

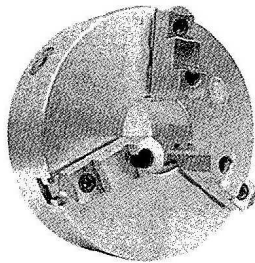


심화학습

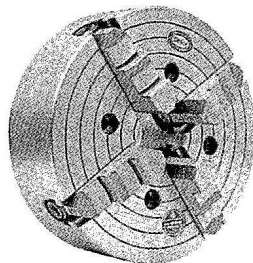
1. 선반용 부속품

(1) 척(chuck)

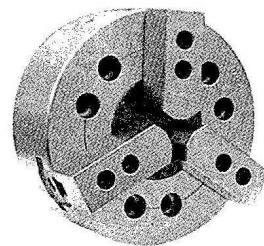
선반작업에서 가장 많이 사용하는 부속품 중의 하나로 가공물을 고정하는 역할을 하며, 스피들의 끝단에 부착하여 가공물에 회전력을 전달하는 부속품이다.([그림 2-34] 참조)



(a) 연동척



(b) 단동척



(c) 유압척

[그림 2-34] 척의 종류

① 연동척(universal chuck : scroll chuck)

3개의 조가 120° 간격으로 배치되어 있으며, 3번척 또는 연동척, 만능척이라고 한다. 한 개의 조를 돌리면 세 개의 조가 함께 동일한 방향의 동일한 크기로 이동하기 때문에 편하고 빠르게 숙련된 작업자가 아니라도 고정할 수 있다.

크기는 척의 지름을 인치(8", 10", 12" 등)로 표시하거나 번호로 나타낸다.

② 단동척(independent chuck)

4개의 조가 90°간격으로 구성 배치되어 있으며, 4번척이라고도 부른다. 4개의 조가 각각 단독으로 이동하며, 고정력이 크고, 불규칙한 가공물, 편심, 중량의 가공물 등을 정밀하게 고정하여 가공할 수 있다. 외측, 내측 조의 구분 없이 필요에 따라 조를 돌려 물려서 사용하며, 척의 크기는 척의 지름을 인치(8", 10", 12" 등)로 나타낸다.

③ 마그네틱 척(magnetic chuck)

전자석을 이용하여 얇은 판, 피스톤 링과 같은 가공물을 변형시키지 않고 고정시켜 가공할 수 있는 자성체 척이다. 고정력이 약하고 평면이 아니거나, 대형 가공물, 비자성체인 경우에는 사용이 불가능하다. 사용 후에 가공물에 남아 있는 잔류자기가 영향을 미치는 부품일 경우에는 탈자기를 이용하여 잔류자기를 제거하여야 한다.

④ 공기척과 유압척(air chuck or hydraulic chuck)

가공물의 고정 및 해체를 압축공기나 유압을 이용하는 척이다. 주로 CNC 선반, 자동선반, 터릿선반, 모방선반 등에 사용한다.

소프트 조(soft jaw)는 수시로 바이트로 가공하면서 사용하기 때문에 가공정밀도를 높일 수 있으며, 하드 조(hard jaw)는 연동척 조와 같은 방법으로 사용한다.

⑤ 콜릿척(collet chuck)

지름이 작은 가공물이나 각 봉재를 가공할 때 편리하며, 터릿선반이나 자동선반에 주로 사용한다. 보통선반에서 사용할 경우에는 주축 테이퍼 구멍에 슬리브를 끼우고 슬리브에 콜릿척을 부착하여 사용한다.

콜릿의 구멍은 원형, 사각 등의 형태로 제작하여 사용할 수 있다.

⑥ 복동척(combination chuck)

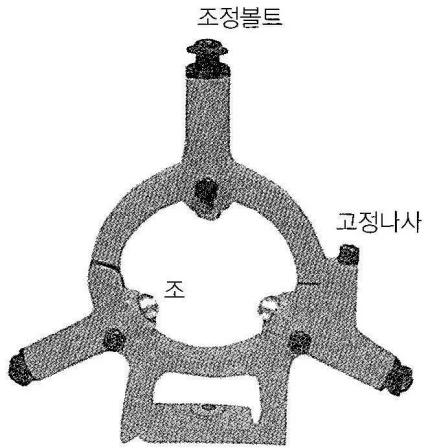
단동척과 연동척의 기능을 겸비한 척으로 레버에 의하여 4개의 조를 연동척과 같이 동시에 가동시킬 수도 있고, 단동척과 같이 1개씩 독립된 기능으로 사용할 수 있다.

연동척과 단동척의 장점을 살려서 편리하게 사용할 수 있도록 제작된 척이다.

