

학습자료 사용안내

○ 소 개

이 학습자료는 밀링가공 분야의 능력단위로 밀링작업에 들어가기 전, 재료의 선택, 가공 장비, 절삭 조건 등을 결정하는 능력으로 구성되었으며, 특히 밀링가공 작업에 필요한 작업 요구사항을 결정하기에 필요한 능력단위요소를 통해 도면에 의거 공작물들을 조립순서에 맞게 작업순서를 결정하여, 기준점과 가공방법을 설정하고 작업공정에 알맞은 공구를 선택하여 작업범위를 설정하며, 납품기간을 고려하여, 전체적인 가공 작업시간을 산출 할 수 있는 내용으로 작성되었다. 또한 공작물 설치 계획하기에서는 작업요구사항에 적절한 장비를 선택, 고정구의 종류를 파악하고, 공작물의 설치방법을 숙지하며 측정기의 종류를 파악하고, 측정기를 준비할 수 있어야한다.

○ 구 성

밀링-기본작업 학습자료는 사용안내, 자기진단, 학습모듈로 구성되어 있다. 사용 안내는 전체적인 개요와 구성을 설명하고, 학습자에게 효과적인 활용방법 및 학습방법을 안내하는 역할을 한다. 자기진단은 학습모듈을 학습하기 전에 밀링-기본작업에 대한 학습자의 현재 수준을 진단하고, 학습자에게 필요한 학습활동을 안내하는 역할을 한다.

학습 모듈은 3가지 모듈로 구성되어 있으며, A-1 작업 준비하기, A-2 본가공 수행하기, A-3 검사 및 수정하기이다.

A-1 작업 준비하기에서는 작업지식에 따라 공구사용 가능여부를 판단하고 절삭공구를 선정하여 가공면을 설정으로 구성되었다.

A-2 본가공수행하기에서는 작업절차에 따라 적절한 장비를 선택하여 공작물을 설치하고 절삭조건을 결정하여 공작물을 가공하도록 구성되었다.

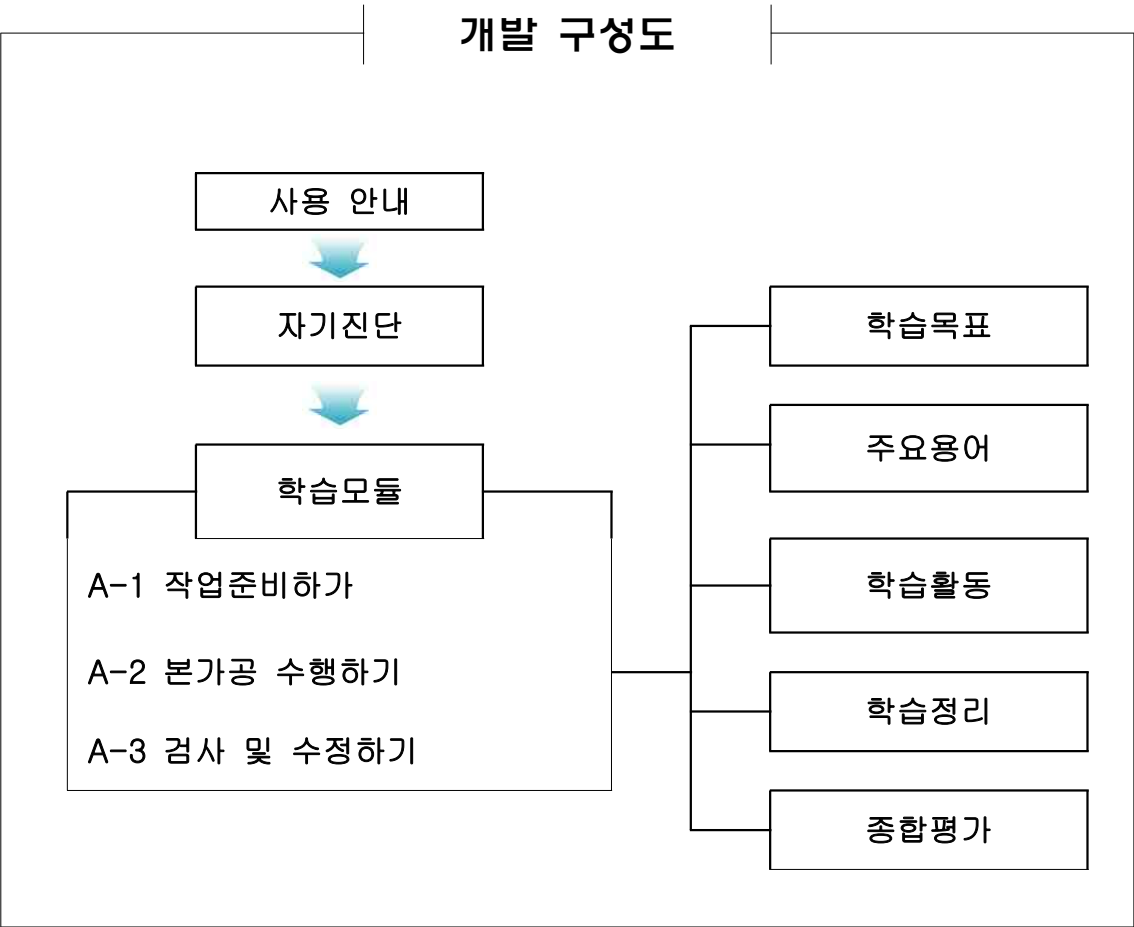
A-3 검사 및 수정하기에서는 밀링가공으로 제작한 공작물을 측정하여

가공 정밀도를 검사하고 가공오차가 벗어나거나 불량인 부위를 수정하여 정확한 가공이 되도록 수정이 가능하도록 내용을 구성하였다.

