

광학소자의 가공

광학 평면의 연마

평면 형상의 광학 경면으로 이루어진 부품은 상당히 많다. 빛을 굴절, 반사하는 평 볼록(오목) 렌즈, 미러(mirror), 프리즘, 필터를 비롯하여 상부에 기능 박막을 부착시키기 위해 기준면이 되는 실리콘 웨이퍼, 자기 디스크, 액정 표시 소자 등 각종 전자 소자 기판에 이르기까지 모두 평평하고 표면에 결함이 거의 없는 평면으로 만들어져 있다. 평면은 구면, 비구면을 포함하여 모든 표면 형상의 기본형이라고 할 수 있으며, 평면 가공법을 이해하는 것은 다른 형상의 가공법을 위해서도 중요하다. 본 고에서는 광학 평면의 가공법에 대해서 설명하겠다.

편집자 주

1. 평면 형상의 창성 및 기계 운동에 의한 방법

평면 형상은 단순하며, 원리적인 장치로 가공되고 가공물의 크기나 필요 정도(精度)에 따라 각종 가공 장치가 만들어져 사용되고 있다.

기본적인 정밀 기계요소인 회전 기구와 직진 슬라이드 등 2개의 요소 운동을 조합하여 공구와 가공 대상물의 상대 운동을 전사하는 것으로 가공물 표면에 평면이 창성된다. 기계 요소의 운동 정도(精度)에 따라 창성되는 평면정도가 결정되기 때문에, 정도가 높은 평면 가공의 기계 요소로는 정도가 높고, 강성이 높은 유체 정압이나 동압의 비접촉형 회전 베어링이나 직진 슬라이드가 이용되고 있다.

가공 대상물과 공구에 회전과 직진중 어느쪽의 운동을 배정하는가에 따라 기계 구성이 분류된다.

그림 1은 가공물과 공구에 모두 회전 운동을 적용한 것으로, 동시에 복수 가공물을 가공하는 경우가 많고, 실리콘 웨이퍼 등 비교적 치수가 작은 가공물의 고정도 평면 가공에 많이 이용되

고 있다. 회전 운동만으로 구성되었기 때문에 정도를 확보하기 쉽다.

그림 2는 공구의 회전과 가공물의 직진을 조합한 횡형 평면 연삭기로, 길이가 긴가공물에 적합하다. 어떠한 방식이든 공구축이 절입 기구로 되어 있는 경우가 많다.

이밖에도 장치 구성의 종류로는 공구 회전 축의 방향에서 볼 때 종형, 횡형(그림 3), 전체 구조에서 볼 때 문짝형 등이 있다.

일반적으로 사용하는 공구가 단일날 바이트를 사용하는 경우를 절삭, 회전 다공구인 다이아몬드 지석을 사용하는 경우를 연삭이라고 칭한다. 기본적인 기계 구성은 동일하지만, 연삭은 다립 지석으로 가공 저항이 크기 때문에 장치 구성 부재의 강성이 높고, 가능한 한 공구와 가공 시간의 위치 관계가 변화하기 어려운 구조를 택한다. 절삭은 가공 저항이 작기 때문에 진동이 적은 고정도 가공 장치를 이용하면 표면의 거칠기 상태가 좋은 가공을 할 수 있다.

동(구리), 알루미늄, 화학 니켈 등의 연질 재료에서는 대부분 후 연마가 불필요할 정도로 양호한 광학 경면을 얻을 수 있다.

