

마그네슘합금의 크리이프거동에 표면처리가 미치는 영향

The Effect of Surface Treatment on the Creep Behavior of Magnesium Alloy

안정오^{1,*}, 강대민^{2,*}, 곽재섭³

J. O. An^{1,*}, D. M. Kang(dmkgang@pknu.ac.kr)^{2,*}, J. S. Kwak³

¹부경대학교 기계공학부, ²부경대학교 기계공학부, ³부경대학교 기계공학부

Key words : Activation Energy, Stress Exponent, Creep Rupture Time, Surface Treatment

1. 서론

마그네슘 합금은 최근 환경보호 및 에너지 절약 문제가 부각되면서 자동차, 항공기 등의 경량화를 위한 최적의 소재로 평가되고 있다. 이러한 마그네슘합금의 밀도는 주강의 1/5, 철 합금의 1/4, 알루미늄 합금의 2/3 수준으로 현재까지 개발된 합금 중에서 최소의 밀도를 가짐과 동시에 우수한 비강도 및 비탄성 계수를 갖추고 있다. 또한 고온상태에서 활용도가 많아 이러한 마그네슘 합금을 고온, 고압상태 하에서 사용되는 모든 장치 및 자동차부품들의 경우, 그 수명 및 안정성을 위해 크리이프 거동에 대한 연구가 필요하게 되었다.

이러한 크리이프에 관련된 연구중 0.8Tm 이상에서 주로 일어나는 확산 크리이프에 관한 연구로는, Nabarro와 Herring, Coble 등에 의하여 고온이고 낮은 응력 하에서 크리이프 변형이 용이하게 되는 것은 작동된 응력에 의하여 유도된 원자들의 확산의 결과라고 제안하고, 변형속도가 응력에 1차적으로 비례함을 보였다. 0.4~0.7Tm의 온도 범위에서 발생하는 전위 크리이프에 관한 연구로는 Lagneborg가 Mott에 의하여 제안된 회복 크리이프 이론을 전위 밀도의 온도와 응력의 의존성을 감안하여 이론식을 제시하였다. 크리이프 활성화에너지에 관한 실험적 연구에서 Sherby는 크리이프 실험도중 온도를 변화시킨 후 크리이프를 진행시켜서 측정된 크리이프 온도변환 전후의 크리이프 속도를 구하여 크리이프 활성화에너지를 구한 결과 0.5~1.0Tm 온도 구간에서의 활성화에너지는 자기확산의 활성화에너지와 거의 동일하여 이 구간에서의 크리이프 변형기구는 전위상승에 의한다고 언급했다. W.Blum 등은 여러 가지 마그네슘 합금의 크리이프 저항과 크리이프 기구에 대한 연구에서 새로운 크리이프 저항 합금 AJ51 재료를 크리이프 실험한 결과 다른 마그네슘합금 재료보다 크리이프 저항이 대단히 우수했다는 것을 증명했다.

한편 재료연구 분야에서는 종래의 금속재료만을 취급하던 것으로부터 공업용 플라스틱 등 다기능성 고분자재료와 세라믹 등의 분야로 관심이 넓어지고 있으며, 표면처리기술 분야에서도 주로 이전의 금속재료들의 표면경화나 장식기능 및 방식처리 등을 다루던 것에서부터 금속 이외의 무기재료, 유기재료 등의 표면에 전도성, 자기적 특성, 윤활성, 광반사성 등 고기능성을 부여하기 위한 처리기술 개발과 함께 이들 재료의 미세가공기술과 표면계측 및 분석 등의 분야에서 급속한 발전을 계속해오고 있다. 특히, 초고집적화에 따른 반도체 분야의 발전과 함께 재료에 특수한 기능성을 부여하기 위해 고체표면연구 분야, 박막의 가공과 분석 등의 분야에서 표면처리기술은 비약적으로 발전되고 있어 표면처리가 크리이프 변형에 미치는 영향을 파악한다는 것은 향후 고인성 고강도합금의 개발에 많은 참고가 될 것으로 생각된다.

본 논문에서는 AZ31 마그네슘 합금의 표면처리한 재료와 표면처리하지 않는 재료에 대해 200~220°C에서 크리이프 시험을 통하여 이러한 재료의 크리이프특성을 예측하고자 한다.

