

## High Speed Press 하사점 변화에 따른 엠보싱 높이 변화 연구

김승수<sup>1</sup> · 김세환<sup>1</sup> · 이춘규<sup>†</sup>

공주대학교 금형공학과<sup>1</sup> · 유한대학교 금형설계과<sup>†</sup>

### A study on the embossing Height displacement of high speed press bottom point accordance

Seung-Soo Kim<sup>1</sup> · Sei-Whan Kim<sup>1</sup> · Chun-Kyu Lee<sup>†</sup>

Department of Mold & Die Engineering, Kongju National University<sup>1</sup>,

Department of Metal Die Design Engineering, yuhan College<sup>†</sup>

(Received May 12, 2016 / Revised May 31, 2016 / Accepted June 03, 2016)

**Abstract:** Production machines have been more important, due to quality level of vehicle motor core is getting higher. That is why, to improve assembly fit of tooling and to be emphasized how much moving down caused of deterioration of high speed press, it is also getting more important parts as solution of problems. To analyze how much move based on condition of movement as tooling and high speed press, and to measure how much impact to embossing height caused of changing movement down. As the result of investigation, in case of material thickness 0.5mm, there is highest pull and force power when emboss height is 0.45mm. If emboss height is less than 0.45mm, pull and force power is getting lower, if emboss height is higher than 0.45mm, it is impossible to make it forming caused of changed press movement, also it has been piercing.

**Key Words:** Dynamic-elastic deformation, High speed press machine, Motor core, Progressive Die, Positional accuracy

## 1. 서 론

문명사회에서 살고 있는 우리 현대인들은 약30여 개 정도의 모터(motor)를 일상생활 및 주변에서 항상 사용하고 있다고 한다. 모터에는 전자시계를 움직이는 모터에서부터 세탁기,냉장고,선풍기,핸드폰,보일러등 전자제품, 계측기, 자동차, 컴퓨터, 군수장비, 정밀성 있는 항공분야에서도 초정밀의 모터를 사용하고 있다.

현대사회의 제조기반을 기초로 움직이는 동력 및 유동성에 관련된 모든 제조 및 실생활에서 많은 분야에 적용되고 있는 분야이다, 특히 자동차의 모터는 정밀성과 안전에 영향을 받아 최근에는 성능에 영향을 미치는 형상 및 연비로 인한 중량을 최소화

하는 초 정밀성 모터를 요구하고, 개발 시 높은 수준의 품질을 요구하고 있는 추세이다.

한국의 제조기반의 밑바탕의 될 수 있는 자동차 부품의 경우 부품하나 하나의 정밀한 부품을 요구하고 전기차, 수소차 등 자동차가 최신모델로 변경할 때마다 자동차 내부의 조립품들은 가공수준의 품질을 요구하는 실정이다. 이와 관련하여 자동차에 조립되는 모터코어를 생산 제조하는 공정의 프레스(press)의 정밀도와 금형의 정밀도를 국내 전반의 제조공정들이 최신의 설비로 제조 양산을 하면 좋겠지만 중소기업이나 중견기업의 경우 기초 전반의 설비들이 노후화 되고, 중고설비를 사용하는 기업들이 많은 형편이며, 최신설비를 구매하였다고 해도 점차 노후화되기 마련이다.

Kim, Jung, Cho는 동적 탄성 변형 해석을 통한 고속 프레스 정밀도 분석<sup>1)</sup>을 통하여 고속 프레스는 작동 속도 증가에 따라 슬라이드의 반복위치 정밀도가 저하되고 프레스 구조 부품의 파손 위험성이

1. 공주대학교 금형공학과  
<sup>†</sup> 교신저자 : 유한대학교 금형설계과  
Email : ckt1230@naver.com

증가한다고 하였으며, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 동적 탄성 변형을 유한요소 해석과 실험을 통하여 분석하였다.

