

ADAMS를 이용한 공작물 자동 장착 기구의 시뮬레이션 Simulation of Automatic Workpiece Change Mechanism Using ADAMS

*#박인수¹, 이수준¹, 박종근²

*I. S. Park¹(elfland7@hotmail.com), S. J. Lee¹, J. K. Park²

¹경남대학교 기계공학과 대학원, ²경남대학교 기계자동화공학부

Key words : Arm Type Auto-loading System, Workpiece Change Mechanism, ADAMS

1. 서론

최근 공작기계는 고속화, 고정밀화 및 복합화 되어가고 있다. 이에 따라 가공시간 및 가공공정 단축을 위한 연구개발이 국내외 공작기계 관련 업체에서도 활발히 진행되고 있다. 공구나 공작물의 교환 시간을 단축시키면 가공 대기시간이 줄어들게 되고 가공시간도 단축 된다. 공구나 공작물의 교환시간의 단축을 위해서 다양한 메커니즘을 가진 자동장착기구들이 계속 개발되고 있다.[1]

본 연구에서는 아암 타입을 이용한 자동장착기구(Arm Type Auto-loading System)를 개발하였다. 개발된 아암 타입 자동 장착 기구는 소량의 생산라인이나 기존에 설치된 공작기계에도 적용 가능하며 설치조건에 따라 쉽게 구조 변경이 가능한 구조로 되어있다. 자동장착기구가 설치 될 수 있는 전체 작업환경을 고려하여 전체 시스템의 사양을 결정하였다. 가장 중요한 아암은 두 쌍의 롤러 기어 캠(Roller gear cam)에 의해서 구동되어 두 개의 축을 중심으로 순차적으로 회전운동을 한다. 지정된 캠의 형상과 지정된 시간을 조건으로 아암부의 종단이 원하는 위치에 도착했을 때 토크의 변화를 파악하여 설계에 반영하였다. CEMTool을 이용하여 캠의 곡면을 설계하였고, ADAMS 프로그램을 사용하여 기구부에 대한 동적 특성을 시뮬레이션하여 제품의 사양을 검증하였다.[2]

2. Auto Loading System 모델링

ADAMS에서 시뮬레이션하기 위해 CATIA V5를 이용하여 3D 모델링 하였다. 회전부의 관성, 동력과 각가속도 비교를 위해 구동부 2개소를 기준으로 총 3개의 부분으로 나누었다.

각 부분 명칭은 아암부, 인덱스부(index part), 기저부(base part)로 구분을 하였다. 기저부는 지면과 고정되며 아암부와 인덱스부는 기저부 위에 위치하게 된다. Fig. 1은 모델링 형상을 나타낸다. (a)의 아암부는 인덱스와 회전조인트에 의해 구속되어 지면과 수평인 축에 의해서 $\pm 90^\circ$ 회전운동한다. (b)의 인덱스부 또한 기저부와 회전조인트에 의해 구속되어 지면과 수직인 축에 의해서 $\pm 90^\circ$ 회전운동한다. 기저부는 본 연구에서 중요치 않으므로

형상을 단순화 하였다. 아암부와 인덱스부는 각 부품을 세밀하게 모델링 한 후 각각을 조립하지 않고 체결되어 운동하지 않는 부품들을 하나의 부품으로 만들었다. 완성된 부품 모델링에 CATIA에서 제공하는 재질(metal library)을 이용하여 요구되는 물성치를 입력하였다. 입력된 물성치에 의해 각 부분별 관성모멘트와 중량 정보를 얻을 수 있다. (c)의 좌우 운동은 실린더로 구동하므로 본 연구와는 무관한 공정이다.

