

◆ 특집 ◆ 직선·회전모터 구동 이송·회전체 연구 V

ATC Test Bench 개발 및 성능평가에 관한 연구

A Study on the Development and Performance Evaluation of an ATC Test Bench

김재현¹, 최준영¹, 이춘만^{1,✉}
Jae Hyun Kim¹, Jun Young Choi¹ and Choon Man Lee^{1,✉}

¹ 창원대학교 기계설계공학과 (Department of Mechanical Design and Manufacturing Engineering, Changwon National Univ.)
✉ Corresponding author: cmlee@changwon.ac.kr, Tel: 055-213-3622

Manuscript received: 2012.3.8 / Accepted: 2012.3.23

Automatic tool changers(ATCs) store tools used in a machining center to its magazine and changes the tools automatically. Tools of machine centers are changed and then precisely equipped to spindle system by the ATC. Therefore, the stability and reliability of the ATC is very important. But, there is lack of development and evaluation on basic performance and vibration of the ATCs. So, in this study, a BT40 ATC test bench was developed to verify stability and reliability of BT40 ATCs.

Key Words: Automatic Tool Changer (자동 공구 교환장치), Test Bench (테스트 벤치), Magazine (매거진), Vibration Sensor (진동 센서)

1. 서론

최근의 생산 방식이 소비자의 요구에 따라 다 품종 소량생산 체제로 변화되고 제품의 기능이 고도화 되면서 많은 종류의 공구가 필요하고 또한 고정밀화를 요구하고 있다. 따라서 기계 공업의 발전과 더불어 복잡한 가공물을 정밀하고 빠르게 가공하고자 하는 공작기계와 가공방법이 다양하게 연구되고 있으며, 가공 시간을 줄이기 위한 연구도 활발히 이루어지고 있다.^{1,2}

가공시간을 줄이기 위한 방법으로 공구 교환 시간을 단축시킴으로써 가공 대기 시간을 줄일 수 있다. 이에 따라 새로운 생산 형태에 대응할 수 있는 공정집약에 의한 가공능률의 개선을 목표로 다양한 형태의 ATC(Automatic Tool Changer)의 개발이 이루어지고 있다.^{3,4}

ATC 는 자동공구교환 장치로써 제품을 가공하

는 중에 다른 공구가 필요할 경우 지금까지 사용하고 있던 공구를 새로운 공구로 자동 교체해준다.

일반적으로 ATC 는 특수 목적용(Special Purpose) M/C, FA 시스템 및 머시닝 센터(Machining Center)에 사용되는 공구(Tool)를 자동저장 및 교환, 관리하는 장치이다. 근래 산업의 발전으로 인하여 ATC 의 사용용도는 더욱 넓어지고 있는 실정이다.⁵⁻⁸

그러나 ATC 에 관한 기술 및 연구는 해석기술의 부족으로 경험에 의한 설계에 의존하고 있다. 이로 인하여 시스템 정밀도를 만족시키기 어려운 실정이다.⁹ 또한 기존의 Test Bench 는 단지 ATC 의 작동여부만 확인이 가능하므로 ATC 의 안정성과 신뢰성을 검증할 수 있는 방법이 매우 제한적이다.¹⁰ 이러한 한계점을 극복하기 위하여 ATC 의 성능 및 안정성을 평가할 수 있는 ATC Test Bench 의 개발이 필요하다.¹¹

본 연구에서는 ATC 를 머시닝 센터에 장착하기 전 단계에서 ATC 의 매거진(Magazine) 작동 상태, 동작시간, 정확한 위치 정도, 진동 평가를 할 수 있는 ATC Test Bench 를 개발하였다.

2. BT40 ATC Test Bench 의 설계

2.1 개념 설계

Test Bench 는 ATC 의 매거진 작동 및 작동 시 진동 상태와 정확한 위치 정도를 검증할 수 있도록 설계하였다. 구동부로는 회전이 가능한 서보 모터(Servo Motor)를 매거진과 체인저(Changer)에 장착할 수 있도록 하였다. 또한 체인저암이 공구를 교환할 시에 툴포트(Tool port)의 움직임과 정확한 위치를 감지하기 위하여 툴포트에 근접 센서(Gap Sensor)를 설치하였으며, 매거진 하단부에는 매거진의 진동을 감지할 수 있는 진동 센서(Vibration Sensor)를 장착하였다. Fig. 1 은 Test Bench 의 개략도이다.

