

파인 블랭킹 공정에서 전단면에 영향을 미치는 요소에 관한 연구

이춘규[†] · 이종구 · 류제구

서울산업대학교 대학원 정밀기계공학과
(2007. 12. 27. 접수 / 2008. 3. 28. 채택)

Study on the shear surface factors in fine blanking process

Choon-Kyu Lee[†] · Jong-Gu Lee · Je-Gu Ryu

Seoul national university of technology
(Received December 27, 2007 / Accepted March 28, 2008)

Abstract : This study is performed for investigating the effects of shearing characteristics in fine blanking, such as camber, burr-height and dimensional accuracy, etc by experiments. Conventional hydraulic press equipped with specially designed hydraulic unit is used for experiments. Cold rolled steel sheet(3.0mm) materials which got properties, 2212.39kgf of maximum, 29.490kgf/mm² of stress and 41.33% of strain were used. it can be concluded that the center distance of vee indenter ring can be obtained 2.0mm in SPCC 3.0t.

Key Words : Fine blanking, Vee indenter ring, SPCC, Shear surface, Blank holder

1. 서 론

금속 판재의 가공 수단 중에서 프레스(Press) 가공은 치수와 형상을 정확히 하고, 품질을 만족시키며 대량 생산이 가능한 가공법이다. 그 중 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 Boesch와 Schmid⁽²⁾가 일반 프레스를 개조하여 두께 2~3 mm의 연질재를 비교적 단순한 형상으로 하여 판 측면 전체에 대하여 파단면을 발생시키지 않고 전단하는데 성공하고 나서부터 이 가공법에 필요한 소성가공 이론, 금형, 피가공재, 프레스 가공 조건 등이 연구 추진되었다.⁽²⁾ 기초 이론은 K. Lange⁽³⁾ 등에 의해 연구되었고, 스위스(Swiss)의 Haac.j, Birzer.F,⁽⁴⁾ 등에 의해 발전되었다. K. Lange⁽³⁾는 V형 돌기에 의해 발생하는 정수압 응력이 파단을 억제하는 효과에 대해 연구하였다. Guanggi⁽⁵⁾ 등은 범용 프레스에 의한 파인블랭킹 기술을 실현시키기 위하여 V-돌기력과 카운터 펀칭력을 제공한 상태에서 각각을 정확한 안

내를 하기 위해 개별적으로 장착되도록 하여 25 %의 제품 대체 효과를 거두었다. W. Konig⁽⁶⁾ 등은 유한 요소법을 이용하여 블랭크 두께의 1/30까지 해석하여 응력 분포 곡선을 가시화하였다. 국내에서도 김종호, 류제구⁽⁷⁾ 등에 의해 간이 파인블랭킹 금형을 제작하여 실험을 통한 V형 돌기의 위치와 캠버량의 관계를 연구하였다. 또한 김윤주, 곽태수⁽⁸⁾⁽⁹⁾ 등이 파인블랭킹에서 전단면에 미치는 다이 틈새의 영향과 V형 돌기의 영향에 관한 연구를 유한 요소법으로 해석하였다. 한규택⁽¹⁰⁾은 파인블랭킹 가공 제품에 미치는 재료 및 V-Ring의 영향에 대해 연구 발표하였으며, 김종덕, 박균명⁽¹¹⁾ 등은 자동차 Seat recliner holder 가공을 위한 Fine blanking 금형 개발을 통해 프로그래시브 파인블랭킹화 하여 제품의 제조 공정 기술에 관한 연구를 하였다. 그러나 최근에는 기계 산업과 금형 제작 기술의 발전에 의해 파인블랭킹 금형을 통해 전단, 굽힘, 코이닝 등의 복잡한 형상의 복합 성형이 요구되고 있다. 하지만 금형의 정도가 높고, 전단부에 발생하는 변형 응력이 복잡하며, 유용하게 활용되지 못하는 실정이다. 따라서 전단부에 발생하는 변형에 대하여 보다 정확한 해석이 요구되고, 전단부에 영향

을 미치는 인자들을 정략적으로 해석하고 선택하며, 실무 현장에서 보다 쉽게 이를 이해할 수 있어야 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 연구 실험에서는 범용 프레스 (160t)를 이용하여, 파인블랭킹 금형을 설치하고, 실험 조건으로 전단면의 형성에 중요한 영향을 미치는 V형 압입링의 각도와 전단선에서 부터의 거리, V형 압입링이 피가공재에 파고 들어가는 압입하는 힘 및 제품의 원가에 큰 영향을 미치는 생산 속도를 변화 시키면서 전단면과 과단면의 분포를 분석하였다. 본 연구에 사용된 피가공재는 냉간 압연강판(SPCC 1종 드로잉용) 3.0t를 사용하였으며, 최대응력 2212.39Kgf, Stress 29.490kgf/mm²이며, Strain 41.33% 이고, 조직검사 결과 Ferrite를 다량 함유한 연질의 조직으로 조사되었다.

