

## 파인블랭킹 공정에서 전단면의 크기 변형에 관한 연구

이춘규<sup>1\*</sup>, 김영춘<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>공주대학교 기계공학부

### A Study on the share surface size deformation of Fine Blanking Process

Chun-Kyu Lee<sup>1\*</sup> and Young-Choon Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Div. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

**요 약** 파인블랭킹 금형을 제작하는 주목적은 전단면의 크기를 최대가 되도록 하기 위함이다. 본 연구에서는 전단면의 크기에 가장 크게 영향을 미치는 클리어런스는 재료 두께의 1%로 고정시키고 전단라인에서 Vee-Ring 중심까지의 거리 변화, V-Ring 각도의 변화, 전단 속도를 변화시키면서 전단 면적의 크기 변화를 연구 고찰하였다. 각 실험으로부터 시편을 채취하여 전단면의 크기를 분석한 결과 V-링의 거리는 2mm, 각도는 외측45°/내측30°일 때, 전단 속도는 6.4m/min일 때 전단면의 크기가 가장 크게 됨을 알 수 있었다.

**Abstract** A state purpose to produce fine blanking die gets to be the maximum size of share surface the study considered that change a size of share area. the clearance affecting most greatly size of share surface fixing as 1% of material thickness and while change share speed, A distance change from share line to V-ring center, A change of V-ring angle. it designed. Each test specimen taken from the share surface size analysis of the V-ring distance of 2mm, the outer 45° / inner30° if the, Shear speed was found that the area of the entire cross section is largest the 6.4m/min.

**Key Words** : Fine blanking, Shared surface, V-ring force, V-ring position, Blanking speed

### 1. 서론

금속 판재의 가공 수단 중에서 프레스 가공은 치수와 형상을 정확히 하고, 품질을 만족시키면서 대량생산이 가능한 가공법이다. 그 중에서 파인블랭킹 가공법은 1923년경 독일에서 개발되어 기술이 축적되어 왔으며, Fritz Schies[1]에 의해 피 가공재를 V형 돌기로 고정하는 장치를 최초로 고안하여 판 두께 전체를 평활하게 전단하는 공법을 시행하였다.

그 후 F. Boesch와 Schmid[2]가 일반 프레스를 개조하여 두께 2~3 mm의 연질재를 비교적 단순한 형상으로 하여 판 측면 전체에 대하여 파단면을 발생시키지 않고 전단하는데 성공하였으며[2] 기초 이론은 K. Lange[3] 등

에 의해 연구되었고, 스위스의 Haac.j, Birzer.F.[4] 등에 의해 발전되었다.

Guanggi[5]등은 범용 프레스에 의한 파인블랭킹 기술을 실현시키기 위하여 V-돌기력과 카운터 펀칭력을 제공한 상태에서 각각을 정확한 안내를 위해 개별적으로 장착되도록 하여 25%의 제품 대체효과를 거두었다. W. Konig[6]등은 유한요소법을 이용하여 블랭크 두께의 1/30까지 해석하여 응력분포곡선을 가시화하였다.

국내에서도 이종구는 파인블랭킹 금형에서 삼각 돌기가 제품의 가공 특성에 미치는 영향과 파인블랭킹의 전단부 변형거동에 관한 연구를 통해 유한요소법으로 해석하고, 실험을 통하여 AI 판재의 전단부에 영향을 미치는 각각의 인자들에 대하여 규명하였다[7,8]. 또한 김중호,

\*Corresponding Author : Chun-Kyu Lee(Kongju National Univ.)

Tel: +82-10-4725-5214 email: ckt1230@naver.com

Received May 2, 2013

Revised (1st June 24, 2013, 2nd July 5, 2013)

Accepted August 7, 2013

류제구 등에 의해 간이 파인블랭킹 금형을 제작하여 실험을 통한 V형 돌기의 위치와 캠버 량의 관계를 연구하였다[9].

김운주, 곽태수 등이 파인블랭킹에서 전단면에 미치는 다이 틈새의 영향과 V형 돌기의 영향에 관한 연구를 위한 요소법으로 해석하였다[10,11].

