

초고속 Line Center의 구조설계에 관한연구

송희남, 유태봉, 강경호((주) 한화/기계)

The development of the high speed & intellectual Line Center

Hi Nam Song, Bong Tae You, and Kyeng Ho Kang*

ABSTRACT

To complete the high speed cutting system, it should be solved some problems, to make light the weight of mechanism for feedrate, develop the Linear motor that has more power, high speed control system, and high speed cutting tools, nowadays, although many high speed cutting machine is to be built by some machine maker, they have same problems, in this study, developed the system ball screw type before the feedrate mechanism for linear motor, so we make the basic system for Line Center. through that, it is limited to reduce the weight of frame and their frame is to be designed differently each other to reach the purpose special material or structure should be contrived.

Key Words : Line Center(라인센터), Linear motor(리니어모터), sandwich structure(샌드위치구조), force (절삭력), Carbon fiber (탄소섬유), Cutting force (절삭력)

1. 서론

최근 각광 받고 있는 초고속 Mechanism을 이용한 라인 센터 개발의 경향은 현재의 수준이상의 경량, 고강성 구조 및 고속화를 실현하는 것이 주요관건이 되고 있다. 이에 우리는 리니어 모터를 장착한 초고속 지능형 라인센터 개발을 목표로 여 고속 가공용 기본 구조물 및 system을 다음과 같이 구성하였다.

먼저 현재 세계수준의 고속 가공기중 볼스크류 방식의 고속가공기를 대상으로 고속가공기의 기본 자료를 조사하여 리니어 모터 구동 방식의 라인센터를 개선시켜 개발한다는 계획아래 벤치 마킹의 대상으로 삼고 이에 대한 정보 및 자료를 입수 하여 그에 상응하는 spec을 갖는 구조물을 제작하고 system을 구성하였다.

라인센터란 종래의 트랜스퍼 라인에서 전용기를 대체하여 Flexible Line을 구성하기 위한 중핵 Machine으로서 현재 종래의 자동차 및 전자제품의 생산을 위한 다수의 주축을 갖는 전용기를 대신하여 하나의 주축을 갖는 다축 고속

Machining Center 이다. 이는 최초 다양한 가공 수요를 동일 트랜스퍼 라인상에서 최소 비용으로 실현하는 것을 목적으로 하였으나 현재 급변하는 세계적인 수요변화에 따른 경쟁으로 고생산성 요구가 기존의 트랜스퍼 라인에 추종하는 정도가 아닌 그 이상의 높은 생산성을 요구 하게되면서 고속 주축(20,000 rpm 이상)을 갖는 고속가공용 라인센터가 강하게 요구되고 있다.

고속가공용 Line Center의 기계적 요구 특성을 살펴보면 컷체, 사이클타임의 단축과 고부가가치 제품의 제조를 위하여 고능률 고정밀도인 가공이 가능할 것. 둘째, 단독 머시닝센터는 물론이고 트랜스퍼 라인에서 모듈이나 공작물 셀로서도 사용되어 설비의 전용성이 높을 것 등이 대표적인 요구특성이라 할수 있다.

이를 충족 시키기 위한 기술적 현안으로 다음과 같은 조건을 갖는다.

먼저 정밀 system을 구현하기 위한 고 강성(내열, 내진) 구조 및 급속이송의 실현과 그것을 위한 정량화 구조의 개발과 고속 제어 할 수 있는 고성능 제어기술이 필요하며 이에 따라 스펀들의 고속

화, 기계 정밀 제어 실현시 발생하는 오차 보정 system 확보 등이 주요 관건이라 할 수 있겠다.

이상의 기술적 현안에 대해 그 문제 해결을 위한 순차적인 연구를 진행하였다.