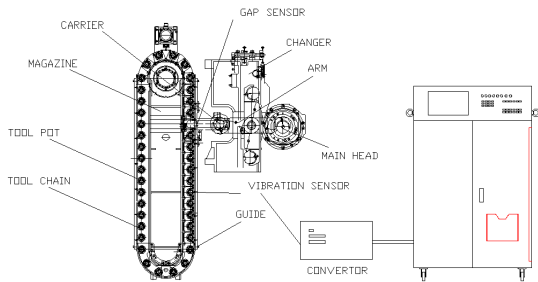


Fig. 1 Schematic of Test Bench design

2.2 상세 설계

ATC Test Bench 상세 설계를 위해 주 제어반(Main control panel) 및 주 작동반(Main operation panel)의 상세설계와 각종 센서의 종류 및 부착위치 선정을 하였다.

Fig. 2 는 본 장비 개발을 위해 설계된 주 작동반을 나타낸다. 전원을 연결할 수 있으며 공구 수량을 수동 및 자동으로 지정할 수 있고, 모터의 동작 및 툴포트의 전·후진, 툴포트의 클램프(Clamp) 및 언클램프(Unclamp) 기능을 제어할 수 있다. 모터, 센서, PLC 의 이상이 발생할 경우에는 주 작동반의 상단 부에 있는 램프가 점등되며 오작동 시에는 비상정지를 할 수 있는 버튼을 구비하도록 설계하였다.

Fig. 3 은 주 제어반의 설계를 나타낸다. PLC Unit 이 장착되어 있고 PLC Unit 의 프로그래밍에 따라 ATC 의 동작과 제어를 처리하도록 설계되었다.

본 장비에 부착될 센서로는 근접센서, 마그네틱 센서, 진동센서가 선정되었다. 근접센서는 실린더의 위치 이동 감지가 목적이다. 근접센서에 실린더 및 툴포트가 2mm 이내로 들어오면 이를 감지할 수 있도록 구성된다. 마그네틱 센서는 실린더의 클램프와 언클램프를 감지한다. 마그네틱 타입 센서를 선정함으로써 실린더 안에 있는 자석을 감지할 수 있도록 구성된다. 진동센서는 매거진의 진동상태를 감지하는 것이 목적이며 매거진 회전 시와 체인저암이 작동하여 공구 교환 시에 매거진의 진동 크기를 μm 단위까지 변위 측정이 가능하다.

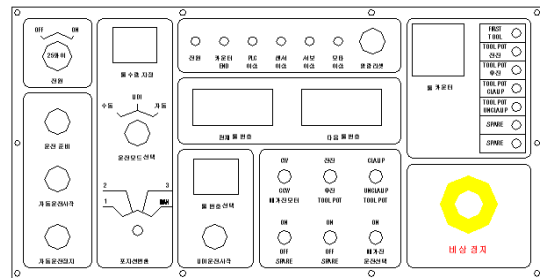


Fig. 2 Design of Main Operation Panel

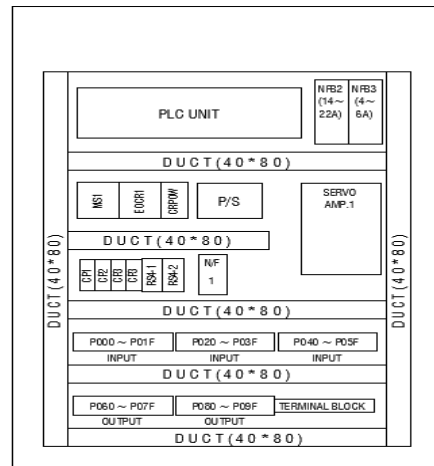


Fig. 3 Design of Main Control Panel

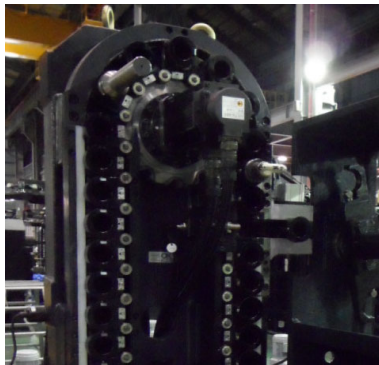
2.3 ATC Test Bench 의 동작

ATC Test Bench 의 기본적인 1 사이클에 대한 동작 순서는 다음과 같다.

