

광학개론(20)

-광학도면-

정해빈 박사

삼양광학공업(주)부설연구소

21. 광학 도면

도면이란 일정한 방식으로 작성된 그림, 기호, 숫자들을 사용하여 설계자의 의도를 작업자들에게 전달하는 수단이다. 다소 그 구분이 불명확하기는 하지만, 이러한 도면중에서 광학산업과 깊은 관계가 있고, 광학산업계에서만 독특하게 사용된다고 생각되는 도면들을 편의상 광학도면이라 부른다. 본란에서는 광학도면들에 대해서 그 종류와 성격을 간략히 설명하도록 하겠다.

물론 광학계를 만들어내기 위해서는 광학부품 이외에도 기구물이나 전자회로도등도 필요하겠으나 이들은 광학산업 뿐만 아니라 다른 산업계에서도 널리 사용되고 있고 또한 여러 사람들에게 널리 알려져 있기 때문에 이와 관련된 도면들은 광학도면의 범주에 포함시키지 않도록 하겠다.

이 연재물과 이어지는 장들에서 광학도면에 대한 간단한 예와 도면상에 표시되는 각

항목들의 의미, 측정 방법, 제도상의 주의점 등에 대한 설명을 통해 광학 도면을 이해하고 사용하는 데 도움이 되도록 하겠다.

21. 1 도면의 종류

도면의 종류는 그 제작 및 사용되는 순서나 용도에 따라 크게 나누어 설계도, 재료도, 공정도, 치공구도, 부품완성도, 조립완성도 등이 있다.

설계도는 설계자가 설계 결과를 종합적으로 나타낸 도면으로 광학업체의 경우 이에 해당하는 것으로는 광학 데이터, 광로도, 수차도, 분광투과도 또는 분광반사도 등이 이에 포함된다. 카메라 업체에는 이밖에도 기구물에 대한 도면이나 전자회로도 등이 있으나 앞서서도 언급한 바와 같이 이들은 광학도면에 해당하지 않고 보고 이 연재에서는 자세한 설명을 피하도록 하겠다.

재료도는 원재료 상태로 입고되는 물품의 크기, 형상, 물

성등을 표시한 것으로 광학 유리 몰드도가 광학도면중에서 가장 대표적인 재료도라 할 수 있다.

이밖에 범주에 속하는 것으로는 광학 유리 블록의 절단도, 알루미늄 다이캐스트도나 알루미늄 파이프도 등이 있다. 이 중에서 광학 유리와 관련된 것만 광학도면에 포함시키기로 한다.

공정도 원재료를 이용하여 부품을 가공하는 경우에 각 공정별로 가공후의 치수나 가공 방법등을 나타낸 것으로 주요한 것으로는 커브 제너레이션도, 연삭도, 연마도, 센터링도, 코팅도 등이 있다. 줌렌즈에서는 캠곡선을 가공하기 위한 캠표등이 특징있는 것으로 금속 가공도이지만 광학도면의 범주에 넣어도 좋을 듯하다.

치공구도는 가공, 조립, 검사 공정중에 사용되는 지그나 공구를 제작하는 데 필요한 도면이다. 이러한 치공구가 어떻게 고안되느냐에 따라 작업의 능률이 결정된다고 할 만큼 생

산 현장에서 중요한 의미를 갖는다.

