

# 다이아몬드휠의 드레싱 조건에 관한 연구

## A Study on the Dressing Conditions of Diamond Wheel

하상백\*, 정재극\*\*, 최 환\*\*\*, 이종찬\*\*\*

Sangbaek Ha, Jaekeuk Jeong, Whan Choi, Jongchan Lee

### ABSTRACT

Recently the use of ceramic materials has been greatly increased in the industries. But machining of the ceramics is quite unproductive because of their high strength, high hardness, and brittleness. The efficiency of the grinding operation of ceramics depends on the preparation of diamond grinding wheel, i.e., truing and dressing. This paper describes some experimental results on the dressing conditions of diamond grinding wheel. The dressing performance is evaluated by the magnitude of normal grinding force. The better dressed wheels result in the lower normal grinding forces. The dressing performances of copper plate and aluminum oxide dressing stick are compared. The optimum dressing conditions including the grit size of dressing sticks, the depth of the dressing operation, and the dressing speed are determined.

**Key Words:** Diamond wheel(다이아몬드휠), Dressing condition(드레싱조건), Dressing ratio(드레싱비)

### 1. 서 론

최근 세라믹스는 우수한 기계적 특성을 가지는 신소재로서 고부가가치의 첨단산업 전반에 걸친 부품의 소재로서 많은 각광을 받고 있다. 그러나 세라믹스는 높은 강도와 경도 및 취성으로 효율적인 가공이 힘든 단점을 가지고 있다. 난삭재인 세라믹스의 가공에는 주로 다이아몬드휠이 사용되며, 세라믹스의 효율적인 연삭을 위해서는 다이아몬드입자의 돌출상태가 중요하다. 그러므로 다이아몬드 입자의 돌출을 효과적으로 하는 휠의 준비과정인 드레싱조건의 선정이 효율적인 연삭을 위해서 필수적이다. 기존연구에 있어서 드레싱에 관한 연구는 재래식입자의 드레싱방법에 관해서는 많지만 초연마재인 다이아몬드휠의 드레싱방법에 관한 연구는 많이 이루어지지 않은 편이다.

따라서 본 연구에서는 다이아몬드휠의 효율적인 드레싱을 위한 몇가지 기본적 연구를 수행하였다. 먼저 드레싱정도를 판단할 수 있는 방법을 결정하고 이것을 기준으로하여 드레싱 방법, 드레싱 스틱의 입도선정, 드레싱 작업시 드레싱 깊이 및 이송속도가 드레싱 효과에 미치는 영향 등을 검토하였다.

### 2. 실험 조건 및 방법

본 실험에 사용된 숫돌은 입도 230인 레진본드다이아몬드휠을 사용하였고, 공작물은 알루미늄나 세라믹( $Al_2O_3$ )을 사용하였다. Table 1에 본실험에 사용된 실험조건을 나타내었다. 공작기계는  $1\mu m$ 까지 절입이 가능한 디지털 장치를 부착한 부분 유압식 범용 횡축 수평형 평면연삭기(Model: YGS-50A (1.5kW, 3440rpm))를 사용하였다. 연삭저항력의 측정을 위해 압전형 공구동력계(Kistler, 9257B)를 연삭기 테이블 위에 설치하고 그 위에 지그를 설치한 후 공작물을 고정하였다. 공작물 연삭시 공구동력계에서 발생된 신호는 다채널 증폭기(Kistler, 5019A)에서 증폭된 후 아나로그-디지털변환기(IOtech, DaqBook)를 거쳐 디지털화되어 개인용 컴퓨터(PC)로 전송되고, Grinding force software를 사용하여 실험에서 얻어진 연삭저항력 값을 구하였다. 공작물의 Cross feed 방향의 표면조도(이하 표면조도, Ra)는 촉침식 표면조도계(Mitutoyo, SV-600)로 측정하였다.

트루잉과 드레싱되었을 때의 휠표면의 다이아몬드 입자의 상태를 살펴보기 위하여 다이아몬드 연삭휠 위에 장착된 macro lense(500배)를 사용한 CCD 카메라를 설치하여 휠표면 사진을 갈라영상현미경으로 촬영하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 실험장치의 개략도를 나타내었다.

