

# 공기조화설비의 T. A. B 기술

〈자료제공/우원설비(주)〉

## 제1장 개 요

### 1. 일반사항

시험, 조정 및 밸런싱 (Testing, Adjusting & Balancing)에 대한 이 기준은 ASHRAE SYSTEMS HANDBOOK, SMACNA, AABC에서 발췌한 것이며 여러가지 공기조화 및 냉동 시스템의 표준적인 시험, 조정 및 밸런싱 절차를 개발하기 위한 정보를 체계적으로 구성한 것이다.

분석 방법은 아직도 초기단계에 있으므로 많은 자료들이 개발되어야 하며 뜻있는 정보를 얻기 위해서는 연구계획이 수반되어야 할 것이다.

건물이라는 것은 시간에 따라서 변화하는 재산이기 때문에 이러한 변화에 적합하게 재조정되어야 한다. 따라서 설계자는 최초시험, 보조시험 및 밸런싱의 필요를 고려하여 설계하여야 하며 건물시스템에 대한 시험, 조정 및 밸런싱 (Testing, Adjusting & Balancing; 이하 T·A·B라 한다)의 방법을 포함한 완전하고 정확한 운전 및 정비에 대하여 검토하여야 한다. 공기조화설비에 대하여 건물관리자에게 훈련을 행하거나 자격을 구비한 용역회사가 운전을 담당하여 최적의 쾌적 조건으로 운전하고 경제성을 유지한다는 것은 필수 불가결한 사항이기 때문이다.

본 기준서는 어떤 조직이나 개인이 완전한 T·A·B 절차를 실시하는지의 여부를 단순히 조사하기 위하여 작성된 것이 아니고 사용된 절차가 건물주가 요구하는 필요성을 정확히 반영해야 하는 설계자의 의도를 만족시킬 수 있는 최종결과를 확인할 수 있어야 한다.

종합적인 개념에서 볼때 시스템에 대한 완전한 T·A·B는 모든것이 한 사람의 책임하에서 이루어져야 한다. 본 책임의 일부분이라고 할 수 있는 시험에서는 기기의 모든 항목에 대한 성능자료를 입수하여 현장 조건하에서 성능의 정확성이 보증되도록 행하여야 한다.

보일러 및 기타 압력용기의 안전 규정에 대한 확인시험은 일반적인 시험이나 밸런싱 절차에 의하여 실시되지 않는다. T·A·B의 주 기능은 유량, 온도, 압력강하, 소음 및 진동에 대한 설계조건과 운전조건을 비교 검토하는 것이다.

### 2. 정 의

시스템 시험, 조정 및 밸런싱 (T. A. B)은 설계목적에 부합되도록 모든 빌딩의 환경 시스템을 검토하고 조정하는 과정을 말한다.

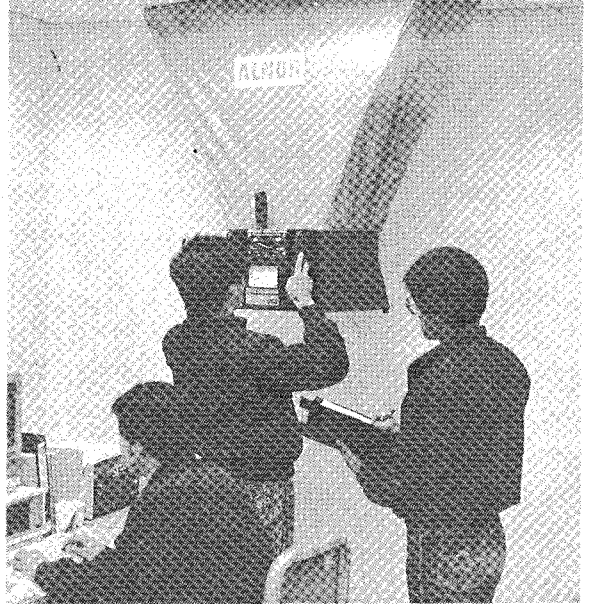
- 여기에는 (A) 공기 및 물 분배의 밸런스  
 (B) 설계치를 공급할 수 있는 전 시스템의 조정  
 (C) 전기 계측  
 (D) 모든 장비와 자동제어 장비의 성능에 대한 확인  
 (E) 소음과 진동 측정 등이 포함된다.

