韓國精密工學會 '96年度 秋季學術大會論文集 pp.182~186

Stopper 부품의 파인블랭킹공정에 관한 연구
(A Study on the Fine Blanking Process of Stopper Part)

김 영 호(부산대 정밀정형 및 금형가공 연구소), 손 경 호*(부산대 대학원)
Y.H. Kim (ERC/NSDM, Pusan National Univ.), K.H. Son (Graduate School, Pusan National Univ.)

ABSTRACT

In this work, a method is described to investigate the progressive and compound process in the coining and piercing operation for given conditions and parameters, using the FEM simulation and model experiment. The effect of the die shape on the compound process is established, and the die shape depends on the position of coining die and the width of the part coined. It is found that progressive process is better than compound process, since material's filling into the die is not completed and the higher stress acts on the edge of the punch according to width being increased.

Key Words: Stopper Part(스토퍼 부품), Fine Blanking(파인블랭킹), Compound Process(컴파운드공정), Progressive Process(프로그레시브공정), Computer Simulation(컴퓨터 시뮬레이션), Model Experiment(모델실험)

1.서 론

파인블랭킹(fine blanking)은 블랭킹과 달리 안내판과 Vee링(Vee ring)이 첨가되어 소재를 블랭킹시 고정시켜 주고 펀치와 다이사이의 클리어런스(clearance)가 제품 두께의 약 1%로 유지됨으로써 표면정도와 치수정도가 높은 제품을 대량생산할 수 있다.[1] 이와같이 일반적인 블랭킹에 비해 큰 장점을 가진 파인블랭킹은 자동차산업 이외에도 여러 산업의 각종 부품생산에 적용되고 있으므로 파인블랭킹의 적용범위는 앞으로도 계속 증가할 것이다.

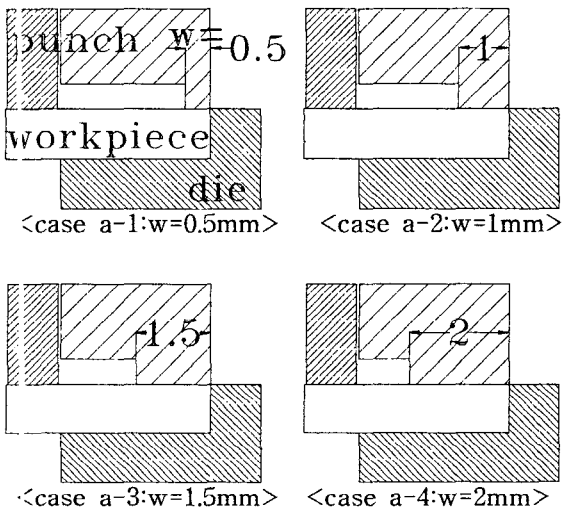
지금까지 블랭킹에 관해 연구된 논문들을 보면 Biegel [2]은 클리어런스가 최대진단하중에 영향을 미치는 것이 아니라, 요구되는 하중에 영향을 미친다고 제시하였고, Hugo[3]는 블랭킹공구의 형상의 여러가지 유형에 관하여 조사하였으며, 클리어런스가 증가할 때 가공에너지는 감소한다고 제시하였다. Lu[4] 등은 재료를 청열취성 온도영역까지 가열하고 여러가지 전단속도와 클리어런스에 대해 실험을 행하여 가열온도와 전단속도가 전단면의 정밀도에 미치는 영향을 조사하였다. 또, 여러 연구자들[5-7]은 실제 제조공정과 관련된 제품들에 대해 연구하였다. 이상에서의 연구들은 블랭킹에 대해 기본적인 내용인 클리어런스의 영향, 공구의 형상 그리고 재료의 성질 및 가열온도, 전단속도 등에 의한 전단면의 정밀도에 미치는 영향에 관한 것이지만, 실제 제품의 제조공정에는 블랭킹이외에 돌출가공(extrusion), 카운터싱킹, 피어싱, 코이닝등과 같은 여러 가지 성형작업에 대한 파라미터들의 영향을 파악하는 것도 중요하다. 이런 성형작업들은 제품의 형태에 따라 두 가지 이상의 복합된 형태로 구성되는데 특히, 자동차 부품의 하나인 스토퍼(Stopper)는 블랭킹과 코이닝, 그리고 피어싱으로 구성되어 있어 코이닝과 피어싱이 연속적으로 일어나는 컴파운드공정과 서로 독립적으로 일어나는 프로그레시브공정으로 나뉘어 진다.

