

<現場의 腐蝕問題 시리즈 2>

冷却水 處理에 대하여 (II)

尹 昌 求*

On Cooling Water Treatment

C. K. Yun*

5. 冷却水 循環系에서의 微生物問題

이 문제는 흔히 물이끼, 박테리아(slime), 곰팡이 등 식물의 과도한 성장에 기인한다. 냉각수 설비와 같이 물이 많이 모이고 재 순환되는 곳에서는 이러한 미생물 성장이 쉽게 일어나 수관벽에 끼고(foul) 열전달을 방해하며 금속의 부식을 일으키고 목재부를 침식하는 일이 흔하다.

微生物 成長의 類型

(1) 이끼(algae)는 표면수에서 손쉽게 찾아 볼 수 있는데 현미경적 단세포로부터 길이가 수십 미터에 이르는 것에 까지 종류가 다양하다. 이끼에는 엽록소가 들

이 있어 광합성에 의해 양분을 섭취하므로 공기, 햇빛 또는 물이 없으면 살지 못한다. 따라서 햇볕에 노출된 냉각탑과 분수에 이끼가 많이 자라 물이 끈적거리 퍼지는 것을 방해하고 당사에 끼며 수관과 펌프를 매우는 등의 일이 쉽게 일어 난다. 금속표면에 앉아 자라는 이끼는 산소를 발생하고 죽은 이끼는 국부적 전지작용을 통하여 구멍부식을 촉진시킨다. 흔히 볼수 있는 이끼류와 이들의 성장특성은 Table 2 와 같다.

(2) 박테리아는 자연계의 어느 곳이나 퍼져 있는 원주형, 구형 또는 나선형의 단세포 식물로서 임복소를 갖고 있지 않은 것이 보통이다. Slime 을 형성하는 박

Table 2

Group	Temperature Range, °F	pH Range	Examples
Green Algae	86-95	5.5-8.9	Chlorella-common unicellular Ulothrix ⁽¹⁾ -filamentous Spirogyra-filamentous
Blue-Green Algae (Contain Blue Pigment)	95-104	6.0-8.9	Anacystis-unicellular slime former Phormidium-filamentous Oscillatoria ⁽¹⁾⁽²⁾ -causes the most severe problems
Diatoms (Brown Pigment and Silica in Cell Wall)	64-186	5.5-8.9	Fragilaria, Cyclotella, Diatoms ⁽¹⁾

⁽¹⁾ These algae may occur in cooling water with as much as 120 ppm chromate present.

⁽²⁾ Oscillatoria will grow at 186 F and at pH 9.5.

터리아는 냉각수 재순환계에 가장 흔한 好氣性 종류인데 끈적한 slime 에는 다른 물질이 들어 붙는 것은 물론 각종 치리 약품으로부터 박테리아를 보호해 주는 역할도 하고 금속표면에 들어 붙으면 열전달 효율을 크게 떨어 뜨리며 구멍부식을 촉진시킨다. Table 3 에 나열해 보인 것은 가장 흔한 박테리아인데 이 중에 만일 많은 鐵박테리아는 철 같이 생긴 好氣性 생물로서 물속으로부터 철분을 흡수하여 모으는 능력이 있

다. 한편 硫黃박테리아중에는 유화수소가 녹아있는 물에서 자라는 赤紫色의 것(광합성 작용), 유형은 물론 유화수소나 thiosulfites 를 황산등으로 산화시키는 중화, sulfate 를 유화수소로 환원시키는 嫌氣性 박테리아들이 있다. 특히 마지막 것은 고약한 냄새를 내고 폐킨트를 번식시키며 동식물을 파괴하거나 금속을 부식시키는 등의 악명이 높다.

(3) 곰팡이(fungi)는 섬유질을 침식하여 성장하는 미생물로서 냉각탑의 목재부가 주로 피해를 받는 대상이 된다. 섬유질을 잃은 목재부는 짐게 번식하며 lignin 분

* 한국과학기술연구소 화학정연구실
Korea Institute of Science and Technology

만 많이 남아 연약해진다. Table 4에 보인 것은 목재 부를 침식하는 대표적 곰팡이 들이다. 이들의 침식은 칸막이, 문틀, 발판, 송풍箱 등에서 간혹 일어나는 내부침식과 물에 잠긴 부분에서 흔한 표면침식의 두 가지 형태로 나눌 수 있는데 표면 침식은 쉽게 눈에 띄는 반면에 내부침식의 경우보다 실제 피해는 덜하다.

冷却塔에 대한 곰팡이의 침식 외에도 화학적 또는 물리적 요인에 의한 목재부의 훼손이 드물지 않다. 화학적 침식은 통상 산화제나 알칼리 성분(탄산소다등)에 의한 脫 lignin 형태로 나타나며 목재표면에 섬유질만 남아 표백된 듯한 색깔을 나타낸다. 이 표면 섬유를 물이 자꾸 훑어 내리면 목재부가 짐차로 얇아진다. 이 밖에도 목재부가 높은 온도에 계속적으로 노출되어 있으면

구조변화를 겪어 木質의 손실과 약화가 촉진되고 미생물(특히 내부침식)에 약해진다.

微生物 fouling의 調節

냉각수 순환계의 미생물을 억제하기 위해 사용하는 여러 화학약품의 주요 기능은 이들을 죽이거나 성장과 표면부착을 막는 것이다. 미생물의 살균만이 주 용도인 약품을 bacteriocides, 낮은 농도에서도 이들의 성장을 억제해 주는 약품을 bacteriostatic agents 라고 구분해서 부른다. 한편 사용농도가 아주 낮은 때에는 오히려 미생물 성장을 촉진하는 bacteriocide도 드물지는 않다.

