

기계식 프레스에 의한 자동차 시트 리클라이너의 고정밀 플레이트 홀더 개발(Ⅱ) : 버 형성 제어

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

Development of High Precision Plate Holder in Automotive Seat Recliner by Mechanical Press(Ⅱ) : Control of Burr Formation

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

ABSTRACT

Burr generated on plate holder should be removed through additional process, because it has an influence on the function of automotive seat recliner. The process layout to perform simultaneously embossing and half blanking of plate holder has been developed in this study in order to minimize the influence of burr formation. The optimal process condition to satisfy the required dimensional accuracy of plate holder has been determined using Taguchi method and finite element analysis. It has been shown from experimental results that the proposed method is decidedly superior to the previous FCF method from the aspect of sheared surface, roll-over, flatness and burr height.

Key Words : Recliner (리클라이너), Plate holder (플레이트 홀더), Burr (버), Taguchi Method (다구찌 실험계획법), Embossing (엠보싱), Half blanking (하프블랭킹), FCF (유동제어성형)

1. 서론

자동차 부품이 고정도, 고기능화 됨에 따라 보다 합리적인 성형 공법을 통하여 제조하려는 움직임이 대두되고 있다.¹ 그 중에서 파인블랭킹(Fine blanking) 기술은 한 번의 공정으로 매끄러운 전단면과 높은 치수 정밀도를 얻을 수 있기 때문에 고정도 자동차 부품의 프레스 성형에 많이 적용되어 왔다.² 그러나 전용 파인블랭킹 설비는 성형 속도가

느리고, 설비비 또한 고가이기 때문에 최근에는 범용 기계식 프레스에서 파인블랭킹과 유사한 성형 메카니즘을 구현하여 고정도의 제품을 빠르게 제조하려는 경향이 있다.

일본의 SYVEC사에서는 유한요소해석 및 기계식 프레스를 이용하여 고정도의 전단제품을 제조하고 있으며,³ Hayashi 등은 프로그레시브(Progressive) 파인블랭킹 금형을 이용한 제품의 제조공정 기술에 대해 발표하였다.⁴ 또한 Ko 등은 전용 파인블랭킹

접수일: 2008년 1월 24일; 게재승인일: 2008년 3월 12일
* 부산대학교 기계공학부
** 부산대학교 정밀가공시스템 전공
*** (주) DAS 금형팀
**** 진주국제대학교 자동차공학과
교신저자: 부산대학교 동남권부품소재산업협력혁신연구소
E-mail: dcko@pusan.ac.kr Tel: (051) 510-3697

설비에서 제조되는 자동차 시트 부품을 유한요소해석 및 실험을 통하여 기계식 프레스에서 제조하였다.⁵ 이와 같이 범용 프레스에서 고정도의 전단 부품을 제조하려는 고부가가치의 연구, 개선활동은 계속되고 있다.

본 연구에서는 기존의 연구⁵에서의 자동차 시트 부품인 플레이트 홀더의 문제점을 해결하기 위해 공정 레이아웃 변경을 통하여 버의 형성 방향을 제어하였다. 전용 파인블랭킹에 대한 대체 공정으로 개발되었던 범용 기계식 프레스에서의 플레이트 홀더는 최종 트리밍 공정 후 발생한 버의 제거를 위해 후공정이 필요하였다. 그러나 버의 형성 방향을 기존 플레이트 홀더의 반대 방향으로 제어하여 상대 부품과의 접촉을 피함으로써 버 제거 공정이 요구되지 않기 때문에 제조 원가를 절감할 수 있다.

버 형성 방향이 반대방향으로 된 플레이트 홀더의 제작에 앞서 공정 레이아웃 설계를 수행하고 다구짜 실험계획법 및 유한요소해석을 통하여 적절한 공정 조건을 선정하였다. 또한 범용 기계식 프레스를 이용하여 제품을 제작하고 플레이트 홀더의 기능을 만족하기 위한 요구 치수 정도 및 기존 공법으로 제조된 플레이트 홀더와의 비교를 통하여 새로운 공법의 합리성을 검증하였다.

2. 자동차 시트 리클라이너

2.1 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 중대한 영향을 미치는 부품이며, 피어싱, 엠보싱 및 블랭킹 등의 공정으로 제조되고 있다.

Fig. 2에 각각 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 섹터 투스의 내치형 및 벨트와 접촉하기 때문에 양호한 전단면 및 직각도, 동축도, 평탄도 등이 요구되는 정밀 부품이다.

