

알루미늄 마이크로 박판소재의 방향성에 관한 실험적 연구

이혜진 ^{1/2#}, 이낙규 ¹, 최석우 ¹, 이형욱 ¹, 최태훈 ¹, 황재혁 ², 곽동기 ²

An experimental study on the oriented mechanical properties of aluminum micro thin foil material

H.J. Lee, N.K. Lee, S. Choi, H.W. Lee, T.H. Choi, J.H. Hwang, D.G. Kwag

Abstract

This paper is concerned with the precision material property measurement of a micro metal thin foil that is used in MEMS technology. Since these MEMS components require great precision and accuracy, evaluation of reliability such as the life cycle endurance test, impact test, and residual stress test is necessary for these components. However, in practice, real reliability tests are not easy to perform due to consideration of various factors. Rather than actual testing, it would be much easier to evaluate the reliability of components by the analytical approach. Although the analytical method is utilized by software tools, it is obviously necessary to acquire fundamental properties of materials through real test methods. In this paper, the oriented mechanical properties of aluminum thin foil are measured by nano scale material property measurement system.

Key Words : Oriented mechanical property, MEMS, NEMS, Metal thin foil, Piezo actuator, Material testing, Rolling process, Work hardening

1. 서 론

최근 전기, 전자 관련 제품들의 소형화, 저소비 전력화 추세에 맞추어 관련 부품들이 경량화, 소형화, 고기능화 되고 있다. 이와 관련하여 M/NEMS (MEMS & NEMS) 분야의 기술을 활용한 많은 연구 결과 및 제품들이 발표되고 있으나 이들에 대한 물성 및 신뢰성 평가에 대한 연구 결과들은 매우 미흡한 상황이다. 또한 M/NEMS 관련 소재들의 물성데이터가 체계적으로 확보되어 있지 않은 상황에서 관련 연구들은 매우 비효율적으로 진행이 되고 있다고 할 수 있다. 본 논문을 통해 그 동안 M/NEMS 분야에서 만들어진 소재 및 부품들의 물성측정 및 신뢰성을 평가할 수 있는 시스템을 개발한 연구결과를 기반으로 하여 마이크로 및 나노 관련 소성가공분야에서 필요로 하는 다양한 소재들의 기계적 물성 및 관련 부품들의 신뢰성을 평

가하는 연구 중 마이크로 금속 박판 소재의 성형성을 평가하기 위한 연구결과를 제시하고자 한다.

대부분의 상용화된 마이크로 두께를 가지는 금속 박판 소재들은 압연과정을 통해 생산이 되어지고 있다. 이러한 압연과정(Rolling process)을 거치면서 소재는 가공경화(Work hardening)가 매우 심하게 생기게 되고, 이러한 소재를 이용하여 소성 성형과정을 수행하기 위해서는 반드시 풀립(Annealing)처리를 거쳐야 하지만 압연공정을 통해 만들어진 마이크로 두께의 금속 박판소재의 조직을 관찰하는 것은 매우 어려운 작업이다. 그러므로 직접 물성시험을 수행하여 그 데이터를 분석하는 것이 이러한 소재의 성형특성을 파악하는데 매우 유리하다고 할 수 있다. 또한 새로운 응용 부품이나 소재를 개발하는 과정에서 관련 소재 및 부품들의 물성데이터가 확보되어 있다면, 관련 해석 프로그램을 이용해 최적의 조건을 찾아낼 수 있으므로 시간적, 경

1. 한국생산기술연구원 생산기반기술본부 디지털성형팀

2. 한국항공대학교 항공우주및기계공학부

이혜진 : 한국생산기술연구원, E-mail: naltl@kitech.re.kr

제적 이득은 매우 크다고 할 수 있다.

본 논문은 통해 압연공정을 통해 만들어진 50 μm 두께의 99.0% 순도를 가지는 알루미늄 박판소재 물성의 방향성에 대해 실험적으로 연구한 결과를 제시하고자 한다.