본 연구에서는 다이형상, 전단속도 등의 파라미터들에 따른 영향을 컴파운드공정과 프로그레시브공정에 대해 적용 모델실험 및 시뮬레이션을 통해 상호 비교해석하고자 한다.

2.실험 방법 및 내용

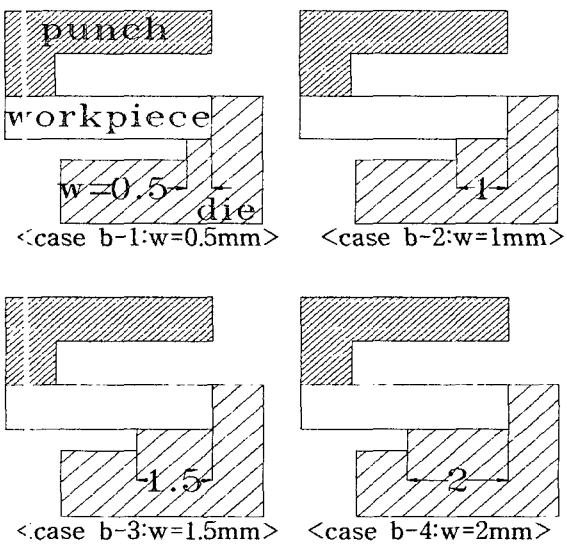
컴파운드공정은 코이닝, 피어싱, 블랭킹으로 구성되어 있는데 코이닝은 소재 일부분의 두께를 업셋팅으로 줄이거나 단을 만드는 것을 말하며, 피어싱은 블랭킹과 같이 전단가공공정중의 하나

도. 완제품에 필요없는 부분을 전단해 버리는 공정이고 블랭킹은 완제품이 될 부분을 전단하는 것을 말한다. 그런데 이 공정에서는 코이닝과 피어싱이 연속적으로 일어나므로 코이닝이 피어싱에 영향을 미칠 것이라고 예상할 수 있다. 그래서 컴파운드공정에서 다이형태를 Fig.1과 같이 생각해 보면 코이닝하는 부분이 상부다이에 있는 경우와 하부다이에 있는 경우에 대해 코이닝하는 부분의 폭(w)을 공정변수로 하여 시뮬레이션하였다.



<case a-1:w=0.5mm> <case a-2:w=1mm>
<case a-3:w=1.5mm> <case a-4:w=2mm>

[caseA:coining part is located in upper die]



<case b-1:w=0.5mm> <case b-2:w=1mm>
<case b-3:w=1.5mm> <case b-4:w=2mm>

[caseB:coining part is located in lower die]

Fig.1 Two case of the die shape.

프로그레시브공정도 블랭킹, 피어싱, 코이닝으로 구성되어 있으나 성형공정들이 서로 독립적으로 공정이 이루어 지는데 우선 소재를 코이닝하고 난 다음에 블랭킹과 피어싱이 동시에 일어나게 된다. 컴파운드공정은 코이닝과 피어싱이 연속적으로 이루어지므로 코이닝에 의한 재료유동은 코이닝하는 폭에 따라 한계가 있어 완제품의 형태에 완전히 충진(filling)하는데 많은 하중이 요구되는 것에 반하여 프로그레시브공정은 코이닝시 일어나는 재료유동의 공간을 미리 확보해 두고 코이닝을 하기 때문에 컴파운드공정의 충진문제를 해결할 수 있다. Fig.2,3은 컴파운드공정과 프로그레시브공정을 시뮬레이션하는 처음 단계를 나타내고 있으며, 프로그레시브공정에서는 코이닝과 블랭킹 단계를 생략하였다. 그리고 시뮬레이션의 결과는 두 공정을 하중-스트로크곡선과 펀치 부분의 변형률-스트로크곡선으로써 상호비교하는 방법을 통해 제시하였다.

