한국공작기계학회 2000년도 추계학술대회 논문집 pp.304~308

Gap 센서를 이용한 가공물의 표면특성 분석

송 무 건, 유 송 민
경희대학교 기계·산업시스템 공학부, 산학협력기술연구원

Analysis of Surface Profile using Gap Sensor

Mu Keon Song, Song Min Yoo
Kyung Hee University of Mechanical and Industrial System Engineering, ILRIK

ABSTRACT

Surface roughness measurement system with capacitance type gap sensor. Tentative result from the calibration measurement showed the potential applicability of the sensor to the processed specimen. In order to test the sensitivity of the measurement system, several parameters including valley depth, width of the specimen have been changed. Effect of the charge area between sensor and specimen surface has been also analyzed.

Key Words: Capacitance type(축전기 형식)
Calibration(교정)

1. 서론

일반적으로 표면특성 연구는 표면 거칠기 문제 생산물을 생산하기 시작한 후부터 가공물의 완성여부 및 가공작업의 이상유무를 판단할 수 있는 가장 효율적인 것으로 공정 상에 중요한 문제로 대두되어 왔었다. 과거에는 지금과 같은 센서 등이 존재하지 않아 생산품에 상태를 수련공의 솜씨와 수련에 의존해 생산품을 검사하고 생산하였다. 그러나, 현재에는 많은 측정기구들이 나와 이러한 많은 문제들을 해결하고 있다. 일반인들도 사용할 수 있는 센서 등 들과 이것의 사용법들이 자세히 나와 있어 일반인들도 쉽게 사용할 수 있게 되었다. 대표적인 측정장치에는 레이저를 이용한 비접촉식 및 촉심을 이용한 접촉식이 가장 널리 사용되고 있다. 또 측정기기의 종류로는 광학식 측정기, 간섭계, 광산란법, 반사파의 해석법, 광절단법, 공압식, 전해용량 센서등이 있다. 그 중에서도 이 논문에서는 갭 센서(gap sensor)의 교정(calibration)과 형상별 센서의 반응을 알아봄으로써 센서의 사용상에 용이함을 얻기 위해 실험을 수행했다. 본 연구에서는 각 조건 별로 제작된 시편들을 Gap sensor로 측정하여 데이터를 얻어 분석하는 실험을 수행하였다. 연구의 범위와 목적은 다음과 같다. 실험을 행하기 앞서 각 조건의 맞는 시편을 설계, 제작하고, Gap sensor에 Calibration을 행하여 sensor에 대한 데이터 베이스를 구축한다. 시편을 Gap sensor를 이용하여 측정하여 데이터를 취득한다. 측정된 데이터를 분석하여 가공물의 특성을 파악하고 표면특성을 이해한다[1~3].

2. 이론적 배경

2.1 아날로그-디지털(A/D)변환기

디지털 신호처리에서 사용하는 시스템은 연소시간(아날로그)신호를 디지털신호, 즉 유한 정밀도로 양자화 된 샘플의 수열로 변환한다. A/D 변환기는 입력에 인가되는 전압이나 전류의 크기를 이에 가장 가까운 양자화 된 크기를 2진 부호로 변환한다. A/D변환기는 매 T 초마다 A/D변환 작업을 시작해서 완결하도록 외부 클럭 신호로 제어할 수 있다. 그러나 변환이 순시적으로 이루어질 수 는 없으므로, 이를 위해서 고성능 A/D시스템은 샘플-홀드 시스템을 갖추는 것이

$$h_0(t)=\begin{bmatrix} 1 \ , & 0<t<T \\ 0 \ , & \text{그밖의 경우} \end{bmatrix}$$

보통이다. 이상 샘플-홀드 시스템은 다음과 같은 출력을 내는 시스템이다.

$$x_0=\sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]h_0(t-nT) \qquad (1)$$

$x[n]=x_a(nT)$는 $x_a(t)$의 이상 샘플이고 $h_0(t)$는 0차 홀드 시스템의 임펄스응답이다.

