

성형충격 저감을 위한 프레스 구동기구에 관한 연구

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

한국생산기술연구원, 인하대학교 기계공학과
(2008. 5. 2. 접수 / 2008. 7. 25. 채택)

Study on the moving device of press machine for forming impact reduction

Jeong-Eon Kim · Seok-Kwan Hong · Jong-Deok Kim · Young-Moo Heo
· Chong-Du Cho · Jeong-Jin Kang

1. Korea Institute of Industrial Technology, 2. Inha University
(Received May 2, 2008 / Accepted July 25, 2008)

Abstract : In the sheet metal forming using a high speed press machine, driving device, such as crank, link, and knuckle mechanism, has to be designed in consideration of impact at a moment when press die contact with material, because the impact affects a dimensional accuracy of products and a life span of press die. In this study, dynamic analysis was performed using numerical simulation in order to verify the impact reduction effect for proposed double knuckle mechanism by estimating rolling and pitching moment of slide.

Key Words : Stroke per minute, forming impact, Impulsive force, Stroke motion, Pitching moment

1. 서 론

프레스 가공 기술은 반도체 생산 장비나 의료기, 전자부품에서부터 자동차, 항공기 산업 등의 중공업에 이르기까지 각종 산업 분야에 폭넓게 사용되고 있으며, 최근의 프레스 가공기술은 점점 정밀화, 고속화 되어가고 있다[1]. 여기서 말하는 고속화의 의미는 높은 SPM(Stroke Per Minute, 분당 스트로크수)능력을 뜻하며, 제품의 생산성과 같은 의미라고 할 수 있다. 높은 SPM의 프레스가공에서 슬라이드의 미소한 변형과 충격으로도 슬라이드와 금형에 변화가 생겨 금형의 수명에 큰 영향을 끼친다. 따라서 제품의 생산성에서 높은 SPM의 가공도 중요하지만 그에 따르는 금형수명 또한 중요한 요소라고 판단된다. 금형 수명에 영향을 주는 인자로는 주물결함, 순간충격, 기계가공에 의한 피로, 모형 불량과 취급부주의 등의 금형제작 시의 인자[2]와 성형충격, 슬라이드의 진동, 슬라이드의 처짐 등의 프레스 가공 시의 인자가 있다. 소성가공공정에서 성형충격은 금형의 파손 및 마모에 영향을 미치고, 금형의 과도한 탄성변형으로 인한 제품의 치수 정

밀도를 저하시키기 때문에 성형충격 저감 설계는 소성가공공정 설계에서 중요한 인자로 작용하고 있다[3]. 이러한 성형충격 저감을 위하여 일반적인 기계프레스의 구동기구에 대한 비교 분석을 수행하고, 슬라이드의 진동과 충격을 최소화하기 위한 구동기구에 대하여 연구를 수행한다.

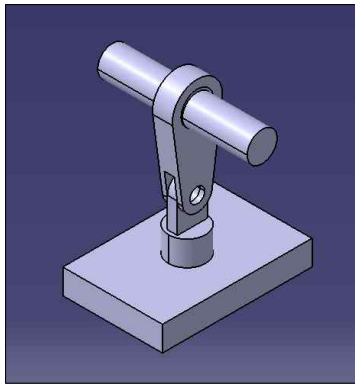
2. 기계프레스의 구동기구에 대한 분석

2.1 크랭크 기구

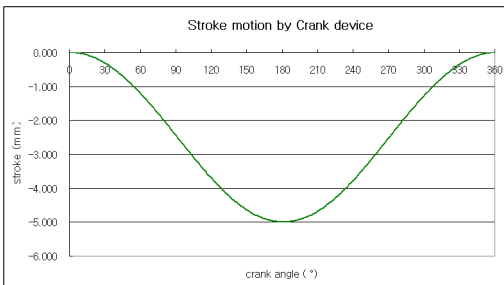
대표적인 기계프레스에는 크랭크 기구를 사용하는 크랭크 프레스가 있으며, 기계프레스의 대부분이 이 기구를 사용하고 있다. 크랭크 기구가 가장 많이 사용되는 이유는 제작이 용이하고, 스트로크 하단 위치가 정확하게 결정되며, 슬라이드 운동곡선이 비교적 무난하여 각종 가공에 유리하다[2].

