

반도체 장비용 고속프레스의 동특성 해석에 관한 연구

국정근[†], 조병관*, 이우영*

한국기술교육대학교 대학원 기계공학과, 한국기술교육대학교 기계정보공학부

ABSTRACT

High speed presses with high resolution in semiconductor lead frame manufacturing process are needed. But high speed operation accompanies mechanical vibration. Therefore optimized kinematic structure to minimize vibration is required for a high speed press. And the growing competition in the industry asks a press with low cost, high speed, high resolution, and high pressing force. For this purpose a high speed press was modeled with 3D CAD solid modeling system and dynamic analysis were performed with CAE S/W for multibody dynamic analysis. Through these analyses a motor appropriate to a high speed press was selected and link structure for feeding system of the press was modified to reduce vibration. To perform this analysis Working Model which is 2D kinematics and dynamic analysis software was used.

Key Words : COSMOS/Motion, CAD, CAE, Working Model, High speed press (고속프레스)

1. 서 론

오늘날 반도체 산업의 급속한 발전에 따라 반도체 제품을 생산하는 고속프레스는 고속화뿐만 아니라 높은 정밀도를 요구하게 되었다. 반도체 장비 생산용 고속프레스란 70spm(stroke per minute)이상의 속도로 작업할 수 있는 프레스를 의미한다. 이러한 고속프레스의 서보모터의 정밀 제어에 의한 기구학적 캠 프레스 구조로 빠르고 균일한 속도 및 토크실현을 통한 품질 및 생산성 향상이 필수적인 개발요소가 되었다. 따라서, 서보모터의 원가절감을 위한 적절한 모터선정과 기구학적 캠 형태의 동력전달계 설계가 선행되어야 한다. 이를 위해 3D CAD 시스템인 Solidworks를 이용하여 고속프레스를 모델링 하였고, 다물체동역학 해석용 CAE 프로그램인 COSMOS/Motion을 사용하여 고속프레스의 구동조건에 따른 동역학 해석을 수행하여, 고속프레스가 요구하는 최적의 모터선정과 주어진 설계조건에서 프레스의 최대압축력을 구하였다. 한편, 2D 기구동역학 해석용 프로그램인 Working Model을 이용하여 제품 이송부 공급장치의 링크구조에 대해 적합한 구조를 찾아 고속작업시 발생하는 진동을 억제할 수 있는 링크구조를 제시하였다.

2. 고속프레스의 동역학 해석

2.1 고속프레스의 모델링 및 모터의 선정

고속프레스는 모터와 크랭크축 등으로 구성된 구동부, 제품을 절단하는 프레스부와 제품을 공급하는 이송부로 구성되어 있다. Fig. 1 과 같이 고속프레스를 3D CAD 프로그램인 Solidworks를 이용하여 모델링하였다. 이 작업에는 41 개의 파트 파일, 6 개의 어셈블리 파일을 사용하여 CAD 모델을 구성하였으며, 96 개의 조인트를 사용하여 동역학 해석을 위한 구속조건을 부여하였다.

고속프레스의 제조원가절감에 있어 모터의 적절한 선택이 가장 좋은 방법이다. 이를 위하여 모터의 용량과 최대 압축력을 산출하였다. Table 1 은 무부하 상태에서 프레스의 작업속도(stroke per minute)를 변경시키며 동역학 해석을 수행하여 구한 작업 속도별 모터 토크이다. Table 1 같이 무부하 상태에서 100~200spm 으로 구동할 경우 작동 속도별 모터에 요구되는 최대 토크는 0.88~0.95 N·m 가 됨을 알 수 있다. 이로부터 프레스의 최대 작업속도의 구동을 위한 최적의

모터 선정이 가능함을 알 수 있다.