(1)식은

$$x_0(t)=h_0(t)*\sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]h_0(t-nT)$$

와 같이 쓸 수 있으며 이로부터 이상 샘플-홀드 시스템은 임펄수열 변조기와 0차 홀드시스템을 사용한 선형 필터링 시스템의 종속접속과 등가임을 알 수 있다[4].

2.2 Edge 검출이론

출력된 신호에서 Edge를 찾는 방법은 간단한 수학공식으로 계산하면 찾을 수 있다.

$$Y=X_{i+1}-X_i \quad (i=0,1,2,3\cdots\cdots)$$

그래서 이 공식으로 신호의 전후 데이터의 그 증감을 보아서 가장 이상적으로 보이는 곳을 Edge로 잡는다[5].

3. 실험장치

3.1 실험 방법

시편을 밀링 베드에 장착하고, Gap sensor를 밀링홀더에 장착한 후 밀링 베드를 0.2mm~0.25mm씩 움직이면서 나오는 전압을 A/D 변환기에 받은 다음에 Calibration 한 데이터를 이용하여 디지털화 된 데이터를 전압으로 변환하여 그것을 이용하여 실험에 데이터를 만들고 분석하였다.

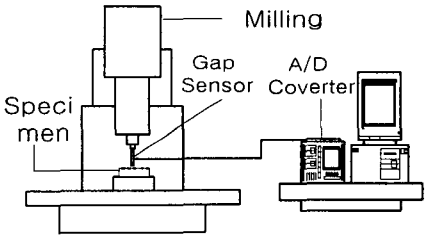

Fig. 1 Gap sensor laboratory work system

3.2 센서의 사양

Gap sensor는 Proximity probe 라고도 하며, 회전기계류의 축 진동과 위치를 측정하는 가장 일반적인 변환기이다. Gap sensor는 일반적으로 비접촉식 센서로써 실제 기계상태의 정보는 열악한 환경에 설치되어 있는 이러한 비접촉식 센서에서 전달되는 것이 일반적이다[6~7].

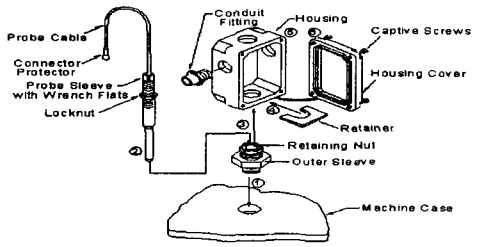

Fig. 2 Gap sensor components

Gap sensor를 Calibration한 결과 Fig. 3에서 나타낸 것처럼 센서가 -2~-24V까지에 전력이 센서로부터의 거리가 약 3mm 영역까지 Fig. 3에서 보듯 -2V부터 감소하며 나타났다.

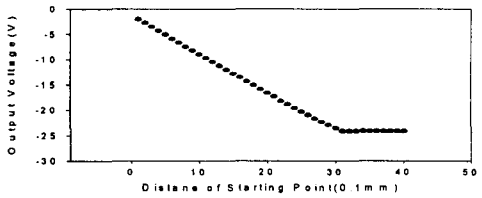

Fig. 3 Gap sensor calibration graph

거리와 전압과의 관계를 알아보면 Fig. 4에서와 같이 센서로부터 3.0mm까지 측정가능 구간이 되고 비교적 일정하게 감소하나 센서로부터 가까우면 가까울수록 안정적으로 센서의 출력이 나오는 것을 알 수 있다. 센서와의 거리와 전압과의 관계는 출력전압(V)=-7.619*거리(㎜)-2가 성립된다.

