

전륜 서스펜션 성능향상을 위한 하이드로포밍 샤시 부품의 설계 최적화

문만빈¹ · 김윤규¹ · 김효섭¹ · 진경수¹ · 김동학[#]

Design Optimization of Hydroforming Chassis Part for improving Front Suspension Performance

M. B. Moon, Y. G. Kim, H. S. Kim, K. S. Jin, D. H. Kim

Abstract

Recently, automotive companies have invested in vehicle weight reduction and clean car development because of oil price rises and environmental problems. In particular, USA car makers have developed the vehicle spending 1 liter per 34km complying with PNGV(Partnership for a new generation of vehicle) and Europe car makers have developed the vehicle spending 3 liters per 100km. The USA government announced "The green car policy" in order to boost production of more fuel effective cars in 2009. According to the policy, it will be restricted to sell the car which spends more than 1 liter per 14.9km by 2020. To satisfy the current situations on automotive market, hydroforming technology has widely adapted vehicle structures such as engine cradle, chassis frame, A pillar, radiator support, etc. However, automotive companies have to consider formability and performance to improve and maximize the benefit from this technology in advance of detail design. The paper deals with one of the vehicle weight reduction methods using tube hydroforming technology and platform commonality in front suspension. FEA simulation is also introduced to evaluate hydroformability and NVH performance at the beginning of design stage which is the best way to reduce the failure cost.

Key Words : Hydroforming, Front Suspension, FEA simulation

1. 서 론

자동차 경량화 차체 제작을 위해 하이드로포밍 공법은 널리 사용되어왔으며, 최근 플랫폼 공용화를 통해 차량 적용을 확대해 왔다. 그러나 플랫폼 공용화를 위한 하이드로포밍 공법 적용은 초기 단계부터 차량 Package, 공법, 성형성, 성능 등을 동시에 만족하는 최적화 설계를 실시하여야 한다.

본 논문에서는 중대형 승용차량의 설계 초기단계부터 진행되는 공용화 플랫폼 검토, 최적화 튜브 선정, 공정설계 및 최종 조립 제품의 성능 평가 기법에 대해 FE 시뮬레이션의 예를 소개하고 각 단계별 특성을 파악하고자 하였다. 또한, 일반

적인 프레스 공법으로 제작된 전방 서스펜션 제품과 하이드로포밍 제품의 성능을 비교하였다.

2. 제품 설계

2.1 공용화 플랫폼 검토

하이드로포밍의 장점은 기준이 되는 하이드로포밍 부품 이외에 상관 브래킷을 최소한으로 설계변경 함으로써 여러 차종의 플랫폼에 공통으로 적용되는 전방 서스펜션을 설계하기 용이하다는 것이다. 또한 기존의 프레스 방식의 서스펜션 보다 상대적으로 강성 및 내구 강도가 최적화된 설계 단면을 확보할 수 있는 장점을 가지고 있다.

1. 현대하이스코 기술연구소

교신저자: 현대하이스코, dhkim@hysco.com

2.2 하이드로포밍 제품 설계

하이드로포밍 제품 설계는 플랫폼에 적합한 장착 특성, 성능 및 튜브의 확관율 등을 동시에 만족해야하는 다소 복잡한 설계 프로세서를 가지고 있다.

2.2.1 최적화 튜브 설정

차량 설계 Layout에서 요구하는 설계 치수 및 조건을 확보한 이후 최적의 성형성과 성능을 동시에 만족시키는 단면을 설정한다. 이때 벤딩 특성을 고려한 단면 확보가 중요하다. 확보된 단면을 기준으로 성능, 중량, 원가 등이 최적화된 튜브를 선택한다. 일반적으로 상용 생산중인 튜브 규격을 선택할 경우 별도의 튜브 제작을 위한 추가적인 투자비용 없이 하이드로포밍 제품 적용이 가능하다. 본 논문에서 사용된 튜브 규격은 고장력 440MPa급 PO 소재를 이용한 $\Phi 73 \times 2.0t$ 이다.

2.2.2 확관율 검토

확관율은 원주를 기준으로 하는 전체확관율과 제품의 특정 형상을 반영한 디자인 측면의 국부적인 팽창 특성을 평가하는 국부확관율이 있다. 국부확관율은 프리포밍 이후 제품의 형태에 따라 다양한 특성을 나타내고 성형해석을 통해 정확한 평가가 가능하므로 설계 단계에서는 전체확관율을 고려한 설계를 진행하며, 성형해석의 결과를 Feedback하여 국부확관율을 최적화한다.

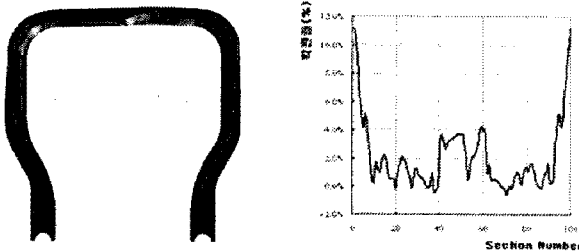


Fig. 1 Evaluation of Global Expansion rate for hydroformed design

2.3 조립품 설계

제품 설계 이후 서스펜션의 기능 및 안착성을 고려하여 연관된 크로스 멤버류 및 브래킷 부품을 설계한다. 이때 하이드로포밍 제품 설계와 동일하게 공용화하고자하는 플랫폼에 적합한 공용화 최적 설계가 필요하다.

