

학습모듈 개요

본가공 수행하기에서는 작업요구사항에 적절한 장비를 선택하고, 고정구의 종류를 파악하고, 공작물의 설치방법을 숙지하며, 절삭조건을 설정하여 안전하게 작업을 할 수 있는 능력을 키워야 한다

학습목표

일반목표

작업요구사항에 적절한 장비를 선택하고, 고정구의 종류를 파악하고, 공작물의 설치방법을 숙지하며, 작업지시서를 파악하고, 절삭조건을 결정하여 안전하게 공작물을 가공할 수 있다.

세부목표

1. 작업요구사항에 적절한 장비를 선택할 수 있어야한다.
2. 작업절차서, 작업지시서에 따라 공작물을 가공할 수 있어야 한다.
3. 수동작업시 이송속도, 이송범위, 절삭깊이를 조절할 수 있어야 한다.

주요용어

- 엔드밀, 어댑터, 피드

기본 학습 1

1. 장비 설정 및 조작

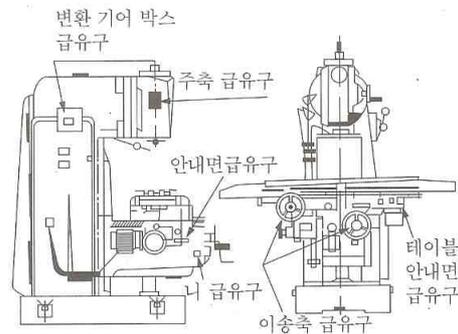
1.1 장비 설정

1. 밀링 머신의 각부 명칭을 익힌다.

- ① 칼럼(column), 니(knee), 테이블(table), 주축대로 크게 분류하여 익힌다.
- ② 급유할 부분을 알아본다.

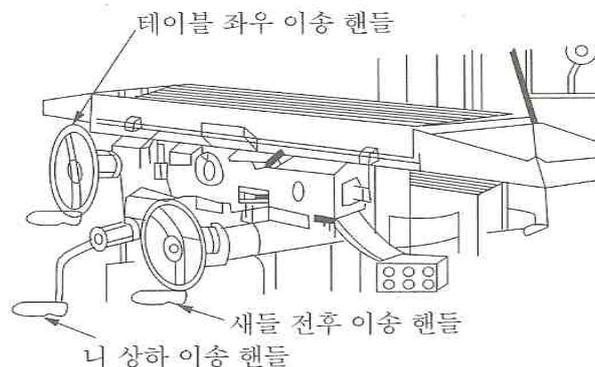
2. 급유한다.

칼럼, 새들, 니 등의 유량을 유면계로 점검하며, 유량이 부족할 때에는 지정된 윤활유를 급유한다.



3. 수동 이송 조작한다.

- ① 테이블 수동 이송 핸들을 좌우로 조작한다.
- ② 새들 수동 이송 핸들을 조작한다.
- ③ 각 부분의 클램핑 상태를 수시 확인하여 안전에 유의한다.

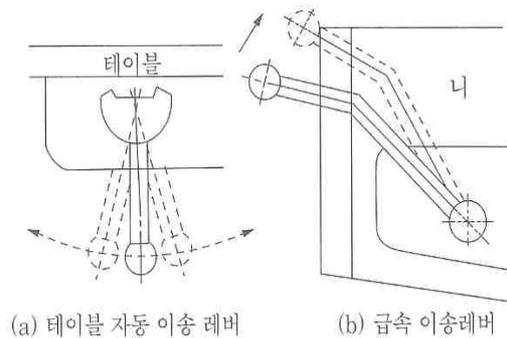


4. 자동 이송 조작한다.

- ① 자동 이송 속도 변환 레버를 저속으로 조작한다.
- ② 자동 이송 스위치를 켜다.
- ③ 테이블 자동 이송 조작 레버를 조작하여 우측 또는 좌측으로 조작한다.
- ④ 새들 자동 이송 조작 레버를 조작하여 전후로 움직이게 한다.
- ⑤ 니 자동 이송 조작 레버를 조작하여 상하로 움직이게 한다.

5. 급속 이송 조작한다.

- ① 테이블 자동 이송 조작 레버를 우측 또는 좌측으로 조작하여 자동 이송을 건다.
- ② 급속 이송 레버를 위로 올려 급속이송 조작한다.
- ③ 급속 이송 레버를 놓고 자동 이송 레버를 되돌린다.
- ④ 동일한 요령으로 새들, 니의 급속 이송 조작한다.
- ⑤ 급속 이송을 해제할 때에 급속 이송 레버를 살며시 놓아야 하며 급속 이송시 충돌에 유의한다.



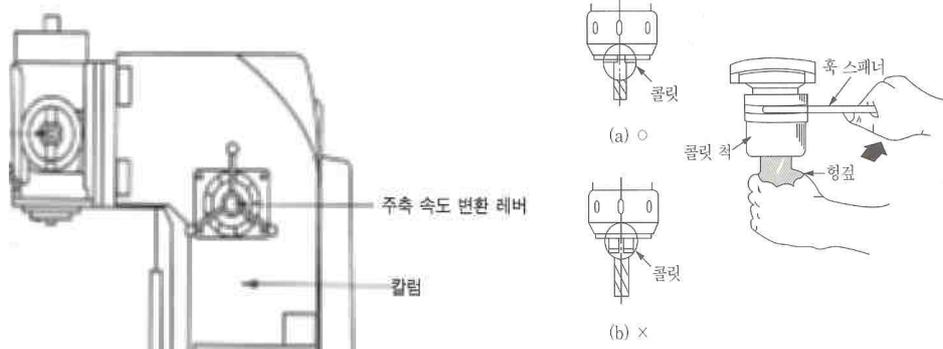
6. 주축 회전수를 변속 조작한다.

- ① 주축 속도 레버를 앞으로 당기면서 최저 회전수에 맞춘다.
- ② 변속 레버의 작동이 원활하지 않을 때에는 주축을 손으로 살며시 돌리면서 조작한다.

7. 엔드밀을 고정 및 분리한다.

- ① 콜릿 척의 안과 외부를 형겅으로 닦고 손바닥으로 받쳐 콜릿 척 내경에 가볍게 끼운다.
- ② 엔드밀을 깨끗이 닦아 콜릿에 가볍게 끼운다.

- ③ 손으로 먼저 조이고, 후크 스패너를 이용하여 단단히 조인다.
- ④ 위와 반대 방법으로 콜릿 척을 분리한다.



8. 퀵 체인지 어댑터(quick change adapter : 급속 교환 어댑터)를 고정한다.

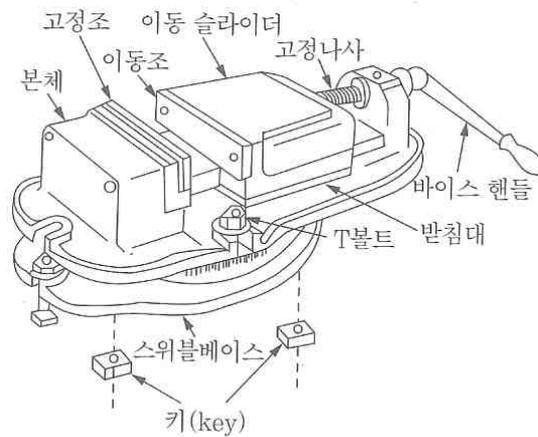
- ① 퀵 체인지 어댑터를 그림과 같이 고정한다.
- ② 정면 밀링 커터를 고정한다.
- ③ 정면 밀링 커터를 풀어낸다.



9. 바이스를 설치한다.

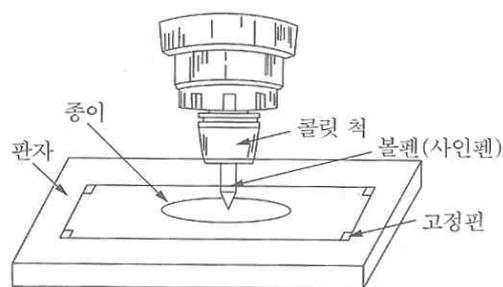
- ① 테이블과 바이스 밀면을 걸레로 깨끗이 닦고, 돌기 부분이 있을 때에는 기름숫돌 등으로 제거한다.
- ② 테이블 홈에 바이스 고정 키를 맞춘다.
- ③ 바이스 고정 위치는 테이블 좌측 1/3지점에 고정한다.
- ④ 바이스 고정 볼트를 끼워 약간만 조인다.
- ⑤ 바이스 조를 걸레를 깨끗이 닦는다.
- ⑥ 다이얼 게이지를 칼럼면에 고정하고 측정자를 바이스 고정 조에 대고 0.5[mm]정도 밀어 넣은 후, 눈금을 0에 맞춘다.
- ⑦ 조의 전체 길이를 접촉시켜 양단 끝의 지시 눈금 차이를 읽는다.

- ⑧ 지시 눈금 차이의 1/2만큼 바이스 핸들 쪽의 옆면을 연질 해머로 두들겨서 눈금 차이를 수정한다.
- ⑨ 조의 양단 차이가 없어질 때까지 수정을 반복하면서 바이스를 완전히 고정한다.



10. 마이크로 칼라의 사용 연습을 한다.(그림 36 참조)

- ① 콜릿에 볼펜이나 사인펜을 끼우고 콜릿 척에 설치한다.
- ② 테이블에 판자를 대고 그 위에 종이를 올려놓고 고정한다.
- ③ 니를 올려 볼펜과 종이가 살며시 닿도록 한다.
- ④ 테이블과 새들의 마이크로 칼라 눈금을 이용하여 치수 이동연습을 한다.



11. 정리 정돈한다.

