한국정밀공학회지 제 25 권 제 7 호 (2008 년 7 월)
Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 25, No. 7, July 2008

기계식 프레스에 의한 자동차 시트 리클라이너의 고정밀 플레이트 홀더 개발(Ⅰ) : FCF 공법 적용

김병민*, 최홍석**, 장명진***, 배재호***, 이선봉****, 고대철#

Development of High Precision Plate Holder in Automotive Seat Recliner by Mechanical Press(I) : Application of FCF Method

Byung-Min Kim*, Hong-Seok Choi**, Myung-Jin Chang***, Jae-Ho Bae***, Seon-Bong Lee**** and Dae-Cheol Ko#

ABSTRACT

Fine blanking is a process of press shearing which makes it possible to produce the thick sheet metal of the finished surface and the close dimensional accuracy over the whole material thickness in the single blanking operation. In this paper, a plate holder of automotive seat recliner is manufactured by FCF(Flow Control Forming) method using the conventional mechanical press instead of the fine blanking press. Main processes for manufacturing of the plate holder by FCF method are embossing, half blanking and trimming processes. Optimal clearance, stripper force and counter force to increase the dimensional accuracy of the plate holder have been investigated by FE-analysis. As a result of FE-analysis, the clearance for both embossing and half blanking processes was -2%t and the forces of stripper and counter were 25ton and 15ton, respectively. After manufacturing the plate holder by FCF method, the measured dimensional characteristics have been compared with the required specifications as the final product. Although the dimensional accuracy of the plate holder manufactured by FCF method was a little inferior to that by fine blanking process, it was satisfactory in a general sense.

Key Words : Clearance (클리어런스), Embossing (엠보싱), FCF (유동제어성형), Fine blanking (파인블랭킹), Half blanking (하프블랭킹), Recliner (리클라이너), Plate holder (플레이트 홀더)

1. 서론

파인블랭킹(Fine blanking)은 1923년 스위스에서 개발된 프레스 가공 기술로써 한 번의 전단 공정으로 소재 두께 전체에 걸쳐 깨끗한 전단면을 얻을 수 있다. 따라서 제품에 악영향을 미치는 파단면 및 버(Burr) 제거를 위한 후공정을 생략할 수 있으므로 우수한 치수 정밀도와 생산성을 확보할 수 있

☞ 접수일: 2008년 1월 24일; 게재승인일: 2008년 5월 27일
* 부산대학교 기계공학부
** 부산대학교 정밀가공시스템 전공
*** (주) DAS 금형팀
**** 계명대학교 기계자동차공학부
\# 교신저자: 부산대학교 부품소재산학협력연구소(ILIC)
E-mail: dcko@pusan.ac.kr Tel. (051) 510-3697

는 성형기술이라 할 수 있다. 또한, 카운터싱킹(Counter sinking), 엠보싱(Embossing), 코이닝(Coining) 등의 가공을 동시에 할 수 있으므로 전단 부품에 있어 높은 정밀도와 신뢰성을 요구하는 제품의 제조에 필수적인 공정이다. 원래 파인블랭킹은 주로 사무기기 산업의 제조공정에 활용되었으나, 소재, 금형 및 프레스 설비의 개발 등이 진행됨에 따라 사실상 프레스 가공 산업의 모든 분야에 적용될 정도로 중요한 위치에 놓이게 되었다.[1]

파인블랭킹은 일반적인 블랭킹(Conventional blanking)과는 달리 비링(Vee-ring), 카운터 펀치(Counter punch), 스트리퍼(Stripper)를 설치하고 균형있는 하중을 적용하여 소재 전단부에 정수압 응력(Hydrostatic pressure)을 발생시킨다. 따라서 상온의 가공 재료에 소성 변형이 증대되고 파괴 시점이 지연됨에 따라 깨끗한 전단면을 얻게 된다. 결국 전용 파인블랭킹 프레스는 전단 압력, 스트리퍼 압력, 카운터 압력을 부여하는 3축을 유압으로 제어하여 제품을 제조한다. 또한, 전용 파인블랭킹 프레스는 일반 기계식 프레스에 비해 설비 및 금형이 고가이고, 유압 제어로 인한 가공 속도의 저하, 편심 하중을 방지하기 위해 램 가이드의 높은 정밀도 및 강성이 요구되므로 전체적으로 제품의 원가가 상승하게 된다. 그러나 전용 파인블랭킹 설비로 제조되는 제품을 기계식 프레스를 이용하여 제조하면 생산성이 뛰어날 뿐만 아니라, 프레스 설비 유지가 용이하고, 저렴한 관리비 등 여러 가지 이점이 있다. 따라서 현재는 전용 파인블랭킹 설비보다는 일반 기계식 프레스에서 고정도의 파인블랭킹 제품을 생산하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

일반 프레스에서의 파인블랭킹에 대한 실험적 연구는 1970년대부터 진행되어 왔다. Akira 등은 일반 프레스에서 파인블랭킹의 원리를 이용하여 전단되는 제품의 특성과 품질을 조사하였고,[2] Kim 등은 일반 프레스에서 파인블랭킹을 할 수 있는 가공 방식에 대한 연구를 수행하였다.[3] 최근에는 Hayashi 등이 프로그레시브(Progressive) 파인블랭킹 금형을 이용한 제품의 제조공정 기술에 관한 연구를 발표하였다.[4] 이처럼 일반 프레스를 이용한 고정밀 파인블랭킹 제품을 제조하고자 하는 연구는 계속 진행중에 있으며, 고부가가치 기술로서 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 파인블랭킹 성형 메카니즘을 일반 프레스에서 구현하고, 프로그레시브 금형을 통한 FCF(Flow Control Forming) 공법[5]으로 자동차 시트 리클라이너 부품인 플레이트 홀더를 제작하고자 한다. 시작품 제작에 앞서 CAE를 통해 최적의 공정변수를 선정하였으며, 실제 FCF 공법으로 제작된 플레이트 홀더와 전용 파인블랭킹 설비에 의한 플레이트 홀더 및 제품에 요구되는 치수 정밀도의 비교를 통해 개발된 공정의 합리성을 검증해 보았다.

2. 자동차 시트 리클라이너

Fig. 1에 리클라이너의 구성부품을 나타내었다. 리클라이너는 운전자가 자동차 시트를 조정할 때, 등받이 각도 조절 및 고정의 역할을 수행함으로써 운전자의 안정성과 감성에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서 개발하고자 하는 플레이트 홀더는 리클라이너의 기능에 있어 중대한 영향을 미치는 부품으로서 피어싱, 엠보싱 및 외곽 블랭킹 공정으로 제조된다.

