

페라이트의 연삭저항 및 연삭면 특성

김성청*, 이재우**

Study on Grinding Force and Ground Surface of Ferrite

Sung-Chung Kim and Jae-Woo Lee

Abstract

This paper aims to clarify the effects of grinding conditions on the grinding force, ground surface and chipping size of workpiece in surface grinding of various ferrites with the resin bond diamond wheel. The main conclusions obtained were as follows: In a constant peripheral wheel speed, the specific grinding energy is fitted by straight lines with grinding depth coefficient(δ) in a logarithmic graph. The effect of both depth of cut and workpiece speed on grinding energy becomes larger in the order of Mn-Zn, Cu-Ni-Zn and Sr. When using the diamond grain of the lower toughness, the roughness of the ground surface becomes lower. The ground surfaces show that the fracture process during grinding becomes more brittle in the order of Sr, Mn-Zn and Cu-Ni-Zn. The chipping size at the corner of workpiece in grinding increases with the the increases of the depth of cut and workpiece speed, and the decrease of peripheral wheel speed. The effect of both depth of cut and workpiece speed on chipping size becomes more larger in the order of Sr, Mn-Zn and Cu-Ni-Zn.

Key words : Ferrite(페라이트), Grinding force(연삭저항), Ground surface(연삭면), Grinding condition(연삭조건), Diamond wheel(다이아몬드 슷들)

1. 서론

우수한 자기 성질을 가지고 있는 페라이트는 모터 및 자기 드럼 등의 핵심 부품으로써 널리 사용되고 있으며, 그 용도 개발이 활발히 이루어지고 있다. 페라이트는 성

형·소결에 의해 제조되는데, 소결시는 수축이 동반될 뿐 아니라 성형시의 밀도를 균일하게 하는 것이 곤란하므로, 특히 제품의 형상이 복잡한 경우는 소결만에 의해 형상·치수를 충족시키는 것이 일반적으로 가능하지 않다.

따라서 소결후는 기계가공이 필수 불가결하게 되는데, 페라이트의 높은 경취성 때문에 가공 방법으로써 연삭등과 같이 다이아몬드스틀입자를 사용한 지립가공이 주체가 되어 있다. 그러나 다이아몬드스틀에 의한 페라이트의 연

* 충북대학교 정밀기계공학과
** 두원공업전문대학 기계과

삭가공은 가공 능률이 매우 낮고, 가공시의 표면부 손상에 따른 강도 및 내마모성 저하가 큰 문제로 되어 있으며⁽¹⁻⁶⁾, 연삭시의 피삭재 파괴현상과 부적절한 연삭에 따른 자성 등의 페라이트 고유 특성의 저하도 해결되어야 할 과제로 되어 있다. 우리 나라에서도 페라이트의 생산량이 급속히 증가되고 있으나 페라이트의 연삭기술이 부족하여 생산량의 50% 이상이 연삭불량으로 폐기되는 경우가 많이 나타나므로, 페라이트의 연삭에 관한 연구가 시급히 요구되어 왔다.

그러나, 통상의 엔지니어링 세라믹 연삭에 관한 연구는 국내외에서 상당수 보고되어 왔으나, 엔지니어링 세라믹과는 연삭기구 및 재료의 성질이 매우 상이한, 다결정 페라이트의 연삭에 대한 연구보고가 그다지 없는⁽¹⁻⁶⁾ 관계로, 페라이트 연삭시의 연삭기구 및 결함 발생 원인이 분명히 밝혀져 있지 않아, 페라이트 연삭가공의 문제 해결에 큰 어려움이 있었다.

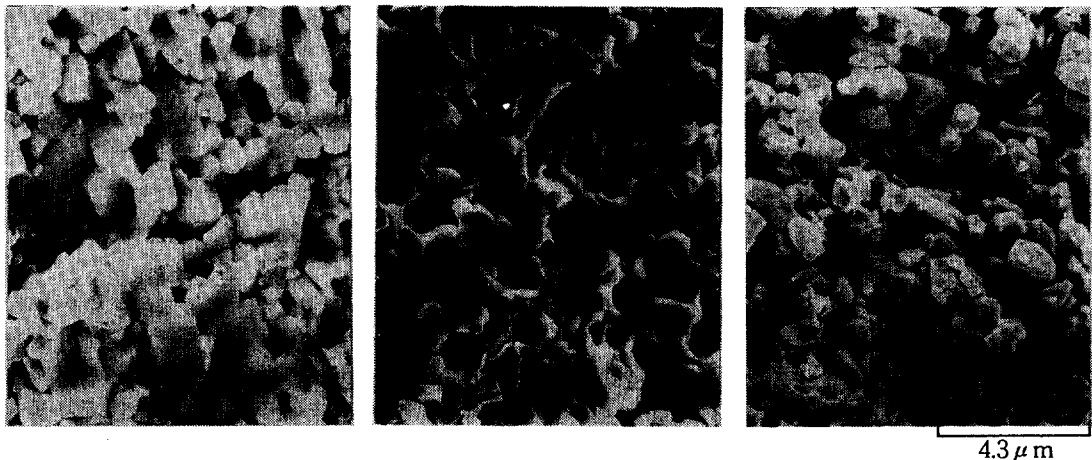
따라서 본 연구에서는 페라이트의 기초적인 연삭특성을 파악하기 위하여, 다이아몬드 스톨을 사용하여 상호간에 현저히 다른 기계적성질을 가지고 있는 Mn-Zn, Cu-Ni-Zn, Sr 다결정 페라이트를 평면 연삭하여 연삭저항, 비연삭에너지 및 공작물의 칩핑크기에 미치는 스톨 원주속도, 연삭깊이와 이송속도의 영향을 고찰하고, 표면거칠기에 미치는 다이아몬드스톨 인성의 영향 및 연삭면 특성을 검토하였다.

