

T 형 제품의 파인 블랭킹 가공 특성 Fine Blanking Characteristics of T-shaped Blanks

장영도* (산업인력 관리공단), 최치수 (기아 자동차), 김대현 (서울 산업대학교),
김중호 (서울 산업대학교), 류제구 (서울 산업대학교)

Y.D.Jang* (Korea Man Power Agency), C.S.Choi (KIA Motors), D.H.Kim (Seoul National Polytechnic Univ),
J.H.Kim (Seoul National Polytechnic Univ), J.G.Ryu (Seoul National Polytechnic Univ)

ABSTRACT

This study is performed for investigating the effects of stripping and counter punching force on 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 so that both the stripping force and counter punching force are arbitrarily adjusted according to experimental conditions. Two kinds of materials, hot rolled steel sheet(1mm, 3mm) and pure aluminum(1mm, 3mm) are selected in order to examine the influence of strength and thickness of working materials in blanking of T-shaped products.

Based on the experimental results of this study, it can be concluded that the finely cut surface of sheared blank can be obtained even in conventional hydraulic press if additional equipments and special dies are employed.

Key Words : fine blanking(파인 블랭킹), stripper plate(스트리퍼 판), ram(램), stripping force(스트리핑력), counter punching force(카운터 펀칭력), camber(캠버), reverse camber(역캠버), burr(버)

1. 서론

금속 판재를 이용하여 필요한 치수와 형상으로 성형하는 소성 가공법은 생산성이 높고 품질이 비교적 우수하며 대량 생산의 중요한 수단으로 활용되고 있다. 이에 필요한 프레스 기계, 금형 가공 기술 및 소재의 성형 기술은 꾸준히 발전되어 왔으며, 제품의 품질 향상과 경제성을 제고하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 파인 블랭킹은 일반 블랭킹에 비하여 고정밀도의 제품을 경제적으로 생산할 수 있는 새로운 가공법으로서 응용 범위가 확대되고 있다.

파인 블랭킹 기술은 처음 독일에서 개발되어 기술이 축적되어 왔으며, 기초 이론은 Lange¹⁾ Maeda²⁾ 등에 의하여 정수압효과를 이용하여 피가공재의 냉간 소성변형능을 높이는 기술로 연구 고찰되었다. Schiess³⁾는 피가공재를 가공중 V형의 돌기로 고정하는 장치를 이용하여 판 두께 전체를 평활하게 전단하는 공법을 개발하였으며, Guanggi⁴⁾ 등은 범용 프레스에 대한 파인 블랭킹 기술을 실현시키기 위

해서 V-돌기력과 카운터 펀칭력을 제공하고 정확한 안내를 하기 위해 각각을 개별적으로 장착되도록 하여 25%의 대체효과를 가져왔으며, Kondo⁵⁾ 등은 단분리 공구에 의한 간이 정밀전단법을 개발하여 광범위한 재질과 두꺼운 판재에 적용한 바 있으며, Kim⁶⁾ 등은 간이 파인 블랭킹 금형의 개발을 통한 범용 유압 프레스에서의 원형 제품에 대한 정밀전단 가공성을 연구한 바 있다. 본 연구에서는 파인 블랭킹 기술에서 어렵게 문제시되고 있는 기어(gear)류의 치형을 간이 모델링한 T형 즉 그림 2에서와 같은 제품을 기준으로 하여 금형을 설계, 제작하였다. 스트리퍼판 한쪽에 제품 윤곽에 따라 소재에 압축응력을 증가시키는 V-돌기를 설치하고, 스트리핑력의 크기, 카운터 펀칭력의 크기 등의 변화를 주면서 제품의 캠버, 치수 정밀도, 버의 크기 등과 제품에 영향을 미치는 특성을 비교, 조사하고자 하였으며, 또한 이러한 실험적 연구를 통해 그 유용성 검증과 최적의 가공 조건을 찾고자 하였다.