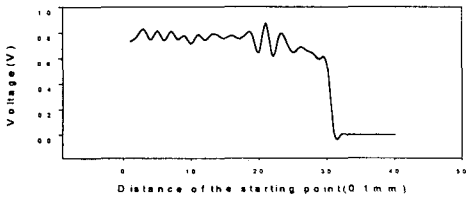

Fig. 4 Average increase negative output voltage

3.3 실험 시편 설계 및 제작

3.3.1 시편 설계

시편의 제원은 너비(Width)×폭(Depth)×높이(Height)가 각각 115×35×70 및 115×4×70의 두 종류를 제작하였다. 제작 후에 각 시편마다 너비(Width) 방향으로 15mm 마다 홈을 1, 3, 5, 7, 9mm의 너비로 제작하였다. 홈의 깊이는 0.5mm, 1.0mm, 2.0mm를 가진 시편을 각각 만들어서 사용하였다. Fig. 5는 시편의 형상이다. 시편의 넓이를 35mm와 4mm로 놓은 이유는 센서의 직경이 5mm로 센서가 시편보다 큰 경우와 작은 경우를 비교하기 위함이다.

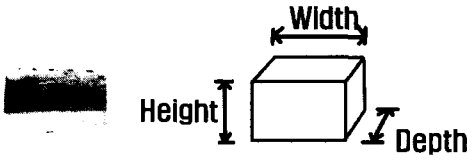

Fig. 5 Model of specimen

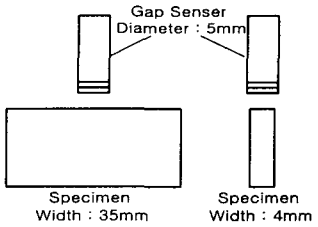

Fig. 6 Sensor and specimem comparison

3.3.2 실험 시편 제작

시편 제작은 공작기계를 이용하여 제작하였다. 시편가공에 있어 고려사항은 두 종류의 시편을 비교하기 때문에 홈이 정확하게 일치하도록 정밀도를 높게 유지하여야 하고, 정방성을 유지하여 측정하는 동안 일정하게 측정할 수 있도록 하였다.

3.4 데이터 처리

본 연구에 사용된 시스템은 입력부, 증폭부, 신호 처리부로 구성되어 있다. 입력부는 Gap sensor로 이루어져 있다. 신호 처리부는 입력부를 통과한 센서로부터의 신호는 A/D converter에 의해 디지털화 된다. 디지털화 된 신호는 Calibration 데이터를 가지고 변환하여 전압으로 나타내었다.

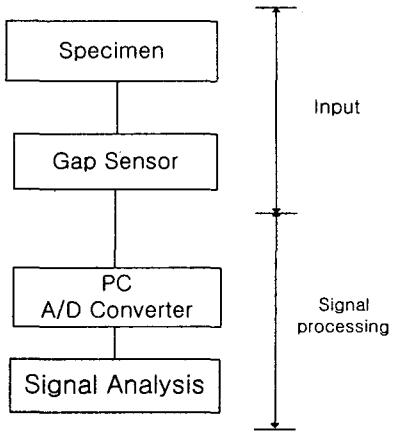

Fig. 7 Signal flow chart

Edge를 찾아내는 것은 신호 값에서 Table. 1에서나온 것처럼 구간별로 가장 큰 증가량과 가장 큰 감소량을 이루는 곳을 Edge로 두었다. 시작점은 실험을 시작한 후 최초의 신호 변화 후 가장 큰 증가량을 보인 곳을 시작점으로 두었고 마지막 점은 마지막 Edge가 나온 후에 가장 큰 감소량이 나온 곳으로 잡았다.

Table. 1 the Section between the start point and the last point

	Point
1 section	0mm~23.5mm
2 section	23.6mm~41.6mm
3 section	41.7mm~61.7mm
4 section	61.8mm~83.8mm
5 section	83.9mm ~ 11.5mm

4. 실험 결과

홈의 깊이를 측정한 결과 1구간(section)에서는 큰 넓이의 시편이나 작은 시편이나 모두 원래 나와야 할 신호의 보다 작게 나왔다. 홈의 크기와 깊이에 상관없이 거의 일정한 전압이 출력되었다.