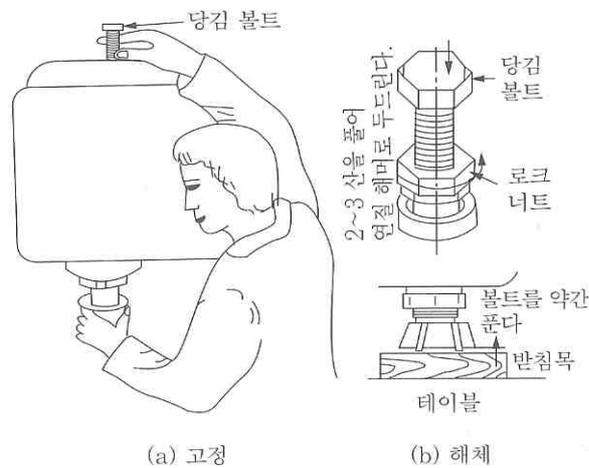
- ① 기계의 스위치를 끄고 모든 레버는 정위치에 놓고 자동 이송 레버를 중립에 놓는다.
- ② 지정된 기름을 급유한다.
- ③ 테이블의 중앙 지점에 새들의 중심에 위치하도록 한다.

- ④ 니를 최대한 하단에 닿도록 내려놓는다.(이것은 테이블과 새들의 무게로 인한 기계의 변형을 막기 위한 것이다.)
- ⑤ 새들을 칼럼에 가까이 놓는다.

12. 정면 밀링 커터를 고정 및 분리한다.

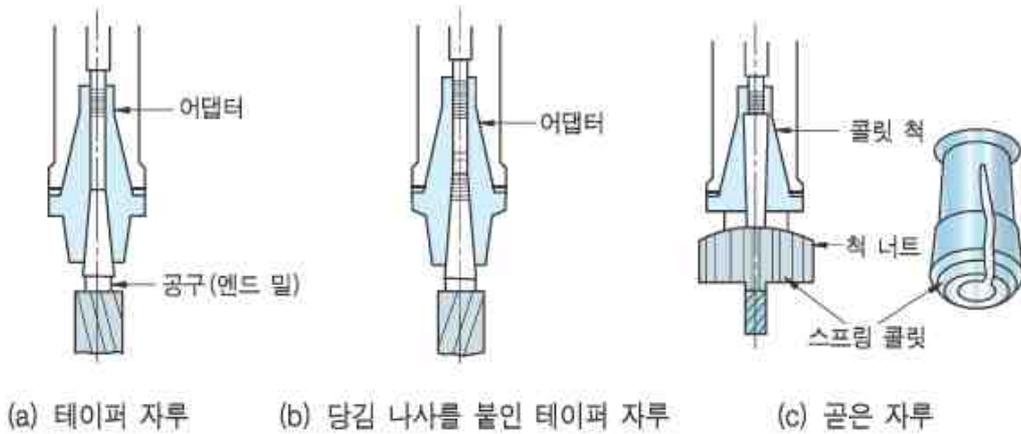
① 고정방법

- ㉠ 당김 볼트를 분해하여 걸레를 깨끗이 닦고, 나사부의 나사산에 이상이 없는가를 확인한다.
- ㉡ 주축 테이퍼 내면 및 정면 밀링 커터 테이퍼 부분을 걸레로 깨끗이 닦는다.
- ㉢ 오른손으로 헤드 상부의 당김 볼트를 돌려서 커터를 체결한 후 로크너트를 조인다.



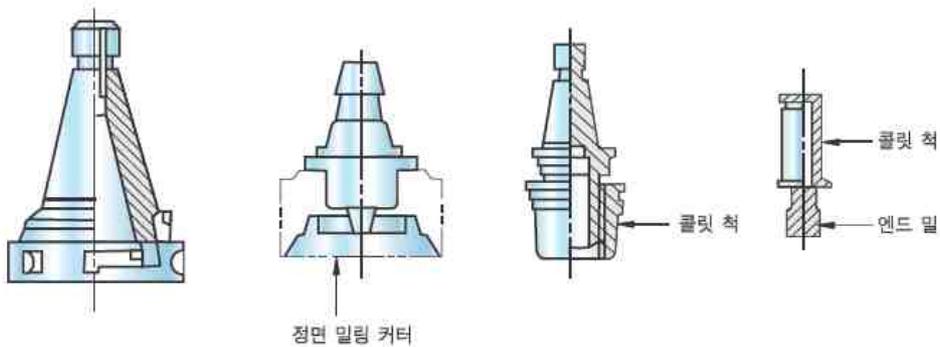
② 분리방법

- ㉠ 당김 볼트의 로크너트를 2~3산 푼다.
- ㉡ 당김 볼트 머리 부분을 연질 해머로 가볍게 두들겨서 테이퍼 부분의 밀착을 뗀다.
- ㉢ 오른손으로 정면 밀링 커터를 잡고 왼손으로 당김 볼트를 돌려서 분리한다.(커터를 한 손으로 잡지 말고 테이블 위에 나무판이나 고무판을 사용하여 받쳐준다.)



13. 밀링 척과 엔드 밀을 고정 및 분리한다.

- ① 밀링 척의 고정과 풀기는 정면 밀링 커터의 고정 및 분리 방법과 동일한 방법으로 작업한다.
- ② 밀링 척의 안지름부와 콜릿을 깨끗이 닦는다.
- ③ 사용할 엔드 밀의 자루 지름에 맞는 콜릿을 선정한다.
- ④ 왼손으로 엔드 밀을 잡고 오른손으로 혹은 스패너를 돌려서 밀링 척을 단단하게 죄다.
- ⑤ 그림과 같이 급속 교환 방식의 밀링 척은 여러 가지 공구를 사용하는 경우에 공구의 교환을 쉽고 편리하게 할 수 있다.

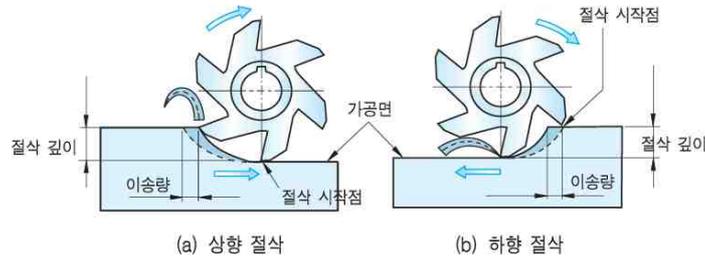


기본 학습 2

1. 밀링 가공 방법

1.1 상향 절삭과 하향 절삭

밀링 머신에 의한 가공에서 커터의 원둘레에 붙어 있는 절삭 날이 공작물과 접촉하여 깎는 방향은 두 가지로 구분할 수 있다. 그림과 같이 밀링 커터의 회전 방향과 반대 방향으로 일감을 이송하는 것을 상향 절삭(up cutting)이라 하고, 또 밀링 커터의 회전 방향과 같은 방향으로 일감을 이송하는 것을 하향 절삭(down cutting)이라 한다.

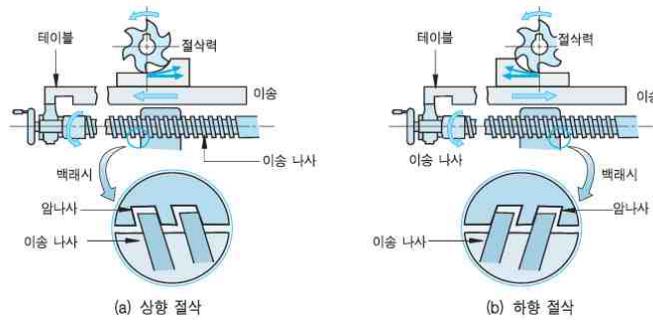


구분	상향 절삭(올려 깎기)	하향 절삭(내려깎기)
장점	<ul style="list-style-type: none"> ㉠ 밀링 커터의 날이 공작물을 들어 올리는 방향으로 작용하므로, 기계에 무리를 주지 않는다. ㉡ 절삭을 시작할 때 날에 가해지는 절삭 저항이 0에서 점차적으로 증가하므로 날이 부러질 염려가 없다. ㉢ 칩이 날을 방해하지 않고 절삭된 면이 쌓이지 않으므로 절삭열에 의한 치수 정밀도의 변화가 작다. ㉣ 커터 날의 절삭 방향과 공작물의 이송 방향이 서로 반대이고 따라서 서로 밀고 있으므로 이송 기구의 백래시가 자연이 제거된다. 	<ul style="list-style-type: none"> ㉠ 밀링 커터의 날이 마찰 작용을 하지 않으므로 날의 마멸이 적고 수명이 길다. ㉡ 커터 날이 공작물을 향하여 누르며 절삭하므로 공작물 고정이 쉽다. ㉢ 커터의 절삭 방향과 이송 방향이 같으므로, 절삭날 하나마다의 날 자리 간격이 짧고, 가공 면이 깨끗하다. ㉣ 절삭된 칩이 가공면 위에 쌓이므로 가공할 면을 잘 볼 수 있어 좋다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> ㉠ 커터가 공작물을 들어 올리는 방향으로 작용하므로 일감 고정이 불안정하고, 떨림이 일어나기 쉽다. ㉡ 커터 날이 절삭을 시작할 때 재료의 변형으로 절삭이 되지 않고 마찰 작용을 하므로 날의 마멸이 심하다. ㉢ 커터의 절삭 방향과 이송 방향이 반대이므로 절삭 자취의 피치가 길고, 마찰 작용과 아울러 가공 면이 거칠다. ㉣ 칩이 가공할 면 위에 쌓이므로 시야가 좁다. 	<ul style="list-style-type: none"> ㉠ 커터의 절삭 작용이 일감을 누르는 방향으로 작용하므로 기계에 무리를 준다. ㉡ 커터의 날이 절삭을 시작할 때 절삭 저항이 가장 크므로, 날이 부러지기 쉽다. ㉢ 가공된 면 위에 칩이 쌓이므로, 절삭열로 인한 치수 정밀도가 불량해질 염려가 있다 ㉣ 커터의 절삭 방향과 이송 방향이 같으므로, 백래시 제거 장치가 없으면 가공이 곤란하다.

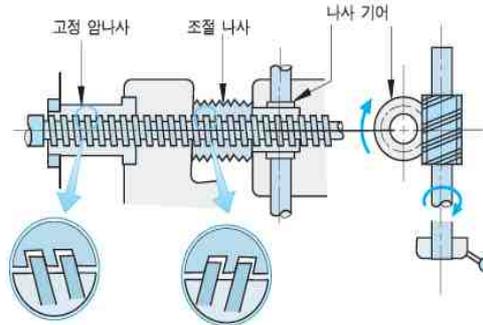
1.2 백래시 제거장치

상향 절삭에서는 그림(a)와 같이 이송 나사의 백래시가 절삭력을 받아도 절삭에 영향을 주지 않도록 되어 있다.