2. 실험

2.1 금형의 설계 및 제작

파인 블랭킹 작업은 일반 블랭킹 작업과는 달리 스트리퍼 플레이트(stripper plate)와 카운터 펀치(counter punch)에 부가되는 힘이 블랭킹력의 (30~50)%와 (10~20)%로 아주 높아 일반 압력 매개체인 스프링, 우레탄고무, 압축 공기 등으로는 불가능하고 유압만이 가능하기 때문에 보통은 파인 블랭킹 전용 프레스를 사용하게 되지만 이는 상당히 고가인 관계로. 일반 작업장에서 사용하는 것이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 일반 유압 프레스에서 유압 유닛을 금형에 접속시켜 유체압을 직접 스트리퍼 판과 카운터 펀치에 작용시켜 균일하면서 높은 압력을 전달할 수 있는 금형을 설계, 제작하였으며, 유압 프레스의 정밀도(램과 볼스타의 평행도, 직각도)를 고려하여 램(ram)에 금형을 장착하지 않고 다이 세트의 가이드 포스트에 코일 스프링을 사용하여 금형의 상·하형이 작동되도록 서브프레스 다이 구조로 제작하였다. 또한 램의 하중을 금형에 균일한 하중으로 전달하기 위해 점접촉시킬 수 있도록 로드셀에 구형의 생크를 장착하였다. 그림 1은 본 실험에 사용하는 구성도를 나타낸 것으로서 스트리핑력과 카운터 펀칭력은 유압유닛의 압력센서에 의해 조절 가능하도록 하였고, 전체적으로 사용된 힘은 램에 장착된 로드셀에 의해 측정되도록 하였다. 파인 블랭킹에서는 블랭킹력에 스트리핑력, 카운터 펀칭력이 작용하기 때문에 내충격성, 내마모성이 우수하고 담금질 효과가 크며 열처리 변형이 적은 파인 블랭킹용 금형 재료로서 제일 광범위하게 사용되고 있는 고속도강(SKH 51)을 펀치와 다이에 이용하였다. 스트리퍼 판과 카운터 펀치에 직접 유압이 작용되기 때문에 유체의 밀봉을 위해 O-링을 사용하였으며, 스트리퍼 핀은 V-돌기의 꼭지점과 펀치 날 끝까지의 거리 변화를 용이하게 하기 위하여 인서트 형식으로 설계하였다.

2.2 실험 방법

파인 블랭킹 실험은 그림 1에서 보는 바와 같이 프레스 램의 하강속도가 150mm/sec를 갖는 200톤 용량의 유압 프레스를 사용하여 프레스 램 부에 50톤 용량의 로드셀을 장착하여 작업시 블랭킹 펀치에 걸리는 하중을 측정할 수 있도록 하였으며, 램의 하중을 금형에 균일한 하중으로 전달하기 위해 점접촉할 수 있는 구형(spherical)의 생크를 램 쪽 로드셀에 장착하였다. 본 실험에 사용한 소재는 연강판의 두께 1mm, 3mm와 알루미늄의 두께 1mm, 3mm로

시험편의 형상과 치수는 그림 3과 같고, 파인 블랭킹에서 유효 전단면의 형상과 치수 정밀도에 크게 영향을 미치는 V-돌기의 위치와 형상에 큰 영향이 있지만 본 연구에서는 기존의 연구 결과¹⁾를 참고로 돌기 형상과 위치(V-돌기의 꼭지점과 날끝 사이의 거리 3mm)는 일정하게 유지하였다. 파인 블랭킹 작업에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 인자로서는 V-돌기의 형상과 위치, 시험편의 재질, 펀치와 다이 사이의 틈새, 전단속도, 스트리핑력, 카운터 펀칭력, 다이 코너반경, 윤활유 등이 있다.

