

페라이트의 총형 연삭에서 전착 다이아몬드연삭숫돌의 최적 연삭조건

(Optimum Grinding Condition for Electroplated Diamond Wheel in Form Grinding of Ferrite)

김성청*, 이재우**, 김관우, 한상욱, 황선희*

* :충북대학교 정밀기계공학과, ** :두원 공업 전문대학 기계과

S.C.Kim*, J.W.Lee**, K.W.Kim, S.C.Han, S.H.Hwang*

ABSTRACT

This paper aims to clarify the optimum grinding condition for the electroplated diamond wheel in form grinding of Sr-ferrite. The main conclusions obtained were as follows. (1) The flexural strength and surface roughness of ferrite became the highest at the peripheral wheel speed of 1700m/min. (2) In the case of depth of cut larger than 0.4mm, crack layers is induced in the ground surface, the fracture type of chips exhibits slight ductile mode in the depth of cut smaller than 0.2mm. (3) When the depth of cut exceed 0.6mm, the tool life becomes extremely short due to large chipping and brackage. However, at the depth of cut =0.05mm, the diamond grain shows abrasive wear. (4) The flexural strength and surface roughness increases in proportion to the feed rate.

Key words : Optimum Grinding Condition, Tool life, Sr-ferrite, Form grinding

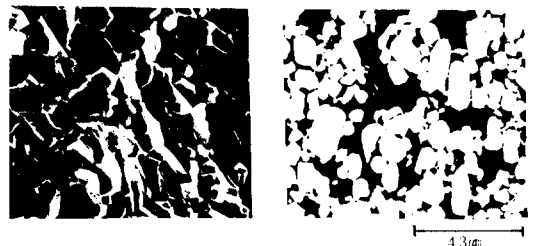
1. 서론

우수한 자기 성질을 가지고 있는 페라이트는 모터 및 자기 드럼 등의 핵심부품으로서 널리 사용되고 있으며, 그 용도 개발이 활발히 이루어지고 있다. 페라이트는 성형, 소결에 의해 제조 되는데, 소결시는 수축이 동반되며, 성형시의 밀도를 균일하게 하는 것이 곤란하므로, 특히 형상이 복잡한 경우, 소결면에 의해, 제품의 형상-치수를 충족시키는 것이 곤란하다. 따라서, 소결후 기계가공이 필수 불가결하게 되는데, 페라이트의 높은 경귀성 때문에, 가공방법으로서 연삭과 같은 지립 가공이 주체가 되나, 연삭 가공시 가공능률이 매우 낮고, 가공시의 표면부 크랙 및 표면하층의 결합생성은 큰 문제로 되어 있다. 특히, 모터용의 부품으로서 사용하는 경우, 가공면이 광면이기 때문에, 가공 시에 파손되는 경향이 매우 크므로, 불량률이 상당히 높아지게 된다. 그러나, 페라이트의 연삭에 대한 연구보고가 그다지 없는^{1) ~ 4)} 관계로, 페라이트의 연삭시의 연삭기구 및 연삭시의 결합발생기구가 분명히 밝혀져 있지 않아, 연삭 가공의 문제 해결이 시급하였다. 그래서, 본 연구에서는 전착 다이아몬드연삭숫돌을 사용하여, 페라이트의 총형 연삭한 경우의 최적 연삭 조건을 검토하였다.

2. 실험 방법

실험에 사용한 피삭재는 SrO·6Fe₂O₃ 조성의 Sr페라이트로써 0.45wt%의 CaO와 0.36wt%의 SiO₂를 함유하고 있으며, 재료의 물리적 성질은 밀도 3.8g/cm³, flexural strength 650MPa, 경도 80 HRA, 영률 300GPa, 열팽창율 7.9×10⁻⁶/C, 열전도율 0.05 cal/cm·s·C이다.

Fig 1은 페라이트의 SEM사진을 보여주며, (a)는 파면의 조직사진, (b)는 폴리싱후 HCl용액으로 에칭 처리한 조직사진을 보여준다.