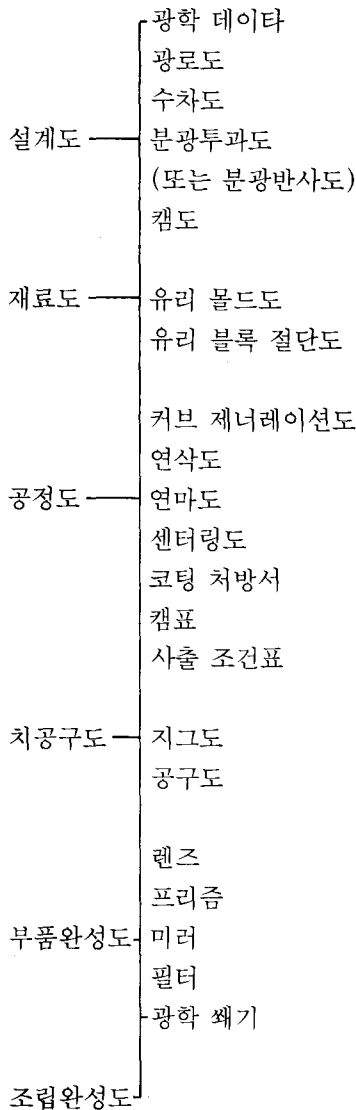
부품완성도는 렌즈나 프리즘등의 완성된 형태나 치수등을 나타낸 것으로 광학도면의 특징이 가장 잘 나타나는 도면이다. 광학 부품에 관한 사항의 많은 부분이 이 부품완성도와 관련있는 것이라는 점만 보아도 이 도면이 얼마나 큰 비중을 차지하는가를 알 수 있다. 이러한 부품의 종류에는 렌즈, 프리즘, 미러, 필터, 광학책기등이 있다.

조립완성도는 어떤 광학계를 조립하여 완성시켰을 때의 구조와 그 광학계가 전체로서 갖는 광학적 특징을 나타내는 도면이다.

이러한 도면들을 작성 순서대로 나열하고 그 각각의 범주에 속하는 도면의 예를 나타내 보면 그림 (21-1)과 같다.

21.2 설계도

광학계 데이터는 각 광학부품(여기에는 렌즈, 프리즘, 미러, 조리개등이 모두 포함된다.)의 배열 순서와 각 광학부품의 두께, 부품과 부품 사이의 거리, 부품의 크기, 유효 광학면의 크기, 재질등이 문자 또는 숫자로 나타내진다. 실제 어떤 광학계를 설계한 설계자의 의도는 이 광학계 데이터에 전부 나타나 있다고 할 수 있



<그림 (21-1) 광학도면의 종류>

는데, 주요한 정보가 그림으로 나타내지지 않고 문자와 숫자만으로 나타내지므로 상당한 경험을 갖고 있는 사람이 아니고는 직관적으로 파악하기 어려운 단점이 있다. 이러

한 광학 데이터는 생산 실무에서 사용될 재료도, 공정도, 부품완성도, 조립완성도등을 작성할 때에 그 기초 자료로서 이용된다.

광로도는 광학계가 조립된 상태에서의 광학부품의 배치도에 그 광학계를 지나가는 대표적인 광선들(즉, 각 시계각(field angle)에서 주광선과 그 주변광선)을 추적하여 그 경로를 그려준 것으로 실제적으로 생산에 직접적인 연관은 없으나 시각적으로나 개념적으로 그 광학계의 원리를 이해하는 데 도움을 주게 된다. 또한, 부품 상태에서도 광로도가 있을 수 있는데, 렌즈의 경우에는 빛이 지나가는 방향이 명확하기 때문에 부품상태에서는 광로도의 필요성이 거의 없지만 프리즘과 같은 경우에는 동일한 형태의 것일지라도 사용 방식에 따라서 코팅등이 달라지기 때문에 부품도와 함께 광로도를 그려주는 것이 통상적이다. 나타내지는 시계각의 종류로는 on-axis, 0.7 field, full field가 흔히 택해진다. 또한 이 도면에는 초점거리, 후 초점거리, 플렌지 백, 전체 시스템의 투과도등과 같이 광학계 전체가 제대로 만들어졌는지를 확인할 수 있는 광학적 값들이 표시되기도 한다. 광로도와 조립완성도의 차이는 조립완성도에는 각 기구물의 단

면이 표시되는 대신 광로가 표시되지 않는다는 데 있다.

