



냉각탑 사고사례 및 안전관리 방안

냉각탑을 운영하면서 발생할 수 있는 사고 사례를 살펴보고, 이에 대한 대책을 강구하여 냉각탑의 효율적이고 안정적인 운전을 도모할 수 있는 냉각탑 안전관리 방안에 대하여 소개하고자 한다.

박만홍

한전기술(주) 연구소(pmh@kopec.co.kr)

오늘날 냉각탑 산업계는 환경적 제약, 수자원의 보존, 에너지 관리의 강화 및 안전에 수반되는 기술개발과 품질 향상이란 시대적 요구에 직면해 있다. 냉동·공조 산업계에 있어 냉각탑은 개발 가능성성이 높은 마지막 보고라고 말할 수 있고, 가장 저렴한 운전에너지 비용으로 폐열을 효율적으로 제거할 수 있음은 물론 대기오염방지 기능과 용수의 재사용에 따른 수자원 보존에도 일익을 담당하는 산업에 있어 없어서는 안 될 중요한 기계임이 틀림없다. 그러나 냉각탑은 많은 유익함을 주는 반면에 적지 않은 역효과와 부작용이 따를 수 있다. 예를 들어, 시각적 공해인 백연과 기계적인 외장의 혐오감, 진동과 소음, 미생물과 세균의 서식지 제공, 세균을 전파시키고 주변시설에 습기의 역효과를 주는 비산, 오염된 용수 방출에 따른 수질 오염, 외부에 노출되고 건물의 최상부에 설치되는 특징에 따른 재해 사고를 지적할 수 있다.

냉각탑은 인간생활과 산업 활동에 유익한 관계로 조화되어야 하며, 수명기간 동안에 경제성, 품질 및 안전의 신뢰성이 냉각탑 기술개발과 사용자의 구입 선택에 지표가 되어야 한다. 그러므로 냉각탑의 안전대책은 냉각탑의 설치 및 보수공사와 운전과정에만 국한되지 않으며, 내구성과 안정성이 고려된 설계, 유해요인 사전 제거, 조립 설치의 간편성, 부품수급의 신속성, 적절한 유지보수 대책 및 사용자의 철저한 안전관리 등 구매에서부터 폐기 처리에까지 전 과정에 안전대책이 적용되어야 된다. 냉각탑에 있어 적절한 안전관리와 유지보수 관리의 소홀함은 재해사고의 잠재

성을 유발시키어, 치명적인 인명사고와 막대한 재정적 손실을 제공하는 비효율적이고 배타적인 기계로 변모할 수 있으므로 이에 따른 세심한 주의가 뒤따라야 한다.

냉각탑의 재해사고 유형

냉각탑으로부터 발생되는 재해사고는 그림 1과 같이 여러 가지 요인에 의하여 발생할 수 있으며, 일반적으로 크게 3가지로 분류할 수 있다.

첫째 : 추락, 감전, 회전체의 타격, 빙결 재해, 익사 및 세균감염 사고에 의한 작업자의 인명사고

둘째 : 화재, 동파/빙결 소손, 태풍 등 타력에 의한 손상 및 붕괴사고 등의 냉각탑 자체의 손재사고

셋째 : 냉각탑의 갑작스런 가동정지 사고로 인한 생 산 장해 사고를 들 수 있다.

이러한 냉각탑의 재해사고는 인명피해와, 냉각탑의 정상운전 회복 시까지 냉각운전과 관련되는 냉방설비, 냉동 및 냉장설비, 기계 및 공정운전을 중단시키게 되므로 막대한 재정적 손실과 냉각수공급 장애에 따른 제품품질에 악영향을 줄 수 있다. 대개의 냉각탑의 재해사고는 냉각탑의 안전과 내구성에 대한 품질 결함, 사용자의 안전대책 무시 그리고 적절한 유지보수 관리가 이루어지지 않는 경우에 발생할 가능성이 높은 것이 사실이다. 여러 가지의 사고경로와 원인들로 하여금 냉각탑의 재해사고는 적지 않게 일어나고 있으나 사고 예방관리의 인식부족과 안전대책의 투자

결여로 사고 잠재성이 여러 방면에서 노출되어 있다고 볼 수 있다.

냉각탑의 인명 사고

냉각탑에 의한 인명사고는 대개 냉각탑의 설치공사와 운전과정에서 발생된다. 이에 대한 국내의 냉각탑 인명사고에 대한 사례별 관련 자료의 미비로 사고에 대한 통계는 거의 집계되어 있지 않은 상황이다. 냉각 탑에서 발생되는 인명사고의 이해를 좀더 돋기 위하여 미국의 직업안전보건국(Occupational Safety And Health Administration)에서 1984년부터 1994년까지 10여년 동안 통계한 표 1의 냉각탑을 통한 인명사고사례를 참고하면 다음과 같다. 대부분의 사고가 추락사고에 의한 사망이 가장 많았으며, 기타 회전체 타격 등에 의한 사고로 집계되었다.

