

외란저감 기술을 적용한 대형 공작기계의 이송 정밀도 개선

Improvement of Motion Accuracy in Large Machine Tools using Disturbance Reduction Technology

*#이창호¹, 김기홍¹, 오창원¹, 김태원¹, 하재용¹

*#C. H. Lee¹(changho.dean.lee@doosan.com), K. H. Kim¹, C. W. Oh¹, T. W. Gim¹, J. Y. Ha¹

¹두산인프라코어㈜

Key words : motion accuracy, backlash, reversal spike, big machine tools, disturbance, friction

1. 서론

가공 중에 발생하는 다양한 외란 중 이송 방향과 반대되는 방향으로 안내면에 작용하는 마찰력과 가감속에 의한 관성력은 공작기계의 가공 정밀도를 저하시키는 주요한 요인이 된다. 특히 대형 공작기계의 경우 최대 적재 하중이 크며 가공 중의 적재된 소재의 무게 변동이 크게 발생하여 이송 특성을 저해하게 된다. 소재 무게의 증가 또는 가공 중 소재 무게의 변동은 이송 안내면에 작용되는 마찰력의 변동을 가져오며, 이는 이송 축 계에 작용하는 구동력의 차이를 발생시킴으로써 축 계의 탄성 변형을 유발하게 된다. 이송 축 계에 작용하는 탄성 변형은 위치 정밀도를 저하시키며, 특히 가공 중 이송 속도 반전 구간에서 백래쉬나 상한돌기가 증가하게 되어 가공물의 단차 발생 등의 치수 오차를 유발하게 된다. 또한 소재 무게 증가에 따라 가감속 구간에서 관성력이 증가 되어 이송 축 계의 진동을 증가시키게 된다. 대형 공작기계의 경우 가감속 시 진동 현상을 줄이고자 최대 적재 하중 조건에서의 기계적인 특성에 맞추어 서보 조정을 하기 때문에 소재 무게가 작을 경우 최대 적재 시에 비해 상대적으로 제어 이득 여유가 증가하게 된다. 제어 이득 여유 증가는 안정적인 이송 특성은 보장되나 제어 응답성은 낮아지기 때문에 생산성이 저하되는 문제가 발생하게 된다.

본 연구에서는 적재 하중이 크고 가공 중에 소재 무게 변동이 심한 대형 공작기계의

이송계에 작용하는 주요 외란 요소인 마찰력과 관성력을 저감시키는 기술을 적용하여 대형 공작기계의 가공 정밀도 개선과 생산성을 향상시킨 사례를 제시하고 있다.

2. 이송계의 주요 외란 저감 방안

대형 공작기계의 경우 이송계에 적재되는 가공 소재의 무게가 수 톤에서 많게는 수십 톤에 달하며, 또한 가공 중 소재 제거에 의한 무게 변화가 크게 작용하여 마찰력과 관성력의 큰 변화로 인해 이송 정밀도 및 제어 특성을 악화시키는 경우가 발생하게 된다.

본 연구에서는 이송 정밀도를 개선시키기 위한 외란 저감으로 그림 1 에서와 같이 이송계 안내면에 공압을 적용하여 가공 소재의 적재 하중을 보상함으로써 마찰력을 줄이는 에어 반부상 기술을 적용 하였다.

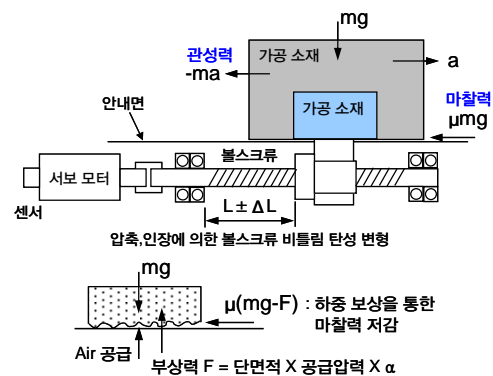


Fig. 1 Concept of friction force reduction

또한 가공생산성을 향상 시키기 위한 외란 저감으로 그림 2 에서와 같이 이송계에 작용하는 관성력을 줄이기 위해 적재 하중이 증가 할 경우에는 가감속 시정수를 증가 시킴으로써 가감속 구간에서 발생될 수 있는 잔류 진동을 줄이도록 하며, 이와 반대로 가공 소재의 무게가 가벼울 경우에는 가감속 시정수를 줄임으로써 가공 시간을 단축 시킬 수 있도록 자동으로 서보 파라미터의 변경이 가능한, 소재 무게 변화에 따른 최적의 서보 파라미터 변경 기술을 적용 하였다.

