

파인블랭킹 공정을 이용한 자동차용 부품의 가공에 관한 연구

한 규택*

A Study on the Forming of Parts for Automobile using Fine Blanking Process

Kyu-Taek Han*

Abstract

The fine blanking is a process of pressworking which makes possible to produce thick sheet metal parts of finished sheared surface and close dimensional accuracy over whole material thickness in single blanking operation. Fine blanked parts in general are characterized by their cleanly sheared surface over the whole stock thickness and accurate size for the specific functions. The fine blanking technology is urgently needed to remove secondary operations which are necessary in conventional blanking operation and cost reduction. In this study, the effect of material texture and vee-ring on parts for automobile is investigated by experimental observation and analysis.

Keywords: Fine Blanking(파인블랭킹), Pressworking(프레스가공), Shared Surface(전단면), Secondary Operations(후가공 공정), Texture(조직), Vee-Ring(비링)

1. 서론

파인블랭킹(fine blanking)기술은 가공소재를 한 번의 블랭킹으로 소재두께 전체에 걸쳐 더 이상의 기계가공이 필요없는 완성된 깨끗한 전단면을 얻을 수 있으며, 또한 카운터싱킹(counter sinking) 등 특수한 가공을 할 수 있는 정밀한 프레스 가공기술이다. 그리고 파인블랭킹 기술이 적용되는 제품은 사용목적상 전단면 전체가 중요 기

능부로 사용되는 경우가 많으므로 매우 정밀하고 매끄러워야 하는데 이러한 파인블랭킹공정은 전단하중, 스트리퍼(stripper)하중, 카운터(counter)하중이 균형있게 작용하므로 정수압의 효과가 발생하여 상온에서도 가공소재의 소성변형능력이 높아져서 필요로 하는 깨끗한 전단면과 양호한 제품정밀도를 얻을 수 있게 된다. 따라서 파인블랭킹 기술은 가공력 절감,가공가능범위 확대,제품정밀도 향상,품질안정 등의 효과를 갖는 합리적이고 획기적인 가공

* 부경대학교 기계자동차공학부

기술이라고 할 수 있다.

한편 범용 프레스에서 두께가 0.5mm이상의 소재를 보통의 블랭킹가공을 한 후 가공된 면을 관찰하면 절단면의 형상은 전단면뿐만 아니라 파단면, 눌림면 등이 생성되기 때문에 제품의 치수와 형상의 정밀도가 낮아지므로, 파단면 등을 제거하기 위하여 후가공 공정이 필요하게 된다. 그러므로 파인블랭킹기술을 적용해야 하는 제품은 범용 프레스에서 블랭킹가공을 했을 경우 후속 공정이 많아져서 경제성이 없는 두께가 0.5~15mm정도인 후판제품이라고 할 수 있다.

최근 국내에서도 자동차공업, 전자, 항공산업이 발전함에 따라 조립부품으로 사용되는 일부 부품들의 치수와 형상 정도가 매우 정밀하게 되므로써, 파인블랭킹기술이 절실히 요구되고 있으나 국내에 파인블랭킹 프레스가 도입된지 십여년이 지났는데도 불구하고 아직까지도 국내의 파인블랭킹 기술개발 실적은 초기단계에 있으며, 특히 프로그레시브(progressive) 파인블랭킹 기술은 1-2개 업체에서 개발을 시도하고 있는 실정이다. 그러나 스위스, 독일과 같은 선진국에서의 파인블랭킹 기술은 프로그레시브, 트랜스퍼(transfer) 등 고차원의 설계 및 금형제조기술이 이미 정착되어 활용되고 있는 것으로 알려져 있으며, 외국으로의 자료나 정보 등 기술이전을 꺼려하기 때문에 기술적 노하우를 파악하기가 어려운 것이 현실이다. 따라서 국내 기술에 의한 파인블랭킹 금형의 설계, 제작기술의 개발은 향후 프레스 부품의 핵심기술이라는 점에서 매우 시급하고도 중요한 과제라고 하겠다.