그러나 하향 절삭 때에는 (b)와 같이 절삭력의 영향을 받게 되어 일감에 절삭력을 가하면 백래시 양만큼의 이동으로 이송량이 급격하게 크게 되어 절삭 상태가 불안정하게 된다. 이러한 경우에는 백래시를 제거해야 한다.



그림은 백래시를 없애는 장치의 예를 나타낸 것으로, 고정 암나사 외에 다른 하나의 백래시 제거용 암나사가 있어 핸들을 돌리면 나사 기어에 의해 암나사가 돌아 백래시를 없애준다.



2. 분할 가공

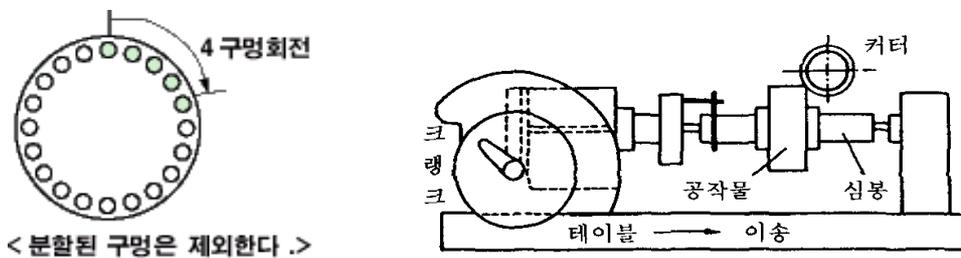
원통의 일감을 필요한 수로 등분하든가, 4각, 6각 등으로 가공하고자 할 때에 분할대를 사용한다. 또 분할대를 비틀림각 구동 장치 등과 함께 사용하여 베벨 기어나 드릴의 비틀림 홈 등을 깎을 수 있다. 바깥둘레를 등분하는 방법에는 직접 분할법, 단식 분할법, 차동 분할법이 있다.

2.1 직접 분할법(direct indexing)

직접 분할법은 주축의 앞면에 있는 24구멍의 직접 분할판을 사용하여 분할하는 방법이다. 이 때에는 웜을 아래로 내려 웜 휠과의 물림을 끊고 직접 분할판을 소정의 구멍 수만큼 돌린 다음, 고정 핀을 이 구멍에 꽂아 고정한다. 분할 구멍수는 24구멍이므로 24의 약수인 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24의 7종만 분할이 가능하다.

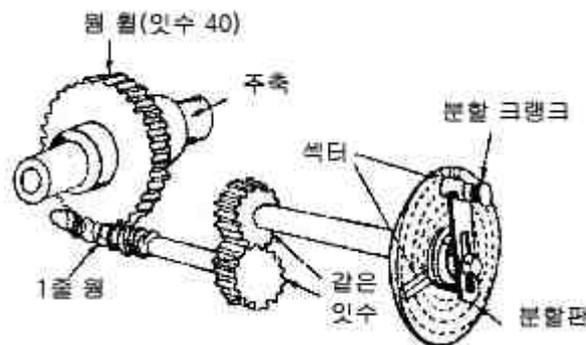
다음 그림은 직접 분할법을 나타내며 직접 분할법을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$x = \frac{24}{N} \quad \text{여기서 } x: \text{ 직접 분할판 구멍수, } N: \text{ 등분할 수}$$



2.2 단식 분할법(simple indexing)

단식 분할법은 직접 분할법으로 분할할 수 없는 수, 또는 분할이 정확해야 할 때 쓰인다. 분할 크랭크와 분할판을 사용하여 분할하는 방법으로, 그림에서 분할 크랭크를 40 회전시키면 주축은 1회전하므로 주축을 $\frac{1}{N}$ 회전시키려면 분할 크랭크를 $\frac{40}{N}$ 회전시키면 된다.



즉,
$$n = \frac{40}{N} = \frac{H}{N}$$

여기서, N : 일감의 등분 분할 수

N' : 분할판에 있는 구멍 수

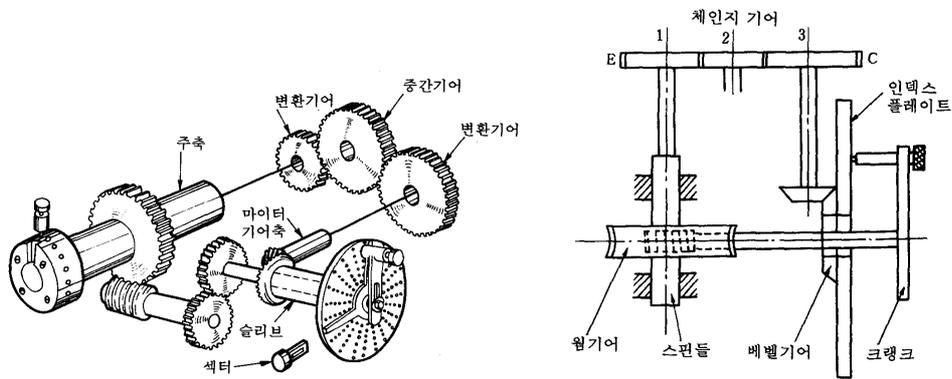
n : 분할 크랭크의 회전수

H : 크랭크를 돌리는 구멍 수

의 관계가 성립되며, 분할 크랭크는 N' 구멍 중에서 H 구멍 수만큼 돌리면 된다.

2.3 차동 분할법(differential indexing)

차동 분할법은 직접 분할법이나 단식 분할법에서 분할할 수 없는 61 이상의 소수나 특수한 수의 분할을 2종의 복합운동으로 분할하는 방법이다. 즉 분할판은 인덱스 핸들의 회전에 따라 움직이고, 또한 과부족량 만큼을 차동 변환기어를 작동하여 조절하는 방법이다. 차동 분할법에는 변환 기어가 1열로 된 단식 차동 분할법과 2열로 된 복식 차동 분할법이 있다.



① 차동 분할법의 원리

- ㉠ 인덱스 핸들을 돌려서 스펀들을 회전시켜, 스펀들 후방에 장치된 변속 기어를 거쳐서 인덱스 플레이트가 소요의 각도 만큼 인덱스 핸들과 같은 방향이거나 역방으로 회전시켜 분할.
- ㉡ 직접 분할법과 간접(단식) 분할법으로 할 수 없는 분할에 사용.(67, 97, 121 등의 61이상의 소수나 특수한 수의 분할)
- ㉢ 그림 27에서 보면 인덱스 핸들의 회전 전달이 인덱스 핸들 → 웜 기어 → 변속 기어 1, 2, 3 → 마이터 기어 → 플레이트 기어로 회전 전달.
- ㉣ 단식일 경우 변환기어 1, 3의 기어비가 1:1일 경우 스펀들 및 인덱스 플레이트의 회전이 동일함.(인덱스 핸들을 x 회전 하였을 경우 스펀들과 인덱스 플레이트는 동시에 $x/40$ 회전 함.)

기본 학습 3

1. 작업지시서

일감 번호	5	단 원	종합과제	관계 지식
소요 시간	5h	실습명	베이스가공(부품 ①)	밀링, 드릴링, 보링
실습목표	1. 일감을 평면과 직각이 맞도록 줄 작업을 할 수 있다. 2. 수직 밀링 머신에서 정면 커터를 사용하여 평면을 절삭할 수 있다. 3. 드릴의 종류와 드릴 작업을 설명할 수 있다.			
소요 기계 기 구			소요 재 료	
1. 바이스 2. 각종줄 3. 정반 4. 직각자 5. 측정기 6. 밀링 7. 드릴링 8. 리머 9. 기타 공구			1. 연강 41×71× t15	
실습안전 및 유의사항	1. 실습복을 단정하게 입고 실습에 임하도록 한다. 2. 줄의 손잡이가 잘 고정되었는지 확인한다. 3. 줄을 서로 부딪히지 않도록 관리하며, 망치 대용으로 사용하지 않는다. 4. 금긋기 선은 가늘고 선명하게 한 번에 긋는다. 5. 드릴 구멍이 끝날 무렵에는 무리한 이송을 하지 말고, 일감이 따라 돌지 않도록 주의하여야 한다. 6. 주축이 회전중에 변속하지 않는다. 7. 절삭 칩은 날카로우므로 청소용 솔로 제거한다.			
실 습 도 면				

기본 학습 4

1. 공작물 설치 및 기준면 가공

1.1 작업준비를 한다.

- 가. 도면을 검토하고 지급받은 재료를 확인한다.
- 나. 작업에 필요한 각종 공구를 지급 받아 작업대 위에 정리해 놓는다.
- 다. 정면 밀링 커터를 설치한다.

1.2 공작물을 고정한다.

- 가. 공작물을 깨끗이 닦고 바이스 중앙에 위치시켜 고정한다.
- 나. 공작물을 연질 해머로 가볍게 두드려 밀면에 밀착시킨다.
- 다. 공작물을 이동하여 커터에 접근시킨다.

1.3 육면체 가공을 한다.

- 가. 정면 밀링 커터를 회전시켜 커터 우측단 평면에 닿게하고, 너의 마이크로 카탈 눈금을 0점에 맞춘다.
- 나. 공작물을 좌측으로 보내고 눈금에 의해너를 올려 수동 이송으로 거친 절삭을 한다.
- 다. 도면의 치수대로 거친 절삭 후 다듬 절삭한다.
- 라. 측정공구를 사용하여 도면의 치수와 일치되는가를 확인한다.

1.4 금긋기를 한다.

- 가. 도면의 치수대로 엔드 밀 가공할 부분을 금긋기하고 계단 가공순서를 설정한다.
- 나. 무늬로 인하여 금긋기가 선명하지 않을 때에는 매직을 바르고 금긋기 한다.

1.5 엔드밀을 고정한다.

