

광학개론(22)

-부품 완성도-

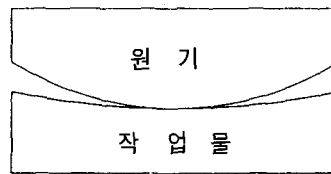
글 : 정해빈 박사/ 삼양광학공업(주)부설연구소

22. 8. 뉴턴 링 테스트

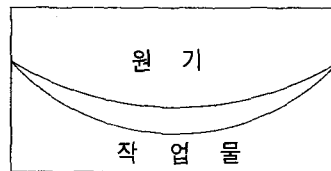
렌즈 생산 현장에서 연마면의 곡률 반경값 R이 규정된 값을 갖는지 여부와 만들어진 면이 진구(眞球)인지 여부를 측정하는 것은 무엇보다 중요한 측정 요소가 된다. 이러한 측정은 작업물과 뉴턴 원기와 불리우는 기준물 사이에서 생기는 간섭무늬의 수와 형태를 가지고 판단해주게 된다. 이때 그림 (22-8)에 보인 것과 같이 작업물과 원기의 중심이 만나는 경우를 (+) 뉴턴, 작업물과 원기의 가장자리가 만나는 경우를 (-) 뉴턴이라 한다.

(+) 뉴턴의 경우는 작업물의 유효경 안이 되는 중심부끼리 맞닿아서 흠집이 생기도록 하고, 또 정중앙끼리 맞닿은 채 정지해 있도록 하기가 어려우므로 실제의 생산 현장에서는 이러한 어려움을 피하기 위하여 항상 작업물이 (-) 뉴턴을 나타내도록 작업해주게 된다. 이때 생긴 무늬

가 (-) 뉴턴인지 (+) 뉴턴 인지는 눈을 위에서 아래로 내리면서 무늬가 움직이는 방향을 보아 판별할 수 있다. 즉, 무늬가 안쪽으로 움직이면 (-) 뉴턴이며, 반대로 가장자리 쪽으로 밀려 나오면 (+) 뉴턴이다. 무늬수가 많은 경우, 즉, 원기와 작업물 사이의 간격이 큰 경우에는 손으로 가장자리를 눌러보아 무늬가 급격히 변하면 (+) 뉴턴이라고 판정할 수 있다.



(1) (+) 뉴턴



(2) (-) 뉴턴

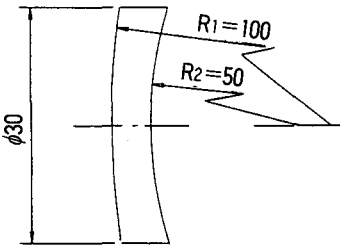
그림 (22-8) 뉴턴링의 부호

도면상에 이러한 뉴턴 링의 허용공차가 ± 5 개로 주어졌다

면, 원기를 광학 설계값에 맞춰서 제작한 경우, 이 원기를 써서 실제로 켈 수 있는 뉴턴 링의 허용공차는 0~-5개로 되어, 실제 렌즈 가공에 요구되는 정밀도가 2배로 높아지게 된다. 그 결과 가공이 어렵게 되고 생산성이 떨어지게 된다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 광학설계값보다 -5개 정도의 뉴턴 링이 더 생기도록 원기를 만들어서 뉴턴 링 테스트에 사용하게 된다. 이렇게 하면 작업상 허용되는 허용공차의 범위가 넓어져서 유리하게 된다. 다만 이때 발생할 수 있는 문제점으로는 하나의 구면에 설계상의 R값과 이 면의 측정에 사용되는 원기의 R값이라는 2가지 R값이 존재하게 되어 혼동을 일으킬 수 있다는 점이다. 이러한 혼동을 피하기 위해 두 가지 R값을 모두 표시해주거나 두 값중 한 값을 표시해준다. 두 가지 값을 모두 표시해준 예는 그림 (22-9)와 같다. 여기에 표시한 원기값은 He-Ne 레이저

의 출력 파장인 632.1nm 에서 -5개의 뉴튼을 갖도록 조정한 값이다. 하나의 R값만을 표시 하는 경우에는 원기의 R값만을 표시하는 경우가 많다.



