냉각탑 운전과 유지보수 관리

Cooling tower operations & maintenances

소 헌 영
H. Y. So
㈜경 인 기 계

• 1956년생
• 냉각탑 제조업체에 근무해 왔으며 냉각탑의 개발, 열해석, 환경오염, 컴퓨터이용에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

모든 공조용기기는 설계된 성능과 최장운전 수명을 유지하기 위하여 원활한 운전과 정기점검 및 정비가 필요하다. 특히, 냉각탑은 관리 상태가 나쁠태 성능저하가 매우 심하고 냉동기 등 관련기기에 영향을 주어 시스템 효율을 급격히 떨어뜨린다. 그러나 적합한 운전과 예방정비 활동에 의해 고장을 예방하고 진단하기가 비교적 수월하다.

따라서, 현장운전 경험을 토대로 한 다음 사항을 살펴봄으로서 냉각탑 관리 실무에 도움이 되도록 제안하고자 한다.

2. 냉각탑의 운전

2.1 운전전의 검사

(1) 청 소

① 하부수조(cold water tank)의 배수구(drain)를 열고 수조내에 끼어있는 먼지나 이물질을 제거한다.

② 스트레이너(strainer)와 기타 부분의 먼지나 이물질을 깨끗이 제거한다.

(2) 급 수

순환펌프(circulation pump)를 단속운전 시켜 배관내에 공기를 빼내고 물을 채운다. 이때 하부수조의 수위가 낮아져 순환수 출구(cold water outlet)로 공기가 흡입되지 않도록 주의한다.

(3) 점 검

① 팬(fan)의 운전전, 냉각수 입구(riser pipe) 측 밸브의 개폐를 확인, 밸브를 열어 노즐(nozzle), 분사(spray)상태를 확인한다.

② 루버(louver), 비산방지판(eliminator) 등 기타 부분에 이물질이나 먼지 혹은 스케일(scale)이 끼어 있지 않나 점검한다.

③ 모든 부분의 볼트와 낫트의 조임상태를 점검한다.

④ 도장(painting) 부분과 도금 부분이 벗겨지거나 부식하지 않았나를 점검한다.

⑤ v-벨트감속기(belt reducer)의 조절상태 및 구리스(grease)충만 상태를 점검한다.

⑥ 팬보스(fan boss) 조임 낫트의 조임상태 및 팬날개(fan blade) 조립상태를 점검하고 팬은 손으로 돌려보아 원활히 회전되는지 확인하며 팬의 끝과 실린더(cylinder)와의 간격 상태를 점검한다.

⑦ 팬의 회전방향이 공기출구 측에서 보았을

때 시계 방향인가 확인한다.

⑧ 위 사항이 이상이 없을때 운전을 시작하며 운전개시후 전류을 측정하고 전동기 명판에 표기된 정격 전류치의 범위내에서 운전되고 있는지 확인한다.

2.2 냉각탑의 가동

(1) 펌프 구동

① 통수 계통의 전역에 물이 충분히 순환하는지 순환 펌프를 조금씩 회전시키며 배관내의 공기를 뽑아내어 맥동 현상을 미연에 방지시킨다.

② 순환 펌프를 가동시켜, 상부산수조(distribution panel)의 물분배 상태를 점검하고, 전체 수량은 펌프 출구의 전 수량 조절 밸브로 조정한다.

③ 정상 운전에 들어가기전, 하부수조(cold water tank)에 물이 소정 수위까지 있는지 확인하고 펌프를 가동한다.

④ 운전 개시 후, 조정밸브를 서서히 열고 냉각탑의 명판에 표시된 수량에 맞도록 가동한다.

(2) 팬구동

① 탑체 주변 또는 흡입구 및 토출구 부근에 이상이 있는지 확인 후, 팬을 구동한다.

② 팬을 단속운전시켜 회전방향, 이상소음과 진동은 이상이 없는지 확인한다.

③ 정상 운전에 들어가기 전에 전류를 측정하고 전동기 명판에 표기된 정격 전류치의 범위내에서 운전되는지 확인한다.

(3) 운전중의 주의사항

1) 성 능

냉각탑의 성능은 순환 수량의 증감에 영향이 있으므로, 항상 규정 수량을 유지토록 주의하고 탑내는 항상 청결하게 하여 이끼나 스케일이 발생하지 않도록 주의한다.

2) 수 위

Cold water Tank에 있는 물 수위가 낮아질 경우, 공기가 유입될 우려가 있으므로 운전 수위에 항상 주의해서 바른 수위까지 급수를 해야 한다.

