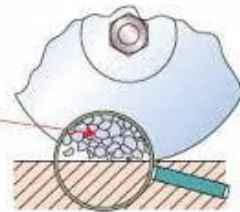
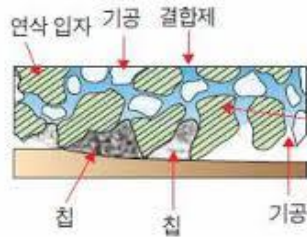


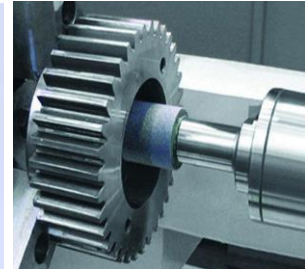
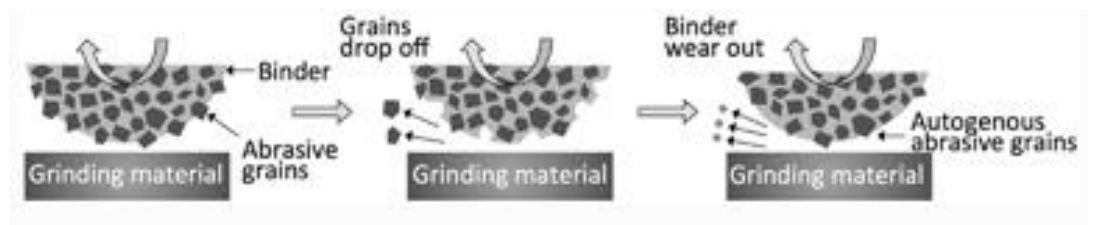
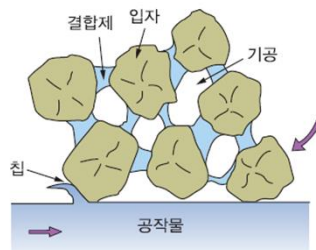
5. 연삭공정

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



(1) 연삭공정의 특징

- 일반 절삭가공으로 할 수 없는 경한 재료의 가공이 가능하다.
- 높은 정밀도의 가공면을 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 연삭작업

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

• 원통연삭 방식

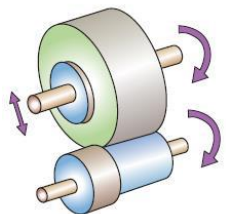
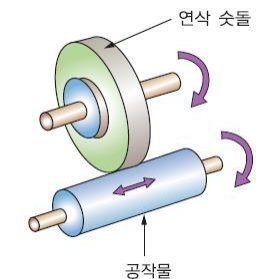
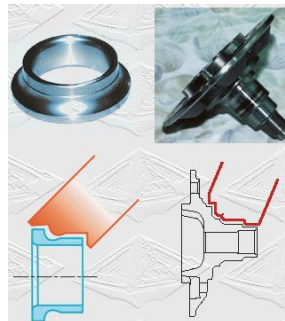
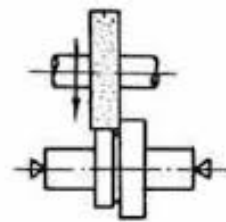
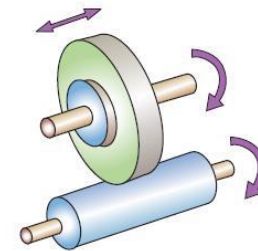
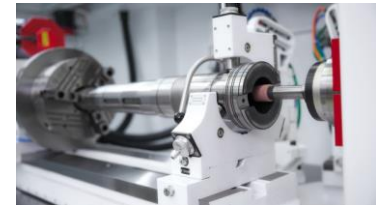
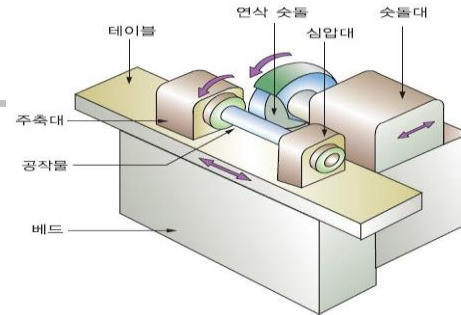
① 트래버스 연삭 (단이 없는 공작물)