김종덕, 박군명 등은 자동차 Seat recliner holder 가공을 위한 파인블랭킹 금형 개발을 통해 프로그래시브 파인블랭킹으로 제품의 제조 공정 기술에 관한 연구와 파인블랭킹 금형의 V-링 위치 및 다이 챔퍼 형상이 다이 높이에 미치는 영향에 관한 실험 연구를 통하여 다이 높기와 전단면의 크기에 대한 V-링의 거리에 대하여 연구하였다[12,13].

본 연구에서는 파인블랭킹공정에서 전단면의 크기에 영향을 미치는 요소들을 적용하여 각각의 최적 조건을 실험을 통하여 규명하고자 한다.

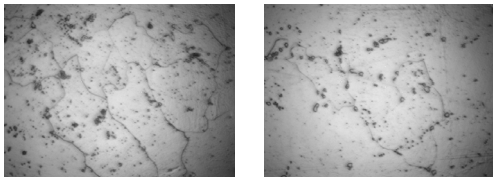
## 2. 본론

### 2.1 실험장치 및 재료 연구

#### 2.1.1 시험 재료 분석

본 실험에서 사용한 피 가공판재는 범용 프레스를 사용했기 때문에, 비교적 전단 가공의 용이함과 금형의 강성 및 프레스의 공칭 압력을 고려하여 두께 3mm의 냉간 압연 강판(SCP-1)을 사용하였다.

파인블랭킹 판재는 구상조직으로 조직이 고르게 분포된 재료일수록 용이하므로 본 시험에서 확인된 재료 또한 연질이므로 파인블랭킹을 하는데 비교적 적합한 것으로 판정되었다.



[Fig. 1] Study sample organizational(SCP-1)

[Table 1] Results of tensile tests

Load at Max.Load (kgf)	Stress at Max.Load (kgf/mm <sup>2</sup> )	% Strain at Max.Load (%)	Load at Auto. Break (kgf)	Stress at Auto. Break (kgf/mm <sup>2</sup> )	% Strain at Auto. Break (%)
2216.012	29.547	40.510	987.095	13.161	70.806

#### 2.1.2 실험 장치

본 연구에서는 범용 프레스(CS160ton)를 이용하여 실험 조건으로 전단면의 형성에 중요한 영향을 미치는 V-ring의 각도와 전단 선에서 V-ring의 중심까지의 거리 및 V-ring이 피 가공판재에 파고 들어가는 힘과 제품생산의 원가에 큰 영향을 미치는 생산 속도를 변화시키면서 전단면과 파단면의 분포를 분석하였다.

Fig. 2와 같이 정밀도를 고려하여 FR형식의 다이 세트와 서브 가이드 핀(sub-guide pine)을 부착하여, 파인블랭킹금형을 오일러(Euler)의 좌굴식과 경험식을 이용하여 블랭킹 펀치와 다이를 제작하였다.

$$L = \sqrt{n\pi^2 EI / F_s} \quad (1)$$

여기서,  $n$ = 계수

(블랭크 홀더가 있는 경우 : 2, 없는 경우 : 1)

$E$ =펀치 재료의 종탄성계수(kgf/mm<sup>2</sup>)

$I$ =펀치의 단면 2차 모멘트(mm<sup>4</sup>)

$F_s$ =블랭킹 펀치의 펀치력(ton)

$$H = K \cdot \sqrt[3]{P} \quad (2)$$

여기서,  $K$ =전단 길이에 대한 보정계수

$P$ =블랭킹 펀치력(ton)

전단 가공 조건 중 전단면의 형상에 가장 중요한 영향을 미치는 클리어런스(Clearance)는[12] 피 가공재료 두께의 1%로 하고 지그 그라인딩 후 래핑을 하였다. 또한 펀치와 다이, V-Ring에는 물리적 증착(PVD) 코팅을 해 줌으로서 표면의 거칠기를 개선시키고 표면 경도 값을 증가시켰다.

블랭크홀더의 압력(Blank-holder force)을 변화시키면서 실험할 수 있도록, 기본 압력으로 금형용 탄성 고무(우레탄 고무)를 4개 설치하고, 프레스의 다이 쿠션을 조정할 수 있도록 블랭크 홀더를 하형에 설치하였다.

