

비접촉 미소변위 측정 시스템에 대하여

민 욱 기
연세대학교 기계공학과 교수



●1947년생
●기계공학을 전공하였으며, 응용역학에 관계된 이론, 수치해법 및 계측 등에 관심이 있다.

김 수 경
(주)금성사 비디오사업부 연구원



●1957년생
●기계공학을 전공하였으며, 제품개발에 종사하고 있고, 특히 접촉역학 및 응용수치 해석과 계측에 관심이 있다.

1. 머리말

근래 기계기술을 지원해 주는 한 요소로서 재료의 변위, 변형을 계측하는 각종 센서(sensor, 검출기)가 종래부터 많이 사용되어 왔지만 최근 들어 미소 변위 측정용 비접촉식 센서가 많이 등장하여 각광을 받고 있다.

물론 센서라 함은 기계공학에서 각종 물리량으로서 측정되어질 수 있는 변위, 각도, 회전수, 온도, 습도, 압력 등을 계측할 수 있는 수많은 종류가 있고, 또 이들을 분류하는 방법에서는 재질, 기능, 특성 등 여러 측면에서 분류되어 지기도 하지만, 본 글에서는 이들 중 특히 비접촉식 미소 변위 측정용 센서에 대해 기술하기로 한다.

일반적으로 변위를 검출하거나 제어할 경우 측정 환경과 목적에 적당한 변위센서를 선정하는 것이 무엇보다도 중요하다. 근래 머시닝 센터를 중심으로 FMS(유연생산시스템) 및 NC 공작기계 등에 적용되어 오고 있는 변위 센서로서는 리니어 엔코더 및 로터리 엔코더가 널리 쓰이고 있으며 스트로크도 수 mm 정도에서

수 m전후까지 넓은 범위에서 사용되고 있다.

또한 초정밀 가공 기계 및 각종 기계장치의 위치 결정용 정밀 측정 기기등의 분야에 광학 장치등이 많이 사용되고 있으며, 특히 이 중에서 레이저 측정 장치는 고밀도 빛을 광파 간섭의 원리와 광 도플러 효과등을 응용한 것으로서 전기적인 내삽 분할에 의해 용이하게 0.1 μm 또는 0.01 μm 의 분해능을 가지는 초정밀 측정 까지도 가능하게 해 주고 있다.

본 글에서는 근래 널리 사용되고 있는 여러 종류의 비접촉식 변위 센서에 대해 검출 원리 및 특성과 각 응용 예를 알아 보고, 특히 광학식 비접촉 변위계에서는 이의 응용 중심으로 계측시 주의 하여야 할 몇가지 사항들을 기술하고자 한다.

2. 비접촉식 미소 변위 측정기의 종류와 검출 원리

미소 변위 센서에는 접촉식과 비접촉식이 있으나, 접촉식이 검출 대상의 물성인 질량, 열용량, 강성 등에 변화를 주어 검출량을 다소 변화 시키는데 반하여 비접촉식의 미소 변위

센서는 검출 대상의 물성치에 영향을 거의 주지 않기 때문에 검출 대상을 변형시켜 이의 특성을 변화시키지 않게 할 경우 많이 사용되고 있다. 이하 대표적인 비접촉식의 미소 변위 센서에 대한 기본 원리 및 특징을 해설한다.

2.1 정전 용량식⁽¹⁾

정전 용량식 변위 센서는 콘덴서의 원리를 응용한 것이다. 면적 S , 간격 d 의 평행판 전극 사이의 정전 용량 C 는

$$C = \epsilon S / d \quad (\epsilon : \text{전극간의 물질의 유전율})$$

로 표시되어 대향 면적과 유전율을 일정하게 하면 d 의 변화에 따라 C 가 변하므로, 평행 전극판의 한 쪽을 검출 대상, 한 쪽을 센서 헤드로 하면 d 는 검출대상의 변위가 된다. 그림 1은 정전 용량식 변위 센서에 대한 한 구성을 보여준다.

일반적으로 검출 대상의 미소 변위에 의한 정전 용량의 변화량은 1PF이하로 미소하므로 미소한 정전 용량의 변화를 정확히 측정하기 위해서는 주파수 변조 및 진폭 변조, 위상 변조 등의 방법이 응용되고 있다. 이는 각각 발진기를 이용하여 정전 용량의 변화를 발진파의 주파수 량 진폭, 위상의 변화로 변환시키는 것이다. 이 방법을 포함하여, 정전 용량(C)을 전압 (V)로 변화하는 방법을 CV법이라 부르며 CV법은 출력이 변위의 역수가 되기 때문에 변위가 크면 출력이 저하되어 검출정도가 떨어지며 출력특성이 비선형이 되는 결점이 있