한편, 각각의 학습모듈은 학습목표, 학습활동, 학습정리, 종합평가로 구성되어 있다.

학습목표에는 각 학습모듈의 일반목표와 세부목표가 제시되어 있다. 학습활동은 기본학습과 심화학습으로 구성되었으며, 기본학습에는 주요하면서도 기본적인 내용이 제시되어 있다.

마지막으로 종합평가에는 각 학습모듈의 학습을 마친 후 학습자들의 성취수준을 평가하고, 부족한 부분을 피드백 받을 수 있도록 하기 위한 체크리스트가 제시되어 있다.



자기 진단

○ 체크리스트

다음은 밀링-기본작업 업무를 수행하는데 요구되는 능력 수준을 스스로 알아볼 수 있는 체크리스트입니다. 본인의 평소 행동을 잘 생각해 보고, 일치하는 정도에 √ 표 해 주십시오.

밀링-기본작업 자기평가표

영역	문항	미흡하다	보통이다	우수하다
작업준비하기	1. 나는 제품가공에 필요한 공구를 선택할 수 있다.	①	②	③
	2. 나는 공작물의 설치방법에 따라 공작물을 설치할 수 있다.	①	②	③
	3. 나는 절삭공구를 작업순서에 맞게 설치할 수 있다.	①	②	③
	4. 나는 도면을 파악하고 기준면을 설정할 수 있다.	①	②	③
본가공수행하기	5. 나는 작업표준에 의거 장비를 설정할 수 있다.	①	②	③
	6. 나는 작업절차에 따라 가공방법을 선정할 수 있다.	①	②	③
	7. 나는 작업지시서에 따라 공작물을 가공할 수 있다.	①	②	③
	8. 나는 기준가공에 적합한 절삭조건을 산출, 적용할 수 있다.	①	②	③
	9. 나는 작업표준서에 의거하여 조치를 하거나 보고할 수 있다.	①	②	③
검사 및 수정하기	10. 나는 측정기의 종류를 파악하고 측정할 수 있다.	①	②	③
	11. 나는 공구수명 단축의 원인을 파악하고 적절하게 대처할 수 있다.	①	②	③
	12. 나는 가공품의 측정후 불량부분을 수정가공할 수 있다.	①	②	③

○ 진단방법

체크리스트의 문항별로 자신이 체크한 결과를 아래 표를 이용하여 해당하는 개수를 적어보자.

문항 번호	수준	개수	학습 모듈 명
1-4	미흡/보통/우수하다	()개	A-1 작업준비하기
5-9	미흡/보통/우수하다	()개	A-2 본가공 수행하기
10-12	미흡/보통/우수하다	()개	A-3 검사 및 수정하기

○ 진단결과

진단방법에 따라 자신의 수준을 진단한 후, 한 문항이라도 ‘미흡하다’가 나오면 그 부분이 부족한 것이기 때문에, 해당하는 학습내용을 학습하시오.

목 차

학습모듈 A-1 작업준비하기	7
기본학습 1 밀링커터의 종류	8
기본학습 2 공작물 고정 방법	14
기본학습 3 공구 고정 방법	16
기본학습 4 기준면 설정(가공)	19
학습정리	22
종합평가	22
 학습모듈 A-2 본가공 수행하기	 23
기본학습 1 장비 설정 및 조작	24
기본학습 2 밀링가공방법	30
기본학습 3 작업지시서	34
기본학습 4 공작물 설치 및 기준면 가공	35
기본학습 5 절삭 조건	38
기본학습 6 작업 표준서에 따른 조치	41
심화학습 1 밀링머신의 구조	42
심화학습 2 공작물 고정	44
심화학습 3 T홈 가공하기	45
학습정리	46
종합평가	46

학습모듈 A-3 검사 및 수정하기	47
기본학습 1 측정의 개요	48
기본학습 2 공구 수명	53
기본학습 3 가공 측정하기	60
기본학습 4 작품 평가기준	61
심화학습 1 측정 예시	62
심화학습 2 측정 평가	63
학습정리	64
종합평가	64

학습모듈 개요

작업 준비하기에서는 도면에 의거 공작물들을 조립순서에 맞게 작업순서를 결정하여, 기준점과 가공방법을 설정하고 작업공정에 알맞은 공구를 선택하며, 도면에 의해 제품의 형상 등을 고려하여 기준면을 설정할 수 있어야 한다.

