

원형 다이아몬드 톱의 세그먼트 표면에서의 다이아몬드 입자 분포의 확률적인 해석

이현우 · 변서봉* · 정기정* · 김용석

홍익대학교 금속재료공학과, *(주)신한다이아몬드 공업

Stochastic Analysis of the Diamond Particle Distribution on the Surface of Circular Diamond Saw Blade

Hyun Woo Lee, Seo Pong Byun, Kee Jeong Cheong and Yong Seog Kim

Dept. of Material Science and Engineering, Hongik University, Seoul, Korea

*Shinhan Diamond Industrial Co. Ltd, Incheon-si 405-100, Korea

(Received 5 April 2003 ; Accepted form 29 May 2003)

Abstract Distributions of diamond particles protruding on the surface of worn diamond segments in circular saw has been investigated. Scanning electron microscope was used to examine the worn surface and radial saw blade wear and grinding ratio was measured. The number of protruded diamond particle was approximately 50% of the total number of particles, and that was independent of diamond particle concentration and table speed. It was also noted that the inter-particle distance did not follow a symmetric function like Gaussian distribution function, instead it fitted well with a probability density function based on gamma function. The distribution of inter-particle spacing, therefore, was analyzed using a gamma function model.

Keywords : Diamond saw blade, Inter-particle spacing, Gamma distribution funtion

1. 서 론

다이아몬드 입자를 포함하고 있는 다이아몬드 톱은 석재(화강암, 대리석, 사암 등)를 가공하는 가장 경제적인 공구 중의 하나이다. 원형 다이아몬드 톱은 원반형의 강판의 주위에 결합재로서 금속 분말과 다이아몬드 입자를 혼합하여 소결한 세그먼트가 부착된 형태로 구성되어 있다. 그림 1은 다이아몬드 톱의 절삭 모식도이다. 원형 다이아몬드 톱은 고속으로 일정한 방향으로 회전(V_p)하면서 피삭재의 일정 깊이(h)에서 피삭재 방향으로 진행(V_t)하면서 절삭을 한다.

이와 같은 절삭 과정에서 다이아몬드 입자는 세그먼트의 표면에 돌출되어 피삭재를 절삭하는 절삭 포인트로 작용하는데 절삭 과정 중에 마모되거나, 충격에 의하여 파쇄 되거나, 결합재로부터 탈락되는 현상이 발생한다. 그림 2에 절삭 과정 중에 발생하는 다

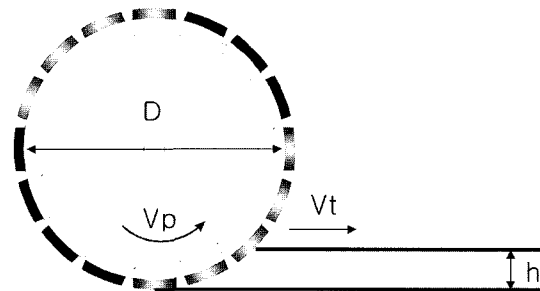


Fig. 1. Schematic of sawing process.

이아몬드 입자의 돌출 및 파쇄 과정을 모식적으로 나타내었다. 먼저 절삭이 개시되면 세그먼트와 피삭재가 마찰을 일으키어 표면의 마모 속도가 큰 결합재가 먼저 마모되어 묻혀있던 다이아몬드 입자가 돌출되게 된다. 결합재의 마모가 지속됨에 따라 다이아몬드 입자의 돌출 높이는 증가하고, 각 다이아몬드 입

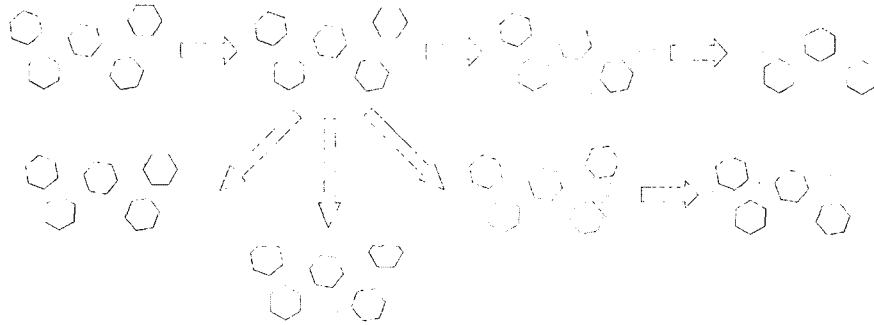


Fig. 2. Schematic of sawing mechanism.

