

CSP의 초정밀 싱귤레이션 가공특성에 관한 연구

김성철*, 이은상⁺

(논문접수일 2001. 1. 1, 심사완료일 2002. 3. 8)

A Study on Machining Characteristics of the Ultraprecision Singulation of Chip Size Package(CSP)

Sung-Chul Kim*, Eun-Sang Lee⁺

Abstract

Recently, the miniature of electric products such as notebook, cellular-phone etc. is apparently appeared, due to the smaller size of the semiconductor chips. As the size of chip gets smaller, the circuit could be easily damaged by the slightest influence, therefore it is important to investigate the machining quality of μ BGA. This paper deals with machining characteristics of the μ BGA singulation. The relationships between the singulation force and machining quality of the μ BGA singulation are investigated. It is confirmed that machining quality improves as the singulation force decreases.

Key Words : Singulation(싱귤레이션), Singulation Force(절단력), CSP(Chip size package)

1. 서론

최근 휴대용 전자제품의 소형화에 따라 노트북과 휴대용 전화기 등 전자제품의 크기가 눈에 띄게 작아지고 있다. 이러한 요구를 맞추기 위해서 반도체 크기의 소형화가 요구되고 있다. 반도체의 크기를 줄이는 방법으로는 회로 설계 기술의 발전, 회로간의 배선 폭을 줄여 가는 것, 그리고 CSP (Chip Size Package)와 같이 실제 칩 크기와 거의 비슷한 패키징 기술 등이 있다. 전자제품들의 크기가 작아질 수 있

는 가장 큰 이유가 바로 앞에 열거한 기술의 발전으로 인해 반도체 칩들의 크기가 점점 소형화 되고 있다⁽¹⁾.

이렇게 칩의 크기가 점점 작아짐에 따라 작은 영향이라도 회로에 손상을 줄 수 있다. CSP의 개별적인 분리 공정인 싱귤레이션(Singulation)에서는 회로에 영향을 미치지 않고 정확하게 절단해야 한다.

현재 실리콘 웨이퍼 초정밀 절단 가공인 다이싱(Dicing)에 관한 실험과 전기적 응착을 이용한 칩핑을 줄이는 방법 등 연구가 진행 중에 있으나, 관련 연구가 많이 부족한 상

* 주저자, 부산대학교 정밀기계공학과 대학원 (ksc120@netsgo.com)
주소: 609-735 부산시 금정구 장전동 산30번지, Tel: 051-510-3540
⁺ 인하대학교 기계공학과

태이다. 그리고 싱글레이션 공정에 대한 연구는 기계 제작 업체의 공정 자동화를 위한 연구는 있으나 초정밀 절단가공의 가공특성에 대해서는 연구가 거의 전무한 상태이다⁽²⁻⁴⁾.

본 연구에서는 싱글레이션 공정에서 칩핑 발생을 억제하여 우수한 가공품질을 얻고 생산성을 높이기 위해서 고속 회전하는 공압스핀들의 회전속도와 공작물의 이송속도에 따라 공구 동력계를 이용하여 싱글레이션시 절단력(Singulation Force)을 측정하여 가공 특성의 경향을 고찰하였다. 그리고, 절단품질과 절단력과의 관계를 규명한 후 싱글레이션 가공조건을 위한 경향을 파악하는데 그 목적이 있다.

2. CSP의 초정밀 절단(Singulation)

2.1 CSP(Chip Size Package)

CSP는 외부기판과 연결하는 역할을 하는 리드선을 없애므로서 칩의 크기를 획기적으로 줄인 새로운 패키징기술을 총칭하는 말로서 보통 칩 크기의 120%이내의 패키지 크기를 CSP로 분류하고 있다. Fig. 1은 CSP의 외관도이다.

Fig. 2의 μ BGA(Ball Grid Array)는 최근 발표되고 있는 여러 가지 CSP의 한 종류로 표면에 칩, 이면에 솔더 볼(Solder ball)을 탑재한 다음에 몰드 수지로 봉지한 구조를 μ BGA라고 한다. 밑면의 솔더 볼이 부품의 리드(Lead) 역할을 하게 되므로 소형의 부품으로도 많은 리드의 구성이 가능하다. 기존의 패키지와 비교하여 크기와 무게를 약 1/3 수준으로 줄일 수 있는 특성을 가지고 있으며 μ BGA의 독특한 구조에 의하여 고품질과 고신뢰도를 얻을 수 있다. 따라서 각종 전자기기 및 통신기기등 제품의 소형화, 경량화, 고기능화로 부품의 소형화 추세에 따라 고안된 패키지방법이다.