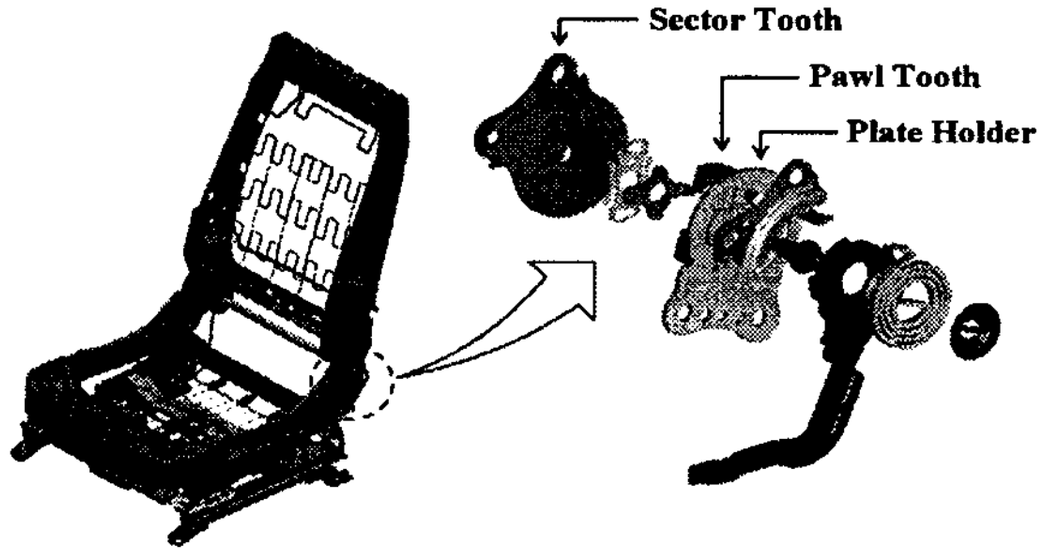

Fig. 1 Components of the automotive seat recliner

Fig. 2에 플레이트 홀더의 주요 치수 및 섹터 투스(Sector tooth)와의 결합도를 나타내었다. 플레이트 홀더는 회전 시, 섹터 투스와 맞물리면서 기준 역할을 하기 때문에 자동차 시트 유격 인자 중에서 가장 중요하다고 할 수 있다. 특히 엠보싱 성형부와 외곽 전단부는 상대 부품과 습동하기 때문에 양호한 전단면이 확보되어야 한다. 따라서 플레이트 홀더는 동축도, 평탄도 및 전단면 등이 요구되는 고정밀 부품이라고 할 수 있다.

3. FCF 공법에 의한 플레이트 홀더 개발

3.1 공정 설계

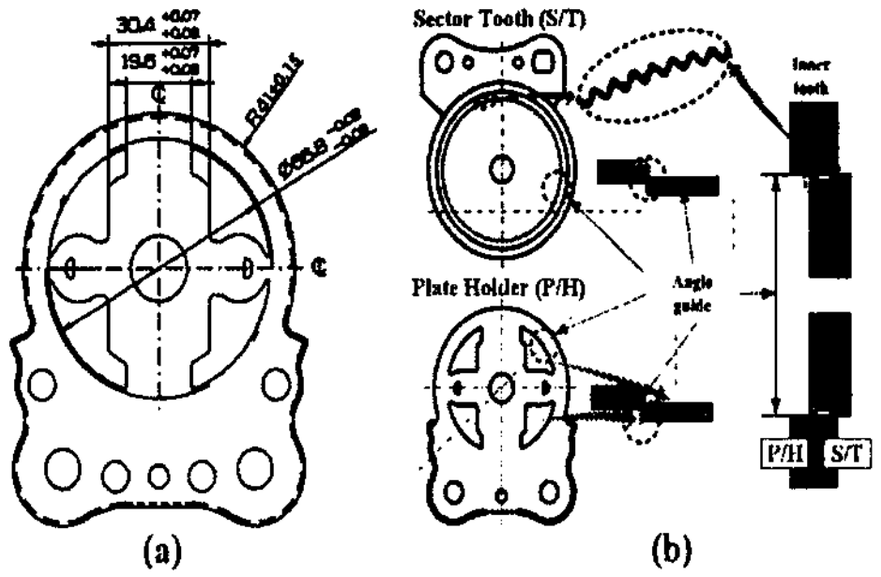

Fig. 2 Schematic drawing of plate holder(a) and sector tooth(b)

전용 파인블랭킹 프레스는 볼스터(Bolster) 면적이 좁기 때문에 공정 수를 늘리는 데 한계가 있지만, 일반 프레스에서는 프로그레시브화하여 공정수를 늘릴 수 있으므로 복잡한 전단부품의 가공이 용이하다. 또한 각 공정별 성형조건을 다양하게 부여하여 전체적인 성형하중을 분산시킴으로써 금형의 한계수명을 증가시킬 수 있고, 생산속도 향상에 따라 제품의 제조비용을 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 플레이트 홀더의 제조 공정에서 가장 중요한 엠보싱, 하프블랭킹 및 트리밍 공정에 대한 설계를 중점적으로 수행하였다. 전용 프레스에서 한번에 일어나는 외곽 전단공정을 일반 프레스에서 하프블랭킹과 트리밍 공정으로 분리하고 최적의 성형조건을 확립함으로써 유효 전단면 확보를 꾀할 수 있다.

한편 엠보싱 및 하프블랭킹 공정에서의 스트리퍼 및 카운터 하중을 부여하기 위해 프레스의 상, 하부 홀더에 가스 스프링을 장착하여, 전용 파인블랭킹 설비와 유사한 3축 제어가 가능하도록 하였다. Fig. 3에 플레이트 홀더 제작을 위한 FCF 공법에서의 공정 레이아웃을 나타내었다.

3.2 CAE를 통한 최적 공정 변수 선정

3.2.1 유한요소해석 모델

플레이트 홀더의 엠보싱 성형을 위해 가스 스프링에 의한 스트리퍼 하중과 카운트 하중으로 재료의 반경반향 유동을 제어해야하며, 제품외곽 전단면의 성형을 위해 비링에 의한 스트리퍼 하중으로 재료의 반경방향 유동을 제어해야하므로 본 연구에서는 플레이트 홀더의 성형해석을 위해 2차원 축대칭 모델을 적용하였다. 또한 시뮬레이션에 사용된 소재는 두께 4mm의 AISI8620 냉연강판이며, 후판의 전단공정에서 펀치와 다이 사이의 클리어런스가 매우 작기 때문에 소재의 탄성변형은 무시할 수 있으므로 강소성 재료로 가정하였고 완전 풀림처리된 소재를 사용하였으므로 압연으로 인한 이방성은 고려하지 않았다.[6] Table 1에 완전 풀림처리된 AISI8620 냉연강판의 화학적 조성 및 기계적 물성치를 나타내었다.

Fig. 4에 공정별 성형 개략도를 나타내었다. 주요 공정은 엠보싱, 하프블랭킹 및 트리밍 공정이며

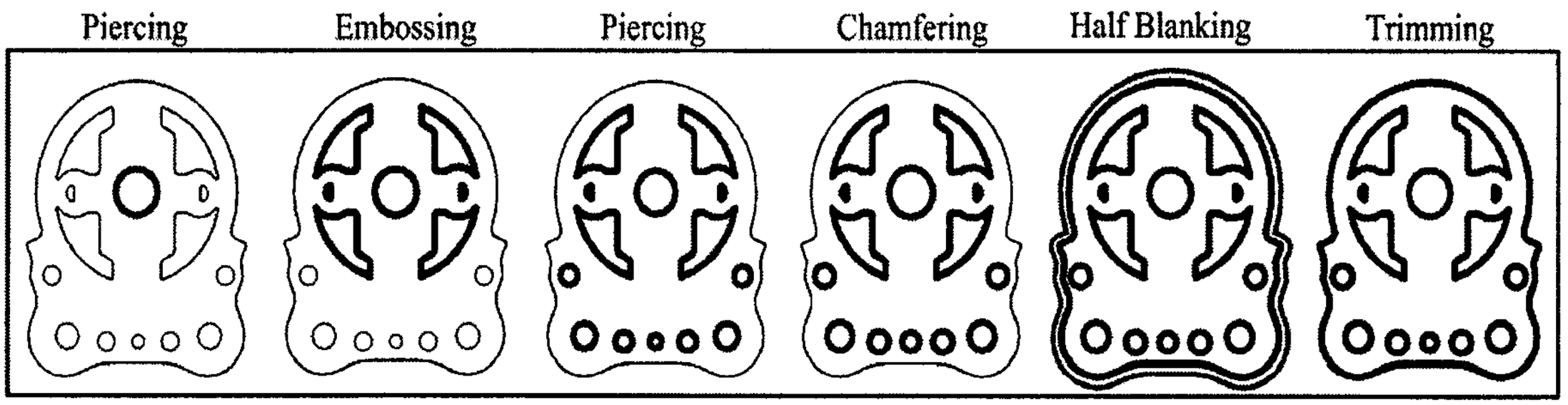

Fig. 3 Process layout of the FCF method for manufacturing recliner in mechanical press

Table 1 Chemical and mechanical properties of full annealed AISI8620 (t=4mm)

Material	Chemical composition (wt%)									$\bar{\sigma} = K\bar{\epsilon}^n$		Critical damage
AISI8620	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Fe	K	n	C
	0.17	0.25	0.70	0.01	0.01	0.70	0.47	0.14	Bal.	770(MPa)	0.15	1.7

각 공정에 스트리퍼 및 카운터 하중을 부여하였다. 또한, 엠보싱 및 하프블랭킹에서의 스트로크는 각각 2.7mm, 3.2mm이다. 한편, 트리밍 공정의 스트로크는 0.8mm이고 최종 제품을 스크랩으로부터 분리하여 취출(Ejecting)할 수 있도록 하였다.

