

고속프레스에서 다이내믹 발렌스를 고려한 구동기구 연구

김정언^{1,2}, 홍석관¹, 김종덕¹, 허영무¹, 조종두², 강정진¹

A Study of Press Mechanism considering Dynamic Balance at High Speed Press

J. E. Kim, S. Hong, J. Kim, Y. M. Heo, C. Cho, J. Kang

Abstract

The press machine is actuated by the rotating motion of crank shaft and the reciprocating motion of slide. In recent years, unbalance moments and forces to the main frame attract many researches, as press technology becomes more miniaturized, precise, and rapid. In order to control vibrations caused by the rapid motions of the crank shaft and slide, this paper studies a resolution reducing the unbalance at the high speed knuckle press.

Key Words: High speed press(고속프레스), knuckle mechanism (너클기구), Dynamic balance(동적균형), Stroke per minute(=SPM, 분당행정수), Balance weight device(균형무게장치)

1. 서론

프레스기계는 크랭크축의 회전운동에 의하여 슬라이드가 상하 왕복운동을 하면서 가공물을 성형하는 기계이다. 프레스기계는 커넥터 단자, 반도체 리드프레임 등의 전자부품에서부터 자동차 프레임, 항공기 부품 등의 중공업에 이르기까지 여러 산업 분야에 두루 사용되는 현대사회에 없어서는 안될 매우 중요한 장비이다. 더욱이 최근의 프레스 가공 기술은 점점 정밀화, 고속화 되어가고 있다[1].

프레스에서 발생하는 진동에는 크게 두가지 원인이 있다. 첫째, 크랭크축의 회전운동 및 슬라이드 왕복운동이 고속화 되면서 기계내부에서 운동하는 구동장치의 불균형 힘(unbalance force)이 증가하므로 이를 지지하는 프레임을 통하여 외부로

진동이 발생한다. 둘째, 프레스 가공 시 상형 금형과 하형 금형이 서로 부딪치면서 소음과 진동이 발생한다.

이러한 진동의 영향으로 프레스 생산제품의 불량률이 증가하고, 기계적인 내구성 및 수명이 감소하며, 제품생산 금형의 수명 또한 감소시키는 문제를 야기하게 된다[2].

고속프레스의 동적균형에 대한 연구로는 크랭크 프레스에 대한 연구[2]와 랭크 프레스에 대한 연구[3]가 있다. 본 논문은 크랭크축과 슬라이드 구동에 의해 발생하는 다이내믹 발렌스를 고려한 고속(600 SPM) 너클 프레스에 대한 내용을 다루고자 한다.

2. 크랭크 축의 동적균형

2.1 크랭크 축 회전운동에 의한 불균형 특성

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀
2. 인하대학교 대학원 기계공학과
E-mail: jekim@kitech.re.kr

회전하는 질량에 의한 불균형을 회전 불균형 (rotating unbalance)이라고 하며, 회전하는 부품이 있는 대부분의 기계에서 발생한다. Fig. 1(a)는 질량이 m 인 원판으로 구성된 회전자를 나타낸다. 이 회전자는 일정한 각속도 ω 로 회전한다고 가정하고, 회전자의 질량중심을 G , 편심량을 e 라고 나타내었다.

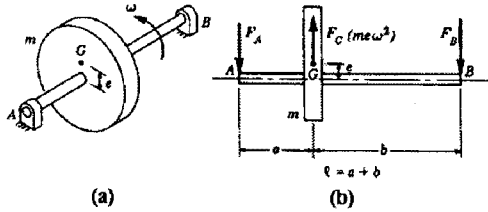


Fig. 1 A rotating shaft with an eccentric mass [4]

Fig. 1(b)와 같이 회전자에는 크기가 $me\omega^2$ 인 원심력 F_c 가 작용한다. 회전자에 작용하는 힘과 모멘트의 합으로부터 축에 작용하는 베어링의 반력은 다음과 같다.

$$F_A = \left(\frac{b}{l}\right)me\omega^2 \quad (1) \quad F_B = \left(\frac{a}{l}\right)me\omega^2 \quad (2)$$

두힘으로부터 프레임에 작용하는 힘 F_s 의 크기는

$$F_s = \left(\frac{a}{l}\right)me\omega^2 + \left(\frac{b}{l}\right)me\omega^2 = \left(\frac{a+b}{l}\right)me\omega^2 = me\omega^2 \quad (3)$$

이다. 따라서 원심력이 직접 프레임에 전달되고 진동을 하게 된다.

