

단속연삭의 유제공급 특성

(Characteristics of Fluid Supply in Discontinuous Wheel Grinding)

곽용길, 홍순익(부산대 대학원), 송지복(부산대 기계공학부), 구 양(부경대 기계공학과)

ABSTRACT

In discontinuous wheel grinding, temperature is different from conventional grinding.

The characteristics of discontinuous grinding with respect to various slotted wheel were compared with those of general grinding.

Thermal conditions vary with intermittent ratio, direction of fluid supply for discontinuous wheel. According to three direction of grinding fluid supply and intermittent ratio, temperature and surface roughness were analyzed.

Key Words : Discontinuous wheel(단속 슷돌), Grinding Temperature(연삭온도), Intermittent Ratio(단속비), Direction of Fluid Supply (유제공급방향)

1. 서론

연삭가공은 부정형의 미소절인에 의해 매우 빠른 속도로 절삭되기 때문에 실용성이 높은 정밀가공 방법으로 널리 활용되어 왔으나 시대의 변천에 따라 정도를 유지하면서 생산력을 향상시키는 연구가 진행되고 있다.

특히 고정도, 고능률을 목표로하는 크리프-피드 연삭은 원패스로 피삭재표면을 만들기 때문에 접촉을 시작할 때 충격반복이 없고, 휠 형상의 전단 드립(Shear Drop)이 적다는 잇점이 있다. 그러나 절입량이 크면 가공면은 거칠어지고, 슷돌의 각 입자가 받는 부하가 커져서 연삭입자의 간섭부위에 국소적인 열손상이 발생한다.

이러한 연삭 부위에서 발생하는 과도한 열손상을 줄이는 한가지 방법이 연삭유제의 공급인데, 슷돌이 고속으로 회전하기 때문에 슷돌 주위에는 공기벨트라고 불리는 공기의 흐름이 생겨서 연삭액이 연삭점으로 유입하는 것을 방해한다. 따라서 연삭유제의 공급 방법을 향상시키는 노력이 이루어지고 있다. 즉, 노즐 위치나 수를 조정하는 방법, 공기차단판을 설치하거나 고압으로 유제를 공급하는 방법이 있다. 그리고 다른 한가지의 방법은 단속 슷돌을 이용하여 가공시 연삭 유제가 직접 공급됨으로 인해서 냉각효과와 칩의 배출이 용이하고, 고인성 재료를 일반 슷돌로 가공할 때 발생하는 로딩>Loading)과 번 아웃>Burn Out)을 감소시킨다.

따라서 본 연구에서는 단속스틀의 단속비를 다르

게 하고, 유량과 노즐방향을 조정하여 온도특성과 표면거칠기를 알아보았다.

2. 본론

2.1 연삭 가공시의 거칠기

연삭가공면의 거칠기는 연삭스틀입자의 크기, 슷돌의 직경, 입도, 드레싱 상태, 공작물의 종류에 의한 요인, 연삭 유제, 이송속도에 기인한 요인 등으로 분류할 수 있다. Fig. 1 은 표면거칠기를 기하학적으로 나타내었다.

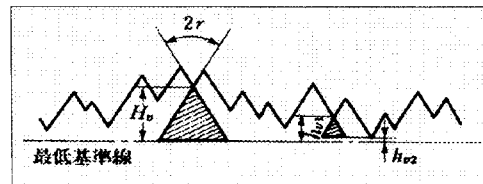


Fig. 1 Schematic of Surface Roughness

$$H = 0.97 v^{6/5} (\cot \gamma)^{2/5} \left[\frac{v}{V} \sqrt{\frac{1}{D}} \right]^{2/5}$$

$$R_a = 0.256H$$

2.2 단속 연삭스틀의 일반적인 열모델

단속연삭 슷돌의 열모델은 Fig. 2와 같다.

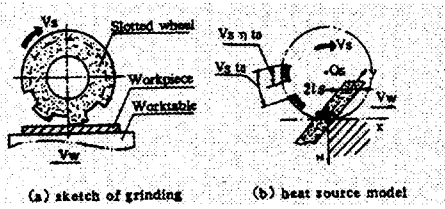


Fig. 2 Heat Source Model for Periphery Intermittent Grinding

이 때 반무한체의 냉각효과를 고려한 이동열원의 온도분포 미분방정식으로 나타낼 수가 있다.

$$\frac{\partial T^2}{\partial x^2} + \frac{\partial T^2}{\partial y^2} + \frac{\partial T^2}{\partial z^2} = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{\partial T}{\partial t} - V_w \frac{\partial T}{\partial t} \right]$$

$$T(x, y, z, t) = 0$$

위의 미분방정식을 줄여서 단속연삭시의 온도 θ 를 다음과 같은 식으로 간단히 된다.

