

**7175Al 합금 단조재의 파괴인성 및 피로특성에 미치는
제조조건에의 영향**
**(Effect of Febrication Process on the Fracture Toughness
and Fatigue property of 7175Al Forgings)**

강락경*, 이오연*, 박영구*, 박일*, 송기홍**

* 전북대학교 신소재개발연구센터, ** 전주공업대학 정밀기계과
(Email : oylee@moak.chonbuk.ac.kr)

7XXX Al합금은 비강도가 높아 항공기뿐만 아니라 유도탄의 기체 및 추진기관 재료로서 많이 사용되고 있고 미국, 러시아 등 기술선진국에서는 재료특성에 따라 다양한 알루미늄합금 소재를 개발하여 사용하고 있다. 대형 단조품을 제조하기 위해서는 $\phi 370 \sim 720\text{mm}$ 정도의 다양한 크기를 갖는 건전한 빌렛트의 주조, 단조 및 열처리기술들이 요구되는데 현재 표준화된 제조공정기술이 공개되어 있지 않아서 대형 7175Al 단조품 개발에 많은 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 $\phi 720\text{mm}$ 크기의 빌렛트를 사용하여 링롤단조한 7175Al 합금의 기계적성질에 미치는 제조조건에의 영향을 조사하였다.

용해는 (주)두레에어메탈의 8톤 반사로에서 7175Al 규격에 맞도록 합금성분을 첨가하여 용해한 후 반연속주조하여 $\phi 720\text{mm}$ 의 빌렛트를 제조하였다. 빌렛트의 균질화처리는 460°C 에서 24시간 가열한 다음 승온하여 470°C 에서 30시간 유지한 후 공냉 또는 수냉(water spray)하였다. 이들 빌렛트는 420°C 에서 21시간 가열한 후 압프레스에서 예비단조한 다음 링롤단조 및 열처리를 실시하였다. 인장시험과 충격시험은 각각 Instron과 계장화된 Sharpy 충격시험기로 시험하였고 평면변형파괴인성(KIC)은 L, LT, ST방향의 표준 CT시편을 제작한 후 유압만능시험기(Instron社)를 사용하여 ASTM E-399 규정에 따라 시험하였다. 저주기 피로시험은 ASTM E-647 규격으로 각 방향별로 가공한 다음, 노치 선단에 2~3mm의 예비균열을 삼입하고 주파수 5Hz, 응력비=0.1 하중=2.3kN의 조건으로 피로실험을 행하였다.

자유단조 공정을 거친 시편들 중에서도 다축단조한 시편의 미세조직은 cogging을 행한 조직보다 조대하며, L 및 LT방향으로의 연신량도 작게 나타났다. 따라서 다축단조에 의한 조직의 미세화와 이방성 감소를 위해서는 단지 2축 회전인 다축단조로는 불충분하다고 판단되며 이러한 효과를 충분히 얻기 위해서는 러시아의 단조기술처럼 5~8회 정도의 다축단조가 필요한 것으로 생각된다. 링롤 단조품의 인장강도 및 연신율은 각각 50kg/mm², 14%로서 예비단조공정에 관계없이 미국방성 규격값 보다 매우 우수하였으며, 균질화처리시 수냉한 시편이 공냉한 시편보다 연성이 향상되었다.

금속유동방향인 L-LT방향의 파괴인성값은 56.4MPa·m^{1/2}으로서 매우 우수하지만 LT-ST 및 ST-LT 방향은 27.5~34.2MPa·m^{1/2}정도의 값을 나타냈다. 또한 파괴인성값은 예비단조공정 조건의 변화보다는 균질화처리시 냉각속도에 큰 영향을 받았다. L방향의 충격에너지는 21AT시편이 8.52joule로 가장 크고, 다음이 19BBC 시편으로 7.43joule, 19AT 시편은 5.4joule이었다. 형단조재와 마찬가지로 충격에너지값은 방향이 LT방향보다 평균적으로 2배 이상의 높은 값을 보였는데, 이것은 이방향의 grain shape이나 연성과 매우 밀접한 관련이 있으며, 다축단조재 보다는 cogging (19BBC, 21AT)에서 그 경향이 현저하였다.

저주기 피로시험에서는 ΔK 가 20MPa·m^{1/2} 이하에서의 피로균열성장속도는 21AT시편을 제외한 모든 시편에서 L-LT방향이 가장 빠르며, 그 다음이 LT-ST, ST-LT순서로 나타났다. 이러한 ΔK 영역의 균열성장속도는 $5.06 \times 10^{-8} \text{m/cycle}$ ~ $11.0 \times 10^{-8} \text{m/cycle}$ 범위의 값을 나타내지만 ΔK 가 증가함에 따라 빠르게 증가하여 ΔK 가 20MPa·m^{1/2}정도가 되면 $0.88 \times 10^{-6} \text{m/cycle}$ ~ $1.39 \times 10^{-6} \text{m/cycle}$ 의 값을 보였다. 균열이 성장함에 따라 증가된 ΔK 가 재료의 파괴인성(KIC)에 접근할 때의 피로균열성장속도는 10^{-6}m/cycle 이상의 매우 높은 값으로 급격히 균열이 성장하여 순간적으로 파괴에 도달하였다. 본재료의 피로균열성장 거동은 다른 일반적인 고강도 Al합금의 피로균열성장거동과 대체로 비슷한 양상을 보였다.