전단공정을 유한요소 시뮬레이션하기 위해 일반화된 Cockcroft와 Latham에 의한 연성파괴 조건[7] 및 요소제거기법(Element kill method)[8]을 적용하였다. 한편 유한요소해석과 실험을 통해 임계 손상치(Critical damage), C값을 구하였다. 성형해석 소프트웨어로는 DEFORM-2D를 사용하였으며, 입력값으로써 마찰상수 m은 0.12, 요소 수는 5000개, 펀치의 속도는 100mm/s로 하였다.

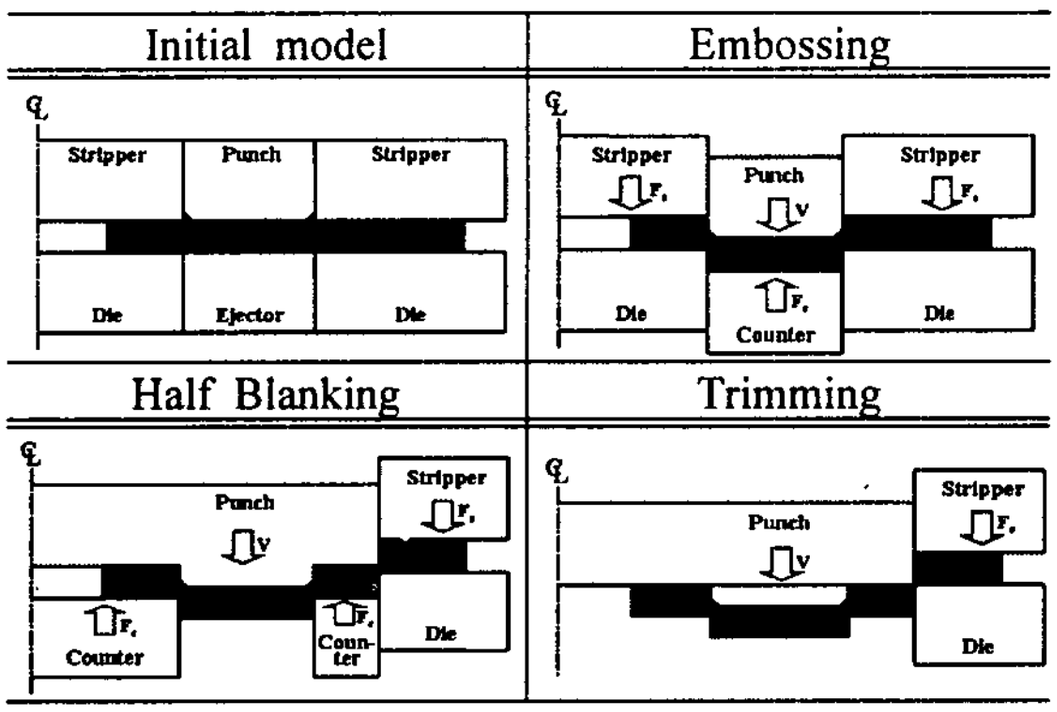

Fig. 4 Schematic drawing of process layout

3.2.2 엠보싱 공정에서의 최적 공정변수

Table 2에 엠보싱 공정의 공정변수를 나타내었다. 여기서 클리어런스는 두께에 대한 퍼센트(%)로 나타내었으며, 음(-)의 클리어런스는 펀치의 치수가 다이의 치수보다 크다는 것을 나타낸다. 스트리퍼 하중 및 카운터 하중의 선정은 일반적인 파인블랭킹 공정에서 알려진 성형하중의 50% 및 30%를 각각 부여하였으며 클리어런스 선정 후, 스트리퍼 하중 및 카운터 하중의 합리성을 검증하였다.

Table 2 Process variables in embossing process

Variable	Value	Remarks
Clearance C(%t)	-4, -2, 0, 2, 4	Fs=25(ton) Fc=15(ton)

엠보싱 공정에 대해 유한요소해석으로 얻은 재료의 변형형상과 실제 제품의 형상을 비교하여 Fig. 5에 나타내었으며, 해석 및 실험결과가 상당히 유사함을 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 이용한 2차원 축대칭 모델은 유효한 것으로 판단될 수 있다.

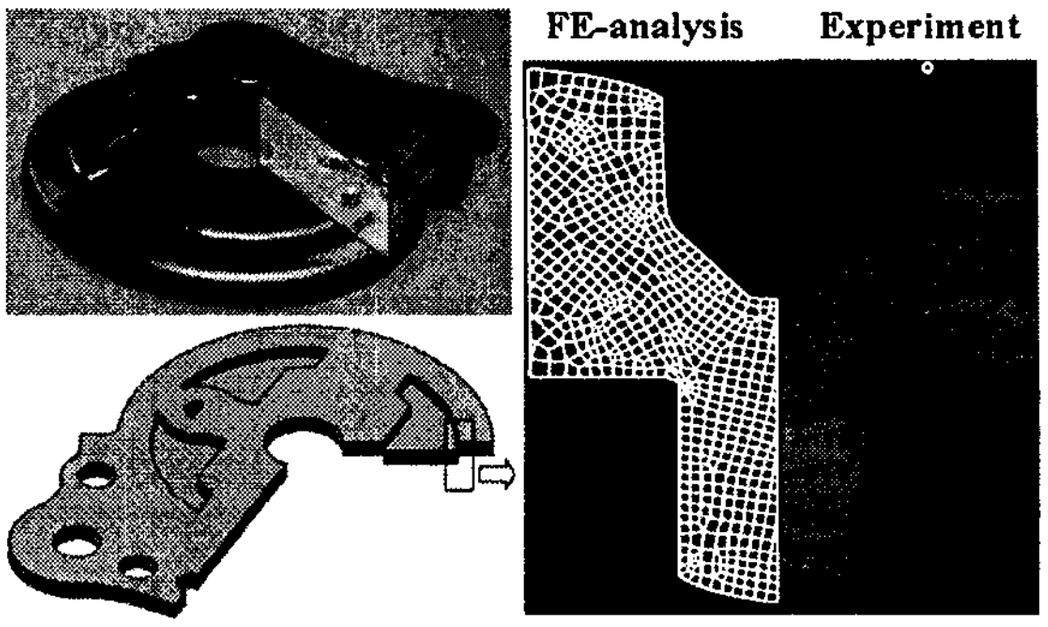

Fig. 5 Comparison of FE-analysis and experimental results in embossing process

엠보싱부 롤오버(Roll-over) 및 전단면 형상에 관한 클리어런스의 영향을 해석하여 Fig. 6에 나타내었다. 클리어런스의 증가에 따라 롤오버는 증가