염소(chlorine)는 가장 널리 쓰이는 처리약품으로서 냉각수중에 이를 잡아 먹는 성분이 크지 않은 한 가장 경제적 방법이다. 염소는 맹독성으로서 살균력이 강하

Table 3

Type	Example	pH Range	Problems Caused
Aerobic Capsulated	Aerobacter aerogenes Flavobacterium Proteus vulgaris Pseudomonas aeruginosa Serratia Alcaligenes	4.0-8.0 Optimum pH 7.5	Major slime forming bacteria. May produce green, yellow, and pink slimes in addition to usual grey or brown slime.
Aerobic Spore Forming	Bacillus mycoides (in other Bacillus species)	5.0-8.0	Add to slime problem. Spores are more difficult to destroy.
Aerobic Sulfur Bacteria	Thiobacillus thiooxidans	0.6-6.0	Oxidize sulfur or sulfides to sulfuric acid.
Anaerobic Sulfate-Reducing	Desulfovibrio desulfuricans	4.0-8.0 No O ₂	Grows under aerobic slime causing corrosion and H ₂ S odors.
Iron Bacteria	Crenothrix Leptothrix Gallionella	7.4-9.5	Precipitate ferric hydroxide in sheath-like coating around cell-forms bulking slime deposits.

NOTE: All of the above bacteria live in a temperature range of 68 to 104 F, with some species growing at 40 to 158 F.

Table 4

Type	Examples	Spore Color	Problems Caused
Filamentous "mold-type" fungi	Aspergillus Penicillium Mucor Fusarium Alternaria	Black, tan, blue, yellow, green, white, grey, brown, red, pink, brown	Associated with bacterial slimes. Cause surface rot of wood.
Yeast-like fungi	Torula Saccharomyces	Leathery or rubbery growth usually pigmented	Add to bacterial slimes. Cause discoloration of water and wood.
Basidiomycetes (higher fungi)	Poria Lenzites	White or brown shelf fungi	Wood rotting fungi, cause severe internal decay.

NOTE: Temperature range for these fungi is 32 to 100F. pH range is 2-8 with optimum of 5-6.

의 순환계에는 간헐적으로 투입하는 것이 가장 효과적이고 경제적이 알려져 있다. 그러나 염소에 의한 냉각탑 목재부의 침식이 심하므로 사용량의 엄격한 규제가 필요하다. 보통의 사용한계는 1ppm 이하이며 특히 냉각탑으로 돌아 오는 더운 물속에는 0.3-0.6ppm으로 유지하는 것이 바람직하다. 주입 빈도수는 slime 등 문제의 심각도와 계절등에 따라 다르다. 냉각수중의 염소는 탑에서 손쉽게 대기중으로 방출되어 효능이 떨어지기 쉬우므로 다른 비산화성 살균제와 함께 써야만 한다.

살균제류는 많은 회사들이 상품화하여 자기 독특한 것을 공급하고 있는데 이들의 조제에 흔히 쓰이는 화학물들은 다음과 같다.

- chlorinated phenols
- organotin-complex amine combinations
- quaternary ammonium compounds
- organo-sulfur compounds
- rosin amine salts
- copper salts
- organic thiocyanates
- acrolein

목재부의 방부를 위해서는 위에 말한것과 같이 염소 농도를 1ppm 이하로 유지하는 외에 냉각수 pH를 8 이하로(가능하면 6-7까지) 낮추어야 한다. 이 pH 범위에서는 목재 침식이 그리 심하지 않게 된다.

미생물 억제 program이 성공하려면 다음의 절차를 주의 깊게 밟는 것이 중요하다.

- (1) 미생물 문제 유형의 파악
- (2) 가장 효과적 살균제의 선택. 유독성의 비교연구 또는 경험에 의존.
- (3) 적절한 주입설비
- (4) 살균제의 충분한 주입농도
- (5) 냉각수와 냉각탑 목재부 샘플의 검사 시험에 의한 결과 분석
- (6) 적절한 운영과 예방정비계획
- (7) program 유지를 위한 주기적 작업.

가장 중요한 것은 냉각수시스템의 미생물 문제를 자격과 경험이 있는 기관에서 조사연구를 맡을 것과 문제의 다양성에 비추어 다른 공장간의 정보교환을 통하여 경험을 나누어 갖는 일이다.

6. 藥品注入과 自動制御

냉각수시스템의 설계와 냉각수의 약품처리계획이 끝났어도 약품을 효과적으로 주입하는 방법을 선택하는 과제가 아직 남아있다. 이 단계에서 고려되는 사항들은

주입설비의 규모, 시설비, 주입량의 조절대책등으로서 간단한 경우로는 약품을 강통에 담아다가 붓는 식으로부터 복잡한 경우로는 약품농도 경보장치와 자동 shut-down 설비를 갖춘 완전한 자동제어에 이르기까지 그 종류가 다양하다. 현재의 일반적 경향은 약품주입 설비를 최대한 자동화하여 인력을 절약하고 약품사용량의 경제와 냉각수 계통 각종 설비의 완벽한 보호를 가하는 방향이다.

藥品注入設備

아무리 복잡한 약품주입설비라도 화학약품은 냉각수 유량과 blow 비에 따라 주입하여 냉각수중의 약품농도를 목표치로 유지시킨다는 근본적 설계취지에는 차이가 없다. 냉각수 조업조건에 적정유지는 바로 효율적이고 말짱 없는 운전과 통하는 말로서 인건비, 재료비, 운휴비등을 최소로 만들어준다. 약품의 과량주입은 낭비일뿐만 아니라 경우에 따라서는 문제해결이 아니라 오히려 악화시킬 수도 있는 것이다. 약품주입방법의 선택은 냉각수설비의 종류, 문제점, 사용약품등에 따르는데 주기적 또는 연속적으로 시행할 수 있으며 소요설비는 다음과 같이 분류할 수 있다.

(1) **중력식(gravity feeders)** 설비는 약품용해조와 유량조절장치로 구성되는데 용액의 흐름은 중력만에 의존하며 구멍크기나 발브로 유량을 조절하게 된다. 이 방법의 근본적 단점은 용해조의 액면이 낮아짐에 따라 발브에의 압력도 낮아져 유량이 줄어 드는 것이나 Fig. 5에 보이는 바와 같이 액면유지장치를 붙이면 해결된다.

