

T형 제품의 파인 블랭킹 가공 특성에 미치는 스트리핑력과 카운터 펀칭력의 영향

김종호*, 류제구*, 심경섭*, 김대현*, 장영도**, 이종훈***

Influence of Stripping and Counter Punching Forces on Fine Blanking Characteristics of T-shaped Products

J.H.Kim*, J.G.Ryu*, K.S.Sim*, D.H.Kim*, Y.D.Chang**, J.H.Lee***

ABSTRACT

This study is performed for investigating the effects of stripping and counter punching forces on shearing characteristics in fine blanking of T-shaped products, such as camber, burr-height and dimensional accuracy, etc by experiments.

Conventional hydraulic press is used for experiments so that both the stripping force and counter punching force can be arbitrarily adjusted by another hydraulic unit connected to the fine blanking die. Specimens are selected as hot rolled steel sheet and carbon steel sheet commonly used in automobile company.

Based on the experimental results, both the dimensional accuracy and the burr height are not influenced by the stripping and counter punching forces, whereas the camber height representing dish-shaped deflection is much influenced by them, it can be seen through this study that the finely cut surface of T-shaped blank can be obtained even in conventional hydraulic press if additional equipments and specially designed die are employed.

Key Words : fine blanking(파인 블랭킹), stripper plate(스트리퍼판), stripping force(스트리핑력), counter punching force(카운터 펀칭력), camber(캠버), 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 필요

한 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

* 서울산업대학교 금형설계학과
 ** 인천기능대학 기계설계과
 *** 청주기능대학 생산기계기술학과

범위가 확대되고 있다.

파인 블랭킹은 1923년 독일에서 개발되어 기술이 축적되어 왔으며, 기초 이론은 Lange⁽¹⁾ 등과 Maeda⁽²⁾ 등에 의하여 정수압 효과를 이용하여 피가공재의 냉간 소성변형능을 높이는 기술로 연구 고찰되었다. Schiess⁽³⁾는 피가공재를 가공중 V형의 돌기로 고정하는 장치를 이용하여 판 두께 전체를 평활하게 전단하는 공법을 개발하였으며, Guanggi⁽⁴⁾ 등은 범용 프레스에 의한 파인 블랭킹 기술 개발을 실현시키기 위해서 V-돌기력과 카운터 펀칭력을 제공하고 정확한 안내를 하기 위해 각각을 개별적으로 장착되도록 하여 25%의 대체효과를 가져왔으며, Kondo⁽⁵⁾ 등은 단봉이 공구에 의한 간이 정밀전단법을 개발하여 광범위한 재질과 두꺼운 판재에 적용한 바 있으며, Kim⁽⁶⁾ 등은 간이 파인 블랭킹 급형의 개발을 통한 범용 유압 프레스에서의 원형 제품에 대한 정밀전단 가공성을 연구한 바 있다. 본 연구에서는 파인 블랭킹 기술에서 가장 어렵게 문제시되고 있는 기어(gear)류의 치형을 간이 모델링한 그림 2와 같은 T형 제품을 토대로 하여 스트리퍼판 한쪽에 제품 윤곽을 따라 소재에 압축응력을 증가시키는 V-돌기를 설치하고, 스트리퍼력과 카운터 펀칭력을 변화시키면서 제품의 캠버, 치수 정밀도, 버(burr) 높이 등 제품에 영향미치는 특성을 비교, 조사하고자 하였다.