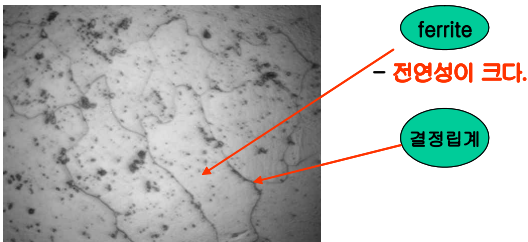
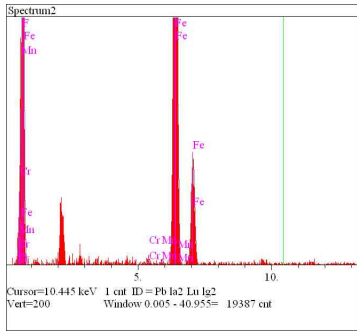


Fig. 1 Organization of cold strip (SPCC-1 species, for drawing)

3. 파인블랭킹 금형(FB)의 설계 및 제작

Fig.2와 같이 정밀도를 고려하여 Four post type의 Ball Retainer 형식의 Steel - die set와

Sub-guide pine을 부착하여, 실험용 파인블랭킹 금형을 Euler의 좌굴식인 식

$$L = \sqrt{n\pi^2 EI / F_S} \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

여기서 n = 계수 (Blank-holder가 있는 경우 $n = 2$, 없는 경우 $n = 1$)

E = 펀치 재료의 종탄성계수(Kgf/mm²)

I = 펀치의 단면 2차 모멘트(mm⁴)

F_S = 블랭킹 펀치력(ton)

Stresser의 경험식인 식을 이용하여

$$H = K \sqrt[3]{F_S} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

여기서

K = 전단길이에 대한 보정계수

F_S = 블랭킹 펀치력(ton)

블랭킹 펀치와 다이를 제작하였다. 전단 가공 조건 중 전단면의 형상에 가장 중요한 영향을 미치는 펀치와 다이의 틈새(Clearance)는 피가공재 두께의 1%로 하고 지그 그라인딩 후 래핑을 하였다. 또한 펀치와 다이, V-Ring에는 물리 증착(PVD) 코팅을 해 줌으로서 표면의 거칠기를 개선시키고 표면 경도 값을 증가 시켰다. 판 누름 압력(Blank-holder force)을 변화 시키면서 실험할 수 있도록, 기본 압력으로 금형용 탄성 고무(우레탄 고무)를 4개 설치하고, 범용 Press 기계의 다이 쿠션을 조절할 수 있도록 Blank-holder를 하형측에 설치하였다. 이때에 기본 압력인 탄성고무의 압력은 $\phi 30 \times 15\% = 256(Kg)$ 으로 계산하고, 다이 쿠션의 공기의 압력을 2Kg ~ 5Kg으로 변화 시킬 수 있도록 하였다(Fig.2 참조) 또한 전단시 굽힘에 의한 압축력 손실과 만곡(dish-shpe)방지 및 제품의 취출을 할 수 있도록 카운터펀치(Counter punch)를 설치하여 금형용 극중 하중(extra heavy load)사각 스프링을 설치하였다. die plate와 blank holder의 기본 Base는 SKD11으로 하고, 직접적으로 피가공재와 접하는 부분에는 Insert로 하여 SKH51종으로 하여 전단시 발생하는 힘에 충분히 견딜 수 있도록 하였다. 또한 V-Ring의 경우에는 재질은 SKH51종으로 하고, 삼각 돌기의 모서리 코너에 작은 "R"을 붙여 주었다. 또한 재료를 삼입하지 않고 금형을 단