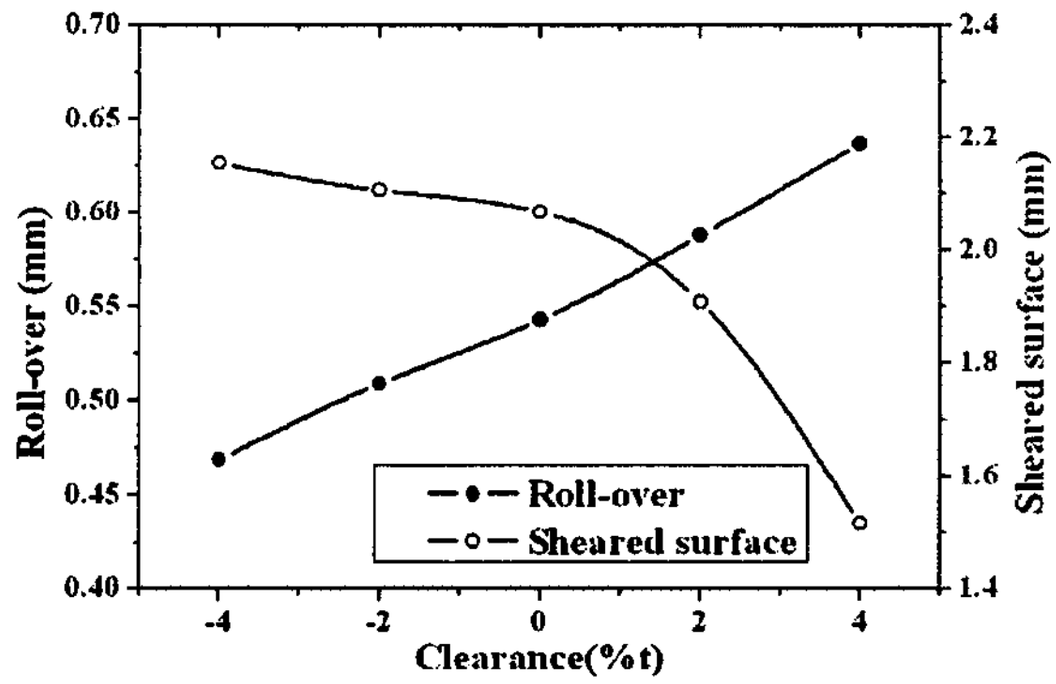

Fig. 6 Influence of various clearances on roll-over and sheared surface in embossing process

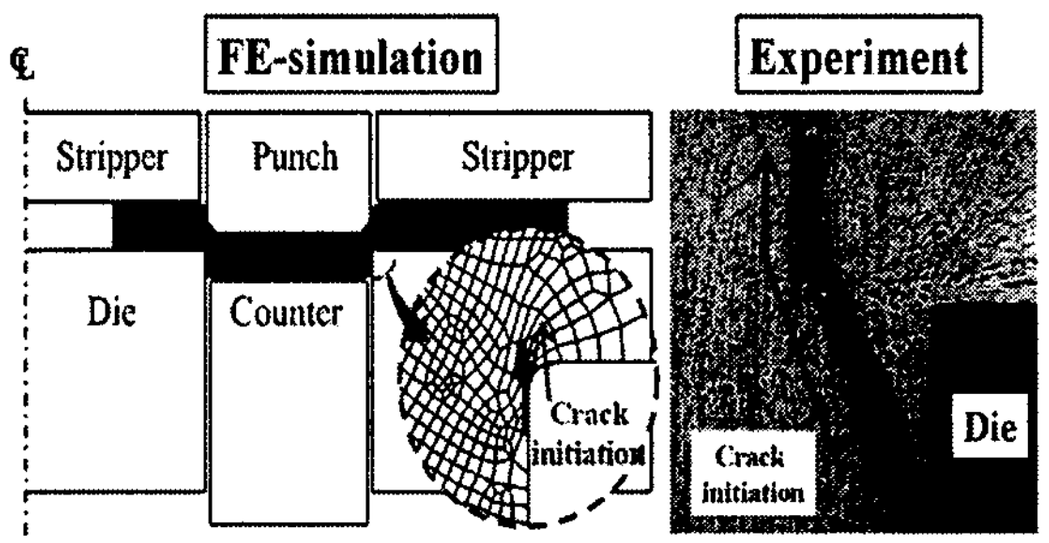

Fig. 7 Crack propagation in embossing process by FE analysis

하고 전단면은 감소하였다. 또한 2%t와 4%t의 클리어런스에서는 Fig. 7과 같이 다이 코너부의 소재에서 균열(Crack)이 발생하였는데, 이는 과대한 클리어런스로 인해 피가공재의 전단윤곽부에 인장응력이 작용하여 파단이 일어난 것으로 생각된다. 한편 -4%t의 클리어런스에서는 롤오버 및 전단면이 제품에 가장 양호하게 나왔으나, 엠보싱부의 내폭치수가 편측으로 약 10㎛가량 변형되므로 상대 부품과 습동 시, 유격이 발생할 우려가 있다. 따라서 리클라이너 조립 시 각 부품간의 유격문제를 고려하기 위하여 과도한 음(-)의 클리어런스로 인해 발생하는 압축력에 의한 엠보싱의 내폭치수 변화를 최소화하고 제품상에 균열발생 없이 엠보싱의 유효 전단면을 가장 많이 확보할 수 있는 측면에서 -2%t를 최적의 클리어런스로 선정하였다.

스트리퍼 및 카운터 하중의 적정성 여부를 판단하기 위하여 앞서 결정된 -2%t의 클리어런스를 적용하여 엠보싱부 롤오버 및 전단면 형상에 관한 스트리퍼 및 카운터 하중의 영향을 해석해 보았으며, 그 결과를 Fig. 8과 9에 각각 나타내었다. 본 연구에서 고려한 스트리퍼 및 카운터 하중의 범위는 실제 현장의 프레스 설비에서 적용 가능한 범위로 한정하였으며, 그 변화간격은 현장에서 조절할 수 있는 값을 고려하여 각각 5ton 및 2.5ton 간격으로 변화시켜 해석해 보았다.

Fig. 8에 볼 수 있듯이, 스트리퍼 하중이 증가함에 따라 전단면은 증가하고 롤오버는 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 20ton이하의 스트리퍼 하중에서는 Fig. 7과 같이 다이 코너부의 피가공재에 균열 발생이 예측되었는데 이는 정해진 엠보싱

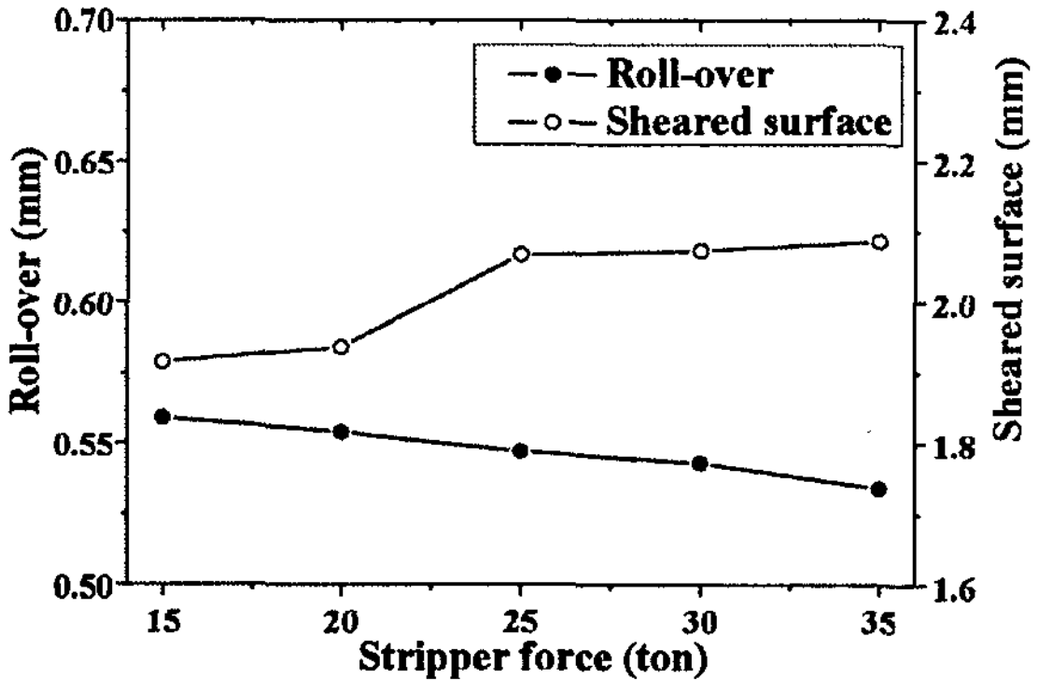

Fig. 8 Influence of various stripper forces on roll-over and sheared surface in embossing process