2. 실험방법

실험에 사용한 피삭재는 Mn-Zn, Cu-Ni-Zn 및 Sr 다결정 페라이트로서, 물리적 및 기계적 성질은 Table 1에서 보여주는 바와 같다. Sr 페라이트의 경취성이 가장 크고, Cu-Ni-Zn 페라이트의 인성이 가장 크며, Mn-Zn 페라이트는 Sr 페라이트에 비해 경도가 약간 낮으나 굽힘강도 및 파괴인성은 다소 높다.

Table 1 Mechanical and physical properties of various ferrites

Property	Composition	Mn-Zn	Cu-Ni-Zn	Sr
	Unit			
Density	g/cm ³	5.3	6.3	4.9
Hardness	HRA	68	59	72
Bending strength (Lapped, 4-point bending)	MPa	380	670	320
Fracture toughness, K _{IC}	MPa · m ^{1/2}	5.1	6.8	4.8
Young's modulus	GPa	200	170	210
Thermal conductivity	W/m · K	29	6.0	28
Thermal expansion coefficient	10 ⁻⁶ /K	5.3	8.6	4.1
Sintering		Cold pressed		



(a) Mn-Zn

(b) Cu-Ni-Zn

(c) Sr

Fig. 1 SEM photographs of fractured surfaces of various ferrites

Fig. 1은 Mn-Zn, Cu-Ni-Zn 및 Sr 페라이트의 SEM 사진을 보여준다. 결정 입자의 크기는 모든 페라이트가 거의 유사한 정도이며 Mn-Zn 페라이트는 결정 입자간에 다소 결합이 행해진 상태로 되어 있고, Cu-Ni-Zn 페라이트는 결정 입자간의 결합이 완전히 행해진 상태에 있어 입내 파괴가 현저함을 알 수 있으며, Sr 페라이트는 결정 입자간에 결합이 전혀 되어 있지 않고 완전한 입계 파괴로 되어 있다.

연삭실험에 사용된 피삭재는, 원료 합성으로부터 소결 단계까지의 모든 공정에서 결합이 생성되지 않도록 신중한 조건하에서 채취하였다.

연삭실험은, 고강성, 횡축 정밀 연삭기에 의해 상향 플런지 연삭을 행하였다. 배분력 및 접선력은 Fig. 2에서 보여주는 바와 같이 연삭시에 연삭동력계(KISTLER 9257A)를 사용하여 측정하였으며, 비연삭에너지 U는 다음 식에 의해 구하였다.

$$U = F_t \frac{DV_g}{bV_w} \quad (1)$$

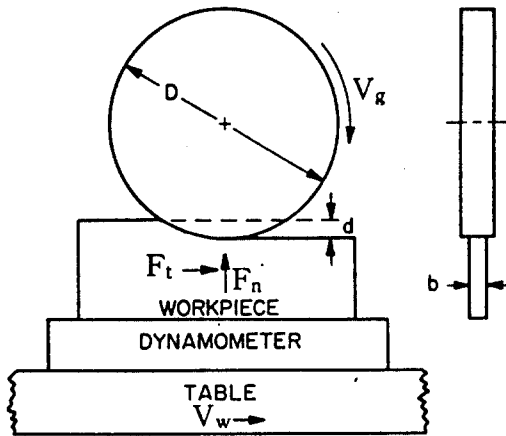


Fig. 2 Illustration of plunge surface grinding

- V_g = peripheral wheel speed, V_w = workpiece speed
- h = depth of cut, b = width of workpiece.
- D = grinding wheel diameter.
- F_n = normal force component
- F_t = tangential force component

Table 2는 사용 슷돌 및 연삭조건을 보여준다. 원주속도, 연삭깊이, 이송속도의 영향을 조사하기 위하여 이러한 연삭조건을 변화시켰다. 또한 슷돌입자의 인성에 따른 영

향을 조사하기 위하여 파쇄성이 다른 3 종류의 다이아몬드 슷돌입자를 사용하였으며, 슷돌입자의 파쇄성은 입자크기를 균일하게 한 후 진동밀 장치에 4 분간 넣어둔 후의 중량%를 측정 한 것으로서 A, B, C 입자의 순으로 파쇄성이 낮다. 슷돌입자의 인성에 따른 영향을 조사하기 위한 실험 이외에는 중간 정도의 파쇄성을 가지는 B 입자의 다이아몬드 슷돌을 사용하였다.

한편, 모든 연삭은 습식으로 행하였으며 연삭유는 KS W2종의 2% 희석액을 사용하고 유량은 8 l/min로 일정하게 유지하였으며, 연삭유 노즐의 분사 및 설치조건은 모든 실험에서 동일하게 하였다. 연삭면은 주사전자현미경으로 관찰하였으며, 촉침식 표면거칠기 시험장치(Form Talysurf Plus)를 사용하여 연삭방향과 직각으로 최대표면거칠기를 측정하였다.

