

## A356 및 A319 내열 알루미늄 합금의 고온 피로 변형 거동

박종수<sup>1</sup> . 성시영<sup>2</sup> . 한범석<sup>2</sup> . 정창렬<sup>3</sup> . 이기안<sup>1,\*</sup>

### High Temperature Fatigue Behavior of A356 and A319 Heat Resistant Aluminum Alloys

Jong-Soo Park<sup>1</sup>, Si-Young Sung<sup>2</sup>, Bum-Suck Han<sup>2</sup>, Chang-Yeol Jung<sup>3</sup>, Kee-Ahn Lee<sup>1,\*</sup>

#### Abstract

In this study, fatigue samples were prepared from cylinder head parts that are actually used in domestic (A) and foreign (B) automobiles; high-temperature, high-cycle, and low-cycle fatigue characteristics were then evaluated and compared. A study on the correlation between the microstructural factor and high temperature fatigue characteristic was attempted. The chemical compositions of the heat resistant aluminum alloys above represented A356 (A) and A319 (B), respectively. The result of the tensile strength test on material B at 250°C was higher by 30.8MPa compared to material A. On the other hand, elongation was 8.5% higher for material A. At 130°C, material B exhibited high fatigue life given high cycle fatigue under high stress, whereas material A showed high fatigue life when stress was lowered. With regard to the low-cycle fatigue result (250°C) showing higher fatigue life as ductility is increased, material A demonstrated higher fatigue life. Through the observation of the differences in microstructure and the fatigue fracture surface, an attempt to explain the high-temperature fatigue deformation behavior of the materials was made.

**Key Word :** Heat Resisting Aluminum (내열 알루미늄), Casting (주조용), Cylinder Head (실린더 헤드), High Temperature (고온), High Cycle Fatigue (고주기 피로), Low Cycle Fatigue (저주기 피로)

최근 자동차 산업에서는 환경적 요인과 에너지 절감 등에 많은 문제점을 다루고 있어 기계적 성질, 성형성, 내구한도 등이 우수한 알루미늄 합금을 자동차에 많이 적용하고 있는 실정이다. 자동차의 성능이 증가함에 따라 실린더 헤드 부품은 고온, 고압 등의 열악한 분위기 속에서 반복 응력 또는 반복 변형이 크게 작용함에 따라 안전성 확보를 위해서 실린더 헤드 부품 소재의 높은 강도 및 우수한 피로수명의 특성이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 실제로 사용되는 국내외 실린더 헤드 부품으로부터 시편을 제조하여 고온 고주기 및 저주기 피로 특성을 비교해 보고 미세조직학적 인자와 고온 피로특성의 상관관계에 대해 조사해 보고자 하였다. 실험결과 국내(A) 소재에서는 A356 합금의 조성을 나타냈고 국외(B) 소재는 A319 합금과의 유사한 조성을 나타냈다. 미세조직 관찰 결과 A 소재의 경우 전형적인

1. 안동대학교 공과대학 신소재공학부 청정소재기술연구소  
2. 자동차부품연구원 소재공정연구소  
3. 한국생산기술연구원 동력부품지원센터  
# 교신저자: 안동대학교 신소재공학부, E-mail: keeahn@andong.ac.kr

Al-Si 공정 수지상을 나타냈고 B 소재의 경우 공정 Si,  $\alpha\text{-Al}_{15}(\text{Fe,Mn})_3\text{Si}_2$  금속간 화합물을 보였다. 250°C에서 인장강도 결과에서는 A 소재보다 B 소재에서 30.8MPa 높게 나타난 반면 연신률은 A 소재가 8.5% 높게 나타났다. 고주기 피로는 인장 강도가 높을수록 우수한 피로수명을 나타내는데 130°C 조건에서 고주기 피로 결과 높은 응력 조건에서는 B 소재가 높은 피로 수명을 나타냈으나 응력이 낮아 질수록 A 소재에서 높은 피로수명을 나타냈다. 또한 250°C 조건에서 저주기 피로 결과 두 소재 모두 반복 연화 현상을 나타냈으며, 연성이 높을수록 더 높은 피로 수명을 나타내는 저주기 피로 결과는 A 소재가 더 높은 피로 수명을 나타냈다. 이상의 결과들을 바탕으로 기공 및 강화상이 내열 알루미늄 합금의 고온 고주기 및 저주기 피로 변형 거동에 미치는 영향에 대해서도 고찰하고자 하였다.

