

3D 스캔을 이용한 발포알루미늄의 인장 · 압축에 관한 유한요소해석

*정협재¹⁾ · 이경엽¹⁾ · 한범석²⁾ · 유용문²⁾
경희대학교 기계공학과¹⁾, 자동차부품연구원²⁾

Tensile and Compression behaviour of Al Foam FEM using 3D Scan

*H. J. Chung¹⁾ · K. Y. Rhee¹⁾ · B S. Han²⁾ · Y M. Yoo²⁾

¹⁾ School of Mechanical and Industrial Engineering, Kyunghee University, Korea, ²⁾ Korea Automotive Technology Institute

Key words : Al Foam, FE Model, 3D Scan, Deformation

1. 서론

발포금속의 제조법에는 가스주입법(Direct gas infiltration)과 분말야금법(Powder metallurgy route), 인베스트먼트 주조법(Investment casting)등 10여개의 제조법이 개발되어 있다. 그 중에서도 생산속도가 높으며 비용도 저렴한 가스 주입법이 많이 사용되고 있다. 최근 자동차와 항공기등에서 가벼운 소재를 이용한 무게 절감이 요구되고 있으며 그에 따라서 무게 감소와 안전성을 확보하기 위해 다공재 사용에 관심이 집중되고 있다.¹⁾ 이러한 문제를 해결하기위해 많은 연구자들에 의해 연구되고 있는 것이 발포금속이다. 발포금속 중 최근 많이 사용되는 것이 발포알루미늄이다. 발포알루미늄은 구조의 경량화와 무게 비율에 비해서 매우 우수한 강도를 가질 뿐만 아니라 탁월한 기계적 충격 흡수성을 가진다. 또한 단열이나 방음성, 재생성을 가지고 있고 비교적 낮은 단가로 생산할 수 있고, 재활용이 가능하며, 진동 흡수 및 전자기 차폐등 우수한 특성을 보여주기 때문에 공업적으로 많은 분야에서 이용이 가능하다. 현재까지 수행된 Al Foam에 대한 연구는 제조법과 흡음성, 충격 흡수에 관한 연구 등이 진행되고 있다. Hur, B. Y²⁾은 Al Foam의 제조기술에 관한 연구를 하였으며, Kim, S. Y³⁾⁴⁾, J.Y. Kim⁵⁾은 Al Foam의 소리에 따른 흡음성에 관하여 연구를 진행하였다. D.P. Papadopoulos⁶⁾, Insu Jeon⁷⁾, A. Paul⁸⁾ 등은 Al Foam의 인장, 압축등의 기계적 특성에 관한 연구를 하였다. S. Asavavisithchai⁹⁾¹⁰⁾, Amkee Kim¹¹⁾은 Al Foam이 충전 된 튜브의 에너지 흡수와 굽힘 저항의 특성 등에 관한 연구를 하였다. 하지만 발포알루미늄의 유한요소해석에 관한 연구는 많지 않으며, 발포알루미늄의 실제 모형과 같은 유한요소모형을 만들기가 어려워 해석에 대한 연구가 활발히 진행되지 않았다. 본 연구에서는 3D 스캐너를 이용하여 만든 발포 알루미늄에 대한 유한요소모형을 제시하고 해석을 통하여 발포 알루미늄의 인장, 압축특성을 평가해 보았다.

2. 유한요소 모델링과 해석방법

그동안 발포알루미늄의 유한요소모형은 발포알루미늄의 불규칙한 기공들을 상세하게 표현하지 못하여 규칙적인 형상의 반복으로 이루어진 모형을 이용하여 해석하였다. 하지만 본 연구에서는 3D 스캐너를 이용하여 Fig. 1과 같이 실제 발포 알루미늄을 단층 촬영하고, 촬영한 사진들을 3D 모델링 프로그램을 이용하여 적층하여 유한요소모형을 만들었다. 이렇게 함으로서 기존에 표현하지 못했던 발포알루미늄의 불규칙한 기공들까지도 자세하게 묘사할 수 있어 실제와 거의 비슷한 그림 2의 유한요소모형을 만들 수 있게 되었다.

