

хин지재료의 찰과마멸부식에 미치는 부식환경의 영향(I)

곽 남 인 · 임 우 조 · 이 종 략*

부산기능대학 금형기술과, *부경대학교 공과대학, **한국가스안전공사 연구개발실
(1999년 11월 23일 접수, 2000년 1월 24일 채택)

Effect of Corrosion Environment on the Fretting Wear Corrosion of a Hinge Material(I)

Nam-In Kwak · Uh-Joh Lim* and Jong-Rark Lee**

Dept. of Die & Mold, Pusan polytechnic collage, Pusan 607-060, Korea

**Dept. of Mechanical Eng., Pukyong Nat. University, Pusan 608-739, Korea*

***R&D Division, Korea Gas Safety Corporation, Shiheung 429-712, Korea*

(Received 23 November 1999 ; Accepted 24 January 2000)

요 약

본 연구에서는 힌지재인 SM20C, YBsC3 및 STC4H재에 대하여 공기 및 여러 가지 부식환경중에서 이종금속간의 찰과마멸부식실험을 실시하여, 이종금속간의 찰과마멸부식특성에 미치는 환경조건의 영향을 연구하였으며, 주요 결론은 다음과 같다.

- 1) 이동측 금속인 SM20C의 찰과마멸부식에 미치는 지하수의 영향은 STC4H에서 더 민감하고 YBsC3에서는 둔화된다.
- 2) STC4H의 찰과마멸부식에 미치는 지하수의 영향은 작지만, 0.5% H₂SO₄ 및 0.5% HNO₃ 용액중에서 더 크게 된다.
- 3) 이동측 SM20C의 찰과마멸부식은 3.5% NaCl, 0.5% H₂SO₄ 및 0.5% HNO₃ 용액중에서보다 지하수중에서 가장 작게 나타났다.
- 4) 시간이 경과함에 따라 찰과마멸부식에 미치는 영향은 0.5% HNO₃ 용액중에서는 증가하지만 0.5% H₂SO₄ 용액중에서는 둔화된다.

Abstract - The fretting wear corrosion characteristics between the SM20C and the SM20C, the YBsC3 and the STC4H was experimented by using radical type friction experimental device under the corrosion environment of atmosphere, neutral solution, acid solution and chemical factors of the sea water.

The affection of underground water that affect fretting wear corrosion of the SM20C which is moving specimen was more sensitive at the STC4H and more insensible at the YBsC3. The affection of underground water that affect fretting wear corrosion of the STC4H was less, but in the 0.5% H₂SO₄ and 0.5% HNO₃ solutions the fretting wear corrosion of the STC4H was more large. The fretting wear corrosion of the SM20C which is moving specimen in the underground water was less than in the 3.5% NaCl, 0.5% H₂SO₄ and 0.5% HNO₃ solutions. As time passed, the fretting wear corrosion is increased in the HNO₃ solution and dull in the 0.5% H₂SO₄ solution.

Key words : Different metal, Fretting wear corrosion, Hinge, Wear corrosion loss,

1. 서 론

각종 기계구조물에는 조립 및 체결을 위하여 볼트, 핀, 리벳 및 용접 등을 이용하고 있으며, 핀을 비롯한 구동부 힌지의 경우 구조물 및 기계장치의 작동과 안전유지에 중요한 역할을 하는 것은 치수의 정밀도이다.

이들 힌지 또는 핀의 접촉면은 미약한 상대 운동이나 진동 등에 의해서 마찰되고, 마찰되고 있는 힌지나 핀과 조합된 구조물 부재의 금속표면은 마멸이과 부식의 반복작용인 찰과마멸부식을 일으키게 된다[1,2].

그리고 최근 급격한 공업의 발전과 자동차 문화로 인해서 이들 금속들은 아황산가스, 일산화탄소 등의 습윤환경과 산성비로 인한 산성비 등에 의해 부식환경조건으로 될 수 있다. 이와 같은 산성이나 Cl이온의 부식환경조건하에서 이용되고 있는 각종 기계장치나 동 구조물의 찰과마멸부식 특성[3,4]은 현저히 다른 양상으로 나타날 수 있다. 그러므로 각종 부식환경조건하에서의 찰과마멸부식특성을 고찰할 필요가 있다.