추락 사고

냉각탑은 효율적인 대기 공기 이용과 장치의 특징상 건물의 최상부 옥상에 설치되는 것을 기본으로 한다. 따라서 냉각탑 설치 및 운전의 모든 과정이 추락이라는 잠재성에 노출되어 있다. 지상에 설치되는 중대형 냉각탑들의 경우, 냉각탑의 높이가 약 3m에서 25m의 다양한 범주에 있어 이러한 중대형 냉각탑들도 냉각탑 내부와 외부측면의 추락위험을 내재하고 있으며, 추락사고의 주요 원인은 다음과 같다.

- ① 작업 안전장구 미착용과 안전장치의 미비
- ② 옥상 및 냉각탑의 추락방지 보호시설 미비(펜스, 난간, 추락방지 scaffold 등)
- ③ 작업자의 안전의식 부족과 방심
- ④ 추락 여지의 주변 환경 (바닥에 고여 있는 물, 운전소음에 의한 정신집중 산만, 작업장소의 협소와 배관 등 기타 시설물 간섭)
- ⑤ 안전관리의 미흡

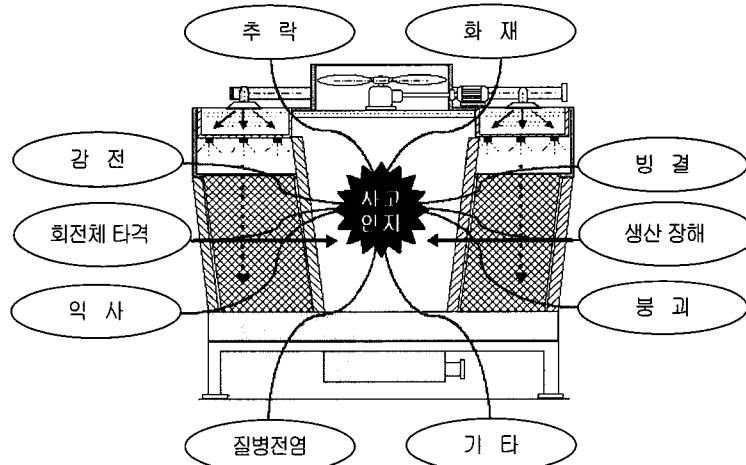
회전체 타격에 의한 사고

냉각탑의 회전체 타격사는 팬의 가동 중에 작업자가 접근하거나 팬의 전원차단상태에서 냉각탑 팬부의 점검보수 중 부주의로 팬이 갑자기 가동되어 회전되는 팬 날개가 작업자를 타격하고, 이어 냉각탑 내부로 추락하는 사고로 이어지므로 치명적인 인명사고를 초래할 수 있다. 특히 중대형 냉각팬(팬 직경이 2m ~ 10m)은 감속기와 구동축을 통하여 팬을 회전시키므로 작업자가 구동체에 의한 위험노출 범위가 크다. 회전체에 의한 안전사고는 구동되는 팬 또는 구동축에

<표 1> 미국 냉각탑 인명사고 사례*

사고 건수	사상	사고 원인	비고
19건 Cases	사망-15명 중상- 4명	추락 : 15건 타격외 : 4건	

* Analysis of Construction Fatalities—The OSHA Data Base 1984–1994



[그림 1] 냉각탑 사고 요인도



냉각탑 사고사례 및 안전관리 방안

작업자의 신체가 말려들어가는 것과 구동체에 의한 타격으로 인해 발생될 수 있다. 특히 중대형 냉각탑은 강력한 구동력을 갖고 있으므로 사고 시에 구동되는 회전체를 즉각 정지시키기가 어렵기 때문에 회전체에 의한 사고발생은 대단히 치명적이다.

태풍 등 타력에 의하여 부유물체가 냉각탑 팬으로 유입되어 운전되는 냉각탑 팬을 파손시킬 수가 있고, 제품하자 또는 조립결함으로 인해 운전 중에 팬 날개가 이완(또는 파손)되어 외부로 날아가 보행인이나 주변시설을 타격하는 사고도 발생된 바 있다.

냉각탑 회전체 사고의 주요 원인은 다음과 같다.

- ① 팬의 설계 및 품질 결함(내구성, 진동, 지지구조의 강도 등)
- ② 안전장치 미비(팬 배출구에 안전망, 구동축 안전 커버, 비상 정지장치 등)
- ③ 회전체에 대한 유기적인 점검과 유지보수 미흡(조립, 균열, 윤활유, 소음 및 진동 등)
- ④ 작업자의 안전의식 부족과 방심(작업 안전장구, 안전조치 등)
- ⑤ 냉각탑 운전 중 팬에 접근 및 위험영역 침범
- ⑥ 팬의 점검 및 보수시 전원차단과 타의 작동을 방지하는 조치 미흡
- ⑦ 안전관리의 미흡

감전 사고

냉각탑 설비를 운전하기 위한 팬 모터, 냉각수 펌프, 제어 장치, 조명장치 및 수처리 장치 등에는 전기가 필수적이며, 설치공사와 보수공사 시에도 전기용접기 등 공사장비에 전기를 사용할 수 있다. 냉각탑의 전기 동력은 일반적으로 220~3,300volts까지 사용되지만 대개 220~440volts를 사용하는 것이 지배적이다.

