

# 제1장 정밀계측의 기초

## 1.1 정밀계측의 개념

### 1.1.1 측정(measurement)의 정의

기계공업의 발전은 호환성 있는 정밀한 기계 부품의 공급이 얼마나 잘 이루어지는지의 여부로 결정해도 될 만큼 기계요소의 호환성은 기계 제조 분야에서 매우 중요하며 이를 충족시키기 위하여 기계로 가공한 부품 또는 기계요소(elements)는 치수, 각도, 형상 등이 설계도면과 일치하지 않으면 그 기능과 성능을 발휘하지 못하게 된다. 이런 차원에서 가공 물체에 대한 정밀 측정과 검사의 필요성이 대두되며, 측정과 검사는 제품의 제조 공정에서 가공 후 반드시 거쳐야 하는 단계 이다.

즉 측정(measurement)이란 어떤 양을 기준량과 비교해서 수치 등을 사용하여 표현하는 것을 말하며 기계로 가공한 부품이나 기계요소의 치수, 각도, 형상정도 등의 양을 단위로서 사용하는 다른 양과 비교하는 것으로써 측정 중에 포함된 단위의 수치와 단위의 곱으로 표시되는 것을 말한다.

검사(Inspection)는 그 제품이 도면에서 요구하는 조건을 만족시키는가를 판정하는 일이다. 즉 어느 치수가 한계치수(limit dimension) 내에 있으면 합격(accept)이고 한계치수 범위를 벗어나면 불합격(reject)이 되는 것이다.

### 1.1.2 계측(instrumentation)의 정의

계측은 단순히 잴다고 하는 것이 아니라 측정보다 한층 넓은 의미로서 양적으로 잡을 수 있다고 하는 것이 중심이 되지만 목적은 하나의 사물과 다른 사물과의 관련을 조사하거나 물리현상을 연구하거나 사물의 상태를 제어하거나 생산을 관리하거나 하는 여러 가지가 있다. 이와 같이 개개의 목적에 따라서 양적으로 잡을 수 있기 위한 적절한 수단을 조사 연구하여 수단을 강구하기 위한 장치나 설비의 계획, 설계, 제작, 설치, 사용, 유지, 사용의 결과에 근거한 처치 등 일체의 사건을 조사 연구하여 실시하는 기술 또는 과학을 계측이라 말하고 있다.

다시 말해서 측정이라고 하는 말은 계측기를 사용하여 양을 수치로 표시하는 조작을 의미하며 어디까지나 사람의 개입을 의미하고 있으나 계측이라고 하는 말이 나타내는

내용은 사람이 개입하는 경우에는 한정되지 않는다.

### 1.1.3 정밀 계측의 목적

기계로 가공된 기계요소 부품은 그 사용 목적에 따른 치수, 형상, 가공방법 및 재료의 상태에 관하여 일정한 기준에 적합하여야한다. 이 중 재료에 관한 재료시험을 제외한 치수, 형상, 표면 거칠기 및 면 등을 가공 중 또는 가공이 끝난 뒤에 측정 또는 검사하는 것을 정밀측정(precision measurement)이라고 한다.

정밀측정은 실제의 길이와 각도의 결정을 대상으로 하게 되어 있으나 그것과 관련하여 나사, 기어 등의 기계요소에는 그 치수, 모양을 규정하는 양을 측정하기에 곤란한 점이 있으므로 특별히 취급하여야 한다.

공작도면에 의해서 정밀측정을 한다면 가공한 기계부품은 각각 다른 장소, 시간에 제작되어 한곳에서 집중 조립할지라도 충분히 기능을 발휘할 수 있을 것이다.

이것을 호환성(interchangeability)이 있다고 한다.

호환 생산 방법을 실시하기 위해서는 우수한 공작기계, 지그(jig) 및 공구 외에 필요한 정도와 경제적으로 검사 또는 측정하는데 적당한 측정기 및 측정방법이 필요한 것은 물론이고, 통일된 길이 및 각도의 단위가 필요한 것이다.

#### ☞ 지그(jig)

각종 부품을 가공할 때 사용하는 보조공구. 드릴지그·리머지그·용접지그·조립지그 등이 있는데 각각 작업과 관련되어 있다. 형태도 판(板)·채널·링·팬·직경·리프·상자·개방프레임 등 많은 종류가 있다. 드릴지그를 예로 들면 판형 지그는 1장의 판으로 이루어지며 위치를 결정하는 위치결정 핀과 나사의 조임으로 공작물의 위치를 결정한다. 채널 지그는 공작물의 형태가 간단한 경우에 사용된다. 링 지그는 구멍 뚫는 작업을 할 때 공작물이 드릴에 감기지 않도록 단단히 죄는 링으로, 플랜지파이프처럼 둥근모양의 부품에 구멍을 뚫을 때 사용되는 경우가 많다. 직경 지그는 원통형 또는 구형(球形)의 부품에 구멍을 뚫을 때 사용되는 것으로 공작물의 구멍 뚫는 위치를 결정하기 쉽도록 V자모양의 면(面) 또는 원뿔모양의 면을 준비하고 이들 면을 이용해 공작물을 고정시킨다. 리프 지그는 공작물의 외형이 다소 복잡하더라도 위치결정과 조임을 쉽게 할 수 있도록 한 것으로, 힌지리프를 갖는 구조로 되어 있다. 상자 지그는 4개의 고정 벽과 힌지리프로 되어 있는 상자모양의 지그이다. 상자지그로 구멍을 뚫을 경우 드릴 부시(drill bush)를 고정 벽에 붙여서 지그의 강성(剛性)이 저하되지 않도록 하여 리프지그와 같은 힌지리프의 덜

