

다이싱가공에 있어서 加工溝蛇行현상에 대한 연구

A Study on Meandering Phenomenon in Dicing process

정 윤 교*, 渡邊剛史**, 稲崎一郎**

* 창원대학교 기계공학과

** 慶應義塾大學機械工學科

1. 서론

반도체 산업계에 있어서 IC 등을 주류로 하는 마이크로칩의 생산성 및 성능이 현저히 성장하여 많은 경제효과를 가져오고 있다. 이와 함께 전자부품에 사용되어지는 취성재료의 종류 및 그 양도 점점 증가하는 추세이다. 이러한 취성재료의 절단에는 초극박의 다이야몬드 브레이드가 널리 사용되어지고 있다.

본 연구에서 사용되어지고 있는 실리콘웨이퍼(Silicon wafer)는 대표적인 취성재료로서 집적회로의 기판재료이다. 현재 웨이퍼의 직경은 150mm, 두께 0.7mm 와 직경 200mm, 두께 0.7mm 가 주로 사용되어지며 한장의 웨이퍼로서 수백개의 대규모 집적회로를 만들수 있다. 장래, 기가바이트급 차세대형 반도체에 대응하기 위해 더욱큰 웨이퍼의 개발이 계획되고 있으며 웨이퍼기반의 대구경화(大口徑化)와 같은 크기라도 집적밀도를 올리기 위해 고밀도기술을 개발하고 있다. 이외에도 다이싱공정에 도달할때 까지 많은 공정을 거쳐야 되기 때문에 그 부가가치가 대단히 높다고 할수 있다.

실리콘웨이퍼와 같은 취성재료의 다이싱가공에서 문제가 되고 있는 것은 칩핑과 사행(蛇行)현상의 발생이다. 사행현상의 원인으로서는 브레이드축면의 비대칭성, 절삭날의 둔화, 숫돌축과 이송방향의 위치결정오차, 후렌지단면의 혼들림등을 들수 있다. 그러나, 사행의 발생영역과 사행이 계속되는 이유에 대해서는 전혀 검토되어진 바가 없는것이 현실이다.

본 연구에서는 다이싱가공시의 사행현상에 주목해서 사행현상의 발생영역을 명확하게 함과 동시에 AE 센서를 이용하여 인프로세서(In-process)로 사행현상의 검출방법을 개발하는 것을 목적으로 한다.

2. 가공구(加工溝)사행 현상

2-1. 실험장치의 개요

본 연구에서 사용한 다이싱가공기는 (주)디스코제의 DAT2II/6T이다. 본 기계의 X 테이블의 구동부는 타이밍벨트가 사용되어졌으며 주축스핀들부에는 진동과 열발생이 적고 회전정도가 높은 정압공기축수를 사용하였다. 가공구의 사행량의 측정에는 다이싱시의 얼라이먼트를 위해 사용하는 CCD 카메라를 이용한 측정장치를 사용했다. 그림1은 측

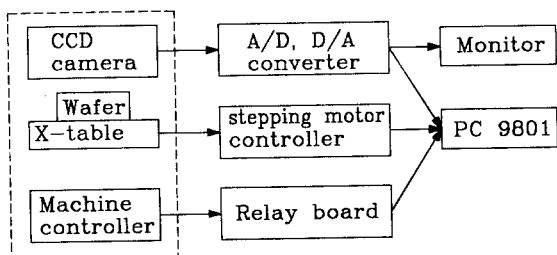


Fig. 1 Experimental setup

정장치시스템의 개략도를 보여준다. 절삭저항의 측정장치는 자작한 예압장치를 부착한 수정식 3성분변환기에 의해 측정되었다. 표1은 본실험에서 사용한 실험조건을, 표2는 Truing 및 Dressing 조건을 보여주고 있다.