Fig. 2와 같이 발포알루미늄의 유한요소 모델은 40mm * 40mm * 40mm로 만들어 졌고, 발포알루미늄의 3D 스캔 이미지 파일의



Fig. 1 3D Scan picture of Al Foam

masking data를 이용하여 Vtk poly data(masking data를 구성하는 node 점의 number와 위치)를 구성, Vtk Triangle Filter로 Surface를 생성하고, VTK Decimate Pro를 이용하여 삼각형과 node의 수를 줄이고, 모델을 smoothing 하고, CM2를 이용한 Tetrahedron mesh를 이용하였다. Total Elements는 143777개로 구성되었고, 인장과 압축시 응력분포와 Displacement의 변형을 알아보기 위하여 상용 유한해석 프로그램을 사용하였고 Simulation은 y=0인면을 3자유도 고정을 시키고 y축의 Displacement 제어를 통하여 응력해석이 이루어졌다.

3. 유한요소모델 해석결과

인장 Test Simulation 결과 Fig. 3을 보면 Displacement가 늘어나면서 발포알루미늄의 기공 사이에서 응력집중이 일어나 발포알루미늄 모델의 위쪽 부분으로 갈수록 점점 더 변형이 커지고 있는 것을 알 수 있다.

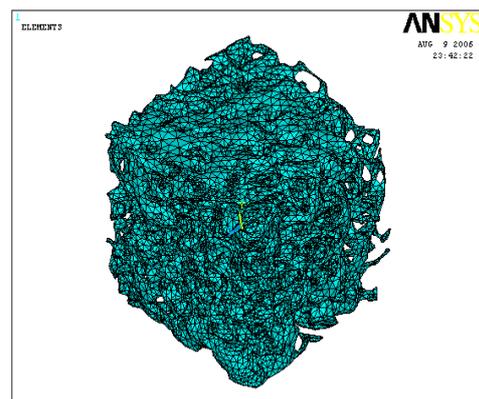


Fig. 2 Al Foam Model

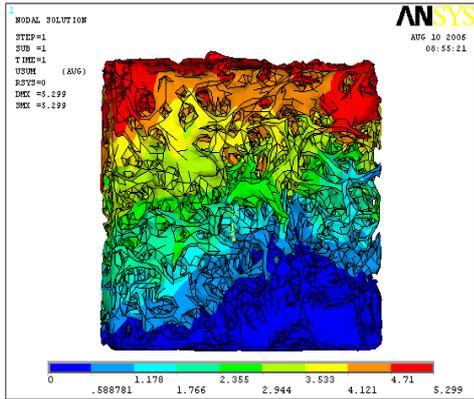


Fig. 3 Deformation After Tensile Test

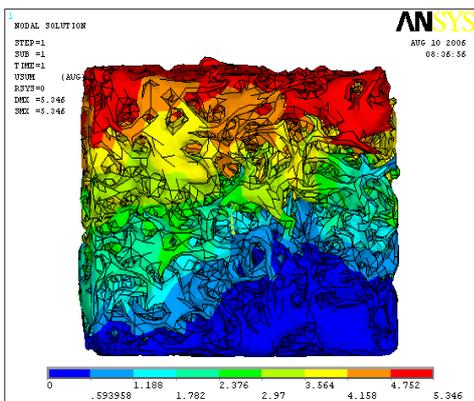


Fig. 4 Deformation After Compression Test

또한 변형이 일어나는 것이 발포알루미늄의 기공이 적은 쪽보다 많은 쪽에서 변형이 많이 일어나는 것을 볼 수 있으며, 위 Simulation을 통하여 발포 알루미늄의 기공은 Deformation에 큰 영향을 주는 요인임을 알 수 있다.