본 실험에서는 위의 여가가지 인자 중에서 V-돌기의 형상과 위치, 펀치와 다이의 틈새, 그리고 전단속도는 일정하게 유지하면서, 카운터 펀칭력, 스트리핑력, 그리고 시험편의 재질과 두께 등을 바꿔가면서 제품의 치수 정밀도와 만곡(dishing)을 나타내는 캠버량, 역캠버량 등을 조사, 비교하였다. 또한, 윤활유는 펀치 및 다이와 소재 사이에 윤활막을 형성하면서 높은 온도와 압력에 견딜 수 있도록 파인블랭킹 윤활유용의 FB-298(Feintool Co. 제품)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 고안해 설계, 제작한 파인 블랭킹 금형에서 카운터 펀칭력과 스트리핑력이 제품에 미치는 영향을 먼저 검증하기 위하여 스트로크 위치변화에 따라 눌림 길이를 측정해 본 결과 카운터 펀칭력을 가하지 않은 0kgf일 때가 그림 2의 b부분에서는 거의 비슷하게 나타났으나, a부분은 0.075mm 정도 더 적게 나타났고, 스트리핑력을 증가할수록 캠버가 적고 파단면이 감소함으로 카운터 펀칭력과 스트리핑력에 따라 제품에 미치는 영향이 있는 것으로 판단되어 카운터 펀칭력의 크기, 스트리핑력 그리고 시험편의 재질과 두께 등을 바꿔가면서 제품의 치수 정밀도와 만곡을 나타내는 캠버량 및 역캠버량 등을 조사, 비교하였다. 블랭킹후 제품 절단면은 미소 테이퍼진 형상을 나타내고 있어 치수측정을 위해 제품 양단에 직경 3mm의 원형 핀을 접촉시키고 마이크로미터(1 μ m 단위)로 이들 값을 보상해주는 방식으로 측정하였으며, 캠버량은 레버식 다이얼 게이지(2 μ m 단위)를 사용하여 측정하였다.

3.1 치수 정밀도

두께 3mm의 열간 압연강판과 알루미늄 판재에 스트리핑력 및 카운터 펀칭력을 변화시키면서 작업을 실시했다. 제품의 치수 정밀도는 압연 방향의 직각 방향인 그림 2의 a-b간, e-f간의 거리를 측정하였다.

치수 정밀도는 재질에 관계없이 스트리핑력, 카운터 펀칭력 변화에 큰 변화가 없음을 알 수 있었다. 그러나 알루미늄의 경우 블랭킹력의 두배 이상(7500kgf)이 되면 카운터 펀칭력이 없는 상태에서 치수 정밀도의 편차가 크게 생김을 알 수 있었다.

3.2 캠버

그림 4는 두께 3mm의 열간 압연강판 판재에 스트리핑력 및 카운터 펀칭력을 변화시키면서 작업한 제품의 캠버량(그림 2(b)참조)을 나타낸 것이다. 그림 4에서 알 수 있듯이 스트리핑력 증가에는 캠버의 변화가 적은 반면, 카운터 펀칭력이 증가할수록 캠버량은 적게 나타남을 알 수 있었다.

알루미늄의 경우 스트리핑력이나 카운터 펀칭력에는 크게 좌우되지 않는 것을 알 수 있으며, 그러나 스트리핑력이 블랭킹력의 2배(6000kgf) 이상의 힘을 부가하게 되면 캠버량이 현격하게 증가함을 알 수 있었다.

3.3 역캠버

그림 5와 그림 6은 두께 3mm의 알루미늄 판재와 열간 압연강판 판재에 스트리핑력 및 카운터 펀칭력을 변화시키면서 작업한 제품의 역캠버량(그림 2(c)참조)을 나타낸 것이다. 그림 6은 열간 압연강판에 대한 역캠버를 나타낸 것이고, 그림 5는 알루미늄 강판에 대한 역캠버를 나타낸 것이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 스트리핑력의 증가와 카운터 펀칭력의 증가에는 역캠버의 변화가 아주 미미함을 알 수 있었다. 마찬가지로 그림 5에서도 스트리핑력의 증가와 카운터 펀칭력의 증가에는 역캠버의 변화가 아주 미미하지만 블랭킹력 이상 스트리핑력을 증가시키게 되면 그림에서 알 수 있듯이 알루미늄의 경우 스트리핑력과 카운터 펀칭력이 증가할수록 역캠버량은 증가함을 할 수 있었다.