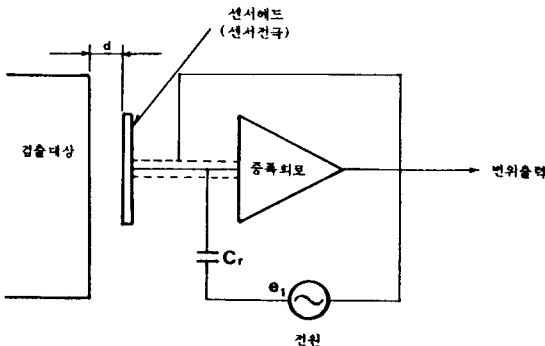


그림 1 정전 용량식 변위 센서의 구성

다. 이 결점을 해소 하기 위해 발진기 외에 기준 콘덴서 Cr 을 이용하는 일 이 있다.

그림 1과 같이 Cr 을 추가해 주면 출력 전압 e_o 와 입력 전압 e_i 에 대한 관계는 다음 식으로 표시된다.

$$e_o = \frac{Cr}{C} e_i$$

이 결과, 변위 d 에 대하여 선형적으로 Cr 배의 출력전압을 얻을 수 있다. 정전 용량식 변위 센서는 대기 또는 진공 환경하에서 사용되고, 검출 대상이 금속의 경우는 교정 작업을 할 필요가 없으나 비금속일 경우에는 재질에 의해 유전율이 차이가 나기 때문에 변위에 대한 정전 용량의 변화를 조사하여 교정할 필요가 있다. 또한 정전 용량식 변위 센서의 검출 가능한 범위는 0.2~10mm이며 검출 정도는 1~10 μ m으로 높기 때문에 반도체 웨이퍼 두께의 측정이랑 CD(compact disk)의 형상 측정 등에 이용되기도 한다.

2.2 와 전류식⁽¹⁾

와 전류식(eddy current type) 변위 센서는 발진기에서 발생된 높은 주파수의 자계에 의해 검출대상의 금속에 와전류를 만들고 이것에 의해 자계가 변하는 현상을 이용하고 있기 때문에 고주파 발진식 변위 센서로도 불리운다.

그림 2와 같이 와 전류식 변위 센서는 코일(L)과 콘덴사(C)를 병렬로 배선한 LC공진형의 변환 회로로 구성되어 있다. 코일에 고주파의 여자 전류를 흘리면 이것에 대응하여 주기적으로 변화하는 자계가 발생하고 이 결과 전자 유도 작용에 의해 검출 대상의 금속에 와전

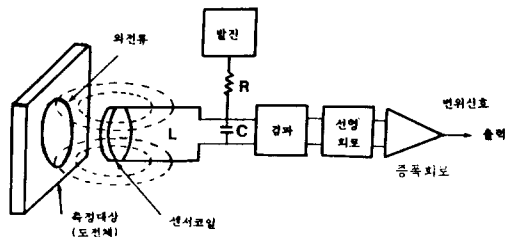


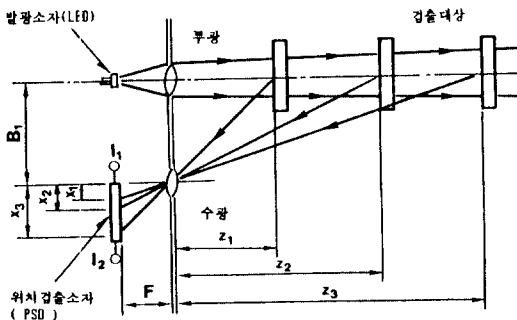
그림 2 와 전류식 변위 센서의 구성

류가 생기고 다시 이 와전류에 의해 고주파의 자계가 생기는 것을 코일에서 검출하게 되는데, 이 경우 코일의 임피던스 변화를 측정하는 것이 변위 값이 된다. 여기서 여자 전류의 주파수, 측정 대상의 도전율, 투자율 등을 일정하게 해 주면 코일의 임피던스 변화로서 코일과 검출 대상과의 거리 변화 즉, 변위를 알 수 있게 된다.

와 전류식 변위 센서는 내환경성이 높고 취급이 용이하고 응답성이 높은 것이 특징이기 때문에 생산 현장에서의 응용이 많다. 그러나 다음과 같은 사용상의 제약이 있기 때문에 이를 유의 하여야 한다. 첫째 검출 대상은 금속 등의 도전체에 한하며, 둘째 센서 출력 특성이 검출 대상의 전기 전도도, 투자율 등에 따라 변화하기 때문에 검출 대상에 대응하여 교정할 필요가 있으며, 셋째 검출 대상의 직경이 센서의 코일 선단 직경의 2배 이하일 경우 정도가 떨어지기 쉽다는 단점이 있다.

