

ABS 재질의 격자구조에 따른 열 응력과 열 변형에 관한 연구

김종현*, 조성규**, 이준성*

*경기대학교 기계시스템공학과

**경기대학교 대학원 기계공학과

e-mail:jsleel@kyonggi.ac.kr

A Study on Thermal Stress and Thermal Deformation according to the Cubic Lattice Structure of ABS

Jong-Hyun Kim*, Sung-Gyu Cho**, Joon-Seong Lee*

*Dept. of Mechanical System Engineering, Kyonggi University

**Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, Kyonggi University

요약

본 논문에서는 3D프린팅 시 자주 사용하는 필라멘트 재질인 ABS의 열 응력과 열 팽창 해석을 통해 3D프린터의 베드에서 수축 후 분리되는 현상을 해석하고자 하였다. 해석에 사용되는 내부 격자 구조는 브라베 격자구조 중 입방정계의 단순입방격자(SC), 면심입방격자(FCC), 체심입방격자(BCC)형태의 각 변의 길이가 22mm인 정육면체 구조물을 3D모델링을 통해 설계하였다. 결과적으로 응력과 열 변형량은 체심입방격자(BCC)에서 가장 큰 값을 가지는 것을 알 수 있다.

1. 서론

최근, 3D프린터 산업이 크게 성장하고 있으며 가정과 중·고등학교 등에도 많은 프린터들이 보급되고 있다. 그 중 FDM 방식의 프린터가 특히 많이 보급되고 있으며, ABS와 PLA재질의 필라멘트를 대중적으로 사용한다. 특히 ABS재질의 경우 후가공이 용이하고, 내충격성 및 내열성이 좋다는 특징이 있다[1].

3D프린트 출력 시 필라멘트의 수축으로 인하여 출력물과 베드가 분리되는 현상이 일어나게 된다. 따라서 베드의 온도에 따라 출력물이 고정되지 못하는 현상이 생기는데, 베드 온도를 필라멘트의 연화 온도에 맞추어, 상변화를 지연시켜 베드와의 부착력을 강화시킬 수 있다[2,3].

따라서 본 연구에서는 3D프린팅 시 설정 가능한 내부 격자 구조형태에 따른 열 응력과 열 변형률을 해석하여 3D 출력물을 끼워 맞추거나 조립 시 열에 의해 발생할 수 있는 변형을 해석하고자 한다.

2. 본론

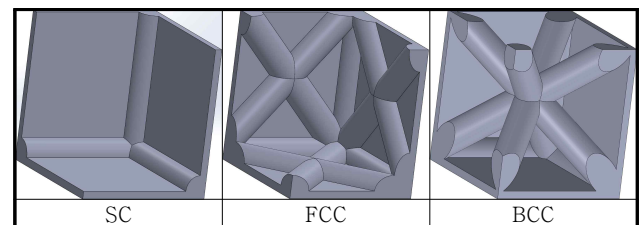
2.1 모델링

격자구조 모델링은 정육면체의 형태로 제작되었으며, 정육면체의 면에 일정 두께를 부여하고 내부 원자를 원기둥을 통해 이어주도록 설계하였다. [표 1]은 격자구조 모델링의 수치 값을 나타낸 표이고, [그림 1]은 모델링된 격자구조의 내부 모

습을 나타낸다.

[표 1] 격자 구조 모델링 수치

정육면체 변 길이	면 두께	원기둥 지름
22 mm	2 mm	4 mm



[그림 1] 격자구조의 모델링 내부

2.2 유한요소해석

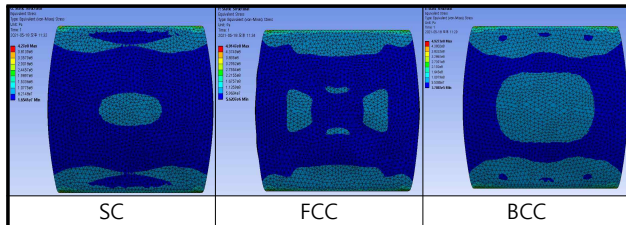
상용 해석 프로그램인 Ansys Workbench를 사용하여 해석을 진행하였다. 정육면체의 상, 하단부의 모든 자유도를 고정하여, 측면의 응력과 변형률을 해석하였다. ABS재료의 물성치는 [표 2]와 같이 설정하였고, 나중온도 T_2 의 경우 필라멘트의 녹는 점 $220^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 의 중간 값인 240°C 로 설정하였다.

