〈학술논문〉 DOI:10.3795/KSME-A.2010.34.11.1623 ISSN 1226-4873

리클라이너 결합 성능 향상을 위한 섹터투스의 롤오버 저감 방법§

이상훈* · 최홍석* · 장명진** · 김동수** · 배재호** · 고대철*** · 김병민****†
* 부산대 정밀가공시스템전공, ** (주) 다스 금형팀, *** 부산대 부품소재산학협력연구소, **** 부산대 기계공학부

Reduction of the Roll-Over of the Sector Tooth for Achieving Improved Recliner Locking Performance

Sang Hoon Lee*, Hong Seok Choi*, Myung Jin Chang**, Dong Su Kim**, Jae Ho Bae**, Dae Cheol Ko*** and Byung Min Kim****†
* Precision Manufacturing Systems Division, Pusan Nat'l Univ., ** DAS Co., Ltd.,
*** Industrial Liaison Innovation Center, Pusan Nat'l Univ., **** School of Mechanical Engineering, Pusan Nat'l Univ.

(Received May 11, 2010 ; Revised August 15, 2010 ; Accepted August 30, 2010)

Key Words : Recliner(리클라이너), Variable Inverse Clearance(가변 역클리어런스), Roll-Over(롤오버), Sector Tooth(섹터투스), Locking Part(결합부)

초록: 본 연구에서는 자동차용 시트 리클라이너의 주요 부품인 섹터투스 결합부의 롤오버 저감을 위한 효과적인 성형 방법을 제시하였다. 기존의 성형 공정에 의하여 발생한 과도한 롤오버 때문에 섹터투스 내측기어와 결합 부품인 폴투스 외측기어 간의 정확한 결합이 이루어지지 않아 승차감 및 안전성이 저하된다. 따라서 성형 시, 소재를 롤오버 측으로 유동시켜 롤오버량을 최소화 해야 하며, 이를 위하여 국부 돌기형 다이, 코이닝 펀치를 이용한 방법 및 가변 역클리어런스를 통한 롤오버 저감 방법에 대해 유한요소해석으로 비교 평가 하였고, 이를 검증하기 위해 금형 제작 및 실험을 수행하였다. 실험 결과, 가변 역클리어런스를 이용한 방법이 롤오버 저감 및 금형 강도 측면에서 우수한 특성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract: In this study, effective forming methods for reducing the roll-over of a sector tooth, which is a main component of an automotive seat recliner, are proposed. Due to the large amount of roll-over, accurate contact between the inner gear of a sector tooth and the outer gear of a pawl tooth cannot be normally achieved; thus sensitivity and safety for the passengers decrease. To overcome the aforementioned drawback, we investigated the effect of flow-control forming methods involving local embossing die, coining punch, and VIC (Variable Inverse Clearance) on the roll-over depth by FE-analysis and an experiment. The results of a fine-blanking experiment for verifying the proposed methods showed that VIC type is decidedly superior from the aspects of reduction of roll-over and tool strength of the sector tooth.

- 기호설명 -

F_P : 패드하중
F_S : 스트리퍼하중
V : 펀치 속도
T_S : 인장강도
L : 성형부 윤곽 길이
h : 성형 높이
F_L : 보조하중
R : 성형 반경
L_R : 롤오버 높이
F_w : 가중치

그리스문자
$\bar{\sigma}$: 유효 응력
$\bar{\varepsilon}$: 유효 변형률
$\Pi_{O.F}$: 목적함수
σ_{max} : 최대 금형 응력
$\sigma_{Y,\,Die\ material}$: 소재 항복 응력

§ 이 논문은 2010 년도 대한기계학회 생산 및 설계공학부문 춘계학술대회(2010. 4. 22.-23., 제주 라마다프라자) 발표논문임.
† Corresponding Author, bmkim@pusan.ac.kr
© 2010 The Korean Society of Mechanical Engineers

1. 서 론

판재를 전단가공 한 후 절단면을 보면 소재의

연성에 의해 모서리부에 매끈하게 눌려진 롤오버(Roll-over)가 발생한다.[1] 이러한 롤오버는 경우에 따라, 특히 정밀도가 높은 제품에 악영향을 발생시키기도 한다.

한편, 자동차의 리클라이너(Recliner)는 시트백(Seat back)과 프레임을 연결하는 부재로서 시트의 각도를 조정하는 역할을 한다.[2] 최근 자동차 부품이 안전성 및 승차감을 향상시키기 위해 고정도화 되고 있으며, 리클라이너의 구성 부품은 생산성과 정밀도를 양립하기 위해 파인블랭킹(Fine blanking)으로 제조된다.

시트의 각도는 섹터투스(Sector tooth)와 폴투스(Pawl tooth)의 엠보싱(Embossing)부가 정해진 위치에서 결합(Locking)되고 각 부품의 치형이 제 위치에서 맞물림에 따라 유지된다. 그러나 섹터투스에 발생된 롤오버로 인하여 시트 조정 시, 정확한 위치에서 결합되지 않고 약간 벗어난 곳에서 치형이 맞물리게 되어 시트백의 위치가 정확하게 고정이 되지 않으므로 승객의 안전성과 승차감에 악영향을 미친다. 이를 방지하기 위해서는 파인블랭킹 공정에서 발생하는 섹터투스 결합부의 롤오버를 적극적으로 감소시킬 필요가 있다.

