

Barkhausen Noise를 이용한 1Cr-0.5Mo 강의 잔여수명 평가

김민기^{1*}, 김철기¹, 유권상

한국표준과학연구원 재료측정표준센터

¹충남대학교 신소재공학부 재료공학과

1. 서론

강자성 재료에 자기장을 인가하면 자기장의 방향으로 자화하게 된다. 이 때 자벽의 불연속 이동으로부터 자기노이즈가 발생하는 현상을 바크하우젠 노이즈(Barkhausen noise:이하 BHN이라 한다.)라 한다. 그리고 이것을 이용하여, 비파괴적 재료평가를 시도한 연구 등을 살펴보면 국내에서는 결정입계나 시멘타이트(cementite) 등 비자성 개재물의 영향을 이용한 재료내부의 미세조직을 분석하였고, 미세조직과 파괴특성 중의 하나인 파괴인성과의 연관성을 해석하였다[1].

BHN법은 처음에는 응력측정에 이용되다가, 최근에는 금속조직 인자나 재질 열화 등의 비파괴평가 방법으로 주목받고 있다. BHN은 자화과정에서 자벽의 발생이나 불연속 이동 현상이라는 미세적 동적 현상에 근거하여, 다양한 조직이나 응력인자가 관여하고 있기 때문에 이제까지의 비파괴적 방법으로는 원리적으로도 검출 불가능했던 철강재료의 미세한 조직인자 변화나 재질열화 등으로 대표되는 재료평가 분야에서 유용한 데이터들이 많이 발표되고 있다[2].

본 연구는 크롬-몰리브덴강의 인공열화시편에서 BHN의 피크간 간격의 값을 측정하여 로크웰 경도 시험기로 측정한 경도 값과 비교하여 재질열화를 평가하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 실험시편의 치수는 50.0 mm(l) × 26.6 mm(w) × 5.0mm(t)인 1Cr-0.5Mo 강으로 원재료를 비롯하여 700℃에서 1 h, 30 h, 300 h, 1,070 h 및 3,000 h 동안 등온열처리한 5종을 준비하였다.

BHN는 최대자기장이 14 kA/m되는 0.05 Hz의 삼각파 자기장을 인가하였으며 탐지코일에서 측정된 신호는 입출력 신호획득 보드(I/O acquisition board)를 통하여 디지털화하였다. 그리고 경도는 로크웰 경도 시험기로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 열화 시간에 따른 BHN 피크 간격 값을 보여주고 있으며 원재료에서 1 h까지 급격하게 감소한 뒤 1 h에서 30 h까지는 증가하다 이후에는 다시 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 현상은 입계에서의 펄라이트 형성 중 M_2C 과 $M_{23}C$ 탄화물 석출로 설명이 가능하다[3],[4]. 이 탄화물은 자벽의 이동을 방해하는데 이로 인해 1Cr-0.5Mo 강의 BHN 피크 간격이 열처리 후 증가하게 되는 것이다. 그러나 실험결과에서 BHN 피크 간격이 증가하다 감소한다. 이러한 결과는 탄화물 생성을 위해 C, Cr 그리고 Mo 원자가 입계로 확산하기 때문이다. 모체 안에서의 침입형 용질과 치환형 용질의 감소로 인해 잔여응력을 감소된다고 생각한다. 또한 모체의 자기적 연합 결과로써 석출로 인한 자기적 연합은 자기적 경함을 압도한다. 그리하여 높은 온도에서 열처리된 1Cr-0.5Mo 강에서의 BHN 피크 간격의 감소는 고려해야 한다. 그림 2은 로크웰 경도 시험법으로 측정한 경도와 BHN 피크 간격을 계산한 값을 정규화 시켜 비교한 것으로 라슨-밀러 매개변수가 증가함에 따라 감소하는 것을 볼 수 있는데 두 데이터의 경향이 매우 유사한 것을 알 수 있다[5].

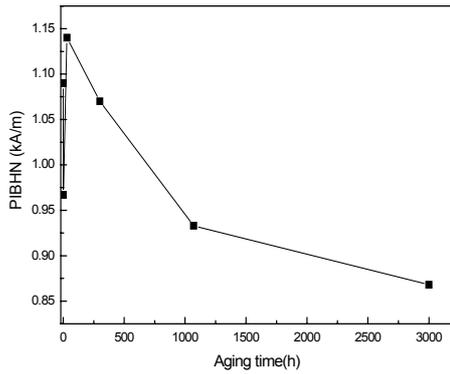


Fig. 1. Peak interval of BHN on aging time.

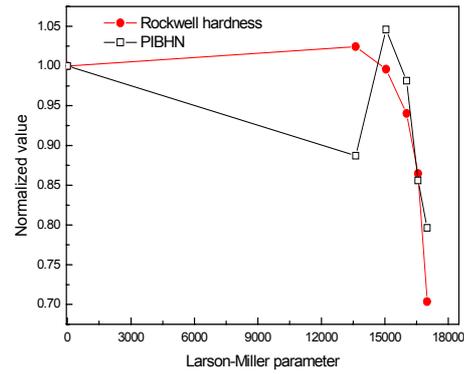


Fig. 2. Dependence of normalized BHN and Rockwell hardness on Larson-Miller parameter

4. 결론

- (1) BHN에서 측정된 피크간의 간격 값은 열화 시간에 따라 감소되는 경향이 나타났다. 그 이유는 탄화물 생성을 위해 C, Cr 그리고 Mo 원자가 입계로 확산하기 때문이다.
- (2) 정규화 시킨 BHN에서 측정된 피크간의 간격 값과 정도 값의 경향은 라슨-밀러 매개변수에 따라 감소하였고 BHN을 이용하여 1Cr-0.5Mo 강의 잔여수명을 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- [1] 김동원, "Barkhausen noise method의 정량화를 위한 미세조직분석과 파괴특성의 비파괴적 평가", 한국비파괴검사학회 추계학술발표회, pp. 300-308, 1999.
- [2] Barkhausen, H. : Phys. Zeitschrift, 20, pp 201, 1919.
- [3] K. Yagi, G. Merckling, T. -U. Kern, H. Warlimont, Creep Properties of Heat Resistant Steels and Superalloys, Springer, Berlin, pp. 45-53, 2004.
- [4] V. A. Biss, T. Wada, "Microstructural changes in 1Cr-0.5Mo steel after 20 years of service," Metallurgical Transaction A, vol. 16A, pp. 109-114, 1985.
- [5] K. S. Ryu, S. H. Nahm, Y. B. Kim, K. M. Yu, and D. Son, "Dependence of magnetic properties on isothermally heat treatment time for 1Cr-1Mo-0.25V steel," J. Magn. Mater, vol. 222, pp. 123-132, 2000.