

강소성 유한요소법에 의한 비정상상태 금속 성형 해석에서 형상갱신기법에 관한 연구

최영*(인제대), 여흥태(동의대), 허관도(동의대)

주제어 : 강소성 유한요소법, 형상갱신, 고차 오일러법, 2차 런지쿠타법, 다단계방법, 씨타법

현재 금속 성형공정에 대한 해석법으로 강소성 유한요소법이 널리 이용되고 있다. 강소성 유한요소법에서는 주어진 시간에서 속도장을 얻고 가공물 형상을 시간증분 만큼 갱신하는 과정을 반복하여 비정상상태 금속성형공정의 해석한다. 일반적인 강소성 유한요소법은 형상갱신(Geometry update) 과정에서 오일러법(Euler method)을 이용한다. 오일러법에서는 시간증분의 크기가 해의 정밀도에 중요한 인자이다. 충분히 정밀한 해를 얻기 위해, 작은 시간증분을 이용하여 비정상상태 금속성형공정을 해석함으로써 해석시간이 많이 걸리는 단점이 있으며 형상갱신에 따른 가공물 체적손실(Volume loss)이 발생한다. Chenot등은 내연적 오일러방법(Implicit Euler method)을 개발하여 3차원 단조공정을 유한요소 해석하였다. 시간증분 이후의 형상과 속도장을 반복해석 기법을 통해 결정하는 내연적 오일러방법은 오일러 방법, 즉, 외연적 오일러방법(Explicit Euler method)에 비해 과다한 해석시간이 필요하다. 또한 Chenot 등은 관성효과를 고려한 금속 성형공정의 유한요소 해석을 위해 가속도항을 고려하고 준-내연적 방법을 통해, 시간증분 이후의 형상과 속도장을 반복해석을 통해 결정하였다. 준-내연적 방법에서 가속도 성분은 씨타법(θ method)을 이용하여 결정하였는데, 변형 초기의 가속도는 무시하였다. Oh등은 형상갱신 과정에서 2차 런지쿠타법(RK2, 2nd order Runge-Kutta method)를 이용하여 체적손실을 최소화하고 시간증분을 증가시키는 방법을 제안하였다. 비정상상태 금속성형 공정의 해석에서 RK2법을 이용함으로써 체적손실을 작아져 해석 정밀도를 향상시켰다. 그러나 RK2법을 이용한 형상갱신 과정에서 내부적인 해석단계가 필요함으로 비정상상태 금속성형공정의 강소성 유한요소해석에서 시간증분을 2배 증가시켜도 오일러법과 동일한 해석시간이 요구된다. 최근, Toyoshima 등은 체적손실을 없애기 위해, 구성방정식에 체적손실 회복(Volume loss recovery) 기법을 도입한 강소성 유한요소법을 제안하였다. 체적손실 회복 기법에서는 해석단계에서 얻어지는 속도장이 체적일정조건을 만족하지 못하는 문제점이 있다.

본 연구에서는 강소성 유한요소법의 형상갱신 과정에서 RK2법과 고차 오일러법을 이용하여 체적손실을 최소화하며 해석시간을 단축시키고자 한다. 본 연구에서는 이전 해석 단계의 정보를 이용하여 내부적 해석단계가 필요없는 다단계방법과 씨타법을 적용하였다. 다단계법 및 씨타법에서는 이전단계의 해석정보를 이용함으로써 해석초기 및 절점의 경계조건이 변경되었을 때 해석상의 문제점이 있는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해, 초기 및 절점 경계조건이 변경되었을 때는 RK2법을 적용하고 나머지의 형상갱신과정에서는 다단계 방법 및 씨타법을 적용하였다.

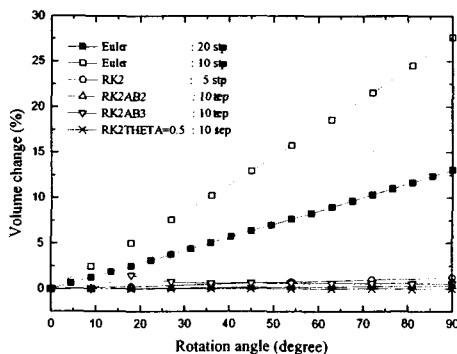


Fig. 1 Volume change during the pure rotation of one element

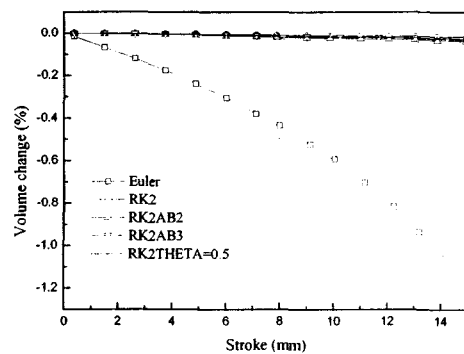


Fig. 2 Volume change during the upsetting of solid billet