3. 캠 곡면 설계

캠 설계에서 첫째 단계는 종동질의 변위 곡선의 구성이다. 상승 행정과 하강 행정을 고려한 캠의 회전각과 양정을 결정하고, 종동질의 운동의 형태를 결정하기 위해 수정 정현 곡선 운동(modified sine curve motion)을 사용하였다. 변위 곡선이 구성되면 이를 시간에 대하여 미분함으로써 속도와 가속도를 구하였다. 가속도는 종동질의 관성력과 관련되므로 최댓값이 적어야 하고 고속으로 운전되는 캠의 경우 이것이 연속이면 더욱 좋다. 변위 곡선에 의하여 캠에 피치 곡선(pitch curve)이 구성되고 캠과 접촉하는 종동질의 형상에 따라 캠의 윤곽 곡선을 결정하였다. 지면과 평행한 축을 기준으로 $\pm 90^\circ$ 도를 회전하는 아암부의 캠을 포함한 인덱스부와 지면과 수직인 축을 기준으로 회전하는 캠을 포함한 인덱스 2종을 설계 하였다.[3][4]

```
CEMTool>>[a,b]=disallme(0,360,360,720,1,45);
CEMTool>>plot(a,b)
```

a, b는 출력 변수이며 임의로 정할 수 있고 a는 캠의 회전각($^\circ$), b는 이 회전각에 대한 변위값이다. 소괄호 속의 6개의 값은 차례로 상승 행정의 시작점 및 끝점($^\circ$), 하강 행정의 시작 및 끝점($^\circ$), 데이터 점의 간격($^\circ$) 그리고 양정이다. 본 연구에서 인덱스 내부의 캠 회전에 따른 터렛(turret)의 회전운동만을 필요로 하고, 2회전 시 90° 로 회전을 하므로 1회전 시 45° 를 회전한다고 가정하였고, $0\sim 360^\circ$ 사이의 변위값만 취하였다. 이 값을 2배로 하여 90° 를 회전하는 캠 곡선으로 가정하였다. Fig. 2는 위와 같이 작성된 곡선 형태를 말하며, 이 데이터를 텍스트 파일(text file)로 저장하였다. 저장된 파일은 ADAMS에서 운동을 제어하기 위하여 사용된다.

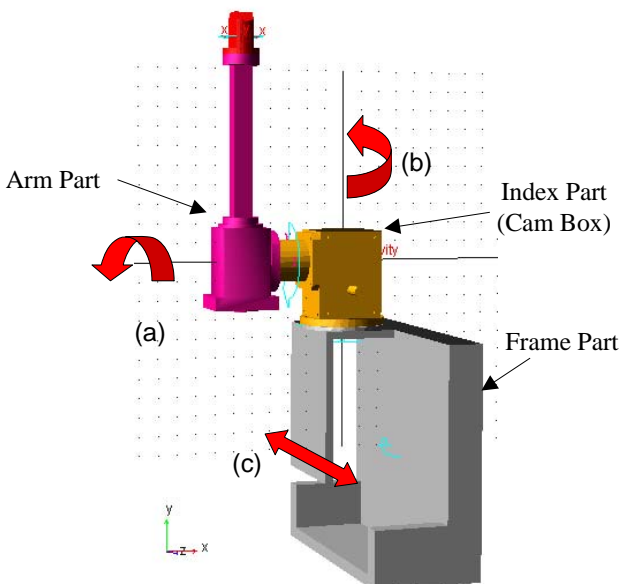


Fig. 1 3D Modeling

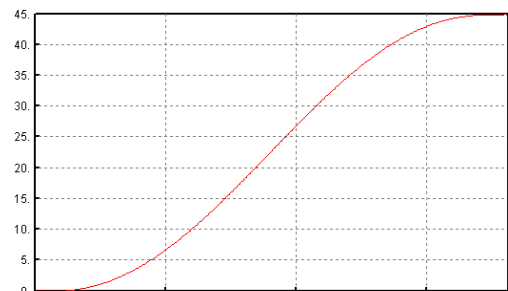


Fig. 2 Follower displacements

```
CEMTool>>[a,b]=velallme(0,360,360,720,1,90,45);
CEMTool>>[a,b]=accallme(0,360,360,720,1,90,45);
```