\* 금오공과대학교 기계설계공학과 대학원

\*\* 두영세미백

\*\*\* 금오공과대학교 기계설계공학과

Table 1. Experimental conditions

Grinding machine	Horizontal type surface grinding machine	
Grinding wheel	SDC230N100WC (150D×37.5d×10t)	
Workpiece	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (99.5%)(30L×20W×60H)	
Grinding conditions	Wheel speed(V <sub>s</sub> ) : 27 m/s	
	Table speed(V <sub>t</sub> ) : 6.25 m/min	
	Depth of cut(a <sub>p</sub> ) : 20 μm	
	Grinding type : Down & plunge & wet	
Grinding fluids	Syntilo 25 (50:1)	
Truing conditions	Truing sticks	SiC 30
	Grinding types	Down& Traverse & wet
	Depth of cut	5~20 μm
	Table speed	3 ~ 6.25 m/min
	Cross feed	5 mm/pass
Dressing conditions	Dressing sticks	Cu(95L×20W) WA180G, WA220G WA240G, WA400G (100L×25W)
	Grinding types	Down & Traverse & wet
	Depth of cut	20~50 μm
	Table speed	3~11.8 m/min
	Cross feed	5 mm/pass

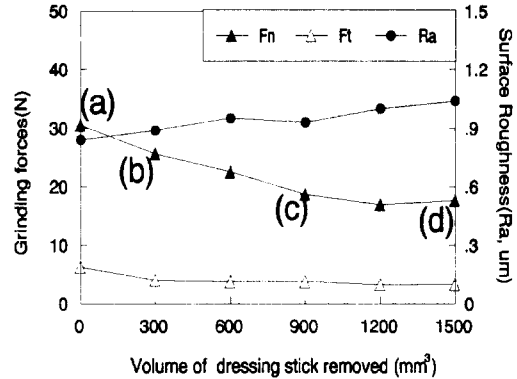


Fig. 2 Grinding force and surface roughness of workpiece versus volume of dressing stick removed (WA240, Vs=1620m/min, ap=30um, Vw=6.25m/min)

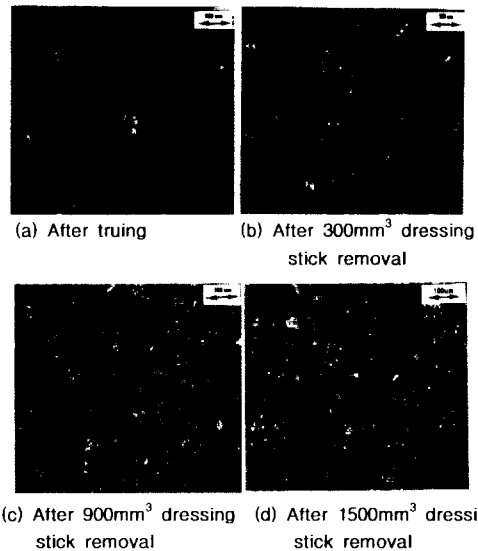


Fig. 3 Wheel surface after truing and dressing

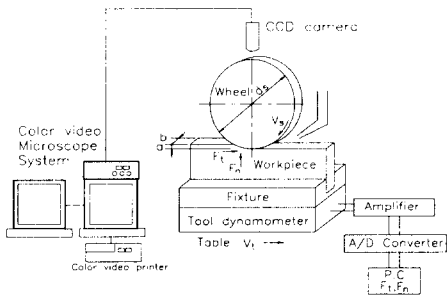


Fig. 1 Experimental set-up

### 3. 실험결과 및 검토

#### 3.1 드레싱 정도의 평가

Fig. 2는 트루잉된 다이아몬드휠의 드레싱스틱 제

거량 증가에 따른 연삭저항력변화와 표면조도변화를 나타내고, Fig. 3은 Fig. 2에서 표기한 (a), (b), (c), (d) 지점의 휠 표면의 입자상태를 나타낸다. Fig. 2와 Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 드레싱스틱의 제거량이 증가함에 따라 연삭저항력은 감소하고 표면조도 값은 증가하는 경향을 나타내며 입자는 많이 돌출되어지고 있다는 것을 관찰할 수 있었다. 연삭저항력 중 접선연삭저항력은 법선연삭저항력에 비해 그 크기와 변화가 작았다.