기본 압력인 탄성고무 압력은 제조업체의 카탈로그를 바탕으로 하여 아래의 식을 이용하였다.

$$\phi 30 \times 15\% = 2451.7(N/mm^2) \quad (3)$$

다이 쿠션의 게이지압력을 19.6(N) ~ 49(N)으로 변화시킬 수 있도록 하였다.

전단 가공할 때 굽힘에 의한 압축력 손실과 만곡방지 및 제품의 배출 할 수 있도록 카운터펀치(Counter punch)를 설치하고 금형용 극중 하중(extra heavy load)사각 스

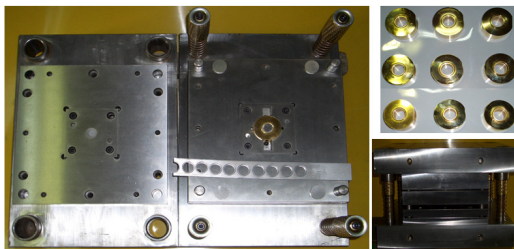
프링을 설치하였다.

다이판과 블랭크 홀더의 기본은 STD11로 하고, 직접적으로 피 가공재료와 접하는 부분에는 SKH51를 사용하여 전단할 때 발생하는 힘에 충분히 견딜 수 있도록 하였다.

편치는 SKH51종의 2단의 솔더 펀치(Shoulder Punch)로 하였으며, V-ring 또한 SKH51종으로 하고, 삼각 돌기의 모서리 부위에 작은 "R"을 붙여 주었다.

또한 V-ring 교환이 용이하도록 측면에 홈을 내고 상면에서 클램프와 볼트에 의해 고정되도록 하였다.

금형의 블랭크홀더 상면에는 공회전에 의해 V-ring의 파손을 방지하기 위해 보호 블록을 설치하였다.



[Fig. 2] Fine blanking die assembly and V-ring

## 2.2 실험 및 고찰

### 2.2.1 블랭크 홀더 압력 변화

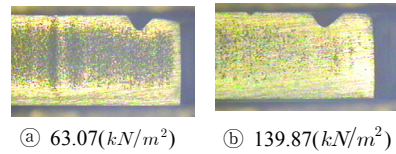
블랭크 홀더의 압력은 Vee-Ring이 재료 속으로 파고 들어가는 압력으로 재료의 유동을 억제하고 전단과정에서 정수압을 유지하는 중요한 요소이며, 이를 위해 금형에 기본으로 적용한 우레탄 고무 압력(1개의 압력:  $2451.7(N/mm^2)$ 에 4개의 우레탄을 적용하였으므로 약  $9806.8(N/mm^2)$ 이다.

다이쿠션의 압력은 다음 식에 의해 결정하였다.

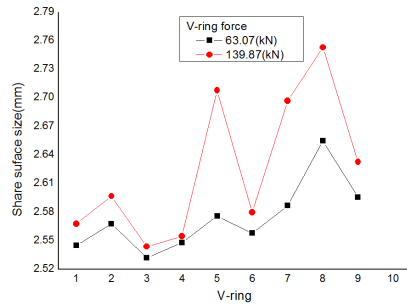
$$F = A \times P = \frac{\pi D^2}{4} \times P = 0.785 \times P \times D^2 \quad (4)$$

여기서,  $F$ =압축력(N)      $A$ =실린더 면적( $mm^2$ )  
 $P$ =공기압(kg)      $D$ =실린더 내경(mm)

우레탄 고무의 압력과 다이 쿠션의 압력을 합하여  $63.07(kN/mm^2)$ 과  $139.87(kN/mm^2)$ 으로 변화시키면서 V-ring의 파고 들어가는 깊이와 전단면의 생성량을 연구하였다.



