

굽힘형 차량 엔진 마운팅 바 Dog Bone의 프레스 성형기술 개발 Development of Press forming Technology for Dog Bone as Bended Mounting Bar

*강재영¹, #김동환², 이상호³, 신현구⁴, 김병민⁵

J. Y. Kang¹, #D. H. Kim(dh403@iuk.ac.kr)², S. H. Lee³, H. K. shin⁴, B. M. Kim⁵

¹ 한국국제대학교 자동차공학과 대학원, ² 한국국제대학교 자동차공학과, ³ 부산대학교 정밀가공시스템 대학원, ⁴ ㈜ 거양금속, ⁵ 부산대학교

Key words : Dog Bone, Mounting Bar, Press Forming

1. 서론

차세대, 고급 자동차를 개발하는데 있어서 가장 먼저 해결해야 할 문제는 자동차의 소음 및 진동의 원인을 차단하는 기술을 개발하는데 있다. 일반적으로 엔진에서 차체로 전달되는 소음과 진동은 마운팅에서 1차 흡수되고, 서브프레임과 마운팅부시에서 2차 흡수되며, 최종적으로 감소된 소음과 진동이 차체에 전달된다. 그러나 일반차종의 경우 2차 흡수 없이 마운팅 흡수만으로 차체에 진동이 그대로 전달된다. 이에 국의 업체에서 기존의 직선형 도그본이 아닌 굽힘형의 도그본 마운팅 바를 개발하였고, 고무와의 체결력, 고무의 찢어짐 방지 및 차체 완충작용 그리고 차체로의 소음 및 진동 전달이 기존의 직선형 보다 유리함을 입증하였다.

본 연구에서는 Fig. 1에 나타난바와 같이 굽힘형 도그본에 대한 성형해석을 수행하고, 해석결과로부터 최적의 냉간단조 공정을 개발하고자 한다. 성형해석을 위하여 본 연구에서는 상용 유한요소코드인 DEFORM-3D를 이용하였다.

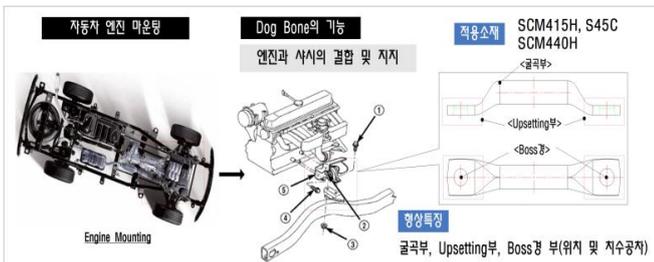
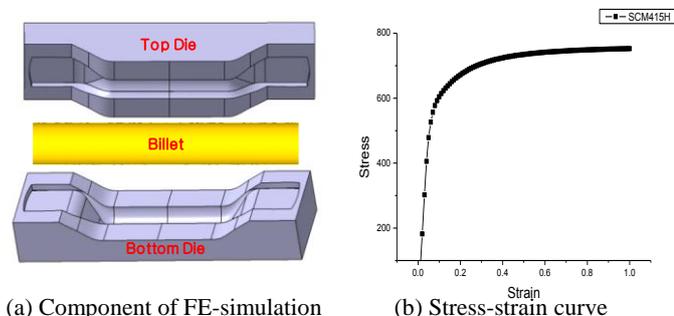


Fig. 1 Function of dog-bone and design

2. 성형해석

굽힘형 도그본의 도면을 통해 도그본을 3D 모델링하여 금형을 만드는 역설계를 하였다. Fig. 2(a)에서 보는 것처럼 형단조형 금형을 설계하여 해석 및 실험 하였다.



(a) Component of FE-simulation

(b) Stress-strain curve

Fig. 2 Die component and stress-strain curve of SCM415H

본 논문의 대상인 도그본은 앞서 매우 높은 강성과 신뢰성 그리고 진동흡수성이 요구되는 부품으로 본 논문에서는 가공경화지수 (n) 0.10, 강도계수 (k) 784MPa를 가지는 SCM415H의 소재를 사용하였다. 소재의 응력-변형률 곡선은 Fig. 2(b)에서 나타내었다. 시뮬레이션에 사용된 프로그램은 상용 유한요소 코드인 DEFORM-3D이며, 대칭성을

고려하여 1/4 단면을 해석하였다. 펀치의 속도와 마찰계수 (m)은 1m/sec 및 0.12를 적용하였다. 초기소재는 봉재형으로서 3가지의 형상으로 된 소재를 해석에 사용하였다. 소재의 재원으로 1번 소재는 길이(L) 150mm, 지름(φ) 17mm, 2번 소재는 L 150mm, φ17.1mm, 3번 소재는 L 152mm, φ17mm을 가진다.

성형되는 과정은 Fig. 3의 순서로 성형되었다. 소재의 중앙 부분은 해석시 변형하지 않고 소재를 고정하면서 양 끝 부분만 변형 및 해석 하게 된다.