2.3 광학식^(1~3)

빛을 이용하여 미소한 변위를 검출하는 센서가 많이 사용되고 있다. 빛을 이용한 변위 센서에는 삼각 측량식과 광섬유를 이용한 반사광량식의 2종류가 있다. 삼각 측량식의 변위 센서는 그림 3과 같이 발광 소자와 직선형의 위치 검출 소자(PSD; photo sensor diode)를



- $Z_1 \sim Z_3$: 센서와 검출대상의 거리
- $X_1 \sim X_3$: 수광렌즈 중심축과 집중광과의 거리

그림 3 삼각 측량식 변위 센서의 구성

조합한 것이다.

발광 소자에는 발광 다이오드(LED; light emitting diode)와 반도체 레이저가 이용되고 있다. 또, 직선형의 PSD는 가는 반도체의 광변환 소자의 양단에 전극 I_1, I_2 를 붙인 것으로서 집중광(spot light)이 직선형 PSD의 특정 위치에 입사되면 이의 입사 위치로부터 양단까지 각각의 거리 즉, 그림 3의 X_1, X_2 등에 반비례한 전류 출력 I_1, I_2 가 PSD의 양단으로부터 얻어지게 된다.

검출 대상을 향해 빛을 투사시키면 반사광의 위치는 거리 Z 에 의해 변화한다. 여기서 PSD와 수광 렌즈의 간격을, F , LED와 수광 렌즈의 간격을 B_1 이라고 하면 거리 Z 는

$$Z = (1 + I_1/I_2) \cdot (B_1 \times F/L)$$

로 표현된다. 즉, Z 는 PSD의 전류 출력 I_1, I_2 의 비를 검출함으로써 계산될 수 있다. 이 센서는 검출 대상에 투광하는 집중광의 직경이 클수록 PSD에 입사하는 집중광의 직경도 크게 되어 검출 오차는 투광축에 대해 선대칭인 위치에 다시 하나의 수광계를 배치함으로써 오차를 줄일 수 있다. 이 방법은 1개의 투광계와 2개의 수광계를 이용하므로 삼안 방식이라고도 불리운다.

삼각 측량식의 변위 센서는 검출하는 변위가 클수록 정도가 나빠진다. 측정 거리가 긴 용도의 대표적인 예로는 카메라의 자동 초점 센서이다. 한편, 검출거리가 짧은 것을 생산 라인의 위치 결정 검출에 많이 사용되기도 한다. 삼각측량식 변위 센서를 사용함에 있어서 주의해야 할 점은 환경의 영향에 의한 광로의 교란이다. 국소적인 온도 변화와 바람의 영향으로 공기의 굴절률이 국소적으로 변화하게 되면 광의 전파 방향이 변하여 검출 오차가 생긴다. 또 기름과 이물이 묻은 렌즈 등 광학 소자가 오염되어 감도가 저하하는 일이 있다. 또 경면을 측정 대상으로 선택할 수 없다.

이에 반해 광 섬유식 변위 센서는 광 섬유로 빛을 전송시키기 때문에 광로의 교란이 없으며 센서의 오염에 의한 감도의 저하도 거의 없다.

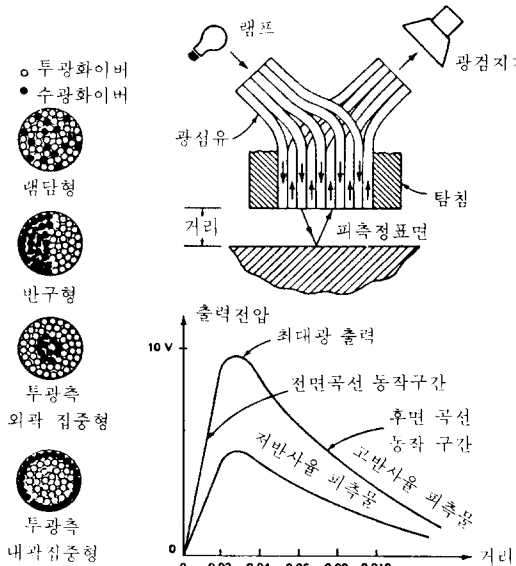


그림 4 광섬유 변위 트랜스듀서

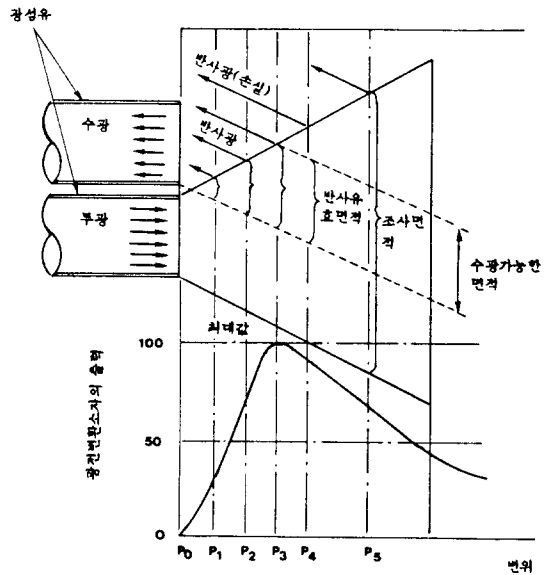


그림 5 광섬유식 변위 센서의 검출원리

그림 4에 광섬유식 변위 센서의 검출 원리를 표시하였다.