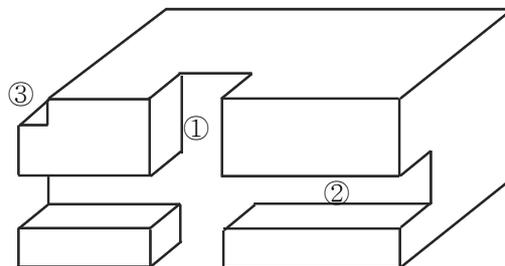
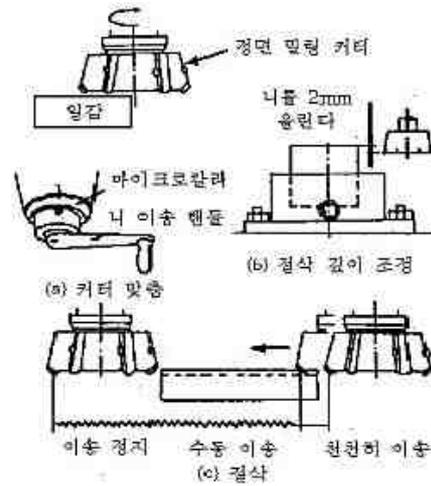
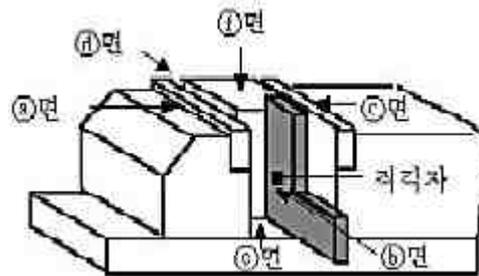
- 가. 콜리척을 설치하고 $\varnothing 10$ 엔드밀을 콜릿에 끼워 고정한다.

- 나. 생크부 전체가 콜릿에 고정되도록 끼운다.
- 다. 콜릿을 너무 무리한 힘을 가해서 조이지 않도록 한다.

1.6 홈가공을 한다.

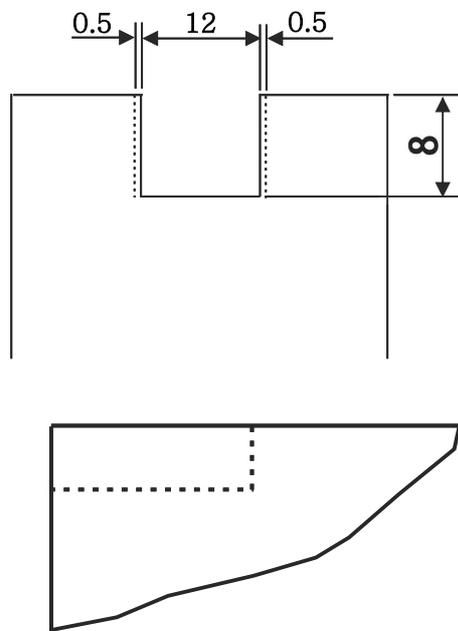
- 가. 공작물을 엔드밀 끝날에 일치시키고 너의 눈금을 0점에 절삭한다.
- 나. 공작물을 좌측에 보내고 너의 눈금을 8mm 올려 수동으로 한다.
- 다. 도면의 치수에 맞추어 폭13mm가 되도록 절삭하여 완성한다.
- 라. 폭 10mm도 같은 방법으로 절삭 한다.

1.7 엔드 밀을 Ø20으로 교환하여 고정한다.



1.8 단을 가공한다.

- 가. 엔드 밀의 날 끝을 공작물 위면에 접촉시켜 너의 마이크로 카탈 눈금을 0점에 맞춘다.
- 나. 테이블을 우측으로 이동시켜 공작물에서 엔드 밀을 떼어 놓는다.
- 다. 도면의 치수대로 7.5mm 너를 올리고 엔드밀의 원주날에 공작물 옆면을 접촉시켜 테이블의 이송 핸들의 마이크로 칼라 눈금을 0점에 맞춘다.
- 라. 테이블 및 새들 이송 핸들을 돌려 절삭 길이가 14.5mm 정도 되도록 절삭한다.
- 마. 상향 절삭일 때에는 엔드밀의 중심이 절삭될 때까지 절삭한다.
- 바. 충분한 절삭유를 공급하면서 도면의 치수에 맞추어 다듬 절삭하여 완성한다.



1.9 정리정돈한다.

- 가. 사용한 측정공구를 깨끗이 닦아 보관한다.
- 나. 사용기계를 청소하고 미끄럼부와 급유구에 급유한다.

기본 학습 5

1. 절삭조건

1.1 절삭속도의 선정

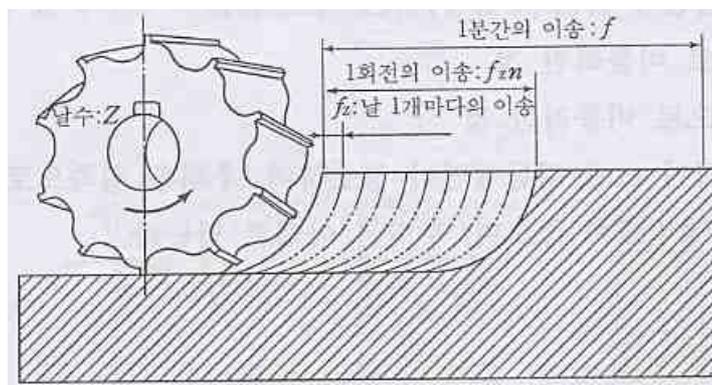
생산성을 향상시키고 능률적인 작업을 하기 위하여 적당한 절삭속도를 밀링에서 선정할 때 다음과 같은 원칙이 사용된다.

- 가) 밀링 커터의 수명을 길게 유지하기 위하여 절삭속도는 약간 낮게 선정한다.
- 나) 일반적으로 다듬질 가공에는 고속절삭과 작은 이송을 주며 황삭(roughing)에는 저속절삭과 큰 이송을 적용한다.
- 다) 처음으로 하는 작업에는 평균 절삭속도를 선정하고 낮은 절삭속도에서 시작한다.
- 라) 커터의 날 끝이 빨리 손상될 때에는 절삭속도를 감소시킨다.

1.2 절삭속도 및 이송

밀링의 절삭속도는 다음 식으로 계산된다.

$$\text{절삭속도 } v = \frac{\pi dn}{1000}$$



테이블의 이송 $f = f_z \times Z \times n$ (mm)

여기서, f : 테이블의 이송 속도(mm/min)

f_z : 밀링 커터의 날 1개마다의 이송(mm)

z : 밀링 커터의 날 수

가공물 재료	탄소강	고속도강	합금(황삭)	합금(다듬질)
주 철(연질)	18	32	50~60	120~150
주 철(경질)	12	24	30~60	75~100
가 단 주 철	9~15	24	30~75	50~100
탄소강(연질)	14	27	20~75	150
탄소강(경질)	8	15	25	30
알 루 미 늬	77	150	95~300	300~1200
황 동(연질)	30	60	236	180
황 동(경질)	25	50	150	300
청 동	25	50	75~150	150~240
구 리	25	50	150~240	240~300
에보나이트	30	60	240	450
베이클라이트	25	50	150	210
파 이 버	18	40	140	200

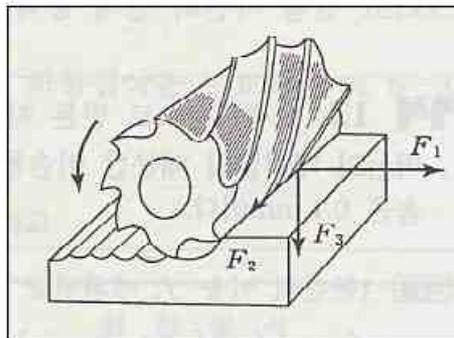
절삭속도 및 피드는 가공물의 재료, 밀링 커터의 재질, 절삭깊이, 절삭폭, 절삭동력 등 각종 조건에 따라 적당한 것을 선택하여야 한다. 일반적으로 절삭속도는 공구수명이 허용되는 한도내에서 큰 값을 선정한다.

1.3 절삭동력

밀링 머신의 절삭량은 매분의 절삭용적으로 표시하면

$$Q = \frac{b \cdot t \cdot f}{1000} \text{ [cm}^3/\text{min]}$$

여기서, Q : 매분 절삭량(cm³/min)
 t : 절삭깊이(mm)
 b : 절삭 폭(mm)
 f : 매분당 이송(mm)



절삭동력과 이송동력에 대한 일반식은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$N_c = \frac{F_1 \cdot V}{60 \times 75} [HP] = \frac{F_1 \cdot V}{102 \times 60} [kW]$$

$$N_f = \frac{F_2 \cdot f}{60 \times 75} [HP] = \frac{F_2 \cdot f}{102 \times 60} [kW]$$

1.4 절삭효율

밀링 머신의 전체동력 $P = (P_c + P_f)$ 에 대한 이송동력 (P_f)의 비는 다음과 같다.

$$\frac{P}{P_f} = \frac{F_1 \cdot V \cdot \eta_c}{F_2 \cdot f \cdot \eta_f} + 1$$

여기서, η_c : 주축의 구동효율, η_f : 이송 구동효율

그리고 주절삭 F_1 과 이송분력 F_2 가 형성하는 각을 θ 라 하면 $F_2 = F_1 \cos \theta$ 이다.
따라서, P 와 P_f 의 비는

$$\frac{P}{P_f} = \frac{V \cdot \eta_c}{f \cdot \eta_f \cdot \cos \theta} + 1$$

여기서, 절삭깊이가 작은 원주 밀링작업을 할 때에는 $\theta = 0^\circ$ 이고, 정면 밀링가공할 때에는 $\theta = 90^\circ$ 이므로 이송동력은 후자보다 전자가 크다. 구동효율은 운동기구 및 부하에 따라 다르나 보통 주축 구동효율은 70~90%이고, 이송구동효율은 15~30% 정도이다. 그리고, 밀링 머신의 전체 동력효율에 대한 이송 동력효율은 10~15% 정도이다.

1.5 절삭깊이와 절삭 폭의 선정

절삭깊이는 일반적으로 거친절삭에 3mm, 다듬질 절삭에 0.5mm 정도 하는 것이 보통이지만 실제의 절삭 깊이 값은 기계의 강도, 공작물의 형상, 공작물의 설치방법, 절삭여유 등에 따라 설정한다.