적거림에서 생기는 오차를 줄일 수 있게 되어 있다. 그러나 일반적으로 구조가 복잡하여 그만큼 제작비가 비싼 경향이 있다.

위와 같이 정밀 측정 학에서는 공업적 물체의 치수, 형상 등에 관한 규정 및 요구를 엄수하기 위한 검사와 그에 필요한 측정기, 측정 방법 및 측정기의 검사 방법을 다룬다.

#### 1.1.4 측정과 검사(measurement & inspection)

측정은 도면에서 나타난 측정량을 단위로 하여 같은 종류의 다른 양과 비교 하는 것이며 측정의 결과 값은 측정량 중에 포함되는 단위의 수치와 단위와의 곱으로 표시되며 이때 끝맺음 자리 수는 측정 오차의 양에 상당하는 자리 수까지 해야 한다.

검사는 일반적으로 주어진 규정에 만족하느냐 어떨냐를 결정하는 것으로 측정의 개념과는 다르다. 즉, 어느 치수가 한계 치수(limit dimension)내에 있으면 합격(accept)이고, 한계 치수범의를 벗어나면 불합격(reject)이 되는 것이다. 물리적, 화학적인 각종의 성질을 대상으로 하지만, 그 결과를 숫자로 표시하는 경우와 어떤 성질의 존재 및 존재하지 않는가의 단순결정을 하는 경우이다.

#### 1.1.5 측정의 기본 방법

##### (1) 직접 측정(direct measurement)

일정 길이나 각도가 나타나 있는 측정기를 사용하여 제품의 치수가 요구하는 정도(精度)에 알맞은가를 측정 대상물에 직접 접촉시켜 측정하는 방법으로 이 방법은 측정치의 결정과정에서 계산이 필요 없다(그림 1.1).

예) 버니어캘리퍼스, 마이크로미터, 측정기(measuring machine)

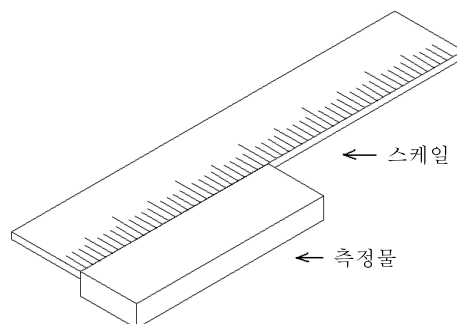


그림 1.1 직접 측정

**(장점)**

- ① 측정 범위가 넓다.
- ② 피 측정물의 실제 치수를 직접 읽을 수 있다.
- ③ 양이 적고, 종류가 많은 제품의 측정에 적합하다.

**(단점)**

- ① 측정시간이 오래 걸린다.
- ② 눈금을 잘못 읽기 쉽다.
- ③ 측정기가 정밀할 때는 측정기의 조작에 고도의 숙련도가 요구된다.

⇒ **측장기(measuring machine)**

피 측정물을 측정 대 위에 얹고 그 치수를 정밀하게 측정하는 장치. 내부에 표준자 등의 기준을 가지고 측정하는 것과, 피 측정물과 표준자·표준계이지와 비교하는 것이 있는데, 뒤의 것을 비교측정기라고도 한다. 또 한 방향의 길이만이 아니고 2차원·3차원의 측정, 나아가서 각도측정까지도 할 수 있는 것을 만능측장기라고 한다.

**(설명)**

피 측정물을 측정 대 위에 얹고 그 치수를 정밀하게 측정하는 장치. 내부에 표준자 등의 기준을 가지고 측정하는 것과, 피 측정물과 표준자·표준계이지와 비교하는 것이 있는데, 뒤의 것을 비교측정기라고도 한다. 또 한 방향의 길이만이 아니고 2차원·3차원의 측정, 나아가서 각도측정까지도 할 수 있는 것을 만능측장기라고 한다. 측장기의 구조는 기초를 이루는 베드 위에 측정의 주요부인 헤드스톡·측정 대 및 피 측정물의 다른 끝의 위치를 결정하는 테일스톡을 갖추고 있다. 그리고 헤드스톡에는 직선운동을 하는 측정자(測定子)가 있으며, 이것을 피 측정물에 접촉시켰을 때의 위치를 측미현미경 등으로 판독함으로써 측정이 이루어진다.

**(2) 비교측정(comparative measurement)**

이미 알고 있는 치수를 기준으로 하여 표준량과의 차이를 비교 측정하여 실제 제품치수의 차이를 구하여 합격과 불합격을 정하는 양적인 측정에 사용된다(그림 1.2).

