

산소주입 수처리 발전소용 급수펌프 밀봉장치의 누설방지

신정국, 문승재*, 유호선**†

한국동서발전(주), *한양대학교 기계공학부, **승실대학교 기계공학과

Leakage Prevention of Mechanical Seal in a Feed Water Pump of Power Plant with Oxygen Water Treatment

Jung-Gook Shin, Seung-Jae Moon*, Hoseon Yoo**†

KOREA EAST-WEST POWER CO., LTD, Seoul 135-791, Korea

*School of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

**Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

(Received October 19, 2010; accepted March 7, 2011)

ABSTRACT : ABSTRACT: The identifying cause of leakage problems on mechanical seal in a feed water pump of power plant have been difficult because of technical limits of domestic mechanical seal manufacturer and the various conditions of power plants. This paper can get a conclusion through the consideration study and experiment test of mechanical seal characteristics of feed water pump depending on oxygen treatment as follows. The oxygen treatment increase dissolved oxygen and cause a corrosion on the mechanical seal stationary ring composed of antimony as well as leakage problems. For solving leakage problems of seal, to eliminate dissolved oxygen in the cooling water of seal with hydrazine injection can prevent leakage problems of mechanical seal in feed water pump.

Key words : oxygen treatment, mechanical seal, corrosion of antimony

1. 서론

발전소의 중요한 요소 중 하나인 보일러 급수펌프는 고속으로 회전하며 고온고압의 유체를 이송시키기 때문에 펌프 케이싱과 회전축 사이의 누설방지를 위하여 회전축에 밀봉(seal)장치가 설치된다. 회전축 밀봉장치는 하우징과 하우징을 통과하여 회전하는 축 사이를 아주 작은 틈새를 유지하면서 유체의 누설을 방지하는 정밀 기계요소이다. 그 중에서 기계식 밀봉장치(mechanical seal)는 구조가 단순하고 밀봉 성능이 우수하여 유체의 정밀한 누설제어가 요구되는 영역에 광범위하게 사용되고 있다.

1990년대 초반부터 우리나라에 발전용량 및 주요

설비의 형식 등이 표준화된 단위 설비용량 500 MW 급의 표준 석탄화력이 건설되기 시작하면서 보일러 수처리 방법에 큰 변화를 가져왔다. 보일러 수처리 방법이란 터빈의 작동유체인 보일러 계통수를 전처리하는 과정을 말한다. 기존의 발전소는 하이드라진(N₂H₄)을 이용하여 용존산소를 제거하는 방법인 전회발성처리법(all volatile treatment)을 적용하였으나, 표준 석탄화력에서는 보일러 튜브의 내부 부식을 감소시키고 수처리 약품의 구매 비용을 절감하기 위하여 보일러 계통수에 산소를 주입하여 튜브 내면의 부식을 방지하는 산소주입 수처리(oxygen treatment) 방법을 적용하였다.

국내에서 건설되는 표준 석탄화력에 보일러 수처리 방법으로 산소주입 수처리 방법을 적용하면서 발전소 운영비용을 절감할 수 있었지만 보일러 급수펌프에 설치된 기계식 밀봉장치의 누설문제가 대두되었다. 기계식 밀봉장치는 주기적으로 시행되는 발전소 계획예방정비 기간에 교체 정비하여 다음 계획에

† Corresponding author

Tel.: +82-2-820-0661; Fax +82-2-820-0668

E-mail address: hsyoo@ssu.ac.kr

방정비 시행시기까지 고장 없이 운전되어야 하지만, 정상 운전 중에 예상치 못한 누설이 발생할 경우 밀봉장치 교체를 위해 펌프를 정지해야 하는 중간정비가 불가피하다.

밀봉장치의 누설문제는 국내에 건설된 모든 표준 석탄화력의 급수펌프에서 동일하게 발생되었다. 발전소 정상 운전 중에 발생하는 밀봉장치의 누설문제는 밀봉장치의 교체 정비를 위한 급수펌프의 정지로 발전기 출력의 감소를 초래하였으며, 이는 하절기나 동절기의 전력수요 피크시기에 발생될 경우 전력공급에 막대한 영향을 미친다. 뿐만 아니라, 발전회사로서는 발전기 출력감소로 인한 전력판매 수익에도 적지 않은 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 실증시험을 통하여 표준 석탄화력의 보일러 수처리 방법의 변경이 기계식 밀봉장치에 미치는 영향에 대해 분석하고, 기계식 밀봉장치 누설문제에 대한 해결 방안을 제시하고자 한다.

