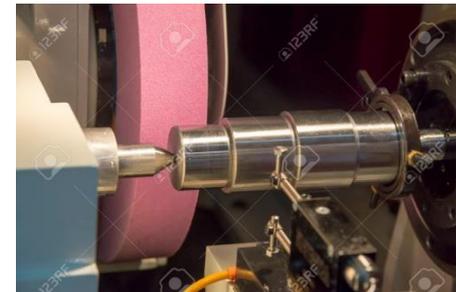


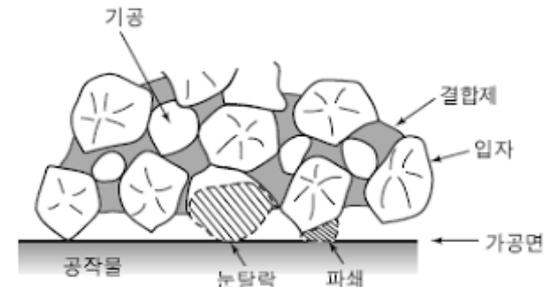
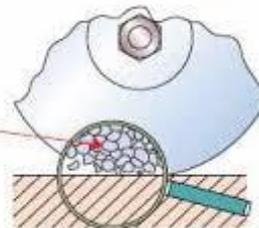
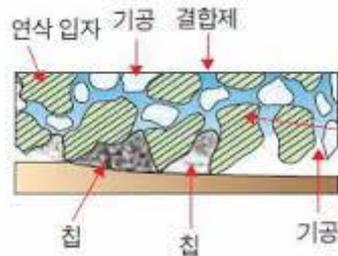
# 연삭공정

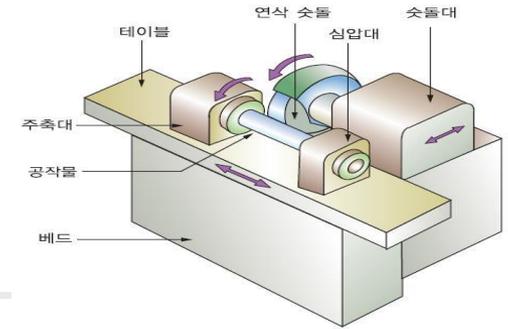
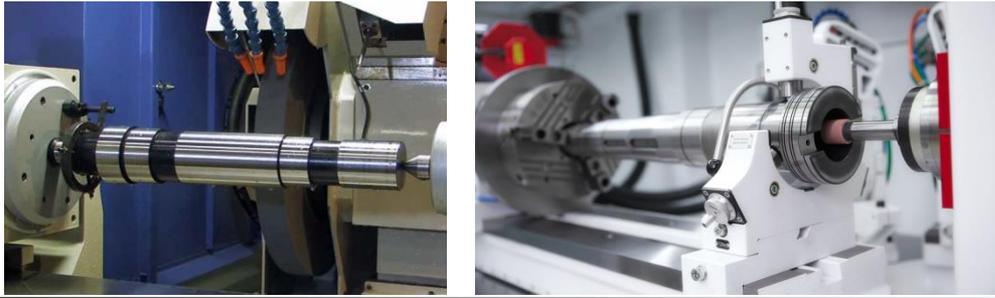
연삭공정은 경도가 높은 입자를 결합한 스톨을 고속으로 회전시켜 입자에 의한 절삭으로 재료를 소량(미소한 칩)으로 제거하는 절삭공정이다. (사용공작기계 : 연삭기)



## 1. 연삭공정의 특징

- 일반절삭가공으로 할 수 없는 경한 재료의 가공이 가능하다.
- 높은 정밀도의 가공 면을 얻을 수 있다.
- 스톨의 자생작용(마모-파쇄-탈락-생성)에 의해 미려한 가공 면을 얻을 수 있다.
- 다른 절삭방법 보다 단위 체적을 제거 하는데 소요 에너지가 매우 크다.
- 가공 능률이 떨어진다.