3.4 버(burr)

그림 7과 그림 8은 두께 1, 3mm의 연강판과 알루미늄 판재에 카운터 펀칭력(600kgf)은 일정하게 하고 스트리핑력은 6단계로 구분하여 점진적으로 증가시키면서 작업한 제품의 버(burr)의 높이(그림 2(b)참조)를 나타낸 것이다. 그림 7은 알루미늄에 대한 두께별 a부분과 d부분에 대한 버 높이를 나타낸 것이다. 그림 7에서 알 수 있듯이 d부분이 a부분보다 높음을 알 수 있다. 스트리핑력 증가에는 버 높이 변화가 적은 반면, d부분에서는 소재의 두께가 두꺼울수록 버 높이는 감소함을 보여주고 있다. 그림 8에서는 연강판의 경우 두께가 두꺼울수록 버높이가

높은 것을 알 수 있고, 스트리핑력 및 카운터 펀칭력의 변화에는 많은 영향을 받지 않는 것을 볼 수 있었다.

4. 결론

T형 제품의 정밀전단가공을 위한 파인 블랭킹 가공 기술 개발을 위해 본 연구에서는 범용 유압 프레스에서 별도의 유압 유닛에 의한 금형 내의 유체압을 직접 이용하여 카운터 펀칭력과 스트리핑력을 임의로 조절할 수 있도록 금형을 설계, 제작하여 정밀전단가공 특성을 실험적으로 검증하고자 하였으며, 이들의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 놀림(Roll-over)길이는 카운터 펀칭력이 0kg인 상태보다는 600kg인 상태가 적게 나타남을 알 수 있었다.
- 2) 캠버량은 제품두께가 두꺼울수록, 알루미늄보다는 열간 압연강판(3mm)이 크게 나타남을 알 수 있었다.
- 3) 동일한 조건에서 알루미늄의 유효전단면은 열간 압연강판보다 깨끗한 절단면을 나타내고 있음이 확인할 수 있었다. .
- 4) 열간 압연강판(3mm)의 캠버량은 카운터 펀칭력이 2800kgf(블랭킹력의 20%)일 때 작게 나타나고 있으며, 카운터 펀칭력이 적을수록 캠버량은 크게 나타남을 알 수 있었다. 버의 높이는 카운터 펀칭력이 1400~2800kgf(블랭킹력의 10~20%)일 때, 스트리핑력은 2800~4200kgf(블랭킹력의 20~30%)일 때 가장 작게 나타남을 알 수 있었다. 역캠버량 및 치수정밀도는 스트리핑력이나 카운터 펀칭력의 변화에 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- [1]. Lange, K. "The potential of the fine blanking technique", Feintool AG, Lyss, Swiss, pp.1-6, 1978.
- [2]. 前田禎三 論文集, 東京大學工學部 精密機械工學科, pp.168-183, 1981.
- [3]. 日本塑性加工學會編, プレス加工便覽, 丸善株式會社, pp.156-162, 昭和 50.
- [4]. Guanggi. T. , Pengfei. Z. , Ronghong. L. , Jinwang. N. and Xiaoguang. Z. , "Recent development of fineblanking technology in china, Proceed. 4th Int. con. on Technology of Plasticity, Beijing, China, pp.246-250, 1993.

[5]. Kazuyoshi. K. , Katsutoshi. M. , Akihiro. M. and Kenji. H. , "Development of a simple precision shearing process for thick plates" , Journal of the JSTP, vol.35, no. 396, pp.67-72, 1994.

[6]. 김중호, 류제구, 최치수, 정완진, "간이 파인 블랭킹 금형의 개발을 통한 범용 유압프레스에서의 원형 정밀전단 가공성 연구", 한국 정밀공학회지, 제13권, 제5호, pp.157-163, 1996.