2.2 이중크랭크축의 회전 불균형특성

유사한 방법으로 2중 크랭크 축의 불균형 힘을 구하면 Fig. 2(a)에서 원판의 질량 중심 G_1, G_2 가 반대편으로 180° 만큼 떨어져 있을 때 베어링 반력은 다음과 같다.

$$F_A = \left(\frac{\omega^2}{l}\right)\{m_1e_1(l-a) - m_2e_2b\} \quad (4)$$

$$F_B = \left(\frac{\omega^2}{l}\right)\{m_2e_2(l-a) - m_1e_1b\} \quad (5)$$

따라서 프레임에 작용하는 힘 F_s 는

$$F_s = |F_A - F_B| = \omega^2|m_1e_1 - m_2e_2| \quad (6)$$

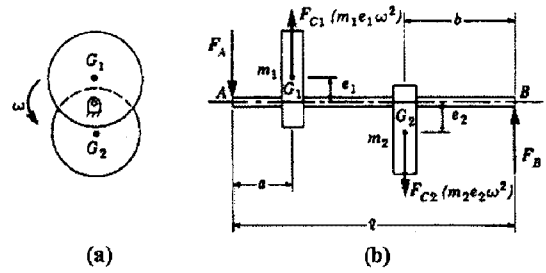


Fig. 2 A rotating shaft with a couple of eccentric mass [4]

이고, 만약 $m_1e_1 = m_2e_2$ 이면 프레임에 작용하는 힘은 없다. 하지만 각각 베어링에 작용하는 힘은 반대방향으로 우력이 발생하여 프레임에 미소한 회전진동을 일으키려는 경향이 있다[4]. 위와 같은 이론을 바탕으로 두 크랭크축에 대한 설계와 해석을 수행하였다

2.3 크랭크 축의 설계 및 해석

Fig.3 과 같이 CATIA V5 R15를 이용하여 크랭크 축을 설계하고 ANSYS Workbench 11을 이용하여 너클기구에 대한 Rigid Dynamic analysis를 수행하였다.

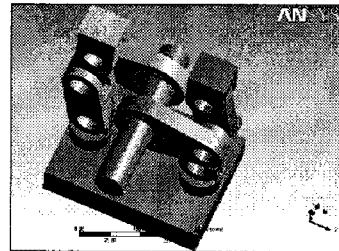


Fig. 3 Knuckle device using a couple of eccentric crank shaft

2.4 크랭크 축의 해석결과

Fig. 4 와 같이 단일 편심하중에 비하여 2중 크랭크축에 의한 설계방안이 다이내믹 발렌스를 고려한 고속 너클 프레스에 적합함을 알 수 있다.

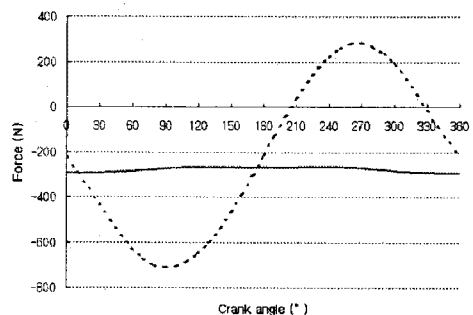


Fig. 4 Comparison to Z-direction force of crank shaft

--- an eccentric
— a couple of eccentric

3. 슬라이드의 다이내믹 발렌스

3.1 슬라이드 왕복운동에 의한 불균형특성

Fig. 5는 본 논문에서 다루고자 하는 너클기구의 기구학 모델이다. ①은 크랭크축의 편심량을 나타낸 것이고, ②~④는 너클장치를 나타낸 것이다. ⑤는 슬라이드를 나타내고, ⑥은 프레임을 나타낸 것이다. 이 모델에서 슬라이드에 작용하는 하중 W 를 도출하면 다음과 같다.