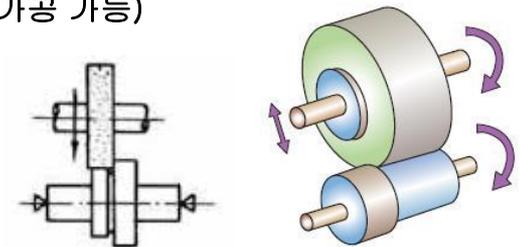
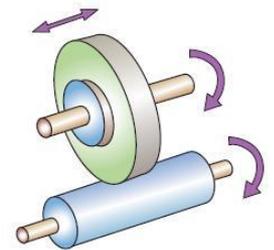
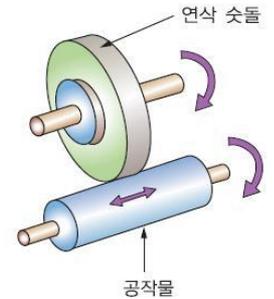


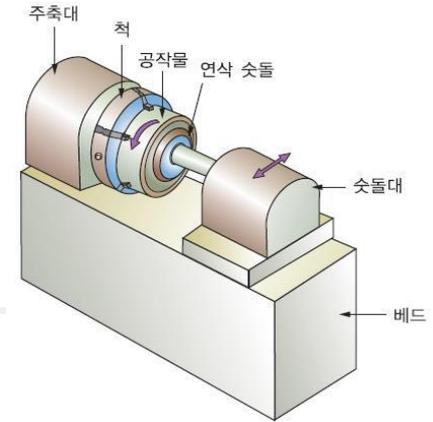


## 2. 연삭기 종류 및 연삭 작업

### (1) 원통연삭기

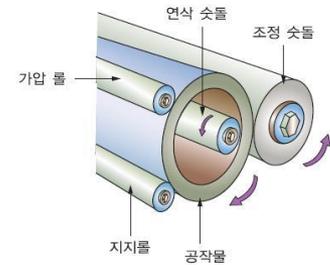
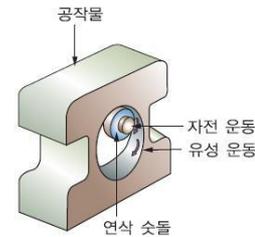
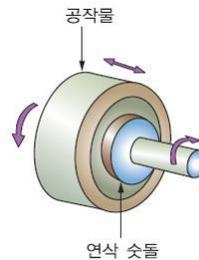
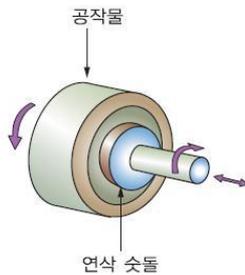
- 원통형 공작물의 원통 면, 단차 면, 테이퍼, 내면 연삭이 가능함.
- 공작물을 테이블 위의 주축대와 심압대의 양 센터 사이에 고정하여 회전시키며 연삭하는 방식임.
- 절삭 깊이 : 거친 연삭 0.05mm, 다듬질 연삭 0.005mm 정도
- 원통연삭방식
  - ✓ 트래버스연삭 : 공작물이나 연삭스톨을 공작물의 축 방향으로 이동 시키며 작업하는 방식
    - 테이블 왕복형 : 공작물에 이송운동을 주는 것(소형공작물)
    - 연삭스톨 왕복형 : 스톨바퀴에 이송을 주는 것(대형공작물)
  - ✓ 플런지연삭 : 축 방향 이동 없이 전후 이송만 주면서 작업 하는 방식(단이 있는 공작물)  
(공작물의 형상과 일치하는 스톨 사용하여 형상 연삭 가공 가능)