물과 수분을 항상 수반하고 있는 냉각탑과 빗물에 적셔진 옥상바닥 및 전장품들은 감전사고의 위험성을 내재하고 있다. 냉각탑에 사용되고 있는 중-고압의 전기 동력에 의한 감전은 치명적인 인사사고를 초래 할 수 있으며, 주요원인은 다음과 같다.

- ① 접지(earth) 미비 또는 불량
- ② 누전
- ③ 우천시 작업(용접 및 보수)
- ④ 배선 불량(결합 풀림, 피복 손상, 규격 미달 등)
- ⑤ 감전방지의 작업 안전장구와 보호조치 미비

의사 사고

냉각탑은 냉각수를 저장하는 집수조를 구성하고 있다. 통상의 공조용 냉각탑들은 펌프에 의한 냉각수 강제 순환에 지장(공기흡입 등)을 주지 않는 범위 내에서 최소한의 냉각수를 저장할 수 있는 낮은 높이의 집수조로 제작되므로 수심에 의한 안전사고는 발생되지 않는다. 반면에 발전소와 공장에서 사용되는 대용량의 산업용 냉각탑은 그 크기에 상응하는 냉각수 순환 대기와 안정 목적에 적정한 냉각수 저장이 요구되므로 냉각탑 저면에 설치되는 집수조는 지하 물탱크 규모와 같이 크게 제작이 된다. 대개 냉각탑의 대형 집수조는 지하에 콘크리트 구조물로 건설되며 규격에 따라 따르겠지만 대용량의 냉각탑 집수조의 깊이는 통상 2m ~ 5m의 범주 내에 있다.

집수조의 깊이가 증대되는 만큼 의사사고의 잠재성도 높아지며 냉각탑의 집수조 내부에는 냉각탑을 지지하는 구조물(기둥 및 보)이 설치되어 있고 온수성에 가까운 온도(30 ~ 40°C)의 냉각수에 내재하고 있는 부유물과 오염물질은 수조에 빠진 작업자에게 위험을 더욱 가중시키어 탈출을 저해할 수 있다.

의사사고의 주요 원인은 다음과 같다.

- ① 작업 안전장구 및 보호조치 미비
- ② 보수공사 시 집수조 내부에 냉각수 배수(안전 수위 내) 미 조치
- ③ 작업 영역에 의사 예방조치(안전망 등) 미비
- ④ 작업 동료 또는 감시자 없이 단독으로 냉각탑 내부에서 작업
- ⑤ 냉각탑 점검 및 보수를 위한 발판과 난간 시설의 부실
- ⑥ 수조에 빠진 사람이 수중에서 탈출을 도울 수 있는 사다리 등의 구명시설 미비

레지오넬라 질병(*legionnaires' disease*)

1976년 7월에 미국 필라델피아에서 열린 미재향군인회에 참석한 회원 중 221명이 괴질병에 감염되어 34명이 사망하는 사고가 발생하여 의문의 질병사태에 대해 관심이 모아지기 시작했다. 이후 1977년 7월 미국 조지아주의 아틀랜트시에 있는 미국의 질병관리센터(Center for Disease Control and Prevention)에서 원인균을 *Legionella Pneumophila*라고 명명하고 이균에 의하여 사고가 발생하였다고 보고하였다. 이

보고를 통하여 최초로 재향군인회병(Legionnaires' Disease)이 알려지게 되어 이 질병에 대한 감염체계와 예방 대책에 관심이 높아지게 되었다.

레지오넬라 질병은 세균에 오염된 물방울의 흡입으로 인해 감염된다는 것은 레지오넬라 질병이 물 분무나 비산이 발생하는 곳에서 더 잘 발생될 수 있다는 것을 뜻한다. 일반적으로 레지오넬라 병원균의 감염은 세균을 옮기는 비산과 같은 물방울을 호흡기를 통해 흡입함으로서 발생된다고 믿어진다. 이러한 물방울을 포함한 비산은 샤워기나 가습기, 냉각탑과 증발식 응축기의 정상적인 운영에서도 발생할 수 있다. 비산 중에 세균의 생존확률은 상대습도가 65% 이상이고, 직사광선으로부터 가려지면 증가하게 된다. 표 2와 같이 각 발생지역에서의 전염원은 물방울 및 비산이 많이 발생하는 장소에 존재하는 것을 알 수 있다.

레지오넬라 질병의 예방을 위해서는 철저한 위생 관리 및 냉각탑에 대한 소독이 필수적이다.

