

소형시험편(Small Punch)과 전기화학적방법에 의한 경년열화도 평가

정 희 돈, 권 영 각, 장 태 응

용접연구센터 / 산업과학기술연구소

1. 머리말

최근 들어 발전설비 등과 같은 경년고온 설비에 대한 관심이 고조되고 있다. 이러한 관심의 초점은 대상 설비의 잔존 수명을 평가하는데에 맞추어져있고 이를 위하여 Creep시험을 위시한 수많은 연구가 행하여지고 있다. 그러나 Creep수명을 지배하는 인자들 중에서 가장 중요한 것중의 하나가 고온중 장시간 사용중에 일어나는 부재의 야금학적 변화를 들 수 있다. 필자들은 야금학적 변화를 탄화물의 생성 및 변화에 주목하여, 비파괴적 방법에 의한 특정 탄화물의 검출을 위한 연구를 수행하여 왔다. 즉, 소듐 몰리브데이트 용액하에서는, 몰리브덴이 주성분인 M₆C 탄화물이 anode영역에서 부동태를 생성치 않고 연속적으로 용해되어가는 성질을 이용하여 그때 흐르는 전류량을 측정하여 M₆C 탄화물의 양을 측정하였다. 이 M₆C 탄화물은 고온 중에서 마지막으로 안정화되는 것으로서 Creep강도를 저하시키는 가장 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있어, 이 탄화물의 비파괴적 검출은 고온 부재의 현상태 진단법으로서 유효함을 알았다.

본 연구는 전년도에 얻은 결과를, 현장에서 응용하기 위한 각종 측정 인자들을 검토하고 측정 값들과 기계적 성질 변화와의 상관 관계를 검토 한 것이다.

2. 시험재 및 시험 방법

시험재는 화력발전소 보일러 열교환기 부재로 사용되는 STPA24 (2 1/4 Cr - 1 Mo) 이다. 시험재는 미사용재와 실기 사용재로 나누어 지며 각각의 사용이력은 표 1과 같

다. M_6 C탄화물의 비파괴적 검출을 위하여 전기화학 실험을 행하였다. 즉, 0.001mol/l 의 소듐 몰리브 데이트 용액하에서 전기화학재활성화법(EPR)에 의한 시험을 행하였다. 한편 장시간 고온중 사용에 의한 기계적 성질의 변화를 알기 위해 Small Punch시험을 행했다.

3. 시험 결과

그림 1은 사용조건으로 부터 계산된 Larson-Miller Parameta(LMP)와 경도 변화의 관계를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 열이력의 증가에 따라 경도가 감소하고 있음을 알 수 있다.

그림2은 현장 측정용 전기화학 셀을 이용하여 얻은 전위-전류 곡선의 일례를 나타낸 것으로서 미사용재에 비해서 실기 사용재들은 $100\text{ mV} - 50\text{ mV}$ (vs Ag/AgCl)에서 재활성화를 나타내는 전류값들이 관찰되고 있음을 알 수 있다. 이러한 전류값을 I_p 라고 정의되며 이 값들이 시료내에 존재하는 M_6 C탄화물의 양을 대변하고 있다.

그림 3은 $\text{pH} = 5.4-5.49$, Scan rate = 0.5mV/sec 그리고 표면 거칠기 $1\mu\text{m}$ 의 조건하에서 얻어진 I_p 값과 LMP와의 관계를 나타낸 것으로 사용이력과 좋은 관계를 나타내고 있다.

한편, 그림 4은 Scan Rate의 영향을 나타낸 것으로 열화도의 정도에 따라 I_p 값들이 변화하고 있음을 알 수 있으며 열화도 평가에 있어 1mV/sec 의 Scan Rate가 최대 허용치로서 생각 된다. pH 영향에 관한 결과들 그림 5에 나타낸다. 그림을 보면 pH가 증가함에 따라 I_p 값은 감소하고 있으며, 특히 $\text{pH}=4.8$ 보다 작을 때는 급격히 떨어지고 있음을 알 수 있다. 그림 6는 시료의 표면처리 영향을 나타낸 것으로 최소한 $5\mu\text{m}$ 정도의 표면마무리가 필요함을 알 수 있다.