캠도는 줌렌즈에서 각 렌즈군이 움직이는 궤적을 나타낸 것으로 초점거리 별로 각 렌즈군간의 상대적인 위치를 이해하기 쉽도록 되어 있다. 이 도면은 줌렌즈에서 각 렌즈군이 어떻게 움직이는가하는 것을 개념적으로 이해하는 데 사용된다. 이러한 캠도는 일반적으로 설계도의 범주에 속한다고 보아야 할 것이다. 반면에 이에 대응되는 공정도로서 실제적으로 생산에 사용되는 것은 작업에 사용될 기계의 특성에 맞춰서 작성된 캠표라고 하는 가공상 필요한 데이터가 수록된 표이다. 캠곡선은 주로 NC 밀링에 의해서 가공이 되므로 그 NC 밀링의 스핀들이 움직일 수 있는 최소각마다 그때의 가공공구의 위치를 나타내는 치수가 캠표에 표시된다.

수차도는 그 광학계의 설계상 수차를 나타낸 것으로 MTF 그래프나 스폿다이아그램(spot diagram)등도 넓은 의미에서 여기에 포함시킬 수 있다. 이러한 수차를 계산하는 방식과 표시하는 방법에도 여러 가지가 있는데, 현재에는 유한 광선 추적에 기초를 둔 유한 광선 수차가 가장 보편적으로 사용된다. 설계 단계에서 수차의 보정 상태를 이해하거나 생산시에 대략적인 성능을

예견하는 데 주로 이용된다. 수차도는 설계 단계에서 설계의 타당성 여부를 판단하는 데는 도움이 되지만 실제로 만들어진 광학계에서 이러한 수차를 측정한다는 것이 어렵기 때문에 참고적인 수치로 끝나는 경우가 많다.

21.3 재료도

재료도는 광학 부품을 만들기 위한 광학유리 또는 광학결정을 어떠한 형태로 가공(주로 몰딩한 형태)하여 공급받을 것인가를 나타낸 도면으로 완성도와 비교할 때 가동되어 없어질 양만큼 여유분을 갖도록 작성된다. 이러한 여유분의 양을 얼마로 할 것인가는 재료를 공급하는 회사의 가공 수준과 이 재료를 다시 가공하는 회사의 가공 수준에 따라 달라진다. 또한 재료를 몰딩하지 않고 유리판이나 블록을 절단하여 사용하는 경우에는 재료도를 그리지 않는 경우가 많은데, 이것은 이러한 경우 대부분 작업량이 소량이고 경험이 많은 사람들이 작업에 임하기 때문에 도면이 없어도 소기의 목적을 달성할 수 있기 때문이다.

한편 구입된 원재료를 다시 가공하지 않고 평면등을 그대로 사용하는 경우가 있다. 복사기용 평면 미러의 경우가 그 대표적인 경우라 할 수 있는

데, 이 경우에는 재료도에 그 요구되는 평면도나 검사방법 등에 대한 사항등이 기재되어 있게 되므로 마치 완성도와 같은 형태가 된다. 재료도에는 광학유리의 종류, 굴절률, 분산치, 두께, 곡률반경, 외경등이 기재된다.

21.4 공정도

공정도는 광학부품 가공시에 각 가공공정별로 그 완성치수와 가공 방법등을 나타낸 것으로 이 도면은 각 회사에서 내부용으로만 사용되기 때문에 외부로 알려지는 경우가 드물다. 또한 많은 경우에 각 공정별로 공정도를 작성하지 않고 여러 부품의 가공후의 치수를 하나의 표에 전부 나타내거나 완성도에 각 면의 가공상태를 표시해줌으로써 간접적으로 공정도의 역할을 할 수 있도록 하고 있다. 이것은 특별히 독일 도면들이 이러한 경향을 나타내고 있다.