2. 급수펌프 밀봉장치의 누설

2.1 밀봉장치의 구성

기계식 밀봉장치는 사용용도와 기능에 따라 종류가 다양하다. 회전부의 설치 위치에 따라 내장형(inside type)과 외장형(outside type), 스프링의 위치에 따라 회전형(rotary type)과 정지형(static type) 그리고 밀봉유체의 압력에 따라 언밸런스 형식(unbalanced type)과 밸런스 형식(balanced type)으로 분류된다.

발전용 보일러 급수펌프에 사용되는 밀봉장치는 주로 고온고압의 유체와 높은 회전속도에서 신뢰성이 높은 밸런스형 밀봉장치를 사용한다. 밸런스형 밀봉장치의 장점은 접촉면에서의 압력을 최소화하여 접촉면에서의 마찰을 감소시킴으로써 발열 및 마모가 감소되므로 언밸런스형 보다 고압에서 사용할 수 있다는 것이다. 그러나 구조가 복잡하여 가격이 높고 단이 있는 축 또는 슬리브를 사용해야 하는 단점이 있다.

밸런스형 밀봉장치의 단면도를 Fig. 1에 나타내었다. 밸런스형 밀봉장치에는 누설을 방지하기 위한 목적으로 두 개의 밀봉링(seal ring)이 있다. 이 중에서 고정링(stationary ring)은 케이싱 플랜지 커버에 고정되고, 회전링(rotating ring)은 접촉면의 압력을 조절할 수 있는 스프링과 함께 축에 고정되어 축과 함께 회전한다. 그리고 유체의 누설을 방지

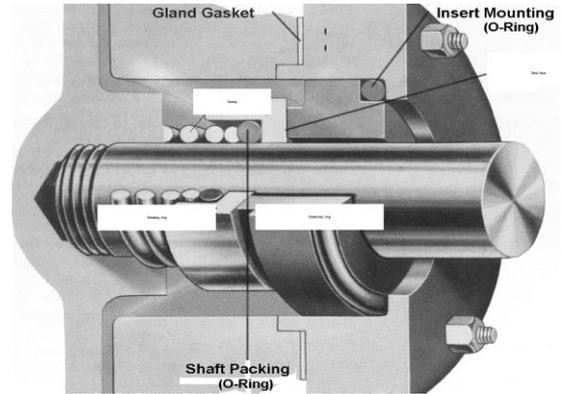


Fig. 1 Sectional view of balanced type seal.

하기 위하여 축 패킹 및 그랜드 가스켓 등이 사용된다.

고정부와 회전부의 밀봉링이 맞닿아 환형의 밀봉댐(sealing dam)을 형성하는 부분을 접촉면(seal face)이라고 하며, 회전하는 두 접촉면의 섭동에 의하여 유체의 누설을 막기 위하여 높은 정밀도로 가동된다. 작동 유체의 누설은 밀봉 벽을 통해서 이루어지도록 설계되며, 이 때 누설량은 두 접촉면 사이의 틈새 크기에 가장 큰 영향을 받는다. 축을 따라 누설되려는 유체는 축 패킹에 의하여 누설이 방지되며, 고정링 외부로부터 고정링과 케이싱 사이의 누설은 내부 구조물(insert mounting)에 의하여 방지된다.

기계식 밀봉장치는 두 밀봉링의 섭동 기능에 의해 성능이 좌우되므로 섭동재의 재료 선정은 밀봉성과 내구성을 유지하는데 큰 영향을 미친다. 기계식 밀봉장치의 섭동면은 대부분 충분한 윤활상태라고 할 수 없기 때문에 누설 없이 장기간 사용하기 위해서는 섭동 특성이 좋고 내마모성이 우수한 재질을 선정하여야 한다.

섭동재는 주로 연질재와 경질재를 조합하여 사용되는 경우가 많으며, 고정링으로 사용되는 연질재는 소성 카본(resin impregnated carbon)과 수지결합 카본(moulded resin carbon)이 주로 사용된다. 카본의 상대 재료로서 회전링에 많이 사용되는 경질재는 세라믹, 초경합금(tungsten carbide) 그리고 탄화규소(silicon carbide, SiC)가 주로 사용된다. 특히, 탄화규소는 내열성, 고경도, 우수한 섭동특성 및 내마모성을 가지고 있으며 가격이 싸고 내식성이 테

프론과 유사하기 때문에 가혹한 조건에서 운전되는 발전용 보일러 급수펌프에 널리 사용되어 왔다.

2.2 밀봉장치의 누설

2.2.1 밀봉장치 누설 메커니즘

기계식 밀봉장치의 누설은 밀봉장치 본체가 파괴되지 않은 이상 밀봉장치 접촉면에서 주로 발생된다. 밀봉장치 접촉면에서의 누설은 두 면사이의 틈에 의해 가장 큰 영향을 받는다. 이 틈은 장시간 운전에 의한 두 면의 마멸, 교체를 위한 조립 작업 시 밀봉장치 면과 축과의 직각도 불량, 그리고 밀봉장치 면의 가공 불량에 의한 표면의 편평도 불량으로 인해 발생된다.

