

나노 래핑 표면의 형상과 레이저산란 패턴과의 실험적 모델링에 관한 연구

A Study on Experimental Modelling between Nano Lapping Shape and its Laser Scattering Features

*홍연기¹, #김경범², 연정승³

*Y. K. Hong¹, #G. B. Kim(kimgb@cjnu.ac.kr)², J. S. Yeon³

¹기가비스(주), ²국립 충주대학교 항공·기계설계학과, ³국립 충주대학교 산업대학원

Key words : Laser Scattering, Nano Lapping Surface, Surface Roughness

1. 서론

초정밀 가공이 발전함에 따라 이를 측정 및 평가하는 검사기기의 중요성이 부각되었다. 정밀도를 가늠하는 대표적인 방법에는 표면 거칠기 측정이 있다. 표면 거칠기의 측정은 크게 촉침(stylus)식과 SPM (scanning probe microscope), AFM(atomic force microscope) 등의 비 접촉식이 있다. ¹ 이들은 오랜 평가시간과 측정환경의 제약이 있다.^{2,3} 이를 보완한 머신비전 시스템의 경우 알고리즘의 복잡도와 시스템 가격상승, 처리 속도 등에 대한 문제점이 야기되고 있다. 따라서 마이크로 단위의 표면 평가가 가능하고 영상처리 알고리즘의 의존도가 낮은 레이저산란 기반의 검사 시스템에 관한 정량적 연구가 진행 중이다.

본 논문에서는 암시야 기반으로 개발된 레이저 산란 시스템을 이용하여 나노 래핑 표면의 최적의 레이저산란 패턴을 갖는 매개변수를 찾아 이 매개변수를 적용한 레이저산란 패턴과 표면 거칠기(Ra)와의 수학적 모델링을 시도하였다.

2. 레이저산란 매개변수 선정

연구에서 개발한 암시야 기반의 레이저 산란 검사 시스템을 Fig. 1 에 나타내었다. 여기서 카메라와 레이저는 원주 방향으로 0°, 20°~ 80°까지 이동 가능하여 마이크로 표면 형상에 의해 편향되는 산란광을 입사평면 안에서 획득할 수 있는 거의 모든 실험 조건을 구현 가능하게 하였다.

우선, 레이저산란 매개변수의 최적조건 선정을 위해 재현성이 용이하고 강건한 설계가 가능한 실험계획법을 이용하였다. 제어인자로 레이저 입사각(θ_i)의 경우 레일리기준에 의해 입사각이 표준 법선을 기준으로 $\theta_i > 66.5^\circ$ 와 같이 한정되어 레일리기준을 만족하는 수준과 만족하지 않는 수준을 고려하여 60°, 70°, 80°로 하였다. 카메라의 검출각(ϕ_d)은 사전 실험에 의해 정반사 성분에 의한 잡음을 갖는 경계가 $\phi_d < \theta_i - 20^\circ$, $\phi_d > \theta_i + 20^\circ$ 로 정해진다. 레이저 입사각에 따라 표면에서 산란광이 편향되는 정도가 달라지므로 인자수준 결정방법 중 하나인 슬라이딩(sliding) 기법을 이용하여 0°, $\theta_i - 40^\circ$, $\theta_i - 20^\circ$ 으로 수준을 정하였다.

F-number 의 경우 1.8C, 4C 로 그 이상에서는 조리개 구경이 너무 작아 블러링(blurring) 현상이 야기되므로 두 수준만을 사용하였다. 잡음 인자로 초점과 외부 조명을 고려하였다.