(2) **흡입식(eductors)** 설비는 냉각탑에 보충되는 물의 유속에 의한 흡인력을 이용하여 약품액을 주입하고

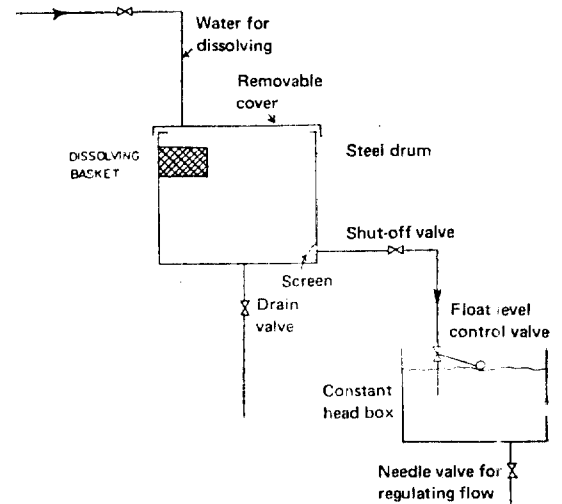


FIGURE 5 - Continuous gravity feeder.

제량하는 venturi 장치로서 광범위하게 쓰인다.

(3) Bypass 식 (pressure pot feeders) 설비는 폐쇄식 순환계통이나 작은 일관식 (once-through) 설비에 흔히 쓰인다. Fig. 6에 보이는 바와 같이 밀폐된 용기속에 든 처리약품을 냉각수 유량의 일부가 지나가며 녹여내는 식으로서 약품의 용해도에 따라 간헐적 또는 연속적으로 실시하게 된다.

(4) 연속용해주입식 (continuous dissolving feeders) 설비에는 약품의 용해속도가 일정한 것을 사용하는데 용해도가 낮은 polyphosphates 류나 특별한 모양으로 적어 낸 처리제등이 그 예이며 일관식이나 순환식 계통에 흔히 쓰인다. Fig. 7에 보인 것과 같이 약품을 그물로 된 주머니나 구멍 뚫린 통속에 넣어 이를 통과하는 물에 일정속도로 녹아 나가게 되어 있다. 이 경우의 약품용해속도는 약품자체의 화학적, 물리적 성질은 물론 물의 온도, 경도등에도 좌우된다.

(5) 기계주입식 (positive displacement feeders) 설비에서는 피스톤식 또는 격막식 펌프를 사용하여 약품액을 용해조로부터 냉각수속으로 주입하는 바 주입속도의 조절이 쉬운 이점이 있다. (Fig. 8 참조) 펌프사용에 의해 약품주입방법의 융통성이 커지는데 펌프로의 전력을 켜고 끄는에 따라 연속식이나 간헐식 주입을 선택할 수 있으며 진기, 압축공기, 수압등을 매체로 한 신호 전달과 자동발브나 부이 (float type LC) 등에 의한 제어가 쉽다.

自動制藥시스템

냉각수 처리약품의 주입설비가 자동화할수록 시설비는 커지나 그 대신에 약품절약, 인력소요의 감소, scale 형성과 부식의 억제등으로 보상될 수가 있다. 대규모

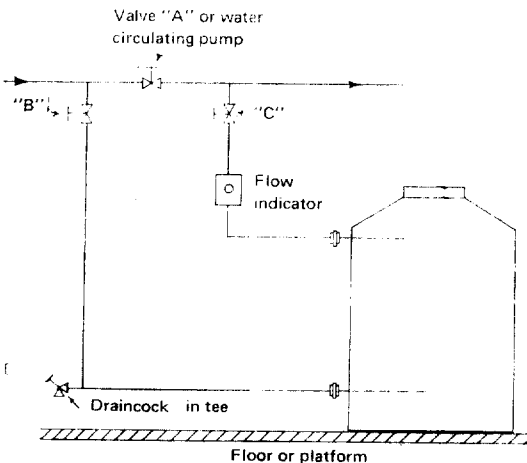


FIGURE 6 - By-pass chemical feed installation for closed cooling water systems.

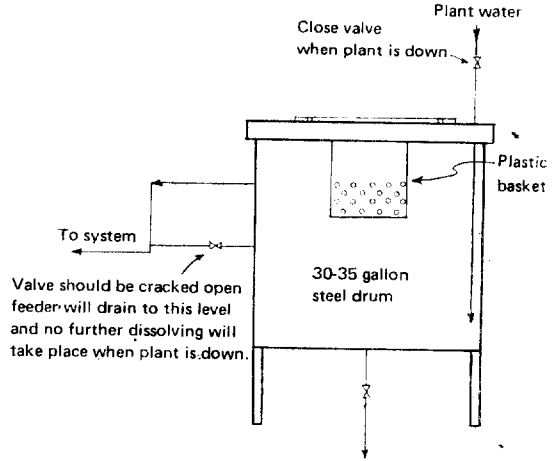


FIGURE 7 - Continuous dissolving feeder. Size plastic basket to amount of chemical to be fed per shift or day. Raise or lower height of basket to control dissolving rate.

의 복잡한 약품주입 설비를 새로 설치할 때에는 경험이 많고 자격있는 회사등의 자문을 받는 것이 상식이다. 약품주입설비의 자동화에 따르는 몇가지 문제점을 토의해 보면 다음과 같다.

(1) 연속식 비례조절 (proportional positioning control)의 가장 간단한 예는 Fig. 9에 보인 것과 같이 유량기록제와 압축공기 신호전달 및 격막식 조절발브로 구성된다. 발브조절이 격막에 의존하므로 발브주위 압력이 일정하게 유지 될수록 좋으나 약품주입량의 조절 가능범위를 10% 정도로 보면 무난하다. 이보다 더 세밀한 조절을 원하는 경우에는 Fig 10에 보인 것과 같이 주입펌프를 사용할 수 있다. 여기에서는 압축공기 신호에 의해 펌프실린더의 왕복거리가 조절됨으로서 유량에

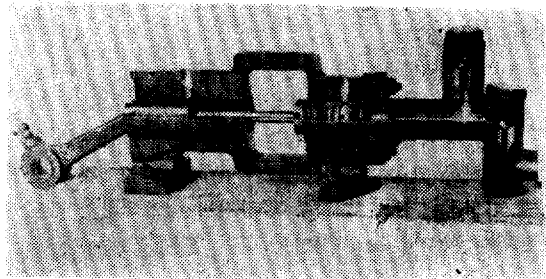


FIGURE 8 - Positive displacement feeder.

