

알루미나 연삭수돌의 마모에 관한 실험적 연구

(An Experimental Study on the Wear of Alumina Grinding Wheels)

조 기 수*, 이 종 찬**, 최 환**

* 금오공과대학교 기계설계공학과 대학원

** 금오공과대학교 기계설계공학과

ABSTRACT

An experimental investigation on the wear of alumina grinding wheel is presented. The experiments consist of the measurements of fracture strength of the abrasive grains, grinding forces, and the area of wear flats of grinding wheels. Microscopic examinations of abrasive grains were also carried out to observe the progress of wheel wear. The results show that the 32A grain, which has relatively lower fracture strength, wears out faster than 5SS and 5SG. The wheel wear occurs much faster in wet grinding than in dry grinding. It has also been found that the grinding forces increase logarithmically with increasing wear flats.

Key words : Grinding, Wheel wear, Wear flats, Fracture strength

1. 서론

근래에 와서 피연삭물이 더욱 고경도화되어가고 또 높은 성밀도가 요구됨에 따라 연삭수돌의 마모에 대한 현상규명이 요구되고 있다.

연삭수돌의 마모형태는 Fig. 1과 같이 입자의 마멸마모, 파쇄, 그리고 탈락으로 나눌 수 있다. 마멸마모는 Fig. 1의 (a)처럼 공작물과 입자의 마찰로 인하여 입자의 끝이 평평해지고 무디어지는 형태의 마모이고, 입자파쇄는 Fig. 1의 (b)처럼 입자의 일부가 파쇄되는 형태의 마모이다. 그리고 입자번락은 Fig. 1의 (c)처럼 입자가 결합재로부터 완전히 떨어져나가는 형태의 마모이다.^{1), 2)}

본 연구에서는 입자의 파쇄강도가 수돌의 마모와 연삭서향력에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 알루미나제 32A, 5SS, 그리고 5SG 입자의 파쇄강도를 실험을 통하여 살펴보았다. 또한 수돌의 마모현상을 파악하기 위하여 진식과 습식연삭하에서 연삭의 진행에 따른 입자의 마모거동을 관찰하였으며 그에 따른 연삭저항력의 변화를 알아보았고, 수돌의 마모면적과 연삭저항력과의 관계를 조사하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 입자의 파쇄강도

32A, 5SS, 그리고 5SG 입자의 파쇄강도를 알아보기 위하여 Fig. 2와 같이 미시닝 센터의 테이블 위에 공구동력계를 고정



Fig. 1 Simplified wear model of abrasive grains
(a) Attritious wear (b) Grain fracture (c) Bond fracture

하고 그 위에 시그를 설치하여 그 사이사이에 각각의 입자를 삽입한 후 미시닝 센터의 Z축을 10 mm/sec의 속도로 이송시켜 입자가 파쇄될 때의 힘을 측정하였다.

2.2 입자의 평균마모면적 및 입자 관찰

연삭 진행중 입자의 마모면적 및 입자를 관찰하기 위하여 Fig. 3과 같이 연삭기의 주축대에 C.C.D 카메라와 미시현미경을 부착하고 카메라에서 잡은 이미지를 C.C.D 카메라 콘트롤러에 의해 영상처리 보드를 통하여 모니터와 컴퓨터로 전송하였다. 컴퓨터에서는 소프트웨어를 이용하여 입자의 마모면

치을 백분율로 계산하였다. 평균마모면적 측정은 솔루전체 표면 중 18 곳을 측정하여 평균값으로 하였다. 또한 입자 관찰은 솔루전체 표면 중 여섯 곳의 입자를 선택하여 연사횟수에 따라서 관찰하였다.

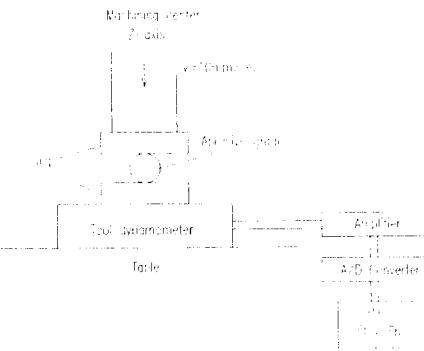


Fig. 2 Measurement of the fracture strength of abrasive grain

2.3 연사 지향력

연사실험시 솔루의 접선방향의 지향력(F_x)과 법선방향의 지향력(F_y)을 측정하기 위하여 압전형 공구동력계(piezo-electric type, kistler 9257B)를 이용하였다.

