

냉각탑 능력향상 방안

Upgrading for industrial cooling tower

서 종 대
J. D. Seo

범양냉방공업(주) 냉각탑사업부



- 1955년생
- 냉각탑관련 공업규격 제정과 선진기술보급에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

국가의 경제개발이 목표수준에 이르고 산업이 성숙화 되면 성장기와 같은 규모 있는 신설투자는 점점 어려워진다. 성숙기에 이르면 냉엄한 시장원칙에서 경쟁은 더욱 치열해지고 기업의 수익성은 저하되어 경제적 압력을 받게되는 반면에 제품의 품질과 생산성향상의 요구는 더욱 거세지게 된다.

투자의 제약과 생산성의 향상이라는 상반된 이중 구조는 기업으로 하여금 최소한의 투자로 생산성을 향상하여야 한다는 시도로서 기존 설비의 합리화(modifications)를 단행하게 된다.

냉각탑의 능력저하는 사용년수(使用年數)의 진전으로부터 비례하여 나타나는게 일반적이다. 이와 더불어 당초부터 부적절한 설계의 경우와 저가 입찰 증후군(low bidder syndrome), 그리고 과거의 설계 부하보다 현재의 요구부하가 증가될 경우에도 능력저하에 영향을 미친다.

냉각탑의 보수업무는 고장과 노화(老化)로부터의 손상을 정비하는 목적으로부터 비롯되어 왔다. 이는 대체적으로 고장난 것을 수리하고 훼손된 부품을 교체 하는 것이었으며 결과적으로 당초의 제품상태가 부정하는 한계까지 보수하는 것

으로서 능력향상이라기 보다 현상유지의 활동이었다.

그러나 1970년대의 에너지파동 이후 에너지사용의 관리해석이 강화되고 모든 산업분야에서의 생산성 향상이라는 시대적 변화는 현존하는 기계들의 능력을 재 검토하여야 할 필요성과 능력향상이라는 합리성에 관심이 고조되어 왔다.

선진국에서는 오래 전부터 기존 냉각탑의 능력향상(upgrade)에 대한 프로그램의 개발과 실효를 경험해 왔지만 국내에서는 냉각탑의 능력향상에 대한 전문성의 미흡과 사용자의 경험 부족에 의한 낮은 관심이 맞물려 여전히 단순 보수의 개념에서 벗어나지 못하고 있다.

냉각탑의 능력향상은 냉각 에너지를 공급받는 그 산업의 생산성 향상과 운전비용의 절감을 위함이고 본래의 목적도 여기에 있다.

과거에 설계된 냉각탑들은 에너지와 노동비용이 저렴한 시대의 제품 개념과 덜 발달된 공학 기술 및 품질조건에 입각하였다.

국내의 경제개발과 산업화가 본격적으로 시작된 1970년대부터 냉각탑의 수요가 확산되는 시점으로 가정 한다면 다음의 냉각탑 역사를 되새기어 볼 필요가 있다.

첫째; 구식의 설계이었거나 단지 형태복제를

하여 보다 큰 크기를 근본으로 한 냉각탑들 이라는 것.

둘째 ; 구시대 냉각탑들이 여전히 많은 plant 나 시설에서 발전하여온 공학기술로의 대체요구와 성능향상의 접근을 외면하고 비효율적으로 운전되고 있을수 있다는 것.(적절한 유지보수 관리 체계에서는 냉각탑의 수명을 길게는 30여년까지 연장 할 수 있음)

세째 ; Plant 설비와 생산제품에 대한 품질과 생산성 향상에는 최신의 기술로 관심을 기울여온 반면에 기존 냉각탑의 능력향상에는 중요성을 인식하지 못해 간과해 왔다는 것.

넷째 ; 냉각탑의 성능향상 및 효용의 최적화에 사용자 및 냉각탑 산업계의 관심이 낮아 단순 보수에 의존해 왔다는 것을 지적 할 수 있다.