공작물이나 연삭 스톨을 공작물의 축 방향으로 이동 시키며 작업하는 방식

- 테이블 왕복형 : 공작물에 이송운동을 주는 것 (소형 공작물)
- 연삭스톨 왕복형 : 스톨바퀴에 이송을 주는 것 (대형 공작물)

② 플런지 연삭 (단이 있는 공작물)

- 축 방향 이동 없이 전후 이송만 주면서 작업 하는 방식
- 공작물의 형상과 일치하는 스톨을 사용하여 형상 연삭도 가능함.



2) 내면 연삭

- 공작물의 내면을 연삭하기 위한 것.

• 내면연삭 방식

① 연삭숫돌 왕복형

일반적으로 많이 사용하는 방법이다.

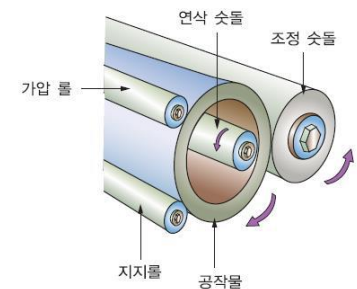
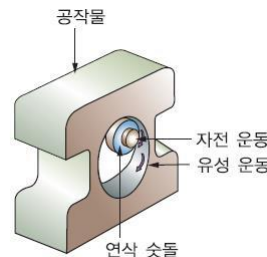
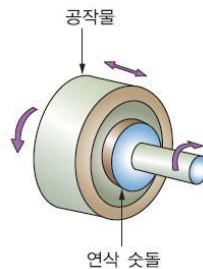
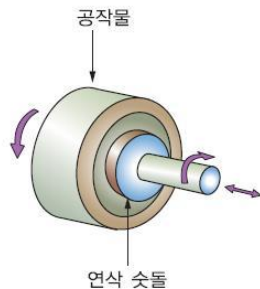
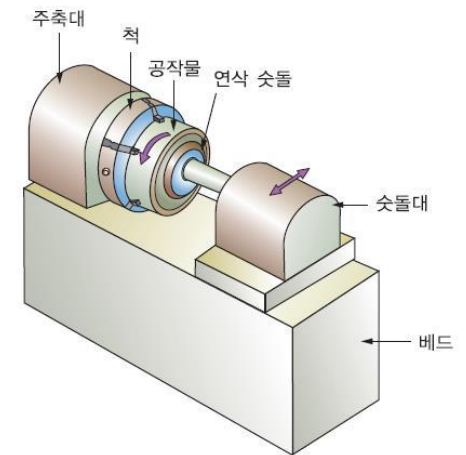
② 공작물 왕복형

③ 공작물 고정형(유성형)

공작물이 대형일 경우, 또는 공작물을 척에 장치하여 회전시키기 힘든 경우에 사용함.
(예를 들어 샤프 두께가 고르지 못해 회전할 때 불 평형의 힘이 작용할 염려가 있을 때 공작물을 고정하고 숫돌에 유성운동을 주어 내면 연삭을 하면 유리하다)

④ 센터레스형

숫돌과 공작물을 고정시키지 않고 연삭하는 방법으로 공작물은 숫돌, 조정숫돌 바퀴, 가압롤에 의해 지지되며 숫돌이 공작물 내면에 위치하여 가공하는 방법이다.



3) 평면연삭기

- 공작물의 평면을 연삭하기 위한 것.