누설량은 밀봉면의 면적이 넓을수록 누설은 줄어들지만, 밀봉장치 면적을 넓히면 밀봉장치 면의 손상이 빨리 일어나서 기계식 밀봉장치의 수명이 단축된다. 밀봉면의 손상을 방지하기 위해서는 고체접촉을 피하고 미끄럼 운동면 사이에 안정되고 연속적인 유체 윤활막 형성이 바람직하나, 이 경우 누설량이 증대되고 역누설을 방지하기 위하여 연속적인 유체 윤활막의 형성을 억제하고 고체접촉을 확대하는 것이 유리하다. 하지만 이 경우에는 밀봉면의 손상이 일어나 밀봉장치의 수명이 단축된다.^[1]

밀봉장치 면에 스프링의 압축력이 고르게 작용하면 밀봉에 문제가 없다. 그러나 축의 회전에 의해 국부적으로 압축력이 감소하는 경우가 발생하게 되고 이때의 한계속도를 분리속도(separation speed)라 한다. 마멸에 의한 틈이 없을지라도 분리속도에 따르는 틈이 발생한다.^[2]

기계식 밀봉장치에서 운전 중 시간이 지남에 따라 마멸에 의해 점진적으로 틈이 발생하며 마멸의 진전은 균열로 발전한다. 이 균열은 회전링의 마멸을 증가시킬 뿐 아니라 누설을 증대시킨다.^{[3][4]} 이러한 균열의 원인은 다양하다. 기계식 밀봉장치의 섭동링에서 발생하는 균열의 형태는 밀봉장치의 사용 조건과 섭동 링의 종류에 따라 다르며 링 마찰면의 돌기 접촉부가 온도 상승에 기인하는 높은 압축 응력에 의해 소성 변형을 일으키고, 열응력 완화에 따라 그곳이 인장 응력을 받게 되는 것이 링의 균열 발생 원인이다.

기계식 밀봉장치에서는 축의 축 방향 진동이 재료의 피로를 일으켜 균열이 발생하며^[2], 링 마찰면에 발생된 열이 충분히 발산되지 않은 상태에서 밀봉장

치 재료의 전체적인 열 변형이나 국부적인 마찰열에 의한 블리스터, 피팅, 균열 등을 발생시켜 결국은 밀봉 능력을 잃는다.^[5] 이는 금속 재료에서는 탄성 변형을 거친 후 소성 변형 및 파괴 현상이 이루어지는 반면, 세라믹 재료에서는 외부에서 하중을 가하면 소성변형이 일어나기 전에 탄성변형 영역에서 파괴가 일어나는 특성을 지니고 있기 때문이다.

그리고 밀봉장치를 펌프에 설치하였을 때 펌프 내의 유체압력이 증가하면 밀봉장치의 섭동 면에 걸리는 추력도 증가한다. 이것은 밀봉장치가 받는 섭동압력이 증가하는 것으로서 이 면압이 일정한 한계를 넘으면 섭동면간의 유체에 의한 윤활막이 끊기고 마찰 및 손상이 발생하여 누설의 원인이 된다.^[6]

2.2.2 밀봉장치 누설사례

표준 석탄화력 급수펌프 밀봉장치의 회전링에는 경질재인 탄화규소가 사용되고 있으며, 연질재인 고정링에는 자기 윤활성이 있고 건조한 조건에서 운전 특성이 양호한 그래파이트 카본이 사용된다. 연질재인 카본에는 페놀수지 등과 50 ~ 80%의 카본 분말을 혼합 성형한 저부하용 수지성형 형식(resin type)과 유리금속인 안티몬을 카본 분말과 합침하여 소결한 안티몬 형식이 있다.^[7] 표준화력 도입 당시에는 수지성형 형식보다 설계강도가 우수한 안티몬 형식의 고정링을 적용한 밀봉장치를 설치하였으나 국내 표준 석탄화력에서 보일러 튜브의 부식을 방지하기 위해 계통수의 전처리 방법으로 적용되었던 전회발성 처리법을 산소주입 수처리 방법으로 변경하면서 밀봉장치에서의 계통수 누설로 인한 고장 발생 빈도가 급증하기 시작하였다.