- 이들은 (a) 설계와 부합되도록 설치되어 있는지에 대한 상태확인  
 (b) 설계 사양에 적합한지를 검토하기 위한 시스템의 유량측정 및 확정  
 (c) 결과의 기록 및 보고의 과정에 따라

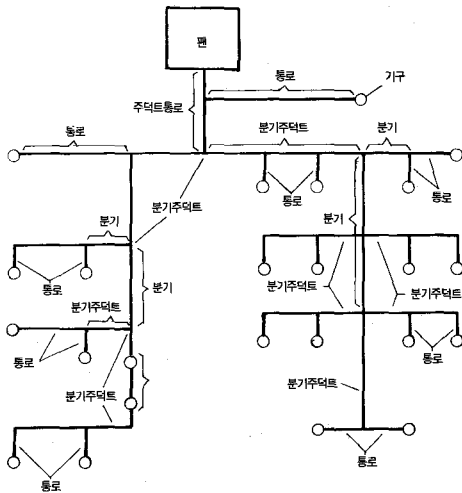
수행된다.

한편 본 기준서에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (1) 시험(test) : 장치의 양적인 성능시험
- (2) 밸런스(balance) : 규정된 설계치에 따른 분배계통(주덕트, 분기 및 터미날) 내에서의 유량의 균등한 배분
- (3) 조정(adjust) : 규정된 터미날 기기에서 규정된 유체의 유량 및 공기형태의 조절(예; 팬 속도 조절, 교축 등)
- (4) 공정(procedure) : 재현성 있는 결과를 나타낼 수 있는 운전상 작업의 표준화 방법과 순서의 집행
- (5) 보고서양식(report forms) : 시험자료를 제출해서 검토할 수 있도록 합리적으로 작성한 양식(이 자료들은 장래에 T, A, B를 행할 수 있는 기초자료로서 영구히 보관될 수 있는 형태이어야 한다)
- (6) 터미날(terminal) : 조절된 유체가 분배계통을 따라 들어가거나 나오는 지점. (여기에는 Water



〈그림1-1〉 Duct definition criteria by reason of flow values



Terminal 의 supply inlet, air terminal 의 supply outlet, water terminal 의 return outlet 그리고 register, grille, diffuser, louver 및 hood와 같은 air terminal exhaust 혹은 return inlet 등이 있다)

- (7) 메인(main) : 시스템전체의 유량이 흐르는 덕트 또는 파이프
- (8) 서브메인(sub main) : 시스템 용량의 일부분 및 두개 이상의 분기 메인에 연결된 덕트 또는 파이프
- (9) 분기메인(branch main) : 두개 이상의 터미날에 연결된 덕트 또는 파이프
- (10) 분기(branch) : 한개의 터미날에 연결된 덕트 또는 분기관
- (11) 팬 정압(fan static pressure) : 팬 전압(total pressure)과 팬토출 속도압과의 차
- (12) 팬 전압(fan total pressure) : 팬 출구전압과 팬 흡입전압과의 산술적 차
- (13) 팬 동압(fan velocity pressure) : 팬 출구를 통하여 나가는 평균 속도에 해당하는 속도압

## 제2장 일반기준

### 1. 일반사항

모든 공조시스템에 적용된다고 생각할 수 있는 간단한 공정은 규정되어 있지 않다. 그러나 한가지 명확한 것은 공기 시스템(air system)은 유체(hydraulic), 증기 및 냉동 시스템 또는 소음, 진동측정 이전에 시험, 조정 및 밸런싱 되어야 한다.

이것은 유체 시스템이 온도측정 대신에 유량에 관계될 경우에는 필요치 않다는 것을 주의해야 한다.

효과적이고 능률적인 시험, 조정 및 밸런싱을 위해서는 조직적인 공정절차가 필요하다. 따라서 전 공정에 대한 계획이 철저히 준비되어야 하고 조직, 계기구대 및 실제 작업 실시를 포함한 모든 계획이 미리 짜여져야 한다.

