

# 재료 제거 가공

## 1 개요

재료 제거 가공(material removal machining)이란 공구를 사용하여 소재를 돌리거나 공구를 돌려 재료를 제거하여 원하는 형상과 치수를 가진 부품을 만드는 방법이다. 그 종류는 크게 절삭과 연삭 및 특수 가공으로 나뉘며 각각의 세부 종류는 다음과 같다.

- 절삭 가공(cutting process)
  - 공작물 회전 : 선삭
  - 공구 회전 : 밀링, 드릴링, 보링, 기어 호빙
  - 공작물 또는 공구의 직선 운동 : 형삭, 브로칭
- 연삭 가공(abrasive process) : 연삭, 호닝, 래핑
- 특수 가공(advanced machining process) : 방전 가공, 전해 가공, 포토 에칭

재료 제거 가공의 목적 또는 용도는 (1) 수량 1개를 포함한 소량 제작, (2) 정밀한 가공 정밀도와 좋은 표면 거칠기를 얻기 위함, (3) 다른 방법으로는 얻을 수 없는 예리한 모서리부 및 내측 나사 같은 형상 가공, (4) 용접, 열처리 등에 의해 생긴 적은 양의 변형을 제거하기 위한 마무리 가공 등이다.

한편 재료 제거 가공의 단점으로는 재료의 낭비를 피할 수 없으며 가공 시간이 많이 걸리고 가공비가 비싼 것 등을 들 수 있다.

일반적으로 많이 사용되고 있는 재료 제거 가공기의 종류는 다음과 같으며, 엄밀하게 절삭이나 연삭 가공은 아니지만 그 용도(정밀 가공)로 보아 방전 가공과 전해 가공도 이 장에서 다룬다.

- ① 선반
- ② 밀링기

- ③ 드릴링기
- ④ 형삭반
- ⑤ 브로칭기
- ⑥ 보링기
- ⑦ 머시닝 센터
- ⑧ 기어 가공기
- ⑨ 연삭기
- ⑩ 호닝기
- ⑪ 래핑기
- ⑫ 면취기
- ⑬ 방전 가공기
- ⑭ 전해 가공기

각 가공기의 종류, 용도 및 특징에 대해 다음 각 절에서 자세히 설명한다.

## 2 선반

선반(lathe)은 선삭 가공을 주로 하는 기계, 즉 회전하고 있는 소재에 바이트라 불리는 절삭공구를 밀어 대고 가로축과 세로축을 이동시켜 원하는 형상 및 치수로 가공하는 기계이다. 기본적으로는 원통 형상의 부품을 대상으로 하지만 단동척을 사용하면 원통 이외의 형상을 가진 부품도 가공 가능하며 외경 선삭, 내경 선삭, 정면 선삭, 나사 가공, 테이퍼 가공, 외측 홈 가공 및 절단 분리 작업 등에 사용된다. 작업 방법 개념도를 그림 6.1에 나타내었다.

선반의 구조는 다음과 같은 유닛으로 구성되어 있다(그림 6.3 참조).

- 베드(bed) : 선반의 기초가 되는 부분으로 안내면 위에 왕복대를, 양 끝에 주축대와 심압대가 고정되어 있다.
- 주축대(headstock) : 주축(main spindle)에 척을 고정하고 이 척에 원통형 소재를 물려 공작물을 회전시키는 역할을 한다. 척(chuck)에는 다음과 같이 세 가지 종류가 있다(그림 6.2 참조).
  - 연동척(scroll chuck, 3-jaw chuck) : 3개의 조가 동시에 움직이므로 원통 형상 재료를 잡을 때 사용하며 보증하는 정밀도는 0.2mm이다.
  - 단동척(4-jaw chuck) : 각각의 조를 독립적으로 움직일 수 있어 편심 가공 및 원통이 아닌 형상의 재료를 잡을 때 사용한다.
  - 콜레트척(collet chuck) : 조로 재료를 잡는 것이 아니라 콜레트 내면 전체로 재료를 잡으므로 알루미늄, 동, 은 및 얇은 파이프 등 연한 재료나 약한 재료, 이미 정삭 가공이 되어 있는 부품을 잡는 데 사용한다.