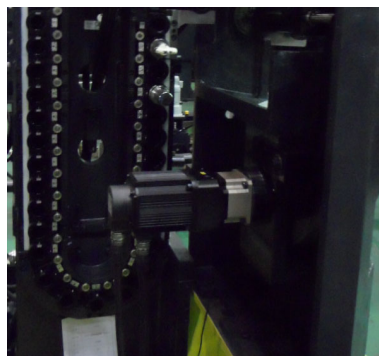
주 제어반의 전원버튼을 이용하여 전원을 인가하면 매거진이 동작하여 툴포트가 회전을 한다. 교환하여야 할 공구가 장착된 툴포트가 회전 위치에 2mm 이내로 도달하면 근접센서가 작동하여 공구의 유/무를 감지한다. 공구의 유/무 확인이 이루어지고 나면 실린더를 이용하여 툴포트가 체인저압 방향으로 전진하고 교환 전 공구의 떨어뜨림 방지를 위하여 툴포트를 클램프 한다. 체인저압이 스펀들에 있던 공구와 매거진에 있는 공구를 서로 맞교환 한다. 교환 후 툴포트는 언클램프 되면서 다시 실린더를 이용하여 매거진 방향으로 후진한다.

3. BT40 ATC Test Bench 의 제작

Fig. 4 는 매거진과 체인저에 서보 모터 및 드라이브가 장착된 것이다. 본 장비 개발에 사용되는 서보 모터는 정격 회전수가 2000rpm 이다.



(a) Servo Motor attached to Magazine



(b) Servo Motor attached to Changer

Fig. 4 Installation of Servo Motor

Fig. 5 는 진동센서 및 표시장치를 부착한 것을 나타낸다. 진동센서는 매거진의 좌측 중앙부에 부

착함으로써 매거진 회전 시에 x, y, z 축의 변위를 측정할 수 있도록 하였다.

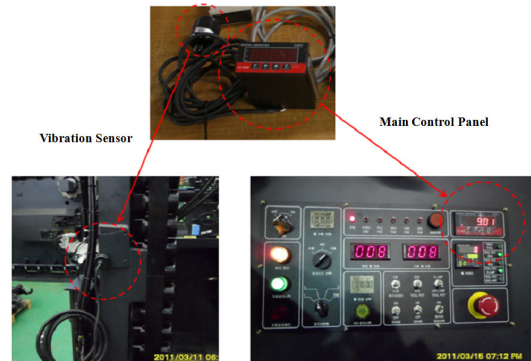
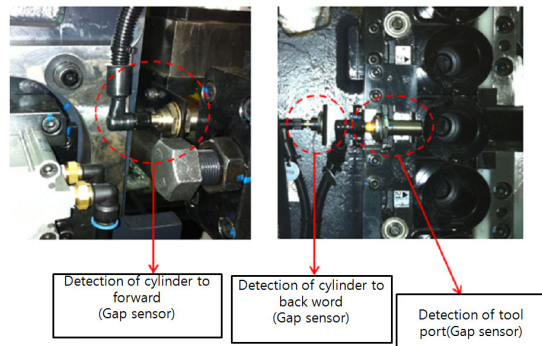


Fig. 5 Installation of Vibration Sensor and Display Device

Fig. 6 은 실린더의 전·후진 감지와 툴포트를 감지하기 위해 장착된 근접센서의 위치를 나타낸다. 실린더의 후방 부에 장착함으로써 실린더가 전진 후진하는 것을 감지할 수 있도록 하였다. 또한 툴포트가 근접센서의 2mm 이내에 오게 되면 주황색 불이 점등됨으로써 툴포트 안의 공구를 감지할 수 있다.



