

기본 학습 2

2. 작업지시서로부터 가공조건 결정

절삭(cutting)이란 가공물을 필요한 형상과 치수, 정밀도, 표면 거칠기, 기하학적 형상 등을 절삭공구를 이용하여 칩을 발생시켜 경제적으로 가공하는 것을 의미한다.

2.1 칩의 생성(chip formation)

가공물이 절삭공구에 의해 절삭되는 모양은 매우 복잡하다. 그러나 어떠한 절삭방법을 사용해도 원리는 변하지 않는다. 가공물을 절삭할 때 발생하는 칩 형태는 절삭공구의 형상, 절삭 깊이, 가공물의 재질, 절삭속도, 절삭 유제 등에 따라 다르다.

어느 한 가지 조건이라도 부적당하면 그 정도에 따라서 각각 다른 칩이 생성되고, 가공면의 표면 거칠기도 나빠질 수 있다.

(1) 유동형 칩(flow type chip)

칩(chip)이 경사면(top rake surface) 위를 연속적으로 원활하게 흘러나가는 모양으로 연속 칩(continuous chip)이라고도 하며, 가장 이상적인 칩의 형태이다.

절삭공구 선단부에서 칩은 전단응력(shear stress)을 받으며 항상 미끄럼이 생기면서 절삭작용이 이루어지며, 진동이 적고 가공표면이 매끄러운 면을 얻을 수 있다.

유동형 칩은 [그림 2-7]의 (a)와 같고, 유동형 칩이 발생하는 조건으로는

- ① 연성의 재료(연강, 구리, 알루미늄 등)를 가공할 때
- ② 절삭 깊이가 적을 때
- ③ 절삭속도가 빠를 때

선반(기본작업)

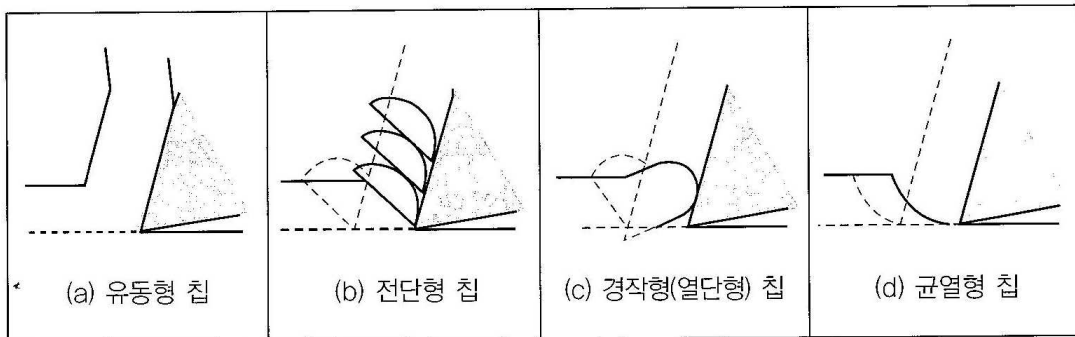
- ④ 경사각이 클 때
- ⑤ 윤활성이 좋은 절삭 유제를 사용할 때, 유동형 칩이 발생한다.

(2) 전단형 칩(shear type chip)

칩이 유동형처럼 경사면 위를 원활하게 흐르지 못해서 절삭공구가 칩을 밀어내는 압축력이 커지면서 발생한다. 칩이 연속적으로 가공되기는 하나 분자사이에 전단이 일어나는 형태의 칩을 전단형 칩이라고 하며 [그림 2-7]의 (b)와 같다.

전단형 칩은 칩의 두께가 수시로 변하게 되어 진동이 발생하기 쉽고, 표면 거칠기도 나빠진다.

일반적으로 전단형 칩은 연성재료를 저속절삭(low speed cutting)으로 절삭할 때와 절삭 깊이가 클 때 많이 발생한다.



[그림 2-7] 칩의 생성 형태

(3) 경작형 칩(tear type chip)

점성이 큰 가공물을 경사각이 적은 절삭공구로 가공할 때와 절삭 깊이가 클 때 발생하기 쉬운 칩의 형태로서 [그림 2-7]의 (c)와 같다.

가공물이 경사면에 점착되어 원활하게 흘러 나가지 못하고, 절삭공구의 전진에 따라 압축되어 가공재료 일부에 터짐이 일어나는 현상이 발생한다.

절삭력으로 가공된 면이 뜯어낸 것과 같은 형태의 표면이나 땅을 파는 것과 같이 불규칙한 면으로 가공된다 하여 경작형 칩이라 한다.

일명 열단형 칩이라고도 한다.

(4) 균열형 칩(crack type chip)

주철과 같이 메진 재료를 저속으로 절삭할 때 발생하는 칩의 형태로서 [그림 2-7]의 (d)와 같이 순간적인 균열이 발생하여 생기는 칩이다.

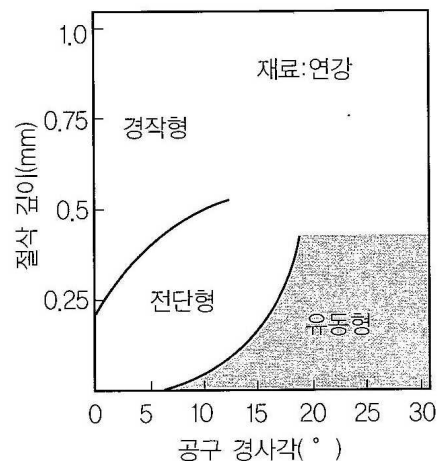
균열이 발생하는 진동으로 인하여 절삭공구 인선에 치핑(chipping)이 발생하고 절삭공구의 수명이 단축되며 가공된 면의 거칠기도 불량하게 된다.