절삭 폭은 정면 커터의 지름에 비하여 너무 작을 경우에는 진동이 커져 치핑을 일으켜 공구의 수명이 단축되므로 일반적으로 정면 절삭에서는 커터의 지름에 대하여 50~60% 가 되도록 하는 것이 좋다. 또한, 1개의 날이 이송하면서 그리는 곡선을 스로코이드 곡선(throchoid curve)라 하며 이송속도에 따라 모양이 달라진다.

기본 학습 6

1. 작업 표준서에 따른 조치

1.1 작업표준서

제개정 일자		작업표준서 (밀링가공공정)	결 재	담당			대표
작성자	생산부장						
쪽 수	1/1						

1.2 사용설비 및 치공구

치공구	공구, 콜릿척, 엔드밀, 바이스, 연질해머, 측정기등	보호구	보안경, 칩브러쉬
설비명	수직밀링머신	기 타	

1.3 작업 내용

작업순서		점검항목	주기	비고
1	금긋기 하기. 육면체가공하기. 금긋기	직각도및치수확인	필요시	하이트게이지, 페이스커터
2	엔드밀가공하기 T홀가공하기 더브테일 홀 가공하기	가공치수확인	수시	밀링작업용 공구 및 측정기
3	조립상태확인 검사 및 마무리 정리정돈	제품확인	제작완료 후	

1.4 작업시 유의사항 및 이상 발생시 조치사항

작업시 유의사항	이상발생시 조치사항
안전작업, 불량율 감소, 정밀도	차상급자 보고 후 조치

1.5 작업담당자 교육이수 확인

교육일자	교육자 확인	피교육자 확인
	(서명)	(서명)
	(서명)	(서명)



1. 밀링 머신의 구조

밀링 머신은 사용 목적에 따라 일반형, 생산형, 특수형 등으로 분류되나 이 중에서 테이블 구조가 니형인 밀링 머신이 주로 사용되고 있으며, 구조나 구성 요소는 비슷하다.

밀링 머신의 구성 요소는 크게 칼럼, 니, 테이블, 주축, 오버 암, 이송 기구 등의 6가지 주요 부분으로 이루어져 있다.

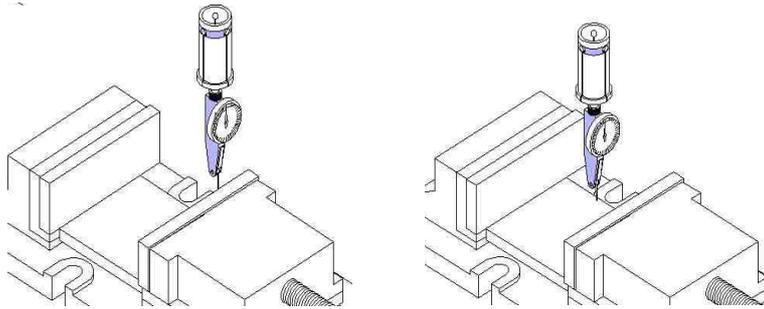
표시기호	내 용	표시기호	내 용
	밀링 머신 주축		테이블 하향 이송
	분당 회전수(주축 속도)		후방 테이블 이송
	(보통)테이블 이송		진방 테이블 이송
	고속 테이블 이송		수 동
	저속 테이블 이송		중 립
	분당 이송량(m/min)		다관 클러치
	각 테이블		조 정
	테이블 상향 이송		테이블 급속 이송

2. 밀링 바이스의 세팅 작업

밀링 바이스의 세팅 작업이 제대로 되어 있지 않으면 아무리 정확한 가공이 이루어 졌다고 하더라도 치수 정밀도는 정확하게 할 수 있으나, 기하 공차(직 각도, 평행도, 평면도 등)의 부정확으로 좋은 결과를 얻을 수가 없다.

2.1 평행도 조정 방법

그림과 같이 밀링의 콜릿 척(Ø8)에 테스터 인디케이터를 밀링 척에 고정한 다음 밀링 바이스의 기준면에 테스트 인디케이터를 대고 테이블을 가로로 이송시켜 평행도를 측정한다. 이때 테스트 인디케이터의 눈금이 1/100을 초과하면 밀링 바이스의 너트를 풀고, 고무망치들을 이용하여 평행도를 잡도록 한다.



2.2 평면도 조정 방법

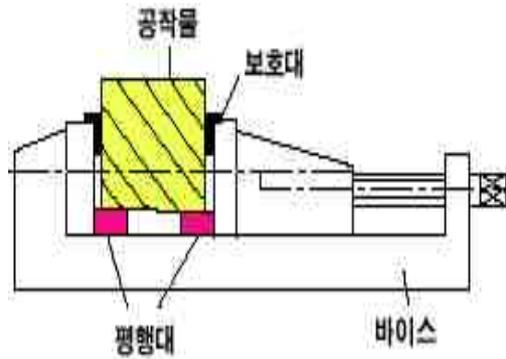
평행도의 측정 방법과 동일한 방법으로 밀링 바이스의 바닥면에 테스트 인디케이터를 대고 테이블을 세로로 이송시켜 평면도를 측정한다. 이 때 테스트 인디케이터의 눈금이 1/100을 초과하면 밀링 바이스의 너트를 풀고, 높낮이 조정 금속지를 이용하여 평면도를 잡도록 한다.



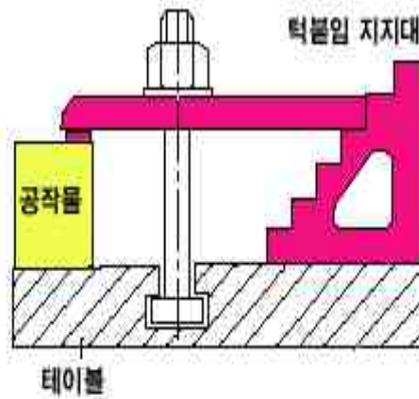
1. 공작물 고정법

공작물고정법에는 바이스에 의한 고정, 테이블에 직접고정, 부속 장치에 의한 고정이 있으며 가공물의 상태에 따라 적절한 고정방법을 선택한다.

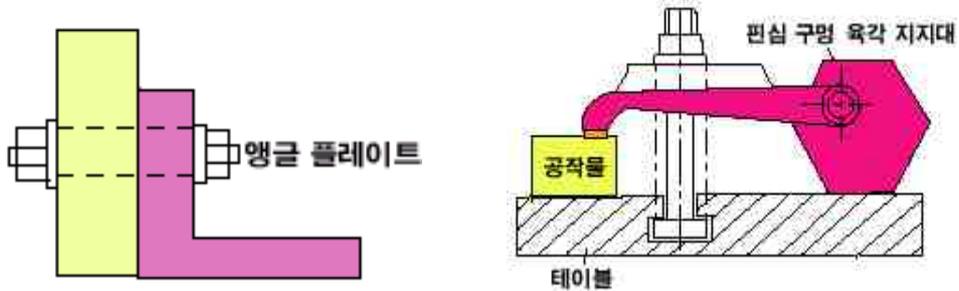
1.1 바이스에 의한 고정



1.2 테이블에 직접고정



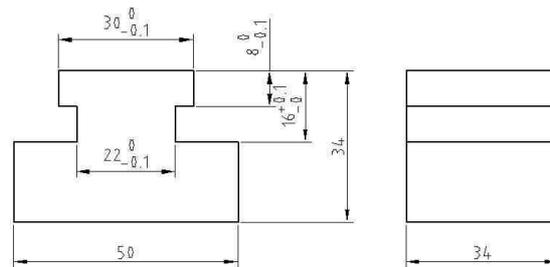
1.3 부속장치에 의한 고정



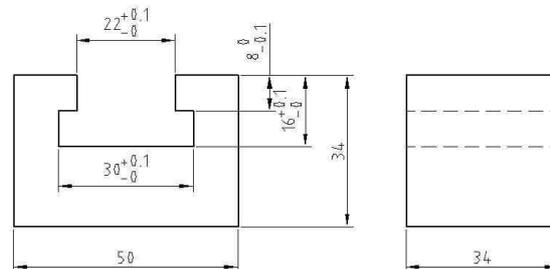


<p>작업과제명</p>	<p>T홈 가공하기</p>
<p>작업 목표</p>	<p>① T홈 커터의 역할과 사용 방법을 설명할 수 있다. ② 수직 밀링 머신에서 T홈 커터를 사용하여 T홈을 가공할 수 있다.</p>
<p>안전 및 유의사항</p>	<p>① T홈 가공은 엔드밀로 사각 홈을 먼저 가공한 다음 T홈 커터를 사용하여 깎는다. ② T홈 커터는 파손되기 쉬우므로 절삭량을 적게 하여 작업한다. ③ 육면체의 일감을 고정할 때는 긴 쪽 면이 밀링 바이스의 조면에 접촉하도록 한다. ④ 일감의 각 모서리 부분은 줄 가공을 하여 치수 측정 오차가 발생하지 않도록 해야 한다. ⑤ 엔드밀로 가공한 부분과 T홈 커터로 가공한 부분에 단이 발생하지 않도록 한다.</p>
<p>참고자료</p>	<p>실습과제 2. 직육면체 가공하기, 3. 홈 가공하기</p>

①



②



· 요구사항

가. 지급된 재료를 이용하여 도면과 같이 가공한다. 일반 모따기는 C0.2

나. 기준 치수 6mm 이하는 $\pm 0.1\text{mm}$, 6~30mm 이하는 $\pm 0.2\text{mm}$, 30~120mm 이하는 ± 0.3



학습정리

1. 장비를 설정하고 조작하기에 앞서 밀링머신의 각부 명칭을 인식한다. 밀링 머신은 크게 칼럼, 니, 테이블, 주축대로 크게 분류한다.
2. 밀링 커터의 회전 방향과 반대 방향으로 일감을 이송하는 것을 상향 절삭(up cutting)이라 하고, 또 밀링 커터의 회전 방향과 같은 방향으로 일감을 이송하는 것을 하향 절삭(down cutting)이라 한다.
3. 공작물의 특성에 따라 최적의 절삭조건을 설정하는 것에 대한 내용이 포함된다. 절삭조건은 절삭속도, 이송속도, 절삭동력, 절삭깊이, 폭 등을 고려하여 절삭하도록 한다.