3. 성형성 평가

하이드로포밍 공법은 시제품 제작 이전단계부터 FE 해석을 이용한 성형성을 평가 함으로써 개발 기간 동안 발생할 수 있는 여러 Failure mode에 대하여 사전 검증이 가능하며, 이를 통해 실제품 제작에 소요되는 개발기간, 비용 등을 절감할 수 있다. 하이드로포밍 공법의 성형해석은 벤딩, 프리포밍, 하이드로포밍 3단계로 실시하며 실제적인 상황 예측과 정도 향상을 위해 前공정의 해석 결과에서 얻어지는 각종 인자들에 대한 수치는 다음 공정에 연계하여 적용하는 연성해석을 수행한다.

3.1 Bending 공정 성형해석

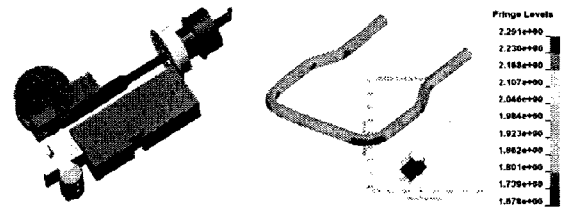


Fig. 2 Bending tool & bending simulation result with wall thickness (mm)

CNC 벤딩기를 이용하여 튜브를 6회 벤딩한다. 각 벤딩툴은 장비와 유사한 조건으로 FE 모델링되며, 실제와 동일한 거동을 통해 벤딩을 수행한다. CNC 벤딩의 특성은 최종 제품의 성형성을 결정짓는 중요한 인자중의 하나이므로 벤딩 형상 제작시 최종제품의 형상을 고려한 최적화 설계구상이 필요하다.

3.2 Preforming 성형해석

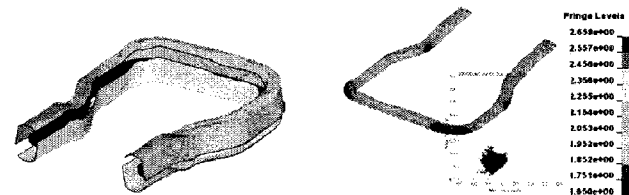


Fig. 3 Preforming FE model & simulation result with wall thickness (mm)

프리포밍 공정은 하이드로포밍 실시이전 벤딩된 제품이 하이드로포밍 금형에 적절히 안착되면

서 동시 최소한의 국부팽창을 허용하도록 가성형하는 단계이다. 프리포밍 형상에 따라 하이드로포밍 제품의 국부확관 및 외관품질이 좌우되므로 금형내부형상(Cavity)의 최적화 설계는 매우 중요한 과정이다.

3.3 Hydroforming 성형해석

하이드로포밍 성형해석은 프리포밍된 제품에 수압 효과를 부여하고 끝단 확관 구간의 두께를 보상하기 위해 제품 끝단에 소재의 원활한 유입을 위한 끝단 피딩을 모델링하여 하이드로포밍 이후 제품의 최종 형상을 예측한다. 또한 제품의 미성형, 주름(Wrinkle) 및 터짐(Bursting) 발생을 예측하여 설계 단계로 Feedback 한다.

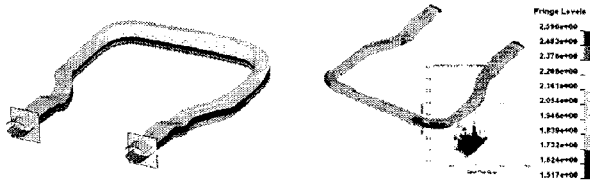


Fig. 4 Hydroforming tool FE model & simulation result with wall thickness (mm)

3.4 시제품 제작

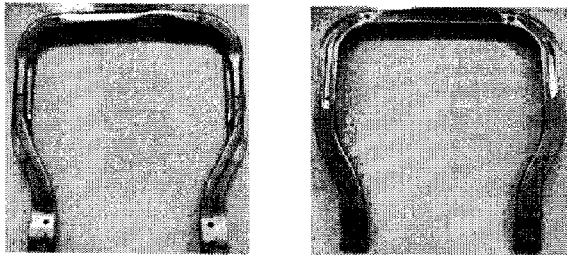


Fig. 5 Hydroformed part made by prototyping

성형해석을 통해 최적화된 하이드로포밍 설계는 실제 금형 제작 및 시제품 생산을 통하여 양산 가능성을 검증한다. 이때 제품의 Setup 위치 Split line 등 전반적인 사전 검토가 이루어진다. 또한, 레이저 가공공정을 통해 차체와의 연결구조 및 각종 홀 등의 추가 공정이 진행된다.