2구간에서는 1구간과 마찬가지로 전압이 작게 나오고 깊이에 따라 전압은 비례하면서 작게 나오나 그 차는 적었다. 3-5구간에서는 큰 넓이의 시편은 이론값보다 실제값이 작게 나왔으나 작은 넓이의 시편은 이론값보다 실제값의 전압이 크게 출력되었다. 큰 넓이의 시편은 일정한 봉우리를 가지고 나오지만 작은 넓이의 시편은 봉우리가 중간부에 볼록한 형태의 신호가 출력되었다.

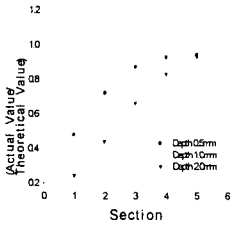

Fig 8 Width Of 35mm speciman

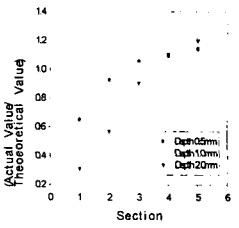

Fig. 9 Width of 4mm speciman

Fig. 8~9는 Table. 2를 그림으로 나타낸 것이다. 두 그림에서 나타난 홈의 깊이에 대한 실제값/이론값은 거의 시편에 구간별로 거의 같은 순서와 양상을 나타난 것을 알 수 있다. 이것은 구간이 증가할수록 신호가 크게 나오나 이 비율은 거의 동일함 알 수 있다.

Table. 2 Compare actual value with theoretical value (actual value/theoretical value)

		Section				
Width	Depth	1	2	3	4	5
35㎜	0.5㎜	0.4801	0.7206	0.8732	0.9301	0.9456
	1.0㎜	0.4122	0.6438	0.8539	0.9624	1.0117
	2.0㎜	0.2447	0.4384	0.6647	0.8322	0.9343
4㎜	0.5㎜	0.6496	0.9271	1.0546	1.0941	1.1437
	1.0㎜	0.5171	0.8108	1.0383	1.1438	1.2036
	2.0㎜	0.3084	0.5699	0.9063	1.1081	1.1996

홈의 너비를 알기 위해서 Edge 검출결과 원래 1mm인 홈이 너비에 상관없이 3~4mm 정도 크기로 크게 출력되었다. 너비가 3~9mm구간에서는 원래 형상에 홈의 크기와 거의 약간 작게 나왔다. 너비가 3mm인 곳이 가장 일치도가 높았고 나머지에서는 0.7~0.85사이의 일치도를 보였다.

Table. 3 Using edge detect compare actual width with detect width (detect width / actual width)

		Width(mm)				
Width	Depth	1	3	5	7	9
35㎜	0.5㎜	3.250	1.000	0.800	0.857	0.800
	1.0㎜	3.500	0.917	0.750	0.857	0.833
	2.0㎜	3.250	1.000	0.700	0.750	0.639
4㎜	0.5㎜	4.500	0.833	0.700	0.786	0.833
	1.0㎜	4.666	0.833	0.700	0.893	0.778
	2.0㎜	2.5	0.667	0.700	0.571	0.923

Fig. 10~15는 실제형상과 측정한 데이터를 이용하여 그린 그림이다.