Table 2 Grinding conditions

Grinding method	Wet surface grinding, Up cut			
Grinding wheel	SD120R(75, 100, 125)B			
	Dimension : $200^{\phi} \times 10^t \times 50.8^H$			
	Diamond grain	A	B	C
	Bulk specific gravity	1.86	1.66	1.79
	Friability(wt% :4min)	17.8	27.6	39.8
Peripheral wheel speed, V_g	1800 m/min			
Workpiece speed, V_w	1.5 ~ 18 m/min			
Wheel depth of cut, h	20 ~ 200 μ m			
Grinding width, b	5 mm			
Grinding fluid	Soluble type KS W2 2% dilution, 8 l/min			
Workpiece size	100 ^(length) \times 5 ^(width) \times 25 ^(height)			
Dressing	Vitrified silicon carbide(#180). Rotary wheel			

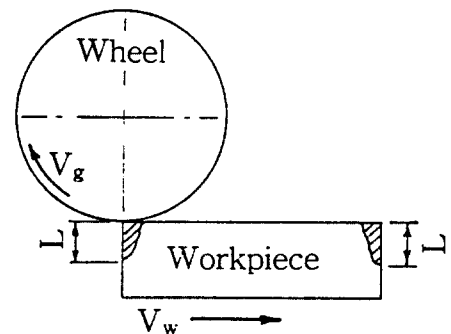


Fig. 3 Illustration for the chipping size, L

또한 칩핑크기는 Fig. 3과 같이 연삭면으로 부터 깊이 방향으로 연삭개시측과 연삭종료측 칩핑의 최대폭(L)을 공구현미경으로 측정하고, 30개의 시험편에 대한 평균값을 취하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 비연삭 에너지

Fig. 4는 스톨 원주속도 및 공작물 이송속도를 일정하게 유지하고, 각 페라이트를 연삭깊이 10 μm 및 50 μm 에서 연삭한 경우의 연삭면의 SEM 사진을 보여준다. 연삭깊이 10 μm 으로 연삭한 경우, Fig. 4(a),(b),(c)와 같이 Cu-Ni-Zn 페라이트의 연삭면은 대부분이 소성유동형으로 되어 있고, Sr 페라이트의 연삭면은 소성유동의 흔적이 거의 나타나지 않고 대부분이 취성파괴형으로 되어 있으며, Mn-Zn 페라이트의 연삭면은 취성파괴형 보다 소성유동형이 많은 연삭면을 보여준다. 한편 연삭깊이 50 μm 으로 연삭한 경우, Fig. 4(d),(e),(f)와 같이 Cu-Ni-Zn 페라이트의 연삭면은 소성유동형이 다소 존재하며, Sr 페라이트는 연삭깊이 10 μm 의 경우와 그다지 차가 없으며, Mn-Zn 페라이트는 소성유동형 보다 취성유동형이 많은 연삭면을 보여준다. 따라서 페라이트의 연삭에서 경도에

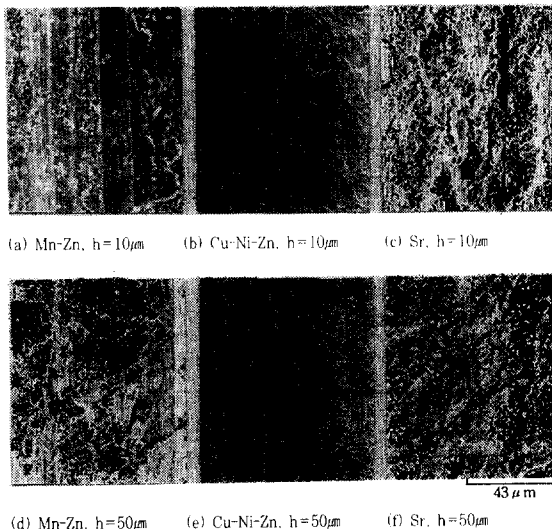


Fig. 4 SEM photographs of ground surface of various ferrites

Wheel : SD120R100B, $V_w = 1800$ m/min, $V_c = 9$ m/min

비해 인성이 높을수록 소성유동형의 연삭면으로 되고, 인성에 비해 경도가 높은 페라이트 일수록 취성파괴형의 연삭면으로 된다고 할 수 있다. 또한 Mn-Zn 페라이트는 연삭깊이가 증가할수록 취성파괴형의 면적율이 현저히 높아지나, Sr 페라이트는 연삭깊이에 따른 영향이 가장 작은 것으로 나타난다. 또한 이러한 연삭면과 Table 1의 굽힘강도로 부터 Sr 페라이트의 연삭에서는 균열의 생성 및 진전이 가장 용이하게 일어나는 것으로 예측된다.