학습목표

일반목표

작업 준비하기에서는 도면에 의거 공작물들을 조립순서에 맞게 작업순서를 결정하여, 기준점과 가공방법을 설정하고 작업공정에 알맞은 공구를 선택하며, 도면에 의해 제품의 형상 등을 고려하여 기준면을 설정할 수 있어야 한다.

세부목표

1. 도면에 의거 공작물들을 조립순서에 맞게 작업 순서를 결정하여, 기준점과 가공 방법을 설정할 수 있어야한다.
2. 작업공정에 알맞은 공구를 선택하여 작업범위를 설정하여야 한다.
3. 도면에 의해서 제품의 형상, 특성에 따른 기준면을 설정할 수 있어야 한다.

주요용어

- 공작물 설치, 절삭공구, 기준면 설정

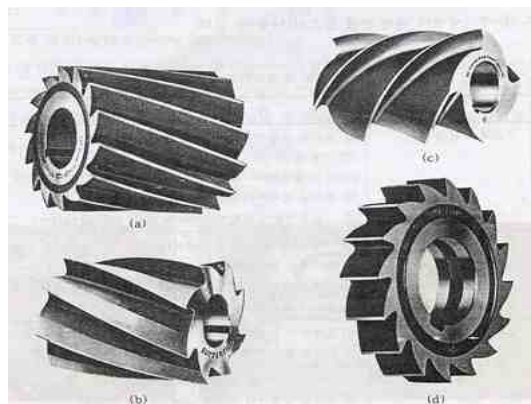
1. 밀링커터의 종류

1.1 평면 밀링 커터(plane milling cutter)

원통의 원주에 절삭날을 가진 것으로 밀링 커터 축과 평행한 평면을 절삭하는데 쓰이며, 곧은 날과 비틀림 날이 있다. 비틀림 날의 나선각은 보통 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 가량 경사져 있으며 이것은 절삭저항의 변동을 적게 하기 위해서이다.

그림 (a)는 경절삭용 나선각 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 정도, (b)는 중절삭용 나선각 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 정도, (c)는 나선각이 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 또는 그 이상의 것으로 헬리컬 밀(helical mill)이라 한다. (d)는 곧은 날 평면 밀링 커터로서 주로 홈 절삭을 하는데 쓰인다. 홈절삭 밀링 커터(slotting milling cutter)라고도 한다.

분 류	커터의 종류
구조에 의한 분류	· 솔리드 밀링커터(solid milling cutter) · 납땜 밀링커터 · 용접 밀링커터 · 심은날 밀링커터(inserted milling cutter) · 스톱어 웨이 밀링커터(throw away milling cutter)
절삭날 위치에 의한 분류	· 각도 밀링커터, 총형 밀링 커터, 홈파기 밀링커터와 같이 외주에서만 절삭날이 있는 것. · 정면 밀링커터, 측면 밀링커터, 엔드밀 등과 같이 외주 및 정면에 절삭날이 있는 것.
릴리빙 방법에 의한 분류	· 윤관연삭 밀링 커터(profile relieved milling cutter) · 릴리빙 밀링커터(form relieved milling cutter)
장치 방법에 의한 분류	· 아버형 밀링커터(arbor type milling cutter) · 생크형 밀링커터(shank type milling cutter) · 페이스형 밀링커터(facing type milling cutter)



1.2 측면 밀링 커터(side milling cutter)

원주와 측면에 날이 있는 커터로서 다음과 같은 종류가 있다.

① 측면 밀링 커터(side milling cutter)

비교적 날 폭이 좁으며, 날은 원주와 양측에 있다. 홈파기, 정면 밀링에 사용한다. 그림(a)

② 엇갈린 날 밀링 커터(staggered-tooth milling cutter)

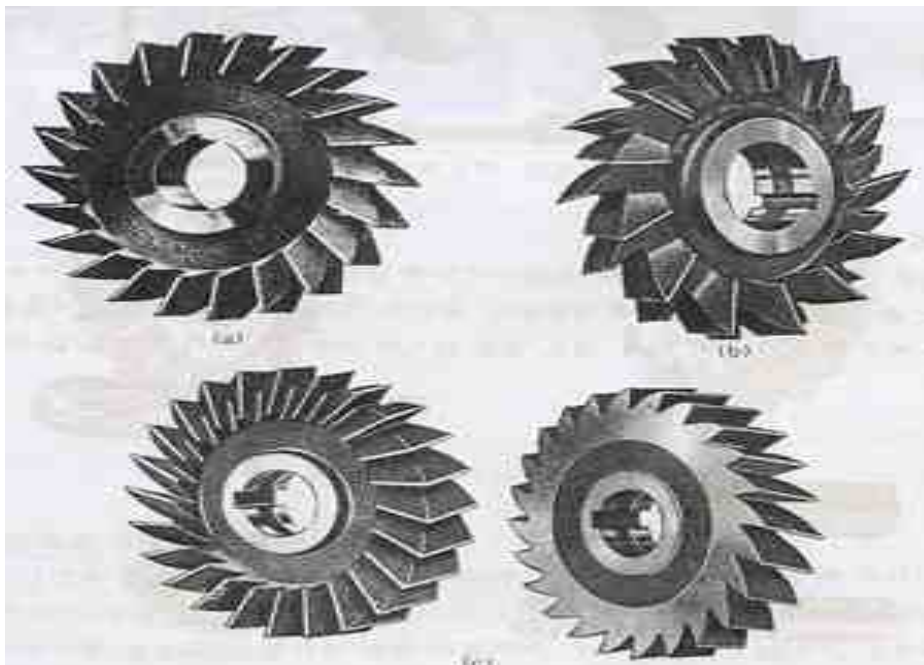
좁은 원통형 커터로서 서로 반대방향으로 나선 날이 엇갈려있다. 키홈, 그 밖에 홈파기 가공에 사용되고, 쾌삭성이 있으며 공작물을 굽거나 파고들지 않는다. 그림(b)