위생 관리 측면에서는 냉각탑의 청소 및 소독 후에 레지오넬라균이 검출되지 않았더라도 그대로 방치하면 10일을 전후하여 청소 및 소독 전의 상태로 되돌아가기 때문에 표 3과 같은 소독기준을 준수하여 주기적인 관리가 요구된다. 또한 냉방설비의 냉각수 계통은 냉각탑의 위치, 실내 외부공기 흡입구와 냉각탑과의 거리, 풍향에 따라서 레지오넬라균의 증식

<표 2> 레지오넬라 질병 발생지역 및 전염원*

발생 지역	전염 원
병원	냉각탑
	음료수 계통
	호흡기 치료장치
	샤워헤드
호텔 등 숙박업소	냉각탑
	음료수 계통
	에어컨
은행 등 업무용 건물	냉각탑
	에어컨
식료품 상점	음료수 계통
	식료품 진열 및 보관 MIST 기계
온천	소용돌이 물거품
	에어컨
주거시설(아파트, 주택)	샤워헤드
	분무식 가습기

Source: ASHRAE Journal June 1991/Legionellosis Outbreaks and Source

* 1984 ~ 1989년 사이에 미국에서 발생한 것임.

과 전파원이 될 수 있으므로 냉각탑 근처, 즉 바람에 에어로졸이 비산되는 위치에 주거시설 또는 사무실에 창이 있거나, 사람의 왕래가 있는 곳에 냉각탑을 설치하는 경우에는 주의를 기울여야 한다.

냉각탑의 냉각수를 소독하는 방법에는 염소처리, 오존 처리, 자외선처리 및 기타처리 방법으로 구별할 수 있다.

① 염소처리 : 부식방지제와 함께 널리 사용되지만, 온도가 높아지면 염소성분이 분해 되기 때문에 안정된 소독효과의 염소농도를 유지하기가 어렵고 배관공의 부식, 발암성 물질의 생성되며, 염소에 대하여 내성이 있는 레지오넬라균이 발생할 수 있으므로 처리방법에 주의하여야 한다.

② 오존처리 : 유럽에서는 수영장물과 음용수의 소독에 주로 사용된다. 오존의 잔류기간은 매우 짧기 때문에 오존을 처리한 후에 물을 염소로 소독하기도 하므로 비경제적이다. 실험적으로는 냉각수에 오존을 $0.2\sim0.3\text{mg/l}$ 을 첨가할 경우 살균효과가 있다고 보고 되고 있다.

③ 자외선처리 : 자외선처리는 물의 색깔, 탁도, 화학 성분에 따라 자외선 투과율이 달라지므로 물을 여과한 후 자외선을 처리하는 것이 보다 더 큰 효과를 볼 수 있다. 레지오넬라균 및 다른 세균들은 태양광선 같은 빛에 의하여 자외선에 의한 손상을 복구하는 효소복구 메카니즘을 가지고 있으므로

<표 3> 레지오넬라균의 소독기준(CFU/100ml)*

대책 범위	균수	소독 기준
비정직한 범위	1×10^2 미만	
관찰을 요하는 범위	$1\times10^2\sim1\times10^3$ 미만	2~3주 후 재검사를 실시하여 균수의 상승경향이 있는 것을 확인함. 상승할 경우 관리 강화
주의를 필요로 하는 범위	$1\times10^3\sim1\times10^5$ 미만	균수가 상승할 때 살균 내지는 청소 등의 대책 강구
긴급처치를 필요로 하는 범위	1×10^5 이상	즉시 화학적 청소 실시, 약제처리를 계속하면서 균수 감시

* CFU : Colony Forming Unit

* 레지오넬라증 방지지침, 1999년 11월, 일본 후생성감수



냉각탑 사고사례 및 안전관리 방안

로 냉각탑 하부가 태양에 노출되지 않도록 막아 주어야 하므로 비경제적이다.

④ 기타 방법 : 고온 멸균법, 전기분해에 의한 금속이온의 발생 및 순간적인 증기 가열 등에 의한 소독 법이 있으나, 그 효과는 다양하게 나타나므로 환경조건에 맞는 방법을 선택하여야 한다. 소독제는 실제로 환경수계에 적용하였을 경우에는 냉각탑을 포함한 수계 시설의 구조와 종류의 다양성, 설치된 건물의 배관상태, 관수량, 청소 및 소독 상태 등의 요인에 따라 그 효과가 다르게 나타날 수 있

으므로 이들을 고려하여 사용하여야 한다.

또한 표 4와 같은 레지오넬라 방재를 위한 냉각탑 점검표를 비치하여 항상 설비에 대한 점검을 철저히 하여야만 레지오넬라 질병을 예방할 수 있다.

