	168	1.21	600×3.5	Polysilicon	Glue
Suwito (1997)	Sensing Beam	Displacement Sensor	-	1.2	28×15	SCS	Glue
Yi (1999) <sup>[9]</sup>	Load Cell	Interferometry	169	1.2	100×5	SCS	Glue

만 최근에는 구리소재가 전기, 전자 및 광학적 분야에 널리 활용이 되고 있기 때문에 이와 같은 소재들에 대한 기계적 물성치들이 선행 연구가 되어야만 응용분야로의 확대 및 신뢰성을 확보할 수 있다.

그러므로 본 논문에서는 니켈 소재 뿐만 아니라 구리 소재에 대해서도 시험을 수행하기 위해 CIP 방법을 사용하여 마이크로 시편을 제작하였다.

시편의 제작방법은 먼저 아래 Fig.2 와 같은 금형에 소재를 올려 놓고, 그 위에 우레탄 소재의 판을 올려놓아서 균일한 가압이 가능하도록 한다. 그리고 Fig.3 과 같이 진공용기에 포장을 한 후 진공을 이용하여 용기 안의 공기를 제거한다.

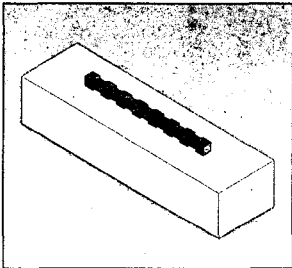


Fig. 2 Picture of CIP(Cold Isostatic Press)

이렇게 진공포장이 된 소재 및 금형을 CIP 의 가압 챔버안에 넣은 후 압력 및 압력유지시간을 설정한 후 장비를 구동하여 시편을 제작한다. 아래의 Table.3 에 CIP 장비의 시편가공을 위한 설정 값들을 표시하였고, Fig.4 에 시편의 치수 및 형상을 나타내었다.

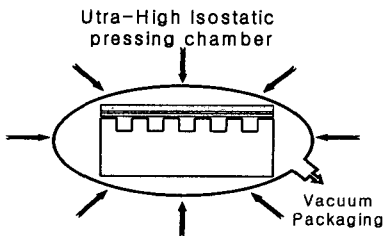


Fig.3 Vacuum Packaging of Specimen Die Set and Isostatic Pressing Process

Table.3 Setting Value of CIP(Cold Isostatic Press)

Item	Value
Pressure	3,000 Bar
Pressurization Time	20 Sec
Sub-Pressurization Material	Urethane

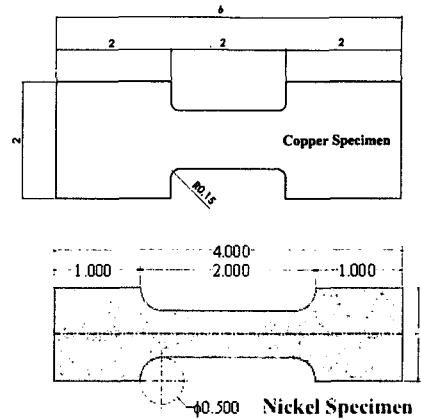
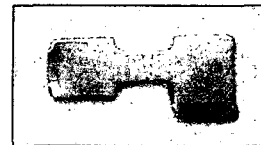
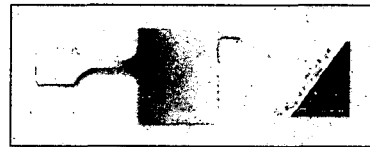


Fig.4 Shape and Dimension of Micro Tensile Specimen

위의 CIP 공정을 통해 제작이 된 니켈 및 구리 소재의 마이크로 인장시편의 사진을 Fig.5 에 나타내었다. 사진에 나와 있는 니켈 인장시편을 SEM(Scanning Electron Microscope)에서 확대 촬영한 사진을 보면 CIP 공정을 이용한 금속 소재의 마이크로 인장시편제작 방법은 burr 가 발생하지 않는 매우 우수한 방법임을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

Fig.5 Picture of Fabricated Specimen  
[ (a) Copper( $t=20 \mu\text{m}$ ), (b) Nickel( $t=200 \mu\text{m}$ ) ]

### 3. 기계적 물성 정밀측정

2 절에서 CIP 공정을 이용해 가공한 니켈 및 구리 박판의 마이크로 인장 시편을 한국생산기술연구원에서 기계발한 나노급 수평형 인장시험기를 이용하여 물성측정 시험을 수행하였다. 나노급 수평형 인장시험기는 피에조를 액추에이터로 사용하는 시험기이며, 시험 최대하중은 1000gf 이며, 최대 스트로크는 1000  $\mu\text{m}$ 로서 피에조 액추에이터

를 이용한 시험기 중에서는 가장 긴 스트로크를 가지고 있다. Fig.6 에 본 장비의 전체 사진을 나타내었고, 본 소재들에 적용을 한 시험조건 및 시편의 사양은 Table.4 에 기술하였다.