2.2 절삭조건에 따른 칩의 형태

가공재료를 연강으로 하고 절삭속도를 일정하게 하면서 절삭 깊이를 작게 하고, 경사각을 크게 하면 유동형 칩이 발생된다. 이와 같이 동일한 가공재료를 절삭해도 절삭조건에 따라 다른 형태의 칩이 발생한다는 것을 알 수 있다.

따라서 정밀가공은 절삭조건을 충분히 고려하여 결정하여야 한다.

[그림 2-8]은 절삭공구의 경사각과 절삭 깊이에 따른 칩의 형태 변화 값을, <표 2-1>은 절삭조건과 칩의 형성상태를 표시한 것이다.



[그림 2-8] 절삭조건에 따른 칩의 형태

<표 2-1> 절삭조건과 칩의 형태

칩의 구분	가공물의 재질	절삭공구 경사각	절삭속도	절삭깊이
유동형 칩	연하고 점성이 큼	크다	빠르다	작다
전단형 칩	↓	↓	↓	↓
경작형 칩	↓	↓	↓	↓
균열형 칩	굳고 취성이 큼	적다	느리다	크다

2.3 구성인선(built-up edge)

(1) 구성인선의 발생

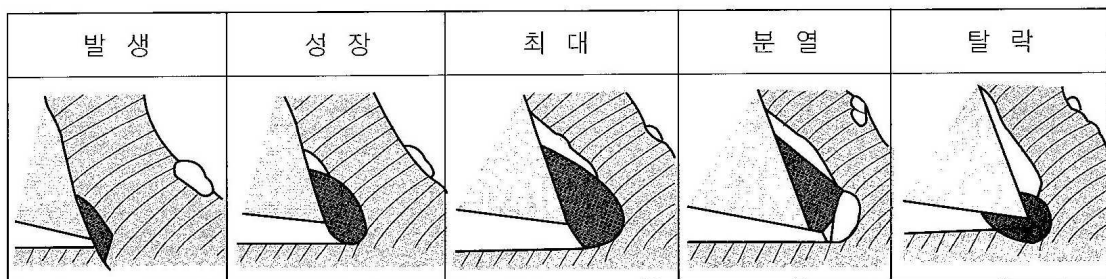
연강, 스테인리스강(stainless steel), 알루미늄(Al) 등의 연성 가공물을 절삭할 때, 절삭공구에 절삭력과 절삭열에 의한 고온, 고압이 작용하여 절삭공구 인선에 대단히 단단하고 미소한 입자가 압착 또는 용착되어 나타나는 현상이다.

구성인선으로 인하여 공구각을 변화시키고, 가공면의 표면 거칠기를 나쁘게 한다. 또 공구의 떨림(chattering)현상으로 절삭공구 마모를 크게 하고 절삭에 나쁜 영향을 준다.

이렇게 절삭공구 인선에 부착된 단단한 물질이 절삭공구 인선을 대리하여 절삭하는 현상을 구성인선 이라 한다.

구성인선의 발생과정은 [그림 2-9]와 같이 발생⇒성장⇒최대성장⇒분열⇒탈락의 과정을 반복한다.

주기(cycle)는 $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{300}$ sec 정도로 지극히 짧은 시간에 반복되기 때문에 가공된 표면에 흠집을 만들고 진동을 발생시켜 가공 면을 나쁘게 한다.



[그림 2-9] 구성인선의 발생과정

(2) 구성인선의 방지대책

가공물의 표면 거칠기를 나쁘게 하고 공구의 수명을 단축시키며 진동 발생의 원인이 되는 구성인선의 방지대책으로는

- ① 절삭 깊이를 적게 할 것
- ② 경사각(rake angle)을 크게 할 것
- ③ 절삭공구의 인선을 예리(날카롭게)하게 할 것
- ④ 윤활성이 좋은 절삭 유제를 사용할 것
- ⑤ 절삭속도를 크게 할 것 등을 들 수 있다.

일반적으로 구성인선이 발생하기 쉬운 절삭속도는 고속도강 절삭공구를 사용하여 저탄소강재를 절삭할 때 10~25 m/min 이고, 120 m/mn 이상이 되면 구성인선이 발생하지 않는다.

따라서 절삭속도 120 m/min 를 구성인선 임계속도라 한다.

경사각이 30°보다 크면 구성인선이 발생하지 않지만 절삭공구의 인선이 약해지므로 실용적으로 사용하기는 어렵다.

2.4 절삭저항(cutting resistance)

절삭할 때, 절삭공구는 가공물로부터 저항을 받게 되는데 이때 힘을 절삭저항이라 한다. 절삭저항의 크기는 절삭동력을 결정하는 매우 중요한 요소이다.

절삭공구의 수명(tool life), 가공물의 표면 거칠기, 가공물의 피삭성을 선정하는 기준이 되기도 한다.