이와 같이 선정한 인자들과 그 수준을 이용하여 $L_9, 4^3$ 직교배열표를 이용한 실험을 수행하였다. 실험을 통해 도출된 최적의 매개

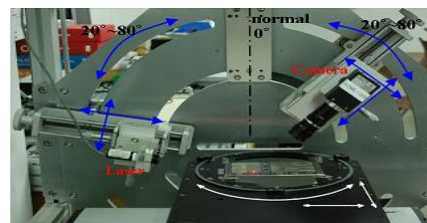


Fig. 1 Laser scattering vision system for the evaluation of surface roughness

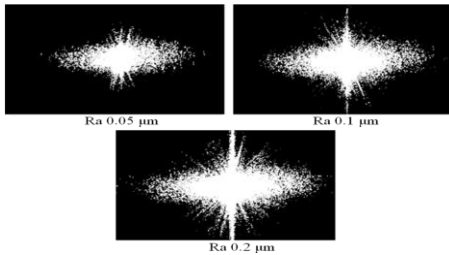


Fig. 2 Optimum laser scattering image of each surface roughness

변수를 적용한 나노 래핑 표면(Ra 0.05μm, 0.1μm, 0.2μm)의 레이저산란 패턴을 Fig. 2 와 같이 획득할 수 있었다. 이 영상에서 거칠기가 증가함에 따라 산란광 분포량이 증가함을 직관적으로 확인할 수 있었다

3. 나노 래핑 표면과 레이저산란 패턴과의 상관관계

위의 실험을 통해 얻은 레이저산란 영상의 정량적인 분석을 위해 회귀분석법(regression analysis)을 시행하였다. 표면거칠기 별 5 개의 레이저산란 영상을 획득하여 표면 거칠기와 레이저산란 영상의 레이저산란과 분포 량과의 관계를 Fig. 3 과 같이 선형적인 관계의 수학적 모델링을 도출하였다. 이 도출된 모델링을 나노 래핑 표면의 거칠기별 50 개에 대해 거칠기값을 추정하였다. 그 결과 Table 1 과 같은 표준 편차(standard deviation)를 보여 도출된 모델링이 어느 정도 효율성을 갖는 모델임을 검증할 수 있었다.

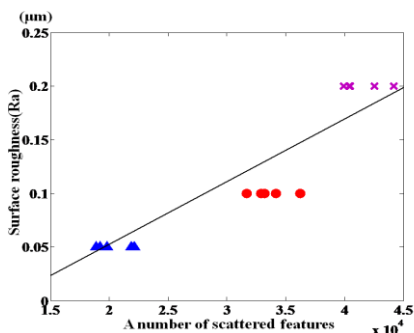


Fig. 3 Illustration of linear regression model between scattered features and nano lapping surface roughness

Table 1 Standard deviation of estimated surface roughness

Surface roughness(Ra)	Standard deviation
Ra 0.05 μm	0.010
Ra 0.10 μm	0.029
Ra 0.20 μm	0.046

4. 결론

본 논문에서는 나노 래핑 표면 형상의 특징에 따라 나타나는 레이저산란 패턴과 분포량과의 상관관계를 규명하기 위한 연구를 수행하였다. 개발한 암시야 레이저산란 검사 시스템을 이용하여 나노 래핑 표면에서 최적의 산란영상을 갖는 매개변수 찾아 이 매개변수를 적용한 영상으로 회귀분석법을 시행하여 표면거칠기와 레이저산란 패턴의 산란광 분포량과의 관계를 수학적으로 규명하였다. 또한, 도출한 회귀방정식을 토대로 레이저산란 영상들을 이용하여 표면거칠기 값을 추정해본 결과 실제 값과 근사한 값을 얻을 수 있었다.

후기

본 연구는 2009 년 교육과학기술부 지역대학우수과학자지원사업(2009-0064599)과 중소기업청 산학협력사업의 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다

참고문헌

1. Chin, Y. Poon, Bharat Bhushan, "Comparison of Surface Roughness Measurements by Stylus Profiler, AFM and Non-contact Optical Profiler," WEAR, 190, 76-88, 1995
2. Kim, G. B., "A structured mechanism development and experimental parameter selection of laser scattering for the surface inspection of flat-panel glasses," International Journal of Production Research, 48, 13, 3911-3923, 2010
3. Park, H. J. and Hwang, Y. M., "Dimensional Measurement Using the Machine Vision," Journal of Korean Society of Precision Engineering, 18, 10-17, 2001