

## 정밀전단가공에서 소재특성에 관한 연구

정성재\*(부산대 대학원 정밀기계공학과), 이선봉((주)대우정밀),  
전영학((주)동호에이텍), 김병민(부산대학교 기계공학부)

### A study of characteristic of blank in the precision blanking process

S. J. Jeong(Precision Mechanical Engineering, Pusan National University), S. B. Lee(Daewoo, LTD.),  
Y. H. Jeon(Dongho A-TECH), B. M. Kim(ERC/NSDM, Pusan National University)

#### ABSTRACT

The precision blanking of thin sheet metal is important process on production of precision electronic machine parts such as IC leadframe. In the blanking process, the factors that friction coefficient, tool clearance, material properties are the most important factors in the precision blanking process, because these factors affect the sheared face of product, side forces to punch during blanking process and surface condition after blanking process. So, many investigations have been performed. But, the former studies did not take up the characteristic of material. In this paper, in order to investigate the characteristic of blank, such as K(strength coefficient) and n(strain hardening coefficient), on the sheared face of blank and the side force to punch, FE-simulation has been analyzed by means of DEFORM-2D. To obtain input parameters on FE-simulation, tensile and friction test has been done.

**Key Words** : Leadframe(리드프레임), FE-simulation(유한요소해석), Progressive blanking process(순차 이송 블랭킹 공정), Side punch pressure(측면펀치압력)

#### 1. 서론

현재 반도체와 같은 정밀전자부품의 발달에 따라 구성 부품의 소형화 및 박판화가 진행되고 있다. 리드프레임(leadframe)과 같은 정밀전자부품은 IC(Integrated circuit)를 구성하는 핵심 부품으로서 제조 공정에서 고정밀의 가공법이 요구되고 있다. 이를 위하여 공정변수를 통한 정밀도 향상에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다.

리드프레임의 생산방법은 크게 에칭 가공과 블랭킹 가공으로 나뉘어진다. 블랭킹 가공에 의한 제조는 에칭 가공에 비하여 비용면에서 우수한 반면, 블랭킹 과정 중 탄성 및 소성변형으로 인한 제품의 결함을 가져온다. 따라서 리드프레임의 정밀도 향상을 위하여 여러 변수들에 대한 심도 깊은 연구가 요구되고 있다.

정밀 블랭킹 공정에서 제품의 정밀도에 영향을 미치는 공정변수들은 소재의 재질, 스트리퍼 누름력, 공구의 클리어런스, 공구와 소재사이의 마찰계

수 등 여러 가지가 있다. 이런 공정 조건들의 부적절한 적용은 정밀도 저하의 원인이 된다. 특히, 마찰계수와 소재의 재질 및 공구의 클리어런스는 소재의 전단면의 형성과 타발 금형 측면력과 상관되므로 제품의 정밀도와 금형의 수명을 향상시키기 위해서 그 영향을 파악하는 것이 중요하다. 정밀 블랭킹 공정의 인자들의 영향을 파악하기 위하여 여러 연구들이 수행되었다. 그 중, Ko[1] 등은 Kill Method 법을 이용하여 전단공정에 대한 유한요소법을 적용하였으며, Lee[2] 등은 Multihole 블랭킹 공정의 유한요소해석에서 요소분리 기준인 연성 파괴치를 실험의 전단면 형상과 비교하여 2D 전단해석에 적용하였다. Taupin[3] 등은 블랭킹 공정에서 클리어런스, 재료, 공구마모에 대한 영향을 관찰하였고, Faura[4] 등은 블랭킹 공정의 최적 클리어런스에 관한 연구를 수행하였다. Samuel[5]은 공구 형상반경의 영향을 관찰하여 공구의 마모에 대한 영향을 평가하였다. Jimma[6] 등은 I 형 리드의 블랭킹 순서, 클리어런스 불균일 및 스트리퍼력이 제품의 정밀도

에 미치는 영향을 실험적으로 검토하였다. Cheon[7] 등은 스트리퍼 형상이 최종 리드의 형상에 미치는 영향을 연구하였으며, Lim[8] 등은 리드의 직선 부와 곡선 부의 곡률반경을 변화시키며 전단면의 형상을 비교하였고, 클리어런스에 따른 전단면의 형상을 관찰하였다. 기존의 연구들은 전단면의 형상에 관하여 여러 관점으로 연구가 이루어져 왔지만, 공구의 형상이나 틈새의 영향에 주력을 하였을 뿐이어서 피가공재인 블랭크의 기계적 특성에 대한 연구는 이루어 지지 않았다. 본 연구에서는 상용 유한요소 해석코드인 DEFORM-2D를 이용하여 Multihole 블랭킹 공정에서 블랭크의 기계적 특성인 소성계수(K)와 가공경화지수(n)가 전단면 형성과 금형의 측면력에 미치는 영향을 평가하였다.