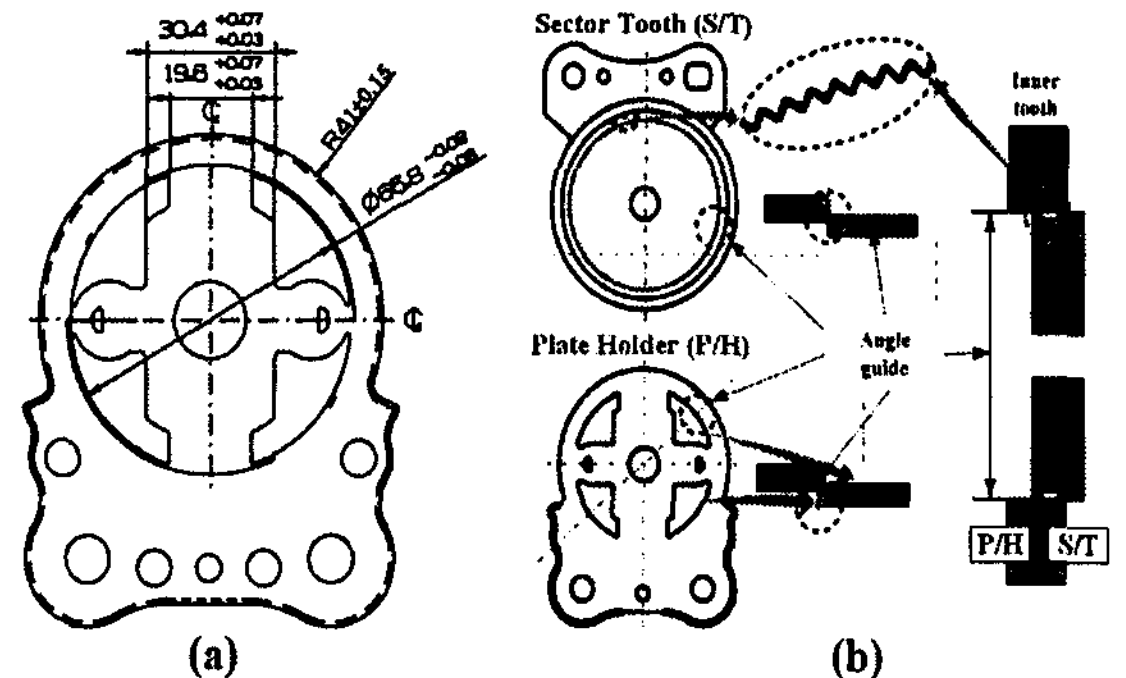


Fig. 1 Schematic drawing of plate holder(a) and sector tooth(b)

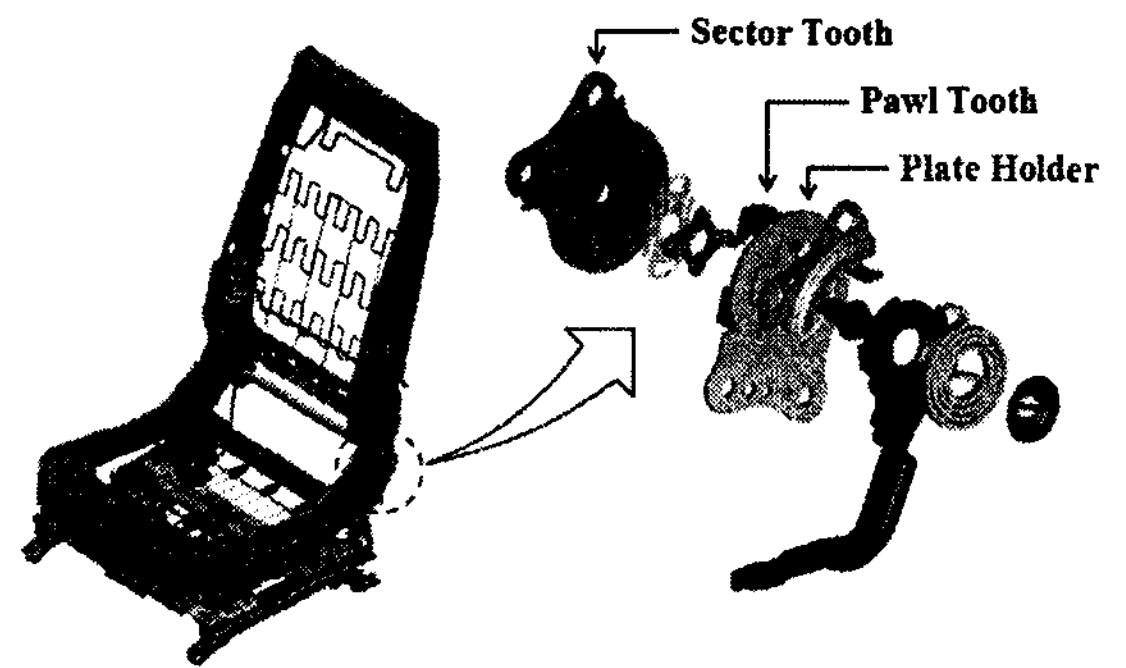


Fig. 2 Components of the automotive seat recliner

2.2 기존 공법 및 문제점

이전의 연구에서는 고가의 전용 파인블랭킹 설비를 대체하기 위하여 일반프레스에서 FCF 공법⁵을 이용하여 플레이트 홀더를 제조하였다. 그러나 일반프레스의 정밀도 및 스트리퍼, 카운터 등의 부가 하중의 제어가 불안정하기 때문에 성형 후, 파단면이 소재 두께의 30%가량 발생하였다. 또한 플레이트 홀더 외곽 전단면에 형성된 버가 시트 벨트에 직접 접촉되어 반드시 후가공으로 제거해야 했으므로, FCF 공법의 장점을 잘 살리지 못하였다. Fig. 3에 기존 공정의 레이아웃과 섹터 투스와의 조립 개략도를 나타내었다.

3. 플레이트 홀더의 버 형성 제어

3.1 공정 설계

Fig. 4에 각각 버 형성의 제어를 위한 개선 공법의 공정 레이아웃과 주요 공정인 엠보싱, 하프블랭킹, 트리밍 공정과 제품 결합 개략도를 나타낸다.

공정은 초기 피어싱, 엠보싱과 하프블랭킹을 동시에 수행하는 공정 및 최종 트리밍으로 이루어져 있다. 기존 공법과의 차이는 엠보싱과 하프블랭킹을 동시에 수행함으로써, 내폭 치수의 변형을 줄일 수 있도록 하였다. 특히 외곽 전단면의 버가 반대방향으로 형성되도록 제어함으로써 섹터 투스에서 발생된 롤오버와 플레이트 홀더의 버를 상쇄시켜 전단에 의해 버가 발생하더라도 후가공없이 결합될 수 있도록 하였다. 또한 시트 벨트는 플레이트 홀더의 매끄러운 롤오버 부위와 접촉하게 됨으로써 신뢰성 및 수명이 증대되도록 하였다.