3) V-belt reducer

① 운전 개시전, 벨트가 늘어나 있는 경우가 있으므로 운전 개시 초기에 벨트를 한번 점검하고 필요시에 조정하여야 하며, 그후에는 정기적인 기간(1~2주)을 정해서 정기 점검 조정을 한다.

② Fan belt가 늘어날것에 대비해 과도하게 당기게 되면 bearing과 shaft가 손상되니 주의한다.

4) Fan

Fan은 2~3시간 운전하면서 진동 또는 이상음이 있는지 확인하고 이상이 있을때는 즉시 대책을 강구한다.

5) 기 능

① 운전중 진동음향, 냉각수온 또는 전류 등에 주의하고 수시로 이상이 있는지 확인한다.

② 진동음향의 발생원인은 주로 reducer, motor 또는 구동부에 있으니 수시로 확인한다.

③ 적절한 blow down으로 순환수의 수질관리를 충분히 한다. 그렇지 않으면 냉각탑, 냉동기 등 대상기기와 배관 등에 슬러지가 생기게 된다.

④ 조그만 이상도 소홀히 하지말고 그 원인을 규명하여 시정한다.

2.3 정지시 점검 사항

다음의 사항은 정지 시간 동안 검사가 수행되어야 한다.

(1) 1주일 이상 정지 시킬 경우 베어링의 부식 방지를 위해 적어도 1주일에 한번씩 10분간 기계부분을 운전시켜야 한다.

(2) 산수 노즐(spray nozzle)은 1주일에 한번씩 이물질이 끼지 않았나 확인하고, 이물질이 끼어 있으면 제거한다.

(3) 모든 볼트와 넛트의 조임상태를 확인하고 풀려진 것이 있다면 즉시 조인다.

(4) 순환펌프(circulation pump)를 단속운전시켜 배관내의 공기를 빼고 물을 채운다. 이때 하부수조의 수위가 낮아져 순환수 출구관(cold water outlet)으로 공기가 흡입되지 않도록 주의 한다.

(5) 전 동 기

① 전동기의 고정볼트 조임 상태는 주기적으로 점검 되어야 한다.

② 베어링에는 항상 깨끗한 구리스로 채워져 있어야 한다.

③ 일년에 한번씩 베어링을 분해해서 내부를 깨끗이 하고, 필요하면 베어링을 교체한다.

④ 베어링을 소제할 때는 히로셀 개솔린 혹은 사염화 탄소를 사용한다.

2.4 동절기 운전

동절기에는 대기 온도와 습구 온도가 설계치보다 훨씬 낮아지므로 냉각 효과가 크게 상승한다. 따라서 적당한 냉각온도를 유지하기 위해서 다음 사항을 행할수 있다.

① 간헐적으로 운전한다.

② 한 셀을 정지 시키든지 심한 경우는 전부 정지시켜 자연 냉각되도록 한다. 동절기에는 팬날개가 가장 쉽게 동결되는 것을 염두에 두어 팬을 운전하기 전에 스팀이나 더운물로서 결빙을 제거해야 한다. 만약 이 과정이 소홀히 취급될 경우 날개의 불균형이 생겨 큰 문제점이 발생하게 된다. 동절기에 냉각탑을 정지 시켰을 경우 파이프나 냉각수로의 물은 동파 방지를 위해서 전부 배수되어야 한다.

2.5 냉각수 처리

(1) 배수의 실시

설정한 수질과 농축배수에 맞추어 연속적인 배수(blowdown)를 실시한다.

(2) 약품 처리

스케일, 부식, 미생물 방지를 위하여 약품처리를 추천하며, 냉각수 수질을 제한하기 위한 배수, 여과, 청소를 실시한다.

(3) 거 품

주로 물에 용해된 물질의 농축이나 거품을 일으키는 요소물에 의해 일어나며 배수를 통해 줄일 수 있고 거품을 없애는 약품을 투약할 수 있다.

**** 냉각수 수질제한 조건 ****

○ PH	6.5~9.0
○ 냉각수온	49℃
○ Silica	150ppm as SiO_2
○ Iron	3ppm
○ Sulfides	1ppm
○ Chlorine	잔류염소 1ppm, 연속투입시 0.4ppm
○ Chlorides	75ppm as NaCl
○ Sulfates	1,200ppm
○ TDS	5,000ppm
○ TSS	25ppm
○ Calcium	800ppm as $CaCO_3$
○ Biological/Bacteria	10,000CFU/mL

3. 냉각탑의 고장진단과 대책

3.1 냉각탑의 고장형태

냉각탑에서 트러블은 다음과 같이 복합적으로 일어날 수 있다.

