

# 냉각탑의 수처리 방법

개방 순환식 냉각수 시스템에서 나타나는 금속 부식, 스케일 및 미생물 장애에 대한 화학적 처리 방법에 대하여 설명하고자 한다.

심 상 희

애큐랩(주) (acculabs@unitel.co.kr)

개방 순환식 냉각수 시스템에 있어서 나타나는 문제는 크게 금속 부식, 칼슘 등 수중의 미네랄 성분의 농축에 의한 스케일 형성, 그리고 이끼, 슬라임 등의 미생물에 의한 장애로 나눌 수 있다. 최근에는 건물용 공조기 냉각 시스템의 경우, 레지오넬라균의 제어가 중요한 문제로 대두되었다.

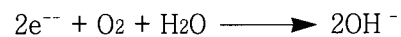
이와 같은 부식, 스케일 미생물 문제는 시간당 순환 수량이 수만톤이 넘는 산업용 냉각수 시스템이나 또는 불과 수십톤에 불과한 건물 공조용 냉각수 시스템이나 그 문제의 심각성이 전혀 다르지 않다. 냉각 시스템에 사용되는 금속재료의 부식으로 인해 장비의 수명이 급격히 감소하게 된다. 또한 철합금의 부식 생성물 및 경도 성분에 의한 스케일이 열교환기에 침착되어 침전물을 형성하여 열교환기의 장애를 유발한다. 적절하고 지속적인 약품 투입 및 관리는 이러한 금속의 부식 및 침전물을 충분히 제어할 수 있기 때문에 시스템의 설비 수명을 연장할 수 있다.

금속 부식 생성물이나 물 속의 경도 성분으로 인한 스케일은 열교환기 표면에 침착되어 심각한 열교환 효율의 감소를 초래하여 에너지의 소비를 높인다. 그 예로 열교환기 튜브내부에 스케일이 부착되면 역압력이 걸려 냉각수 순환 펌프에 부하가 걸리게 되어 전기 소모량이 증가한다. 또한 열교환기에 발생하는 스케일은 0.3mm의 두께가 되어도 약 10%의 에너지 손실을 가져오므로 스케일을 최소화하면 막대한 경비절감이 얻어진다.

## 금속재료의 부식

냉각수 시스템에 사용되는 금속재료는 주로 철합금과 동합금으로 이루어진다. 재료의 부식은 첫째로 장비의 수명을 단축한다. 그리고 또한 철합금의 부식 생성물이 열교환기에 침착되어 스케일을 형성하여 열교환 장애를 유발한다. 또한 구리합금의 부식은 구리 합금 열교환기 표면에 직접 두꺼운 검은 빛의 구리산화물을 형성하여 열교환을 저해시킨다.

냉각수에서의 금속 부식은 냉각수에 용존되어 있는 산소에 의하여 일어난다. 산소에 의하여 일어나는 금속 부식은 다음과 같은 화학 반응식으로 나타낼 수 있다.

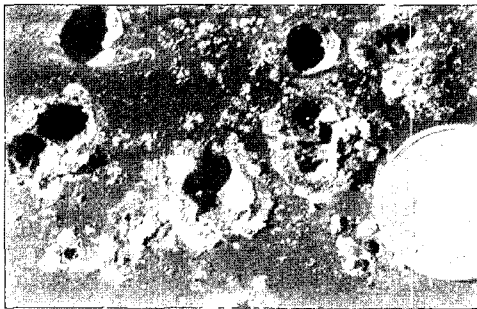


위의 반응식에서 나타난 바와 같이 금속의 부식은 물속에 존재하는 산소에 의하여 일어나지만 냉각수는 냉각탑에서 일어나는 증발에 의하여 온도를 낮추므로 물속에 존재하는 산소의 양을 제어하여 부식을 억제하는 것은 불가능하다. 따라서 공기가 포화된 상태의 물에서 금속의 부식을 억제할 수 있는 화학 물질이 선정되어 적용된다.