냉각탑 손재사고

냉각탑 손재사고는 공사 및 보수과정에서 일어나는 게 일반적이나 어떤 경우에는 사용자의 구입사양서 부적합(안전대책 결여) 또는 제조사의 설계 및 제조

<표 4> 레지오넬라 질병 방재를 위한 냉각탑 점검표

조 건	상 태	조 치
1. 냉각탑에 냉각수 체계의 수량이 표시되어 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 배관내에 수량이 포함되는지 점검. • 냉각수 체계의 수량을 표시
2. 운전지침서가 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 쉽게 읽혀지고 이용 가능한지를 확인하고 이를 통해 현재 장비에 대한 운전이 이루어지고 있는지를 확인. • 운전지침서를 준비한다.
3. 정상적인 운전조건이 명시되었는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 해당사항 없음. • 운전조건의 자료를 준비
4. 유지보수 지침서가 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 쉽게 이용이 가능하도록 참고한다. • 제조사와 설계엔지니어와 상의하고 지침서를 준비한다.
5. 유지보수 일정표가 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 활동을 명확하게 기록 관리한다. • 유지보수 일정표를 작성한다.
6. 정상조건에서 최고 운전 수온은 몇 도인가?	< 20°C 20~30°C > 30°C	<ul style="list-style-type: none"> • 해당사항 없음. • 살균약품이 사용되고 있는지를 점검. • 살균약품의 사용을 적극 검토한다.
7. 보급수 주배관에 계량기가 설치되어 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 사용수량을 정기적으로 기록하도록 한다. • 기록한다.
8. 화학물질과 살균약품 사용을 기록하고 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 사용된 량이 기대치와 같은지 확인한다. • 기록한다.
9. 미생물의 활동을 점검하고 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 지속적으로 점검하고 m1당 10개의 이하가 되도록 통제하여야 한다. • 정기적으로 점검한다.
10. 수조와 냉각수 체계가 직사광선에 노출되는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 직사광선을 가리는 스크린 설치를 고려한다. • 해당사항 없음.
11. 엘리미네이터가 설치 되었는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 해당사항 없음. • 비산을 방지할 수 있도록 설치한다.
12. 건물의 창문 또는 공기조화 설비의 급기구로부터 10m 이내에 냉각탑 출구가 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 냉각탑을 가능한 10m 이상의 거리로 이설한다. 이설이 어려울 시에는 냉각탑 노후 교체시 공냉식 냉각기로 대체한다. • 해당사항 없음.
13. 냉각탑 배수구에 트랩과 에어 브레이크가 설치되어 있는가?	예 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • 해당사항 없음. • 설치한다.

결함, 사용자의 안전관리 및 유지보수 관리의 미흡과 같은 사고 인자로부터 운전 중에도 발생되는 경우가 적지 않다.

냉각탑 화재사고

냉각탑의 자재는 내부식성과 경제성이 고려된 PVC와 합성수지 또는 목재로 사용하는 것이 일반적이다. 건조상태에서 이들의 인화성 자재는 화재위험에 노출되며 냉각탑의 통풍구조는 굴뚝과 같은 기류 상승효과로 화재확산 정도를 급속히 진행시키므로 발화된 냉각탑은 진화가 거의 불가능하여 대개 전소하게 된다.

냉각탑에 난연성 자재를 사용하여 화재발생을 억지하고 있지만, 냉각탑의 모든 자재를 난연성 자재만으로는 사용하는 것과 화재방지에는 한계가 따른다. 냉각탑의 국내 화재발생은 표 5와 같이 거의 냉각탑의 설치 또는 보수공사 시 용접 불꽃이 냉각탑의 인화성 자재 (PVC충진재 및 엘리미네이터, FRP케이싱 또는 수조)에 발화되어 화재가 발생하는 경우가 지배적이고, 전기합선과 전동기의 과열, 작업자가 버린 담배에 의해서도 화재가 발생할 수 있다. 드문 경우지만 낙뢰에 의해 화재가 발생할 수도 있으며, 이의 예방책으로 대형 냉각탑에서는 피뢰침을 설치하는 경우도 있다.

냉각탑은 강력한 화염화산을 유발하는 자재와 화력을 세력화 시킬 수 있는 통풍구조로 인해 화재의 확산 위험도가 매우 크며, 그림 2에서와 같이 설치된 건물과 주변 시설에도 화재를 옮길 수 있는 잠재성을 갖고 있으므로 냉각탑의 설치 또는 보수할 때 냉각탑에 화

재사고가 발생하지 않도록 각별한 화재방지 대책과 주의하여야 한다.

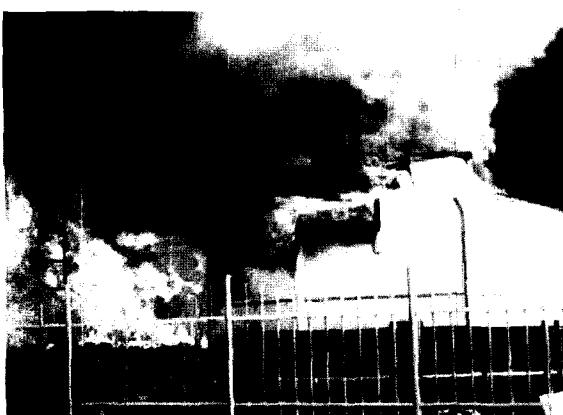
빙결 및 동파사고

동절기에 가동되는 냉각탑은 주로 산업용에 해당된다. 전산실과 제어실 등에서는 기기를 보호하기 위하여 겨울에도 냉방운전과 냉각탑을 가동할 수 있으므로 동절기에 운전되는 냉각탑은 빙결과 동파사고로 인해 재산적 손실과 안전사고가 발생할 수 있다.