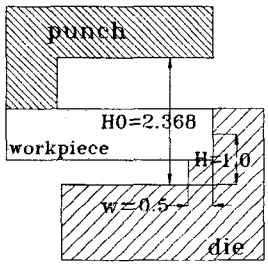


Fig.2 Compound Process

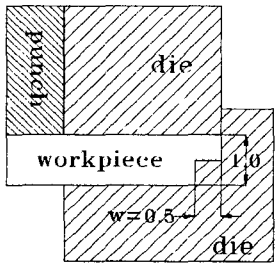


Fig.3 Progressive Process

Fig.2에서 punch는 피어싱과 코이닝을 동시에 하고 Fig.3에서는 피어싱만 한다. workpiece는 소재(플라스티신)를 나타내고 있다.

모델실험에서는 컴파운드공정과 프로그레시브공정의 피어싱된 전단면을 보기 위해 시편을 세작하여 실험하였다. 컴파운드공정의 모델실험의 경우는 Fig.4에서 그 공정을 묘사하고 있다. 일반적으로 코이닝과 피어싱을 하면서 외형의 블랭킹작업도 함께 이루어지도록 되어 있는데 실험에서는 제품의 테두리를 블랭킹하는 것을 무시하고 미리 디스크형의 preform을 제작한 상태에서 실험을 하였다.

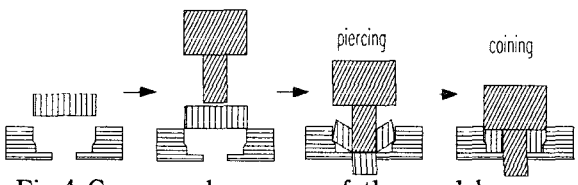


Fig.4 Compound process of the model experiment

프로그레시브공정에서도 마찬가지로 preform을 가지고 코이닝을 먼저 수행하고 난 후에 피어싱을 한다. Fig.5는 프로그레시브공정의 구체적인 공정순서를 설명하고 있다.

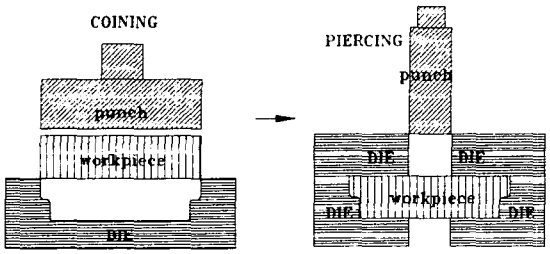


Fig.5 Progressive process of the model experiment

그리고 전단속도를 1, 5, 10mm/s로 변화시키면서 두 공정에 대해서 실험하여 전단면의 재료유동상태를 관찰하였다.

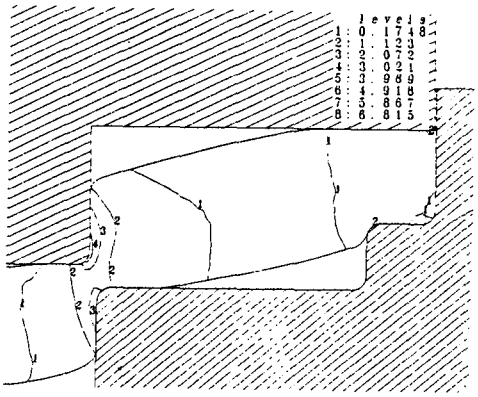
3.실험결과 및 고찰

컴파운드공정에서 다이형상 변화의 각 경우에 대한 시뮬레이션의 결과를 펀치 모서리부분에서 소재의 최대변형률과 각각의 경우에 요구되는 최대하중을 Table.1에 세시하였다.

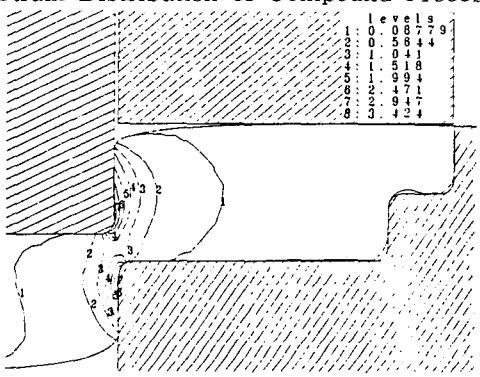
Table.1 maximun load and strain according to each cases