예) 다이얼계이지, 미니미터, 공기마이크로미터, 전기마이크로미터 등

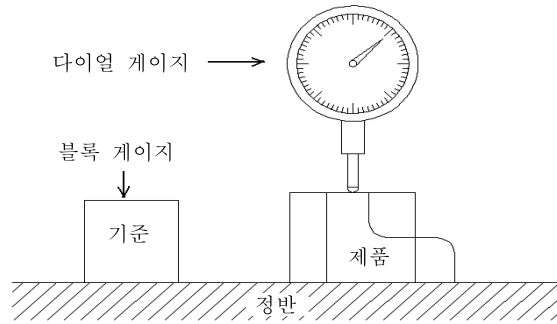


그림 1.2 비교 측정

**(장점)**

- ① 측정기를 적당한 위치에 고정시킴에 따라 측정 작업이 편리하고, 정도 높은 측정을 쉽게 할 수 있다.
- ② 제품의 치수가 불 균일 한 것도 계산 없이 알 수 있다.
- ③ 길이나 면 등의 각종 형상 측정과 공작기계의 정밀도 검사, 자동화 측정에 적합하다.

**(단점)**

- ① 제품의 치수를 직접 읽을 수 없다.
- ② 측정 범위가 좁다.
- ③ 정밀 치수로 된 기준 표준 게이지(standard gauge)가 필요하다.

**⇒ gauge**

물체의 크기에서 길이와 각도를 규정하는 것으로, 측정이나 판단의 기준이 되는 것. 주로 검사기준에 이용되는 기구를 가리킨다. 길이(치수)의 기준에 이용되는 종류는 다양한데 예를 들면 다음과 같다.

- ① 블록게이지 : 단면이 직사각형이고 2개의 평행한 단면의 간격이 길이의 표준이 된다.
- ② 막대형게이지 : 단면이 원형이고 평행한 양 단면이 길이의 표준이 된다.
- ③ 플러그게이지 : 표준치수가 원통으로 되어 있고 구멍의 안지름 검사에 이용된다.
- ④ 링게이지 : 링의 안지름이 표준치수가 되고 원통의 바깥지름 검사에 이용된다.
- ⑤ 집게형 게이지 : C형과 X형의 기구로, 마주하는 평행한 평면의 간격이 표준치수가 된다.
- ⑥ 틈새[間隔]게이지 : 표준 두께가 얇은 판으로 되어 있고 틈이나 두께의 기준이

된다.

그 밖에 각도와 형상(形狀)의 검사에 쓰이는 것으로는 각도게이지·테이퍼게이지·프로파일게이지·나사게이지 등이 있으며, 사용방법에 따라 작업용게이지·검사용게이지·마스터게이지 등의 구별이 있다. 또한 제품의 치수가 허용범위 내에 있는지의 여부를 검사하기 위해 허용되는 최대치수와 최소치수의 기준을 짜맞춘 게이지를 한계(限界) 게이지라고 한다.

**(3) 한계 게이지(limit gauge measurement) 방법**

부품의 치수가 허용한계 내에 있는가를 측정하는 것으로 이것은 치수를 직접측정 할 수는 없지만 그 부품의 사용가능 여부를 판정하는데 편리하게 사용되며 다량생산을 부업적으로 행할 때 가장 적당하다(그림 1.3).

제품에 주어진 허용차, 즉 최대허용치수와 최소허용치수의 두 한계를 정하여 제품의 실제 치수가 이 범위에 들었느냐, 안 들었는지에 따라 그림 1.4와 같이 합격, 불합격을 결정한다.



그림 1.3 한계게이지

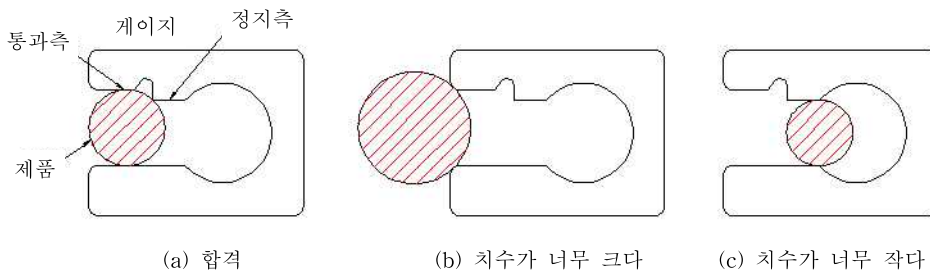


그림 1.4 한계 게이지 방법

**(장점)**

- ① 대량 측정에 적합하다.

② 합격 불합격 판정을 쉽게 할 수 있다.

**(단점)**

- ① 정해진 측정 치수 개수만큼의 게이지가 필요하다.
- ② 제품의 실제 치수를 읽을 수가 없다.