이 장치는 비교적 간단한 광학 및 전자 장치의 조합으로서 수 μm 단위로부터 수십 cm단위의 변위까지 측정할 수 있는 광섬유를 이용한 포토닉 센서(photoic sensor)이다. 또한 이 장치는 고 반사율을 가진 피측정물이면 높은 출력력을 얻는 것으로서 인접한 광섬유 사이의 크로스 토오크를 최소화 하기 위해 광섬유는 core/cladding 구조로 되어 있다.

두 종류의 광 섬유 한 쪽에서는 검출 대상에 빛을 투사하고 한 쪽에서는 반사된 빛을 수광한다. 반사광의 광량을 수광용 광섬유에 붙은 광변환 소자로 검출하는 구조로서 광섬유의 투광측과 수광측의 배치도 그림에서와 같이 여러가지 유형이 있다. 광 변환소자의 출력은 투광용 광 섬유의 선단에 대한 검출대상의 변위에 의해 그림 5와 같이 변화한다.

이것은 거리에 의해 검출 대상 표면의 빛의 조사 면적과 수광 가능한 면적이 겹쳐지는 부분 즉, 반사 유효 면적이 변하기 때문이다. 예를 들어 그림 5의 하측에 표시한 횡축의 P_2 위

치에서는 수광 가능한 면적에 차지하는 반사 유효 면적이 작아서 수광용의 광 섬유가 받는 반사광의 광량은 많지 않아 광전변화 소자의 출력이 작다. 그러나 보다 변위가 큰 P_3 위치에서는 수광 가능한 면적과 반사 유효 면적이 일치하여 광전 변환소자의 출력은 최대가 된다.

그러나 다시 변위가 큰 P_4 에서는 조사 면적에 차지하는 반사 유효 면적이 작게되어 광전 변환 소자의 출력은 다시 감소한다. 이 때문에 미리 변위와 광전 변환 소자의 출력 관계를 조사하여 두면 변위가 검출 가능하다. 광섬유식 변위 센서의 검출 가능한 거리 범위는 1mm이하로 좁고 측정 분해능은 $1\mu\text{m}$ 이하로 높기 때문에 미소 위치 결정 장치의 위치 검출 등에 응용되기도 한다.

다음에는 비교적 넓은 측정 범위와 고정도의 분해능을 가지는 광학 전자 변환 장치에 대해 알아 보기로 한다. 그림 6은 광학 전자 변위 장치(opto electron displacement pick up)의 한 구조를 보여준다³⁾.

이것은 카메라 렌즈계와 전자계에 의해 구성이 되어 있으며 각종 렌즈의 사용에 따라 $1\mu\text{m}$

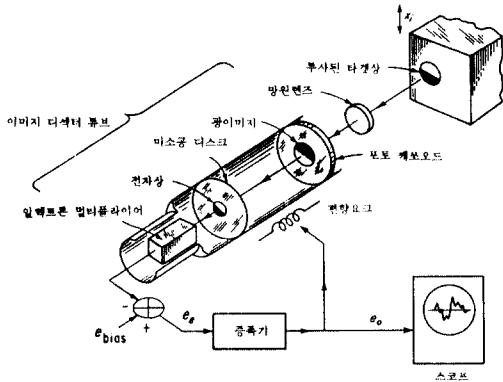


그림 6 광학전자 변위 측정장치

~20m범위의 변위를 100mm~200mm의 측정 거리로서 원거리 비접촉 측정이 가능하도록 되어 있다.

이 그림에서의 측정 장치는 일측 방향으로 움직이는 피측정물에 대하여 이미지 디섹터 튜브(image dissector tube)와 일렉트론 멀티플라이어(electron multiplier)를 사용하여 일정 방향의 변위를 애널로그 전압으로 출력시켜 준다. 움직이는 피측정물에 흑색과 백색의 명암을 가지는 타겟을 투사해 주면 망원 렌즈에 의해서 타겟의 이미지는 이미지 디섹터 튜브의 포토 케소우드에 상이 맺혀진다. 이 포토 케소우드의 뒷면에는 투사되는 빛의 광량에 따라 전자가 방출되어 타겟의 전자상(electron image)이 형성된다. 이 전자상은 주변에 가해진 전자장에 의해서 튜브로 가속되어 중앙에 작은 구멍을 갖는 디스크에 초점이 맞추어 진다. 이때 전자상의 작은 부분만이 일렉트론 멀티플라이어에 비추어지며, 이것에 의하여 이미지의 강도에 비례하는 전류가 발생한다. 만약 일렉트론 멀티플라이어에 비추어지는 부분이 백색이 많으면 큰 전류가 발생하며 흑색이 많으면, 적은 전류가 발생한다. 이 출력 신호는 앰프 출력으로 표시되며 변위에 비례하는 전압량으로 되는 것이다.