한편 지금까지 파인블랭킹에 대한 이론 및 실험적연구는 70년대부터 많은 연구자^(1,2)들이 연구하였는데, 그 내용은 범용 프레스에서의 파인블랭킹 원리를 이용하여 전단되는 제품의 특성과 품질을 조사하여 금형설계 및 작업 조건에 대한 설계기준을 제시한 것이었다. 80년대부터 90년대에는 비링(Vee-ring)을 활용한 복잡한 형상의 제품의 개발 및 다른 성형공정과의 복합가공에 대한 연구^(3,4,5,6)가 진행되었고, 또한 이론적인 해석방법과 가공특성에 관한 연구^(7,8,9)가 있었다. 또한, 범용 프레스에서 파인블랭킹을 할 수 있는 가공방식에 대한 연구⁽¹⁰⁾가 있으며, 최근에는 프로그레시브 파인블랭킹금형을 이용한 제품의 제조 공정기술에 관한 연구^(11,12)도 발표되고 있다.

본 연구는 이러한 파인블랭킹기술을 적용하여, 프로그레시브금형을 사용한 파인블랭킹 공정에 의하여 가공된, 자동차용 부품에 미치는 기계적성질 및 내부조직 등과 같은 소재특성과 소재를 고정하는 가이드 플레이트상의 비링의

영향을 분석하여 파인블랭킹의 가공특성을 고찰하였다.

2. 본 론

2-1. 파인블랭킹재료의 특성

정밀전단가공인 파인블랭킹은 다듬질가공 공정이 필요없는 획기적인 프레스가공법이지만 적절한 재료의 선정이 강하게 요구되는 가공법이기도 하다. 따라서 피가공재의 특성을 확실히 파악해야 할 필요성이 있으며, 특히 소재의 조직적 측면에서의 분석은, 노하우로서 중요하다 할 수 있다.

최근에 파인블랭킹 가공은 제품의 정밀도 향상뿐만 아니라 금형의 수명향상에 의한 가공물 상승이나 복합금형 등 열악한 가공조건으로의 대응 등 요구가 많아지고 있기 때문에 피가공재 선정의 중요성이 점차 커지고 있다. 일반 프레스의 블랭킹에서는 재료의 특성이 제품에 영향을 주는 것은 아니다. 그러나 파인블랭킹에서는 재료의 적부가 성공적인 제품생산에 큰 영향을 미친다. 파인블랭킹재료는 강재를 비롯한 비철금속재료를 포함하여 여러가지 재료가 있으며, 이중 대부분은 강재이지만 파인블랭킹에 적합한 재료일 때 비로소 더 이상의 기계가공이 필요없는 깨끗한 전단면이 얻어지게 된다.

한편 파인블랭킹재료의 특성중 가장 중요한 것은 충분한 연성을 가져야 하는 것인데, 그 이유는 우수한 가단성을 가져야 유연한 전단작용이 일어날 수 있기 때문이다. 일반의 펄라이트조직을 가진 강재는 시멘타이트와 페라이트가 충상으로 존재하여 전단면의 균열을 일으키고 전단시 날이 충상의 펄라이트조직을 관통하면서 쉽게 마모를 일으키게 되므로 금형의 마모 및 파손의 원인이 된다. 따라서 파인블랭킹재료로 적합한 재료는 구상화 시멘타이트처리를 하여 완전히 확산시킨 재료인데, 강속의 시멘타이트가 구상화하면 연성이 향상되고 인장강도가 낮아져서 금형에 마모를 일으키지 않고 양호한 전단면을 얻을 수 있게 해주므로 파인블랭킹가공을 하는 데 적합한 재료가 된다.

즉 파인블랭킹재료를 검토할 때는 인장강도, 탄성한계, 경도 및 시멘타이트의 확산정도를 고려해야 하는데, 우수한 가단성을 가진 재료는 인장강도와 경도, 탄성한계가 낮고 파단시 연신률과 단면수축률이 큰 재료임을 의미하며 이러한 재료가 파인블랭킹에 적합한 재료가 된다. 그러나 현재 우리나라에서 생산되는 강재는 이러한 조건을 충족시키지 못하여 일본이나 독일 등 선진국에서 수입하여 사용하는 경우가 많은 것으로 파악되고 있다.

