

다단 이송 성형 공정 해석을 통한 자동차 센터 힌지 성형용 SPFH 590 고강도 강판 블랭크 설계

Blank Design of SPFH 590 Steel Sheet for Stamping of Center Hinge of Automotive via Analysis of Transfer Forming Process with Multi-Stages

안동규^{1,✉}, 송동한², 손상식³, 한길영¹
Dong-Gyu Ahn^{1,✉}, Dong Han Song², Sang Sik Sohn³ and Gil Young Han¹

¹ 조선대학교 기계공학과 (Department of Mechanical Engineering, Chosun Univ.)

² (사)광주금형산업진흥회 (Gwang-ju Association for Die and Mold Industry Development)

³ (주)아람금속공업 (ARAM Metal Industries, LTD.)

✉ Corresponding author: smart@chosun.ac.kr, Tel: 062-230-7043

Manuscript received: 2010.3.10 / Accepted: 2010.4.8

The aim of this paper is to design the blank shape of SPFH 590 high strength steel for stamping of the center hinge of automotive via numerical analyses and experiments for multi-stages transfer forming process. Three-dimensional elasto-plastic finite element analyses for the transfer forming process with six stages were performed using a commercial code AUTOFORM V4.2. The influence of the blank shape on the formability and the shape conformity were quantitatively examined through the FE analyses. From the results of the FE analysis, a feasible shape of the blank and the forming load were estimated. Stamping experiments were carried out using the proposed blank shape. The results of experiments were shown that the center hinge parts with the desired shapes can be manufactured successfully as the proposed blank shape is used. Through the comparison of the results of the experiments with those of the analyses, it was shown that the estimation of blank shape using the FE analysis is a proper methodology to create a feasible shape of the blank for the center hinge of automotive

Key Words: Blank Design (블랭크 설계), High Strength Steel Sheet (고장력 강판), Center Hinge (센터 힌지), Formability (성형성), Shape Conformity (형상 적응도)

기호설명

$\bar{\sigma}$ = effective stress

$\bar{\epsilon}$ = effective strain

α = dimensional error at the measured region

λ = measured dimension of the stamped product

ζ = dimension of the basic design for the product

1. 서론

최근 전세계적인 녹색환경규제에 대처하기 위하여 자동차의 연비 감소와 에너지 효율 극대화에 대한 관심이 매우 높아지고 있다.^{1,2} 또한 승객의 안전도 향상에 대한 요구와 법규가 지속적으로 강화되고 있다. 자동차 업계에서는 이러한 시대적 요구에 대처하기 위하여 자동차 부품의 무게는 감소시키고 제품의 성능과 안전도는 향상시키는 방법에 대하여 연구를 폭넓게 수행하고 있다.^{3,4} 특히, 인장강도 590 MPa 이상의 고강도 강판을 사용한

자동차 내외장품 개발/제작 관련 연구는 최근 몇 년간 두드러지게 확대되고 있다.⁵⁻⁷

고장력 강판의 경우 재료의 최대 변형율은 감소시키고 인장강도를 증가시켜, 대변형이 요구되는 성형공정에는 적용성이 떨어진다.⁸ 그러므로 고장력 강판을 이용하여 자동차 내외장품을 제작하는 성형공정과 금형을 개발할 때에는 사전 설계단계에서 CAE (computer aided engineering) 을 이용한 성형공정 및 금형/블랭크 설계의 제품 성형성 영향에 대한 평가가 필수적으로 수행되어야 한다.^{9,10} Ko 등은 DP780 고장력 강판을 사용한 자동차 시트레이 성형 공정 개발에 관한 연구를 유한요소해석과 박판성형 실험을 통하여 수행하였다.¹¹ Ahn 등은 DL 950 고장력 강판을 사용한 자동차 내부보강판 성형 금형 설계를 3 차원 박판성형해석으로 수행한 바 있다.¹²

박판 성형 공정 개발에서 초기 블랭크의 형상 설계는 금형과 성형공정을 변화시키지 않고 제품 품질을 변화시킬 수 있는 방법이어서 많은 연구가 이루어지고 있다.¹³ Park 등은 이상적 변형이론을 이용한 초기 블랭크 설계 방법에 대한 연구를 수행하였다.¹⁴ Zhang 등은 다단 연속 성형 공정의 블랭크 설계와 성형성 예측을 CAE 를 통하여 수행하였다.¹⁵

본 연구에서는 SPFH 590 고장력 강판을 6 개의 이송형 공정 (transfer process) 으로 성형하여 자동차 센터 힌지 제품을 제작하는 다단 성형 공정의 블랭크 설계를 3 차원 탄소성 유한요소해석을 통하여 수행하고자 한다. 탄소성 유한요소해석으로 블랭크 설계가 제품의 성형성과 형상 적응도에 미치는 영향에 대하여 정량적으로 고찰하여 적합한 블랭크 설계를 도출하였다. 또한 유한요소해석에 의하여 제안된 형상으로 블랭크를 제작한 후 성형 실험을 수행하여 제품 제작성 고찰과 해석/실험결과와의 비교/분석을 수행하였다.

2. 센터 힌지 성형 공정/금형 및 블랭크 형상

2.1 센터 힌지 성형 공정 및 금형 설계

본 연구에서 제작하고자 하는 자동차 센터 힌지의 형상은 Fig. 1 과 같다. 이 제품을 제작하기 위한 자동차 센터 힌지 다단 성형 공정과 이송형 다단 금형 설계는 Fig. 2 와 같다.