한편 특수한 형태의 부품이나 아주 싼 가격으로 부품을 양산해야하는 경우에는 특별한 공정이 사용되는 데, 이때에는 이 공정도가 아주 중요한 역할을 하게 된다. 근래에는 광학계의 기구 부품으로서 플라스틱 사출물이 많이 사용됨에 따라 사출 조건표가 공정도의 하나로서 매우 중요한 위치

를 차지하게 되었다. 플라스틱 경통의 경우에는 일반 플라스틱 사출물에 비하여 수축이나 변형이 최대한 억제되어야 한다는 특징이 있으므로 이 역시 하나의 독특한 분야를 형성한다고 할 수 있다.

21.5 치공구도

치공구도는 어떤 광학부품을 만드는 데, 그리고 치공구들을 제작하는 데 필요한 도면으로 광학 부품 가공에 사용되는 치공구는 대부분 비슷한 형상을 갖고 있으므로 그 중 대표적인 하나의 형태를 그려 놓고 표의 형태로 각 치공구의 치수를 하나의 도면에 전부 적어 넣는 방법이 흔히 사용된다.

따라서 치공구도의 형태가 다양하고 그 설계의 우열에 의해서 생산 능률이 달라지는 것은 주로 조립과 검사에 관련된 치공구들이라고 할 수 있다.

21.6 부품 완성도

광학부품도는 완성도라고도 불리우는 것으로 어떤 광학부품을 가공완료하였을 때의 형상과 치수, 광학적 특성등을 기입한 도면이다. 이 도면은 가장 중요한 도면이며, 동시에 광학도면의 특징이 가장 잘 나타나는 도면이다.

통상적으로 완성도는 하나의 광학 부품만을 나타내지만, 두 장의 렌즈를 접합시켜서 하나의 접합 렌즈를 만드는 경우나 몇개의 프리즘을 접합시켜 하나의 프리즘을 만드는 경우 등에는 접합된 렌즈나 프리즘을 하나의 부품으로 보아 별도의 부품 번호를 부여하고 이에 대한 완성도를 그려주는 경우가 있다. 또한 때에 따라서는 접합 시키기 전 날개의 광학부품 도면에 접합될 면만을 표시해주시기도 한다. 접합된 부품을 하나의 독립된 부품으로 보아 도면을 작성하는 경우에도 이 접합 부품을 구성하는 날개의 부품도를 따로따로 그려주고 접합된 렌즈도 그려주는 경우와 접합된 부품만을 그리고 그 구성 요소가 되는 날개의 부품은 그려주지 않는 경우가 있다.

대부분의 렌즈는 회전 대칭성을 가지므로 대칭축(광축)을 포함하는 단면으로 나타내는 것이 일반적이며, 프리즘의 경우에는 빛의 경로를 가장 잘 나타낼 수 있는 단면을 택해서 나타내주게 된다. 또한 프리즘의 경우에는 참고적으로 빛의 경로도 나타내주는 수가 많다.

광학 부품도에 나타내지는 또 하나의 중요한 값은 코팅이다. 특히 고반사 미러나 간섭 필터등과 같이 코팅 그 자체가 가장 중요한 요소가 되는 경우

에는 코팅막의 광학적 특징은 가장 중요한 제품 규격치가 된다. 코팅은 그 작업 방법에 관하여 기술한 코팅 처방서(coating recipe)와 코팅막을 완성시켰을 때 그 광학 부품이 가져야 할 분광 반사도 또는 분광 투과도를 나타내 준 완성도의 개념으로 나뉘어서 생각할 수 있다. 코팅중 가장 많이 쓰이는 무반사 코팅(antireflection coating)은 단층 코팅의 경우에는 대부분 MgF_2 코팅을 하므로 흔히 그 반사색으로 나타내주며, 다층 무반사 코팅의 경우에는 회사별로 내정되어 있는 코팅 처방에 따라 그 처방의 코드 번호를 완성도에 표시해주는 것이 통상적이다.