Fig. 5는 스톨의 원주속도 1800 m/min, 공작물 이송속도를 9 m/min로 일정하게 유지한 경우의 연삭깊이의 변화에 따른 각종 페라이트의 배분력(F_n), 접선력(F_t) 및 2분력비(F_t/F_n)의 변화를 나타낸 것이다. Mn-Zn 페라이트는 배분력 및 접선력 모두 가장 크고, F_t/F_n 는 0.16~0.17로 된다. Sr 페라이트는 배분력과 접선력이 Mn-Zn 페라이트에 비해 상당히 낮음을 알 수 있으며, 또한 F_t/F_n 의 값도 0.10~0.11로서 페라이트 중에서 가장 낮다. 한편 인성이 가장 큰 Cu-Ni-Zn 페라이트의 배분력은 Sr 페라이트와 거의 동일하나, 접선력은 Sr에 비해 약

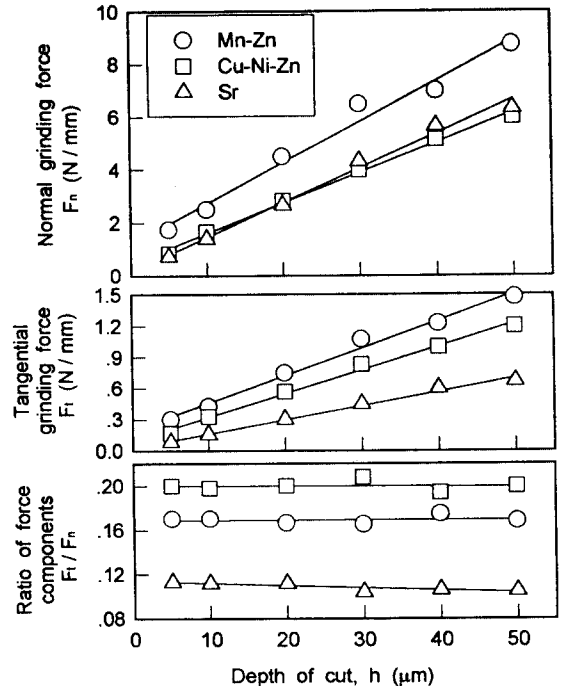


Fig. 5 Relation between grinding force and wheel depth of cut

Wheel : SD120R100B, $V_w = 1800$ m/min, $V_c = 9$ m/min

2배의 값을 보여주며, F_t/F_n 은 0.19~0.2로서 페라이트 중에서 가장 높은 값을 보여주고 있다. Sr 페라이트는 경도가 가장 높으나, 인성이 가장 낮기 때문에 연삭시의 균열생성 및 파괴가 용이하게 일어나서 배분력에 비해 접선력이 낮다. 따라서 다른 페라이트에 비해 F_t/F_n 가 가장 낮으며, Sr 페라이트에 비해 다소 낮은 경도를 가지나 인성이 높은 Mn-Zn 페라이트에 비해 배분력 및 접선력 모두 낮아지는 것으로 생각된다.

Fig. 6은 원주속도 1800 m/min, 연삭깊이 40 μ m로 일정하게 유지한 경우, 공작물 이송속도의 변화에 따른 각종 페라이트의 배분력, 접선력 및 2분력비의 변화를 나타낸 것이다. 모든 공작물 이송속도에서 Mn-Zn 페라이트의 배분력 및 접선력은 Cu-Ni-Zn 페라이트 및 Sr 페라이트에 비해 높은 값을 나타내고 있으며, F_t/F_n 의 값은 상기의 Fig. 5에서와 같이 Sr 페라이트가 가장 높다. 여기서 Mn-Zn 페라이트 및 Cu-Ni-Zn 페라이트의 경우는 경도와 F_n 과의 사이에 상관 관계가 있다고 할 수 있지만, 경도에 비해 인성이 낮은 Sr 페라이트는 경도와 F_n 과의 상관관계를 다른 페라이트와 연관시키는 것이 곤란한데 그 원인은 다음과 같이 생각된다. 취성재료의 연삭에서는 동일 정도의 인성을 보유하는 경우에는 일반적으로 경도가 높을수록 배분력(F_n)이 크게 높아지게 된다. 경도가 높은 순서로 본다면 Sr, Mn-Zn, Cu-Ni-Zn의 순으로 배분력이 높아야 하겠지만 Sr 페라이트는 Mn-Zn 페라이트에 비해 배분력이 낮게 나타났으므로 배분력은 단지 경도에만 의존하는 것이 아니라는 것을 알 수 있다. Sr 페라이트의 배분력이 Mn-Zn 페라이트에 비해 낮은 원인으로서는 Sr 페라이트의 취성이 Mn-Zn 및 Cu-Ni-Zn 페라이트에 비해 매우 크기 때문에 연삭시의 스톱입자의 절입시에 균열의 생성이 용이하게 일어나서 연삭시의 파괴가 용이하게 일어나기 때문으로 생각된다. 따라서 페라이트 연삭시의 배분력에는 공작물의 인성도 크게 관여한다는 사실을 알 수 있다. Mn-Zn 및 Cu-Ni-Zn 페라이트에 대한 Sr 페라이트의 이러한 연삭기구의 차이는 Fig. 4의 연삭면의 SEM 사진으로부터도 알 수 있다. 따라서 어느 정도의 인성을 보유하는 경우에는 경도가 높을수록 배분력이 커지게 되지만, 인성이 현저히 낮은 경우는 스톱입자 절입시의 균열생성에 의한 파괴가 용이하게 일어나 경도와 배분력과의 상관관계가 매우 낮아지기 때문에 Sr 페라이트는 경도와 F_n 과의 상관관계를 다른 페라이트(Mn-Zn, Cu-Ni-Zn)와 연관시키는 것이 곤란하다고 생각된다.