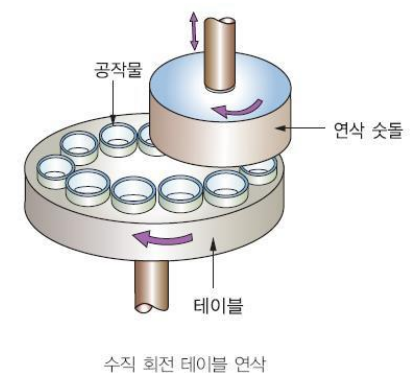
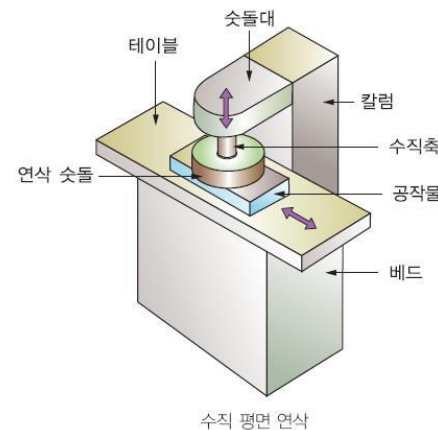
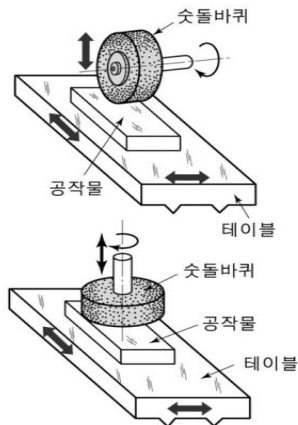
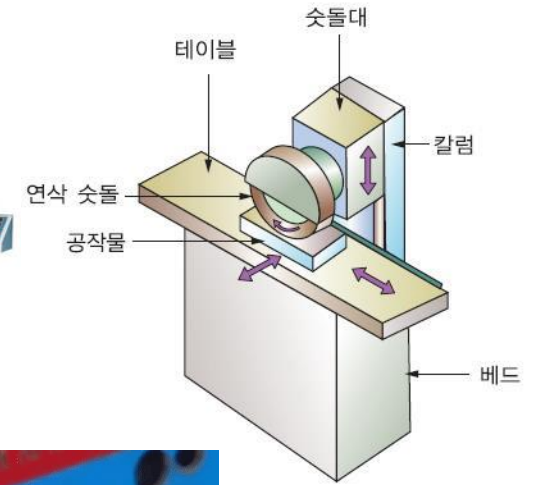
- 평면연삭방식

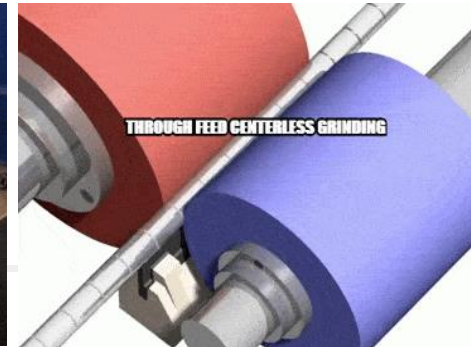
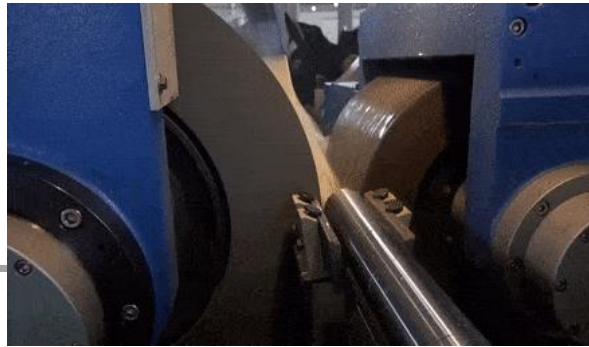
- ① 수평식 (숫돌의 원통면을 사용하는 방법)

연삭량이 작기 때문에 소형 공작물이나 거칠기와 치수 정도에 대한 요구가 높은 정밀연삭에 적합.

- ② 수직식 (숫돌의 단면을 사용하는 방법)

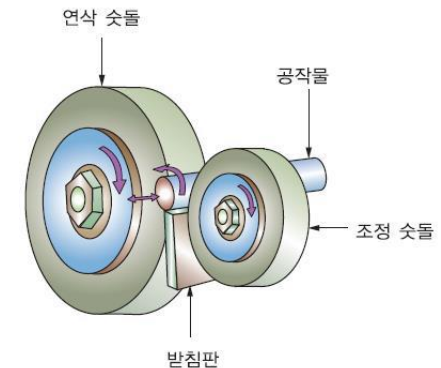
연삭량이 많기 때문 대형 공작물 연삭에 적합하나 연삭 시 열이 많이 발생 되어 정밀도는 저하됨.





