

Multi-Stage 스템핑 공정 해석에 관한 연구

정동원*(제주대학교 기계공학과) · 황재신(제주대학교 대학원)

주제어 : 동적 외연적 시간적분법, 멀티-스테이지 스템핑, 집중법, 다이나폼, 바인더-랩

박판 성형이 산업부문에서 차지하는 비중은 매우 크며 또한 많은 영향을 미치고 있다. 박판성형은 드로잉, 스트레칭, 굽힘, 아이어닝 및 이들의 조합으로 구성된 복잡한 변형모드를 포함하고 있을 뿐만 아니라, 재료 자체의 성형성(formability), 이방성(anisotropy)등의 기계적 성질이나, 두께의 불균일, 공구(편치, 다이 및 블랭크 홀더 등의 집합체) 각부의 조합, 표면 및 윤활상태, 성형속도 등이 변형에 영향을 미치기 때문에 그 물리적 현상을 정량적으로 파악하기는 매우 어렵다. 복잡한 박판부품들이 공정과 금형의 설계와 제작에서 수많은 시행착오를 피하여 공정과정을 적절히 설계하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 해석이 시도되고 있다. 이러한 방법들 중 가장 널리 쓰이는 것이 유한요소 해석법인데 박판성형공정의 2차원 해석이 시작되면서 크게 외연적 방법과 내연적 방법으로 나누어졌다. 오늘날에는 단순한 접촉면의 미소 변화가 있는 박판 성형 공정을 수치적으로 정확하게 사전 예측하는 것이 가능해지면서 복잡하고 불규칙적인 곡선 형상들과 박판과 다이 사이의 비교적 큰 상대적인 변위 실질적인 산업현장 문제들을 해석하기 위하여 보다 신뢰성 있고 경제적인 해석방법이 요구되고 이런 효율적인 알고리즘을 개발하기 위해선 아직도 많은 노력이 필요하다. 일반적인 박판 금속성형 과정은 고차원의 비선형 문제로 규정지을 수 있는데, 이것은 대상물의 기하학적 형상과 재질이 비선형일 뿐만 아니라 접촉 현상이 비선형이기 때문이다. 게다가 주름의 형성과 네킹 등이 전형적인 딥드로잉 과정 중에 나타나 비선형 효과를 더하기도 한다. 이러한 강한 비선형 효과들로 인해서 내연적 방법은 때론 수렴하지 못하는 경우가 일어나지만 외연적 적분방법은 항상 해를 이끌어 낼 수 있다.

박판 금속성형과정을 해석함에 있어 외연적 동적 알고리즘은 내연적 정적 알고리즘에 비해서 몇가지 중요한 이점들을 갖고 있다. 첫째, 뉴우튼-랩슨법과 같은 비선형 해석법이 필요 없다. 둘째, 대변형, 미끄러짐, 3차원 접촉 구속들은 외연적 방법에서 처리하는 것이 상대적으로 쉽다. 하지만 이러한 장점도 있는 반면에 정적문제에 동적 방법을 적용함에 따른 해의 정적 불안정을 일으킬 수 있다는 외연적 동적 방법의 가장 큰 단점도 있다. 동적해석에서는 보다 경제적인 해석을 위하여 해의 정확도에 큰 영향을 미치지 않는 범위 내에서 실제보다 훨씬 빠른 편치속도와 Mass Scaling방법을 사용하고 있으며, 멀티-스테이지를 성형하는 과정에서 박판을 블랭크홀더로 고정시키게 되면, 바인더-랩(Binder-Wrap)이 형성된다. 바인더-랩이 형성되면서 갖게 되는 이러한 변형은 멀티-스테이지를 성형하기 위한 박판의 초기상태에 영향을 미치게 되므로 올바른 멀티-스테이지 성형 공정 설계를 위해서는 바인더-랩의 해석이 선행되어야만 한다. 본 연구는 동적 외연적 방법을 이용한 상용프로그램인 다이나 폼을 사용하여 멀티-스테이지를 해석하여 실제현장에서의 적용의 타당성을 검토하여 보았다.

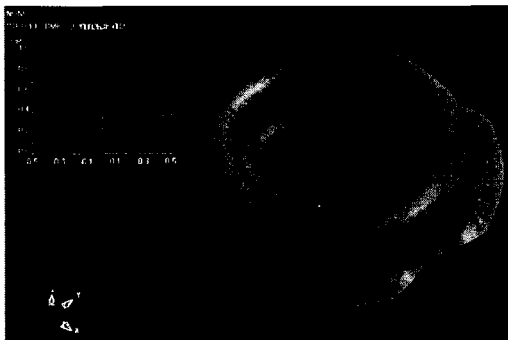


Fig. 1 펀치 스트로크에 따른 최종 형상에서의 성형한계곡선(FLD) 분포도



Fig. 2 펀치 스트로크에 따른 최종 형상에서의 잔류응력분포도