

선박용 해수 열교환방식 A/C 응축기의 부식원인

백상민⁺, 양정현⁺, 김기준⁺, 문경만⁺, 이명훈⁺

Study on the corrosion of A/C condenser in the ship

S.M.Baek⁺, J.H.Yang⁺, K.J.Kim⁺, K.M.Moon⁺, M.H.Lee⁺

Abstract : The ship performs heat exchange using seawater to keep main engine and auxiliary machinery at optimum temperature. In heat exchanger, refrigerant located outside of copper tube is cooled by seawater flowing through inside of copper tube. On the other hand, seawater erosion and corrosion may occasionally cause the corrosion of the copper tube in A/C(Air Conditioner) condenser. This corrosion of copper tube makes seawater and refrigerant mixed, seriously damaging A/C system.

In this study, accordingly, the exactive mechanism of the corrosion on the condenser entailing serious problems occasionally is investigated through the electrochemical polarization experiments on the condenser's component materials. According to the experiments, the corrosive procedures on the copper tube was verified by the fact that passive film of the copper tube surface which is destroyed by the pressure of sucked seawater, is damaged by the corrosive ingredients in the seawater.

Key words : Seawater, A/C condenser, corrosion, erosion, corrosive procedures

1. 서론

해상에서 운항하는 선박은 주기관 및 보조기계에서 발생하는 열을 적정 온도로 유지하기 위해 해수를 이용하여 열교환기에서 냉각을 실시한다. 일반적으로, 열교환기는 내부에 얇은 두께의 동튜브 다발로 구성되어 있으며, 이 튜브 내부로 해수를 유입하여 튜브 외부에 유동하는 냉매를 냉각하게 된다. 한편, 해수라고 하는 가혹한 부식 환경에서 사용되는 해수 열교환방식 A/C(에어컨) 응축기는 부식방지를 위한 적절한 방식법이 적용되지 않으면, 해수에 의한 침식 및 부식으로 동 튜브가 과공 손상됨으로서 A/C 냉매 시스템 내부에 해수를 혼입시키는 등의 심각한 문제를 발생 시킬 수 있다.

또한, 이와 같은 부식문제로 인한 A/C 장비내 해수유입 등으로 장비의 수명이 단축될 수 있으므로 열교환기의 형상, 용량 등이 고려된 방식법의 사용은 장비의 안전성 보장 및 사용수명 현장의 관점에서 반드시 필요한 것이라고 사료된다.

본 연구에서는 해수 열교환방식 A/C 응축기의 구조나 구성 재료에 적합한 부식방식시스템을 설계하기 위한 과정의 하나로 우선적으로 응축기의 사용환경 조사, 응축기 내 각 부위별 재료에 대한 자연전위 측정 및 전기화학적 분극 등을 실시함으로써 응축기 내에서 발생하는 부식의 근본적인 원인 메카니즘을 규명하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 시험편 제작

본 실험에서 부식평가를 위한 시험용 재료는 각종 재료를 2cm x 2cm로 절단하여 시험편 면을 샌드페이퍼로 연마하였고, 1cm² 노출면적을 위해 절연 테이프를 1cm x 1cm로 절단하여 재료의 시험편에 부착한 후 시험편의 전위측정을 위하여 통전용 구리선으로 연결한 다음 에폭시 수지로 절연 피복하였다.

2.1 자연전위 측정

자연전위(부식전위)의 측정은 상온에서의 천연해수 용액 중 1cm²면적을 노출시켜 제작한 시험편을 침지시켜 침지시간에 따른 자연전위(E_{corr})의 변화 거동을 측정하였다. 측정할 기준 전극(Reference Electrode)으로는 은-염화은 전극 (Silver-Silver Chloride Electrode ; Ag/AgCl, SSCE)을 사용하였다.

2.2 전기화학적 분극측정

제작한 시험편 등은 전기화학적 가속부식시험방법의 하나인 분극특성평가를 하였다. 즉, 천연해수 용액 중 양극분극 측정 시험을 하여 부식거동을 살펴보았다. 분극측정용 Potentiostat는 미국 Gamry Instrument사의 CMS 100 종합 부식시스템을 사용하였다. 분극전지(Polarization cell)는 시험편인 작동전극(Working Electrode)과 백금 대전극(Counter Electrode)이 서로 양극과 음극이 되고 염화는 기준전극(Ag/AgCl, SSCE)이 연결되는 3전극계로 구성되어 있다. 이때의 주사속도(Scan Rate)는 1mV/sec로 측정하였다.

3. 실험 결과

3.1 자연전위 측정결과

Fig. 1는 시간이 지남에 따른 A/C 응축기에 사용되는 각 시험편의 자연전위(E_{corr}) 측정결과를 나타내고 있다.