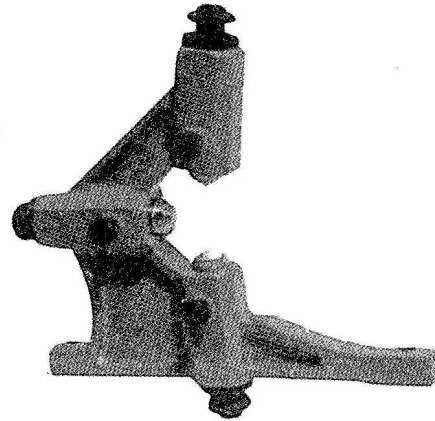
(2) 방진구(work rest)

선반에서 지름에 비하여 길이가 긴 공작물을 절삭할 때, 공작물에 처짐이나 떨림을 방지하기 위하여 사용하는 부속품이 방진구이다.

일반적으로 방진구는 가공물의 길이가 지름의 20배 이상 되는 경우에 사용하며, [그림 2-35]과 같이 베드에 직접 고정하여 사용하는 고정식 방진구와 [그림 2-36]와 같이 왕복대의 새들에 고정하여 사용하는 이동식 방진구가 있다.



[그림 2-35] 고정식 방진구



[그림 2-36] 이동식 방진구

① 고정식 방진구(fixed steady rest)

베드에 고정시키고, 가공물을 지지하는 방진구로서 원형에 120° 간격으로 배치된 조로 가공물의 중앙 부분을 지지하고 가공하며, 다듬질한 면을 가공할 때에는 표면이 손상되지 않도록 윤활유를 급유하거나, 보호판, 부시 등을 사용한다.

② 이동식 방진구(follower steady rest)

왕복대의 새들 부분에 설치하여 사용하는 방진구로서 2개의 조와 바이트가 절삭을 진행함과 동시에 방진구의 조 역할을 함께 함으로서 3개의 조가 지지하고 가공하는 것처럼 된다. 고정식 방진구와 같이 가공에 제약을 받지 않으며 가공이 가능하다.

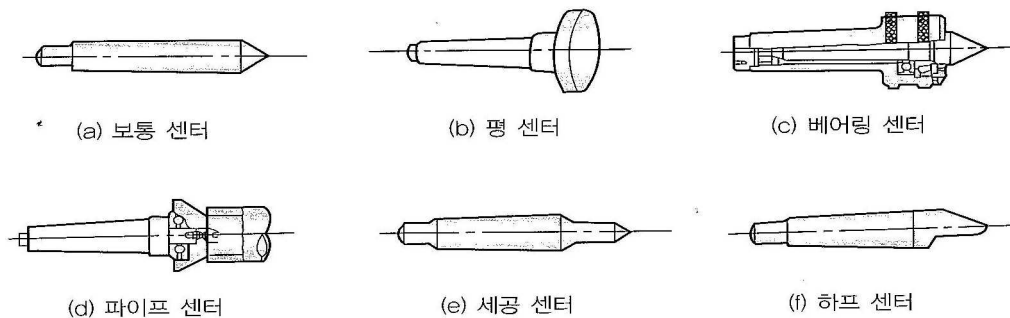
(3) 센터(center)

가공물을 지지하거나 고정할 때 주축 또는 심압축에 설치하여 사용하는 선반 부속품으로 양질의 탄소강, 고속도강, 특수 공구강 등으로 제작, 열처리하여 사용한다.

주축에 설치하여 사용하는 회전 센터(live center)와 심압축에 설치하여 사용하는 정지 센터(dead center)가 있다. 주축센터는 스피들과 함께 회전하므로 마찰이 적으나 정지 센터는 회전을 하지 않고 가공물만 회전하므로 마찰열이 많이 발생하여 센터에 손상을 미치므로 회전수를 느리게 하고, 적합한 윤활제를 사용해야 한다.

센터의 선단은 일반적으로 60° 로 제작되어 정밀가공, 중소형의 부품가공에 사용되지만, 가공물이 크거나 중량일 때는 75° , 90° 의 센터를 사용한다.

[그림 2-37]은 센터의 종류를 나타낸다.