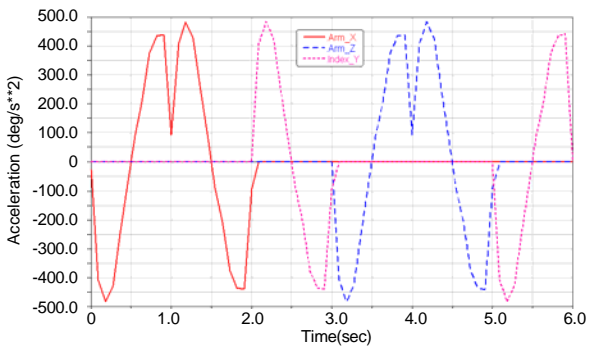
vel은 속도, acc는 가속도를 의미하고 마지막 입력값 45는 캠의 회전수(rpm)를 의미한다. 그 이외의 것은 앞의 것과 동일하다. 수정 정현 곡선 운동은 고속으로 운전되는 캠기구에 적합한 운동이고, 자동 장착 기구에 사용되는 캠에 가장 적합하다고 판단된다.

4. ADAMS를 이용한 시뮬레이션

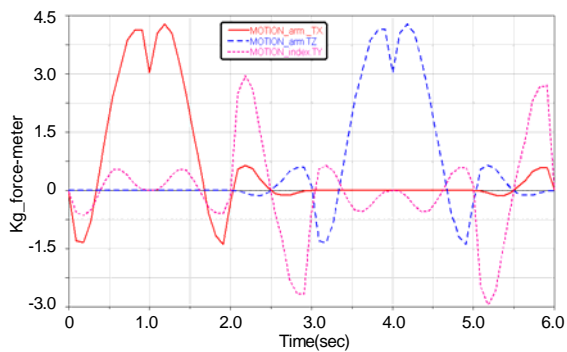
CATIA V5에서 작성된 3D 모델링은 stereo lithography(.stl)파일로 변환하여 사용하였고 ADAMS내 규정을 따라 구축을 주었다. 회전 조인트에 운동(motion)을 주고, CEMTool을 이용한 캠 변위 곡선 설계 과정에서 얻은 텍스트파일을 운동에 적용하였다. 적용한 데이터는 시간에 따른 캠 곡선의 변위값을 가지고 있으며, 이 변위값에 따라 시뮬레이션하여 각가속도, 토크, 동력에 대한 값을 얻었다.

아암부가 90°로 회전하는데 걸리는 시간을 1초라고 가정하면 아암타입 자동 장착 기구가 한 사이클을 움직이는데 걸리는 목표 시간인 10초 안에 운동 할 수 있는 기구를 설계할 수 있다. 따라서 90°로 회전시 1초를 기준으로 하여 0.6초, 0.8초, 1.2초, 1.4초로 5회에 걸쳐 시뮬레이션하여 각가속도, 토크, 동력을 구하여 비교하였다.

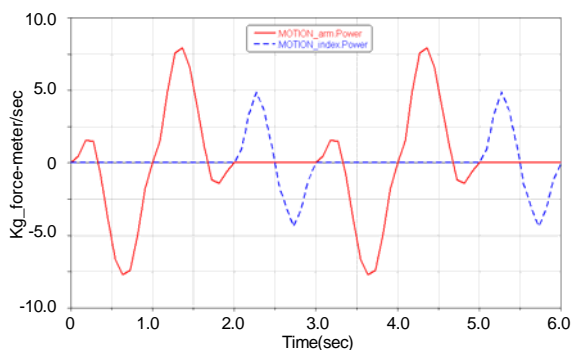
Fig. 3는 90°를 1초로 회전했을 경우 아암부와 인덱스부 캠축에 작용하는 각가속도, 토크, 동력을 나타낸다. 아암부의 캠축과 인덱스부 캠축에 작용하는 각가속도의 최대값은 483.8762deg/s²으로 동일하게 작용함을 알 수 있다. 최대 토크값은 아암부 캠축에 4.2812kgf.m, 인덱스부 캠축에 2.9493kgf.m로 작용한다. 최대 동력값은 아암부 캠축에 7.9636kgf.m/sec, 인덱스부 캠축에 4.8722kgf.m/sec으로 작용한다.



