

압입가공법을 활용한 마이크로렌즈 가공기술 개발 Development of indentation machining method for micro lens array

*#전은채¹, 제태진¹, 최두선¹

*#E. c. Jeon(jeonec@kimm.re.kr)¹, T. J. Je¹, D. S. Choi¹

¹한국기계연구원 나노공정장비연구실

Key words : Indentation machining, Micro-lens array, Pile-up, Annealing

1. 서론

LCD (Liquid Crystal Display)의 핵심부품인 BLU (Backlight Unit) 내부에 사용되는 광학부품은 효율을 높이기 위해서 프리즘 패턴을 주로 사용하였다. 프리즘 패턴은 삼각형 모양의 패턴이 선형태로 길게 늘어선 모양으로, 선광원의 일종인 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) 광원에 적합한 형태이다. 그러나 프리즘 패턴은 시야각이 좁고 모아레의 문제가 있기 때문에 연속적인 선형태가 아닌 비연속 광학패턴의 필요성이 꾸준히 제기되었다. 더욱이 최근 선광원이 아닌 점광원인 LED (Light Emitting Diode)를 광원으로 사용하는 BLU가 등장함에 따라 광원형태에 맞는 점 형태의 비연속 광학패턴의 필요성은 더욱 높아지고 있다.

이에 본 연구에서는 다양한 형태의 점 형상의 패턴을 가공할 수 있는 압입가공법을 사용하여 비연속패턴을 가공하는 연구를 수행하였다. 또한 비연속패턴이 가공된 금형을 사용하여 마이크로렌즈를 성형하는 연구를 수행하였다.

2. 압입가공법

압입가공법은 기존에 경도를 측정하는 압입경도시험법과 탄성계수, 인장물성 등을 측정하는 계장화압입시험을 응용한 가공법이다. 이들 시험법과 마찬가지로 특정한 압입자를 사용하여 재료에 하중을 인가하였다가 제거하면 발생하는 압흔을 패턴으로 활용하는 가공방법이다. 압입자의 형상에 따라 구형, 삼각피라미드, 사각피라미드, 원기둥, 사각기둥 등 다양한 형상의 패턴을 가공할 수 있으며, mm 단위의 매크로 가공에서 nm 단위의 나노 가공까지 모두 가능하다. 그리고 피에조 액츄에이터 등을 사용하면 고속으로 비연속 패턴 가공이 가능하다. 따라서 금형 표면에 비연속 패턴을

가공한 후 성형을 하면 마이크로렌즈를 갖는 광학부품을 제조할 수 있다.

3. 비연속 패턴 가공

본 연구를 위해서 프론틱스 사(한국)에서 제작한 AIS3000을 압입가공기로 사용하였다. 압입자는 초경합금으로 제조된 반지름 250 μ m의 구형압입자를 사용하였다. 다양한 크기의 마이크로렌즈를 제조할 수 있는지 확인하기 위하여 압입깊이를 10 μ m에서 100 μ m까지 10 μ m 간격으로 총 10가지의 마이크로렌즈를 가공하였다. 가공한 재료는 구리와 황동으로 두 재료 모두 초정밀 가공 및 성형을 위한 금형으로 널리 사용되는 소재이다.

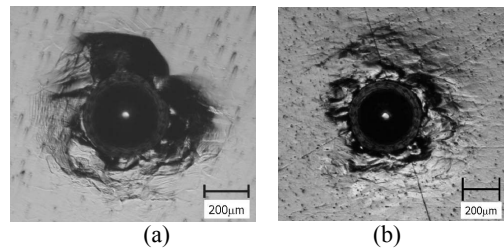


Fig. 1 Machining shape of (a) Cu and (b) brass

그림 1에 가공된 결과를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 구리와 황동에서 모두 마이크로렌즈 패턴 주변에 심한 불균일 소성변형 현상이 나타났음을 확인할 수 있다. 금형 표면에 이러한 소성변형이 남게 되면 성형 후에도 광학부품 표면에 동일한 형상이 남게 되므로 패턴의 품질이 저하된다. 이러한 소성변형 현상은 pile-up 현상이라 알려져 있으며[1], 금속의 소성변형 시 이론적으로 부피의 변화가 0이어야 하기 때문에 압입자에 의해 변형된 소재가 압흔 주변에 쌓이면서 발생하는 현상으로

알려져 있다[2]. 기존 문헌에 의하면 재료의 가공경화지수가 높을 수록 이 현상이 완화되는 것으로 알려져 있다[1]. 가공경화지수는 재료의 연성을 나타내는 지표 중 하나인 장변형률과 유사한 값을 가지므로, 재료의 연성을 높여주면 pile-up 현상을 완화해줄 수 있다.