냉각수에 보급수로 사용되는 물에 염소 이온이 과다한 경우 철합금 또는 동합금의 부식이 증가한다. 이때에 나타나는 부식은 금속의 표면이 전반적으로 부식



냉각탑의 수처리 방법

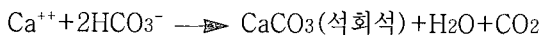


[그림 1] 점부식

되는 것과는 달리 국부적으로 점부식 형태로 나타난다(그림 1).

### Scale

앞에서 언급한 금속 부식생성물에 의한 스케일뿐만 아니라 보충수에 포함된 칼슘, 마그네슘, 실리카 등의 물질이 냉각수내에서 농축되어 발생하는 스케일은 열교환기 표면에 침적되어 심각한 열교환 효율 감소를 초래하여 과도한 에너지 소비의 원인이 된다. 국내 대부분 빌딩의 경우 하절기가 지난 후 열교환기 표면에 탄산 칼슘 스케일이 0.2~0.3mm 정도 침적되어 있는 것이 일반적이다. 탄산 칼슘 스케일은 냉각수 보급수에 용존된 칼슘과 탄산염이 냉각탑에서 이루어지는 수분의 증발에 따른 농축현상의 결과로 석출되어 나타난다.



탄산칼슘 스케일이 열교환기 표면에 0.2~0.3mm 침적되면 냉동 능력의 저하에 따른 에너지 소비량이 증가가 약 10%에 이른다.

### 미생물

개방식 냉각수 시스템에 있어서 문제가 되는 미생물은 이끼, 변형(slime)박테리아, 레지오넬라균 그리고 곰팡이 등이다. 이 중 레지오넬라균은 건물의 냉각수 관리에 있어서 특히 유의해야 한다. 또한 이끼 및 변형 박테리아의 번식은 이것이 열교환기에 부착될 경

우 스케일을 형성하여 문제를 유발할 수 있으며 또한 하부침전(under-deposit) 부식을 발생시키기도 하므로 철저한 관리가 요구된다.

금속의 공식을 유발시키는 미생물로 대표적인 것으로 황산염환원박테리아(sulfate reducing bacteria, SRB)를 예로 들 수 있다. 이 박테리아는 물 속의 황산염을 부식성이 강한 황화수소로 만들면서 살아가는 미생물이다. 최근 환경의 오염이 심하여 지면서 냉각수 시스템에서 미생물이 번식할 수 있는 분위기가 더욱 조성되는 관계로 이러한 SRB에 의한 점부식 현상이 많이 관찰되고 있다. SRB에 의한 점부식은 냉각수 시스템 뿐만 아니라 냉수 시스템에서도 흔히 나타나는 현상이다.

냉각수의 레지오넬라균에 의한 사고가 외국에서 여러 차례 알려진 후 국내에서도 여름철에는 병원, 백화점 등 사람이 많이 모이는 건물들을 중심으로 정부에서 냉각수의 레지오넬라균을 검출하여 조치를 하고 있다. 냉각수의 레지오넬라균은 비산되는 물 입자를 통하여 사람의 호흡기를 통하여 인체에 유입되어 발병하게 된다.

### 냉각수 처리 방법

냉각수 시스템에 사용되는 철합금의 부식 방지제로는 인산염 계통의 화학물질이 주로 사용되어 왔다. 그러나 인산염 계통의 화학물질은 냉각수 내에 농축되는 칼슘 이온과 반응하여 인산칼슘을 형성하며 이 인산칼슘이 열교환기 표면에 석출되어 심각한 장애를 유발할 수 있다. 최근에는 이와같은 문제를 야기하지 않으면서 탄산칼슘 스케일의 생성도 억제하는 유기인산염 계통의 화학물질이 사용되어 철합금의 부식을 최소화하는 기술이 실용화 되어있다.

앞에서 논의된 바와 같이 동합금의 부식 방지는 단순히 동합금의 부식을 방지하기 위한 것 뿐 아니라 철합금(배관)의 점부식을 방지하기 위하여 대단히 중요하다. 최근에는 아줄 계통의 화학물질을 사용하여 성공적으로 동합금의 부식을 방지하고 있다.