그래서 본연구에서는 법선연삭저항력과 입자상태와의 관계를 중심으로 드레싱 상태를 관찰하였다. 그결과 드레싱스틱제거량이 900mm<sup>3</sup>제거할 때까지는

법선연삭저항력이 감소하다가 900mm<sup>3</sup>이상에서는 일정한 값에 도달하였고 다이아몬드 입자의 돌출량도 900mm<sup>3</sup>까지는 돌출량이 많아지다가 900mm<sup>3</sup>이상에서는 거의 변화가 없다는 것을 관찰할 수 있었다.

이상의 관찰을 통해 법선연삭저항력은 입자돌출량과 연관이 있으며 드레싱정도를 평가하는 방법으로 타당하고 법선연삭저항력의 감소량이 클수록 드레싱정도가 우수하다고 결론을 내렸다. 또한 Fig. 3의 (d)에서와 같이 과도한 드레싱은 입자의 돌출에 영향을 미치지 못하고 오히려 드레싱스틱, 시간, 노력만 낭비하게 된다.

따라서 본 연구에서는 법선연삭저항력의 변화량이 일정한 값을 유지할 때를(예 Fig. 2의 (c)에서(d)구간) 드레싱이 완료된 상태라 보고 드레싱완료시의 연삭저항력(최저연삭저항력)과 드레싱비를 사용하여 드레싱조건을 선정하였다.

여기서 드레싱비란

$$Dressing\ ratio = \frac{\Delta F_n}{\Delta V_{dresser}}$$

로써, 단위체적의 드레싱스틱제거량( $\Delta V_{dresser}$ )에 대한 법선연삭저항력의 감소량( $\Delta F_n$ )을 나타낸다.

### 3.2 드레싱 방법의 선정

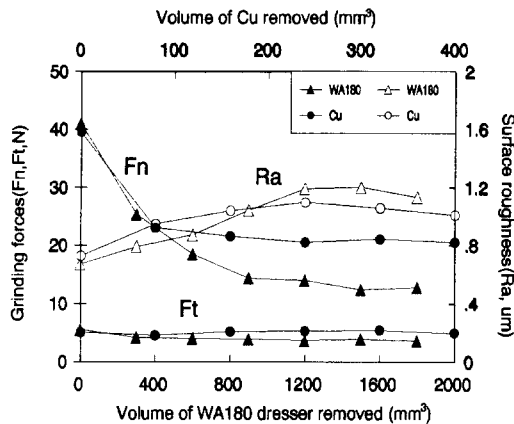
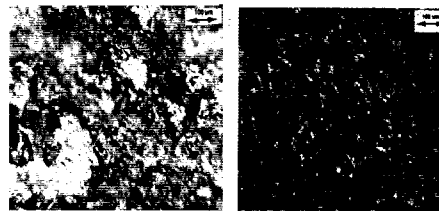


Fig. 4 Grinding force and surface roughness versus volume for each dressing stick removed (Cu: Vs=1620m/min, ap=10um, Vw=6.25m/min, WA180: Vs=1620m/min, ap=40um, Vw=6.25m/min)

드레싱방법의 선정에 있어 우리나라 산업현장에서 많이 사용하고 있는 구리판을 사용하는 방법과 WA스틱을 사용하는 방법을 비교하였다. Fig. 4는 구리와 WA180 드레싱스틱의 제거량 증가와 연삭저항력 및 표면조도와의 관계를 나타낸다. Fig. 5는 구리판으로 드레싱한 경우와 WA180 드레싱스틱으로 드레

싱한 경우의 휠표면의 다이아몬드입자 사진을 나타낸다. Fig. 4에서와 같이 드레싱스틱의 제거량이 증가할수록 법선연삭저항력이 감소하고 표면조도는 증가하는 경향을 보였으며 구리에 비해서 WA180스틱의 경우가 연삭저항력 감소량이 크고 표면조도 값의 증가량이 컸다. 이와같은 이유는 Fig. 5(a)에서 볼 수 있는 것과 같이 구리로 드레싱을 한 경우는 구리가 다이아몬드입자에 응착하여 다이아몬드입자가 공작물을 연삭하는 것을 방해하는 것에 기인한 것으로 생각된다. 따라서 WA스틱을 사용한 경우가 구리판을 사용한 경우보다 드레싱 효과가 우수하였다.