자에 가해지는 절삭 부하는 증가하게 된다. 이에 따라서 다이아몬드 입자의 마모, 파손 및 빠짐 빈도가 증가하여, 다이아몬드의 표면 밀도가 일정하게 되는 조건이 유지되는데, 이 상태를 정상 상태 절삭이라 한다¹⁾. 이러한 정상 상태 절삭 조건에서 공구의 수명이 가장 길고, 절삭 부하가 가장 작은 것으로 알려져 있다. 그러나 절삭 조건이 적절하지 못하여 정상 상태 절삭 조건을 유지하지 못하였을 경우에는 공구의 수명이 급속하게 저하하는 것은 물론, 절삭 과정에서 소음 발생이 증가하고, 절삭 부하가 증가하게 되는 것이다. 따라서 표면에 돌출된 다이아몬드의 면적밀도(다이아몬드 입자의 개수)와 형상 특성은 공구의 수명 및 절삭 부하를 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다.

다이아몬드 톱의 수명은 표면에 돌출된 다이아몬드의 입자의 절삭 수명에 의하여 좌우된다. 즉 돌출된 다이아몬드 입자가 절삭하는 과정에서 피삭재로부터 가해지는 충격에 의하여 파쇄 되거나 결합재로부터 탈락하지 않고 피삭재를 최대한 많은 양을 절삭할 수 있어야 하는 것이다. 피삭재로부터 다이아몬드 입자 하나에 가해지는 충격량은 다이아몬드 입자가 한번의 회전에서 절삭하는 피삭재의 절삭량에 비례하며 다이아몬드 입자 간격과 다이아몬드 톱의 절삭율(대차이송속도×절입깊이)이 증가할수록 증가한다. 다이아몬드의 입자 간격은 세그먼트 표면의 면적 밀도에 의해서 결정된다. 즉 면적밀도가 증가할수록 다이아몬드 입자 간격은 감소하고 면적밀도가 감소할수록 다이아몬드 입자 간격은 증가한다²⁾.

다이아몬드 톱의 절삭 부하는 한 개의 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량과 세그먼트 표면에서의 다이아몬드 입자의 개수에 의하여 좌우된다. 즉, 다이아몬드 입자의 면적밀도가 과도하게 높으면 다이아

몬드 입자 하나에 가해지는 충격량은 감소하지만 전체 다이아몬드 입자의 개수는 증가하여 전체 절삭 부하는 증가한다. 반대로 면적밀도가 지나치게 낮으면 표면의 다이아몬드 입자의 개수는 줄어들지만 개개의 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량은 커지게 되어 전체 절삭 부하는 증가하는 것이다. 따라서 표면에서의 다이아몬드 입자의 면적밀도는 적절하게 유지하는 것이 절삭 부하를 줄일 수 있는 방법이다.

표면의 다이아몬드 면적밀도를 제어하는 요소로는 다이아몬드 입자의 강도, 초기 함유량, 결합재의 내마모성, 다이아몬드 입자외의 접합성 등이 있다. 예를 들면 다이아몬드 입자의 함유량이 높고 강도가 크며 내마모성이 낮은 결합재를 선택하는 경우는 함유량이 높기 때문에 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량은 작고 강도가 크기 때문에 충격에 의해 파쇄되는 경우가 적다. 그러나 결합재의 마모 속도가 빠르기 때문에 새로운 다이아몬드 입자의 돌출 속도는 빨라진다. 따라서 세그먼트 표면에서 다이아몬드 면적 밀도가 높아지며 다이아몬드 톱 전체의 절삭 부하가 증가한다. 따라서 더 이상 절삭을 진행할 수 없게 되는 경우도 있다. 반대로 다이아몬드 입자의 함유량이 작거나 강도가 낮으며 내마모성이 높은 결합재를 선택하는 경우는 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량은 증가하고 다이아몬드 입자의 강도가 낮기 때문에 다이아몬드 입자의 파쇄 되는 속도가 증가하게 된다. 그리고 내마모성 높은 결합재를 사용하였기 때문에 새로운 다이아몬드 입자가 돌출되기 어렵다. 따라서 세그먼트 표면에 다이아몬드 입자의 면적밀도는 절삭 과정에서 계속적으로 낮아진다. 이는 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량을 증가시킨다. 따라서 적합한 다이아몬드 입자와 결합재를 선택하여 적절한 다

다이아몬드의 면적밀도를 유지해야 하는 것이다^{3,4)}.

세그먼트 표면에서의 다이아몬드의 입자 상태는 절삭 조건에 의해서도 영향을 받는다. 절삭율(Cutting Rate)을 증가시키기 위해서 절입깊이, 대차속도를 증가시키면 다이아몬드 입자당 절삭량이 증가한다. 따라서 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량이 증가하여 다이아몬드 입자가 파쇄 되거나 결합재로부터 탈락하는 속도는 빨라지고 결합재의 마모 속도도 증가하게 되어 다이아몬드 톱의 수명은 감소하고 절삭 부하는 증가한다^{5,6)}.