Fig. 1(a)는 크랭크프레스의 크랭크기구를 CATIA를 통하여 모델링한 모습이다. 본 연구의 목적은 성형충격 저감이므로 기계프레스의 슬라이드 조절장치는 생략하여 크랭크 기구를 간략하게 모델링을 하였다. 크랭크 프레스의 구동방식을 간단하게

설명하면, 동력원인 모터의 토크가 크랭크축에 전달되며, 편심 된 크랭크축이 회전을 하게 된다. 편심 부분에 커넥팅 로드(rod)가 연결되어 있으며 이 커넥팅 로드(rod)가 크랭크축의 편심 부분을 따라서 회전을 하면서 상하방향으로 구동을 하게 된다. 해석조건으로는 스트로크 5mm 일 때 크랭크축을 360° 강제회전을 하고 슬라이드는 가이드에 의해 Z방향(상하방향)으로만 구동한다고 가정하였다. 각 Parts는 Rigid로 가정하여 ANSYS Workbench의 Rigid Dynamic을 사용하여 스트로크 모션을 산출하였다. Fig. 1(b)는 ANSYS를 이용하여 크랭크축 360°회전 시 슬라이드의 스트로크 모션의 그래프이다.



(a) Crank mechanism



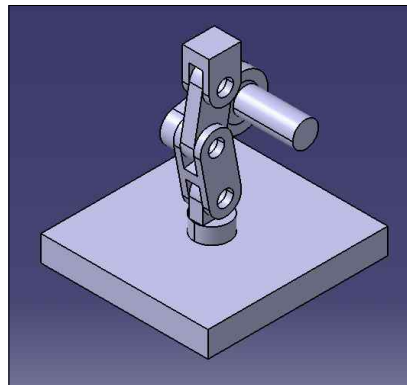
(b) Stroke motion of crank mechanism

Fig. 1 Shape of crank mechanism and stroke motion

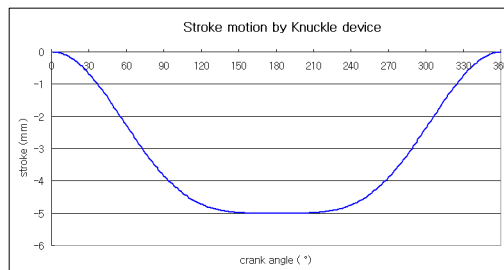
2.2 너클 기구

슬라이드 구동에 너클 기구를 사용한 프레스를 너클 프레스라고 한다. 너클 프레스는 슬라이드의 속도가 하사점 부근에서 매우 느려진다는 독특한 슬라이드의 운동곡선과 하사점 부근에서 높은 압력을 필요로 하는 단조 작업에 적합하다. 또한 스트로크의 하사점 위치도 정확히 결정된다[3]. 너클 프레스

의 구동방식을 간단하게 설명하면, 크랭크 프레스와 마찬가지로 동력원인 모터의 토크가 크랭크축에 전달되며, 편심 된 크랭크축이 회전하게 된다. 크랭크축의 편심부분에 커넥팅링크가 연결되어 있고, 크랭크축의 회전에 의해서 커넥팅 링크가 좌우방향으로 구동하며, 커넥팅 링크가 너클 기구를 밀고 당김으로서 프레스를 구동하게 된다. Fig. 2(a)는 너클 프레스의 너클 기구를 CATIA를 통하여 모델링한 모습이고, Fig. 2(b)는 ANSYS를 이용하여 크랭크축 360°회전 시 슬라이드의 스트로크 모션의 그래프이다. 너클 기구 또한 위의 크랭크 기구의 시뮬레이션 방법과 같은 조건으로 스트로크 모션을 산출하였다.



