

하이드로포밍 공정을 이용한 범퍼 스테이 개발

강부현* · 김봉준* · 류종수* · 손성만** · 문영훈*

Analysis of hydroforming process for bumper stay

P.H. Kang, B.J. Kim, J.S. Ryu, S.M. Son and Y.H. Moon

Abstract

A bumper comprises a bumper face, a bumper beam for distributing the load from the impacts applied to the bumper face and reinforcing the bumper, an absorber member interposed between the bumper face and the bumper beam, and a pair of bumper stays which secure the bumper beam to the vehicle body. A conventional bumper stay structure is assembled into several stamped parts, so several processes are needed and the structure is complicated. In this study the bumper stay is applied to the tubular hydroforming which is known to have several advantages such as the reduction of the number of the process and the part weight. The thickness distribution of the tube after hydroforming and the internal energy at the event of the a compression are mainly considered to evaluate the hydro-formability and energy absorption performance.

Key Words : Bumper Stay, Energy Absorption, Tube Hydroforming

1. 서론

현재의 국내 하이드로포밍 시장은 대형 제품에 관심이 집중되어 있어 상대적으로 소형의 부품에 적용할 수 있는 기술의 개발이 늦어지고 있다. 이러한 시점에서 부피가 작고, 전문 특성을 가진 응용 제품의 개발에 박차를 가한다면 국내 하이드로포밍 시장을 활성화시키고, 제품 개발에 대한 다양화 및 전문화된 기술력을 보유하게 되어 해외의 선진 기술과 경쟁이 가능하게 될 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 범퍼빔의 부속물 중의 하나인 범퍼 스테이(bumper stay)를 하이드로포밍 공법에 적용

하고자 한다. 실제로 순수히 범퍼빔 자체에 이 공법이 적용된 사례는 있으나, 범퍼 스테이에 적용된 사례는 전무하다.(Fig.1) 기존에 프레스 부품 조립 방식의 스테이를 하이드로포밍 공법을 이용하여 현재 생산되고 있는 범퍼빔의 충격 흡수능을 더욱 향상시키고, 각각의 단품을 스틸 관재로 프레스 성형한 후, spot 용접으로 일체가 되게 제작되는 다공정 접합방식의 제조 공정을 단공정 일체화 방식으로 간소화하여 기존 방식보다 제조 비용도 절감할 수 있는 부품을 개발하고자 한다. 이에 본 연구에서는 선행적으로 성형해석을 통해 하이드로포밍시 관재의 변형 추이를 분석하고, 성형 결과를 토대로 부품

* 부산대학교 정밀기계공학과/정밀정형 및 금형가공연구소

** 성우하이텍(주)

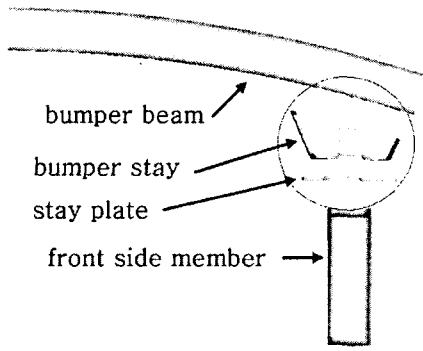


Fig. 1 The schematic view of the bumper beam parts



Fig. 2 The deformed shape of the bumper stay

의 정압축 해석을 통해 관재의 내부 에너지 변화를 유추하고자 한다.(Fig. 2) 이를 스테이 부품에 요구되는 기본적인 평가 항목에 만족하는지의 여부를 판별하는 기준으로 삼는다.

2. 하이드로포밍 공정

일차적으로 하이드로포밍으로 관재 내측에서 수압을 가하고 관재 양끝단에서는 프레스로 가압하여 축대칭 원형 확관 단면을 성형한다. 이 때 고려되어야 할 점은 범퍼 스테이 최종 성형품이 길이방향으로 가압될 경우 끝단 소재가 좌굴되면서 확관부 내측으로 유입될 수 있도록 확관 경사가 커야 한다. 그러나 경사가 클 경우 하이드로포밍 공정시 확관부 에지(edge)부로 소재가 유입될 때 국부적인 두께 감소로 파단될 우려가 있다. 따라서 파단이 일어나지 않는 범위 내에서 확관부 내측부로 좌굴이 일어날 수 있는 최소 경사 각도를 확인하고 확관부에서의 관재 두께 감소가 20%이하가 되도록 하는 공정

인자를 우선적으로 확인해야 한다. 이를 위해 성형해석을 통하여 관재의 변형 거동을 예측하여 하이드로포밍 성형을 위한 금형을 설계한다.

3. 하이드로포밍/정압축 해석

3.1 원형 확관 성형해석

해석에 사용된 프로그램은 PAM-STAMPTM으로 해석을 함에 있어서 geometry의 대칭성을 이용하여 1/8 형상으로 모델링을 하였으며, 길이방향으로 36개의 요소, 원주방향으로 20개의 요소를 사용하였다. Table 1은 하이드로포밍 해석의 성형조건이다.