다이아몬드 톱의 수명의 감소와 절삭 부하를 증가시키는 또 다른 요인으로는 세그먼트 내부에서 다이아몬드 입자의 분산 상태이다. 다이아몬드 톱의 세그먼트는 다이아몬드 입자와 결합재를 무질서하게 혼합하여 제조하는 것이 일반적이기 때문에 표면에서 다이아몬드 입자 간격은 동일한 간격으로 되어 있지 않고 다이아몬드 입자와 결합재의 혼합 상태에 따라 입자 간격의 분포가 달라진다. 따라서 동일 세그먼트에서도 입자 간격에 따라 다이아몬드 입자의 돌출, 파쇄, 빠짐의 형태가 다르게 나타난다. 간격이 넓은 다이아몬드 입자의 경우는 국부적으로 다이아몬드 입자의 주변의 면적밀도가 작아 다이아몬드 입자를 잡아주는 결합재의 마모 속도가 빠르고 입자에 가해지는 충격량이 크므로 피삭재를 절삭하지 못하고 스스로 파쇄 되거나 결합재로부터 빠져 버려서 절삭 부하를 증가시킬 수 있으며 간격이 너무 가까운 다이아몬드 입자의 경우는 피삭재의 절삭량이 작아 절삭 효율에는 도움을 주지 못하고 절삭 부하를 증가시키는 효과를 가져 올 수 있다. 따라서 다이아몬드 입자의 간격이 적당한 거리를 유지하면 절삭에 다이아몬드 입자의 효율을 높일 수 있는 것이다⁷⁾.

Koshy 등⁸⁾은 일정량의 다이아몬드 입자를 함유하고 있는 세그먼트에서 다이아몬드 입자의 밀도 및 입자 간격을 Monte Carlo 해석 방법을 이용하여 이론적으로 분석하였다. 이 경우 세그먼트의 표면위의 다이아몬드 입자는 돌출 과정에서 파쇄 되지 않고 다이아몬드 입자 크기의 60%의 돌출 높이가 되었을 때 결합재로부터 탈락하는 것을 가정하였다. 실험 결과로는 다이아몬드의 면적밀도가 다이아몬드 입자의 크기에 의하여 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며 감마 분포에 의하여 입자 간격 밀도 분포를 해석할 수 있다. 또한 다이아몬드 입자의 함유량이 작을수록

(다이아몬드 입자의 개수가 적을수록) 비교적 넓은 분포 폭선을 가지고 있는 것으로 보고하고 있다.

따라서 본 연구에서는 실제 다이아몬드 세그먼트에서 다이아몬드의 돌출 거동 및 입자간 거리를 실험적으로 관찰하고자 하였다. 실제 다이아몬드 입자와 결합재는 비중 및 크기의 차이가 있어 다이아몬드 입자 간격의 균일한 분포를 이루기가 어렵고 절삭 과정에서 다이아몬드 입자의 함유량 및 절삭 조건에 따라 다이아몬드 입자가 파쇄 되거나 결합재로부터 탈락하는 돌출 높이가 모사 실험과는 차이가 있을 수 있다. 따라서 다이아몬드 톱의 수명과 절삭율(Cutting Rate)의 향상을 위해 다이아몬드 함유량과 대차속도의 변화에 따른 다이아몬드 톱의 수명과 절삭부하를 측정하였으며 각각의 절삭 조건에서 세그먼트의 표면에서의 다이아몬드 입자의 상태와 분산 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

2.1. 다이아몬드 톱에 의한 절삭

톱의 지름을 350 mm로 하였으며 두께 2.4 mm의 원형 판의 주위에 24개의 세그먼트를 부착하였다. 세그먼트 내부의 다이아몬드 입자는 U. S. -40/+50 mesh를 사용하였다. 석재 판재는 30 mm 두께를 사용하여 이를 한번에 재단하였다. 이때 회전속도, V_p 는 1500 rpm, 27.9 m/sec로 하였다. 피삭재는 포천 지역에서 채석한 화강암으로 하였다.

다이아몬드 입자 질량을 나타내는 단위로는 일반적으로 캐럿을 사용하며 1 캐럿은 0.2 g이다. 다이아몬드 톱의 함유량을 나타내는 단위로는 집중도를 사용하는데 세그먼트 전체의 25% 부피를 차지하고 있는 것을 집중도 100이라고 한다. 이는 0.44 g/cm^3 , 4.4 cts/cm^3 이다.