당진화력 1 ~ 4호기에서 2001년부터 2008년까지 8년 동안 기계식 밀봉장치에서의 누설로 인한 고장횟수와 평균 운전수명을 조사 및 분석하였다. 계통수의 전처리 방법을 전회발성 처리법에서 산소주입 수처리 방법으로 변경한 경우 밀봉장치의 운전수명이 평균 19개월에서 6개월 정도로 줄어들었다. 산소주입을 하지 않은 발전소는 연 평균 0.2회의 누설로 5년에 1회 고장이 발생하였으나, 산소주입 수처리 방법을 적용한 발전소는 한호기당 연 평균 3회의 누설이 발생되어 산소주입 수처리 방법이 기계식 밀봉장치의 누설고장에 직접적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Fig. 2는 산소주입 수처리 방법이 적용된 당진화력 발전소에서 운전 중 누설이 발생된 밀봉장치의 회전

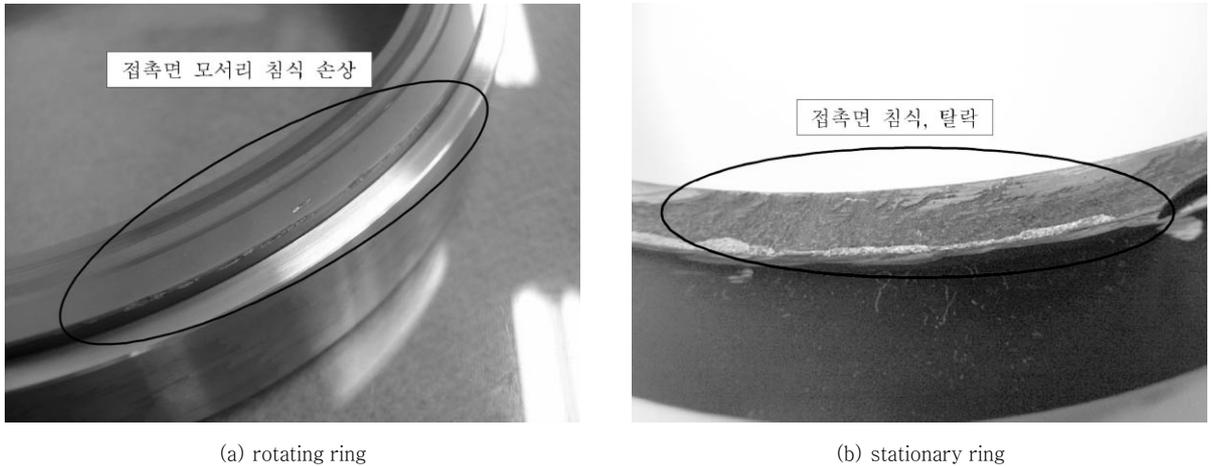


Fig. 2 Damage on contact face of mechanical seal ring.

링과 고정링의 손상된 모습이다. Fig. 2(a)는 섭동면의 모서리에서 침식과 손상이 발생한 탄화규소 성분의 밀봉장치 회전링이며, Fig. 2(b)는 주로 접촉면에서 침식과 균열이 발생되어 손상된 안티몬 형식의 고정링이다.

3. 급수펌프 밀봉장치의 누설원인

3.1 밀봉수의 기포발생에 의한 접촉면 손상

기계식 밀봉장치 섭동재의 접촉면에 거칠기에 의한 기복이 있을 때에 틈새의 수렴(convergent) 영역에 유회 유체의 압력이 발생하고, 발산(divergent) 영역에서는 부압이 발생하여 공동현상(cavitation)을 유발한다.^[8] 이 공동현상 영역에서는 유체에 용존하고 있는 공기에 의해 기포가 발생되며, 외부의 공기가 혼입되기 쉽다. 또한, 밀봉장치의 접촉면에 기복이 없더라도 마찰열에 의해 밀봉장치 접촉면에서는 기포가 발생되어 터지는 현상이 발생하고 액체의 유회막에서는 부분적으로 보일링 현상이 발생된다.^[9]

기포 발생과 보일링 현상으로 인하여 밀봉장치 접촉면이 순간적으로 열렸다가 유체의 압력으로 인해 급격하게 닫히는 현상이 반복된다. 이러한 여단이 현상으로 인하여 유체가 밀봉장치 접촉면으로 유입되는 양이 증가되고 접촉면에서 발생하는 마찰열로 인해 또 다시 기포가 발생하는 과정이 반복된다. 생성된 기포와 유입된 공기는 정지되어 있는 부품과 회전하는 부품 사이의 챔버에 있는 밀봉장치 냉각수

에 난류와 소용돌이를 유발시키고 이 난류는 냉각수의 흐름을 정체시켜 섭동부 부근으로 편향되어 모인다. 이렇게 모인 기포들은 밀봉장치의 여단이 현상이 발생할 때 급격하게 접촉면으로 유입되어 유회막을 파괴시킨다. 이로 인해 마찰열이 급격히 증가되고, 마찰열로 인해 고정링의 함침 성분인 안티몬이 용해 박리되어 표면을 손상시킨다.