롤오버를 저감시키고자 하는 연구는 예전부터 많이 수행되어 왔다. Husson 등[3]과 Klocke 등[4]은 펀치와 다이 간의 클리어런스가 롤오버에 미치는 영향을 조사하고 클리어런스가 작을 수록 롤오버가 저감됨을 유한요소해석을 통해 파악하였다. 또한 Kwak 등[5]은 비링(Vee-ring)의 위치 및 형상이 롤오버에 미치는 영향에 대하여 조사하였으며 Kim 등[6]은 플랜지형(Flange type) 리클라이너 부품의 파인블랭킹 시, 스트리퍼 하중(Stripper force), 카운터 하중(Counter force) 및 클리어런스(Clearance)등이 롤오버에 미치는 영향을 평가하고 실험계획법 및 유한요소해석을 통해 롤오버를 최소화하였다. 그러나 이러한 연구는 전단부의 롤오버를 감소시키기 위한 방안으로 수행된 것이기 때문에, 본 연구에서 섹터투스 결합부 단차 성형과 같이 일종의 단조 공법이 요구되는 부분에서의 적용은 약간 어려운 것이 사실이다.

따라서 본 연구에서는 유동제어를 통하여 리클라이너의 주요 기능 부품인 섹터투스 결합부의 롤오버를 저감할 수 있는 3 가지 방법을 제시하고 검토하였다. 제시된 방법으로는 국부 돌기형 다이(Local embossing die), 코이닝 펀치(Coining punch)를 이용한 성형법 및 가변 역클리어런스(Variable inverse clearance: VIC)를 이용한 방법이다. 우선

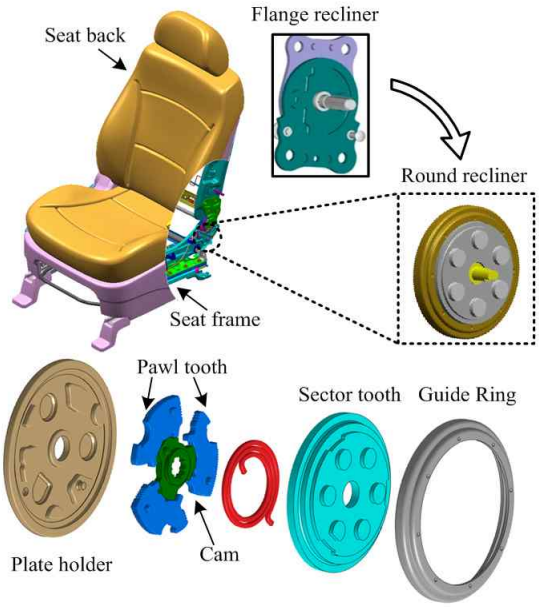

Fig. 1 Components of an automotive seat recliner

유한요소해석에 의해 각 방법에 따른 섹터투스의 롤 오버 저감량 및 금형강도를 비교 분석한 후에, 최적의 성형 방법을 제시하였다. 최종적으로 제시된 3 가지 성형 방법에 대해 시작품 제작을 통해 검증하였다.

2. 자동차 시트 리클라이너

2.1 리클라이너 구조

Fig. 1 에 라운드형(Round type) 시트 리클라이너의 구조를 나타내었다. 리클라이너는 시트백과 프레임을 연결하는 부품으로서 시트백의 각도를 조정하고 고정하는 역할을 한다. 3 세대 리클라이너인 라운드형 리클라이너는 기존의 플랜지형에 비해 충돌안전성, 작동성, 내구성 등이 우수할 뿐만 아니라 모든 차량 시트 부품으로의 공용화가 가능하다는 장점을 가지고 있다.[7~9]

라운드형 리클라이너는 섹터투스, 폴투스, 플레이트 홀더(Plate holder), 캠(Cam) 및 스프링으로 구성되어 있다. 그 중에서도 리클라이너의 기능에 가장 중요한 역할을 하는 부품은 섹터투스이며 그 내측에는 폴투스의 외치형과 맞물리는 180 개의 기어를 가지고 있다.

2.2 섹터투스의 제조 공정

생산성 및 높은 정밀도 확보를 위하여 섹터투스는 파인블랭킹에 의해 제조되며 Fig. 2 에 그 제조공정을 나타내었다. 섹터투스는 피어싱, 엠보싱,