$$\theta = \pi \int_K^0 \left[E(\zeta) \exp\left(-\frac{Z}{4\tau^2}\right) - K_h(Z, \tau) K_x(X, \tau) \right] d\tau$$

여기서,

$$K_x(X, \tau) = \left[(1-c)(X + \tau^2)/L + 1 \right] \times \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{X+L}{2\tau} + \tau\right) - \operatorname{erfc}\left(\frac{X-L}{2\tau} + \tau\right) \right]$$

$$K_h(Z, \tau) = \pi H \tau \exp(HZ + H^2 \tau^2) \times \operatorname{erfc}\left(\frac{Z}{2\tau} + H\tau\right)$$

$$\text{단, } X = \frac{V_w x}{2\alpha}, \quad Z = \frac{V_w z}{2\alpha}$$

$$L = \frac{V_w l}{2\alpha}, \quad H = \frac{2\alpha h}{k V_w}$$

$$K = \sqrt{\frac{V_w^2 t}{4\alpha}}; \quad \zeta = (n + n_0)t_0 - 1$$

$$\eta = \frac{bsl}{bs}; \quad t_0 = \frac{bs}{V_w}$$

$$n = \left(\frac{t}{t_0}\right) \operatorname{int}$$

bsl = 연삭가공시에 접촉하는 부분의 길이

bs = 홈부분의 길이

η = 단속비

t_0 = 열원의 단속시간

erf = 에리함수

erfc = 에리보정함수

2.3 단속 슷들의 형태 및 사양

단속연삭 슷들은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 일반

연삭 슷들에 공구연삭기를 사용하여 홈을 형성시켜 슷들을 가공하였으며, 홈은 슷들의 측면에서 슷들의 센터와 일정한 각도 γ 로 가공을 했으며, 홈에 해당 하는 부분의 비를 단속비 η 라고하면 다음과 같다.

$$\eta = \frac{L_1}{L_0 + L_1}$$

L_0 : 홈의 길이

L_1 : 가공시 실제 접촉하는 부분의 길이.

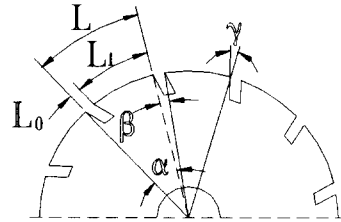


Fig. 3 Schematic Diagram of Discontinuous wheel

스틀은 규격이 $205 \times 25.0 \times 50.80$ 인 WA80K7V를 사용하였으며, 홈은 공구연삭기를 사용해서 6, 12, 24 개의 홈을 만들어서 각각의 명칭을 S6, S12, S24라고 명칭을 하여 실험을 하였다.

Table 1은 자체 제작한 슷들의 사양들이다.

Table 1 The Specification for Discontinuous Grinding Wheel

Grinding Wheel	S6	S12	S24
Number of Groove	6	12	24
Driving Angle α	60	30	15
Length of Groove	6	6	6
Effective Grinding Wheel Length	101	47.5	20.8
Intermittent ratio	0.94	0.89	0.78

2.4 시편의 제작

시편은 HP1A로 양측면과 밑면의 각각 7ϕ , 5ϕ 의 구멍을 2개씩 뚫어서 열전대를 심었고, 7ϕ 의 구멍에는 테프론을 심고 아래의 구멍에는 스크류로 고정하여 열전대가 움직이지 않도록 하였다. Fig. 4는 시편의 형상을 나타낸다.

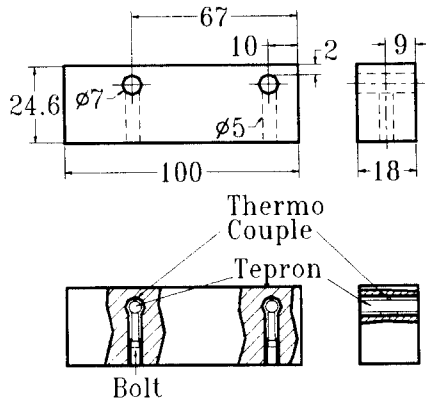


Fig. 4 Schematic diagram of workpiece 그리고 Table 2는 시편의 사양을 나타낸다.

Table 2 The Chemical Composition of Workpiece

Dimension	Chemical Composition %×3										H _{RB}
b×h×l	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	S	
18×24.6×100	50	27	81	13	9	15	3	70	25	2	61.42

3. 실험장치의 구성 및 실험

Table 3은 실험 조건이다.

