

수직·수평 복합 자동공구 교환장치의 체인저 구동부의 동역학 해석

Dynamics Analysis of Driving Parts for Vertical-Horizontal Hybrid Auto Tool Changers

*장은실¹, #신동환²

*E.S. Jang¹, #D.-H. Shin(sdh77@dgist.ac.kr)²

¹대구기계부품연구원 생산시스템연구팀, ²대구경북과학기술원 로봇시스템연구부

Key words : Hybrid, Auto Tool Changer(ATC), Consumed Torques

1. 서론

최근 공작기계 추세를 살펴보면 복합화, 대형화, 다축화가 세계적인 트렌드이다. 작지만 빠르고 정밀한 기계가 아니면 반대로 아주 큰 대형화된 기계의 양극화로 발전될 것으로 본다. 핸드폰 등 작고 정밀하게 변화되어 가는 제품에는 빠르고 정밀함을 요하는 기계가 대응할 것이고, 반대로 그런 에너지와 관련된 풍력발전기나 각종 발전시설, 대형화 되어가는 조선 산업, 대형 항공기 산업 등에는 대형기기가 대응하는 추세로 변화될 것으로 기대된다. 조선, 자동차, 우주 항공 부품의 생산 증가로 대형 공작물의 가공이 가능한 PLANER, 5AXIS MCT, CNC BORING M/C 등 공구를 다량 탑재 가능한 ATC를 요구하고 있는 추세이므로 이에 대응할 수 있는 주변기계 및 자동공구교환장치의 개발 필요성이 증가하고 있다.

매거진에 내장되어 있는 공구를 주축의 교환 위치까지 이동시켜주는 체인저 구동부를 수직·수평으로 복합사용이 가능하면서, 대형화 공작기계에 적합한 매트릭스 매거진 타입의 자동공구교환장치 개발이 진행 중에 있다.

본 논문에서는 이러한 수직 수평 복합 자동공구 교환장치 개발의 일환으로 컨셉 설계된 기구부 및 구조물을 대상으로 구동부 선정의 적절성을 검토하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Hybrid ATC의 컨셉 모델과 동역학 해석에 대해 기술하고 마지막으로 3장에서는 본 논문의 결과에 대해 기술한다.

2. Hybrid ATC의 동역학 해석

수직 수평 복합 자동공구 교환장치의 구동부는 ATC의 정렬 상태와 무관하게 회전 관성의 영향은

동일하나, 중력의 영향에는 차이가 있다. 따라서 설계 단계에서 모든 정렬 상태에서 요구되는 운동학적(Kinematic) 성능을 만족할 수 있도록 ATC를 구성하는 관성요소, 댐핑요소, 스프링요소에 대한 검토 후 서보 모터를 포함한 구동부의 선정이 필요하다. Fig. 1은 Hybrid ATC의 컨셉 모델을 나타내고, Fig. 2는 Vertical Alignment와 Horizontal Alignment를 나타낸다.

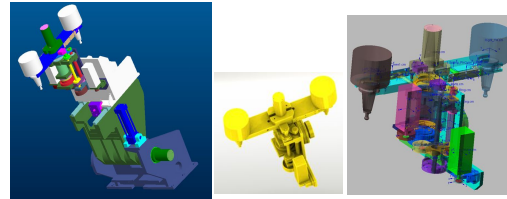


Fig. 1 The 3D Model of ATC System for Hybrid



Fig. 2 Horizontal & Vertical Alignment

해당 시스템에서 회전 관성요소로 ATC ARM과 같이 회전하는 부품들을, 댐핑요소로 회전 정밀도를 유지하면서 축 회전 시 발생하는 원심력 등의 부하를 견뎌내는 베어링 등을 고려할 수 있다. 요구되는 운동학적 모션의 조건을 반영한 시뮬레이션을 통해 소요되는 최대 토크를 산출하여, 구동부의 출력(최대 토크 \times 각속도)을 확인하고, 초기 컨셉단계에서 검토된 모터·감속기의 조합이 적절한지 검토한다. 여기에서 감속기로 하모닉 드

라이브를 적용하였다.