2-2. 비링(Vee-Ring)의 특성

파인블랭킹 가공시에 재료의 벤딩(bending)을 방지하기 위해 재료의 표면에 설치하는 비링은 파인블랭킹 표면이 얻어져야 할 제품윤곽을 따라 재료를 누르며 보통 펀치가이드 플레이트나 다이 플레이트상의 윤곽을 따라 설치해야만 한다. 그런데 비링이 폐곡선을 이루어 오일이 빠져나갈 수 없는 경우에는 제품이 압력을 받아 휨이 발생할 우려가 있으므로 짧은 구간을 끊어줘야 하며, 또한 제품상에 작은 요철부가 있는 경우에도 재료의 원활한 유동을 위해 이 구간에서 끊어주는 것이 바람직하다.

한편 비링은 재료의 두께에 따라 펀치가이드 플레이트측에만 설치할 경우와 다이 플레이트측에만 설치할 경우 및 펀치가이드 플레이트와 다이 플레이트에 모두 설치할 경우가 있으므로, 비링의 설계시에는 재료의 두께를 기준으로 하여 비링의 크기를 결정해야 한다. 그리고 비링을 가공하는 방법으로는 밀링으로 가공하는 방법과 방전가공을 이용하는 방법이 있으나, 밀링으로 가공하는 코팅된 공구를 사용하는 것이 좋다. 방전가공으로 할 경우에는 비링의 정밀형상을 얻기 위하여 텅스텐 또는 흑연전극을 사용하는 것이 좋다.

그런데 만일 재료를 삽입하지 않은 상태에서 금형을 닫았을 경우 비링의 돌출부는 상대편 부분에 맞닿게 되어 비링자신과 상대부품에 손상을 주어 금형이 파손을 일으킬 수가 있으므로 비링의 높이보다 더 높은 위치에서 비링을 보호해주는 보호장치가 필요하다. 그리고 금형상의 어느 한 부분에 집중하중이 걸리지 않도록 하기 위하여 비링보호장치는 가능하면 압력편 위치에 일치하도록 설치한다.

3. 실험

3-1. 재료시험

본 실험에서는 재료인자의 영향을 조사하기 위하여 파인블랭킹용 재료(JIS:SNM220)와 일반 블랭킹용 재료(SM45C)에 관한 재료시험을 실시하였으며, 시험결과 재료의 기계적성질은 Table1(1번 시료: SM45C/ 2,3번 시료:SNM220)과 같으며 화학성분 검사결과는 Table2(1번 시료: SM45C/ 2번 시료: SNM220)와 같다.

또한 재료의 조직검사를 하기위하여 파인블랭킹용 재료와 일반 블랭킹용 재료에서 시료를 채취한 후 시료를 경면처리하고 SEM사진을 촬영하여 비교분석하였으며, 그 사진을 Fig.1에 나타내었다.

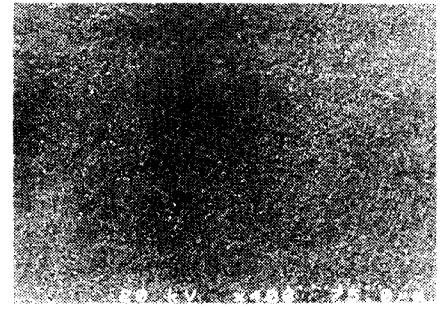
여기서, 1번 시료는 일반 블랭킹용 재료에서 2,3번 시료는 파인블랭킹용 재료의 중앙과 모서리에서 채취하였다.