동절기 빙결사고를 감소시키는 수단으로 개방형 냉각탑은 대기온도 제어에 의해 팬을 정지하고 냉각수만 순환시키면서 냉각하는 것과 일정량의 냉각수를 냉각탑에 경유하지 않고 우회 순환시켜 운전하는 방

<표 5> 국내 냉각탑 화재사고 사례(1987~2001)

번호	사고 장소	사상	화재 원인
1	KD-PJT.	석유화학	용접불꽃으로 인화
2	KB-PJT.	백화점	용접불꽃으로 인화
3	HC-PJT.	석유화학	용접불꽃으로 인화
4	KM-PJT.	상가건물	용접불꽃으로 인화
5	31-PJT.	사무용빌딩	용접불꽃으로 인화
6	TP-PJT.	백화점	용접불꽃으로 인화
7	BD-PJT.	발전소	용접불꽃으로 인화
8	SH-PJT.	공장	용접불꽃으로 인화
9	IS-PJT.	지하철	동절기 휴지 종 담뱃불로 인한 인화 추정
10	SP-PJT.	관광서 회관	팬모터 과열로 화재 추정



[그림 2] 냉각탑 화재사진 및 주변 시설의 화재 사진



식이 있다. 팬 실린더 내에 빙결 누적은 팬의 파손과 안전사고를 일으킬 수 있기에 열선(heat tracing) 등을 설치하여 빙결을 방지하는 경우도 있다. 냉각공기가 유입되는 루버에 빙결 누적은 냉각탑 공기유동 효율을 크게 저하시키고 많은 열음이 루버에 누적될 경우 루버를 손상시킬 물론 낙하되는 열음덩이는 작업자에 손상을 입힐 수도 있다. 이외에 냉각탑의 상부수조 주변과 하부수조 상부 외벽, 냉각탑이 설치된 바닥에도 냉각탑으로부터 이탈되는 물방울로 하여금 빙결되어 작업자의 안전사고(넘어짐 등)에 원인이 된다.

동절기 운전에 있어 냉각탑의 정지 또는 일시적인 운전 정지 시 동파 예방조치(동파 위험부의 배수)를 취하지 않을 경우에는 물이 고여 있는 배관과 수조가 동파에 의해 파손될 수 있으므로 동절기의 냉각탑 운전은 동파 방지 관리와 빙결얼음 제거 작업이 동시에 수반되어야 한다. 또한 동절기에 물을 피냉각매체로 이용하는 밀폐형 냉각탑은 동파방지를 위해 수조에 가열 전열기를 설치하거나 부동액(Ethylene glycol)을 첨가하여 사용할 수 있다.

냉각탑에서의 빙결 및 동파사고의 주요 원인은 다음과 같다.

- ① 냉각탑으로부터 외부로 누수(또는 비산)파다
- ② 자연배수를 고려하지 않은 구조
- ③ 철저한 배수와 보온 등 동파 예방조치 미비
- ④ 과도한 빙결 얼음 누적

파손과 붕괴 사고

국내 각지에서 가동되고 있는 많은 냉각탑에서 가동 중인 팬이 파손되거나 충진재, 살수수조, 살수배관 등 냉각탑의 구성품들의 이탈과 손상, 동파사고와 태풍 등의 타력에 의한 냉각탑 파손 등의 다양한 사고가 발생되어 왔다. 또한 건축구조설계에서 고려되지 않은 냉각탑의 과중한 하중과 진동은 건축구조를 약화시키어 붕괴사고를 유발시킬 수 있다는 가능성 이외에도 노출되지 않은 여러 유형의 냉각탑 재해사고는 다양한 원인으로부터 적지 않게 발생된다.

냉각탑의 파손 및 붕괴사고의 주요원인은 다음과 같다.

- ① 냉각탑 구조와 내구성 설계의 결함
- ② 건축 구조설계의 결함(냉각탑 하중과 진동요인 미반영 등)
- ③ 태풍 등 자연재해

④ 빙결 및 동파

- ⑤ 조립과 결합체의 이완(유지보수 관리 미비)

생산 장해 사고

냉각탑의 갑작스런 가동정지 사고로부터 수반되는 재정적 피해는 다른 어떠한 사고보다도 크다고 할 수 있다. 예를 들어 제철소의 용광로, 석유화학 공정, 화력발전소 등 산업 설비에 냉각수 공급이 차단될 경우 생산 중지로 인한 생산 장해 피해는 엄청난 재정적 손실을 남겨 줄 것이다. 하절기에 백화점 냉방이 문제가 된다면 손님은 크게 줄어 심각한 매상차질이 발생함은 물론 고객들은 냉방이 보다 잘되고 있는 백화점으로 발길을 돌릴 수 있기 때문에 백화점의 매출에 대한 영향을 미칠 것이다. 그러나 이 모두의 생산장해 사고 원인이 냉각탑 그 자체라고 단정하는 것은 옳지 않다. 냉각탑과 관련되는 주 열원 및 생산설비의 결함 및 단수와 단전, 불가항력적인 재해로부터 발생되는 경우도 적지 않다.