2. Line Center의 주요 사양 및 구조설계

2.1 ballscrew 구동 방식의 구조설계

상기 내용은 최초 라인센터 개발을 위한 전체 Lay-out 개념도이며 전체 system에 적용하기 위한 개별유니트의 spec에 관한 내용을 담고 있다. 이 system은 향후 Linear Motor를 적용한 초고속 Line Center를 제작하기 위한 기본적인 기술축적 및 가격 차별적 수율을 수용하기 위한 사업화 전략으로서의 중요한 역할을 할 것이다.

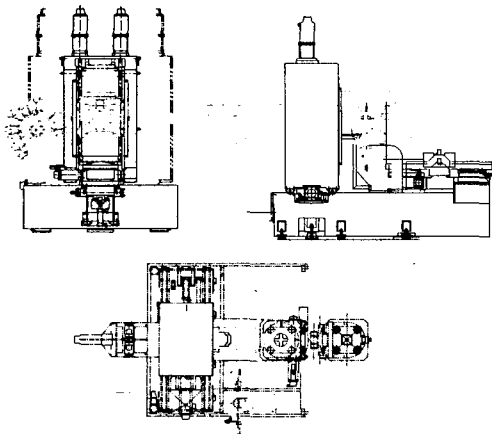


그림 1. 라인센터설계 lay-out

주요구조물은 강성을 구현하기 위해 ductile주물로 제작 되었으며 구동방식은 ball screw 로 구동하며 1G, 45(60 m/min)의 속도를 갖고 있으며 주축 24,000rpm의 회전속도를 갖는 고속용 Line Center이다.

그 주요 특징으로는 구조물의 지지중심점에서 고가속 이동의 실현 (Y,Z axis 중심교차 슬라이드) 이동체 (Y,Zaxis)전후면에 대하여 4면 구속하여 가이드를 안내 하고 구동함으로써 피칭 요잉 틀링등의 오차를 적게 하여 구조체변형을 작게 하고 억제 하고 할수 있는 구조 전용성의 향상을 위해 이동체 기계의 폭을 가능한 작게 설계 하였다.(2,200mm 이내). 또한 X축 슬라이더 상에 Y축 크래들을 통해 Z 축 quill을 걸쳐 구성함으로써 공작물축(트랜스퍼 라인)의 가공시 주축이

동을 짧게하였으며, 단독기가 아닌 라인 직접투입 용으로 가능한 별도 분리가 가능하도록 설계하였다.

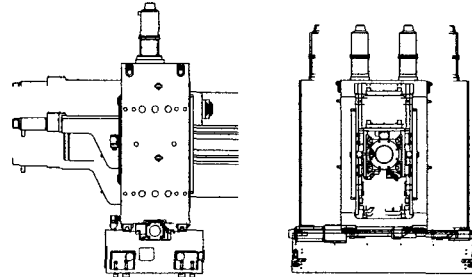


그림 2. 분리형 라인센터설계 lay-out

현재 그림1.2와 같은 구조 설계를 통하여 ball screw type의 고속가공기의 기본 system을 구현 할 수 있었다.

2.2. Linear Motor 구동방식 구조의 개발

Linear Motor 구동의 공작기계를 가장 강하게 어필하는 기계는 현재 주축 20,000rpm내외의 라인센터로서 항공기 부품 자동차 부품등의 가공에 사용되고 또한 고속주축의 도입을 통한 고속가공 실현, 고속이송을 통한 비가공 시간의 단축으로 생산 성의 향상을 이루어 내고 전용기를 대체하여 라인상에 투입됨으로서 유연생산 시스템의 구현에 기여하고 있다. 이송의 고속화에 따르는 제어의 고속화, 고속가공용 공구의 개발이 주요현안이 되고 있으며 현재 주요기술선진국에서는 리니어 모터를 장착한 리니어 모터구동의 라인센터가 개발 적용되고 있다.

고속화를 통한 생산성 향상은 비가공시간을 단축하여 절삭시간비율을 올리는 방법과 고속운판 가공정밀도를 향상시켜 엔드밀 가공의 비율을 높이고 공구교환 횟수를 줄임으로서 사이클 타임을 단축시키는 것을 통하여 달성 될 수 있다.