Table 1 Experimental conditions

Diamond blade	NBC-Z 2050 #2000 50.1×0.015×40 (mm)
Flange diameter	40.7, 47.5, 48.2, 49.0 (mm)
Workpiece	Silicon wafer ø 5 inch
Work speed (v)	30~150 (mm/s)
Depth of cut (d)	100~300 (μm)
Blade velocity (V)	52.4~98.3 (m/s)
Cutting fluid	Water

Table 2 Truing and Dressing conditions

Item	Cutting speed (mm/s)	Cutting number	Depth of cut (μm)
Truing	10	4	70
	20	4	
	30	4	
	40	4	
	50	4	
	60	4	
	70	20	
Dressing	10	10	180

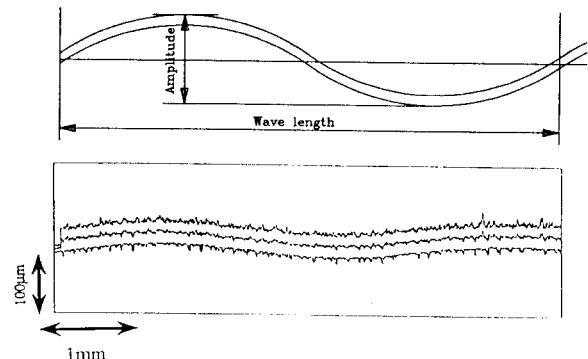


Fig. 2 A example of measured results

2-2. 사행의 발생영역

가공구사행의 발생영역에 관해서는 인선돌출량, 브레이드주속도, 공작물의 이송속도, 절입깊이의 각요소를 변화시켰을때, 사행영역이 어떻게 변화하는가를 조사하였다. 사행영역을 구하기 위하여서는 같은실험을 2회 실시하여 2회모두 사행한 영역, 1회만 사행한 영역, 어느 경우도 사행하지않은 영역으로 구분하였다. 또, 사행판단 여부의 조건으로서는 사행진폭이 $10 \mu\text{m}$ 를 넘었을 경우 사행이 발생하는 것으로 했다. 이것은 본 연구에서 사용한 측정장치에서는 진폭에 침핑이 포함되어져 버리기 때문에 사행이 명확하게 일으나지 않은 영역이라 할지라도 진폭이 존재하기 때문이다. 또 관찰되어진 침핑의 규모로 부터 $10 \mu\text{m}$ 미만의 사행은 발생하더라도 문제가 없기 때문에 이 값을 선택하였다. 그림2는 가공구의 측정결과의 예를 보여주고 있다.

그림3 와 그림4 는 인선돌출량, 브레이드의 주속도, 공작물의 이송속도 및 절입깊이를 변화시켰을때 사행발생영역을 검토한 것이다. 그림에서 알수 있는바와 같이 인선돌출량이 크면 브레이드 회전축방향의 강성이 약해지기 때문에 사행하기 쉬우며 브레이드의 주속도가 증가함에 따라 사행하기 쉬운 경향이 있다. 통상 절단가공을 행할때의 조건은 브레이드 주속도가 78.7 m/s , 공작물 이송속도 150 mm/s , 인선돌출량은 0.95 mm 이하로 억제해야 한다는 것을 알수 있다. 절입깊이의 변화에 있어서는 현저한 변화는 볼수 없었지만 절입깊이가 큰 경우만이 사행현상이 존재한다는 것을 알수 있다.

2-3. 가공조건과 사행량

가공구의 측정에 있어서는 그림 2에서 보는 바와 같이 파장과 전진폭의 양으로서 사행량을 정의했다. 사행한 가공구를 측정한 결과, 주기성이

lc=0.95mm					lc=1.30						
V(m/s) \ V(m/s)	30	60	90	120	150	V(m/s) \ V(m/s)	30	60	90	120	150
52.4	×	×	×	×	×	52.4	×	×	△	○	
59.0	×	×	×	×	×	59.0	×	×	×	○	
65.5	×	×	×	×	×	65.5	×	△	△	△	○
72.1	×	×	×	×	×	72.1	△	○	○	○	○
78.7	×	×	×	×	×	78.7	○	○	○	○	○
85.2	×	×	×	×	×	85.2	○	○	○	○	○
91.8	×	×	×	△	×	91.8	○	○	○	○	○
98.3	○	○	○	○	○	98.3	○	○	○	○	○

lc=1.55mm					
V(m/s) \ V(m/s)	30	60	90	120	150
52.4	×	×	△	○	○
59.0	×	○	○	○	○
65.5	×	○	○	○	○
72.1	○	○	○	○	○
78.7	○	○	○	○	○
85.2	○	○	○	○	○
91.8	○	○	○	○	○
98.3	○	○	○	○	○