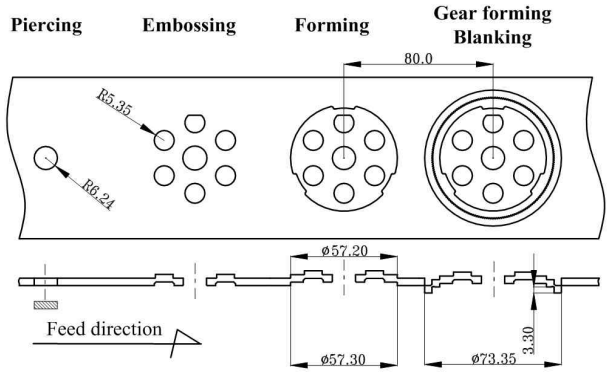

Fig. 2 Fine blanking process layout for the sector tooth

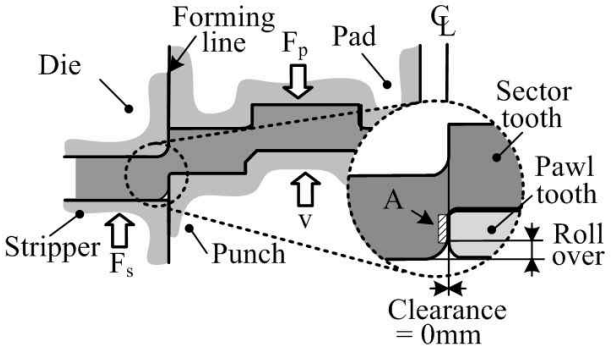

Fig. 4 Schematic drawing of existing forming stage

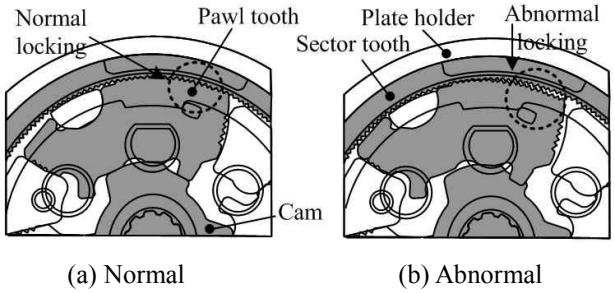

Fig. 3 Schematic drawing of the recliner after locking

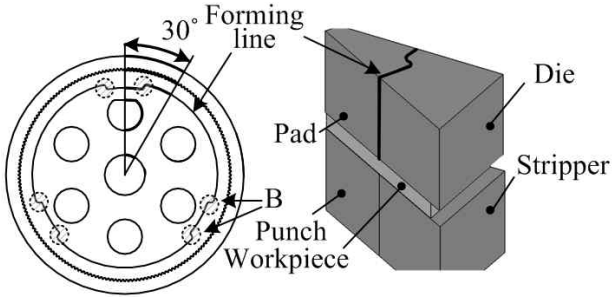

Fig. 5 FE-model for simulation of forming stage

단차성형, 기어성형 및 외곽 블랭킹의 4 공정으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 결합부가 성형되는 3 공정의 단차 성형에 중점을 두고 있다.

2.3 기존 섹터투스의 문제점

Fig. 3(a)와 (b)에 각각 리클라이너가 정상적, 비정상적으로 결합되었을 때의 개략도를 나타내었다. 시트백 조정 시, 정상적인 결합이 될 때는 폴투스의 엠보싱부와 섹터투스의 결합부가 본래 치형이 맞물려야 할 위치에서 결합된다. 그러나 Fig. 3(b)와 같이 정상적인 결합이 되지 않을 때는 원래 결합되어야 하는 치형의 위치보다 반 피치 정도 밀린 부분에서 결합이 이루어진다. 이에 따라 결합된 리클라이너는 시트에 약간의 힘이 가해졌을 때 치형이 정상 결합되는 과정에서 승객에 충격을 가하고, 경우에 따라서는 큰 사고를 유발할 수도 있다. 이러한 비정상적인 결합이 발생하는 가장 큰 원인은 섹터투스 단차부의 롤오버 때문이다. 따라서 단차 성형 시, 소재의 유동을 제어하여 롤오버를 감소시키는 것이 중요하다.

3. 유동제어 방법 및 유한요소 모델

Fig. 4 에 기존의 섹터투스 단차성형 공정의 개략도를 나타내었다. 단차성형 금형은 다이, 패드, 스트리퍼 및 펀치로 구성되어 있다. 기존의 공정의 클리어런스(Clearance)는 0mm 으로 발생한 결합부의 롤오버를 저감하기 위해서는 다이 측의 소재를 롤오버 측으로 유동시킬 필요가 있다. 섹터투스 내측의 'A' 부분은 폴투스와 미끄럼이 발생하는 위치이므로 금형 설계 시 펀치와 스트리퍼 형상은 기존의 상태로 유지되어야 한다. 따라서 다이와 패드의 형상, 즉, 성형라인(Forming line)을 조정하여 롤오버를 저감하는 것으로 하였다.

한편, 본 연구에서는 제시된 방법에 따른 롤오버 크기를 예측하기 위해 상용 강소성 유한요소해석 코드인 DEFORM 3D 를 이용하였다. 해석은 Fig. 5 에 나타낸 바와 같이 결합부를 포함한 1/12 모델에 대해서 수행되었고 'B' 부분에 제시된 3 가지 방법을 적용하였다. 한편, 적용된 소재는 완전 풀림처리 된 SNCM 220 을 사용하였으므로 압연으로 인한 이방성을 고려하지 않았으며, 인장실험을 통하여 얻어진 소재의 유동응력은 식 (1)과 같다.

$$\bar{\sigma} = 689\,\bar{\varepsilon}^{0.144} \quad [MPa] \qquad (1)$$

F_s 는 식 (2)과 같이 소재의 강도, 전단 윤곽 및 성형 높이를 고려하여 성형하중의 50%인 7.5Ton 을 적용하였으며 F_p 는 가스스프링으로서 초기압

력 1.8Ton, 최종압력 2.6Ton 을 선정하였다.

$$F_s = 0.5 \times (0.8 \times T_s \times L \times h) \quad (2)$$

여기서 괄호 안은 성형하중을 나타낸다.