이러한 목적을 달성 하기위해 이송 구동 방법으로 리니어 모터를 채용하고 있는데 고속 가공 정밀도를 획득하기위해 진동이나 지연을 발생시키지 않는 원활한 움직임이 요구되고 있다.

이러한 Linear Motor 구동은 커플링이나 볼나사의 기계적인 전달요소가 아니고 거기에 기인하는 힘이나 진동이 발생하지 않으므로 추종성과 캐직 정밀도가 좋은 이송을 실현할 수 있다. 반면 리니어 모터사용에 따른 비용증가와 내 환경성의

고려 및 고속에 따른 고속 정밀 제어, 이를위해 기계적오차 및 환경변화에 따른 열,진동등에 관한 오차의 정밀 보정제어 system의 도입으로 인해 비용상승의 원인이 되고 있으나 현재 선진각국의 기계 maker에서는 고객의 요구에 따라 적극 도입되고 있다.

Linear Motor 의 동작기계 적용을 위해 필요한 요구특성으로는 서브 μm ~수 μm 의 위치 결정이 가능하고 절삭저항등의 외란에 대해 지시된 위치를 유지 할 수 있어야하며,이동체를 고속 고가속으로 움직일수 있는 충분한 추력을 가지는 것이(수천~수만N)필수적이다. 이송속도의 난조없이 동시 2축 또는 3축 가공을 하여 자유곡면을 높은 정밀도로 창생할수 있어야 한다. 콜런트 미스트 분진에 대해 내환경성이 있을 것.기계본체에 열이 전달되지 않는 구성을 실현 할 수 있어야 한다.또한,현재의 수준 이상(속도100m/min, 가속도 1G이상)의 고속을 구현하기 위해서는 리니어 모터를 장착한 구조가 유용하게 채택되고는 있으나 Linear Motor System을 실제 구현하기 위해 극복해야할 많은 문제점들을 가지고 있다.그것은 첫째, 모터의추력이 상당히 작다는 것이고 다음으로

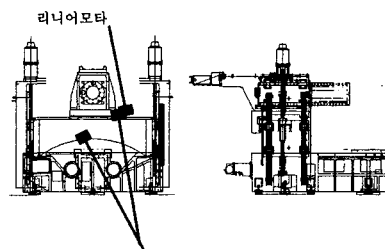
는 . 제어계의 높은 계인화 ,방진보호등에 따르는 비용상승에 대한 대처,자기흡인력에 의한 구조물 변형을 고려한 구조물설계,수직축에 대한 중력축의 발란스 설계기술등 보조적인 제어 및 안전장치등이 필요하며 이로 인해 ball screw type의 구조물 설계에 비해 몇몇 추가 고려점이 노출되었으며 그중 모터의 추력이 약해 실제 적용할수 있는 Linear Motor가 상당히 제한 있다.

이로서 이송구조물의 경량화를 위한 새로운 시각이 요구 되었고 새로운 방향에 맞는 소재 및 구조를 도입하여 설계에 적용 방법을 추진하고 있다.

2.3 경량화 구조의 설계

동일 형상을 설계 그 구조물의 소재를 변경하고 샌드위치구조등을 통한 형상을 변경할 때 실제 형상 변경에 의한 구조물의 강성증대는 비강성면에서는 우수하나 실제 적용면에서는 실용성이 떨어지고 소재 변경을 같이 적용할 경우 탄화규소(실리콘)의 경우 약 75%하중감소와 2배 정도의 강성 증대 구조물을 얻을수 있으나 실제 적용을 위한 기술적 어려움으로 인해 이러한 복합소재를 이용한 강성 구조물의 구현에 관한 실험적 제작예를 보면 형상의 변경을 통한 구조형식 수용, 소재의 경량 고강성 소재를 도입함에 따라 무게를

1/3 정도 줄인 예는 있으나 이는 table 등 단순 형상에 한정 되어 실험 되어지고 있는 상황이다. 이러한 당면 문제를 해결 하기위한 방안으로서 구조 및 경량고강성 소재의 도입을 적극 검토하고 먼저 ,경량화를 실현 하기위한 일부 구조물의 변경을 검토하여 그 적용이 가능한 방향으로 설계변경을 실시 검토하고 있다. 리니어 모터를 통한 고속이송실험을 구현하기위한 기본 lay-out은 다음과 같다.