○ : Meander zone
△ : Meander boundary zone
× : Non meander

V : Blade velocity (m/s)
v : Work speed (mm/s)
d : Depth of cut (μm)
lc : Blade projection from flange (mm)
d=200 μm

Fig. 3 Meander zone for depth of cut $200 \mu\text{m}$

있는것이 확인되었으며 본 연구에서는 다양한 실험 조건으로 사행량의 변화를 검토 하였다. 진폭과 파장은 각 절삭조건마다 5 라인 절삭하여, 5 라인째의 가공구에 대하여 3 군데의 진폭과 파장을 측정하여 평균치를 구하였다.

그림5는 절삭조건을 변화시켰을때 전진폭의 변화양상을 나타낸 것이다. 인선돌출량, 공작물속도 및 브레이드주속도를 크게하면 진폭은 증가한다는

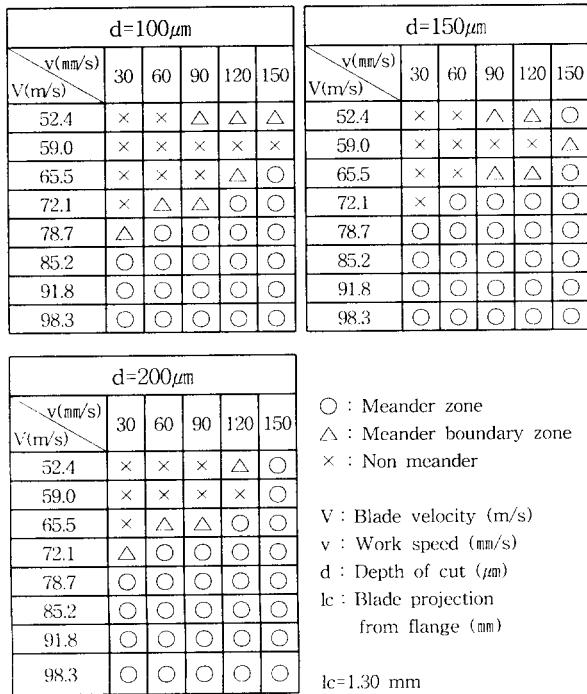


Fig. 4 Meander zone for blade projection from flange 1.3mm

것을 알 수 있다. 그림3 및 그림4의 결과에서 알 수 있는 것처럼 사행을 쉽게 발생시키는 요인은 사행의 진폭을 크게 하는 요인과 관련 있다고 할 수 있다.

그림6은 인선돌출량과 브레이드주속도의 변화에 따른 파장의 변화를 보이고 있다. 인선돌출량 1.55mm 일 경우와 1.30mm 인 경우를 비교하면 어떠한 주속도에서도 인선돌출량이 큰쪽이 파장이 200~300 μm 정도 크게되어짐을 알 수 있다. 또한 브레이드 주속도에 대하여 비교하면 주속도가 빠른 쪽이 200~300 μm 정도 파장이 작아짐을 알 수 있다. 그러나 공작물속도와 절입깊이에 대하여서는 파장의 변화를 볼 수 없었다.

2-4. 가공조건과 절단저항

브레이드의 측면에 작용하는 저항은 사행의 발생유무를 판단하는 가장큰 척도가 될수 있다. 그러나 본 연구에서는 브레이드의 측면방향의 저항을 측정하였으나 사행의 유무에 관계없이 측정불가능하였다. 이 방향의 힘은 사행이 발생하지 않은상태에서는 0 일것이다. 그 이유는 사행이 일으났다고 하더라도 그 값이 미소한 값이며 웨이퍼내의 브레

