

# 공작기계 칼럼 리브 구조물의 열적 특성 평가기법

## Thermal Characteristics Estimation of Column Rib of Machine Tool

\*#김양진<sup>1</sup>, 이찬홍<sup>1</sup>, 심종업<sup>1</sup>, 황주호<sup>1</sup>

\*\*Y. J. Kim(yangjin@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, C. H. Lee<sup>1</sup>, J. Y. Shim<sup>1</sup>, J. H. Hwang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key words : Machine tool, Column rib, Maximum-minimum temperature variation, thermal deformation

### 1. 서론

최신의 공작기계는 초고속 주축의 등장으로 모터 및 주축으로부터의 열이 칼럼에 가해지고 있다. 공작기계 전체에 가해지는 열량을 정량화하여 나타내면<sup>(1)</sup>, 공작기계 전체에서 발생하는 열량의 65% 이상이 칼럼에 가해지고 있다고 할 수 있다.

이와 같은 칼럼에 가해지는 열량에 의한 열변형을 최소화하기 위한 연구가 예로부터 많이 이행되어져 왔지만<sup>(2)</sup>, 지금까지의 공작기계 열변형에 의한 대책은 체계적이라고 할 수 없으며, 취약 부분의 열변형을 측정하는 정도에 그치고 있다.

또한 구조물의 중량강성비를 크게 하기 위한 대책으로 다용되고 있는 다양한 칼럼의 리브 구조에 따른 열변형은 더욱 예측하기가 어려우며, 이는 실제 공작기계 설계자들이 정/동/열변형을 고려한 설계에 큰 장애가 되고 있다.

NC 머시닝센터의 경우 칼럼을 따라서 주축 헤드가 움직이기 때문에 주축 헤드의 위치에 따라서 열부과면이 달라진다. 이에 설계자들에게 이동 열원을 고려한 열변형도 함께 제시할 필요가 있다.

본 연구에서는 이동 열원을 고려하면서 리브 구조에 따라 칼럼의 열적 특성을 유한요소해석을 이용하여 평가하는 것을 목적으로 공작기계 실제 설계자들에게 칼럼을 설계할 때의 지침을 제시하는 것을 최종 목표로 한다.

### 2. 모델 설명 및 열적 경계 조건

본 연구에서 설정한 칼럼의 리브 모델은 다음 그림 1과 같다. 열적 경계 조건으로는 칼럼의 앞면에 주축 헤드 부분으로부터의 열량이 도달하는 면을 설정하여 이동 열원과 함께 열부과면이 이동한다고 설정하였다. 해석에 사용한 칼럼의 재료는 GC250이며, GC250의 물성치는 다음 표 1과 같다.

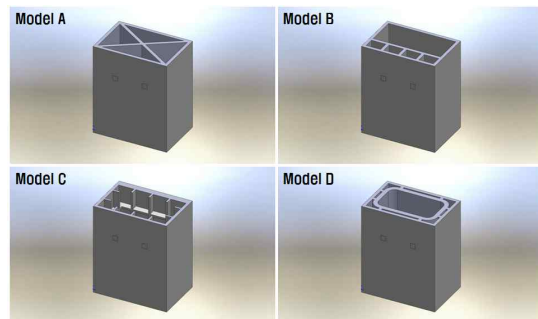


Fig. 1 Rib structure of column model

Table 1 Properties of GC300

Conductivity(W/m·K)	55.8
Specific heat (J/Kg·K)	565.0
Density (kg/m <sup>3</sup> )	7300.0
Elasticity(GPa)	90.0
Poisson's ratio	0.25
Thermal expansion coefficient (10 <sup>-6</sup> /K)	11.5

### 3. 열적 특성 평가 항목

본 연구에서는 칼럼 리브의 열적 특성을 다음과 같은 항목으로 나누어서 평가하였다.