**(4) 간접측정(indirect measurement)**

측정해야할 양과 일정의 관계에 있는 다른 양 또는 측정해야할 양을 조립하고 있는 몇 가지의 양을 직접 측정하여 그들 측정치와 측정해야할 양을 연결하는 일정의 관계에 근거하여, 측정량의 크기를 도출하는 방법에 있어서, 측정량과 기준량과의 비교가 간접적인 경우에 특징이 있다(그림 1.5).

예) 사인바에 의한 각도측정, 물러와 블록게이지에 의한 테이퍼 측정, 삼침에 의한 나사의 유효지름 측정법 등.

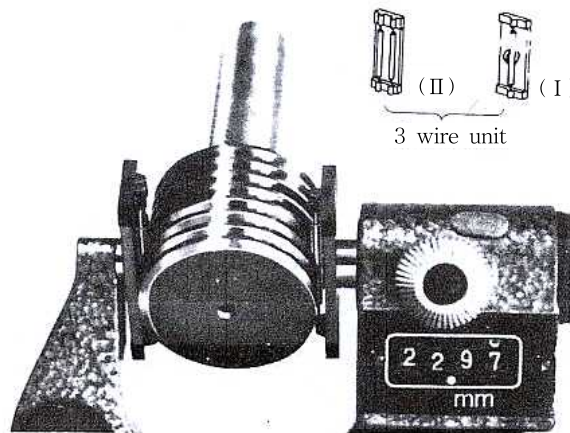


그림 1.5 삼침 게이지에 의한 나사 유효지름 측정

**1.1.6 측정기의 선택과 종류**

**(1) 측정기의 선택**

측정기는 그 측정 목적에 적합한 것을 선정해야 한다. 선정이 적절하지 않으면 요구되는 측정값을 얻을 수 없게 되거나, 시간, 노력, 비용 등이 보람 없이 쓰이게 되며 오차의 요인을 발생시키게 되므로 측정기의 선택에 있어 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 측정 대상 : 측정량의 종류, 상태

- ② 측정 환경 조건 : 측정 허용 온도범위, 습도, 먼지, 기압, 진동, 조명 등
- ③ 측정기에 요구되는 성능 : 측정범위, 정밀도, 감도, 다루기의 편리성, 내구성 등
- ④ 측정 수량 : 수량에 따른 소량인가, 다량인가
- ⑤ 측정 방법 : 지시, 기록, 자동측정, 원격측정 등
- ⑥ 경제적 측면 : 측정기 가격, 유지비, 측정에 소요되는 경비

**(2) 측정기 종류**

① 도기(度量器: standard)

일정한 길이 또는 각도를 눈금이나 면으로 구체화하여 준비된 표준이 되는 것으로 측정의 기준으로 사용 하는 것을 말한다.

㉠ 단도기(end standard) : 양 단면이 평행이며 단면이 직사각형으로 되어 있으며 양 단면사이의 간격으로 길이를 나타낸다.

예) 블록게이지, 플러그게이지

㉡ 선도기(line standard) : 2개의 눈금 사이의 간격으로 길이를 나타내는 것이다.

예) 금속자 , 표준척

② 지시 측정기(indicating measuring instrument)

측정 중에 표점이 눈금에 따라 이동하거나 눈금이 표선에 따라 이동하는 측정기이다.

예) 버니어캘리퍼스, 마이크로미터 등

③ 시준기

기계적인 접촉을 하지 않고 광학적으로 확대하여 측정하는 것을 말한다.

예) 투영기, 현미경

④ 인디케이터(indicator)

일정량을 지시하거나 조정에 사용하는 것으로, 마이크로미터, 측정기 등의 측정압을 일정하게 할 목적으로 이용된다. 즉, 인디케이터는 지침에 의하여 계측. 계량을 하는 계기의 충칭이다.

⑤ 게이지(gauge)

측정할 때 작동 부분이 없는 것

예) 드릴게이지, 피치게이지, 와이어 게이지, 원호게이지 등

## 1.2 측정의 특성

### 1.2.1 측정 정밀도(Accuracy)



측정기를 사용할 때 이것에 의하여 얻어지는 측정값을 어느 정도까지 신뢰 할 수 있는가가 문제된다. 이 판정에 기준으로 되는 것이 정밀도이고 일반적으로 오차의 대소에 의해서 결정된다.

즉, 그 측정기가 최상의 상태에서 사용되었을 때, 그 측정 범위내의 같은 위치에서 같은 방법으로 되풀이하여 측정한 측정값의 최대 및 최소의 값으로 다음과 같이 표시한다.

$$\text{정밀도} = \frac{\text{최대값} - \text{최소값}}{2}$$

또한 산포(흩어짐)의 정도를 말하며 이는 측정값들의 편차, 불확실정도(Uncertainty)의 대역폭(Bandwidth)을 일컫는다. 이 용어는 측정기의 성능 평가에 매우중요한 지표가 될 수 있는 것으로, 그 의미는 동일인의 측정자가 동일 측정기를 이용하여 측정물의 동일한 부분을 측정하였을 때 생기는 측정값의 폭을 말한다. 정밀도 내지는 반복능이 작을수록 성능이 좋은 측정기라 할 수 있다(그림 1.6).