	R1	R2
Design	100	50
Test Plote	99.862	50.033

그림 (22-9) 두 가지 R값을 동시에 표시한 예

한편 이러한 뉴튼 원기를 이용하여 검사할 수 있는 또 다른 항목은 연마된 면이 진원에서 얼마나 벗어나 있는가하는 점이다. 이러한 양은 흔히 불균일도(irregularity)라는 말로 표현되는 데, 이 또한 그 형태에 따라서 x-방향과 y-방향의 곡률반경이 다른 것, 중심부의 곡률반경이 여타 부분과 다른 것, 주변부의 곡률반경이 여타 부분과 다른 것, 불규칙한 것등 여러 가지가 있다. 이 중에서 x-방향의 곡률반경과 y-방향의 곡률반경이 다른 이른바 아스티그마티즘(astigmatism)이 가장 흔히 나타나는 형태이므로 이 불균일도를 흔히 아스티그마티즘(또는 줄여서 아스)이라고 한

다. 이러한 뉴튼 링과 불균일도를 도면상에 나타내는 방법은 그림 (22-10)과 같다. 이때 irregularity는 불균일도를 각각 나타낸다.

R값의 설계치로부터 수정된 원기의 R값을 계산해내는 방법에 대해서 논해보자, 우선 작업물이 볼록면일 때를 생각

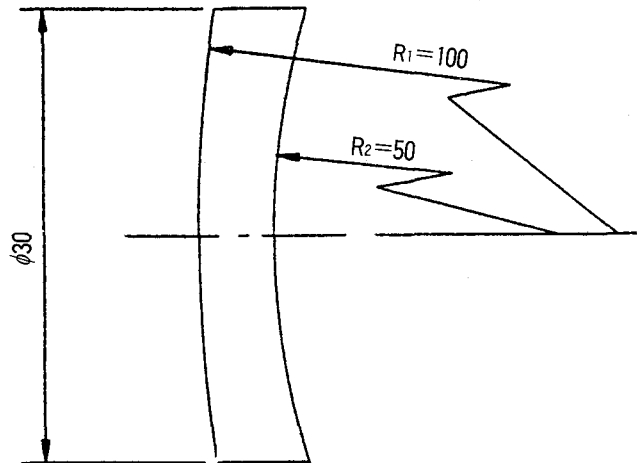
해보면 원기의 R값이 설계치보다 작아야 한다. (그림 (22-11) 참조).

그림 (22-12)에서 깊이 (볼록면일 때는 높이) h를 구해 보면

$$h = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{\phi}{2}\right)^2}$$

..... (22-1)

이 된다. 이때 우리가 만들고자하



	Surface 1	Surface 2
Power	±5 Fringes	±5 Fringes
Irregularity	1 Fringe	1 Fringe

그림 (22-10) 뉴튼링과 불균일도의 표시 방법.

