

# 유한요소법을 이용한 자동차용 브레이크 파이프의 성형에 관한 연구

민병현<sup>#</sup>, 제원수<sup>\*</sup>, 예상돈<sup>\*\*</sup>

## A Study on Forming for Brake Pipe of Automobiles using Finite Element Method

Byeong-Hyeon Min<sup>#</sup>, Wone-Soo Jea<sup>\*</sup>, Sang-Don Ye<sup>\*\*</sup>

### ABSTRACT

The brake pipe is important part in automobile. The brake pipe have to prevent crack, fracture and defects for braking in safety. Especially, shape of ends of pipe has influence on ability of brake. Based on the procedure of process design, in this paper, the forming operation is designed by finite element method. Design variable and response value was selected shape of die and damage factor. To improve die that performed FEM and compared results of two types of die.

**Key Words** : Cold forging die, Brake Pipe, SPCC(Cold Rolled Mild Steel), FEM(Finite Element Method)

### 1. 서 론

현재 국내의 자동차용 금속파이프 단부 성형공정은 공압 및 휠 타입의 수동 성형기를 사용하고 있다. 자동차용 브레이크 파이프는 자동차 내에서 브레이크 성능에 중대한 영향을 미치는 핵심 부품중의 하나이다.<sup>1)</sup> 자동차의 완벽한 제동을 위해 브레이크 파이프는 균열, 파손, 누유 등의 결함에 대하여 완벽하게 품질보증되어야 하며, 특히 파이프 양끝단의 성형부 형상은 브레이크의 성능에 중대한 영향을 미치는

부분이므로 정밀성형이 이루어져야 한다. 따라서 냉간단조시 금형내부의 소재의 유동은 금형의 형상, 금형과 소재의 마찰로 인하여 소재와 접하는 금형의 내면에 높은 압력이 작용하게 되어 금형과 성형 장치의 손상이나 최종품의 형상에 결육이나 접침등에 대한 예방과 개선이 무엇보다 중요하게 요구되는 제품이다.<sup>2-4)</sup>

이 연구에서는 상용 강소성 유한요소해석 프로그램인 DEFORM-2D를 사용하여 자동차용 브레이크 파이프의 사두형상의 성형공정해석을 기존 펀치 형상과 개량한 펀치 형상의 해석을 통해 실제 현장에서 손쉽게 적용하여 제품의 경쟁력을 확보할 수 있고 제품의 품질향상 및 향후 신제품 개발에 활용할 수 있도록 하였다.<sup>5-6)</sup>

\* 동의대학교 대학원 기계공학부

# 교신저자 : 동의대학교 기계공학과

E-mail : bhmin@deu.ac.kr

\*\* 동의대학교 기계공학과

## 2. 냉간단조 성형조건 및 구조

이 연구에 사용된 소재는 외경  $\phi 4.76\text{mm}$ 이고 내경은  $\phi 3.2\text{mm}$ 의 인발한 냉간압연(SPCC) 파이프이다. 이 파이프의 인장강도는 353 MPa, 항복강도 335 MPa, 기계적 성질은 Table 1에 나타내었다. 최종 성형된 형상은 Fig. 1과 같고 사용된 금형은 Fig. 2와 같이 설계하였으며, 펀치와 다이로 구성되고, 성형시 스트로크 길이를 정확히 제어하기 위하여 상형 펀치와 다이가 접촉되는 부분의 (A)부의 치수를 변화하면서 해석을 수행하였다. 사용된 금형은 직접 소재와 접촉하는 성형부는 강도와 내마모성등이 우수해야 함으로 금형 형상부 재료에 주로 사용되는 SKD11종을 화염 열처리 후 사용하였으며, 다이는 파이프 소재의 정확한 척킹 위하여 표면부분을 홈을 가공하였다.

해석에 사용된 자동차용 브레이크 파이프 소재는 SPCC를 사용하였으며, 이 연구에서는 재료의 유동응력과 변형률 및 변형률속도의 관계식은 인장시험 결과를 사용하였으며, 해석을 위하여 사용된 펀치와 소재 사이의 마찰은 전단마찰로 가정하고 전단마찰상수는 0.3로 가정하였다. Fig. 3는 사두모양의 펀치 형상을 나타내었으며 Fig. 3의 (a)는 기존의 펀치 형상이고, Fig. 3의 (b)는 개량된 펀치 형상을 나타내었다.

Table 1 Mechanical properties of the SPCC pipe

Tensile Strength (MPa)	Yield Strength(MPa)	Elongation (%)	Hardness (HRC)
353	335	30 Gauge Length 50mm	130