(a) fractured surface (b) polished and Etched surface

Fig 1. Microstructures of Sr-Ferrite

연삭실험은, 횡축 정밀 연삭기에 의해 하향연삭을 행했으며, 실험에 사용한 연삭숫돌 및 연삭조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Grinding conditions

Grinding method	Form Grinding
Grinding wheel	Electroplated SD 80-P
Peripheral wheel speed	$v=1100 \sim 2200$ m/min
Grinding depth of cut	$D=0.05 \sim 0.6$ mm
Feed Rate	$F=0.2 \sim 1.0$ m/min
Grinding Fluid	Water 10 ℓ/min

Fig. 2는 피삭재의 형상과 항전시험방식을 나타낸다.

다이아몬드연삭숫돌은 입도 #80의 진작다이아몬드연삭숫돌로, 일정시간 연삭후, 레포리카뮴을 사용하여, 다이아몬드입자의 마모상태를 SEM으로 관찰하였다. 또한, 칩의 생성기구를 검토하기위해 연삭시 생성된 칩을 이중테이프에 붙여 SEM으로 관찰하였다.

연삭면의 표면거칠기는 측정식 표면거칠기를 사용하여 행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3-1. 원주속도의 영향

Fig 3은 원주속도를 변화시킨 경우의 항전강도 및 표면 거칠기를 보여준다.

원주속도 1700 m/min에서 항전강도가 약 330kg으로써, 최고치를 보여주고 있으며, 항전강도는 원주속도가 1700 m/min까지는 서서히 증가하다가 이 이상이 되면 감소됨을 알 수 있으며, 1700 m/min는 항전강도가 가장 우수한 임계속도를 나타낸다.

한편, 표면 거칠기는 원주속도 1700 m/min에서 $R_{max} = 0.2 \mu\text{m}$ 로써 최저치를 보여주며, 원주속도가 1700 m/min보다 낮을수록 표면 거칠기가 급격히 커지며, 1700 m/min보다 큰 경우는 약간 증가하나 그다지 큰 차를 보이지는 않는다. 따라서, 표면거칠기면에서도 원주속도는 1700 m/min가 가장 적합하다고 할 수 있다.

Fig 4 는 원주속도를 변화시킨 경우의 연삭면의 대표적인 SEM사진을 보여주며, (a)는 원주속도 1000 m/min인 경우의 연삭면, (b)는 1700 m/min에서의 연삭면을 보여준다.

1300 m/min의 경우는 1000 m/min의 경우와 거의 유사한 경향을 보여 주었으며, 2000 m/min의 경우는 1700 m/min와 거의 유사 하였다. 1000 m/min 및 1400 m/min의 원주속도에서는 연삭시 주로 지립의 실험에 의한 취성파괴에 의해 연삭면이 생성 되었음을 보여주며, 1700 m/min이상에서는 소성유동이 다소 이루어졌음을 보여준다.

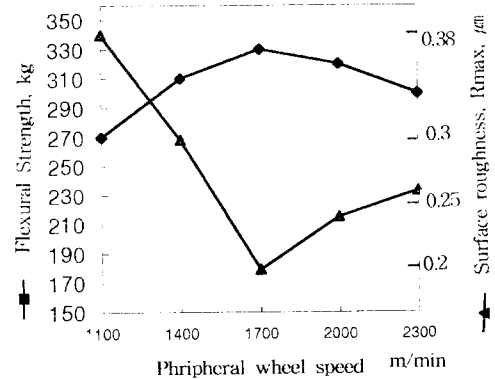


Fig 3. Effects of peripheral wheel speed on flexural strength and surface roughness