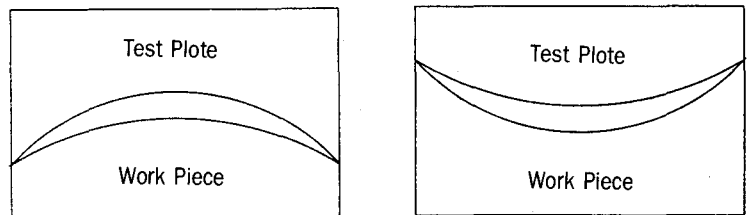


그림 (22-11) 수정된 원기와 작업물간의 관계

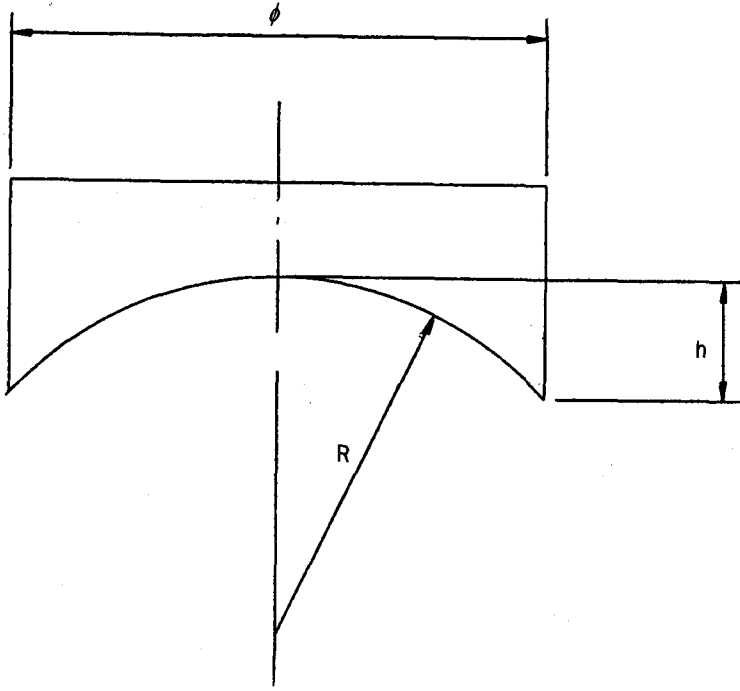


그림 (22-12) 깊이 h의 계산법

는 원기의 깊이 h'은 n개의 간섭 무늬에 해당하는 것만큼 더 깊어져야 한다. 수정된 원기의 깊이 h'는

$$h' = h + \frac{n}{2} \cdot \lambda$$

..... (22-2)

가 된다.

(22-1)식을 R'(수정된 원기의 R값)에 대해서 다시 써주면,

$$h' = R' - \sqrt{R'^2 - \left(\frac{\phi}{2}\right)^2}$$

..... (22-3)

$$(R' - h')^2 = R'^2 - \left(\frac{\phi}{2}\right)^2$$

..... (22-4)

$$R'^2 + h'^2 - 2R'h' = R'^2 - \left(\frac{\phi}{2}\right)^2$$

..... (22-5)

$$2R'h' = h'^2 + \left(\frac{\phi}{2}\right)^2$$

..... (22-6)

$$R' = \frac{h'^2 + \left(\frac{\phi}{2}\right)^2}{2h'}$$

..... (22-7)

이 된다.

그림 (22-9)에서 보인 예에서 R₁면을 가지고 계산해보면,

R = 100mm, phi = 30mm를 (22-1)식에 대입하면,

$$h = 100 - \sqrt{(100)^2 - \left(\frac{30}{2}\right)^2}$$

$$= 1.1314$$

..... (22-8)

이 얻어진다. 이 결과를 (22-2)식에 대입하면,

$$h' = 1.1314 + \frac{5}{2} \times 0.6321 \times 10^{-3}$$

$$= 1.13298$$

..... (22-9)

가 된다. 이것을 다시 (22-7)식에 대입하면,

$$R' = \frac{(1.13298)^2 + \left(\frac{30}{2}\right)^2}{2 \times 1.13298}$$

$$= 99.862$$

..... (22-10)

이 얻어진다.

한편, 작업면이 오목한 면일 때에는 원기의 R값이 설계값보다 커져야 한다. 따라서 이때의 h'값은

$$h' = h - \frac{n}{2} \cdot \lambda$$

..... (22-11)

로 주어진다. 설계값으로부터 h값을 그림 (22-9)에 보인 예의 R₂면에 대해서 구해보면

$$h = 50 - \sqrt{(50)^2 - \left(\frac{30}{2}\right)^2}$$

$$= 2.30304$$

..... (22-12)

로 얻어진다. 따라서 이때의 h'값은

$$h' = 2.30304 - \frac{5}{2} \times 0.6321 \times 10^{-3}$$

$$= 2.30146$$

..... (22-13)

이 된다. 이것을 (22-7)식에 대입해보면

$$R' = \frac{(2.30146)^2 + \left(\frac{30}{2}\right)^2}{2 \times 2.30146}$$

$$= 50.033$$

..... (22-14)

이 얻어진다.

