

냉간 등방압 성형공정을 이용한 마이크로 엠보싱 패턴 성형 및 기계적 물성 측정

이혜진^{1, #}, 이낙규¹, 이근안¹, 이형욱¹, 최석우¹

Fabrication Method Of Micro Embossing Patterned Metallic Thin Foil Using CIP Process and It's Mechanical Property

H. J. Lee, N. K. Lee, G. A. Lee, H. W. Lee, S. Choi

Abstract

In this paper, Experimental results on the measurement of mechanical properties of fine patterns in the MEMS structure are described. The mechanical properties of embossing patterns on metallic thin foil is measured using the nano indentation system, that is developed by Korea Institute of Industrial Technology(KITECH). These micro embossing patterns are fabricated using CIP(Cold Isostatic Press) process on micro metallic thin foils(Al-1100) that are made by rolling process. These embossing patterned metallic thin foils(Al-1100) are used in the reflecting plate of BLU(Back Light Unit) and electrical/mechanical MEMS components. If these mechanical properties of fine patterns are utilized in a design procedure, the optimal design can be achieved in aspects of reliability as well as economy.

Key Words : Embossing Pattern, Micro Metal Thin Foil, CIP(Cold Isostatic Press), Indentation, Mechanical Property

1. 서론

최근 차세대 디스플레이 및 광통신 산업의 빠른 발전 추세에 따라 마이크로/나노 크기의 미세 패턴 형상을 가진 광 기능성 부품들에 대한 수요가 급증하고 있다. 이러한 광 기능성 부품들은 LCD(Liquid Crystal Display) BLU(Back Light Unit)의 반사판(Reflecting plate), 광 연결 어레이(Optical connecting array), 광 단속기(Optical rheotome), LED 광원의 반사판 등에 사용되고 있는 중요 부품들이다. 그리고 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 기술의 발전에 따라 친 환경적이며 구조적으로 최대 효율을 가지는 미세 패턴 제조공정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

일반적으로 MEMS 구조를 제작할 때 크기영향(Size effect)으로 인해 기계적 강성은 현저히 떨어

지게 되고, 이로 인해 MEMS 구조를 가진 시스템은 외부 충격으로 인해 큰 손상이 가해질 수 있다. 이러한 이유로 인해 신뢰성 저감, 경제적 손실, 환경적 문제 등이 나타날 수 있다. 그러나 마이크로 신뢰성 평가에 대한 연구들은 마이크로 모듈에 대한 평가에만 집중되고 있고, 각 미세패턴에 대한 신뢰성 평가 부분은 매우 미흡한 실정이다. 실제적으로 미세패턴에 대한 신뢰성 데이터가 없는 상황에서는 미세패턴을 가진 마이크로 부품들의 최적화된 설계는 이루어질 수 없다.

본 논문에서는 압연공정(Rolling process)을 통해 만들어진 알루미늄 소재(Al-1100)에 미세 엠보싱 패턴을 성형하기 위해 냉간 등방압 성형공정(CIP, Cold Isostatic Press)을 적용하였다. 그리고 엠보싱 패턴의 강도를 한국생산기술연구원에서 개발한 Nano indentation system 을 이용해 측정하였다. Al-

1. 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀

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

1100 소재는 내식성, 광 반사성, 열 전도성, 성형성이 좋은 특성을 가지고 있다. 이러한 특성으로 인해 Al-1100 소재는 BLU 및 LED 반사판 등 많은 광 MEMS 부품(Optical MEMS component)들에 사용되고 있다.

2. 미세 엠보싱 패턴 성형공정(CIP Process)

일반적으로 마이크로 구조나 미세 엠보싱 패턴을 가진 부품들을 제작하기 위해서 식각 공정을 기반으로 하는 MEMS 공정이 주로 이용되고 있다. 하지만 본 논문에서 사용하는 Al-1100 소재는 압연공정을 통해 만들어지기 때문에 MEMS 공정을 적용할 수 없다. 이러한 압연공정을 통해 만들어진 소재들로 미세 패턴을 성형할 수 있다면 미세 패턴을 가진 부품들의 제조비용이 MEMS 공정을 통해 제작된 것보다 상당히 절감될 수 있다. 본 논문에서는 소성가공공정에 많이 이용되는 냉간 등방압 성형공정을 미세 패턴 성형공정에 적용하여 그 결과를 도출하였다. 적용된 미세 엠보싱 패턴 성형공정도를 Fig. 1 에 나타내었다. 성형 대상 소재는 금형과 우레탄 사이에 위치시키고, 진공포장을 한 후 CIP 장비에 장착하여 가압을 하여 성형을 하게 된다.