본 연구에서는 가이드포스트 및 부싱 재료로 많이 사용되는 탄소공구강(STC4), 일반구조용강(SM20C) 및 황동을 이용하여 여러 가지 부식환경(대기, 중성, 산성 및 해염인자)중에서 Radial형의 편심축마멸실험장치에 의해 찰과마멸부식실험을 실시하여, 이종금속간의 찰과마멸부식 특성에 미치는 부식환경 영향과 기계적 특성을 구명하였다.

2. 시험편 및 실험방법

2.1. 시험시료 및 시험편

2.1.1 시험재료

본 실험에 사용한 재료는 탄소공구강(STC4), 일반구조용강(SM20C) 및 황동주물(YBSc3)재이다. 여기서 탄소공구강이 프레스 금형에 이용되어 질 때, Guide post와 부싱은 금형에서 펀치 및 다이의 위치결정에 매우 중요한 역할을 하기 때문에 반드시 열처리후에 연마하여 치수공차가 $\pm 0.02\text{mm}$ 이내로 하였다.

STC4종의 열처리 방법은 Fig. 1에 나타내었으며, 860℃로 가열한 다음 1시간 유지후 오일중에서 60℃로 유냉(Oil quenching)하고, 다시 180℃까지 가열하여 3시간 유지후에 템퍼링(Tempering)을 하고 공기중에서 공랭(Air cooling)하였다. 이 재료로 열처리된 시험편을

STC4H로 표기하였다.

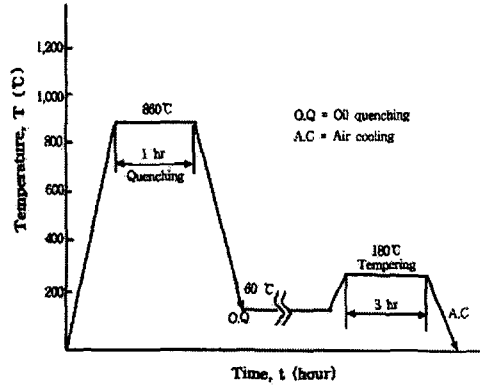


Fig. 1. Heat treatment cycle for STC4.

2.1.2 시험편

시험편의 형상을 Fig. 2 및 Fig. 3에 나타내었으며, Fig. 2는 이동측 시험편으로 원형의 블록형이며, Fig. 3은 회전측 시험편으로 실린더형으로 제작하여 선삭가공후에 양면 연삭하였다. 또한 마찰면의 표면조도는 에머리 페이퍼 #1200으로 정면연삭하여 최대 높이 Rmax는 약 0.1μm로 유지하도록 하였으며, 그 표면조도의 상태는 가능한 균일한 조도가 되도록 하였다.

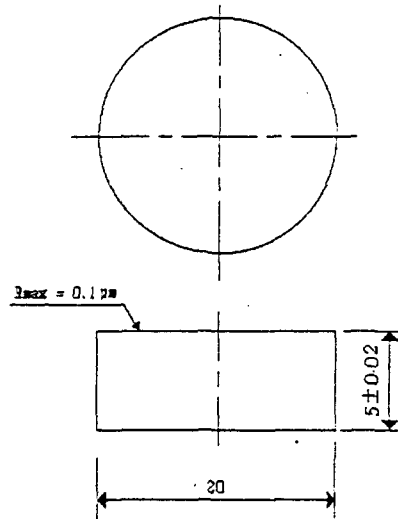


Fig. 2. Moving specimen size (unit : mm)

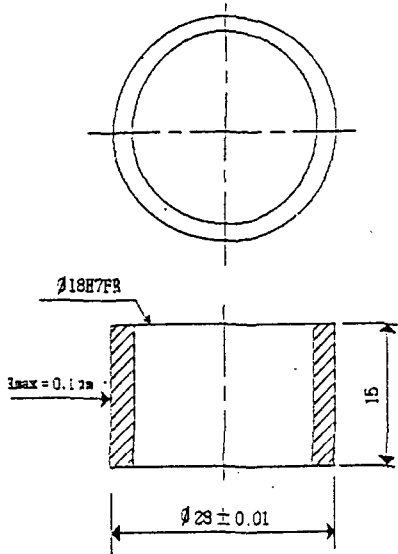


Fig. 3. Rotary specimen size (unit : mm)

또한 정면 연삭가공으로 인한 시험편의 변질층을 최소한으로 하기 위하여 절삭속도는 저속으로 하고 냉각수는 충분히 공급하면서 가공하였고 가공중에 발생한 표면의 자력은 탈자기(脫磁機)로 자력을 탈자한 후 실험하였다.