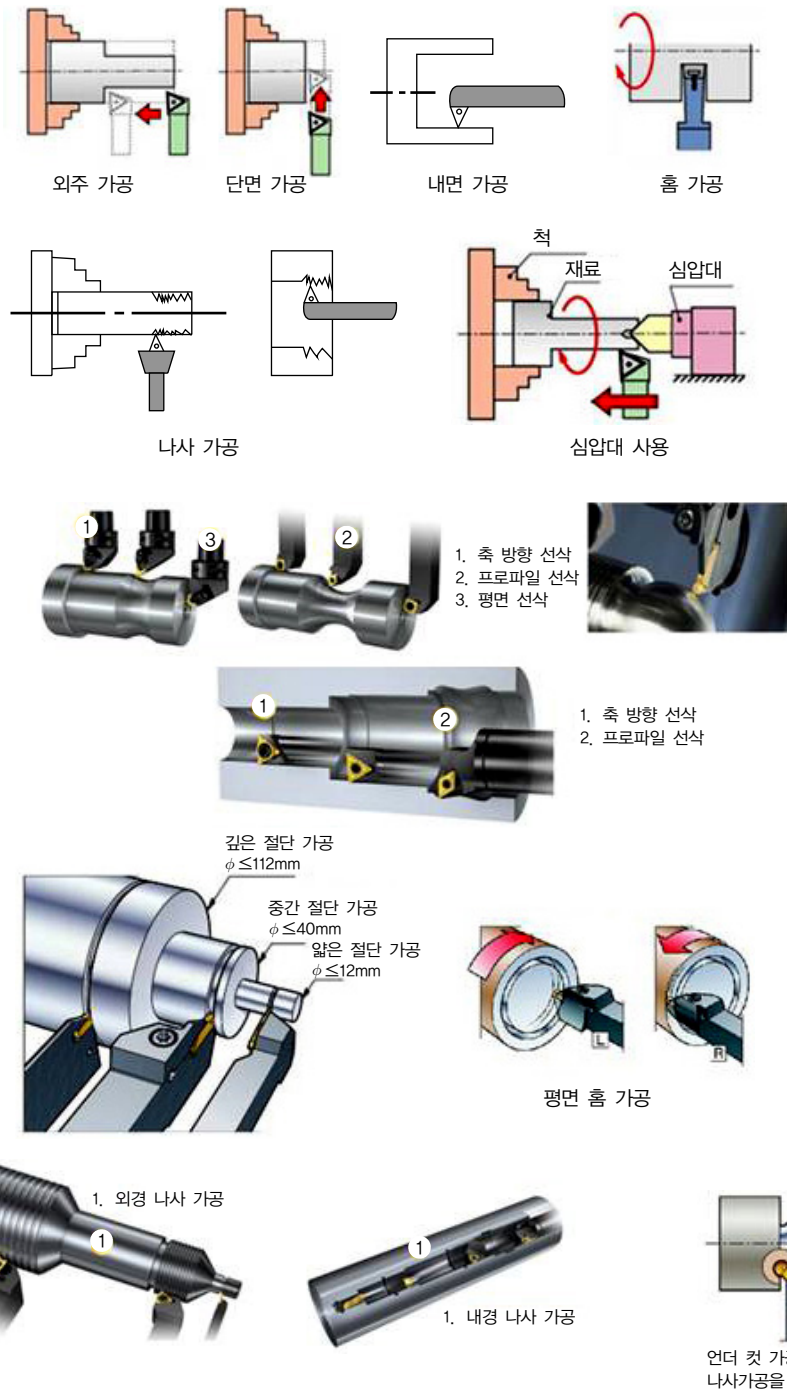


그림 6.1 선반에서 가능한 가공 작업 개념도

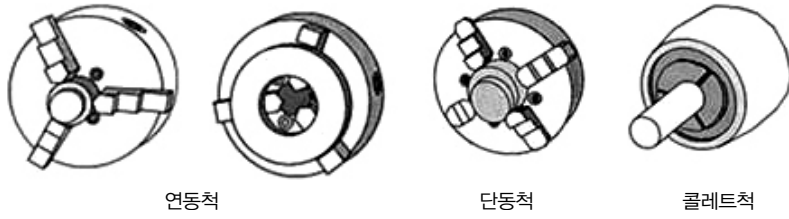


그림 6.2 척의 종류

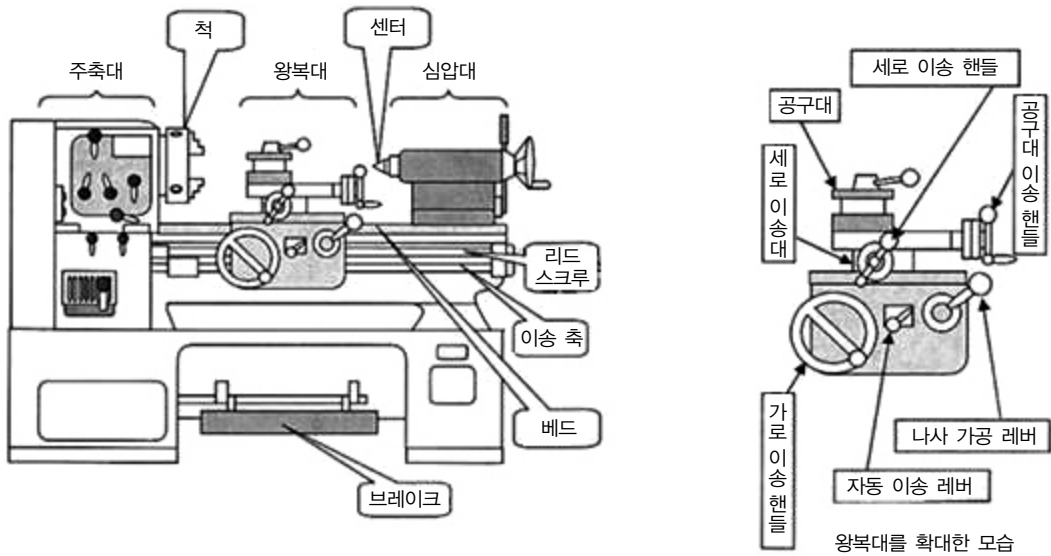


그림 6.3 선반의 구조

- 심압대(tailstock) : 길이가 긴 소재의 한쪽을 지지하거나 소재 중심에 드릴 가공할 때 사용한다.
- 공구대(tool post) : 공구를 고정하는 곳
- 이송대(saddle) : 공구대를 올려놓고 있으며 공구대를 세로축으로 이동시키는 데 사용한다.