22. 9 외경과 유효경

렌즈나 프리즘의 가장자리는 그 부품을 고정시키는 데 사용되므로 실제로 빛이 지나갈 수 있는 부분은 이보다 다소 작게 된다. 렌즈의 경우 이와같이 고정을 위하여 쓰이는 부분은 직경으로 환산할 때 최소 1mm 정도가 필요하다.

따라서 렌즈의 물리적 크기인 외경에서 1mm 정도를 뺀 값이 실제로 얻을 수 있는 최대 유효경이 된다. 이러한 유효경의 범위 안에서는 렌즈면이 반드시 연마 및 코팅되어야 하며, 광학재료상의 결함이나 가공시에 생기는 흠집도 허용된 크기 이상의 것이 있어서는 안된다. 또한 앞에서 언급한 뉴턴 링 테스트도 이 유효경 안에 대해서 실시된다.

렌즈의 경우는 유효경이 원형이므로 그 직경을 표시해주는 것으로 충분하지만 프리즘과 같이 연

마면의 형상이 다각형인 경우에는 도면상에 유효면의 형태와 그 치수를 별도로 표시해주게 된다. 그 예는 그림 (22-13)과 같다.

22. 10 모떼기

모떼기는 의외로 광학부품의 가공에서 중요한 역할을 하는 경우가 많다. 모떼기의 종류로는 날카로운 모서리를 없애서 파손을 방지하기 위한 것과 모떼기 자체가 광학부품과 광학부품 사이의 거리를 일정한 값으로 유지하는 등의 기능을 가진 것이 있다.

단순하게 모서리가 깨지는 것을 방지하기 위한 것은 그 형상이나 치수를 정확히 나타내주기보다는 허용 가능한 최대 크기를 표시해주는 선에서 그치는 경우가 많다. 이러한 경우의 모떼기는 정밀도를 요구하지 않으며, 작업도 수작업으로 이뤄진다. 도면상의 표기는 "C0.4" 등과 같이 그 최대 허용 모떼기 크기로 나타내준다.

모떼기 자체가 기능을 갖는 경우에는 형상, 크기, 허용공차 등을 표시해주어야 한다. 렌즈와 렌즈끼리 맞닿게 하는 경우 모떼기를 하는 크기에 따라서 렌즈간의 거