③ 반측면 밀링 커터(half side milling cutter)

정면밀링, 그 밖에 커터 한 측면에만 날이 필요한 가공에 사용되며, 원주 날은 곧은 것과 나선의 것이 있으며, 원주 날은 실제 절삭을 하며 측면날은 다듬질을 한다. 그림(c)

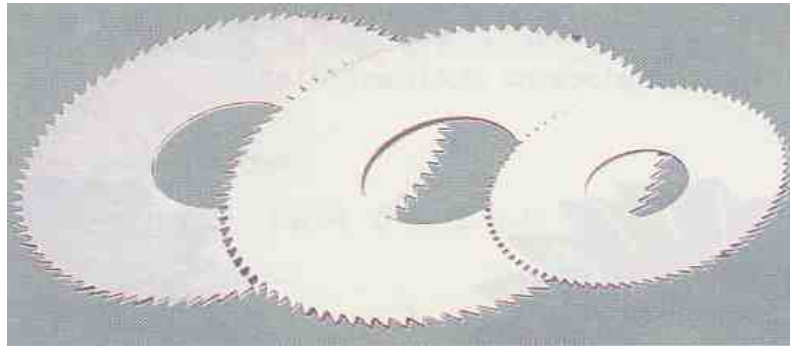
④ 조립날 홈파기 커터(interlocking slotting cutter)

측면 밀링 커터와 같은 2개의 커터를 조립하여 날이 엇갈리게 한 것으로, 두 커터 사이에 간격조절판을 끼워서 폭의 조절을 할 수 있다.



1.3 메탈 슬리팅 소오(metal slitting saw)

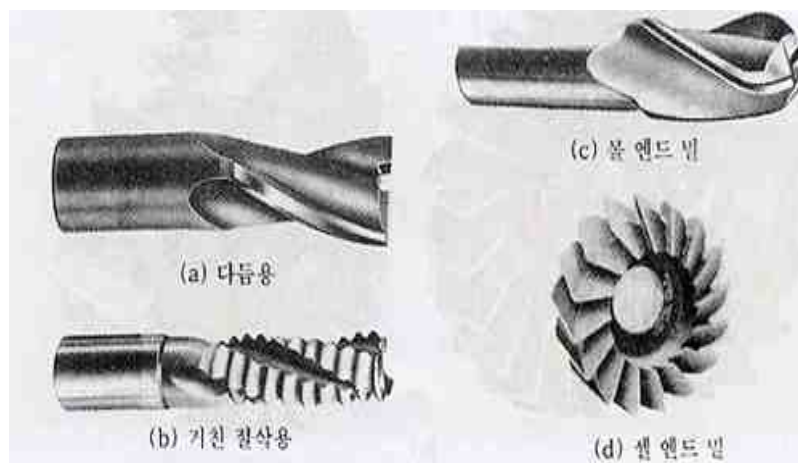
얇은 플레인 밀링 커터이며, 양측은 중심을 향하여 약간 테이퍼져 있어서 공작물과 공구가 닿지 않도록 여유를 두고 있다. 절단과 홈파기에 쓰이며 폭은 $1/32 \sim 3/16$ " (0.8 ~ 5mm) 범위에 있다.



1.4 엔드 밀(end mill)

엔드밀은 정면 커터와 같이 단면과 원주방향에 절인이 있다. 일반적으로 가공물의 외측홈부 또는 좁은 평면 등의 가공에 사용된다.

절인은 직선인, 좌측 비틀림 인선, 우측 비틀림 인선 등이 있다. 엔드밀은 테이퍼 자루와 일체가 되어, 밀링 머신의 주축 테이퍼 공부(孔部)에 압입하여 사용하게 되어 있다. 특히 엔드밀의 지름이 큰 경우에는 자루(shank)와 절인이 별개로 되어 있으며, 셸 엔드 밀(shell end mill)이라고 한다.



1.5 각 밀링 커터(angle milling cutter)

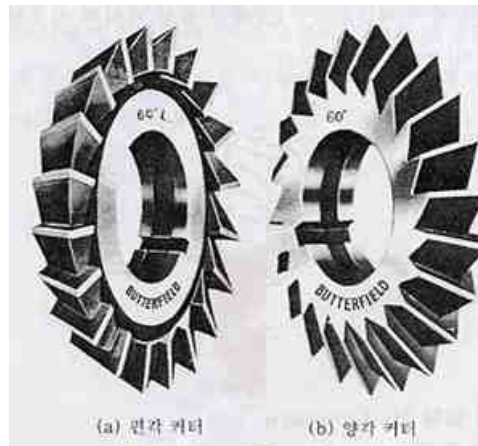
① 편각 커터(single angle cutter)

그림(a)와 같이 원추면 위에 날이 있으며 45° , 50° , 60° , 70° , 80°

의 날의 경사각이 공구 측면에 대하여 있다.