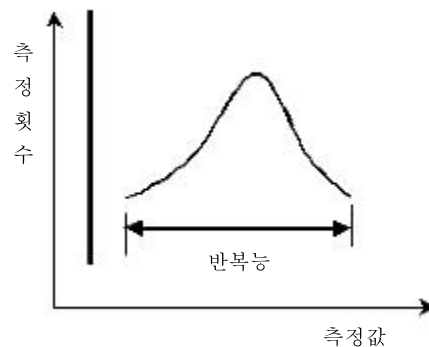


그림 1.6 정밀도

### 1.2.2 정확도(Accuracy)

참 값(True Value)과 측정한 값(Observed Value)의 차(Difference)를 말한다. 여기서 참값은 가장 정밀한 측정 기구로 측정한 값에 의해서 결정된다. 측정 용어들 중에서 측정기의 성능평가에 자주 인용되는 빈도수를 가진 용어로 측정에 있어 중요한 의미를 가진다(그림 1.7).

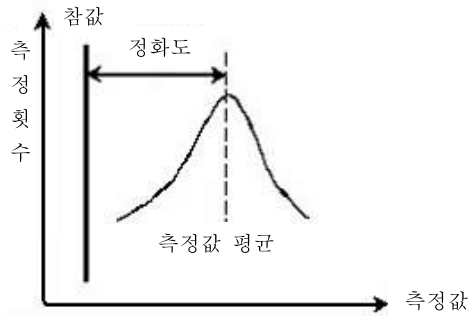


그림 1.7 정확도

### 1.2.3 안정성(Stability)

안정성의 의미는 최소 2회 이상의 서로 다른 시간(예 : 첫번째 측정(Time1) - 아침 09시, 두번째 측정(Time 2) - 오후 1시)에 동일 측정기를 이용하여 측정물의 동일한 부분을 측정하여 생성된 측정값들의 평균값의 차를 말한다(그림 1.8).

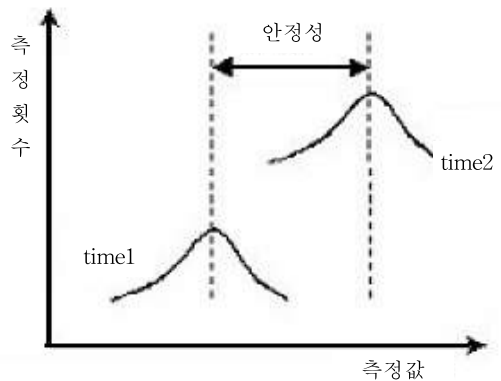


그림 1.8 안정성

### 1.2.4 직진성(Linearity)

측정기의 작동 범위에 걸친 측정값의 차이를 말한다. 주로 거리 계측 센서의 성능시험에 많이 요구되는 항목으로 예를 들어 측정 후 입력되는 전기량을 거리로 나타내주는 디지털 거리 센서가 있을 경우 센서의 전작동 범위(Operating Range of Full Scale)에서 발생하는 전기량과 거리간의 그래프를 그릴 수가 있다. 이 그래프에서 측정값의 평균선을 그릴 수가 있는데 이 평균선을 기준으로 한 데이터 편차를 직진성이라 한다. 직진성은 %로 표시하며 직진성의 값이 적을수록 고성능 측정 센서라 할 수 있다(그림 1.9).

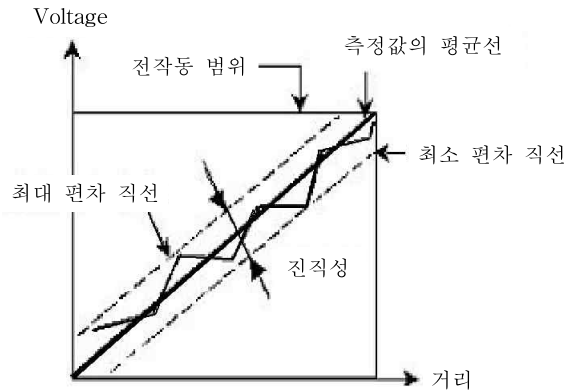


그림 1.9 직진성

### 1.2.5 측정 오차(誤差)

하나의 양을 측정한 결과로 얻어진 수치가 측정값이지만 측정값은 근사적인 값이며 그 양의 진정한 값, 즉 참값은 아니다. 아무리 정확한 측정기를 사용하여 아무리 적절한 방법으로 측정하여도 참값을 실제로 구할 수는 없다.