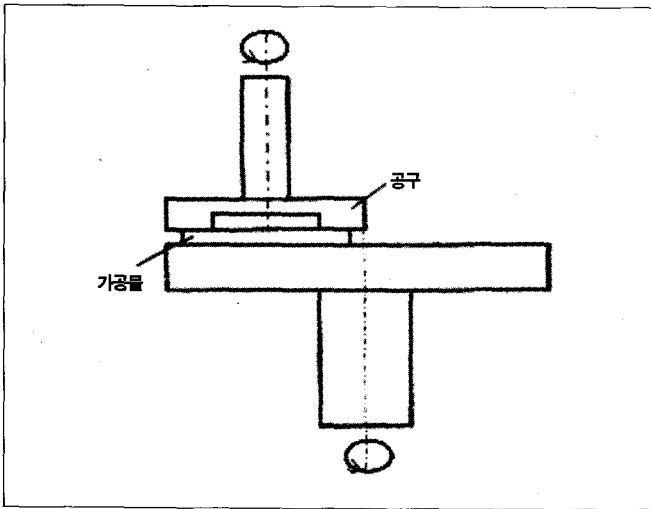


그림 1. 종형 연삭반 1

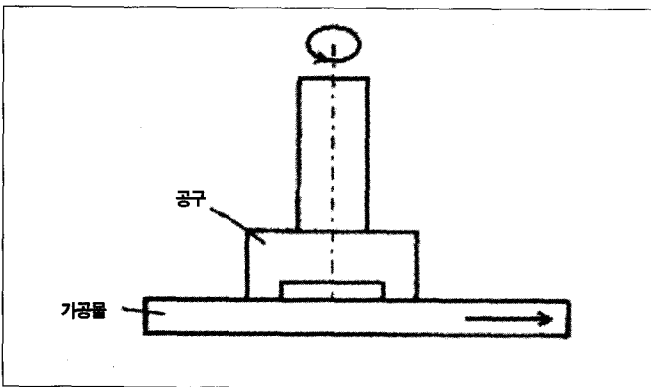


그림 2. 종형 연삭반 2

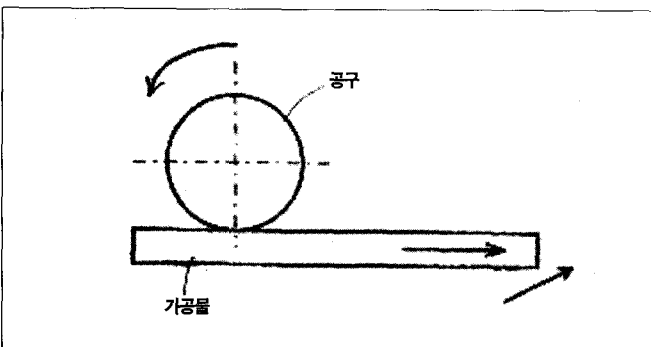
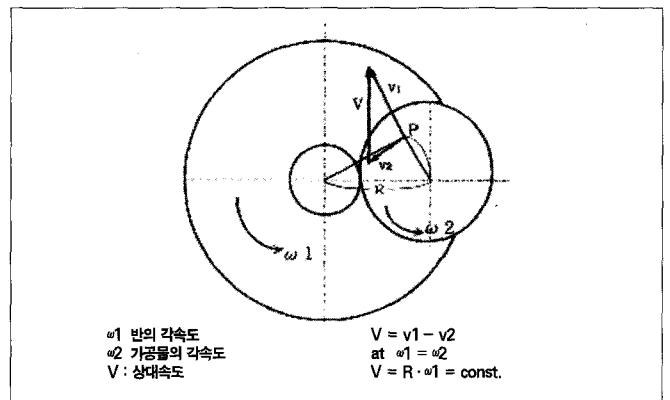


그림 3. 연삭반 횡형

2. 랩 반 방식과 다이아몬드 정 반 방식

대부분의 재료는 떠있는 입자 연마를 통해 다듬질되어 비로소 광학평면을 얻을 수 있다. 때문에 평면 연마 장치에는 대부분 랩반이 이용되고 있다.

떠있는 입자에 의한 제거 깊이는 경험상 입자에 작용하는 압력과 속도 및 가공 시간의 곱에 비례한다고 알려져 있다.