세그먼트 내부의 다이아몬드 입자의 함유량을 0.6 cts/cm^3 에서 1.54 cts/cm^3 까지 변화시키며 절삭을 실시하였다. 이는 집중도 13.5-35이다. 절삭율을 결정하는 대차속도(Table Speed, V_t)는 1 m/min에서 5 m/min까지 변화시키며 절삭하였다.

절삭 이후에 총 절삭량과 세그먼트의 마모 높이를 측정하여 톱의 수명(Grinding ratio)을 측정하였으며 절삭 기계에 전력 분석기를 장착하여 절삭 과정에서 전력 소모량을 측정하였다.

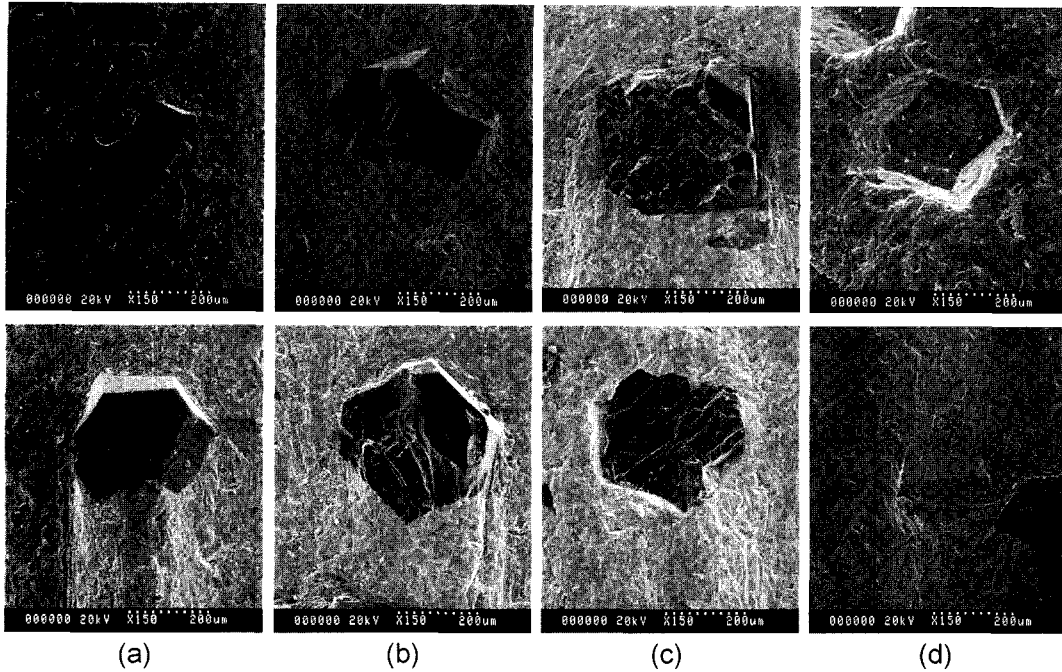


Fig. 3. Diamond particle condition on the surface of segment.

2.2. 세그먼트 표면에서의 다이아몬드 입자의 상태 분석

절삭을 마친 다이아몬드 톱의 세그먼트 표면을 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 다이아몬드 입자의 상태를 분석하였다. 그림 3에서의 같이 세그먼트의 표면에는 여러 가지의 형태로 다이아몬드 입자가 존재하는 것이 관찰되었다. 세그먼트의 표면에 어떤 파쇄도 일어나지 않은 다이아몬드 입자도 존재하지만 완전 파쇄가 일어난 다이아몬드 입자도 존재하였다. 또한 다이아몬드 입자가 기지 조직으로부터 빠져나간 자리도 관찰되었다. 이렇게 다양한 형태로 존재하고 있는 다이아몬드 입자를 분류하는 것은 어느 정도의 주관적인 판단이 필요하기 때문에 실험하는 연구자마다 조금씩 다른 결과를 보고하고 있다. 본 실험에서는 다음과 같은 기준으로 다이아몬드 입자의 상태를 분류하였다.

그림 3에서 a, b의 경우와 같이 1/2이하의 파쇄가 일어난 다이아몬드 입자의 경우(1)와 1/2 이상 파쇄가 일어난 경우(2) 그리고 기지조직 즉 결합재로부터 빠져나간 자리(3)로 구분하여 이들의 개수를 측정하였다. (1)의 경우를 절삭 포인트라 하고 (2)의 경우를 깨진 다이아몬드 입자라 하고 (3)의 경우를 빠진 다

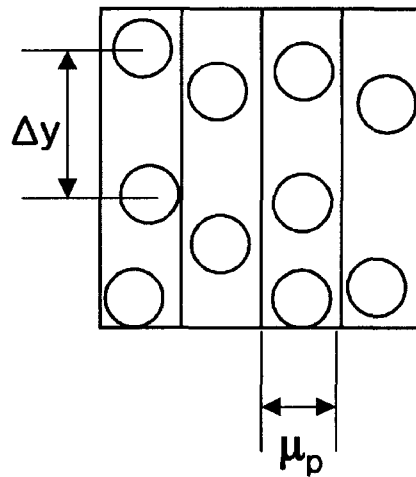


Fig. 4. Definition of the inter-particle spacing Δy .