절삭저항의 방향과 크기는 가공방법, 절삭조건, 가공물의 재질에 따라서 크게 변화한다. 바이트로 가공물을 절삭할 때에 바이트가 받는 절삭저항의 크기와 방향은 가공물의 재질, 바이트의 형상, 절삭조건 등에 따라 절삭저항을 3차원적 3개의 분력으로 나누어 생각할 수 있다.

- ① 주분력(vertical component of cutting force)
절삭방향의 분력으로 3분력 중 가장 값이 크며, 절삭저항이라고도 한다.
- ② 이송분력(axial component of cutting force)
공구의 이송방향과 반대방향으로 작용하는 분력이다.

선반(기본작업)

③ 배분력(radial component of cutting force)

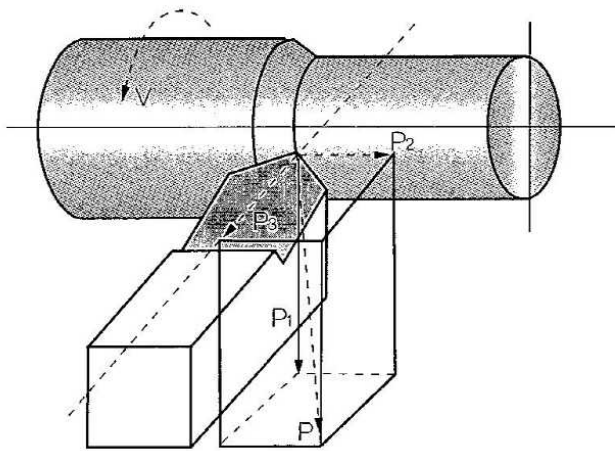
절삭 깊이 방향으로 작용하는 분력으로 공구의 날 끝이 둔화되면 더욱 증가한다.

저 탄소강을 선반에서 절삭할 때, 각 분력의 크기는 대략 다음과 같다.

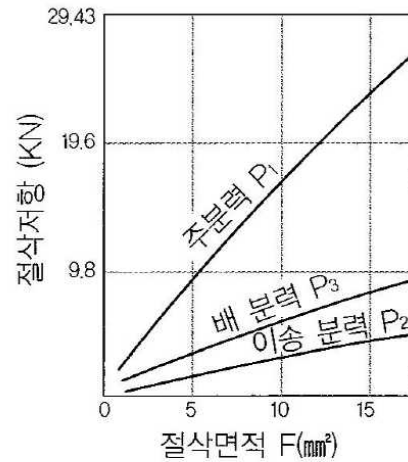
$$P_1 : P_2 : P_3 = 10 : (1\sim2) : (2\sim4)$$

경사각이 감소하거나 절삭면적이 증가하면 절삭저항은 커지고, 절삭속도가 증가하면 다소 일부 영역에서 다소 감소하는 경향이 있다.

[그림 2-10]은 절삭저항 3분력을 나타낸다.



(a) 절삭저항 3분력



(b) 절삭저항과 절삭면적

주 분력(vertical component of cutting force : P₁) : 절삭방향으로 평행한 분력

이송분력(axial component of cutting force : P₂) : 이송방향으로 평행한 분력

배 분력(radial component of cutting force : P₃) : 절삭공구 축 방향으로 평행한 분력

[그림 2-10] 절삭저항 3분력

2.5 절삭속도(cutting speed)

절삭속도란 가공물과 절삭공구 사이에 발생하는 상대적인 속도이며, 단위 시간에 가공물이 인선(바이트의 날 끝)을 통과하는 거리로 표시한다.

절삭속도는 가공물 재질 및 지름, 절삭공구의 재질 및 형상, 절삭 유제의 사용 유무에 따라 영향을 받는다.

절삭속도는 가공물의 표면 거칠기, 절삭능률, 절삭공구의 수명에 많은 영향을 주는 인자로서 절삭조건에서 기본적인 변수이다.

절삭속도 V 를 나타내는 식은

$$V = \frac{\pi D n}{1000}$$

D : 공작물의 지름(mm)

n : 회전수(1분 동안 회전하는 수 : rpm)

V : 절삭속도(m/min)

공작기계의 동력을 결정하기 위한 중요한 요소이며, 절삭속도는 절삭공구 및 가공물의 재질이 동일한 조건일 경우에 절삭 깊이와 이송의 관계를 고려하여 선정하는 것이 일반적인 방법이다.

절삭속도가 증가하면 가공물의 표면 거칠기가 좋아지고 가공시간도 단축되지만 절삭공구 수명이 단축된다.

때문에 경제적 절삭속도(60~120 m/min)로 가공하는 것이 바람직하다.

절삭속도를 실제로 범용기계에 적용할 때에는 절삭속도에 의해서 회전수를 계산하여 적용하게 된다.

회전수와 절삭속도의 관계는 다음과 같다.

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} \text{ rpm}$$

효율을 높이기 위한 경제적 절삭속도는 최대 절삭량을 얻기 위한 절삭속도와 최저 가공비로 절삭할 수 있는 절삭속도로 구분한다.

기본 학습 3

3. 가공조건 수정

가공조건을 적합하게 선정하지 못하면 가공하는 제품의 정밀도, 표면 거칠기 등이 저하되고, 바이트의 수명이 짧아지며 가공 능률도 나빠진다. 따라서 가공조건 중 중요한 인자인 절삭속도, 이송, 절삭 깊이의 영향에 대하여 학습하도록 한다.