ω1 반의 각속도
ω2 가공물의 각속도
V: 상대속도

$V = v_1 - v_2$
at $\omega_1 = \omega_2$
 $V = R \cdot \omega_1 = \text{const.}$

그림 4. 랩반의 제거 속도

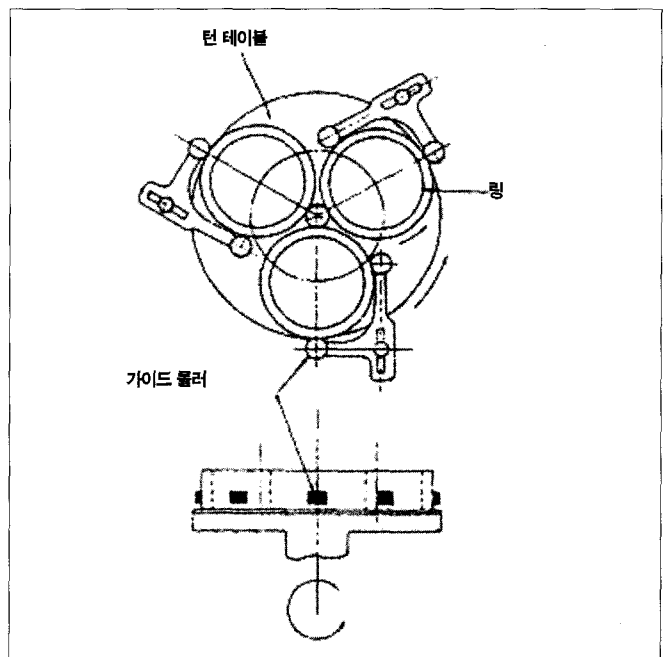


그림 5. 가이드 롤러식

그림 4는 랩반 상의 가공면인 어느 1점 P에 작용하는 상대 속도 벡터를 나타내고 있으며, P가 어떤 위치에 있더라도 상대 속도가 균등하고, 전방위로 변화하는 균등 제거 운동은 랩반에 각속도와 가공물의 각속도가 동일한 경우임을 보여주고 있다.

2개의 회전축 사이의 거리에 따라, 상대 주속도가 변화하고 2개의 축이 떨어져 있을수록 속도가 커져 제거량이 증가한다. 또한 가압력을 높여도 제거량이 증가한다.

랩반은 가공물을 회전시키는 방법과 가공물의 유지, 가압 방식에 따라 몇 가지 형식이 있다.

그림 5는 가이드 롤러를 지지하는 회전 링 중심에 캐리어라고 불리는 잘라낸 원판에 수납한 가공물을 넣고, 압력은 위에 얹혀진 추로 가하는 방식이다.

가공물의 회전은 회전 링 안쪽 둘레에서 마찰을 동반한 회전이므로 가능하다.

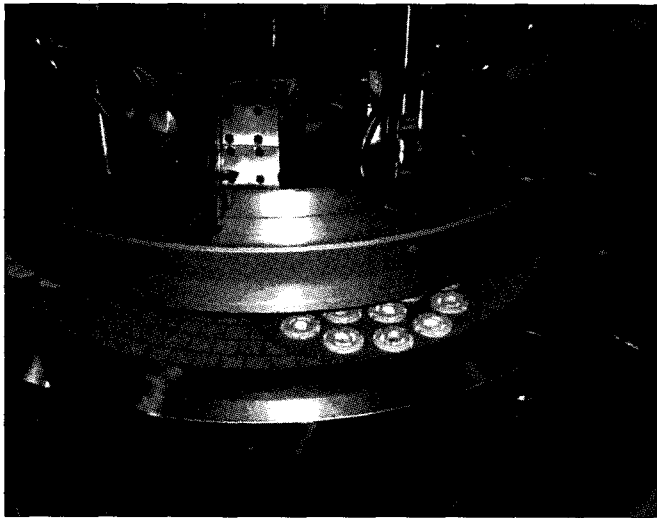


그림 6. 양면랩핑기(순양다이아몬드)

회전 링의 회전 구동을 랩반과의 연마면 마찰 구동에 의지하는 경우와 외부 모터로 강제적으로 일정하게 회전시키는 경우가 있다. 연마면 마찰에 의한 동반 회전인 경우가 연마물에 진동이 발생하지 않아 정도가 높은 가공면을 얻기 쉽다.

그림 6은 양면랩핑기로 기판의 양면을 동시에 연마하는 장치로, 아래쪽 연마반과 이것과 마주보는 위쪽 연마반 사이에 기판 두께보다 얇은 캐리어 안에 수납한 판 모양의 가공물을 끼워 넣어 상호 반대로 회전하는 상하반 회전에 의해서 연마한다. 캐리어는 기판 유지와 함께, 반 중앙에 있는 태양 기어와 반 바깥 둘레에 있는 기어에 의해 스스로 공전하면서 기판을 회전시킨다. 양면이 평행한 기판 연마에 이용된다.