이아몬드 입자라 하였다

다이아몬드 입자간의 간격은 다이아몬드 톱의 회전 방향인 원주 방향으로 다이아몬드 입자 간격을 그림 4와 같은 방법으로 측정하였으며 측정된 간격들을 감마 분포 함수를 사용하여 통계적 방법에 의하여 분석하였다⁷⁾. 감마 분포 함수는 다음과 같다.

확률밀도함수(Probability Density Function ; PDF)

$$f_{\Delta y}(\Delta y, \sigma, \lambda) = \frac{1}{\sigma \Gamma(\lambda)} \left(\frac{\Delta y}{\sigma}\right)^{\lambda-1} \exp\left(-\frac{\Delta y}{\sigma}\right); \Delta y, \sigma, \lambda > 0 \quad (1)$$

감마 함수(Gamma Function)

$$\Gamma(\lambda) = \int_0^{\infty} x^{\lambda-1} e^{-x} dx \quad (2)$$

Δy : Inter-particle Spacing
 σ : Scale parameter
 λ : Shape parameter

여기서 Δy 는 다이아몬드 입자 간격을 나타내며 σ 는 크기 모수, λ 는 형상 모수를 나타낸다. λ 가 클수록 정규 분포에 가까운 분포를 나타낸다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 공구의 수명 및 절삭 부하

그림 5, 6은 다이아몬드 입자의 함유량의 변화와 대차 속도(Table Speed) 변화에 따른 G-ratio와 절삭 중에 발생하는 전력 소비량(절삭 부하)을 측정 한 그래프이다. 그래프에서와 같이 다이아몬드 톱의 수명은 다이아몬드 입자의 함유량이 증가할수록 증가하고 있음을 알 수 있으며, 대차 속도의 증가에 따라서는 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 대차속도가 증가할수록 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량이 커

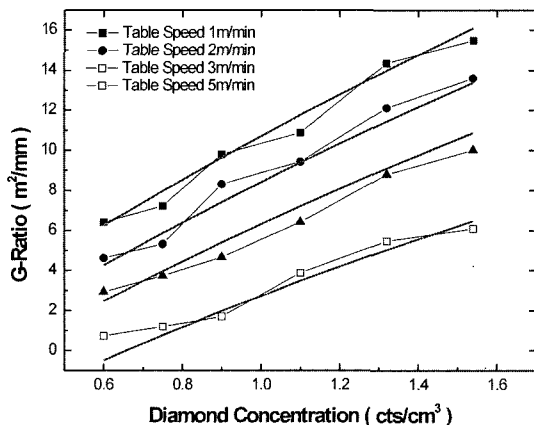


Fig. 5. Diamond saw blade life time (grinding ratio) with diamond concentration and table speed.

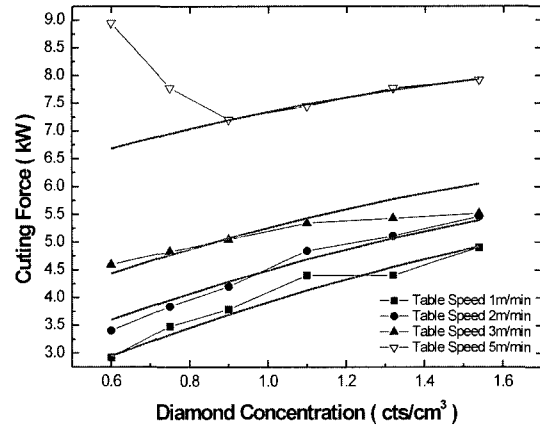


Fig. 6. Power consumption (sawing force) with diamond concentration and table speed.

져서 다이아몬드 입자의 파쇄 또는 결합재로부터 탈락하는 속도가 증가하고 결합 재료의 마모가 빨라지기 때문이다. 그러나 절삭 부하는 다이아몬드 입자의 함유량 및 대차 속도가 증가 할수록 증가한다. 다이아몬드 입자의 함유량의 증가는 세그먼트 표면에서 다이아몬드 입자의 면적밀도를 증가시키고 대차속도의 증가는 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량을 증가시키기 때문이다.