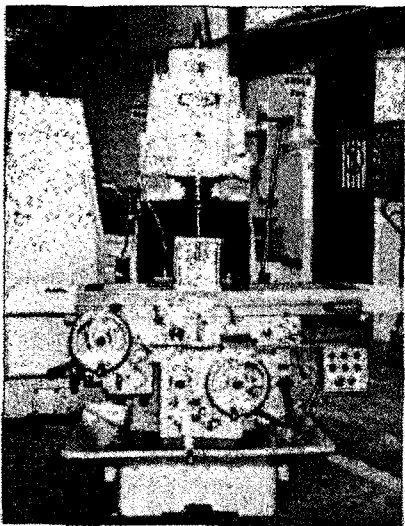


Photo. 1. Photograph of the experimental.

2.2. 찰과마멸부식실험

본 실험에 사용한 마찰연마 부식실험장치의 외관을 Photo. 1에 나타내었으며[5], 부식용액

중에서도 실험할 수 있는 Radial형 마찰실험장치이다. 여기서, 수직밀링기기의 스피너들을 회전시켜 실험하였고, 회전축은 2mm의 편심축을 이용하여 편심축의 시험편이 4mm의 변위를 가지고 왕복운동을 하도록 하였다. 또 코일형 압축스프링을 이용하여 이동축의 압력을 2.0~6.0Kgf/mm²로 변화를 주었다. 또한 이동축 시험편의 왕복회수는 90s.p.m으로 하였다.

그리고 마찰면은 에머리 페이퍼 #1,200으로 정밀연마하고, 불순물제거를 위하여 초음파 세정후 건조시켜 감도 0.1mg의 디지털 천칭으로 시험편의 중량을 측정하였으며, 환경변화에 따른 무게감량은 실험후 초음파 세정하여 측정하였다.

부식환경 분위기는 3.5% NaCl용액, 0.5%HNO₃, 0.5%H₂SO₄용액 및 비저항이 6,000(Ω·cm)인 지하수 분위기로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 건조찰과마멸 특성

Fig. 4는 대기중에서 접촉압력(P)을 2~6 kgf/mm²로 변화시키고, 90 rpm으로 일정하게 회전시키면서, 시간경과에 따른 이동축 일반구조용강 (SM20C)시험편과 회전축의 SM20C, YBSc3 및 열처리된 탄소공구강 (STC4H)의 찰과마멸부식에 의한 마멸량(W)을 나타낸 것이다.

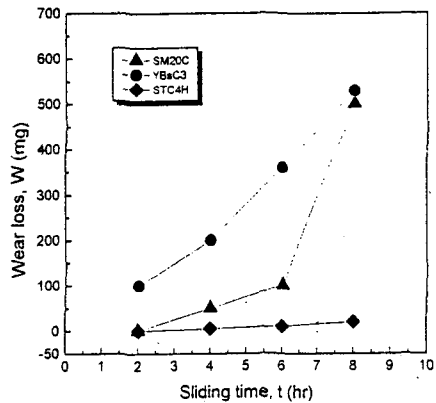


Fig. 4. Relation between wear loss of SM20C, YBSc3 and STC4H(rotary specimens) contact with SM20C(moving specimen) vs sliding time in air.