이 비접촉 변위 장치는 광학적으로 명암의 대비가 되는 경계선이 측정의 기준이 되어 검

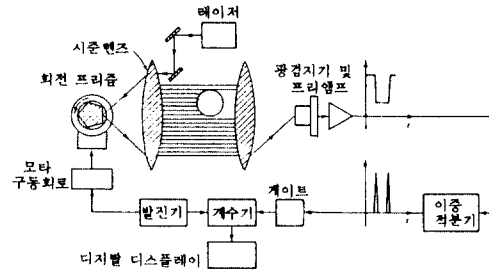


그림 7 레이저 형상 측정기

출이 되므로 측정하고자 하는 물체에 콘트라스트가 일정하고 강한 선을 만들어 주어야 하며, 이러한 광학적 명암의 대비가 되는 타겟의 설정 방법은 측정 목적에 따라 여러 가지 방법이 존재할 수 있다.

다음에는 광학을 이용한 측정 장치중에서 레이저광을 이용한 측정 장치에 대해 알아본다. 레이저광이란 인공적으로 만들어진 빛이며 단일 파장의 위상으로된 고밀도 에너지를 가진 집중광으로서 좋은 광원이 될 수 있다.

그림 7은 레이저광을 이용하여 피측정물의 외경을 측정하는 레이저 형상 측정기의 한 예를 보여준다.

일정한 회전 속도 Ω rpm으로 회전하는 5각형 프리즘은 $60/5\Omega$ sec의 시간 동안에 측정 스캔(measurement scan)을 한다. (예를 들어 1800rpm의 회전 속도이면 1스캔의 시간은 1/150초이다.)

시준 렌즈(collimating lens)는 프리즘의 회전 속도에 따라 선형적으로 비례하는 비율로 피측정물을 조사하는 레이저광을 만들어준다. 이 레이저광이 렌즈를 통하여 피측정물 표면에 투영되어 지고, 이 때 만들어지는 상이 렌즈를 통하여 광 검지기(photo detector sensor)에 초점이 맞추어져서 검출되어 출력 전압으로서 피측정물의 공간적 폭에 비례한 시간적 폭을 가지는 노치 전압(notch voltage)으로 나타난다.

이러한 노치 전압을 두번 미분하여 두개의 좁은 스파이크 펄스(spike pulse)를 만들어 주고 게이트 및 카운터를 통하여 디지털 디스플

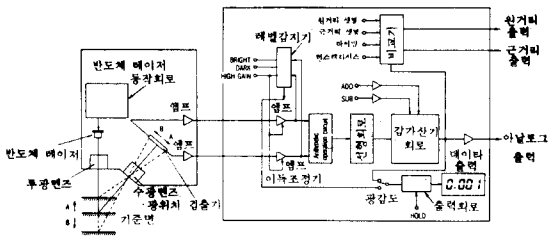


그림 8 레이저 변위 측정기

레이 된다. 또한 히스테리시스 동기 모터를 사용하여 피측정물의 움직임은 속도에 적당하도록 모터의 스피드를 가변시켜 주기도 한다. 만약, 피측정 표면이 빨리 움직이는 물체라면 빛의 스캐닝 속도에 따라 측정 오차가 포함되므로 피측정물이 빠른 속도로 진동하는 물체의 계측에는 측정 오차를 최소화 해주기 위해 평균화 작업을 하여 오차를 보정하지 않으면 안된다.

다음은 레이저광을 이용한 미소 변위 측정 장치로서 그림 8에 이의 한 구조를 표시한다⁽²⁾.

이 장치는, 헬륨-네온광(He-Ne광 : 주파수 $\approx 5 \times 10^{14} \text{Hz}$)를 레이저 에미터로부터 레이저 투광 렌즈를 통하여 움직이는 피측정물에 초점이 맞추어지게 한 것으로서 투광된 레이저 광은 움직이는 물체로부터 반사되어 확산(diffused)되어진다. 이 확산된 레이저광은 수광 렌즈를 통하여 다시 초점이 모아지고 하나의 작은 집중광으로서 광위치 검출 센서에 투사된다.

이때 물체에 변위가 생기면 집중광도 거리에 따라서 움직이게 되며 광위치 검출기는 검출 변위에 해당되는 전기적인 신호를 출력하며, 전기적인 출력신호를 변위량으로 표시해 주기 위해 연산 회로가 첨가되기로 한다. 보통 이러한 출력의 크기는 피측정물의 반사율(reflection factor)과는 무관하다.