한편 다이크로의 미러와 같이 반사도 또는 투과도의 요구조건이 엄격한 경우에는 그 분광 반사도 또는 분광 투과도를 규정한 완성도와 함께 그 부품을 제작하는 데 필요한 코팅 처방서를 공정도로서 함께 작성하게 된다. 이러한 코팅 처방서에는 각 코팅층의 재료, 두께 및 광학적 두께등이 표시되며, 동시에 각 층을 증착시킬 때의 온도, 증착 속도, 진공도 등이 표시된다. 한편 코팅된 금속막을 보호하기 위하여 사용되는 보호막으로는 MgF_2 나 Al_2O_3 가 흔히 사용되는 데 이때에는 막두께에 대한

특별한 규정이 없이 보호막의 재질만이 표시된다.

21. 7 조립 완성도

조립 완성도는 광학부품을 사용하여 광학계를 조립했을 때의 상태를 나타낸 도면이다. 이에는 광학 부품만의 배열을 나타낸 것도 있으나 흔히 광학 부품의 배열과 함께 이를 지지해주는 기구부품의 배열도 함께 나타내주는 것이 통상적이다. 이 도면은 주로 단면도로써 나타내어진다. 한편, 줌렌즈의 경우에는 상단에는 광각 쪽을 하단에는 망원쪽을 나타내주는 방법이 흔히 사용된다.

광학계 전체로서의 광학적 특성들, 예를 들어 전체 투과도, 초점거리, 후초점거리, 플렌지 백등은 이 도면에 표시된다.

21. 8 광학제도와 관련된 참고 문헌

광학 도면 작성에 참고할 만한 문헌으로는 독일의 DIN 규격과 미국의 MILITARY HANDBOOK을 들 수 있다. 독일 DIN 규격의 경우에는 광학이 일찍부터 발달한 나라답게 각 가공면의 표시 방법이라든지 재료상의 결함을 표시하는 방법등 세밀한 곳에까지 규정되어 있다. 광학산업만이 가

지는 다양함 때문에 어떤 특정한 분야에 이르면 각 회사별로 자신만의 체계를 강구하지 않을 수 없다는 점에서는 한계점이 있으나 다른 어떤 규격보다 비교적 상세하게 규정되어 있으므로 도면 작성에 참고하면 좋을 것이다. 독일의 DIN 규격이 실무적인 차원에서 도면의 작성에 필요한 사항들을 규정한 것이라면 미국의 MILITARY HANDBOOK은 광학 이론을 다루면서 보여준 여러 가지 그림들이나 용어들을 제도에 참고할 수 있도록 되어 있다.

이런 영향 때문인지는 몰라도 미국의 도면들은 독일 도면과 같이 규격화되어 있지 않고 기호보다는 말로 설명하고 있는 경우가 많다. 각 도면에 표기되어 있는 용어들이 통일성을 갖고 있으며, 도면에 기재되는 항목의 구성이 대체로 비슷 비슷한 것은 이 MILITARY HANDBOOK의 영향이 아닌가 싶다.

광학도면의 일반적인 작성 방법은 빛이 먼저 들어오는 쪽이 왼 쪽으로 가게 하여 작성하는 것이지만 현미경 렌즈와 같이 대부분의 경우 빛이 위 아래로 지나가게 되어 있는 경우에는 빛이 나아가는 방향이 수직하게 되도록 그리기도 한다. 또한 접안렌즈의 경우에는 실제 사용시에는 대물렌즈에

의해서 맺힌 상에서 나온 빛을 굴절시켜서 평행광이 되게 하는 것이므로 접안렌즈의 접안부가 오른 쪽에 오게 그리는 것이 원칙이지만 광학계 설계시 두 개의 공액점 중에서 렌즈로부터의 거리가 먼 공액점에서 거리가 가까운 공액점으로 빛이 진행하는 것으로 하여 설계하므로 접안부가 왼 쪽에 오도록 그린 경우도 많다. 이렇게 하면 렌즈테이타표에 있는 데이터의 기재 순서와 도면이 일치하여 혼동을 막을 수 있다는 장점이 있다.