② 양각 커터(double angle cutter)

그림(b)와 같이 V형 날을 가지며, 측면에 대하여 경사진 두 원추면에 45, 60, 90°로 되어 있으며 주먹맞춤(dovetail), 홈, V홈, 래칫바퀴(ratchet wheel), 리머(reamer)의 홈 등을 가공하는 데 사용된다.



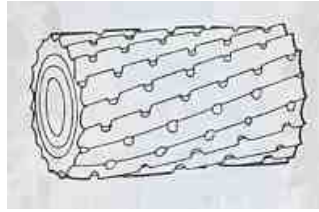
1.6 정면 밀링 커터(face milling cutter)

외주와 정면에 절삭 날이 있으며 밀링 커터 축에 수직인 평면을 가공할 때 쓰인다. 정면 밀링 커터는 절삭 능률과 다듬질면 정밀도가 우수한 초경 밀링 커터를 많이 사용하며, 구조적으로는 우수한 초경 밀링 커터를 많이 사용하며, 구조적으로는 납땜식, 심은날식, 스로어웨이(throw away)식이 있으나, 최근에는 공구 관리의 간소화를 위해 스로어웨이 밀링 커터를 널리 사용한다.



1.7 슬리브 밀링 커터(slub milling cutter)

절삭량을 크게 하여 평면 절삭하는 밀링 커터이며, 플레인 밀링커터의 비틀림 날에다 홈을 내어 절삭칩이 끊어지게 한 것이다.



1.8 더브테일 밀링 커터(dovetail milling cutter)

더브테일을 가공할 때 사용한다.



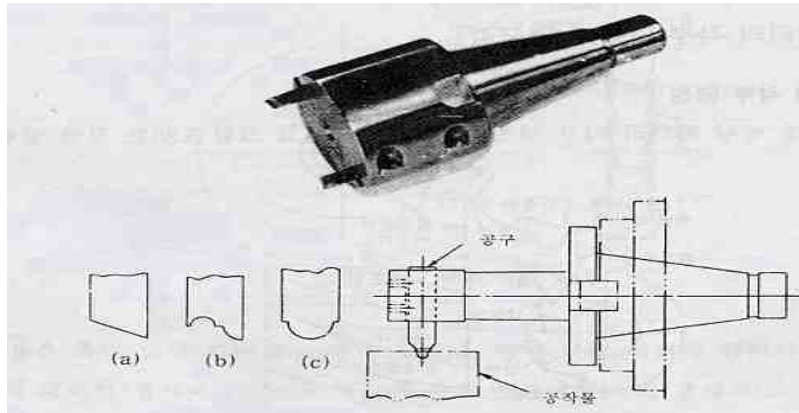
1.9 T홈 밀링 커터(T-slot milling cutter)

T홈 가공에 쓰인다. 엔드밀이나 사이드 커터 등으로 좁은 홈 윗부분을 가공한 후 홈 아래의 넓은 홈을 가공하는 특수한 목적의 자루붙이 커터이다.



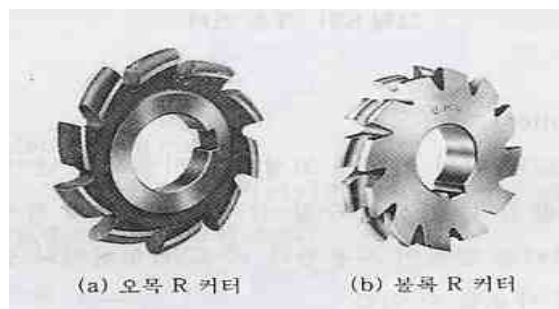
1.10 플라이 커터(fly cutter)

플라이 커터는 그림과 같이 아버에 고정하여 사용하는 단인 공구이며, 날은 요구되는 모양으로 연삭하여 사용한다. 이것은 수량이 적은 공작물의 특수한 형상을 가진 부분을 가공할 경우 총형 밀링 커터로 만들어 사용한다. 주로 실험실이나 공구실에서 적합한 다인 공구가 없을 때 곧 만들어 사용할 수 있다.



1.11 총형 밀링 커터(form milling cutter)

절삭할 공작물의 단면 형상과 같은 윤곽의 절인을 가진 밀링 커터를 총형 밀링커터라고 한다. 가공 부분의 형상이 특수한 경우에는 그에 맞추어 제작하여야 하지만 특정의 형상의 것은 규격 공구로 하여 시판되고 있다. 이에는 반원형의 홈을 절삭할 때 사용하는 외한 밀링 커터(convex cutter), 블록형의 반원형 부분을 절삭할 때는 내한 밀링 커터(concave cutter), 기어의 이(tooth)를 절삭할 때는 인벌류트 밀링 커터, 스플라인의 홈을 절삭 할 때는 스플라인 홈 가공용 밀링 커터, 리머나 탭의 홈을 깎을 때는 홈가공용 밀링 커터 등이 있다.

