유한요소법을 이용한 Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn 합금의 대형단조품 후방압출 공정설계

정덕진* · 이종억* · 이용연** · 심인옥**
*(주)풍산 기술연구소, **국방과학연구소

1970년대에 개발된 Ti-15-3 합금은 상온에서 우수한 성형성을 가지고 있어 Ti-6-4 합금보다 성형 공정을 대폭 감소시킬 수 있어 생산비용을 크게 감소시킬 수 있는 장점이 있는 합금이다. 또한, 냉간 성형성이 우수하고 강화 범위가 폭넓기 때문에 항공기의 프레임, 항공기 압력 용기 및 고장력 유압 튜브 등에 많이 사용하고 있으나, 열간 성형성이 Ti-6-4 티타늄 합금보다 좋지 않기 때문에 이제까지의 적용 분야는 판재 성형 등의 한정된 분야에만 적용되어 오고 있는 실정이다.

Ti-15-5 합금을 이용하여 냉간 성형공정 개발은 이전에 많이 행하여 왔으나, 열간 단조 공법 개발은 열간단조가 가능한 온도 영역이 좁아 균일한 미세 조직을 얻을 수 없기에 열간 단조 공법을 이용한 제품 생산은 한정된 분야에만 국한되어져 왔다. 티타늄 합금은 내열강 및 니켈/코발트 합금 다음으로 열간단조 하기가 어려운 강종으로서, 등온 단조(hot isothermal forging) 또한 열간 다이 단조(hot die forging) 등의 공법을 이용하여 단조하고 있으며, 밀폐단조 등의 재래식 공법을 이용하여 단조하기도 하고 있으나 극히 일부품목에 국한되어 있다. conventional forging 공법을 이용하여 티타늄 합금을 단조할 경우에는 단조 온도 변화에 따라 단조품의 미세조직, 피로파괴 강도 및 산화막 등의 형성으로 제품 품질에 영향을 미치기 때문에 적정한 단조 온도에서 단조를 하는 것이 바람직하다고 알려져 있다.

본 연구에서는 등온 단조, hot die forging 및 conventional forging 공법을 이용하여 후방압출로 대형 shell 형상의 단조품 생산이 가능한 공정을 설계하고, 설계한 공정 및 단조품 형상이 6,000톤 및 2,500톤 유압프레스에서 생산 가능한지를 유한요소법 코드인 DEFORM을 이용하여 검증하였다. 본 연구에서 유한요소해석에 필요한 Ti-15-3합금 열간 유동응력-변형률 관계식은 열간압축시험을 실시하여 curve fitting 방법을 이용하여 관계식을 얻었다.

본 연구 결과로서 재래식 공법으로 6,000톤 및 2,500톤 유압프레스에서 shell 형상의 Ti-15-3 티타늄 합금의 대형 단조품을 후방 압출 공법 및 열간 ironing 공법으로 생산 가능한 예비 성형체 및 단조품 형상을 제시하였으며, 후방 압출 공법으로 성형 가능한 온도 영역을 제안하였다.