그러나 대차 속도 5 m/min에서 다이아몬드 입자의 함유량이 0.6, 0.75 cts/cm³인 경우는 절삭 도중에 절삭 부하의 과도한 증가에 의하여 더 이상 절삭을 할 수 없게 되었다. 이는 세그먼트의 급격한 마모와 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량의 증가에 의한 것으로 판단되며 절삭이 정상상태를 이루지 못하기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 수명과 절삭 부하를 예측할 수 있는 정상 상태를 이루는 대차 속도인 1 m/min, 2 m/min, 3 m/min일 경우 세그먼트의 표면에서의 다이아몬드 입자의 상태에 대하여 조사하였다.

3.2. 다이아몬드 입자의 상태 및 분포

그림 7은 세그먼트 표면에서 다이아몬드 입자를 SEM으로 관찰한 그림이다. 각각의 다이아몬드 입자를 관찰하여 입자의 상태를 결정하였다. 그림에서 ○는 1/2 이하로 파쇄 된 다이아몬드를 나타내며 △는 1/2이상 파쇄 된 다이아몬드 입자를 나타내고 □는 다이아몬드 입자가 빠진 자리를 나타낸다. 각각의 개수를 그림 8에 나타내었다.

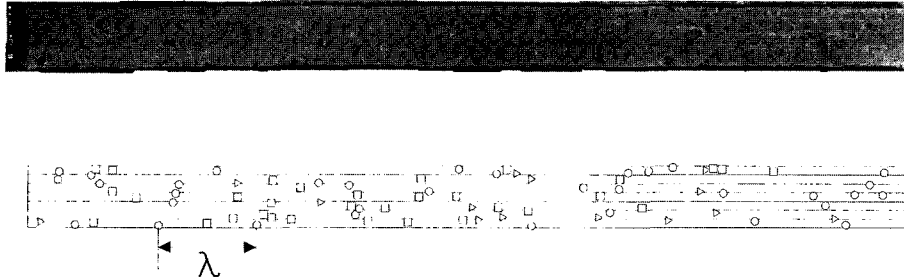


Fig. 7. Measuring method of the inter-particle spacing after sawing.

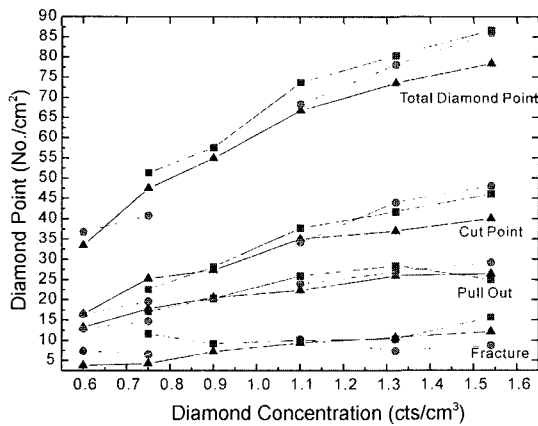


Fig. 8. The number of diamond particles (sawing point, pull-out, fractured diamond particles) after sawing. (-●-:Table Speed 1 m/min, -■-:Table Speed 2 m/min, -▲-:Table Speed 3 m/min).

다이아몬드 톱의 세그먼트 표면에서의 다이아몬드 입자의 상태는 다이아몬드 입자의 함유량이 증가할수록 절삭 포인트, 깨진 다이아몬드 입자, 빠진 다이아몬드 입자의 수가 비례적으로 증가함을 알 수 있다. 절삭 조건 즉 대차속도(Table Speed)의 변화에 따른 다이아몬드 입자의 상태는 약 10%의 오차범위를 가지고 어느 정도 일정한 상태를 나타내고 있음을 알 수 있다. 표면에서의 1/2이하로 파쇄된 다이아몬드 입자는 전체 다이아몬드 입자의 자리수의 약 45-50%를 차지하고 있고 빠진 다이아몬드 입자의 개수는 약 35-40%를 차지하고 있으며 깨진 다이아몬드 입자의 개수는 약 10-15%를 차지하고 있다. 정상상태의 절삭 과정인 대차 속도 1-3 m/min의 절삭 과정에서 1/2 이하로 깨진 다이아몬드 입자가 전체 다이아몬드 입자의 자리의 50%를 차지하는 것은 다이아몬드 입자의 돌출 높이가 다이아몬드 입자 크

기의 약 50%가 된다고 생각할 수 있다. Koshy등의 모사 실험에서 가정된 다이아몬드 입자의 돌출 높이 60%와는 10% 정도 낮은 것으로 나타난다. 이는 모사실험에서는 다이아몬드 입자가 절삭 충격에 의해서 파쇄 되는 것을 고려하지 않았기 때문이라 판단된다.