[그림 2-37] 센터의 종류

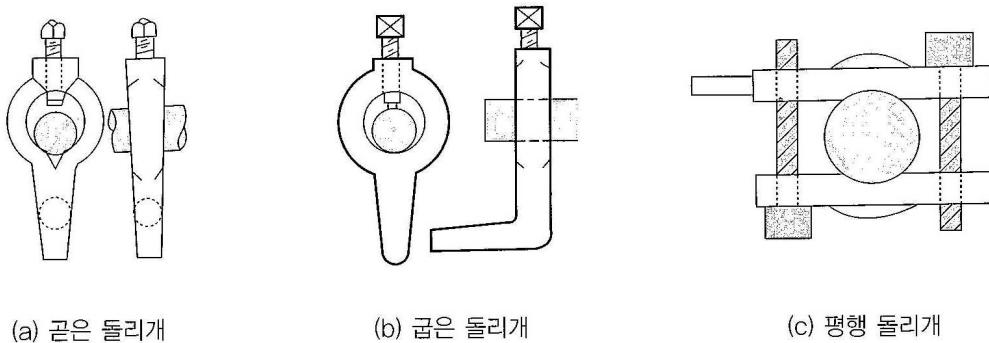
- ① 보통 센터는 가장 일반적인 센터이며, 선단을 초경합금으로 사용하는 경우도 있다.
- ② 세공 센터는 지름이 작은 가공물의 부품을 가공할 때, 바이트가 센터에 닿지 않도록 보통 센터를 부분적으로 가공하여 사용한다.
- ③ 베어링 센터(bearing center)는 정지센터에 베어링을 이용하여 정지센터의 선단 일부가 가공물의 회전에 의하여 함께 회전하도록 제작한 센터이다. 고속회전하면서 가공물을 지지하므로 능률적으로 제품을 가공할 수 있도록 제작한 센터이다.
- ④ 하프 센터(half center)는 보통 센터의 선단일부를 가공하여 단면가공이 가능하도록 제작한 센터이다. 보통 센터의 원추형 부분을 축 방향으로 반을 제거하여 제작한 모양이라 하여 하프 센터라 한다.
- ⑤ 파이프 센터(pipe center)는 큰 지름의 구멍이 있는 가공물을 지지할 때, 보통 센터로는 되지 않으므로 보통 센터나 베어링 센터 선단을 크게 하여 구멍이 큰 가공물을 지지할 수 있도록 제작한 센터이다.
- ⑥ 평 센터는 가공물에 센터구멍을 가공해서는 안 될 경우에 가공물의 단면을 평면으로 지지할 수 있도록 제작한 센터로 지지력은 다소 약하다.
- ⑦ 역 센터는 가공물에 센터 모양을 가공하고 센터에 구멍을 내어 지지하는 센터로서 가공물에 구멍을 낼 수 없고 지지력이 커야하는 경우에 사용한다.

선반(기본작업)

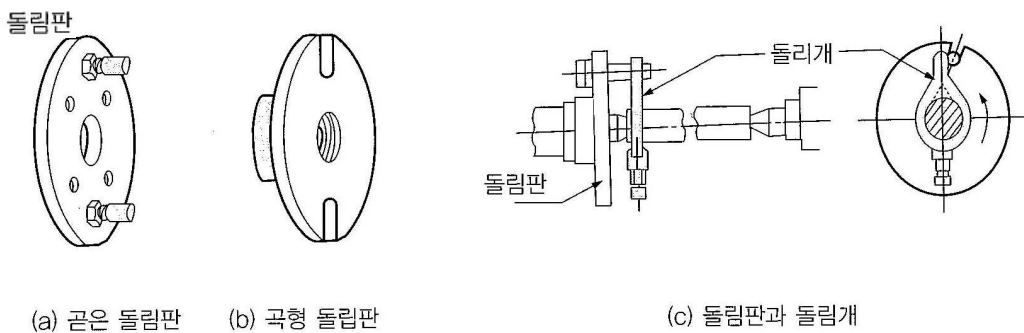
(4) 돌림판과 돌리개

돌림판(driving plate)과 돌리개(dog)는 회전 센터와 정지 센터로 가공물을 고정하고, 주축의 회전력을 가공물에 전달하기 위해 사용하는 부속품이다. 돌리개의 종류에는

- ① 곧은 돌리개(straight tail dog)는 [그림 2-38]의 (a) 형상으로 [그림 2-45]의 (a) 곧은 돌림판에 사용하는 돌리개이다.
- ② 굽은 돌리개(bent tail dog)는 [그림 2-38]의 (b) 형상으로 [그림 2-45]의 (b)의 곡형 돌림판에 사용하는 돌리개이다.
- ③ 평행 돌리개(parallel tail dog)는 [그림 2-38]의 (c) 형상으로 [그림 2-45]의 (b) 곡형 돌림판에 사용하며, 고속 가공해도 진동이 많이 발생하지 않는 장점이 있다.



[그림 2-38] 돌리개의 종류와 고정방법



[그림 2-39] 돌림판의 종류와 사용방법

[그림 2-38]는 돌리개의 종류와 가공물을 고정한 형상을 나타내고, [그림 2-39]는 돌림판의 종류와 사용법을 나타낸 것이다.

(5) 면판(face plate)

면판은 척에 고정할 수 없는 불규칙하거나 대형의 가공물 또는 복잡한 가공물을 고정할 때 사용한다.

면판을 주축에 고정하고, 면판에 가공물을 직접 볼트나 클램프(clamp), 기타 고정구를 이용하여 고정하며, 앵글 플레이트(angle plate)를 함께 사용하여 고정하기도 한다.

가공물을 고정하였을 때 무게의 중심이 맞지 않을 경우에는 대각선으로 균형추를 달아서 가공물의 균형을 맞추고 가공한다.