본 다단 성형 공정과 이송형 금형에서는 외관 크기가 295 mm × 153 mm × 94 mm 이며, 좌우 대칭

인 두개의 제품을 동시에 제작하도록 되어 있다. 제품 성형 공정은 Fig. 2 와 같이 성형, 절단, 천공, 절단, 굽힘 및 최종 천공과 분리의 6 단계 공정으로 구성하였다. 제 1 및 2 단계 공정에서는 Fig. 2(a)와 같이 측면 형상과 중앙부 기본 형상을 드로잉 공정으로 성형한 후, 중앙부 윤곽을 절단 공정으로 생성한다. 제 3 및 4 단계 공정에서는 Fig. 2(b)와 같이 상단 연결부 천공을 통한 구멍 생성과 왼쪽 제품(part 1)의 측면을 절단한다. 제 5 및 6 단계에서는 Fig. 2(c)와 같이 상단부 돌기 굽힘성형과 측면/상면 기준구멍을 천공한 후, 제품을 두개로 분리하여 완제품 제작한다.

센터 힌지 성형 공정에서 설계시 각 단계별 제한 사항은 다음과 같다.

- 제 1 및 2 단계 공정 완료 후 제품에 파단이나 접합 현상 등의 결함이 발생하지 않아야 한다.
- 제 3 단계 공정 완료 후, 제품의 상부 구멍위치가 기준 형상과 일치하여야 한다.

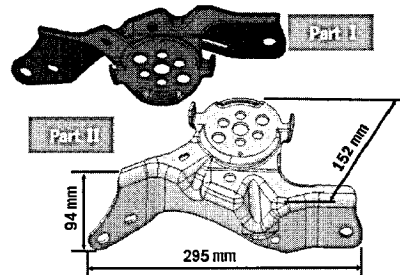


Fig. 1 Basic design of the center hinge parts

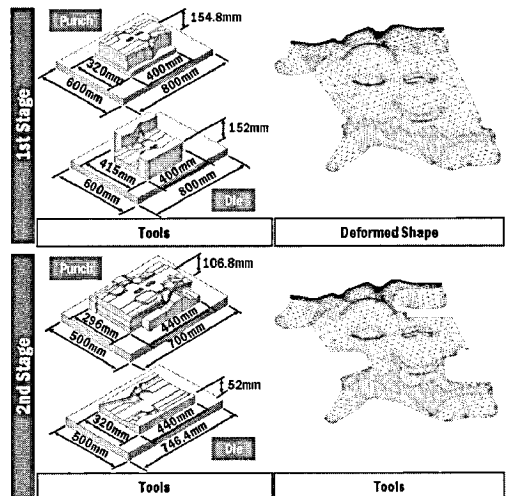


Fig. 2(a) Design of the tools and the products for the first and second stages (forming and cutting stages)

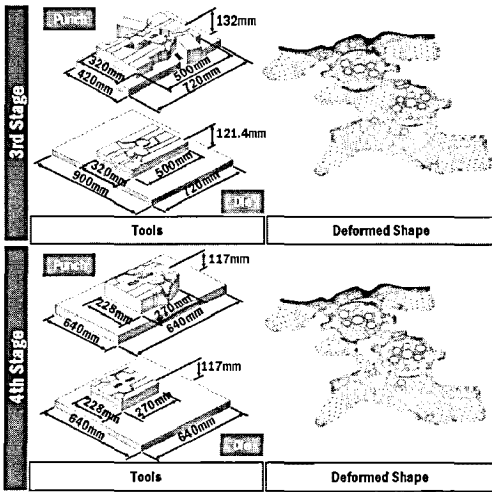


Fig. 2(b) Design of the tools and the products for the third and fourth stages (piercing and cutting stages)

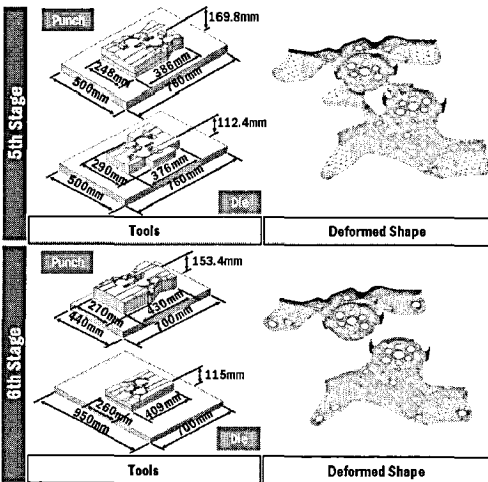


Fig. 2(c) Design of the tools and the products for the fifth and sixth stages (bending and piercing stages)

- 제 5 단계 공정 완료 후 상단 돌기부에 결함이 발생하지 않아야 한다.
- 최종단계인 제 6 단계 천공 완료 후 최종 제품 형상이 기초 설계안과 ± 1.0 mm 내의 오차를 나타내어야 한다.

2.2 블랭크 설계

자동차 센터 힌지 제작을 위하여 공칭 인장강도가 590 MPa 내외를 나타내는 SPFH 590 고장력

강판을 사용하였다. SPFH 590 고장력 강판의 5 대 주요성분은 Table 1 과 같다.

Table 1 Chemical compositions of SPFH 590 high strength steel (wt%)

C	Si	Mn	P	S
≤ 0.09	≤ 0.15	1.45~1.55	≤ 0.025	≤ 0.003

성형공정이 이루어지는 제 1 공정의 금형 외곽 형상 전개도에 최외곽 드로잉량을 고려하여 Fig. 3(a)와 같은 초기 블랭크 형상을 설계하였다.