종합평가

1. 공작물의 절삭조건을 설정하고, 적정한 가공 패턴을 설정 하는 것에 대한 내용을 요약 정리하여 설명하시오.
(설명)
2. 밀링가공 방법에는 상향절삭과 하향절삭으로 가공이 이루어진다. 밀링가공에 대한 내용을 요약 정리하여 설명하시오.
(설명)
3. 작업지시서에 따른 공작물 가공에 있어 공작물을 설치하고 기준면을 가공하는 방법에 대한 내용을 요약 정리하여 설명하시오
(설명)

학습모듈 개요

검사 및 수정하기에서는 공작물을 측정방법과 측정기의 종류를 파악하여 측정오차가 생기지 않도록 하고, 공구 수명 단축 원인과 가공치수 불량에 대한 원인을 분석하고 파악하여 측정 후 불량에 대한 수정가공을 통하여 가공오차를 줄이도록 하며 차후 가공작업에 반영한다.

학습목표

일반목표

검사 및 수정하기에서는 공작물을 측정방법과 측정기의 종류를 파악하여 측정오차가 생기지 않도록 하고, 공구 수명 단축 원인과 가공치수 불량에 대한 원인을 분석하고 파악하여 측정 후 불량에 대한 수정가공을 통하여 가공오차를 줄일 수 있다.

세부목표

1. 작업요구사항에 적절한 장비를 선택할 수 있어야한다.
2. 측정기의 종류를 파악하고, 측정기를 준비할 수 있어야한다.
3. 공작물에 대한 적절한 측정기를 선택하고 가공오차를 줄일 수 있어야 한다.
4. 공구 수명과 가공오차에 대한 원인을 분석하고 정밀한 가공을 할 수 있어야 한다.

주요용어

- 가공오차, 버니어캘리퍼스, 마이크로미터

1. 측정의 개요

1.1 측정

1) 측정과 검사

측정이란 부품의 각 부분에 대하여 정확한 치수를 수치와 단위로 표시하는 것을 말하며, 요구한 치수로 가공되었는지를 판정하는 일을 검사라고 한다.

2) 측정 오차

가. 측정기의 오차

측정기 자체가 가지고 있는 오차로서 계기 오차라고도 한다.

오차를 줄이기 위해서는 측정기를 소중하게 다루고 좋은 상태로 유지하며, 3회 이상 반복 측정하여 평균값을 얻는다.

3) 시차

측장자의 부주위에서 생기는 오차로 눈의 위치에 따라 눈금을 읽는 값이 오차가 생기는 오차를 말한다.

오차를 줄이기 위해서는 눈금판을 수직으로 읽는 습관을 기르면 오차를 줄일 수 있다.

4) 온도의 영향

정밀한 측정을 하기 위해서는 항온(20°C), 항습(58%)를 유지한 상태에서 측정을 해야 한다.

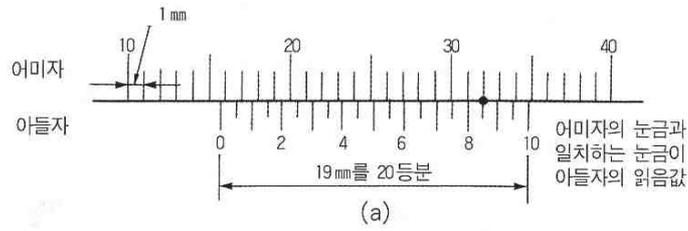
1.2 길이 측정

1) 버니어 캘리퍼스

버니어 캘리퍼스는 어미자와 아들자의 눈금을 이용하여 공작물의 바깥지름, 안지름, 깊이, 길이를 측정하는데 사용한다.

가. 눈금 읽는 방법

그림(a)에서 어미자의 최소 눈금이 1mm단위이고 아들자의 눈금은 어미자 19mm를 20등분한 것으로 눈금이 한 눈금이 0.95mm로 되어 있다. 측정값은 어미자의 눈금이 15mm, 아들자의 눈금이 0.85mm가 되며 $15 + 0.85 = 15.85$ 가 된다.



나. 0점을 점검하는 방법

- ① 조의 측정면을 깨끗이 닦고 흠이 있는지 확인한다.
- ② 슬라이더 조정 나사를 적당한 압력으로 조정한다.
- ③ 측정면을 일치시켜 빛을 비추어 보아 빛이 새어 나오는지 확인한다.

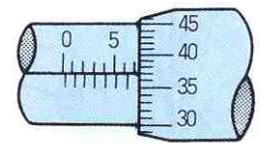
2) 마이크로미터

마이크로미터는 길이를 측정하는 측정기로서 버니어 캘리퍼스보다 정밀도가 높다.

가. 마이크로미터 사용방법

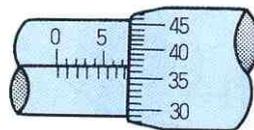
슬리브의 눈금을 읽고 심블의 눈금과 슬리브 눈금의 기준선이 만나는 심블의 눈금을 읽어서 슬리브의 읽음과 합산하여 길이의 치수를 읽는다.

그림 (a)에서 슬리브의 기준선과 일치된 심블의 눈금은 37을 가르키고 있으므로 0.37mm이고, 슬리브의 눈금은 7mm이므로 7.37mm가 된다. 그리고, 그림 (b)의 측정값은 7.87mm가 된다.



$$\begin{array}{r}
 \text{슬리브 읽음 } 7 \text{ mm} \\
 +) \text{ 심블 읽음 } 0.37 \text{ mm} \\
 \hline
 \text{마이크로미터 읽음 } 7.37 \text{ mm}
 \end{array}$$

(a)



$$\begin{array}{r}
 \text{슬리브 읽음 } 7.5 \text{ mm} \\
 +) \text{ 심블 읽음 } 0.37 \text{ mm} \\
 \hline
 \text{마이크로미터 읽음 } 7.87 \text{ mm}
 \end{array}$$

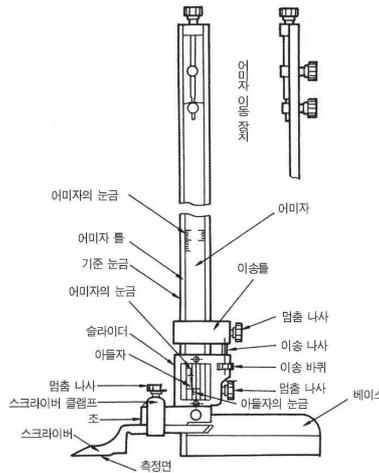
(b)

나. 0점 조정하는 방법

- ① 앤빌과 측정면을 깨끗이 닦고 흠이 있는지 확인한다.
- ② 일정한 측정력을 주어 0점과 슬리브의 기준선이 일치하는지를 확인한다.
- ③ 눈금의 차이가 적을 때에는 흑렌치로 슬리브를 돌려서 0점 조정한다.

3) 높이 게이지

높이게이지는 주로 정반위에서 정반면을 기준으로 공작물의 높이를 측정할 때나, 스크라이버를 붙여 금긋기를 할 때 주로 사용한다.



4) 다이얼 게이지

기준 게이지와 비교 측정하는데 사용하고, 그 밖에 조립면의 측정, 회전축의 흔들림, 이동량을 측정하는데 사용한다.

가. 다이얼 게이지 사용 방법

ㄱ. 선반작업에서 편심량을 측정할 때에 공작물의 위쪽 중심에 다이얼 게이지의 측정볼을 가볍게 접촉시키고 척을 회전시켰을때 다이얼 게이지의 읽음값은 편심량의 2배가 된다.

ㄴ. 평행도 측정은 다이얼 게이지의 측정자와 정반면 사이에 측정하려는 공작물을 넣고 다이얼 게이지를 좌우로 움직여 최소값과 최대값의 차이로 측정한다.

5) 실린더 게이지

가. 실린더 게이지 사용 방법

실린더 게이지는 안지름을 측정할 때 측정자를 공작물 속에 넣고 상하 좌우로 움직여 최대점을 찾아서 측정한다.

2. 각도 측정

2.1 각도 측정의 개요

- 1) 각도 측정은 테이퍼 축의 측정, 더브테일 각도 측정, 원주의 분할, 수평 및 수직도의 측정이 있다.
- 2) 각도의 단위를 나타내는 데에는 도 및 라디안이 있다.
- 3) 원 둘레를 360등분 한 호에 대한 부채꼴의 중심각을 도(°)라하며, 1도의 1/60을 1분, 1분의 1/60을 1초라고 한다.

2.2 각도 측정

1) 직각자

직각자는 2개의 면이 조립된 것에 대하여 직각인지를 측정하거나 직각자를 이용하여 기계부품이나 공작물의 각도 기준의 측정에 사용된다.

가. 직각도 측정

공작물의 직각도를 측정할 때에는 직각자를 사용하여 측정하며, 측정순서는 공작물의 기준면에 따라 순차적으로 한다.

2) 기울기 측정

삼각법을 이용하는 각도 측정에는 사인바, 탄젠트 바가 있다. 사인바는 받침인 두 롤러의 중심 거리를 직각 삼각형의 빗변으로 하고 높이를 블록 게이지로 조절하면, 이때 만들어진 각은 사인함수로 쉽게 계산할 수 있다. 사인바를 사용하는 경우 각도 α 는 $\sin \alpha = H - h/L$ 또는 $\alpha = H - h/L$

3) 테이퍼 측정

테이퍼는 공작물의 길이에 따라 지름이 변하는 것을 말하며, 테이퍼의 측정은 삼각법에 의하거나 테이퍼 게이지로 검사한다.

3. 형상 측정

3.1 형상과 위치의 정밀도 측정

높은 정밀도의 부품을 생산하기 위하여 공작물의 부품 모양을 구성하는 하는 형상과 위치에 대하여 엄밀한 규제를 하게 되면 제작자는 설계자가 요구하는 기하학적인 공차범위로 가공할 수 있다.

공작물의 기하학적인 요소(점, 선, 면)의 형상 및 위치에 관한 단일 요소는 진직도, 진원도, 원통도, 평행도, 직각도, 경사도, 흔들림 등이 있다.