왜냐하면 시스템이 계절적으로 각각 다르게 작동하고 또한 온도에 대한 성능이 중요한 요소가 되기 때문에 공기측(air side)의 시험은 물측(water side)의 시험과 연관되어야 한다. 준비작업으로는 모든 공정의 계획 및 예정표, 중간변경을 포함한 필요한 자료 수집, 수집된 자료의 검토, 작업예정 시스템 검토, 양식준비 및 현장 예비조사 등이 있다.

일반적으로 저압덕트 시스템(low pressure duct system)의 공기누설은 육안으로 확인한다. 그러나 공기 누설은 시험, 조정 및 밸런싱에 대하여 중요한 결과를 유발한다.

따라서 저압 덕트 시스템에 대하여 누설한도를 설정하는 경향이 증가되고 있으며 SMACNA에서는 누설을 최소로 하기 위한 덕트 시공 방식을 연구하고 있다.

공기누설의 최소화와 조절을 위한 덕트 시스템의 설계, 제작, 설치에 대해서는 충분한 주의를 해야 한다.

### 2. 특수시험 요소

예비 및 준비공정, 요구된 특별자료, 시스템 조사

연구, 계기선정, 계산, 양식, 시스템 및 장비검사, 시공 그리고 설계상의 시스템 성능에 대한 기록과 실증할 수 있는 보고서 등의 상세한 정보가 있어야 한다.

### 3. 연관 시스템

(1) 모든 연관된 급기(supply), 배기(exhaust) 및 환기시스템(return air system)은 정상적으로 작동되어야 한다. 팬은 최대 시스템 풍량을 얻을 수 있는 설계회전 속도에서 운전되어야 하며 이것은 일반적으로 냉방 응용시 적용된다.

(2) 만일 각 조운(zone)에 공급하는 모든 시스템(급기, 환기 및 배기)이 작동하지 않을 때 압력변화(pressure difference), 공기침입(infiltration) 또는 역침투(exfiltration)는 공기 유동의 방향 및 풍량에 영향을 준다. 시험도표의 예비검토는 각 공간, 각 공기조화 조운 또는 각 층의 급기와 배기간의 공기량의 상호관계를 나타낼 것이다.

따라서 설계상의 정압 및 부압 상태에 있어서 각 장소의 구분이 식별될 수 있을 것이다.

(3) 환기팬(return fan)이 없이 채 순환을 이용하는 시스템에서는 최소 외기급기(최대환기)와 또한 100% 외기 급기를 자동댐퍼(급기, 환기 및 배기)조절로써 모든 공기를 공급할 수 있는 시스템에 대해서 시험되어야 한다.

### 4. 설계상 고려사항

시험, 조정 및 밸런싱은 설계 기능과 함께 시작된다. 적당한 공기 및 물의 시험, 조정 및 밸런싱을 위해서는 주의 깊은 계획이 필요하다. 이것은 소음 및 진동 조절에도 해당된다. 이러한 계획은 조절을 위한 대부분의 공구가 설계 및 설치의 필요 요소이기 때문에 설계자와 함께 시작되어야 한다.

채택된 시험 공정은 시스템의 특성에 따라 정해진 다.

각 공기 터미널(air terminals : registers, diffusers and troffers)과 터미널 유닛(terminal units : induction units and dual duct air mixing

units) 과의 상호관계는 일반적으로 시스템의 압력(속도)과 역비례로 변한다.

저압 시스템(low pressure systems)에서 한쪽 터미날의 수축(조정)은 인접 유닛의 공급(delivery)을 다소 증가시킨다. 반대로 고압 인덕션 시스템(high pressure induction system)에서는 한쪽 유닛의 수축은 인접 유닛에 대하여 비교적 적은 영향을 미친다.

이러한 관계 때문에 고압(고속)시스템에서의 풍량측정은 중앙기계실 장비(central station equipment)와 터미날 유닛(terminal units)에서의 측정에만 국한한다. 중압(중속)시스템의 경우는 서브메인에서의 풍량 측정이 필요하며 정풍량 조절기(constant volume regulators)가 장치된 공기혼합 유닛(air mixing units)에 의하여 조절되는 덕트에서는 측정이 불필요하다.