이 초기 블랭크 설계에 4 곳의 모서리부분 외곽형상을 변경하여 Fig. 3(b)와 같은 변경 블랭크 설계안들을 도출하였다. 이때 모든 설계안의 블랭크 면적은 동일하게 하였다. 블랭크 설계안들에 대한 주요 치수는 Table 2 와 같다.

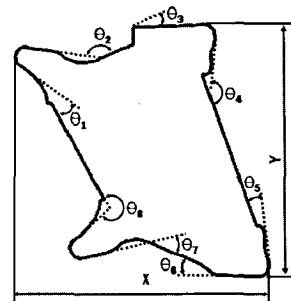


Fig. 3(a) Initial design (D1) of the blank shape and characteristics dimensions for the blank design

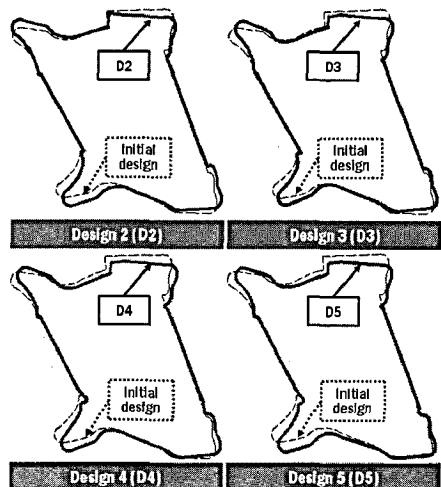


Fig. 3(b) Alternative designs of the blank shape

Table 2 Characteristic dimensions of the blank according to design alternatives

Design	D1	D2	D3	D4	D5
X (mm)	406.5	413.6	397.5	399.7	399.5
Y (mm)	399.7	390.5	390.5	390.5	391.5
θ_1 (°)	23.0	18.0	12.0	18.5	24.0
θ_2 (°)	149.0	148.5	137.0	136.0	143.0
θ_3 (°)	21.5	20.0	26.5	27.0	25.0
θ_4 (°)	154.0	148.0	146.0	146.0	148.0
θ_5 (°)	13.0	9.0	9.0	9.0	7.0
θ_6 (°)	21.0	25.0	26.5	27.0	22.0
θ_7 (°)	33.5	37.5	44.0	42.5	33.0
θ_8 (°)	263.0	257.5	251.0	247.0	252.0

3. 탄소성 유한요소 해석

3.1 유한요소해석 방법

이송형 다단 센터 힌지 성형공정에 적합한 블랭크 설계를 도출하기 위하여 3 차원 탄소성 유한요소해석을 수행하였다. 탄소성 유한요소해석은 상용 내연적 유한요소 성형 해석 프로그램인 AUTOFORM V4.2 를 사용하였다.

Table 3 Number of meshes and those refinement levels

Design	Status	Elements (EA)	Nodes (EA)	Refinement Level
D1	Initial	1,233	707	4
	Final	13,131	6,677	
D2	Initial	1,263	719	4
	Final	12,915	6,562	
D3	Initial	1,308	742	4
	Final	12,677	6,459	
D4	Initial	1,386	785	4
	Final	12,812	6,517	
D5	Initial	1,317	747	4
	Final	12,663	6,445	

성형 판재인 SPFH 590 의 두께는 3.2 mm 이며, 블랭크의 유한요소격자 생성은 AUTOFORM V4.2 의 전처리를 이용하였다. 각 공정별 금형은 CATIA V5 로 모델링 한 후 IGES (.igs) 파일로 변환하여, 해석 격자 생성을 위한 금형 CAD 데이터를 생성하였다. 이 데이터를 AUTOFORM V4.2 전

처리에 입력시켰다. 금형면은 강체로 가정하였다. 블랭크는 삼각형 쉘요소(triangular shell element) 들로 표현하였다. 블랭크 설계안 별 초기 및 최종 요소수들은 Table 3 과 같으며, 격자 재생성 수준은 4 로 하였다.

3.2 재료 물성

3 차원 탄소성 박판성형해석에 소요되는 SPFH 590 재료의 기계적 물성은 인장시험으로 취득하였다. 인장시편은 ASTM A370-03 의 박판재료 인장시편규격에 따라 제작하였다. 열연 고장력 강판의 경우 이방성 특성이 거의 나타나지 않으므로, 인장시편은 압연방향에서만 채취하였다. 또한 이방성 계수 (anisotropic coefficient) 는 1.0 으로 가정하였다. 인장시험은 INSTRON 5585 를 이용하였으며, 포아송비를 취득하기 위하여 시편 중심부에 이축스트레인 게이지 (bi-axial strain gage) 를 부착하였다. 인장시험결과 취득된 SPFH 590 고장력 강판의 기계적물성 및 진응력-진변형을 관계식은 각각 Table 4 및 식 (1) 과 같다. 본 재료의 성형한계곡선 (forming limit diagram : FLD) 은 인장시험 결과와 AUTOFORM V4.2 에서 제공되는 Arcelor V9 식 으로부터 도출하였다.