세그먼트 표면에서 1/2 이하로 깨진 다이아몬드 입자 즉 절삭 포인트가 일정하게 유지되는 것은 대차속도가 증가하면서 다이아몬드 입자가 파쇄되거나 결합체로부터 탈락하는 속도가 증가하지만 파쇄되거나 빠진 다이아몬드 입자의 자리는 국부적으로 표면의 다이아몬드 입자의 밀도가 낮아져서 결합체의 마모 속도가 급격히 빨라지므로 새로운 다이아몬드 입자가 빨리 돌출되기 때문에 표면에서의 입자의 상태를 유지할 수 있는 것으로 판단된다. 그러나 새로운 다이아몬드 입자가 돌출되기 전에 다이아몬드 입자가 계속적으로 파쇄되거나 결합체로부터 탈락하게 되면 표면에서의 절삭 가능한 다이아몬드 입자의 개수는 절삭이 진행되면서 점점 줄어들게 된다. 즉 절삭의 정상 상태를 유지하지 못하고 급격한 마모를 유발하는 것이다. 이러한 경우가 대차 속도를 5 m/min으로 하였을 때 다이아몬드 함유량이 0.6-0.75 cts/cm³의 경우라고 생각된다.

3.3. 다이아몬드 입자간의 간격

그림 7과 같은 방법에 의하여 다이아몬드 입자간의 간격을 측정하였다. 그림 9는 다이아몬드 함유량이 0.6, 0.9, 1.32 cts/cm³이고 대차 속도를 1 m/min으로 절삭한 후의 절삭 포인트의 누적분포이다. 측정된 절삭 포인트 간격을 감마 분포함수로 분석하여 확률밀도함수(pdf) 그래프를 그림 10에 나타내었다. 우선적으로 측정된 입자 간격의 형상 모수와 크기 모

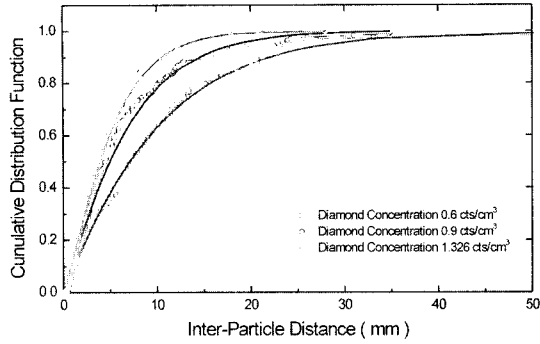


Fig. 9. Cumulative distribution of the inter-particle spacing.

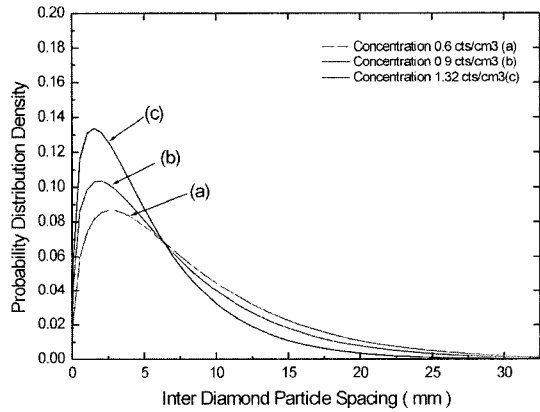


Fig. 10. Probability density function of the inter-particle spacing with diamond concentration (table speed-1 m/min).

수를 구하였으며 형상 모수는 다이아몬드 입자의 함유량이 0.6 cts/cm³의 경우는 1.47 그리고 0.9, 1.32 cts/cm³의 경우는 1.37, 1.43으로 계산되었으며 크기 모수는 6.2, 5.2, 4.3이었다. 형상모수는 클수록 정규 분포에 가까운 분포를 나타내는데 본 실험에서와 같이 형상모수가 1.37-1.47의 경우는 그림 10에서 알 수 있듯이 다이아몬드 입자의 함유량에 관계없이 다이아몬드 입자간격이 작은 쪽으로 치우친 형상의 분포를 나타내고 있다. Koshy 등의 모사 실험에서의 형상모수 약 2.0-2.5에 비하여 작은 값을 나타내는 이유는 세그먼트 내의 다이아몬드 입자의 분포가 모사 실험에 비하여 균일하지 못하고 다이아몬드 입자의 함유량이 낮기 때문이라 판단된다. 그림 11은 대차속도를 3 m/min으로 절삭한 후의 다이아몬드 입자간격의 확률밀도함수를 나타낸 그래프이다. 대차속도 1 m/min 일 경우와 유사한 형상의 그래프를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그림 10, 11에서 다이아몬드