그림 7은 SP에서 얻어진 하중-변위 곡선의 일례를 나타낸 것이다. 그리고 그림 8은 하중-변위 곡선하의 면적으로 정의 되는 SP Energy와 시험온도와의 관계의 일례를 나

타낸 것이다.

그림 9은 SP Energy - 시험온도에서 구한 SP DBTT와 전기화학 시험에서 구한 I_p 와의 관계를 나타낸 것으로서 I_p 와 SP Energy사이에는 좋은 관계가 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

전기화학적 방법을 이용하여 현장에서 비파괴적으로 M_6C 탄화물의 검출을 행하기 위한 각종 측정인자의 영향을 명확히 하였다. 또한 전기화학적 측정 값과 Small Punch시험으로 구한 기계적 성질 변화와의 관계를 살펴 보았다.

Table . Service exposed condition of materials used in this study

Symbol	Operation Temperature	Operation Time (hour)	Larson-Miller Parameter	Component
N	—	—	—	As received
RH - 1	540	132,000	20,423	Fossil Power Plant Reheater tube
RH - 2	565	178,680	21,161	"
RH - 3	600	75,000	21,715	"
SH - 1	571	196,600	21,347	Fossil Power Plant Superheater tube

Figure 1

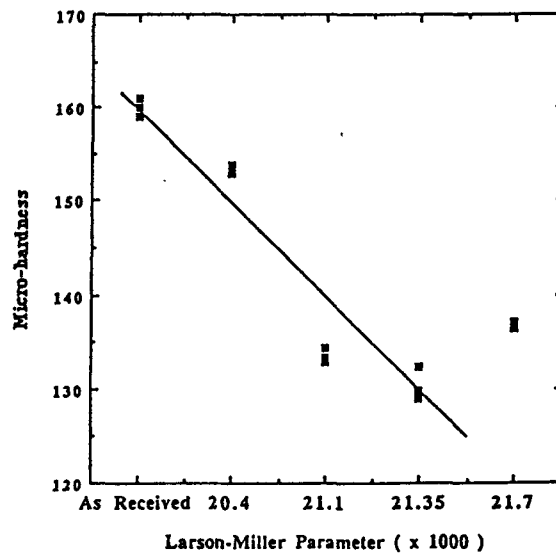


Figure 2

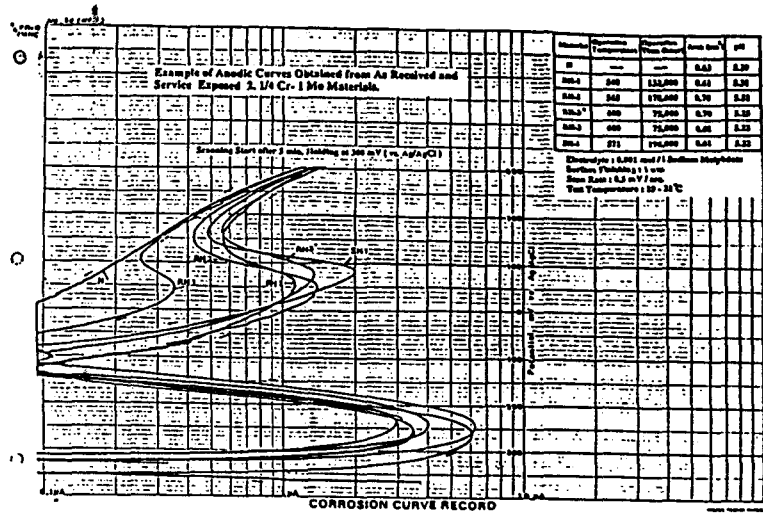


Figure 3

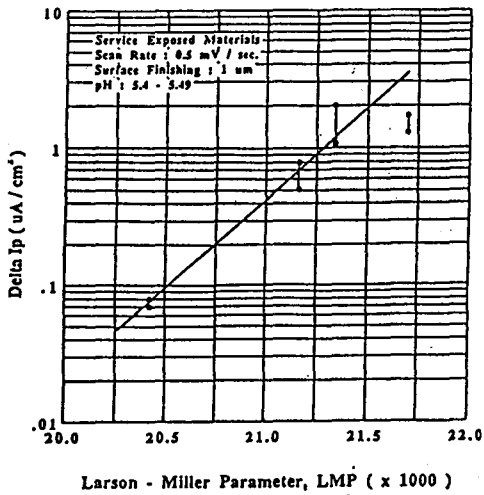


Figure 4

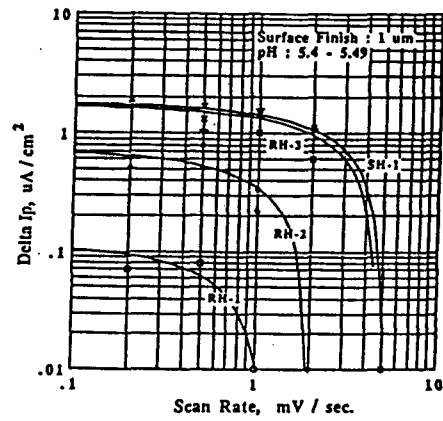


Figure 5

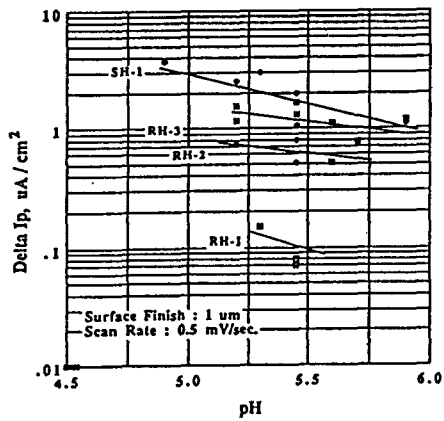


Figure 6

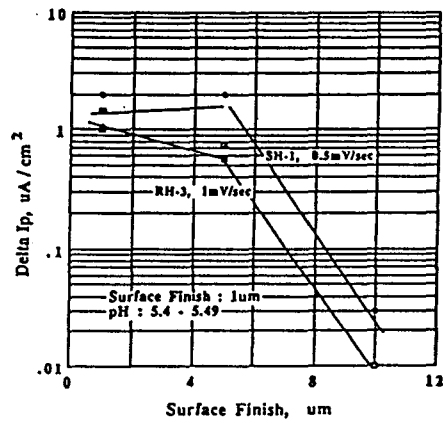


Figure 7

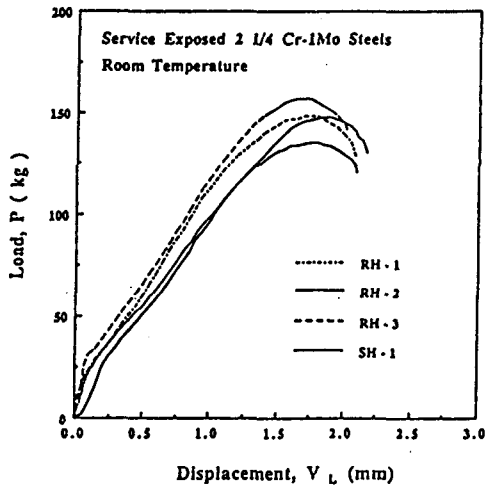


Figure 8

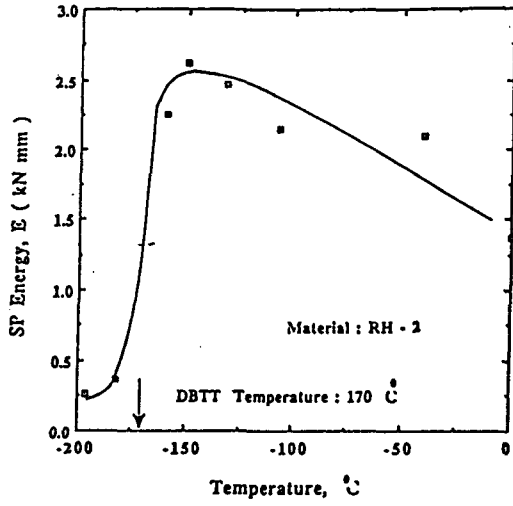


Figure 9