앞에서 지적된 바와 같이 냉각수 시스템에서 발생하는 스케일은 대부분 탄산칼슘이다. 탄산칼슘 스케일 방지제로는 대부분 유기인산염 계통의 화학물질이 사용되며 이 효과를 높이기 위하여 스케일 방지제에는

입자의 분산 효과가 탁월한 폴리머가 첨가되기도 한다. 탄산칼슘은 냉각수 내의 칼슘 농도가 약 100 ppm 이상이 되면 열교환기 또는 냉각탑 충전제 등에 석출되기 시작한다. 그러나 적절한 스케일 방지제가 처리되면 (순환수 내에 일반적으로 100 ppm 이상의 제품 농도) 칼슘 농도가 약 500 ppm에 이를 때 까지 탄산칼슘의 석출 현상이 나타나지 않는다.

그림 2에 나타난 바와 같이 탄산칼슘 스케일이 0.6mm 열교환기에 발생할 경우 연료비가 약 23% 상승하게 된다. 이것을 300RT 흡수식 냉동기의 경우(1일 8시간 가동기준)의 예를 보면 LNG의 월 소비량이

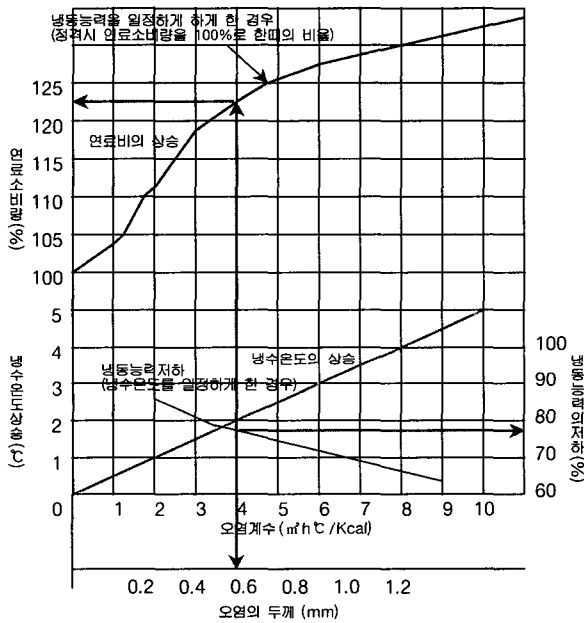
5,220Nm<sup>3</sup> 증가하며 이는 195만원의 추가 경비를 의미한다.

스케일 방지 처리가 정상적으로 이루어진 경우, 주기적으로 이루어지는 산세정이 불필요하게 되어 경비의 절감은 물론 산세정시 발생하는 설비의 손상도 나타나지 않는다. 이러한 스케일 방지 처리는 이미 미국, 유럽 등지에서는 이미 일반화되어 있으며 국내 대형 빌딩에서도 점차로 적용하여 경비 절감과 설비 관리의 과학화를 달성하고 있다. 300RT 냉동기의 경우 월 화학 처리 비용은 약 20만원 정도일 것으로 예상된다.

그림 3에 스케일 방지제가 처리되지 않은 경우와 스케일 방지제가 정상적으로 처리된 경우의 열교환기 상태가 나타나있다.

냉각수의 살균 목적은 일반적 용수의 살균 목적과 달리 물속에 떠다니는 프랑크토닉 박테리아의 살균이 주목적이 아니다. 냉각수 시스템에 있어서는 냉각탑 충전제를 오염시켜서 냉각탑의 냉각 효율을 저하시키며 열교환기에 부착되어 열교환 효과를 저해하는 슬라임 박테리아의 제거가 주 목적이다. 또한 냉각탑에 기생하는 이끼의 제거도 중요하다. 레지오넬라 또는 점부식을 일으키는 SRB 등의 제어는 이들 세균을 직접 제거하는 살균제를 사용하는 방법보다 이끼, 슬라임 박테리아를 효과적으로 제거하여 냉각수 시스템을 청결하게 유지하여 SRB 또는 레지오넬라 등의 서식 환경을 최소화하는 방법이 월등히 경제적이다.

