

가역투자율에 의한 2.25Cr-1Mo 강의 비파괴적 열화 평가

유권상^{1*}, 박수영^{1,2}, 남승훈¹, 박종서¹, 김철기²

¹한국표준과학연구원 삶의질표준부,

²충남대학교 재료공학과

1. 서론

사용 중인 화학발전 및 화학 플랜트 설비의 재료 수명을 평가하기 위해서는 제조당시의 재료물성 데이터가 아닌 열화된 재료의 물성 및 인성을 사용해야 한다. 그러나 재료의 물성 측정을 위하여 사용 중인 설비로부터 설비에 손상을 주지 않고 시험편을 채취한다는 것은 기술적으로 어려울 뿐만 아니라 경비와 시간이 많이 소요되므로 파괴적 방법에 의한 설비의 재료물성평가는 사실상 적용 불가능하다. 따라서 신뢰성 높은 비파괴적 재료물성평가 및 재료인성평가기술이 개발되어야 한다. 본 연구에서는 자기적 방법을 이용한 압력용기강 2.25Cr-1Mo의 열화도를 비파괴적으로 평가하는 기술을 개발하기 위하여, 열처리시간을 달리하여 열화정도가 다른 시험편 6 종류를 준비하였으며, 열화시간에 따른 기계적 특성 저하를 경도값 및 가역투자율 변화에 의해 살펴보았다.

2. 실험방법

(1) 기계적 물성 측정

경도 측정용 시편은 15 mm × 15 mm 되게 wire cutting하여 SiC 사포 220, 400번, 600번, 800번, 1,000번 및 1,200번 순서로 연마한 후, 6 μm - 1 μm의 diamond paste로 최종 polishing하여 준비하였다. 경도측정은 FUTURE TECH 사의 FM-7마이크로 비커스 경도시험기로 측정하였다. 1 kgf의 시험하중으로 12회씩 측정하여 최고치와 최저치를 제외한 10회 측정값의 평균을 취하였다.

(2) 자기적 특성 측정

가역투자율을 측정하기 위한 장치의 개략도가 Fig. 1에 주어져 있다. 전기강판을 적층한 코어에 탐지코일, 직류 및 교류 자기장 인가용 코일을 권선하였다. 직류는 I/O aquisition board에서 발생한 파형을 전력 증폭기로 전력 증폭하여 인가하였고, 교류 자기장은 파형발생기에서 발생한 파형을 인가하였다. 탐지코일에 유도되는 1차 고조파는 섬동자기장을 참조신호로 하여 lock-in 증폭기를 이용하여 측정하였다. 그리고 시편에 인가되는 자기장은 potentiometer와 자속계를 이용하여 측정하였다. 시편은 최대 자기장이 9.0 kA/m이