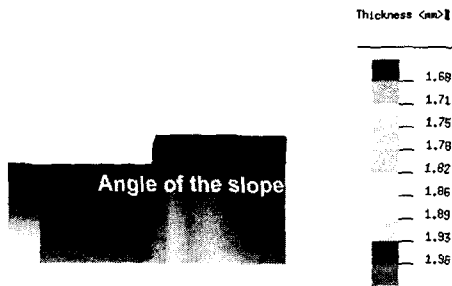
실제로 관재를 이용한 범퍼 스테이를 제조할 경우 관재의 확관 성형부 내측으로 좌굴을 형성시키는데, 이 부위가 바로 충격력을 적절히 완화시키는 에너지 흡수관이 된다. Fig. 3의 성형해석 결과 유체 내부압력이 0.04GPa에 도달했을 때 확관 중심부가 금형과 맞닿이기 시작했고, 최소 두께가 1.64mm로 안정적으로 성형되었으나 확관부 에지부로의 관재 유입을 위해 내부압력을 높였을 경우에는 금형과 관재가 맞닿은 확관부 끝단에서 국부적인 두께 감소가 두드러지게 나타나게 되었다. 따라서 파단한계를 고려한 최소 경사 각도를 74°로 잡았으며, 최종 형상품의 길이와 확관부의 치수는 범퍼 스테이가 범퍼 빔과 차체의 사이드 멤버에 spot 용접을 위해 치수가 확정되어 있기 때문에 이를 고려하여 내부압력에 대한 축방향 압입을 고려해야 한다. 각각의 변형 거동에 대한 성형 결과 데이터를 정압축 해석에 적용하였다. 이를 위해 위의 원형확관성형 결과 데이터를 다시 pre-processor에서 불러 들여 관재 geometry를 재성형 해석하였다.

Table 1 Forming condition for the hydroforming simulation

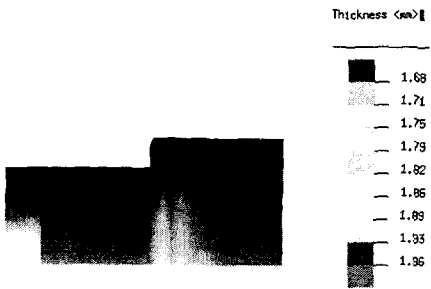
punch velocity	3mm/msec
punch displacement	5mm
element size	2mm
contact type	contact blank/tool
friction coeff.	0.12

3.2 정압축 성형해석

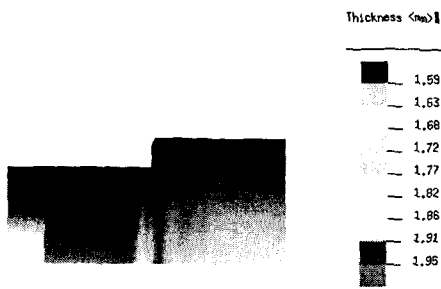
관재 길이방향 가압 속도를 5mm/msec로 주고 30mm로 가압성형시킨 결과 Fig. 4에서와 같이 소경부가 확관



a. 1.333ms



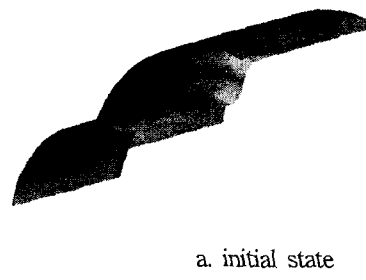
b. 1.666ms



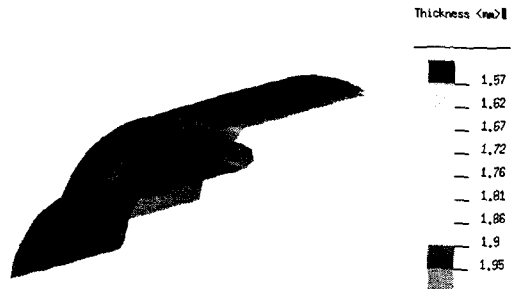
c. 3.000ms

Fig. 3 Thickness distribution of the circular forming component

부 내측부로 유입되면서 안정적으로 변형이 잘 이루어졌다. 이 때 관재가 확관부 내측으로 유입되면서 확관부가 내측으로 좌굴되면서 안정적인 변형 에너지 흡수 구조를 가졌다. 그러나 전성형 단계인 하이드로포밍 공정에서 예지부로의 소재 유입이 미미해서 경사 각도가 작을수록 Fig. 5에서와 같이 안정적인 에너지 흡수층 형성을 위한 소성 변형에 무리가 가서 압축 성형 초기에 에너지 변화가 다소 급격히 일어나는 현상이 생긴다.



a. initial state



b. 2.666ms



c. 6ms

Fig. 4 Thickness distribution of the compression test simulation

그리고 1.000ms 단계에서는 관재의 하이드로포밍 성형으로 인한 가공 경화가 미미하여 압입력에 의한 저항력이 상대적으로 떨어지기 때문에 내부 에너지 변화가 오히려 작았다. 따라서 범퍼 스테이는 적절한 에너지 흡수를 하여야 하는 것은 물론 그 변화가 안정적일 때 가장 이상적이며 이것은 에너지 흡수관이 쉽게 생성되는 3.000ms 성형 단계에서 가장 우수한 상태라고 사료된다.