3.1 절삭속도(cutting speed)

절삭속도는 절삭공구와 가공물사이에 관계운동 속도로 바이트에 대한 공작물의 원주속도(표면속도)이다. 즉, 단위시간에 바이트의 날 끝을 지나가는 거리이며, 가공하기 전에 지름으로 산출한다.

절삭 속도와 주축의 회전수와의 관계는 다음과 같다.

D : 공작물의 지름(mm)

$$V = \frac{\pi D n}{1000} (\text{m/min}), \quad n = \frac{1000 V}{\pi D} (\text{rpm}) \quad n : \text{회전수(1분 동안 회전하는 수 : rpm)}$$

V : 절삭속도(m/min)

(1) 절삭속도를 정하는 조건

- ① 공작물의 재질
- ② 바이트의 재질
- ③ 이송량
- ④ 절삭 깊이
- ⑤ 절삭유의 사용 유무
- ⑥ 바이트 형상 및 수명 시간
- ⑦ 가공방법 등

(2) 절삭속도의 영향

절삭속도가 증가하면 표면 거칠기가 좋아지고, 제품을 절삭하는 시간이 짧아지는 반면 절삭온도가 높아지고, 바이트의 수명이 짧아진다.

일반적으로 절삭속도의 높고 낮음은 보통 다음과 같은 영향이 있다.

(a) 절삭속도를 높게 할 필요가 있는 경우

- ① 다듬질 절삭 또는 정밀 가공을 할 때
- ② 공작물의 재질이 연한 경우
- ③ 공작물의 지름이 작은 경우
- ④ 경절삭 일 때

(b) 절삭속도를 낮게 할 필요가 있는 경우

- ① 공작물의 재질이 단단하여 가공 시 불꽃을 낼 경우
- ② 날 끝의 수명을 연장시키고 싶을 경우
- ③ 흑피 표면 등과 같이 절삭공구를 마멸시키기 쉬운 경우
- ④ 니켈이나 망간 등의 함유량이 많은 재질의 경우
- ⑤ 절삭공구의 플랭크(frang) 마모가 빠른 경우

3.2 이송(feed)

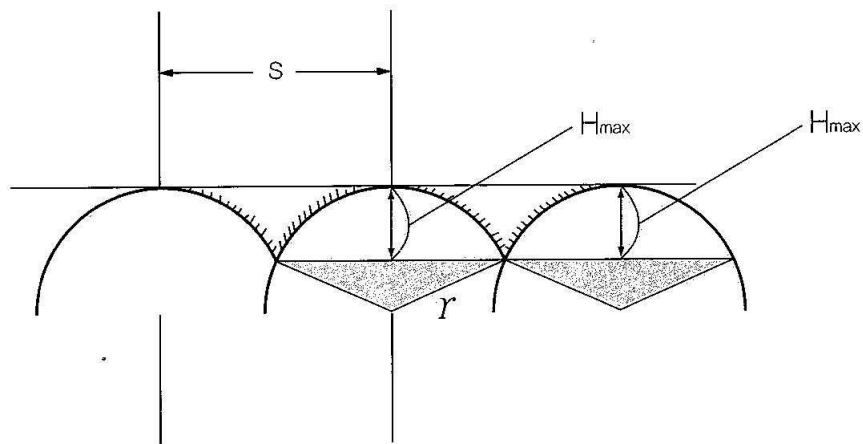
선반에서 이송은 공작물이 1회전할 때마다 바이트가 길이 방향으로 이동되는 거리이며, 단위는 회전당 이송(mm/rev)으로 나타낸다.

(1) 이송과 표면 거칠기

선반가공에서 가공면의 표면 거칠기는 절삭 방향 즉 가공물 길이 방향, 가공 면과 절삭 방향에 직각인 방향 즉 반지름 방향의 거칠기로 분리하여 생각할 수 있다. 길이방향 표면 거칠기는 이송에 의해서 나타나는 바이트의 자국이다.

선반(기본작업)

[그림 2-11]에서 바이트의 노즈 반지름을 r , 이송을 s 라 하면, 가공면의 이론적인 최대높이 H_{max} 는 다음 식으로 계산한다.



[그림 2-11] 노즈 반지름에 의한 가공면의 표면 거칠기 H_{max}

$$r^2 = \left(\frac{s}{2}\right)^2 + (r - H_{max})^2 = \frac{s^2}{4} + r^2 - 2r \cdot H_{max} + (H_{max})^2$$

$$\therefore H_{max} = r - \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}} = r - \frac{1}{2} \sqrt{4r^2 - s^2}$$

$$= r - \frac{1}{2} \left[2r + \frac{1}{2} (4r^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (-s^2) \right] = r - \frac{1}{2} \left[2r - \frac{s^2}{4r} \right]$$

$$H_{max} = \frac{S^2}{8r} \text{ mm}$$

H_{max} 의 값을 가공면의 표면 거칠기 이론값이라 한다.

(2) 이송의 영향

이론적으로 표면 거칠기를 양호하게 하려면 노즈 반지름을 크게, 이송을 작게 하는 것이 좋다. 그러나 노즈 반지름이 너무 커지게 되면 절삭저항이 증대되고, 바이트와 가공물 사이에 떨림이 발생하여 가공표면이 더 거칠어 지게 되므로 주의하는 것이 좋다. 노즈 반지름은 공구수명이나 가공면의 표면 거칠기에 많은 영향을 미치므로 일반적으로 이송의 2~3배로 하는 것

이 양호하다.