4. 섹터투스의 롤오버 저감 방안

4.1 국부 돌기형 다이를 이용한 코이닝 성형법

Fig. 6 에 국부 돌기형 다이를 이용한 롤오버 저감 방법의 개략도를 나타내었다. 이 방법은 다이에 Fig. 5 의 'B'와 같이 6 곳 돌기형상의 단부를 형성하여 소재를 롤오버 측으로 유동시키는 것을 목적으로 한다. 돌기의 면적이 증가할 수록 롤오버 감소 효과는 크다고 예상되지만 이에 따라 비례적으로 국부 돌기형 다이를 지지하는 힘(F_L) 또한 증가시켜야 한다. 그러나 F_L 의 증가는 금형의 구조 상, 다이를 지지하고 있는 축에 좌굴을 일으키기 때문에 이를 방지하기 위한 돌기의 면적에는 한계가 있다.

Fig. 7 은 국부 돌기형 다이를 이용하였을 때의 결과 및 기존 공법의 유한요소해석 결과를 나타낸 것이다. 기존 공법에서의 롤오버는 0.45 mm 로 나타났으며, 국부 돌기형 다이를 이용하였을 경우에

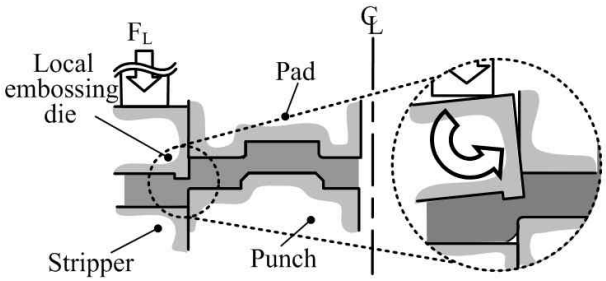

Fig. 6 Schematic drawing of the method for reduction of roll-over using local embossing die

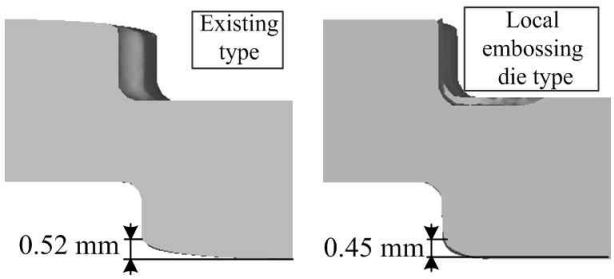

Fig. 7 Deformed shape and roll-over in locked region of the sector tooth by local embossing die

도 기존에 비해 크게 롤오버가 저감되지 않는 것을 알 수 있다.

4.2 코이닝 펀치에 의한 롤오버 저감

Fig. 8 은 펀치 홀더에 고정된 Fig. 5 의 'B'와 같이 6 부위의 코이닝 펀치를 적용한 롤오버 저감 구조 및 유한요소해석 모델을 나타낸 것이다. 코이닝 펀치가 홀더에 고정되어있으므로 프레스 구조 상 높은 성형력을 부여할 수 있다. 따라서 코이닝 펀치에 의해 비교적 많은 체적의 소재를 롤오버 측으로 유동시킬 수 있는 장점이 있다.

Fig. 9 에 유한요소해석에 의한 섹터투스 결합부의 단면 형상을 나타내었다. 기존의 롤오버에 비해 0.24mm 정도 감소됨으로써 상당히 유효한 방법임을 알 수 있다. 그러나 코이닝 펀치는 성형중

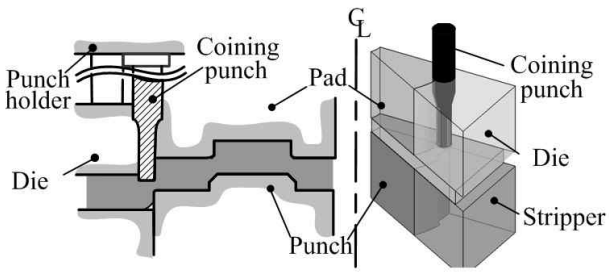

Fig. 8 Schematic drawing and FE-model of the method for reduction of roll-over using coining punch

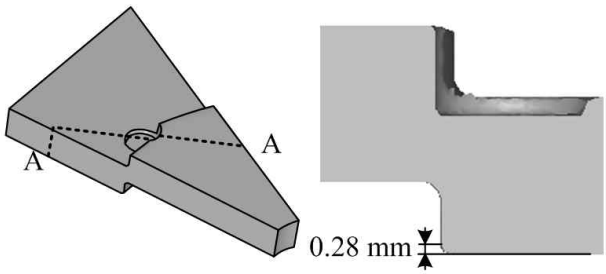

Fig. 9 Deformed shape and roll-over in locked region of the sector tooth by coining punch