2. 실험

파인 블랭킹 실험은 지난 연구⁽⁶⁾에서 사용한 그림 1의 다이세트내에 펀치, 스트리퍼판, 다이플레이트만을 T형 제품에 맞도록 수정 가공하여 200톤 용량의 유압프레스에서 실험하였으며, 스트리퍼력과 카운터 펀칭력은 유압 유닛의 압력센서에 의해 조절가능하도록 하였다. 본 실험에 사용한 소재는 두께 3mm의 열간 압연강판(SAPH 41, HRB 63)과 두께 4.5mm의 구상화 풀림 처리(spheroidized annealing)된 파인 블랭킹용 탄소강판(SM45C, HRB 84)으로 70 × 80mm의 시험편을 준비하여 T형 제품을 블랭킹하였다. 제품의 형상과 치수 그리고 유효전단면에 영향미치는 인자는 V-돌기의 형상과 위치, 시험편의 재질, 펀치와 다이 사이의 틈새, 전단속도, 스트리퍼력, 카운터 펀칭력, 다이코너반경, 윤활유 등이 있으나, 본 연구에서는 위의 여가가지 인자 중에서 V-돌기 형상(그림 1참조), 틈새, 전단속도(150mm/sec)등은 일정하게 유지하면서, 가장 크게 영향을 미치고 있는 인자들, 즉, 카운터 펀칭력, 스트리퍼력, V-돌기의 위치(V-돌기의 꼭지점과 날뿔사이의 거리 5mm와 2.1mm), 그리고 시험편의 재질 등을 바꿔가면서 제품의 치수 정밀도와 만곡(dishing)을 나타내는 캠버량(camber, 그림 2(b)), 역캠버량(reverse camber, 그림 2(c)), 버 높이

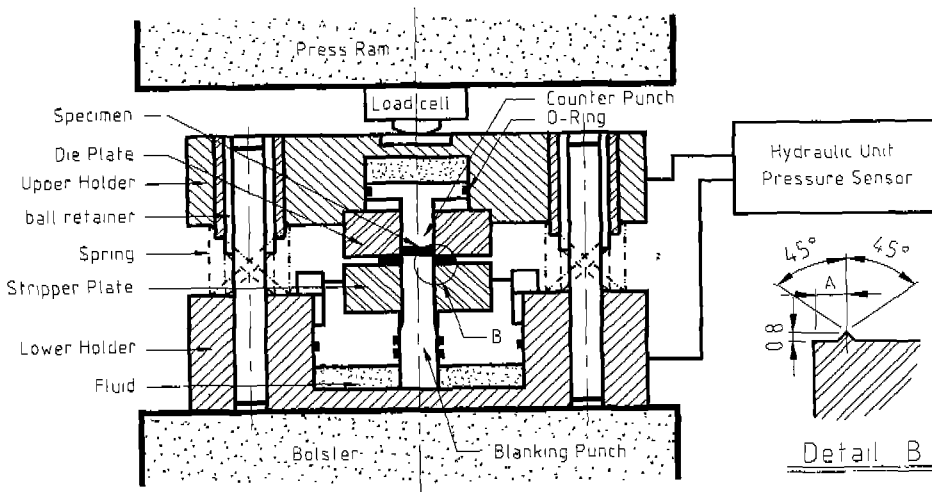


Fig. 1 Experimental set-up for fine blanking

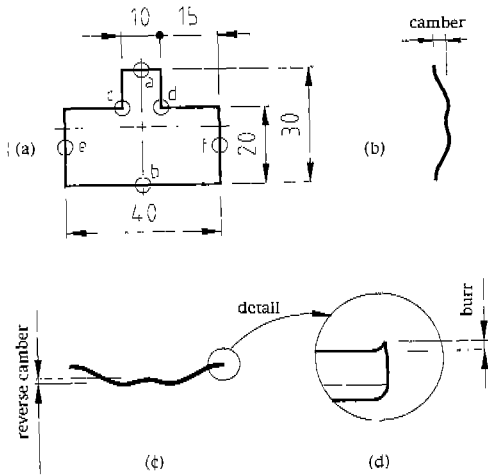


Fig. 2 Configuration of a blanked specimen

(그림 2(d)) 등을 비교 조사 하였다. 또한 윤활유는 펀치, 다이와 소재 사이에 윤활막을 형성하면서 높은 온도와 압력에 견딜수 있도록 파인 블랭킹용 윤활유인 FB-298 (Feintool Co. 제품)을 사용하였다.