이송을 작게 하고, 고속절삭을 하면 가공면은 고와진다.

3.3 절삭 깊이(depth of cut)와 절삭면적

선반에서 절삭 깊이는 바이트로 가공면을 절삭하는 깊이이며, 절삭할 면에 대해 수직방향으로 측정한다.

(1) 절삭면적

절삭면적은 절삭 깊이와 이송량의 곱을 말한다.

(2) 절삭면적의 영향

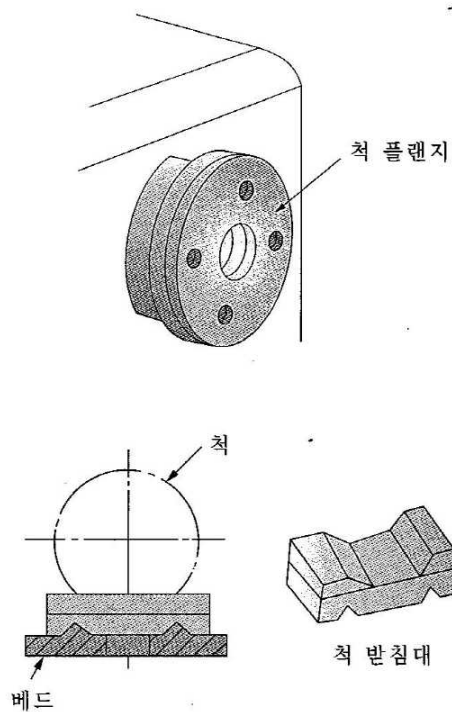
절삭면적이 크면 절삭능률은 좋지만, 절삭면적이 커지면 날 끝에 가해지는 힘(절삭저항)이 커져 절삭온도가 높아지고, 바이트의 수명도 짧아진다. 일반적으로 절삭면적이 클 때에는 절삭속도를 작게 한다.

기본 학습 4

4. 작업지시서에 따른 공작물 설치

4.1 척 설치 준비

- ① [그림 2-12]와 같이 척과 척 받침대를 준비한다.
- ② 베드 위에 나무로 된 척 받침대를 올려놓고 척을 받침대 위에 올려놓는다.
- ③ 선반의 주축 플랜지 면 및 척의 부착 면을 솔과 걸레로 깨끗이 닦는다.



[그림 2-12] 척 설치 준비

4.2 척 설치

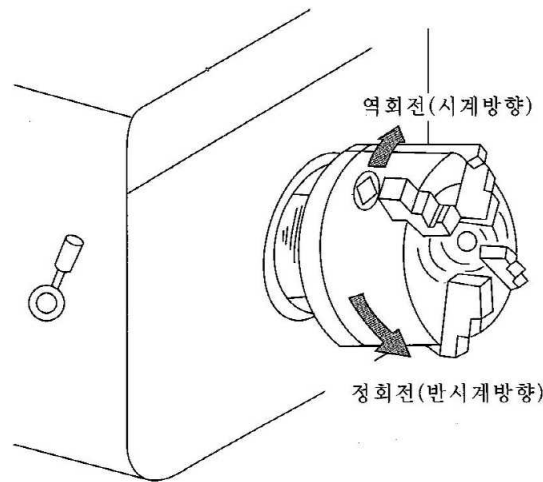
- ① 선반 주축 플랜지 면의 척 조립 볼트 구멍의 위치를 확인한다.
- ② 척을 두 손으로 들고 척의 볼트 구멍을 주축 플랜지 면의 볼트 구멍에

맞게 부착한다.

- ③ 척 체결용 육각 볼트 선단에 그리스를 살짝 문혀서 구멍에 끼우고 육각 렌치로 가볍게 조인다.
- ④ 서로 마주보는 볼트를 번갈아가면서 완전히 조인다.

4.3 척 설치 상태 확인

- ① 주축을 정·역 회전으로 2~3분간 공회전하여 척의 부착 상태를 [그림 2-13]과 같이 확인한다.
- ② 공회전 후 이상이 없으면 척 고정 볼트를 다시 한 번 조인다.
- ③ 척의 설치 상태가 불량하면 척을 떼어 내어 다시 설치한다.



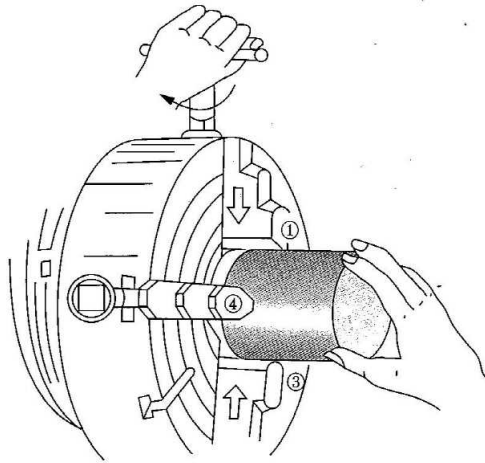
[그림 2-13] 척 설치 상태의 검사

4.4 공작물 고정 준비

- ① 척을 걸레로 깨끗이 닦는다.
- ② 선반 주축대의 변속 기어 레버를 중립 위치에 놓는다.
- ③ 공작물의 외경을 측정하여 외경 치수보다 조금 크고 척 판의 동심원에 맞게 4개의 척 조(jaw)를 풀어 놓는다.