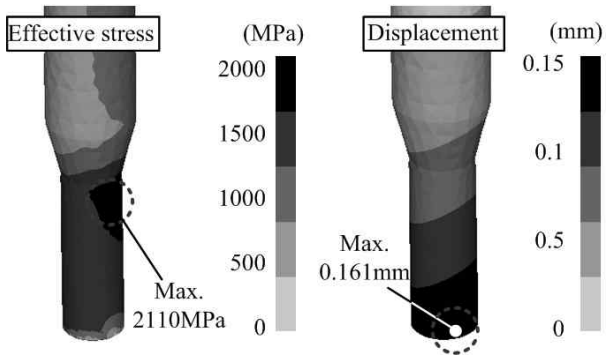

Fig. 10 Distribution of stress and displacement in the coining punch by strength analysis

편심하중을 받게 되고 세장비(높이/단면 길이)가크기 때문에 강도 측면에서 취약할 것으로 판단된다. 이를 파악하기 위하여 강도 해석을 수행한 결과 Fig. 10 과 같이 편심으로 인해 2,100MPa 이상의 유효응력 및 0.161mm 의 변위가 발생하였다. 금형의 항복강도는 경도를 통해 예측 가능하며 금형 소재의 경도를 HRc 60 으로 가정하였을 때, 항복강도가 2,000~2,500MPa 의 범위에 있으므로 코이닝 펀치를 이용한 방법은 롤오버 감소에는 효과적 이지만 금형 수명 측면에서는 양호하지 않다고 판단된다.

4.3 가변 역클리어런스(VIC)를 이용한 성형법

Fig. 11 은 VIC 가 적용된 금형의 개략도를 나타내었다. 이 방법은 기존의 0mm 클리어런스 소재 부족에 따른 과도한 롤오버양에 비해 결합부에 해당하는 부분(Fig. 5 의 6 부위)의 성형 궤적을 가변적으로 음(-)의 클리어런스화 함으로써 소재를 롤오버측으로 유동시켜 다이롤을 저감하는 방법이다.[10] 이를 VIC 방식이라고 정의하였다. 이 성형법은 코이닝 펀치와 같은 별도의 금형이 요구되지 않고, 국부 돌기형 다이를 이용한 성형법의 문제점인 다이의 뒤틀림 현상이 발생하지 않는 등의 장점이 있다. 그러나 과도한 역클리어런스는 성형량의 증가를 유발하기 때문에 금형의 강도적인 측면 또한 고려되어야 한다.

Fig. 12 는 이 방법의 유효성을 검증하기 위하여 기존의 반경(R) 0.5mm, 패드하중(Pad force: F_p) 1.8ton 을 반경 1.5mm 의 형상과 패드하중 3.6ton 원의 중심을 화살표 방향으로 0.5mm 로 변경하여 유한요소해석을 수행한 후의 단면 형상을 나타내었다. VIC 방식을 이용하였을 때의 롤오버는 기존

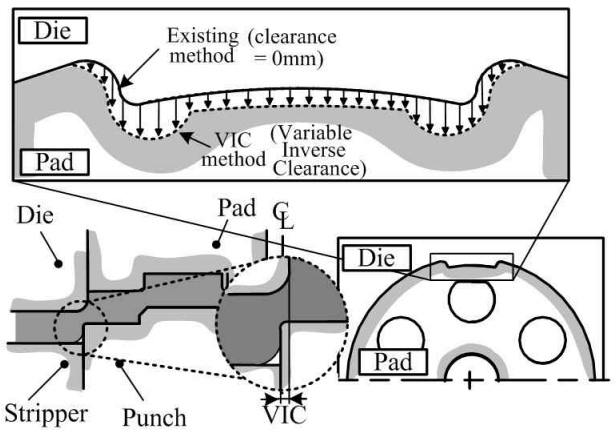

Fig. 11 Schematic drawing of the method for reduction of roll-over using variable inverse clearance (VIC)

조건인 Fig. 4 의 클리어런스 0mm 일 때의 롤오버는 0.32mm 로써 0.52mm 에 비해 0.2 mm 정도 감소하였으며, 금형의 최대 유효응력 또한 1,330MPa 로서 상당히 양호한 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 VIC 에 의한 롤오버 저감 방법이 가장 우수하다고 판단하였으며, 역클리어런스의 형상을 최적화하고자 한다.

4.3.1 실험계획법에 의한 금형 형상의 결정

Fig. 13 에 VIC 크기와 형상을 결정해주는 섹터투스 금형의 형상 및 공정 변수로써 롤오버 발생 위치에서의 오프셋(Offset), 반경(R) 및 패드 하중(F_p)을 고려하였다. 각 섹터투스의 금형형상 및 공정변수의 수준은 Table 1 과 같이 선정하였다. 한편, 롤오버와 금형 강도를 고려하여 $\Pi_{O.F}$ 를 선정하였으며 분석을 용이하게 하기 위해 식 (3)을 이용하여 일원화하였다. 본 연구에서는 $\Pi_{O.F}$ 를 최소화하는 섹터투스의 금형형상 및 공정변수 조합을 선정하였다.