Table 3 Experimental equipment and grinding Condition

Grinding Machine	<ul style="list-style-type: none"> Model : HYDRAULIC SURFACE GRINDING MACHINE SGH-6 Wheel Speed : 1780 rpm
Grinding Wheel	<ul style="list-style-type: none"> Type : Conventional(WA80K7), S6, S12, S24 Shape : 205×25.0×50.80
Workpiece	<ul style="list-style-type: none"> HP1A
Grinding Method	<ul style="list-style-type: none"> Up Cut & One Pass
Table Speed	<ul style="list-style-type: none"> 0.77 m/min
Depth of Cut	<ul style="list-style-type: none"> 60 μm
Dressing	<ul style="list-style-type: none"> Dresser : Single point diamond Depth of cut : 20 μm
Torque meter	<ul style="list-style-type: none"> Type : SS-500 Capacity : 5kgf-m Max Speed : 6000 rpm
Grinding Fluid	<ul style="list-style-type: none"> W2종2호 10% dilution
Surface Tester	<ul style="list-style-type: none"> MITUTOYO SURFTEST 301

유체는 3방향, 2방향, 1방향으로 각각 6.67 l/min, 4 l/min를 공급하였고, 그 그림이 Fig. 4에 나타나 있고, Fig. 5는 실험장치도이다.

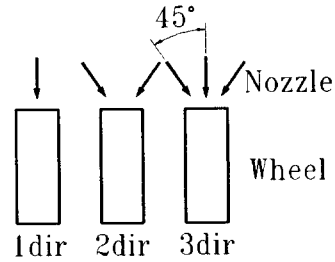


Fig. 4 Schematic for Direction of Fluid Supply

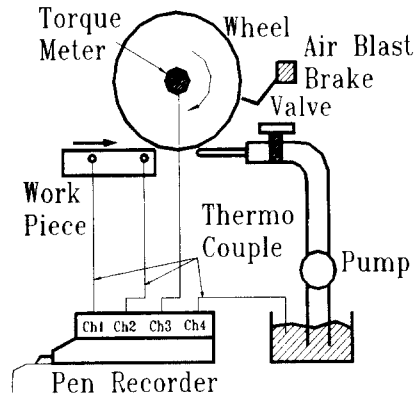
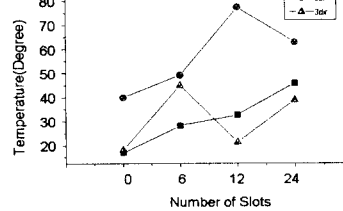


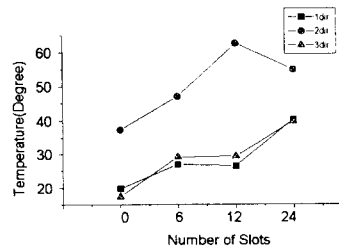
Fig. 5 Schematic Diagram of Experimental Equipment Set Up