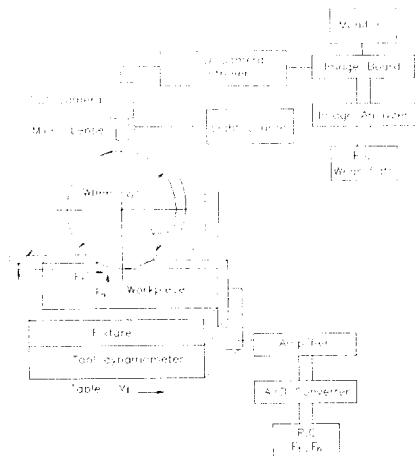


Fig. 3 Experimental system

Fig. 3은 그 개략도로서 공구동력계에서 얻어진 신호는 다채널증폭기(Kistler, 5019A)로 증폭되어 아날로그-디지털 변환기(Metabyte, DAS-16)를 거쳐 디지털화되어 컴퓨터로 전송되었다. 컴퓨터에서는 Kistler cutting force software를 이용하여 데이터를 분석하였다.

2.4 실험조건

실험은 $1 \mu\text{m}$ 까지 전입이 가능하도록 Z축에 디지털 장치를 부착한 부분유압식 범용횡축 평면연삭기(YGS-50A, 주축동력 1.5 kW)를 사용하여 Table 1에 나타난 조건으로 플린지 연삭방식을 사용하여 전식 및 습식 연삭을 행하였다.

Table 1 Experimental conditions

Grinding machine	Horizontal type surface grinding machine Model : YGS-50A (1.5 kW, 3440 r.p.m)
Grinding wheels	32A60IV, 5SS60IV, 5SG60IV
Workpiece	SKD-11 (60 R _c) 170L × 6W × 50H
Grinding type	wet & dry grinding, plunge grinding
Wheel speed	1800 m/min
Table speed	13.7 m/min
Depth of cut	5 $\mu\text{m}/\text{pass}$
Grinding fluid	Syntilo 9954 (Castrol, 40:1)
Dressing	one-point diamond dresser (3/4") depth of cut : 30 $\mu\text{m}/\text{pass}$ cross-feed : 0.11 mm/rev wet type

3. 실험결과 및 고찰

먼저 알루미나계 32A, 5SS, 그리고 5SG 입자들의 형상과 결정구조가 입자의 파쇄강도에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 각 입자들을 임체현미경(×50)과 SEM(×10000)을 이용하여 사진을 찍었다.

Fig. 4는 그 사진으로서 5SS 와 5SG 입자는 모서리가 날카로운 반면, 32A 입자는 약간 둥근형상을 하고 있다. 그리고 결정구조에 있어서는 32A 입자는 단결정인데 비하여 5SS 와 5SG 입자는 하나의 입자에 무수한 결정이 결합되어 있으며 또한 그 결정의 형태는 각각 다면체형과 구형임을 알 수 있다.

Fig. 5는 이를 입자를 이용하여 파쇄강도를 실험한 사진과 파쇄강도를 보여주고 있다. 32A, 5SS, 그리고 5SG 입자의 파쇄하중은 각각 23 N, 73 N, 85 N으로 나타났다. 그리고 32A 입자는 힘이 23 N까지 증가하다가 갑자기 0 N으로 떨어졌다. 그러나 5SS와 5SG 입자는 32A 입자와는 달리 힘이 증가하다가 어느순간에 0 N으로 떨어졌다가 다시 증가하고 감소하여 이를 반복하였다. 이러한 차이는 Fig. 4에 나타난 바와 같이

