

# 마찰계수 및 금형간격 변화에 따른 촉매컨버터 방열판 결합을 위한 절곡하중 분석

\*이성욱<sup>1</sup>, 한동섭<sup>2</sup>, 한근조<sup>3</sup>, 김태형<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 동아대학교 대학원 기계공학과, <sup>2,3</sup> 동아대학교 기계공학과, <sup>4</sup> 경남정보대학 기계자동차산업계열

## Clinching Load Analysis for Combining the Heat Insulation Plate of Catalytic Converter According to the change of the Friction Coefficient and Die Gap

\*S. W. Lee<sup>1</sup>, D. S. Han<sup>2</sup>, G. J. Han<sup>3</sup>, T. H. Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Mech. Eng., Graduate School of Dong-A Univ., <sup>2,3</sup> Dept. of Mech. Eng., Dong-A Univ., <sup>4</sup> Dept. of Mech. Eng., K. I. T.

Key words : Catalytic converter, Heat insulation plate, Clinching load, Finite element analysis

### 1. 서론

자동차 배기시스템을 구성하는 구성품 중의 하나인 촉매컨버터는 플랜지로서 결합된 상·하부 방열판 내부에 촉매와 촉매의 외곽을 감싸는 단열재가 충전 되어있다.

촉매컨버터의 외부를 감싸고 있는 방열판은 배기관의 온도를 낮춤으로써 촉매컨버터의 실화(失火)를 방지하는 기능과 도로나 지표면에서 작용되는 충격으로부터 촉매컨버터의 파손을 방지하는 역할을 수행한다.

이러한 촉매컨버터 방열판은 금형을 이용한 절곡(clinching) 작업을 통하여 상·하부케이스를 결합하게 되므로 결합력 보장을 위해서는 절곡하중의 정확한 예측이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 상·하부 케이스 간의 마찰계수 및 금형간격 변화에 따른 촉매컨버터 방열판의 결합을 위해 필요한 절곡하중을 분석하고자 한다.

### 2. 유한요소해석

#### 2.1. 유한요소모델

마찰계수 및 금형간격 변화에 따른 절곡하중을 분석하기 위하여 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 방열판 상·하부 케이스의 유한요소모델을 구성하였다.

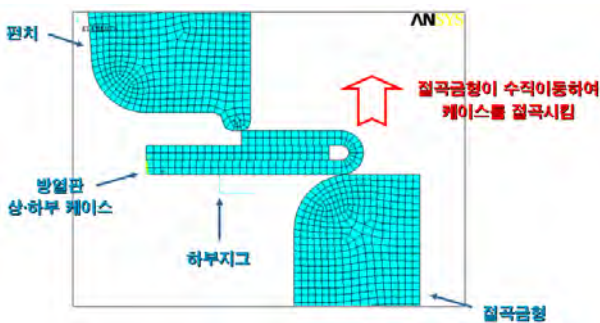


Fig. 1 Finite element model of clinching part

방열판 상·하부 케이스는 금형의 상부와 하부지그에 의하여 고정되므로 해석모델에서 제외하고 절곡작업에 의하여 가공되는 각 케이스의 플랜지 부분과 플랜지를 절곡시키는 펀치, 절곡금형을 모델링하여 유한요소해석에 적용하였다.

그리고 방열판 상·하부 케이스는 길이방향의 치수가 단면의 두께보다 충분히 크므로 수렴성과 해석시간을 단축시키기 위하여 평면변형률(Plain Strain)상태로 가정하여 유한요소해석을 수행하였다.

Table 1은 방열판 케이스 재료의 기계적 특성을 나타내고 있다.

Table 1 Material properties of heat insulation plate

Material	Elastic modulus	Yield strength	Tensile strength
STS304	190 GPa	380 GPa	750 GPa

#### 2.2. 하중 및 경계조건

방열판 재료의 마찰계수 변화에 따른 절곡하중을 분석하기 위하여 Fig. 1과 같이 구성된 유한요소모델에서 방열판 케이스의 마찰계수를 0.0 ~ 0.3까지 0.1씩 증가시키면서 방열판의 상·하부 케이스의 좌측 끝단 및 펀치, 하부지그의 모든 자유도를 완전히 고정하고 절곡금형을 상승시킴으로써 방열판 케이스가 절곡되도록 하였다.