(6) 심봉(mandrel)

심봉은 기어, 벨트 풀리 등과 같이 구멍과 외경이 동심원이고, 직각이 필요한 경우에 구멍을 먼저 가공하고 구멍에 맨드릴을 끼워 양 센터로 지지하고, 외경과 측면을 가공하여 부품을 완성하는 선반의 부속품이다.

① 표준 맨드릴

가장 일반적인 형식의 심봉으로 공구강을 열처리 한 후에 연삭하여 사용한다. 표준 맨드릴은 1/100~1/1000 정도의 테이퍼로 되어 있다.

② 갭 맨드릴

두께가 얇은 가공물 여러 개를 한 번에 너트로 고정하여 가공할 때 편리하다.

③ 팽창 맨드릴

표준 맨드릴은 구멍의 공차가 정밀하지 못하면 사용할 수가 없다. 따라서 가공물의 구멍이 일반 공차 정도일 때도 사용할 수 있도록 맨드릴의 외경을 팽창시켜서 가공물을 고정하여 사용할 수 있도록 제작된 맨드릴이다.

④ 나사 맨드릴

가공물의 구멍이 암나사로 되어 있는 경우에 사용하는 맨드릴이다. 맨드릴 외경에 나사를 가공하여 가공물을 나사에 고정하고, 외경이나 측면을 가공하는 형식의 맨드릴이다.

⑤ 테이퍼 맨드릴

가공물의 구멍이 테이퍼로 되어 있을 경우에 맨드릴의 외경을 테이퍼로 가공하여 사용하는 형식의 맨드릴이다.

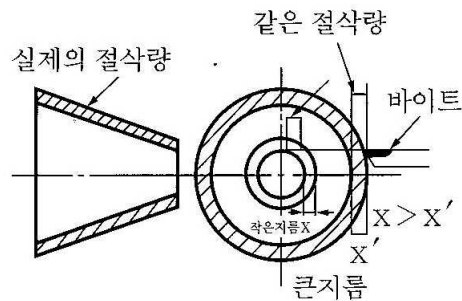
⑥ 조립식 맨드릴

주축과 심압대에 독립된 형태의 테이퍼로 된 맨드릴을 설치하고, 가공물을 양

센터방식으로 고정하여 가공하는 형식의 맨드릴이다. 지름이 큰 가공물, 구멍의 지름이 여러 가지로 다양할 경우에 사용하는 맨드릴이다.

2. 테이퍼 가공 시 주의사항

테이퍼를 절삭할 때는 반드시 바이트 날 끝이 주축 중심과 일치하여야 한다. [그림 2-40]과 같이 바이트 날 끝이 중심선에서 높거나 낮을 경우, 테이퍼 각도가 작게 절삭되어 테이퍼 조립시 어려움을 겪게 되므로, 테이퍼를 절삭할 때는 가능한 바이트를 중간에 교환하지 않는 상태에서 완성 가공할 수 있는 바이트와 작업 조건을 선택하여야 한다.



[그림 2-40] 바이트의 높이와 테이퍼의 각도

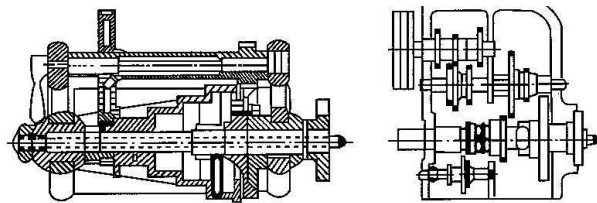


보충학습

1. 선반의 구조

(1) 주축대(head stock)

주축대는 선반에서 가장 중요한 부분으로 공작물을 고정시켜 공작물에 회전 운동을 부여하는 역할을 한다. 주축대의 구조는 단차식 주축대와 전치차식 주축대로 나누어지며, 주축은 회전의 중심이 되는 부분으로서 축심은 속이 비어 있고, 선단부분은 척이나 센터를 장치할 수 있도록 되어 있다.([그림 2-41] 참조)



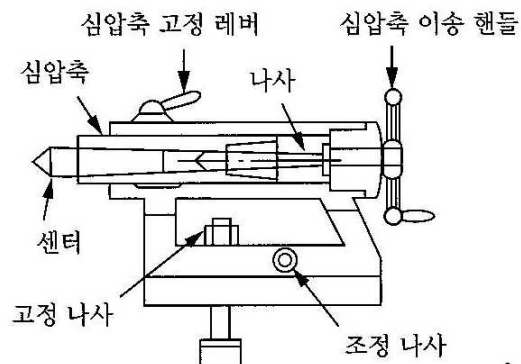
(a) 단차식 주축대

(b) 전치차식 주축대

[그림 2-41] 주축대의 구조

(2) 심압대(tail stock)

심압대는 주축의 반대쪽에 설치되어 주로 공작물을 지지할 때나, 드릴링, 나사 내기(탭·다이스), 리머 등의 작업시 공구를 고정 또는 지지하는 역할을 한다.([그림 2-42] 참조)