2. 실험

실험에 사용했던 재료는 AZ31 마그네슘 합금으로 지름4mm

표점거리 16.3mm의 시편을 제작하였고, 시편의 규격은 Fig.1에 나타내었다. 정크리이프 실험에 사용했던 재료는 AZ31 마그네슘 합금으로 NC선반 가공하여 지름 4mm 표점거리 16.3mm의 시편을 제작하였다. 시편의 규격을 Fig.1에 나타내었다.

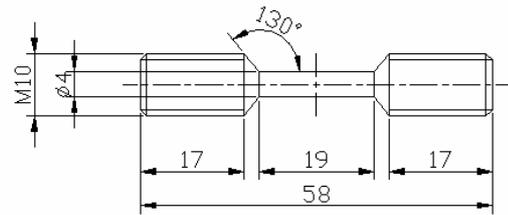


Fig.1 Creep specimen

본 실험에서 사용한 크리이프 시험기는 고려전기로서 제작한 'KF-CT-50'으로 Fig.2와 같이 크게 운용 소프트웨어와 크리이프 시험기로 구성되어 있고 Fig.2의 크리이프 시험기는 다시 전기로, 신장계 및 부하부로 구성되며 전기로 내에서는 열전대와 전열선, 내화재로 구성 되어 있다. 노 내 온도유지와 시편의 산화 방지를 위해 잘 밀봉되어 있고 로의 사용온도는 최고 1400°C이다. 변형량을 측정하는 신장계는 컴퓨터와 직접 연결되어 실험시 화면상에 데이터가 바로 나타난다. 이때 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환시켜주는 변환기에 의해 컴퓨터로 데이터가 전송된다. 그리고 하중부의 바로 밑 부분은 파단 시 충격을 흡수하고 기계의 안전을 위한 완충장치가 부착되어 있고 하중을 부가하는 부하부의 레버비는 1:10이다.

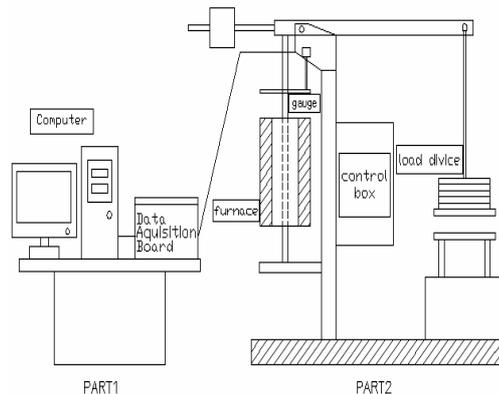


Fig.2 Equipment for creep experiment

3.. 실험결과

크리이프실험은 AZ31마그네슘합금재의 PEO표면처리한 재료와 표면처리하지않는 재료를 이용하여 온도가 200~220°C, 부가하중이 80-120kgf인 조건에서 행하였다. Figs. 3-4는 각각 온도가 200~220°C에서 AZ31마그네슘합금재에 표면처리하지 않는 재료와 PEO표면처리한 재료의 크리이프 실험한 결과이다.

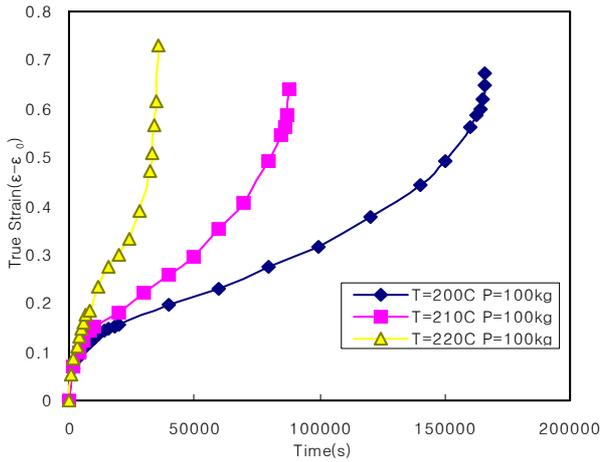


Fig.3 Family of creep curves at 100kgf (without surface treatment)

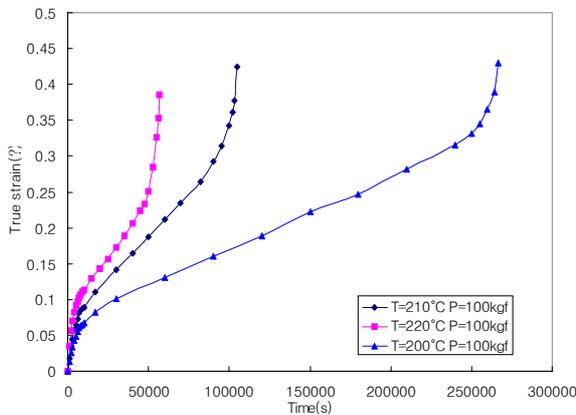


Fig.4 Family of creep curves at 100kgf (with surface treatment)