압축 Test Simulation 결과 Fig. 4를 보면 압축 했을 경우 응력분포는 인장 Test와 같이 발포알루미늄의 기공주위에서 응력집중현상이 일어나고 있으며, 변형은 시편의 아래쪽보다는 위쪽으로 올라갈수록 변형이 커진다는 것을 알 수 있었다. 압축 역시 인장 Test와 같이 변형이 일어나는 것은 발포알루미늄의 기공이 적은 쪽보다 많은 쪽에서 변형이 많이 일어나는 것을 볼 수 있으며, 위 압축 simulation을 통하여 인장 Simulation의 결과와 비슷하게 발포 알루미늄의 기공이 응력집중과 Deformation에 영향을 주는 요인임을 알 수 있다.

4. 결론

발포알루미늄의 인장, 압축 특성을 해석하기 위하여 기존의 규칙적인 형상을 반복적으로 만든 모델이 아닌 발포알루미늄을 3D 스캐너로 단층 촬영한 후 모델링 프로그램을 이용하여 사진을 적층시키는 방법으로 모델을 만들었다. 기존의 모델에 비하여 발포알루미늄의 불규칙한 기공을 상세하게 표현할 수 있었고, 기존에 모델에 비하여 좀 더 자세한 모델을 만들 수 있었다. 이 모델을 이용하여 인장·압축의 특성을 알아보았다.

해석결과 인장·압축 모두 내부 기공주변에 응력집중이 일어나는 것을 알 수 있었고, 위쪽으로 올라갈수록 변형이 더 크게 나타났으며, 발포알루미늄의 기공이 적은 쪽보다 많은 쪽에서 변형이 더 많이 일어나는

것을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 자동차부품연구원의 지원으로 “100Km/2L급 차량용 경량부품 개발”의 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) L. J Gibson and M. F Ashby: Cellular Solid, 2nd ed., Cambridge University press, Cambridge, UK 1997
- 2) Hur Bo Young, Um Yong Su, Kim Sang Youl“ Development of Fabrication Technology for Al Foam with Lightweight-Strength”, J Kor. Inst. Met. & Mater, pp37~46, 2004
- 3) Kim, S. Y. Park, S. H., Um, Y. S., Hur, B. Y "Sound Absorption Properties of Al Foam" *Materials science forum*, v.486/487, pp. 468- 471, 2005
- 4) Kim, S. Y, Hur, B. Y, Kwon, K. C., Ahn, D. K., Park, H. S " A Study on the Mechanical and Sound Absorption Properties of Aluminum Foam", J Kor. Inst. Met. & Mater. Vol.40, No. 8 2002
- 5) Jae-Yong Kim, Myeong-Heon Um, Dae-Hyun An, Myeong-Jin Shim "Characteristics of the Functional Panel Made From Foamed Aluminum", J. Korean Ind. Eng. Chem., No.1 February, 62~66, 2006.
- 6) Papadopoulos, D.P., Konstantinidis, I.C., Papanastasiou, N., Skolianos, S., Lefakis, H., Tsipas, D.N.," Mechanical properties of Al metal foams", *Materials letters*, v.58 no.21, pp2574~2578, 2004
- 7) Jeon, I., Asahina, T., "The effect of structural defects on the compressive behavior of closed-cell Al foam", *Acta materialia* , v.53 no.12, pp. 3415~3423, 2005
- 8) Paul, A., Seshacharyulu, T., Ramamurty, U. " Tensile strength of a closed-cell al foam in the presence of notches and holes - Structure and Properties", *Scripta materialia*, v.40 no.7, pp809~814, 1999
- 9) Asavavithchai, S., Slater, D., Kennedy, A. R. "Effect of bonding strength on the energy absorption of Al foam-filled cylindrical tube", *Journal of materials science*, v.39 no.18, pp.5873-5875, 2004
- 10) Asavavithchai, S., Slater, D., Kennedy, A. " R.Effect of tube length on the bucking mode and energy absorption of Al foam-filled tubes", *Journal of materials science*, v.39 no.24, pp.7395-7396, 2004
- 11) Amkee Kim, Hyo-Jin Lee, Seong-Seong Cho " Bending Behaviors of Stainless Steel Tube Filled with Al5Si4Cu4Mg Closed Cell Aluminum Alloy Foam" *The Korean Society of Mechanical Engineers A*, v.27 no.10, pp. 1686~1694, 2003