

대면적 롤금형에서 교차 미세 패턴의 고균일 가공을 위한 공정 연구

A Study on Uniform Machining Process for Micro Cross Pattern on Large Surface Roll Mold

*송기형¹, #이동윤¹, 박경희¹, 이석우¹

*K. H. Song¹, #D. Y. Lee(dylee@kitech.re.kr)¹, K. H. Park¹, S. W. Lee¹

¹한국생산기술연구원 충청권 지역본부

Key words : Micro Pattern, Uniform Machining, Micro Machining, Roll Mold

1. 서론

롤금형은 미세 패턴의 제품을 연속적으로 성형할 수 있고, 롤의 길이를 증대시키는 것으로 대면적화에 쉽게 대응할 수 있다는 장점으로 인하여 최근 디스플레이 및 태양광 관련 산업의 핵심부품을 제조하기 위한 공정으로 많은 관심을 받고 있다. 대면적 롤금형에 있어서 가장 중요한 품질 인자 중 하나는 가공된 패턴의 균일성이며, 롤금형이 대면적화 되면서 롤 길이 방향으로의 균일한 가공을 위해서 그 동안 많은 연구가 진행되어 왔다.

균일한 가공에 영향을 미치는 인자로서 미세 패턴 가공 분야에서 기본적으로 공구의 마모에 대한 연구가 다양하게 시도되어 왔으며, 제거되는 소재의 양이 미미함으로 인해 가공 부하가 매우 작게 나타하므로, 그 상태 변화를 감지하기가 어려움은 선행된 연구들을 통해 이미 드러나 있다.[1] 롤금형 가공에 있어서는 롤금형의 동적 밸런스가 균일한 가공에 영향을 미치는 주요한 인자 중 하나임이 이미 밝혀진 바 있다.[2]

디스플레이 장치에 적용되는 광원의 형태가 선광원에서 점광원의 형태로 옮겨가면서, 롤금형에서 가공되어지는 미세 패턴의 형태도 단순한 프리즘 패턴을 넘어 피라미드 패턴 등과 같은 미세 교차 패턴의 가공 필요성이 높아지고 있다. 미세 교차 패턴의 경우 프리즘 패턴에 적용되는 일반적인 나선산 형태의 가공(Thread-cut)에 수평 가공(Rulling-cut)이 추가로 이루어져야만 생성될 수 있는데, 이 경우 균일한 패턴 생성을 위해서는 수평 가공(Rulling-cut)의 균일성이 반드시 수반되어야 한다. 본 논문에서는 균일한 미세 교차 패턴 생성을 위한 가공 공정에 대하여 논의하였다.

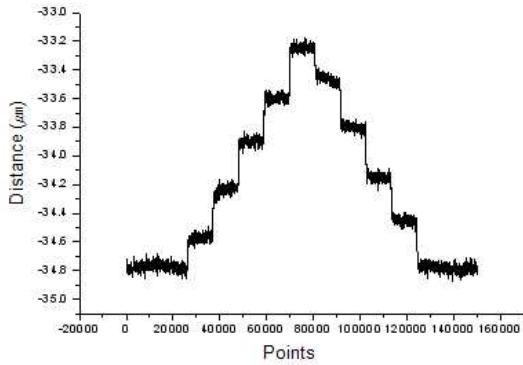
2. 회전축의 미세 이송 특성

일반적인 나선산 형태의 가공(Thread-cut)과 달리 수평 가공(Rulling-cut)은 롤금형의 회전축이 한 위치에 정지하여 있는 상태에서 수평이송축의 이송만으로 가공 동작이 이루어진다. 이 경우 일정 피치 이동 후 정지하여 있는 상태를 유지하는 동작의 반복으로 롤금형의 모든 원주길이에 가공이 이루어져야 하므로, 회전축의 운동 정밀도가 가공에 있어서 매우 중요한 인자이다. 미세 교차 패턴의 가공에 사용된 가공기는 모든 이송 부위가 유정압으로 이루어진 정밀 선반이다. 이 정밀 선반의 회전축의 미세 이송 특성을 알아보기 위하여 회전축을 일정 각도로 회전 및 정지 동작을 반복하면서 갯센서를 이용하여 거리 변화를 측정하였다. Fig. 1은 그 결과를 보여준다.

