공작기계 자동공구교환 장치의 내구성 해석
Reliability Analysis of Automatic Tool Changer for Machine Tools

*#전창일 [1], 오창원 [1], 박용배 [1], 이삭 [1], 김태원 [1], 하재용 [1]
*C.I. Jeon(changil.jeon@doosan.com)[1], C.W.Oh[1], Y.B.Park[1] S.Lee[1], T.W.Gim[1] J.Y.Ha[1]
[1] 두산인프라코어㈜

Key words : automatic tool changer, reliability test conditions, load, gripper, cam, bearing

1. 서론

전통적으로 공작기계 시장에서는 고생산성 장비를 요구하고 있으며, 고생산성을 달성하기 위해 고속가공에 의한 절삭시간 저감뿐만 아니라 공구교환시간 저감 등의 비절삭시간을 줄이고자 하는 노력이 진행되고 있고, 공작기계 생산업체들은 빠른 Tool to Tool, Chip to Chip Time 을 Sales Point 로 내세우고 있다.

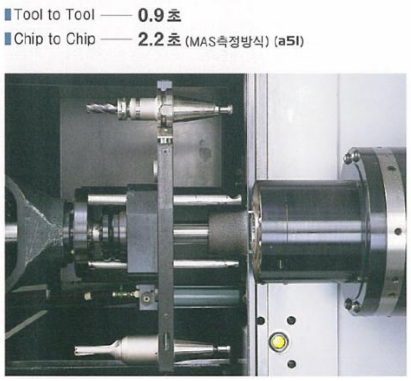


Fig.1 Example of T-T-T and C-T-C Time for the ATC

공작기계 고생산성을 위해 공구교환시간 저감외에도 빈번한 공구교환이 발생하여 공구교환장치의 내구성이 중요한 문제로 부각 되고 있다.

본 연구에서는 공작기계 자동공구교환장치(Automatic Tool Changer)의 내구성 검증을 위한 시험조건 설계 사례를 제시하였다.

2.고장모드 분석

2.1 ATC 구성 및 동작

자동공구교환장치는 NC 지령신호를 통해 공구를 자동으로 교환해 주는 장치로써 흔히 ATC 로 줄여 부르며, 일반적으로 Arm, Changer, Magazine 으로 구성되어 있다.

ATC 의 동작은 Magazine 부착위치및 방법에 따라 달라질 수 있으므로, Magazine 을 제외한 일반적 인 changer 부의 동작순서를 설명하면, Changer 내부의 Cam 에 의해 직선과 회전운동이 일어나게 되며, 주축과 연동하여 Arm 회전 > Tool Unclamp > Gripping > Arm Out > Arm 회전(180 도) > Arm In > Arm 회전 > Tool Clamp 등으로 이루어지며, 하나의 사이클은 Tool to Tool Time 의 경우 1~2 초 정도 소요된다.

2.2 ATC 주요고장 모드

ATC 의 주요고장은 공구교환 중 공구이탈 및 이음 발생, 동작정지 등으로 그 고장모드는 Gripper 부의 마모, 공구 고정 Pin Guide 등의 부품손상, 구동기어부의 파손 등이 있으며, 특히, Gripper 부 또는 Pin Guide 등의 부품손상에 의한 공구교환중 공구이탈은 안전측면에서 그 심각성이 높다.

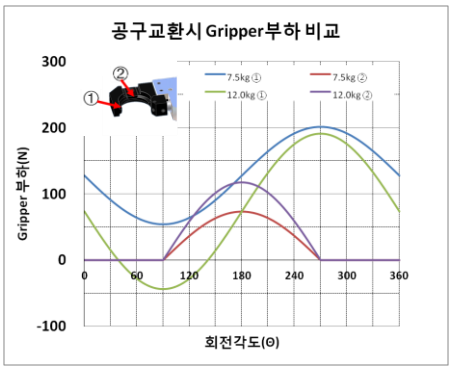
3.ATC 내구성 시험조건 설계 사례

3.1 ATC 공구교환시 부하계산

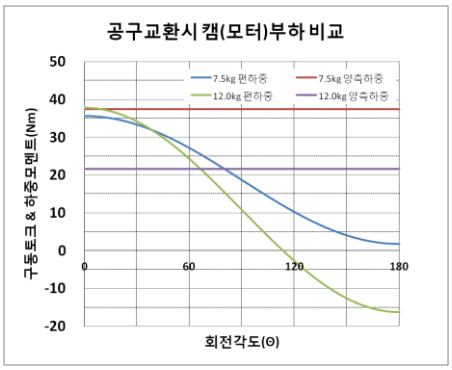
공구교환시 주요 고장예상부는 Gripper, Cam(Motor 포함), Arm Bearing 부들이 있으며, 최대하중 Tool 장착시 이들에 가해지는 추정부하를 계산 및 해석을 통해 확인할 수 있다.

본 연구에서는 사용하는 공구하중에 따라 두가지 교환속도를 갖는 수평형 ATC 에 대하여 계산하였으며, 공구교환시 최대하중공구가 ATC 고장예상부위에 가해지는 부하는 Fig.2 와 같이 나타낼수 있다.

(a).Comparison of the load exerted on the gripper



(b).Comparison of the load exerted on the Cam



(c).Comparison of the load exerted on the bearing

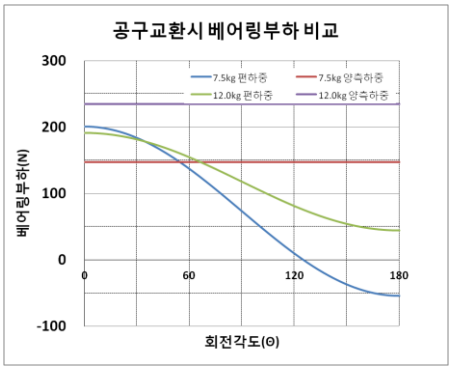


Fig.2 Comparison of the load exerted on each expected failure for the tool change time

3.2 Gripper 부 부하해석

초기 Gripper 의 Gripping force 에 의한 힘에 의해 약 130MPa(5um 죔쇄) 정도의 응력이 발생하며, 중력 및 회전 시 원심력에 의해 발생하는 Contact Pressure 증감은 8MPa 수준으로 미미한 수준이다. 실제 Gripper 부의 마모는 공구 물림 시 발생하는 충격과 Gripping force 의 영향이 지배적일 것으로 판단된다.

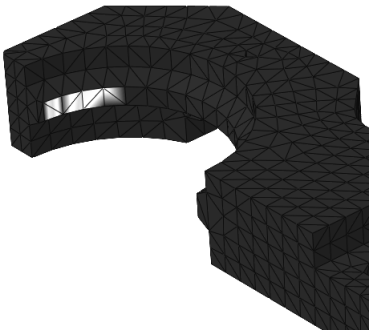


Fig.3 Contact pressure of gripper

3.3 내구성 시험조건 결정

최대하중의 공구에 의해 고장예상부에 가해지는 부하등을 확인하고, 고객 사용조건을 종합적으로 고려하여 고객상용 공구교환시간에 해당하는 최대하중의 공구를 편측에 장착하는 시험조건을 선정하였으며, 시험가동시 반복 횟수에 의한 가속을 실시하였다.

4. 결론

본 연구에서는 수평형 ATC 의 내구성 검증을 위한 시험조건 설계 사례를 제시하였으며, 향후 다양한 ATC 유닛들에 대한 내구성 시험조건 설계는 위에서 기술한 바와 같이 공구교환시 ATC 사양에 따른 부하계산 및 해석을 통해 가장 적절한 시험조건을 선정하여 시험하도록 한다.