3.2 밀봉장치의 회전속도

기계식 밀봉장치 접촉면의 회전속도는 밀봉장치에 담당하는 일량, 즉 발열량에 직접적인 영향을 준다.^[7] 증가된 발열량은 유회 유체를 비등시켜 접촉면을 건식상태로 만들고, 이로 인한 밀봉장치의 진동 및 침식 등으로 누설이 발생된다. 밀봉장치의 접촉압력은 밸런스 조절로 경감시킬 수 있으나, 회전속도는 기기 조건에 따라 고정되기 때문에 급수펌프의 속도에 따라 기계식 밀봉장치의 형식과 재질을 선정해야 한다.

일반적으로 용존산소가 존재하는 운전조건에서 유속의 증가와 더불어 부식율은 증가한다.^[10] 보일러 급수펌프용으로 설치되는 밸런스형 밀봉장치의 회전속도는 현재 50~60 m/s까지 실용화가 되었으며, 적축형 밀봉장치의 실용 한계는 100 m/s 정도이다.^[7]

국내 표준화력 밀봉장치의 회전속도는 실용범위인 50 m/s 이하이나 모든 발전소에서 누설이 발생되고 있다. 따라서 밀봉장치의 누설은 회전속도의 실용범위와 상관관계가 없는 것으로 판단된다.

3.3 산소주입 수처리 방법

보일러 튜브는 연료의 연소에 의하여 발생하는 열 에너지를 튜브 내 계통수에 전달하여 증기로 변환시키는 증발관이다. 이 증발관의 주성분인 철은 순수한 물에서도 열역학적으로 불안정하기 때문에 순수한 물과 접촉을 하면 철 이온이 용출되어 부식이 발생한다.^[11] 발전소에서는 보일러 튜브의 부식을 최소화하기 위해 계통수 내 부식의 원인이 되는 불순물을 제거하거나, 계통수에 약품처리를 하는 수처리 방법을 사용한다.

수처리 기술로 이용되고 있는 방법으로는 스케일 생성의 주 원인인 산소를 약품으로 제거하는 전취발성처리(all-volatile treatment) 방법과 튜브에서 용출되는 철 이온과 인위적으로 주입한 산소에 의해 생성된 스케일을 이용하여 부식을 방지하는 산소주입처리(oxygen treatment) 방법이 있다.^[9] 전취발성 처리법으로 생성된 스케일의 주성분은 자철석(magnetite)이다. 이렇게 생성된 스케일의 구조는 치밀하지 않아 철 이온의 용출이 지속적으로 발생한다. 이에 반해 산소주입 수처리 방법을 사용하여 생성된 스케일의 주성분은 적철석(hematite)과 자철석으로 구성되어 자철석 내 기공 사이로 적철석이 들어가 철 이온의 용출속도를 둔화시켜 부식을 방지하는 방법으로 전취발성 처리법에 비해 부식이 적게 발생한다.

국내 표준 석탄화력에서 일반적으로 적용하고 있는 보일러 계통수 수질관리 기준에 따르면, 산소주입 수처리 방법을 적용했을 경우 계통수내의 용존산소량은 50 ~ 150 ppb로 전취발성처리 방법을 적용했을 경우의 20 ppb이하 보다 높게 운전된다. 계통수에 증가된 용존산소는 계통수를 냉각수로 사용하고 있는 밀봉장치의 냉각수 수질에 영향을 미친다.

용존산소가 증가될 경우, 갈바닉(galvanic) 부식 이론에 의해 안티몬 형식의 밀봉장치에 사용된 이종재료 중 안정된 재료는 보호되고 반응성이 높은 재료는 희생양극 역할을 하여 집중적으로 부식이 발생된다. 이와 같이 계통수에 포함된 용존산소로 인한 밀봉장치의 부식으로 누설이 발생된다.^[12]

4. 용존산소 제거장치의 도입

4.1 용존산소 제거장치

산소주입 수처리 방법을 적용하고 있는 당진화력 발전소의 급수펌프 1대를 선정하고 밀봉장치 냉각

수 계통에 산소제거제인 하이드라진 주입설비를 설치하여 약 8개월 동안 정상적인 운전조건으로 운전을 한 후 기계식 밀봉장치의 운전특성을 분석하였다.