[Fig. 3] V-ring force of change

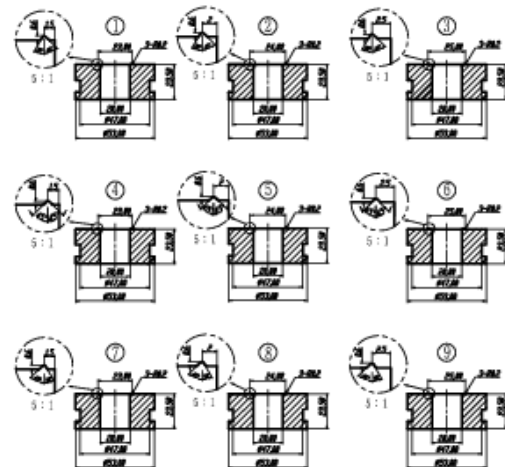


[Fig. 4] share surface changes by v-ring force

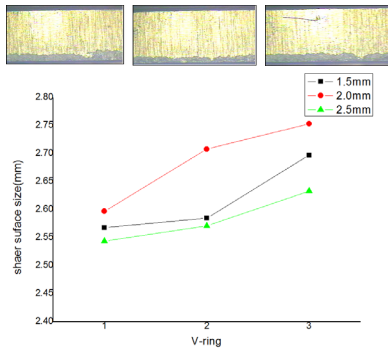
### 2.2.2 V-링의 거리 및 각도의 변화

Fig. 5와 같이 1~3까지는 V-ring의 각도를 외측30°/내측45°로, 4~6번은 내/외 모두 45°로, 7~9번은 외측45°/내측30°로 설정하여 전단면의 발생을 고찰하였으며, 전단 선에서 V-ring의 중심까지 거리를 1, 4, 7번은 1.5(mm)로, 2, 5, 8번은 2.0(mm), 3, 6, 9번은 2.5(mm)로 설정하여 거리를 변화시키면서 전단면의 발생량을 고찰하였다.

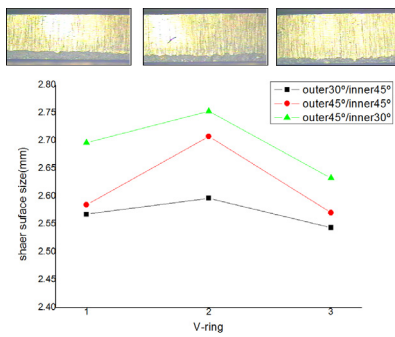
이때에 전단 속도는 6.4(mm/min)로 하고, 압입 링의 압력은 ①139.87( $KN/m^2$ )로 하여 전단면의 크기 97.67(%) 상태에서 실험하였다.



[Fig. 5] Change position and angle of the v-ring



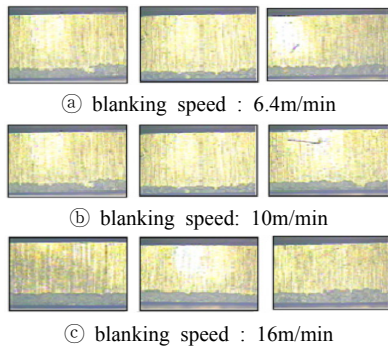
[Fig. 6] Vee-Ring position change



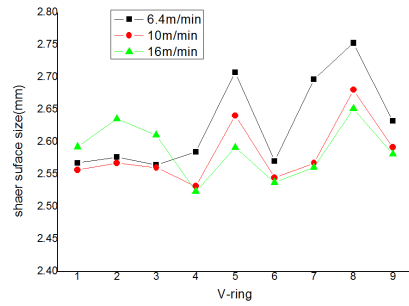
[Fig. 7] Vee-Ring Angles change

### 2.2.3 전단 속도 변화

전단 속도는 생산량을 결정하는 중요한 요소이며, 일반적으로 파인블랭킹은 전단 속도가 매우 느리므로 제품 생산에 소요되는 비용이 증가되고 있다. 본 연구에서는 CS160(ton) 프레스를 이용하여 전단 속도를 6.4(m/min), 10(m/min), 16(m/min)의 3가지 형태로 변화시키면서 전단면 형상 변형을 고찰하였다.