D점에 관한 모멘트를 생각하면

$$p \cdot l = Q \cdot a \quad Q = \frac{p \cdot l}{a} \quad (7)$$

이다. 그런데 $W = Q \cos \alpha$ 이므로 W 를 정리하면 다음과 같다.

$$W = \frac{p \cdot l}{a} \cos \alpha \quad (8)$$

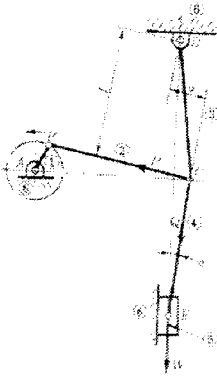


Fig. 5 Kinematics model of knuckle mechanism [5]

작용과 반작용 법칙에 의하여 슬라이드에 작용하는 하중 W 의 반력이 프레임에 전달되어 진동이 발생하게 된다.

3.2 Balance weight device의 설계 및 해석

위에서 설명된 슬라이드 왕복운동에 의해 발생하는 진동을 줄이고자 균형무게장치(balance weight device)를 설계하였다. Fig. 6과 같이 슬라이드 스트로크 5mm와 대향하여 5mm 이동할 수 있도록 너클기구를 이용하여 균형무게장치를 설계하였다.

해석은 위와 동일한 방법으로 프레스의 전체 프레임 밀면의 반력을 산출하였다.

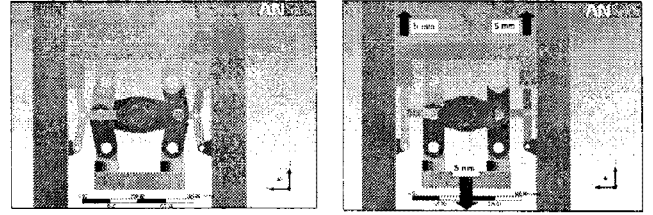


Fig. 6 Motion of slide and balance weight device

3.3 균형무게기구의 해석결과

Fig. 7는 균형무게장치의 적용 전과 후에 대한 구동장치들의 자중에 의해서 발생하는 프레스의 전체 프레임 밀면에 대한 반력 비교 그래프이다. 균형무게기구의 적용 후에는 반력차가 적용 전보다 약 50% 줄어들음을 알 수 있다.

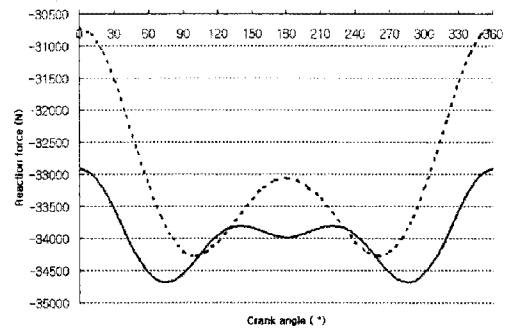


Fig. 7 Comparison with the reaction force before balancing and after balancing

4. 결론

이번 연구를 통하여 고속 너클 프레스의 구동 기구에 대한 다이내믹 발렌스를 구현하는 방법을 알아보았다.

(1) 크랭크 축의 회전운동으로 인한 불균형 힘은 편심이 180° 반대방향으로 떨어져 있는 2중 크랭크 축 방식으로 다이내믹 발렌스를 유지할 수 있음을 알 수 있다.

(2) 슬라이드의 왕복운동으로 인한 불균형 힘은 균형무게장치를 설계하여 적용 전보다 프레스의 프레임이 받는 반력을 약50% 줄일 수 있어 보다 다이내믹 발렌스에 유리함을 알 수 있다.

후기

본 연구는 2010 생산기반혁신기술개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 해당 사업을 지원하여 주신 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 김권희, 전상열, 이종구, 오수익, 2001, “미세 박판 스탬핑을 위한 초정밀 프레스 개발”, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp 225~230
- [2] 정철제, 2004, “고속프레스의 다이내믹 발란싱 및 진동절연시스템의 최적화 설계”, 한국산업기술대학교 산업기술대학원 석사학위논문
- [3] 서진성, 2004, “링크모션 메커니즘의 기구학적 분석 및 다이내믹 발란싱 테크닉”, 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp 498~502
- [4] Charles E. Wilson, J. Peter Sadler, 1993, “Kinematics and Dynamics of Machinery 2nd ed.”, Harper Collins College Publishers, pp 680~663
- [5] 정남용, 1998, “기본 기구학”, 교학연구사, pp 89~90