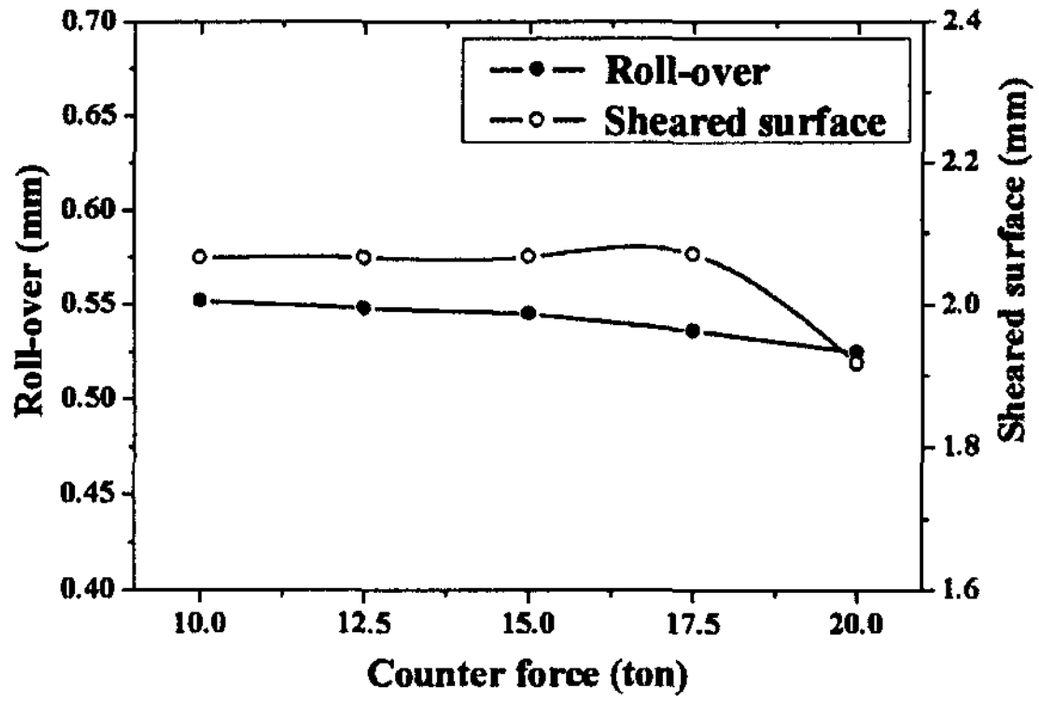

Fig. 9 Influence of various counter forces on roll-over and sheared surface in embossing process

성형 높이에서의 스트리퍼로 인한 압축응력이 부족했기 때문으로 판단된다.[9] 한편, 스트리퍼 하중이 35ton 이상부터는 엠보싱 부위의 폭 치수 변동이 발생하였다. 따라서 스트리퍼 하중은 엠보싱부의 폭 치수변화를 최소화하고 유효 전단면 길이를 최대한 확보할 수 있는 최소 하중측면에서 25ton이 타당한 것으로 판단된다.

롤오버 및 전단면 형상에 관한 카운터 하중의 영향을 해석하여 Fig. 9에 나타내었다. 카운터 하중 17.5ton까지는 하중이 증가함에 따라 유효 전단면이 증가하지만, 20ton이상에서는 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 카운터 하중 증가에 따라 높은 압축응력이 발생하였고 전단부에 큰 변형력이 작용하여 제품에 균열이 발생했기 때문이다. 따라서 균열발생 없이 유효 전단면을 최대로 확보할 수 있는 최소 카운터하중으로 15ton이 타당함을 알 수 있다.

3.2.3 하프블랭킹 및 트리밍 공정에서의 최적 공정변수

일반 프레스에서의 외곽 전단 시, 유효 전단면 증대를 위해 하프블랭킹과 트리밍 공정이 적용되었다. 엠보싱 공정에서 음(-)의 클리어런스로 전단할 때, 피가공재에 압축응력이 발생하여 유효전단면을 높일 수 있다는 것을 알 수 있었다.[10] 따라서 하프블랭킹 공정에서 음(-)의 클리어런스로 성형한 후, 트리밍 공정으로 최종 전단 및 제품 취출이 가능하도록 설계하였다.

하프블랭킹 성형 스트로크는 피가공재 두께의 80%인 3.2mm이고 트리밍 공정은 0.8mm로 하였다. 한편, 엠보싱 공정으로 예측된 성형하중과 하프블

랭킹에서의 전단 성형하중이 유사하므로, 스트리퍼 하중 및 카운터 하중은 엠보싱 공정과 동일하게 두었다. 또한, 스트리퍼에 의한 전단 변형부의 압축력을 극대화하기 위해 펀치로부터 3mm 떨어진 곳에 비딩을 성형하였다. 클리어런스 조건은 판 두께 비율로 -10%t에서 2%t까지 2%t 간격으로 두었다. 적절하지 못한 클리어런스의 선정은 외곽 트리밍 후, 하프블랭킹의 전단면과 일치하지 않는 단차를 형성할 수 있으므로 중요한 인자라고 할 수 있다.

여러 가지 클리어런스에 대한 하프블랭킹 공정을 해석하여 클리어런스 변화에 따른 제품의 외곽 치수 및 유효 전단면 길이를 조사해 보았으며, 그 결과를 Fig. 10에 나타내었다. 또한 Fig. 11은 적절하지 못한 클리어런스 및 적절한 클리어런스를 부여했을 경우, 하프블랭킹 공정에서 나타내는 전단 변형부 형상에 대한 해석결과를 나타낸 것이다. Fig. 10과 11에서 알 수 있듯이, 클리어런스가 음(-)의 값을 가질수록 동일 스트로크 상에서 피가공재에 높은 압축응력이 작용하여 파단이 지연되는 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 과대한 음(-)의 클리어런스는 섹터투스와 습동하는 외곽 면의 치수 변형을 일으키고 있다. 한편, 클리어런스를 양(+)으로 두면, 외곽 치수는 만족하지만, 재료에 인장응력 작용에 따른 파단 발생으로 유효 전단면이 대폭 줄어드는 문제가 발생하였다. 따라서 하프블랭킹 공정에서의 최적 클리어런스는 외곽 치수를 만족하면서, 최대의 유효 전단면을 확보할 수 있는 -2%t로 선정할 수 있었다.