4. 결론

관재 하이드로포밍 성형법을 범퍼와 사이드 멤버의 체결 수단인 범퍼 스테이에 적용한 결과 다음과 같은 결론이 나왔다.

- 1) 하이드로포밍 성형시 관재의 국부적인 두께 감소와 최종 성형품의 치수를 고려하여 최대 성형압력과 최대 경사 각도를 선정하였다.
- 2) 정압축 성형 결과에서는 경사 각도에 따라 내부 에너지 변화의 차이가 나타났는데, 이는 전성형 단계인 하이드로포밍 성형시 관재의 가공경화 정도와 확판부의 경사 각도의 차이에 기인한 에너지 흡수관 형성 정도에 의한 것으로 사료된다.
- 3) 차량의 충돌 발생시 1차적인 완충 부재인 범퍼의 중심부에서 극심한 충격이 작용한 경우 범퍼 스테이에 길이방향 수직 압축응력 뿐만 아니라 모멘트가 작용하여 안정적인 변형을 이루기 힘들며 이를 보완하기 위한 스테이 형상 재설계를 수행해야 한다.

참고 문헌

- (1) 김주신, 조영만, 노인호, 노재홍 : " 하이드로포밍을 이용한 자동차 부품 개발 ", 제 3회 박관성형 심포지엄 논문집, pp50~58(2000)
- (2) Masaru Oyama, Noriaki Masuta, " Automotive bumper stay structure ", United States patent, patent number : 5441319, Aug. 15, 1995
- (3) Koji Kariatsumari, Kobe, " Car body energy absorber and bumper stay ", United States patent, patent number : 6481690 B2, Nov. 19, 2002
- (4) F.Dohmann, Ch.Hartl : " Tube hydroforming research and practical application ", Journal of Material Processing Technology, v71, pp174~186 (1997)
- (5) Nader Asnafi, Anders Skogsgardh : "Theoretical and experimental analysis of stroke-controlled tube hydroforming", MATERIAL SCIENCE & ENGINEERING A279 pp95~100(2000)
- (6) H.Mizukoshi, H.Okada, H.WAKABAYASHI, " Tee fitting hydraulic formability of aluminum alloy tubes", Advanced Technology of Plasticity, vol.II, pp1189~1194(1999)

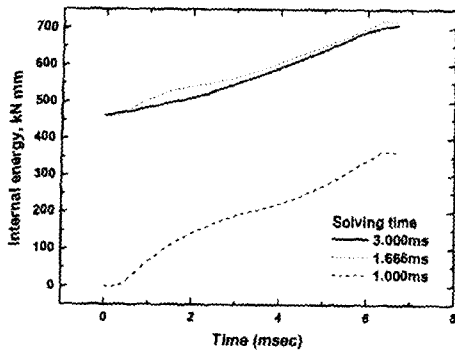


Fig. 5 Relationship between internal energy and the shape of the tube (the angle of the slope, 76° (3.000ms), 40° (1.666ms), 17° (1.000ms))

3.3 문제점

Fig. 6에서와 같이 차량이 범퍼 중심부에서 충돌이 일어날 경우 중심부에서 일그러지며 범퍼 양끝단에서 압축응력과 함께 모멘트가 일어난다. 이 경우 범퍼 스테이의 한쪽 끝단에서 압축응력과 더불어 모멘트가 작용하게 된다. 따라서 이와 같은 상황에서도 범퍼 스테이의 안정적인 변형으로 충격력을 완화시킬 수 있는 형상에 대한 연구를 수행해야 한다.

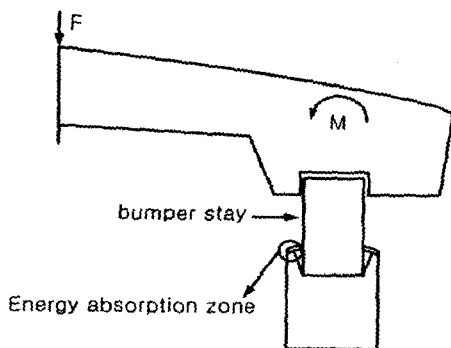


Fig. 6 Thickness distribution of the tube