

# 벨트 구동 타입 머시닝 센터 주축의 열 변위 저감방안에 관한 연구

## A Study on Belt Driven Spindle of Machining Center for Thermal Displacement Reduction

\*제소영<sup>1</sup>, 김태원<sup>1</sup>, 하재용<sup>1</sup>

\*S. Y. Je (soyoung.je@doosan.com)<sup>1</sup>, T. W. Gim<sup>1</sup>, J. Y. Ha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>두산 인프라코어(주)

Key words : Belt driven spindle, Cooling fan, Flow characteristics, Thermal displacement

### 1. 서론

공작기계 시장의 고속화, 고정밀화에 따라 다양한 외부조건과 작동 환경에서도 성능을 유지할 수 있는 장비에 대한 수요가 증가하고 있다. 특히 머시닝 센터는 주축의 고속화를 통한 생산성 향상을 목적으로 하며 고속화에 의한 내부 열 발생량이 증가되어 열 변위 저감이 더욱 중요하게 다루어지고 있다. 이러한 시장의 요구에 신속하게 대응하기 위하여 제품 양산 이전 단계에서 컴퓨터 시뮬레이션(CAE) 기법으로 제품의 성능을 검증하고 있다. 또한 열 하중에 강건한 제품을 생산하기 위해서는 제품의 열원을 예측해야 하고, 발생된 열의 흐름을 정확히 계산하여 그 온도분포를 구조모델의 열 하중으로 표현할 수 있는 기술이 필요하다. 따라서 열 변위를 최소화시킴과 동시에 가공 프로세스의 고속화를 위하여 공작기계에 대한 열 변위 특성을 분석하고, 열에 의한 변형에 강건한 공작기계 설계를 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 최근에는 유한 요소법을 이용하여 공작기계의 열 특성을 시뮬레이션하고 그 결과를 실제 설계 시에도 적용할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 주축 구동 벨트 및 냉각팬을 모사하여 머시닝 센터 주축계의 열유동 해석을 수행하고 열 변위를 저감할 수 있는 방안에 대해 논의하였다.

### 2. 주축 유한요소 모델링

본 연구에서 사용한 모델은 벨트 구동 타입의 주축으로 주요 발열원은 주축의 벨트회전 부이다. Fig.1의 팬 성능곡선을 이용해 주축계의 냉각팬을 모델링 하였으며 타이밍 벨트의 텐션, 회전속도, 마찰계수, 전달효율 등을 이용해 발열량을 계산하였다.

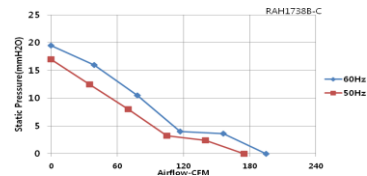


Fig. 1 Fan curve specification

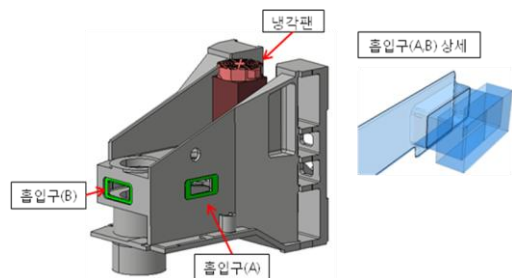


Fig. 2 CFD model of main spindle and shape of intake

주축은 12,000rpm의 운전 조건을 가정하였다. 주축계의 냉각팬은 벨트 하부의 주축 상단에 위치하는 형태이며 주축 내부 공기를 외부로 배출하는 방향이다. 벨트 회전

방향은 주축 운전 시 일반적인 정방향으로 가정하였으며 해석모델의 초기온도 및 흡입구 온도는 상온으로 선정하였다.

또한 흡입구 위치가 열 변위에 미치는 영향을 평가하기 위하여 Fig.2 와 같이 모델링하였으며 흡입구를 제외한 외부 공기의 유입은 없다고 가정 하였다. 흡입구의 경우 공기 유입구를 배플 형상으로 모델링하여 주축 벨트에 의한 소음을 최소화하고자 하였다.

본 연구에서는 공작기계 내부의 열원으로 벨트회전에 의해 발생하는 열만을 고려하였으며, 그 외의 열원으로부터의 열적 경계조건은 벨트회전으로부터의 열원에 비해서 무시할 수 있을 정도로 작다고 고려하여 본 연구에서는 배제하였다.

### 3. 해석 결과 및 토의

주축 단면의 온도분포는 Fig.3 에서 볼 수 있듯이 벨트 회전부 주위의 온도가 가장 높으며 주축계 하부에 위치한 냉각팬의 영향으로 내부 온도 상승이 크지 않는 것을 볼 수 있다. 또한 흡입구가 전면에 위치한 경우 외부 공기의 빠른 유입으로 인해 흡입구가 전면에 위치한 주축에 비해 내부 온도 상승이 10% 줄어드는 것을 확인하였다.



Fig. 3 Temperature distribution of head body

Fig.4 에서 흡입구가 주축 우측에 위치한 경우 회전에 의한 내부 유동과 흡입구의 공기 흐름이 맞물려 소용돌이가 발생하며 원활한 공기의 유입을 방해하는 것을 볼 수 있다. 흡입구가 주축 전면에 위치한 경우 원활한 공기 흐름으로 우측 흡입구 대비 입구의 질량유량이 52% 증가하며 냉각팬에 의한 냉각효과도 증가하는 것을 확인하였다.

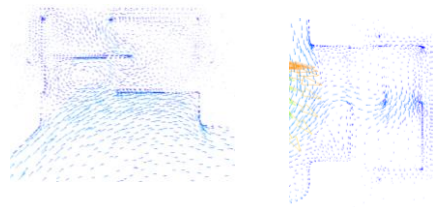


Fig. 4 CFD result of head body intake

### 4. 결론

벨트 구동 타입의 머시닝 센터 주축에 대하여 전산 유체역학 기법을 통해 주요 열원으로부터 발생하는 열에 의한 주축의 온도분포를 도출하였으며 흡입구 위치에 의한 내부 온도를 비교하였다. 주축 열변위 저감을 위한 팬의 의한 냉각 효과를 분석하였으며 흡입구 위치 변경을 통해 주축 내부의 온도 저감 효과를 확인하였다.

### 후기

여기에 후기를 입력하십시오. 여기에 후기를 입력하십시오. 여기에 후기를 입력하십시오.

### 참고문헌

1. J.S. Jayakumar, S.M. Mahajani, J.C. Mandal, P.K. Vijayan, Rohidas Bhoi., "Experimental and CFD estimation of heat transfer in helically coiled heat exchangers," *Chemical Engineering Research and Design*, 86, 221-232, 2008.
2. B. Bossmanns, Jay F. Tu, "A Thermal model for high speed motorized spindles," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 39, 1345-1366, 1999.
3. S.K. Kim, "Dynamic analysis on belt-driven spindle system of machine tools," *International Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, 3, 82-89, 2002.