

## 연삭입력조건을 이용한 연속절삭날간격의 예측

이영문(경북대 기계공학부), 손재환(대구기계부품연구원), 정연철(경북대 교육대학원  
기술교육전공), 배대원(경북대 대학원 기계공학과), 손성필\*(경북대 대학원 기계공학과)

### Estimation of the successive cutting point spacing using grinding input conditions

Y. M. Lee(Mech. Eng. Dept., KNU), J. H. Son(DMI), Y. C. Jeong(Graduate school of Edu., Tech. Edu. Dept., KNU), D. W. Bae(Graduate school, Mech. Eng. Dept., KNU), S. P. Son(Graduate school, Mech. Eng. Dept., KNU)

#### ABSTRACT

In order to calculate the maximum undeformed chip thickness in grinding operation, it is necessary to estimate the successive cutting point spacing. In the past it is obtained by experiments. In this paper, the average successive cutting point spacing has been estimated using the given grinding input conditions.

**Key Words** : Successive cutting point spacing(연속절삭날간격), Grinding scratch spacing(연삭스크래치 간격)

#### 1. 서론

본 연구에서는 평균입자 모델에 기초하여 주어진 연삭입력조건으로부터 평균연삭입자간격  $a$ 의 예측을 시도하고, WA 및 CBN숫돌을 이용한 연삭실험을 통하여 이의 타당성을 검증하였다.

#### 2. 평균입자연삭모델

##### 2.1 최대미변형칩두께( $h_{max}$ )

Fig. 1에 나타난 바와 같이 연삭입자를 기하학적으로 단순화하여 구형(sphere)으로 가정하였고,<sup>(1)</sup> Fig.1 (a)에서 균일형상·분포의 연삭숫돌이 입자당  $S_a$ 만큼 이송할 때 연삭입자의 절삭경로를 나타낸 것이다.<sup>(2)</sup> 그림에서  $A'C$ 로 표시된 연삭입자의 최대미변형칩두께(maximum undeformed chip thickness),  $h_{max}$ 는 근사적으로 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.<sup>(2)</sup>

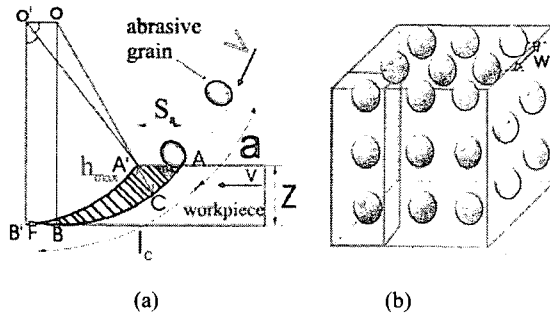


Fig. 1 Schematics of (a) cutting path in down-surface grinding process and (b) uniform distribution of grains.

$$h_{max} = 2a \frac{v}{V} \left( \frac{Z}{D} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

여기서,  $a$ 는 연삭숫돌의 연속절삭날간격(successive cutting point spacing)이며,  $v$ 는 공작물속도,  $V$ 는 연삭숫돌의 원주속도,  $Z$ 는 연삭깊이, 그리고  $D$ 는 연삭숫돌의 직경을 나타낸다.

##### 2.2 연삭자국 폭( $2r_a$ )

Fig. 2는 연삭입자의 일부가 공작물에 절입한 상태를 나타낸 것이다. 그림에서 음영부는 깊이  $Z_a$ 만큼의 절입부를 나타내며  $2r_a$ 는 음영부의 직경을 나타낸다. 기하학적인 관계로부터  $2r_a$ 는 식(2)과 같이 된다.

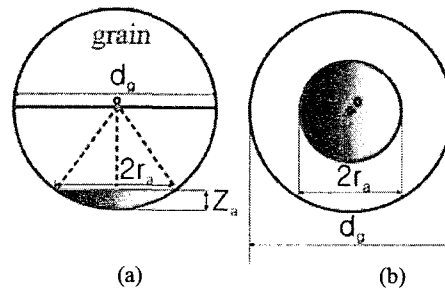


Fig. 2 Schematic of grain engagement in work: (a) vertical view and (b) plan view.

$$r_a = \sqrt{(d_g - Z_a)Z_a} \quad (2)$$

### 2.3 연속절삭날간격(a) 결정

연속절삭날간격  $a$ 는 스톨표면상의 단순히 이웃하는 연삭입자의 평균간격  $w$ 가 아니고, Fig. 3에서 보는 바와 같이 스톨표면상에서 스톨회전방향으로 정렬하고 있는 동일원주상 연삭입자 사이의 간격이다.