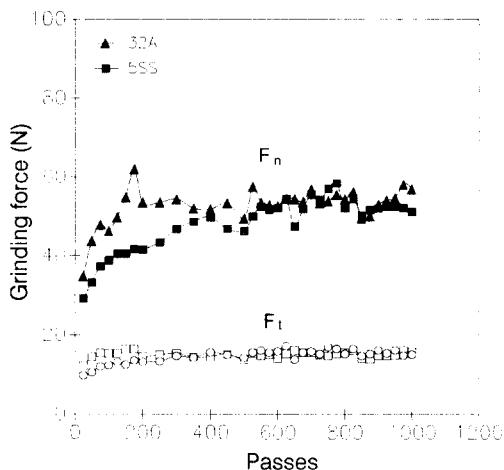


Fig. 10 Grinding forces versus passes (dry grinding)

면서 점진적으로 증가하고 있고, 5SS 입자의 숫돌은 400 pass까지 비교적 빠르게 증가하다가 그 후 점진적으로 증가하여 550 pass가까이에서 32A 입자의 숫돌과 비슷한 값을 나타내고 있다.

Fig. 11의 평균마모면적의 변화에서는 32A 입자의 숫돌은 마멸마모가 빠르게 진전되다가 175 pass에서 상당히 멀어지니 이후에는 증감이 큰 폭으로 변동하고 있다. 5SS 입자의 숫돌은 시간이 지남에 따라 마멸마모가 점진적으로 증가하다가 650 pass에서 비교적 큰 폭으로 증가하고 그 이후에 감소하여 증감을 반복하는 것을 볼 수 있다. 이러한 마모면적의 변화는 마멸마모가 심한 입자의 파쇄와 탈락이 일어나고 있는 것을 보여준다. Fig. 11의 마모면적이 변동하는 시점이 Fig. 10의 연삭지향력이 변동하는 시점과 일치하는 것을 볼 때 이 시점에서 입자의 파쇄와 탈락이 일어나고 있다는 것을 알 수 있다.

Fig. 12는 이와같이 진식연삭에서 인식진행중에 입자들이 마멸마모를 시작해서 파쇄, 탈락되는 현상을 관찰하기 위하여 매 pass마다 찍은 사진이다. 32A 입자는 초기 마멸마모로부터 마모가 점진적으로 진전되다가 175 pass에서 입자 하나가 탈락하였고, 350 pass에서 다른 입자의 마모면적이 더욱 넓어져 탈락하였다. 그리고 나머지 하나의 입자는 파쇄되었다. 600 pass에서는 350 pass에서 파쇄된 입자까지 완전히 떨어져 나가고 새로운 입자가 마모되기 시작하고 있다. 5SS 입자는 pass의 진행과 함께 마멸마모가 진전되다가 800 pass에서는 그 면적이 비교적 넓어졌고 1000 pass에서 비로소 일부입자가 탈락되었다.

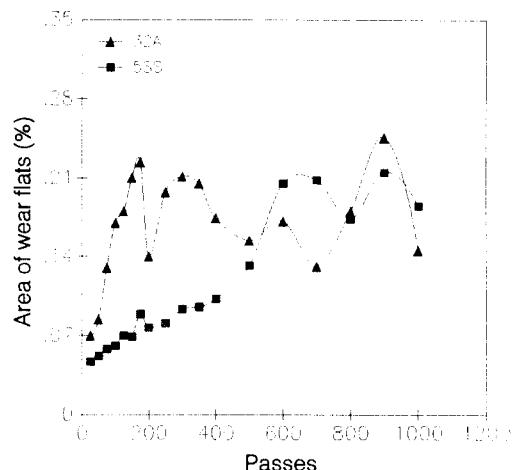


Fig. 11 Area of wear flats versus passes (dry grinding)