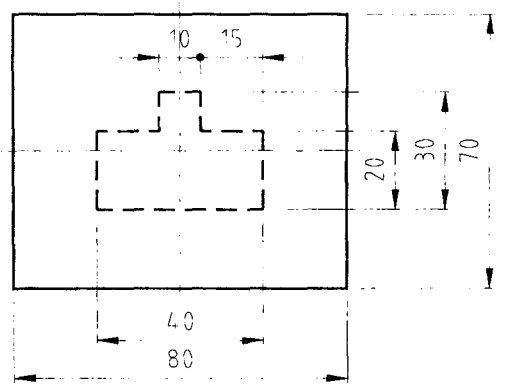


Fig. 3 시험편의 형상과 치수

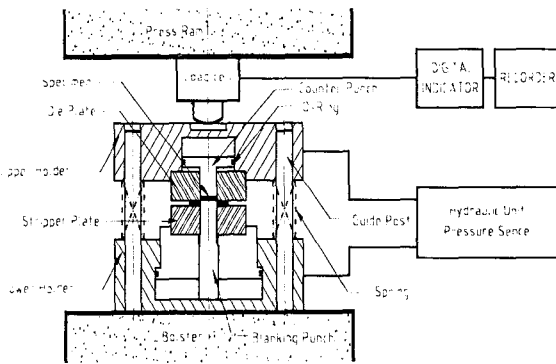


Fig. 1 파인 블랭킹 금형 구성도

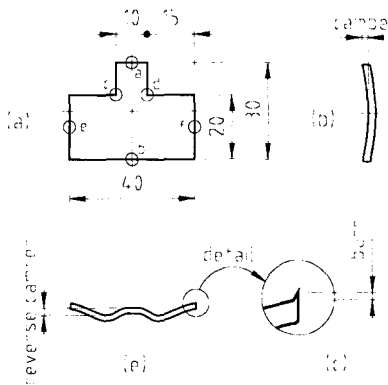


Fig. 2 제품도

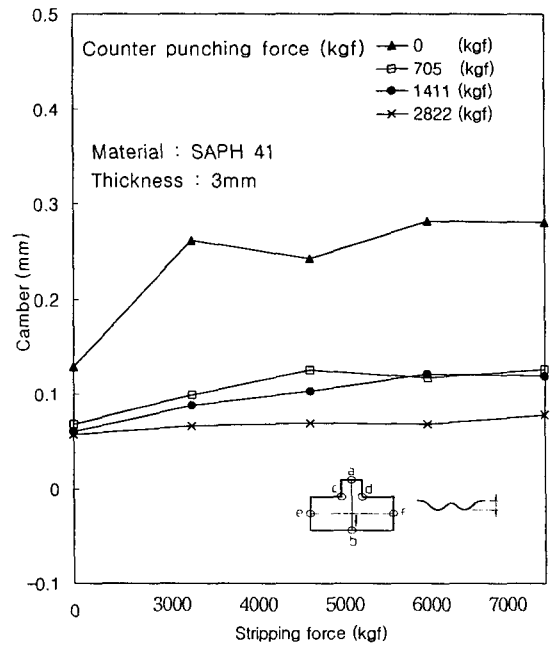


Fig. 4 스트리핑력 및 카운터 펀칭력의 변화에 따른 캠버(camber)량

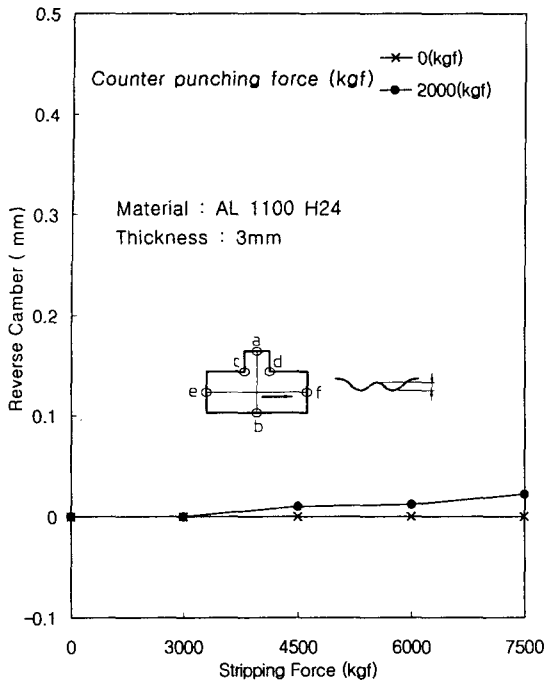