3. 측정 응용

3.1 응용 사례

(1) 레이저 미소 변위 측정 장치

그림 9는 레이저 변위 측정 장치를 이용하여

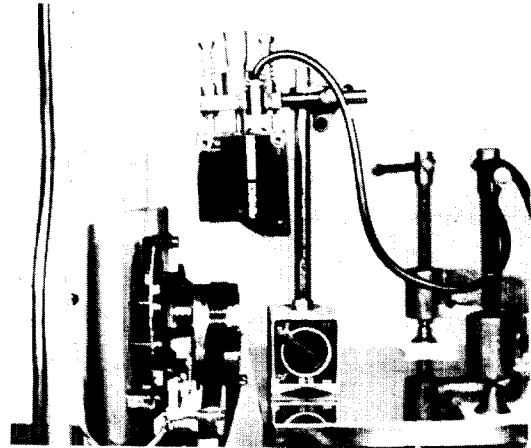


그림 9 레이저 변위 측정기를 이용한 테이프 변형상태의 계측

비디오 테이프 레코더의 회전 헤드 드럼에 일정한 감김 각도를 가지고 회전 헤드와 접촉하고 있는 테이프의 변형 상태를 측정하는 사진이다.

그림에서는 고속으로 회전하고 있는 헤드 드럼에 감겨져 있는 테이프의 한 표면에 반도체 레이저 발광부로부터 나오는 아주 작은 직경의 헬륨-네온 집중광을 투사하고 이의 반사광을 검출하는 모습을 보여주고 있다.

(2) 광학 전자 미소 변위 측정장치

광학 전자식 미소 변위 측정 장치는 저온 및 고온 환경에서의 재료의 특성 파악에도 많이 활용된다⁽⁴⁾.

그림 10은 저온 상태에서의 복합재의 탄성 계수를 구하기 위하여 인장시험 시편의 변형율을 구하는 실험 장치에 대한 그림이다. 이러한

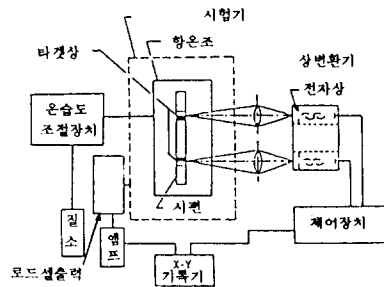


그림 10 광학전자 변위장치를 이용한 인장시험장치

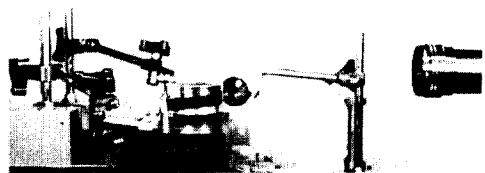


그림 11 광학전자 변위장치를 이용한 테이프 변형 상태의 계측

시험은 항온조의 창으로부터 광원에 의해 시험편에 타겟상을 조사하여 광축에 수직인 타겟간의 변위 차를 출력 전압으로서 표시하며, 이때 타겟상은 시험편의 재질에 따라 시험편에 흑색 및 백색 페인트를 이용하여 도포하거나, 흑백의 명암이 경계 지어지는 타겟상을 투사시킬 수 있다.

물론, 이러한 측정은 저온용의 스트레인 게이지를 이용할 수도 있으나 비접촉식 변형을 측정은 온도 효과에 의한 측정 오차를 최소화할 수 있어 보다 더욱 고정도의 측정이 될 수 있다고 생각한다.

또한 광학 전자식 미소변위 측정 장치는 초정밀 기기인 비디오 테이프 레코더, 콤팩트 디스크 플레이어 및 컴퓨터등의 자기 기록 장치에서 사용되는 정밀부품의 변형 상태를 측정하거나 이에 사용되는 기록 매체인 자기 디스크 또는 자기 테이프의 변형 상태의 계측에도 많이 사용되고 있다. 이와 같은 정밀 기기에서는 복잡한 제품 구조로 인하여 비접촉 계측을 하지 않으면 원하는 부분의 변형 상태의 측정이 곤란해질 경우가 많다.

그림 11은 광학 전자식 비접촉 변위계를 이용하여 비디오 테이프 레코더에서의 테이프 변형을 계측하는 사진이다.

이 측정은 측정위치(measuring point)를 테이프의 축방향 및 길이 방향으로 이동시키면서 테이프의 전 표면에 대하여 측정을 실시하면 3차원적으로 변형된 상태를 알 수 있게 된다.