4) 센타레스연삭기

- 공작물을 고정 시키지 않고 연삭 스톨과 조정 스톨 사이에 공작물을 삽입하고 받침대로 지지하여 공작물을 연삭 한다.
- 외면과 내면이 연삭이 가능한 방식이나 주로 외면 위주로 많이 사용한다.
- 특징
 - ① 공작물의 자동 이송으로 연속적인 작업 가능함.
 - ② 가늘고 긴 공작물, 센터나 척으로 고정하기 어려운 연삭 용이함.
 - ③ 다른 연삭가공 방법에 비하여 연삭가공을 위한 세팅이 마무리 되면 작업자가 연삭작업 하기가 용이하다.



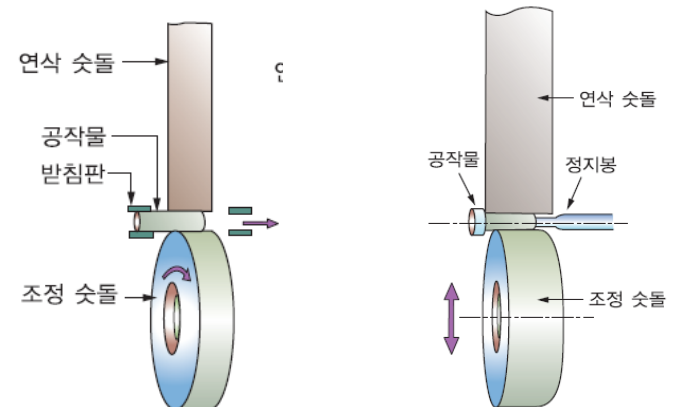
• 센타레스 연삭 방식

① 통과이송 방법

지름이 같은 단이 없는 공작물을 스톨바퀴의 축 방향으로 급송하여, 양 스톨바퀴 사이를 통과하는 동안에 연삭을 하는 방법이다.

② 전후이송 방법

통과시킬 수 없는 단이 있는 공작물, 테이퍼 공작물 등을 연삭 할 때 사용하는 방법이다.



(3) 연삭숫돌

1) 구성 3요소와 5인자

① 입자 (절삭 날)

입자의 종류(절삭 날의 종류), 조직(숫돌 입자 율), 입도(절삭 날의 크기)

② 결합제 (절삭 날의 지지)

결합제의 종류(결합제의 특성), 결합도(숫돌입자의 결합상태)

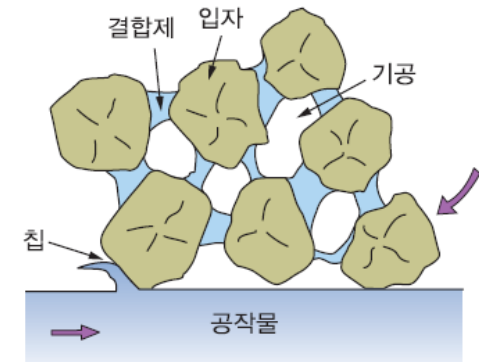
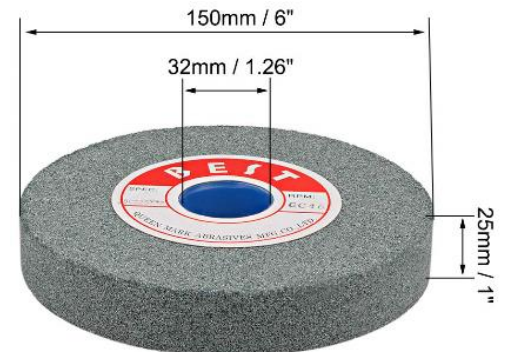
③ 기공 (칩의 저장,배출)

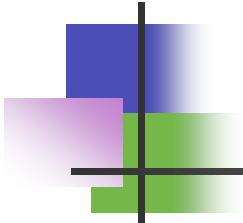
2) 숫돌 바퀴의 표시

KS L 6501에 규정에 의하여 라벨에

숫돌 입자, 입도, 결합도, 조직, 결합제, 숫돌바퀴의 모양, 치수, 사용 원주속도, 제조자의 이름, 제조일 등의 기입을 한다.