- 왕복대(carriage) : 이송대와 공구대를 올려놓고 있으며 공구대를 가로축으로 이동시키는 데 사용한다.

선반에서 가공하기 쉬운 형상 및 가공하기 어려운 형상의 전형적인 모양은 그림 6.4와 같다.

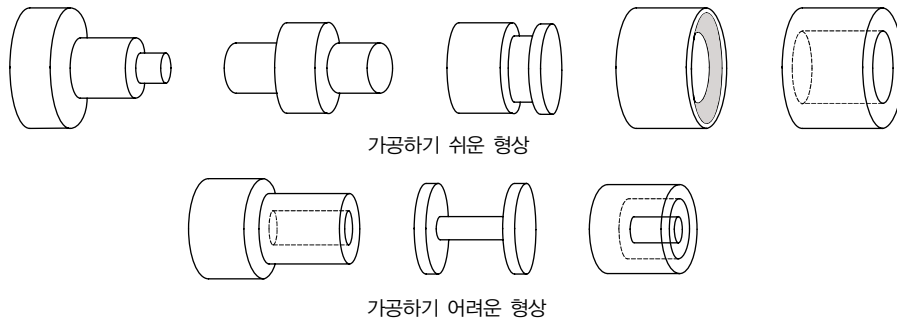


그림 6.4 선반 작업 형상

선반의 종류에는 다음과 같은 것들이 있으며 그 생김새, 용도 및 특징은 다음과 같다.

### 1) 보통 선반

보통 선반(engine lathe)은 범용 선반이라고도 불리고 가장 오래되었으며 가장 널리 일반적으로 쓰이고 있다.