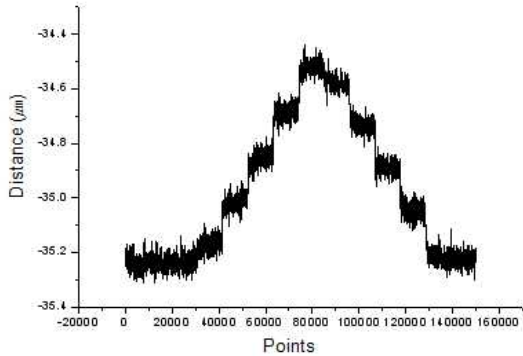
Fig.1 (a)는 0.001° 간격으로 회전시킬 때의 결과이고, Fig.1 (b)는 0.0005° 간격으로 회전시킬 때의 측정 결과이다. 회전각이 미세해질수록 측정된 거리가 불균일하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 사용된 정밀 선반의 이런 특성을 고려해 볼 때, 수평 가공(Rulling-cut)을 위해서 롤금형의 원주 방향으로의 회전각을 결정할 때에 값의 크기가 소수 셋째 자리 이상이 되도록 설정해야 비교적 정확한 피치의 생성이 가능할 것으로 판단된다.

3. 미세 교차 패턴 가공 실험

회전축의 미세 이송 특성 파악을 바탕으로 미세 교차 패턴 가공 실험을 실시하였다. 먼저 단위 회전각에 대응하는 피치의 크기를 파악하기 위하여 수평 가공 테스트를 진행하였다. 임의의 각도로 회전시키면서 수평 가공을 진행한 이후 가공된 패턴의 피치를 측정하여 단위 회전각에 대응하는



(a) Rotation of 0.001° pitch



(b) Rotation of 0.0005° pitch

Fig. 1 Measurement of micro rotation

피치의 크기를 계산하였다. 이 결과로부터 목표로 하는 패턴의 피치에 가장 근사하면서, 원주 방향으로의 균일한 분할이 가능한 회전각을 파악하였다. 수평 가공 테스트를 통하여 파악한 단위 회전각의 피치를 고려할 경우 최초 목표로 한 200 μ m의 피치를 얻기 위해서는 0.084°의 간격으로 수평 가공을 하여야 했다. 0.084°는 위의 미세 이송 특성을 고려할 때 비교적 정확한 피치의 생성이 가능한 각도의 크기로 판단되었으나, 0.084° 간격으로 수평 가공을 수행할 경우 모든 원주 길이에 가공하게 되는 패턴의 개수가 4285.714286개로, 이는 200 μ m 피치의 패턴 4285개와 200 μ m보다 작은 피치의 패턴 1개를 생성해야 함을 의미하므로 균일한 피치로 가공하기가 어려울 것으로 판단되었다. 그래서, 0.084°에 가장 근사하면서 원주 방향에 대하여 정수개로 분할이 가능한 0.08°로 회전각의 크기를 결정하였다. 미세 패턴 가공의 경우 목표 피치의 정확한 크기도 중요하지만, 전체적으로 균일한 피치를 생성하는 것이 더 중요하다는 것이 일반적인

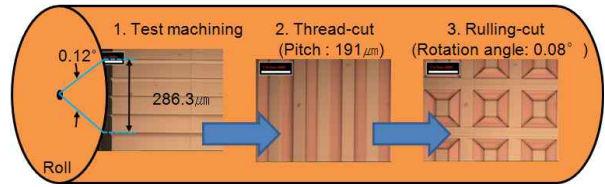


Fig. 2 Machining process of micro cross pattern

현장의 의견이므로 이와 같은 결정이 가능하였다.

다음으로, 0.08°의 각도에 대응하는 피치의 크기인 191 μ m로 나선산 형태의 가공(Thread-cut)을 실시하였다. 마지막으로 0.08°의 간격으로 전체 원주 길이에 대하여 수평 가공(Rulling-cut)을 실시하여 균일한 크기의 피치를 갖는 미세 교차 패턴 가공을 완성하였다. Fig.2는 가공 공정을 나타낸 그림이다.

4. 결론

균일한 피치의 미세 교차 패턴을 얻기 위해서는 사용하는 가공기에 대하여 회전축의 미세 이송 특성을 파악하는 일이 우선되어야 하며, 이를 바탕으로 일반적인 나선산 형태의 가공(Thread-cut)과 수평 가공(Rulling-cut)의 조합으로 형상을 완성해야 하는 가공 공정 전반에 대한 폭넓은 이해가 수반되어야 한다. 세밀한 공정 계획과 함께 초기 롤금형 제작 시에 목표로 하는 패턴의 크기가 고려된다면 전 면적에 대하여 균일하면서도 정확한 크기의 피치를 갖는 교차 패턴의 생성이 가능할 것으로 보이며, 이에 대한 추가적인 연구를 진행할 계획이다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업인 “대면적 미세 가공공정 원천기술 개발”과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Lee, D.E., Hwang, I., Valente, C.M.O. Oliveira, J.F.G. and Dornfeld, D.A. "Precision manufacturing process monitoring with acoustic emission"; In: International Journal of Machine Tools & Manufacture, pp. 176-188; Elsevier Ltd. 2005
2. 이동운, 홍상현, 송기형, 강은구, 이석우, “롤금형의 동적밸런스 보정을 통한 미세패턴 형상정밀도 향상”, 대한기계학회 추계학술대회 논문집, Vol. 2009, No. 11, 2009.