## 2. 소재의 기계적 성질 및 마찰계수 측정

### 2.1 블랭킹 소재의 기계적 성질 평가

소재의 기계적 성질이 정밀 블랭킹 공정에 미치는 영향을 평가하기 위해 copper alloy 2 종과 Ni alloy 1 종의 소재들에 대한 단순인장시험을 수행하였다. 각 소재는 ASTM E-8 규격을 기준으로 인장시편을 제작하였으며 최대용량 10ton 인 만능시험기(Instron)에서 10mm/min의 일정한 속도로 연신하였다. Table 1은 단순인장시험을 통해 얻어낸 각 소재의 기계적 성질들을 정리한 것이다.

### 2.2 소재별 마찰특성 평가

각 소재에 대한 마찰 계수를 측정하기 위하여 Fig. 1에 나타낸 것과 같은 평판 마찰실험을 수행하였다. 실제 공정의 마찰 조건을 구현하기 위하여 시편에 수용성 윤활제를 도포하였으며, 소재의 인장변형을 방지하기 위해 소재면에 작용하는 수직압력을 5kgf/cm<sup>2</sup>로 제한하였다. 속도는 10mm/sec로 모든 시편에 대하여 동일한 조건에서 수행하였다.

실험에서 나타난 하중을 식(1)과 식(2)를 이용하여 마찰계수를 계산하였다.

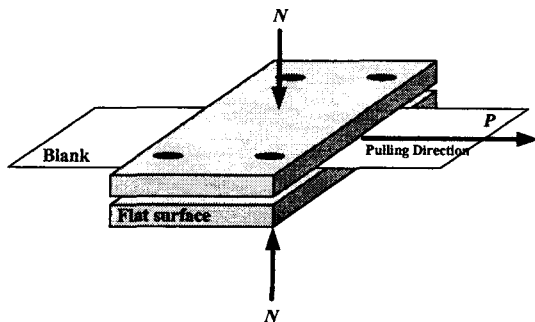


Fig. 1 Schematic straight pulling friction test

$$\mu = \frac{P}{2 \times N} \quad (1)$$

$$\mu_{ave} = \frac{\sum_{n=1}^K \mu_{1,n}}{K} = \frac{\sum_{n=1}^K \frac{P_n}{2 \times N}}{K} \quad (2)$$

여기서,  $N$ 은 수직하중,  $P$ 는 인출시 측정된 하중이며,  $K$ 는 실험의 반복 횟수를 나타낸다.

Table 2는 각 소재의 마찰계수를 정리한 것이다.

Table 1 Mechanical properties of materials

Material	Copper alloy 1	Copper alloy 2	Ni alloy
Yield stress (MPa)	562.480	559.940	617.240
Tensile stress (MPa)	715.110	617.210	660.410
Elastic coeff. (GPa)	67.560	68.130	80.940
Elongation (%)	12.3	11.2	11.8
$K$ (MPa)	886.275	719.643	754.139
$n$	0.0885	0.0519	0.0418

Table 2 Friction coefficient in each material

Specimens	Friction coefficient( $\mu$ )
Copper alloy 1	0.080
Copper alloy 2	0.077
Ni alloy	0.1

## 3. 유한요소해석을 이용한 전단특성의 평가

블랭크의 유동응력식을 구성하는 소성계수와 가공경화지수에 따른 블랭킹 특성을 평가하기 위해 유한요소해석을 수행하였다.

소재의 물성치와 마찰계수는 인장시험 결과인 Table 1과 마찰시험 결과인 Table 2을 기준으로 하였으며, 정밀 블랭킹 공정에서 소재의 소성계수와 가공경화지수의 영향을 알아보기 위하여 Table 3과

Table 3 Cases of FE-simulation for K and n effects in blanking process

Conditions for FE-simulation	Ranges of $K$ (MPa)	Ranges of $n$
Plastic coeff. ( $K$ )	719.643	Fixed value as $n=0.0519$
	754.139	
	886.275	
Strain hardening exponent ( $n$ )	Fixed value as $K=754.139$	0.0418
		0.0519
		0.0885

