

유연체 크랭크축 모델을 적용한 고속정밀프레스 구동 해석

Dynamic Analysis of a High Speed Precision Press

By Using a Flexible Crank Shaft Model

*신재현¹, *김홍규², 송민제², 정철재³, 조종두⁴

*J. H. SHIN¹, #H. G. Kim(krystal@kitech.re.kr)², M. J. SONG², C. J. JUNG², C. D. CHO²

¹인하대학교 대학원 기계공학과, ²한국생산기술연구원 금형·성형연구그룹, ³삼도프레스(주),

⁴인하대학교 기계공학과

Key words : press, crank shaft, crank press mechanism, dynamic analysis

1. 서론

현대의 생산 시스템은 저가격화, 고속화, 고품질화로 변모하여 왔다. 낮은 단가로 대량의 제품을 생산하기 위해 사용되는 기계 장비 중의 하나인 프레스는 여러 가지 금형을 설치하여 압축력에 의해 금속 판재나 여러 재료를 소요의 치수로 자르거나 원하는 모양으로 소성변형을 시키는 기계를 말한다.¹ 프레스 가공은 짧은 시간에 원하는 형상을 성형 가공할 수 있는 특성으로 인해 자동차, 전기, 전자 부품의 생산에 오래 전부터 널리 적용되어 왔다.² 이러한 프레스는 다른 공작기계보다 매우 큰 하중이 가해지며 장기간 정밀도를 유지해야 하는 한편 구성부품에 요구되는 제반 조건 역시 매우 엄격한 편이다. 이러한 프레스는 동력원에 따라서 크게 기계프레스와 유압프레스로 나뉘는데 기계프레스는 가압 능력, 공작물 접촉시의 속도, 소음/진동, 과부하(Over load) 등의 측면에서 유압프레스에 비해 열등한 반면 유압프레스는 가압 능력이 전체행정을 통하여 일정하며 또한 필요에 따라 가변적으로 조절할 수 있고 소음 및 진동면에서 기계프레스보다 우수하다. 앞에서 언급한 단점에도 불구하고 기계프레스는 유지 및 보수비용의 저렴함과 높은 생산성 등의 잇점으로 인하여 금속 성형 산업에서 널리 사용되어 왔다.³ 최근에는 기계프레스도 유압프레스가 가지고 있는 장점들을 갖도록 하기 위한 연구가 진행되어 왔다.

본 논문에서는 기계프레스 중 비교적 구조가 간단한 크랭크 기구를 이용한 프레스 동역학 해석을 수행하였다. 크랭크축의 강체 모델과 유연체 모델을 적용하여 프레스의 구동을 비교 분석하였다.

2. 이론적 배경

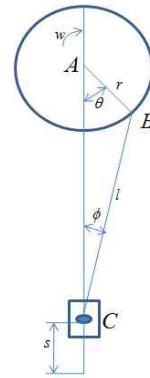


Fig 1. Crank Press Mechanism

$r/l = \lambda$ 라 하면,

$$s = r(1 - \cos\theta + \frac{1}{2}\lambda\sin^2\theta) \quad (1)$$

$$v = rw(\sin\theta + \frac{\lambda}{2}\sin 2\theta) \quad (2)$$

$$a = rw^2(\cos\theta + \lambda\cos 2\theta) \quad (3)$$

Fig 1는 크랭크 프레스의 운동기구인 크랭크-슬라이드 기구로 크랭크의 회전운동을 크랭크에 연결된 커넥팅로드가 최종적으로 슬라이드의 상하 왕복운동으로 변환시킨다. 식(1)은 슬라이드의 위치를 나타내고 식(2), 식(3)은 슬라이드의 속도와 가속도를 나타낸다.⁴

Fig 2는 크랭크축의 회전에 의한 원심력과 반력을 나타낸다. 편심량과 크랭크축의 처짐은 식(4)와 같고 식(5)는 원심력을 나타낸다. 식(6), 식(7)은 A와 B에서의 반력을 나타낸다.