[표 2] ABS 물성치

영계수 E	열팽창계수 α	초기온도 T_1	나중온도 T_2
2.39 GPa	$9.54 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	22°C	240°C

2.2.1 열 응력

[그림 2]와 [표 3]의 값을 보면 체심입방격자(BCC)의 응력 값이 가장 높음을 알 수 있다. 그러나 면심입방격자(FCC)의 응력 값과는 큰 차이가 나지 않지만, 단순입방격자(SC)와는 큰 차이가 나는 것을 볼 수 있다.



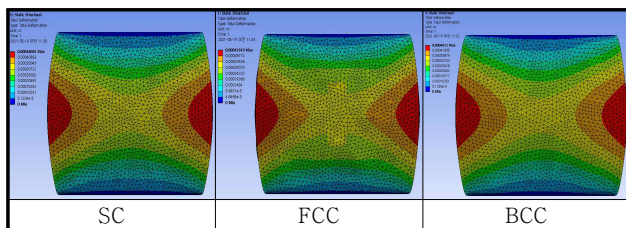
[그림 2] 격자구조에 따른 열 응력

[표 3] 격자에 따른 열 응력 결과

격자	SC	FCC	BCC
응력	427 MPa	491.47 MPa	492.73 MPa

2.2.2 열 변형

열 변형량에 대한 결과를 [그림 3]과 [표 4]에 나타내었다. 열 변형량 또한 체심입방격자(BCC)가 가장 높음을 알 수 있다. 열 응력과 달리 단순입방격자(SC)와 차이가 거의 없고, 면심입방격자(FCC)와 큰 차이를 보인다.



[그림 3] 격자구조에 따른 열 변형

[표 4] 격자에 따른 열 변형 결과

격자	SC	FCC	BCC
변형량	0.4608 mm	0.4362 mm	0.4613 mm

3. 결론

3가지 입방정계 격자구조의 정육면체를 해석한 결과 체심입방격자(BCC)의 응력과 변형량이 가장 큰 것을 알 수 있다. 따라서 끼워 맞춤을 필요로 하는 부품일 경우 체심입방격자를 피해야 할 것이다. 또한 3D프린터로 출력한 부품을 실사용하기 위해서는 하중에 의한 변형을 견뎌야 한다. 입방정계 격자구조 중 하중에 의한 변형량이 가장 적은 구조는 면심입방격자(FCC)로 연구되었기에, 하중 조건 또한 만족한다고 할 수 있다. 따라서 3D 프린팅 시 가장 적절한 내부 격자는 면심입방격자(FCC)라고 결과 지을 수 있지만 정확한 값을 얻기 위해서는 비선형 해석, 적층제조를 고려한 해석과 면심입방격자(FCC)로 구성된 큰 형상에 대한 해석이 추후 연구되어야 할 것이다.

감사의 글

This work was supported by the GRRC program of Gyeonggi province. [GRRC 2020-0200, Research on Innovative Intelligent Manufacturing System]

참고문헌

- [1] 임용빈, “온도 및 습도를 고려한 ABS 부품의 크리프 거동 연구” 석사 학위 논문, 서강대학교, 2015.
- [2] Young-Hyu Choi, “Influence of Bed Temperature on Heat Shrinkage Shape Error in FDM Additive Manufacturing of the ABS-Engineering Plastic” World Journal of Engineering and Technology, Vol.4 No.3D, October, 2016.
- [3] Seong-Gyu Cho, “Finite element analysis for cubic lattice FDM of ABS” International Conference on Innovation Convergence Technology, 2020