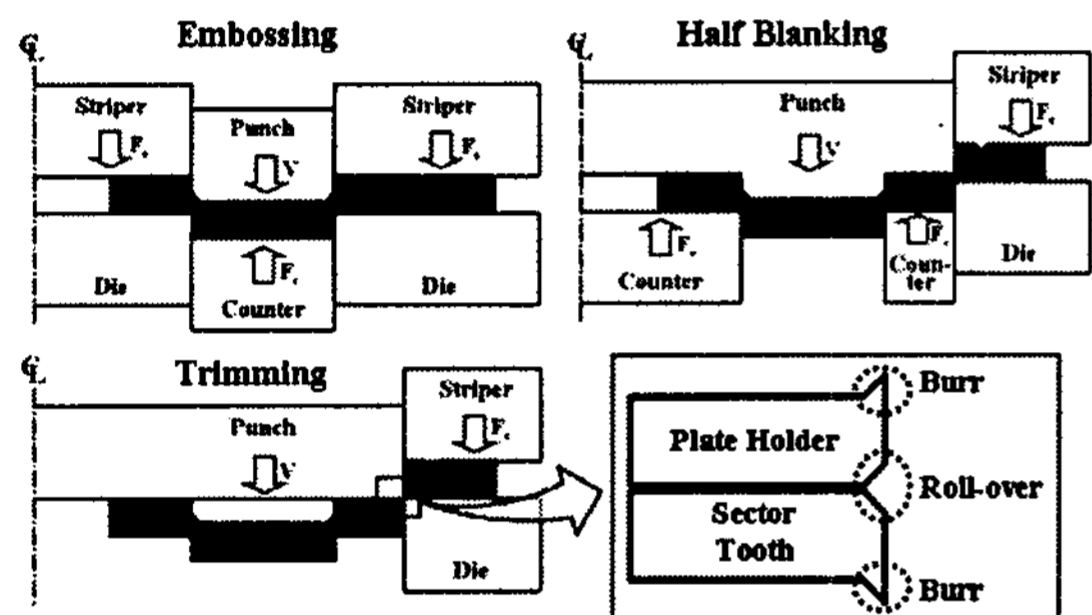


Fig. 3 Schematic drawing of process layout and assembly of plate holder with sector tooth in previous FCF process

3.2 유한요소해석

주요 성형이 일어나는 엠보싱과 하프블랭킹 공정에서 적절한 공정 변수를 선정하기 위해 다구찌

실험계획법⁶과 유한요소해석을 적용하였다. 공정 변수는 플레이트 홀더의 평탄도, 전단면, 치수 정도 등에 가장 영향을 많이 미치는 엠보싱부 및 하프블랭킹부의 클리어런스, 패드 하중, 카운터하중이다. 다구찌 실험계획법 및 유한요소해석을 통하여 각 공정변수가 치수 정도에 미치는 영향을 파악하고 그로부터 최적의 공정변수 조합을 선정하였다. 유한요소해석은 2차원 축대칭 문제로 가정하였고, 탄성 변형 및 압연으로 인한 이방성은 고려하지 않았다. 소재는 AISI8620을 사용하였으며, 전단 공정을 구현하기 위해 일반화된 Cockcroft-Latham에 의한 연성파괴 조건 및 요소제거기법(Element kill method)이 적용되었다.⁷ 또한 유한요소해석과 실험을 통해 임계 손상치(Critical damage) C를 구하였다. 성형 해석 소프트웨어로는 DEFORM-2D를 사용하였으며, 입력값으로써 마찰상수 m 은 0.12, 요소수는 5000개, 펀치의 속도는 100mm/s이다.

3.3 다구찌 실험계획법 및 유한요소해석을 통한 최적 공정변수 선정

Table 1에 다구찌 실험계획법을 위한 설계변수 및 수준을 나타내었다. 엠보싱 및 하프블랭킹 시의 클리어런스는 소재 두께의 퍼센트로 나타내었고, 음(-)의 값은 펀치의 치수가 다이의 치수보다 크다는 것을 나타낸다. 또한 평탄도에 직접적으로 영향을 미칠 것으로 판단되는 패드 하중과 카운터하중을 주요인으로 결정하였다. 이 변수를 바탕으로