YBsC3재의 마멸량은 다른 재료의 마멸량보다 가장 많이 증가하고, 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. SM20C재는 약 6시간까지 다소 완만한 마멸거동을 보이다가 다시 급격하게 증가하는 양상을 보이고 있으며, STC4H재는 약 2시간 경과후 미세한 마멸현상이 나타나고 있다. 이는 연성재질인 YBsC3재의 마멸량은 가장 많이 증가하고, STC4H는 경도가 높기 때문에 마멸량이 극히 적은 것으로 생각된다. 특히 동일 재료인 SM20C재는 다소 완만한 마멸거동을 보이다가 다시 급격히 증가하는 이유로 초기에는 동일한 재료의 마찰 표면에 마멸분(磨滅粉)이 윤활작용에 의해 완만한 마멸양상을 나타내다가 시간이 경과되면서 마찰에 의해서 누적된 윤착마멸분이 급격히 탈리(脫離)되면서 마멸량이 급격히 증가하는 것으로 사료된다.

3.2. 찰과마멸부식에 미치는 지하수의 영향

Fig. 5는 비저항이 6,000(Ω -cm)인 지하수중에서 접촉시간경과에 따른 이동측 SM20C와 회전측 SM20C, YBsC3 및 STC4H와의 마찰에 의한 회전측의 마멸량을 나타낸 것이다.

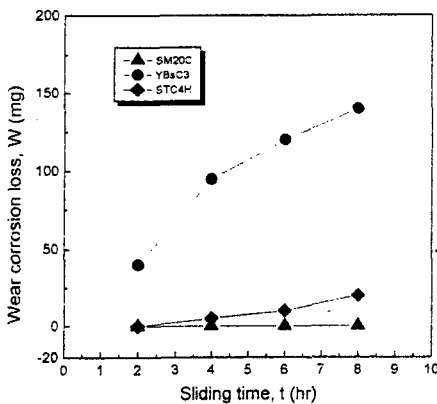


Fig. 5. Wear corrosion loss of SM20C, YBsC3 and STC4H(rotary specimens) contact with SM20C(moving specimen) vs sliding time in $\rho=6,000\Omega$.cm

이동금속인 SM20C와 마찰된 YBsC3의 마멸량이 가장 높게 나타나고 시간이 경과하면서

선형적으로 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 이러한 마멸 경향은 Fig. 4의 대기중에서 찰과마멸부식과 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그러나 공기중보다 지하수중에서의 STC4H의 마멸량이 SM20C의 마멸량보다 더 증가하는 양상을 보이고 있다. 이와 같이 열처리된 STC4H의 마멸량이 SM20C보다 더 증가하는 이유는 열처리로 인한 조직변화와 잔류응력 등으로 일정시간 찰과마멸부식의 잠복기를 거친 후 표면의 산화층이 마멸되기 때문이고, 동종재의 SM20C는 상대운동으로 인한 표면경화와 지하수에 의한 윤활작용으로 마멸현상이 거의 나타나지 않지만 접촉시간이 장시간 경과되면서 마멸이 일어날 것으로 추측된다.

3.3. 찰과마멸부식에 미치는 NaCl의 영향

Fig. 6는 3.5%NaCl용액중에서의 접촉시간증가에 따른 이동측 SM20C와 회전측의 SM20C, YBsC3 및 STC4H의 찰과부식마찰에 의한 회전측의 마멸량을 나타낸 것이다.

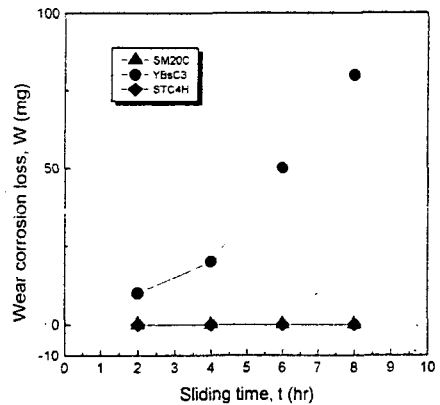
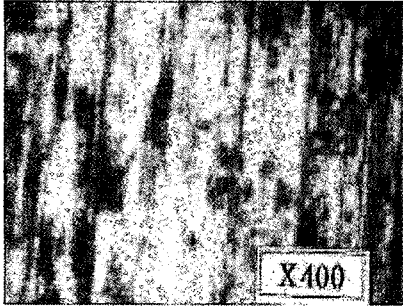


Fig. 6. Wear corrosion loss of SM20C, YBsC3 and STC4H(rotary specimens) contact with SM20C(moving specimen) vs sliding time in 3.5% NaCl.