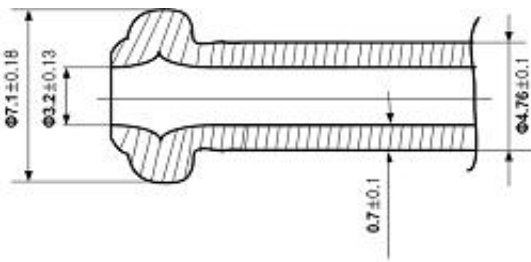


Fig. 1 Clamping part for brake pipe of automobiles drawing

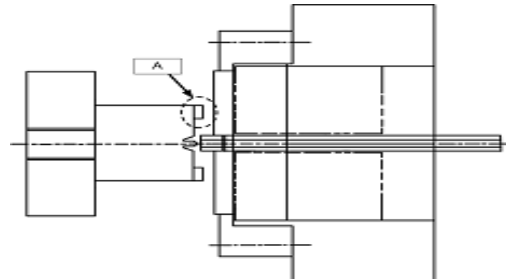


Fig. 2 Schematic drawing of the press used to form the pipe

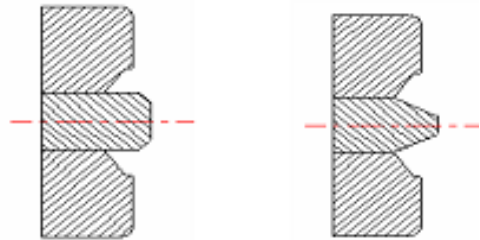


Fig. 3 Punching shape of cold forging dies

## 3. 해석결과 및 고찰

Fig. 4의 (a), (b)는 개량된 펀치와 기존의 펀치를 사용하여 성형했을 때의 손상(damage) 해석결과 각각 나타내었다. 기존의 펀치와 개량된 펀치 모두 변형 최종 단계에서 사두형상 중앙부 외각에서 손상이 최대로 발생 하였으며, 기존의 펀치형상에서는 손상이 0.395이고, 개량된 펀치에서는 0.382로 0.013의 차이를 나타내었다. 개량된 펀치의 손상이 낮게 나타난 것은 기존 펀치보다 개량된 펀치의 상부 접촉면적이 작고, 소재의 밀립현상이 작게 나타난 것으로 판단된다.

Fig. 5는 기존의 펀치와 개량된 펀치를 사용하여 성형했을 때의 응력 분포 및 스트로크에 따른 하중 변화를 각각 나타내었다. 개량된 펀치(a)와 기존 펀치(b)는 응력 및 스트로크에 따른 하중 변화는 차이가 나타나지 않았다. 응력 분포도 손상 분포와 마찬가지로 사두형상 외각 부분에 집중적으로 일어남을 알 수 있으며, 성형 개시 후 약3.10mm 지점에서 큰 하중이 걸리는 것을 볼 수 있다. 이것은 좌굴이 끝난

소재에 펀치의 과도한 소성변형 거리에 의해 사두형상의 소재가 겹치는 현상이 발생하여 하중이 급격히 증가하는 것으로 판단되어 진다.

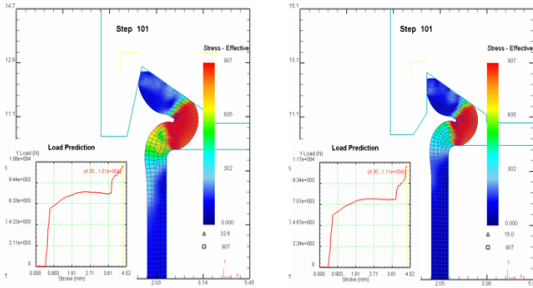


Fig. 5 Simulated load-stroke curve & Distribution of effective stress

이상의 결과에서 기존의 펀치를 사용하여 사두모양의 성형은 펀치의 과도한 스트로크로 인해 밀림현상의 위험이 높고, 펀치면에 발생하는 접촉압력이 커져 펀치 표면의 마모가 빨리 진행되어 펀치의 수명을 단축시킬 수 있다. 또한 파이프를 조립할 때 조립너트와 관단부 밀면이 접촉하는 면적이 넓어져 체결시 파이프가 너트와 함께 회전할 위험성이 높다. 따라서 위험 요소를 줄이기 위해서는 Fig. 1의 도면에 나타난 형상으로 관단부를 성형하기 위해서는 기존의 펀치보다는 개량된 펀치 형상 성형해야 관단부 형상이 도면과 유사하며 펀치의 교환주기를 높일 수 있을 것이다.

#### 4. 결 론

자동차용 브레이크 파이프의 관단부 성형에 대한 기존 펀치와 개량된 펀치를 사용하여 유한요소 해석을 수행하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 기존 펀치와 개량된 펀치 모두 사두형상의 중앙부 외각에서 가장 큰 응력과 손상 발생하였다.
- 2) 기존의 펀치와 개량된 펀치로 유한요소 해석을 각각 수행한 결과 개량된 펀치가 금형과 소재의 접촉면의 작아 펀치의 마모를 줄여 펀치의 수명을 높일

수 있었다.

- 3) 유한요소법을 이용하여 사두모양 성형공정 해석을 수행함으로써 소재의 손상 부분을 미리 예측할 수 있었고, 펀치의 개량에 반영하여 보다 우수한 품질의 제품을 생산할 수 있었다.

#### 후 기

이 논문은 2008학년도 동의대학교 교내 연구비에 의해 연구되었음. (2008AA154)

#### 참고문헌

1. 박건형, 여홍태, 허관도, “반응표면분석법을 이용한 연료분사 하우징의 성형공정 설계”, 한국소성가공학회지 추계학술대회논문집, pp311-314, 2004
2. Seth, S., and Shivpuri, R., "Simultaneous Consideration of Process Development and Die Design for Forming a Fuel Nozzle", Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 119, pp.358-367, 1997
3. Kini, S. D., and Shivpuri, R., "Precision and Ejection Issues in the Cold Forging of a Fuel Injector Nozzle", Proc Instn Mech Engrs, Vol.215, pp.927-933, 2001
4. Shivpuri, R., Babu, S., Kini, S., and Pauskar, P., "Recent Advances in Cold and Warm Forging Process Modeling Techniques: Selected Examples", Journal of Materials Processing Technoogy', Vol.46, pp.127-134, 1994
5. "DEFORM User's Manual", Scientific Forming Technologies Coporation, Vol.7, 2002
6. 고대철, 이진희, 김병민, 최재찬, “금속성형공정에서 연성과 예측”, 한국소성가공학회지, 제3권, 제2호, pp.167-177, 1994