$F = 0.4\text{m/min}$, $D = 0.2\text{mm}$

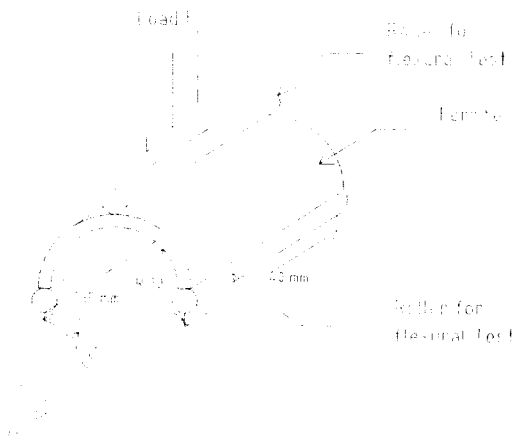
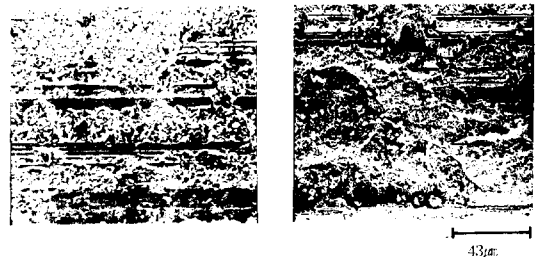


Fig 2. Schematic view of ferrite for the grinding and flexural test



(a) $v = 1000$ m/min

(b) $v = 1700$ m/min

Fig 4. SEM photographs of ground surface obtained at different peripheral wheel speed

$F = 0.4\text{m/min}$, $D = 0.2\text{mm}$

3-2. 연삭깊이의 영향

Fig 5는 연삭깊이를 변화시킨 경우의 항전장도 및 표면 거칠기를 보여준다.

항전장도는 연삭깊이가 0.05mm인 경우 400kg으로서 가장 높으며, 연삭깊이가 0.6 mm로 커질에 따라 항전장도가 현저히 저하하였다.

또한, 표면거칠기는 연삭깊이 0.05mm인 경우 0.2 μ m로써 최소치를 나타내었으며, 연삭깊이가 0.6mm로 커질에 따라 증가함을 알 수 있다. 이것은 연삭깊이가 커질에 따라 연삭시에 피삭재의 파괴 규모가 커지기 때문이라 할 수 있다.

Fig 6은 연삭깊이를 변화시킨 경우의 대표적인 SEM사진을 보여준다.

연삭깊이가 0.05mm인 경우, 연삭흔이 많이 나타나 있으며, 연삭시에 저압의 진동에 의한 결빙과제 보다도 조성 유동이 많이 일어나 있음을 보여준다.

연삭깊이가 0.2mm에서는 연삭시 결빙과제의 흔적이 많이 나타났으며, 부분적으로 조성유동의 흔적을 알 수 있었고, 연삭깊이 0.4mm에서는 연삭면에 크랙이 일부 생성되어 있으며, 연삭깊이 0.6mm 이상에서는 크랙의 다량 발생되었음을 보여 주었다.

따라서, 연삭깊이는 0.2mm 이하로 하는 것이 좋다는 것을 알 수 있다.

따라서 Fig 5에서 연삭깊이 0.4mm 이상의 경우 항전장도가 급격히 낮아지는 원인을 위해서 나타난 연삭면의 크랙 생성이 주원인인 것으로 생각 된다.

Fig 7은 연삭깊이를 변화시키 20시간동안 연삭가공한 후의 다이아몬드 연삭입자의 파모형태를 보여주는 SEM사진이며,

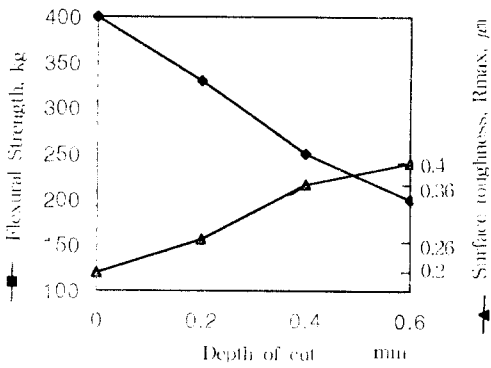


Fig 5. Effects of grinding depth on flexural strength and surface roughness.