(1) 냉각탑 기기 자체의 운전중 고장

(2) 시스템 설계상의 문제로 인한 고장

(3) 냉각수 수질관리 소홀로 인한 문제

(4) 냉각탑 설계제조의 잘못으로 인한 문제

엄밀한 의미에서 (2)와 (4)로 인한 트러블은 고장이라고 보기 어려우며 운전관리 요원에 의해 진단과 예방대책을 강구하기 어려운 부분이다. 또한, 냉각탑 제조자가 제공한 점검 매뉴얼에 대책수단이 기재되어 있지 않는것이 일반적이다. 이러한 형태로서 빈번하게 일어나는 문제는 다음과 같으며 냉각탑 설치 초기부터 또는 최초 가동후 얼마지나지 않아 나타나게 된다.

① 설치시부터 냉각수의 온도가 높다.

② 냉각수조에서 수위가 맞지않아 공기가 흡입되거나 정지시 물이 넘친다.

③ 물의 비산량이 많아 주변이 항상 물에 젖어 있다.

④ 설치시부터 소음과 진동으로 인한 내외부 민원이 발생한다.

이에 대한 예방대책은 충분한 사전 설계와 협의를 통하여 올바른 냉각탑의 선정 및 배치를 하는 것이다.

(1)과 (3)에 의한 고장형태는 관리 매뉴얼에 충실함으로서 예방할 수 있고 정기적인 점검과 측정기록으로서 충분히 사전에 진단될 수 있다.

(3)의 수질관리 소홀로 인한 문제는 운전비의 절감차원에 방치되는 경우가 대부분이며 배수량을 줄이거나 수처리를 하지 않아 충진재와 노즐에 슬러지와 미생물류가 유로를 막음으로서 성능저하를 일으키게 되는 경우가 빈번하다. 수처리를 하는 경우에도 수질과 냉각탑의 성능을 측정 및 기록유지를 하여 성능변화를 추적하므로서 문제 대책 및 조치 계획을 세울 수 있는 진단이 가능하다.

(1)의 냉각탑 기기 자체의 문제는 구동부의 기계적 고장과 열교환부 문제로 인한 성능저하의 두가지로 대별된다. 구동부의 기계적 고장은 진동과 소음으로 미리 진단할 수 있으며 열교환부의 트러블은 성능변화를 추적하므로서 진단할 수 있다.

3.2 예방정비 및 진단방법

사전에 고장을 예방하는 것이 최선의 방법이며 운전해야 하는 기간중에 보수를 위해 부득이 기계를 정지시키는 부담을 덜 수 있다. 이를 위해서는 정기점검뿐만 아니라 예방정비(부품별로 정비 및 교체일정을 부여하고 실시함)의 실시가 필요하나 짧은 주기로 고장전에 교체하는 것에 대하여 경제성 시비가 일어날 수 있다. 차선의 방법은 고장을 미리 진단하고 보수기간을 계획 할 수 있도록 하여 불의의 운전 중단 사태를 예방하는 것이다. 진단과 계획 보수를 위해 다음과 같은 수단을 갖도록 추천한다.

(1) 정기적인 점검 및 정비

① 점검 및 정비 일정은 표 1을 참조한다.

② 정기 점검의 핵심은 비정상적인 소음과 진동이 있는지를 매일 점검하는 것이다.

(2) 점검 및 측정기록의 유지와 분석

① 점검항목 및 기록표는 표 2.1과 표 2.2를 참조한다.

(3) 냉각탑 성능의 정기적인 측정 및 분석

① 냉각탑 성능의 변화추이를 진단하므로서 고장 여부와 보수시기를 결정할 수 있다.

② 측정 항목은 순환수량, 입구수온, 출구수온, 입구공기습구온도, 팬전동기 출력이며 성능평가는 제조자가 제공하는 S/W를 이용하거나 냉각탑 선정자료를 이용할 수 있다.

(4) 적절한 장비의 보유와 활용

① 진동과 소음의 측정 및 분석을 위하여 CPU가 내장된 ANALYZER를 추천한다.

② CCTV 모니터링 시스템을 갖추어 제어실에서 감시기능을 갖는다.

③ DCS운영시 진동치에 대한 연속 모니터링 및 알람설정을 한다.

(5) 고장조치 대비사항의 숙지

① 교육실시, 고장조치사항은 표 3을 참조한다.