비례한 주입이 가능해지는데 일관식 공업용 냉각수에 polyphosphates 를 주입하는 등에 이상적이다. 이 밖에도 모터와 펌프간의 V-벨트가 걸리는 바퀴의 유효직경을 조절하거나 potentiometer 를 통해 펌프모터의 전력을 직접 조절하는 식(thyatron speed control)도 있다.

(2) 간헐식 비례조절 (intermittent control)의 한 예

를 Fig. 11 에 보였는데 여기에서는 유량계와 timer 가 연결되어 있어 일정한 양의 물이 흐르고 나면 주입 펌프를 일정기간 동작시키는 일이 주기적으로 되풀이 된다. 간헐식이더라도 주기가 충분히 짧기만 하면 사실상 비례 조절을 가능케 한다.

(3) pH 조절이 특히 문제되는 것은 냉각탑에 산을

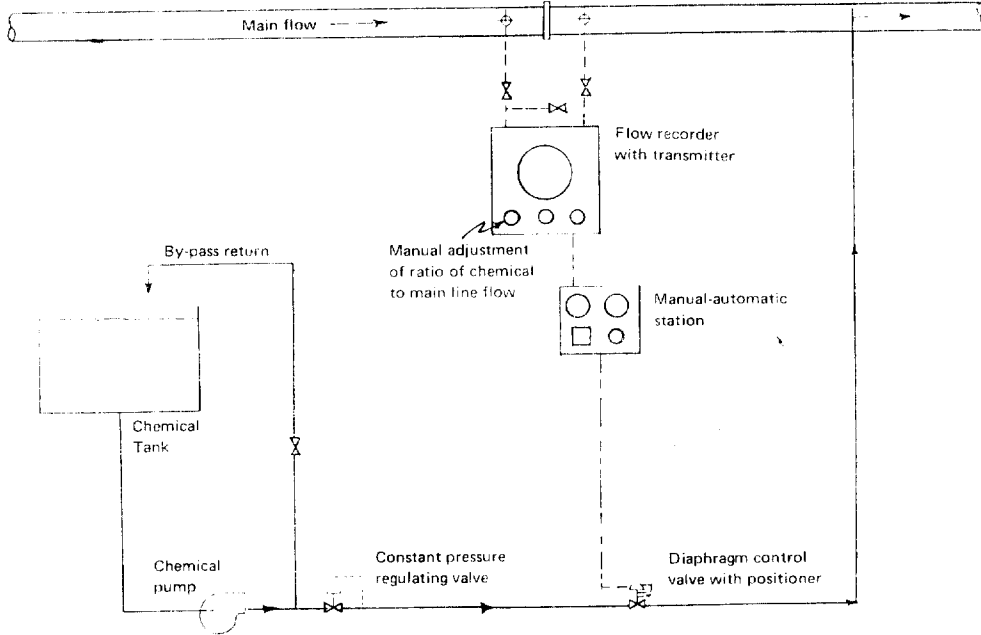


FIGURE 9 - Proportional chemical feeding by positioning diaphragm valve.

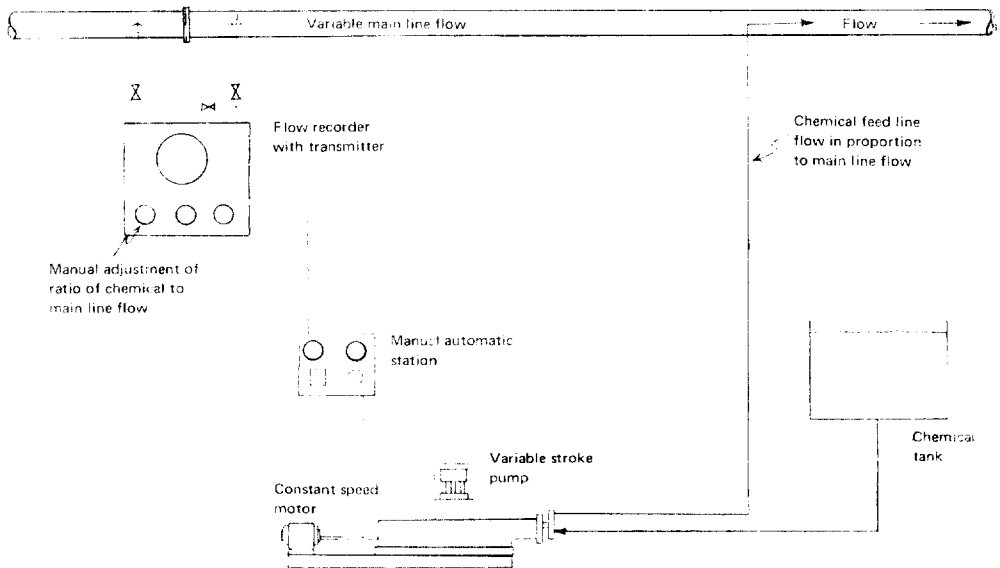


FIGURE 10 - Proportional chemical feeding system by use of variable stroke pump.