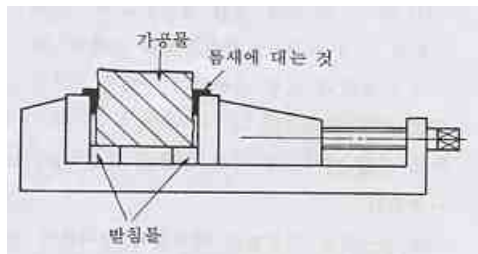


기본 학습 2

1. 공작물 고정 방법

1.1 바이스에 의한 고정

- ① 바이스를 테이블 위에 설치한 후 다이얼 게이지로 평행도를 측정한다.
- ② 가공물과 마우스 피스에 틈새가 있을 때는 함석판이나 구리판을 사용한다.
- ③ 가공물이 바이스에 물려 있는 부분보다 돌출되어 있는 부분이 많을 때는 클램프로 보강한다.
- ④ 긴 공작물을 작업 할 때는 바이스 2대를 테이블과 직각으로 장치하여 안전하게 작업한다.
- ⑤ 둥근 환봉 형상을 바이스에 물릴 때는 가공물이 V홈 부분에 물리게 한다.



1.2 테이블에 직접 고정하는 방법

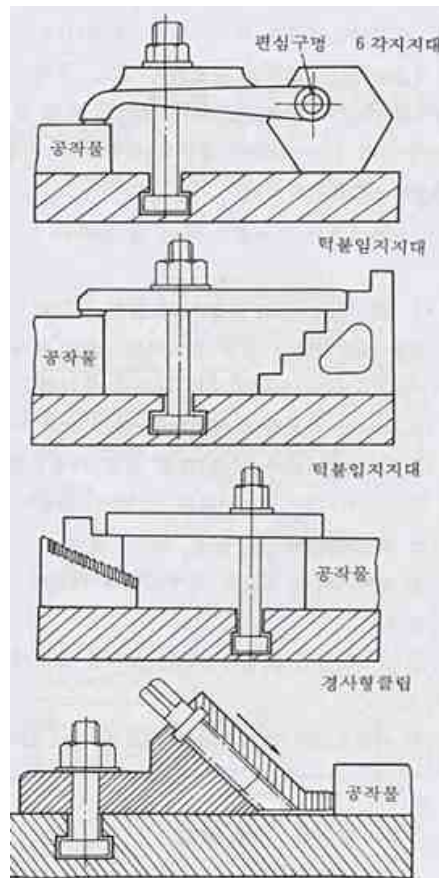
테이블 위에 공작물을 장치할 때는 그림과 같이 볼트, 클램프, 잭, 받침틀 등이 있다.

- ① 볼트, 너트의 조이기는 전부를 가볍게 균등한 죄기로 하고, 엇갈리게 서서히 더 쥘다.
- ② 클램프의 위치 및 볼트의 조임 위치는 가능한 이송방향으로 체결한다.
- ③ 6각 지지대, 클립 등을 이용하여 공작물을 고정할 때는 항상 수평 위치에 온 상태에서 체결한다.
- ④ 테이블 위에 공작물을 직접 장치할 때는 테이블에 흔적이 나지 않게 하고, 절삭칩의 부착이 없도록 깨끗이 한다.
- ⑤ 절삭력에 의한 가공물에 변위가 생길 위험이 있을 때에는 테이블 홈에

블록을 넣거나 스토퍼를 가공물의 측면에 댄다.

1.3 부속장치에 의한 작업

- ① 마그네트 척에 의한 방법으로 바이스로 고정할 수 없는 얇은 공작물이나 복잡한 외주의 가공물과 대량 생산시의 두께의 고정이 필요할 때 사용된다.
- ② 처킹 바이스에 의한 방법은 표준 바이스로는 고정이 불가능한 가공물을 형상에 맞추어서 사용한다.
- ③ 가공물의 기준면을 테이블과 수직면에 장치하여 가공할 때 사용하는 앵글 플레이트(angel plate)가 있다.
- ④ 분할 작업 및 회전 테이블에 의한 방법도 있다.



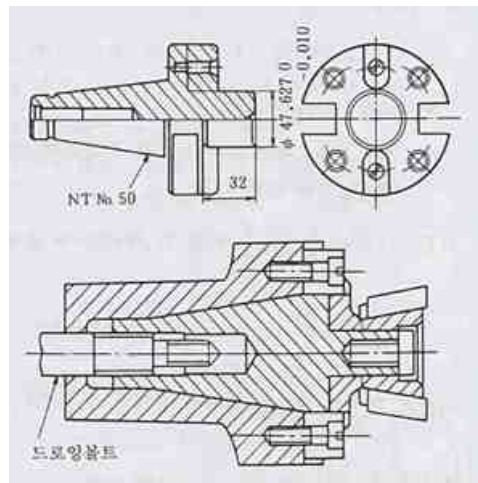
기본 학습 3

1. 공구 고정 방법

1.1 아버에 의한 고정 방법

일반적으로 $\Phi 175$ 이하의 커터는 아버를 사용해서 장치하며, 고정할 때에는 다음과 같은 점에 주의한다.

