

자동차용 에어컨 호스 제조를 위한 스웨이징 공정 유한요소해석

민규영*, 김태범**, 박용복#
*공주대학교 대학원 기계공학과
**,#공주대학교 기계자동차공학부
#교신저자 : 박용복(ybpark@kongju.ac.kr)
e-mail : kymin@kongju.ac.kr

Finite Element Analysis of Swaging Process for Manufacturing of Automotive Air-Conditioning Hose

Kyu-Young Min*, Tae-Beom Kim**, Yong-Bok Park#

*Dept of Mechanical Engineering, Kongju National University Graduate School

**,#Dept of Mechanical Engineering, Kongju National University

Abstract

It's necessary to analyze the mechanical behaviors of automotive air-conditioner hose, which have to play a proper role under severe operating conditions, in order to prepare a preventive measure for contrary effects expected in unfavorable circumstances. In this paper, the stress and deformation characteristics of the hose components such as rubber, sleeve, pipe and reinforces braids during the swaging process, are analyzed using the finite element method.

key words : Air-Conditioner Hose, Swaging Process, Finite Element Analysis

1. 서론

자동차용 에어컨 호스는 자동차의 다양한 운전 조건에서 복합적인 기계적 하중과 열하중을 받고 있다. 호스의 양쪽은 금속을 사용하는 자동차의 콤프레셔, 콘덴서와 결합되어 있는 금속 파이프와 연결되어 있다. 따라서 열악한 운전 조건이 계속되는 경우에는 고압호스와 파이프의 연결 부위에서 냉매가 흘러나오는 현상으로 인하여 자동차의 성능 저하를 일으키는 요인으로 작용할 수 있다.

실제로 운전 조건이 바뀔 때마다 고압 호스내의 하중이 변하게 된다. 대기 온도 등의 외부 조건에도 고압 호스의 성능이나 수명에 영향을 미친다. 그러므로 어떠한 운전 조건하에서도 자동차용 에어컨 호스가 기능을 다하기 위해서는 금속 파이프와 호스의 체결 부분에 대한 유한요소해석이 이루어져야 해석에서 예상되는 결합에 대한 대책을 마련할 수 있을 것이다.^[1-2]

국내의 독자적인 기술력 확보와 제품의 성능 향상을 위해서 해석과 실험을 통해 금속 파이프와 호스 체결부의 거동에 대한 기술 습득에 대한 최적인자의 기준이 마련되어야 한다.

호스에 대한 유한요소해석은 이론에 근거를 둔 계산식의 유도 및 적용이 대부분을 이루고 있고 호스를 제작하는데 있어 유한요소해석의 최적인자를 찾는 과정이 호스 성능에 큰 영향을 미치는데 불구하고 이에 대한 유한요소해석은 거의 없는 상황이다.^[3]

본 연구에서는 스웨이징 공정에서 고무호스, 슬리브, 파이프에 발생하는 응력 및 변형특성을 확인하기 위하여 유한요소해석을 수행하였다. 해석을 위하여 실제 공정과 동일한 조건을 주었으며, 해석 완료 후 각 부위에 발생하는 응력 및 압력분포를 분석하여 제품성능과의 관계를 검토 하였다.

본 연구를 통하여 얻어진 결과로 독자적인 스웨이징 공정 설계 기술을 확보 하고 신기술을 연구 개발하는데 기본적인 정보를 제공할 수 있다.

2. 유한요소해석

2.1 유한요소해석 각 부위 형상

Fig.1은 에어컨 호스의 단면 형상을 보여주고 있다. 에어컨 호스 내부에 압력이 작용 시 인장력을 지탱하기 위해 나이론 편조층이 삽입되어 있다.

Fig.2은 파이프와 슬리브, 고무호스의 조립품 및 구성 부품을 보여주고 있다. 각 부품의 제원은 Table.1에서 보는 것과 같다.