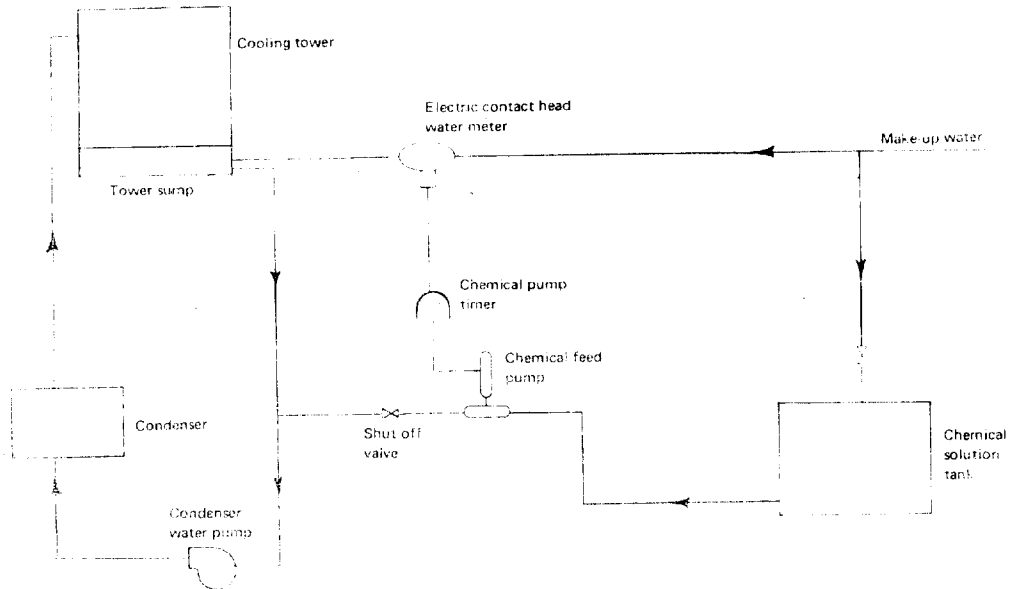


FIGURE 11 - Proportional intermittent chemical feed by use of a water meter and timer combination.

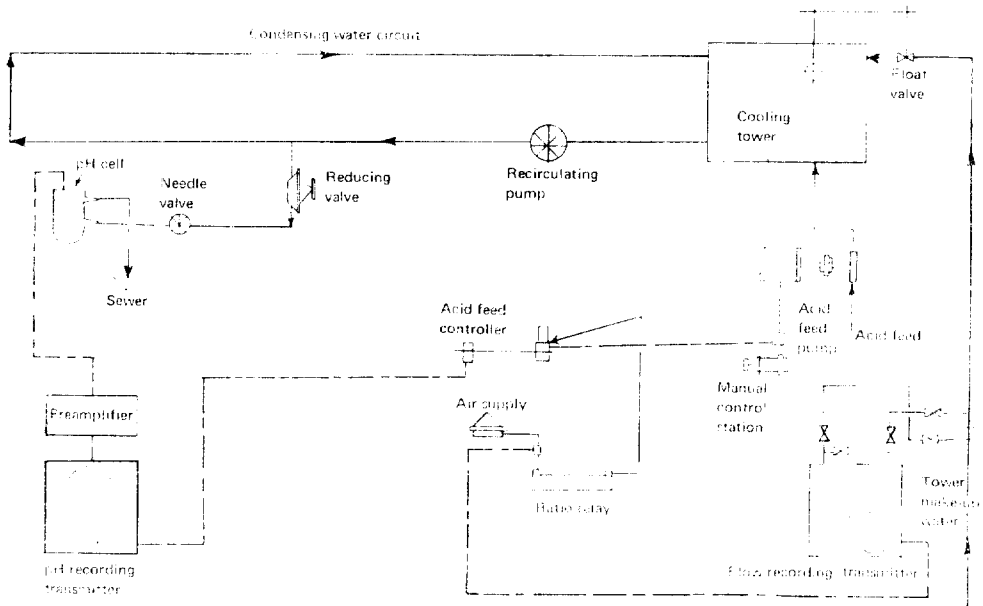


FIGURE 12 - Two-element pH control diagram for cooling tower.

주입하는 경우로서 불충분한 산치리에 기인한 더러운 문제, 탄아연, 목재부 delignification 등이나 과다한 산치리에 기인한 금속부식등을 회피하려면 pH의 정밀조절이 필요해진다. 자동식 산치리설비는 pH 전극, 가변속 산펌프, 자동식 기록조절장치등으로 구성되는 것이 보통이나 유량변화, 온도변화등의 영향때문에 pH 조절 범위가 너무 커지는 경우가 많다. Fig. 12에 보인 이중조절식 설비로 이러한 결점을 극복할 수 있는데 냉각수

모충량에 의해 산의 주입률이 결정되고 다음 단계로 pH 조절 장치에 의해 재조정되는 식으로서 별로 time lag이 없이 pH를 아주 좁은 범위내에서 조절가능하다.

(4) 부식율 조절을 기준으로 하여 약품주입을 조절하는 경우도 있는데 부식율 연속측정 단자와 전자회로를 사용하여 약품주입물의 조절은 물론이고 규정 부식율 초과시의 경보, 펌프의 자동정지, 냉각탑의 자동방류등을 시킬수 있다.

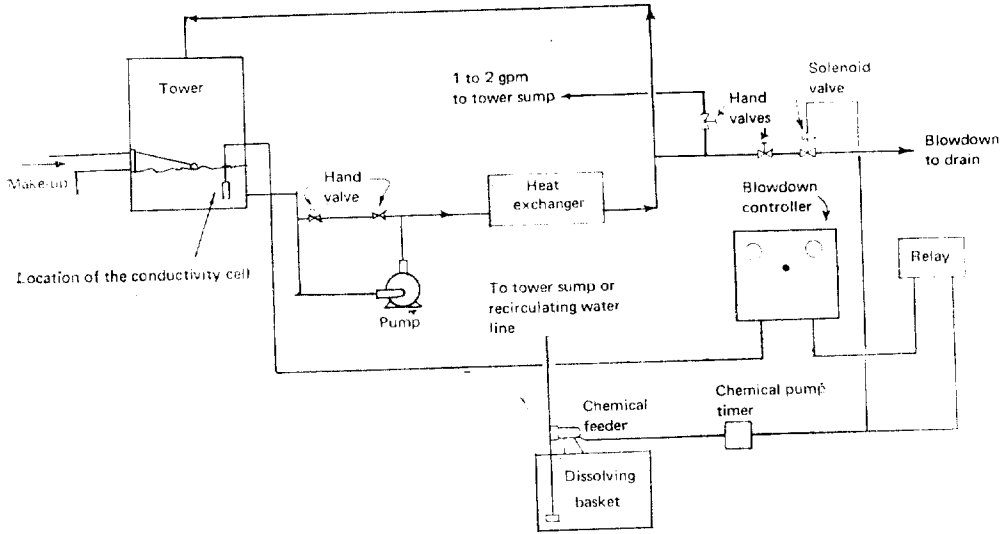


FIGURE 13 - Make-up flow and chemical feed controlled by recirculating water conductivity.

