

금속 Mg에 의한 칠러(Chiller) 침전물의 변화연구

김정진^{1*}, 김운영², 장세정³, 장운득⁴

¹ 안동대학교 지구환경과학과(jjkim@andong.ac.kr)

² 중앙대학교 산업경영연구소

³ (주)디지털위더

⁴ 경북대학교 지질학과

1. 서론

산업체에서 제품을 생산하는 과정에는 많은 열이 발생하게 되며, 이를 냉각시키기 위해서는 물을 사용하게 된다. 대부분의 경우 사용한 물은 그대로 버리는 것이 아니라 회수하여 다시 사용하게 된다. 이때 물의 온도가 상승하기 때문에 냉각이 필요하며 물을 모아서 냉각시키는 장치를 칠러(Chiller)라고 한다. 냉각수가 순환과정에서 소실되는 경우는 그 만큼의 양을 외부에서 보충해서 항상 일정한양을 유지시켜 준다. 일정한 양의 냉각수로 채워져 있는 칠러 내부에는 다양한 종류의 침전물이 형성되고 있으며 침전물을 제거하기 위하여 주기적으로 세척을 해주어야 한다. 본 연구에서는 마그네슘 금속 설치 전 후에 칠러 내부에 생성되는 침전물의 특성 변화를 연구하고, 침전물 변화에 대한 마그네슘의 영향에 대해서 알아보려고 한다.

2. 연구 방법 및 결과

마그네슘 장치: 물이 통과할 수 있도록 마그네슘 봉에 홈을 파서 원통형의 황동관 내부에 고정 시킨다. 제작된 장치의 양끝 부분은 배관에 설치를 쉽게하기 위하여 플랜지를 부착시킨다. 냉각수가 흐르는 배관을 장치를 설치할 수 있도록 절단하여 그 부분에 제작한 장치를 설치를 한다.

물분석: 마그네슘 장치를 설치하지 않은 칠러와 설치한 칠러의 냉각수 변화를 관찰하기 위하여 ICP와 IC 분석을 실시하였으며 각 시료에 대해 실험실에서 pH 및 EC값을 측정하였다 (Table 1). 냉각수의 원수는 수돗물(M1) 사용하고 있으며, 칠러에서 냉각라인으로 냉각수를 보내기 위하여 양수기를 사용하고 있다. 따라서 Mg 장치를 설치하지 않은 곳에서는 냉각수가 계속 순환하기 때문에 양수기 부근의 시료와(M2) 일반 칠러 시료(M3)는 거의 유사한 시료로 간주할 수 있다. Mg를 적용한 곳에서는 칠러 냉각수 시료(M4) 하나를 채취하여 분석을 실시하였다.

냉각수 원수인 수돗물은 일반 수돗물과 비슷한 pH 7.61로 중성에 가깝다. 전기 전도도(EC)의 경우 Mg를 적용한 시료에서 일반 칠러보다 낮게 나타나는 것은 냉각수에 용해되어 있던 이온들이 결합하여 새로운 물질을 생성시키면서 침전물로 침전이 되었을 가능성을 의미한다. 불소(F)는 대부분의 시료에서 3ppm 이하의 낮은 값을 나타내며, 염소(Cl)의 경우 초기 원수인 수돗물에서는 10.79ppm 이지만 냉각수 라인을 통과한 모든 시료에서 높은 값을 나타낸다. 황산이온(SO₄)의 경우도 Cl과 마찬가지로 수돗물 보다 훨씬 높은 값을 나타내는 것은 냉각라인에서 부가되었을 가능성이 크다.

양수기(M2)와 일반 칠러(M3)의 경우 양이온 값은 거의 비슷한 값을 갖는다. Mg를 적용한 시료(M4)의 경우 양이온 값이 크게 감소한 경향을 보여 주는데 이것은 양이온이 새로운 물질을 형성시키면서 고상으로 냉각수로부터 제거 되었을 가능성이 크다.

Table 1. Chemical analysis of water samples in chiller system.

Sample No.	M1	M2	M3	M4
Sampling Site	수돗물	양수기	일반칠러	Mg적용 칠러
pH	7.61	7.32	7.10	7.73
EC	144	567	580	256
F	0.41	1.84	1.76	0.99
Cl	10.79	45.54	45.76	25.88
NO ₃	7.29	29.26	N.D	13.05
SO ₄	11.61	65.89	61.49	26.24
Na	6.70	32.07	30.86	16.97
Mg	2.82	12.39	14.58	7.09
Al	0.00	0.00	0.00	0.00
Si	0.87	5.68	6.39	0.22
K	1.95	9.96	12.12	6.46
Ca	15.47	56.17	57.71	15.82
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00

침전물: 일반 칠러와 Mg를 적용한 칠러에서 채취한 침전물에 대한 육안 관찰에 의하면 일반 칠러의 경우 많은 양의 부유성 물질이 존재하지만 대부분 유기물 형태로 끈적이거나 서로 엉켜 붙어 쉽게 분리되지 않는다. 이에 비해 Mg를 적용한 칠러 침전물은 쉽게 가라앉을 뿐만 아니라 철산화물이나 방해석과 같은 무기물이라는 것을 쉽게 알 수 있다 (Fig. 1). Mg를 적용한 칠러에서 유기물 형태가 나타나지 않는 것은 Mg 적용 시 유기물 생성을 억제시킬 수 있다는 것이며 침전물이 철 산화물이라는 것은 냉각수 라인에서 떨어져 나온 녹으로 볼 수 있다.