Table 4 Mechanical properties of SPFH 590 high strength steel sheet

Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Max. strain
207.7	0.28	475.2	671	0.21

$$\sigma(\text{MPa}) = 810 \epsilon^{-0.122} \quad (1)$$

4. 유한요소 해석 결과 및 고찰

4.1 성형성

Fig. 4 는 3 차원 박판성형해석 결과 도출된 5 가 지 블랭크 설계안에 대한 제 1 과 2 단계 공정후의 제품 성형성이다. Fig. 4(a)와 같이 블랭크 설계안 D1 과 D2 에서는 2 단계 공정인 중앙부 형상을 절단공정으로 생성한 후에도 제품 내부에 파단 발생 가능 영역이 존재하는 것을 알 수 있었다.

블랭크 설계안 D3 의 경우 Fig. 4(b)와 같이 측

면 형상과 중앙부 기본 형상을 드로잉공정으로 성형한 후에는 모서리부에 파단 발생 가능 영역이 존재하는 것으로 나타났으나, 중앙부 윤곽 절단공정 수행 후에는 파단 발생 가능 영역이 제거되어 제품내에 파단 발생 가능 영역이 존재하지 않은 것을 알 수 있었다. 최종 공정인 제 6 단계 공정이 완료된 후, Fig. 4(c)와 블랭크 설계안 D3, D4 및 D5의 경우 제품 내부에 파단 발생 가능 영역이 존재하지 않는 것을 알 수 있었다.

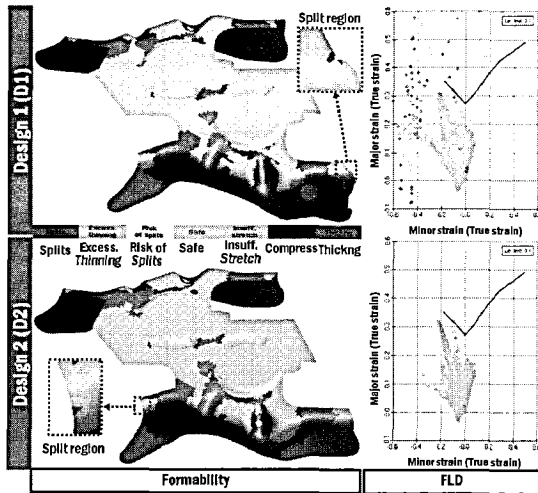


Fig. 4(a) Formability of the blank design 1 (D1) and 2 (D2) at the second stage

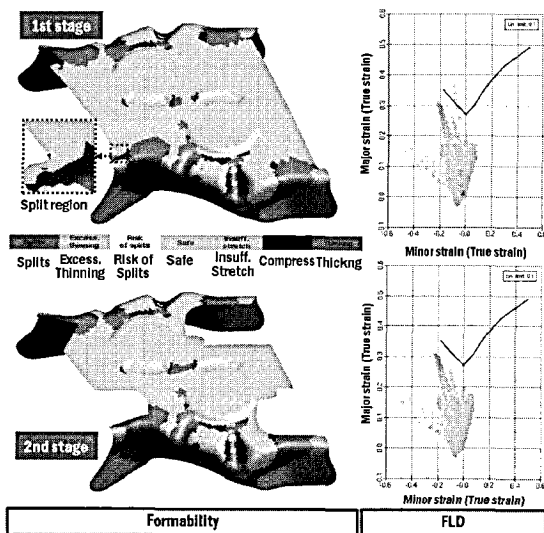


Fig. 4(b) Formability of the blank design D3 at the first and second stages

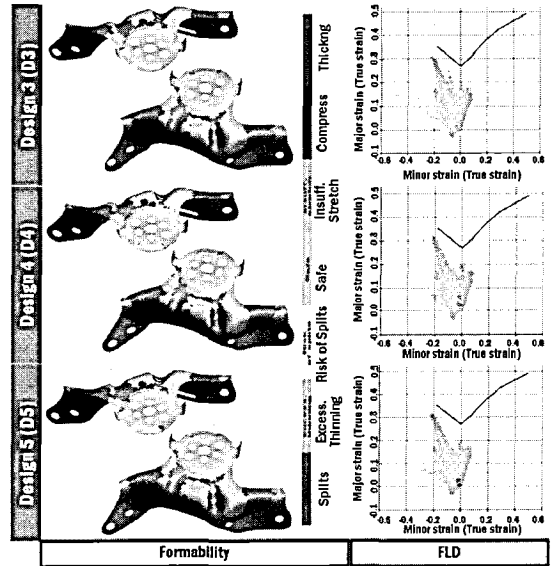


Fig. 4(c) Formability of the blank design D3, D4 and D5 in final stage

위 결과로부터 블랭크 설계안 D3, D4 및 D5를 선택할 경우, 제품 내부에 파단 발생 가능성이 거의 없는 양호한 성형성을 가진 제품을 성형할 수 있음을 알 수 있었다.

4.2 형상 적응도

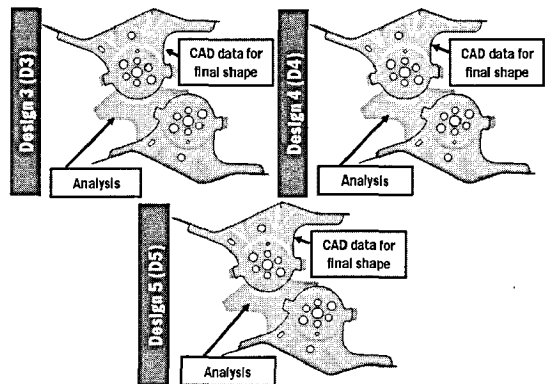


Fig. 5 Variation of conformity of the holes shape in the top side of the product to the basic design of the center hinge according to the blank designs at the third stage

블랭크 설계안에 따른 성형 단계별 제품의 형상 적응도 분석은 제품 내부에 파단 발생 가능 영

역이 존재하지 않는 설계안 D3, D4 및 D5 에 대해서 수행하였다.