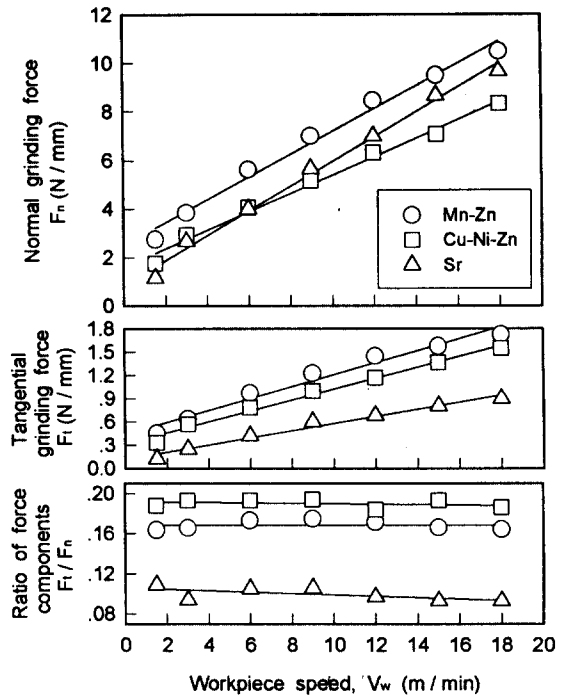


Fig. 6 Relation between grinding force and workpiece speed

Wheel : SD120R100B, $V_s = 1800$ m/min, $h = 40 \mu$ m

한편 Fig. 5 및 Fig. 6의 접선력으로 부터 비연삭에너지를 구하면 각각 Fig. 7 및 Fig. 8에서 보여주는 바와 같이된다. 비연삭에너지는 Mn-Zn, Cu-Ni-Zn, Sr의 순으로 크며, 파괴인성 및 강도가 가장 낮은 페라이트의 비연삭에너지가 가장 낮음을 알 수 있다. 또한 비연삭에너지는 각 피삭재 모두 공작물 이송속도 및 연삭깊이의 감소에 동반하여 증가되지만 Mn-Zn 페라이트는 이와 같은 치수 효과가 Sr 및 Cu-Ni-Zn 페라이트에 비해 현저히 크며, Sr 페라이트는 공작물 이송속도 및 연삭깊이의 변화에 따른 치수 효과가 가장 작다. 따라서 경도에 비해 인성이 낮은 페라이트 일수록 연삭깊이 및 공작물 이송속도의 변화에 따른 비연삭에너지의 치수효과가 작다고 할 수 있다. 이와 같이 페라이트의 종류에 따라 치수효과가 달라지는 것은 다음의 원인에 의한 것으로 생각된다. Mn-Zn 페라이트의 경우가 연삭깊이 및 공작물 이송속도의 변화에 따른 치수효과가 가장 크게 나타났는데, 이것은 Fig. 4에서 보여준 바와 같이 재료제거속도(Stock removal rate)가 큰 경우는 소성유동형 보다 취성파괴형이 다소

많은 연삭기구로 되나, 연삭깊이 및 이송속도가 매우 작은 경우에는 소성유동형이 더욱 많은 연삭기구로 바뀌기 때문에 치수효과가 가장 크게 나타나는 것으로 생각된다. 그러나 Sr 페라이트는 취성이 매우 큰 고유성질을 가지므로 재료제거속도가 매우 작아지더라도 그대로 취성유동형의 연삭기구로 되어 연삭조건에 따른 연삭기구의 변화가 적기 때문에 비연삭에너지의 치수효과가 가장 작은 것으로 판단된다. 그러나 Cu-Ni-Zn 페라이트는 재료제거속도가 큰 경우는 취성유동형이 다소 존재하나 재료제거속도가 낮은 경우는 소성유동형이 대부분을 차지하였다. 따라서 Cu-Ni-Zn 페라이트의 연삭기구는 재료제거속도에 따라 연삭기구에 다소의 변동이 일어나기 때문에 연삭조건에 따른 연삭기구의 변동을 기대할 수 없는 Sr 페라이트 보다는 비연삭에너지의 치수효과가 크게 나타나며, 연삭조건에 따라 가장 큰 연삭기구의 변화를 보여주는 Mn-Zn 페라이트 보다 비연삭에너지의 치수효과가 작은 것으로 사료된다.

비연삭에너지 U 를 슷돌입자당 연삭깊이계수 $\delta = (V_w/V_g) \sqrt{h/D}$ 에 대하여 나타내면 Fig. 9에서 보여주는 바와 같이되며, 모든 피삭재에서 비연삭에너지와 δ 와의 관계는 슷돌의 원주속도가 일정할 때 양 대수 그래프상에서 직선적인 관계임을 알 수 있다. Fig. 8에서 $U \propto \delta^{-\beta}$ (단 $\beta > 0$)의 관계가 얻어지고, β 는 Mn-Zn, Cu-Ni-Zn, Sr 페라이트에 대하여 각각 0.47, 0.39,