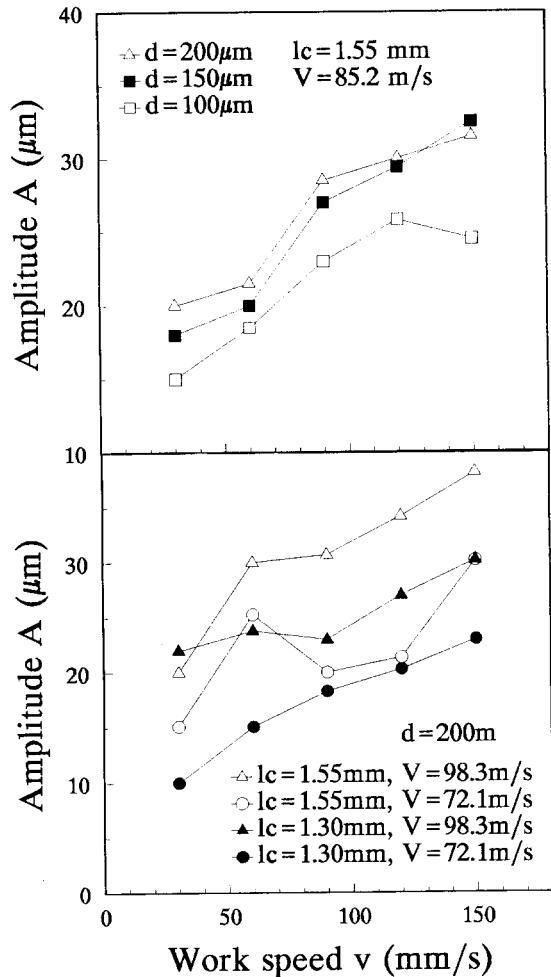


Fig. 5 Relationship between cutting conditions and amplitude of meandering

이드는 측면방향의 정부(正負)양방향으로 굽기 때문에 상살되어져 버리기 때문이라 사료된다. 따라서 본 연구에서는 절단가공시의 법선 및 접선방향의 절단저항을 측정하여 사행발생과의 관계를 검토하였다.

사행이 발생 하지않은경우 공작물속도를 변화시켰을때 브레이드의 주속도의 변화에 대한 절삭저항의 합력의 변화를 그림7에 나타내었다. 그림으로부터 절입깊이의 상승에 따라 절삭저항이 증가하며 브레이드의 주속도가 증가하면 절삭저항은 점진적으로 감소하는 경향을 알 수 있다. 또한 공작물속도가 증가하면 절삭저항은 거의 비례적으로 상승함을 알 수 있다. 이것은 공작물의 속도의 증가 및 주속도의 감소가 평균침의 단면적의 증가를 초래하기