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

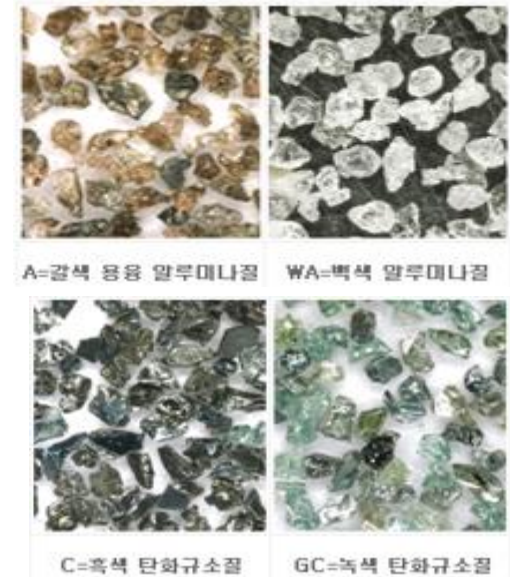




1) 입자 (절삭 날)

숫돌바퀴의 날을 구성하는 부분으로 공작물보다 단단해야 하고 인성이 적당히 있어야 함.

숫돌 입자의 종류	숫돌 입자 기호	용도	기호	경도	취성
알루미나계 (Al ₂ O ₃)	A	인성이 큰 재료의 강력 연삭이나 절단 작업용, 거친 연삭용, 일반 강재	2A	소	소
	WA	연삭 깊이가 얇은 정밀 연삭용, 경연삭용, 담금질강, 특수강, 고속도강	4A		
탄화규소계 (SiC)	C	인장 강도가 작고, 취성이 있는 재료, 경합금, 비철금속, 비금속	2C	대	대
	GC	경도가 매우 높고 발열이 적은 초경합금, 특수 주철, 칠드 주철, 유리	4C		



☞ 인조숫돌 입자의 종류 기호 : 4A, 2A, 4C, 2C

2) 입도 (grain size)

숫돌 입자의 크기를 숫자로 나타내는 데, #8~220까지 1인치 당 체 눈의 수로 분류하여 메시(mesh) 번호로 나타냄

호칭	거친것	중간것	고운것	매우 고운 것
입도	8, 10, 12, 14, 16, 20, 24	30, 36, 46, 54, 60	70, 80, 90, 100, 120, 150, 180, 220	240, 280, 320, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500

3) 결합도

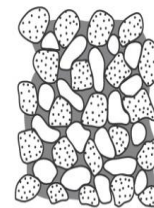
연삭입자를 결합하고 있는 결합제의 세기를 표시한 것임

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

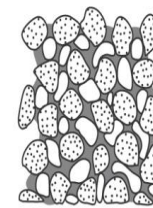
4) 조직

- 슷돌의 단위 체적당 입자의 밀도로 표시함
- 슷돌 조직 번호와 슷돌 입자율의 관계

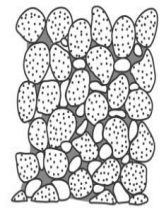
밀도	번호	입자율(%)	기호
치밀한 조직	0,1,2,3,4,5	50 이상	c
중간 조직	6,7,8,9	42~50	m
거친 조직	10,11,12,13,14	42미만	w



(a) 거친 것



(b) 중간 것



(c) 치밀한 것

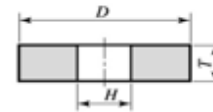
- 슷돌 조직의 선택 기준

거친 슷돌	치밀한 슷돌
거친 연삭	다듬질 연삭
연질인 재료	경질인 재료
접촉면적이 클 때	접촉 면적이 작을 때

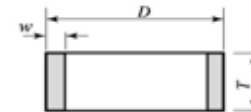
5) 결합제

- 슷돌입자를 결합시켜서 슷돌의 모양을 만드는 재료임.
- 결합제의 기호 및 용도

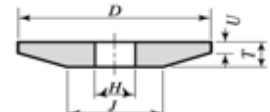
종류	기호	용도
비트리파이드	V	스�돌 전체의 약 90%를 차지하며 거의 모든 재료 연삭
실리케이트	S	대형 슷돌을 만들고 절삭 공구나 연삭 균열이 잘 발생하는 재료 연삭
탄성 슷돌	셀락	E 리머, 톱날같은 공구 및 롤의 다듬질면 연삭
	고무	R 절단용 슷돌, 센터리스 연삭기 조정 슷돌로 이용
	레지노이드	B 절단용 슷돌, 소재의 결합 제거