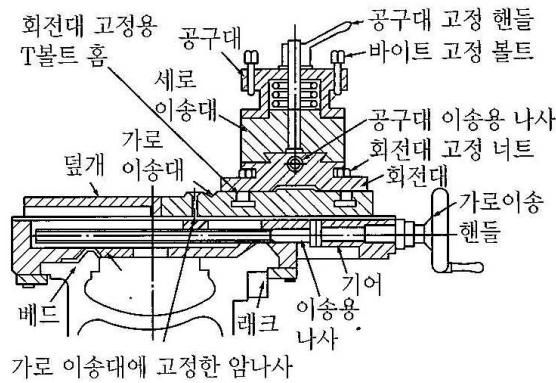


[그림 2-42] 심압대의 구조 및 명칭

선반(기본작업)

(3) 왕복대(carriage)

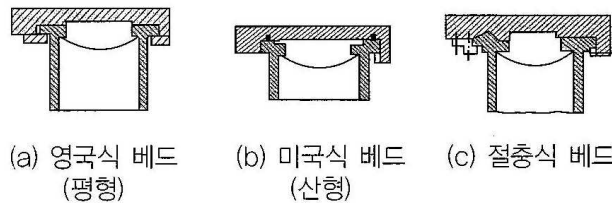
왕복대는 베드위에 놓여 있으며, 공구대를 가로와 세로로 이송할 수 있다. 왕복대는 새들, 에이프런, 세로 이송대, 공구대 등으로 구성되어 있다.([그림 2-43] 참조)



[그림 2-43] 왕복대의 구조 및 각 부분의 명칭

(4) 베드(bed)

베드는 주축대, 왕복대, 심압대 등 기계의 주요 부분을 지탱하여 절삭 정도와 절삭 능력의 기초가 되는 부분이다. 또한 비틀림 작용과 굽힘 작용의 저항이 크므로 이것에 견딜 수 있도록 강성과 정밀도가 요구된다.([그림 2-44] 참조)



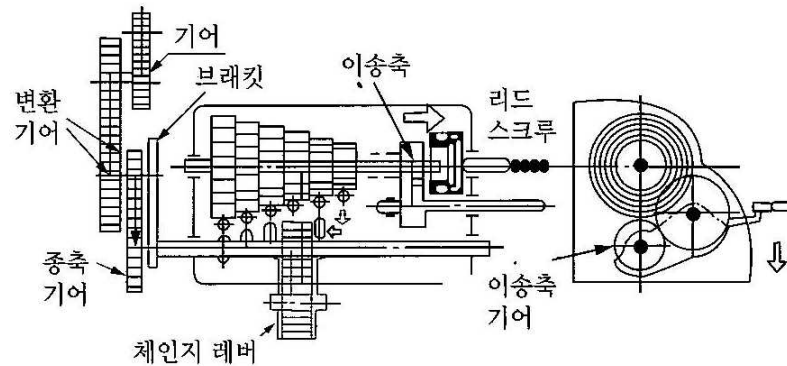
[그림 2-44] 베드의 종류 및 구조

(5) 다리

다리는 베드를 지지하는 부분으로서 최근에는 상자형이 많이 쓰인다.

(6) 이송 장치

왕복대의 자동 이송이나 나사 절삭이 적당한 리드(lead)를 얻기 위하여 주축에서 운동을 전달받아 이송축 또는 리드 스크루까지 전달하는 장치이다.([그림 2-45] 참조)

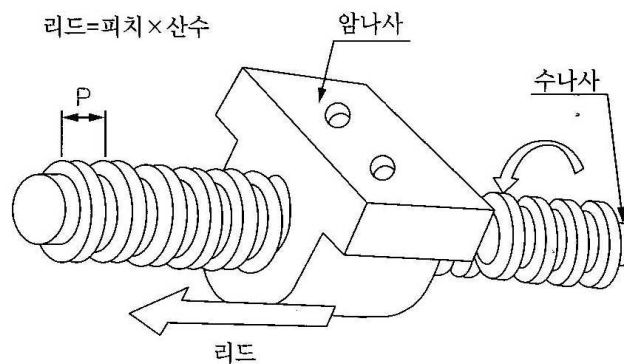


[그림 2-45] 이송 장치의 구조

2. 마이크로 칼라 사용법

- ① 마이크로 칼라의 원리는 수나사가 암나사 속에서 1회전하면, 그 나사의 1 피치(pitch)만큼 이동하게 되어 있다.([그림 2-46] 참조)
- ② 보통 선반의 가로 이송축 나사 피치는 대부분 4 mm 로 되어있다.
- ③ 마이크로 칼라의 작은 눈금 한 눈금이 나타내는 절입량은 대부분이 0.02 mm 이다.
- ④ 선반에서 지름의 절삭량은 절입량의 2배가 되므로 마이크로 칼라 사용에 유의해야한다.
- ⑤ 마이크로 칼라를 이용한 절입량 계산은 다음식과 같다.

$$\text{절삭량} = \text{마이크로 칼라 눈금값(절입량)} \times 2$$
- ⑥ 세로 이송 핸들의 마이크로 칼라를 이용한 절입량은 1:1이다.