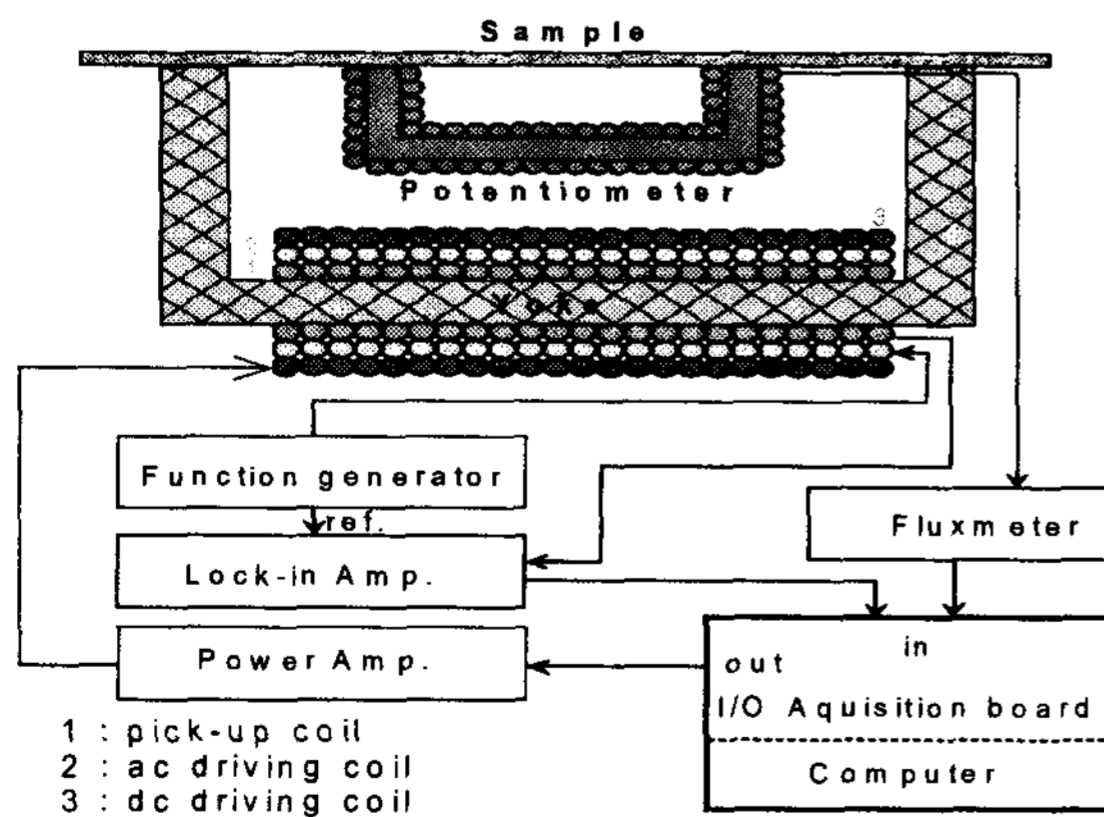


Fig. 1. Block diagram for measuring reversible permeability in 2.25Cr-1Mo.

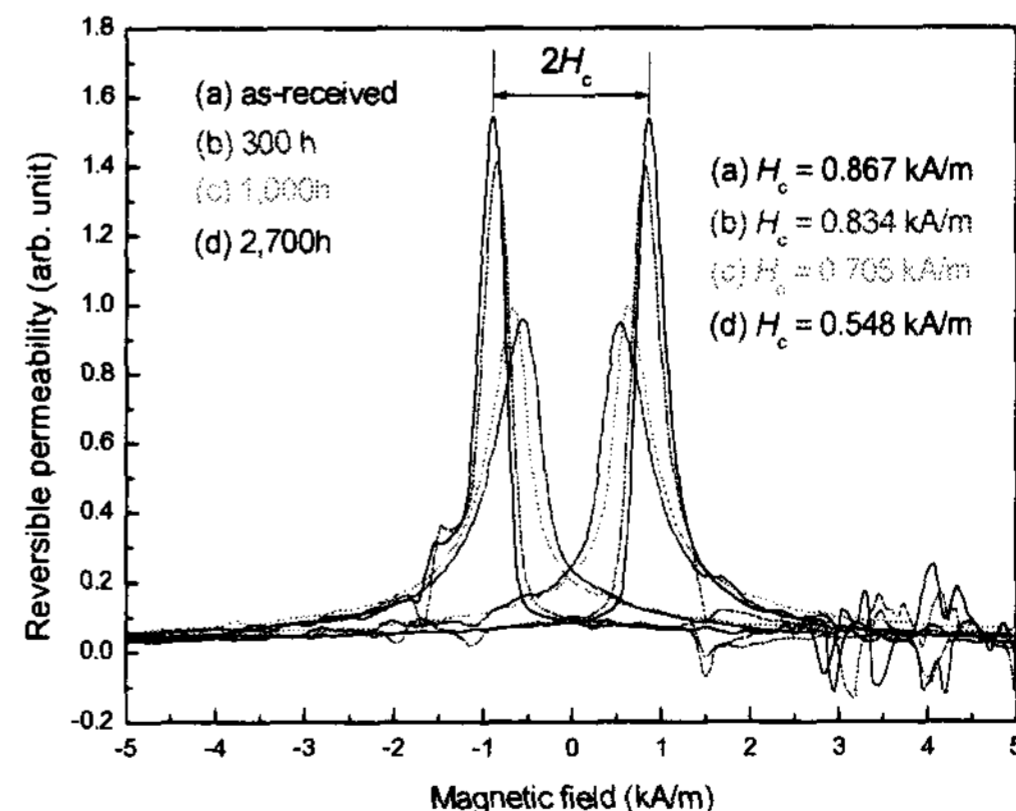


Fig. 2. Reversible permeability profiles for aging times (a) as-received, (b) 300 h, (c) 1,000 h, and (d).