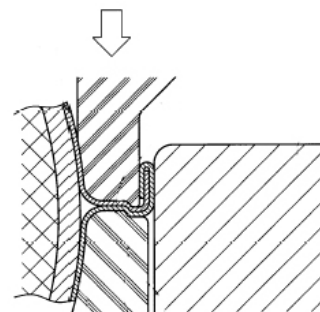
그리고 금형간격에 따른 절곡하중을 분석하기 위하여 펀치와 절곡금형의 간격을 1.9 ~ 3.4 mm까지 0.5 mm 간격으로 증가시켜 유한요소해석을 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

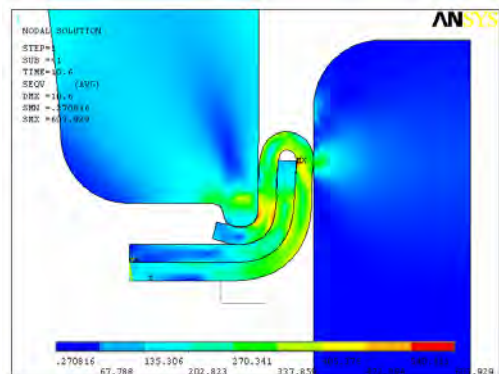
#### 3.1. 마찰계수 변화에 따른 절곡하중 분석

Fig. 2(a)는 방열판 상·하부 케이스의 절곡작업 개략도를 나타내고 있으며, Fig. 2(b)는 마찰계수가 0이고 펀치와 절곡금형 사이의 간격이 2.4 mm일 때 유한요소해석을 통하여 얻어진 절곡작업 후 방열판 케이스의 변형형상을 나타내고 있다.

Fig. 3은 방열판 케이스간의 마찰계수 변화에 따른 절곡하중 변화를 절곡금형의 이동거리에 대하여 나타내었으며, Table 2는 각 마찰계수에서의 최대 절곡하중을 보여주고 있다.



(a) Clinching mechanism



(b) Deformed shape

Fig. 2 Deformed shape of heat insulation plate case after clinching process

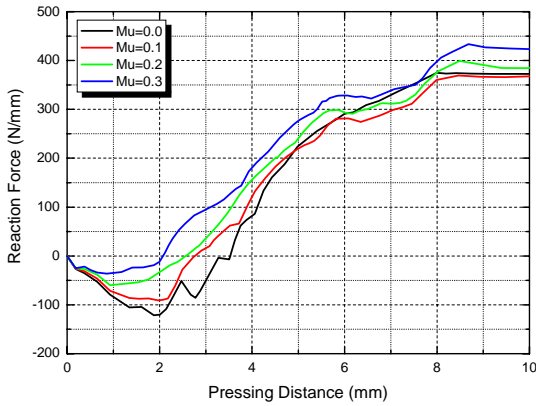


Fig. 3 Clinching load variation according to the friction coefficient

Table 2 maximum clinching load according to the friction coefficient

Friction coefficient	0.0	0.1	0.2	0.3
Max. clinching load	375 N/mm	369 N/mm	399 N/mm	434 N/mm

Fig. 3과 같이 절곡 초기에는 절곡금형이 상승함에 따라 방열판 케이스의 좌측 끝단도 펀치를 지지점으로 하여 상부 방향으로 변형을 하려 하므로 절곡하중을 나타내는 케이스 좌측 끝단의 고정점에서 얻어지는 반력이 음(-)의 값을 나타내게 된다. 그러나 이후 방열판 케이스의 절곡이 진행되면 케이스의 좌측 끝단은 하부로 변형하려 하므로 절곡하중이 양(+)의 값을 가지게 되는 것을 확인할 수 있다.

마찰계수에 따른 영향을 분석하면 마찰계수가 작을수록 절곡 초기에 발생하게 되는 음의 절곡하중이 컸으며, 양의 절곡하중이 나타나기 위해 필요한 절곡금형의 이동거리도 길었다.

그리고 마찰계수가 증가할수록 대부분의 경우에서 보다 큰 절곡하중이 필요한 것을 확인할 수 있었는데, 마찰계수가 0.0인 경우에 비해 0.3으로 증가될 경우 최대 절곡하중은 15.7% 가량 증가되었다.

3.2. 금형간격 변화에 따른 절곡하중 분석

Fig. 4는 펀치와 절곡금형과의 간격 변화에 따른 절곡하중 변화를 절곡금형의 이동거리에 대하여 나타내고 있으며, Table 3은 각 경우에 대한 최대 절곡하중을 보여주고 있다.