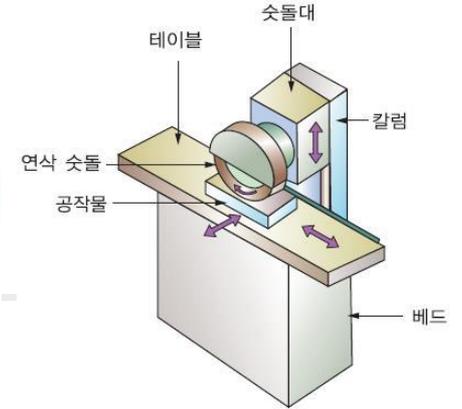




## (2)내면연삭기(원통 연삭기)

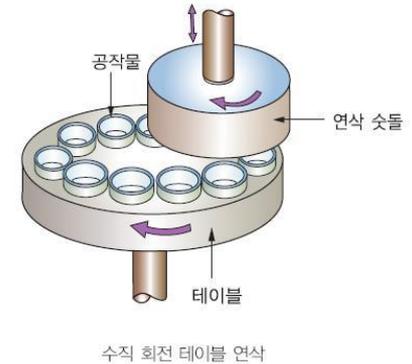
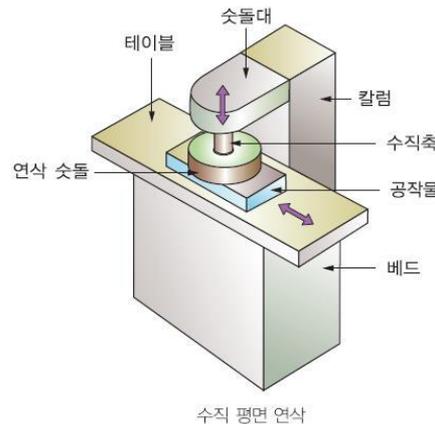
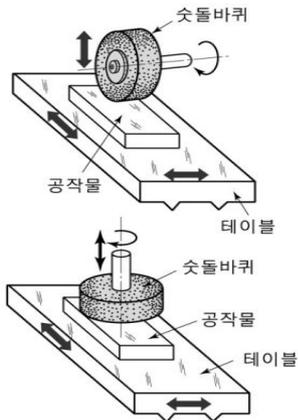
- 공작물의 내면을 연삭하기 위한 것.
- 내면연삭방식
  - ✓ 연삭숫돌 왕복형 : 일반적으로 많이 사용
  - ✓ 공작물 왕복형
  - ✓ 공작물 고정형(유성형) : 공작물이 대형일 경우, 또는 공작물을 척에 장치하여 회전시키기 힘든 경우  
예를 들어 살 두께가 고르지 못해 회전할 때 불 평형의 힘이 작용할 염려가 있을 때 공작물을 고정하고 슷돌에 유성운동을 주어 내면연삭을 하면 유리하다.
  - ✓ 센터리스형 : 센터리스형은 슷돌과 공작물을 고정시키지 않고 연삭하는 방법으로 공작물은 슷돌, 조정 슷돌바퀴, 가압롤에 의해 지지되며 슷돌이 공작물 내면에 위치하여 가공하는 방법이다.

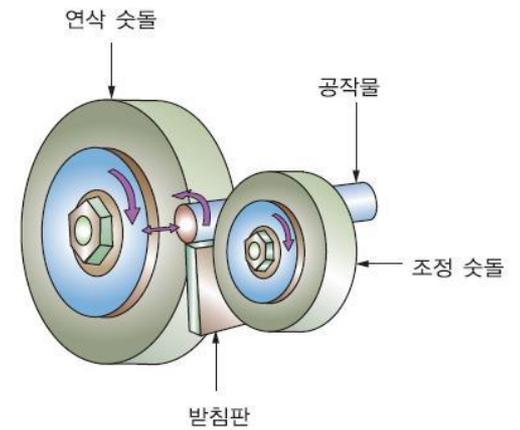




### (3)평면연삭기

- 공작물의 평면을 연삭하기 위한 것.
- 평면연삭방식
  - ✓ 수평식(스톨의 원통면을 사용하는 방법)
    - 연삭량이 적기때문 소형 공작물이나 거칠기와 치수 정도에 대한 요구가 높은 정밀 연삭 적합.
  - ✓ 수직식(스톨의 단면을 사용하는 방법)
    - 연삭량이 많기 때문 대형 공작물 연삭에 적합하나 연삭 시 열이 많이 발생 되어 정밀도는 저하.