V = 1700 m/min, F = 0.4 m/min

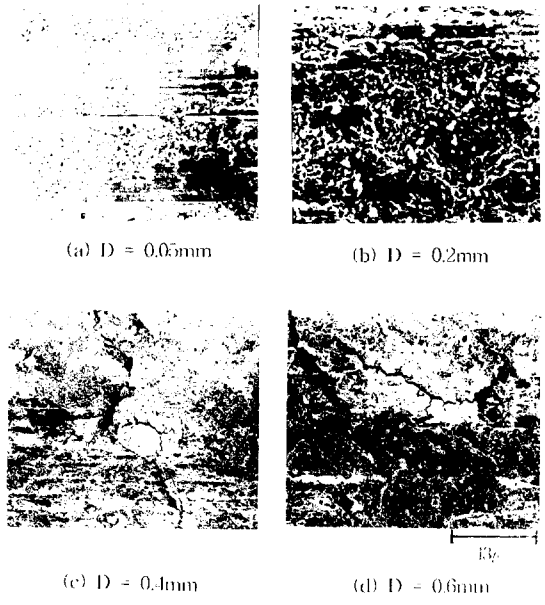


Fig 6. SEM photographs of ground surface obtained different grinding depth.

V = 1700 m/min, F = 0.4 m/min

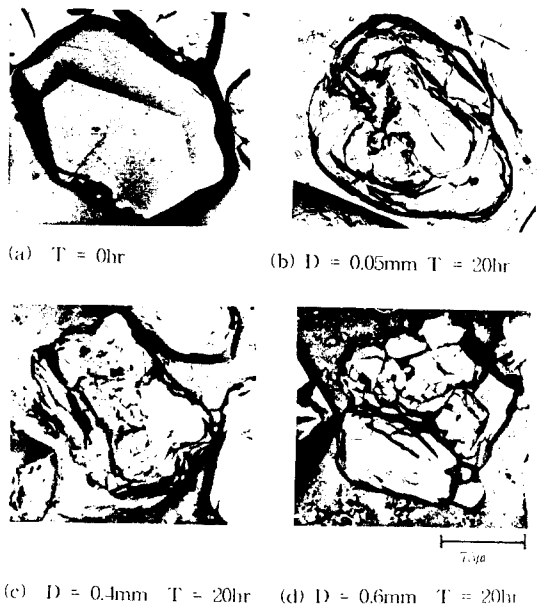


Fig 7. SEM photographs of diamond grains after grinding in different grinding depth

V = 1700 m/min, F = 0.4 m/min

비교를 위해 사용질의 다이아몬드 연삭입자를 (a)에 보여주고 있는데, 이러한 질인이 명확히 나타나 있다. (b)는 연삭길이 0.05mm인 때의 지립을 보여주며, 주로 이브레시브 파모인 것으로 나타난다. 한편 연삭길이 0.4mm에서는 지립의 표면부에서 미세한 침핑이 일어나고, 일부분은 이브레시브 파모로 된다. 또한, 연삭길이 0.6mm에서는 (d)에 보여준 바와 같이, 파손 및 침핑현상이 현저히 일어나고 있음을 알 수 있다. 따라서 연삭길이 0.6mm이상에서는 연삭숫돌의 수명이 극단적으로 낮아지게 된다.

3-3 이송속도의 영향

Fig 8은 이송속도를 변화시킨 경우의 항장강도 및 표면 거칠기를 보여준다.

이송속도가 0.2m/min인 경우, 항장강도가 370kg이었으며, 이송속도가 커질수록 항장강도가 급격히 낮아지고 있다. 또한 이송속도가 0.2m/min인 경우 표면 거칠기가 0.2 μ m이었으며, 이송속도가 증가함에 따라, 표면 거칠기가 급격히 높아짐을 보여준다.

Fig 9는 이송속도를 변화시킨 경우의 연삭칩의 SEM 사진을 보여준다. (a)에 보여주는 바와 같이, 이송속도 0.2m/min에서는 미세한 칩이 대부분인데 비하여, (b),(c)에 보여주는 바와 같이, 이송속도가 커질수록 연삭칩의 크기가 커지며, 특히 이송속도 1.0m/min에서는 상당히 큰 크기의 칩이 많이 된다.

따라서 Fig 8에서 이송속도가 증가함에 따라 표면 거칠기가 커진 이유는, 이송속도가 커짐에 따라 지립당의 연삭길이 커짐에 따라 피복 규모가 크게 된 때문이라 생각된다.