4.5 공작물 고정

- ① [그림 2-14]와 같이 왼손으로 척 핸들을 잡고 오른손으로 공작물을 잡아 조에 30 mm 정도 끼워 넣는다.
- ② 척 앞면의 동심원을 기준삼아 공작물 지름을 보고 상부의 ❶번 조(jaw)를 조인다.
- ③ 오른손으로 공작물이 떨어지지 않게 받쳐 들고 척을 180° 회전시켜 같은 방법으로 ❸번 조를 가볍게 조인다.
- ④ ②항과 ③항의 같은 방법으로 ❷번과 ❹번 조를 조인다. 이때, 공작물이 조와 수평을 유지하도록 공작물을 가볍게 흔들어서 자리를 잡도록 한다.

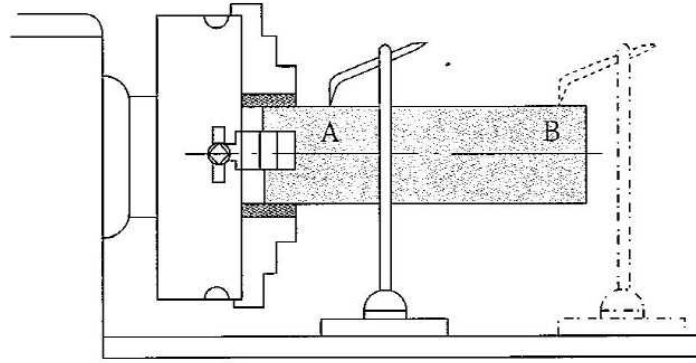


[그림 2-14] 공작물 고정

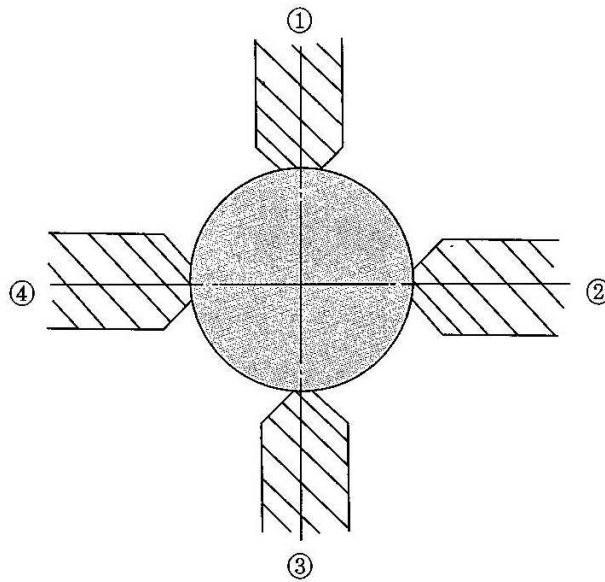
4.6 공작물 중심 맞추기

- ① 가로 이송대 위에 서피스 게이지를 놓고 바늘 끝이 [그림 2-15]의 A위치에 오도록 한다.
- ② 바늘 끝을 공작물 표면에 접근시키고, 척을 손으로 돌려서 바늘 끝과 공작물 표면과의 틈새 상태를 확인한다.
- ③ 틈새가 일정하지 않은 것은 공작물 중심이 주축의 중심과 일치하지 않은 것이다.
- ④ 서피스 게이지 바늘 끝을 공작물에 접근시켜 척을 돌릴 때, 바늘 끝이

공작물에 닿는 부위는 주축의 중심선보다 올라온 것으로 낮은 쪽 조 (jaw)를 풀 고, 높은 쪽 조는 조여서 중심 맞추기를 한다.

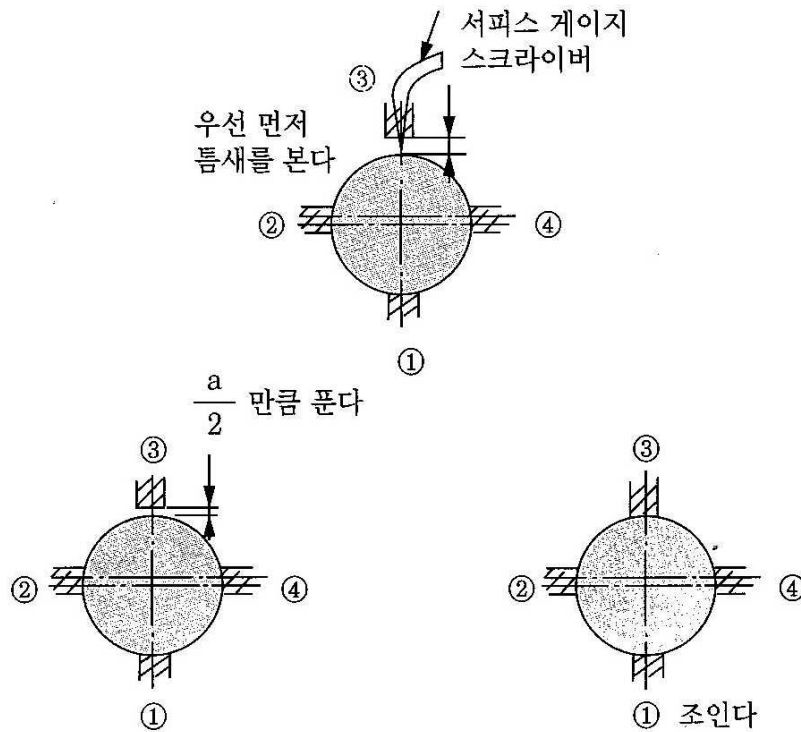


[그림 2-15] 공작물 중심 맞추기



[그림 2-16] 척 조(jaw)의 중심

선반(기본작업)