2. M/NEMS 재료의 물성측정 시스템

M/NEMS 소재 및 부품들의 기계적 물성측정 및 신뢰성 평가를 하기 위해서는 반드시 매우 정밀한 가진기(Actuator)를 이용한 정밀 측정시스템을 이용하여야 하고, 시편은 크기영향(Size effect)을 고려한 크기 및 형상으로 매우 정밀하게 제작을 하여야 한다. 본 논문에서는 냉간 등방압 성형장비(CIP, Cold Iso-static Press)를 이용하여 정밀 마이크로 시편을 제작하고, 한국생산기술연구원에서 개발한 피에조를 이용한 수평형 나노급 물성측정 시스템(Fig.1)을 통해 기계적 물성값들을 측정하였다. 나노급 물성측정 시스템의 중요 시스템 사양은 Table.1 에 나타내었다.

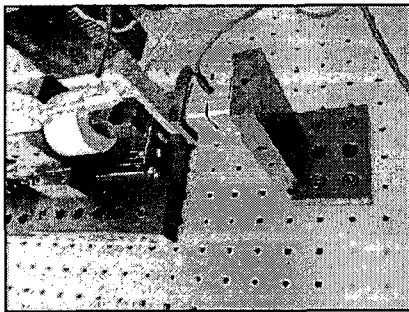


Fig.1 Piezo actuating nano scale material property measurement system.

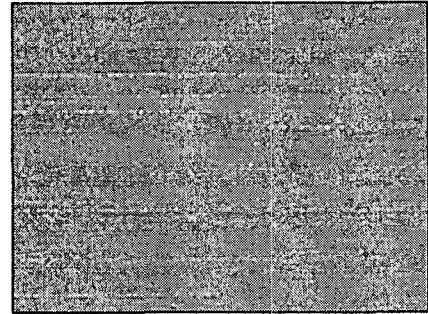
Table.1 Principal specification of piezo actuating nano scale material property measurement system

Description	Value
Load capacity	1000gf (9.8N)
Load resolution	0.0596gf (584 μN)
Full stroke	1000 μm
Stroke resolution	10nm

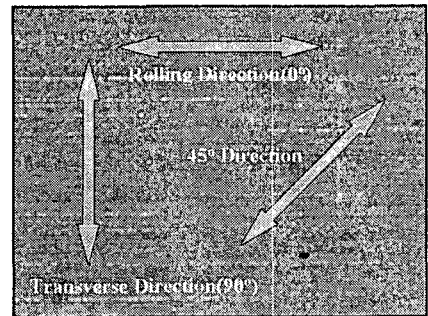
3. 알루미늄 박판 소재의 인장시편 가공

압연공정을 통해 만들어진 50 μm 두께의 99.0% 순도를 가지는 알루미늄 박판소재 물성의 방향성

에 대해 실험적으로 연구하기 위해 소재의 표면을 광학측정장비를 이용하여 관측하여 Fig.2(a)와 같은 압연방향을 확인할 수 있었다.



(a)



(b)

Fig.2 (a)Aluminum thin foil surface and (b)mechanical property measuring direction

알루미늄 박판소재의 방향성에 따른 시편을 가공하기 위해 Fig.2(b)와 같이 시험방향을 선정한 후 Fig.3 에 나타낸 마이크로 인장시편 제작공정으로 CIP 장비를 이용하여 마이크로 인장시편을 제작하였다. 알루미늄 박판 소재의 인장시편형상 및 실제 제작된 시편형상을 Fig.4(a)와 Fig.4(b)에 나타내었다.