(5) 약품농도조절이 적절이루어지는 예로서 光電式으로 냉각수중의 억제제 농도가 적정 억제제 주입펌프를 조절하는 방법이 있다. Fig. 13에 보인 것은 냉각수의 전기전도도를 연속적으로 측정함으로써 용존 고형분 농도가 어느 이상이 되면 solenoid 밸브가 열려 자동적으로 blowdown 펌과 동시에 산벤트와 억제제펌프가 작동되는 설비로서 전도도가 상한치로부터 10% 감소될때까지 자동 blow 된다.

(6) 계기의 발달로 인해 냉각수 처리가 전체적으로 자동화 가능해졌는데 이들 자동설비의 선택은 경제성과 신뢰도의 두 관점에서 하게 된다. 가격이 천불 정도의 간단한 pH 조절설비로부터 오천불 이상의 본격적 자동화 설비에 이르기까지의 최초 설비 투자외에도 유지비 등이 고려되어야 한다. 특정 목적에 부합되는 가장 간단한 설비가 최선의 선택이라고 말할 수 있겠다.

7. 冷却塔과 公害

일반식과 비교하면 냉각탑 설비는 용수의 양비와 온수방류의 熱公害를 덜어주는 이점이 있는 반면, 조업상의 몇가지 문제점 특히 blowdown 등에 기인한 공해를 일으킬 수 있다. 이 문제의 양상은 특히 폐수처리 방법과 설비에 따르므로 외부인조를 필요로 하는 경우에는 폐수처리 consultant에 의뢰하는 것이 현명한데 냉각수 처리약품 제조공급업체들은 이 역할을 겸하는 것이 보통이다. 냉각탑 공해에 관련되는 문제점들을 요약해 보면 다음과 같다.

(1) 鹽類(dissolved salts)가 냉각수중에 용해된 농도가 높아지는 것은 재순환 사용을 거듭하는 중의 농축

은 물론 대기중으로부터 들어 오는 먼지등의 역할도 있다. Blow 시에 폐수를 작은 도랑중에 방류하면 용해된 염류와 현탁된 고형분의 농도가 높아져 수질오염에 이른다. 그러나 폐수처리장으로 가는 하수도 시설을 사용할 수 있으면 큰 문제가 없으므로 중소규모의 냉각탑 설비의 경우에는 이 방법이 가장 이상적이다.

(2) Chromate는 부식억제제로 흔히 쓰여온 바 폐수중에 포함되면 말짱이 많다. 자연수로의 chromate 방류는 법의 규제를 받는 것이 보통인데 전면적으로 금지하는 곳도 있고 허용하더라도 폐수중의 최고농도 0.05ppm (3가와 6가 모두 포함)을 초과하지 못한다. 냉각탑폐수가 하수도를 통해 폐수처리장으로 가는 경우에는 다른 하수에 많이 희석되는 한 별 문제가 없는 것이 보통이다. Chromate 함량이 높으면 물색감이 눈에 띄게 노랗게 되는데 냉각탑 blowdown 으로부터 이를 제거하는 방법으로는 이온교환법에 의한 회수와 산성 용액상태에서 6가를 3가로 환원시킨후 알칼리 첨가에 의해 수산화물로 침전시키는 두 가지가 시험사용되고 있다. 환원제로는 sodium bisulfite가 경제성이 좋고 제거해야 할 침전량도 적은 것으로 알려져 있다. 이밖에 ferrous sulfate도 사용할 수 있고 좀 값비싸기는 하나 sodium hydrosulfite를 쓰면 산성용액이 아니더라도 환원 가능하다.

(3) Phosphate계통 부식억제제로 chromate를 대체하는 경우에도 방법은 다르나 폐수처리 문제가 나쁘지는 것은 마찬가지다. 인산염은 크롬과 같이 유독하지는 않아도 이끼등 물푸들의 성장을 촉진하여 수면을 덮고 수로를 막는등 이른바 eutrophication 현상을 일으키므로

로 자연수로의 방출허용량이 아주 낮게 규제되는 것이 보통이다. 폐수로부터의 인산염 제거법이 많이 연구개발되고 있는데 용수의 석회수 연화와 흡사한 방법으로 phosphate 농도를 크게 줄일 수 있다.

(4) 毒物(toxic materials) 이 냉각탑 폐수중에 포함되는 것은 부식억제제로 쓰이는 아연계 화합물이나 유기물, 또는 미생물 방지를 위한 살균제등이다. 공장지역으로부터의 유독성 가스가 물에 흡수되거나 열교환기내에서의 누설에 의한 오염등을 다루는 문제는 별도의 토의를 요한다.

(5) Oil 에 의한 오염은 폐수를 방출하기 전에 표면에 뜬 것을 걷어 내는 식으로 처리하는데 유류공해는 주요문제의 하나이므로 법적 규제한도가 설정되어 있는 것이 보통이다.

(6) 浮遊物(suspended solid)도 공해를 일으키는데 대기중에서 들어온 먼지, 부식반응 생성물, 죽은 미생물 등등이 냉각수 속에 모인다. Polyacrylate 나 polyacrylamide 등의 수용성 polymer 들을 anti-foulant 로첨가하는 경우에는 약품 농도에 따라 이들 부유물을 응집시키기도 하고 확산시키기도 한다. 냉각탑 웅덩이가 깊으면 침전지 역할을 할 수 있으므로 응집되어 갈아 앉은 부유물들을 바닥으로부터 주기적으로 끌어 낼 수 있다. 웅덩이가 얇은 경우에는 anti-foulant 사용농도를 높여 부유물이 갈아 앉지 못하게 확산시켜 blowdown 으로 나가게 하는 방법이 있다. 이 경우에는 공해문제가 되므로 폐수처리장으로 보내야 하는 수가 많고 자연수로 방류시킬 때에는 濁度(turbidity)의 법정한도가 문제된다.