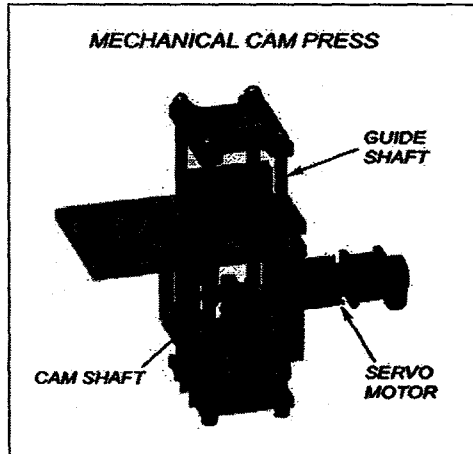


Table 1 Maximum motor torque w.r.t speed

100	0.88579
120	0.89124
140	0.89922
160	0.91107
180	0.92692
200	0.94624

Fig.1 CAD model of a high speed press

2.2 최대압축력의 산출

프레스 설계자에게 고속프레스의 최대압축력 계산은 매우 중요하다. 최대압축력에 따라 고속프레스가 가공할 수 있는 제품이 결정되는데 모터설계의 오류로 제품생산의 정밀성 저하와 고속프레스에 발생할 수 있는 안정성에 문제가 제기될 수 있다. 연구대상의 고속프레스는 정격용량 1kW 용 모터가 장착되어 있다. 고속프레스에 장착되어 있는 정격용량 1kW 용모터가 연속동작에서의 최대토크인 3.18 N·m으로 작동하는 경우에 발휘할 수 있는 압축력을 계산하여 Fig. 2에 도시하였다. 이 결과에 의하면, 이 프레스는 최대 4,100 N의 압축력을 발휘할 수 있음을 알 수 있다.

이 압축력은 현재 모터의 정격토크에 대한 압축력을 나타내는 것으로 고속프레스에서 요구되는 압축력과 비교하여 작업하고자 하는 제품에 대해 모터선정에 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 최대압축력은 200 spm 을 제외한 다른 동작속도에서는 균일한 최대압축력을 발휘함을 알 수 있다.^[3]

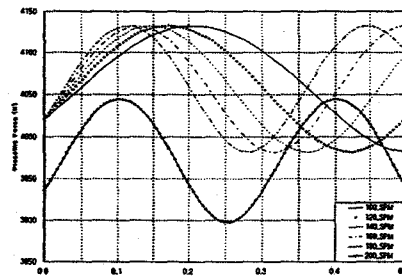


Fig.2 Pressing force w.r.t. pressing speed

3. 이송부의 해석

3.1 이송부의 모델링

해석 대상 프레스의 이송부는 크랭크 축의 회전에 따른 편심캠의 회전운동을 슬라이더의 왕복운동으로 전환하는 장치이다. 이의 동역학 해석을 위하여 Fig. 5와 같이 캠 구동장치를 슬라이더-크랭크 메커니즘으로 모델링 하였다. 이와 같이 이송장치의 기구부를 단순화시킨 후 2D 기구동역학 해석을 수행할 수 있는 Working Model을 이용하여 기구동역학 해석을 수행하였다. 이러한 이송장치 기구부의 슬라이더-크랭크 메커니즘을 3개의 핀 조인트(pin joint)와 미끄럼 요소(slot element)와 1개의 모터로 모델링 하였다.^[4,5]

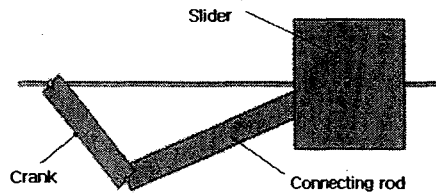


Fig.5 Working model for feeding system

3.2 이송부의 동역학 해석

고속프레스의 캠 구동시 발생하는 축하중과 토크에 의하여 생성되는 진동은 제품의 품질에 많은 영향을 미친다. 본 연구에서는 이송부의 기능에 변화를 주지 않도록 슬라이더의 이송량에 변화를 주지 않는 범위 내에서 캠의 작업각과 연결봉(connecting rod)의 길이에 변화를 주고, 이에 따른 축하중과 토크를 구하여 진동요인을 최소화 시킬 수 있는 이송부의 링크구조를 찾아 내었다. 캠의 스트로크는 본 연구 모델에서는 크랭크의 길이로 나타낸다.