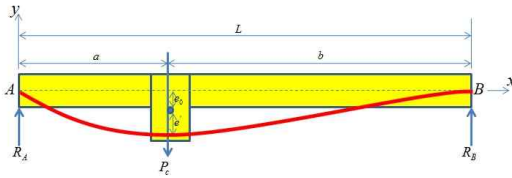


Fig. 2 The static equilibrium model of a crank shaft

$$e = e_0 + e' \quad (4)$$

$$P_c = mew^2 \quad (5)$$

$$R_A = \left(\frac{b}{L}\right)mew^2 \quad (6)$$

$$R_B = \left(\frac{a}{L}\right)mew^2 \quad (7)$$

3. 크랭크축-커넥팅로드 설계 및 해석

프레스 구동기구는 모터의 회전운동을 수직 왕복운동으로 전환시켜주는 역할을 하며, 기계 프레스 중 크랭크 기구를 사용한 프레스가 가장 많이 사용된다. Fig. 3과 같이 크랭크 기구의 형상을 설계하였다. 크랭크축, 커넥팅로드, 커넥팅로드 축으로 구성되어 있으며, 크랭크축은 길이 774mm, 직경 60mm로 설계하였고 편심량 15mm, 편심축의 길이 65mm의 편심 2개와 편심량 27.5mm, 편심축의 길이 100mm의 편심 1개로 설계하였다. 커넥팅로드와 커넥팅로드 축은 강체로 가정하였고 크랭크축은 강체와 유연체로 적용하였다. 크랭크축의 회전속도는 500SPM, 1000SPM, 1500SPM, 2000SPM으로 회전하였다. 동역학 해석을 통해 Table 1과 같은 결과값을 얻을 수 있었다. 크랭크축의 수직방향 반력은 강체 모델과 유연체 모델 적용시 w^2 에 비례하였으며 유연체 모델이 강체모델보다 약 1.5%의 큰 반력값이 나오는 것을 알 수 있다. Stroke는 55mm이고 유연체 모델 적용시 Stroke의 오차범위를 확인할 수 있다. SPM이 증가함에 따라 Stroke의 오차범위도 증가한다.

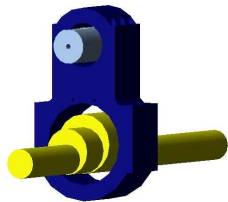


Fig. 3. A crank mechanism design

Table 1 Comparison of dynamic analysis results

| SPEED | TYPE | 수직방향 반력(N) | Stroke 오차범위(μm) |
|---------|-------|------------|-----------------|
| 500SPM | Rigid | 2133 | 0 |
| | Flex | 2153 | 28 |
| 1000SPM | Rigid | 8536 | 0 |
| | Flex | 8630 | 108 |
| 1500SPM | Rigid | 19206 | 0 |
| | Flex | 19454 | 245 |
| 2000SPM | Rigid | 37315 | 0 |
| | Flex | 37980 | 468 |

4. 결론

크랭크축의 강체 모델과 유연체 모델을 적용하여 동역학 해석을 수행한 결과 유연체 모델 적용시 크랭크축의 처짐과 원심력에 의해서 Stroke의 오차가 발생하였으며, SPM 증가시 그 오차범위도 증가한다. 또한 크랭크축의 수직방향 반력이 강체 모델을 적용할 때보다 약 1.5%의 큰 반력을 가지게 된다. 실질적으로 국내의 프레스 기술은 1500SPM 수준이며 SPM 증가시 하사점 반복위치 정밀도가 감소하고 소음 및 진동의 문제가 발생한다. 이와 같이 유연체 모델을 적용하여 해석하는 방법은 좀 더 정확하고 실질적인 해석이 가능하다.

후기

본 연구는 중소기업청의 중소기업기술혁신개발사업 “마이크로미터급 정밀부품 생산용 2500SPM 고속프레스 개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 최영동, 최성대, 박준영, “토글 메커니즘을 이용한 크랭크 프레스 설계에 관한 연구” 한국기계가공협회 추계학술대회논문집, 41-42, 2010.
2. 김원수, 이원표, “프레스 가공기술” (주)한국산업정보센터, 439-440, 1996.
3. W. P. Lee, "Press Engineering" Korea Industrial Information Center, 451-452, 1996.
4. 구형욱, “다양한 기계프레스의 구동부에 대한 기구학적 분석 및 열간가공 공정에서의 적용” 인하대학교 대학원 석사학위논문, 1998.