정상크리이프 속도의 응력의존성과 정상크리이프 속도의 온도의존성을 구하기 위하여 표면처리하지 않는 재료의 실험결과를 Fig.5에 나타내었다. 응력지수의 값을 구하기 위해서 다음과 같이 식(1)을 이용했다.

$$n = \frac{\ln \dot{\epsilon}_2 - \ln \dot{\epsilon}_1}{\ln \sigma_2 - \ln \sigma_1} \quad (1)$$

여기서 작용응력 σ_1 , σ_2 하에서 정상 상태의 크리이프 속도는 각각 $\dot{\epsilon}_1$ 및 $\dot{\epsilon}_2$ 이다. Fig.5에서 응력지수 n 값은 대수변형률과 대수 응력의 그래프에서 직선의 기울기로 표시되고 온도가 200~220°C, 응력이 80-120kgf인 조건에서의 응력지수 값은 5.93, 5.86 및 5.76으로 약 5.85정도로 나타났다.

크리이프 활성화에너지를 계산하기 위해 대수 변형률과 온도 사이의 관계에서 구한 기울기와 일반 기체상수(R)를 곱하여 활성화 에너지를 계산했다. Fig.7는 표면처리하지 않는 재료에 대해 대수 변형률과 온도사이의 관계를 나타낸 것이다. 부가하중이 80, 100 및 120kgf일 때 각각의 활성화 에너지는 149.56, 144.95 및 141.15kJ/mole로 평균치는 145.22kJ/mole로 나타났다.

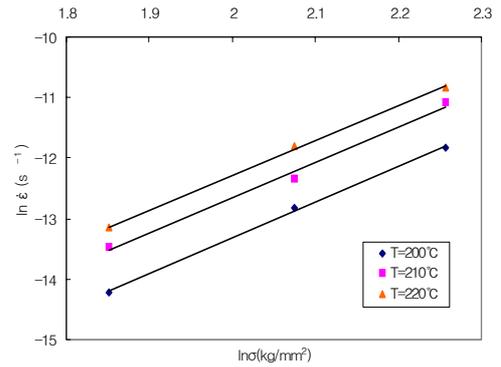


Fig.5 Stress-dependent of creep rate under 200 ~ 220°C

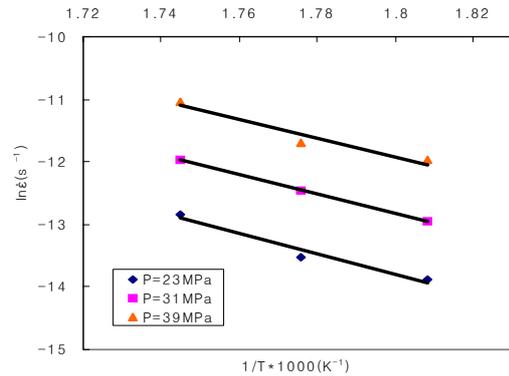


Fig.6 Temperature-dependence of creep rate under 80-120kgf

4. 결론

본 연구에서는 AZ31마그네슘합금을 이용하여 온도조건 200~220°C 하중조건 80-120kgf 상태하에서 PEO표면처리한 재료와 표면처리하지 않는 재료의 크리이프실험을 한 결과, 표면처리하지 않는 재료의 크리이프 변형속도의 응력 의존성은 대략 5.85로 나타났고 측정된 크리이프 활성화 에너지는 대략 145.22kJ/mole로 나타났다. 그리고 PEO표면처리한 재료의 크리이프 강도는 표면처리하지 않는 재료의 강도보다 다소 우수할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) F.R.N. Nabarro, In Report of a Conference on the Strength of Soilds, The Physical Society, London, p.75, 1948
- 2) C. Heering, J. of Appl. Phys. Vol.21, p.437, 1950
- 3) O.D. Sherby, J.L. Lytton, and J.E. Dorn: Acta. Met. Vol.5, pp.219 ~ 227, 1957
- 4) O.D. Sherby and P.M. Burke, Mechanical Behavior of Elevated Temperature, Progress in Materials Science, Vol. 13, pp.325~390, 1968
- 5) S. S. Valgarali and T. G. Langdon, (1982), Acta metal., Vol.30, p.1157