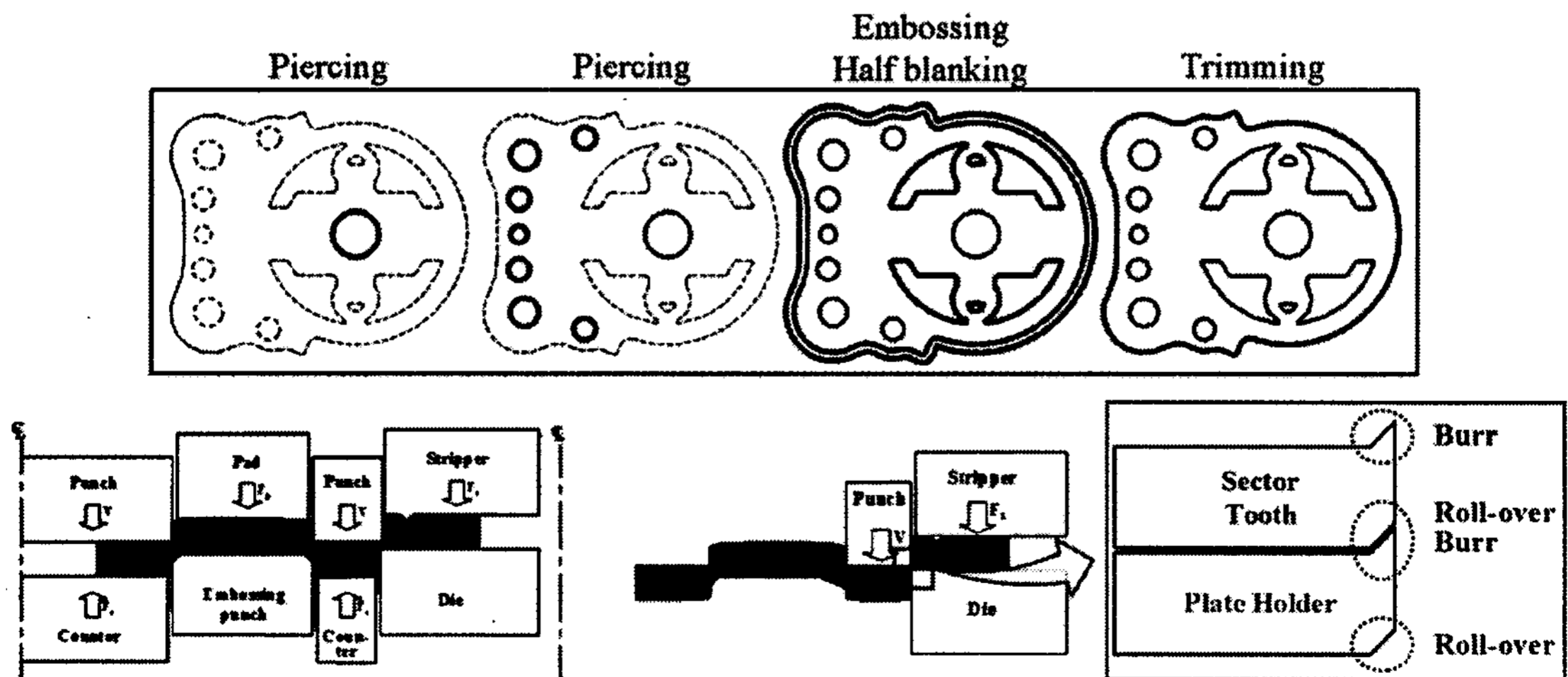


Fig. 4 Schematic drawing of process layout and assembly of plate holder with sector tooth in improved FCF process

Table 1 Levels of design parameters

Design parameters	Level				
	1	2	3	4	5
A Embossing Clearance(%t)	-4	-2	0	2	4
B Half Blanking Clearance(%t)	-6	-4	-2	0	2
C Pad Force(ton)	0	5	10	15	20
D Counter Force(ton)	0	5	10	15	20

$L_{25}(5^4)$ 의 직교배열표를 작성하고 각 공정 변수가 치수 정도에 미치는 영향을 파악하기 위해 유한요소해석을 수행하였다.

엠보싱 및 하프블랭킹 시 최적의 공정변수를 결정하기 위하여 외곽 유효 전단면, 제품의 평탄도, 롤오버를 목적함수로 선정하였으며 Table 2에 다구찌 실험계획법에 의한 직교배열표 및 유한요소해석에 의한 각 공정변수 조합의 영향을 나타내었다.

Fig. 5에 제품 외곽의 유효 전단면에 대한 각 인

Table 2 Results of $L_{25}(5^4)$ orthogonal array

No.	Design Parameter				FE-analysis		
	A	B	C	D	Sheared surface (mm)	Flatness (mm)	Roll over (mm)
1	-4	-6	0	0	3.010	0.763	0.667
2	-4	-4	5	5	2.978	0.151	0.485
3	-4	-2	10	10	2.722	0.061	0.462
4	-4	0	15	15	1.977	0.023	0.474
5	-4	2	20	20	1.820	0.022	0.540
6	-2	-6	5	10	2.903	0.074	0.508
7	-2	-4	10	15	2.999	0.034	0.450
8	-2	-2	15	20	2.979	0.013	0.450
9	-2	0	20	0	1.801	0.044	0.465
10	-2	2	0	5	1.646	0.125	0.686
11	0	-6	10	20	3.012	0.031	0.489
12	0	-4	15	0	3.016	0.092	0.499
13	0	-2	20	5	2.619	0.031	0.479
14	0	0	0	10	1.792	0.191	0.731
15	0	2	5	15	2.093	0.021	0.522
16	2	-6	15	5	2.893	0.029	0.511
17	2	-4	20	10	2.989	0.021	0.524
18	2	-2	0	15	2.939	0.071	0.778
19	2	0	5	20	2.164	0.046	0.560
20	2	2	10	0	1.591	0.448	0.580
21	4	-6	20	15	3.005	0.045	0.545
22	4	-4	0	20	2.980	0.142	0.777
23	4	-2	5	0	2.949	0.412	0.624
24	4	0	10	5	1.803	0.043	0.613
25	4	2	15	10	1.674	0.021	0.628

자의 수준별 평균값을 그래프로 나타내었다. 외곽 유효전단면에 가장 많은 영향을 미치는 인자는 수준간 산포가 가장 큰 하프블랭킹 클리어런스라는 것을 알 수 있다. 한편, 음의 클리어런스일수록 유효전단면이 높아지는 경향이 나타나는 것으로 보아 제품의 유효전단면을 증대시키기 위해서는 하프블랭킹 시의 클리어런스를 음으로 선정하는 것이 유리함을 알 수 있다. 한편 0 또는 양의 클리어런스에서는 제품의 유효전단면이 급격하게 감소하는 것으로 보아 성형부에서 인장력으로 인한 파단이 예상되므로 리클라이너의 전단면 특성에 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