그림 6.5 보통 선반

### 2) 탁상 선반

탁상 선반(bench lathe)은 시계 부품과 같은 매우 작은 부품을 가공하는 데 사용되는 소형 선반으로 시계 선반이라고도 불린다.



그림 6.6 탁상 선반

### 3) 터렛 선반

터렛 선반(turret lathe)은 보통 선반에 터렛이라 불리는 선회식 공구대를 장착한 선반으로, 터렛에 복수의 공구를 고정해 놓고 필요 시 터렛을 돌려 간단히 사용할 공구를 바꿀 수 있다. 공구 교환시간 단축이 가능하다.



그림 6.7 터렛 선반

### 4) 모방 선반

모방 선반(copying lathe)은 복잡한 형상의 부품을 만들 때, 그 형상의 틀을 만들고 트레이서(tracer)에 의해 틀을 따라가면서 공구를 이동시켜 같은 형상을 만들어내는 데 사용된다. NC 선반의 등장에 따라 점점 사라져가고 있다. 모방 선반은 또한 도면이 없고 샘플만 있는 경우에도 사용된다.

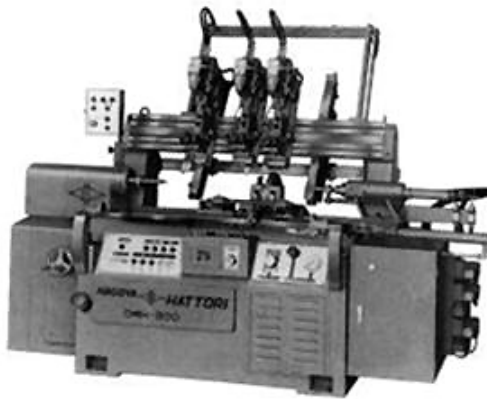


그림 6.8 모방 선반

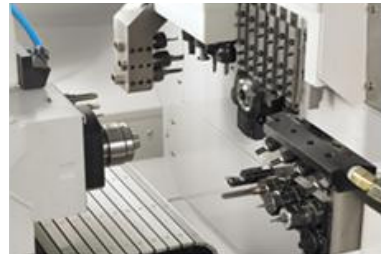
### 5) 자동 선반

자동 선반(automatic turning machine)은 주축 회전 수, 공구 절입, 이송 등이 캠 또는 수치 제어에 의해 제어되며 재료의 공급이 자동적으로 이루어져 연속적으로 가공이 가능하다. 대량 생산용이며  $\phi 1\sim 10$  또는  $\phi 2.5\sim 20$  정도의 직경, 길이 160mm 이내의 작은 부품 가공에 사용된다.

재료는 쾌삭강, STS 303, 430F, 416 및 쾌삭 황동 알루미늄 등이 쓰인다.



캠형 공구대



NC형 공구대



**그림 6.9** 여러 가지 자동 선반  
(출처 : 빅스틴)

## 6) 정면 선반

정면 선반(face lathe)은 주로 정면 절삭 가공을 하는 선반으로, 큰 공작물을 고정하기 위한 면판을 공구가 주축과 직각으로 넓은 범위를 움직여 평면을 깎는다. 대형 공작물 가공에 사용된다.



**그림 6.10** 정면 선반  
(출처 : 한국공작기계)

## 7) 수직 선반

수직 선반(vertical lathe)은 공작물을 수평으로 회전하는 테이블 위에 고정하고 공구대를 컬럼 또는 크로스 레일을 따라 움직여 절삭하는 선반으로, 직경이 크고 길이가 짧은 공작물 가공에 주로 쓰인다.



그림 6.11 수직 선반 (출처 : 한국정밀기계)

## 8) NC 선반

NC는 Numerical Control(수치 제어)의 약자로, 공작물의 위치와 공구의 운동을 수치화하여 기계에 명령하는 것을 말하며, 이러한 명령에 따라 자동으로 공작물을 가공하는 선반을 NC 선반이라 한다. 이 선반의 장점은 다음과 같다.

- 같은 품질의 부품을 대량 생산할 수 있다.
- 수 m에 이르는 부품도 정밀 절삭이 가능하다.
- 테이퍼, 곡면 및 구면 가공이 가능하다.
- 안전성이 높다.