[그림 2-17] 중심 맞추는 방법

- ⑤ [그림 2-16] 척 조의 형상에서 ①번 조에서 바늘 끝이 접근하고 ③번 조에서 틈새가 생기면, ③번 조를 틈새의 1/2만큼 풀고 ①번 조를 조인다.([그림 2-17] 참조)
- ⑥ ②번 조와 ④번 조도 같은 방법으로 중심 맞추기를 한다.
- ⑦ 위의 ⑤항, ⑥항의 요령으로 공작물의 바깥 둘레와 서피스 게이지 바늘 끝의 틈새를 점차 작게 하여 틈새가 일정하게 될 때까지 반복한다.
- ⑧ [그림 2-15]의 A위치에서 중심 맞추기가 끝나면 왕복대를 이송시켜 서피스 게이지 바늘 끝을 B위치로 옮겨 연질 해머로 가볍게 두들기면서 중심을 맞춘다.
- ⑨ A의 위치에서 공작물의 중심을 정확하게 맞추었으나, B의 위치에서 공작물 중심이 많이 차이가 나는 경우에는 면 센터가 맞지 않는 경우이므로, 척 조(jaw) ①번, ②번 또는 ③번, ④번을 약간 풀고 가볍게 두들겨서 면 센터를 맞춘 후에 중심 맞추기를 한다.
- ⑩ 중심 맞추기가 완료되면 4개의 조(jaw)를 고르게 완전히 조인다.

기본 학습 5

5. 절삭조건 산출 및 적용

5.1 절삭속도

선반에서 초경합금 바이트로 지름 30 mm 의 저 탄소강재를 절삭공구 제조 회사의 추천 절삭속도 80~120 m/min로 가공하기 위하여 회전수를 공작기계에 적용하려면, 회전수를 구하는 공식

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} (\text{rpm}) \text{ 에 의하여}$$

$$n = \frac{1000 \times 80}{\pi \times 30} \approx 849 \text{ rpm}, \quad n = \frac{1000 \times 120}{\pi \times 30} \approx 1273 \text{ rpm}$$

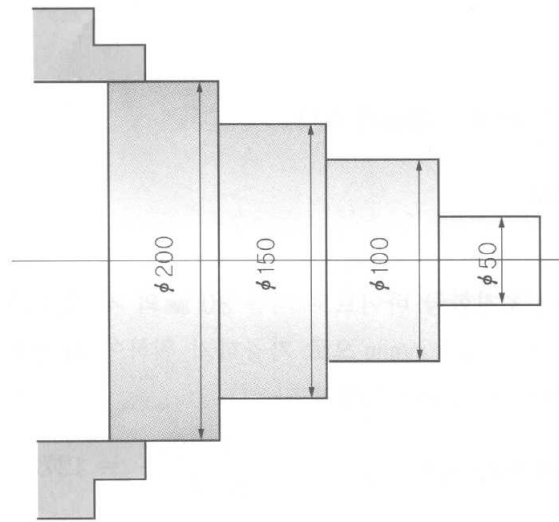
따라서 선반의 주축속도를 변환하는 회전수 중에서 849~1273 rpm 사이에 있는 회전수를 선정해야만 비로소 절삭속도가 적용된 것이다.

그러나 범용 공작기계에서 부품을 가공할 때, 일일이 계산된 회전수를 선정하기는 곤란하기 때문에 절삭속도에 의한 회전수를 근접하게 사용하는 것이 일반적인 방법이다.

절삭속도와 회전수는 비례 관계이며, 동일한 회전수에서 가공물 지름의 변화가 절삭속도에 미치는 영향은 지름이 커질수록 절삭속도는 커지고, 지름이 적어지면 느려진다.

가공하는 재료의 기계적 성질은 절삭속도에 본질적인 영향을 준다. 특히 가공재료의 인장강도 및 경도에 따라 변한다. 강도 또는 경도가 커지면 절삭에 많은 힘이 필요하다.

따라서 발생하는 절삭온도가 높아지고, 절삭공구의 마모량도 증대한다.