냉각수의 살균제는 산화성 살균제와 비산화성 살균제로 나뉘어진다. 염소 또는 브롬이 산화성 살균제로서 주로 사용된다. 대형 냉각탑에서는 염소 가스 또는 NaOCl 용액이 주로 사용되며 소형 냉각탑에서는 사



[그림 2] 스케일 vs 열효율

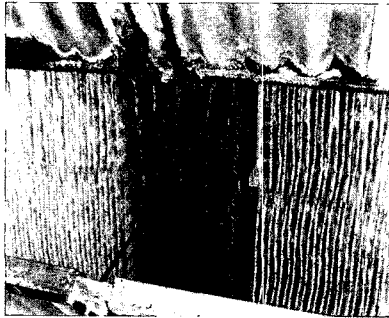


(a) 사용하지 않은 경우

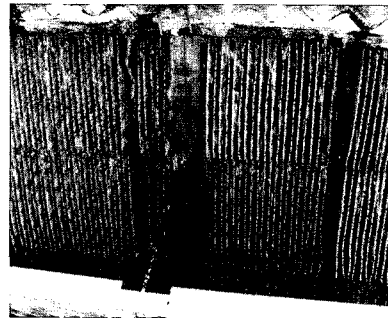


(b) 사용한 경우

[그림 3] 스케일 방지제 효과



(a) 약품 투입하지 않은 경우



(b) 약품 투입한 경우

[그림 4] 미생물 살균효과

용이 간편한 클로르칼키( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ )가 주로 사용된다. 이러한 산화성 살균제는 이끼의 제거 효과는 뛰어나나 냉각수 시스템에서 특히 문제가 되는 슬라임 박테리아의 제거를 위하여는 과량의 사용이 요구된다. 산화성 살균제가 과량으로 사용될 경우 금속 재료의 부식이 촉진되는 문제가 있다.

슬라임 제거에 효과가 좋고 금속의 부식성이 없는 비산화성 살균제로는 이소치아졸론, 그루타알데하이드 그리고 4급 암모늄 등이 있다. 이러한 제품들은 그러나 장기간 사용된 경우 미생물의 내성이 증가하여 효과가 급격히 저하되는 특성이 있으며 일반적으로 산화성 살균제에 비하여 고가라는 단점이 있다.

산화성 살균제와 비산화성 살균제의 단점이 개선된 안정화된 브롬 계통의 살균제가 최근에 개발되어 미국과 유럽의 소형 냉각탑에서 그 사용이 급속도로 전파되고 있다. 그리고 같은 안정화된 브롬 계통의 살균제이면서 기존의 제품보다 약 3배의 지속성을 가지는 제품이 국내에서 개발되어 국내는 물론 미국 등 외국에서 특허가 획득되어 외국 회사들과 기술 수출을 하

는 제품이 있다. 안정화된 브롬 계통의 살균제는 금속에 대한 부식성이 없으며 슬라임, 이끼 제거 효과가 뛰어나다. 또한 장기간 사용하여도 미생물의 내성이 발생하지 않는 특징이 있다.

냉각수의 올바른 화학처리는 설비 수명 연장, 에너지 절감, 환경 개선을 위하여 필수적이다. 냉각수 관리가 제품생산에 필수적인 석유화학 또는 화학 공장들에서는 화학 처리가 이상적으로 이루어지고 있다. 그러나 소형 냉각탑의 경우 그 중요성이 아직 널리 인식되지 않은 관계로 철저한 관리가 이루어지지 않고 있는 것이 현실이다. 이미 미국, 유럽 등의 외국에서는 소형 냉각탑도 철저한 관리에 의하여 경비 절감에 최선을 다하고 있다. 국내의 소형 냉각 시스템에 형성되는 스케일에 의한 에너지 손실은 이미 년 수천억원에 이를 것으로 추산되며 설비의 손상에 의한 손실과 화학 세정에 의한 손실 그리고 화학 세정에서 발생하는 폐산에 의한 환경 파괴까지 감안하면 그 손실은 상상을 초월할 것으로 생각된다. (6)