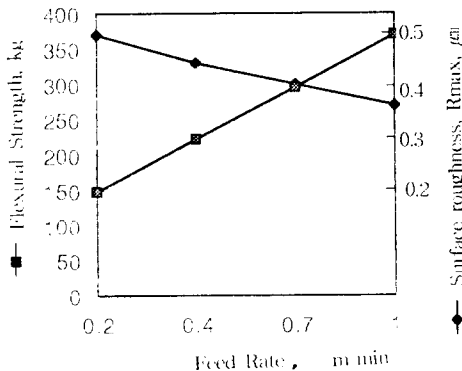


Fig 8. Effects of feed rate on flexural strength and surface roughness

V = 1700mm/min D = 0.2mm

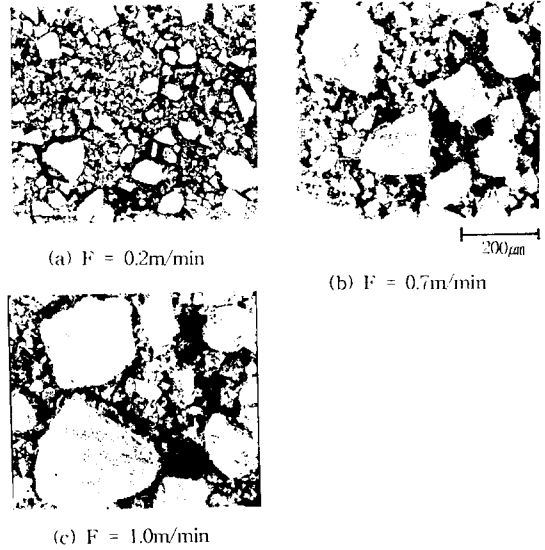


Fig 9. SEM photographs of chips formed at different feed rate

V = 1700m/min D = 0.2mm

또한 피복 규모가 커짐에 따라, 연삭시에 생성되는 표면부 결함률이 많아짐으로, 이송속도가 증가함에 따라 항장강도가 현저히 낮아지는 것으로 사료된다.

4. 결론

페라이트의 총형 연삭에서 진작 다이아몬드 연삭숫돌의 최적 가공조건에 대한 실험을 행한 결과 다음과 같은 결론이 얻어졌다.

(1) 연삭숫돌 원주속도 1700m/min에서 연삭한 경우의 피삭 재가 항장강도가 가장 높으며, 연삭면의 표면 거칠기도 가장 낮게 된다.

(2) 연삭길이 0.4mm이상인 경우, 연삭면에 현저한 크랙이 생성되며, 연삭길이 0.2mm이하에서는, 연삭 길이가 작을 수록 연삭면의 생성은 인정가능이 커지게 된다.

(3) 연삭길이 0.05mm인 경우의 다이아몬드 지립은 이브레시브 비모를 보여주며, 연삭길이 0.6mm이상의 경우는 다이아몬드 입자가 대량모 침핑, 파손을 일으키 항구 수명이 급격히 짧아진다.

(4) 이송속도가 커짐에 따라 항장강도는 감소하며, 표면 거칠기는 증가되는데 나열의 영향한 비율을 유지한다.

참고문헌

1. Ohbuchi, Y., Matsuo, T., 1995, Chipping in High-Precision Slot Grinding of Mn-Zn Ferrite, *Annals of the CIRP*, 44, 1, 273-277.
2. Chandrasekar, S., Shaw, M.C., Bhushan, B., 1987, Comparison of Grinding and Lapping of Ferrite and Metals, *Trans. ASME, Ser.B*, 109, 83.
3. Miyake, S., Watanabe, J., Ueno, Y., Tsuruta, K., 1977, Ferrites Precision Grinding (1st Report), *Journal of JSPE*, 43, 12, 1415-1420.
4. Makino, M., Nakata, K., Omura, T., 1987, Precision Machining in the manufacture of Magnetic Heads, *Proc. of 6th ICPE*, 323-328.