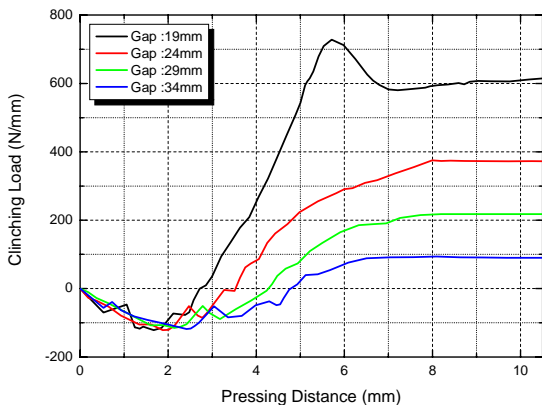


Fig. 4 Clinching load variation according to the gap between punch and clinching die

Table 3 Maximum clinching load according to the gap

Gap	19 mm	24 mm	29 mm	34 mm
Max. clinching load	728 N/mm	375 N/mm	218 N/mm	93 N/mm

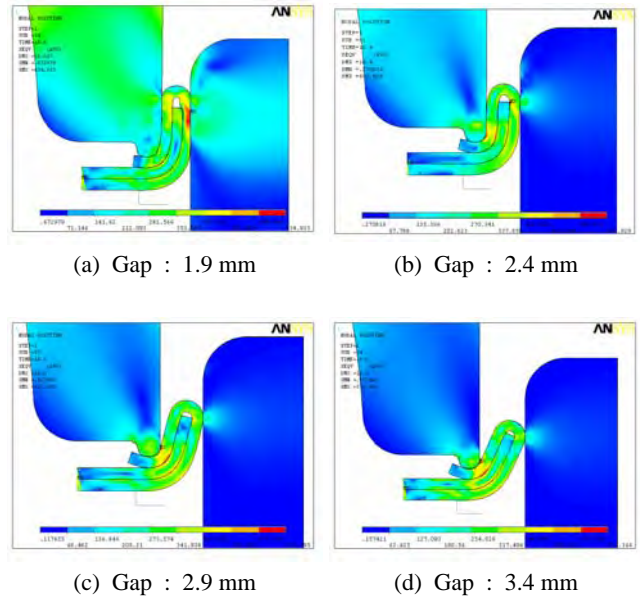


Fig. 5 Deformed shape of heat insulation plate case according to the gap between punch and clinching die

두께 0.8 mm의 방열판 케이스 절곡 시 펀치와 절곡금형간의 간격을 변화시켜 유한요소해석을 수행한 결과 금형간격이 1.9 mm와 2.4 mm일 경우 Fig. 5(a), (b)와 같이 절곡이 완벽하게 되었으나, 금형간격이 2.9, 3.4 mm인 경우에는 Fig. 5(c), (d)와 같이 정확한 절곡작업이 이루어지지 않았다. 그리고 금형간격이 1.9 mm인 경우에는 절곡은 이루어졌으나 방열판 상·하부 케이스 사이에서 압력현상이 발생하게 되어 강도면에서 안전성이 떨어질 것으로 판단된다.

절곡금형 이동에 따른 절곡하중을 분석하면 금형간격이 좁을수록 더 큰 절곡하중이 필요한 것을 확인할 수 있었으며, 특히 금형간격이 19 mm인 경우 케이스간의 압력으로 인하여 절곡금형이 5.5 mm 상승하였을 때 728 N/mm의 높은 절곡하중이 요구되었다. 이는 금형간격이 24 mm인 경우에 비해 94% 증가된 값이다.

4. 결론

본 연구에서는 자동차 배기시스템을 구성하는 촉매컨버터의 상·하부 방열판 결합을 위해 적용되는 절곡(clinching)작업에서 방열판 재료의 마찰계수 변화 및 절곡금형과 펀치사이의 거리 변화에 따른 절곡하중 변화를 비선형 접촉이론을 고려한 유한요소해석을 수행함으로써 분석하였다.

연구 수행 결과 마찰계수 변화에 따른 절곡하중 변화 특성을 확인할 수 있었으며, 방열판의 정확한 절곡작업을 위한 금형간격을 도출함으로써 촉매컨버터 방열판의 절곡금형 설계 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

1. ANSYS Inc., "ANSYS User's Manual," 1992.
2. Korea patent 10-0541235-0000, "The press for the manufacturing catalytic converter of automobile," 2005.
3. 한근조, "자동차 촉매컨버터 방열판 제작에 적용되는 clinching 공법의 1 action - 2 step forming system 개발에 관한 연구," 부산테크노파크, 2006.
4. 이성욱, 한동섭, 안태원, 한근조, "유한요소해석을 이용한 1 Action - 2 Step Clinching System 개발에 관한 연구," 대한기계학회 추계학술대회, 3905-3909, 2006.