3.2 사용상 주의점

테이프의 변형 상태에 대한 계측에서 어느

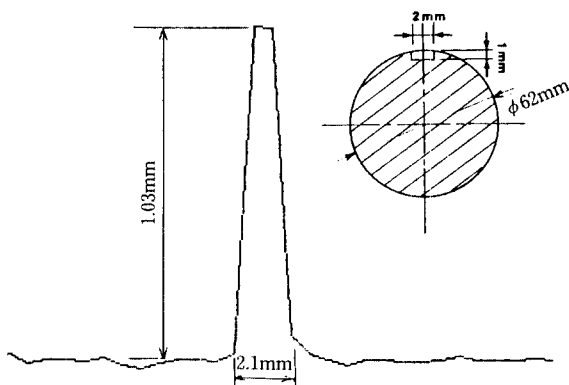


그림 12 저속 회전 드럼상에서 측정된 사각 노치의 형상

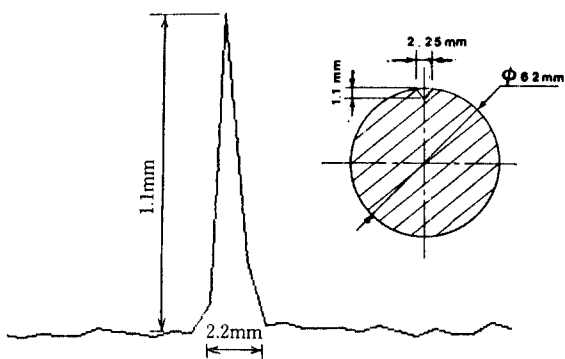


그림 13 저속 회전 드럼상에서 측정된 삼각 노치의 형상

정도의 측정 오차가 개입이 되는지를 알아보기 위하여 다소 성능이 떨어지는 레이저 미소변위 측정 장치를 이용하여 다음과 같은 측정 결과를 검토하여 보기로 한다.

먼저 회전 드럼의 표면에 일정한 치수의 삼각 및 사각 노치를 가공한 후, 이 형상이 어느 정도의 오차를 갖고 재현 되는지를 알아보기로 한다.

그림 12와 13은 드럼을 100rpm이하의 저속으로 회전 시켰을 때 드럼에 가공된 노치의 형상이 레이저 측정 센서에 검출되어 애널로그 전압으로 출력된 것을 A/D변환기를 통하여 시간축 상으로 디스플레이 한 것이다.

물론 A/D변환 오차가 포함되어 있지만, 그

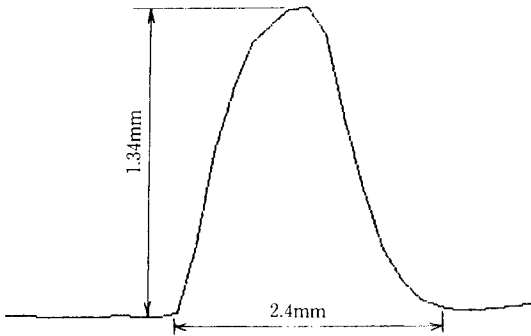


그림 14 드럼 회전 속도 증가시 그림 12를 시간 축상으로 확대한 그림

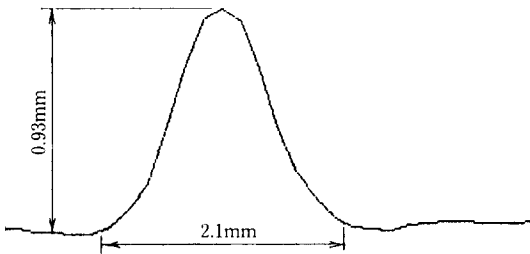


그림 15 드럼 회전 속도 증가시 그림 13을 시간 축상으로 확대한 그림

림에서 보는 바와 같이 실제의 형상을 큰 오차 없이 재현함을 알 수 있다.

그림 14와 15는 드럼의 회전 속도를 약간 증가시켜 300rpm으로 회전 시켰을 때 노치 형상에 대한 측정 값으로서 사각 노치의 경우 실제의 형상과도 차이가 많이 날 뿐 아니라 삼각 노치의 경우도 측정 레벨(노치의 깊이)의 오차가 커진 것을 알 수 있다.

본 글에서 이러한 예를 제시하는 이유로서는 (물론 이러한 측정 장비를 잘 활용하고 있는 사람에게는 매우 초보적인 사항이기도 하지만) 광학식 비접촉식 미소 변위 측정 장치를 처음으로 접해 보는 이들에게는 다소나마 도움이 되는 사항으로 생각되기 때문에 이에 대해 몇 가지 주의 하여야 할 사항을 기술하고자 한다.

미소 변위의 계측 목적으로 이와 같은 광학식 비접촉 변위계를 활용하고자 할 경우에는 다음과 같은 사항을 충분히 파악한 후 계측을

하여야 한다.