3.2 평면도와 진직도 측정

평면도는 기계의 평면부분이 기하학적 이상 평면으로부터 어느 정도 벗어나 있는지를 나타낸 것이며, 진직도는 기계의 직선부분이 기하학적 직선으로부터 어느 정도 벗어나 있는지를 나타낸 것이다.

1) 정반

검사 및 측정용 기준 평면으로 사용되며 표면을 평탄하게 다듬질한 면을 가진 블록이다.

2) 곧은 자

곧은 자는 면의 평면도 검사에 사용된다.

3.3 진원도와 원통도 측정

진원도는 원통부분이 직선으로부터 어긋남의 크기를 말하며, 원통도는 원통 부분의 2개소 이상의 지름이 불균일한 크기로서 지름의 최대 값과 최소 값의 차로 나타낸다.

1) 반지름 법에 의한 진원도 측정

공작물을 센터로 지지하고 360° 회전시켰을 때에 측미기 지침의 최대 값과 최소값의 차로 측정하는 방법이다.

2) 지름법에 의한 진원도 측정은 외측 마이크로미터, 실린더 게이지등으로 2점 측정기로 얻어진 측정값으로 측정한다.

3) 원통도 측정

공작물이 짧은 경우에는 양 끝단 2개소, 긴 경우에는 여러 개소의 단면의 지름을 측정한다.

3.4 동심도 측정

기계는 원통부분이 기준 축 중심과 동일 직선상에 있을 때 축의 중심에 대하여 수직인 단면이 기준 축 중심에서 어긋나는 크기이다.

3.5 평행도 측정

기계는 직선 부분 및 평면부분이 기준이 되는 직선 또는 평면에 대하여 평행인지 아닌지를 나타내는 것이다.

기본 학습 2

1. 공구 수명

1.1 개요

각 작업 조건에 따라 공구 수명에 대한 기준은 다르게 적용할 필요가 있으므로, 공구 수명을 한마디로 명확하게 정의하는 것은 간단하지 않다.

다만, 일반적으로 새 공구로 가공을 시작한 후 만족스러운 제품을 가공할 수 없게 되었을 때까지를 공구 수명이라고 할 수 있다.

예를 들면, 정삭 작업에서는 표면 거칠기나 가공 정밀도 문제가 없을 때까지, 황삭 작업에서는 공구가 파손되기 전까지를 공구 수명으로 볼 수 있으며, 경우에 따라 공구 재연마 사용 횟수를 늘리기 위해, 공구 수명을 약간 짧게 관리할 필요도 있다.

일반적으로 다른 조건이 동일하다면 공구 수명은 절삭속도, 이송률, 절삭깊이의 순서로 영향을 받는다.

1.2 테일러의 공구 수명식

공구 수명 판정 기준에 관계없이, 일반적으로 다른 모든 조건이 동일하다면 절삭 속도 증가에 따라 공구 수명은 급격하게 감소된다.

Taylor는 1907년 공구 수명과 절삭 속도가 아래 식과 같은 관계를 가짐을 밝혔다.

$$V T^n = C_t$$

V : 절삭 속도 (m/min)

T : 공구 수명(분)

C_t : 피삭재와 공구 재질, 절삭 깊이, 이송률, 절삭유제 등에 따른 정수

n : 피삭재와 공구 재질 등에 따른 정수(일반적인 절삭에서 1/5~1/10 수준)

윗식에서 보는 것처럼 생산성을 올리기 위해 절삭속도를 올리면, 공구 수명이 급속하게 줄어들게 되므로 공구비용과 공구 교체 시간이 증가한다.

요구 사이클 타임 등의 문제로 불가피한 경우도 있지만, 제조 원가를 최소화

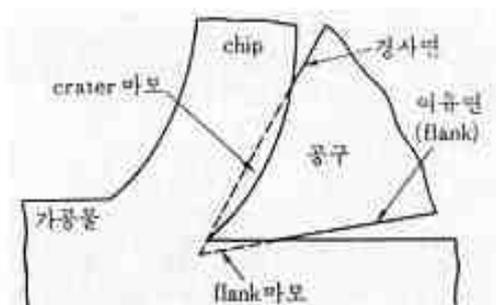
한으로 할 수 있는 경제적 절삭 속도를 찾아 적용하는 노력이 필요하다.

적절한 공구 재료의 선정, 절삭 조건의 결정은 생산성이나 제조 원가에 큰 영향을 미친다.

1.3 공구 손상의 분류

공구 손상은 마찰이나 충격, 진동 등 기계적 원인에 의한 마모와 열적, 화학적 작용에 의한 마모로 구분할 수 있으나, 실제 마모는 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 발생하게 된다.

정상 마모의 대표적인 형태는 여유면 마모(Flank Wear)와 크레이터 마모(Crater Wear) 두가지로 구분할 수 있으며, 일반적으로 여유면 마모는 기계적 원인, 크레이터 마모는 열적, 화학적 작용의 영향을 더 많이 받는다.



1) 열적, 화학적 작용으로 인한 마모의 구분

- 열확산 : 고온으로 인한 열진동에 의해 공구와 피삭재의 구성 성분이 서로 혼합되는 현상
- 용착 : 피삭재가 재결정 온도 이상으로 가열되어 공구면에 응착
- 압착 : 재결정 온도 이하의 피삭재가 절삭시의 높은 압력으로 공구면에 응착
- 화학적 반응에 의한 마모 : 고온에서 공구재, 피삭재, 절삭유제(특히, 극압첨가제)의 화학적 반응 산화, 유,염화유의 부식 작용 등으로 마모 증대
- 전기 화학적인 마모 : 고온에서 공구재, 피삭재 중의 불순물로 인해 발생한 기전력으로 화학 반응이 촉진되어 마모 속도 증가
- 기타 열 피로(Thermal Fatigue), 열 균열(Thermal Crack) 등

2) 공구 마모 형태별 구분

① 여유면 마모 (Flank Wear)

공구 여유면 랜드부에 생기는 마모를 말한다.



대표적인 정상 마모의 형태로 육안으로 쉽게 관찰이 가능해 일반적으로 공구 교환 시기에 대한 판단 기준으로 사용된다.

경우에 따라 다르지만 일반적으로 마모 폭이 정삭시 0.1~0.2 mm, 황삭시 0.5~1.0 mm 정도면 교환해 주는게 좋다.

여유각(Relief 또는 Clearance Angle)이 클수록, 즉 공구 날끝이 날카로울수록, 여유면 마모 속도를 줄일 수 있으나, 날끝 강도가 약해져 파손 위험이 증가한다.

고경도 피삭재, 중절삭, 취성이 있는 고경도 공구 재료일 경우 작은 각으로 하고, 연한 피삭재, 경절삭, 인성이 우수한 공구 재료일 경우 큰 각으로(날카롭게) 하는 것이 좋다.

- 특히 스테인리스강 등 질긴 재질일 경우 표면 거칠기 개선을 위해 크게 할 필요가 있다.

② 크레이터 마모 (Crater Wear)

절삭날 윗 경사면(Rake)에 생기는 분화구 형태의 마모를 말한다.



보통 피삭재가 Crater 하단부에 용착되어 마모 상태 파악이 어려운 경우가 많다.

불가피한 정상 마모의 형태로 볼 수 있으나, Crater 성장 속도가 너무 빠를 경우 절삭 조건 등을 변경할 필요가 있다.

③ 치핑 (Chipping)

기계적 충격으로 날끝이 미세하게 이빨 빠진 형태로 파손되는 경우를 말한다.



취성이 있는 고경도 공구로 단속 절삭할 경우 주로 발생한다.

치핑 방지를 위해서는 상면 경사각을 음의 값으로 하는 것이 유리하다.

예를 들어 초경 엔드밀을 고속도강 엔드밀의 형상과 같이 상면 경사각을 양의 값으로 제작해 사용하면 고속 가공시 치핑이 발생하기 쉽다.

일반적으로 양의 상면 경사각은 공구인선을 예리하게 하며 절삭성이 좋아지고 절삭저항이 낮아지게 되어 절삭열의 발생도 억제할 수 있다.

그러나, 초경합금은 고속도강에 비해 경도, 내열성에서는 우수하지만 인성이 낮기 때문에 고속도강 엔드밀의 형상을 그대로 초경 엔드밀에 적용하면 고속 가공시 치핑이 발생하기 쉽다.

따라서, 고속 가공용 초경 엔드밀은 상면 경사각을 음의 값으로 제작하여 공구인선의 강성을 증가시켜야 칩핑의 발생을 억제할 수 있다.

그러나, 상면 경사각을 음으로 하면 절삭성이 나빠지므로, 절삭성의 향상을 위하여 보통 비틀림각(Helix Angle)을 증가시키는 등의 방법을 같이 사용한다.

④ 결손 (Scratching)

칩핑보다 약간 큰 형태로 날끝이 파손되는 경우를 말한다.



⑤ 파손

절삭날 전체의 파손을 말한다.

⑥ 박리 또는 분리 (Cracking)

공구의 표피가 벗겨지는 형태로 떨어져 나가는 것을 말한다.

⑦ 소성변형 (Deformation)

절삭시의 고온으로 날끝이 소성변형을 일으키는 것을 말한다.

⑧ 균열

열 충격 등으로 공구에 금이 가는 것을 말한다.

⑨ 완전손상

공구가 완전 손상되는 것을 말하며, 공작물이나, 공구 홀더까지 같이 손상될 수 있으므로 가능한 발생하지 않도록 할 필요가 있다.

3) 공구 수명 판정 기준

공구가 어느 수준 이상으로 마모되면 절삭 저항이 증가하고 가공 정도 및 표면 거칠기가 저하되며 절삭 온도도 상승하는 등 절삭 가공에 나쁜 영향을 미치므로, 공구 교체 시기 결정을 위한 공구 수명 관리는 아주 중요하다.

특히, FMS 등 무인화된 자동화 라인은 가공 상태를 감시하는 작업자가 없는 경우가 많아 공구 수명 관리가 필수적이라고 할 수 있다.

가) 공구 수명 판정 방법

공구 교체 시기 판단을 위한 공구 수명 판정 방법은 여러 가지가 있다. 각 공장별로 처한 상황에 따라 적합한 방법을 찾아 현실적인 기준을 정하고 적용할 필요가 있다. 한 공장 내에서도 장비별, 공정별로 다르게 적용할 필요도 있으며, 작업 조건에도 많은 영향을 받게 되므로 작업 표준화와 병행해서 검토하는 것이 유리하다.