8. 冷却塔의 操業과 整備

準備節次

대청소를 실시하여 더운물 웅덩이에 모인 먼지와 쓰레기를 치우고 찬물 웅덩이, 흡동, 그물등에 앉은 더께를 제거한다. 구멍막힌 노즐이 없는가 확인하고 호스 물로 웅덩이들을 부셔낸다.

물을 열어 냉각탑위로 순환시키는데 이는 설비의 가동이전 수일간 계속되어야 한다.

검사의 중요성은 거듭 강조되는데 모든 설비가 이의 대상이 되며 아래의 품목별 유의사항을 참고로 하는 것이 좋겠다.

(1) 전기모터, 구동장치, 감속기어등의 軸정렬 점검. 필요시는 재정렬.

(2) 송풍설비를 냉각탑에 부착시키는 볼트, 송풍실린더의 고정볼트, tie rod 등이 조여져 있나 점검. 목재부로 왓사가 박히게 말것.

(3) 냉각탑 기둥과 받침대, 조임쇠등을 연결하는 볼트가 헐거운 것을 찾아 조일 것.

(4) 송풍설비의 fan hub 조임쇠볼트와 뚜껑의 볼트, 감속기어와 전동모터의 고정볼트, 구동축 coupling 과 guard 볼트등이 꼭 조여 있는지 확인.

(5) 감속기어 윤활유를 샘플해서 물이나 찌꺼기가 들어 있지 않은가 점검후 주입구나 유티력을 통해 부족량을 확인, 보충. 윤활 지침에 명기되어 있는 종류의 기어유를 사용할 것.

(6) 송풍날개를 손으로 돌려 보아 걸리는 곳이 없는지 뚜껑과의 간격이 충분한지 확인.

(7) 전기모터의 절연상태를 "Megger"로 확인.

(8) 모터의 윤활은 제작자의 지침을 따를 것.

(9) 송풍기를 차례로 잠깐씩 시동해 보아 지나친 진동이나 이상한 소리가 나지 않나 확인. 날개가 제 방향으로 도는지도 점검.

(10) 냉각수 보충공급 설비의 기능 점검.

(11) Blow-down 또는 bleed-off 설비가 설계된 양의 물을 뽑아 내는지 확인.

始動節次

물을 채우는 단계에서는 우선 찬물 웅덩이와 순환계통을 기준 수위까지 채우고 나서 더운물 조절밸브를 모두 열고 순환펌프를 시동한다. 더운물 밸브들을 조절하여 냉각탑 부위에 따르는 유량의 차가 없도록 해준다. 시동후 한두 주간은 찬물 쪽에 설치된 그물을 자주 소제해 주어야 한다.

송풍 개시 이전에 날개의 작도를 확인할 필요가 있다. 시동후 한 시간쯤 지나 감속기어유가 더워진 후에 모터로의 전압과 전류를 정밀측정하여 제작자의 기준치와 비교해 본다. 냉각탑의 수량과 처리 열량이 과량이 아닌데도 모터로의 전류가 기준치를 5-10% 이상 초과하는 경우에는 냉각탑 설계제작자와 연락을 취해 구체적 지시를 받는다.

操業

냉각탑 성능을 최대로 발휘시키려면 탑을 깨끗하게, 그리고 물의 분포를 균일하게 유지해 주어야 한다. 과도한 더께나 물이끼등을 예방하고 노즐 구멍이 막히지 않도록 유의하여야만 물의 분포와 냉각이 골고루 이루어질 수 있는 것이다. 물을 특정 온도까지 떨어뜨리는 냉각탑의 냉각용량은 습구(wet-bulb) 온도와 처리 열량에 의해 결정된다. 습구온도가 낮을 수록 냉각용량은 커진다. 냉각탑의 처리열량은 밖으로부터 주어지게 되는데 재순환되는 유량에 따라 냉각범위(더운물과 식은 물간의 온도차)가 좌우된다.

찬물 웅덩이가 나무로 된 경우의 정상 수심은 5-8인

치고 콘크리트의 경우에는 가장자리로부터 9-15인치 밑에 수면이 있는 것이 보통이다. 보충공급되는 수량을 조절하여 표준 수위를 유지하는데 수면이 너무 낮은 경우에는 물 위에 바를을 설치하여 바람이 그냥 지나가지 못하게 할 필요가 생긴다. Cavitation 효과를 방지하려면 물의 깊이가 충분해야만 한다.

송풍기 모터가 이단식으로 되어 있는 경우, 고속모터를 멈추고 저속모터를 시동하는 사이에 최소 20초의 여유를 주지 않으면 날개의 회전관성으로 인해 기계에 부리가 간다. 날개의 회전방향을 역전하는 경우에는 최소 2분의 간격을 두고 스위치를 넣어야 한다.

겨울에는 냉각탑의 아가미(louvers)와 외곽부 등에 물

이 얼어 붙는 발생이 생기는데 특정 냉각탑의 결빙형태는 풍속, 풍향, 순환율, 처리열량등에 다르므로 다음과 같은 절차를 밟아 바람과 물의 흐름을 조절하여 극복할 수 있다.

(1) 송풍정지. 물의 냉각속도가 최소로 되므로 아가미(louvers)로 더운 물이 흐르게 됨. 혹한이 아닌 이상이 조치로 충분함. 자동식으로 하려면 timer와 연결하여 매시간마다 몇 분간씩 송풍기가 서도록 하면 됨.

(2) 송풍기 모터가 이단식인 경우에는 저속운전으로 결빙방지 가능.