Fig. 5 는 박판 성형 해석 결과 취득된 3 가지 블랭크 설계안별 제 3 단계 공정 완료 후 변형 형상과 제품 설계 형상의 비교 결과이다. Fig. 5 에서 실선은 Fig. 1 의 제작 제품에 대한 외형 윤곽이다. Fig. 5 에서와 같이 제 3 단계 공정 완료 후 생성된 상단부 구멍은 제품 CAD 형상과 오차범위 $\pm 0.1 \text{ mm}$ 이내에서 일치하는 형상을 나타내었다.

Fig. 6 과 7 은 3 가지 블랭크 설계안별 최종 공정 완료 후 변형형상과 제품 설계형상의 비교 결과이다. 치수 오차 (α)는 식 (2)와 같이 Fig 7(a)의 치수 오차 측정지점에서의 성형된 치수(λ)와 설계 기준치수(ζ)의 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\alpha(\%) = \left| \frac{\lambda - \zeta}{\zeta} \right| \times 100 \quad (2)$$

Fig. 6(a)와 Fig. 7 에서 블랭크 설계안 D3 과 D4 의 경우 최종 성형 제품에 제품 설계안 대비 각각 2.5~55.7 % 와 1.0~42.9 % 정도의 치수 오차가 발생함을 알 수 있었다. 치수 오차가 크게 발생하는 영역은 D3 설계안의 경우 Fig. 6(a)와 같이 가장 왼쪽부분의 구멍과 아랫쪽 가장자리 영역이며, D4 설계안의 경우 아랫쪽 가장자리 영역임을 알 수 있었다. D3 설계안의 주요 부위 치수 오차가 -2.0~3.9 mm 정도의 범위를 나타내었다. 그리고 D4 설계안의 경우 주요 부위 치수 오차가 -3.0~4.0 mm 정도의 범위를 나타내었다. 이 결과로부터 블랭크 설계안 D3 과 D4 는 2.1 절의 공정 설계 치수 제한 조건을 만족하지 못하는 것을 알 수 있었다.

블랭크 설계안 D5 의 경우 Fig. 6(b)와 Fig. 7 에서 관찰할 수 있는 것처럼, 최종 성형 제품의 제품 설계 데이터 형상 적용도가 매우 높으며, 주요 위치 치수 오차가 0.0 ~ 8.7 % 정도로 최소화됨을 알 수 있었다. 또한 블랭크 설계안 D5 의 최대 치수 오차 범위가 -0.7 ~ 0.9 mm 정도로 2.1 절의 공정 설계 제한 조건을 만족하는 것을 알 수 있었다.

각 블랭크 설계안에 대한 성형성 및 형상 적용도 고찰 결과 블랭크 설계안 D5 가 본 성형 공정의 제한 조건들을 만족시키는 적합한 블랭크 설계안임을 알 수 있었다.

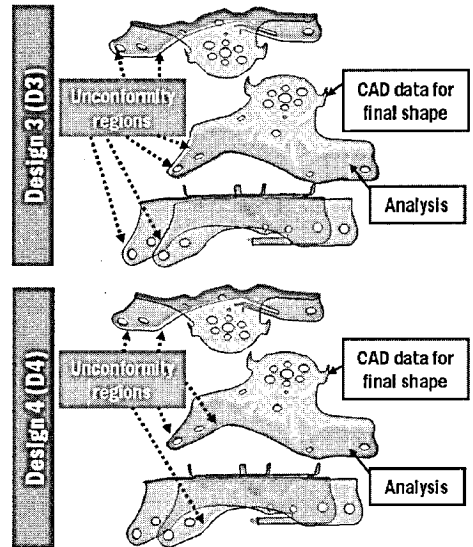


Fig. 6(a) Conformity of the finally stamped product for blank design D3 and D4 to the basic design of the center hinge at the final stage

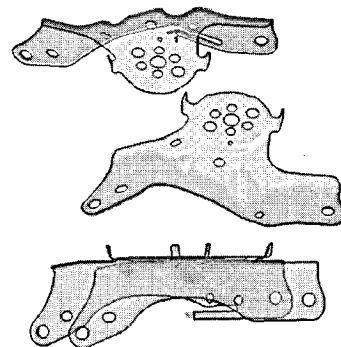


Fig. 6(b) Conformity of the finally stamped product for blank design D5 to the basic design of the center hinge at the final stage

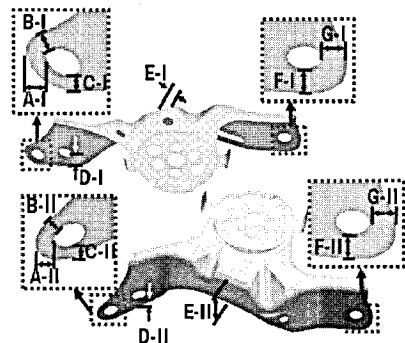


Fig. 7(a) Measured regions of dimensional error

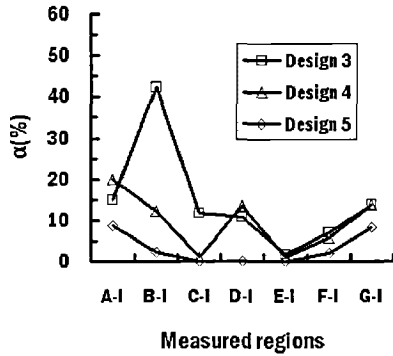


Fig. 7(b) Dimensional error distributions in the stamped products for the blank design D3, D4 and D5 (part I)