① 사용 시간 또는 가공 개수

일반적으로 무인 자동화 라인에 적용하기 용이한 공구 수명 판정 기준이라고 할 수 있다.

단, 사용 조건에 따라 공구 수명이 영향을 받게 되므로, 충분한 사전 공구 수명 조사가 선행되어야 한다.

정삭 여유 등 절삭 조건, 공구 재료 및 공구의 기하학적 형상, 절삭유제 등도 공구 수명에 큰 영향을 미치므로 공구 수명 조사와 함께 제조 원가를 고려한 최적의 조건을 찾는 노력도 병행할 필요가 있다.

② 절삭 동력 (주축 모터 부하 또는 공구 동력계)

공구 마모가 진행되면 일반적으로 절삭 저항이 커지고, 주축 모터에 걸리는 부하도 증가한다. 물론, 공구가 완전히 파손되어 공회전 상태가 되면 주축 부하는 급격하게 감소한다.

보통은 새 공구를 설치한 상태에서 가공 개시부터의 시간 경과에 따른 주축모터 부하 변화를 CNC에 기억시켜 두고, 다음 제품부터는 기억된 주축모터부하 전류와의 차이값으로 공구 마모 상태를 감시하도록 하는 방법을 사용한다.

예를 들면 기억된 주축 모터 부하 전류값과 몇 % 이상 차이가 날 경우 (이 기준은 사전에 설정), 공구 이상으로 판단하도록 하는 등의 방법이다.

단, 절삭 깊이가 아주 작은 정삭 등의 경우, 주축 모터 부하 변동이 작아 적용이 어렵고, 가공량이 일정치 않은 주물이나 단조품의 표피 제거 가공시 등도 적용이 어렵다.

주축 모터 부하 대신, 압전 소자나 변형 게이지(Strain Gauge)로 절삭 저항을 직접 측정할 수 있도록 한 공구 동력계(Tool Dynamometer)를 사용하는 경우도 많이 실용화되고 있다.

③ 다듬질면 상태

공작물의 표면 상태를 육안으로 보고 공구 상태를 판단하는 방법이다. 작업자가 가공 상태를 계속 감시할 수 있는 범용 장비 작업 등의 경우에 적용할 수 있다.

④ 마모량

일반적으로 육안으로 쉽게 관찰이 가능한 여유면 마모량을 공구 교환 시기에 대한 판단 기준으로 사용한다.

다만, 공구 마모는 정상적인 사용조건에서 일정한 속도로 증가하는 경향을 보이지만, 저속에서는 약간 다른 형태로 마모가 진행될 수 있으므로 마모 정도를 공구 교체 시기 판단 기준으로 활용시 신중하게 결정할 필요가 있다.

예를 들어, 고속도강 드릴 사용시 어느 정도 마모가 진행된 상태에서 오랫동안 더 이상 마모가 진행되지 않는 상태가 지속되는 경우가 많다.

또한, 공구 마모량을 공구 교환 시기에 대한 판단 기준으로 사용할 경우, 재연마 사용 가능 횟수 등도 같이 고려해야 된다.

예를 들면, 정삭 엔드밀의 경우 공구비 절감을 위해 재연마 사용 가능 횟수를 최대한 늘릴 필요가 있으며, 이를 위해 재연삭량을 0.02mm로 관리한다면, 그에 따른 여유면 마모 허용 기준을 정해주어야 된다.

⑤ 공작물 치수 변화

공작물의 치수 변화로 공구 상태를 판단하는 방법이다. 일반적으로 작업자가 가공 작업중 공작물의 치수를 쉽게 직접 측정할 수 있는 경우에 적용한다.

예를 들면, 한계 게이지를 이용한 나사의 측정, 또는 실린더 게이지를 이용한 리이머 나 보링 바 가공 구멍 등이 될 수 있다.

무인 자동화 라인의 경우는 공작 기계에 자동 측정 기능 등을 부착해 측정하거나, 시스템 구성 장비에 3차원 측정기(Coordinate Measuring Machine)를 포함시키는 등의 방법을 사용한다.

⑥ 진동

절삭 가공시의 진동이나 소리로 공구 상태를 판단하는 방법이다. 일반적으로 작업자가 가공 상태를 감시할 수 있는 경우는 경험이나 감각을 이용한다.

근래에는 무인 자동화에 적용하기 위해 가공 중 발생하는 초음파(Acoustic)로 가공 상태를 감시하는 방법도 시도되고 있다.

⑦ 공구 파손

공구가 파손될 때까지를 공구 수명으로 하는 방법이다.

단, 공구가 파손될 때까지 사용할 경우 공구 파손시 공작물이 손상될 수 있고, 공구 홀더도 같이 파손될 수 있으므로 파손 전에 교체해 줄 수 있도록 하는 방법을 찾아 적용하는 것이 좋다.

기본 학습 3

작업 과제	가 공 측 정 하 기	척도 : NS													
평 가 기 준	작 품 평 가(70점)								작업평가(30점)						
	항목	도면치수	측정수	배점	특점	항목	품번	도면치수	측정수	배점	특점	항 목	배점	특점	
	정 밀 치 수	10±0.05		5		평 행 도			10±0.1		3		작업방법	6	
		20±0.05		5			(A) 0.05	10	작업태도	6					
		15±0.05		5			(B) 0.05	10	안 전	6					
		20±0.05		5			외관	4	정리정돈	6					
		50±0.1		3			모따기	5	재료사용	6					
	일 반 치 수	40±0.1		3		기 능 상 태			시간평가						
		40±0.1		3					소요시간 ()분 초과마다 ()점 감점						
		15±0.1		3					작품 평가	작업 평가	시간 평가	총점			
15±0.1			3												
10±0.1			3												

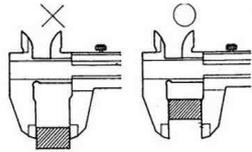
기본 학습 4

▶ 작품평가기준

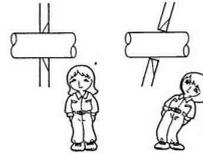
평가 영역	평가 항목	도면치수	측정치수	배점	특점	비 고	
작품 평가 (70점)	정밀 치수	30		10			
		22		10			
		16		10			
		8		10			
	일반 치수	50		5			
		34		5			
	기능 및 외관	외 관		10			
		직각도		5			
모따기			5				
작업 평가 (30점)	작업 방법		5				
	작업 태도		5				
	작업 안전		5				
	정리 정돈		10				
	재료 사용		5				
시간평가	소요시간 10분 초과마다 3점 감점			작품 평가	작업 평가	시간 평가	총 점



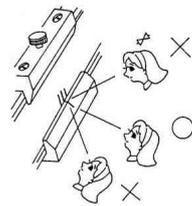
▶ 측정예시



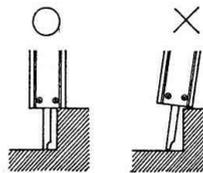
안쪽으로 측정



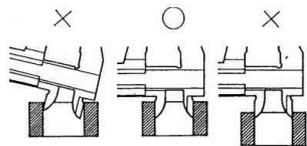
수직으로 측정



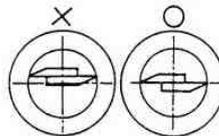
측정면과 눈이 수직



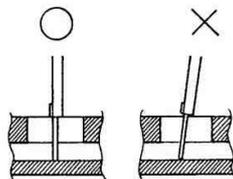
직각으로세운다.



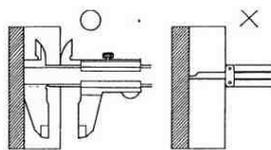
안쪽으로 측정



내경중심선과일치



직각으로 세운다.



단길이 측정



▶ 측정평가

영역	평가 사항				
	항목	품번	도면값	측정값	평가 A-E
기능	버니어캘리퍼스	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
	다이얼테스트 인디게이터	1			
		2			
		3			
		4			
	진원도	1			
		2			
		3			
	원통도	1			
		2			
		3			
		4			
	외측, 내측 마이크로미터	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
	실린더게이지	1			
		2			
		3			
		4			
	동심도	1			
		2			
		3			
	평행도	1			
		2			
	직각도	1			
		2			
		3			
		4			
평가	의견				
	결과				



학습정리

1. 측정대상별 측정방법과 측정기의 종류를 파악하여 측정오차가 생기지 않도록 측정할 수 있어야 한다.
2. 측정이란 부품의 각 부분에 대하여 정확한 치수를 수치로 표시하는 것을 말하며, 요구한 치수로 가공되었는지를 판정하는 것이다.
3. 작업 조건에 따라 공구 수명에 대한 기준은 다르게 적용되며 수명을 명확하게 정의하는 것은 어렵다. 생산성을 올리기 위하여 절삭속도를 올리면 공구수명이 급속하게 줄어들게 되므로 공구비용과 공구 교체시간이 증가한다.



종합평가

1. 공작물의 절삭부하율을 파악하고, 적절한 가공 패턴을 설정 하는 것에 대한 내용을 요약 정리하여 설명하시오.
(설명)
2. 단품 모델링공작물의 특성에 따라 최적의 절삭조건을 설정하는 것에 대한 내용을 간략하게 정리하여 설명하시오.
(설명)
3. 공구의 마모량을 예상하여 작업에 반영하는 것에 대한 내용을 간략하게 요약하여 설명하시오.
(설명)

- 집필위원 한영욱(성수공업고등학교)
- 검토위원 임회인(서울공업고등학교)
 오세민(의정부공업고등학교)

이 교재는 한국산업인력공단에서 실시한 국가직무능력표준 능력단위 모듈교재 개발 사업을 통해 개발한 것으로 일체의 소유권은 한국산업인력공단에 있음을 밝혀드립니다.

밀링(기본작업) 능력단위 교재

초판1쇄 발행 : 2012년 12월 24일

발행처 : 한국산업인력공단

주 소 : 서울시 마포구 백범로31길 21(공덕동 370-4)

전 화 : 02-3274-9740

인 쇄 : 영진종합인쇄 (02-2274-8581)