복합소재 및 경량화구조 도입

그림3. 리니어 모터를 이용한 구조물의 설계 lay-out

3. 결론

현재 상기와 같은 구조 설계를 통하여 ball screw type의 고속가공기의 기본 system을 구현할수 있었으며 이 자료를 통하여 Linear Motor를 적용할수 있는 구조물로의 변경을위한 설계상의 보완점을 확인하고 현재의 System에서 적용가능한 unit 및 Mechanism을 접목한 새로운 구조물에 관한 시각을 넓히는 계기가 되었다.

Ball screw 구동방식과 같은 감속기구를 갖지 않은 리니어 모터 구동 방식의 기계Mechanism은 근본적으로 이동체의 외란에 의한 영향을 받기쉬운 구조이며 또한 리니어 모터 구동을 위해 경량화가 필수적이므로 이를 통한 강성 및 안정성의 약화 문제를 해결하는데 기본적으로 새로운 동작기계 구조의 개념이 요구되고 있으며, 이를 해결하기위해 동작기계구조물에 복합소재의 도입이 신중하게 검토 되어 져야 할 것이다.

참고 문헌

1. F.Y.Cheng, Fellow, ASCE, DAN Li, "Multi-objective Optimization Design with Pareto Genetic Algorithm", J. of Structural Eng., Vol.123, No.9, pp.1252-261, 1997.
2. D.E. Goldberg, "Genetic Algorithm in Search

- Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., pp.1-88, 1989.
3. M. Yoshimura, "Design Optimization of Machine tool Dynamics Based on an Explanation of Relationships between Characteristics (1st Report)", JSPE. Vol.53, No. 4, pp.601-606, 1987
 4. M. Yoshimura, Y. Takeuchi, K. Hitomi, "工作機械構造物の多層最適設計", 日本機械學會論文集(C編), 50卷, 459号, pp.2210-2218, 1984
 5. 이영우, 성활경 "유전자 알고리즘을 이용한 공작기계구조물의 다단계 동적 최적화", 한국정밀공학 회 2000년도 춘계학술대회 논문집, pp. 1027-1031, 2000
 6. 東京航空機械(주) catalogue
 7. Kajioka Morimasa, Watada Masaya and Ebihara Daiki "The Study of development for the linear Magnetic Position Sensor" LId EPE' 99 (power electronics and Application), 1999
 8. 竹内 勝彦 "고속절삭가공기" 기계기술, 제15권, 제6호 p111, 115
 9. 菑我部 正豊 "공작기계" 기계기술, 제 15권, 제6호 p 116, 119
 10. 千成達, 李京魯 "기계요소기술" 원창출판사,
 11. J.S.Chen, et al, Thermal Error Modeling for Volumetric Error Compensation, sensors and Signal Processing for Manufacturing, PED-vol.55 ASME.1992
 12. S.Yang, et al, Accuracy Enhancement of Horizontal Machining Center By Real-Time Compensation, J. of Manufacturing System, Vol.15, no.2, 1996
 13. M.Yang, J Lee Measurement and Prediction of thermal Error of CNC Machining Center using Two Spherical Ball, J of materials Processing Technology, Vol.75, No.1-3.1998
 14. Bryan, J.B, Internation Status of Thermal Error research (1990), Annals of the CIRP , vol.39, No.1 1990
 15. Jaejong Lee MinYang Yang , Modeling and Measurement of Volumetric Thermal Error for CNC Machining Center Using ON-the-Machine Measurement SYstem, X Work shop on Supervision and Diagnostics of Machining system, 1999