(a) knuckle mechanism



(b) Stroke motion of knuckle mechanism

Fig. 2 Shape of knuckle mechanism and stroke motion

2.3 구동기구에 대한 분석 결과

위의 시뮬레이션 결과를 통하여 대표적인 기계프레스 구동기구에 대한 성형충격을 분석하였다.

$$\begin{aligned}
 I &= F \times \Delta t & (1) \\
 &= ma \times \Delta t \\
 &= m \times \Delta v / \Delta t \times \Delta t \\
 &= m \times \Delta v \\
 &= m \times (v_2 - v_1)
 \end{aligned}$$

여기에서 I는 펀치의 충격량(impulse)을 뜻하고, F는 충격력(impulsive force)을 뜻한다. m은 슬라이드의 질량, a는 펀치의 가속도, t는 펀치와 가공물간의 충격시간, 그리고 v는 펀치의 충격속도를 뜻한다.

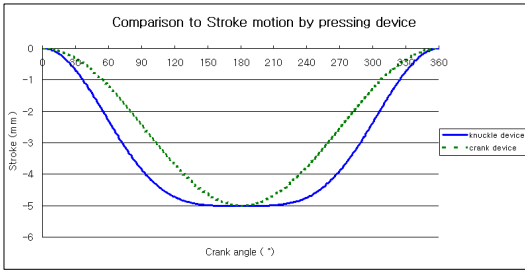


Fig. 3 Comparison between stroke motion of crank and knuckle mechanism

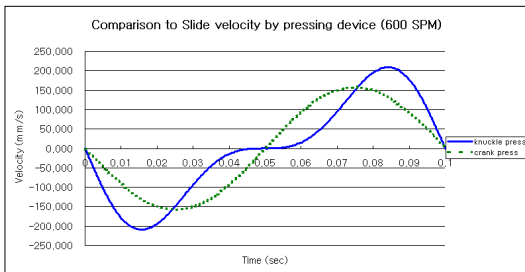


Fig. 4 Comparison between slide velocity of crank and knuckle mechanism

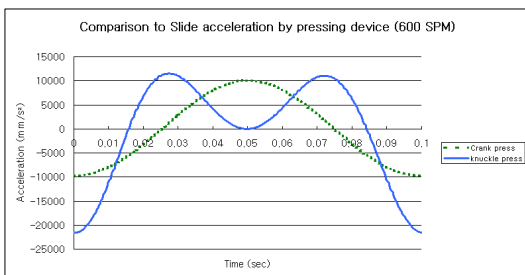


Fig. 5 Comparison between slide acceleration of crank and knuckle mechanism

위의 도출된 식(1)을 통하여 크랭크 기구와 너클 기구의 슬라이드 질량이 같다고 가정하고 v_2 는 하사점의 속도 0 mm/s로 가정한다면 펀치와 가공물의 초기충격속도를 줄임으로서 충격량이 감소하는 것을 알 수 있다.

Fig. 3은 크랭크 기구와 너클 기구의 Stroke Motion 비교에 대한 그래프의 모습이며, Fig. 4는 크랭크 기구와 너클 기구의 슬라이드 속도 비교에 대한 그래프의 모습이고 Fig. 5는 가속도 비교에 대한 그래프이다. Fig. 4와 Fig. 5의 결과와 같이 너클 프레스의 경우 하사점 근처에서의 펀치의 속도저하로 성형충격이 크랭크 프레스 보다 적어 금형수명을 연장할 수 있다고 판단된다.

3. 너클 기구에 대한 분석

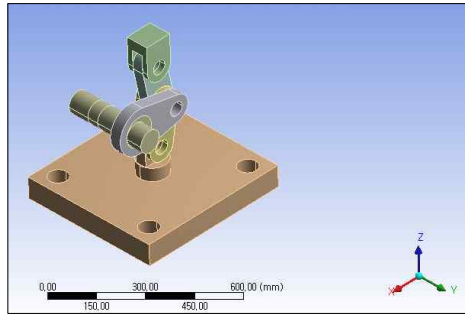
위의 분석 결과와 같이 너클 기구의 경우 성형충격이 적음을 알 수 있었다. 다음은 성형충격 저감에 적합한 너클기구에 대하여 단일 너클기구와 이중 너클기구의 분석을 수행하였다. 단일 너클기구와 이중 너클기구 모두 똑같은 완만한 스트로크 모션을 나타냈으나, 고속가공 시 발생하는 진동과 충격에 대하여 슬라이드 X축의 롤링모멘트와 Y축의 피칭모멘트 등의 비교 분석을 수행하였다.

