

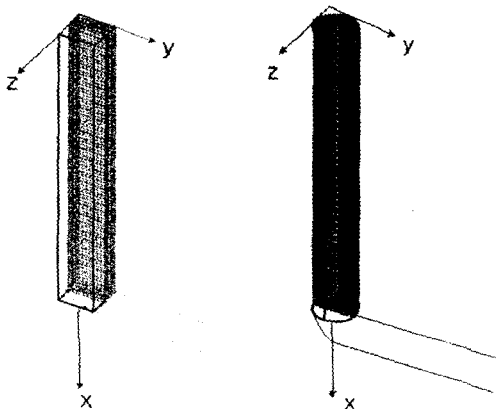
ECAP공정에서 금형의 단면형상이 공정에 미치는 영향

노일주*(고려대원), 채수원(고려대 기계공학과),
권숙인(고려대 금속공학과), 김명호, 황선근(인하대 금속공학과)

주제어 : Equal Channel Angular Pressing(ECAP, 등통로각압축), Three Dimensional Finite Element Method(3차원 유한요소법), Circular section(원형단면), Square section(사각단면), Pure-Zr(순수 지르코늄), Zr-702(지르코늄 702합금)

등통로각압축(ECAP, Equal Channel Angular Pressing)공정은 다결정의 재료 덩어리를 두 채널(channel)이 일정하게 교차하는 형태의 금형에 통과시켜 단면적과 단면 형상의 큰 변화 없이 압출하는 성형법으로 다른 공정에 비해 상대적으로 낮은 압력으로 재료에 소성변형을 발생시켜 입자를 미세화 시킬 수 있으며, 기존의 분말야금에 의한 방법에 비해 상용재료를 포함한 광범위한 금속 및 합금에 적용이 용이한 점과 재료 내부에 기포가 거의 잔류하지 않는 점등의 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 유한요소법을 이용하여 원자로심등의 소재로 사용되는 순수 지르코늄(pure-Zr)과 지르코늄 702합금(Zr-702 alloy)의 등통로각압축 공정에서 단면 형상 변화에 따른 재료의 변형거동 특성을 살펴보았다. 기존 유한 요소 해석을 이용한 등통로각압축공정에 대한 연구들은 재료를 2차원으로 단 순화시켜 재료의 변형 거동 및 변형률 분석을 실시하여 왔으나, 본 연구에서는 3차원 유한 요소 해석에 의해 금형의 단면 형상이 사각 단면일 경우와 원형 단면 일 경우에 대한 재료의 변형 거동 특성을 비교 분석하였다. 또한, 등통로각압축 공정에서 가장 중요한 공정 변수인 교차각과 만곡각에 대한 두 가지 경우를 고려하여 결과에 대한 일반화를 시도하였다. 실제 실험을 통해 얻은 시편과 금형과의 마찰 계수를 활용하여 단면적과 부피가 동일한 두 가지 단면 형태의 시편에 대한 유한 요소 해석을 실시하여 공정에 필요한 가공력을 비교한 결과, 사각 단면과 원형 단면 각각의 경우 큰 차이를 보이는 않았으나 사각 단면의 경우 약간 더 큰 하중이 필요하다는 점을 확인 할 수 있었다. 아울러 시편에 발생한 상당소성변형률(equivalent plastic strain) 역시 사각 단면과 원형 단면에서 큰 차이를 보이지는 않았으나 사각 단면에서 좀 더 큰 값을 얻을 수 있었다. 그리고 금형의 형상 변화에 따른 가공력과 상당소성변형률의 변화는 교차각과 만곡각이 변하게 되면 그 양상에도 차이가 있음을 확인 할 수 있었다. 마지막으로 유한요소 해석 결과를 실험과 비교하여 검증하였다.



(a) Square section (b) Circular section

Fig. 1 FE model of ECAP with different sections
($\Phi=135^\circ, \Psi=45^\circ$)

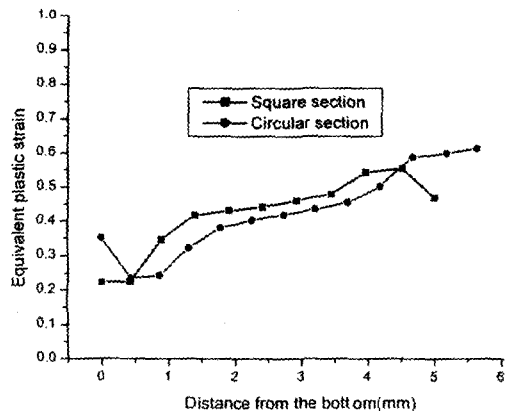


Fig. 2 Equivalent plastic strain distribution
($\Phi=135^\circ, \Psi=45^\circ$)