측정값과 참값의 차를 “오차”라 하며 다음과 같이 나타낸다.

$$\text{오차} = \text{측정값} - \text{참값}$$

또 참값에 대한 오차의 비율을 “오차율”이라 한다.

$$\text{오차율} = \frac{\text{오차}}{\text{참값}}$$

$$\text{오차백분율}(\%) = \text{오차율} \times 100$$

#### (1) 원인

- ① 측정기에 의한 것
- ② 측정자(測定者)에 의한 것
- ③ 환경에 의한 것
- ④ 복잡한 요소가 중복된 것

#### (2) 종류

- ① 개인오차(個人誤差)
- ② 기기오차(器機誤差)
- ③ 외부조건에 의한 오차

④ 우연오차

(3) 오차의 종류

① 계통오차

어떤 명확한 요인에 의해서 측정치 전체에 존재하는 일정한 편중을 초래하는 오차이다. 기기의 눈금 착오, 블록 게이지 치수와 변동의 질량, 경년 변화에서 볼 수 있게 되는 것 같은 일정한 경향에서 변화하는 오차도 있으며, 낮과 밤과의 지시 차이처럼 주기적 변화를 표시하는 오차도 있고, 또한 온도 변화에 수반하는 팽창과 같은 일정한 입출력 관계를 지니고 변화하는 오차도 있다.

어느 쪽으로 하여도 이들 오차는 그 요인에 의한 영향의 크기가 미리 분석되어 있기도 하고, 요인의 크기가 상시 알려지게 되면 보정하는 등의 대책을 강구하여 오차 성분을 제거할 수 있는 점에 특징이 있다. 예를 들면, 눈금의 오차 기계 부분을 구성하는 톱니바퀴와 나사, 지레비 등의 불완전함에 의한 오차, 히스테리시스 등 기기에 고유한 일정한 착오에 근거한 기계오차는 많을 경우 정밀 교정과 재조정에 의해 수정하는 것이 가능하다. 또 이용한 측정법에 관하여 이론적 해석에 근거하여 계산 가능한 오차성분도 있다. 공기중에서의 질량 측정에 있어서의 공기의 부력보정 등이 전형적 예이지만 오차를 제거하는 방지책으로서는 이와 같은 보정 이외에 측정환경을 표준상태로 정리하여 측정하는 방법도 있다.

또한, 이미 접촉된 개인 오차의 내, 그 평균적 오차 성분은 계통오차의 성격을 지니고 미리 개인의 습관을 분석하여 두면 이것을 취하고 제거할 수가 있다.

즉, 계통오차는 측정기 제작시의 미비 점과 사용 중 마모 손실 등에 의한 계기오차(instrumental errors), 측정 시 온도의 변화 습도 등과 같은 환경조건으로 부터 생기는 환경오차(enviromental errors), 측정값의 정리에서 오는 이론 오차(theroretical errors), 측정하는 사람의 습관으로부터 오는 개인적 오차(persionalerrors) 등을 포괄하여 계통 오차(systematic errors)라 한다.

② 우연오차

측정계에 영향을 주는 인자에는 다종다양한 성격의 것이 있지만 일반적으로는 그 모든 인과관계가 적절하게 파악되고 있는 상태는 아니다.

따라서 정체불명의 일반적으로는 미소한 원인이 몇 가지인가 누적된 결과로서 측정치에 불규칙한 분산이 나타나게 돼 이 오차를 우연오차로 호칭하고 있다. 실제 제로 동일조건 하에서 반복된 정도의 측정결과에서도 최소상태인 수치가 분산되는 것은 이 종류의 오차에 기인하는 것이고 분산이 나타난 방향에 규칙성이 없는 점이 계통오차와 다른 커다란 점이다. 전자부품에서의 열잡음, 기기의 가동부분의 마찰, 부품 동시의 접촉상태 등의 변화가 고려되어 측정실 기온의 미소한 변동,

진동의 전장, 조명의 변화, 나아가서는 측정자의 감각변동 등 주위와 검출의 한계를 초월하여 발생하는 것도 있다.

또한 주위환경에 존재하는 전자계적인 것은 그것이 영향을 지닌 것은 판별되어 있고 이미 측정점의 근방에 있어서의 그 양값의 측정도 할 수 없는 것은 아니지만, 측정계 전체에 미치는 영향의 상태를 시시각각 정확하게 예측할 수 없기 때문에 역시 결과로서 잡음원적인 것으로서 취급하지 않을 수 없다. 이점은 변화가 완만한 온도 등의 영향과는 취향을 달리하고 있으며, 계통오차가 되는 것인가, 우연오차가 되는가 분기점이다, 또 진동의 영향 등에서도 측정계의 구조에 의해 고차의 진동 모드까지 고려하지 않으면 안되는 경우에는 전자계통의 영향에 비슷하게 된다고 말할 수 있다. 일정조건 하에서 주의 깊게 획득된 측정에 대하여, 계통오차를 보정한 후 데이터에 포함되는 우연오차에는 다음 성질이 있는 것이 경험적으로 알려져 있다.

- ㉠ 똑같은 크기의 정(正) 및 부(負)의 오차는 똑같은 비율(확률)로 발생하는 진폭 분포의 대상성, 평균치 영.
- ㉡ 절대치가 상당히 적은 오차의 발생 빈도는 커다란 오차가 발생하는 빈도보다 높다.
- ㉢ 절대치가 상당히 커다란 오차는 발생되지 않는다. 이들의 성질을 오차의 법칙으로 호칭하는 것이 있지만 우연오차의 분포가 평균치 영의 정규분포로 기술되는 것의 근거도 있다.