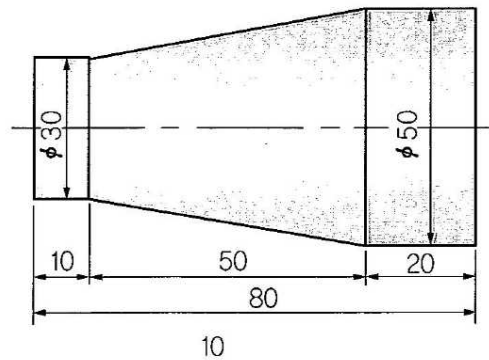


[그림 2-46] 가로 이송축



종합평가

1. 가공물을 절삭할 때 발생하는 절삭저항 3분력을 간단히 설명하시오.
2. 가장 바람직한 칩의 형태는?
3. 주철을 절삭할 때 발생하는 칩의 형태는?
4. 점성의 재료를 저속으로 절삭할 때 발생하는 구성인선의 주기는?
5. 선반의 크기 표시방법을 설명하시오.
6. 이론적 표면 거칠기와 노즈 반지름, 이송의 관계를 설명하시오.
7. 절삭속도와 공작물의 지름, 회전수와의 관계를 설명하시오.
8. 절삭율에 대하여 설명하시오.
9. 그림과 같은 가공물의 테이퍼를 가공할 때, 복식 공구대의 선회각 θ 를 구하시오.





참고문헌

1. 이수용, 기계공작법, 한국산업인력공단, 2005.
2. 조정희, 공작기계실기, 한국산업인력공단, 2010.
3. 한동룡, 선반, 한국직업훈련관리공단, 1985.
4. 황순원, CNC선반기초실기, 한국산업인력공단, 2005.
5. 함승덕, 이재우, 조선행, 기계공작법, 한국폴리텍대학, 2001.
6. 윤종학, 이명하, 권점현, 기계공작, 교육부, 1996.
7. 김기수, 우연재, 권윤원, 권주웅, 도철진, 기계공작법, 교육과학기술부, 2002.

A-3

검사 및 수정하기

학습 모듈 개요

선반작업에서 측정방법에 따라 측정할 수 있으며, 측정 후 불량부위 발생시 불량원인을 파악하고 대처방안을 강구하여 수정할 수 있는 능력을 배양한다.

학습 목표

일반목표

선반가공에서 각 요소별로 측정오차가 생기지 않도록 측정 및 수정할 수 있으며, 가공치수 불량 원인을 파악하고 대처방안을 강구할 수 있는 능력을 갖도록 한다.

세부목표

- 각각의 측정기를 활용하여 각 요소별로 측정방법을 파악하여 측정오차가 생기지 않도록 측정할 수 있다.
- 공구수명 단축원인 및 가공치수 불량의 원인을 파악하고 적절한 대처방안을 강구할 수 있다.
- 측정 후 불량부위 발생 시 보고를 하고 수정여부를 지시받을 수 있다.

주요 용어

- 버니싱(burnishing), 링깅(wringing), 유효지름

기본 학습 1

1. 측정방법 및 측정오차

기계로 가공되는 가공물은 도면에 표시된 가공방법, 치수, 기하학적 형상, 표면 거칠기, 각도, 열처리, 기타 여러 가지 요구조건을 만족하여야 한다. 이 중에서는 치수, 형상, 각도, 표면 거칠기 등을 가공 중 또는 가공 후에 가공된 양이 사용하는 단위 안에 얼마나 포함되어 있는가를 확인하는 것을 측정이라 한다.

1.1 측정 방법

측정 방법에는 측정기 내에 있는 기준편에 의해 치수를 직접 측정하는 직접 측정(절대 측정) 방식과 별도의 게이지를 기준으로 피측정물을 측정하여 그 차이로 측정하는 비교측정 방식이 있다.

- ① 검사 : 가공된 부품이 도면에 충족하게 가공되었는가를 판정하는 것
- ② 측정 : 가공된 부품의 형상, 치수, 각도, 표면 거칠기 등이 도면의 요구에 따라 필요한 치수로 가공되어있는가를 기준치수와 비교하여 수치로 나타내는 것을 의미하며 결과 값은 측정량의 수치와 단위의 곱으로 한다.

검사는 부품을 치수로 나타낼 필요는 없으나, 부품을 가공할 때 시행하는 측정은 검사를 하기 위하여 실시하는 것이 일반적이다.

1.2 측정기의 특성

(1) 최소 눈금과 눈금선 간격

측정기의 최소 눈금은 눈금선 위에서 1눈금만큼 지침 또는 기선의 이동에 해당하는 측정량의 변화를 말한다.