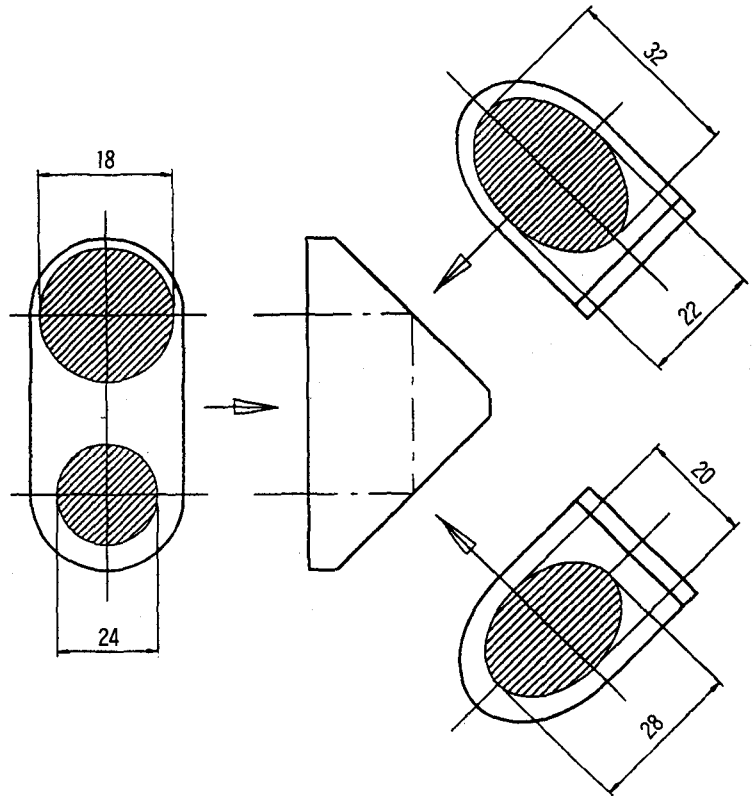


그림 (22-13) 유효경의 표시방법

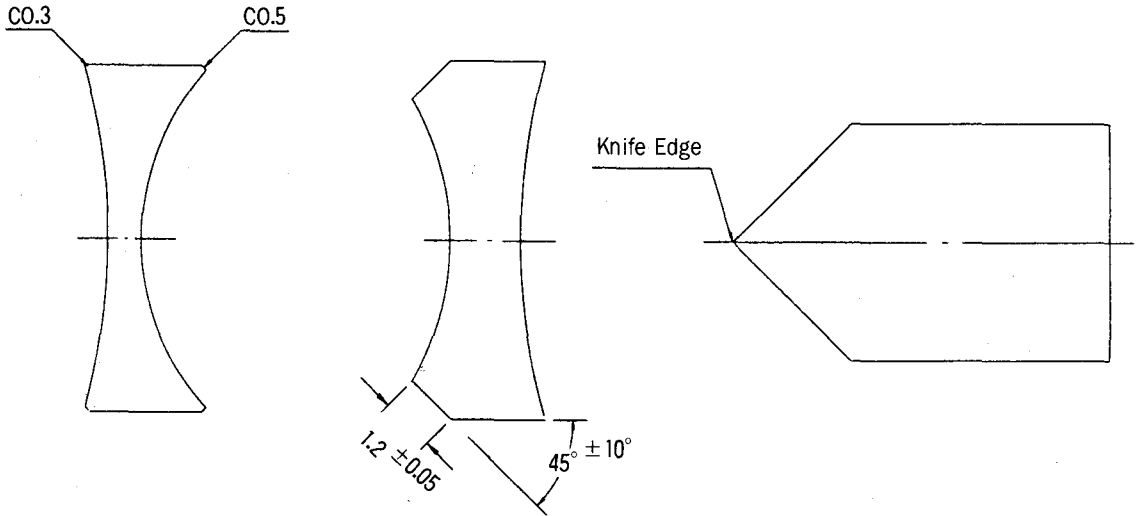


그림 (22-14) 모떼기의 표시 방법

리가 달라지므로 정밀한 가공이 필요하다.

모떼기의 또 다른 기능으로는 빛이 지나갈 수 있는 유효경을 제한하여 산광에 의해 상질이 나빠지는 것을 방지하는 경우가 있다. 이와 같은 기능을 수반하는 모떼기는 정밀도를 요구하기 때문에 수작업으로는 원하는 정밀도를 얻기 어렵다.

따라서 이러한 모떼기는 센터링 시에 가장자리를 갈아쥼고 동시에 모떼기를 해주게 된다. 도면상에는 일반 형상과 같이 형태, 크기, 허용공차를 모두 표시해준다.

한편 루프 프리즘의 루프면이 만나는 모서리와 같이 모떼기를 해서는 안되는 면이 있다. 그런데, 광학부품에서는 파손 방지를 위하여 모든 모서리를 크기에 차이는

있으나 모떼기 해주는 것이 더 보편적이므로 반대로 이러한 곳에는 모떼기를 해서는 안된다는 것을 도면상에 명기해주어야 한다. 표시방법으로는 “모떼기 불가”, “나이프 에지(Knife edge)”, 또는, 기호로 **GO** 등을 사용한다.

모떼기의 도면상 표시 방법에 대하여 그 예를 그림 (22-14)에 보였다.

알아봅시다

색의 액션트

색체의 위력은 그 면적보다도 배치에 의한 것이며, 은은한 색상 중에 눈에 띄는 한 점의 색이 들어있을 때 감동을 주는 수가 많다. 화면 전체가 단조로울 때 우리의 눈은 변화를 찾게 마련이다.

대개의 색이 가장 밝게 보이는 것은 칙칙한 색을 배경으로 했을 때이다. 특히 빨강이나 노랑은 떠올라 보여 입체감을 주기까지 하며, 평범한 화면을 생기있게 변화시킨다. 어두운 그늘을 배경으로 하고서 태양이 밝은 색을 드러내 보이면 아주 드러매틱하다.