Detection of cylinder to forward (Gap sensor) Detection of cylinder to back word (Gap sensor) Detection of tool port(Gap sensor)

Fig. 6 Attachment of Gap Sensor



Fig. 7 Manufactured ATC. Test Bench

Fig. 7 은 완성된 BT40 ATC Test Bench 를 나타낸 다. 기존의 Test Bench 보다 기능성과 정확성 향상을 고려하여 제작되었다. 또한 이를 검증하기 위해 장비에 대한 성능평가를 실시하였다.

4. BT40 ATC Test Bench 의 성능평가

개발된 장비는 BT40 ATC 의 안정성 및 신뢰성을 검증하는 장비로써 공구 교환시간 최소화, 중량 공구의 다량 장착에 따른 공구의 낙하와 부정확성 방지 및 진동의 영향을 파악하여야 한다. 이를 위해 BT40 ATC 의 동작시간, 정확한 위치 정도 확인 및 진동확인을 하였다.

BT40 ATC 의 매거진 동작은 Chip to Chip 과 Tool to Tool 로 구분되며, Chip to Chip 은 주축에서 사용하던 공구와 매거진에서 보관중인 공구를 교환하는 데에 걸리는 시간을 의미하며, Tool to Tool 은 단지 체인저의 회전으로 공구를 맞교환 하는 데에 걸리는 시간을 의미한다. 매거진 동작 시간 검증을 위해 Chip to Chip 과 Tool to Tool 의 두 가지 동작 시간을 측정하였다.

Chip to Chip 동작은 매거진 실린더 전진-체인저 압의 회전-공구 맞교환-매거진의 실린더 후진으로 1 사이클을 완료한다. 본 1 사이클의 동작 시간을 5 회 측정하였으며, 5 회의 평균값을 산출하였다. Table 1 은 실험 결과를 나타내며 최대 오차는 3.3%이다.

Tool to Tool 동작은 체인저압의 회전 - 공구 맞교환으로 1 사이클을 완료한다. 본 1 사이클의 동작 시간을 5 회 측정하여 평균값을 산출하였다. Table 2 는 Tool to Tool 실험 결과를 나타내며 최대 오차는 3.6%이다.

Table 1 Test result of Chip to Chip time

Experimental No.	Operation Times(s)
1	7.14
2	7.26
3	7.23
4	7.02
5	7.23
Average	7.18

Table 2 Test result of Tool to Tool time

Experimental No.	Operation Times(s)
1	1.38
2	1.33
3	1.35
4	1.36
5	1.37
Average	1.36

정확한 위치 정도 확인을 위해서 Fig. 8 과 같이 3 개의 공구를 장착하고 원하는 공구를 호출하는 실험을 진행하였다. 공구의 장착 위치는 임의로 지정하였으며 18 번, 24 번, 26 번의 톨포트에 세 개의 공구를 각각 장착하였다. 실험을 통해 각 공구를 호출 시, 정확하게 공구를 가져옴을 확인하였다.

진동 측정 실험은 매거진만 회전 시에 발생하는 진동 측정과 매거진과 체인저가 동시에 회전 시에 발생하는 진동 측정실험을 하였다.

Table 3 은 진동 측정실험 결과이며 진동 크기의 차이가 나는 것은 매거진이 회전 시에 진동의 크기가 일정하지 않고 변동적인 것으로 판단된다.

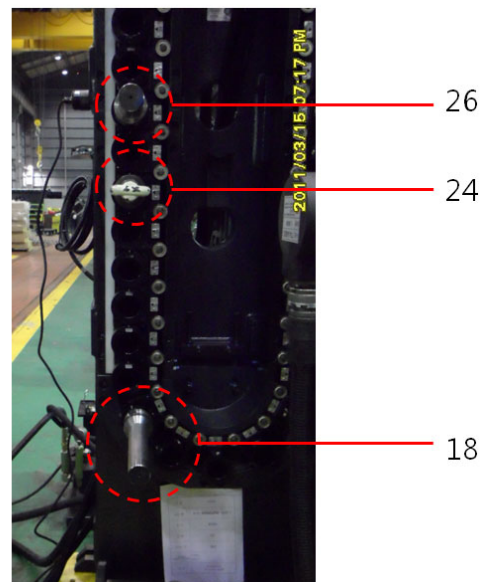


Fig. 8 Tool change test

Table 3 Conditions of the analysis

Experimental No	Rotation of the magazine (μm)	Rotation of the magazine and the changer (μm)
1	10.47	32.03
2	12.05	33.33
3	9.01	28.01
Average	10.51	31.12