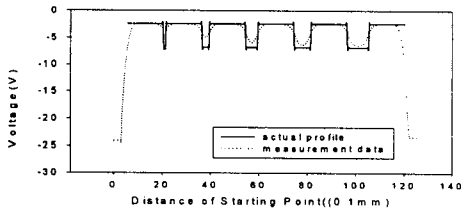

Fig. 10 Actual profile(135×35×70) hole depth=0.5mm

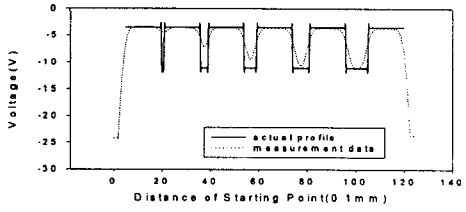

Fig. 11 Actual profile(135×35×70) hole depth=1.0mm

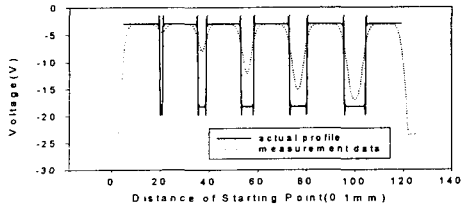

Fig. 12 Actual profile(135×35×70) hole depth=2.0mm

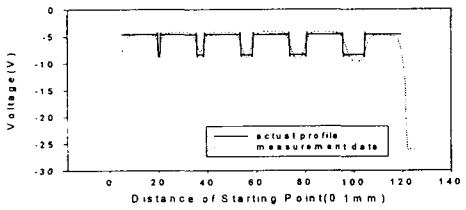

Fig. 13 Actual profile(135×4×70) hole depth=0.5mm

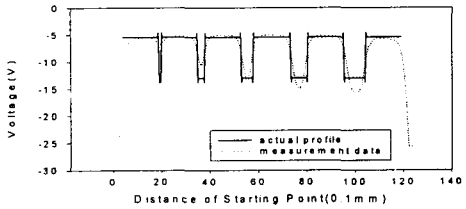

Fig. 14 Actual profile(135×4×70) hole depth=1.0mm

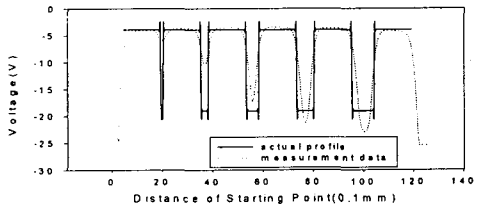

Fig. 15 Actual profile(135×4×70) hole depth=2.0mm

5. 결론 및 향후 계획

결론적으로 이 센서의 경우는 시편과 센서의 크기에 상관 관계를 알아보았다. 시편의 넓이에 따라 출력되는 신호가 크거나 작게 나왔고, 홈의 크기와 깊이에도 신호의 변화가 나타냈다. 그러므로 더욱 많은 시험으로 시편과 센서와의 관계를 알아내어 신호를 보정해야 한다는 사실을 알아 내었다.

센서보다 작은 시편에서 실험한 데이터를 보면 중간부가 볼록하게 나온 것을 알 수 있다. 그러나 비교 조건이 충분하지 않아 비교할 수가 없었다. 그러므로 센서보다 작은 경우를 실험하여 그 이유를 알아내겠다.

6. 참고문헌

1. J. K. Lonyangapuo, L. Elliott, D. B. Ingham and X. Wen, "Retrieval of the shape of the bottom surface of a channel when the free surface profile is given, Engineering Analysis with Boundary Elements", Volume 23, Issues 5-6, pp 457~470, 1999.
2. A. Engel, H. Langer and V. Chetverikov, "Non-linear analysis of the surface profile resulting from the one-dimensional Rosensweig Instability", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Volume 195, Issue 1, pp 212~219, 1999.
3. Nerino, Roberto and Cabiati, Franco and Picotto, Gian Bartolo and Sacconi, Attilio, "Surface profile reconstruction method based on multisensor capacitive transducers", Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, Volume 13, Issue 1, pp 77~84, 1994.
4. 임재탁 이두수 공저, "이산신호처리", 대영사, pp 124~130.
5. 김철 김태국 신동신 이승배 저, "수치해석", McGRAW-Hill KOREA, pp 449-537.
6. 편 집 부 저, "센서의 원리와 사용법(Ⅰ)" 세화, pp 152~230 ,1988.
7. 이 종 각 저, "센서의 활용", 세화, pp 98~100, 1997.