블랭킹된 절단면은 미소 테이퍼진 형상을 나타내고 있어 정밀한 치수 측정을 위해 제품 양단에 직경 3mm의 원형편을 접촉시키고 마이크로미터(1 μ m 단위)로 이들 값을 보상해주는 방식으로 측정하였으며, 캠버량과 역캠버량은 레버식 다이얼 게이지(2 μ m 단위)를 사용하여, 버높이 측정은 디지털 버니어 캘리퍼스(10 μ m 단위)를 사용하여 버가 부서지지 않도록 주의하여 측정하였으며, 각 실험조건별 데이터는 5개의 시편 측정 결과를 평균하여 사용하였다. 실험에서의 각 제품별 치수 편차는 5 μ m 이하로 나타나 실험 결과 분석에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 V-돌기 위치에 따른 제품의 비교

두께 3mm의 열간 압연강판(SAPH 41) 판재에 V-돌기 위치(날 끝으로부터 2.1mm, 5mm)와 스트리핑력(블랭킹력의 0, 20, 30, 40, 50%(7000kgf)) 및 카운터 펀칭력(블랭킹력의 0, 10%)을 변화시키면서 실험한 결과가 그림 3(a, b)에 주어져있다. 그림의(a)는 시편의 수직(a-b)방향으로 측정한것을, 그림의(b)는 수평(e-f)방향

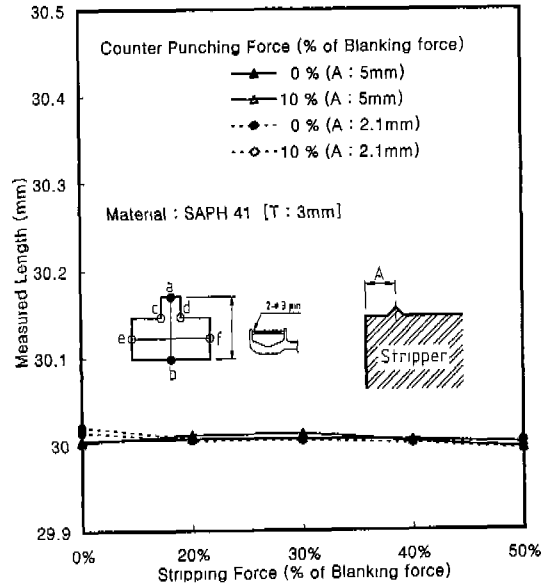


Fig. 3(a) Comparison of measured length(a-b) in the vertical direction for the change of stripping force and V-ring position

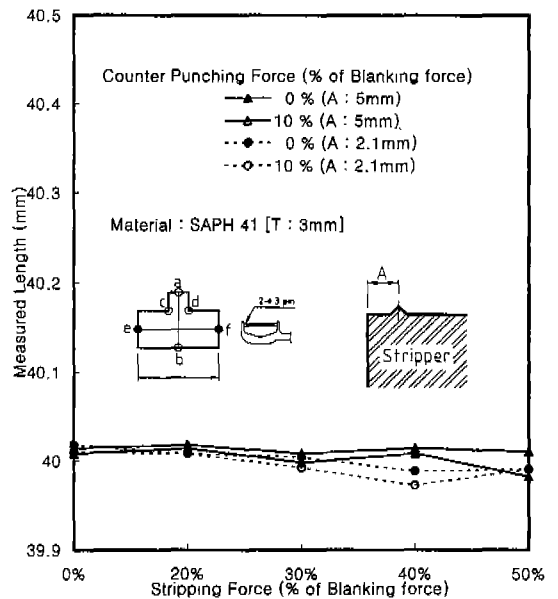


Fig. 3(b) Comparison of measured length(e-f) in the horizontal direction for the change of stripping force and V-ring position

으로 측정된것을 나타내고 있는데, 제품 형상의 대칭을 이루는 (a-b)방향의 치수 정밀도는 그림의(a)에서 보는 바와 같이 스트리핑력과 카운터 펀칭력, 그리고 V-돌기 위치에 관계없이 최대 10 μ m 편차로 큰 영향을 안받는 것으로 나타났다. 비대칭면을 따른 그림 3(b)의 정밀도는 스트리핑력 변화에 따라 최대 26 μ m, 카운터펀칭력 변화에 따라 최대 17 μ m, V 돌기 위치에 따라서는 최대 42 μ m 까지 편차를 보이고 있는데, 이러한 경향은 특히 스트리핑력이 블랭킹력의 30% 이상일 때 나타나고 있다. 즉, 비대칭면에 의한 전단하중의 불균형과 스트리핑력의 증가에 의한 내부 굽힘 저항의 증가로 인해 치수 정밀도에 이러한 영향을 미치고 있다. 일반적인 블랭킹 제품의 표준 공차⁽⁷⁾에 의하면 본 연구의 T형 제품 크기의 경우 보통급은 280 μ m, 정밀급은 80 μ m, 셰이빙(shaving)에 의한 초정밀급은 30 μ m으로 규정되어 있는데, 본 연구의 파인 블랭킹 작업조건(입의의 주어진 작업 조건)에서는 초정밀급 정밀도를 충분히 맞추고 있다. 실제 다이의 측정치수 30.03 × 40.04mm를 고려할때 수직, 수평방향의 제품 치수는 다이 치수보다 0.02~0.04mm작게 블랭킹되었다.