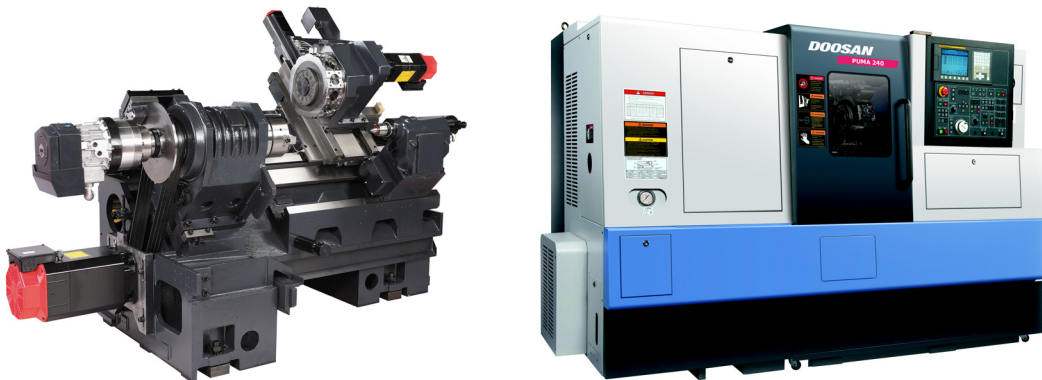


그림 6.12 NC 선반 (출처 : 두산인프라코어)



### 9) NC 복합 선반(복합 터닝 센터)

회전수 변환만 가능한 NC 선반의 주축에 각도 제어가 가능한 인덱스 기능을 부가하고 동시에 공구대에 밀링, 드릴링 등의 기능을 가진 별도의 스핀들이 붙어 있는 선반이다. NC 복합 선반은 공작물의 세팅 전환 없이 선삭, 밀링 및 드릴링 등의 복합 가공이 가능하므로 정밀도가 높은 부품을 대량 생산할 수 있다.



그림 6.13 NC 복합 선반

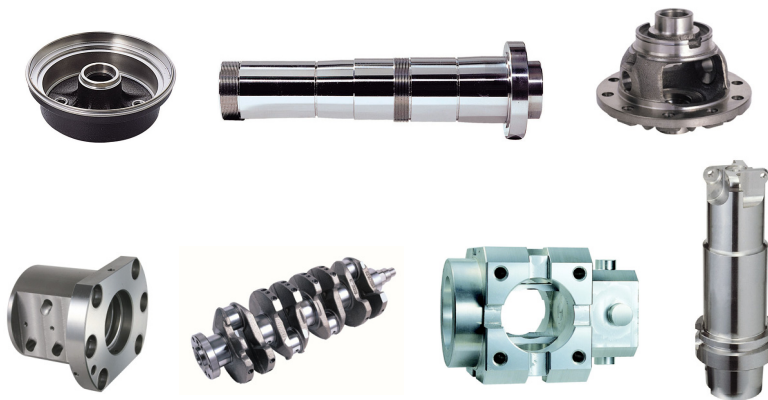


그림 6.14 가공 샘플

## 3 밀링기

밀링기(milling machine)는 선반과는 달리 밀링커터라는 공구를 회전축 끝에 붙여 회전시키고, 왕복운동하는 테이블 위에 고정되어 있는 공작물을 움직여 절삭하는 기계이다. 밀링기의 기본 구조는 그림 6.15와 같다.