즉, 우연 오차(random errors)는 계통 오차와 과실 오차를 극소화하여 피할 수 없는 우연히 발생하는 오차를 말한다. 보통 우리가 오차라 하면, 이 우연 오차를 말한다.

### ③ 과실오차

착오나 속으로, 이외 과실 등으로 호칭되는 것으로 측정의 부주의와 지식부족에 기인한다고 간주되고 있다. 오독, 기록 오독때에는 측정순서의 과실 등이지만 이 종류의 오차는 일과성의 현상에 가깝고, 규칙성을 지니지 않기 때문에 명확한 근거에 기초하여 수리적 처치가 어려운 것이 일반적이다.

최종적으로는 측정자가 충분히 정신을 차려야 되는 것으로 귀착되지만, 실수를 범하지 않도록 측정자의 훈련을 실시하는 것, 또 계측 기기나 측정방법에 대하여도 착오를 발생하지 않도록 하는 연구를 실시하는 것도 중요하다.

## 1.2.6 측정에 미치는 사항

(1) 온도에 의한 영향

온도의 변화는 물체의 신축(伸縮)을 초래하며, 특히 길이의 변화에서는 온도 차이에 매우 민감하다. 이와 같이 팽창, 수축을 하는 비율은 물체를 구성하는 물체의 고유 특성이며, 이것을 물질의 열팽창 계수라 한다. 일반적으로 온도가 상승하면 물체는 팽창하게 되므로 정밀 측정에서는 길이를 나타내는데 있어서 몇 도의 온도에서 그 길이를 규정할 것인가의 결정이 중요하다.

현재 각 공업국에서는 20도를 표준 온도(standard reference temperature)로 하여 측정 온도 조건으로 정하고 있다. 그러나 표준 온도 20℃ 일 때에만 측정할 수 없으므로 표준온도 이외에서 측정했을 때에는 그 온도를 기록하여 두고 다음 식으로 측정값을 보정하여 표준온도에서의 길이를 구한다.

$$\tau_s = \tau \{1 + \alpha_s(t - 20) - \alpha(t' - 20)\}$$

$t$  : 표준자의 온도(℃),  $\alpha_s$  : 표준자의 선팽창계수 (deg<sup>-1</sup>)

$t'$  : 피 측정물의 온도 (℃),  $\alpha$  : 피 측정물의 선팽창계수 (deg<sup>-1</sup>)

$\tau_s$  : 20℃ 에서의 피 측정물의 길이,  $\tau$  : 측정값

만약 표준 자와 피 측정물이 같은 온도이면  $t' = t$  이므로

$$\tau_s = \tau \{1 + (\alpha_s + \alpha)(t - 20)\}$$

이식에서  $\alpha_s = \alpha$ ,  $t = 20℃$

즉 피 측정물과 표준자의 팽창계수가 같을 경우 및 측정온도가 20℃일 때는  $\tau_s = \tau$  가 되므로 보정하지 않아도 표준온도에서의 길이를 나타내는 것으로 된다.

(2) 측정력에 의한 영향

측정력이란 측정기와 피 측정물 사이에는 언제나 다소의 힘이 작용하게 되는데 이 힘을 측정력(測定力)이라 한다. 공작물의 정밀한 제품을 동일한 측정기를 사용하여 공작물을 측정할 때, 측정력의 차이가 생긴다면 측정값은 변하게 된다. 특히, 양 측면 사이에서 공작물을 측정하는 구조의 측정기에서는 공작물을 정확하게 지지시킬 수 있는 지지구가 필요하게 되며 측정 압을 일정하게 유지시켜주는 장치가 요구된다. 따라서 일반적으로 길이의 측정기에서는 보통 50~1000g 정도이다.

(3) 감도(感度 : sensitivity)

측정기를 사용할 때 민감 정도를 표시하는 것으로 측정하고자 하는 양의 변화에 대한 측정기눈금 표시량의 변화에 따라 달라진다.

즉, 측정기가 감지할 수 있는 최소의 변화량을 감도라 하며, 그 측정 장치에서 충분한 정밀도를 유지하면서 측정할 수 있는 최저의 양을 지닌 기기를 감도가 좋은 측정기라 한다.

예를 들어 측정기 눈금 표시량 변화를  $\Delta i$ , 피측정물 측정량의 변화를  $\Delta m$ 으로 한다면 이때의 감도  $S$ 는 다음과 같이 나타낸다.