21. 9 공차

도면에 기입되는 치수는 측정이 가능한 치수로 그 설계치 이외에 허용공차까지 표시해주게 된다. 이때에 허용공차를 부여하는 문제는 성능확보라는 관점과 가공상의 효율이라는 관점이 상충되는 곳으로 이것을 얼마나 적절하게 부여하느냐하는 것이 설계자의 경험이나 실력과 직결되는 문제이다. 즉 허용공차는 원하는 성능을 무리없이 확보하면서 가능한한 제작이 쉽도록 부여되어야 한다. 이러한 허용공차는 품질관리를 위한 검사시에 특히 중요한 의미를 갖게 되는데, 필요에 따라서는 GO/NO GO PLUG GAUGE와 같이 특별한 기구를 써서 검사할 경

우 도면에 특별히 검사 방법등에 대해서 언급하기도 한다. 또한, 측정 방법에 의해서 측정값에 차이가 발생하는 경우에는 그 측정 방법에 대해서도 상세히 기록해두게 된다.

렌즈와 그 해당 경통이 결합되는 경우에 해당 경통의 내경보다 렌즈의 외경이 항상 약간 작아야만 조립이 가능하다. 이러한 끼워 맞춤에 따른 공차를 부여할 때 통상적으로는 외경 및 내경의 측정시 바로 합격 여부를 알 수 있도록 하기 위해서 공차값을 직접 수치로 나타내 주는 것이 보통이지만 DIN 규격에서는 이러한 공차를 끼워 맞춤 공차 기호로써 나타내고 있다. 필자는 직접 수치로 나타내주는 쪽이 직관적으로 합격여부를 알 수 있기 때문에 더 편리하다고 생각하고 있다.

또한 각 치수마다 일일이 허용공차를 부여할 수는 없으며

로 덜 중요한 치수에 대해서는 이른바 일반공차를 적용하게 된다. 이에도 여러 가지 방식이 있는데, 대부분의 회사에서는 이 일반 공차에 대해서는 도면 용지에 미리 인쇄된 것을 사용하는 수가 많다. 미국 도면에서는 대체로 이 일반 공차를 .XX, .XXX와 같은식으로 나타내고 “.XX”와 같이 소수 둘째자리까지 나타낸 것은 $+/-0.01$, “.XXX”와 같이 소수 셋째자리까지 나타낸 것은 $+/-0.005$ 하는 식으로 일반 공차를 표시한 것이 많다.

21. 10 도면 관리

각 도면에 공통적으로 존재하는 것은 도면을 작성한 회사의 명칭, 작성자, 설계자, 검토자, 승인자의 서명난등이 있을 수 있다. 또한 도면의 어떤 부분을 수정할 때마다 수정한 이유와 수정한 사람 및 이를 승

인한 사람의 이름을 적어서 이 부품 또는 제품이 어떤 과정을 거쳐서 수정되어 왔는가를 알 수 있게 한다. 또한 도면의 대폭적인 수정이 있거나 세월이 지남에 따라 수정된 사항이 많아져서 알아보기 힘들게 된 때에는 새로이 도면을 그리고 그 판수(version number)를 표시해주게 된다.

도면은 수정 또는 변경이 될 때마다 모든 배부처에 나가있는 도면을 회수하고 새로운 도면을 배부하여야 하므로 그 도면이 어디어디에 배부되어 있는가를 파악하는 것이 매우 중요하다. 회사에 따라서는 이 배부처를 도면에 직접 표시하게 되어 있는 곳도 있고, 별도의 장부를 마련하여 배부처를 파악할 수 있게 되어 있는 곳도 있다. 또한 좀더 도면을 철저히 관리하기 위해서는 도면을 주고 받을 때 영수증을 주고 받는 것이 바람직하다.

●●●●● 알아들시다

중앙 중점 측광(中央重点测光) center-weighted light reading 부분 측광과 평균 측광의 장점을 띤 TTL 측광법의 하나. 사진을 찍을 때 보통 주제를 가운데에 두므로 이 부분의 노광을 중점적으로 재기 때문에 비교적 정확한 노출이 된다. 현재 카메라의 대부분이 이 방식이다.