전자 현미경 사진에서 일반 칠러 침전물의 경우 침전물들은 하나의 입자로 존재하는 것이 아니라 서로 엉켜있는 것을 관찰할 수 있다. 이것은 무기물에서 나타나는 결정형태를 전혀 갖추고 있지 않으므로 쉽게 유기물이란 것을 알 수 있다. Mg를 적용한 칠러의 경우 자형으로 나타나는 방해석 결정과 구형내지 포도상으로 나타나는 철 산화물들을 쉽게 관찰할 수 있다 (Fig. 2).

쌍안실체현미경 관찰결과 일반 칠러 침전물의 경우 대부분 유기물 형태로 나타난다. Mg 적용 칠러 침전물은 아주 미세한 입자의 붉은색 철 산화/수산화 광물과 무색 투명한 방해석 결정들을 관찰할 수 있다 (Fig. 3).

3. 결론

Mg 적용 칠러와 일반 칠러 그리고 상수도물, 양수기 물에 대한 화학 분석결과 상수도물 내에 존재하는 용해 성분이 적지만 전체 라인의 냉각수는 상당히 많이 오염된 상태라고 볼 수 있다. 채수 과정에서 채수 조건이 약간 상이했다고 할지라도 Si, Ca 등과 같은 불용성 염을 생성시킬 수 있는 이온들의 감소가 현저하기 때문에 Mg를 냉각수 라인에 적용시킬 경우 효과가 아주 크다고 볼 수 있다.

침전물 시료의 경우 쌍안실체현미경 분석, 전자현미경분석등을 통하여 일반 칠러의 침전물은 대부분 유기물로 구성되어있지만 Mg 적용 칠러의 경우 Ca 광물인 방해석과 1-10 μ m

크기의 Fe 광물인 레피도크로사이트로 구성되어있다. 이것은 Mg를 적용할 경우 유기물 생성을 억제시킬 뿐 아니라 배관내부에 형성된 녹(scale)을 1-10 μ m의 크기의 입자 형태로 제거시키는 역할을 한다.

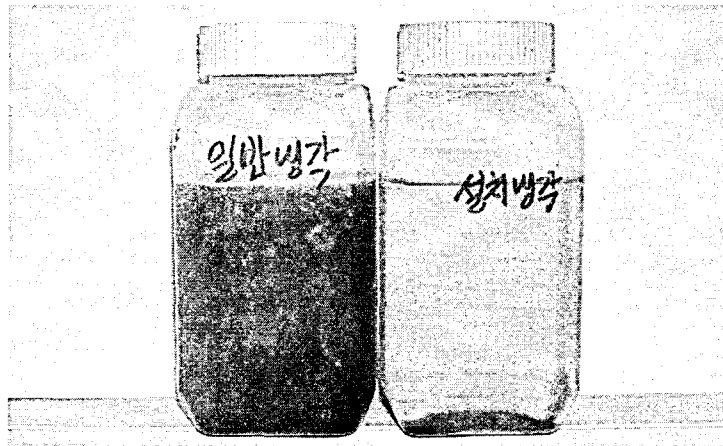


Fig. 1. Change of precipitates in general (left) and Mg applied (right) chiller system.

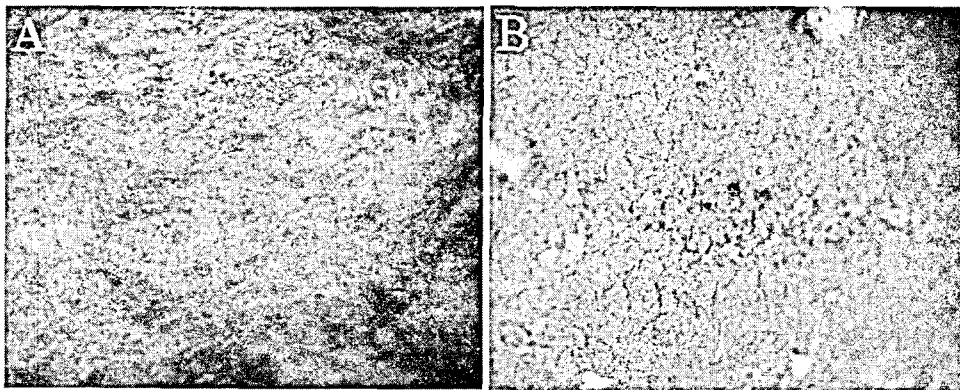


Fig. 2. Stereo microscopic photographs($\times 60$) of precipitates in general(A) and Mg applied (B) chiller system.

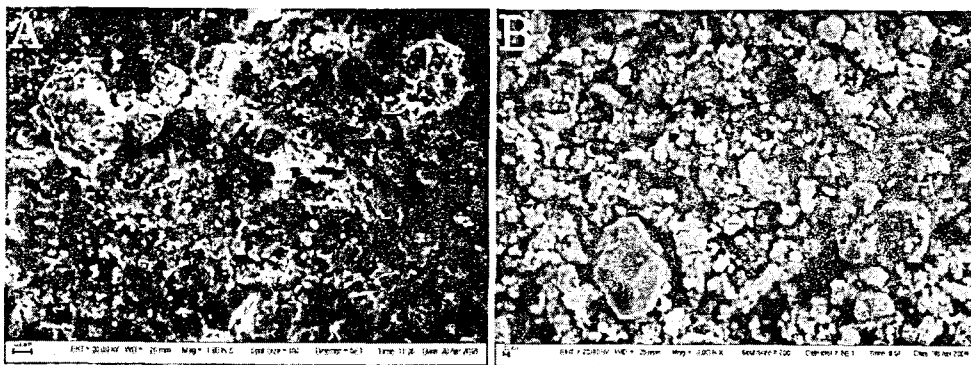


Fig. 3. SEM microphotograph of precipitates in general (A) and Mg applied (B) system.