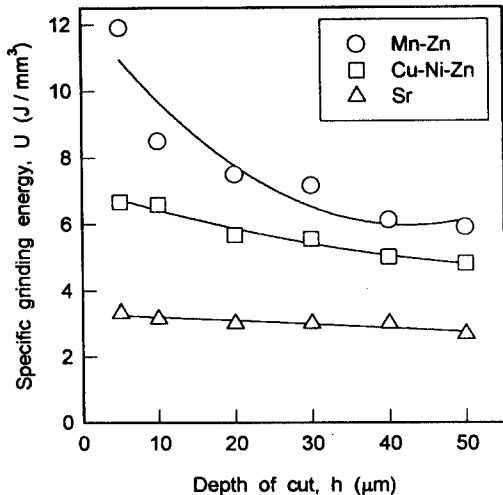


Fig. 7 Relation between specific grinding energy and depth of cut

Wheel : SD120R100B, $V_s = 1800$ m/min, $V_w = 9$ m/min

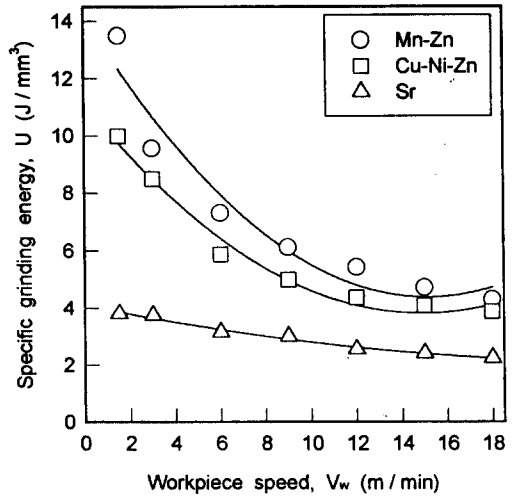


Fig. 8 Relation between specific grinding energy and workpiece speed

Wheel : SD120R100B, $V_s = 1800$ m/min, $h = 40$ μm

0.21로 되어, 강도 및 인성이 가장 낮은 Sr 페라이트가 비연삭에너지에 미치는 δ 의 영향이 가장 작음을 알 수 있다.

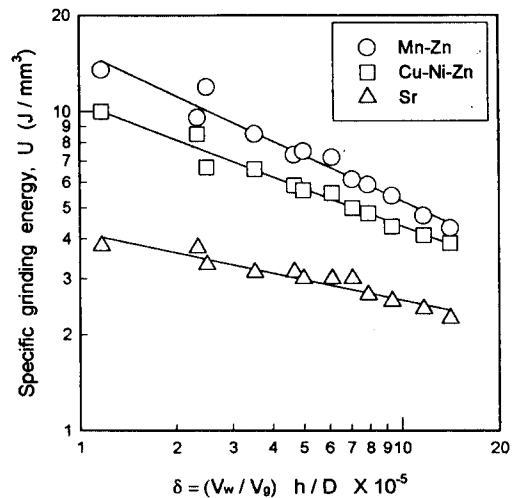


Fig. 9 Relation between specific grinding energy and workpiece speed

Wheel : SD120R100B, $V_s = 1800$ m/min

Fig. 10은 V_w/V_g 및 슷돌입자당 연삭깊이계수 (δ)를 일정하게 유지한 경우, 비연삭에너지에 미치는 슷돌 원주

속도(V_w) 및 공작물 이송속도(V_g)의 영향을 보여준다. Mn-Zn 페라이트에서는 스톨 원주속도 및 공작물 이송속도의 감소에 따라 비연삭에너지가 다소 증가되나, Sr 페라이트의 경우는 극히 미소한 변화를 보여 준다. 따라서 페라이트의 연삭에서 V_w/V_g 및 δ 를 일정하게 유지한 경우는 스톨의 원주속도 및 공작물 이송속도가 비연삭에너지에 미치는 영향이 매우 작다고 할 수 있다.

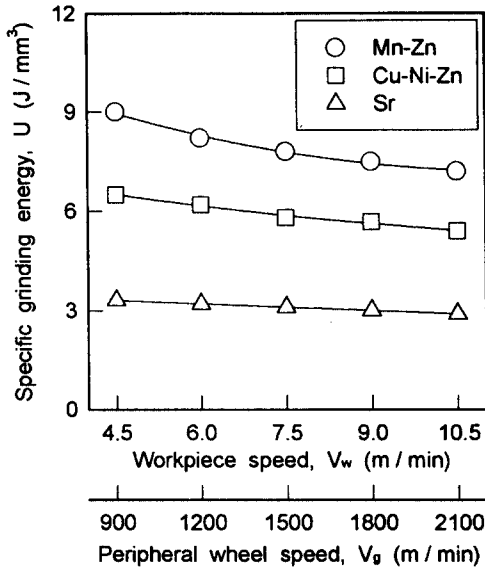


Fig. 10 Relation between specific grinding energy and workpiece speed
Wheel : SD120R100B, $h=40\mu\text{m}$, $\delta=5 \times 10^{-5}$

3.2 표면거칠기 및 칩핑 크기

Fig. 11은 스톨입자 인성의 영향을 조사하기 위하여 사용된 다이아몬드입자 A 및 C의 주사현미경사진을 보여



(a) A grain (b) C grain

Fig. 11 SEM photographs of diamond grains with different toughness

준다. 다이아몬드입자 B의 외관 형태는 C와 동일하기 때문에 생략하였다. 다이아몬드입자의 입도는 #120으로서 동일하며, A 입자의 외관 형태는 다면체 형상(약6%)과 불규칙적인 형상(약94%)이 공존하나 인성은 동일한 값을 나타내었으며, B 및 C 입자는 전부가 불규칙적 형상으로 구성되어 있으며, A, B, C의 순서로 다이아몬드입자의 인성이 현저히 높다.