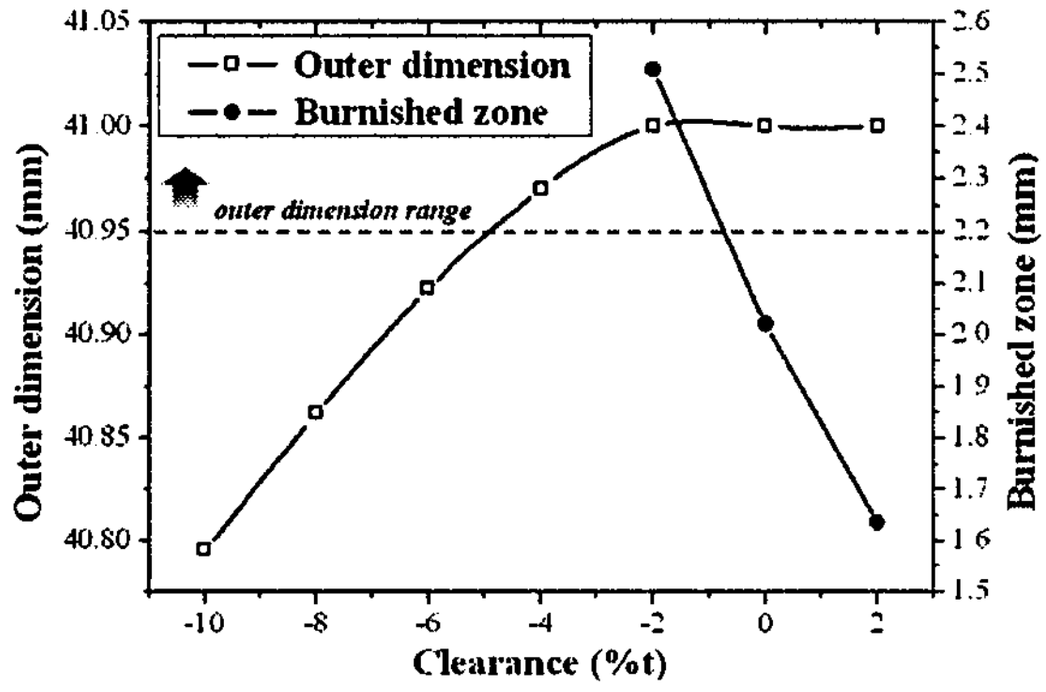

Fig. 10 Influence of various clearances on outer dimension and sheared surface in half blanking process

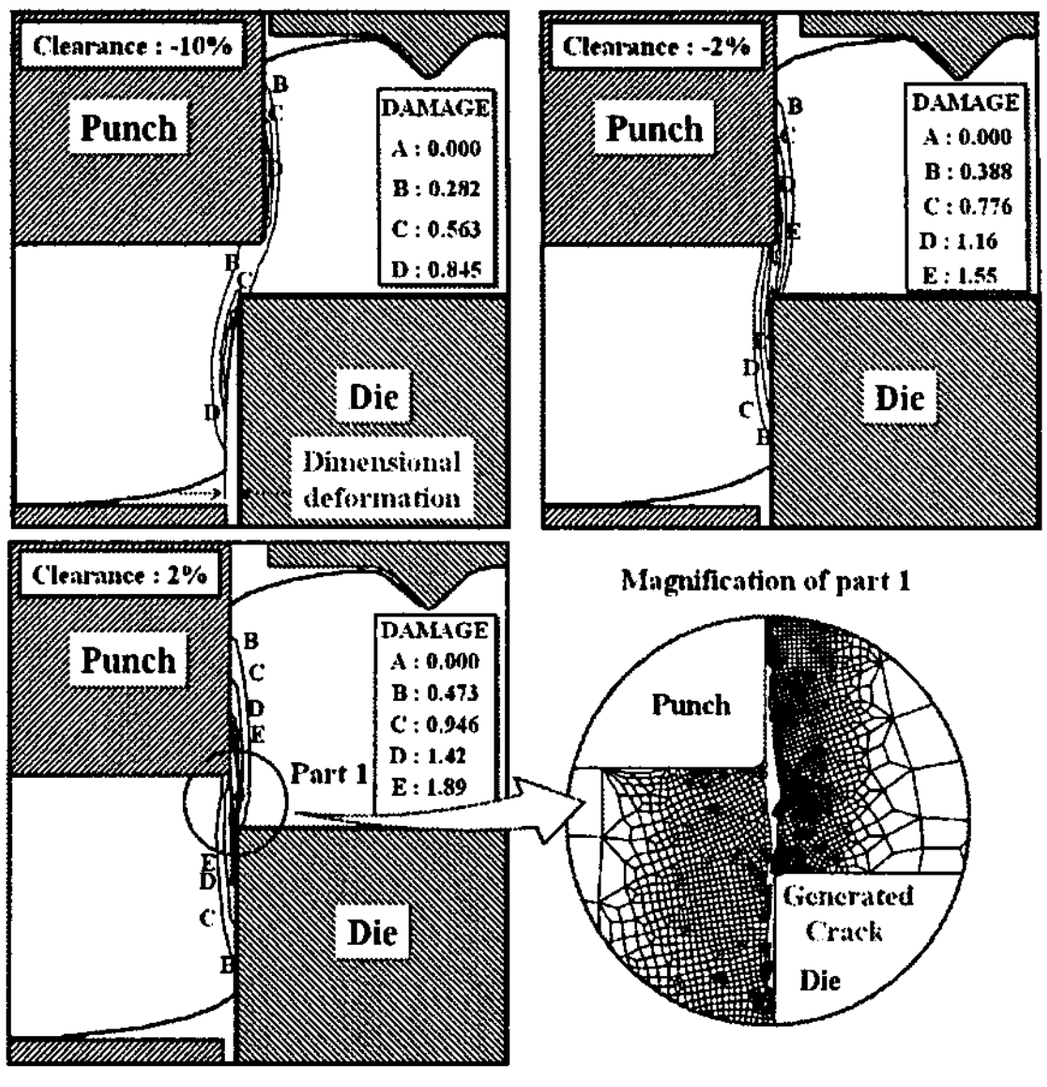

Fig. 11 Distribution of damage and deformed shape on various clearances in half blanking process

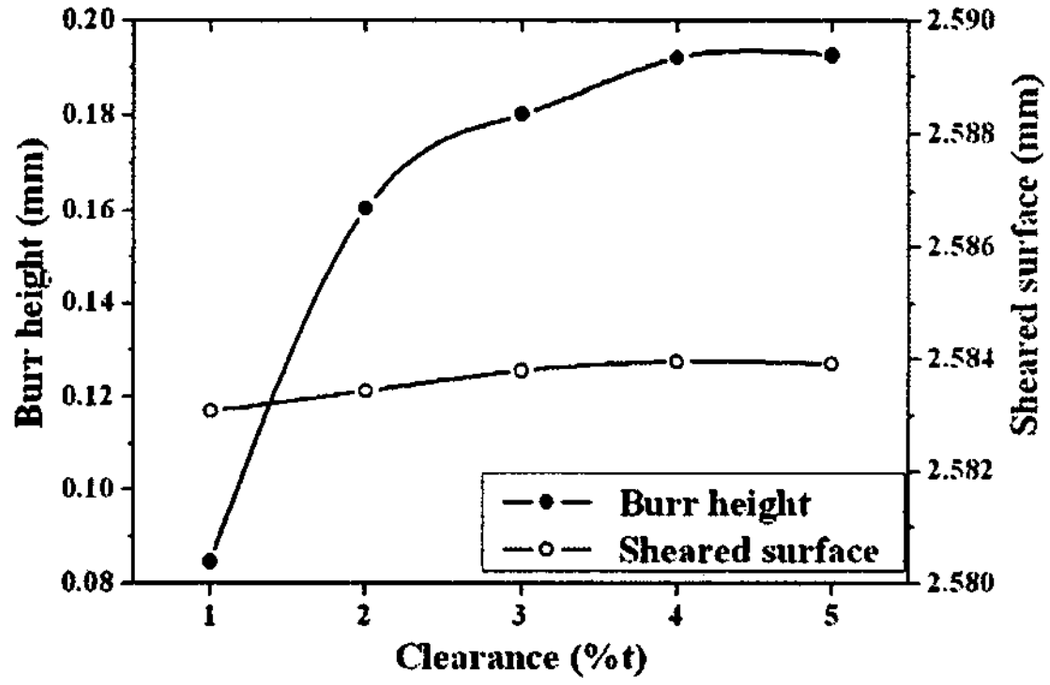

Fig. 12 Influence of various clearances on burr height and sheared surface in trimming process