② 적절한 예비품의 확보 및 연락처 구비

③ 보수시 화재예방 및 안전확보 조치

5. 맺음말

냉각탑은 하루에 한번 이상소음 및 이상진동 여부를 확인하고, 매주 한번 팬을 정지 후 벨트와 팬의 상태점검만으로 불의의 가동정지를 상당히 예방할 수 있다. 동시에 CCTV와 DCS 모니터링으로 관리 생산성을 높이고 성능을 주기적으로 기록 관리하여 내부상태의 문제점을 추적하는 수단을 갖도록 한다. 재삼 강조해도 지나치지 않는것은 냉각탑 점검 및 보수시 화재, 레지오넬라, 추락 등에 대한 안전 조치와 관리자의 상주 감독을 실시하는 것이다.

표 1 냉각탑 점검 및 정비일정(inspection & maintenance schedule)

* 본 일정표는 일반적인 추천사항으로 더 잦은 주기의 점검 및 정비가 바람직함.	휀	전동기	V-벨트 감속기	엘리미네이터	충진재	하부냉각수조	수분배시스템·노즐	자동보급수밸브	냉각수출구 스트레이너	냉각탑 골조	케이싱·루바	휀 실린더	계단·사다리·점검문·난간	휀 가드·구동부 지지대
1. 막힘 여부 점검				M	M		W		W					
2. 이상소음 및 이상진동 점검	D	D	D											
3. 키이, 키이홈, 고정나사의 검사	S	S	S											
4. 구리스 주유 및 점검		R	R											
5. 수질 분석						W								
6. 휀 날개 간극 점검	Q													
7. 수위 점검						D								
8. 누수 점검						Q	Q	Q						
9. 일반상태 점검	Q	Q	Q	Q	Q	S	Q	S	Q	Q	Q	Q	Q	Q
10. 볼트풀림 점검 및 조임	Q	Q	Q							Y	R	Q		Q
11. 청소, 소제	R	R	R	R	R	Q	R	R	R					
12. 도 장	R	R	R											
13. 재 바란싱	R													
14. 벨트 장력 및 상태 점검			W											
15. 안전점검 및 보수	W		W										R	Q

D-매일; W-매주; M-매월; Q-매3개월; S-매6개월; Y-매년; R-필요시

표 2.1 냉각탑 검사 점검표

회 사 명 _____ 검 사 일 _____

냉각탑 구분 표시 _____ 검 사 자 _____

설치위치 _____ 제조업체 _____

사용용도 _____ 설 치 일 _____

셀 수 _____ 모델번호 _____

설계조건 순환수량 _____ m^3/h HW _____ ℃ CW _____ ℃ WB _____ ℃

검사상태 : 1-양호 2-감시필요 3-즉각조치필요

	1	2	3	상태설명
구조재				
케이싱 _____				
골 조 _____				
탑상면 _____				
계단 : _____ 재질 : _____				
사다리 : _____ 재질 : _____				
난 간 : _____ 재질 : _____				
내부발판 : _____ 재질 : _____				
하부수조 : _____				
수분배 시스템				
형 식 _____				
상부수조 _____				
수분배 배관 _____				
노 즐 _____				
수분배 상태 _____				
열교환부				
충진재 _____				
충진재 지지대 _____				
엘리미네이터 _____				
엘리미네이터 지지대 _____				

표 2.2 냉각탑 검사 점검표

검사상태 : 1-양호 2-감시필요 3-즉각조치필요

	1	2	3	

구동부

V-벨트 감속기

감속단수 _____ 감속비 _____ 벨트형식, 길이, 수량 _____

베어링 형식, 번호, 수량 _____

주유 구리스 _____ 구리스 상품명 _____ 이전주유일 _____

V-벨트 마모상태				
V-벨트 정렬상태				
V-벨트 장력상태				
베어링 상태(소음, 온도)				
이상 소음 및 진동				

휀

제조자 _____ 형식 _____ 직경 _____ 날개수 _____

날 개				
허 브				
허브카바				
날개고정볼트				
간 극 mm				
진 동 치				

휀실린더				
구동부 지지대				
자동보급수 밸브				
기타 부품				

전동기

제조자 _____ 명판마력 _____ HP 회전속도 _____ RPM

상수 _____ 전압 _____ V F.L 전류 _____ A S.F _____

주유필요? _____ 주유구리스/상품명/이전주유일 _____

이상소음				
이상진동				
이상과열				

표 3 고장조치(troubleshooting)