그림에는 없지만 양면랩핑기 외에 단면랩핑기가 있다. 단면랩핑기로 연마 헤드에서 가공안쪽면에 가압과 회전 구동을 전부 주는 것으로, 가압은 헤드 위쪽의 에어 실린더를, 회전은 외부 모터를 이용하기 때문에 고속 고압으로 연마할 수 있어 양산 연마에 이용되고 있다. 반의 평면도를 유지하기 위해서 다이아몬드 지석 등의 평판 드레서로 문질러서 정형한다. 연마에서는 반에 탄성체를 사용하기 때문에 평면도 수정은 곤란하지만, 경질반인 연마제 랩에서는 유력한 방법이다.

그러나 최근의 가공 기술동향을 보면 상기에 기술한 랩반 방식으로 사용은 점차 줄어들고 있고 다이아몬드 정반랩핑, 폴리싱하는 방식이 늘어나고 있다. 기존의 주물 및 동판에 랩재를 뿌려 사용하는 방법에서 물만 공급하면 되는 다이아몬드 정반이 보급, 사용되어 지면서 단, 양면랩핑기에 다이아몬드 정반을 장착하여 황, 증산에서부터 사상 작업까지 연마작업을 할 수 있고 다이아몬드 정반으로 가공함으로써 연삭력(재료제거율)이 높고 가공 시간이 짧으며 제품 생산성이 향상된다. 다이아몬드 정반은 가공물의 표면조도 값에 따라 다이아몬드 메쉬를 결정하면 된다.

참고적으로 연마된 평면도 검사는 광 간섭법으로 쉽게할 수 있

는데, 이 때 사용되는 기준이 되는 절대 평면은 3면 맞춤 원리에 따라서 제작된 것을 이용한다. 2면을 간섭 검사법으로 검사할 경우 해당면의 곡률이 제로라고 보증할 수 없으며, 3면 3조의 표면이 완전하게 일치했을 때, 비로소 모든 면이 휘지 않는 완전한 평면이라고 할 수 있을 것이다.

최근에는 종래의 절대 평면도를 추구하지 않고, 실리콘 기판상에 부착된 LSI 절연층막을 소정의 두께까지 균일하게 제거해 내는 랩반이 선보이기 시작했다.

종래 연마기와 구별하기 위하여 CMP(화학 기계 연마) 장치라고 부른다. 실리콘 웨이퍼상의 다층 배선을 평탄하게 만들고, 전체 면을 균일하게 연마 제거하기 위한 웨이퍼의 유지 가압이나 연마시트 구성에 대한 연구를 진행하고 있다. 일반적으로 클린 룸 내에서 사용할 수 있으며, 웨이퍼가 드라이 인-드라이 아웃 상태에서 반입출될 수 있도록 세정, 건조 장치가 내장되어 있어, 앞으로 반도체의 고집적화와 함께 프로세스 안정화를 위한 장치의 발전이 예상된다.

3. 광학 부품 가공과 환경 문제

지금까지 가공 기술을 중심으로 살펴보았다. 현재도 그렇지만, 광학 부품 가공 또한 환경 문제를 무시할 수 없다. 광학 부품 가공 현장에서는 다량의 화학 물질(가공하기 위한 소재, 연마제, 유기 용제, 기름, 세제 등)을 사용하고 있다. 따라서 예를 들어 연삭, 센터링&에징 공정에서는 유리 슬러지, 연마 세정 공정에서는 연마액이나 연마 지립, 세제가 포함된 세정수 등의 폐액 처리가 문제가 되며, 유기 용제의 대기로의 확산 방지 또는 여러 가지 부자재에 대해서도 리사이클화가 중요한 과제로 남아있다. 이런 것들이 수질, 대기, 토양 오염을 일으키지 않도록 항상 주의해야만 하다.

앞으로도 광학 부품가공에 대한 생산기술, 계측 기술, 환경 보전 기술을 상호 연관시켜 한층더 환경을 배려한 가공 기술을 개발 및 발전시켜 나가는 것이 가공 기술자의 사명이라고 생각된다.

〈자료 : 일본옵토메카트로닉스협회/도움말: 순양다이아몬드(주)〉