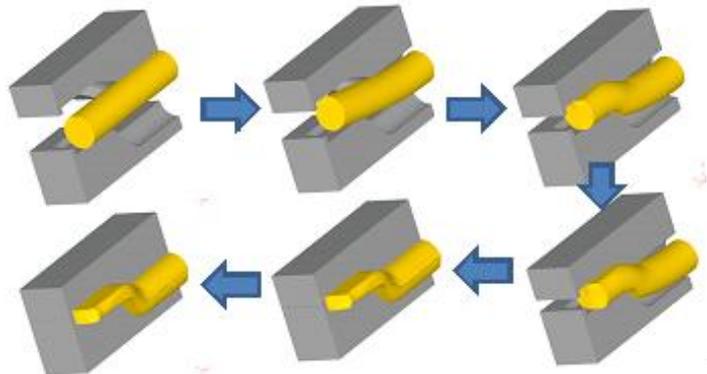


Fig. 3 Process of FE-simulation

해석 결과 1번 소재는 Fig. 4(a)에서 보는 것처럼 미충만 하였으며 형단조의 가장 큰 특징인 플래쉬가 펀치와 다이의 맞닿은 라인을 따라 소재 전반에 걸쳐 생겼다. 2번 소재 역시, Fig. 4(b)처럼 미충만 하면서 전반적으로 플래쉬가 생겼으며, Fig. 4(c) 3번 소재는 충만성은 우수하나 플래쉬가 생기면서 단조하중이 상승 하였다.

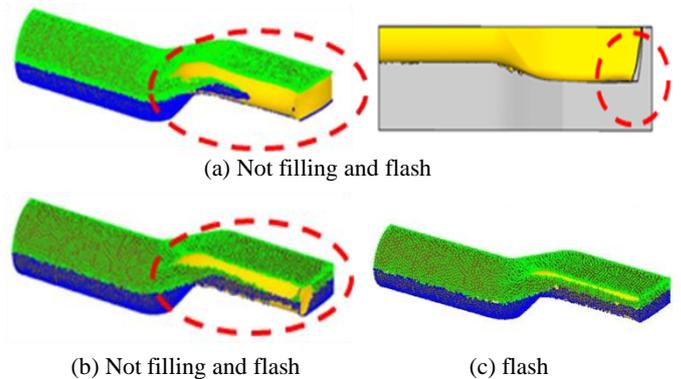


Fig. 4 Comparison of material

3. 업세팅 공법의 해석과 적용

성형성, 즉 소재의 충만 정도에 따라 플래쉬 및 단조하중이 상승하였다. 이에 플래쉬로 인한 후가공으로 금형수명이 불가피하다. 따라서 형단조 공법에서 업세팅 공법으로 수정하여 해석하였다. 업세팅 금형은 Fig. 5처럼 구성하였고, 초기소재의 형상 또한 길이 150mm, 지름 170mm의 단일 소재로 해석하였다. 중앙 지지대는 펀치와 같은 속도

로 움직이며 소재를 고정하는 역할을 하게 되며, 소재의 양쪽 옆에 자리한 홀더는 본 논문의 주요 변수로서 움직임을 스프링대신 속도로 제어하여 5 가지의 속도를 변수로 두고 해석하였다. 각의 변수로는 홀더가 없는 경우, 홀더가 좌우로 100mm/s, 150mm/s, 200mm/s, 250mm/s 의 속도로 벌어졌을 때 소재의 끝부분의 성형성을 판단하였다.

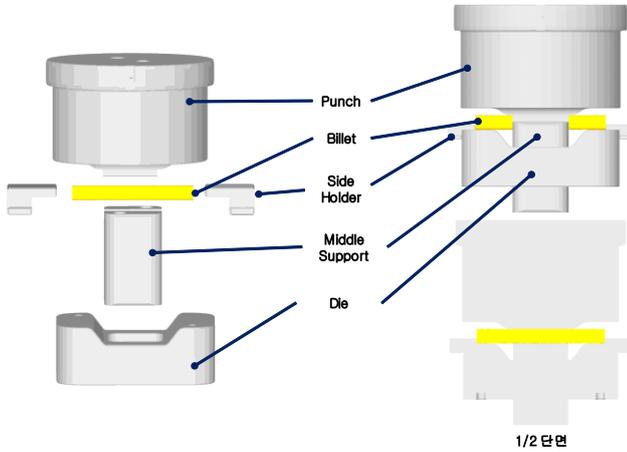


Fig. 5 Component of Upsetting process

소재 유동속도를 알아보기 위해 Fig. 6(a)처럼 소재의 끝부분을 상단, 중단, 하단으로 나누어 포인트를 부여하여 펀치행정에 따라 속도를 측정하였다. 먼저 홀더가 없을 경우 각 포인트 속도는 Fig. 6(b)와 같다. 그래프에서 보면 소재의 유동은 일정한 속도로 균형있게 성형되는 것을 알 수 있다. Fig. 6(c)와 (d)는 홀더의 속도가 느린 탓에 소재가 홀더의 상부로 튀어나와 플래쉬를 생성한다. Fig. 6(e)와 (f)는 홀더가 일찍 먼저 빠져나가면서 펀치행정이 15mm 움직였을 때 소재와 접촉이 일어났고, 소재의 유동을 홀더가 방해하며, 도그 본의 끝부분의 성형성이 가장 우수했다.