[Fig. 8] Blanking speed change-1



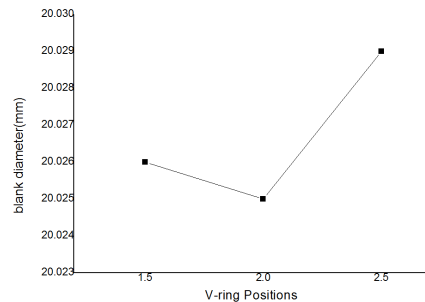
[Fig. 9] Blanking speed change-2

### 2.2.4 치수 정밀도 분석

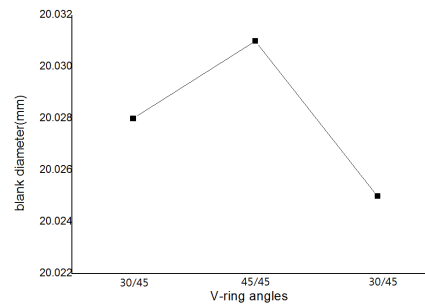
Fig. 9, 10은 Vee-ring의 전단면에서 거리 변화와 각도의 변화에 따른 제품 외경의 치수 정밀도를 나타낸 것이며, 일반 블랭킹은 0.28(mm), 세이빙은 0.03(mm) 일 때, 그 차가 일반 블랭킹과는 0.275(mm), 세이빙과는 0.025(mm)의 우수한 정밀도를 나타내었다.

블랭킹 다이 내경의 치수와 비교한 결과, 다이 내경의 치수  $\phi 20.020(\text{mm})$ 에서 제품의 외경 치수  $\phi 20.025(\text{mm})$ 로 다이 내경의 치수보다 제품 외경의 치수가 0.005(mm) 만큼 큰 것을 알 수 있었다.

치수의 측정은 각 조건별로 3개씩을 샘플링(Sampling) 하여 측정하고, 평균값을 X-그래프로 나타내었다.



[Fig. 9] Vee-Ring position change

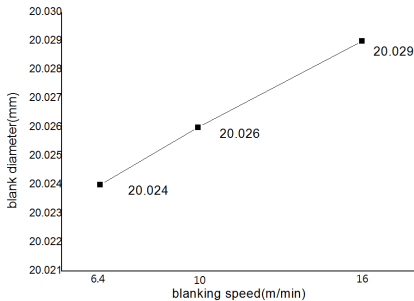


[Fig. 10] Vee-Ring Angles change

Fig. 11은 전단 선에서부터 Vee- ring의 중심까지의 거리를 2(mm)로 하고, Vee-ring의 각도를 외측45°/내측30°로 일정하게 유지시키고 전단 속도를 6.4(m/min)과 10(m/min), 16(m/min)의 속도로 변화시키면서 블랭킹 한 제품 치수와 다이 내경 치수와의 차를 나타내었다.

다이의 내경치수( $\phi 20.020\text{mm}$ )에서 6.4(m/min) 일 때 제품의 외경 치수는  $\phi 20.024\text{(mm)}$ 이며, 10(m/min) 일 때, 제품의 외경치수는  $\phi 20.026\text{(mm)}$ 이며, 16(m/min) 일 때 제품의 외경 치수는  $\phi 20.029\text{(mm)}$ 로 속도가 증가 하면서 제품의 외경 치수도 증가되었다.

이는 재료 자체 내부에 잔류하는 응력에 의해 극 미소한 스프링 백(Spring back)과 2차 전단에 의한 전단면의 형상이 직각이 되지 못하고, 테이퍼의 형태로 나타나기 때문으로 사료된다.



[Fig. 11] Analysis of dimensional accuracy due to the blanking speed

### 3. 결론

본 연구에서는 파인블랭킹 특징을 지배하는 인자인 V-ring에서 전단 선까지 거리와 V-ring의 각도, 전단속도 등 가공 조건을 변화시키면서 실험적으로 연구하였다.

본 연구에서 의한 중요 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) V-ring의 압력은 피 가공판재를 충분히 고정 (Clamping)할 수 있어야 하며, 그 압력으로  $139.87\text{(KN/m}^2\text{)}$ 으로 실험한 결과 재료 두께의 91.76(%)의 전단면 분포를 나타냄을 알 수 있었다.
- 2) 전단면에서 V-ring의 중심부까지의 거리는 시험 재료 SCP-1 3.0(t)에서는 2.0(mm)가 가장 넓은 유효 전단면을 얻을 수 있었다.
- 3) V-ring의 각도 변화에서는 외45°/내30°에서 피 가공재의 압입률이 우수하고, 재료의 유동을 효과적으로 억제하여 가장 넓은 유효 전단면을 얻을 수 있었다.