Kim은 사각 엠보싱 공정의 미세면 굴곡에 대한 재료 물성치 영향의 수치적 연구<sup>2)</sup>를 통하여 사각 엠보싱 공정에서 발생하는 미세면 굴곡에 대하여 대표적인 재료 물성치 중에서 미세면 굴곡에 영향을 줄 수 있는 인자들을 선정하고, 실험계획법을 활용하여 물성치가 미세면 굴곡에 미치는 영향도를 체계적으로 분석하였다.

본 연구에서는 프레스의 속도에 따른 하사점의 변위량을 분석하고, 모터코어용 금형을 이용하여 프레스 하사점의 변위량이 엠보싱 높이의 변화에 미치는 영향을 분석하여 최적의 엠보싱 높이를 실험을 통하여 연구하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 press 하사점 변위량 실험방법

고속 프레스는 현 제조 공정에서 모터코어의 경우 일반적으로 300~400spm 정도의 속도로 생산을 하고 있다. 금형을 셋팅하여 고속으로 생산을 하다 보면 프레스의 속도 변화에 따라 프레스의 구조적 공차와 종합 틈새, 동적 정도 및 사용에 따른 마모 등에 따라 상측 슬라이드의 변화를 가져오게 된다.

실험에는 300톤(ton) 고속 프레스를 사용하였으며, 정도 검사의 방법으로는 정적 정도 검사, 동적 정도 검사, 프레스 하중 검사, 프레스 하사점 변위량 측정 등이 있으며 본 실험에서는 엠보싱의 높이에 가장 큰 영향을 미치는 동적 정도 검사를 통한 부하 검사시 프레스의 하사점 변위량 변화를 측정하였다.

실험 방법으로 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 금형을 설치하여 프레스에 부하를 적용하고, 볼스터(bolster)의 상면 4개의 코너에 간극을 측정하기 위한 셀바를 설치하고 이를 컴퓨터에 연결하여 프레스 슬라이드의 속도에 따른 하사점 변위량을 프로그램에 의하여 자동 측정되도록 하였다.

### 2.2 엠보싱 높이와 모터코어의 체결력 실험방법

프레스의 하사점 변위량에 따른 엠보싱 높이의 변화와 모터코어의 체결력을 실험하기 위하여 Fig. 2와 같이 프로그레시브 5열의 적층금형을 제작하였으며, Fig. 3과 같이 엠보싱의 하면에는 엠보싱 패드를 설치하여 성형 후 제품을 이젝팅할 수 있도록 금

형을 설계하였다.

실험에는 변압기, 모터 코어에 사용되는 전기강판 0.5mm를 사용하였으며, 엠보싱의 높이는 0.35, 0.40, 0.45, 0.48mm를 적용하여 엠보싱 한계지점까지 실험을 실시하고, 인장실험을 실시하여 Table 1에 나타내었으며, 실험에는 앞서 하사점 변위량을 분석한 동일한 300톤 프레스를 사용하였다.

Fig. 4의 (a)에는 완성된 적층코어제품을 나타내며, (b)에는 엠보싱의 한계지점 도달에 의하여 피어싱된 불량제품을 나타내었다.