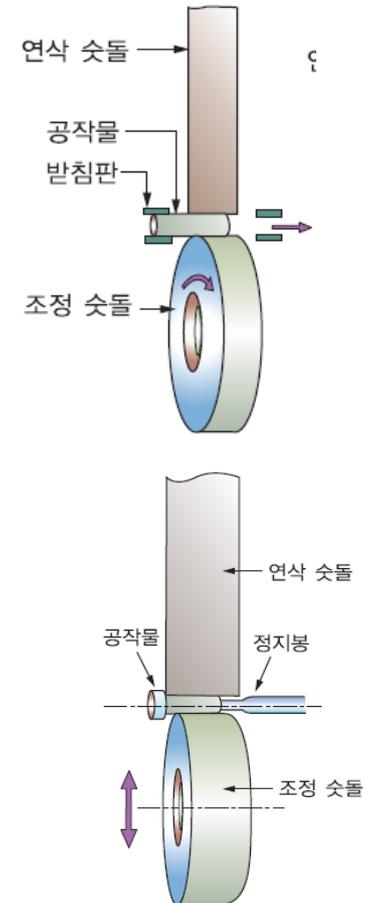




#### (4)센타레스연삭기

공작물을 고정 시키지 않고 연삭스틀과 조정스틀 사이에 공작물을 삽입하고 받침대로 지지하여 공작물을 연삭한다.

- 공작물의 외면과 내면을 연삭하기 위한 것. (주로 외면)
- 특징
  - ✓ 공작물의 자동 이송으로 연속적인 작업 가능함.
  - ✓ 가늘고 긴 공작물, 센터나 척으로 고정하기 어려운 연삭 용이함.
  - ✓ 다른 연삭보다 연삭 작업에 숙련이 덜 필요하다.
- 센타레스 연삭 방식
  - ✓ 통과이송 방법 : 공작물을 슯돌바퀴의 축 방향으로 급송하여, 양 슯돌바퀴 사이를 통과하는 동안에 연삭을 하는 방법이다. (지름이 같은 공작물)
  - ✓ 전후이송 방법 : 통과시킬 수 없는 공작물, 테이퍼 공작물 등을 연삭할 때 사용하는 방법이다.



### (5) 특수연삭

- ✓ 크랭크 축 연삭
- ✓ 스플라인축 연삭
- ✓ 밀링커터의 연삭
- ✓ 나사 연삭

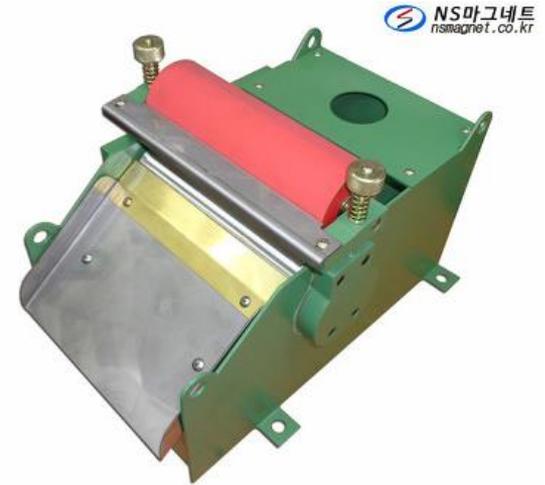
<https://www.youtube.com/watch?v=AfmcD9TCzso> (웜나사연삭)

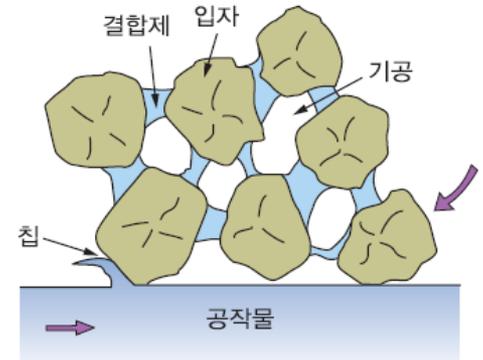
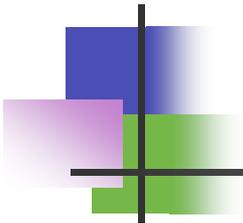
<https://www.youtube.com/watch?v=m6gRprNkTKY> (기어연삭)

<https://www.youtube.com/watch?v=SvTa0N8j4ns> (커터연삭)

#### \*연삭 시 칩의 제거

연삭기 등의 공작기계에 부착시켜 작업시 사용된 연삭액 속의 철가루를  
마그네틱으로 흡착 제거하여 정화 처리함으로 계속 정화된 연삭액을  
사용할 수 있다.