그림 4는 똑같은 재질의 판재에 스트리핑력과 카운터 펀칭력을 변화시키면서 작업한 제품의 캠버량을 나타낸 것이다. 스트리핑력이 증가할수록 굽힘 모멘트 증가로 캠

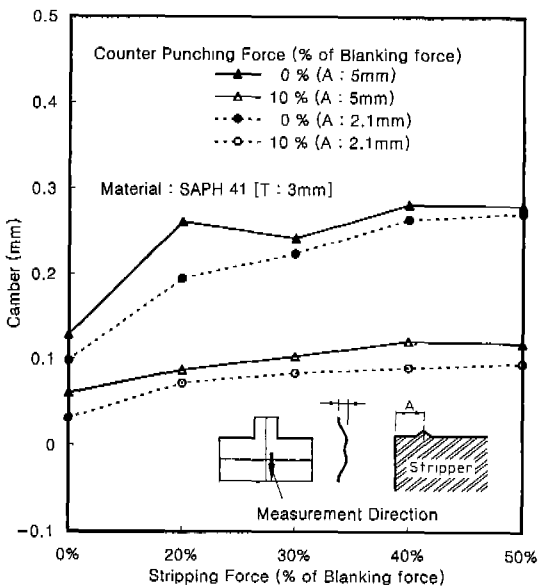


Fig. 4 Comparison of camber height for the change of stripping force and V-ring position

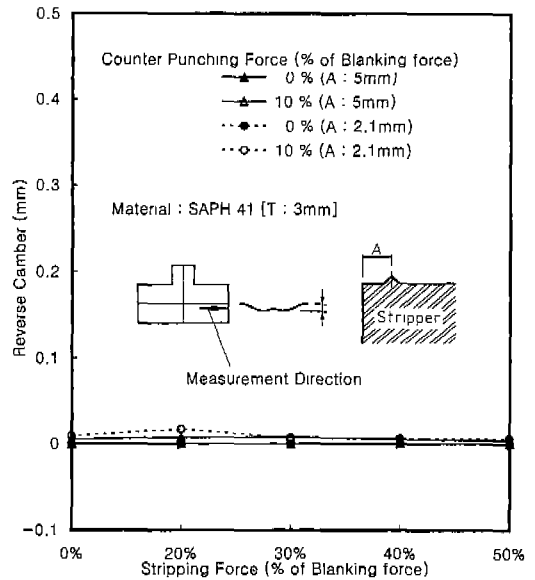


Fig. 5 Comparison of reverse camber height for the change of stripping force and V-ring position

버량이 증가하고, 카운터 펀칭력이 증가할수록 반대로 캠버량이 감소하고 있는데, 이들중 캠버량에는 카운터 펀칭력이 더 큰영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 그리고 V-돌기는 날끝에 가깝게 설치한 것이 캠버 변형에는 더 적게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 스트리핑력이 0(zero)일 때 캠버량이 제일 적어 변형이 없는 제품을 얻을 수 있지만, 이런 경우엔 절단면의 파단면 부분이 증가되어 깨끗한 절단면을 얻을 수 없기 때문에 실제 파인블랭킹에 있어서는 스트리핑력이 반드시 부가되고 있다. 작업 조건에 따라 측정된 캠버량은 30~280 μ m을 나타내고 있는것에 비해, 역캠버량은 그림 5에서 보는바와 같이 4~9 μ m으로 아주 적은량을 나타내고 있으며, 특히 V-돌기 위치와 스트리핑력 그리고 블랭킹력의 10% 이하되는 카운터펀칭력은 역캠버량에 큰 영향을 미치지 못하고 있음을 알 수 있다.