고 장	원 인	조 치
전동기가 기동하지 않음	전원이 전동기까지 오지 않음	● 기동판넬 점검, 전동기와 판넬사이의 결선 점검 ● 기동 스위치 점검 및 콘트롤 시스템 점검, 과전류 스위치 및 비상스위치 상태점검
	잘못된 결선	● 결선도에 의한 전동기 및 콘트롤 결선 점검
	낮은 전압	● 전동기 정격정압 점검, 전동기 터미널에서 전압 측정
	전동기 내부 단선	● 단선 여부 점검
	전동기 또는 감속기의 고착	● 점검 및 고착원인 제거
	전동기 로터의 결합	● 손상여부 점검
전동기의 이상소음	전동기가 단상으로 운전됨	● 전동기 정지 후 재기동kg단상만 연결시 재기동 불가, 결선점검
	전동기 결선방법의 잘못	● 전동기 결선도에 의한 연결상태 점검
	베어링의 문제	● 주유 점검, 베어링 교체
	전기적 바란스 문제	● 삼상에 대하여 전압과 전류를 각각 측정 필요시 시정조치
	불균일한 공극(air gap)	● 점검 및 조정(베어링등)
	전동기 냉각휀의 부딪힘	● 재 조립 또는 휀 교체
전동기 과열	이상전압 또는 불균형 전압	● 삼상에 대하여 전압과 전류를 각각 측정
	과부하	● 휀날개 각도 점검, 베어링 파손 등 무리한 부하 요인대책
	전동기의 이상 회전속도	● 전원점검, 회전속도 점검
	베어링 주유 이상	● 이물질 유입 및 종류 점검 또는 교체, 과충진 또는 부족 점검 및 조치
	단상운전	● 정지후 재기동-단상만 연결시 재기동 불가, 결선 점검
	냉각환기 불량	● 전동기 소제, 공기순환 점검, 전동기 주변점검
	전동기 내부(winding)문제	● 저항측정으로 점검
	전동기 축의 휨	● 조정 또는 축교체
	베어링 파손	● 베어링 교체
전동기 정상속도 미달	휀날개 각도의 이상	● 점검 및 조정
	전동기에서 낮은 전압	● 변압기 점검 및 조치 부하 감소조치, 전선 교체
	로터의 손상	● 링 크랙점검, 로터 교체
전동기 회전방향 반대	잘못된 상 결선	● 전동기 리드선 3개중 2선을 서로 바꿈
V-벨트 감속기 이상소음	베어링의 문제	● 주유점검, 베어링 마모/소손 점검 및 교체, 고정볼트 이완점거 및 조임.
	V-벨트의 문제	● 과도마모, 장력점검 및 조정, 휀가드와 접촉 여부 점검

고 장	원 인	조 치
휀의 이상소음	날개가 실린더 내면과 접촉됨	● 간극조정(실린더)
	날개 고정볼트의 이완	● 점검 및 조임
휀 구동부 이상 진동	고정볼트의 이완	● 전동기/감속기베어링/휀날개의 고정볼트의 점검 및 조임
	휀	● 날개의 동일 각도/동일 반경 점검 ● 날개의 부착 이물질 제거 ● 날개 내부 배수 상태 점검
	베어링의 문제	● 주유 점검, 마모/소손 점검 및 조치
	전동기 불균형 바란스	● 벨트 제거 및 전동기 단독 운전 후 조치
V-벨트의 빈번한 과마모	V-벨트의 장력 문제	● 장력 점검 및 조정
	풀리의 정렬이 틀림	● 정렬 점검 및 조정
	잦은 기동 및 정지	● 기동방법수정(Y-△, 전자식), 자동운전 시간 지연 조정
비산량의 증가	엘리미네이터 문제	● 파손/간격이상/막힘의 점검 및 조치
	충진재의 문제	● 막힘/휨/파손의 점검 및 조치
	루바 및 바람막이의 문제	● 파손 및 변형의 점검 및 조치
냉각수온의 상승	냉각탑 토출공기의 재순환	● 통풍 장애물의 개선 및 제거
	충진재 파손 및 변형	● 충진재 교체
	충진재의 스케일 또는 막힘	● 충진재의 소제 또는 교체, 수질 관리 점검
	엘리미네이터의 막힘	● 소제 또는 교체
	물분배 시스템의 부적합	● 노즐의 파손 및 막힘 점검 및 조치 물 분배의 재 조정
	송풍량의 부족	● 휀의 점검 및 조치(날개 각도 및 소요전력 측정)