한편, 목적함수를 일원화하는 과정에서 가중치를 적용하였으며, 상대적으로 금형의 최대 응력값은 한계치 이상만 넘지 않으면 되기 때문에, 롤오버와 응력의 중요도를 고려하여 F_w 는 1,000 으로 선정하였으며 응력의 최대값으로 나누었다.

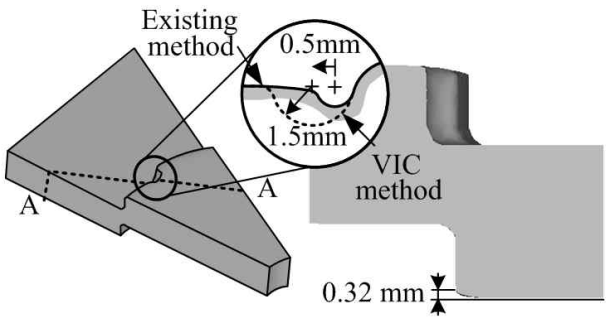

Fig. 12 Deformed shape of the sector tooth by VIC

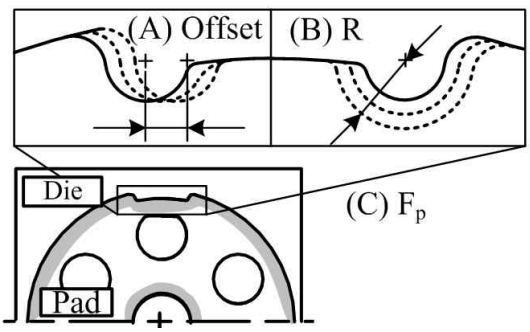

Fig. 13 Die shape design parameters for VIC forming of sector tooth

Table 1 Die shape design parameters and their levels

Factor \ Level		1	2	3
A	Offset (mm)	0	0.5	1.0
B	R (mm)	1.0	1.5	2.0
C	F_p (Ton)	1.8	3.6	5.4

Table 2 $L_9(3^4)$ OA table and the results of FE-analysis for roll-over in locked part of the sector tooth

No.	A	B	C	L_R (mm)	σ_{max} (MPa)	$\Pi_{O.F}$
1	1	1	1	0.52	1080	0.562
2	1	2	2	0.32	1330	0.426
3	1	3	3	0.25	2040	1.000
4	2	1	2	0.40	1150	0.460
5	2	2	3	0.32	1280	0.410
6	2	3	1	0.26	2230	1.000
7	3	1	3	0.50	1180	0.590
8	3	2	1	0.41	1360	0.558
9	3	3	2	0.31	2270	1.000

$$\Pi_{O.F} = L_R \times \frac{\sigma_{max}}{F_w} \quad if\ \sigma_{max} < \sigma_{Y,\ die\ material}$$
$$\Pi_{O.F} = 1 \quad if\ \sigma_{max} \geq \sigma_{Y,\ die\ material} \tag{3}$$

4.3.2 유한요소해석 결과 및 고찰

Table 2 및 Fig. 14 에 각각 섹터투스의 금형형상 및 공정변수 조합에 의해 유한요소해석을 수행하여 계산된 목적함수 값 및 영향도 분석을 위한 주효과 그래프를 나타내었다. Table 2 에서 확인할 수 있듯이, 롤오버의 크기와 금형의 응력 간에는 상충관계가 있으며, 그 영향은 특히 인자 B 즉, 역클리어런스의 반경과 밀접 하게 나타났다. 이는 반경 R 이 증가함에 따라 롤오버부로 유동하는 체적이 증가하여 롤오버 저감에 유효하지만 이에 비례하여 성형 면적이 증가하기 때문에 금형에 면압이 크게 발생하기 때문이다. 한편, 목적함수를 최소화 할 수 있는 섹터투스의 금형형상 및 공정변수의 조합은 $A_2B_2C_2$ 즉, 오프셋 0.5mm, 반경 1.5mm, 패드 하중 3.6ton 으로 선정되었으며, 이를 검증하기 위하여 유한요소해석을 수행하였다. Fig. 15 에 $A_2B_2C_2$ 의 조합에 의해 유한요소해석을 수행한 후, 섹터투스 결합부 단면 형상 및 금형 응력 분포를 나타내었다. 롤오버 측정 결과 0.3mm 로 나타났으며, 금형에 작용하는 유효응력 또한 최대 1,270MPa 로 허용 강도를 만족시킴을 알 수 있다.