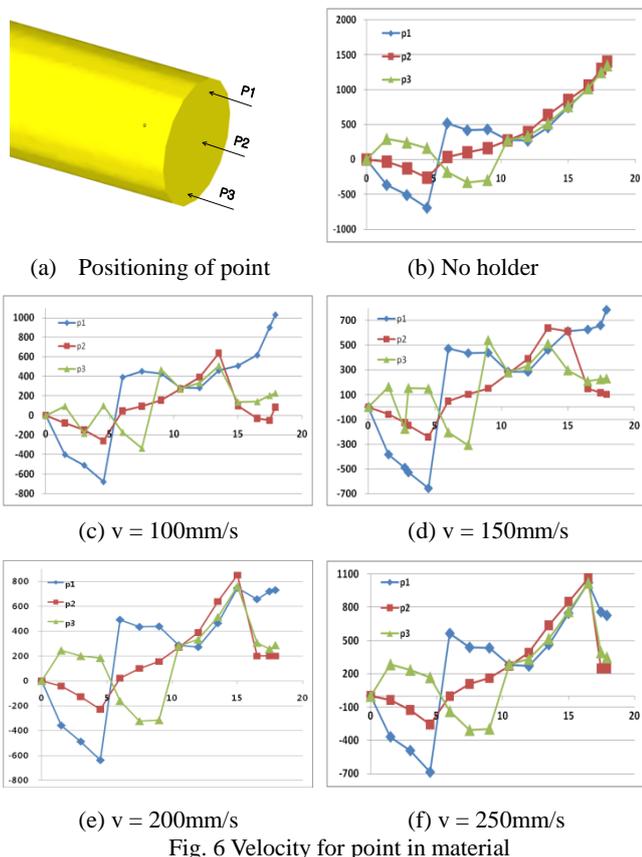


Fig. 6 Velocity for point in material

Fig. 7 그래프는 소재의 끝부분 형상이다. 이 그래프에서 제일 폭이 넓은 소재는 $v = 100\text{mm/s}$ 으로서 폭이 넓을수록 소재의 끝부분이 유동에 방해를 받아 옆으로 퍼진 모습이므로 성형성이 떨어진다. 폭은 홀더가 없을때가 26.12mm 으로서 가장 작았으며, $v = 100\text{mm/s}$ 의 폭은 28.04mm 이며, $v = 250\text{mm/s}$ 으로서 갈수록 작아졌다.

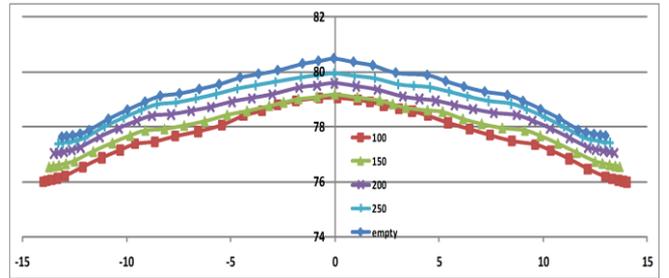


Fig. 7 Shape factor of material

부채꼴 형상의 폭이 안나오는 것도 중요하지만 소재의 양끝과 중앙 부분의 높이 차이가 있다. 이 높이의 차이는 적을수록 평평하다는 의미 이므로 실제로 적을수록 좋다.

높이차이는 Fig. 6(b) 홀더가 없을 경우 2.81mm(L), 2.79mm(R)이며, (c) 일때는 3.05mm(L), 3.07mm(R)이며, (d)는 2.63mm(L), 2.62mm(R), (e) 2.56mm(L), 2.53(R)이며, (f)일때는 2.56mm(L), 2.53mm(R)으로 (e)와 (f)는 같은 값이 나왔다. 그러나 높이 차이가 같다고 해서 최종형상의 길이가 같다는 것은 아니므로 주의가 필요하다

해석결과로부터 Fig. 5 와 같이 시제품을 제작하여 도그본 성형 실험을 수행하였다. Fig. 8(a)는 실험에 사용된 굽힘형상을 나타내었다. 본 굽힘형으로 실험한 결과 무결함 정밀 도그본 부품 성형을 할 수 있었다. Fig. 8(b)는 최종 도그본 부품형상을 나타내었다.



(a) Die component (b) Dog bone
Fig. 8 Shape factor of material

4. 결론

본 논문에서는 굽힘형 차량형 마운팅 도그본의 프레스 개발을 위하여 최적설계 및 결함방지를 위한 방법을 연구 하였다. 본 연구로부터 소재의 유동을 제어하여 2 차, 3 차 가공이 필요없는 프레스를 개발, 양산하는 기술개발에 적용될 것으로 판단된다.

후기

이 논문은 2009 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Dohmann, F., Traudt, O., "Metal Flow and Tool Stress in Cold Forging of Gear Components," Proc. 2th ICTP, 2,1081-1089, 197
2. Kim, D. H., Kim, B. M., "Preform Design of the Bevel Gear for the Warm Forging using Artificial Neural Network," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, 20(7), 36-43, 2003.