

마그네슘 합금 박판의 성형실험 및 파괴예측에 대한 유한요소해석  
( A forming experiment of magnesium alloy sheet metal and finite element analysis on the failure prediction )

인하대학원 기계공학과 김남성, 김재도 한국생산기술연구원 차백순, 김정민

1. 서론

마그네슘은 은백색의 가벼운 금속으로 연성(延性)이 있어, 얇은 박(箔)이나 가는 철사로 만들 수 있고, Mg합금은 Al합금 비중의 66%로 재료 중 비강도가 가장 커 항공기용 부품으로 각광을 받고 있는 비철금속으로써 경량성과 뛰어난 가공성을 가진 Mg합금은 진동 흡수성이 우수하기 때문에 반복 운동이나 단속 운동하는 부분에 사용함으로써 기계 장치의 변형이나 파괴를 방지하고 수명을 길게 함과 동시에 소음을 감소 할 수 있고, Mg합금의 도전율은 상당히 높고 또한 BULK상태의 제품이므로 전자파 차폐 효과는 거의 완벽에 가깝다. 본 연구에서는 마그네슘을 기초로 한 합금 AZ31판재의 deep drawing을 하였고 유한요소방법에 의한 시뮬레이션을 통해 성형과정중 발생하는 파괴를 예측하였다. 경험적인 관찰로 본 것과 AZ31판재의 단조과정 안에서의 임계 펀치행정의 비교를 통해 파괴초기상태는 연성과파괴 검사기준 시뮬레이션의 결합을 통해 성공적으로 예측한다. 본 연구에서 제안하는 접근은 AZ31 판재의 다른 명확한 부러지는 현상 없이 갑자기 깨지는 단조 한계의 예측을 통해서 적용한다.

2. 실험방법 및 실험결과

본 연구의 실험에 사용된 소재는 마그네슘을 기초로 한 합금 AZ31(Mg-3Al-1Zn) 판재로 소재 두께(t)는 1.1mm이고 지름(D)은 90mm이다. 실험은 punch radius의 변화에 따른 영향과 판재온도의 변화에 따른 성형성을 비교하였고, 일정한 온도에서 성형 후 판재의 두께 변화를 측정하였다. 이때 펀치의 속도는 3mm/s정도이다.

온도가 400℃일 때의 punch radius가 5, 10, 15, 20mm일 때 10mm의 펀치 행정이 가장 길어졌음을 알 수 있었고, 온도 200℃일 때도 같은 현상을 보여주었다. 하지만 500℃에서는 punch radius와 무관하게 펀치행정이 일정한 것을 알 수 있었다.

3. 박판 마그네슘 합금의 성형성해석

구조물이나 기계요소를 설계하기 위해서는 가하여진 힘, 모멘트 혹은 열변형에 의하여 발생하는 응력이나 변형률을 재료의 허용 응력이나 허용변형률과 비교하여야만 한다. 응력장이 이축 혹은 다축 응력상태에 있을 경우에는, 이러한 비교를 하기 위하여 적당한 파손이론이 필요하게 된다. 여기에서는 부피를 변화하기 위한 에너지와 변형을 시키기 위하여 필요한 에너지는 분리시킬 수가 없으므로 이방성물질의 파손이론인 Tsai-Hill의 이론을 적용한다.

판재의 재질이 2차원 등방성 축대칭 변형이라고 가정을 하고, 실험에서와 같이 punch radius와 판재온도의 변화에 따른 성형과정중 발생하는 파괴를 예측하였다.

기본적인 단조과정에서 마그네슘을 기본으로 한 합금 AZ31판재의 성형성을 Oyane's ductile fracture criterion과 유한요소 simulation으로 해석하였고, 계산은 원형 deep drawing과 경험적인 관찰과 비교되어진 결과로 실행했다. 파괴초기상태와 임계펀치 행정은 현재의 접근방법에 의해 예측하였다.

4. 참고문헌

[1] R. Hill, The Mathematical Theory of plasticity , Oxford University Press, 1950, P.318-325.  
[2] Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, Prentice-Hall, 2001, p.392-439  
[3] H.Takuda, T.Yoshii, N.Hatta, Finite-element Analysis of the Formability of a Magnesium - based Alloy AZ31 Sheet, Journal of Materials Processing Technology, 89-90 (1999) 135-140