	Case A			
	casea-1	casea-2	casea-3	casea-4
최대하중(N)	10	19.8	30.6	40
최대변형률	2.258	4.215	5.147	6.62
	Case B			
	caseb-1	caseb-2	caseb-3	case-4
최대하중(N)	15.4	23.7	31	45
최대변형률	2.072	2.424	2.690	2.98

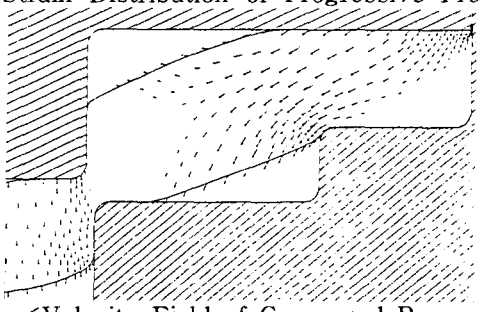
위의 결과를 보면 Case A,B에서 공정변수(w)가 증가함에 따라 요구되는 최대하중이 증가함을 알 수 있다. 이에 더불어 펀치의 모서리부분에서 소재의 변형률도 w에 대해 증가함을 볼 수 있으므로 하중과 변형률이 펀치의 마모에 영향을 준다는 점에서 w가 펀치의 마모에 대해 중요한 원인의 요소중에 하나라고 볼 수 있다. 이런 결과를 토대로 스토퍼 제품가공의 난이도를 생각해 본다면 w와 난이도사이의 관계가 비례한다는 것을 알 수 있다. 그리고 시뮬레이션을 통해 컴파운드공정과 프로그레시브공정에 대한 해석을 피어싱되는 끝부분의 변형률 분포,속도상과 하중-스트로크선도로써 비교한 결과가 Fig.6에 제시되어 있다.



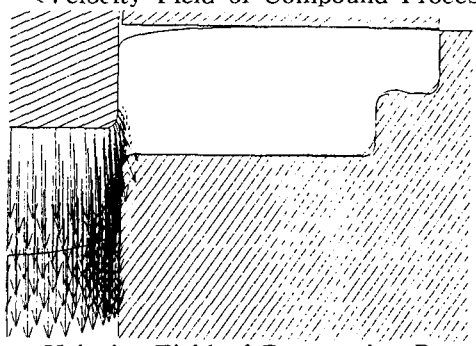
<Strain Distribution of Compound Process>



<Strain Distribution of Progressive Process>

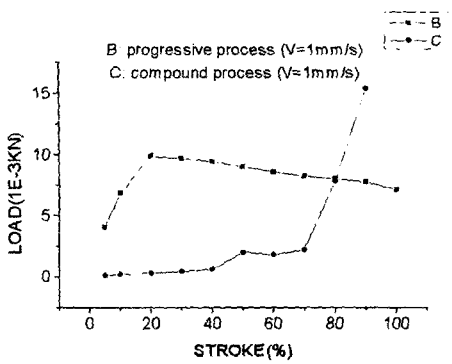


<Velocity Field of Compound Process>



<Velocity Field of Progressive Process>

ⓐ Strain Distribution and Velocity Field



ⓑ Load-Stroke curve

Fig.6 Comparison between Compound and Progressive Process on the ⓐ Strain Distribution and Velocity Field, ⓑ Load-Stroke Curve

Fig.6ⓑ에서 프로그레시브공정의 하중-스트로크선도는 코이닝과 피어싱에 요구되는 하중들을 합한 것이다. 두 공정을 하중-스트로크선도로써 비교해 보면 코이닝과 피어싱이 연속적으로 일어나는 컴파운드공정보다 프로그레시브공정에서 요구되는 최대하중이 작다는 것을 알 수 있었다. Fig.6ⓐ에서 변형률 분포와 속도상의 결과를 보면 컴파운드공정이 최대변형률에서 프로그레시브공정보다 상대적으로 높으므로 하중과 변형률이 펀치의 마모에 미치는 영향을 생각해 볼 때 컴파운드공정보다 프로그레시브공정이 상대적으로 펀치의 마모가 적다는 것을 알 수 있었고 컴파운드공정의 속도장을 보면 코이닝으로 인한 재료유동이 피어싱되는 쪽으로 작용하고 있다는 것을 알 수 있었다. 모델실험은 피어싱된 전단면의 상태가 주된 관심이므로 컴파운드공정과 프로그레시브공정사이의 전단면 모습을 Fig.7에서 나타내고 있다.