버 높이 측정은 그림 6에서 보는바와 같이 시편의 위치 a, d에서의 결과인데, 직선부 a 보다는 오목부인 d 위치에서 버가 더 높게 측정되었는데, 이는 실제 금형설계, 제작시 필연적으로 발생하는 코너부와 직선부의 불균일한 틈새에 기인한 것이다. 두 그림의 결과로부터 V-돌기 위치가 멀리 떨어질수록 버 높이가 증가되는 것으로 나타났다.

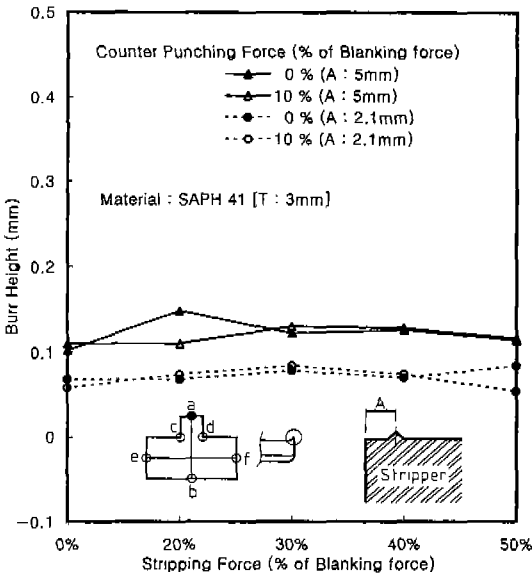


Fig. 6(a) Comparison of burr height measured at position (a)

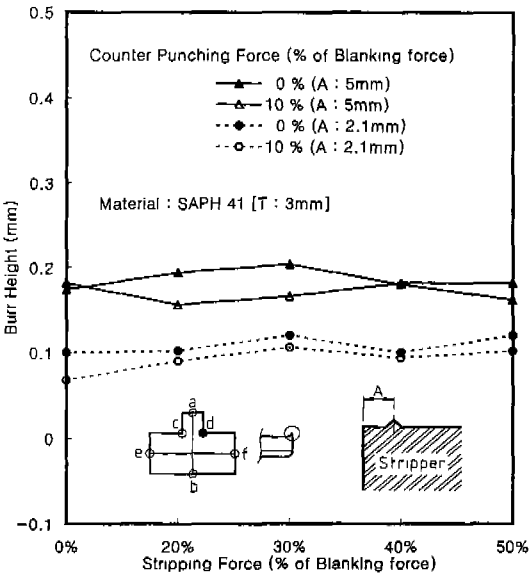


Fig. 6(b) Comparison of burr height measured at position (d)

3.2 재질과 두께변화에 따른 제품 비교

두께 3mm의 열간 압연강판(SAPH 41)과 두께 4.5mm의 구상화처리된 파인 블랭킹용 탄소강(SM45C)의 판재에 돌기 위치를 5mm로 일정하게 한 상태에서 스트리핑력과 카운터 펀칭력을 변화시키면서 블랭킹 제품의

치수를 측정된 결과, 구상화 풀림처리된 소재의 경우 5~10 μ m정도 치수가 더 작게 나타났으며, 스트리핑력과 카운터 펀칭력의 효과는 앞에서와 마찬가지로 거의 없는 것으로 나타났다.

그림 7은 두 재질에 대한 캠버량 비교를 나타낸 것인데

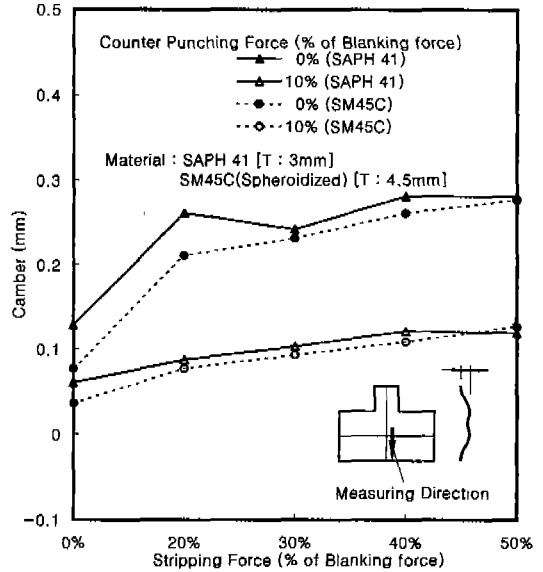


Fig. 7 Comparison of camber height for different materials at several working conditions