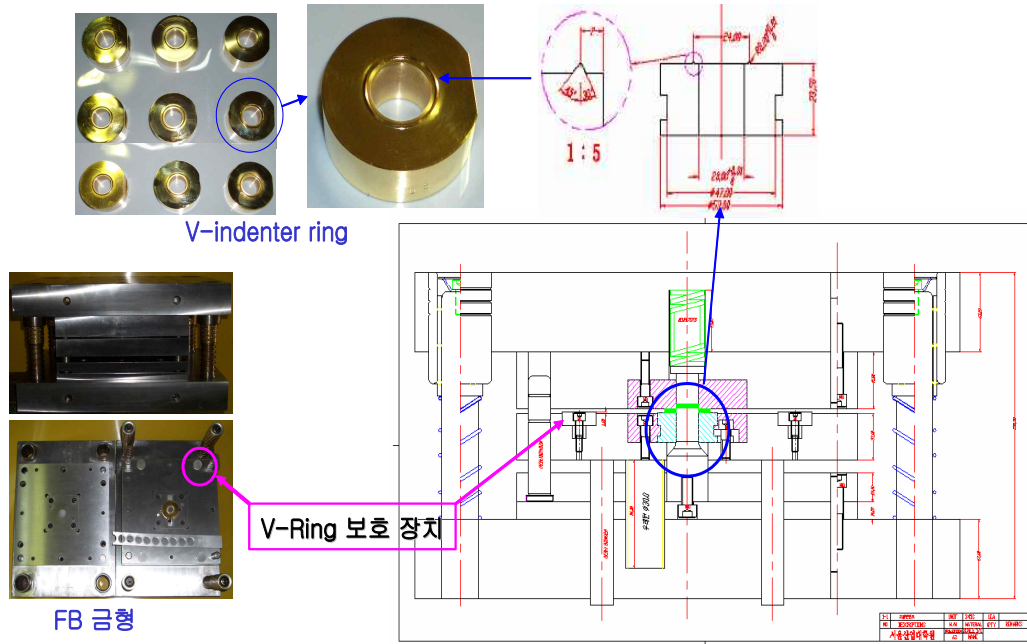


Fig. 2 An assembled die of fine blanking

았을 경우 V-Ring의 돌출부는 상대편 부분에 맞닿게 되어 V-Ring 자신과 상대 부품에 손상을 주어 금형이 파손될 위험이 있다. 이를 방지하기 위해 Blank-holder의 상면에 V-Ring 높이 보다 더 높게 V-Ring을 보호해 주는 블록(Block)을 4개소에 설치하였다.

4. 실험방법 및 결과

4.1 Blank holder의 압력 변화

Blank holder의 압력은 V-Ring이 피가공재의 표면을 파고 들어가는 압력이며, 이는 피가공 재료의 인장강도 및 V-Ring의 길이, 깊이, 전단력 등으로 구할 수 있으며, 본 연구에서는 1차적으로 기본 압력인 금형용 탄성 고무(우레탄)의 압력을 구하고, 여기에 다이 쿠션의 공기 압력을 2Kg에서 5Kg으로 변환하며 실험하였다. 탄성 고무의 압력은 $\phi 30 \times 15\% = 256Kg$ 에 4개의 우레탄을 설치하였으므로, V-Ring의 기본 압력은 1060Kg이 된다.

이때의 계산 방식은 우레탄 고무를 제조하는 업체에서 제공하는 자료를 참고하였다. 다이 쿠션의 실린더 압력 계산식인 식(4-1)에 의 계산한다.

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

..... (4-1)

여기서

F : 압축력(Kg) A : 실린더면적(cm^2)
 P : 주어진 공기압(Kg) D : 실린더내경(mm)

위 식에 의하여 1차 실험 압력을 결정하였다. 우레탄 고무와 다이 쿠션의 압력을 합하여 약 6340Kg과 약 14,260Kg으로 변화하며 전단면의 생성량을 조사하였다

4.2 V형 압입링의 거리와 각도의 변화

그림 5의 1~3번까지는 V-Ring의 각도를 外30°/內45°로 하였고, 4~6번은 外, 內 모두 45°로 하며, 7~9번은 外45°/內 30°로 하여 변화를 시키면서 전단면의 발생을 연구하였다. 이때 전단선에서 V-Ring의 중심선까지의 거리는 1,4,7번은 1.5mm로 하고, 2,5,8번은 2mm, 3,6,9번은 2.5mm로 조건을 변화 시키면서 전단면의 발생량을 연구하였다. 이때 전단 속도는 6.4m/min으로 하고, Counter force는 2차 조건인 약 14,260Kg으로 하여 연구하였다.