Table1 Mechanical properties of tested specimen

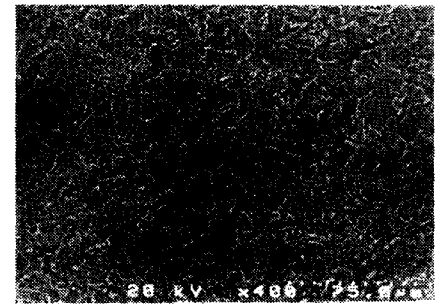
시편 (No)	탄성계수 (kg/mm ²)	항복강도 (kg/mm ²)	인장강도 (kg/mm ²)	연신율 (%)	단면 수축율 (%)
1	6.975	42.2	65.8	15.0	33.8
2	4.938	34.2	46.7	30.4	64.1
3	4.928	34.9	47.1	31.2	64.6

Table2 Chemical composition of tested specimen (wt%)

시편 (No)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
1	0.461	0.270	0.743	0.015	0.022	0.010	0.101	0.001
2	0.173	0.247	0.701	0.010	0.013	0.703	0.474	0.140



(specimen 1: SM45C)



(specimen 2: SNM220)

Fig.1 Microstructures of specimen 1 and 2

3-2. 비링시험

본 실험에서는 비링의 영향을 조사하기 위해 비링돌기

의 높이, 펀치와 다이의 틈새 및 전단속도를 일정하게 유지하면서 비링돌기의 유무와 위치, 카운터펀칭력, 스트리핑력 등을 변화시키면서 제품의 가공특성을 조사하였다. 아래의 Fig.2에 비링이 설치된 스크랩과 그 제품을 나타내었다.

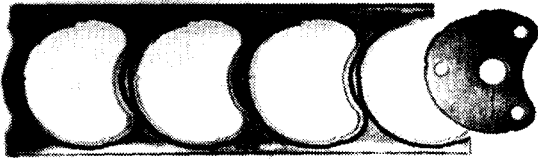


Fig.2 Scrap and product after fine blanking process

4. 실험결과 및 고찰

4-1. 재료 시험결과

재료의 화학성분 검사결과 1번 시료는 2,3번 시료에 비해서 탄소성분이 더 많이 함유되어 있는 반면, 2번 시료는 Ni, Cr성분 등의 영향으로 연화저항이 크고 인성이 향상될 것으로 예측된다.

따라서 1번 시료는 2,3번 시료에 비해 연성이 부족할 것으로 판단된다.

한편 파인블랭킹용 소재는 연성이 충분해야 하는 관점에서 볼 때 2,3번 시료가 적합함을 알 수 있다. 또한 금속조직면에서도 각 시료의 SEM사진을 분석해본 결과 1번 시료가 2,3번 시료보다 시멘타이트 조직이 덜 확산되어 있음을 알 수 있었으며, 시료를 부식한 후 광학식 금속현미경에서 관찰한 경우도 같은 결과를 확인할 수 있다.

이것으로 볼 때 시료의 조직이 구상화 풀림이 충분히 되어야 파인블랭킹용 소재로 적합하다는 것을 알 수 있다.

따라서 종합적으로 볼 때 탄소량이 적어 연성이 양호하고 시멘타이트조직이 충분히 확산되어야 파인블랭킹용 재료로 적합하다고 말할 수 있다.

4-2. 비링의 실험결과

Fig.3과 Fig.4는 스트리핑력의 변화와 비링돌기의 위치효과를 보여주고 있다. Fig.3은 카운터펀칭력이 일정한 상태에서 비링돌기가 없는 평면스트리퍼판을 사용한 경우와 비링돌기의 위치가 날끝으로부터 4mm, 9mm로 각각

떨어져 있을 때의 실험비교치이다.

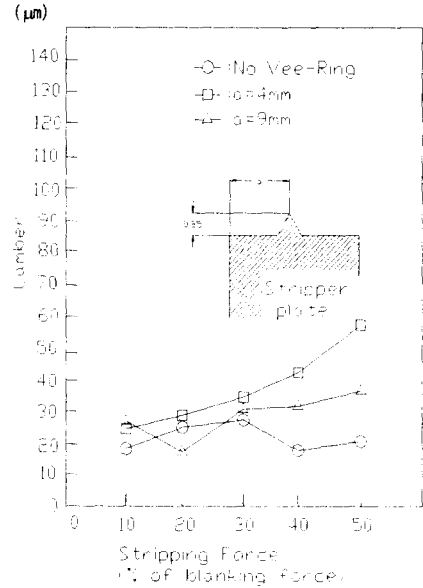


Fig.3 Comparison of camber height according to stripping force(In case 5% counter punching force of blanking force)