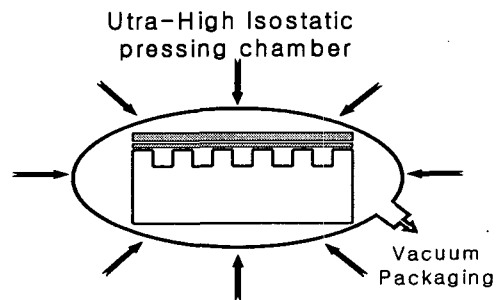


Fig.3 Manufacturing process of micro tensile specimen

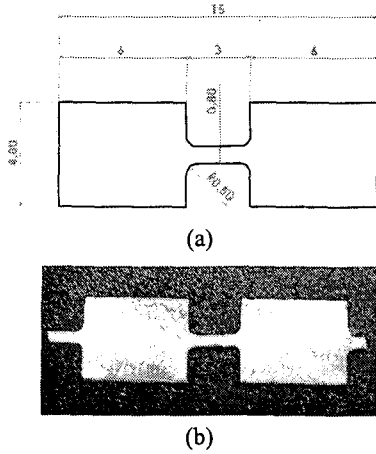
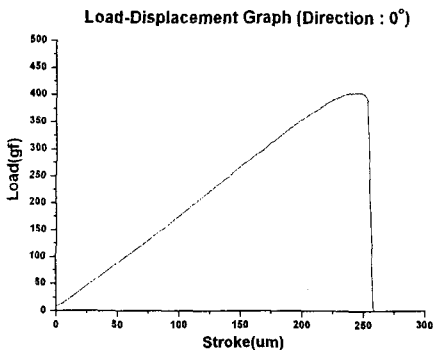


Fig.4 (a)Shape and dimension of aluminum micro tensile specimen and (b)fabricated specimen

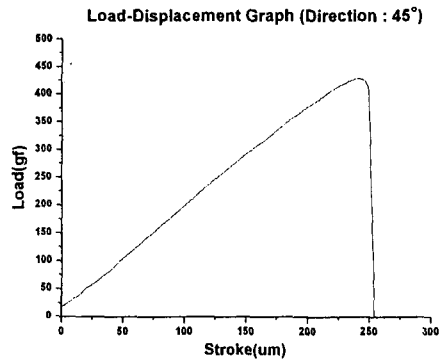
4. 알루미늄 마이크로 박판 소재의 기계적 물성의 방향성 실험

알루미늄 마이크로 박판소재에 대해 기계적 물성의 방향성에 대한 실험을 하기 위해 Fig.2(b)에 나타낸 0°, 45°, 90°의 3 가지 방향에 대해 시편을 제작한 후 수평형 나노급 물성측정 시스템을 이용하여 인장시험을 수행하였다. 본 시험에서 사용한 시편고정방법(Gripping method)은 접착제(Adhesion)를 이용한 방법을 사용하였고, 인장시험속도는 10 $\mu\text{m}/\text{min}$ 로 설정하여 실험을 수행하였다.

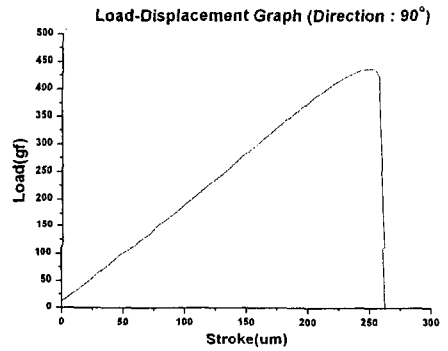
Fig.5 에 각 방향으로 시험한 하중-변위곡선을 나타내었고, Fig.6 에 파단 된 시편의 사진을 나타내었다.



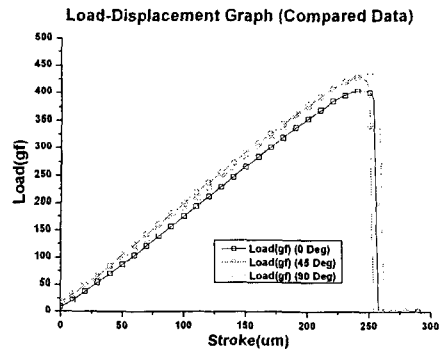
(a) Rolling direction (0°)



(b) Inclined direction (45°)



(c) Transverse direction (90°)