최근 CSP의 개발은 거의 모든 반도체 제조 회사마다 자

체의 독특한 이름으로 발표되고 있으나 이들 패키지의 구조를 살펴보면 매우 비슷한 구조를 갖고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 현재 일반적으로 많이 사용하고 있는 패키지인 μ BGA를 공작물로 사용하여 실험하였다.

2.2 싱글레이션(Singulation)

패키지 공정이 끝나면 Fig. 2와 같은 형태로 제품이 나오게 된다. 공정의 편이를 위해 여러 개의 칩을 하나의 기판에서 같이 패키징하기 때문에 패키징 공정이 끝난 후에 각 칩을 개별적으로 분리해야만 한다. 패키징이 끝난 칩을 개별적으로 분리하기 위해서 절단하는 공정을 싱글레이션이라 한다. 여기서 다이싱(Dicing)과 구별되는 점은 다이싱은 웨이퍼에서 칩을 잘라내는 것이고 싱글레이션은 패키지에서 칩을 잘라내는 것이다. 이렇게 싱글레이션 공정까지 마치면 하나의 칩이 제품으로서 완성되는 것이다.

싱글레이션의 방법은 크게 2가지로 나뉘는데 칩 크기의 사각형 날로 펀치를 하여 절단하는 블랭킹(Blanking)방법과 연삭지석인 얇은 절단 블레이드를 고속회전시켜 절단하는 방법이 있다. 그러나 펀치를 이용한 절단은 칩의 크기에 한계가 있기 때문에 더욱 작아지는 칩의 크기에 대응하기 위해서는 블레이드에 의한 싱글레이션이 더 유용하다. 이에 본 연구에서는 블레이드를 이용한 초정밀 절단에 대해서 실험 및 연구를 수행하였다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 절단력의 측정

절단력을 측정하기 위한 시스템을 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내고 있다. Fig. 3(a)는 시스템 사진이고 Fig. 3(b)는 절단과정

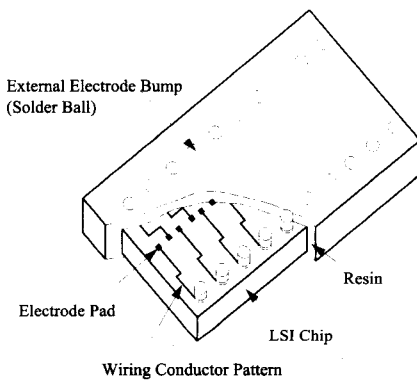


Fig. 1 Structure of chip size package

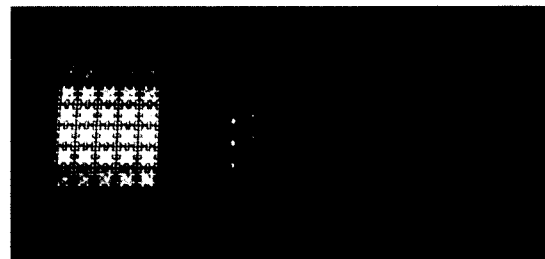
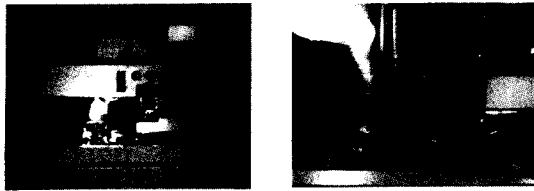
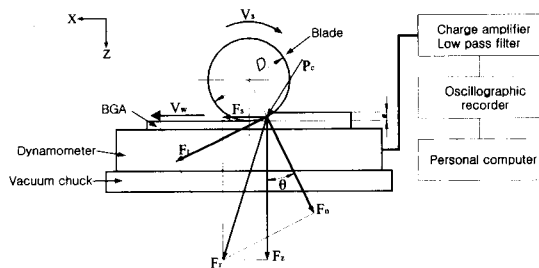