4. 결과 및 고찰

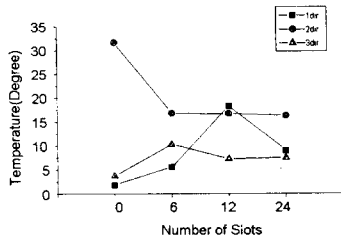
(1)노즐 방향에 따른 온도분포



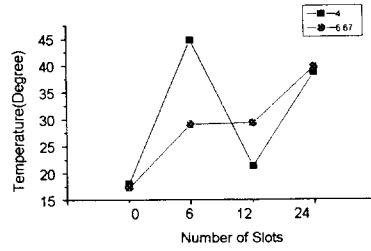
(a) 2/3 Point - 4 l/min



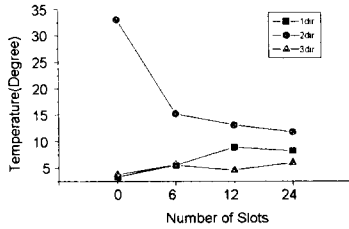
(b) 2/3Point - 6.67 l/min



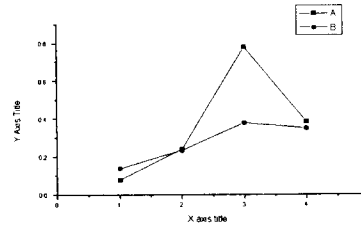
(c) Beginning Point - 4 l/min



(c) 2/3Point - 3Direction



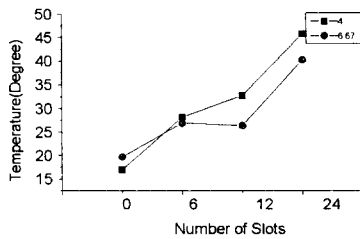
(d) Beginning Point - 1Direction



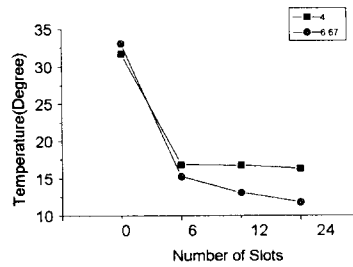
(d) Beginning Point - 1Direction

Fig. 6 Temperature Distribution with Direction of Nozzle

(2) 유량에 따른 온도분포



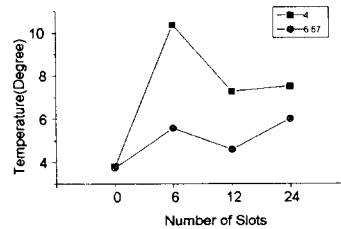
(a) 2/3 Point - 1Direction



(e) Beginning Point - 2Direction



(b) 2/3Point - 2Direction



(f) Beginning Point - 3Direction

Fig. 7 Temperature Distribution with Flow Rate

위의 실험결과에 의하면, 노즐방향에 따른 온도분포는 일반적으로 1방향과 3방향에서 유체를 공급하는 것이 2방향에서 유체를 공급하는 것보다는 약간

낮은 온도를 나타냄을 알 수 있다.

단속의 수에 따라서는 3방향이 가장 우수하며, 2방향의 온도 특성은 그다지 좋지 않음을 알 수 있다. 이는 정면으로의 유량 공급비중이 측면보다 높기 때문이며 따라서 약간의 버닝이 발생하였다.

단속수가 많고 3방향일수록 가공 시작점 온도가 많이 저하되는데 이는 유량의 측면 공급이 초기에 더 원활히 투입된다는 것을 의미한다.

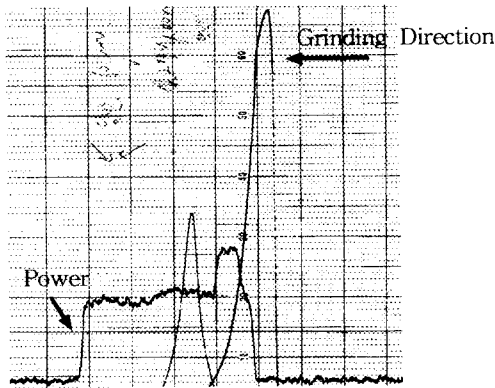


Fig. 8 Power Variation in Conventional Grinding with 2-Direction of Fluid Supply

Fig. 8에서는 일반휠이므로 유제 공급이 원활하지 않아서 초기에 버닝(burning)과 함께 동력이 증가함을 볼 수 있다.

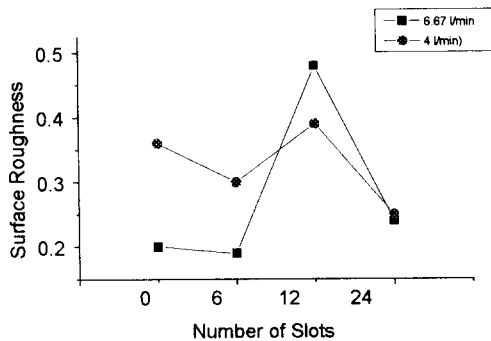


Fig. 9 Surface Roughness with Various Slotted Wheel

Fig. 9에서 보는바와 같이 단속의 수와 표면거칠기는 일정한 상관 관계가 존재하지 않고, 서로 독립적인 분포를 보여주고 있다.

5. 결론

단속휠의 유량공급 특성을 노즐방향과 단속수에 따라서 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻는다.

- (1) 단속수가 많을수록 온도가 낮아진다.
- (2) 정면공급과 측면공급을 동시에 할 경우 온도가 낮아진다.
- (3) 측면공급이 더해질 경우 초기온도가 특히 낮아지는 것을 알수있다.

참고문헌

1. K. Nagayama, J. Takaki and T. Abe, "Grinding heel with Helical Grooves an attempt to improve the Grinding performance.", CIRP, No.1, pp133-183, 1977
2. H. W. Zheng, H. Gao, "A General Thermal Model for Grinding with Slotted or Segmented Wheel", CIRP, Vol.1994
3. A. S. Lavine "The Effect of Heat Generation at the Shear Planes"
- 4., Trevor Howes "Assessment of Cooling and Lubricative Properties of Grinding Fluids"
5. 박재현 "고능률 연삭을 위한 연삭유제 공급의 최적화" 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, pp.90-94, 1996.