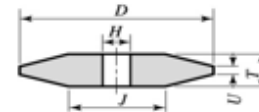
1호 평형(straight)



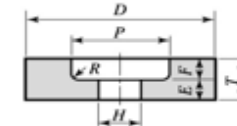
2호 실린더형(cylinder)



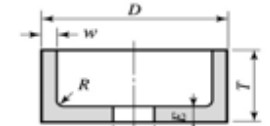
3호 1면 테이퍼형
(tapered one sides)



4호 양면 테이퍼형
(tapered two sides)

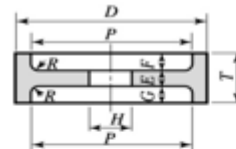


5호 한면 플랜지턱형
(recessed one side)

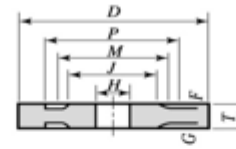


6호 원통컵형
(straight cup)

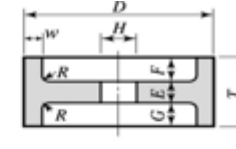
6) 슷돌바퀴의 모양



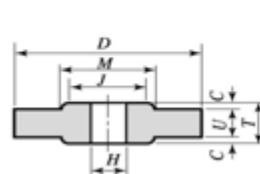
7호 양면 플랜지턱형
(recessed both sides)



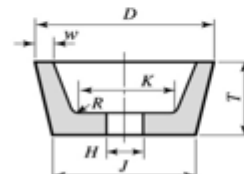
8호 세프티형(safety)



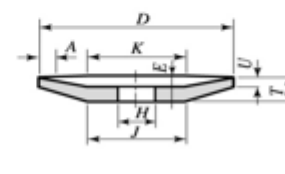
9호 양면컵형
(both side cup)



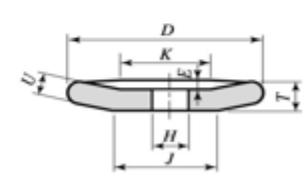
10호 주먹맞춤형(dovetail)



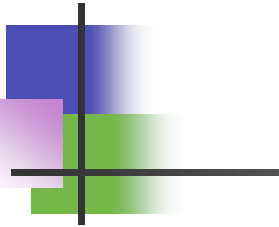
11호 대접형(flaring cup)



12호 접시형(dish)



13호 톱날용 접시형(saucer)



(4) 연삭숫돌의 수정

1) 원인

① 눈메움 (loading)

- 숫돌표면의 기공에 숫돌가루와 칩이 들어가서 막히는 현상임
- 발생원인 : 연삭숫돌의 기공이 너무 작거나, 결합도가 단단하거나, 연성이 큰 재료를 연삭 할 경우 발생함
- 결과 : 다듬질면이 거칠어지고 절삭성이 감소됨.

② 무덤 (glazing)

- 자생작용이 원활하지 않아 연삭입자가 무디어지는 현상임
- 발생원인 : 숫돌결합도가 너무 단단하여 입자가 탈락되지 않아 발생

③ 셰딩 (shedding)

- 숫돌입자의 파쇄가 충분히 일어나기 전에 결합제가 파쇄되어 숫돌입자가 떨어져 나가는 현상임.
- 발생원인 : 연삭숫돌의 결합도가 너무 연한 경우에 발생함.
- 결과 : 공작물을 깎아 내는 양에 비해 숫돌의 마멸이 심함.