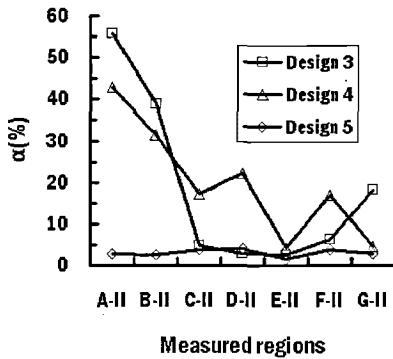


Fig. 7(c) Dimensional error distributions in the stamped products for the blank design D3, D4 and D5 (part II)

4.3 성형 하중

SPFH 590 고강도 강판을 자동차 센터 힌지로 성형하는 이송형 성형 공정의 성형 하중은 4.2 절에서 적합한 블랭크 설계안으로 도출된 D5 설계안에 대해서 산출하였다. Fig. 8 은 각 단계별 성형하중 변화를 나타낸다. Fig. 8 에서 상단부 구멍 천공을 수행하는 제 3 단계 공정에서 약 373.7 tons 정도로 가장 높은 성형하중이 필요함을 알 수 있었다. 또한 측면 형상과 중앙부 기본 형상을 드로잉 공정으로 성형하는 제 1 단계 공정에서도 약 312.1 tons 정도의 성형하중이 소요됨을 알 수 있었다. 이 결과로부터 블랭크 설계 D5 를 사용하여 자동차 센터 힌지를 성형하기 위해서는 400 tons 이상의 성형하중을 가진 프레스가 요구됨을 알 수 있었다.

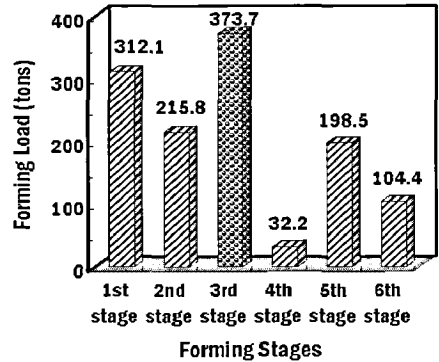


Fig. 8 Forming loads for the different stages

5. 금형 제작 및 성형 실험

5.1 금형 제작 및 성형 실험 방법

제안된 블랭크 설계의 제품 제작공정 적용성을 확인하기 위하여 성형 실험은 Fig. 9 와 같이 제작된 자동차 센터 힌지 성형용 이송 금형에서 수행

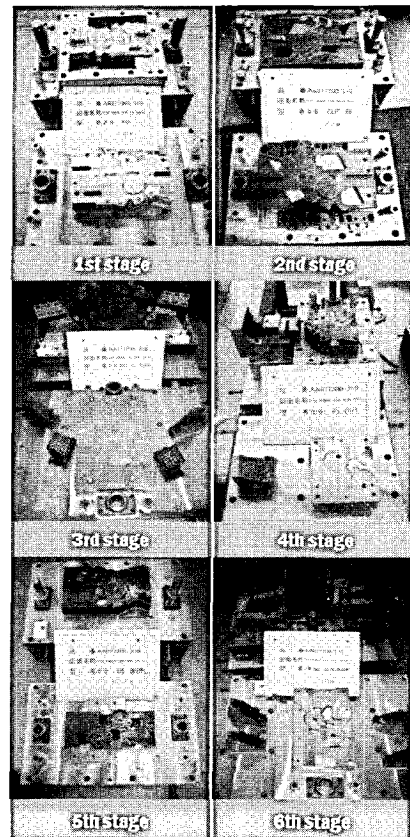


Fig. 9(a) Die set for stamping experiments

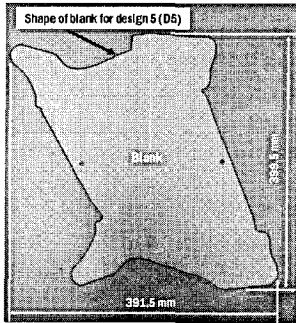


Fig. 9(b) Blank shape for stamping experiments

하였다. 금형면 가공데이터는 금형 3 차원 CAD 모델링 데이터를 사용하여 WorkNC CAM 소프트웨어로 생성하였다. 각 공정별 펀치와 다이면 형상 생성시 1 차적으로 황삭 가공한 후 금형의 열처리를 수행하였다. 그 후 다이면과 펀치면에 대하여 정삭 가공과 방진 가공을 수행하고, 최종적으로 금형면 사상을 통하여 제품 성형용 금형을 제작하였다. 금형면 치수 공차는 ± 0.01 mm 이내이며, 금형면은 경질 크롬 코팅하여 마모특성을 향상시켰다.

바람직한 설계일 것으로 판단되는 D5 블랭크 설계안의 CAD 데이터를 이용하여 레이저 절단으로 Fig. 9(b)와 같은 성형 실험용 블랭크를 제작하였다. 20 개의 블랭크에 대하여 반복 성형실험을 수행하여 결과를 고찰하였다. 성형 실험은 블랭크 설계안 D5 에 대하여 성형해석시 취득된 최대 성형하중을 근거로 하여, 600 톤 급 기계식 프레스에서 수행하였다.

