

# 맨드렐 공법 적용을 위한 자동차 트렁크 리드 힌지 암의 벤딩 성형 해석 Bending Analysis of Automotive Trunk Lid Hinge's Arm for Adopting Mandrel Method

\*이덕영<sup>1</sup>, #최보성<sup>2</sup>, 허철<sup>3</sup>, 최해태<sup>4</sup>

\*D.Y.Lee<sup>1</sup>, #B.S.Choi(bschoi74@utp.or.kr)<sup>2</sup>, C.Heo<sup>3</sup>, H.T.Choi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>대구대학교 자동차산업기계공학부, <sup>2</sup>울산테크노파크 자동차기술지원단, <sup>3,4</sup>(주)금창

Key words : Mandrel, Trunk lid hinge's arm, Bending analysis, Boosting force

## 1. 서론

승용차의 트렁크 리드(trunk lid)는 트렁크 룸(화물칸)의 덮개로써 화물칸을 보호하고, 실내로의 방수, 방진, 방음의 역할을 한다. 트렁크 리드는 승용차 후방의 외관미를 좌우하므로 스타일링성이 요구되고, 개폐조작을 하므로 외관의 정강성과 비틀림 강성이 어느 정도 확보해야 한다. 트렁크 리드를 차체의 패키지 트레이(package tray) 패널 좌, 우에 고정하는 부품을 트렁크 리드 힌지(hinge)라 한다.

트렁크 리드 힌지의 종류에는 크게 구스넥(gooseneck)으로 불리는 1 포인트 힌지 형식과 멀티 링크 형식이 있다. 구스넥 형식의 힌지는 4각이나 원형 튜브 강관을 적절한 형상으로 벤딩(bending)하여 제작되며, 양 끝단을 트렁크 리드와 패키지 트레이 패널에 볼트로 결합된다. 멀티 링크 형식에 비하여 작은 작동력으로 트렁크 리드를 개폐할 수 있지만, 개폐과정에서 구스넥과 주변 패널의 간섭을 피하기 위하여 큰 지름으로 벤딩되고, 트렁크 공간 내에 설치되므로 화물 적재량이 줄어드는 단점이 있다. 하지만 작은 작동력과 제조 방법이 간단하기 때문에 제조 원가가 낮아 일반적으로 중, 소형 승용차에는 대부분 구스넥 형식을 채택한다.

자동차 개발단계에서 트렁크 리드 캐릭터 라인(character line)이 고정되고 최종 레이아웃이 정해지면 트렁크 리드 힌지 암(arm)의 기본 형상, 즉 벤딩되는 절곡부의 곡률 반경이 정해진다. 절곡부의 곡률 반경은 R30에서 R500에 이르기까지 다양한 크기로 결정되는데, 절곡 과정에서 4각 튜브의 함몰을 피할 수 없다. 4각 튜브의 함몰로 단면계수가 줄어들면 굽힘 강성이 저하되어 트렁크 리드 개폐 내구 성능에 문제가 발생할 수 있다.

국내외 샘플 차량들의 4각 튜브 단면의 함몰량은 국내 차량의 경우 최대 2.24mm, 해외 차량의 경우 최대 1.00mm이다. 단면의 함몰에 따라 트렁크 리드의 강성이 낮아지는 문제 외에 생산 과정에서 크랙을 발생시키는 원인이 될 수도 있고, 벤딩 속도에 비례해서 함몰량도 증가하는 경향이 있으므로 생산성을 떨어뜨리는 원인이 되기도 한다. 현 차량의 트렁크 리드 힌지 암의 강성은 벤딩 과정에서의 함몰 발생으로 인한 강성 저하를 고려한 결과이므로 벤딩 과정에서 함몰 발생을 줄일 수 있다면, 줄인 양만큼 4각 튜브의 기본 단면 형상을 줄여 경량화를 추구할 수도 있다.

본 논문에서는 승용차의 트렁크 리드 힌지 암 벤딩 성형시 맨드렐 공법 적용에 앞서 맨드렐을 적용하기 전, 후의 벤딩 성형 해석을 통해 4각 튜브 단면의 함몰량 차이를 분석하고 함몰량 기준에 적합한 성형 공정 조건을 도출하고자 한다.

## 2. 트렁크 리드 힌지 암의 함몰량

다음 Fig. 1은 구스넥 트렁크 리드 힌지의 개략도를 나타낸 것으로 힌지 브래킷은 차체의 패키지 트레이 패널과 볼트로 고정되고, 암은 트렁크 리드에 볼트로 체결된다. 그리고 Fig. 2는 절곡부의 단면 함몰로 인한 4각 튜브의 기본 단면 변화를 나타낸 것으로 'large'는 기본 단면이 유지 되는 부분이며 'small'은 단면이 함몰되어 기본 단면의 크기가 줄어든 부분을 의미한다.