냉각탑의 안전사고는 안전대책을 고려하지 않은 투자, 그리고 냉각탑의 수명 연한 동안의 부적절한 유지보수 관리가 사고 발생의 근원이 된다.

안전 대책 방안

냉각탑의 안전대책은 운전자의 인명 중시와 생산 장해의 피해억제란 기본 원칙과 목적을 갖고 현명하게 대처하여야 하며, 여기에는 사용자, 설계자 및 제조자들 간의 기술적 교류와 현실성 있는 제안을 반영하는 것이 매우 바람직하다.

사용자의 안전대책 전략

- 냉각탑으로부터 발생될 수 있는 모든 잠재적 사고 요인과 가능성을 도출한다.
- 사고로 인한 인명과 생산 장해의 재정적 피해를 가정한다.
- 안전대책의 고려는 설계 및 제품선택 과정과 사후 운전 및 유지보수로 구분하여 대책을 마련한다.
(가능한 관련 법규를 참고하고 전문가의 자문을 구하는 것이 바람직하다.)
- 구입사양서 작성시 안전대책에 대하여 사용자, 설

- 제자 및 제조자간의 구체적인 방안과 시방을 협의 한다.
- 운전 및 유지보수의 안전 장비와 관리 시스템을 구축한다.
 - 우발적인 냉각탑의 가동정지 사고를 대비하여 예비 부품 보유와 비상가동 대책을 수립한다.
 - 안전대책에 대한 제비용을 투자예산에 반영한다.
 - 냉각탑의 구입사양서에 안전대책을 별도로 기술하고, 입찰평가와 냉각탑의 제조 및 설치, 인도의 전 과정에까지 안전대책의 검증과 관리가 지속되어야 한다.
 - 제조자로부터 기술되어 제출되는 운전 및 유지보수의 지침서에는 사용자의 안전대책에 대한 요구 조건이 반영되어야 한다.
 - 운전 및 유지보수의 안전대책을 규정하고 준수 한다.
 - 운전 및 유지보수상의 사고 기록은 전실에 입각하여 정확히 관리되어야 한다.
 - 안전대책의 비용은 사고 손해비용을 절대 능가하지 않으며, 원가 증가 요인이 아니라는 것을 경영자가 인식하여야 한다.
 - 냉각탑의 성공적인 가동과 보존을 위해서는 사용자와 제조자간의 협조적 정보교류가 지속되어야 하며, 그 제품에 대한 문제 또는 유지보수의 자문은 당초 설계 및 제조사에 의해 수행되는 것이 타당하다.

안전대책의 주요 검토 요소

- 사용자(구입자) 측면
- 생산 장해 사고에 대한 시간별 직간접 재정적 피해 손실은 분석 되었는가?
- 과거로부터 냉각탑 사고로 인한 재정적 손실금액과 문제점에 대한 기록은 관리되고 있는가? 있다면, 새로운 투자 및 구입 시방서에 개선으로 반영하였는가?
- 선정한 기자재는 내구성과 화재예방에 적합한가?
- 모든 구동 장치에는 안전보호 장치가 반영되었는가?
- 동절기에 동파 및 빙결사고를 예방할 수 있는 설계와 장치가 고려되었는가?
- 냉각탑은 천재지변의 피해를 최소화 시킬 수 있는 구조인가?

- 만약의 화재를 대비하여 소방대책이 고려되었는가?
- 냉각탑의 비상정지 시 관련 시스템들과 보호 연동 장치가 고려되었는가?
- 운전 및 보수의 통로에 추락 방지와 부품이동 장치가 고려되었는가?
- 통로와 계단, 작업 벌판에는 미끄럼 방지가 고려되었는가?
- 계단 및 사다리, 점검문은 적합한 구조로 안전하게 배치되어 있는가?
- 감전 등 전기적 사고예방 보호 장치는 되어있는가?
- 비정상 운전 및 사고발생시 운전자에게 바로 연결되는 감지장치가 되어있는가?
- 안전운전을 대비한 예비품은 적절히 선정되고 확보되었는가?
- 중대형 냉각탑 저수조내에 침전물을 제거하기 위한 안전장치는 고려되었는가?
- 냉각탑 수처리 장치와 화공약품의 처리에 안전성이 고려되었는가?
- 안전장구는 적절하게 반영하였는가?
- 비상운전(단전, 단수, 팬 및 펌프 고장 등)에 대한 대책은 마련되어 있는가?
- 냉각탑 사고를 유발시킬 수 있는 주변설비 및 장해 요인은 검토하고 수정하였는가?
- 안전대책에 신뢰성을 기하기 위해 전문가들의 자문을 고려하였는가?

