

마크하우젠 노이즈법을 이용한 크롬-몰리강의 열화도 평가

한국원자력 연구소 박덕근*, 이상용, 홍준화

서울산업대학교 비파괴평가기술연구소 박익근, 박은수

고려대학교 재료금속공학부 권숙인, 변재원, 김정석, 표승우

1. 서론

크롬-몰리브덴 강종들은 고온에서 우수한 기계적 성질을 나타내기 때문에 에너지 변환설비 및 압력용기 등에 폭넓게 사용되고 있다. 그러나 고온에서 장시간 사용됨에 따라 입계에 탄화물의 형성 및 조대화, 용질원자의 결핍, 불순물의 편석 등 미세조직의 변화에 의해 초기의 우수한 기계적 성질이 저하되는 경년열화(經年劣化) 현상이 나타나고 있다. 따라서, 이들 대형기기 및 구조물의 보다 신뢰성 있는 품질보증과 정기적인 가동 중 검사가 요구되어지고 있다.

2. 실험방법

실험에 사용된 시편은 터빈로터용 소재로 널리 사용되는 크롬-몰리브덴 강으로 실제 발전소 터빈에서 오랜 기간 사용된 재료와 유사한 미세조직을 갖도록, 시료를 인위적으로 재결정온도보다 낮은 630℃의 온도에서 고온 열처리를 통한 가속열처리를 수행함으로써 고온 장기 사용재의 미세조직 변화를 시뮬레이션 한 후, 자화코일로 시편을 자화시키고, 센서 내부의 검출코일을 통해 검출된 자화전압에 수반하는 저주파성분을 필터로 제거한 뒤, 오실로스코프에서 파형을 관측하고 데이터를 획득하여, 이산신호에 대한 다양한 파라미터의 변화를 살펴보았다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 3-1은 초기(as-received) 시편을 FESEM(field emission scanning electron microscope)으로 관찰한 결과이며, 탄화물의 형태가 구형(globular), 막대형(pipe), 침상형(acicular)의 3가지 형태임을 관찰 할 수 있었다. 또한 열화시간이 점점 증가함에 따라 침상형의 탄화물이 급격하게 소멸되고, 약 1000시간 이후 구형 및 막대형의 탄화물만이 존재하며 이 탄화물 또한 열화시간에 따라 감소되어짐을 확인 할 수 있었다.

그림 3-2는 경도값의 변화를 보여주고 있다. 그림 3-3의 (A)의 구형 및 파이프 형태의 탄화물 개수는 열화시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, (B)의 침상탄화물은 점차 그 수가 열화시간에 따라 급격하게 감소하고, 1000시간의 경년열화 이후 관찰할 수가 없었다. 그림 3-4는 원 신호(original signal) 및 디노이징 신호(de-noising signal)에 대한 제곱평균의 제곱근 전압 값(RMS)의 변화를 보여주고 있으며, 이 또한 약 1000시간까지 급격한 증가를 하고 이 후에는 완만해지는 경향을 보이고 있다. 그림 3-5는 1주기 자화전류에 대한 BNC(Barkhausen noise count)를 측정된 결과를 보여주고 있다. 이 결과 열화시간이 증가함에 따라 미소하지만 카운트의 수가 증가하는 결과를 가져 왔다. 또한 디노이징의 효과를 주었을 때, 데이터들의 분산정도가 감소하는 효과를 나타냄을 알 수 있다.

그림 3-6은 BHN의 FFT 결과이며, 중심주파수(center frequency)는 약 10kHz이었으며, A와 B로 마킹한 고주파성분을 관측 할 수 있었다. 이는 정규적으로 분포하는 전기적 잡음 성분으로 판단된다. 그 이유는 디노이징을 행한 후 FFT를 행했을 때, A와 B의 주파수 성분이 소멸되기 때문이다. 또한 FFT를 행한 후 주파수 성분의 진폭값들의 평균값이 어떻게 변하는지를 살펴보았으며, 그 결과 RMS의 경향과 유사한 경향을 보였으며, 원 신호보다 디노이징 처리를 한 신호를 해석함이 더 좋은 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

4. 결론

미세조직 사진 분석결과 자구의 이동을 방해하는 탄화물의 개수가 열화시간이 증가함에 따라 점차 감소됨을 알 수 있으며, 특히 1000시간의 열화시간까지 침상탄화물의 개수가 급격히 감소함을 확인하였다. 이와 유사하게 1000시간의 열화시간까지 바크하우젠 노이즈의 최대 전압, 평균 제곱근 전압, 이벤트 수 및 신호의 내부면적 그리고, 주파수 스펙트럼상의 평균 진폭값 등의 변화가 증가하는 경향을 보여 바크하우젠 노이즈법을 이용한 열화도 평가가 가능함을 확인하였다. 이벤트 수 및 내부면적 그리고, 주파수 스펙트럼상의 평균진폭 값의 변화를 디노이징 기법을 적용한 결과 데이터의 분산정도를 다소 감소시킬 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] Heihachi Shimada, "Barkhausen Noise解析에 의한 鐵鋼材料의 經年劣化와 強度의 同時平價", 韓國海洋工學會誌, 第3卷, 第3號, pp. 506-511, 1989
- [2] 옥치일, 김장환, 박덕근, 홍준화, 이종규, "중성자에 조사된 원자로 압력용기 재료의 Barkhausen 노이즈에 관한 연구", 한국비파괴검사학회지, Vol. 18, No. 6, pp. 477-483, 1998