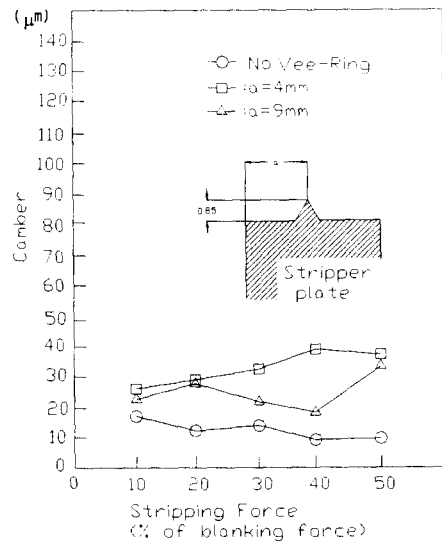


Fig.4 Comparison of camber height according to stripping force(In case 20% counter punching force of blanking force)

그림에서 보는 바와 같이 스트리핑력의 증가에 따라 제품의 편평도를 나타내는 캠버(camber)량이 서서히 증가하고는 있으나 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 또한 비링돌기를 설치하지 않는 경우와 비링돌기가 날끝에서 멀어질수록 제품의 캠버량이 작게 나타남을 알 수 있다.

즉, 비링돌기를 설치하게 되면 전단면 부근의 제품의 형상과 치수정밀도는 향상되지만 전단면에서의 밴딩모멘트의 증가로 제품의 캠버량이 증가하여 제품의 품질에는 부정적 영향이 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 Fig.4와 같이 카운터펀칭력을 증가하여도 비슷한 경향이 있음을 알 수 있다

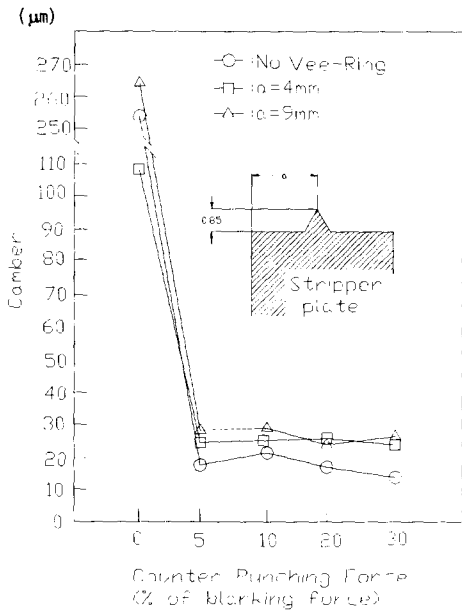


Fig.5 Comparison of camber height according to counter punching force(In case 10% stripping force of blanking force)

Fig.5와 Fig.6은 카운터펀칭력이 캠버량에 미치는 영향을 나타낸 것으로 Fig.5와 Fig.6으로부터 알 수 있는 바와 같이 제품의 캠버량은 카운터펀칭력의 유무에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉 카운터펀칭력이 없는 경우엔 캠버량이 크던 것이 카운터펀칭력의 증가에 따라 급속히 감소하며, 일정한 크기이상의 카운터펀칭력이 작용하면 캠버량은 거의 비슷하게 작은 값을 나타내게 된다. 이상의 실험결과로 볼 때, 파인블랭킹가공에는 반드시 카운터펀칭

력이 작용하여야 하며, 스트리핑력이 증가할수록 캠버량은 미소하게 증가하나 영향은 작다고 할 수 있다. 또한 카운터펀칭력과 스트리핑력의 크기는 제품의 정밀도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

한편 비링돌기의 영향은 Fig.3 및 Fig.4에서와 마찬가지로 비링돌기의 위치가 날끝에서 멀어질수록, 또한 비링돌기가 없는 경우가 캠버량이 작아 더 양호한 제품을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