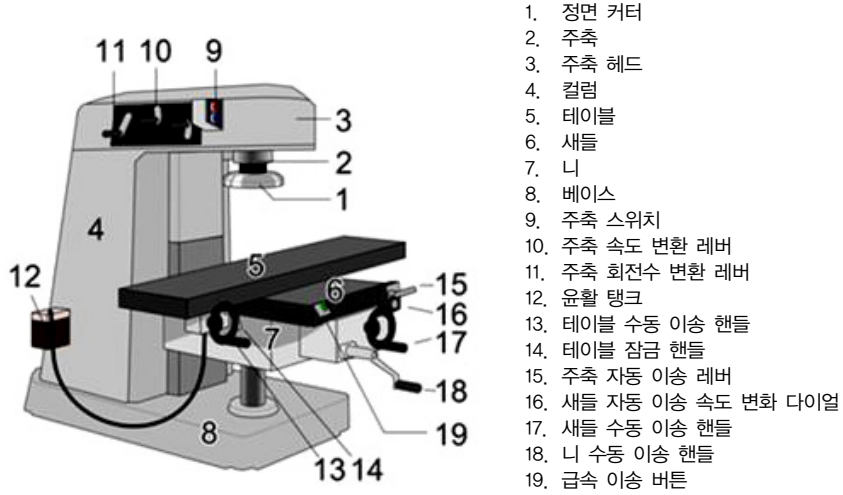


그림 6.15 밀링기의 구조

### 1) 밀링기의 종류

밀링기의 종류는 공구의 방향에 따라 수직형(vertical type), 수평형(horizontal type) 및 만능형(universal type)으로 구분되며 각각의 형태는 그림 6.16~6.18과 같다.

#### (1) 수직형

공구의 방향이 지면과 수직인 형을 말한다.



그림 6.16 수직형이며 니형



그림 6.17 수직형이며 램형

#### (2) 수평형

공구의 방향이 지면과 수평인 형을 말한다.



그림 6.18 수평형이며 베드형

### (3) 만능형

공구의 방향을 지면과 수직인 상태에서 수평인 상태까지 임의의 위치로 조정 가능한 형태를 말한다.



그림 6.19 만능형이며 니형

한편 공작물이나 공구의 세로축(앞뒤 방향) 이동 방식에 따라서는 다음과 같이 나뉜다.

- 니(knee) 이동형 : 니가 앞뒤로 이동하면서 가공
- 베드(bed) 이동형 : 베드가 앞뒤로 이동하면서 가공
- 램(ram) 이동형 : 주축이 붙어 있는 램이 앞뒤로 이동하면서 가공

한편 밀링기의 크기는 각 축의 이동 거리로 표시하는데, 현장에서는 관습적으로 0호 밀링, 5호 밀링 등으로 부르기도 한다. 참고로 테이블 이동 거리, 즉 좌우 이동 거리가 0호는 450mm, 1호는 550mm, 2호는 700mm, 3호는 850mm, 4호는 1,050mm, 5호는 1,250mm 정도이다.

평밀링 작업의 방향에는 하향 밀링과 상향 밀링이 있다(그림 6.20 참조). 하향 밀링은 처음에는

인서트 깊이가 들어갈수록 절삭하지만 칩 두께가 점점 얇아지므로 절삭 과정에서 생기는 열과 압력 등의 부하 증가를 방지할 수 있으며 버니싱(burnishing)을 방지할 수 있어 가공 경화를 최소화할 수 있다. 반면에 상향 밀링은 가공물의 이송 방향과 커터의 회전 방향이 반대로 되어 절삭하므로 칩 두께가 증가하면서 절삭이 진행되고 이에 따라 인서트와 가공물 사이에 열과 응력이 발생하고 칩 배출 시 인서트에 충격을 주어 인서트의 수명을 단축시킨다. 일반적으로는 하향 밀링을 주로 사용한다.

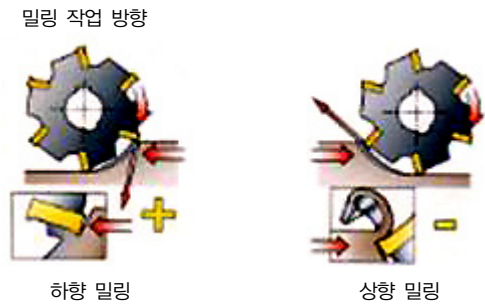


그림 6.20 하향 밀링과 상향 밀링

## 2) 밀링기 가공 및 공구의 종류

밀링기에서 가공할 수 있는 형상과 사용되는 공구의 종류는 다음과 같다.

### (1) 평면 가공

테이블에 평행한 평면을 가공하는 것을 말한다.



### (2) 측면 가공(직각 밀링)

테이블에 수직인 평면을 가공하는 것을 말한다.