고, 주파수가 0.05 Hz인 삼각파형에 의해 자화되었다. 자속계와 lock-in 증폭기로 읽은 값은 I/O acquisition board의 입력측을 통하여 측정된 후, 컴퓨터에서 데이터를 처리하게 하였다.

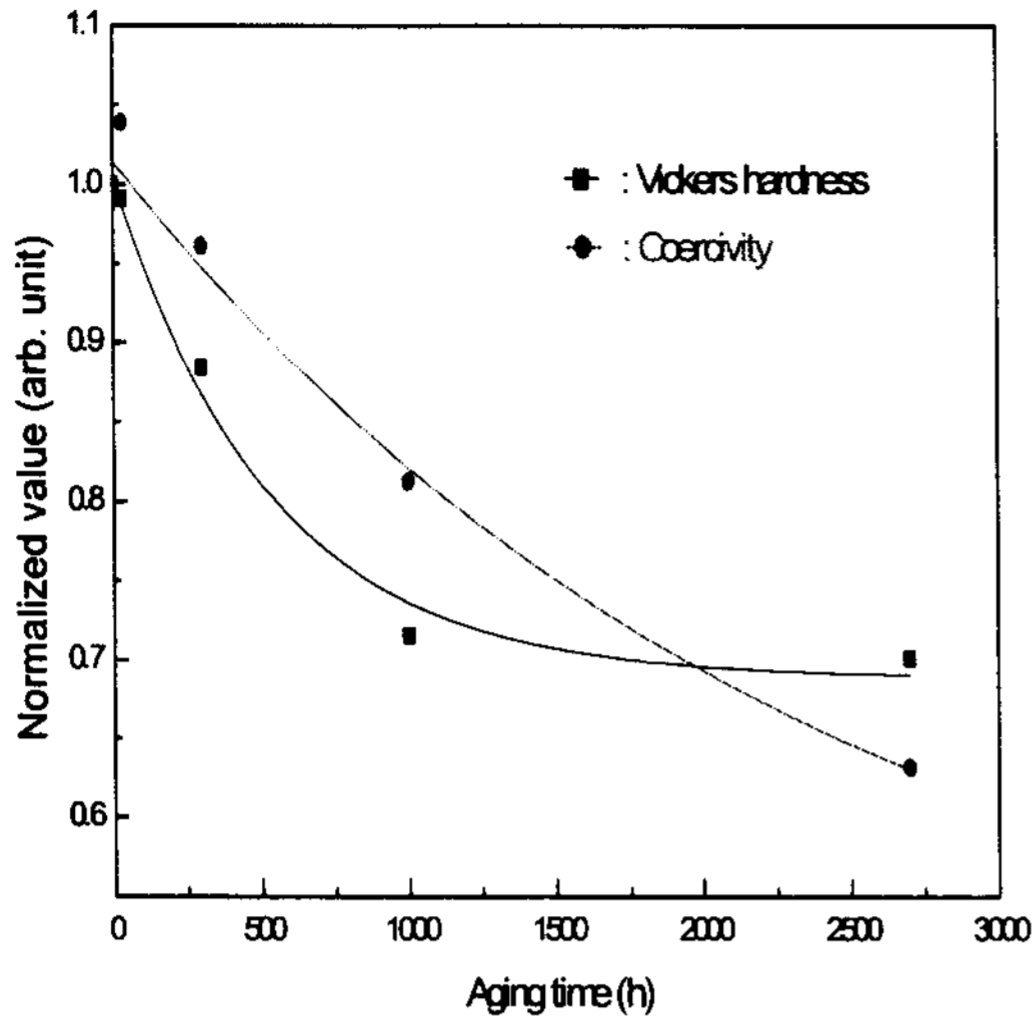


Fig. 3. Comparison of mechanical and magnetic properties at aging.