### 3. 연삭숫돌

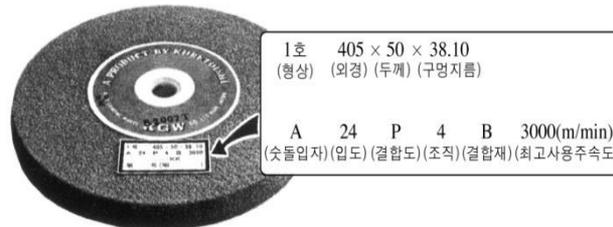
#### (1) 구성 3요소와 5인자

- a. 입자(절삭 날) --- 입자의 종류(절삭 날의 종류), 조직(숫돌 입자 율), 입도(절삭 날의 크기)
- b. 결합제(절삭 날의 지지) --- 결합제의 종류(결합제의 특성), 결합도(숫돌입자의 결합상태)
- c. 기공(칩의 저장, 배출)

#### -숫돌 바퀴의 표시 (KS L 6501에 규정과 표시 보기 제시)

숫돌 입자, 입도, 결합도, 조직, 결합제, 숫돌바퀴의 모양, 치수, 사용 원주속도, 제조자의 이름, 제조일 등

WA - 46 - H 8 V (숫돌입자 - 입도 - 결합도 - 조직 - 결합제)





### 1) 입자(절삭날)

A=갈색 용융 알루미나질

WA=백색 알루미나질

C=흑색 탄화규소질

GC=녹색 탄화규소질

- A계 슷돌입자
  - 알루미나( $Al_2O_3$ ) 결정
  - 강재의 연삭과 래핑 등에 사용
- C계 슷돌입자
  - 탄화규소( $SiC$ )의 결정
  - 비금속의 연삭과 래핑 등에 사용
- 다이아몬드 슷돌입자
  - 초경합금, 유리, 석재, 세라믹, 반도체 등 경질
  - 고온의 철과 반응하므로 강의 가공에는 부적합
- CBN (cubic boron nitride) 슷돌입자
  - 다이아몬드와 유사한 경도
  - 철과 반응이 어려우므로 공구강, 열처리강의 연삭
  - 고가이나 경질 재료의 가공이 용이
  - 슷돌의 마모가 적어 대량생산의 치수 정밀도 유지

연삭 슷돌의 재질과 인조 슷돌 입자의 종류

계	스틀 입자		인조 슷돌 입자의 종류
	재 질	기 호	
A계	백색 알루미나	WA	4A
	갈색 알루미나	A	2A
C계	녹색 탄화규소	GC	4C
	흑색 탄화규소	C	2C

2) 입도 (grain size): 슷돌 입자의 크기를 나타내는 단위

- 입도의 종류 (1인치 당 체 눈의 수)

구 분	입도의 종류
거친 입자	#8 #10 #12 #14 #16 #20 #24 #30 #36 #46 #54 #60 #70 #80 #90 #100 #120 #150 #180 #220
고운 입자	#240 #280 #320 #360 #400 #500 #600 #700 #800 #1,000 #1,200 #1,500 #2,000 #2,500 #3,000 #4,000 #6,000 #8,000

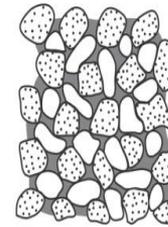
3) 결합도 (결합제가 슷돌 입자를 결합하는 강도)

결합도	E, F, G	H, I, J, K	L, M, N, O	P, Q, R, S	T, U, V, W, X, Y, Z
호 칭	극히 연한 것	연한 것	중간 것	단단한 것	매우 단단한 것

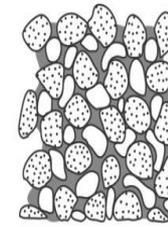
#### 4)조직(숫돌 입자의 조밀 상태)