+ 백상민, 양정현, 김기준, 문경만, 이명훈(한국해양대학교 기관시스템공학부), E-mail:leemh@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4264

Brass 금속이 전시간에 걸쳐 가장 귀(Noble)한 자연전위 값을 나타내었고, Housing용으로 사용되는 Cu-Ni합금 코팅한 시험편이 두번째로 귀(Noble)한 자연전위 값을 나타내었다. Tube용으로 사용되는 Cu-Ni합금의 자연전위는 Brass금속과 Housing용 Cu-Ni합금보다는 비(Active)하고, SB42금속과 FCD400금속보다는 귀(Noble)한 값을 나타내었다.

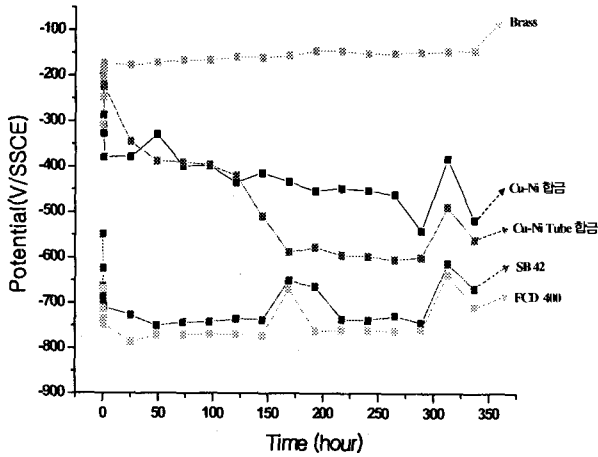


Fig. 1 Result of measurements of natural potential

3.2 전기화학적 양극분극 측정 결과

전기화학적 양극분극 측정 결과 Fig. 2에서 나타나는 바와 같이 Brass금속이 가장 귀한 부식전위(E_{corr})값과 가장 넓은 영역에서 낮은 전류밀도(A/cm^2)를 나타내었고, Tube용 Cu-Ni합금과 Housing용 Cu-Ni합금 시험편은 거의 같은 부식전위와 양분극거동을 나타내었다. 또한, SB42금속과 FCN금속도 서로 비(Active)한 부식전위와 낮은 전류밀도(A/cm^2)로 비슷한 거동을 나타내었다.

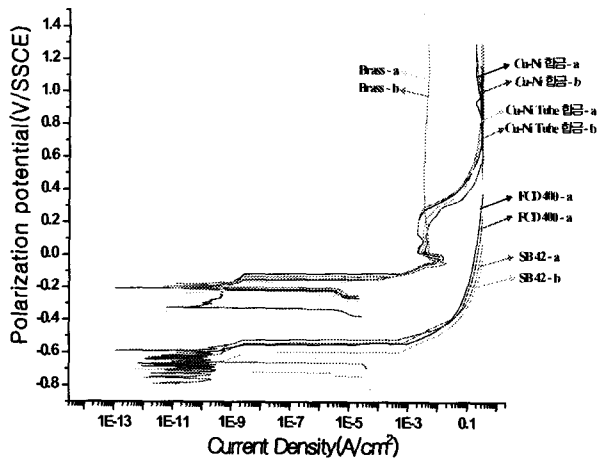


Fig. 2 Anodic polarization curves of specimen measured in seawater.

3.3 양분극 측정 전·후 시험편의 외관관찰

Fig. 3는 각 시험편의 양분극 측정 전·후 시험편의 외관을 나타내고 있다. 양극분극 측정결과에서 Brass금속이나 Cu-Ni합금에서 상대적으로 낮은 전류밀도(A/cm^2)를 나타낸 것은 담녹색의 CuO , $Cu(OH)_2$ 등의 부동태 피막에 기인한 것

이라는 것을 확인 할 수 있다. 여기서 SB42금속과 FCN400 금속의 경우는 분극 측정결과를 통해서 나타난 높은 전류 밀도의 값에서 예상되는 바와 같이 부식이 심하게 일어났다는 것을 확인 할 수 있다.

구 분	실 험 전	양극분극 실험 후
Cu-Ni 합금		
Cu-Ni 합금 Tube용		
SB42		
FCN400		
Brass		

Fig. 3 Observation of specimen surface

4. 결론

본 실험의 결과를 종합하여 보면, 열교환기내 튜브의 부식 발생 메카니즘은 다음과 같이 생각할 수 있다. 초기에 유입된 해수 유속압에 의해 물리적으로 침식 손상된 동튜브 표면의 부동태막 부위는 양극반응 ($Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$)으로 작용하는 부식이 진행되기 시작하여 점점 그 부식영역이 응축기 Housing부분까지 확대되면서 금속간의 자연전위 차이로 인한 갈바닉 부식으로 부식이 더욱더 가속되어 동튜브에 과공이 발생하는 것으로 분석된다.

향후, 해수 열교환방식 A/C 응축기의 최적방식시스템의 설계를 위한 연구는 튜브의 침식을 최소화하면서 튜브와 Housing간의 갈바닉부식을 막을 수 있는 방법으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.