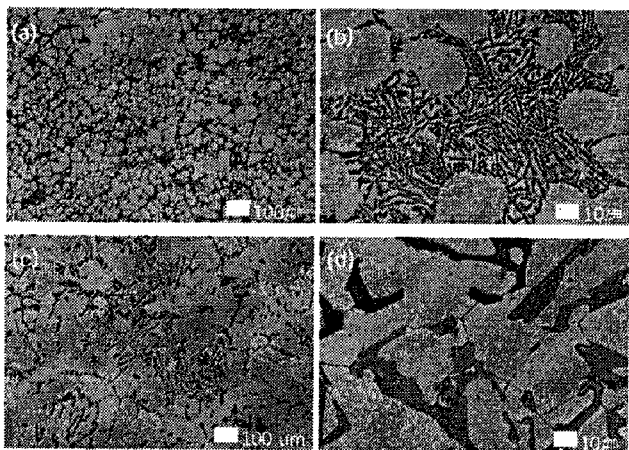


Fig. Optical micrographs of the alloy showing (a) and (b) alloy A, (c) and (d) alloy B

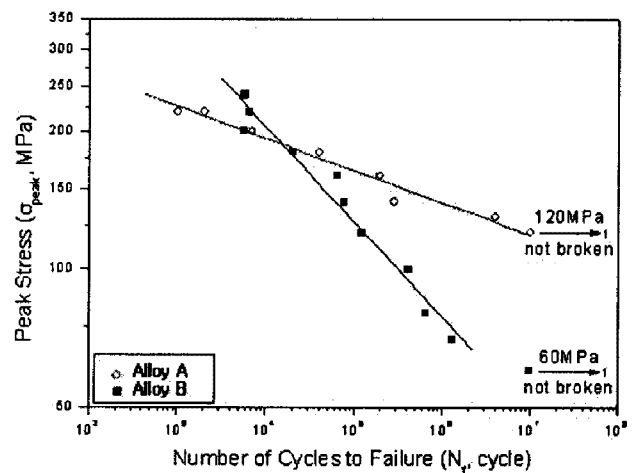


Fig. S-N curves of specimens high cycle fatigue tested at 130°C

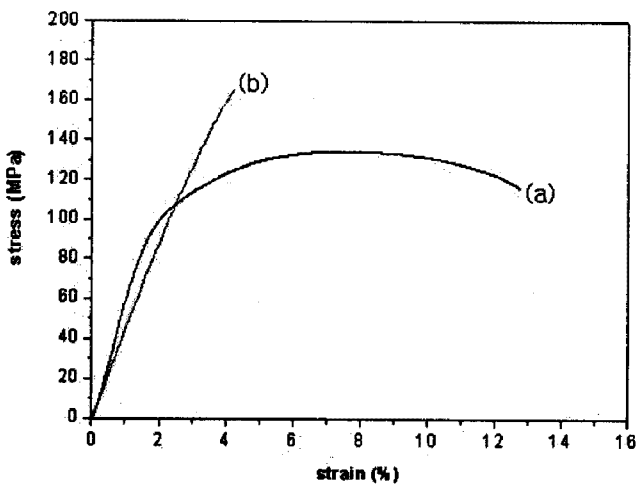


Fig. Tensile stress-strain curves at 250°C for (a) alloy A and (b) alloy B

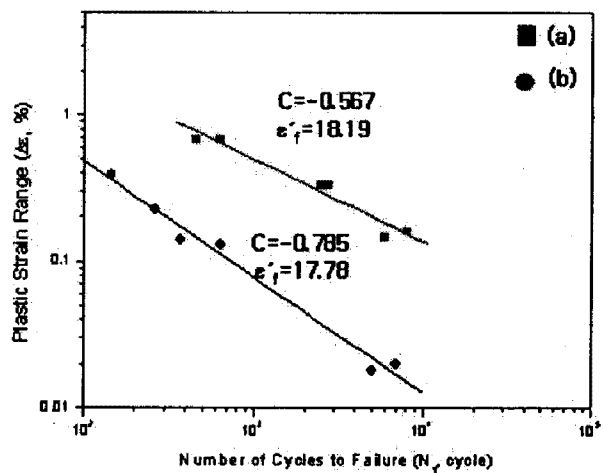


Fig. Plot of Plastic strain range ( $\Delta\epsilon_p/2$ ) Low cycle fatigue life of (a) alloy A and (b) alloy B

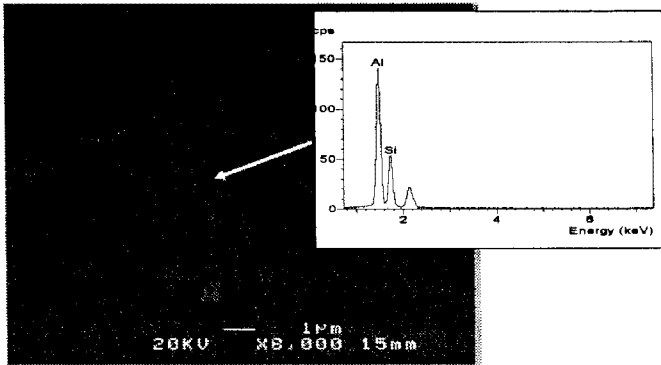


Fig. SEM micrograph of eutectic Si particle cracking at A356, with EDS spectra.