국내에서는 1980년대 초반까지는 냉각탑 설계의 자립기술이 없이 선진국의 냉각탑을 형태 복제하여 왔으며, 1980년대 후반에 이르러 선진기술 도입의 시대가 전개되었고 이때부터 기술제휴에 입각한 냉각탑의 제조활동이 이루어져 왔다.

여기서 팔목하여야 할 문제점은 구시대의 저효율 냉각탑은 에너지낭비와 생산성 저하 그리고 반복적인 유지.보수비를 발생케하여 산업의 생산원가에 추가적인 부담을 준다는 점이다.

“예”를 들어 수년 전에 286 이나 386 개인용 컴퓨터는 그 당시로서는 유용하고 현실적이었지만 오늘날에 와서는 쓸모없는 폐기물로 눈감혀 버렸다. 만일 지금도 구시대의 컴퓨터를 성능향상 없이 수리만 해서 계속 사용한다면 사무생산성은 크게 떨어질 것일 뿐만이 아니라 기업의 일관관리비 원가를 상승시키게 될 것이다.

운전자나 설비관리자는 효용의 가치에 심도 있는 주의를 기울여야 한다. 효용을 등한시한 투자나 반복적인 보수는 합당한 생산성 향상이 아니고 비용손실의 악순환을 거듭하는 원인을 제공하느는 과정일 뿐이다.

냉각탑 보수업체도 단순보수로 일관하여 영업을 용이하게 하고 추후 성능 보장의 책임을 면제시키려는 의도로 접근한다던가 유도하는 것은 전문성이 결여된 아무나 할 수 있는 보수행위라고 스스로 인식을 하여야 한다.

사용자는 plant 운영비용을 최소화하고 냉각탑의 운전경제성을 실현하기 위해서는 설비 및 PLANT의 출력과 기존 냉각탑의 능력 수준을 현실적으로 평가하여야 한다.

이뿐만 아니라 현재의 냉각탑이 고장과 보수빈도가 생산에 주는 영향력과 생산장해의 피해수준을 세밀하게 분석하여야 한다.

현재의 노후된 냉각탑의 부지와 구조를 제한하여 얼마나 능력향상이 가능한지에 대해 전문가로부터 자문을 받고 기존 냉각탑에 대한 능력시험을 하여 그 냉각탑의 능력수준과 성능진실을 도출시키는 것은 능력 향상의 수준을 규정하는 것이며, 다음의 평가를 통해 개선방법을 지원할 수 있다.

- 기존냉각탑의 능력 수준은 얼마이고 능력 결함으로 인해 미치는 손실 요인은 무엇인가?
- 어떤 방법으로 능력을 향상 할 것이고, 무엇이 능력향상에 주요 요소가 될것인가?
- 얼마만큼 수명 년한을 연장 할 것인가?
- 능력 향상의 투자비는 얼마이고 언제 투자회수가 될 것인가?
- 능력 향상 이후 경제적 가치는 얼마이고 무엇인가?

앞에서 언급한 냉각탑의 능력향상에 대한 현실과 가정은 경제운전과 생산성 향상을 실현시키기 위한 관심과 이해를 부흥(復興)시키는 수단에 불과하다.

무엇보다도 중요한 것은 사용자가 운전하고 있는 냉각탑이 비효율에 속해 있는가에 대한 확인과 개선의 노력이며, 효용가치가 낮은 시설이나 기계는 에너지의 낭비와 생산원가 상승에 기인한다는 것을 잊지 않는 것이며, 본문을 통해 냉각탑의 성능향상 방법과 절차를 논하고자 한다.

2. 냉각탑 능력향상의 정의

“냉각탑의 능력향상이란 기존 냉각탑의 보수를 위한 유지보수의 피상적(皮相的) 이상의 효용가치를 만들어 내는 것이며, 경제성을 근본으로 한 최근의 기술과 품질 수준으로 접근시키는 실천 과정이다” 라고 정의 할 수 있다.

능력향상은 보다 차거운 냉각수와 보다 많은 냉각수를 산출해내는 성능개선을 기본으로 두지만 환경제약이 심화되면서 환경적 대처 능력과 자기보존 능력(내구성)도 최근에 와서 포함되고 있다.