Fig.1 Symmetrical geometry of air-conditioner hose



Fig.2 Component of the air-conditioner hose module

Table.1 Dimensions of geometric parameters.

Components	Inner diameter	Outer diameter	Length
Sleeve	5.9	10.75	32
Pipe	4.4	6	38
Rubber	11	19	38

(unit : mm)

2.2 유한요소해석 모델

Fig.4는 스웨이징 공정이 끝난 후의 모습을 보여주고 있고 Fig.5는 유한요소해석 시 해석에 적용될 모델을 보여주고 있다. 해석 모델이 호스의 중심축에 대하여 대칭으로 축대칭모델을 사용하여 유한요소해석에 적용하였다. 해석에 사용된 프로그램은 범용 유한요소해석 프로그램인 abaqus/CAE를 사용하여 2차원 형상으로 모델링 하였고, abaqus/Standard를 사용하여 유한요소해석을 진행하였다.

고무호스는 가황고무로 이루어져 있고 R134a 냉매가 유동되는 고무호스로서 3개의 층으로 이루어져 있고 각 층 사이에는 편조사가 삽입되어 있다.

하지만 본 연구에서는 고무호스의 물성치에 대한 정확한 데이터는 기업의 기밀사항으로서 고무형상을 단일 층으로 가정하고 문제에 접근하였다.

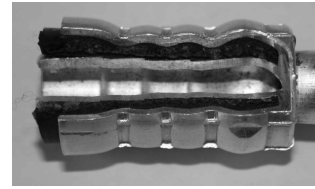


Fig.4 Shape of after swaging process

abaqus에서는 hyperelastic 물질을 분석하는 여러 가지 방법이 있다. 본 연구에서는 고무물성의 일반적인 거동에서 응력이완의 고려를 제외한 오그덴 방법(Ogden method)을 채택하였다. jaw는 Stainless steel을 사용하였고, 호스와 결합되는 파이프와 슬리브는 AL60××를 사용하였다.

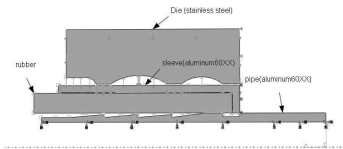


Fig.5 2D Axisymmetric finite element model

고무호스의 메쉬 타입은 CAX4H 파이프와 슬리브는 CAX4I, jaw는 CAX4IH로 적용하였다. 총 노드의 개수는 6804개 이고 요소 수는 6300개이다.

2.3 경계조건

자동차에 사용되는 에어컨 호스는 고무호스와 알루미늄 파이프와 슬리브로 구성되어 있다. 구성되는 각각의 부품들이 스웨이징 공정을 통하여 결합 된다.

본 연구에서는 이러한 결합이 끝난 후에 자료를 바탕으로 압력분포와 응력분포를 얻기 위해 유한요소해석을 수행한다.

Fig. 5에서 보는 것과 같이 경계조건은 슬리브의 우측 끝단의 변위가 고정되어 있고, 슬리브와 파이프의 끝단을 실제 공정과 유사한 경계조건을 부여하였다. 슬리브, 파이프, 고무호스를 결합시키는 jaw의 속도는 12mm/s로 제어하였다.

3. Swaging Process 해석

Swaging Process는 Fig.7에서 나타낸 것과 같이 jaw로 파이프와 슬리브와 고무호스를 결합하게 된다. 고무호스의 변형율은 jaw와 직접 접촉하고 있는 슬리브의 아래 중앙 부위에서 변형율이 높게 나타나고 있다.

Swaging Process에서 공정 중 불량으로 인해서 냉매가 누출되는 불량이 발생한다면 슬리브와 고무호스가 접촉하는 부위일 가능성이 매우 높기 때문에 슬리브와 접촉하는 부위의 내부압력을 측정 하였다.

Fig.8은 부품별로 내부압력을 보여주고 있다. 고무호스 하단부위의 내부압력은 상단부위 표면부위의 내부압력보다 20% 높게 나타나고 있다.