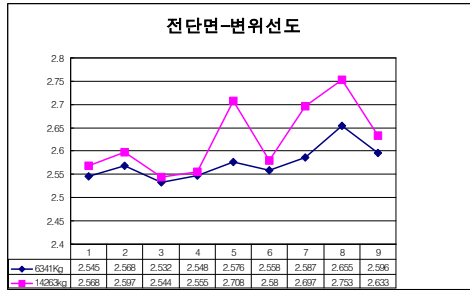


Fig. 3 Distribution chart of destruction surface and shear surface

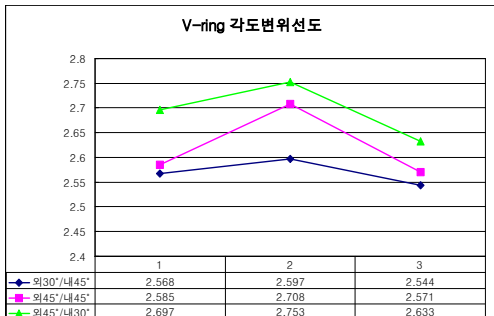
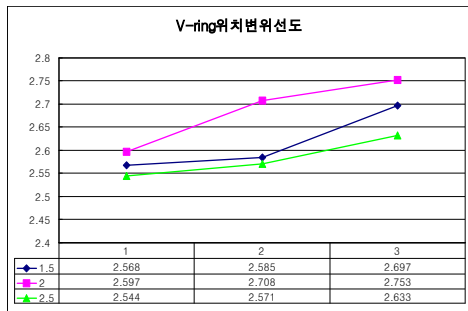


Fig. 4
(a) Position displacement curve of Vee-indenter ring
(b) Angle displacement curve of Vee-indenter ring

4.3 전단 속도의 변화

그림 5의 V-Ring의 위치 및 각도의 변화 조건과 쿠션의 압력을 약14260Kg로 하고, Counter force는 만곡이 발생되지 않는 압력으로 하여 Blanking 속도를 변화 시키면서 전단면의 상태를 연구 하였다. 전단 속도는 생산량을 결정하는 중요한 요소이며, 일반적인 파인블랭킹의 전단 속도가 매우 느리므로 이로 인해 제품 생산에 소요되는 비용이 증가되고 있다. 본 연구에서는 CS형 160ton 프레스를

이용하여 속도를 컨트롤하며, 전단 속도를 6.4m/min, 10m/min, 16m/min의 3가지 형태로 변화 시키면서 전단면의 발생량을 연구하였다.

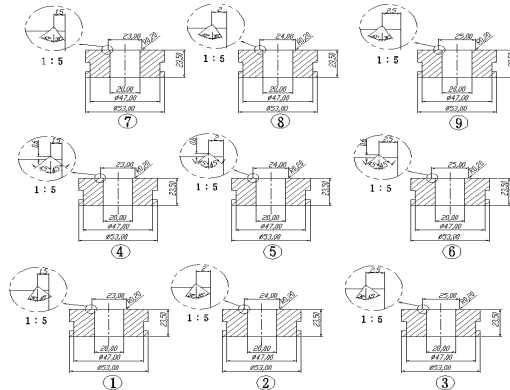


Fig. 5 Transformation of position and angle of V-Ring

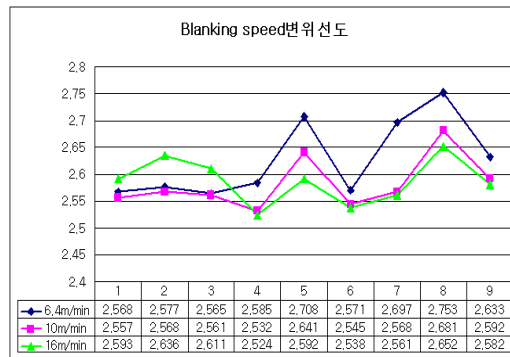


Fig. 6 Distribution chart of destruction surface and shearing surface to shear Speed displacement

5. 결론

본 연구에서는 파인블랭킹의 여러 가지의 복잡한 가공 조건을 간편하고 효율적으로 적용시켜, 파인블랭킹법의 장점을 용이하고 광범위하게 활용할 수 있는 방법에 대한 연구의 일환으로서, 범용 프레스에 파인블랭킹 금형을 장착하여 파인블랭킹 특징을 지배하는 인자인 V형 압입링의 전단선에서의 거리와 V형 압입링의 각도, 전단속도 등 가공 조건을 변화시키면서 실험적으로 연구하였다. 또한 금형 실무 현장에서 실험한 데이터(dater)를 쉽게 찾아 볼 수