5.2 성형 실험 결과 및 고찰

블랭크 설계안 D5 에 대하여 성형 실험을 수행한 결과, Fig. 10 과 같은 성형 단계별 제품을 제작할 수 있었다.

제작된 제품을 검사한 결과, 제안된 블랭크 설계안으로 제품을 성형할 경우 최종 제품에 파단과 같은 결함이 발생하지 않음을 알 수 있었다.

Table 5 는 최종 성형된 제품의 각 위치별 치수와 제품 설계 데이터의 치수를 비교한 결과이다. 제품 치수 측정 위치는 Fig. 7(a)와 같다. Table 5 에서 각 측정 위치에서 최종 성형된 제품의 치수와 제품 CAD 데이터 치수가 거의 일치하는 것을 알 수 있었다. 실제 데이터 비교 결과 제품 Part I 과 II 가 제품 설계 데이터 대비 각각 -0.9 mm~0.8 mm 와 -0.8 mm~0.6 mm 범위내의 오차를 나타냄을 알 수 있었다. 이 결과로부터 박판 성형 해석 결과

제안된 형상의 블랭크를 사용할 경우, 제품 제작 조건을 만족하는 양호한 품질을 제작할 수 있음을 알 수 있었다.

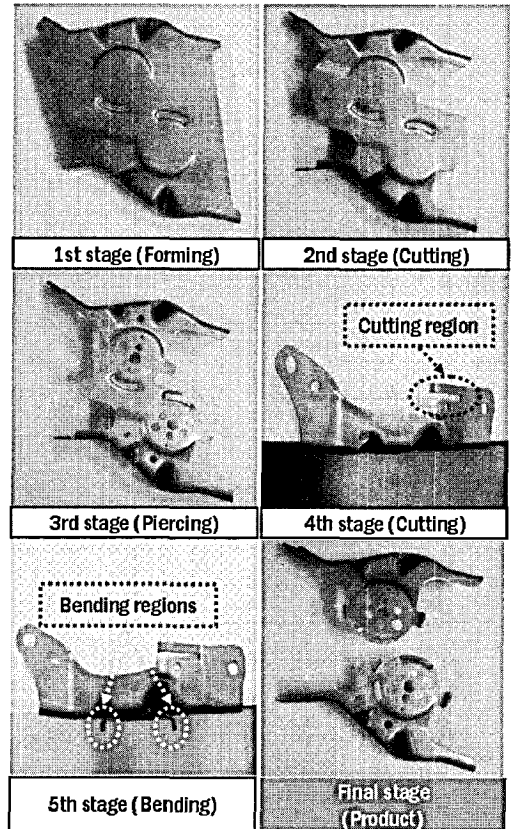


Fig. 10 Stamped parts for each stage

Table 5 Comparison of dimensions of the products

P a r t I	Region	A-I	B-I	C-I	D-I	E-I	F-I	G-I
	Exp. (mm)	8.9	9.7	9.4	16.2	39.0	16.5	10.7
	CAD (mm)	8.0	9.0	9.5	17.0	38.5	16.0	11.0
	Analysis (mm)	8.7	8.8	9.5	17.0	38.5	16.3	10.1
P a r t II	Region	A-II	B-II	C-II	D-II	E-II	F-II	G-II
	Exp. (mm)	7.2	8.7	11.1	17.4	38.9	16.4	11.6
	CAD (mm)	7.0	8.0	10.5	18.0	38.5	16.0	11.0
	Analysis (mm)	6.8	8.2	10.1	17.3	39.1	15.4	11.3

Table 5 와 Fig. 11 은 박판 성형 해석 결과 제품 성형 결과를 위치별 치수와 두께 측면에서 비교한 결과이다. 두께 측정 위치는 Fig. 11 과 같다.

Table 5 에서 박판 성형 해석 결과 취득된 제품의 치수와 최종 제품에서 취득된 치수가 약 1.0 mm 이하의 차이를 나타냄을 알 수 있었다. Fig. 11 의 두께 비교 결과에서는 실제 성형 제품과 박판 성형 해석에서의 최종 제품 두께가 ± 0.1 mm 내외의 차이를 보임을 알 수 있었다. 이 결과로부터 3 차원 박판 성형 해석을 이용한 자동차 힌지 성형용 SPFH 590 고강도 강판 블랭크 설계 방법이 실제 제품 성형공정을 묘사하고 적절한 블랭크 설계를 도출할 수 있는 방법임을 알 수 있었다.

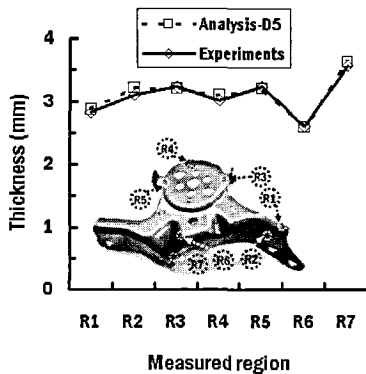


Fig. 11(a) Comparison of the thickness of the stamped product and those of the analysis (part I)

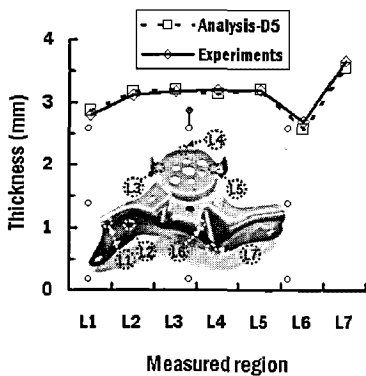


Fig. 11(b) Comparison of the thickness of the stamped product and those of the analysis (part II)

6. 결론

본 논문에서는 SPFH 590 고강도 강판을 이송형

공정으로 성형하여 자동차 센터 힌지를 제작하는 다단성형공정의 블랭크 설계를 위해 3 차원 탄소성 유한요소해석과 성형실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 블랭크 형상의 제품 성형성 및 형상 적용도 영향성을 정량적으로 분석하여, 제품 내부에 파손 가능영역이 존재하지 않으며 제품 설계에 대한 치수 오차가 최소화되는 적절한 블랭크 설계를 도출할 수 있다.