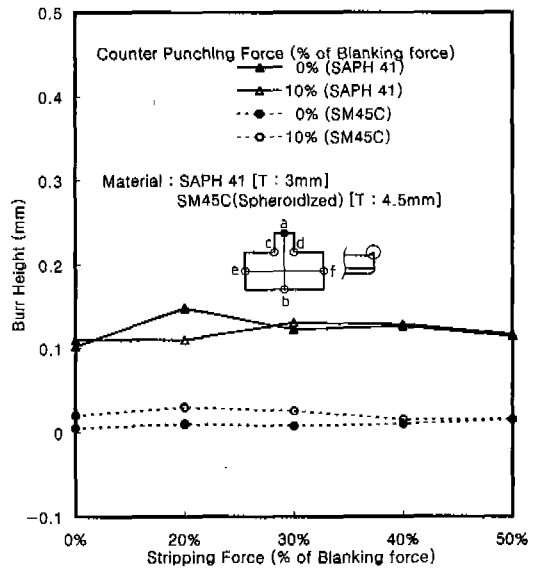


Fig. 8 Comparison of burr height for different materials

여기에서도 일반 강판에 비해 절단가공성이 좋도록 구상화 폴리머처리된 것이 더 좋은 평면 상태를 보여주고 있으며 특히 틈새 사이의 굽힘 모멘트에 크게 영향받는 만곡 현상은 스트리핑력과 카운터펀칭력에 많이 좌우되고 있음을 알 수 있다.

이와같은 재질 영향은 그림 8의 버 높이 비교 결과를 보면 쉽게 알 수 있다. 이 버 높이는 앞에서 언급한 V-돌기 위치에 의해서도 영향을 받지만, 그림 8에서 보는 바와 같이 절삭성이 좋은 재질에 의한 영향도 크게 받는 것으로 나타났다. 열간압연강판의 경우엔 0.1~0.13mm의 버 높이를 보이는 반면, 구상화 처리된 탄소 강판의 경우엔 0.03mm이하의 버 높이를 나타내고 있다.

3.3 틈새(Clearance)와 전단면의 비교

파인 블랭킹 작업은 깨끗한 전단면과 높은 치수 정밀도를 얻는 것이 목적인데 지난 연구의⁽⁶⁾ 원형정밀전단 연구에서는 파단면을 관찰할 수 없을 정도의 깨끗한 전단면을 얻을 수 있었지만 본 연구에서는 그림 9에서 보는 바와 같이 T형의 펀치, 다이 사이의 틈새가 균일하게 제작되지 않아 제품 위치에 따른 전단면 상태가 불균일한 것을 알 수 있다.

틈새가 아주 작은 0.01mm의 경우엔 깨끗한 전단면을 나

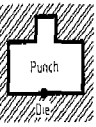
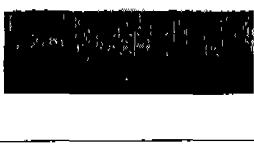
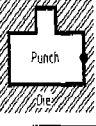
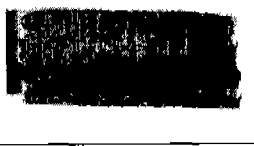
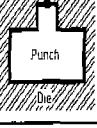
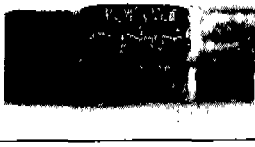
Clearance	Material	Sheared surface
0.01mm 	SM45C(4.5mm) SAPH41(3mm)	
0.03mm 	SM45C(4.5mm) SAPH41(3mm)	
0.06mm 	SM45C(4.5mm) SAPH41(3mm)	

Fig. 9 Comparison of sheared surface due to the uneven clearance distribution between punch and die