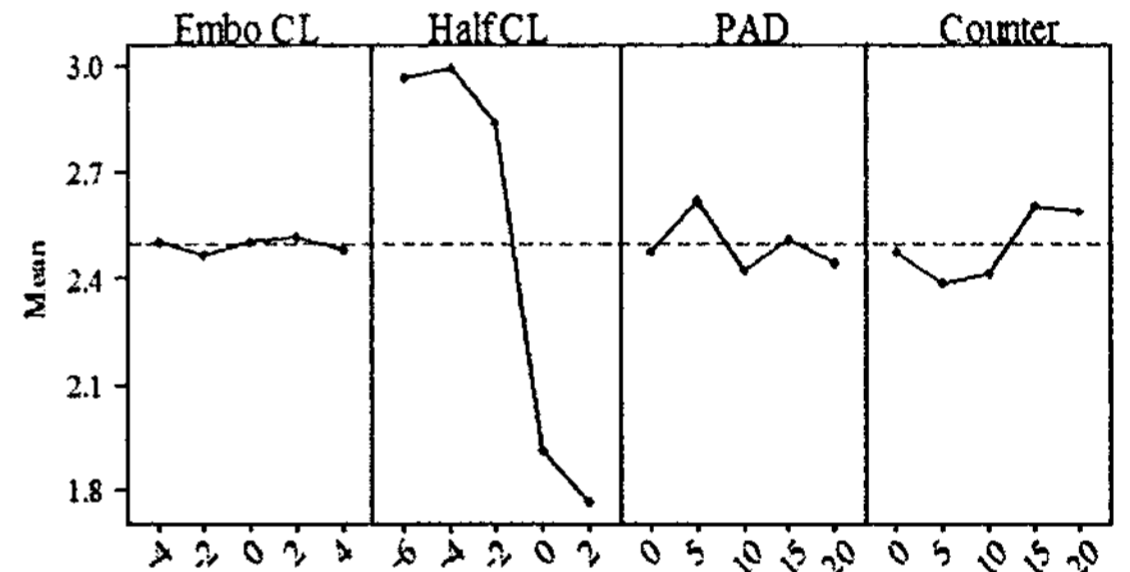


Fig. 5 Average values of design parameters on the sheared surface

또한, -6%t 및 -4%t의 하프블랭킹 클리어런스에서의 유효전단면 평균값은 각각 2.9646 및 2.9924의 값이므로써 최적의 유효전단면을 확보하기 위한 하프블랭킹 클리어런스는 -4%t임을 예측할 수 있다.

Fig. 6에 제품의 평탄도에 대한 각 인자의 수준별 평균값을 그래프로 나타내었다. 평탄도의 분포에서 카운터하중과 패드하중이 가장 영향도가 큰 것을 알 수 있으며 하중이 증가함에 따라 평탄도가 증가하는 양상을 알 수 있다. 15ton의 카운터하중에서 평탄도가 0.0388의 값을 가짐으로써 최적의 카운터하중으로 선정할 수 있었고, 패드 하중이 15ton 이상일 때는 평탄도에 큰 변화가 없는 것으로 보아 15ton을 적정 패드하중으로 선정할 수 있었다. 한편 엠보싱부의 클리어런스값이 -4%t일 때는 -2%t일 때보다 평탄도가 좋지 않았는데 이것은 과도한 음의 클리어런스로 성형할 때 엠보싱부의 높은 압축응력이 발생함에 따라 리클라이너의 엠보싱부에 약간의 만곡(Dish-shape)이 일어났기 때문으로 판단된다. 따라서 만곡을 방지하기 위해 더욱 큰 패드 하중을

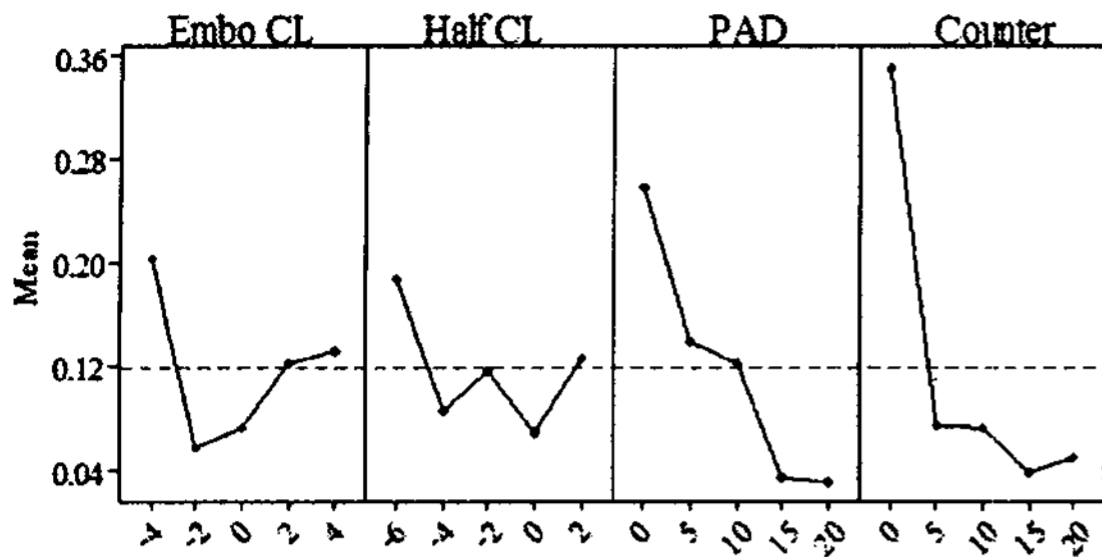


Fig. 6 Average values of design parameters on the flatness

가해주어야 하기 때문에 프레스의 안정성 측면에서 볼 때 좋지 않다고 판단된다.

Fig. 7에 제품의 롤오버에 대한 각 인자의 수준별 평균값을 그래프로 나타내었다. 롤오버의 평균값을 고찰한 결과, 롤오버에 가장 유의한 인자로는 패드 하중과 엠보싱부 클리어런스로 나타났으며 10ton 이상의 패드 하중에서 롤오버량은 크게 차이가 없으므로 약간의 패드 하중을 가해줌으로써 롤오버를 상당히 감소시킬 수 있다고 예측할 수 있다. 한편, 엠보싱부의 클리어런스는 음의 값을 가질수록 롤오버가 작게 나타났으며 음의 클리어런스가 엠보싱부의 롤오버를 감소시키는데 유효한 인자라고 판단할 수 있다. 한편, -4%t의 클리어런스에서의 롤오버량은 -2%t 클리어런스에서의 값에 비해 약간 증가하는 양상을 나타내고 있다. 따라서 최소의 롤오버를 만족하기 위한 엠보싱부 클리어런스는 -2%로 선정하였다.