(a) After dressing with Cu (b) After dressing with WA180  
Fig. 5 Wheel surface after dressing

### 3.3 드레싱 스틱의 입도선정

Fig. 6-1은 WA스틱입도의 변화에 따른 드레싱스틱의 제거량과 연삭저항력 및 표면조도값의 관계를 나타내었고 Fig. 6-2는 WA스틱의 입도변화에 따른 최저연삭저항력 및 드레싱비와의 관계를 나타내었다.

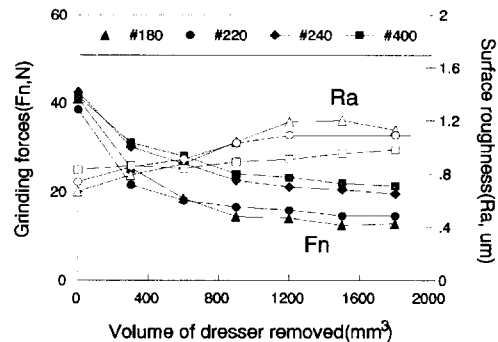


Fig. 6-1 Grinding force and surface roughness versus mesh size of dressing stick

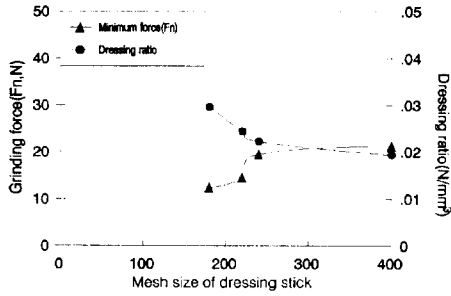


Fig. 6-2 Grinding force and dressing ratio versus mesh size of dressing stick  
( Vs=1620m/min, ap=30um, Vw=6.25m/min)

Fig. 6-1에서는 입도가 낮을수록 법선연삭저항력 감소량이 크고 공작물의 표면거칠기 값의 증가량이 크며 법선연삭저항력이 감소하는 경향이 표면조도가 증가하는 경향과 비슷한 것을 볼 수 있었다. 그리고 Fig. 6-2에서는 입도가 낮을수록(즉, 입자가 클수록) 최저 연삭저항력이 작고 드레싱비가 컸다. 그러므로 본 실험의 드레싱효율 평가방법에 의해 최저연삭저항력이 낮고 드레싱비가 높은 입도 180의 WA드레싱스틱의 드레싱효율이 가장 우수한 것을 알 수 있다.

### 3.4 드레싱 작업시 드레싱 깊이의 선정

Fig. 7-1은 드레싱스틱의 절입깊이 변화에 따른 드레싱제거체적과 연삭저항력 및 표면조도를 나타내었고 Fig. 7-2는 WA스틱 절입깊이 변화에 따른 최저연삭저항력과 드레싱비를 나타내었다. Fig. 7-1과 Fig. 7-2에서와 같이 절입깊이 30  $\mu\text{m}$ ~40  $\mu\text{m}$ 에서 연삭저항력 감소량과 표면조도 값의 증가량이 가장 크며 연삭저항력의 감소량과 표면조도 증가량이 유사한 경향을 나타내었다. 또한 최저연삭저항력은 절입깊이가 30  $\mu\text{m}$  이상에서는 거의 일정하였고 드레싱비는 30  $\mu\text{m}$ ~40  $\mu\text{m}$ 에서 가장 높았다. 그러므로 본실험의 드레싱효율 평가방법에 의해 최저연삭저항력이 작고 드레싱비가 큰 값을 가지는 30  $\mu\text{m}$  ~ 40  $\mu\text{m}$ 의 범위를 적합한 드레싱 절입깊이로 선정하였다. 이와같은 결과는 다이아몬드 입자직경과 관련이 있다고 생각된다. 본실험에 사용된 다이아몬드의 입자 직경은 65  $\mu\text{m}$  ~ 70  $\mu\text{m}$  정도가 되므로 드레싱깊이가 너무 작으면 충분한 드레싱효과를 갖지 못하고 너무 크면 같은 드레싱제거량에 대한 드레싱스틱의 통과 횟수가 작기 때문에 드레싱효과가 떨어지는 것으로 생각되며 다이아몬드입자의 반경정도가 적당하다고 생각되고 다이아몬드휠 입경에 따른 추