둘째, 제안된 블랭크 설계안에 대한 공정별 성형하중을 산출하여 성형 실험시 최대 성형하중이 요구되는 공정과 소요 프레스 용량을 예측할 수 있었다.

셋째, 제안된 형상의 블랭크로 자동차 센터 힌지 성형 실험을 수행하였다. 이 결과 제품 내부에 결함이 없으며, 설계기준인 ± 1.0 mm 이내의 치수 오차를 만족하는 제품을 성형할 수 있었다.

넷째, 실제 성형제품과 유한요소해석결과를 제품 치수와 두께 측면에서 비교하여, 3 차원 유한요소해석을 이용한 자동차 센터 힌지 성형용 SPFH 590 고강도 강판 블랭크 설계 방법이 적절한 블랭크 설계 방법임을 검증하였다.

추후, 추가적인 블랭크 형상에 대한 성형 해석 및 실험을 수행하여 본 공정에 적합한 최적 블랭크 설계를 도출하고자 한다.

후 기

본 연구는 2 단계 지역연고산업진흥사업 “광주 금형산업진흥사업”의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Lim, K. C., “Evaluation of Introduction of Electric Vehicles in the City,” Journal of Energy Engineering, Vol. 6, No. 2, pp. 115-118, 1997.
2. Choi, Y., Yeo, H. T., Park, J. H., Kang, M. G., Oh, K. H. and Park, S. W., “Press Forming of Extruded Aluminum Profile for Automotive Parts,” Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 23, No. 5, pp. 51-58, 2006.
3. Andersson, R., Schedin, E., Magnusson, C., Ocklund, J. and Persson, A., “The Applicability of Stainless Steel for Crash Absorbing Components,” SAE

- Transactions, Vol. 111, No. 6, pp. 1918-1922, 2002.
4. Kim, K. J., Rhee, M. H., Choi, B. I., Kim, C. W., Sung, C. W., Han, C. P., Kang, K. W. and Won, S. T., "Development of Application Technique of Aluminum Sandwich Sheets for Automotive Hood," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 10, No. 4, pp. 71-75, 2009.
 5. Furusako, S., Uenishi, A. and Miyazaki, Y., "Improvement of Crashworthiness by Application of High Strength Steel for Light Weight Auto Bodies," Journal of the Society of Automotive Engineers of Japan, Vol. 55, No. 10, pp. 36-39, 2001.
 6. Kim, J. C., Kwon, T. W. and Jeon, J. H., "Application Technology of High Strength Hot-rolled Steels for Automotive Lightweight Chassis Parts," Proceedings of 2005 Autumn Annual Meeting of the Korean Society for Technology of Plasticity, pp. 43-45, 2005.
 7. Kim, K. J., Sung, C. W., Baik, Y. N., Lee, Y. H., Bae, D. S., Kim, K. H. and Won, S. T., "Hydroforming Simulation of High Strength Steel Cross-members in an Automotive Rear Subframe," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 9, No. 3, pp. 55-58, 2008.
 8. <http://www.worldautosteel.org/projects/AHSSGuidelines/AHSS-application-guidelines-version-4.aspx>
 9. Lindgren, M., "Cold Roll Forming of a U-Channel Made of High Strength Steel," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 186, No. 1-3, pp. 77-81, 2007.
 10. Lee, D. H., Kim, T. J., Lim, J. D. and Lim, H. J., "Development of High Strength Steel Body by Hot Stamping," Transactions of Materials Processing, Vol. 18, No. 4, pp. 304-309, 2009.
 11. Ko, D. C., An, J. H., Jang, M. J., Bae, J. H., Kim, C. H. and Kim, B. M., "Process Design of Seat Rail in Automobile by the Advanced High Strength Steel of DP780," Transactions of Materials Processing, Vol. 17, No. 3, pp. 197-202, 2008.
 12. Ahn, D. G., Song, D. H., Noh, G. B. and Han, G. Y., "Stamping Die Design of Inner Reinforcement Panel for Automotive," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 8, No. 2, pp. 60-68, 2009.
 13. Son, K. and Shim, H., "Optimal Blank Shape Design Using the Initial Velocity of Boundary Nodes," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 134, No. 1, pp. 92-98, 2002.
 14. Park, S. H., Yoon, J. H., Yang, D. Y., Kim, Y. H. and Lee, J. H., "A Study on the Initial Blank Design Using Ideal Forming Theory," Transactions of Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 5, No. 4, pp. 207-218, 1997.
 15. Zhang, Z., Liu, Y., Du, T. and Li, Z., "Blank Design and Formability Prediction of Complicated Progressive Die Stamping Part Using a Multi-step Unfolding Method," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 205, No. 1-3, pp. 425-431, 2008.