실증시험에는 누설 문제점이 발생되기 시작한 시기에 사용된 안티몬 형식의 밀봉장치가 사용되었다. 실증시험에 사용된 설비의 규격과 운전조건은 다음과 같다. 실증시험에 사용된 보일러 급수펌프는 5단 원심펌프로 최대 토출유량 1,077.8 m³/h, 흡입압력 2.23 MPa, 토출압력 30.8 MPa, 최대회전수 5,830 rpm 그리고 계통수온도는 168℃이다. 밀봉장치의 섭동제는 안티몬 카본과 탄화 규소로 이루어져 있으며, 냉각수 압력은 1.5 ~ 1.8 MPa, 냉각수 온도는 120℃이다. 그리고 밀봉장치 냉각수 용존산소 농도는 7 ppb 이하를 유지시켰다.

Fig. 3은 실증시험을 위한 산소제거제인 하이드라진 주입설비의 개략도이다. 급수펌프의 밀봉장치 냉각수 계통에 하이드라진을 주입할 수 있는 유압식 펌프를 설치하고 밀봉장치 냉각수 챔버로 들어가는 냉각구 입구 쪽 배관에 주입배관을 설치하였으며 냉각수의 운전압력보다 토출압력이 높은 주입 펌프를 설치하였다. 하이드라진 과다 주입으로 인한 회전링의 부식을 방지하기 위해 냉각수 계통의 말단 부위에 용존산소 농도 측정기를 설치하여 하이드라진 주입량을 실시간으로 자동 조절되는 장치를 설치하였다. 하이드라진 주입설비는 주입펌프, 하이드라진 저장탱크, 용존산소 측정기, 압력측정계 그리고 기타 배관으로 이루어진다. 주입펌프는 유압형 정량 펌프로 토출유량은 50 ml/min이고 토출압력은 2.9 MPa이다.

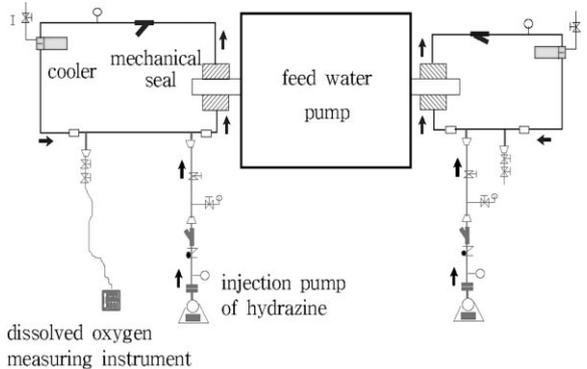


Fig. 3 Hydrazine injection system for experiment.

4.2 용존산소 제거장치의 효과 분석

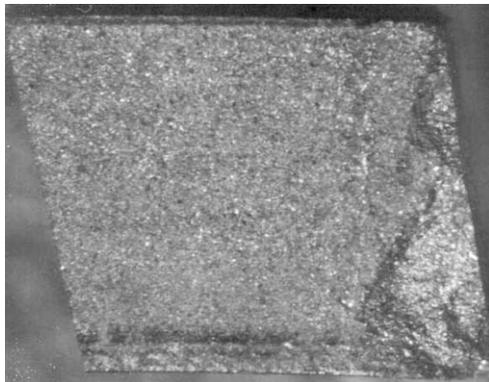
용존산소 제거장치의 효과를 분석하기 위하여 하이드라진 주입설비를 설치하고 8개월간의 정상운전을 한 밀봉장치와 산소주입 수처리 방법이 적용된 상태에서 운전된 밀봉장치의 접촉면 상태를 비교하였다.

밀봉장치 접촉면을 고배율 전자현미경을 통하여 접촉면의 상태를 살펴보았다. Fig. 4는 산소제거제인 하이드라진을 주입하지 않고 운전한 밀봉장치의 운전 후 모습이다. Fig. 4(a)는 밀봉장치의 고정링인 안티몬 형식의 카본링 접촉면 표면을 보여주고 있으며 안티몬 성분이 석출되어 표면에 기공이 많이 발생되고 거친 모습을 보여준다. Fig. 4(b)는 고정링 접촉면의 단면을 전자현미경으로 50배 확대한

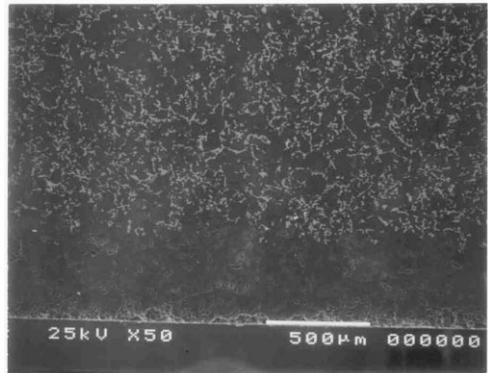
사진으로써 검은 바탕이 카본 성분이고 흰 점들이 안티몬 성분들을 나타내는데 사진의 아래 부분인 접촉면에서는 안티몬 성분이 석출되어 없어지고 카본 성분만 남아 있는 것을 알 수 있다. 카본 성분만 남아 있는 부분의 높이는 접촉면으로부터 약 0.6 mm 정도이다.