눈금선 간격은 이웃한 두 눈금선 사이의 간격을 말한다. 눈금의 읽음 정

도는 눈금선 간격의 크기에 영향을 받으며, 1/10 mm 눈금을 어렵하여 읽기 위해서는 약 0.7~2.5 mm 가 적합하다.

또한 측정기의 감도(E)는 측정량의 변화(ΔM)에 대한 지시량의 변화(ΔA)의 비로 나타내며, 배율(V)은 최소 눈금(S)에 대한 눈금선 간격(ℓ)의 비율로 나타낸다.

즉, 감도(E)=지시량 변화(ΔA)/측정량 변화(ΔM)

배율(V)=눈금선 간격(ℓ)/최소 눈금(S) 이다.

(2) 지시 범위와 측정 범위

측정기에서 읽을 수 있는 측정값의 범위를 측정 범위라고 한다. 대부분의 마이크로미터는 25 mm 단위로, 다이얼계이지는 5 mm 또는 10 mm 이다. 또한 대부분의 길이 측정기에서는 지시 범위와 측정 범위는 일치한다.

(3) 후퇴 오차

피측정물 치수를 길이 측정기를 사용하여 구하는 경우, 주위의 상황이 변하지 않는 상태에서 동일한 측정량에 대하여 지침의 측정량이 증가하는 상태에서의 읽음값과 반대로 감소하는 상태에서의 읽음값의 차를 후퇴 오차라 한다. 이것은 주로 기계적인 접촉 부분의 마찰저항, 뒤틀림 및 흔들림 등으로 인하여 생긴다. 후퇴 오차를 제거하기 위해서는 반드시 일정한 방향으로 측정값에 접근하도록 하여야 한다.

(4) 측정 압력

피측정물을 양 측정면 사이에 끼워 측정하는 경우, 그 사이에 작용하는 힘을 측정력이라 한다. 대부분의 측정기에는 30~200 g 정도의 측정력이 소요되거나 큰 측정력은 1 kg 이 되는 것도 있다.

1.3 측정 오차

동일 측정기로 하나의 부품을 반복하여 측정하였을 때 반드시 측정값이 같지 않고 편차가 생길 때가 있다. 이것은 여러 가지 원인으로 측정 시에

선반(기본작업)

오차가 포함되어 있기 때문이다. 이 원인으로서는 부주의로 인한 인위적인 것과 측정기의 구조나 주위 환경의 부적당을 들 수 있다.

그러므로, 오차 = 측정값 - 참값으로 표시할 수 있다.

오차의 종류에는 다음과 같은 것이 있다.

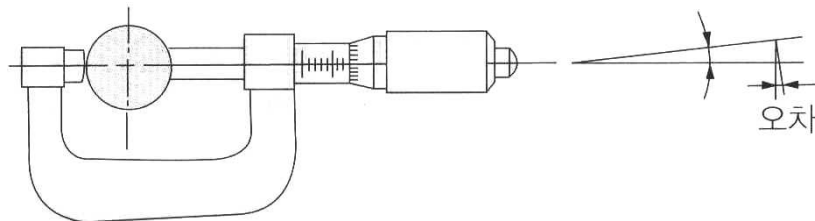
(1) 측정기의 오차(계기 오차)

측정기의 정도 결정은 KS에서는 온도 20 ℃, 기압 760 mmHg, 습도 58%로 규정하고 있으며, 계기 오차는 측정기의 구조, 측정 압력, 측정 온도, 측정기의 마모 등에 따른 오차를 말한다. 이때 온도 변화 $t(℃)$ 에 따라 생기는 변화량 λ 는 길이 ℓ 과 열팽창계수 α 로부터 다음 식을 구한다.

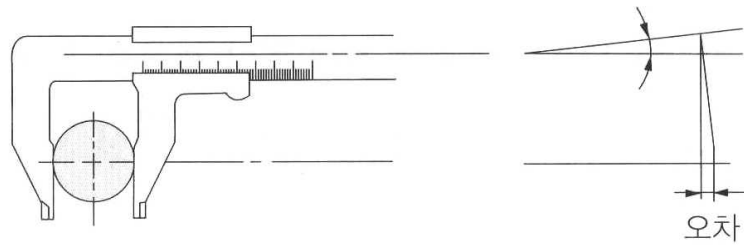
$$\lambda = \ell \cdot \alpha \cdot t(t_0 - t_1)$$

또한 측정 방법으로 이상적인 것은 양 측정면 사이에 기준편을 넣어 0점을 맞추고, 그 상태에서 기준편과 피측정물을 바꾸어 측정하는 치환법이다. 이 방법을 채택할 수 없을 때는 “표준자와 피측정물을 동일 축선상에 있어야 한다.”라는 아베(Abbe)의 원리를 지켜야 한다.

예를 들면 [그림 3-1]의 (a)와 같이 표준자와 피측정물이 동일 축선상에 있는 마이크로미터는 그림 (b)와 같이 어떤 거리만큼 떨어진 평행선상에 있는 버니어 캘리퍼스에 비하여 같은 기울어짐에 대하여 생기는 오차는 극히 적다.