• 제조자 측면

- 제조자는 구입시방서의 안전대책에 맞게 설계하고 제조 및 시공을 준수하였는가?
- 구입자와 안전대책을 올바르게 수행하기 위한 사실적인 협의와 필요요건을 반영하고 있는가?
- 제품설명서, 운전 및 유지보수 지침서에 대한 안전대책 요건과 특성을 명확하게 기술 하였는가?
- 냉각탑과 관련되어지는 연관설비 및 시스템에 안전대책의 필요 요건을 기술하고 이 것을 적시에 사용자 또는 관련 계약자에게 명확히 제시하였는가?
- 사용자의 냉각탑 가동정지 비상사태시 신속하게 대처할 수 있는 A/S 및 부품 재고 체계는 구축되어 있는가?
- 하자기간이 종료되어 사용자 책임 관리일지라도 제품 보존 관리의 정보제공과 자문이 유기적으로



냉각탑 사고사례 및 안전관리 방안

이루어지고 있는가?

- 냉각탑의 수명 연한 동안의 A/S 및 하자보수에 대한 관리기록표를 운영하고 있는가? (제조자와 사용자 간의 유기적인 정보교류가 따라야만 가능함)
- 과거의 안전사고 경험을 바로 설계와 제품개선에 반영하고 있는가?

• 설계자 및 계약자(설비회사 및 건설회사) 측면

- 냉각탑의 안전대책에 대해 올바르게 이해하고 설계 및 시공에 반영하였는가?
- 냉각탑 사고 원인을 제공할 수 있는 장해물 간섭이나 부적절한 시공은 없는가?
- 현장 타워-크레인 철수이전에 냉각탑 기초 및 방수공사와 냉각탑 설치가 이루어지도록 공정계획을 수립하였는가?
(냉각탑의 입고 및 설치는 타워-크레인을 사용하는 게 안전함)
- 냉각탑 운전과 직접 관련되는 전원과 순환수량, 펌프 양정, 배관 등의 제원은 정확한가?
- 냉각탑 제조자 및 전문가로부터 안전대책에 대한 협의와 자문이 반영되었는가?
- 안전대책에 대한 감리 및 감독계획은 수립되고 수행되는가?

• 공동(사용자, 설계자, 계약자 및 제조자) 측면

- 냉각탑의 안전대책을 위한 공감대가 형성되었는가?
- 안전사고에 대한 각자의 경험을 진술하여 개선 자료로 반영하고 있는가?
- 냉각탑의 설계, 시공, 제조 과정에서 안전대책 수행을 검증할 수 있는 체계가 되어 있는가?

냉각탑의 안전대책은 사용자가 투자계획과 구입시

방서에 규정함으로서 가능하다. 왜냐하면, 계약에 고려되지 않은 추가적인 안전장치는 제조자가 자발적으로 수용할 수 없기 때문이다. 냉각탑의 안전대책은 재해사고의 예방과 생산 장해 피해의 방지, 그리고 냉각탑의 안전운전을 실현해 나가는 과정이고, 그 결과로 이어져야 하며 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째 : 냉각탑의 안전대책은 냉각탑의 설치 및 보수공사와 운전과정에만 국한되지 않으며, 내구성과 안정성이 고려된 설계, 유해요인 사전 제거, 조립 설치의 간편성, 부품수급의 신속성, 적절한 유지보수 계획, 사용자의 철저한 안전관리 등 구매에서부터 폐기 처리에까지 전 과정에 안전대책이 적용되어야 된다.

둘째 : 냉각탑 구입사양 작성과 선택에 있어 모든 잠재적 변수와 문제에 대해 면밀한 사전 검증이 따라야 하며 평가 영역도 냉각탑의 수명 연한동안의 종체적 경제성과 열성능, 내부식성, 안전대책(난연성자재 및 안전 보호장치), 운전 및 유지보수의 용이성, 설치의 용이성 및 퇴역 후 폐기물처리의 환경성이 평가에 기본이 되어야 한다.

셋째 : 냉각탑 선정에 있어 자재, 방출수와 비산, 백연, 소음, 진동, 설치장소 및 형태에 대한 친환경적 환경대책이 고려되어야 한다.

넷째 : 냉각탑으로 인해 발생되는 재해사고와 생산장해 피해에 대한 예방책이 냉각탑 제품 선택과 운영에 주요 요건으로 인식되어야 한다.

다섯째 : 냉각탑의 안전대책은 인명 중시와 생산장해 피해 억제란 원칙과 목적을 갖고 이행되어야 한다.

여섯째 : 냉각탑도 보존의 법칙에서 예외가 아니며 운전 내용 연한이 진행되는 만큼 자기 보존능력을 저하시키므로 냉각탑의 능력보존과 안전 상태의 유지를 위한 적절한 유지보수가 계획적으로 수행되어야 한다. ⑨