

# 형단조품의 잔류응력 제거처리공정 수치해석

## Numerical Analysis of Residual-Stress Relaxation in a Die Forging

박성한 · 이방업 · 조원만 · 은일상

국 방 과 학 연 구 소

우주발사체용 로켓트 구조재로 사용되는 알루미늄합금 단조재는 강도확보를 위하여 고온으로 가열후 급냉과정에서 상당한 크기의 잔류응력이 발생되고 이로 인해 기계가공시 변형이 유발되어 조립성이 나빠진다.

잔류응력은 그 크기가 재료의 항복강도를 초과할 때 제거되므로 응력제거(stress relief)를 위해서는 외부하중이 가해져야 한다. 응력제거처리는 소성변형, 열처리 및 초음파 등의 방법으로 수행되며 소성변형에 의한 제거효과가 가장 크다. 형상이 복잡한 형 단조재의 경우 열간단조금형과 동일한 금형을 이용하는 TX52 등의 방법을 적용한다고 알려져 있으나 TX54에 대한 금형설계 및 소성변형률 적용 데이터는 공정 know-how로 분류되어 있다. 잔류응력제거처리의 해석적 연구로는 판재와 링롤재에 대해서는 인장 및 압축 소성변형에 적용에 대한 결과가 발표된 바 있으나 형 단조재의 경우에는 전무하다.

잔류응력 제거처리는 냉간에서 실시되므로 열간단조보다 단조요구하중이 2배정도 필요하다. 국내의 경우 형단조가 가능한 장비의 최대하중이 6000 ton 정도이므로 대형 형 단조품의 경우 응력제거처리효과가 큰 TX52의 적용이 어려운 실정이며 대체공정 개발이 요구된다.

본 연구에서는 ABAQUS 프로그램을 이용하여 TX52 및 TX54, 장비하중을 고려한 증분 응력제거(incremental stress relief) 공정을 유한요소법을 이용한 탄소성 수치응력 해석으로 모사하였다. 형단조재의 기계가공후 변형거동을 분석하였으며 잔류응력이 구조적 안전성에 미치는 영향을 검토하였다. 특히 장비용량이 부족할 경우 응력제거처리를 효과적으로 적용할 수 있는 증분응력제거처리 공정을 개발하였다.