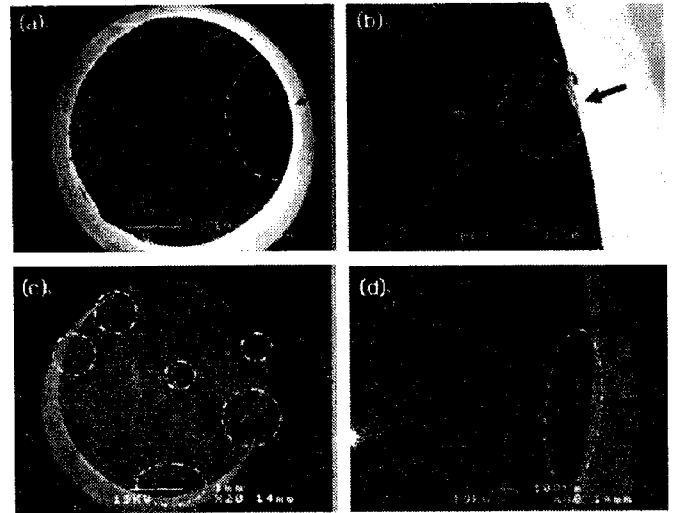


Fig. SEM images of the fracture surfaces of high cycle fatigue samples: (a) and (b) alloy A, (c) and (d) alloy B

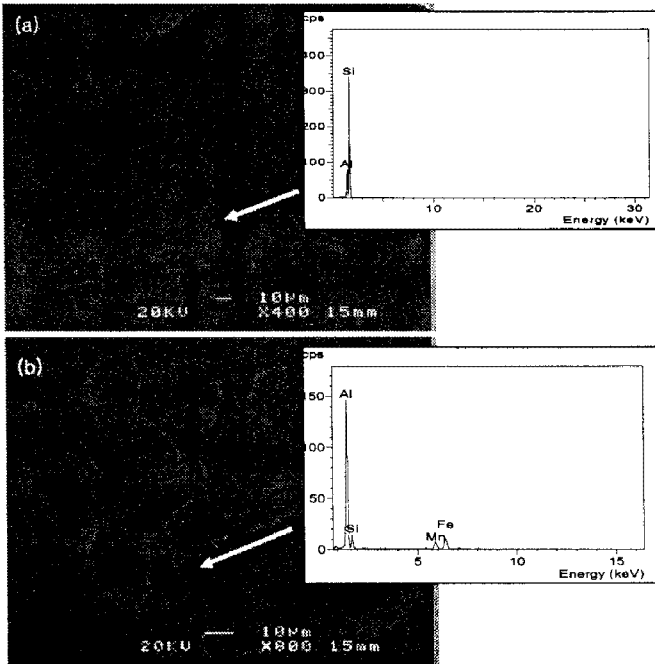


Fig. SEM micrograph of a region adjacent to the fracture surface of high-cycle fatigue specimens showing cracking of (a) eutectic Si and (b)  $\alpha$ -FeAl<sub>12</sub>(Fe,Mn)<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> intermetallics. The specimens were tested at 130°C, with EDS spectra.

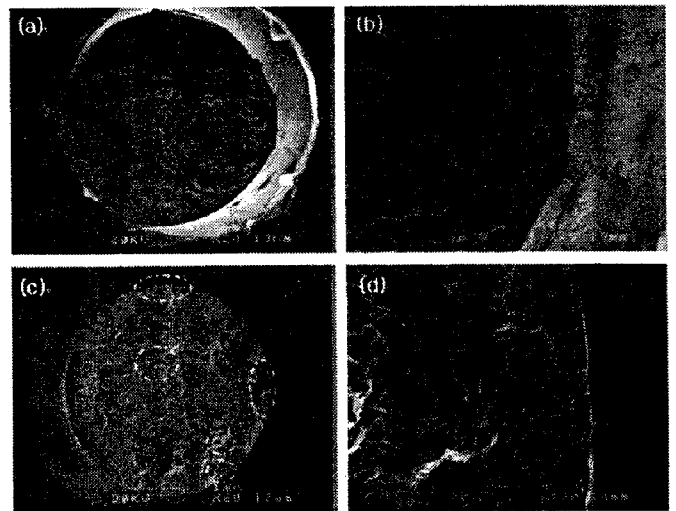


Fig. SEM images of the fracture surfaces of low cycle fatigue samples: (a) and (b) alloy A, (c) and (d) alloy B