4) 생산성과 관계되는 전단속도를 변화시키면서 유효 전단면의 크기를 연구 고찰한 결과 전단 속도는 6.4(m/min)에서 가장 우수한 유효 전단면을 얻을 수 있었다.

5) 전단속도 16(m/min)일 때는 V-ring 거리 2.0(mm)과 V-ring의 각도 외30°/내45°의 경우에서 87.86(%)의 유효 전단면을 얻을 수 있었으며, 전단속도가 10(m/min)과 6.4(m/min)의 경우는 V-ring 거리 2.0(mm), V-ring의 각도 외45°/내30°에서 가장 넓은 전단면을 얻을 수 있었다.

본 연구에서 실험한 전단 선에서 V-ring의 중심부까지의 거리와 V-ring의 각도 및 블랭킹 홀더의 압력은 유효 전단면을 만드는데 중요한 인자로서 작용됨을 알 수 있었다.

### References

- [1] Japan Association of Materials Processing, press processing handbook, pp. 156~162, 1975
- [2] myeong-chan Kim, jae-gyeong Lee "Using a Universal Fine Blanking processing technology" Korea Institute of Machinery, 1987.
- [3] K. Lange. "The potential of the fine blanking technique", Feintool AG, Lyssm, Swiss, pp1~6, 1978
- [4] Haac, J. Birzer, F. 1984. Practical Handbook of Fine-blanking Fine tool AG, Swiss
- [5] Guanggi. T., Pengfei. Z., Ronghong. L. Jinwang. N. and Xiaoguang. Z, "Recent development of fine blanking technology in china. Proceed. 4th Int. con. on Technology of Plasticity, Beijing. China, pp246-250, 1993
- [6] W. Konig, F. Rotter and A. Krapoth, "Feins-chneiden dicker Bleche Experiment und Theorie", Industrie-Anzeiger, Vol. 106 No.14, pp 24~28, 1981
- [7] Jong-Ku Lee, "Study Fine Blanking deformation behavior of the shear zone", Dankook University Graduate School of, Department of Mechanical Engineering, pp 01~45. 1990.
- [8] Jong-Ku Lee, "A Study on the Shear Zone Deformation Behavior of Fine-Blanking Process", KyungHee University Graduate School of Mechanical Engineering, pp49~53. 2000.
- [9] Jong-Ho Kim, Je-Goo Ryu, ji-su Choe, wan-jin Jung. "Circular precision universal hydraulic presses, shearing through the development of the extra fine blanking die process ability research" Journal of the Korean Society

- of Precision Engineering, Article13, Issue5, pp. 157~163, 1996
- [10] yun-ju Kim, tae-su Gwak, won-byeong Bae, "Fine blanking die on the impact of Clearance on the cross-section finite element analysis" Journal of Materials Processing, Article9, Issue2. 2000
- [11] yun-ju Kim, tae-su Gwak, won-byeong Bae, "Pol's Fine blanking process on the cross-section studies on the effects of the V-shaped projection", Journal of Materials Processing, Article17, Issue9. 2000.
- [12] Jong-Duk Kim, gyun-myeong pak, "Car Seat recliner holder processing for the development of fine blanking die" 1999
- [13] Jong-Duk Kim, "An experimental study on the effect of V-ring position and die chamfer shape on the die roll height in fine blanking tool", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 5 pp. 2009-2014, 2012

---

**이 춘 규(Chun-Kyu Lee)**

[정회원]



- 2008년 2월 : 서울과학기술대학교 정밀기계공학과 (기계공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 대학원 기계공학부 (박사과정)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 유한대학교 금형설계과 산학협력교수

<관심분야>

프레스 금형, 사출금형

---

**김 영 춘(Young-Choon Kim)**

[종신회원]



- 1989년 8월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 2005년 10월 ~ 현재 : 공주대학교 공과대학 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

전자자동차 전력변환, 전장제어, 태양광에너지, 공정설계