Fig. 5 스트리핑력 및 카운터 펀칭력의 변화에 따른 역 캠버(reverse camber)량

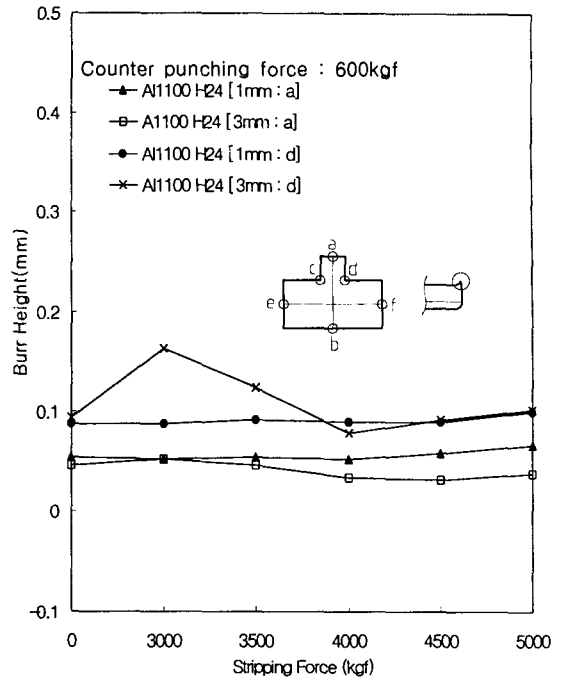


Fig. 7 스트리핑력 및 카운터 펀칭력의 변화에 따른 버(burr)높이 변화량

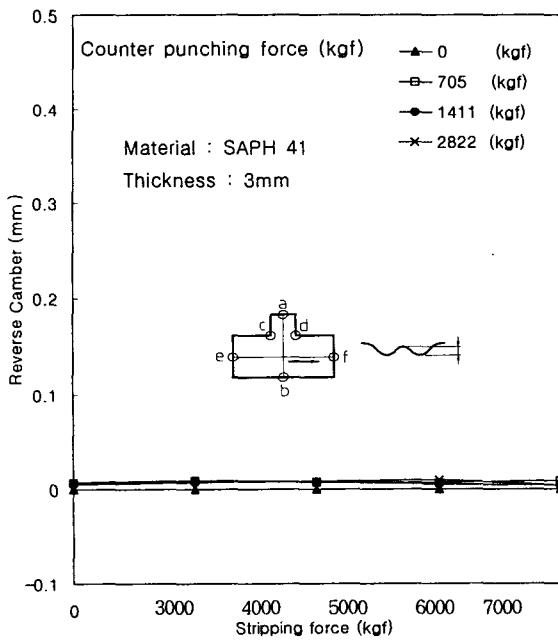


Fig. 6 스트리핑력 및 카운터 펀칭력의 변화에 따른 역 캠버(reverse camber)량

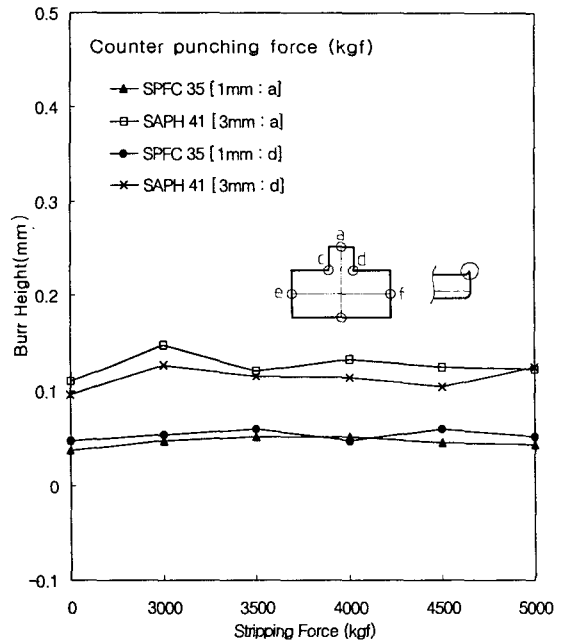


Fig. 8 스트리핑력 및 카운터 펀칭력의 변화에 따른 버(burr)높이 변화량