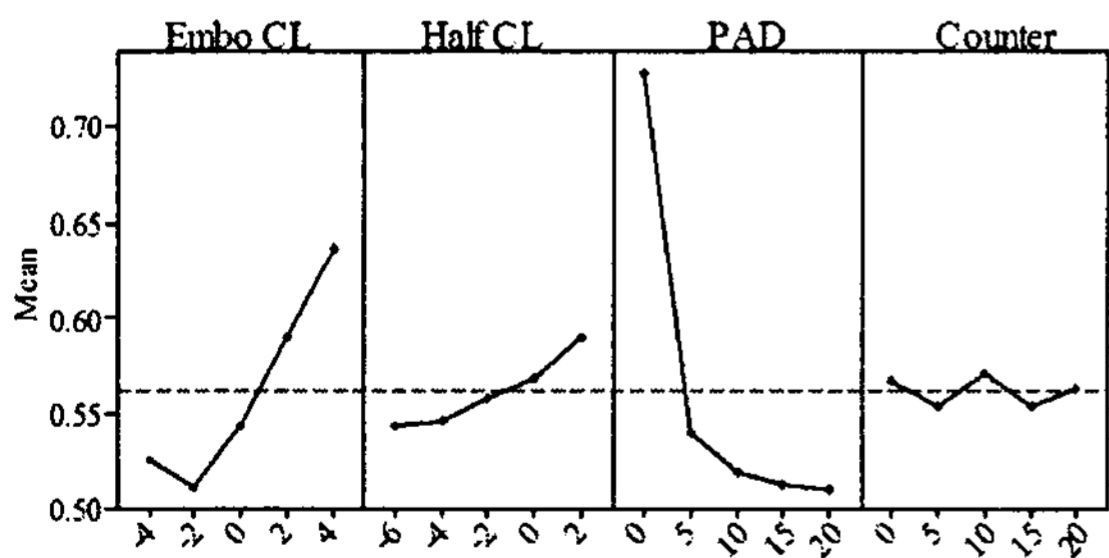


Fig. 7 Average values of design parameters on the roll-over

이상의 해석결과에서 유효전단면, 평탄도, 롤오버에 가장 좋은 영향을 미치는 설계변수 조합은 -2%t의 엠보싱 클리어런스, -4%t의 하프블랭킹 클리어런스, 15ton의 패드 하중 및 15ton의 카운터하

중으로 결정하여 결과 예측을 해 보았다. 결과 예측은 선택된 요인으로부터 기대되는 반응값을 제공하고 다구찌 실험계획법에 따른 평균값과 비교함으로써 최적의 값을 검증할 수 있다.

Table 3에 다구찌 실험계획법에 의하여 예측된 최적조건에 대해 유한요소해석으로 검증한 값을 나타내었다. 다구찌 실험계획법에 의한 최적의 특성치 값과 비교한 결과 예측된 최적조건 하에서 유효전단면이 0.194mm 향상되었고, 롤오버량 또한 0.024mm가량 감소됨으로써 유효한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 평탄도는 0.021mm의 값을 가짐으로써 0.002mm가량 개선됨을 알 수 있다.

Table 3 Confirmation of Taguchi method

Measured dimension	Burnish	Flatness	Roll-over
Taguchi method	3.016	0.023	0.450
Optimal condition	3.210	0.021	0.426
Reference	(+)0.194	(-)0.002	(-)0.024

Fig. 8에 최종 트리밍 공정에서의 클리어런스에 따른 유효 전단면 및 버 높이를 나타내었다. 트리밍 공정에서 펀치와 다이 간의 클리어런스가 증가됨에 따라 전단면은 약간 줄어들었지만 약 0.1mm로 큰 차이가 없었으며 버 높이는 약간 증가되는 경향이 있었다. 이것은 하프블랭킹 공정에서 전단부에 과도한 변형이 남아 있기 때문에 트리밍 공정에서 약간의 스트로크에서도 파단이 시작되고 있음을 의미하고 있다. 또한 클리어런스가 증가됨에 따라 버가 커지는 것은 펀치의 날 끝에서 발생된 버가 펀치와 다이 간의 틈새로 인장력이 걸린 상태로 유동하며 파단되기 때문으로 생각된다. 한편, 1%의 클리어런스를 기계식 프레스에서 구현하기 위해서는 고정도의 금형 가공 및 제어가 요구되고 금형 마멸이 심할 것으로 예상되므로 본 연구에서는 2%t의 트리밍 클리어런스를 적용하였다.

3.4 플레이트 홀더 제작

다구찌 실험계획법과 유한요소해석을 통하여 얻어진 최적의 공정 조건을 적용하여 플레이트 홀더를 제작하였다. 제품의 치수 정도 및 금형의 마멸에 대한 안정성을 확보하기 위해 소재는 구상화 풀림처리된 AISI8620을 사용하였으며, 금형 재질은 TiCN 코팅처리를 한 AISI M2를 사용하였다. 클리

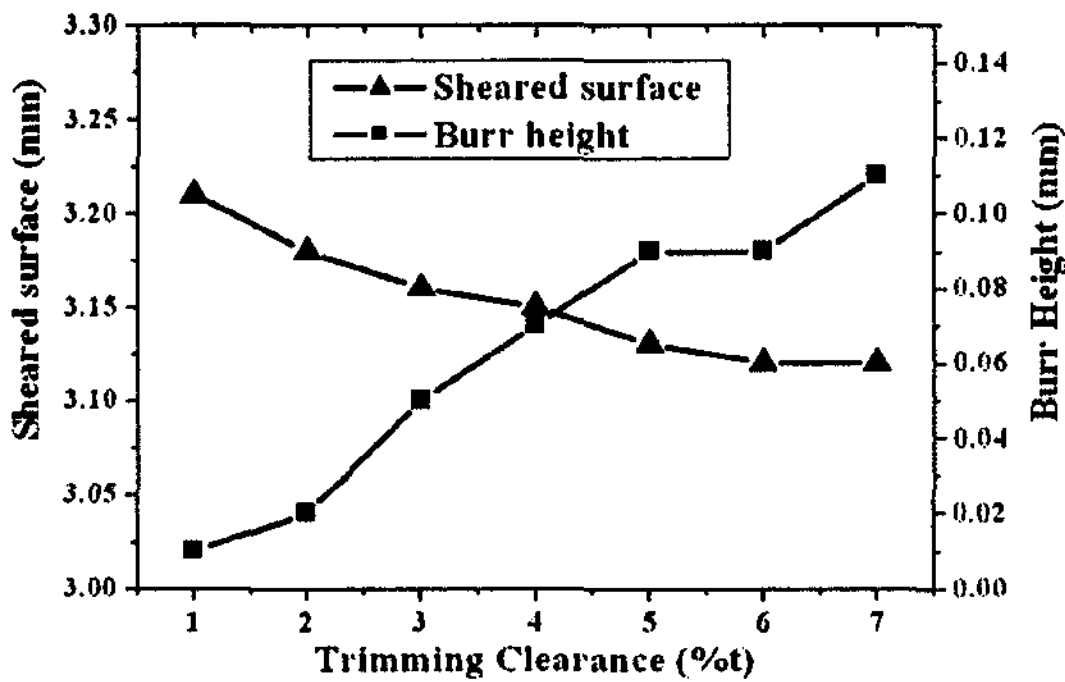


Fig. 8 Influence of sheared surface and burr height on various clearances in the trimming process