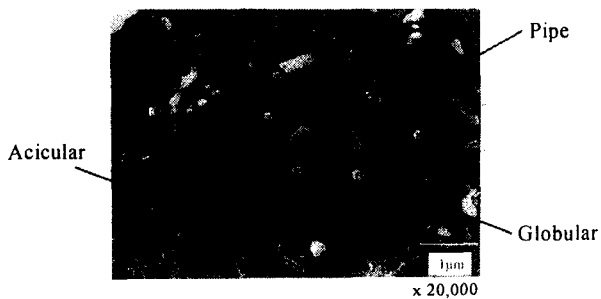


Fig. 3-1 Morphology of carbides in Cr-Mo steel(FESEM)

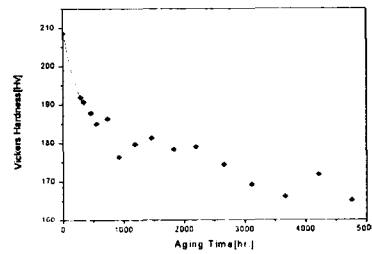
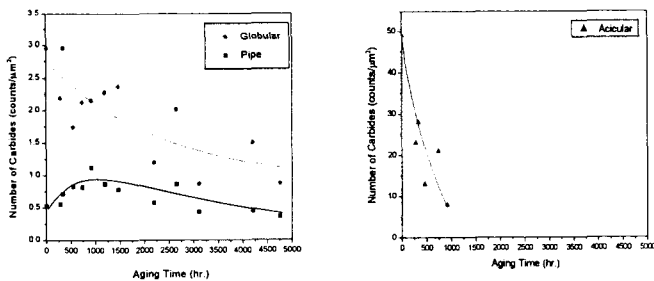
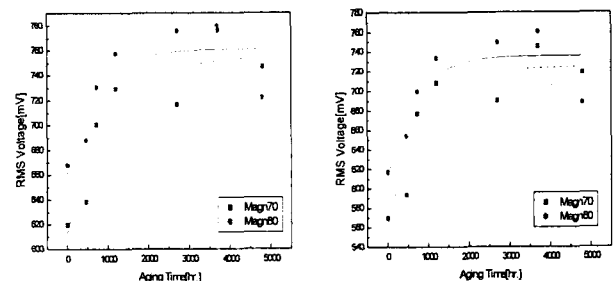


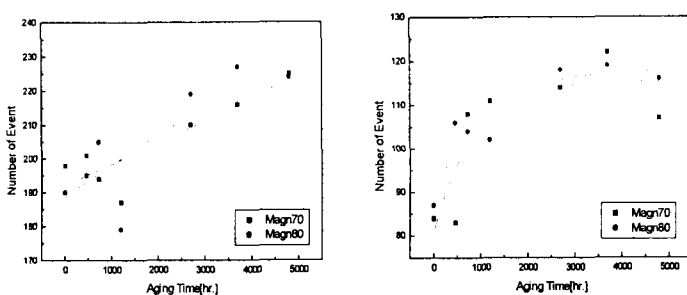
Fig. 3-2 Change of vickers hardness with aging time



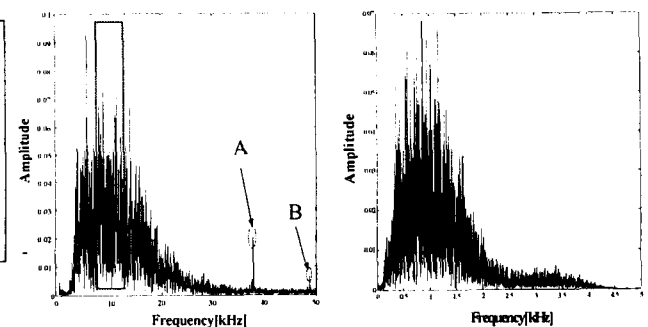
Golbular, Pipe type Acicular type
Fig. 3-3 Change of number of carbides per unit area with aging time



(original signal) (de-noised signal)
Fig. 3-4 Change of RMS voltage with aging time



(de-noised signal, 1cycle) (original signal, 1cycle)
Fig. 3-5 Change of BNC(event number) with aging time (threshold level=1mV)



(original signal) (de-noised signal)
Fig. 3-6 FFT result of Barkhausen noise