2) 수정방안

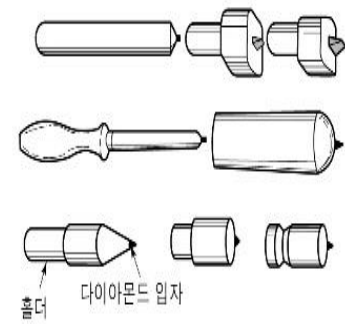
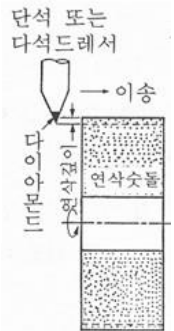
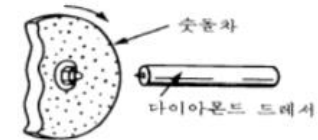
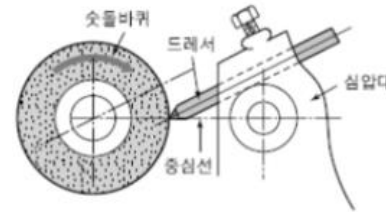
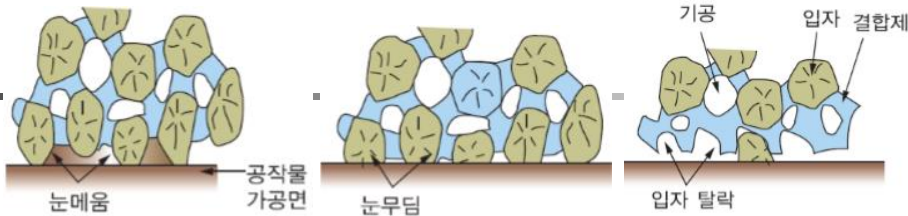
① 드레싱 (dressing)

숫돌입자를 눈 무덤(glazing)이나 눈 메움(loading)으로 절삭성이 나빠진 숫돌면에 새로운 입자를 표면에 발생시켜주는 작업

② 트루잉 (truing)

연삭숫돌의 외형을 수정하여 규격에 맞는(원하는 모양) 숫돌로 만드는 과정

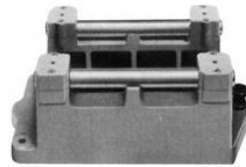
☞ 드레서(드레싱, 트루잉하는 공구)의 종류 : (다이아몬드, 성형, 연삭숫돌, 강철) 드레서 등



(a) 단삭



(b) 다삭



(a) 균형대



(b) 슷돌플랜지



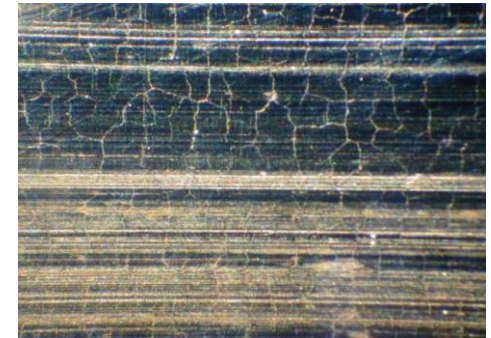
(c) 균형봉



(d) 균형작업

(5) 연삭숫돌의 검사

- 슷돌검사는 슷돌내부의 균열여부 판단과 슷돌의 균형을 잡기 위해 실시함
- 종류
 - ① 음향검사 : 해머로 가볍게 두드려 울리는 소리로 검사한다.
 - ② 회전검사 : 사용속도의 1.5배로 3~5분간 공회전을 실시한다.
 - ③ 균형검사 : 슷돌 플랜지에 평형추 이동시켜 잡는다.



(6) 연삭 가공면의 결함

1) 연삭 균열

- 연삭에 의한 발열로 표면이 고온이 되어 열팽창 또는 재질 변화에 의하여 그물모양의 균열발생
- 대책 : 연한숫돌 사용, 연삭깊이 작게, 이송 크게, 발열량 작게, 연삭액 사용

2) 연삭 번

- (연삭조건 및 슷돌의 부적당으로) 연삭에 의한 발열이 심해져 공작물 표면에 경도가 저하되는 현상
- 대책 : 연삭 균열과 동일

3) 채터링 (chattering)

- 연삭에서의 떨림 현상으로 가공 면에 미세한 파형무늬
- 원인 : 슷돌의 평형불량, 연삭 저항의 변동이 심할 때, 연삭기 자체 및 외부의 진동