연성을 높이기 위해 구리 재료는 600°C에서 2시간, 황동 재료는 575°C에서 2시간 반동안 가열한 후 노 내부에서 서서히 식히는 풀림(annealing) 처리를 하였다. 풀림처리를 한 두 재료에 대해 앞서와 마찬가지로 10가지 크기의 마이크로렌즈를 가공하였고, 그림 2에 대표적인 형상들을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 마이크로렌즈 패턴 주변에 pile-up 현상이 사라졌음을 확인할 수 있다. 따라서 압입가공법으로 광학패턴을 가공할 때는 풀림처리를 한 금형을 사용하여야 한다.

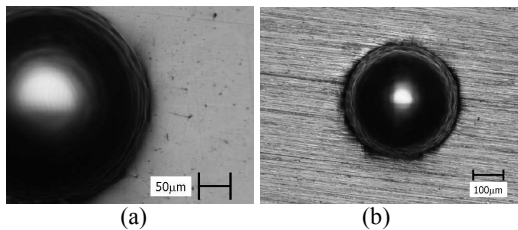


Fig. 2 Machining shape after annealing (a) Cu and (b) brass (indentation depth 100µm)

4. 마이크로렌즈 성형

풀림처리를 하여 pile-up 현상을 제거한 황동금형을 이용하여 마이크로렌즈를 사출성형하였다. 마이크로렌즈의 크기에 따른 성형정도를 비교하기 위하여 50µm, 70µm, 100µm, 120µm, 150µm 그리고 200µm의 6가지 반지름을 갖는 렌즈를 풀림처리된 황동금형에 가공하였다. 사출성형에 사용한 소재는 PP (Polypropylene)과 COC (Cyclic Olefin Copolymer) 두 가지를 사용하였고, Sumitomo사의 SE-50D 장비를 사용하여 성형하였다. 성형한 결과를 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 PP와 COC 소재 모두 가장 큰 크기와 작은 크기의 마이크로렌즈가 모두 잘 성형되었음을 알 수 있다. 중간 크기의 다른 크기의 마이크로렌즈들도 모두 의도한 형상으로 성형이 잘 되었다.

이를 통해 압입가공법을 사용하여 풀림처리된 금형에 비연속 패턴을 가공하고 사출성형을

통해 마이크로렌즈를 가공할 수 있는 기술을 개발하였다. 추후에는 더 작은 크기의 마이크로렌즈 어레이를 제조할 수 있는 기술을 개발할 예정이다.

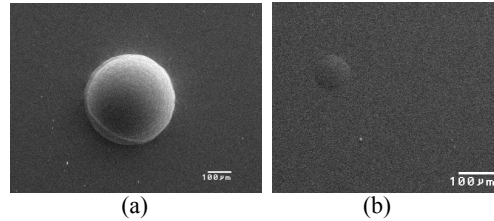


Fig. 3 PP microlens of (a) radius 200µm and (b) radius 50µm

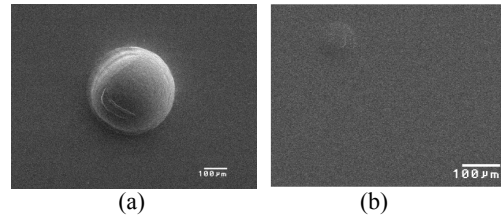


Fig. 4 COC microlens of (a) radius 200µm and (b) radius 50µm

5. 결론

압입가공법을 활용하여 비연속패턴을 제작할 수 있는 가공법을 개발하였다.

1. 비연속 패턴 주변에 발생하는 불균일한 소성 변형은 풀림처리를 통해 제거하였다.
2. 풀림 처리된 금형에 비연속패턴을 가공한 뒤 사출성형을 통해 마이크로렌즈를 제조하는데 성공하였다.

후기

본 연구는 한국기계연구원의 자체사업과 지식경제부의 전략기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Cheng, Y. T. and Cheng, C. M., "Effects of 'Sinking in' and 'Piling up' on Estimating the Contact Area Under Load in Indentation," *Phil. Mag. Let.*, 78, 115-120, 1998.
2. Dieter, G. E., "Mechanical Metallurgy," McGraw Hill, 1988.