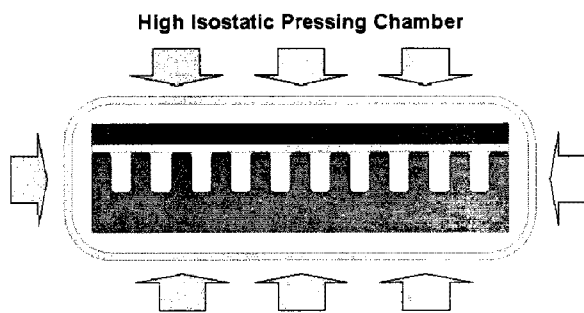


Fig. 1 Manufacturing process of embossing pattern (CIP process)

본 논문에서는 직경 500 μm 와 1,000 μm 의 엠보싱 패턴을 성형하기 위해 Fig. 2 와 같이 어레이 형태의 금형(Array shape die)을 설계하였다. Fig. 2-(a)에 나타낸 바와 같이 금형 베이스는 소재의 전단을 최소화 하기 위해 공기 챔버(Air chamber)를 두어 완충효과(Absorber effect)를 줄 수 있도록 설계하였고, 공기 챔버의 공기를 기밀하기 위해 셸링 처리(Sealing treatment)를 하였다.

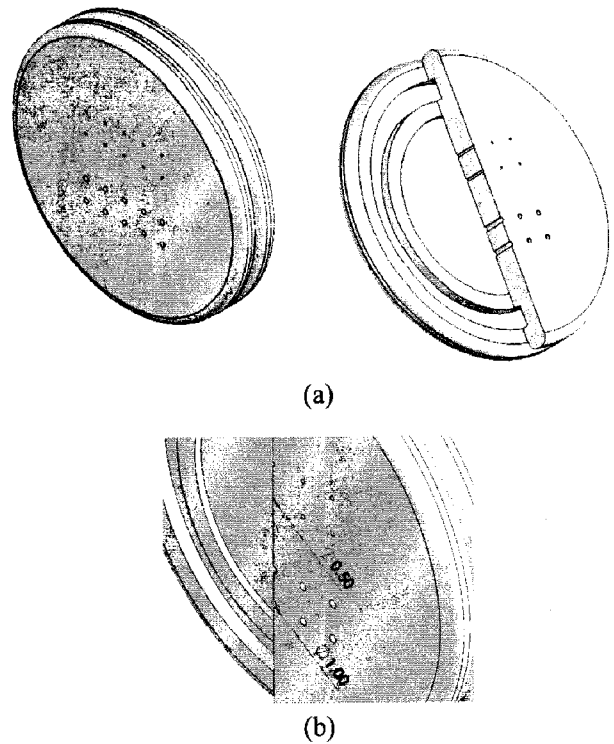


Fig. 2 3-D CAD model of embossing die and embossing pattern size (mm)

설계된 엠보싱 패턴 성형금형을 마이크로 방전가공(EDM, Electric Discharge Machine)을 이용하여 제작하였다. 제작된 금형을 Fig. 3 에 나타내었다.

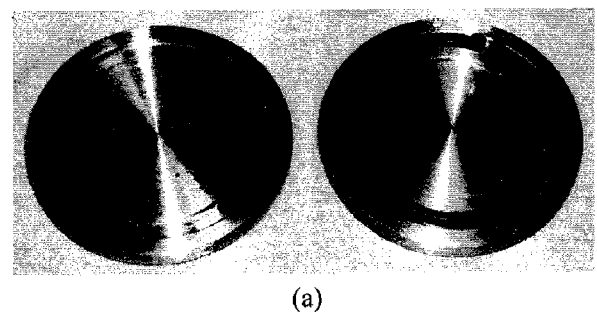


Fig. 3 Manufactured die set (Micro EDM process)

3. 미세 엠보싱 패턴 성형실험

미세 엠보싱 패턴을 성형하기 위해 사용한 냉간 등방압 성형장비의 사진 및 사양을 Fig. 4 와 Table 1 에 나타내었다. CIP 장비는 가압하고자 하는 대상을 가압 챔버 안에 넣은 후에 설정압력까지 유체를 가압을 하여 설정압력에 도달을 하면 일정시간동안 가압상태를 유지한 후 압력을 제거하여 성형을 하는 장비이다.