- ① 아버와 커터는 먼저 설치한다.
- ② 정면 밀링커터를 테이블 위에 얹고, 너의 기동 이송으로 주축 구멍에 오게 한다. 그 때에 테이블 위에는 커터파손방지를 위한 보호구를 준비해 둔다.
- ③ 테이퍼 부의 접촉과 먼지 등을 잘 점검한다. 이들은 날 끝의 스윙과 채터링, 면의 거칠기의 원인이 된다.
- ④ 드로잉 볼트는 확실하게 죄다.

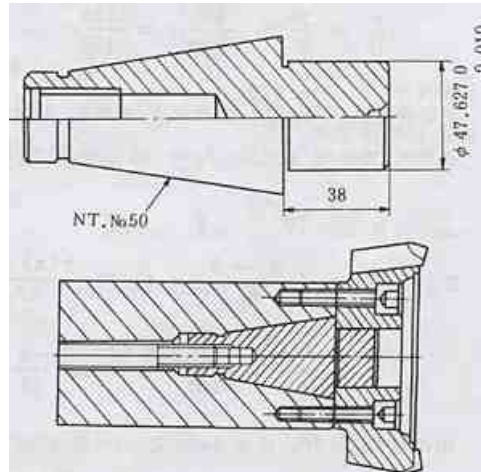


1.2 주축 끝면에 고정 볼트로 고정하는 방법

큰 지름 ($\Phi 20 \sim 300$)의 밀링커터는 주축 끝면에 직접 체결볼트로 장치한다.

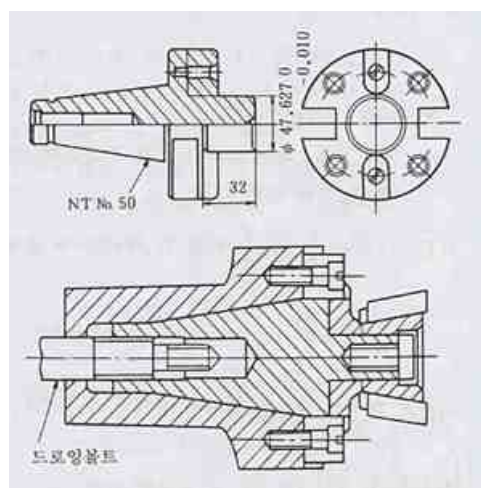
- ① 그림과 같이 센터링 플러그를 사용한다.
- ② 접촉면을 깨끗이 한다.
- ③ 주축에 체결하는 볼트는 균등하게 죄고, 과도하게 조이지 않도록 주의한다.

- ④ 이 방법은 센터의 스윙이 생기기 쉬우므로 인로우브 등의 상처, 휨에 대한 주의를 한다.
- ⑤ 장치한 후에는 커터 날끝의 스윙을 점검하여 스윙을 0.01~0.02mm 이내로 억제한다.



1.3 킥 체인지(Quick change)에 의한 방법

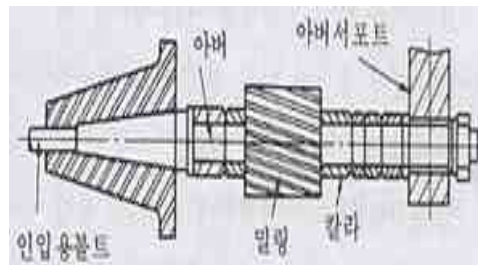
공구의 부착 장치에는 기계의 주축테이퍼에 직접 장치하는 방법과 킥 체인지 홀더를 사용한 방식으로 크게 두 가지로 나눈다. 전자는 충분한 강성이 있으며, 중절삭용이라고 할 수 있다. 후자의 킥 체인지 방식은 드로잉 볼트를 사용하지 않고, 주축 전단의 너트를 풀고, 공구를 장치하며 분해할 수도 있기 때문에 여러 가지 종류의 공구를 병용하며 작업에는 조작이 쉽고 편리하다.



1.4 롱 아버(long arbor)에 의한 고정법

원통 밀링커터나 측면 밀링커터, 총형 밀링커터, 메탈소우 등의 고정용으로 쓰이며, 실제 장치 작업에서는 다음과 같은 사항에 주의한다.

- ① 칼라는 깨끗하고 정밀하게 맞는 칼라와 아버를 사용한다.
- ② 아버는 되도록 굽고 짧은 것을 사용한다.
- ③ 밀링커터는 조임너트의 조임이 마음대로 되는 방향으로 향하게 한다.
- ④ 밀링커터는 되도록 볼베어링에 가깝게 장치한다.
- ⑤ 밀링커터의 체결은 아버서포트를 고정하고서 한다.
- ⑥ 비틀림날의 밀링커터는 되도록 슬러스트가 주 베어링 방향으로 향하도록 장치한다.



1. 기준면 설정(가공)

1.1 작업 준비

- ① 공구 및 측정기를 준비한다.
- ② 도면을 검토하고 지급받은 재료를 확인한다.