-조직의 기호

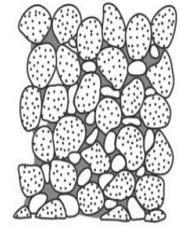
호 칭	조 직	숫돌 입자율 [%]	기 호
치밀한 것 (dense)	0, 1, 2, 3	50 이상	c
중간 것 (medium)	4, 5, 6	42~50	m
거친 것 (open)	7, 8, 9, 10, 11, 12	42 이하	w



(a) 거친 것



(b) 중간 것

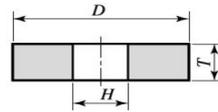


(c) 치밀한 것

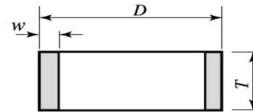
#### 5)결합제

- 비트리파이드 결합제 (vitrified bond : V)
- 실리케이트 결합제 (silicate bond : S)
- 레지노이드 결합제 (resinoid bond : B)
- 러버 결합제 (rubber bond : R)
- 세락 결합제 (shellac bond : E)
- 비닐 결합제 (vinyl bond : PVA)
- 옥시클로라이드 결합제 (oxychloride bond)
- 금속 결합제 (metal bond : M)

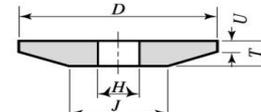
## 6) 숯돌바귀의 모양



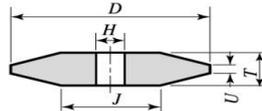
1호 평형 (straight)



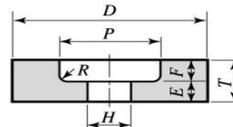
2호 실린더형 (cylinder)



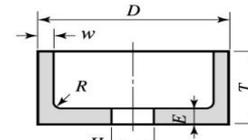
1호 1면 테이퍼형  
(tapered one sides)



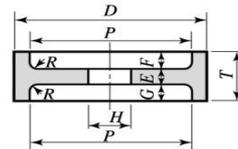
4호 양면 테이퍼형  
(tapered two sides)



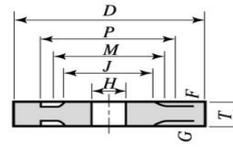
5호 한면 플랜지턱형  
(recessed one side)



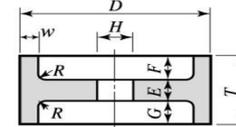
6호 원통컵형  
(straight cup)



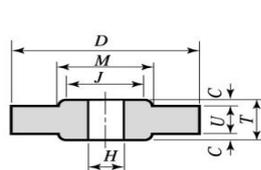
7호 양면 플랜지턱형  
(recessed both sides)



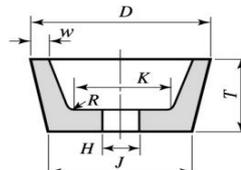
8호 세프티형 (safty)



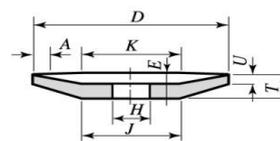
9호 양면컵형  
(both side cup)



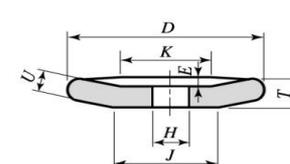
10호 주먹맞춤형 (dovetail)



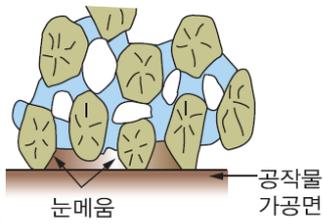
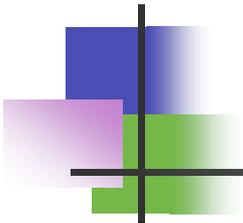
11호 대접형 (flaring cup)



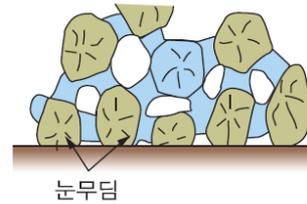
12호 접시형 (dish)



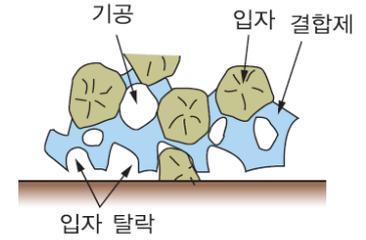
13호 툇날용 접시형 (saucer)