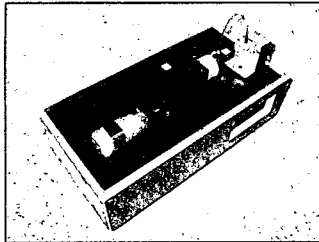
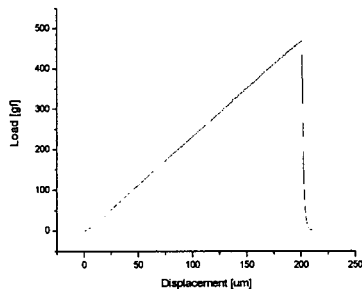


Fig.6 Picture of Nano Scale Horizontal Type Material Testing Equipment

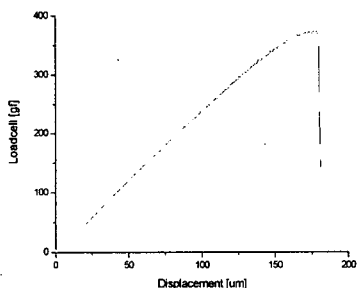
Table.4 Testing Condition and Spec. of Specimen

Item	Copper	Nickel
Material	Cu 99.9%	Ni 100%
Thickness	20 $\mu\text{m}$	200 $\mu\text{m}$
Tensile Velocity	10 $\mu\text{m}/\text{min}$	
Gripping Method	Glue Method	

Table.4 에 제시된 시험조건에서 인장시험을 수행한 니켈 및 구리 시편의 하중-변위 그래프 및 인장강도는 Fig.7 과 Table.5 에 나타내었다.



(a) Copper Specimen



(b) Nickel Specimen

Fig.7 Graph of Tensile Testing Results

Table.5 Summary of Testing Results

Item	Copper	Nickel
Max. Load	469.8 gf	373.7 gf
Stroke at Max. Load	200.12 $\mu\text{m}$	178.03 $\mu\text{m}$

#### 4. 결론

본 논문의 연구결과 금속 마이크로 박판의 기계적인 물성을 시험하기 위한 마이크로 시편의 제작공정으로 CIP 공정이 적합함을 확인할 수가 있었고, 나노급 인장 시험기를 이용하여 물성 시험을 수행한 결과 금속 마이크로 박판을 이용하여 소성분야 연구를 할 경우 소재의 소성특성이 존재하는지를 판단한 후 풀림(Annealing)공정을 해야 하는지를 반드시 판단하여야 함을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 마이크로 박판의 소성분야 연구에 있어서 기본 물성을 제시하는 방법에 대해 제시할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] Y.A. Jeon, K.S. No, J.S. Kim and Y.S. Yoon: *Metals and Materials Int.*, Vol. 9 (2003), p. 383
- [2] S. Greek and S. Johansson: *Proc. SPIE*, Vol. 3224 (1997), p. 344
- [3] T. Tsuchiya, O. Tobato, J. Sakata and Y. Taga: *J. Microelectromech. Syst.*, Vol. 7 (1998), p. 106
- [4] H. Ogawa, K. Susuki, S. Kaneko, Y. Nakano, Y. Ishikawa and T. Kitahara: *Proc. IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop* (1997), p. 430
- [5] I. Chasiotis and W. Knauss: *Proc. SPIE*, Vol. 3512 (1998), p. 66
- [6] W.N. Sharpe Jr.: *NASA Technical Memorandum 101638* (1989)
- [7] W.N. Sharpe Jr., B. Yuan and R.L. Edwards: *J. Microelectromech. Syst.*, Vol. 6 (1997), p.193
- [8] W.N. Sharpe Jr., D.A. LaVan and R.L. Edwards: *Proc. Int. Conf. Solid-State Sensors and Actuators* (1997), p.607
- [9] T. Yi and C.J. Kim: *Proc. Int. Conf. Solid-State Sensors and Actuators* (1999), p.518
- [10] T. Yi: *Microscale Material Testing of Single Crystalline Silicon* (Univ. of California, LA, 2000)