Table 4 FE-simulation conditions for blanking

Items	Value
Damage criterion	1.2
Tool clearance (%)	3
Friction coeff. ( $\mu$ )	0.1
Punch width (mm)	0.127
Blank thickness (mm)	0.127

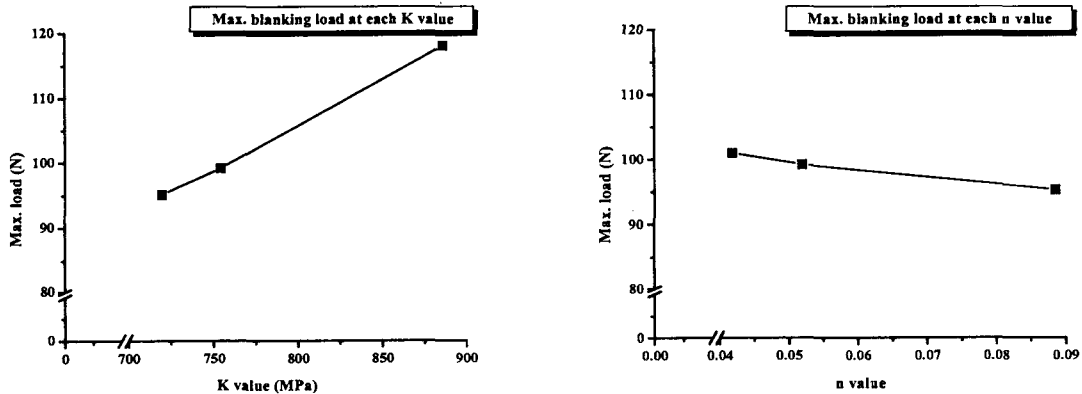
같이 해석조건을 설정하였다. 유한요소 해석에 입력될 조건을 Table 4에 나타내었다. 여기서 요소의 제거 기준이 되는 연성파괴 값은 실제의 전단면의 형상과 비교하여 결정하였으며[2], 적용된 클리어런스는 실제공정에서 일반적으로 적용하는 3%로 결정하였다. 전단특성은 소재의 파단 시점인 크랙의 발생 시점과 전단시 소재가 펀치에 작용하는 반력인 측방압력을 평가하였다.

#### 4. 유한요소해석 결과 및 고찰

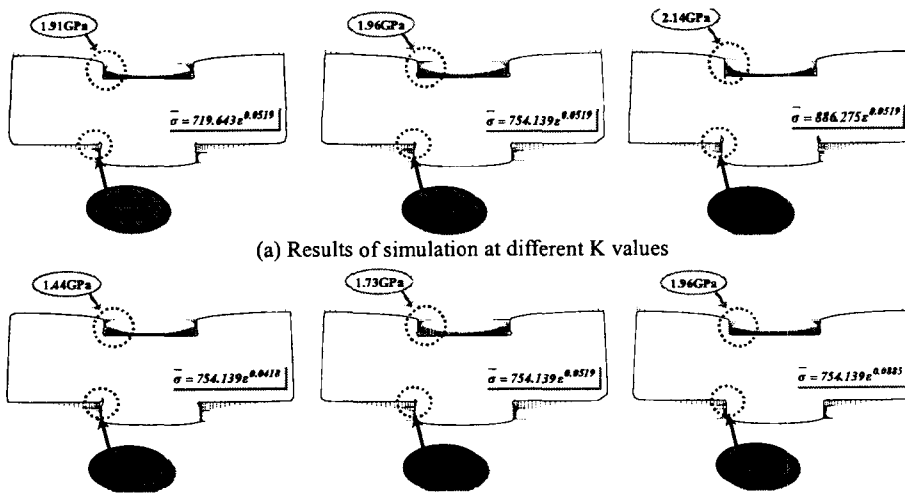
유한요소해석을 통하여 소재의 소성계수 및 가공경화지수를 달리하여 각각의 블랭킹 특성을 비교하여 블랭킹 최대하중 및 급형에 작용하는 최대측면압력을 Fig. 2에 나타내었다.

인장시험을 한 소재들의 소성계수 및 가공경화지수의 범위 내에서는 Fig. 2의 (a), (b)에서 알 수 있듯이 블랭킹 공정시 소재의 소성계수가 클수록 블랭킹 최대하중과 급형에 작용하는 최대측면압력은 증가하게 된다. Fig. 2의 (c)에서 보듯이 가공경화지수가 클수록 최대 블랭킹 하중은 감소하는 경향을 보이고 있다.