3. 능력 향상 전략

3.1 능력 향상의 목적

냉각탑의 능력향상 목적은 운전경제성과 효율의 가치를 높이고 그 산업이나 설비의 생산성을 향상시키는 것이 주목적이다.

3.2 능력향상 요건의 현상 파악

- (1) 사용기간과 냉각탑의 노화실태(노화의 정도에 따라 유지보수, 현 상태에서 능력향상, 증설에 의한 능력 향상 및 신설교체 등 개선 방법을 선택할 수 있다)
- (2) 현재 냉각탑 능력과 설비 및 plant의 요구 정격 냉각능력의 차이 분석(plant 부하의 정격요건과 실제 냉각수 온도 및 순환수량)
- (3) 운전 에너지 및 유지보수 비용의 연도별 지출 분석
- (4) 고장 및 생산장해 사고의 연도별 빈도와 생산장해의 피해규모 분석
- (5) 기존 노화 냉각탑과 최근에 설치한 현대화된 냉각탑의 능력과 설계 차이분석
- (6) 성능평가와 효율 가치 진단(전문업체에 의뢰)

3.3 능력향상 투자 실행의 전제조건

- (1) 생산장해 사고요인이 최소화되어야 하고 경제성과 생산성 향상이 계량적으로 분명할 것.
- (2) 냉각탑의 사용 년수가 능력향상을 하면서 최소한 5년 이상 연장되어야 할 것.
- (3) 능력향상에 대한 투자비는 신설에 비해 50% 이내 일 것.
- (4) 능력향상 공사로 인한 생산장해 요인을 최

소화하고 안전사고 예방대책을 세울 것.

- (5) 능력향상에 직접 관련되는 부품은 품질과 성능이 입증된 것으로 선정 할 것.
- (6) 성능보장과 품질요건을 분명히 하고 여기에 상응하는 예산을 수립 할 것.
- (7) 유자직과 사후 서비스에 신뢰성이 있는 전문업체를 선정 할 것.
- (8) 능력향상 공사에 대한 설계서와 시방서를 구체적으로 작성 할 것.
- (9) 안전 예비품(spare parts)을 확보 할 것.
- (10) 투자비 회수(pay back)는 3년 이내로 기준을 둘 것.

4. 능력 향상 방안

4.1 능력 향상 업무절차

- (1) 능력저하에 대한 실태와 현상 분석
- (2) 성능평가와 효율가치 진단
- (3) 능력향상 방법과 범위 선정
- (4) 설계 및 시방서 작성
- (5) 투자계획 수립
- (6) 업체 선정
- (7) 능력향상 공사
- (8) 향상능력 시험 및 평가
- (9) 설비 및 시스템 재조정 및 최적화
- (10) 운영 및 관리 체계 수정

4.2 능력 향상 주요 요소의 명칭

- ① 팬(fan blades)
- ② 전동기(motors)
- ③ 감속기(gear reducers)
- ④ 팬스택(fan stacks)
- ⑤ 충전재(fillers)
- ⑥ 비산방지판(eliminators)
- ⑦ 루버(louvers)
- ⑧ 노즐 및 살수 배관(nozzle & distribution system)
- ⑨ 팬 데크 기밀(fan deck air seal)

4.3 냉각탑 능력향상의 주요 요소 지정도

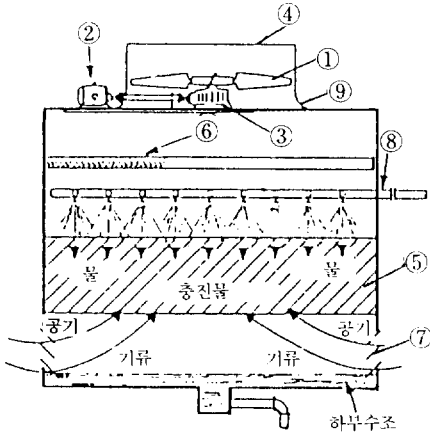


그림 1 대항류형 냉각탑
(counter flow cooling tower)