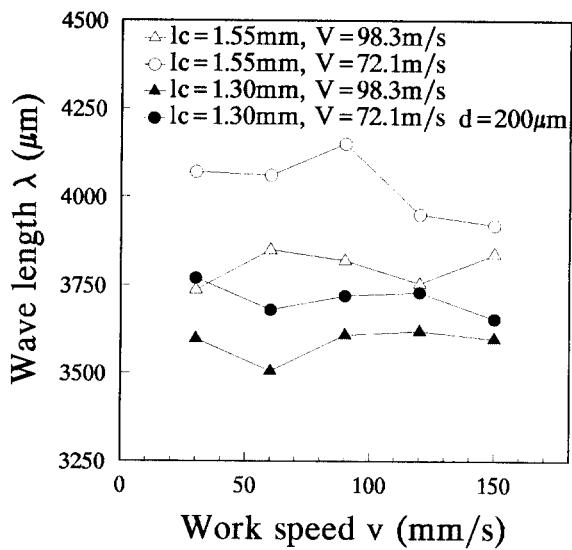


Fig. 6 Relationship between cutting conditions and wavelength of meandering

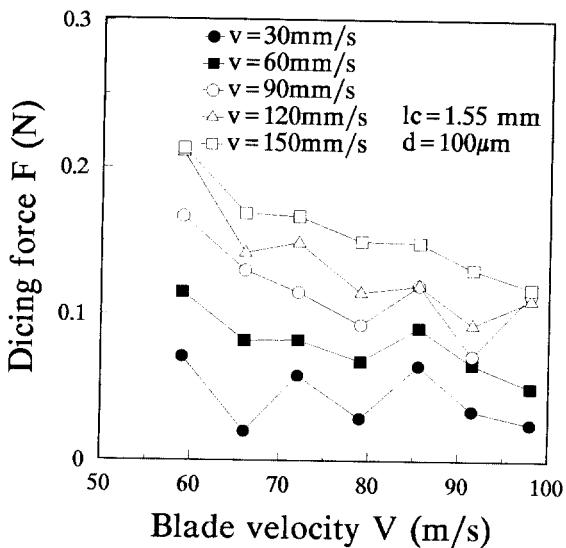


Fig. 7 Variation of resultant forces for blade velocity

때문으로 사료된다.

그림 8은 인선돌출량만을 크게하여 사행을 발생시켰을때의 절삭저항을 사행이 발생하지 않았을때와 비교한 그림이다. 그림에서 알수 있는것처럼 사행이 발생한경우가 절삭저항이 전반적으로 커짐

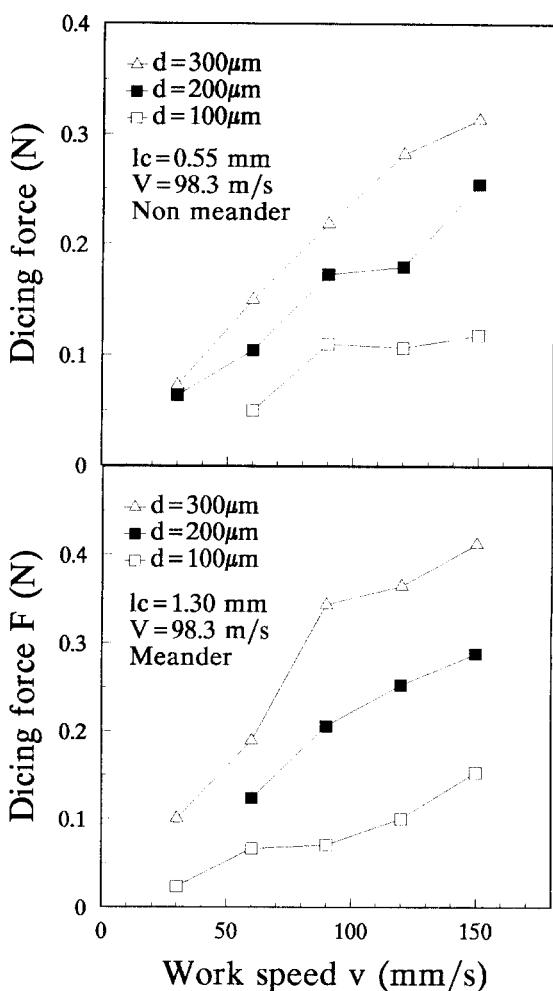


Fig. 8 Relationship of dicing forces between meander and non-meander zone

을 알수 있다. 이 원인으로서는 가공구가 사행함에 따라 브레이드와 공작물의 접촉호의 길이가 증가하여 양자간의 마찰력이 커지기 때문이다. 이것을 실증하기 위하여 가공구의 사행이 공작물속도의 상승에 따라 일으나는 조건으로 가공했을경우 혹은 다른조건을 바꾸지 않고 인선돌출량만을 작게하여 사행이 일으나지 않게 한 경우의 절단저항의 차이점을 그림9에 나타내었다. 그림중에서 사행하고 있는 경우는 화살표를 표시 하였다. 그림에서 알수 있는 것 처럼 사행의 발생에 의해 절삭저항의 증가가 현저하게 보인다.