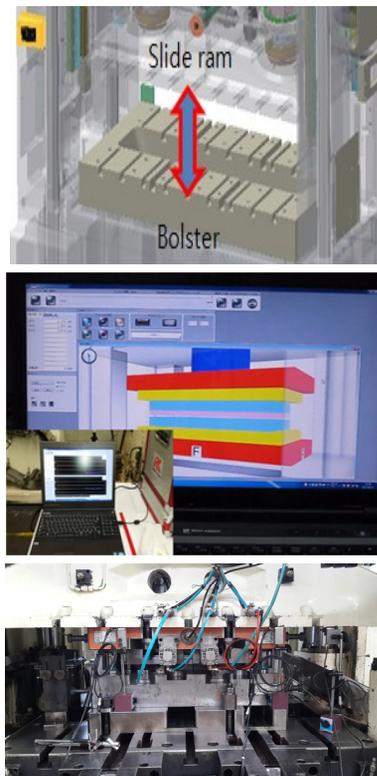


Fig. 1 Press bottom point displacement amount measuring method

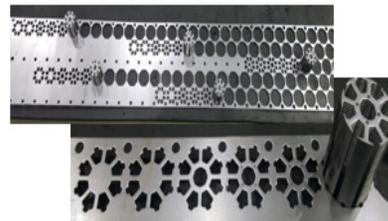


Fig. 2 Progressive motor core strip



Fig. 3 Progressive die embossing

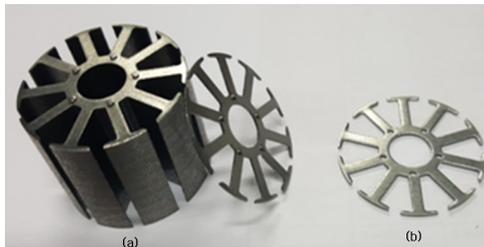


Fig. 4 Motor Core Products

### 3. 실험고찰

#### 3.1. press 하사점 변위량 고찰

프레스의 속도가 높아짐에 따라 하사점 변위량의 변화가 심해지고, 또한 사용년도가 많을수록 노후화가 누적되며, 프레스의 정밀도가 저하되는 현상이 발생할 것으로 예상되나, 실험에서 사용된 프레스는 정적 정밀도와 동적 정밀도에 대하여 1차적인 검사를 실시한 기계를 사용하였다.

실험용 300톤 프레스에 금형을 설치하여 부하를 적용한 상태에서 프레스의 속도를 100, 200, 300spm을 순차적으로 적용하여 실험을 실시한 결과 Fig. 5에 나타난 것과 같이 초기에는 하사점의 위치가 (+) 방향에서 시작하였으며, 서서히 (-)방향으로 감소하였다. 이 후 100spm부근에서는 프레스의 하사점 변위가 0에 가까운 정도로 거의 발생하지 않았으나, 200spm에서는 0.05mm의 변화에서부터 점차 (-)방향으로 증가하였으며, 300spm에서는 0.1mm에서부터 점차 (-)방향으로 증가하여 0.15mm의 하사점 변화량이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 프레스의 속

도를 300spm으로 일정하게 고정하였음에도 하사점의 위치는 완만한 계도를 그리며 변화하는 것으로 나타났다. 이는 프레스의 속도 증가의 영향과 구

조적인 문제 등에 의하여 하사점이 (-)방향으로 변화한 것으로 사료되며, 이로 인하여 엠보싱 제품의 높이에도 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Table 1 Embossing height and clamping force

제품번호	엠보싱 높이(mm)			
	0.35 (70%)	0.40 (80%)	0.45 (90%)	0.48 (96%)
체결력(kgf)				
1	0.5	1.0	1.5	0
2	0	1.5	1.5	2.0
3	0	1.0	2.0	0
4	0.5	1.5	1.0	0
5	0.5	1.0	2.5	1.0
6	0	1.5	2.0	0.5
7	0	1.0	2.0	1.0
8	1.5	1.0	2.0	1.0
9	0	1.5	1.5	1.0
10	0.5	2.0	2.0	1.5
11	0	1.0	1.5	2.0
12	0	2.0	1.0	0
13	0	1.5	1.5	1.0
14	0	1.0	2.0	1.0
15	1.5	1.5	2.5	0.5
16	0	1.0	2.0	1.0
17	0	2.0	2.0	1.0
18	1.0	1.0	1.5	1.5
19	1.5	1.0	2.0	1.0
20	1	1.5	2.0	1.0
평균	0.43	1.33	1.80	0.90

