

유한요소법을 이용한 머플러 튜브의 타공공정 성형해석

황원식*, 박정식, 김석대(부경대 대학원 기계공학과), 한규택(부경대 기계공학부)

주제어 : 머플러(muffler), 타공(perforating), 유한요소법(Finite Element Method), 클리어런스(clearance), 튜브(tube), 시어각(shear angle)

머플러는 소음의 저감과 공기 정화의 특성으로 인해 자동차와 중장비에 적용되고 있다. 최근에는 강화되고 있는 엄격한 환경규제를 만족하기 위해 그 설계와 제조에 있어 그 중요성이 높아지고 있으며, 머플러 튜브의 형태와 타공의 개수 및 배열은 다양한 형태로 연구가 이루어지고 있다. 이 중에서 튜브의 타공은 차량의 중량과 기능에 따라 다양한 형태를 가지며, 모델수의 증가와 출시시간의 단축으로 인해 튜브의 타공기술은 머플러 시장의 경쟁력을 좌우할 정도로 중요해 지고 있다. 본 연구에서는 튜브상태에서 다양한 형태의 타공을 정밀하게 가공할 수 있도록 금형을 설계하고, 성형해석하여, 최적의 튜브 타공 조건을 도출하고자 하였다.

튜브 상태에서의 타공시 가장 크게 영향을 주는 요인인 클리어런스와 펀치의 형상변경을 통해 튜브 성형상태를 관찰하였다. 타공성형은 중장비용 머플러 중 $\varnothing 101.6$ 의 튜브에 길이방향으로 $\varnothing 8$ 의 홀(hole)을 일정간격으로 이루어지게 하였고, 2차원 타공해석시 축대칭 문제로 튜브의 특성을 일치시키기 어려운 점과 3차원 펀치의 형상을 구현할 수 없는 점을 감안하여, Fig. 1과 같이 펀치(punch), 다이(die) 및 튜브의 사각부분을 3차원으로 모델링(modeling) 하였다. 그리고 유한요소해석 상용프로그램인 DEFORM™-3D를 이용하여 펀치와 다이형상을 성형해석하여 연속적인 타공공정에 적용하였다.

Fig. 2는 튜브의 타공이 이루어지고 난후에 나타나는 변형의 분포를 나타내고 있다. 펀치의 시어각(shear angle)이 튜브의 형상각도인 10° 와 유사한 값 일때, 펀치의 하강시 성형부에 균일하게 힘이 배분되어 가장 양호한 성형형상을 나타내었으며, 실제 성형시에도 정밀한 튜브 타공 제품을 얻을 수 있었다. 또한 곡면의 튜브에 성형에서 펀치와 다이의 클리어런스가 10% 정도에서 버어(burr)의 형상이 줄어들고, 최적의 성형면을 나타냄을 알 수 있었다.

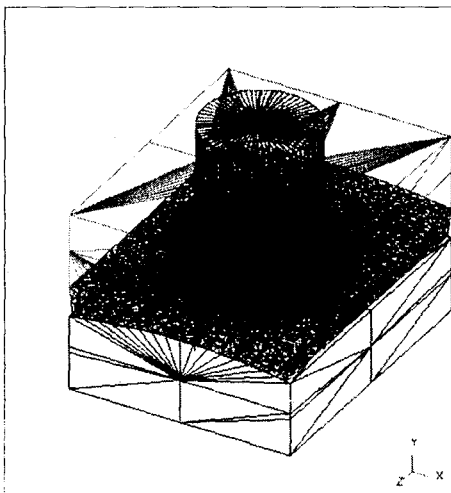


Fig. 1 Finite element model of muffler tube

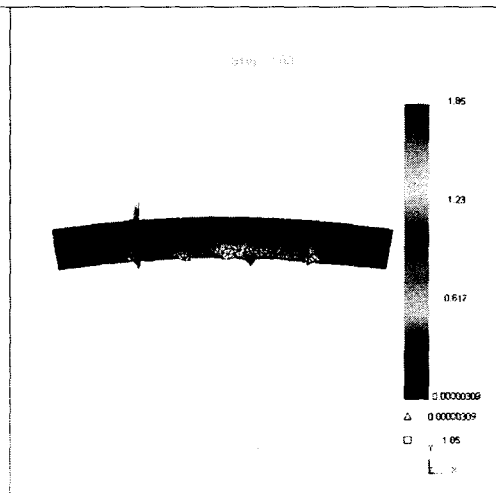


Fig. 2 Distribution of strain