3.2.1 작업각 변화에 따른 구동조건

Fig. 6 은 작업각이 180° 일 때의 캠 변위곡선이다. 공급행정은 210°의 회전각을 가지며 공급과 귀환행정의 사이에 25°의 정지기를 갖는다. 캠의 회전에 따라 이송부의 크랭크는 공급과 귀환행정이 각각 180° 회전하게 된다. 따라서, 크랭크의 각속도는 공급행정시 0.257 rad/sec, 귀환행정시 0.141 rad/sec 이다. 이송부의 해석은 120spm 으로 작업하는 경우에 대하여 수행하였다. 이 때, 크랭크는 공급행정에서 210/360 회전을 하게 되고 귀환행정에서 100/360 회전을 하게 된다. Fig. 7 은 작업각이 160° 일 때의 캠 변위곡선이다. 공급행정에서 210/360 회전을 하게 되고 귀환행정에서 100/360 회전을 하게 된다. 이러한 캠의 회전으로부터 이송부의 크랭크가 160°의 공급행정과 귀환행정의 회전왕복운동을 하게 된다. 따라서, 크랭크의 각속도는 공급행정시 0.289 rad/sec, 귀환행정시 0.157 rad/sec 이다. Fig. 8 은 작업각이 140° 일 때의 캠 변위곡선이다. 공급행정에서 210/360의 회전을 하게 되고 귀환행정에서 100/360의 회전을 하게 된다. 이러한 캠의 회전으로부터 이송부의 크랭크가 140°의 공급행정과 귀환행정의 회전왕복운동을 하게 된다. 따라서, 크랭크의 각속도는 공급행정시 0.330 rad/sec, 귀환행정시 0.181 rad/sec 이다.

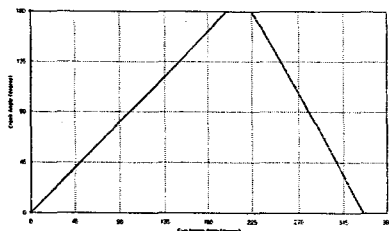


Fig.6 Cam displacement at 180° feeding angle

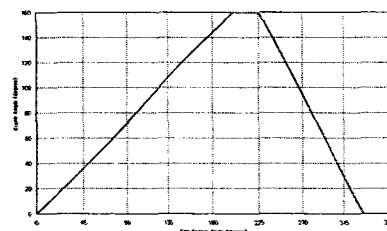


Fig.7 Cam displacement at 160° feeding angle

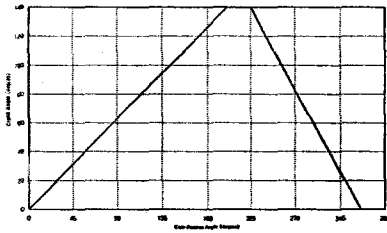


Fig.8 Cam displacement at 140° feeding angle

3.2.2 이송부 해석결과

Fig. 9 에 작업각과 연결봉(connecting rod) 길이변화에 따른 축하중과 토크의 변화를 도시하였다.