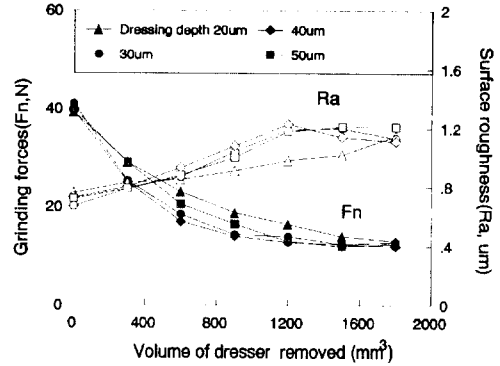


Fig. 7-1 Grinding force and surface roughness versus dressing depth

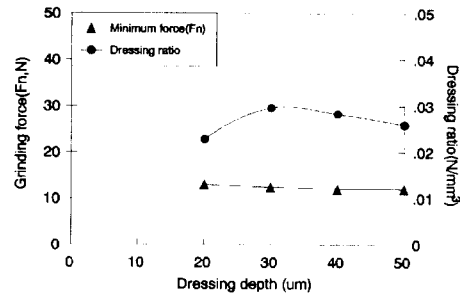


Fig. 7-2 Minimum grinding force and dressing ratio versus dressing depth  
( WA180, Vs=1620m/min, Vw=6.25m/min)

가 연구가 필요한 부분이다.

### 3.5 드레싱 작업시 드레싱 속도의 선정

Fig. 8-1은 WA스틱의 이송속도 변화에 따른 공작물 연삭시 연삭저항력과 표면조도를 나타내고 Fig. 8-2는 WA스틱의 이송속도변화에 따른 최저연삭저항력과 드레싱비를 나타낸다.

Fig. 8-1과 Fig. 8-2에서와 같이 이송속도 6.25 m/min 인 경우에서 연삭저항력 감소량과 표면조도 값의 증가량이 가장 크며 연삭저항력 증가량과 표면조도 감소량은 유사한 경향을 나타내었다. 또한 이송속도 6.25 m/min에서 최저연삭저항력이 가장 낮고 드레싱비는 가장 높았으며 이송속도 6.25 m/min을 기준으로 이송속도가 너무 느리거나 빠르면 드레싱효과가 떨어진 것을 볼 수 있었다. 그러므로 본 실험의 드레싱효율 평가방법에 의해 최저연삭저항력이 작고 드레싱비가 큰 값을 가지는 6.25 m/min을

드레싱 이송속도가 적합한 것으로 선정한다. 이와 같은 결과는 이송속도가 너무 느리면 본드부를 제거할 수 있는 스틱과 본드부와의 마찰력이 부족하고 너무 빠르면 WA스틱의 절분(sludge)이 다이아몬드 휠과 충분히 접촉할 수 있는 시간이 짧아지기 때문인 것으로 생각된다.