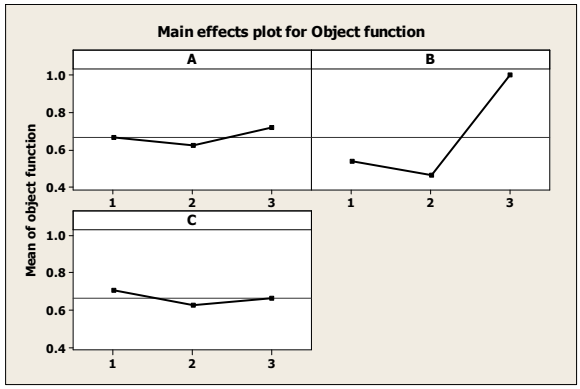

Fig. 14 Main effect plot of design parameters on the objective function

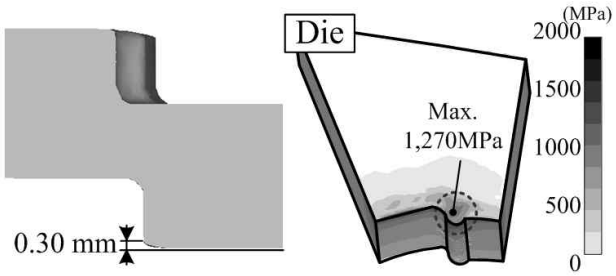

Fig. 15 Deformed shape of the sector tooth(left) and strength distribution of the die(right) under the process condition of $A_2B_2C_2$

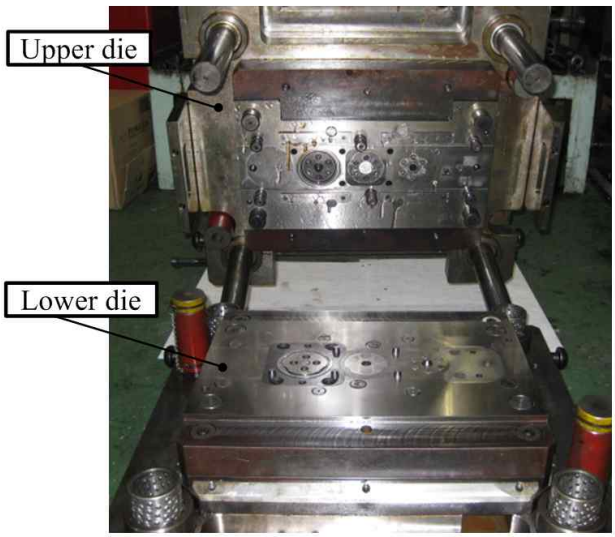

Fig. 16 Sector tooth die set for variable inverse clearance type

5. 실험적 검증

앞에서 제시한 3 가지 방법을 통한 섹터투스 롤오버 저감량 비교를 위하여 실험을 수행하여 롤오버를 측정하였다. 실험은 파인블랭킹 전용의 600

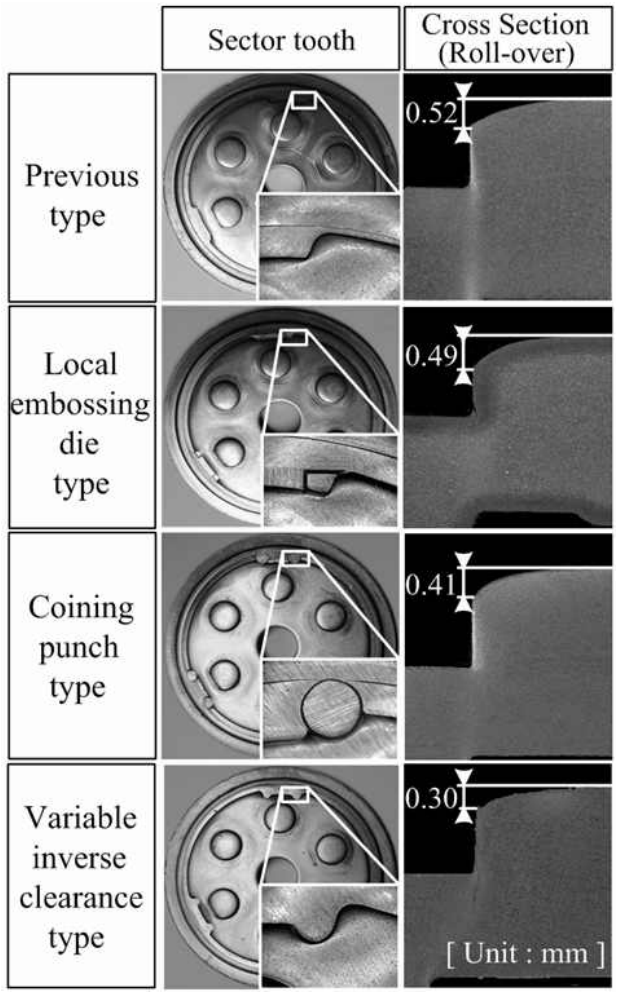

Fig. 17 Sector tooth and its cross section with respect to the proposed forming method

ton 급 유압 프레스를 사용하였으며, Fig. 16 에는 섹터투스 제작을 위한 금형을 나타내었다.