지하수중에서보다 감소량이 다소 적게 나타나고 있으며, 이는 지하수보다 3.5%NaCl용액속에서 화학적 부식에 의한 용해입자가 접촉면에 많이 혼입되어 윤활작용으로 기계적 마찰력

을 감소시켜 나타나는 현상으로 생각한다. 그리고 YBsC3의 경우, 약 24시간 경과후 직선적으로 급격히 마멸량이 증가하는 것은 Fig. 8에서 보이는 것과 같이 고전위 금속에 의한 화학적 부식의 작용보다 기계적 작용에 의한 마멸분이 접촉면에 혼입되어 마찰을 증대시켜 탈리현상이 증가하는 것으로 사료된다.



(a) SM20C contact with SM20C



(b) SM20C contact with YBsC3



(c) SM20C contact with STC4H

Photo. 2. Photographs of the rubbed surface in 3.5% NaCl.

Photo. 2는 3.5%NaCl용액중에서 회전축 SM20C, YBsC3 및 STC4H와 이동측인 SM20C와의 찰과마멸에 의한 마멸면의 양상을 나타낸 것이다. 여기서 Photo. 2(a)는 SM20C와 마찰된 이동측 SM20C의 마멸분, Photo.2 (b)는 YBsC3와 마찰된 이동측 SM20C의 마멸분, Photo. 2(c)는 STC4H와 마찰된 이동측 SM20C의 마멸면이다.

Photo. 2(a)와 Photo. 2(b)에 나타난 것처럼, 회전축 SM20C와 YBsC3와의 마찰된 이동측 SM20C의 접촉면에 전기화학적 부식에 의한 금속용해물이 응착하여 윤활작용을 함으로 Fig.6에서와 같이 마멸현상이 거의 나타나지 않고 있다. Photo. 2(c)에서는 미세한 스크래치와 함께 탈리현상을 보이면서 비저항 6,000 ($\Omega \cdot \text{cm}$)의 지하수중에서 보다 마멸량이 약 2배 가량 크게 나타나는 것으로 추측된다.

3.4. 찰과마멸부식에 미치는 H₂SO₄의 영향

Fig. 7은 3.5%H₂SO₄용액중에서의 접촉시간 증가에 따른 이동측 SM20C와 회전축의 SM20C, YBsC3 및 STC4H의 찰과부식마찰에 의한 회전축의 마멸량을 나타낸 것이다.

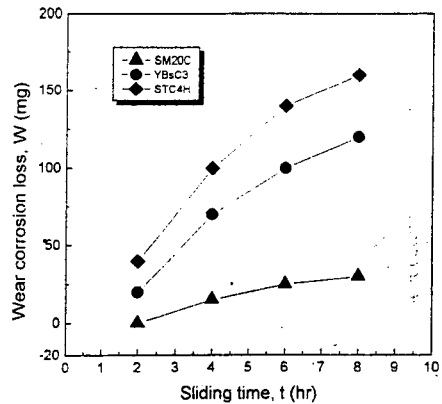


Fig. 7. Wear corrosion loss of SM20C, YBsC3 and STC4H(rotary specimens) contact with SM20C(moving specimen) vs sliding time in 0.5% H₂SO₄.

마멸접촉초기에는 마멸량이 급격히 증가되나 시간이 경과함에 따라 둔화되는 현상을 보이고

있다. 이는 찰과점촉으로 발생한 마멸분이 화학적 부식에 의한 용해입자가 접촉면에 부착하여 윤활작용을 하는 것으로 추정된다. 또한 회전측 STC4H의 마멸량이 가장 높게 나타내는데, 이는 Fig. 6에 보이는 0.5% H_2SO_4 용액중에서의 화학적 부식이 단일 금속중에서 가장 크게 나타난 것처럼, STC4H가 SM20C 및 YBsC3보다 화학적 부식에 민감한 것으로 생각된다.