있도록 수치화하여 표로 기술하였다. 본 연구에서 고찰한 중요 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) Blank holder의 압력, 즉 Vee indenter ring의 압력은 피 가공재를 충분히 클램핑(Clamping)할 수 있어야 하며, 본 연구에서는 범용 프레스의 다이쿠션을 이용하였다. 그 압력으로 14260Kg으로 실험한 결과 재료 두께의 91.76%의 전단면 분포를 나타냄이 고찰되었다.
- 2) 전단면에서 Vee indenter ring의 중심부까지의 거리는 시험 재료 SPCC 3.0t에서는 2.0mm가 가장 넓은 유효 전단면을 얻을 수 있었다.
- 3) Vee indenter ring의 각도의 변화에서는 외측 45°/내측30°에서 가장 넓은 유효 전단면을 얻을 수 있었다. 본 실험으로 고찰해 볼 때, V형 압입링의 각도가 외측45°/내측30°일 때 피가공재료의 압입율이 우수하고, 재료의 유동을 효과적으로 억제시킴을 알 수 있었다.
- 4) 위 실험에서 얻어진 최적의 조건으로 하고 생산성과 관계되는 전단속도를 변화시키면서 유효 전단면의 크기를 연구 고찰한 결과 전단 속도는 6.4m/min에서 가장 우수한 유효 전단면을 얻을 수 있었다. 전단속도가 16m/min일 때에는 Vee indenter ring 거리 2.0mm, Vee indenter ring의 각도외측30°,내측45°의 경우에서 87.86%의 유효 전단면을 얻을 수 있었으며, 전단속도가 10m/min과 6.4m/min의 경우에는 Vee indenter ring 거리 2.0mm, Vee indenter ring의 각도 외측45°,내측30°에서 가장 넓은 전단면을 얻을 수 있었다.

본 연구에서 실험한 전단선에서 Vee indenter ring의 중심부까지의 거리와 Vee indenter ring의 각도는 전단면에서 유효전단면을 만드는데 중요한 인자로서 작용됨을 알 수 있었다. 향후 재료의 종류 및 두께별로 그 적용 범위가 연구되면 금형을 제작하는 산업 현장에서 그 활용 가치가 매우 높을 것으로 사료된다.

6. 참고문헌

- [1] 日本塑性加工協會, 프레스 가공편람, pp. 156~162, 1975
- [2] 김명찬, 이재경 외 " 범용기를 이용한 Fine-Blanking 가공기술 개발" 한국기계연구소 (과학기술처), 1987.
- [3] K. Lange. "The potential of the fine blanking technique," Feintool AG, Lyssm, Swiss, pp. 1~6, 1978
- [4] Haac, J. Birzer, F. 1984. Practical Handbook of Fine-blanking Finetool 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, pp.246-250. 1993
- [6] W. Konig, F. Rotter and A. Krapoth, "Feinschneiden dicker Bleche Experiment und Theorie," Industrie-Anzeiger, Vol. 106 No. 14, pp. 24~28, 1981
- [7] 김종호, 류제구, 최지수, 정완진, "간이 파인 블랭킹 금형의 개발을 통한 범용 유압 프레스에서의 원형 정밀 전단 가공성 연구, "한국정밀공학회지 제 13권 제5호, pp. 157~163, 1996
- [8] 김윤주, 곽태수, 배원병, " 파인블랭킹에서 전단면에 미치는 다이틈새의 영향에 관한 유한 요소 해석", 한국소성가공학회지 / 제9권 제2호. 2000
- [9] 김윤주, 곽태수, 배원병, " 폴의 파인 블랭킹 공정에서 전단면에 미치는 V형 돌기의 영향에 관한 연구", 한국정밀공학회지 제17권 제 9호. 2000년 9월
- [10] 한규택, " 파인블랭킹 가공제품에 미치는 재료 및 비링의 영향", 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 202~207, 1998
- [11] 김종덕, 박균명 외 8인, " 자동차 Seat recliner holder 가공을 위한 fine blanking 금형 개발" 1999,
- [12] 이종구, "파인블랭킹의 剪斷部 變形舉動에 관한 研究", 경희대학원 기계공학부, pp 49~53. 2000년 6월