Table 1은 국내(D. Car) 및 해외(F. Car)의 대표적인 중형승용차 각각 2 차종을 선정하여 Fig. 1의 절곡부 A1-A2 및 B1-B2의 단면에 대한 마운팅 시편을 제작하여 함몰량을 비교한 것이다. 국내 차종의 단면 함몰량이 해외 차종 보다 큰 것을 알 수 있으며,

단면의 외측(A2, B1)의 함몰량이 내측(A1, B2)보다 함몰량이 더 크게 발생하는데, 이는 외측의 신율 변화가 더 커서 발생하는 것으로 보인다. 다만 해외 차종의 경우 B1, B2의 단면 함몰량이 거의 같은 크기로 발생하는 점이 특이한 현상이었다.

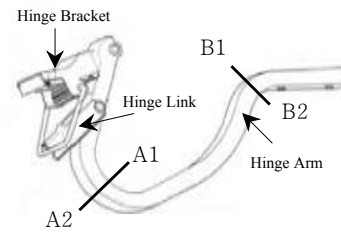


Fig. 1 Trunk lid hinge's assembly

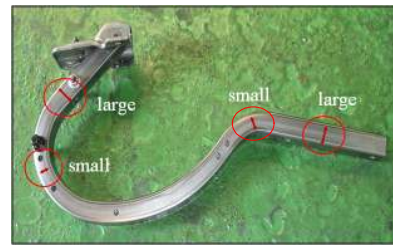


Fig. 2 Sectional change of trunk lid hinge's arm

Table 1 Comparison of measured infall amount (mm)

	D. Car (1)	D. Car (2)	F. Car (1)	F. Car (2)
A1 - A2	0.87 - 1.83	0.87 - 2.22	0.96 - 1.82	0.17 - 0.65
B1 - B2	2.22 - 1.38	2.24 - 1.59	0.97 - 1.00	0.73 - 0.74

## 3. 트렁크 리드 힌지 암 벤딩 성형해석 적용 검토

### 3.1 제품 검토 및 공정 조건 선정

트렁크 리드 힌지 암 제품을 성형하기 위한 공법 검토 및 성형 조건 도출을 위한 제품의 치수 검토를 수행한 결과 아래 Fig. 3과 같이 3번의 벤딩 공정이 필요하며 각 벤딩 조건을 Table 2에 나타내었다.

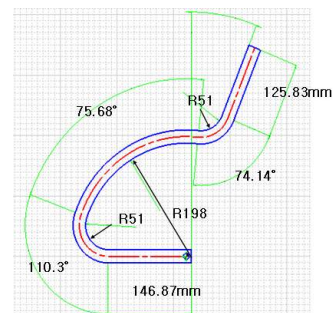


Fig. 3 Dimension check of trunk lid hinge's arm

Table 2 Conditions of each bending order

Bending Order	Bending Die R	Rotation Angle	Boosting Force
1st	51R	110.3°	1.5Ton
2nd	198R	75.68°	0Ton
3rd	51R	74.14°	0Ton

첫 번째 벤딩시 소재유입을 위해 Boosting Force가 필요하며 두 번째, 세 번째 벤딩시에는 상대적으로 튜브의 길이가 짧으므로 Boosting Force가 필요 없다. 만약 첫 번째 벤딩시 Boosting Force가 없다면 벤딩시 과단이 발생할 수 있다. 일반적으로 벤딩 장치는 힘전달 및 벤딩각도 조절을 위한 Bending Die, 벤딩시 튜브의 클램핑 역할을 하는 Clamp Die, Wiper Die와 함께 가이드 역할을 하는 Pressure Die, 튜브 함몰을 막기 위해 튜브 내부에 사용하는 맨드릴, 튜브 내측 주립 방지 역할을 위한 Wiper Die로 구성된다. 그리고 여기에 소재의 유입을 돕고자 하는 Boosting Force가 존재한다.

해석은 박판성형 전용프로그램인 PAMSTAMP 2G V2009를 사용하여 수행하였고 벤딩 틀과 4각 튜브는 쉘요소로 모델링하였다. 4각 튜브 소재의 재질은 SPHC 1.6t, 마찰계수는 실제 현장에서의 벤딩 조건을 고려하여 Bending Die 0.02, Clamp Die Upper, Lower 1, 맨드릴, Wiper Die, Pressure Die 0.01, Boost 0.1을 적용하였으며 벤딩 속도는 0.05rad/sec를 적용하였다. Tube mesh는 해석 속도를 고려하여 평면구간에서는 3mm로, 모서리는 1.7mm로 균일하게 모델링하였다.

첫 번째 벤딩 틀 구성을 Fig. 4에 나타내었다.