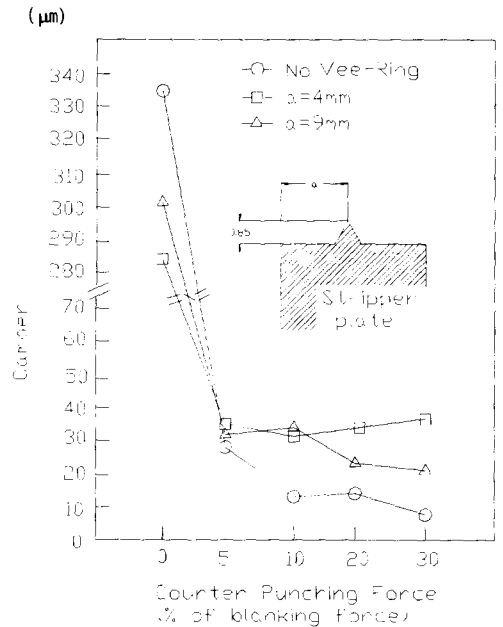


Fig.6 Comparison of camber height according to counter punching force(In case 30% stripping force of blanking force)

5. 결론

본 연구는 파인블랭킹 공정을 이용하여 자동차용 부품을 가공함에 있어서 가공인자의 영향, 즉 가공된 자동차용 부품에 미치는 재료와 비링의 영향을 규명하는 것을 목적으로 하여, 재료시험 및 스트리핑력과 카운터펀칭력의 작용하에 파인블랭킹 금형상의 비링위치에 따른 가공부품의 평탄도의 변화 등을 조사하였으며, 그 실험결과를 분석고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 파인블랭킹 가공에 적합한 재료는 탄소량이 적은 재료 즉 연성이 풍부한 재료이며, 또한 시멘타이트의 구상화 조직이 확산된 재료가 파인블랭킹용 재료로 적합하다.
2. 비링돌기는 전단면부근의 제품의 형상과 치수정밀도를 향상시키기는 하지만, 캠버량은 다소 증가하고 돌기의 위치가 날끝에 가까울수록 제품에 나쁜 영향을 미친다.
3. 파인블랭킹 가공을 위해서는 블랭킹력의 일정비율값 이상의 카운터펀칭력이 작용되어야 하며, 그 크기는 제품치수의 정밀도에는 큰 영향을 미치지 않는다.
6. P.B.Popat et al., "Finite Element Analysis of the Blanking Process", J.Mech.Work.Tech., 18, pp. 269 -282, 1989
7. 장영도, "T형 제품의 파인 블랭킹가공 특성", 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, pp.598-602, 1996
8. Kazuyoshi.K. et al., "Development of a Simple Precision Shearing Process for Thick Plates", JSTP, Vol.35, No.396, pp.67-72, 1994
9. 김영호, "Stopper부품의 파인 블랭킹공정에 관한연구", 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, pp. 182-186, 1996

참 고 문 헌

1. K.Lange, "The Potential of the Fine Blanking Technique", Feintool AG, lyss, Swiss, pp.1-6, 1978
2. 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
3. 前田禎三, 論文集, 東京大學工學部 精密機械工學科, pp.168-181, 1981
4. T.Guanggi et al., "Recent Development of Fine Blanking Technology in China", Proceed.4th Int. con. on Technology of Plasticity, Beijing, China, pp.246-250, 1993
5. Kazuyoshi.K., "Recent Development of Shearing in Japan", Int.J.Mach.Tools, No.1, pp.29-38, 1989
10. J.G.Ryu. et al., "Development of Fine Blanking Die with Fluid Chamber and its Application to Production of Circular Blanks In a Hydraulic Press", KSPE, Vol.13, No.5, pp. 157-163, 1996
11. 김종덕, "Fine Blanking공정을 이용한 미소모듈 기어의 제조공정 기술개발", 통산산업부 기술개발보고서, 1997
12. 한규택, "파인블랭킹 가공제품에 미치는 재료 및 비링의 영향", 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 202-207, 1998