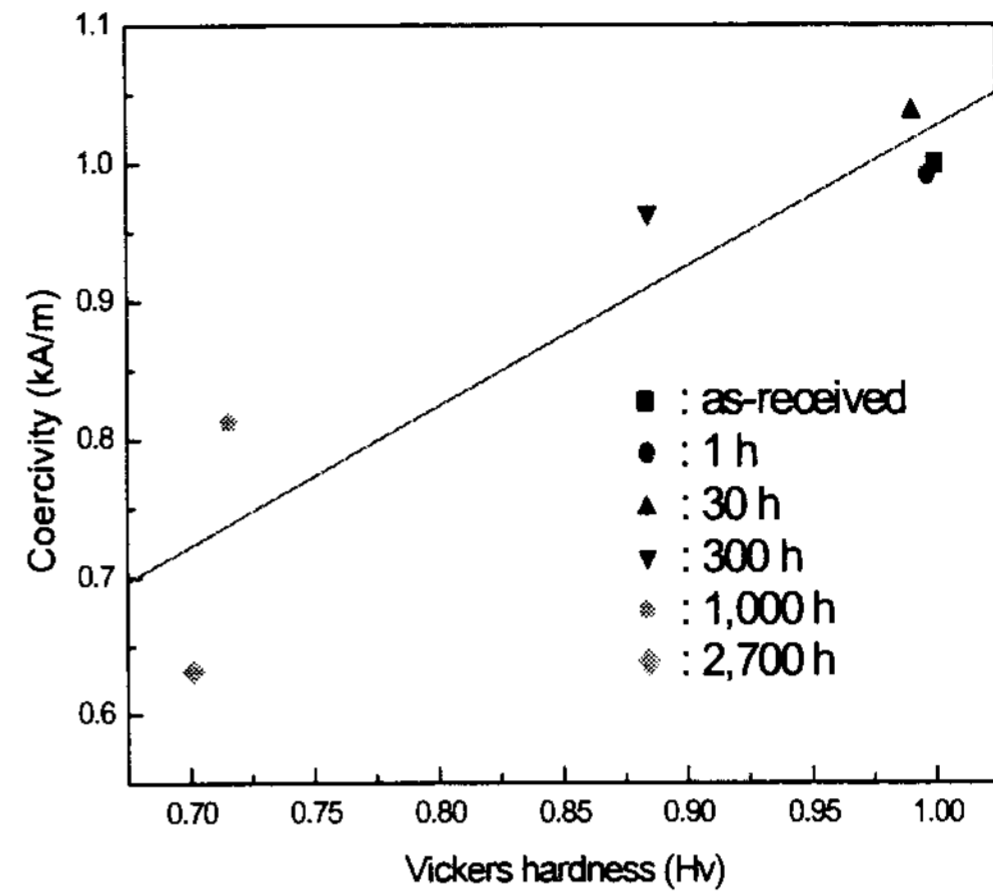


Fig. 4. Relationship between coercivity and Vickers hardness.

3. 실험결과

Fig. 2는 (a) 미열화재와 열처리 시간 650 °C에서, (b) 300 시간, (c) 1,000 시간 및 (d) 2,700 시간에 열처리한 4개의 시편에서 측정된 가역투자율의 profile이다. 가역투자율 침두값 사이의 간격, 즉 2배의 보자력은 열화시간이 길어짐에 따라 점점 좁아짐을 알 수 있다. Fig. 3은 온도 650 °C에서 열처리했을 때 경도값, 보자력을 미열화재 시편에 대한 값으로 규격화한 값들을 나타내고 있다. 경도값은 1,000 시간 이하의 열처리 시간에서 급격히 감소하나 열처리 시간을 증가시킴에 따라 완만하게 감소한다. 반면에 보자력은 모든 열처리 시간에 대해 거의 단조 감소한다.

4. 고찰

Fig. 4는 Fig. 3에서 구한 값에 의해 경도와 보자력의 상관관계를 나타내고 있으며, 두 인자 간에 다음 식과 같은 선형관계를 갖는다.

$$H_c = 1.47 \cdot 10^{-1} \cdot H_v - 5.85 \cdot 10^{-2} \quad (1)$$

비파괴적 검출방법 중에서 경도법은 다른 방법에 비하여 측정방법이 간편하여 그 동안 많은 관심이 집중되어 왔고, 또한 많은 데이터 베이스를 구축하고 있다. Fig. 4의 상관관계를 이용하여 보자력의 측정으로부터 경도값을 추정한다면 Larson-Miller 파라미터나 G' 파라미터를 이용하여 재료의 열화 정도를 추정할 수 있다.

5. 결론

Surface type 프로브를 이용하여 인공열화재에 대해 가역투자율을 측정하였고, 가역투자율의 침두값 간의 간격에 의해 보자력을 계산하여 경도값과 비교함으로써, 비파괴적으로 압력용기강인 2.25Cr-1Mo 강의 열화 정도를 추정할 수 있게 되었다.

6. 참고문헌

- [1] R.K. Penny and D.L. Marriott, *Design for Creep*, (Chapman & Hall, London, 2nd ed., 1971), pp. 206-211.