1. 칼럼의 최대최소 온도차
2. 칼럼의 기울기
3. 주축 헤드 부분의 열변위

공작기계 열변형을 일으키는 가장 주된 원인이 내부에서 발생하는 온도차로 인한 구배이기 때문에 칼럼의 최대최소 온도차를 평가 항목으로 설정하였다. 칼럼의 열변형 중에서 가장 큰 문제가 되는 것이 칼럼의 휨 현상이기 때문에 칼럼의 기울기를 평가 항목으로 설정하였으며, 공작기계가 강성에

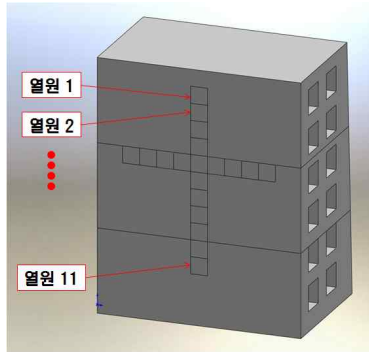


Fig. 2 Moving heat source of column model

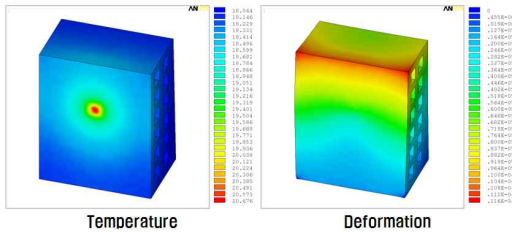


Fig. 3 Temperature and Deformation at static state

바탕을 두고 있는 강성 설계이기 때문에 형상 창성 운동에 크게 관여하는 주축 헤드 부분의 열변위를 평가 항목으로 설정하였다.

#### 4. 해석 결과 및 고찰

해석의 열적 경계 조건으로는 주축 헤드 부분으로부터 열량이 전달되는 지점에 60초 동안 2100 W/m<sup>2</sup>의 열량을 부과하였으며, 8시간 후를 정상 상태로 책정하여 열적 특성 평가 항목을 추출하였다. 열량 부과 지점은 이동 열원을 고려하여 다음과 같이 설정하였다. 그리고 본 연구에서는 수직 방향 이동 열원만을 고려하였다. 해석 Tool로는 Ansys 12.0을 사용하였으며, Solid70을 해석 Element로 사용하였다. 해석 모델은 총 10820개의 절점과 38667개의 요소로 구성되어 있다.

열원 5에 열량을 부과한 후 정상 상태에 있어서의 온도 분포와 열변위 분포를 다음 그림3에 나타낸다.

정상 상태에서의 최대최소 온도차는 2.632℃, 최대 열변위는 칼럼의 상부에서 나타났으며 11.6 μm이었다. 칼럼의 수직 방향에 있어서의 휨 현상을 평가하기 위한 척도로서의 기울기는 약 4.66×10<sup>-6</sup>이었다.

이동 열원에 따른 각 열적 특성 평가 항목을 나타내면 다음 그림과 같다.

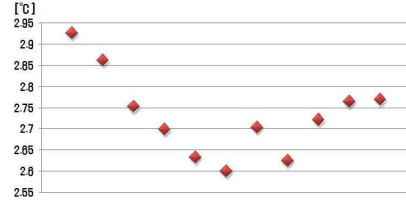


Fig. 4 Maximum-minimum temperature

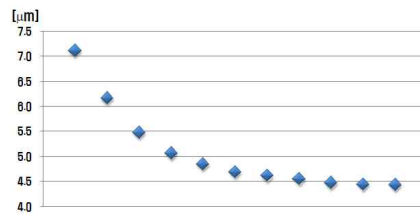


Fig. 5 Thermal deformation at spindle

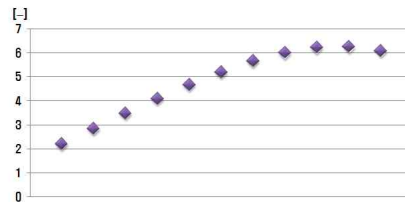


Fig. 6 Gradient of column model

#### 5. 결론 및 향후의 일점

이동 열원이 아래로 이동할수록 주축 헤드 부분의 열변위는 감소하지만, 칼럼의 기울기가 증가함을 알 수 있었다. 모델의 최대최소 온도차는 이동 열원이 중심에 있을 때 작은 값을 취함을 알 수 있었다. 금후에는 리브 모델에 따라 열적 특성을 평가하여 DB Chart를 만드는 것이다.

#### 참고문헌

1. Spur, G. and Dencker B., "Wärmeentwicklung and Wärmeaustausch an Werkzeugmaschinen," *Werstattstechnik*, 58, 260~264, 1968.
2. Nobuhiko Nishiwaki, Sankei Hori, Masaomi Tsutsumi, Masanori Kunieda, "Thermal Deformation of Machine Tools Caused by Temperature Variations in Machine Shops," *The Japan Society of Mechanical Engineers*, 53, 2408~2413, 1987.(in Japanese)