Photo. 3은 3.5% H_2SO_4 용액중에서 회전측 SM20C, YBsC3 및 STC4H와 이동측인 SM20C와의 찰과마멸에 의한 마멸면의 양상을 나타낸 것이다. 여기서 Photo. 3(a)는 SM20C와 마찰된 이동측 SM20C의 마멸면, Photo. 3(b)는 YBsC3와 마찰된 이동측 SM20C의 마멸면, Photo. 3(c)는 STC4H와 마찰된 이동측 SM20C의 마멸면이다.

동종재와 접촉한 이동측 SM20C의 마멸면은 Photo. 2(a)보다 스크래치와 부분적인 탈리현상이 크게 나타나고 있다. Photo. 2(b)는 YBsC3의 부식생성물로 추정되는 물질이 용착되어 있는 것을 나타내고 있으며, Photo. 3(c)는 3.5% $NaCl$ 용액중에서의 Photo. 2(c)보다 스크래치와 회전측 STC4H의 미세한 마멸분이 접촉면에 혼입되어 탈리된 흔적이 크게 나타나고 있다.

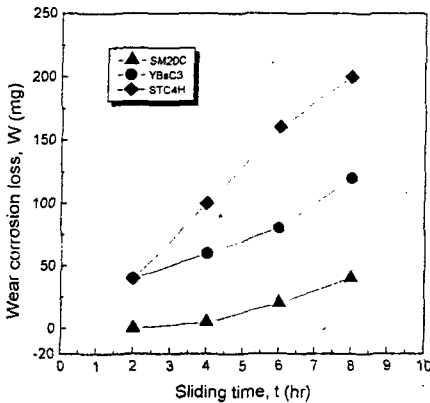


Fig. 8. Wear corrosion loss of SM20C, YBsC3 and STC4H(rotary specimens) contact with SM20C(moving specimen) vs sliding time in 0.5% HNO_3 .



(a) SM20C contact with SM20C



(b) SM20C contact with YBsC3



(c) SM20C contact with STC4H

Photo. 3. Photographs of the rubbed surface in 0.5% H_2SO_4 .

3.5. 찰과마멸부식에 미치는 HNO_3 의 영향
Fig. 8은 3.5% HNO_3 용액중에서의 접촉시간증

가에 따른 이동층 SM20C와 회전층의 SM20C, YBsC3 및 STC4H의 찰과부식마찰에 의한 마멸량을 나타낸 것이다.

Fig. 7과 Fig. 8에 의하면 마멸거동은 유사하지만 3.5% H_2SO_4 용액중에서는 접촉시간이 경과하면서 마멸량이 둔화되고, 3.5% HNO_3 용액중에서는 접촉시간이 경과함에 따라 마멸량이 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 이유로는 0.5% H_2SO_4 용액중에서는 접촉시간이 증가함에 따라 부동태피막이 형성되어 지고, 3.5% H_2SO_4 용액중에서는 부동태피막이 형성되지 않는 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 힌지재인 SM20C, YBsC3 및 STC4H재에 대하여 이종금속간의 찰과마멸부식 특성 실험을 실시하여 찰과마멸부식특성에 미치는 여러 가지 부식환경의 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 이동층 금속인 SM20C의 찰과마멸부식에 미치는 지하수의 영향은 STC4H에서 더 민감하고 YBsC3에서는 둔화된다.

- 2) STC4H의 찰과마멸부식에 미치는 지하수의 영향은 작지만, 0.5% H_2SO_4 및 0.5% HNO_3 용액중에서 더 크게 된다.
- 3) 이동층 SM20C의 찰과마멸부식은 3.5% NaCl, 0.5% H_2SO_4 및 0.5% HNO_3 용액중에서보다 지하수중에서 가장 작게 나타났다.
- 4) 시간이 경과함에 따라 찰과마멸부식에 미치는 영향은 0.5% HNO_3 용액 중에서는 증가하지만 0.5% H_2SO_4 용액중에서는 둔화된다.

참 고 문 헌

1. Herbert H. Uhlig and R. Winston revie, "Corrosion and corrosion control" 157-162 (1984).
2. 윤병하, 김대룡 역저, "금속의 부식과 방식 개론", 141-142 (1994).
3. J. Almen, "Corrosion handbook", 590-597(1948).
4. K. Wright, "Corrosion", 2nd, 114-123(1976).
5. ASME, "Erosion, wear and interfaces with corrosion", 292,(1974)