[그림 2-18] 동일 회전수에서 절삭속도와 가공물 지름과의 관계

[그림 2-18]에서 회전수가 500 rpm 으로 일정할 때,

φ 200은 절삭속도 약 314 m/min

φ 150은 절삭속도 약 236 m/min

φ 100은 절삭속도 약 157 m/min

φ 50은 절삭속도 약 79 m/min

$$V = \frac{\pi Dn}{1000} \text{ 에 의해}$$

선반 작업에서 소재 직경이 80 mm, 회전수가 1500 rpm 일 때 절삭속도를 계산하면

$$V = \frac{\pi Dn}{1000} \text{ 에서}$$

$$V = \frac{3.14 \times 80 \times 1500}{1000} = 376.8 \text{ m/min}$$

5.2 이송

선반에서 노즈 반지름이 0.4 mm 인 바이트를 사용하여 이송을 0.2 mm/rev 로 가공할 때, 공작물의 이론적인 표면거칠기를 계산하면

가공면의 표면 거칠기 이론값을 구하는 공식

$$H_{\max} = \frac{S^2}{8r} \text{ mm 에서}$$

$$H_{\max} = \frac{0.2 \times 0.2}{8 \times 0.4} = 0.0125 \text{ mm (12.5 } \mu\text{m)}$$

5.3 선반의 가공시간

선반에서 제품을 가공하기 위해 소요되는 시간을 산출하는 것은 반드시 필요하다. 해당 생산제품의 시간이 산출되어야 가격 산출 및 수량에 따른 납기 계획을 세울 수 있기 때문이다.

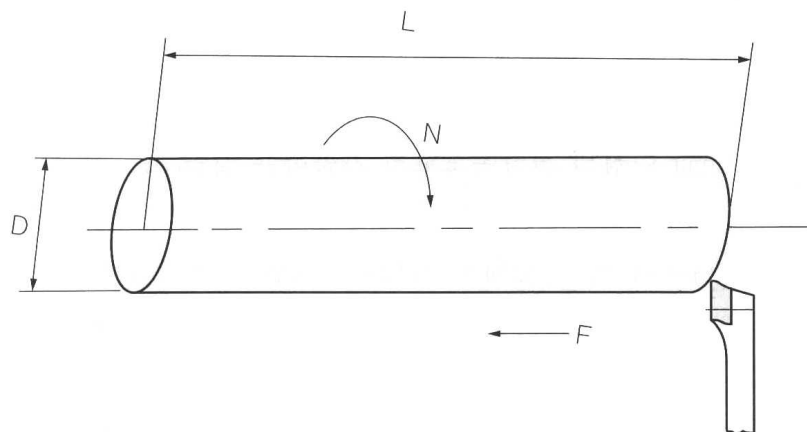
선삭에서 가공시간 T 를 구하는 식은 [그림 2-19]에서 가공물의 길이를 L 이라 하면, 바이트가 1분 동안 이송하는 거리는 회전수 \times 이송으로 표시할 수 있다.

따라서 가공시간 T 는

$$T = \frac{L}{ns} \times i \text{ min} \quad n : \text{회전수 rpm}, \quad s : \text{이송 mm/rev}, \quad i : \text{가공횟수}$$

로 나타낸다.

이때 가공시간은 가공준비시간, 여유시간, 바이트 준비, 교체시간 등을 제외한 오직 가공에만 소요되는 시간을 의미한다.



[그림 2-19] 가공시간

선반(기본작업)

지름 100 mm 의 저탄소강재를 회전수 300 rpm, 이송 0.25 mm/rev, 가공길이 50 mm를 1회 가공할 때 소요되는 시간을 산출하면

$$T = \frac{L}{ns} \times i = \frac{50}{300 \times 0.25} \times 1 \approx 0.67 \text{분} \approx 40 \text{초}$$

5.4 절삭동력

절삭에 필요한 동력은 절삭저항으로 크기로 계산할 수 있다.

공작기계의 전체 소비동력(total power consumption) N은 실제 절삭동력(effective cutting power) Ne 와 이송에 소비되는 동력(feed power) Nf, 손실동력(loss power) N_l로 표시한다.

즉, $N = N_e + N_f + N_l$ 이다.

유효 절삭동력은 주분력 P₁(N), 절삭속도를 V(m/min), 기계적 효율 η, 회전수를 n (rpm)이라 하면

$$N_e = \frac{P_1(N) \times V}{75 \times 9.81 \times 60 \times \eta} \text{ (PS)} = \frac{P_1(N) \times V}{102 \times 9.81 \times 60 \times \eta} \text{ (KW)}$$

이송에 소비되는 동력을 산출하는 계산식은 있으나, 절삭동력에 비하여 2~5% 정도의 매우 적은 동력이기 때문에 무시하는 것이 일반적이다.

손실동력 N_l은

$$N_l = N - N_e \text{ 로 표시한다.}$$

그러나 실질적으로 이송동력과 손실동력은 매우 작기 때문에 유효 절삭동력만으로 계산하는 경우가 대부분이다.

선반가공에서 주분력이 102 kgf 이고, 절삭속도가 200 m/min 일 때, 실제 절삭동력을 계산하면

$$P = \frac{P \times V}{75 \times 60} \text{ 에서}$$

$$P = \frac{102 \times 200}{75 \times 60} \approx 4.53 \text{ PS}$$

5.5 기계 효율

효율 η 는 공작기계의 능력을 비교할 수 있는 자료로서 절삭효율과 시간효율로 나누어서 생각할 수 있다.

기계 효율은 전체 소비동력에 대한 유효 동력의 비로서 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\eta = \frac{N_e + N_f}{N} \text{ 로 나타낸다.}$$

하지만 이송동력의 크기가 작기 때문에

$$\eta \approx \frac{N_e}{N} \text{ 으로 나타내기도 한다.}$$

기계효율은 공작기계의 구조, 구동장치, 가공방법, 마찰 등에 따라 변화량이 크다.