트리밍 공정에서 버 높이 및 전단면 형상에 대한 클리어런스의 영향을 해석하여 그 결과를 Fig. 12에 나타내었다. 트리밍 공정에서는 클리어런스에 따른 유효 전단면의 변화가 거의 없는 것을 확인할 수 있었다. 이는 하프블랭킹 공정에서 전단 변형부가 임계 손상치에 이미 도달하였고, 그것이 트리밍에서의 인장력으로 인해 성형 시작과 동시에 피가공재에 파단이 발생되어 더 이상의 유효 전단면을 얻을 수는 없었기 때문으로 판단된다. 한편, 클리어런스가 클수록 버 높이는 증가하는 경향을 보이는

데, 과대한 클리어런스로 인해 균열의 회합이 불량하게 되어 버가 펀치 선단부 위에서 발생하기 때문이라 생각된다. 따라서 외곽 트리밍 시의 최적 클리어런스는 1%t로 선정할 수 있었으며, 클리어런스가 매우 작기 때문에 프레스 성형 시 금형 가공 및 스트로크 제어가 매우 중요할 것으로 생각된다.

3.3 FCF 공법에 의한 플레이트 홀더 제작

Fig. 13에 제품 제작에 사용된 금형 세트를 나타내었다. 금형은 M2 재질이며, TiCN 코팅처리하여 내마멸성을 증대시켰다. 엠보싱 및 하프블랭킹 공정에서 스트리퍼 및 카운터 하중을 부가하기 위해 가스 스프링을 설치하였다. 프레스 강성을 확보하기 위해 90mm의 다이홀더를 사용하였으며, 하중의 편심을 방지하기 위해 엠보싱과 하프블랭킹 공정 사이에 아이들(Idle) 공정을 추가하였다.

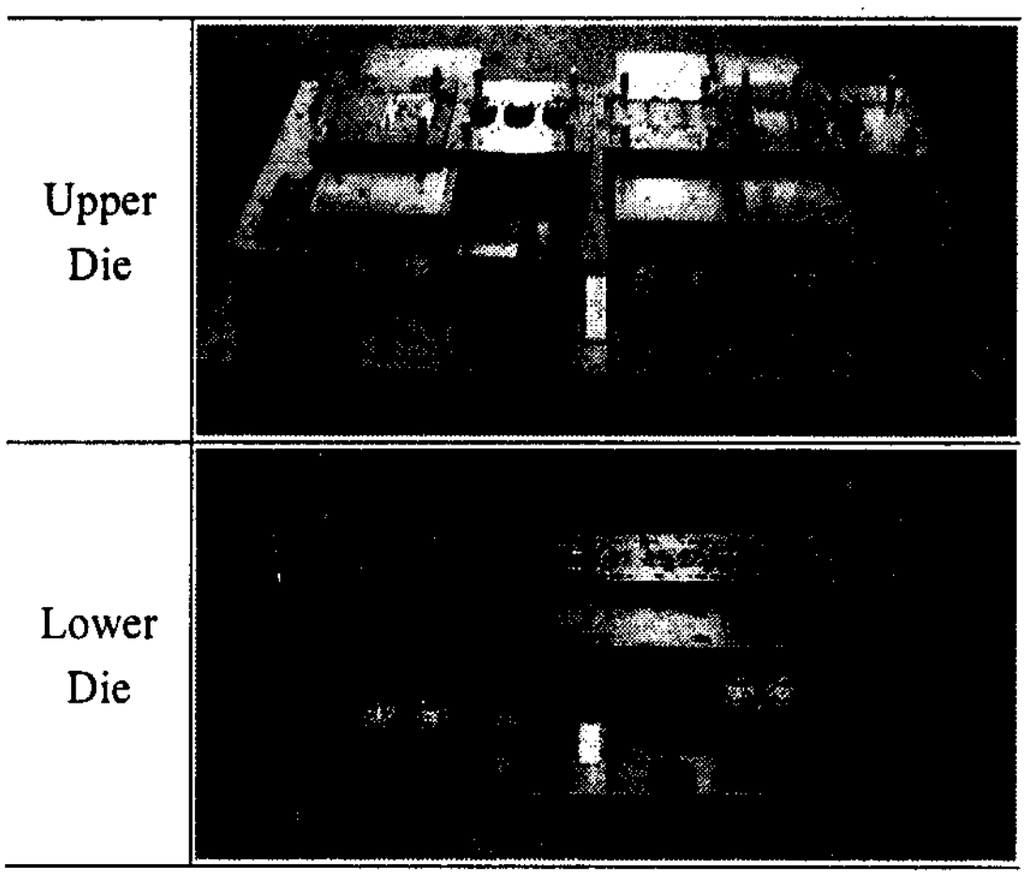

Fig. 13 Die set up for manufacturing plate holder in FCF method

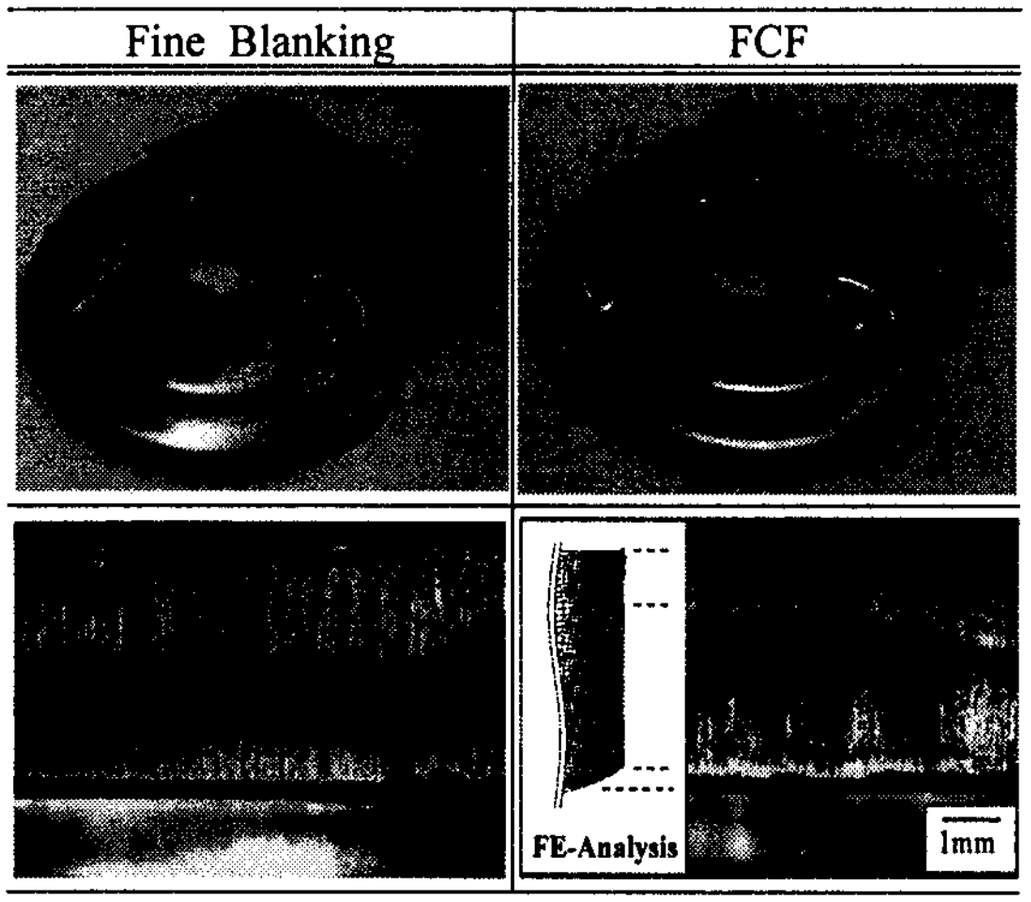

Fig. 14 Photographs and sheared surfaces of plate holder by fine blanking and FCF method