(3) 혹한시에는 역송풍으로 더운 바람이 아가미를 지나게 함으로서 어음을 녹일 수도 있음. 모터를 역전시

Table 5 Inspection and Maintenance Schedule

General Recommendations (More frequent inspection and maintenance may be desirable)	Fan	Motor	Drive Shaft	Gear Reducer	Eliminator	Wood Filling	Cold Water Basin	Hot Water Basin	Control Valves	Structural Members	Casing	Float Valve	Suction Screen	Fan Cylinder
	1. Inspect for clogging								W					
2. Check for unusual noise or vibration	D	D	D	D						Y				
3. Inspect keys and keyways		S	S	S										
4. Make sure vents are open				S										
5. Lubricate (grease)		Q							S					
6. Check oil seals				S										
7. Check oil level				W										
8. Check oil for water and sludge				M										
9. Change oil, at least				S										
10. Check fan blade tip clearance	S													
11. Check water level							D	D						
12. Check for leakage				W				S					S	
13. Inspect general condition	S		S	S	Y	S	Y			S	Y	Y		
14. Tighten loose bolts and fan cylinder tie rods	S	S	S	S						Y	R			S
15. Clean	R	W	R	R	R	R	S	M	R			R	W	
16. Repaint	R	R	R	R							R			
17. Rebalance	R		R											
18. Completely open and close									S					

D—daily; W—weekly; M—monthly; Q—quarterly; S—semiannually; Y—yearly; R—as required.

킬 때에는 가끔적이면 고속으로 하여 최단시간(15~20 분 미만)내에 끝내야 함. 역송풍법은 어름의 제거를 위한 것이지 방지목적으로 쓰일 수는 없다. 장시간 역송풍시에는 fan cylinder 의 날개끝에 어름이 붙어 파손을 가져올뿐더러 아가미를 통해 나가는 습기로 인해 지면이나 바깥 지붕에 어름이 쌓이게 된다.

整 備

생산설비의 효과적 정비는 최선의 작업결과와 최소의 유지경비를 가능케 해준다. 냉각탑의 효율적 작업을 기하려면 Table 5 에 보인 것과 같은 절차의 정기점검을 실시해야 한다. 냉각탑별로 운환 및 정비기록을 유지하는 것도 중요하다.

더운물 웅덩이 바닥의 유량조절 orifice 는 작업중에도 소제해줄 수 있는데 먼지, 이끼, 낙엽등을 제거하고 제위치에 고정시켜주어야 물이 골고루 분배된다. 반년에 한번씩은 유량조절 밸브를 활짝 열었다가 닫아 밸브나사의 scale 을 벗기고 stainless 재료의 밸브축에 그리스 칠을 해 준다. 밸브의 원간 주유에는 리튬계동 NLGI # 2 점도의 그리스를 사용한다.

찬물 웅덩이에 새는 곳이 없나 종종 검사하고 필요하면 보수해준다. 송판등으로 된 웅덩이를 처음 채울 때에 물이 쭈 새는 경우가 있으나 나무가 물을 먹게 되면 괜찮아진다. 찬물 배출구를 청결하게 유지하여 자물로 막히지 않게 해주고 냉각수 보충과 재순환등 조절설비의 작동이 자유로와야 수량의 적정유지가 가능하다.

냉각탑 구조물에 사용된 볼트들은 항상 조여져 있어야 하는데 특히 기계장치들을 고정시켜 주는 볼트에 유의해야 한다.

송풍기 구동축(drive shaft)의 정렬과 coupling 들의 상태를 만년마다 점검한다.

전기모터는 제작자의 지침에 따라 운환, 정비해 준다. 수리를 요하는 때에는 모터 제작자의 대리점중 가까운 곳에 연락한다.

송풍날개의 표면상태를 만년마다 점검한다.

감속기어의 윤활유량을 매주 및 매월점검하고 계절에 따르는 유류교환시에 내부 부속을 검사한다. 상세한 정비사항은 지침서를 따를 것이다.

페인트칠을 주기적으로 실시하여 금속표면의 부식을 막는다.

냉각탑 목재부는 특별히 처리된 것이 아닌 이상 한 두해만 사용하면 언젠고 망가질 수 있다. 목재의 부패가 조기에 발견되어 조치를 취할수 있으면 심한 파손

에까지는 이르지 않으므로 늘 점검하는 일이 필요하다. 목재부패는 표면침식(soft rot)과 내부침식(pocket rot)의 두 가지 형태로 구분되는데 § 5에서 곰팡이에 의한 피해를 논할 때에 설명했듯이 표면침식은 쉽게 눈에 띄므로 목재의 약화가 심하면 쉽게 교체할 수 있으나 내부침식은 찾아 내기도 어렵고 육중한 구조목 내부에서 약화된 pocket 로 발생하므로 파괴효과가 더 크다. 내부침식을 발견하려면 당치로 목재부를 가볍게 때려 소리를 들어 보는 방법이 가장 효과적이다. 이 때에 소리가 울리지 않고 둔탁한 곳이 있으면 송곳이나 나사돌리개등으로 파보아 내부침식을 확인할 수 있는 경우가 드물지 않다.

季節的 運休指針

웅덩이와 구조물에 대한 조치는 다음과 같다. 냉각탑의 웅덩이들과 노출된 배관속의 물을 모두 뿜고 마감들을 연채로 둔다. 기온이 빙점까지 내려 가지 않는 지역에서는 목재로 된 찬물 웅덩이에 물을 채워 두어도 괜찮다. 운휴기간중에 냉각탑의 대청소와 수리작업을 실시한다. 금속부에 페인트칠을 새로 해주되 특히 기계장치들의 받침대와 구동축 및 구동축 토시 등에 유의한다. 목재부의 훼손을 육안검사하고 송곳등을 사용하여 약화된 목재부를 찾아낸다. 냉각탑 목재부에 불이 나지 않게 주의하되 방화목적으로 탑에 물을 뿌리는 경우에는 계속적으로 전체를 적셔 주어 건조의 반복에 의한 목재부 파손을피해야 한다.

기계장치류에 대한 조치는 다음과 같다. 유량조절 밸브의 나사부에 리튬계 NLGI #2 점도의 방청 그리스를 바른후 밸브를 열어 둔다. 감속기어를 돌려서 기어유가 더워지게 한 후 뿜아 내고 새 기름으로 채워 놓는다.

後 記

All figures and tables in the text come from the reference. It was originally intended to rewrite the NACE Manual for easier local applications. However, the last three sections have turned out to be a translation rather than a different version. The author wishes to thank the NACE Technical Unit Committee T-7A for the original materials.

參 考 文 獻

"Cooling Water Treatment Manual," TBC Publication No. 1 (National Association of Corrosion Engineers, Houston, 1971).