안티몬 성분이 석출되는 현상은 고정링과 접촉되어 운전되는 회전링의 운전 후 상태를 점검해 보면 확인할 수 있다. Fig. 5는 회전링의 운전 결과 사진이다. Fig. 5(a)는 회전링의 내측 표면에 흰색의 분말이 부착되어 있는 것을 보여준다. 이것을 50배율의 전자현미경으로 확대한 모습이 Fig. 5(b)이며 흰색의 분말이 용착되어 있음을 볼 수 있었다.

흰색 분말을 원소분석기로 성분분석한 결과를 사

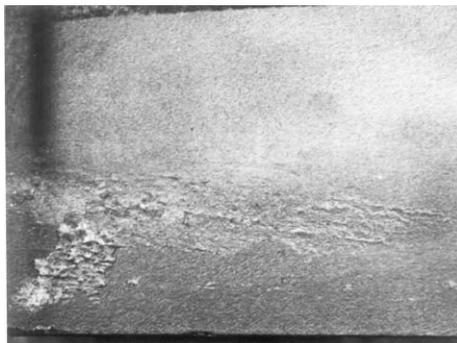


(a) contact face of stationary ring

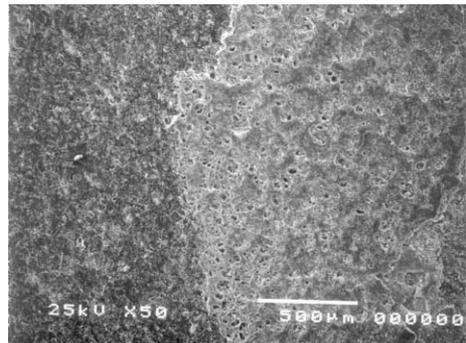


(b) sectional view of stationary ring

Fig. 4 Stationary ring of mechanical seal with oxygen treatment.



(a) white powder attached on rotating ring



(b) zoom in white powder attached on rotating ring

Fig. 5 Rotating ring of mechanical seal with oxygen treatment.

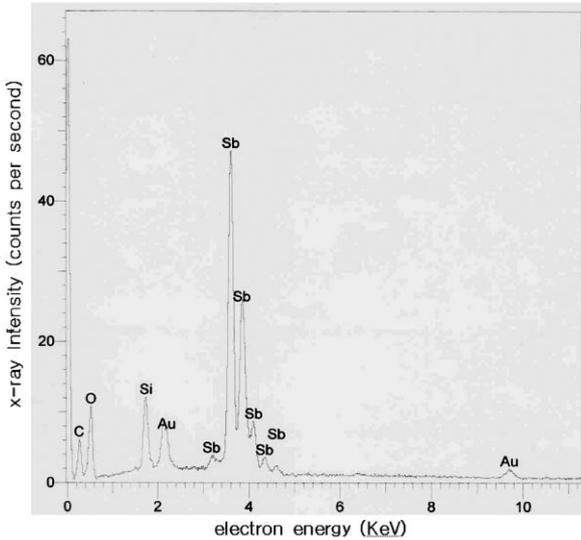


Fig. 6 Ingredient of white powder attached on rotating ring.

진 Fig. 6에 나타내었다. 세로축은 x-ray의 강도를 나타내는데 안티몬 성분 피크가 높게 나타나는 것으로 보아 이 분말 성분의 대부분이 안티몬임을 알 수 있었다. 이를 통해 보일러 계통수에 포함된 용존산소가 안티몬 형식의 섭동재를 사용하는 기계식 밀봉장치에서 안티몬 성분을 석출시켜 밀봉장치에서 누설이 발생된 것으로 판단된다.