$$S = \Delta i / \Delta m$$

감도를 표시하는 방법으로는

- ① 측정량이 변화에 따른 지침의 치우침의 크기를 가리키며, 그 확대율을 감도라 한다. 예를 들어 사람이 체중계에 올라갔더니 체중계 받침대가 1cm 밑으로 내려갔다면, 이 1cm는 구조상으로 치차의 물림과 지렛대에 의해 확대된 눈금판 위의 지침에 전달하게 되며, 그 지침 끝의 이동된 거리가 30cm였다면, 이 체중계의 감도는  $30/1=30$ 이 된다.
- ② 측정기에 새겨진 최소눈금으로 나타내는 방법으로, 예를 들어 최소 눈금 0.01mm를 가진 지시계의 측정기에서의 감도는 0.01mm이다. 측정기의 감도는 높을수록 작은 값까지 읽을 수 있어 아주 편리 하지만, 실제로 최소 눈금이 0.01mm와 0.001mm의 다이얼 게이지를 사용하여 보면 알 수 있듯이, 감도가 높은 측정기가 지침의 흔들림이 크고 불안정하여, 시간과 기술이 필요하게 된다.
  - 예) · 다이얼 게이지의 스피들이 1/100mm 움직여서 지시 바늘이 1mm 움직이었다면, 이때의 감도  $S = \Delta i / \Delta m$ 에서 1/1/100이 되므로 확대율은 100배가 된다.
  - 지침선 간격이 0.5mm이고, 최소 눈금이 1 mm의 지침 측미기에서의 배율은  $0.5/0.001 = 500$ 이 된다.

### 1.2.7 측정 시 주의사항

#### (1) 주의사항

- ① 측정 전에 반드시 측정항목에 대한 도면검토, 측정의 원리, 측정시의 주의사항, 방법 및 순서를 충분히 이해하여야 한다.
- ② 측정전과 측정 후는 항상 실내의 온도, 습도, 피 측정물의 온도를 기록하고 필요하다면 이에 대한 적절한 조치를 취해야 한다.
- ③ 측정 전에 측정개소에 필요한 측정기기를 점검하고 측정기에 묻은 먼지, 기름, 불순물 등을 닦아서 오차가 발생하지 않도록 해야 한다.

- ④ 측정이 끝나면 전기적인 측정기에는 전원을 끄고 정리한 뒤 측정기의 금속면은 빠짐없이 방청유를 칠해서 녹이 생기지 않도록 해야 한다.
- ⑤ 측정값은 여러 번 반복하여 평균값과 편차를 기록하고 명확히 정리한다.
- ⑥ 측정기의 선택은 피 측정물의 형상 및 크기, 요구 정밀도와 수량에 따라 알맞은 것으로 측정방법에 따라 적당한 것을 택하여야 한다.
- ⑦ 측정실습에서 얻은 결과 또는 과정 등을 정리하여 체계화된 실습 보고서를 작성한다.

**(2) 보고서 작성**

측정 결과를 기록 보존하고 타인에게 전달하기 위한 수단으로서, 측정 과정에서 얻어진 자료를 정리하여 다음과 같은 순서로 보고서를 작성한다.

- ① 목적 : 측정하고자 하는 항목의 기본 원리와 측정 기술을 이해하고 작동 기능을 습득하여, 측정 항목의 필요성과 관련성을 포함한 응용력의 적용 범위를 과학적인 고찰로 함축시켜 기술한다.
- ② 사용기기 : 측정에 사용된 측정 기기의 명칭, 규격, 정도, 등급, 제품 번호 및 제작 회사 등을 상세하게 기록하게 한다.
- ③ 이론 및 원리 : 보고서 항목의 전개를 이행하기 위한 원리 및 법칙 등의 이론을 본 항목과 유사한 참고 자료를 통해서 정리하고 요약하여 명확하게 기술한다.
- ④ 방법 및 순서 : 측정 방법 및 순서는 측정 결과에 영향을 미치는 요소이므로, 측정하기 전에 준비 사항을 검토하고, 소요 시간을 확인 후에 순서를 자세히 정하고, 그에 따른 측정 방법을 자세히 기록한다.
- ⑤ 주의 사항 : 측정 순서와 방법을 정할 때 필히 주의해야 할 사항을 검토하고, 오차의 유발 원인과 작업의 능률성 및 안전성을 고려하여 주의 사항을 기록한다.
- ⑥ 측정값의 정리 : 측정치의 정리는 측정을 반복하여 오차를 최소화시킬 수 있는 값을 얻어야 하므로 측정기의 산포와 편위를 고려하여 평균값과 표준 편차 등을 알아낸다.
- ⑦ 결과 : 측정값의 정리에서 얻어진 값은 최종적으로 수치와 단위를 표시하고, 필요에 따라 기하학적 치수 공차로 나타내거나, 측정 결과표를 만들어 한눈에 알아볼 수 있도록 한다.
- ⑧ 토의 및 결론 : 보고서 작성 순서에서 나타난 전반적인 사항을 객관적인 입장에서 또는 주관적인 입장에서 관찰을 해보고, 측정 분임조 개개인의 결과에서 얻어진 특징적인 사안에 대하여 서로의 의견을 교환 후에 정리하여 본 측정 목적에 어긋나지 않는 범위에서 결론을 내려야 한다.
- ⑨ 참고 자료 : 보고서 항목에 따라 다르겠지만 일반적으로 참고 자료 및 문헌을 첨



부하지 않은 보고서는 타인으로 하여금 신빙성을 약속받기가 힘들다. 자료의 인용은 다음 순서로 하는 것이 통례이다. 저자, 책명(기술 보고서 또는 논문), 인용된 페이지, 출판사(자료의 출처), 출판 연도 등을 순서대로 기록한다.