요구되는 운동학적 조건은 다음과 같다. 1) Changer Ass'y의 3점 포지셔닝을 위한 회전 조건으로 15rpm의 각속도로 120deg를 회전하는 Swing 운동, 그리고 Gripper에 장착되는 툴의 조건은 편하중, 양하중 조건을 반영하였고, 2) Arm Ass'y의 회전 조건으로 30rpm의 각속도로 180deg를 회전하는 조건을 반영하였다.

Swing 운동의 경우, 하모닉 드라이브의 중심축을 기준으로 회전 운동을 하는 전체 Moving Parts의 무게는 200kg이며, Kinematic 모션 정보는 Fig. 3 (a)와 같이 각속도 90deg/sec로 약 1.33초 동안 인가되며, Fig. 3 (b)와 같이 총 120deg Swing 각 변위를 생성하였다. Fig. 4는 Vertical Alignment 상태에서 양쪽의 Gripper에 각각 35kg의 툴홀더를 잡고 120도 회전하는 경우, 등각속도운동을 유지하기 위해 소모되는 토크의 시간응답을 나타낸다.



(a) The Profile of the Angular Velocity



(b) The Profile of the Swing Angle

Fig. 3 Profiles of Swing Motion

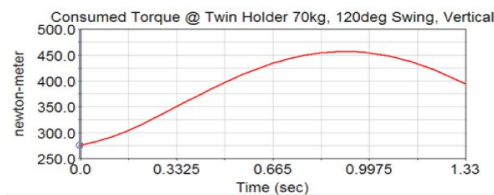


Fig. 4 The Consumed Torque Response for Swing Motion

초기 컨셉단계에서 Changer Ass'y 회전을 위해 검토된 Swing 모션용 모터는 정격속도 2,000rpm, 정격토크 9.55Nm이며, 하모닉드라이브의 감속비는 1:80, 효율은 65%로 최종 구동부 단의 정격회전

속도는 35rpm, 정격토크는 496Nm이다. 해석 결과 Swing 모션 발생 시 Vertical Alignment인 상태가 더 큰 토크 소모가 있는 것으로 예측되며 약 460Nm로 산출되었다. $1.08(=496\text{Nm}/460\text{Nm})$ 의 토크 비를 가져 실제 사용에 있어 토크가 좀 더 높은 모터-감속기 조합이 필요할 것으로 사료된다. Arm Ass'y 회전용 모터의 경우, 정격회전속도는 3,000rpm, 정격토크는 2.55Nm이며, 하모닉드라이브는 1:81의 감속비를 가지며 효율은 70%로, 최종 구동부 단의 정격회전속도는 37.04rpm, 정격토크는 144.585Nm이다. 해석 결과 Arm Ass'y의 회전 모션 발생 시, Vertical Alignment 상태이면서 편하중(툴홀더를 한쪽에만 Gripping하고 있는 경우)을 받는 경우에 가장 큰 토크 소모가 있는 것으로 예측되며 약 99.5Nm로 산출되었다. 1.45의 토크 비를 가져 컨셉 단계에서 적절하게 선정되었음을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 Hybrid ATC의 요구되는 운동학적(Kinematic) 성능을 모든 정렬 상태에서 만족할 수 있는 구동부 검토에 대해 기술하였다. 차후 진행할 연구 내용으로 해당 장치의 완성도 향상의 일환으로, 가격 경쟁력을 높이기 위한 주요 부품의 형상 최적화 검토와, 형상 변경에 따른 모달 해석을 병행하여, 매트릭스 매거진 이송모터를 포함한 주요 가진원의 사용 주파수 범위 내에 위험 주파수가 발생하지 않도록 검토하고자 한다.

후기

본 연구는 중소기업기술혁신개발사업의 지원에 의하여 수행되었음(과제번호-S1057986).

참고문헌

1. 고정환, 강기영, 이상조, “서보모터를 이용한 자동공구교환장치의 개발”, 한국정밀공학회지, 제16권, 제5호, pp. 66-73, 1999.
2. 이장무, “공작기계의 동적 성능 시험 및 평가에 관한 연구(I)-기초이론 및 실험-”, 대한기계학회논문집, 제9권, 제2호, pp.190-201, 1985.
3. 교육과학기술부, 한국과학기술정보연구원, “공작기계의 신뢰성향상을 위한 발전전략”, 2008.
4. ADAMS Manual