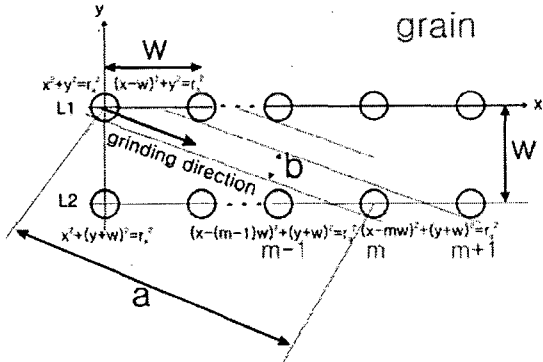


Fig. 3 Average successive cutting point spacing,  $a$  and successive cutting point spacing,  $w$ .

그림에 나타난 바와 같이 입자 절입부의 둘레를 원의 방정식으로 나타내고 입자의 입자 중심을 원점으로 가정하자. 연속절삭날간격  $a$ 가 스톨회전방향에서 이웃하는 입자와 겹치지 않으면서 최대의 연속절삭날간격을 가지기 위해, 원점에 있는 입자의 둘레의 원과 연속절삭날관계에 있는 입자의  $m$ 번째 입자 둘레의 원을 동시에 접하는 직선이  $m-1$ 번째 입자의 원의 방정식  $(x-(m-1)w)^2 + (y+w)^2 = r_a^2$ 에 대입한 방정식의 판별식  $D$ 가  $D \leq 0$ 의 조건을 만족하여야 한다. 이 조건을  $m$ 에 관해서 정리하면 식(3)과 같다.

$$0 \leq m \leq \sqrt{\frac{w^2}{4r_a^2} - 1} \quad (3)$$

식(3)을 만족하는 최대의  $m$ 을  $M$ 이라고 하면 연속절삭날간격  $a$ 는 기하학적으로 식(4)과 같이 된다.

$$a = w\sqrt{M^2 + 1} \quad (4)$$

연삭입자에 의해 공작물에 생성되는 연삭스크래치간격(grinding scratch spacing)  $b$ 는 Fig. 3에 나타난 바와 같이  $b=w^2/a$ 의 기하학적인 관계와에 의해서 식(2)으로부터 식(5)과 같다.

$$b = 2\sqrt{(d_g - Z_a)Z_a} \quad (5)$$

### 3. 스크래치 실험

#### 3.1 실험조건

평균연삭스크래치간격  $b_a$ 를 측정하기 위해 평면연삭기를 이용하여 시편의 표면에 나타난 스크래치 간격을 측정하였다. 스크래치 하나에 여러 개의 연삭입자가 지나가는 것을 막기 위하여 스톨은 천천히 회전시키고 상대적으로 시편의 이송속도를 빠르게 하였다.<sup>(3)</sup>

Wheel speed(rpm)	60
$Z_a(\mu\text{m})$	5
Workpiece Velocity(m/min)	30
Grinding wheels	WA46K7V
	WA60K7V
	WA80K7V
	CBN120R125V
	CBN170R125V
	CBN325R125V

Table 1 Scratch experimental conditions.

### 3.2 실험결과

Table 2는 스톨의 입도별로 실제 측정된 값  $b_a$ 를 식(5)에 의해 기하학적으로 결정된 연삭스크래치간격  $b$ 와 비교하여 나타내었다.

Grinding wheels	$b_a(\mu\text{m})$	$b(\mu\text{m})$	Percentage of $b_a/b(\%)$
WA46	91.9	90.56	101
WA60	90.7	78.1	116
WA80	74.7	66.4	112
CBN120	61.9	54.1	114
CBN170	29.1	38.7	75
CBN325	28.7	26.6	107

Table 2 Comparison of average of measured scratch spacing,  $b_a(\mu\text{m})$ , with estimated scratch spacing,  $b(\mu\text{m})$ .

### 4. 결론

본 연구에서는 평균입자모델에 기초하여 기하학적인 연속절삭날간격  $a$ 와 연삭스크래치간격  $b$ 를 유도하였다.

평면연삭기를 이용하여 스크래치 실험값  $b_a$ 와 기하학적으로 결정된  $b$ 를 비교하였고, 실험값  $b_a$ 의 상당수가 기하학적인 연삭스크래치간격  $b$ 를 중심으로 분포하였다. 이로부터 연삭조건에 의해 예측된 연속절삭날간격  $a$ 의 타당성을 입증할 수 있었다.

### 참고문헌

1. Y. M. Lee, W. S. Choi, S. I. Chang, D. W. Bae, J. W. Son and H. G. Lee, "Analysis of specific grinding energy using average grain model" Trans. KSMTE, Vol. 14, pp. 61-68, 2005.
2. H.J. Kim, I.H. Heo, S.D. Woo, and Y.M. Lee, 1999, "Effects of Maximum Grit Depth of Cut on Grinding Characteristics", Trans. of KSMTE, Vol. 8, No. 5, pp. 63-69
3. S. Malkin, 1989, Grinding Technology - Theory and Application of Machining with Abrasives, John Wiley & Sons.