Fig. 2 μ Ball grid array



(a) Experimental machine (b) Singulation process
Fig. 3 Photographs of experimental system



- v_s : blade speed
- v_w : workpiece feed rate
- D : blade diameter
- a : depth of cut
- F_n : normal singulatin force
- F_t : tangential singulatin force
- F_z : Z direction singulatin force
- F_x : X direction singulatin force
- F_r : resultant force of F_x and F_z

Fig. 4 Schematic diagram of experimental system including cutting force

을 나타내는 사진이다. 시스템 구성은 척 위에 공구 동력계를 고정시킨 뒤 공구 동력계 위에 μ BGA를 고정시켜서 절단시 절단력을 측정하였다. 공구동력계에서 나온 신호를 전하 증폭기(Charge amplifier)를 통과하면서 증폭이 됨과 동시에 고주파 성분을 제거하기 위해 저주파 통과 필터를 통과하고 A/D 변환기를 통하여 컴퓨터로 데이터를 저장하게 된다.

Fig. 4는 시스템의 구성도이다. 척, 공구 동력계, μ BGA 순으로 장착되어 있고 블레이드가 회전하면서 절단하는 과정에서 힘의 분배가 어떻게 되는지를 나타내고 있다.

여기서 측정되어지는 힘의 성분은 X, Y, Z방향의 3가지 성분이나, 공구의 절삭날과 절삭방향이 직각을 이루어 2차원 절삭으로 간주할 수 있기 때문에 본 연구에서는 고려 대상에서 제외 시켰으며 상기의 방법으로 하여 공작물의 이송속도와 블레이드의 회전속도에 따라 X, Z성분의 힘을 측정하였다.

수직방향의 절단력(Normal force), 수평방향의 절단력

(Tangential force)과 Z방향 절단력, X방향 절단력 사이의 관계는 다음과 같다.

F_r 은 수평 절단력과 수직 절단력의 합력으로 다음과 같이 정의하면

$$F_r = \sqrt{F_t^2 + F_n^2} \quad (1)$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(1 - \frac{2a}{D}\right) \quad (2)$$

F_z 와 F_x 는 다음과 같이 F_n, F_t 로 표현된다.

$$F_z = F_n \cos \theta + F_t \sin \theta \quad (3)$$

$$F_x = F_t \cos \theta - F_n \sin \theta \quad (4)$$

절단 깊이가 블레이드의 지름보다 현저히 작아서 $\theta \ll 1$ 이므로,

$$F_z = F_n \quad (5)$$

$$F_x = F_t \quad (6)$$

으로 근사화 할 수 있다.

3.2 μ BGA 절단의 가공품질

블레이드의 회전속도와 공작물의 이송속도에 따른 가공 상태를 확인하기 위해서 공구 현미경을 이용하여 관찰하였다. 가공 정도와 절단한 주위의 상태를 현미경으로 관찰하였다.

Table 1 Experimental equipment and condition

Experiment Machine	Automatic Sawing System APS-200A
Singulation Blade	Ring Type, Metal Bond, Shpac: 58 OD, 40 ID, 0.32 t (mm) (Disco.co)
Workpiece	μ BGA (t=1.8mm)
Singulation Condition	Singulation Direction : Down Cut Feed Rate : 7~13 mm/s Blade Speed : 10000~18000rpm Depth of Cut : 1.0 mm
Tool Dynamometer	Kistler 9272
Tool Microscope	STM-MJS2 (Olympus)

4. 실험결과

4.1 CSP의 초정밀 절단시 절단력

Table 1의 실험 조건으로 이송속도, 블레이드 회전속도에 따라 Z, X축 방향의 절단력(singulation force)을 측정하였다.