정밀 블랭킹 공정에서 펀치의 수명측면에서 본다면 최대 블랭킹 하중이 낮고 펀치에 작용하는 최대 측면압력이 낮은 조건의 소재를 선택하는 것이 유리하므로 소성계수는 작고, 가공경화지수는 높은



(a) The effect of plastic coefficient, K (b) The effect of strain hardening exponent, n  
Fig. 2 Maximum blanking load at each cases



(a) Results of simulation at different K values (b) Results of simulation at different n values  
Fig. 3 Results of FE-simulation

재료를 선택하는 것이 유리하다.

또한 Fig. 3는 펀치가 소재 두께의 약 30% 하강했을 때의 DEFORM-2D 해석결과로서 소재의 표면에서 블랭킹 금형을 향해 작용하는 압력과 크랙의 생성을 나타낸 것으로 소성계수와 가공경화지수의 값이 증가 할수록 금형에 작용하는 최대 측면압력은 증가하고 있다. 크랙의 발생시점은 K 값이 증가 할수록 크랙은 빨리 발생되며, n 값이 높을수록 크랙은 지연되는 것을 알 수 있다.

## 6. 결 론

정밀전자 부품인 리드프레임은 프로그래시브 블랭킹 공정으로 생산되는 대표적인 예로서 공정상 많은 공정 인자들이 제품의 정밀도에 영향을 미치고 있다. 본 연구는 여러 전단공정 인자들 중에서 소재특성의 영향을 알기 위하여 세가지 소재에 대한 인장시험을 수행하였으며, 소성계수(K)와 가공경화지수(n)의 관계를 유한요소해석을 통하여 평가하였다. 세가지 소재에서 전단공정에 최적인 소재의 선정 기준을 제시하였다. 본 연구의 성과를 아래와 같이 정리하였다.

- (1) 본 연구에서는 소재의 소성계수와 가공경화지수의 영향을 파악하기 위하여 유한요소해석을 적용하였으며, 그 결과 두 변수는 블랭킹 공정에서 제품의 정밀도에 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다.
- (2) 소성계수와 가공경화지수는 블랭킹시 발생하는 최대 전단하중과 최대 측면압력의 크기 및 크랙의 발생시점에도 영향을 미치는 것을 알 수 있다.
- (3) 본 연구에서 나타난 것과 같이 정밀 블랭킹 공정에서 적절한 소재의 선정을 통하여 보다 높은 형상정밀도의 제품을 생산할 수 있으며, 블랭킹 금형의 수명을 향상 할 수 있다.

## 후 기

본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형가공연구소의 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 고대철, 김철, 김병민, 최재찬, 1996, "요소제거기법에 의한 판재 전단가공의 유한요소 시뮬레이션", 한국정밀공학회지, 제 13 권, 제 11 호, pp. 114~123.
2. Lee, S. B., Kim, D. H. and Kim, B. M., 2002, "Development of optimal layout design system in multihole blanking process", AFDM 2002.
3. Taupin, E., Breiting, J., Wu, W. T. and Altan, T., 1996, "Material fracture and burr formation in blanking results of FEM simulation and comparison with experiments", J. of Mat. Proc. Tech., Vol. 59, pp. 68~78.
4. Faura, F., Garcia, A. and Estrems, M., 1998, "Finite element analysis of optimum clearance in the blanking process", J. of Mat. Proc. Tech., Vol. 80-81, pp. 121~125.
5. Samuel, M., 1997, "FEM simulation and experimental analysis of parameters of influence in the blanking process", J. of Mat. Proc. Tech., Vol. 84, pp. 97~106.
6. Jimma, T., Sekine, F., Sekiya, K., Shouzui, S. I. and Morimoto, W., 1987, "Research on Precision Blanking of Electronic Machine Parts", J. of JSTP, Vol 28, pp. 355~362.
7. 천선규, 한철호, 1999, "A study on the precision improvement of lead frame in blanking process", 99 한국정밀공학회 춘계학술대회, pp. 1027~1030.
8. 임상현, 서의권, 심현보, 2001, "A study on the characteristics for the blanking of lead frame with the rectangular shape blanking", 한국정밀공학회지, 제 18 권, 제 3 호, pp. 182~188.
9. 조형근, 김동환, 이선봉, 김병민, 2001, "반도체 리드프레임의 형상 동결성에 관한 연구", 2001 한국소성가공학회 춘계학술대회, pp. 77~80.
10. Pyttel, T., John, R. and Hoogen, M., 2000, "A finite element based model for the description of aluminium sheet blanking", Int. Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 40, pp. 1993~2002.