(a) Angular Acceleration of Arm and Index shaft



(b) Torque of Arm and Index shaft



(c) Power of Arm and Index shaft

Fig. 3 Measure of Arm and Index at 1sec

Table 1 Comparison of measured data at Arm and Index part

		0.6 sec	0.8 sec	1 sec	1.2 sec	1.4 sec
Angular Acceleration [deg/s ²]	Arm	1352.17	839.77	483.88	338.65	244.43
	Index	1383.59	737.82	483.88	378.75	244.43
Torque [kgf.m]	Arm	7.03	5.44	4.28	3.81	3.50
	Index	8.43	4.50	2.95	2.31	1.49
Power [kgf.m/sec]	Arm	20.38	11.83	7.96	6.91	4.99
	Index	20.27	9.30	4.87	2.73	1.78

Fig. 4, 5는 Table 1의 수치를 가지적으로 비교하는 그래프이다. 각 시간당 한 사이클의 시뮬레이션에 대한 최대값을 나타낸다.

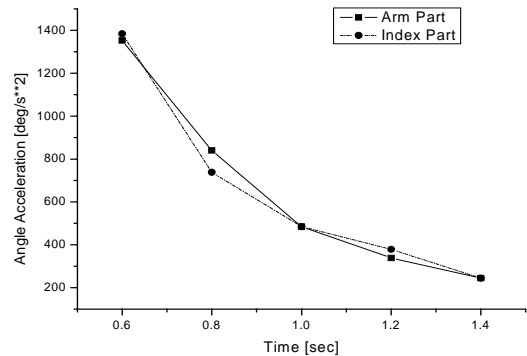


Fig. 4 Maximum Angular Accelerations

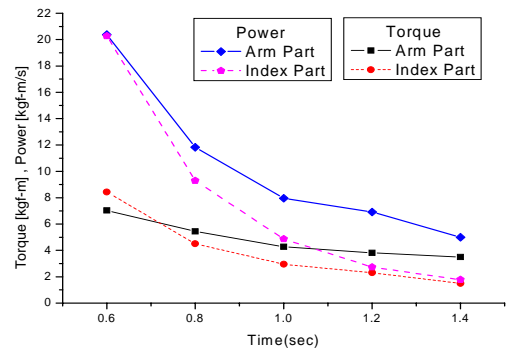


Fig. 5 Maximum Torque and Power

5. 결론

본 연구를 통해서 아암 타입 자동 장착 기구를 설계하였다. 작업환경에 따른 시스템의 사양에 대해 아암부와 인덱스부에 작용하는 각가속도, 토크, 동력을 ADAMS 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다.

전체 공정의 일부분인 아암부와 인덱스부의 회전운동 단축을 위해 지정된 시간을 위한 캠의 곡면을 설계하였다. 산출된 결과 값은 공작기계 작업공정의 단축을 위해 충분히 적용될 수 있다.

참고문헌

- 1 배영문, "자동공구교환장치의 기술 동향", 한국과학기술정보연구원, 2003
- 2 ADAMS User's Manual, MSC Software Corporation, 2005.
- 3 박종근, 강재관, "CEMtool을 이용한 캠 해석 컴퓨터 프로그램", 경남대학교 부설 지능기계시스템연구소 논문집, 제 1권, pp.38-46, 2005
- 4 "CEMTool 사용자 가이드", 서울대학교, 1998.