Fig. 12는 A, B, C 입자를 사용하여 각 페라이트를 연삭깊이 20 μm 로 연삭한 경우의 연삭면의 최대표면거칠기를 보여준다. 이 경우는 모든 페라이트에서 스톨입자 A, B, C의 순서로 표면거칠기가 낮다. 특히 Mn-Zn 페라이트의 경우에 스톨입자가 달라짐에 따라 표면거칠기가 가장 크게 변화하고 있고, Cu-Ni-Zn 및 Sr 페라이트의 경우는 스톨입자의 변화에 따른 표면거칠기의 차는 Mn-Zn 페라이트에 비해 매우 작다. Fig. 12의 스톨 반경감소량에서도 Mn-Zn 페라이트를 연삭한 경우가 스톨입자의 변화에 따른 영향이 가장 크게 나타난 것을 고려하면, 스톨 입자의 변화에 따른 연삭기구의 변화는 Mn-Zn 페라이트에서 가장 크게 나타난다고 할 수 있다. Fig. 11~Fig. 13을 종합하여 본다면 표면거칠기 및 연삭저항의 관점에서는 C 입자가 가장 유리하며, 스톨 수명의 관점에서는 인성이 가장 큰 A 입자가 가장 양호하나, 요구 상황에 따라 입자를 선택함이 바람직하다.

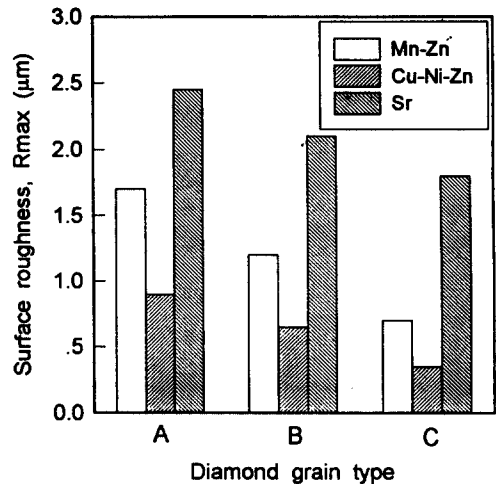


Fig. 12 Relation between surface roughness and diamond grain toughness

Wheel : SD120R100B, $V_w = 1800$ m/min, $V_g = 9$ m/min, $h=40\mu\text{m}$

Fig. 13은 각종 페라이트의 연삭개시측과 연삭종료측의 칩핑 크기에 미치는 연삭깊이와 공작물 이송속도의 영향을 보여준다. 동일 조건에서 연삭한 경우의 연삭개시측과 연삭종료측의 칩핑크기를 비교해 보면 연삭개시측의 칩핑크기가 다소 높게 나타나지만 그다지 큰 차는 없는 것으로 말할 수 있다. 상향연삭에서는 연삭종료측에 인장응력이 발생되는데 페라이트는 압축응력에는 비교적 강하나 인장응력에는 매우 약하기 때문에 이러한 인장응력에 의해 연삭종료측에 칩핑이 발생하는 것으로 생각된다. 연삭개시측에서는 다이아몬드숫돌과 페라이트의 초기 접촉에 따른 충격에 의해 칩핑이 발생하는 것으로 판단된다. 다른 연삭조건에서도 연삭종료측의 칩핑크기가 연삭개시측 보다 다소 낮게 나타남에 따라 공작물 칩핑에 관한 그 외의 모든 시험결과는 연삭개시측에 대해서만 나타난다. 한편 연삭깊이가 증가할수록 또한 페라이트의 취성이 높을수록 칩핑크기는 증가하며, 연삭깊이가 증가함에 따른 칩핑크기의 증가율은 페라이트의 취성이 높을수록 크게 된다. 또한 공작물 이송속도가 증가할수록 칩핑크기는 커지며, 연삭깊이가 증가할수록 이송속도의 영향이 현저히 나타나게 된다. 연삭깊이가 증가할수록 연삭개시측의 충격이 커지며, 이송속도가 높을수록 숫돌 입자당 연삭깊이가 커져서 연삭개시측의 충격이 커지기 때문에 연삭깊이와 이송속도가 동시에 증가하면 칩핑크기가 현저히 커지는

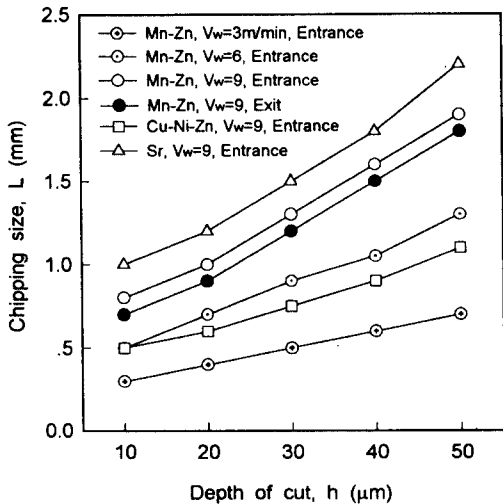


Fig. 13 Effect of depth of cut and workpiece speed on chipping size of the entrance and exit corners in grinding

Wheel : SD120R100B, $V_s = 1800$ m/min

것으로 사료된다. 또한 페라이트의 취성이 높을수록 연삭개시측의 충격에 약하기 때문에 칩핑크기가 커지며, 취성이 높은 페라이트의 연삭에서 이송속도 및 연삭깊이가 동시에 증가하면 그 충격력이 현저히 증가하기 때문에 취성이 높은 페라이트 일수록 이러한 연삭조건에서 상당히 큰 칩핑을 발생하는 것으로 생각된다.