3.1 해석조건

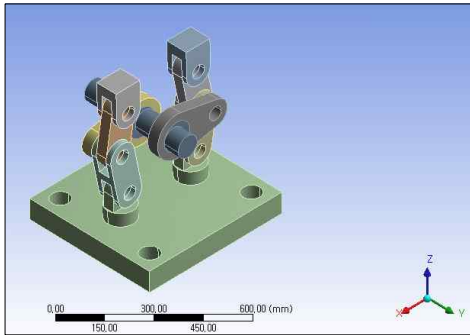
같은 부피의 슬라이드를 구동한다고 가정하고 크랭크축을 강제로 360° 회전했을 시의 단일 너클 기구와 이중 너클 기구의 슬라이드의 롤링모멘트와 피칭모멘트의 분석을 수행하였다. Fig. 6는 단일 너클 기구와 이중 너클 기구의 모습이다.

3.2 해석결과

Fig. 7, Fig. 8와 같이 단일 너클기구의 경우 최대 롤링모멘트 31344 N·mm, 최대 피칭모멘트 105030 N·mm이고, 이중 너클기구의 경우 최대 롤링모멘트 6558.6 N·mm, 최대 피칭모멘트 17179 N·mm의 결과가 나왔다. 위의 해석 결과 이중 너클 기구의 경우가 가공 시 모멘트에 의한 진동과 충격이 보다 적어 동적 발란스에 유리함을 알 수 있다.



(a) Single knuckle



(b) Double knuckle

Fig. 6 Shape of single and double knuckle mechanism

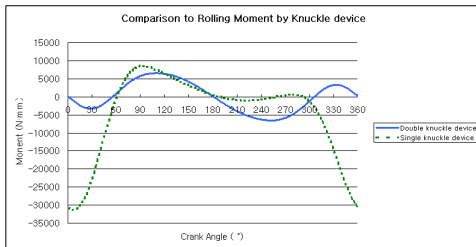


Fig. 7 Comparison between slide rolling moment of single and double mechanism

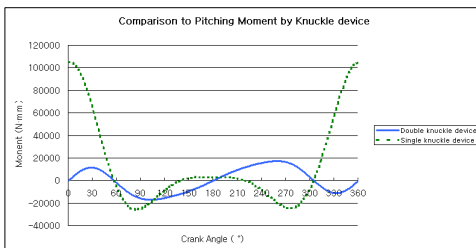


Fig. 8 Comparison between slide pitching moment of single and double mechanism

Table 1 Moment of single and double knuckle mechanism

| | Max. rolling moment (N · mm) | deviation (N · mm) | Max. pitching moment (N · mm) | deviation (N · mm) |
|----------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| single knuckle | 31344 | 24785.4 | 105030 | 87851 |
| double knuckle | 6558.6 | | 17179 | |

4. 결 론

본 연구에서는 프레스 가공에서의 성형충격 저감을 위한 프레스 구동기구에 관한 연구를 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 대표적인 기계프레스의 구동장치들의 분석을 통하여 너클기구의 경우 하사점 도달 시 보다 느린 펀치의 속도로 인한 충격량 감소로 펀치와 가공물의 성형충격 저감을 통하여 금형의 수명을 연장할 수 있을 것이라 판단된다.
- (2) 단일 너클 기구와 이중 너클 기구의 분석을 통하여 이중 너클 기구의 경우 가공 시 슬라이드의 롤링과 피칭 모멘트의 감소로 인하여 슬라이드와 금형에 대한 진동과 충격이 보다 줄어들 것이라 판단된다.

후 기

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

참고문헌

- (1) 김권희, 전상열, 이종구, 오수익, “미세 박판 스텝핑을 위한 초정밀 프레스 개발”, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp 225~230,

2001

- (2) 이종문, “금형설계 및 제작“, 기전연구소, pp 54~55, 228, 2003
- (3) K. Osakada, X. Wang, S. Hanami, “precision forging process with axially driven container“, J. Mat. Proc. Tech., No.71, pp105~112, 1997
- (4) Beer, Johntson, “Vector Mechanics for Engineers-DYNAMICS Third SI Metric Edition“, pp216, 2000