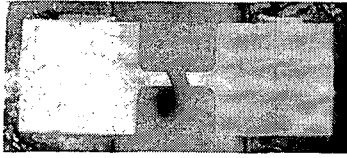


(d) Comparison graph

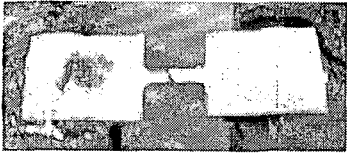
Fig.5 Test results (Load-displacement curve)



(a) Rolling direction (0°)



(b) Inclined direction (45°)



(c) Transverse direction (90°)

Fig.6 Fractured specimen

Fig.5의 하중-변위곡선을 보면 알루미늄 마이크로 박판소재가 압연공정을 거치면서 심하게 가공경화가 되어 소성 구간이 나타나지 않음을 확인할 수 있다. 그러므로 풀림 처리를 하여 소성 영역을 확보하여야 하는데 최적의 풀림 조건을 찾기 위해서는 각 풀림 조건별로 위의 시험을 반복하여 데이터를 확보한 후 경향성을 파악하면 최적의 조건을 찾아낼 수 있을 것으로 판단이 된다. 이러한 인장시험을 통한 소재특성을 파악하는 방법이 금속조직관찰을 통한 방법보다는 마이크로 박판소재의 경우 더 쉬운 접근법으로 확인할 수 있다.

마이크로 금속 박판의 경우 재료물성의 방향성을 파악하기 위해 위의 인장시험 데이터를 비교하면 Fig.7과 같다. Fig.7의 결과를 보면 0°, 45°, 90°의 순서로 최대 하중값이 증가함을 확인할 수가 있었다. 하지만 변위 데이터의 경우 45°, 0°, 90°의 순서로 증가하여 하중 데이터와의 경향이 다르게 나타났다. 이는 박판시편의 경우 마이크로 인장시험을 수행하기 위해 초기에 예하중을 가하기 때문에 발생하는 현상으로 변위 데이터를 비교 데이터로 활용하는 것은 무의미하고, 변형률을 비교 데이터로 활용해야 함을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 연구결과를 통해 마이크로 금속박판의 압연 가공 방향별 인장데이터를 확보할 수 있었으며, 이

변 연구결과로 마이크로 금속 박판의 경우 압연방향의 강도가 다른 방향에 비해 낮게 나타남을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 표준화 기술개발사업 중 한국생산기술연구원이 주관하고 있는 “나노 및 마이크로 막형 소재의 마이크로 인장 특성 표준 시험평가 기술 개발” 과제로서 수행 중이며 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

참 고 문 헌

- [1] Suk Yoon Kim, 1979, The effect of the fiber orientation on the strength of aluminum steel fiber composite, Journal of the Korean Institute of Metals, Vol.17, No.3, pp. 247-252
- [2] N.Chapleau, J.Mohanraj, A.Ajji and I.M.Ward, 2005, Roll-drawing and die-drawing of toughened poly(ethylene terephthalate). Part 1. Structure and mechanical characterization, Polymer, Vol.46, pp.1956-1966
- [3] L.V.Raulea, A.M.Goijaerts, L.E.Govaert and F.P.T. Baaijens, 2001, Size effects in the processing of thin metal sheets, Journal of Materials Processing Technology, Vol.115, pp.44-48
- [4] H. Ogawa, K. Susuki, S. Kaneko, Y. Nakano, Y. Ishikawa and T. Kitahara, 1997, Measurement of mechanical properties of microfabricated thin film, Proc. IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop, Nagoya, January, pp. 430-435
- [5] S. Greek and S. Johansson, 1997, Tensile testing of thin film microstructures, Proc. SPIE, Vol. 3224, pp. 344-351
- [6] Lange, K., Text Book of Metal Forming, Springer-Verlag, New York, 1976
- [7] Taylan Altan, Soo-Ik Oh, Harold L. Gegal, Metal Forming, American Society For Metals, America, 1983