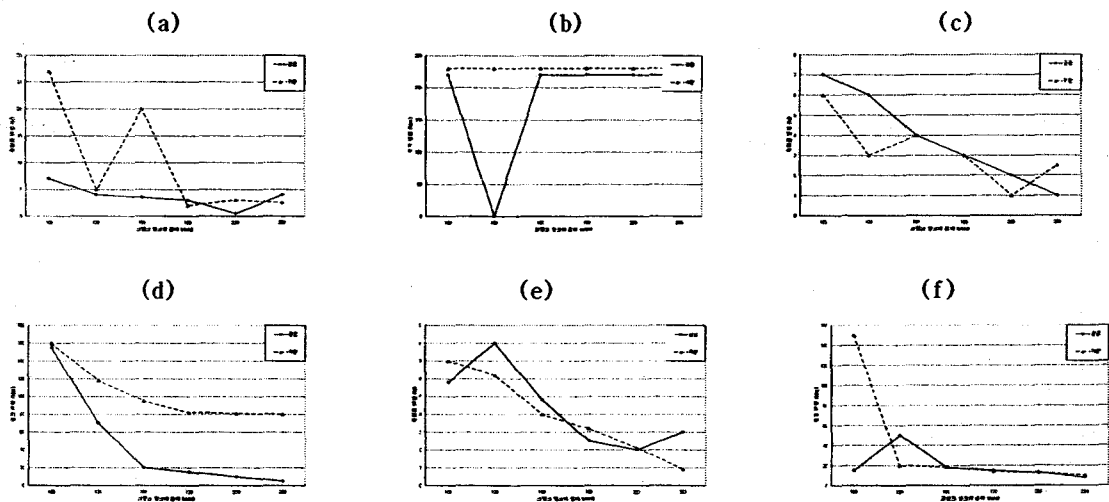


Fig.9 Comparison of feeding angle

고속프레스는 공급과 귀환행정 초기부분에서 많은 진동을 유발하게 된다. 이 때 축하중과 토크 변화의 폭을 관찰함으로써 주어진 연결봉의 길이에 대한 안정성을 결정할 수 있다. Table 2에 작업각의 변화에 따른 안정과 불안정한 연결봉의 길이를 나타내었다. 연결봉의 길이가 100mm일 때 작업각의 변화에 대해 불안정하였다. 작업각이 180° 일 때 축하중에서 모든 연결봉의 길이에서 불안정한 모습을 보이고, 토크가 220mm의 연결봉의 길이에서 안정된 모습을 보였다. 한편, 작업각이 160° 와 140° 일 때 가장 안정적인 연결봉의 길이는 250mm이었으나, 고속프레스 이송부 공간의 제약에 따라 220mm의 연결봉의 길이가 가장 적합함을 알 수 있었다.

Table 2 Axial load of crank axis and crank axis torque

result feeding angle		stable	unstable
		crank length (mm)	crank length (mm)
180 degree	axial load	130	-
	torque	220	100
160 degree	axial load	220	100
	torque	220	130
140	axial load	220	100

degree	torque	220	100
--------	--------	-----	-----

3.2.3 작업각에 따른 최대압축력과 최대토크

Table 3 Maximum of pressing force and torque

feeding angle (degree)		maximum axial load(N)	maximum torque(N m)
180	feeding stroke	7	-220
	return stroke	27	230
160	feeding stroke	7	-155
	return stroke	6	160
140	feeding stroke	5.8	-50
	return stroke	7	150

Table 3 은 작업각의 변화에 따른 안정적인 연결봉의 길이를 적용하여 공급과 귀환행정에서 최대축하중과 최대토크를 구하였다. 최대축하중과 토크변화는 작업각이 180° 일 때 가장 큰 값을 가짐을 볼 수 있다. 180° 의 작업각일 때 가장 큰 축하중을 가짐으로써 작업시 진동 유발이 심함을 알 수 있다. 가장 이상적인 축하중과 토크값에 있어서는 작업각이 140° 일 때 안정적인 값을 알 수 있었다.

4. 결 론

고속프레스의 제조원가절감에 있어 모터의 선정의 타당성에 대해 검증하는 계기가 되었다. 현재의 고속프레스 모터의 제조원가절감을 확인하였다. 제조공정에 있어서 플라이휠의 부가적인 장치를 이용해 최대압축력과 최대토크의 효율적으로 활용할 수 있음을 알 수 있었다. 이송부에서 작업각과 연결봉의 길이를 조절함으로써 기존의 작업각과 연결봉의 길이보다는 140°의 작업각과 연결봉의 길이 220mm 로 선정할 경우 반도체기판의 생산에 있어 고속화와 정밀성을 얻을 수 있다는 결론을 내렸다.

참 고 문 헌

1. 엄정섭, 권오성, 김희중 “ 따라하세요 Solidworks” 영진.com, 2000
2. WEBS system, “ Dynamic Designer Motion” , 2000
3. WEBS system, “ Solidworks 2000 Training Guide” , 2000
4. MSC. Software Corperation, “ Working Model 2D User’ s Manual” , 2001
5. MSC. Software Corperation, “ MSC. visualNastran Desktop” , 2002
6. 김성환, 이진우, “ 동역학 및 기구학적 해석을 위한 조립체 모델링 시스템” , 대한기계학회논문집, 제13권 제 1호 pp. 48-58, 1989
7. 구병욱, 황병복, 임중연, 이호용, “ 다양한 링크구동 기계프레스에 대한 기구학적 분석” , 한국소성가공학회지 제 6권 제 6호 pp. 471-478, 1997