어런스가 작은 국부 전단 공정에서는 펀치가 펄라이트층을 절단해야하는데 이 공정에서 펄라이트 내부의 고경도 시멘타이트가 금형의 마멸을 촉진할 수 있고 절단면에 균열을 일으키게 된다. 따라서 구상화풀림을 수행하여 침상의 시멘타이트 성분을 구형 입자로 바꾸어 줌으로써 전단 작업 중, 연한 페라이트 성분에 의해 눌러지게 하여 전단면과 금형 수명이 증대될 수 있도록 하였다.⁸ 각 재질의 현미경 조직 사진을 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 10에 플레이트 홀더 제작에 사용된 600ton 범용 기계식 프레스 금형 세트를 나타내었다. 치수

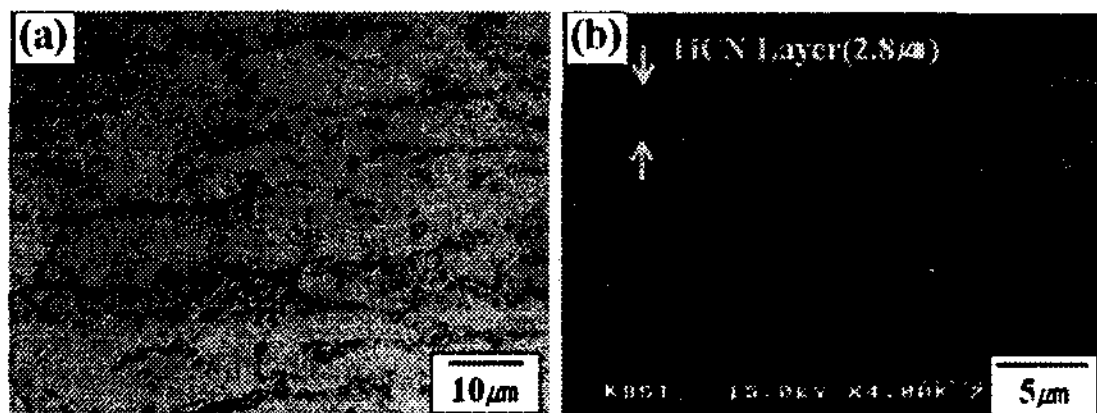


Fig. 9 Spheroidized annealed AISI8620(a) and TiCN coated AISI M2(b)



Fig. 10 Die set for manufacturing the plate holder by improved FCF method

정도의 산포를 줄이고, 정밀도를 향상시키기 위해 다이 홀더의 평탄도를 0.01mm 수준으로 가공하였으며, 프레스의 강성을 높이기 위해 두께를 90mm로 제작하였다. 또한 상부 다이 홀더에는 접시 스프링을, 하부에는 가스 스프링을 장착하여 패드 하중 및 카운터하중을 부여할 수 있도록 하였다.

Table 4에 기존의 FCF 공법 및 버 형성을 제어한 개선된 FCF 공법에서의 플레이트 홀더와 그 단면 사진을 유한요소해석 결과와 비교하여 나타내었다. 전단면 양상을 볼 때, 유한요소해석 결과와 잘 일치하고 있는 것을 알 수 있다. 파인블랭킹을 대체하기 위한 기존 공법에서의 플레이트 홀더와 비교하면 외곽 유효전단면이 약 80%로 기존 공법에 비해 15%t 가량 증대되었다. 또한 버의 방향이 바뀌었으므로 섹터 투스의 롤오버와 플레이트 홀더의 버가 오버랩됨으로써 후가공을 하지 않더라도 제품이 기능을 발휘하는데 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. Fig. 11에 플레이트 홀더와 섹터 투스의 조립도를 나타내었다.

Table 4 Comparison of plate holders manufactured by previous and improved methods

Previous FCF method	Improved FCF method

Table 5에 플레이트 홀더에 요구되는 치수 정도를 기존 공법 및 본 연구에 의해 개선된 공법을 이용한 제품과 비교하여 나타내었다. 전체적으로 제품에 요구되는 치수 정도를 만족하고 있으며, 롤오버 및 평탄도가 기존 공법에 비해 양호하다는 것을 알 수 있다. 한편 버 높이도 기존 공법에 비해 상당히 낮아졌으며 후가공하지 않아도 제품 기능에 문제가 없게 되었다.

Table 5 Measured dimensions of plate holders by previous and improved methods (Unit : mm)

Performance	Requirement	Previous method	Improved method
Embossing inner width 1	19.63~19.67	19.63	19.63
Embossing inner width 2	30.43~30.47	30.46	30.44
Embossing outer diameter	66.72~66.78	66.77	66.74
Outer diameter of sheared surface	81.85~82.05	81.87	81.97
Roll-over length	Max. 0.6	0.554	0.397
Burr height	removal	0.076	0.036
Flatness	Max. 0.05	0.038	0.025