Fig. 14는 Mn-Zn 페라이트의 연삭개시측의 칩핑크기에 미치는 숫돌 원주속도의 영향을 보여준다. 숫돌 원주속도가 감소할수록 칩핑크기는 증가하며 그 증가율은 연삭깊이가 증가할수록 다소 높아진다. 숫돌 원주속도가 감소할수록 숫돌 입자당 연삭깊이가 증가하기 때문에 연삭개시측에서의 충격이 증가하여 칩핑크기가 커지는 것으로 생각된다. 또한 원주속도가 감소됨과 동시에 연삭깊이가 증가할 때에 충격이 더욱 현저하기 때문에 높은 연삭깊이에서 원주속도가 낮을 때 칩핑크기가 현저히 커지는 것으로 사료된다.

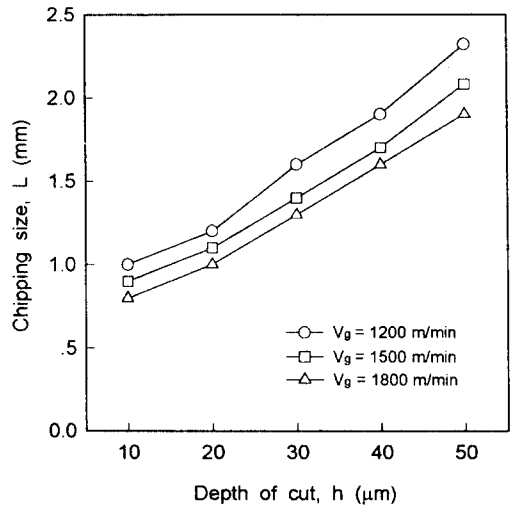


Fig. 14 Effect of peripheral wheel speed on chipping size of the entrance and exit corners in grinding of Mn-Zn ferrite

Wheel : SD120R100B, $V_w = 9$ m/min

4. 결론

Mn-Zn, Cu-Ni-Zn, Sr 페라이트를 각종의 조건에서 연삭하여 연삭성을 검토한 결과 다음과 같은 결론이 얻어졌다.

- (1) 접선력에 대한 배분력의 비(F_t/F_n)는 인성이 가장 큰 Cu-Ni-Zn이 가장 높고, 취성이 가장 큰 Sr이 가장 낮다.
- (2) 비연삭에너지에 미치는 연삭깊이 및 공작물 이송 속도의 영향은 Mn-Zn, Cu-Ni-Zn, Sr의 순으로 크다.
- (3) 연삭속도가 일정한 경우 비연삭에너지는 입자당 연삭깊이계수(δ)가 감소될 때 양 대수 그래프상에서 직선적으로 증가되며, δ 의 영향은 Mn-Zn, Cu-Ni-Zn, Sr의 순으로 크다.
- (4) 다이아몬드 입자의 인성이 클수록 표면거칠기는 낮아지며, 표면거칠기에 미치는 다이아몬드입자 인성의 영향은 Mn-Zn 페라이트에서 가장 크고, Cu-Ni-Zn 페라이트에서 가장 작다.
- (5) Cu-Ni-Zn 페라이트의 연삭면은 소성유동형의 형태를 보여주고, Sr 페라이트는 취성파괴형의 형태를, Mn-Zn은 Sr과 Cu-Ni-Zn과의 중간 형태를 보여준다.
- (6) 연삭개시측과 연삭종료측의 칩핑크기는 그다지 큰 차가 없으며, 페라이트의 취성이 클수록 칩핑크기는 증가하고, 연삭깊이가 높아짐에 따른 칩핑크기의 증가는 페라이트의 취성이 높을수록 크게 된다. 또한 공작물 이송속도가 높을수록 칩핑크기는 증가하며, 연삭깊이 및 페라이트의 취성이 증가할수록 이송속도의 영향이 현저히 나타나게 된다.
- (7) 슷돌 원주속도가 감소할수록 칩핑크기는 증가하며 그 증가는 연삭깊이가 커질수록 다소 높아진다.

참고문헌

1. S. Chandrasekar, M. C. Show and B. Bhushan, "Comparison of Grinding and Lapping of Ferrite and Metals", Trans, ASME, Ser.B, Vol. 109, May., pp. 76~82, 1987.
2. S. Chandrasekar, M. C. Show and B. Bhushan, "Morphology of Ground and Lapped Surfaces of Ferrite and Metal", Trans, ASME, Ser.B, Vol. 109, May., pp. 83~86, 1987.
3. Y. Ohbuchi and T. Matsuo, "Chipping in High-Precision Slot Grinding of Mn-Zn Ferrite", Annals of the CIRP, Vol. 44, No. 1, pp. 273~277, 1995.
4. S. Miyake, J. Watanabe, Y. Ueno and K. Tsuruta, "Ferrites Precision Grinding (1st Report)", Journal of JSPE, Vol. 43, No. 12, pp. 1415~1420, 1977.
5. S. Miyake, K. Tsuruta, J. Watanabe and Y. Ueno, "Ferrites Precision Grinding (2nd Report)", Journal of JSPE, Vol. 44, No. 9, pp. 1050~1056, 1977.
6. M. Makino, K. Nakata and T. Omura, "Precision Machining in the manufacture of Magnetic Heads", Proc. of 6th ICPE, 323~328, 1987.