Fig. 14에 전용 파인블랭킹 프레스 및 일반 프레스에서 FCF 공법을 적용하여 제작된 플레이트 홀더와 그 단면 사진을 나타내었다. FCF 공법으로 제작된 플레이트 홀더는 전용 설비로 제작된 것에 비해 전단면이 약간 거칠며, 파단면과 버가 나타남을 알 수 있다. 전용 설비로 제작된 플레이트 홀더의 전단면에도 약간의 파단면 및 버가 발생했으나 전단면이 약 3.6mm로 거의 모든 면이 깨끗하게 전단되었다. 한편, FCF 공법으로 제작된 플레이트 홀더의 전단면은 약 2.6mm 정도로 시뮬레이션 결과와 거의 일치하는 2.58mm를 가졌으며 파단면 또한 유사한 거동을 나타내었다. 전용 설비에 의한 플레이트 홀더의 전단면에는 못 미치지만, 일반 프레스에서 통상 전단면 비율이 판 두께의 30~50%임 고려하면, 하프블랭킹 및 트리밍 공정이 전단면 길이 증대에 좋은 영향을 미쳤다고 판단할 수 있다.

Table 3 Measured dimensional accuracies of plate holder by fine blanking and FCF method

Performance	Requirement	Fine Blanking	FCF
Embossing inner width 1(mm)	19.63~19.67	19.66	19.63
Embossing inner width 2(mm)	30.43~30.47	30.47	30.46
Embossing outer diameter(mm)	66.72~66.78	66.73	66.77
Outer diameter of plate holder(mm)	81.85~82.25	82.19	81.87
Roll-over(mm)	Max. 0.6	0.38	0.56
Burr height(mm)	removal	0.01	0.08
Sheared surface roughness(μm)	Rz(0.8~6.3)	1.437	1.606
Flatness(mm)	Max. 0.05	0.009	0.04

Table 3에 제품의 요구정도와 전용 파인블랭킹 프레스 및 FCF 공법에 의해 제조된 플레이트 홀더의 측정치를 비교하여 나타내었다. 각 부위의 치수는 3차원 측정기 및 표면조도계로 5개의 제품에 대해 측정한 값을 평균한 것이다. 전용 설비에 의한 플레이트 홀더는 치수 정도가 우수하고 제품의 요구 정도에 비해 상당히 뛰어난 것을 알 수 있다. 한편 일반 프레스에서 FCF 공법을 통해 제작된 플레이트 홀더는 전용 설비에 의한 것에 비해 롤오버 및 평탄도는 좋지 않지만 전체적으로 치수 정도를 만족하고 있음을 알 수 있다. 또한 버가 0.08mm로 약간 높게 나타났는데, 일반 프레스에서 제조된 플레이트 홀더는 제품의 요구 특성을 만족하기 위해 버 제거를 위한 후처리가 필요한 문제점이 있었다. 이 점은 일반 프레스에서 고정도의 제품을 제조할 때에 개선해야 할 문제로 향후 이에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 전용 파인블랭킹 설비로 제조되는 자동차 시트 부품인 고정밀 플레이트 홀더를 FCF 공법으로 제조하기 위해 CAE를 활용하여 공정조건을 선정하고, 범용 기계식 프레스로 시제품을 제작하였다. 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 엠보싱 공정에서 최적의 전단면을 얻기 위한 공정조건은 클리어런스 -2%t, 스트리퍼 하중 25ton, 카운터 하중 15ton으로 나타났다. 한편, 전단부의 압축응력을 유발하기 위한 과대한 음(-)의 클리어런스는 엠보싱부의 내폭치수 변동을 일으켰다. 또한 적절하지 못한 스트리퍼 하중 및 카운터 하중은 엠보싱부 치수변형 및 균열을 야기할 가능성이 있다.
2) 외곽 전단면 향상을 위해 하프블랭킹 공정을 도입하였다. 하프블랭킹에서의 최적 클리어런스 조건은 -2%t이고, 스트리퍼 하중 및 카운터 하중은 엠보싱 공정조건과 같다. 엠보싱 공정과 유사하게 과대한 음(-)의 클리어런스는 외곽 전단부 치수변형을 일으켰으며, 양(+)의 클리어런스에서는 소재에 인장응력이 작용하여 균열 발생 시점을 촉진시켰다.
3) 트리밍 공정에서 최적 클리어런스는 1%t임을 알 수 있었다. 트리밍 공정에서 클리어런스는 전단면 증대에 비해 버 높이를 결정짓는 역할을 하였으며, 클리어런스가 작을수록 버는 줄어들었다. 그러나 일반 프레스에서 1%t의 클리어런스를 부여하기 위해서는 금형의 정도 및 프레스 강성이 우수해야 한다.
4) FCF 공법으로 플레이트 홀더를 제조한 결과, 제품으로 요구되는 특성을 대부분 만족할 수 있었다. 그러나 외곽 전단부의 파단면이 약 20%t가량 발생하였고 미소하게 발생하는 버는 후처리로 제거되어야 한다. 이를 개선하기 위해 제품의 전단면을 확보하면서 치수 변동이 없고, 제품 기능 측면에서 버를 제거하지 않아도 될 것으로 생각되는 엠보싱과 하프블랭킹을 동시에 수행하는 방안에 대해 계속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 2007년도 부산대학교 교내학술연구비(신임교수 연구 정착금)에 의한 연구이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ryu, B. Y., "Fine Blanking Tool," Sung An Dang, p. 4, 1994.
2. Akira, T., "Fine Blanking and Direction of Proceeding," Japan Society for Technology of Plasticity, Vol. 12, No. 129, pp. 725-732, 1971.
3. Kim, M. C., "Development of Fine Blanking Technology," Ministry of Science and Technology, pp. 3-12, 1987.
4. Hayashi, K., "Technology of Fine Blanking and FCF," Japan Society for Technology of Plasticity, Vol. 47, No. 546, pp. 8-11, 2006.
5. Nakano, T., "Development of FCF Process for Thick Sheet Plate," Japan Society for Technology of Plasticity, Vol. 47, No. 551, pp. 8-12, 2006.
6. Kim, Y. J., Kwak, T. S. and Bae, W. B., "Finite Element Analysis on Effect of Die Clearance on Shear Planes in Fine Blanking," Proceeding of Journal of the Korean Society for Technology of Plasticity, Vol. 9, No. 2, pp. 152-158, 2000.
7. Hatanaka, N., Yamaguchi, K. and Takakura, N.,

"Finite Element Simulation of the Shearing Mechanism in the Blanking of Sheet Metal," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 139, No. 1, pp. 64-70, 2003.

8. Ko, D. C., Kim, B. M. and Choi, J. C., "Simulation of Sheet Metal Blanking Process for Using Mesh Elimination," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 13, No. 11, pp. 114-123, 1996.
9. Nakagawa, G., "Compression Blanking," Japan Society for Technology of Plasticity, Vol. 10, No. 99, pp. 244-252, 1969.
10. Shinohara, M. and Miyagawa, M., "Effect of Hydrostatic Pressure on the Deformation and Fracture of Some Metals in Shearing," Japan Society for Technology of Plasticity, Vol. 20, No. 220, pp. 398-405, 1979.