5. 결론

본 연구에서는 BT40 ATC의 안정성과 신뢰성을 검증하기 위한 BT40 ATC Test Bench를 설계 및 제작하였으며, 개발된 장비로 성능평가를 함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 개발된 Test Bench로 BT40 ATC 매거진의 Chip to Chip 과 Tool to Tool 동작 시간 검증이 가능하였으며, 각각 7.18 초, 1.36 초로 검증되었다.

2) 진동 실험 결과 BT40 ATC의 매거진 회전시 10.51 μm , 매거진과 체인저 동시 회전 시 31.12 μm 의 변위를 얻었다.

3) 개발된 Test Bench를 통해 BT40 ATC를 머시닝 센터에 장착하기 전 단계에서 성능평가를 수행함으로써 각종 문제점을 초기에 발견할 수 있으며 이를 보완 설계하여 신뢰성 및 안정성이 뛰어난 ATC 제품 제작이 가능하다.

4) 본 장비를 개발함으로써 ATC의 성능을 평가할 수 있는 자료 확보가 가능하다. 따라서 자동화 공작기계를 활용한 가공 현장에서 공구의 교환 시점을 미리 예측하여 생산성 향상과 품질 안정에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 지식경제부 지방기술사업 [RTI04-01-03] 지원으로 수행되었습니다. 그리고 연구개발 및 인력양성 협력사업단 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Cha, S. K., "Reducing the Manufacturing Lead Time for Machine Tool," Retired Scientists and Engineers for Advancement of Technology Report, pp. 24-42, 2004.
2. Kim, S. Y., Lee, S. G., Choi, M. C., Jung, H. H. and

- Kim, C. S., "A Study on the Design and Stability for Matrix type Automatic Tool Changer," Proc. of KSMPE Autumn Conference, pp. 92-93, 2009.
3. Her, Y. J., Lim, S. H. and Lee, C. M., "A Study on the Topology Optimization of the Fixed Address Type ATC Frame Using a Real Number Coding Genetic Algorithm," Journal of KSPE, Vol. 21, No. 9, pp. 174-181, 2004.
4. Her, Y. J. and Lee, C. M., "A Study on the Development of Fixed Address Type Automatic Tool Changer," Proc. of KSPE Autumn Conference, pp. 174-181, 2003.
5. Park, T. Y., "Design of Automatic Tool Changer," Department of Mechanical Science, Degree of Master, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 1977.
6. Han, D. C., "Development of Control System for High-Speed ATC of Machining Center," Department of Electrical Engineering, Degree of Master, Yeungnam University, 2001.
7. Sim, Y. I., "Machining Technology of Hybrid Machine," Report of Korea Institute of Science and Technology, pp. 1-4, 2009.
8. Kim, J. H., Lee, M. J. and Lee, C. M., "A Study on the Development of ATC Test Bench for BT40," Proc. of KSTEM Autumn Conference, pp. 223-225, 2010.
9. Bae, Y. M., "Technology Trend of Automatic Tool Changer," Report of Korea Institute of Science and Technology Information, pp. 3-20, 2003.
10. Kim, J. H., Kweon, Y. G. and Lee, C. M., "A Study on the Structural Analysis and Modal Analysis of Magazine Type Automatic Tool Changer," Proc. of KSMPE Autumn Conference, pp. 93-94, 2010.
11. Kim, J. H., Lee, M. J. and Lee, C. M., "Geometric optimal design of an ATC arm using design of experiments," Proc. of the IASTED International Conference, pp. 357-362, 2010.