Fig. 5, 6에서는 각각의 블레이드 절단 회전속도에 따른 이송속도와 절단력과의 관계를 나타낸 것이다. Fig. 5는 이송속도와 이송방향에 수직방향의 절단력 F_n 과의 관계를 나타낸 것이며 이송속도 증가에 따라 F_n 이 증가하는 현상을 알 수 있다. 10000rpm에서 16000rpm까지는 수직방향의 절단

력의 감소가 현저히 나타나지만 16000rpm에서 18000rpm 사이는 절단력의 감소가 작아지는 경향을 나타내고 있다. 저속에서는 절단력의 감소가 현저히 나타나지만 어느정도 이상의 고속에서는 절단력의 감소가 작아진다는 것을 알 수 있다. 이송속도가 증가함에 따라서 일정하게 절단력이 증가함을 그림에서 보여주고 있다. 이송속도를 7mm/s보다 더 작게 한다면 절단력이 더 작게 작용한다는 것을 예측할 수 있지만 생산성이 현저히 떨어진다는 점에서 실험대상에서는 제외하였다. Fig. 6은 이송속도와 이송방향인 X방향의 절단력 F_t 와의 관계를 나타낸 것이며 이송속도가 증가할 때

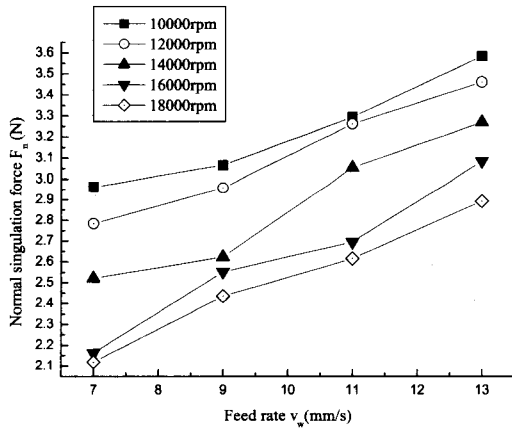


Fig. 5 Relationship between feed rate and normal singulation force

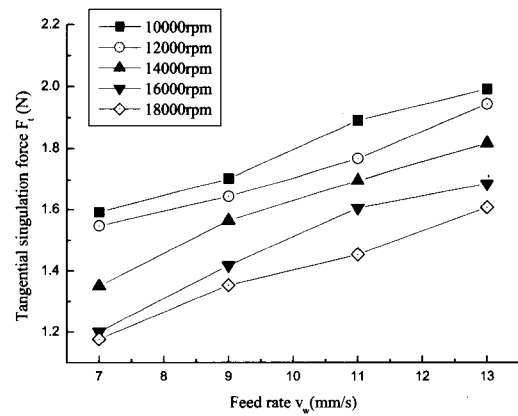


Fig. 6 Relationship between feed rate and tangential singulation force

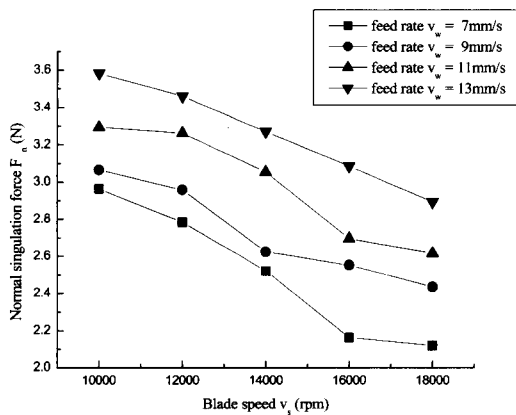


Fig. 7 Relationship between blade speed and normal singulation force

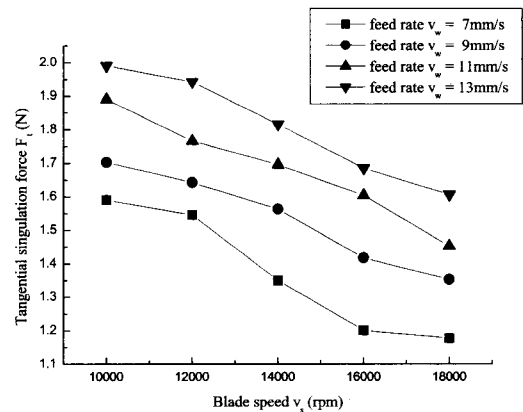


Fig. 8 Relationship between blade speed and tangential singulation force

F_t 가 증가하는, F_n 과 이송속도의 관계와 유사한 경향을 보이고 있다.

Fig. 7, 8에서는 각각의 공작물 이송속도에 따른 블레이드 회전속도와 절단력과의 관계를 나타낸 것이다. Fig. 7은 회전속도와 이송방향에 수직방향의 절단력 F_n 과의 관계를 나타낸 것이며 블레이드의 회전속도가 증가함에 따라 F_n 이 감소하는 것을 알 수 있다. Fig. 8은 블레이드의 회전속도와 이송방향의 절단력 F_t 와의 관계를 나타낸 것이며 블레이드의 회전속도에 따라 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 절단력을 줄이기 위해서는 공작물의 이송속도를 감소시키고 블레이드의 회전속도를 증가하여야 한다.