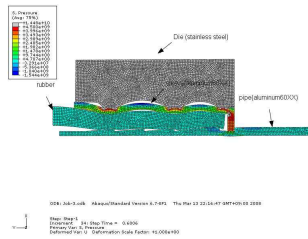


Fig.7 Shape of air-conditioner hose after swaging

특히 파이프에서 첫 번째로 돌출된 부위에서 가장 높은 내부압력 값을 보여주고 있다. 본 연구의 전반적인 압력 분포는 J.R.Cho^[4]의 결과보다는 대략 4배 높은 값이다. 그 이유는 swaging loading condition 뿐만 아니라 jaw 형상과 재료의 물성이 다르기 때문이다. 형상이 무딘 jaw의 비압축성과 관련되었던 큰 압력을 가한 부위 때문에 고무에 접촉압력을 산출할 수 있었다. swaging의 효율성을 높이기 위해서는 jaw의 기하학적 요인과 소재는 변경되어야 한다.

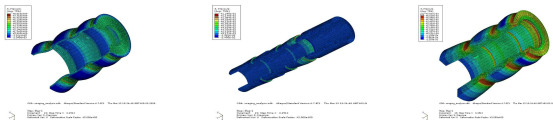


Fig.8 3D Assembly Pressure distribution of after swaging

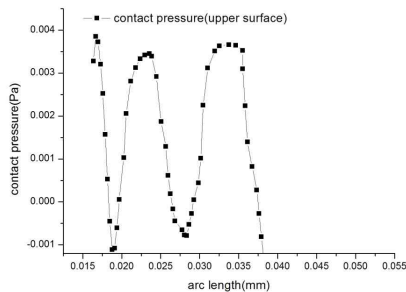


Fig.9 Contact pressure distribution of upper surface of rubber

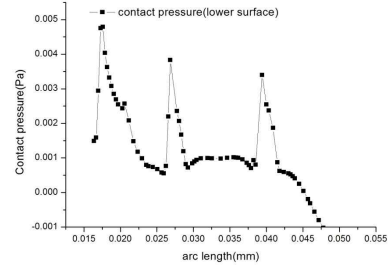


Fig.10 Contact pressure distribution of lower surface of rubber

4. 결론

본 연구에서는 스웨이징 공정 시 자동차용 에어컨 호스 고무, 파이프 및 슬리브에 발생하는 변형 특성을 유한요소해석으로 해석하였다.

본 연구 시뮬레이션의 결과를 정리해 보면 다음과 같다.

- (1) 고무호스 하단부위의 내부압력은 상단부위 표면부위의 내부압력보다 20% 높게 나타나고 있다.
- (2) Swaging Process의 효율성을 높이기 위해서는 jaw의 기하학적 요인과 소재는 변경되어야 한다.

5. 후기

본 연구는 지방대학혁신역량강화사업(NURI) 인 『충남 자동차·부품산업 인력양성 사업』 중 ‘산학공동연구’ 과제로서 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 김병탁, 김형제, 송한중, 강창기(2001), “Swaging 시 P/S 호스의 변형 특성에 대한 유한요소해석” 대한기계학회 2001년도 춘계학술대회 논문집. pp 692-697.
- [2] 노기태, 전도형, 최주형, 조진래(2003), “자동차 파워스티어링 호스의 열내압 특성 유한요소해석” 대한기계학회 2003년도 춘계학술대회 논문집. pp 409-414.
- [3] V. G. Tsyss and M. L. Pinovskii, 1996, “Rigidity Characteristics of Rubber-cord Hose Elements”, international Polymer Science and Technology, Vol. 23, No5, pp. T/98-T/100.
- [4] J.R.Cho, J.I.Song(2007), “Swaging process of power steering hose: It’s finite element analysis considering the stress relaxation” Journal of Material Processing Technology. pp 497-501.