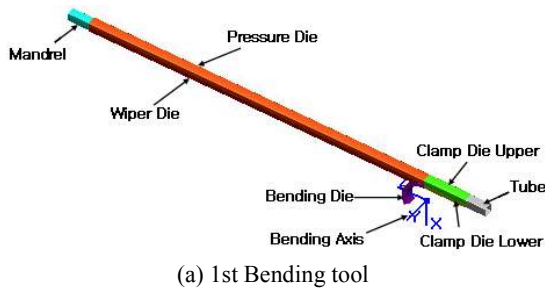
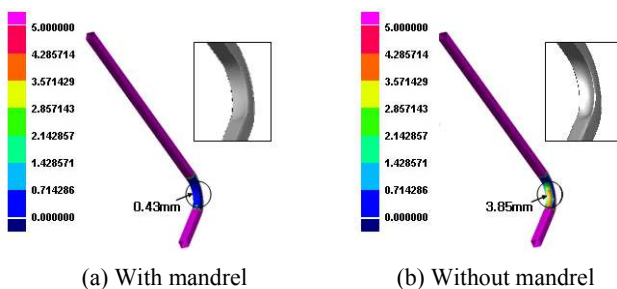


Fig. 4 Finite element models of 1st bending tool

3.2 해석 수행 및 결과 검토

몇 번의 해석 수행을 통해 적합한 신율과 튜브 함몰량을 가지는 맨드릴의 위치와 Boosting Force를 Fig. 4 (b)와 같이 도출하였다. 첫 번째 벤딩해석 결과를 Fig. 5에 나타내었다.



(a) With mandrel (b) Without mandrel  
Fig. 5 Distances between tube and bending die

Fig. 5에서는 첫 번째 벤딩 후 튜브 함몰량 분석을 위해 Bending Die와 Tube와의 거리를 보여주고 있다. 첫 번째 벤딩의 각도가

가장 크므로 튜브 함몰이 가장 많이 발생하며, 그 양은 맨드릴이 없을 경우 3.85mm, 맨드릴이 있을 경우 0.43mm 발생한다. 그러므로 해외 차량의 함몰량을 감안할 때 맨드릴 사용이 반드시 필요하다. 최종 벤딩 성형 후 맨드릴 적용 전, 후의 신율분포와 튜브 함몰량을 Fig. 6, Table 3, 4에 나타내었다.

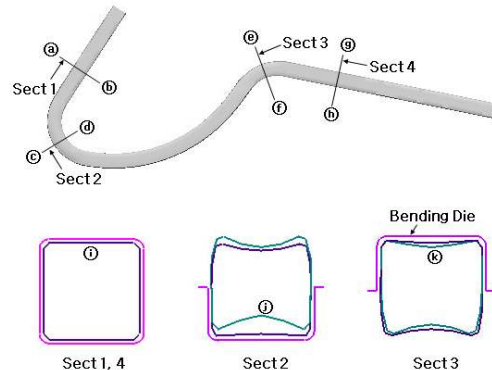


Fig. 6 Sections for comparing thinning and infall amount

Table 3 Thinning distribution of each points

Mandrel	Thinning(%)							
	a	b	c	d	e	f	g	h
exist	0.1	0.1	11.3	-9.3	11.8	-8.1	0.1	0.1
not exist	0.1	0.1	6.1	-11.3	7.9	-7.4	0.1	0.1

Table 4 Infall amount of each points

Mandrel	Infall amount(mm)		
	i	j	k
exist	0.03	0.43	0.58
not exist	0.04	3.85	1.58

해석결과에서 알 수 있듯이 맨드릴을 사용하는 경우 튜브 함몰량을 줄일 수 있을 뿐 아니라 신율도 맨드릴을 사용하지 않는 경우보다 늘어나는데 이는 소재의 균일 신장 영역 내에서의 신율이므로 제품의 강성을 높여주는 역할을 한다.

4. 결론

중소형 승용차에 널리 적용되고 있는 구스넥 형식의 트렁크 리드 힌지를 벤딩할 때 절곡부에서 발생하는 단면 함몰을 최소화하기 위한 방안으로 맨드릴 공법 도입을 위하여, 맨드릴 사용 전, 후에 대한 성형해석을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 맨드릴을 사용할 경우 단면 함몰량을 0.58mm 까지 줄일 수 있음을 확인하였다.
- (2) 신율 측면에서도 맨드릴을 사용시 균일 신장 영역내에서 변형이 일어나므로 제품의 강성을 높여줄 수 있다.
- (3) 적합한 신율과 함몰량을 가지는 맨드릴의 위치와 적절한 Boosting Force 등 함몰량 기준에 적합한 성형조건을 도출하였다.

후기

본 연구는 지식경제부의 지역산업기술개발사업(지역연계기술개발)의 기술개발 결과임을 알려드립니다.

참고문헌

1. 김현수, 배성우, 김용조, “관인발용 맨드릴 형상설계를 위한 유한요소해석,” 한국정밀공학회 2000 춘계학술대회 논문집(1), 120-123, 2000
2. 이상호, 이정민, 조형호, 조훈, 김문배, 김병민, “Al3003 12셀 튜브의 압출을 위한 공정해석 및 금형설계,” 한국정밀공학회지, 24(11), 2007