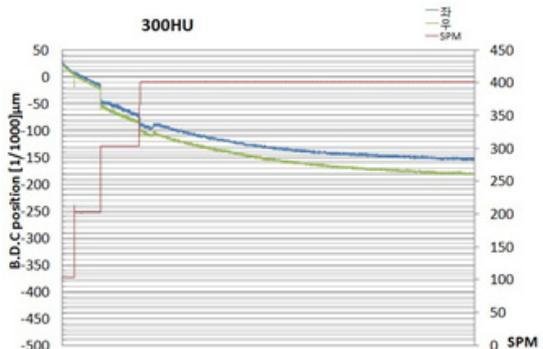


Fig. 5 Bottom point according to the press speed changing amount

#### 3.2. 엠보싱 높이와 모터코어의 체결력 고찰

엠보싱 높이를 변화시키면서 실험을 실시한 결과 0.5mm 두께의 판재에서는 96%인 0.48mm의 엠보싱을 실시하면 프레스 기계의 하사점 변화와 구조적인 문제점, 판재의 인장변형 한계 등에 의하여 엠보싱이 이뤄지지 못하고 피어싱이 발생하는 것으로

고찰되었다.

실험결과 Fig. 6에 나타낸 것과 같이 재료 두께 70%인 0.35mm의 높이로 엠보싱한 결과 체결력이 평균 0.43kgf로 나타났으며, 80%인 0.40mm로 엠보싱한 경우에는 평균 체결력이 1.33kgf로 나타났다. 또한 90%인 0.45mm로 엠보싱한 결과 평균 체결력이 1.8kgf로 나타났으며, 96%인 0.48mm로 엠보싱한 결과 0.9kgf로 고찰되었다.

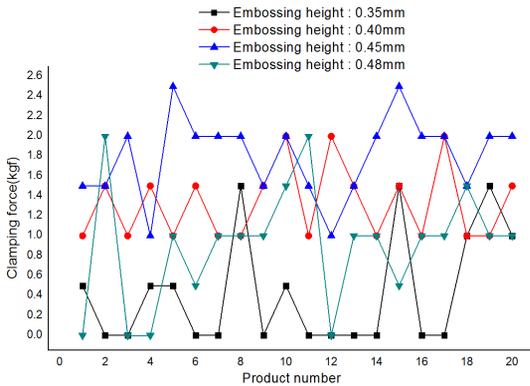


Fig. 6 Clamping force of the embossing height

### 3.3 하사점 변위에 대한 체결력 고찰

Table 2와 Fig. 7에 나타낸 것과 같이 70%인 0.35mm로 엠보싱한 경우에는 체결력도 낮은 값을 나타냈으며, 20개의 테스트 제품 중에서 11개의 제품이 체결되지 못하고 작은 힘에도 두 개의 부품이 이탈되는 것으로 나타났다. 0.5kgf의 제품이 4개, 1.0kgf의 제품이 2개, 1.5kgf의 제품이 3개로 조사되었다. 또한 96%인 0.48mm로 엠보싱한 결과 체결되지 못한 제품이 테스트 제품 20개 중에서 4개의 제품이 나타났으며, 0.5kgf의 제품이 2개, 1.0kgf의 제품이 10개, 1.5kgf의 제품이 2개, 2.0kgf의 제품이 2개로 나타났으며, 이는 70%인 0.35mm 엠보싱한 제품과 같이 높이의 낮음에 의하여 체결력이 부족한 것이 아니라 프레스 기계의 하사점 변화에 의하여 피어싱 되면서 체결되지 못하는 것으로 나타났다. 반면에 80%인 0.40mm로 엠보싱한 제품과 90%인 0.45mm로 엠보싱한 제품에서는 체결되지 못한 제품이 발생하지 않았으며, 80%인 0.40mm의 경우 1.0kgf의 제품이 10개, 1.5kgf의 제품이 7개, 2.0kgf의 제품이 3개인 것으로 고찰되었다.