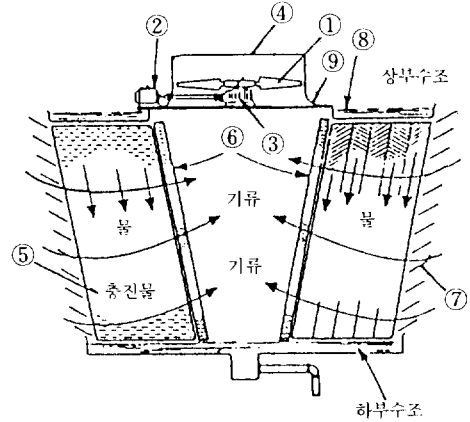


그림 2 직교류형 냉각탑
(cross flow cooling tower)

표 1 능력향상 항목별 시스템적 변화

up-grade 항목	변 화 요 소			비 고
	성능효과측면	에너지 측면	관련 장치	
1. 충전재(fillers)	열교환	BHP	• fan parts & distribution sys.	• 열교환 면적 확대
2. 팬(fans)	풍 량	BHP	• 전동기, 감속기, 구동축 및 팬 스택	• 풍량 및 정압 개선
3. 팬 전동기(motors)	풍 량	동력(input)	• 팬, 감속기 및 구동축	• 팬 설계에 준한 규
4. 감속기 및 구동축	풍 량	BHP	• 팬 및 전동기	격 개선
5. 팬 스택(fan stacks)	정 압	BHP	• 팬	• 정압 회복 및 air seal
6. 살수배관 및 노즐(distribution sys)	살 수	N/A	• 펌프	• 장벽효과 개선 • 고효율 노즐
7. 펌프(pump)	유 량	동력(input)	• distribution sys.	• 유량 및 head 개선
8. 루버(louvers)	정 압	BHP	• fan parts	• 공기 흡입면적 개선
9. 소음 감쇠 장치(sound attenuator)	소 음	BHP	• fan parts	• 저소음 팬 • attenuator
10. 비산 방지 판(eliminator)	비 산	BHP	• fan parts	• 고효율 eliminators
11. 백연 감소 장치(plume abatement)	백 연	BHP 및 열원	• fan parts	• 자체 열원 또는 별도 열원

설명 : • fan parts : 팬, 전동기, 팬스택, 감속기 및 구동축
• distribution system : 살수 배관 및 노즐

5. 냉각탑 upgrade의 변화 관련성

냉각탑의 능력향상 과정에는 시스템적 관련성을 갖고 있다.

과거의 저효율 충전제를 현대의 고효율 제품으로 대체 하였을 경우 과거에 비해 열교환 면적은 크게 증가되어 부하의 상승여분을 갖게 되지만 여기에 적합한 관련 시스템적 개선이 같이 따르지 못하면 원하는 능력향상의 결과를 얻을 수 없다.

성능향상의 목적으로 풍량과 순환수량이 증가 되었다면 팬 및 구동장치(fan parts)와 펌프, 살수배관 및 노즐(distribution system), 냉각수 배관, 전기 구동장치 및 배선의 규격도 향상된 시스템에 맞게 개선되어야 한다.

냉각탑의 능력향상 과정에서의 시스템적 변화 요소는 다음과 같다.

6. 냉각탑 능력향상의 참고자료

표 2 냉각탑 운전 값(factors)의 상태 변화

증 가 값 (increase factors)	상 태 변 화					
	L/G (수공기비)	range (입출구 온도차)	approach (출구수온-WB)	Kav/l (냉각탑 특성)	E/C (증발비)	tao(출구공기 엔탈피)
inlet wbt (입구 습구온도)			D		I	I
inlet dbt (입구 건구온도)	D					
heat load (냉각 열부하)		I	I		I	I
air flow (공기 유량)	D		D	I	D	D
water flow (순환 수량)	I	D	I	D	D	
h/w temp (입구 수온)					D	
contact (열교환 면적)			D	I		
기 호	I : increase(증가)		D : decrease(감소)			