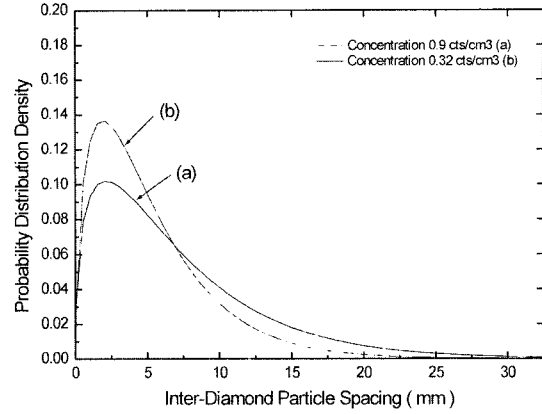


Fig. 11. Probability density function of the inter-particle spacing with diamond concentration (table speed-3 m/min).

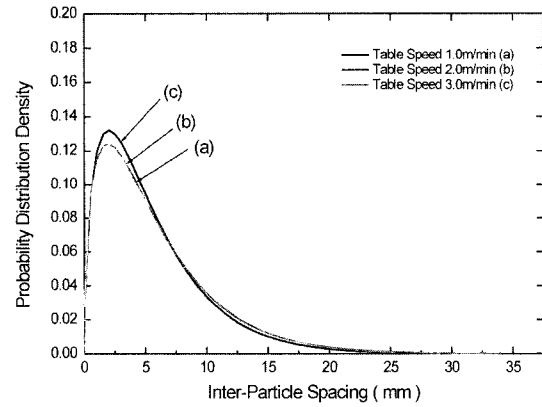


Fig. 12. Probability density function of the inter-particle spacing with table speed (diamond concentration-1.1 cts/cm³).

입자의 함유량이 작은 경우는 다이아몬드 입자의 함유량이 높은 경우에 비하여 넓은 다이아몬드 입자간격 분포를 가지고 있다. 즉 다이아몬드 입자의 함유량이 작아질수록 입자 간격 7 mm이하의 입자의 비율은 낮고 7 mm이상의 입자는 많다는 것을 알 수 있다. 입자 간격 분포가 넓은 경우는 입자 간격이 큰 다이아몬드 입자의 수가 많아지고 충격량이 커서 파쇄 되거나 빠질 가능성이 높아지는 것이다. 즉 다이아몬드 입자의 함유량이 작은 톱의 경우는 절삭율이 높은 절삭 조건에서는 정상 상태를 유지하지 못할 가능성이 높아진다.

그림 12로부터 대차 속도의 변화에 따라서는 다이아몬드 입자 간격은 거의 동일한 분포를 가지고 있음을 알 수 있다. 그러나 대차속도가 빨라지면 각각

의 다이아몬드 입자에 가해지는 충격량이 증가하고 전체적인 절삭 부하도 증가하게 된다.

4. 결 론

(1) 다이아몬드 입자의 함유량을 증가시키면 다이아몬드 톱의 수명은 증가하지만 절삭 부하의 증가를 초래하여 절삭율이 제한된다. 또한 절삭율을 증가시키면 다이아몬드 입자의 함유량이 작은 경우에 다이아몬드 톱은 정상 상태를 유지하지 못하고 급격하게 절삭 부하가 증가한다.

(2) 정상상태를 유지하고 있는 다이아몬드 톱의 표면에서 다이아몬드 입자의 개수는 다이아몬드 함유량에 따라 직선적으로 증가하고 절삭 가능한 다이아몬드 입자, 깨진 다이아몬드 입자 그리고 빠진 다이아몬드 입자의 개수의 비율은 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다.

(3) 절삭 가능한 다이아몬드 입자 간격의 분포는

간격이 작은 쪽으로 치우쳐 있으며 다이아몬드 입자 함유량이 낮은 다이아몬드 톱은 함유량이 높은 톱에 비하여 넓은 분포를 가지고 있으므로 대차속도가 높은 절삭 과정에서는 정상 상태를 유지하지 못할 가능성이 높아진다.

참고 문헌

1. N. Axen and B. Lundberg : Tribol. Int., **28** (1995) 523.
2. H. D. Jerro , S. S. Pang, C. Yang, R. A. Mirshams : J. Manuf. Sci. Eng., **121** (1999) 257.
3. Y. S. Liao and S. Y. Luo : Wear, **157** (1992) 325.
4. S. Y. Luo : J. Mater. Tech., **70** (1997) 1.
5. J. Asche : Ind. Diamond Rev., **2** (1999) 110.
6. Janusz Konstanty : J. Mater. Proc. Tech., **123** (2002) 146.
7. D. N. Wright and H. Wapler : Ann. CIRP, **35** (1986) 239.
8. Philip Koshy, V. K. Jain and G. K. Lal : Int. J. Mach. Tool. Ind., **37** (1997) 751.