(a) 눈메움



(b) 눈무림

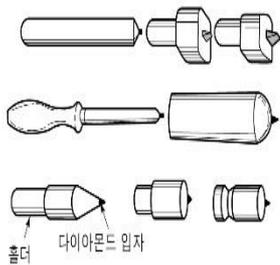
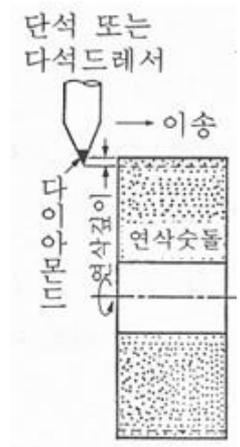


(c) 입자 탈락

#### 4. 연삭숫돌의 수정

- a. 세딩(shedding) : 과도한 자생작용 발생.
- b. 눈메움(loading) : 숫돌의 기공에 숫돌가루와 칩이 들어가서 막히는 현상임.
- c. 무림(glazing) : 입자가 자생작용을 일으키지 않아서 입자의 날끝이 달아서 매끈해진 상태임.
- d. 수정(truing) : 숫돌의 외형을 깎아서 원하는 모양으로 만드는 작업.
- e. 드레싱(dressing) : 숫돌의 표면을 깎아서 무딘 입자를 탈락시키고 새로운 날을 가진 입자가 표면에 나타나게 하는 작업.

\*드레서의 종류 : 다이아몬드 드레서, 강판 드레서, 입자봉 드레서, 총형연삭용(크레셔 롤) 드레서



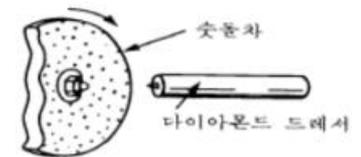
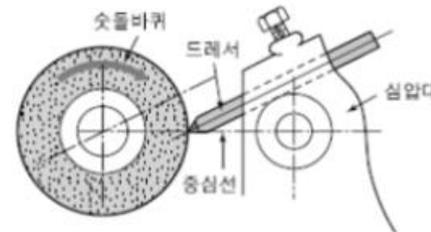
(a) 단석



(b) 다석



(c) 보기

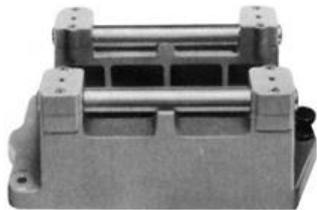


## 5. 연삭숫돌의 검사

a. 숫돌검사는 숫돌내부의 균열여부 판단과 숫돌의 균형을 잡기 위해 실시

b. 종류

- 음향검사 : 해머로 가볍게 두드려 울리는 소리로 검사한다.
- 회전검사 : 사용속도의 1.5배로 3~5분간 공회전을 실시한다.
- 균형검사 : 숫돌 플랜지에 평형추 이동시켜 잡는다.



(a) 균형대



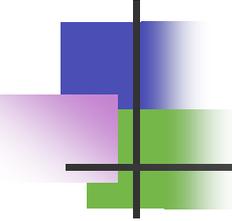
(b) 숫돌플랜지



(c) 균형봉



(d) 균형작업



---

## 6.연삭 가공면의 결함

### a.연삭균열

- 연삭에 의한 발열로 표면이 고온이 되어 열팽창 또는 재질 변화에 의 해 균열발생.(그물모양)
- 대책 : 연삭숫돌 사용, 연삭깊이 작게, 이송 크게, 발열량 작게, 연삭액 사용

### b.연삭번

- (연삭조건 및 숫돌의 부적당으로)연삭에 의한 발열이 심해져 공 작물 표면에 경도가 저하되는 현상.
- 대책 : 연삭균열과 동일

### c.채터링(chattering)

- 연삭에서의 떨림 현상으로 가공 면에 미세한 파형무늬.
- 원인 : 숫돌의 평형불량, 연삭저항의 변동이 심할 때, 연삭기 자체 및 외부의 진동