표 3 냉각탑 시스템 및 재료별 투자비 비율(참고용)

tower type	application	capital cost percent	operating cost percent
couglas fir	목재 구조(STD)	100	100
red wood	목재 구조	112	100
concrete	콘크리트 구조	140	90
steel	내부식 철재 구조	135	98
frp	F.R.P 구조	145	98
PVC film fill	PVC film(STD)	100	100
splash fill	wood	120	150
non-fouling PVC film fill	PVC film	110	102
reduced drift	0.004 %	101	101
	0.001 %	104	105
plume abatement (invisible ambient temp.)	32°C (DBT)	420	120
	20°C (DBT)	520	130
	12°C (DBT)	560	140
reduced noise	5dBA	110	100
	10dBA	130	107
	30dBA	300	112
dry/wet hybrid	25% water conservation	375	175

7. 맺음말

냉각탑은 에너지 보존과 산업의 생산성 향상에 보고(寶庫)이다. 적절한 유지보수와 능력향상이 고려된다면 운전 에너지 절감과 설비 및 PLANT의 생산원가를 줄일 수 있다.

그러나 모든 냉각탑이 자기 스스로 최상의 운전효율과 비용절감을 가져다 주지는 않는다. 사용자(또는 운전자)의 냉각탑 운전효율에 대한 관심과 개선의 노력이 바로 비용절감과 냉각탑의 효용가치 증진에 주체가 된다는 것은 분명하다.

냉각탑도 보존의 범칙에서 예외가 아니므로 운전 내용년한(耐用年限)이 진행되는 만큼 자기보존능력을 저하시키므로 사용자의 적절한 유지보수가 지속되어야 한다.

과거에 설치한 구식의 냉각탑들에 대해 최신의 기술과 고효율화 된 부품으로 대체하여 능력향상을 시도하는 것은 경제적이거나 효용가치 면에서 장려 되어야 한다.

업계에서도 수요계가 신뢰 할 수 있는 upgrade의 프로그램 개발과 수많은 산업 plant에서 비효율적으로 운전되고 있는 노화 냉각탑들을 현대화 시키는데 앞장서야 한다.

시장의 이치에서 공급과 수요의 요건을 충족시키기 위해서는 산업계와 수요계의 공통적 이해를 먼저 접근 시키는 것이며, 상반된 문제를 도출시키고 개선방향으로 수정해나가는 용기와 창조 의식이 필요하다.

냉각탑은 묵시적으로 여기는 바와 같이 불품없고 기계적인 협오감을 주는 기계는 아니다. 냉각탑이 인류와 산업에 기여하는 역할과 효용을 세밀히 이해하고 인간생활에 유익하게 조화시키는 것은 바로 산업의 생산성 향상과 에너지 절약에 부흥하는 길이다.

기존 냉각탑의 능력향상과 운전 효율화를 위해서는 다음의 사항들이 고려되어야 한다.

첫째; 냉각탑의 능력향상이란 기존 냉각탑의 보존을 위한 유지보수의 피상적 이상의 효용가치

를 만들어 내는 것이며, 경제성을 근본으로 한 최근의 기술과 품질 수준으로 접근시키는 실천 과정이다.

둘째 ; 유지보수의 관리는 기계의 생존요구 과정이고 유지보수의 비용은 기계의 생존 생계비라는 본질이 이해되어야 한다.

셋째 ; 기존 비효율 냉각탑의 능력 향상은 에너지 절감과 plant의 생산원가 감소에 기인한다.

넷째 : 기존 냉각탑의 성능향상에 대한 업계의 프로그램 개발과 성능향상에 대한 사용자의 관심이 필요하다.

참 고 문 헌

1. Robert Burger., 1989, Cooling tower technology. The fairmont press.Inc.
2. Gary Mirsky, Kathy., Bryant, Jean-Pierre Libert., The latest worldwide technology in environmentally designed cooling towers, CTI journal Vol. 13, No. 2.
3. Jim Willa., Guidences for cooling tower repair CTI paper No. ESP93-01.
4. Cooling Tower Institute(CTI)., CTI manual /chapter 2/basic concept of cooling tower operation.