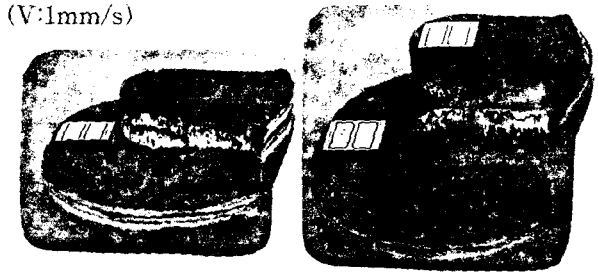
<Compound Process>

<Progressive Process>

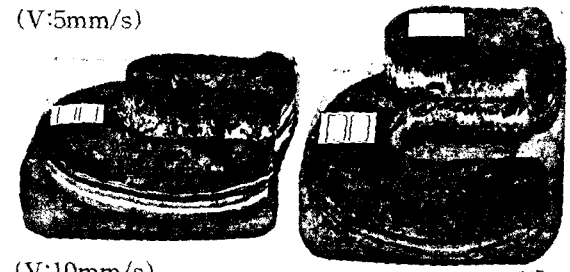
Fig.7 Shear Surface of two Experimented Process

Fig.7에서 피어싱된 전단면을 자세히 살펴보면 프로그레시브공정은 전단면의 전체적인 재료유동이 수평방향으로 비교적 균일하게 일어나는데 컴파운드공정은 상대적으로 프로그레시브공정에 비해 비균일하게 재료유동이 일어나는 것을 볼 수 있다. Fig.8은 전단 속도 변화에 따른 컴파운드공정과 프로그레시브공정에 대한 전단면 상태와 하중-스트로크선도를 보여주고 있다.

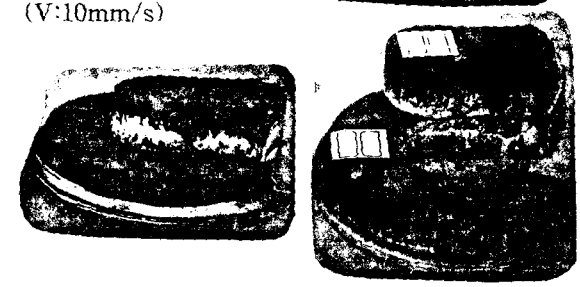
(V:1mm/s)



(V:5mm/s)

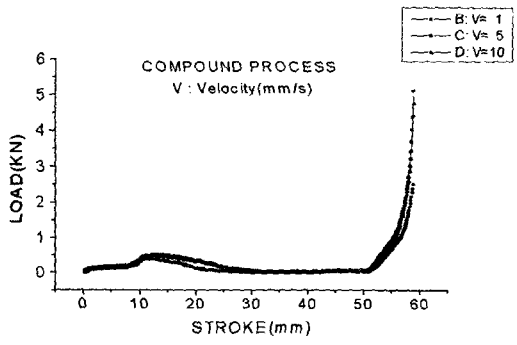


(V:10mm/s)

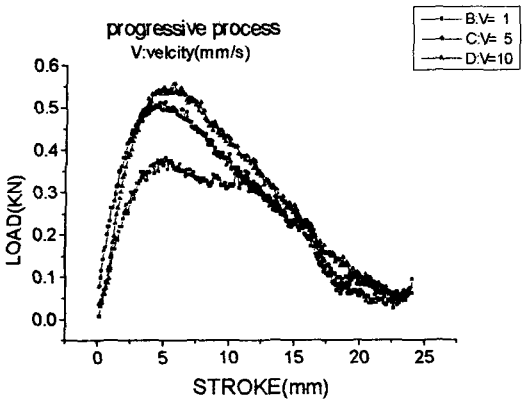


<Compound process> <Progressive process>

ⓐ Shear Surface of two Process



<Compound Process>



<Progressive Process>
ⓑLoad-Stroke curve of two Process

Fig.8 ⓐShear Surface and ⓑLoad-stroke curve of Two Experimented Process according to Shear Velocity