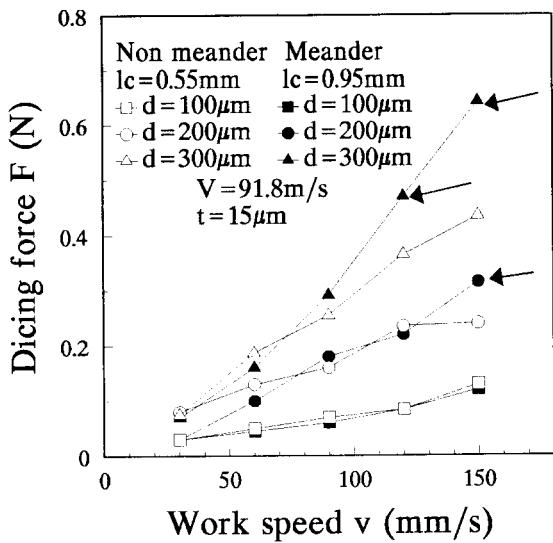


Fig. 9 Difference of dicing forces for meander and non-meander zone

3. AE 센서에 의한 사행의 발생검출

가공구의 사행현상은 주로 브레이드의 주속도, 인선두께, 인선돌출량, 공작물속도 및 절입깊이 등의 요소가 복합적으로 작용하여 사행을 발생시키는 것으로 생각된다. 그래서, 사행이 발생하지 않은 영역을 찾아 절단을 하는것이 가공구의 사행발생에 대한 가장 효과적인 대책이라고 할수 있다. 본 연구에서는 사행의 발생을 AE 센서에 의해 인프로세스로 감시할수 있는 가능성을 제시 하고자 한다. 실험방법의 개략도는 그림 10에 나타내었다.

가공구의 사행발생을 AE 센서로 검출하는 방법으로 AE 신호를 FFT 분석기로 주파수해석을 하여 특징적인 최대치의 존재여부를 판단하는것으로 하였다. 그 결과 사행이 발생한 경우만이 25Hz-50Hz 부근에 피크가 발생하는것을 알수 있었다. 사행의 발생유무에 의한 주파수 해석의 상이를 그림 11에 나타내었으며, 그림으로부터 사행의 유무를 AE 에 의해서 검출할수 있음을 알수 있었다.

사행의 진동수 $\gamma (s^{-1})$ 는 전술한 사행의 파장 λ 의 측정치와 공작물속도 v 에서 $\gamma=v/\lambda$ 와같이 표시할수 있다. 이 식에서 구하여진 진동수와 AE에서 얻어진 피크와의 관계를 그림 12 에 나타내었다. AE에 의하여 얻어진 주파수는 사행에 의한 진