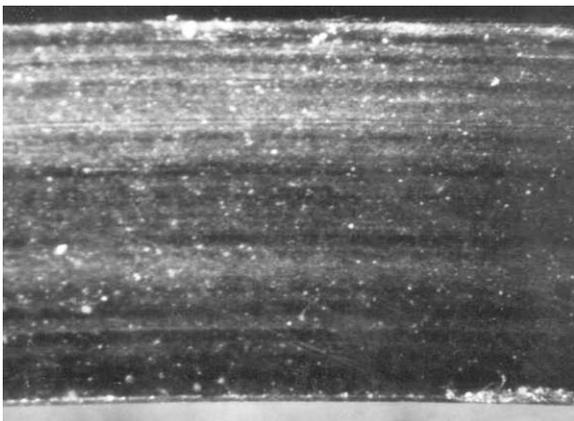
산소제거제인 하이드라진 주입설비를 설치하고 운

전한 밀봉장치 고정링의 표면을 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7(a)는 고정링의 접촉면을 보여 주는데 흰색 점으로 된 부분의 안티몬을 확인 할 수 있을 정도로 조직이 치밀하고 매끄러운 모습을 보여준다. Fig. 7(b)는 동일한 밀봉장치의 단면을 전자현미경으로 확인한 사진으로써 산소제거제인 하이드라진을 주입하지 않은 밀봉장치의 운전 결과와는 확연하게 차이가 날 정도로 흰색의 안티몬 성분이 그대로 남아 있다. 따라서 보일러 계통수 내부에 존재하고 있는 용존산소로 인한 기계식 밀봉장치의 누설은 기계식 밀봉장치의 냉각수에 산소제거제인 하이드라진 주입설비를 설치하여 용존산소를 제거함으로써 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

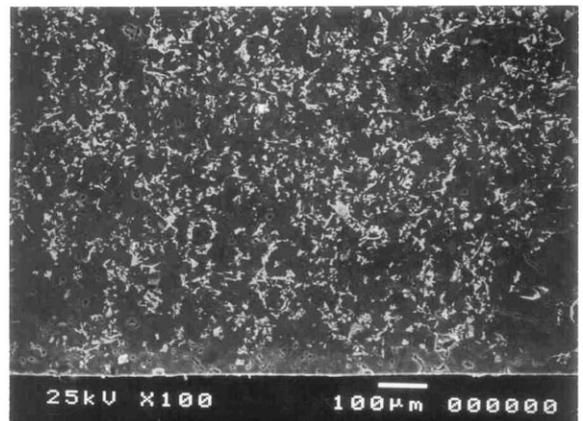
5. 결론

국내 표준 석탄화력 보일러 계통수 처리방법으로 산소주입 수처리 방법을 적용하고 있는 발전소의 급수펌프 밀봉장치 누설원인을 규명하고 누설방지를 위한 대책을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 산소주입 수처리 방법은 보일러 계통수의 용존산소량을 증가시키고 계통수에 포함된 용존산소는 기계식 밀봉장치의 섭동재인 고정링 접촉면 부위의 안티몬(Sb) 성분을 부식시키며 부식된 안티몬 입자를 석출시킨다. 이렇게 석출된 안티몬 입자는 밀봉장치의 접촉면으로 유입되어 건전한 밀봉장치의 접촉면에 스크레



(a) contact face of stationary ring



(b) sectional view of stationary ring

Fig. 7 Stationary ring of mechanical seal with hydrazine injection.

치와 같은 손상을 유발시키고 이 손상으로 인해 계통수의 누설을 증가시키는 영향을 미친다.

- (2) 보일러 계통수 내부에 존재하고 있는 용존산소로 인한 기계식 밀봉장치의 누설은 기계식 밀봉장치의 냉각수에 산소제거제인 하이드라진 주입설비를 설치하여 용존산소를 제거함으로써 해결할 수 있다.

참고문헌

1. 임순재, 1993, Mechanical seal의 이상상태 계측에 관한 연구, 충남 대학교.
2. Green. I, 1990, Separation Speed of Undamped Metal Bellows Contacting Mechanical Face Seals" pp. 171~178, Tribology Transactions Vol. 33. No. 2.
3. 김정훈, 2006, 미케니컬 시일의 성능해석에 관한 연구, 한국과학기술원.
4. 강성도, 2008, 보일러 급수펌프 Mechanical seal 신뢰도 확보 방안 보고서, 당진화력본부.
5. Sato. S & Kawamata. K, 1989, Evaluations of Blister-like Fractures and PV-Values of Carbon Mechanical Seals by Thermal Shock Test, pp. 803 ~ 814, Carbon Vol, 27. No. 6.
6. 발전교수실, 2006, 펌프 정비기술, pp. 140~167, 한국발전교육원.
7. 大場 寛二, 2000, Mechanical seal의 설계 포인트와 그 적용 사례, 일본필아공업(주).
8. 平林弘 외 1명, 1991, 접촉식 밀봉장치의 윤활 특성에 관한 연구 동향, 일본 이글공업(주).
9. 김청균 외 1명, 기계평면시일의 마찰열 변형거동에 관한 수치적 연구, 한국윤활 학회지, Vol. 14, No. 2.
10. Mars. G Fontana, 2007, Corrosion Engineering, 3rd Ed., NaGraw Hill, pp. 117~125.
11. 권혁철 외 4인, 2002, 산소 주입 수처리에 따른 보일러 뉴브 내 산화피막의 특성에 관한 연구, Theories and Applications of Chem. Eng., Vol. 8, No. 2.
12. 김규영, 부식 및 방식 기초, 포항공과대학교 철강대학원.