90%인 0.45mm로 엠보싱한 제품에서는 1.0kgf의 제품이 2개, 1.5kgf의 제품이 6개, 2.0kgf의 제품이

10개, 2.5kgf의 제품이 2개로 조사되어, 두께 0.5mm의 판재에서는 가장 강한 체결력을 나타낸 것으로 조사되었다. 또한 1차 실험인 프레스의 하사점 변위에서 고찰된 것 같이 300spm에서는 하사점의 변위가 0.1~0.15mm 만큼 발생되더라도 체결력을 유지하기 위해 하사점 변위량 영향을 최소화 하기 위한 방안 및 하나의 중요한 원인으로 고찰되었다.

Table 2 Clamping force of the bottom point displacement

체결력 (kgf)	엠보싱 높이(mm)			
	0.35	0.40	0.45	0.48
0	11	·	·	4
0.5	4	·	·	2
1.0	2	10	2	10
1.5	3	7	6	2
2.0	·	3	10	2
2.5	·	·	2	·

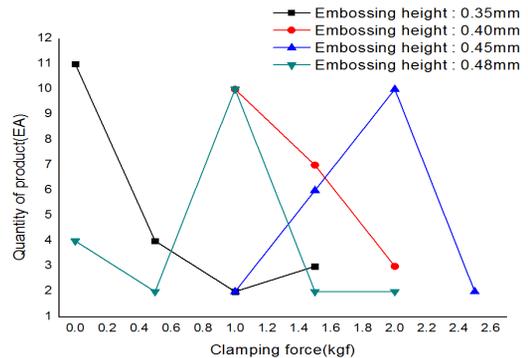


Fig. 7 Clamping force of the bottom point displacement

## 4. 결론

부하를 적용한 상태에서 프레스의 하사점 변위와 엠보싱의 높이 변화에 대하여 실험을 통하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) 프레스에 부하를 적용하고 기계의 속도를 증가시키면 하사점의 높이 차가 발생하였으며, 그 값의 크기는 속도를 증가시키면 변화량도 같이 증가하는 것으로 나타났다.

2) 프레스의 속도 100spm에서는 하사점의 변화량이 거의 나타나지 않았으며, 200spm에서는 0.05mm, 300spm에서는 최대 0.15mm의 변화된 하사점을 나

타냈다.

3) 하사점의 변화가 0.15mm 발생되는 속도인 300spm을 적용하여 엠보싱의 높이에 대한 체결력을 연구한 결과 엠보싱 높이 0.35mm에서는 평균 체결력이 0.43kgf로 고찰되었다.

4) 엠보싱의 높이 0.4mm에서는 평균 체결력이 1.33kgf로 고찰되었으며, 0.45mm에서는 평균 체결력 1.8kgf, 0.48mm로 엠보싱한 제품에서는 평균 0.9kgf의 체결력으로 고찰되었다.

5) 두 가지의 실험을 종합한 결과 프레스의 하사점 변화가 엠보싱 높이에 매우 큰 영향을 미치고 있으며, 모터코어를 적층성형하는 경우에는 더욱더 크게 작용하는 것으로 고찰되었다.

본 연구에서 실험한 프레스의 하사점 변위와 엠보싱 높이 변화에 따른 모터코어의 체결력 변화에

서는 속도에 따른 변위량과 높이에 따른 체결력 부분에서 연구를 하였으나, 추후에는 속도가 증가하더라도 엠보싱의 높이를 일정하게 유지할 수 있는 금형의 구조에 대하여 연구가 필요하고 사료된다.

## 참고문헌

- 1) Heung Kyu Kim, Chul Jae Jung, Chong du Cho, "Dynamic-elastic deformation analysis for precise design of high speed press machine", Transactions of the Korean Society of mechanical engineers. A, v.38 no.1, pp. 79-88, 2014.
- 2) Jin Hak Kim, "A Numerical Study on the Effect of Material Properties for the Surface Deflection in Rectangular Embossing Process", Seoul National University, 2014.