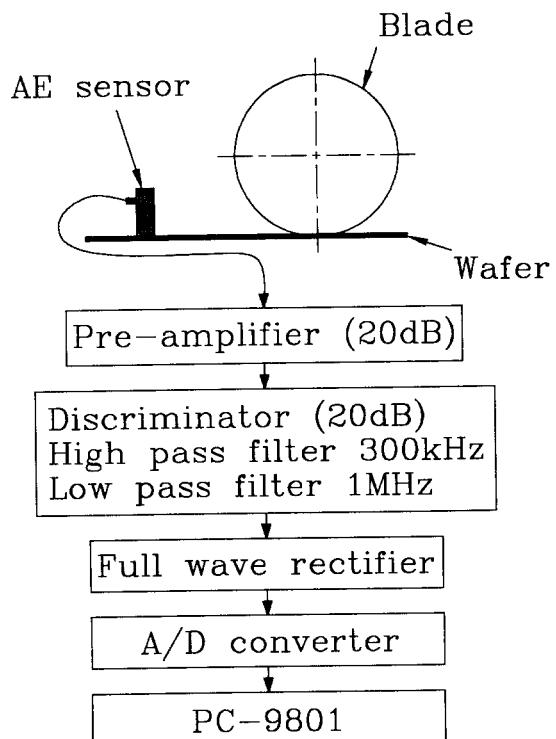


Fig. 10 Experimental setup using AE Sensor

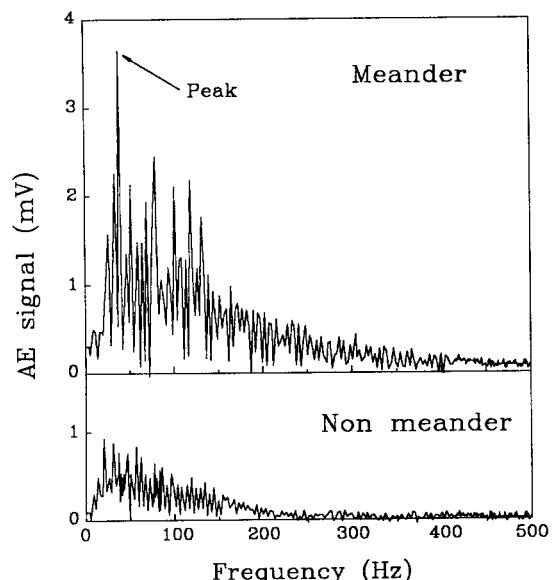


Fig. 11 Frequency analysis of AE signals in meander and non-meander zone

동수로 표시되어진다. 따라서 사행이 발생하면 그 진동수에 상당하는 AE 신호의 주파수에 피크가 발생한다고 말할수 있다. 이러한 결과로 부터 다이싱 가공에 있어서 가공구의 사행현상의 검출에 대하여 AE에 의한 방법이 유효함을 알았다.

4. 결론

본 연구에서는 다이싱가공에 있어서 가공구의 사행현상에 관해서 그 발생원인을 규명하고 사행발생을 인프로세스로 검지하는 방법을 고안하는 것을 목적으로 수행하였다. 이하 본 연구에서 얻어진 결론을 요약한다.

- (1) 가공조건에 의해 사행이 발생하는 영역이 존재 한다. 사행을 발생시키는 조건으로는 브레이드의 주 속도의 상승, 인선돌출량의 증가, 공작물속도의 상승 및 절입깊이의 증가등이다.
- (2) 사행이 발생할때의 사행량은 주기적이다. 진폭은 사행을 발생시키기 쉬운 조건에서 크게 되었다. 한편, 파장에 관해서는 인선돌출량과 브레이드의 주 속도에 의해 변화했지만 공작물속도에는 의존하지 않았다.
- (3) 다이싱가공에 있어서 절단저항은 공작물속도의 상승, 절입깊이의 증대, 브레이드주속도의 저하에 의해 증가한다.
- (4) 사행의 발생을 인프로세스로 검지하는 방법으로 AE 센서를 이용하는 방법을 고안하였다. 그 결과 사행이 발생한 경우에 한하여 피크가 발견되고 그 피크를 이용함에 의해서 AE 센서에 의한 사행의 검출이 유효함을 알았다.

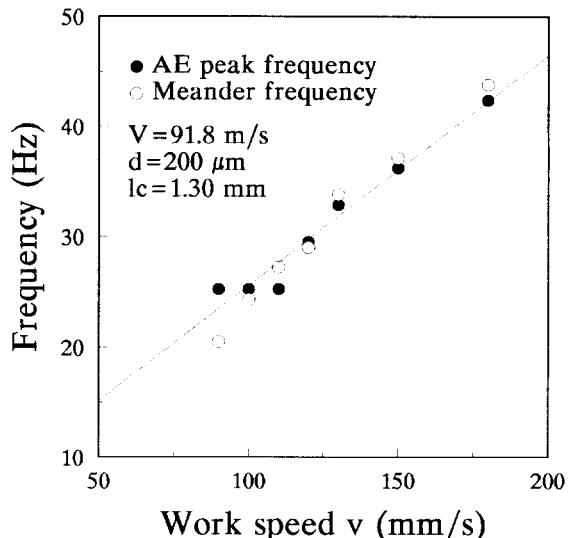


Fig. 12 Relationship between meandering frequency and AE peak frequency

참고문헌

1. 庄司ら, 外周刃ブレードによる精密切斷加工技術, 精密工學會誌, 60 / 2 / 1994
2. 庄司ら, シリコンウェハのダイシング加工に関する研究, 1992年度精密工學會春季學術大會學術講演會論文集
3. 藤澤ら, 外周式砥石研削切斷におけるうねり発生機構, 昭和63年度精密工學會春季大會學術講演會講演論文集, 1988
4. W.V. Schmieden, I. Inasaki, Abrasive Machining of Silicon, Annals of the CIRP, 39 / 2 / 1990