1.2 바이스를 설치

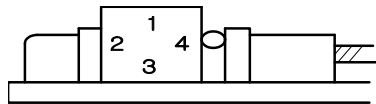
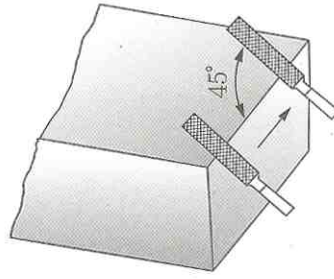
- ① 바이스를 깨끗이 닦는다.
- ② 바이스를 설치하면서 평행도, 직각도를 검사한다.

1.3 공작물을 고정

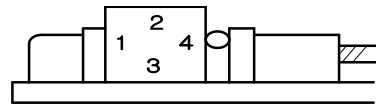
- ① 지급받은 공작물의 돌기 부분을 줄로 제거한다.
- ② 공작물을 바이스 중앙에 놓고 단단히 조인다.

1.4 1면을 가공한다.(그림의 (a) 참조)

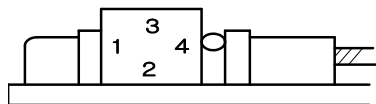
- ① 밀링 커터를 회전시킨 상태에서 커터의 날 끝을 공작물의 윗면에 접근시켜 살짝 닿게 한 다음 너의 마이크로칼라 눈금을 0에 맞춘다.
- ② 그대로 공작물을 좌측으로 보내고 눈금에 의해 너를 2mm 정도 올려 새들을 클램핑한다.
- ③ 평면을 수동 이송으로 거친 절삭을 한다.
- ④ 주축의 회전을 멈춘 후, 테이블을 원위치로 돌리고 절삭면의 상태를 확인한다.
- ⑤ 0.5mm 정도의 절삭 깊이로 다듬질한다.
- ⑥ 공작물을 밀링 바이스로부터 풀어내고, 줄을 45°방향으로 세워 모따기한다.



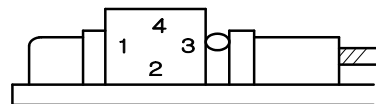
(a) 1면 가공



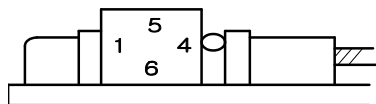
(b) 2면 가공



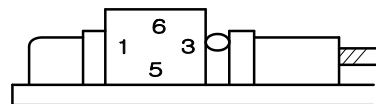
(c) 3면 가공



(d) 4면 가공



(e) 5면 가공



(f) 6면 가공

1.5 2면 가공(그림의 (b) 참조)

- ① 1면을 기준면으로 하고, 1면 절삭 요령과 같이 절삭한다.
- ② 공작물을 풀고 모따기한다.

1.6 3면 가공(그림의 (c) 참조)

- ① 1면을 고정 조에 대고 고정하여 3면을 절삭한다.
- ② 공작물을 풀고 모따기한다.

1.7 4면 가공(그림의 (d) 참조)

- ① 2면을 밑으로 하고 고정한다.
- ② 연질 해머로 가볍게 두드려 고정하고, 절삭하여 치수를 맞춘다.
- ③ 모따기한다.

1.8 5면 가공(그림의 (e) 참조)

- ① 1면을 고정 조, 3면을 이동 조에 대고 가볍게 고정한다.
- ② 조 밑에서 직각자를 대고 공작물이 직각자를 대고 공작물이 직각되도록 맞춘 후, 단단히 고정한다.
- ③ 5면을 절삭하고 모따기한다.

1.9 6면 가공(그림의 (f) 참조)

- ① 3면을 고정 조에 대고 6면을 절삭한다.

1.10 정리 정돈

- ① 공작물을 깨끗이 닦고 번호를 찍은 후, 제출한다.
- ② 사용 공구를 깨끗이 닦아 보관한다.
- ③ 사용 기계를 깨끗이 청소하고 급유한다.



학습정리

1. 밀링커터의 종류로는 평면밀링커터, 측면밀링커터, 메탈슬리팅 소, 엔드밀, 각 밀링커터, 정면밀링커터, 슬리브밀링커터, 더브테일 커터, T홈 밀링커터, 플라이 커터 등 가공면에 적합한 공구를 선택한다.
2. 공작물을 고정하는 방법에는 바이스에 의한 고정, 테이블에 직접고정하는 방법, 부속장치에 의한 고정방법이 있다.
3. 공구를 고정하는 방법에는 아버에 의한 고정, 주축 끝면에 고정 볼트로 고정하는 방법, 킷체인지 어댑터에 의한 방법, 롱 아버에 의한 고정방법이 있다.



종합평가

1. 도면에 의한 공작물을 가공함에 있어 사용되는 밀링커터의 종류를 요약 정리하여 설명하시오.
(설명:)
2. 공작물을 고정하는 방법과 공구를 고정하는 방법을 간략하게 정리하여 설명하시오.
(설명:)
3. 공작물을 바이스에 고정하고 육면체를 가공하는데 있어 기준면을 설정하고 가공하는 방법을 간략하게 정리하여 설명하시오.
(설명:)