우선 위의 결과를 보고 알 수 있는 것은 요구되는 최대하중이 프로그레시브공정보다 컴파운드공정이 훨씬 높다는 것이다. 이것은 Fig.1에서의 다이형상에 따른 컴파운드공정에서 코이닝과 피어싱의 연속적인 성형작업으로 인해 발생한 미충진을 해결하기 위해 과도한 하중이 요구되는 것으로 예측할 수 있다. 하중과 전단면상태의 전체적인 관성에서 보면 컴파운드공정은 속도에 관계없이 전단면의 상태가 Fig.8ⓐ처럼 재료유동이 수평방향으로 비균일하게 일어났고 속도에 따른 하중변화의 경향은 Fig.8ⓑ와 같이 거의 동일하였다. 프로그레시브공정도 속도에 관계없이 전체적인 전단면의 상태가 Fig.8ⓐ처럼 수평으로 균일하게 일어났지만 공정에 요구되는 최대하중은 Fig.8ⓑ처럼 속도의 증가에 따라 증가하였다. 그리고 속도에 따라 전체적으로 전단면의 끝부분에서 파단면의 두께에 약간의 변화가 있었다. 즉, 속도가 5,10mm/s일 때가 1mm/s일 때보다 상대적으로 파단되는 시기가 빨라서 파단면의 두께가 속도가 빠른 경우에 더 두꺼웠다. 그러나 파단면의 형성은 두 공정에서 어느 정도 차이는 있지만, 두 공정 모두에 생기는 것을 알 수 있었다. 이 파단면의 형성에 대한 원인은 여러 가지 원인이 있겠으나 이에 대한 대안으로는 기계공학적인 측면에서 볼 때 온간하에서의 파인블랭킹공정이 제시되고 있다. 이미 기어에 대해 온간에서 블랭킹으로 가공하는 것에 대한 연구[8]가 행해지고 있다. 온간(700℃- 900℃)에서 가공은 냉간과 열간의 장점을 지녀 파인블랭킹의 파단면문제에 대한 실마리를 제시할 것이고 파인블랭킹이 어렵고 복잡한 형상의 제품에 대한 가공에도 가능할 것으로 생각된다.

4. 결론

컴파운드공정에서의 다이형상에 따른 시뮬레이션의 결과를 통해 w가 증가함에 따라 다이에 소재를 충진하기 위해 하중의 과도한 증가, 또는 펀치의 마모문제가 나타날 수 있으므로 w가 큰 즉, 난이도가 높은 경우의 제품을 생산할 경우에는 컴파운드공정보다 프로그레시브공정이 더 적합하다는 결론을 얻을 수 있었고 모델실험과 시뮬레이션을 통해서도 컴파운드공정과 프로그레시브공정을 종합적으로 비교해석해 볼 때 요구되는 하중과 전단면의 재료유동상태로써 유추한 결과는 컴파운드공정보다 프로그레시브공정이 스토퍼 제품에 적합하다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1]柳炳烈 編譯,"파인블랭킹금형",성안당, p.29,1990
2]J.E.Biegel, "Punch-die clearances-their effects on stamping forces", Tool Manufacturing. Engineering, Vol 48, No 5, p.97,1962
3]H.H.Hugo, "Good stamping starts with the dies", Tron Age, Vol 203, No 21, p.72, 1969
4]Y. Lu and M. Murakawa, "Effect of shearing temperature and speed on the sheared edge qualities and characteristics", 塑性と加工,제 31권,제 356호,pp.1142-1147,1990
5]N.H.Cook, D.M.Gujral and V.A. Tipnis,"Higher speeds for punch process",Tool Manufacturing. Engineering. , Vol 48 , No 5, p.97,1962
6]K.Lange and H.Liebing,"Blanking and piercing without any burr", Annals of CIRP, Vol 27, No 1, p.177,1978
7]D.F.Eary,"Press and die aligment - key to stamping efficiency", Tool Manufacturing Engineering,Vol 49, No 6, p.109, 1962
8]村川正夫,大川陽康,"厚板の加熱プレスシエーピング加工",塑性加工春季講演會,pp.501-506,1982