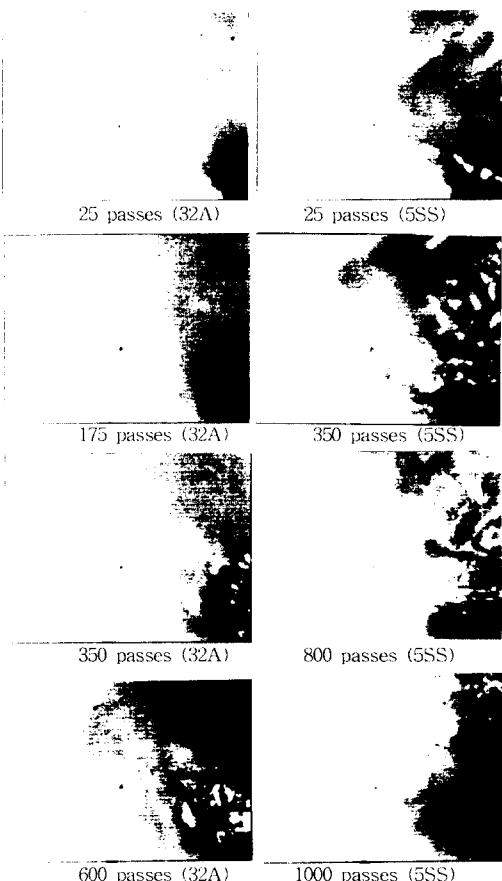


Fig. 12 Photographs of abrasives showing the progress of wear (dry grinding)

Fig. 13은 습식과 건식연삭에 있어서의 마모면적과 연삭시 힘의 관계를 보여주는 차트이다. 이 차트에서 보듯 놀랄정도로 모든 데이터가 같은 경향을 나타내는 것을 볼 수 있다. 즉 원삭지향력이 습식연삭, 건식연삭, 원삭임자의 종류에 관계없이 원삭수들의 마모면적에 지수함수식으로 비례하여 증가하는 것이다. 이것은 원삭지향력이 원삭수들의 마모면적에 직선적으로 비례하여 증가한다는 기존의 연구결과¹⁰와 상당한 차이를 나타낸다. 본 연구범위에서의 원삭지향력(F_a & F_t , Newton)과 마모면적(A , %)은 다음과 같은 관계를 갖는 것으로 나타났다.

$$F_a = 80 A^{0.30}$$

$$F_t = 25 A^{0.25}$$

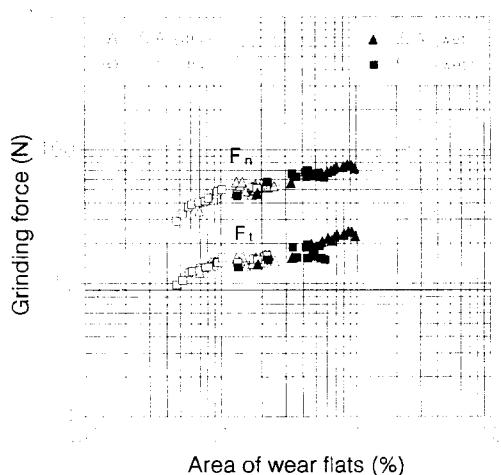


Fig. 13 Grinding forces versus area of wear flats
(wet & dry grinding)

4. 결 론

이상의 알루미나 원삭수들의 마모에 관한 실험결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 임자의 파쇄강도는 단결정인 32A 임자가 나집정인 5SS와 SSG 임자에 비해 훨씬 낮게 나타났고, 또한 파쇄강도가 낮은 임자를 사용한 수들이 파쇄강도가 높은 임자를 사용한 수들보다 마모도 크고 연삭지향력도 높게 나타났다.
2. 습식연삭의 경우가 건식연삭의 경우보다 원삭수들의 마모가 빠르게 일어났으며 연삭지향력도 크게 나타났다. 이것은 습식의 경우가 건식의 경우보다 알루미나 임자와 철의 반응에 의한 산화작용이 빨리 일어났기 때문이다.
3. 연삭지향력(F_a & F_t , Newton)은 연삭수들의 마모면적(A , %)에 지수함수식으로 비례하여 증가하며, 본 연구의 범위내에서 $F_a = 80 A^{0.30}$, $F_t = 25 A^{0.25}$ 의 관계가 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) S. Malkin, N. H. Cook, "The Wear of Grinding Wheels, Part 1-Attritious Wear" ASME, 1971, 11, p. 1120.
- 2) S. Malkin, N. H. Cook, "The Wear of Grinding Wheels, Part 2-Fracture Wear" ASME, 1971, 11, p. 1129.