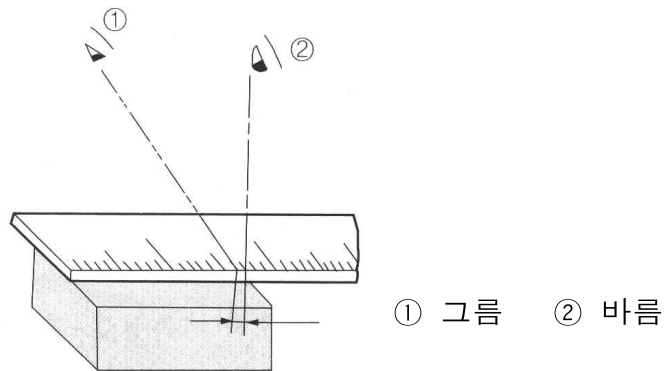


(a) 아베의 원리에 맞는 측정



(b) 아베의 원리에 맞지 않는 측정
[그림 3-1] 측정오차

(2) 시차



[그림 3-2] 시차

측정기가 정확하게 치수를 지시하고 있을지라도 측정자의 부주의 때문에 생기는 오차로서 [그림 3-2]와 같이 측정자의 눈의 위치에 따라 눈금의 읽음값에 오차가 생기는 경우가 있다.

이의 방지를 위해서는 측정자의 눈의 위치는 항상 눈금판에 대하여 수직이 되도록 습관을 기르도록 한다.

최근에는 측정값이 직접 숫자(digital)로 표시되는 측정기도 있다.

시차와 함께 측정자의 미숙(예를들어 정확히 중심선을 못 맞추는 등)으로 발생하는 오차를 개인오차라 한다.

(3) 우연 오차

기계에서 발생하는 소음이나 진동 등과 같은 주위 환경에서 오는 오차 또는 자연 현상의 급변 등으로 생기는 오차를 우연 오차라 한다.

선반(기본작업)

(4) 긴 물체의 힘에 의한 영향

가늘고 긴 모양의 측정기 또는 피측정물을 정반 위에 놓으면 접촉하는 면의 형상 오차 때문에 불규칙한 변형이 생기므로 보통 두 점에서 지지한다.

이때, 긴 물체는 자중에 의해 휨이 생기고 정확한 치수 측정이 불가능하다.

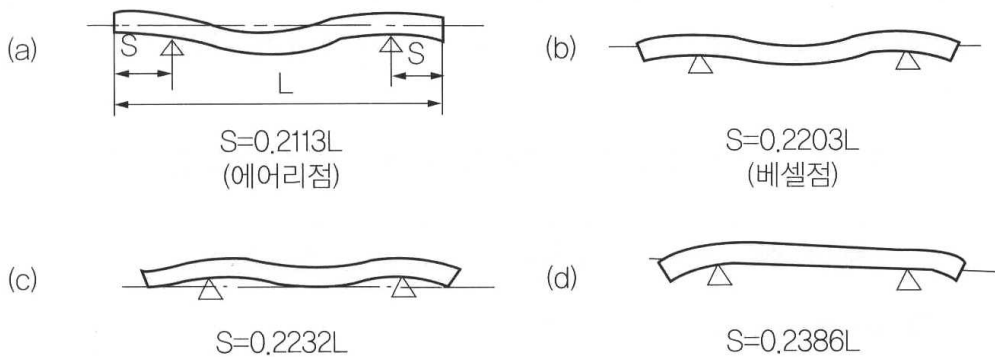
따라서 각 지점의 지지위치에 따라 모양이 각각 달라지므로 사용 목적에 따라 가장 적합한 것을 선택해야 한다.<표 3-1> 참조)

<표 3-1> 긴 물체의 사용 목적에 따른 지지점의 위치

그림	(a)	(b)	(c)	(d)
특징	양 끝면의 축선과 수직 및 평행선을 그을 수 있다.	중립축에 미치는 영향을 가장 적게 지지할 수 있다.	전체의 휨이 가장 적고, 양끝과 중앙의 휨이 같게 된다.	양 지점간의 휨이 가장 적다.
용도	단도기	눈금자	면의 측정	면의 측정

예를 들면 [그림 3-3]의

- ① 에어리점(airy point)은 긴 블록 게이지와 같이 양 끝 면이 항상 평행 위치를 유지해야 할 필요가 있을 때의 지지점으로 $S = 0.2113 L$ 이다.
- ② 베셀점(bessel point)은 중립면상에 눈금을 만든 선도기에서와 같이 전체 길이의 측정 오차를 최소로 하기 위한 지지점으로 $S = 0.2203 L$ 로 한다.



※ 전체 변형이 적다 ※ 지지점 사이에 처짐이 적다

[그림 3-3] 긴 물체의 힘에 의한 영향