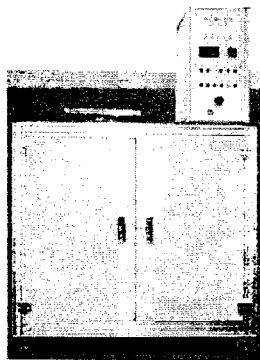


Fig. 4 Picture of CIP(Cold Isostatic Press)

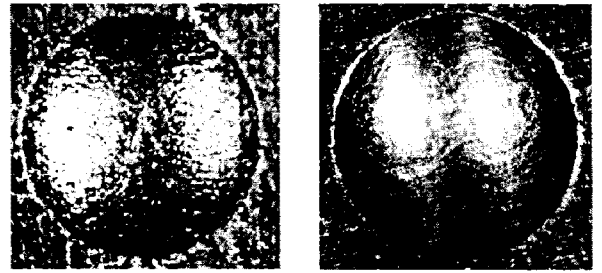
Table 1 Specification of CIP(Cold Isostatic Press)

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

엠보싱 패턴 성형실험에 사용한 Al-1100 소재의 두께는 50 μm로 압연공정을 통해 제조되었다. Al-1100 소재를 이용하여 Table 2 에 나타낸 CIP 공정 변수로 성형한 결과를 Fig. 5 에 나타내었다.

Table 2 Specification of CIP(Cold Isostatic Press)

Specification	Explanation
Pressure	1,500 bar
Pressurization Time	20 sec
Sub-Pressurization Material	Urethane



(a) φ 500 μm Embossing (b) φ 1,000 μm Embossing
Fig. 5 Manufactured embossing pattern

4. 엠보싱 패턴 기계적 강도 측정

성형된 Al-1100 소재의 엠보싱 패턴의 기계적 강도를 한국생산기술연구원에서 개발한 Nano indentation system (Fig. 6)을 이용하여 측정하였다. 개발된 Nano indentation system 은 PZT actuator 를 이용하여 나노급 정밀도로 미세하게 압입시험을 할 수 있는 시스템이다.

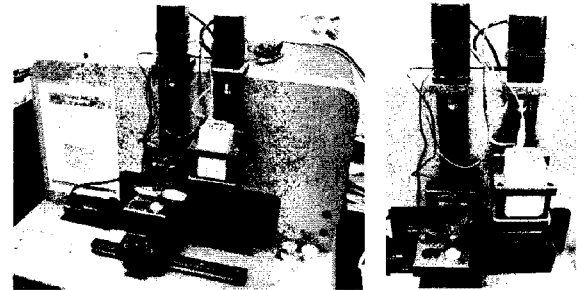


Fig. 6 Nano indentation system (KITECH)

압입 측정시험은 φ 1,000 μm의 엠보싱 패턴에 대해 수행되었으며, 시험조건 및 파단된 엠보싱 패턴의 사진을 Table 3 과 Fig. 7 에 나타내었다. 시험결과 파단 현상(Fracture Phenomenon)은 717.64gf 의 하중에서 시작되어 급격히 하중이 증가하다가 886.63gf 의 하중에서 파단되는 것을 확인할 수 있었다. 압입 시험결과 그래프를 Fig. 8 에 나타내었다.

Table 3 Indentation testing condition

Specification	Explanation
Indenting Speed	10μm/min
Indenting Tip	Berkovich Tip
Actuating Method	PZT Actuator



Fig. 7 Fractured embossing pattern (φ 1,000 μm)

5. 결 론

본 논문을 통해 압연공정을 통해 제조된 금속 박막 소재에 엠보싱 패턴을 성형할 수 있는 방법으로 CIP 공정을 제안하였으며, 50 μm 두께의 Al-1100 소재를 이용한 엠보싱 패턴 성형실험을 통해 CIP 공정이 금속박막의 미세 패턴 성형공정에 적합함을 확인할 수 있었다. 또한 엠보싱 패턴의 기계적 강도를 측정하기 위해 Nano indentation method 를 적용하여 그 결과를 도출하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대 신기술 개발사업의 연구 결과이며, 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

참 고 문 헌

- [1] S. S. Kim, H. J. Lee, H. W. Lee, N. K. Lee, C. S. Han and J. H. Hwang, 2005, Development and Verification of PZT Actuating Micro Tensile Tester for Optically Functional Materials, International Journal of Control, Automation and Systems, Vol. 3, No. 3, pp. 477-485
- [2] M. T. Kim, 1996, Influence of Substrates on the Elastic Reaction of Films for the Microindentation Test, Thin Solid Films, Vol. 283, pp. 12-16
- [3] B. Bhushan, 1999, Handbook of Micro / Nanotribology (Mechanics and Materials Science.), ISBN 0-8493-8402-8, CRC Press