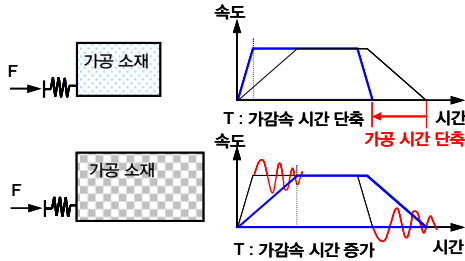


Fig. 2 Concept of inertia force reduction

3. 소재 무게 추정 알고리즘

이송계에 적재되는 소재 무게를 NC 에서 추정하여 이에 적절한 공압과 가감속 시정수 등의 서보 제어 파라미터를 자동으로 변경이 가능 하도록 하기 위해선 정확한 소재 무게의 추정이 필요하다. 그림 3. 에서와 같이 NC 의 제어루프 내에 외란 관측기를 통해 지령토크와 함께 소재 무게 변동에 의한 부하 관성의 증감을 부하 토크 측정을 통해 알 수 있다.

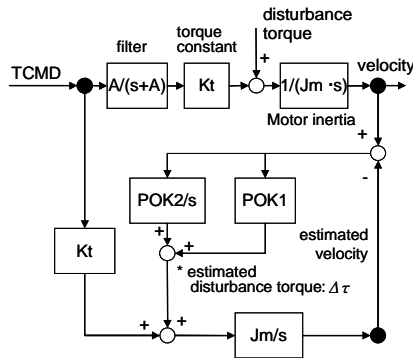


Fig. 3 Estimation of disturbance torque

$$\tau_1 = K_t I_q = J_m \cdot \alpha_m \quad (1)$$

$$\tau_2 = K_t I_q + \Delta\tau = (J_m + J_L) \cdot \alpha_m \quad (2)$$

$$\tau_2 - \tau_1 = \Delta\tau = J_L \cdot \alpha_m \quad (3)$$

여기서, K_t : 모터토크 상수, I_q : 모터전류
 J_m :모터관성, J_L :부하관성, α_m :모터 각가속도

식(1), (2), (3)을 통해 등 가속 구간에서 측정된 부하 변동 토크와 모터 엔코더 신호를 통해 얻은 각가속도를 이용하여 증감된 소재 무게를 추정 할 수 있다.

4. 실험 결과 및 결론

대형 보링 머신에 적용하여 실험한 결과, 소재 무게 추정 알고리즘으로 이송계에 적재된 소재의 무게를 판단한 후, 적재 무게에 따라 안내면에 최적의 공압 적용과 서보 제어 파라미터 변경을 통해 마찰력과 관성력을 저감 시킴으로써 백래쉬, 상한돌기, 가감속 시 잔류 진동 등의 이송 특성이 개선 됨을 확인하였다.

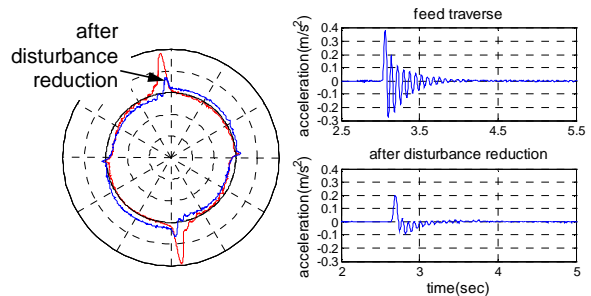


Fig. 4 Experiment results of motion accuracy

본 기술의 적용으로 대형 금형 가공품의 가공 정밀도 개선과 가공 시간 단축의 생산성 향상을 기대할 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

1. T.SAITO “Development of machine tool’s guideways” JTEKT Engineering Journal English Edition No.1001E(2006), pp57~64
2. Yuji Furukawa “Design Procedure of Pneumatic Half-floating Slideway with Constant Frictional Force Independent of Load”, JSPE 47(2) pp64-70, (1981)