4. 성능평가

4.1 강도평가

차량 중량에 대한 하이드로포밍 조립 제품의

응력분포는 적용소재(고장력 440MPa)의 항복응력인 350MPa보다 작은 값을 나타내야 한다.

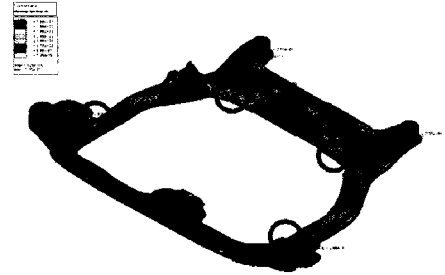


Fig. 6 Von Mises stress distribution for assembled part

Table 1 Comparison of measured roughness data

Load Case	Simulation Results		HSS440MPa (YS 350MPa)
	Max Von Mises Stress(MPa)		
1.0 GVW	42	C/MBR No.2	OK
1.0 GVW F,B	197	G-BRKT UPR RH	OK
0.5 GVW L,R	94	G-BRKT UPR RH	OK
0.2 GVW U,D	254	C/MBR No.2	OK

4.2 NVH 성능 평가

일정 이상의 승차감 확보를 위해 서스펜션부품은 엔진과 지면으로부터 전달되는 각종 노이즈 및 진동 특성을 완화시키는 성능을 만족시켜야 한다.

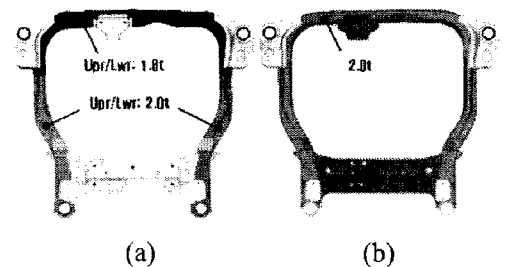


Fig. 7(a) Front suspension designed by Conventional type (Followed the Same Shape of (b,c))

Fig. 7(b) Front suspension designed by hydroforming type with one piece (Optimized)

Fig. 7 Stiffness FE simulation for various assembly

강성평가를 위해 설계 사양별 Free-Free상태와 MGT Bush 특성을 고려한 강성을 평가하였고, 강성은 1st, 2nd, 강성의 값이 높은 모델이 상대적으로 열위에 있다고 판단하였다. 또한, 하이드로포밍

공법 적용 제품이 기존 Press 사양의 설계 제품보다 경량화 효과가 우수했다. 일반 Press 사양의 설계를 기준으로 하이드로포밍과 동등 수준의 강성을 부여하기 위해 대략적으로 10~16% 정도의 중량 증대가 예상된다.

Table 2 Comparison of Stiffness FE simulation results

Normal mode		Free-Free		MTG Bush Stiffness	
		Press	H/F	Press	H/F
Freq (Hz)	1 st	76	81	120.2	126.1
	2 nd	147	156	144.1	149.4
	3 rd	171	165	177.5	183.4
	4 th	218	226	180.2	187.1
	5 th	241	253	201.9	202.2
FE Wt(kg)		18.8	18.3	18.8	18.3

5. 결론

하이드로포밍 공법을 이용한 샤시부품 설계를 통해 차량 경량화 및 강성을 최적화 하였으며, 플랫폼 공용화를 통해 동일 제품을 여러 차종에 동시에 적용 가능한 설계를 실시하였다.

- (1) 플랫폼 공용화 하이드로포밍 설계
- (2) 성형성을 고려한 벤딩, 프리포밍, 하이드로포밍 공정 설계 및 FE 해석 실시
- (3) 강도 및 강성 특성 확보

참고 문헌

- [1] Taylan Altan, 2002, "R&D Update : Sheet hydroforming in automotive applications", March-April 2002 Stamping Journal.
- [2] H. Y. Kim, H. T. Lim, C. H. Suh and W. S. Lee, 2003 "Numerical Modeling of Tube Hydroforming Process considering Prebending and Preforming Effect", International Workshop on Tube Hydroforming Proceeding of the TUBEHYDRO 2003
- [3] Y. S. Kim, S.Y. Won, J. W. Park and S.G. Choi, 2003 "Analysis of forming limit in tube hydroforming process", International Workshop on Tube Hydroforming Proceeding of the TUBEHYDRO 2003
- [4] J. B. Yang, B. H. Jeon and S. I. Oh, 2000, "Tube Bending Analysis for Hydroforming Process", KSTP, Transactions of Material Processing Vol. 9, No. 3
- [5] Y. S. Kim, H. S. Son and S. S. Han, 2002, "A Study on the Friction Characteristics in Tube Hydroforming Process" KSTP, Transactions of Materials Processing Vol. 11. No. 6
- [6] J. H. Hur, Y. G. Kim, H. S. Kim, D. H. Kim, 2005, "The development of hydro-formability improving technology using FEA", Oct.26 North America Hydroforming Conference, SME, Production ID TP06PUB110