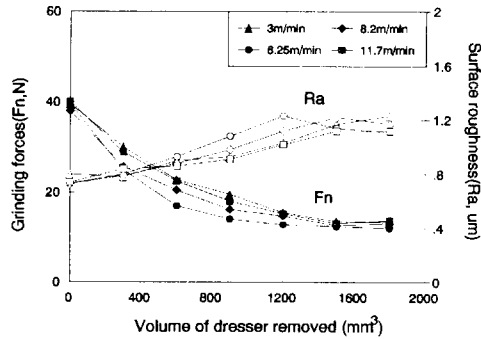


Fig. 8-1 Grinding force and surface roughness versus dressing speed

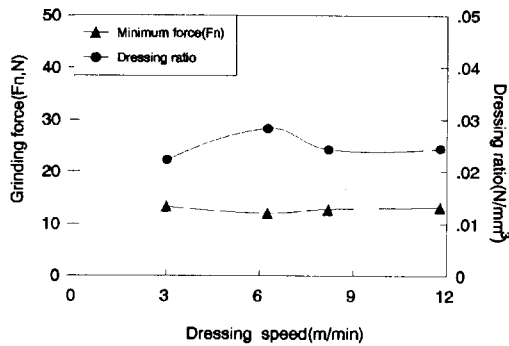


Fig. 8-2 Grinding force and dressing ratio versus dressing speed ( WA180, Vs=1620m/min, ap=40um)

### 3.6 드레싱작업의 효율성

Fig. 9는 WA스틱의 입도, 절입깊이, 이송속도변화에 따른 최저연삭저항력과 드레싱비를 나타내었다. 드레싱정도가 우수한 경우일수록 그래프의 오른쪽 하단에 위치한다. 여기서 입도의 경우가 기울기가 가장 크다는 것을 볼 수 있고 절입깊이의 경우는 그래프의 기울기가 일정하고 이송속도의 경우도 기울기가 거의 일정하다. 그러므로 본 실험의 범위내에서는 드레싱의 입도가 드레싱정도에 가장 영향을 많이 미친다는 것을 볼 수 있었다.

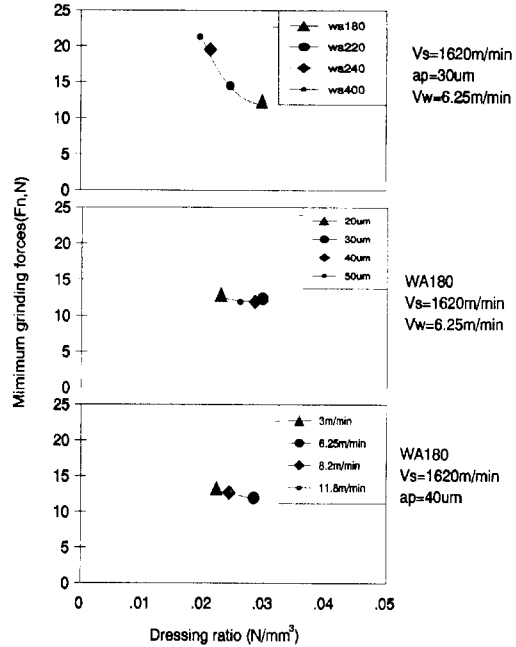


Fig. 9 Dressing ratio versus grinding force for dressing conditions

## 4. 결론

1. 본연구에서는 범선연삭저항력으로 드레싱효율을 판단하는 것이 타당하다는 것을 밝혔고 범선연삭저항력의 값이 일정한 값을 유지할 때를 드레싱이 완료된 상태라 보고 드레싱 완료시의 연삭저항력(최저연삭저항력)과 드레싱비를 사용하여 드레싱조건을 선정하였다.

2. 드레싱 방법의 선정에 있어서 기존에 사용하던 구리판을 사용하는 경우보다 WA스틱을 사용하는 경우가 드레싱효과에 있어서 효율적이었다.

3. WA스틱의 입도의 선정에 있어서 입도가 낮을수록(즉, 입자가 클수록) 드레싱 효과가 컸으며 본연구의 범위에서는 입도180의 WA드레싱스틱이 가장 효과적이었다.

4. 드레싱시 절입깊이는 드레싱깊이는 30 μm ~ 40 μm 범위가 효과적이었다.

5. 드레싱시 이송속도는 6.25 m/min을 기준으로 너무 느리거나 빠르면 드레싱 효과가 떨어졌고 6.25m/min가 적당하였다.

6. 드레싱스틱의 입도, 절입깊이, 이송속도 중에서 드레싱스틱의 입도가 드레싱 정도에 가장 영향을 많이 미치는 것으로 나타났다.