- (1) 측정 변위 범위 (displacement range)
- (2) 측정 거리 (working distance)
- (3) 분해능 (resolution)
- (4) 동작특성 (response time)
- (5) 직선성 (linearity)
- (6) 광원 (target illumination)
- (7) 환경 조건 (surrounding temperature and humidity)
- (8) 노이즈 저감 회로특성 (low pass filter and high pass filter)

즉 먼저 미소 변위의 계측 목적으로 사용하고자 하는 계측기가 피측정물의 변위 범위를 충분히 측정할 수 있는가를 알아야 하며, 어느 정도까지 측정 거리에 구애 받지 않고 계측이 가능한지와, 계측 정도는 얼마나 되는가를 알아야 한다. 또한 변위로서 출력되어지는 전기적 신호에 대한 동작 특성의 이해 및 측정 범위 내에서 출력의 직선성의 확보 여부, 그리고 주변 환경의 온도 및 습도에 대한 측정 오차에 대한 사항도 따져 보아야 하며, 노이즈 저감용 필터의 사용에 따른 출력의 주파수 대비 위상 및 진폭 특성을 미리 잘 파악해 두는 것도 필요하다고 생각한다.

또한 이와 같은 성능적인 면외에도 계측기의 사용적인 측면에서 다음과 같은 사항도 소홀히 하면 안된다.

- (1) 측정 센서부의 렌즈 면에 습기나 기름이 묻어 빛을 굴절 시켜주는 일이 없도록 한다.
- (2) 외부의 진동에 의한 측정 오차가 배제될 수 있도록 방진에 유의한다.
- (3) 실내 조명등에 의한 영향을 받지 않도록 한다.
- (4) 센서에 연결된 케이블이 가급적 동력선이나 고압선 주위에 있지 않도록 하고 흔들거리지 않도록 잘 고정 시킨다.
- (5) 외란광이 센서부의 렌즈면에 직접 유입이 되지 않도록 주의한다. (특별히 정밀

측정이 요구되는 경우 암실 등을 이용하는 것도 한 방법이 될 수 있다.)

- (6) 피측정물이 경면 처리된 물체일 때는 빛의 반사 방향에 의해 검출된 값이 부정확해 지는 경우가 있으므로 센서와 피측정물 간의 검출 각도에 유의하여야 한다.
- (7) 전원 노이즈의 영향을 받지 않도록 안정화 전원을 사용하고 접지에 유의한다.
- (8) 피측정물이 색상, 재질 등이 극단적으로 차이가 많이 나는 경계선이 있는 경우에는 센서의 검출 방향에 따라 측정 오차가 커질 수 있기 때문에 센서의 배치 즉, 위치 및 검출방향에 유의하여야 한다.

이외에도 주의하여야 할 사항이 많이 있겠지만 특히 측정자의 안전을 위해서는 레이저 광원으로 부터 투광되는 레이저 광이 직접 눈에 들어오지 않도록 주의 하는 것이 좋다.

4. 맺 음 말

광학식 비접촉 미소 변위 계측 장치의 응용에는 앞서 소개한 응용 외에도 여러 분야에서 많이 활용되고 있다.

즉, 주행 중인 차량 바퀴의 얼라이먼트(alignment) 계측에 이용되기도 하며, 파괴 역학 분야에서 크랙 개구단부(COD)의 변위량 측정에도 이용되며, 충격 역학 분야에서는 변위의 출력 응답 특성이 경시적으로 대단히 복잡하게 변하는 동적 파괴 현상의 원인 규명의

목적으로도 많이 활용되고 있다.

더우기 눈부신 발전을 거듭하고 있는 재료요소 기술 및 센서 기술의 도움으로 앞으로는 이러한 비접촉식 미소 변위 측정 시스템이 보다 더욱 다양하게 사용 되어질 것으로 기대되며, 또한 점차 성능 및 가격적 측면에서도 고성능의 계측 시스템을 손쉽게 큰 부담이 없이 구입 가능할 수 있으리라 믿는다.

그러나 한편으로는 고정도의 물리량의 계측은 꼭 최신의 고가의 장비로만 되는 것이 아니라는 점과, 이러한 계측 시스템의 활용 시에는 기본 검출 원리 및 특성의 이해와 더불어 각 시험 경우에 따른 측정치에 대한 검증 작업을 게을리 하지 말아야 된다는 점도 아울러 당부하고자 한다.

참 고 문 헌

- (1) "센서 구입 가이드", Nikkei Mechanical, pp. 31~35, Feb, 20, 1989.
- (2) "Measuring Instruments General Catalog", Keyence corp., 1988.
- (3) Doebelin, E.O., 1983, "Measurement Systems", pp. 273~280, McGraw-Hill.
- (4) Koyama, K. et al., 1979, "CFRP 1방향재와 에폭시 수지의 저온에 있어서의 강도와 탄성계수", 일본 복합 재료 학회 논문집, Vol. 5, No. 4, pp. 155~159.