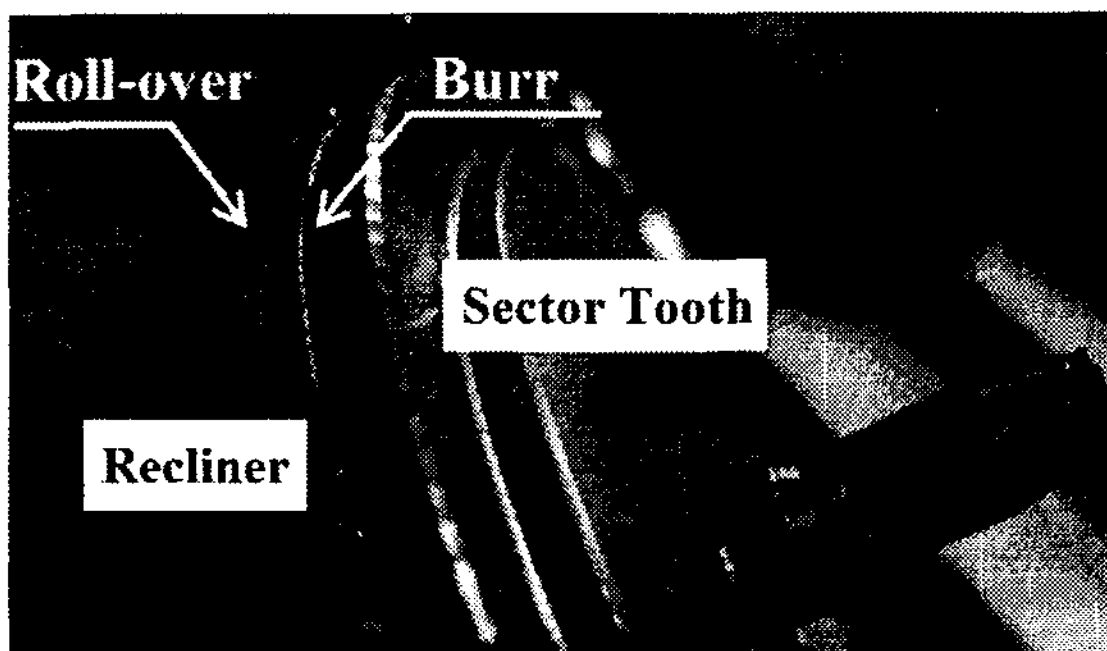


Fig. 11 Photograph of plate holder assembled with sector tooth

4. 결론

본 연구에서는 기존의 일반프레스에서 제작되었던 플레이트 홀더의 버 형성을 제어하기 위한 FCF 공정을 개발하였다. 기존의 연구에서는 전용 파인블랭킹 설비를 대체하기 위해 일반 프레스에서 플레이트 홀더를 제작하는 데에는 성공하였으나, 버를 제거해야 하는 후가공이 요구되었기 때문에 FCF 공정의 장점을 잘 살리지 못하였다. 따라서 섹터 투스의 롤오버와 상쇄시키기 위해 버 형성 방향을 제어한 개선된 플레이트 홀더의 공정 레이아웃을 개발하였으며, 해석 및 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 플레이트 홀더의 최적 유효전단면, 평탄도 및 롤오버를 확보하기 위해 다구찌 실험계획법 및 유한요소해석을 적용하여 각각의 설계목적에 부합하는 공정변수의 영향도를 분석하였다. 이러한 결과로부터 -2%t의 엠보싱부 클리어런스, -4%t의 하프블랭킹 클리어런스, 15ton의 패드하중 및 카운터하중의 공정변수 조합을 선정하였다.
- 2) 최종 트리밍 공정에 대한 유한요소해석으로부터 클리어런스가 증가할수록 유효전단면이 감소하

고 버 높이가 증가하는 경향을 볼 수 있었으며, 금형의 수명을 고려하여 트리밍 공정의 클리어런스를 2%t로 선정하였다.

- 3) 플레이트 홀더의 버 형성 방향을 제어한 공정에 대해 다구찌 실험계획법과 유한요소해석으로 구한 최적 공정조건을 적용하여 시제품을 제작하였으며, 요구 치수 정도를 모두 만족함을 알 수 있었다. 기존의 FCF 공정에 의해 제조된 플레이트 홀더에 비해 유효전단면이 15%t가량 증대되었으며, 평탄도, 롤오버, 버 높이 또한 기존 공법에 비해 상당히 개선됨을 알 수 있었다.
- 4) 본 연구와 같이 여러 가지 설계목적에 부합하는 최적의 설계변수조합을 선정하기 위한 다구찌 실험계획법과 유한요소해석의 활용은 설계변수 및 설계목적이 다양한 금속성형공정의 개발에 유용하게 적용될 것으로 판단된다.
- 5) 본 연구에서 적용한 기계식 프레스에 의한 FCF 공정은 제품의 생산성 및 금형수명 측면에서 파인블랭킹 공정을 대체할 수 있는 유용한 공정임을 확인할 수 있었으며, 향후 보다 고정도의 파인블랭킹 제품을 제조하기 위한 연구가 활발히 진행되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. The Japan Institute of Light Metal, "The Manufacturing Technology for An Automotive Lightening," The Nikkan Kogyo Shimbun, LTD., pp. 9-32, 2003.

2. Ryu, B. Y., "Fine Blanking Tool," Sung An Dang, pp. 1-4, 1994.
3. SYVEC Co. LTD. Technical Report, "Manufacturing Technology of High Precision Parts by FCF Method and Mechanical Press," 2007.
4. Hayashi, K., "Technology of Fine Blanking and FCF," JSTP, Vol. 47, No. 546, pp. 8-12, 2006.
5. Choi, H. S., Chang, M. J., Bae, J. H., Ko, D. C. and Kim, B. M., "Development of High Precision Automotive Part by Conventional Mechanical Press," Proceedings of the KSAE Fall Conference, pp. 1510-1515, 2007.
6. Lee, S. B., "Application of Taguchi Method by Using Minitab," Eretec Press, pp. 43-71, 2001.
7. Ko, D. C., Kim, C., Kim, B. M. and Choi, J. C., "Finite Element Simulation of Sheet Metal Shearing by the Element Kill Method," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 13, No. 11, pp. 114-123, 1996.
8. Ryu, B. Y., "Fine Blanking Tool," Sung An Dang, pp. 174-182, 1994.