타내고 있는 반면, 틈새량이 커짐(0.06mm)에 따라 파단면이 점점 많이 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 구상화처리가 안된 열간 압연강판의 경우 더 심하게 나타나고 있다. 이와 같은 파단 현상은 틈새조절 이외에도 V-돌기 압력에 의한 날 끝부위에서의 압축응력 부과에 따른 파단억제 효과로 깨끗한 전단면을 얻을 수 있는데, 본 연구에서는 이러한 효과를 조사하기 위해 그림 10과 같이 V-돌기 압입 깊이를 측정하였다. 그림 1의 본 연구에 사용된 금형의 돌기 높이가 0.8mm인데 측정된 압입 깊이는 스트리핑력이 블랭킹력의 50%가 되어도 0.1mm정도 밖에 압입이 안되어 이것도 전단면 구성에 영향을 미쳤을 것으로 판단되며 향후엔 금형 구조를 변경, 수정하여 이에 대한 집중 연구를 할 필요가 있다. 특히 그림9의 사진에서 볼 수 있는 바와 같이 제품의 모서리부인 볼록부에서는 제품의 놀림(roll over)현상이 심하여 전단현상이 일어나지 않고 바로 파단면으로 생성되는데 이러한 예각의 볼록부에서는 깨끗한 전단면을 얻기위해 특히 틈새조정에 주의해야 한다.

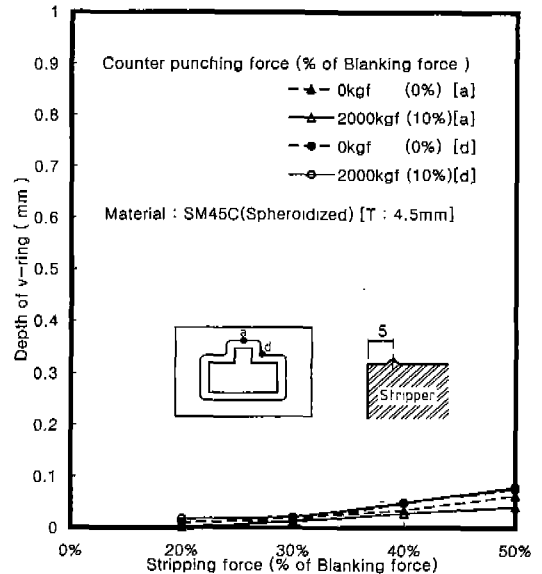


Fig. 10 Depth of V-ring indentation for the change of stripping and counter punching forces

4. 결론

T형 제품의 정밀전단가공을 위한 파인 블랭킹 가공 기술 개발을 위해 본 연구에서는 범용 유압 프레스에서 별

도의 유압 유닛에 의한 금형내의 유체압을 직접 이용하여 카운터 펀칭력과 스트리핑력을 임의로 조절할 수 있도록 하여 정밀전단가공 특성을 실험적으로 검증하고자 하였으며, 이들의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) T형 제품의 치수 정밀도는 다이 치수보다 5~40 μ m 작게 나타났으며, 구상화 처리된 소재의 경우 더 편차가 적은 정밀한 치수 분포를 나타내고 있으며 스트리핑력, 카운터 펀칭력등에는 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.
- 2) 챔버량은 V-돌기 위치가 짧을때(2.1mm), 그리고 열간 압연강판(SAPH 41)보다는 구상화처리 된 탄소강(SM45C)의 관재가 적게 나타났다. 이 챔버량은 스트리핑력이 증가할수록, 카운터 펀칭력이 작을수록 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 버 높이는 피가공재의 재질과 연성에 영향을 받는 것으로 구상화처리된 재질일수록 그리고 돌기위치가 날 끝에 가까울수록 버 높이가 낮게 나타났고, 스트리핑력과 카운터 펀칭력은 큰 영향을 미치지 않았다.
- 4) 제품의 전단면은 틈새량에 크게 의존하는 것으로 깨끗한 전단면을 얻기 위해서는 0.01mm 이하의 틈새를 유지해야하고, 틈새가 이보다 클때는 V-돌기 압력과 금형 구조에 대한 집중 연구를 더 필요로 한다.

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. 김종호, 류계구, 최치수, 정완진, "간이 파인 블랭킹 금형의 개발을 통한 범용 유압프레스에서의 원형 정밀전단 가공성 연구", 한국 정밀공학회지, 제13권, 제5호, pp.157-163, 1996.
7. 김세환, 한윤희, 이승희, 프레스 금형설계 자료집, 대광서림, pp.43, 1987.