Fig. 17 에 본 연구에서 제시된 방법에 의해 제작된 섹터투스 및 결합부의 단면 사진을 나타내었다. 유한요소해석에서 예측할 수 있었듯이, 국부 돌기형 다이를 이용하였을 때는 소재의 유동량을 확보하는데 어려움이 있으므로, 롤오버 저감량은 크지 않았다. 그러나 코이닝 펀치 및 VIC 를 이용하였을 때는 기존 제품에 비해 약 0.11mm 및 0.22mm 의 롤오버 저감효과가 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 코이닝 펀치를 적용하였을 때는 금형 강도 측면에서 좋지 않기 때문에, 섹터투스 결합부의 롤오버를 저감하고자 하는 경우 VIC 를 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

6. 결 론

자동차의 시트의 안전성과 승차감의 증대를 위해 리클라이너 주요 부품인 섹터투스의 롤오버를 저감하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 유동 제어를 통한 섹터투스 결합부의 롤오버 저감법을 제시하였으며 유한요소해석과 실험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 국부 돌기형 다이를 이용한 코이닝 성형 방법을 제시하였는데, 다이의 뒤틀림을 방지하기 위해서는 유동 제어를 위한 돌기부의 면적에 한계가 있으며 실제 제품을 제작한 결과 롤오버 저감 효과가 낮은 것을 알 수 있었다.

(2) 코이닝 펀치를 적용하였을 경우, 국부 돌기형다이를 이용한 방법에 비해 많은 체적의 소재를 롤오버로 유동시킬 수 있다. 그러나 편심하중을 받는 코이닝 펀치는 세장비가 크기 때문에 좌굴의 위험이 있으며 또한 펀치의 최대 유효응력이 2,100MPa 로 나타나 파손이 발생할 가능성이 있다.

(3) VIC 를 이용한 방법은 롤오버 저감이 필요한 부분에 국부적으로 가변적인 음(-)의 클리어런스를 적용한 방법으로 롤오버 저감효과가 가장 효과적이였으며 금형의 강도적인 측면에서도 양호하였다.

(4) VIC 를 이용한 방법에서의 최적 금형형상 및 공정변수 조합은 오프셋 0.5mm, 반경 1.5mm, 패드 하중 3.6Ton 로 선정되었으며, 이 때 롤오버는 0.3mm 로서 기존의 성형 공법에 의한 롤오버인 0.52mm 에 비해 40% 정도 저감 됨을 알 수 있었다. 한편, 금형의 최대 유효응력은 1,270MPa 로 허용 압축항복강도에 비해 낮은 값을 나타내었다.

(5) 본 연구에서 제안한 VIC 의 적용을 통하여 향후 제조되는 리클라이너 부품의 결합성이 향상되고, 결과적으로 승객의 안전성 및 승차감이 향상될 것으로 판된된다.

후 기

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2 년)에 의하여 연구되었음

참고문헌

(1) Ko, D. C., Kim, C., Kim, B. M. and Choi, J. C., 1996, "Finite Element Simulation of Sheet Metal Shearing by the Element Kill Method," *J. of KSPE*, Vol. 13, No. 11, pp. 114~123.

(2) Woo, C. S., Koo, J. S., Cho, H. J., Kim, H. S. and Jeong, J. S., 2001, "Structual Analysis and Evaluation Technologies of Automotive Seat Frames," *Proceedings of KSME (A),* pp. 806~811.

(3) Husson, C., Correia, J. P. M., Daridon, L. and Ahzi, S., 2008, "Finite Elements Simulations of Thin Copper

Sheets Blanking: Study of Blanking Parameters on Sheared Edge Quality," *J. of Materials Processing Technology*, Vol. 199, pp. 74~83.
(4) Klocke, F., Sweeney, K. and Raedt, H. W., 2001, "Improved Tool Design for Fine Blanking through the Application of Numerical Modeling Techniques," *J. of Materials Processing Technology*, Vol. 115, pp. 70~75.
(5) Kwak, T. S., Kim, Y. J., Seo, M. K. and Bae, W. B., 2003, "The Effective V-ring Indenter on the Sheared Surface in the Fine-Blanking Process of Pawl," *J. of Materials Processing Technology*, Vol. 143-144, pp. 656~661.
(6) Kim, B. M., Choi, H. S., Chang, M. J., Bae, J. H., Lee, S. B. and Ko, D. C., 2008, "Development of High Precision Plate Holder in Automotive Seat Recliner by Mechanical Press(I): Application of FCF Method," *J. of KSPE*, Vol. 25, No. 7, pp. 55~63.
(7) Chang, F. S. and Hallquist, J. O., 1994, "Finite Element Analysis of Low-Density High-Hysteresis Foam Materials and the Application in the Automotive Industry," *SAE Int'l*, 940908, pp.699~707.
(8) Nagpal, R. and Kuo, E. Y., 1996, "A Time-Domain Fatigue Life Prediction Method for Vehicle Body Structures," *SAE Int'l*, 960567, pp. 607~616.
(9) Park, Y. S., Lee, J. Y., Lim, J. M. and Park, G. J., 1996, "Optimum Design of the Steering Column to Mini-mize the Injury of an Occupant," *Int. J. of Vehicle Design*, Vol. 17, No. 4, pp. 398~414.
(10) Kondo, K., Maeda, K., Maeda, A. and Hirota, K., 1994, "Develop of a Simple Precision Shearing Process for Thick Plates," *J. of JSTP,* Vol. 35, No. 396, pp. 67~72.