4.2 가공품질

Fig. 9은 μ BGA절단 후 가공상태를 광학 현미경으로 관찰한 사진이다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 블레이드의 회전속도가 커짐에 따라 좋은 가공 품질을 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 웨이퍼의 절단가공에서는 칩핑이 발생하였으나, 싱글레이션 공정에서는 CSP 몰드 수지가 저속의 블레이드 속도에서 절단 방향에 수직인 안쪽으로 몰리는 현상을 Fig. 9(a), (b)에서 발견할 수 있었다. 이런 CSP 몰드 수지가 안쪽으로 몰리는 현상은 이미 패키징이 다 끝난 회로의 구성에 나쁜 영향을 미칠 수 있기 때문에 반드시 피해야 하는 현상이다.

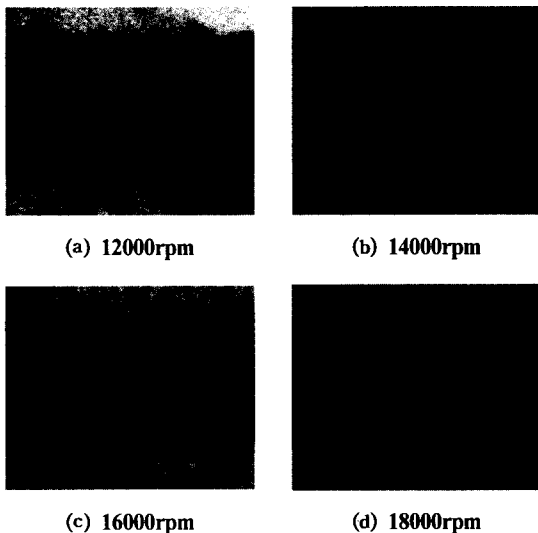


Fig. 9 Optical photographs of μ BGA singulation for different blade speed (feed rate = 11 mm/s)

앞에서 살펴본 절단력과의 관계를 본다면 절단력이 가공 품질에 밀접한 영향을 미친다고 볼 수 있다. 몰드 수지가 몰리는 현상은 절단력이 크게 작용하였기 때문이라고 생각할 수 있다. 그리하여 CSP의 싱글레이션 공정에서는 회전속도를 크게하여 절단력을 줄이는 것이 가공 품질을 높이고 제품에 손상을 주지 않는 방법이 되겠다.

그리고 열에 약한 몰드 수지가 절단력에 의한 열에 의해 변형이 발생하여 회로에 손상을 줄 수 있기 때문에 절삭액에 의한 냉각도 가공 품질을 높이는 중요한 방법중의 하나이다.

5. 결론

본 연구에서는 싱글레이션 절단력과 CSP 가공 특성에 관하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) CSP 싱글레이션시 절단력은 공작물의 이송속도가 증가함에 따라 증가하고, 블레이드 회전속도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있다.
- (2) CSP 싱글레이션시 블레이드 회전속도가 작을 때 절단력이 증가하여 몰드 수지가 안쪽으로 몰리는 현상이 발생하여 CSP회로에 나쁜 영향을 미친다.
- (3) 싱글레이션 가공시의 적절한 가공조건은 절삭속도를 증가시키고 공작물의 이송속도를 감소시켜야 한다. 11mm/s, 18,000rpm의 가공조건에서 최적의 결과를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- (1) 월간반도체 편집부, "반도체 패키징 기술", 월간반도체 No. 5, pp. 53~66, 1997.
- (2) 간반도체 편집부, " μ BGA" (월간 반도체 1월), 월간반도체 No. 1, pp. 34~44, 1999.
- (3) T. Miwa, I. Inasaki, "Blade Wear and Wafer Chipping in Dicing Process", ICPE '97 Taipei, Taiwan, pp. 399~400, 1997.
- (4) I. Inasaki, "Dicing of Silicon Wafer", EUSPEN, Preceeding Vol. 1, pp. 280~281, 1999.