복식조운(multizone) 또는 이중덕트 정풍량 시스템(double-duct constant volume system)의 조절에 있어서 냉각 및 가열 코일을 통과하는 설계 풍량과 전 풍량과의 관계는 부동계수(diversity factor)에 의하여 결정되며 이러한 계수는 설계자에 의하여 구체적으로 선정되어야 한다. 전 공기에 대한 냉각 공기의 비율은 밸런싱중에 일정하게 유지되어야 한다.

그러나 각 조운(zone), 분기(branch) 및 그 구성들은 최대냉각시 검사되어야 한다. 만일 설계가 냉각 코일을 전부 통과하는 것을 필요로 한 때는 전 시스템을 시험하고 있는 동안 냉각측(cooling side)을 통하여 완전한 흐름상태가 유지되도록 한다. (정상적으로 이러한 경우는 100% 외부공기 시스템으로 실내로 급기하는 시스템에 해당된다) 위와 같은 공정은 온풍측(hot air side)에도 적용된다.

고속 이중덕트 시스템(high velocity double-duct system)을 선정할 때는 설계자에 의하여 결정된 부동계수를 고려하여 전 공기량을 결정하여야 한다. 일반적으로 정압은 각 주통로(major runout)이 가장 먼 끝, 중간 및 가까운 끝의 세지점 이상에서 측정된다. 이것은 정압재 취득(static regain)

이 통로의 맨끝에서 중간 또는 시발점보다 더욱 높은 압력으로 일어나기 때문에 필요하다.

급기팬(supply fan)은 각 공기 혼합 유닛<박스>(air mixing units<box>)의 최소 정압을 유지키 위하여 조정된다. 가변 풍량 시스템(variable volume system)도 같은 방법으로 진행된다. 전 공기량은 계획된 부동계수를 얻을 수 있도록 장치된 조정장치로 측정한다. 또한 각 가변 풍량발생시의 압력은 전 냉방부하로 조정 후 측정된다.

## 제3장 T · A · B 시험절차

### 1. 예비절차(preliminary procedure)

#### 1) 공기분배 시스템(air distribution system)

(1) 데이터 수집(procurement data)

- ① 팬 성능과 곡선 사양서 : 송풍기, 공기조화기
- ② 냉각 코일과 가열 코일의 성능데이터
- ③ 송풍기 모터의 명판 {name plate} 표시 사양
- ④ 기동기의 크기, 위치, 과부하 방지 범위
- ⑤ 벨트 구동 데이터
- ⑥ 제작사가 제공하는 공기터미날 시험방법(예; 유효면적)

⑦ 공기조화기에 대한 제작사의 데이터와 시험요령

- ⑧ 공기 순환상의 공기차압(필터, 코일 등)
- ⑨ 온도조절 다이어그램
- ⑩ 제작자의 카다로그

(2) 시스템 도면(syystem drawings)

각 시스템에 대한 흐름도가 있어야 하며 시스템이 여러개일 경우에는 각각의 계통도가 필요하다. 이들 도면에는 다음 사항들을 표시한다.

- ① 모든 댐퍼, 조절기, 터미날 유닛의 입·출구가 표시되어야 한다.
- ② 메인과 분기덕트의 크기, 풍속, 풍량을 표시한다.
- ③ 외기도입, 환기, 교체공기를 포함해서 모든 터

미날 입·출구의 크기와 풍량을 표시한다.

④ 설치도중에 설계 사양과 달라진 내용을 표시한다.

⑤ 모든 출구에 번호를 부여한다.

⑥ 온도감지기 위치를 표시한다.

(3) 데이터 및 시스템 연구(data and system study)

공기 시스템을 검토하여 다음 사항들을 결정한다.

① 균형시킬 시스템을 고정하는데 수행될 모든 단계

-온도제어 및 관련 물측 시스템의 검토도 포함한다.

② 필요한 측정 계기

③ 필요한 보고서 양식

④ 덕트에서의 측정위치

⑤ 천정위에서 실시할 측정 기구

⑥ 시스템을 정지하거나 시스템 공기량을 변화시킬 모든 장비의 위치와 기능

⑦ 팬용량과 터미널에서 비교한 전 공기량

⑧ 불균형 조건을 이루는 시스템 형태

⑨ 덕트분기와 입상에서 유량조절장치의 제거

⑩ 집진에 대한 필요성

⑪ 작업진행 계획과 관련된 밸런싱을 위한 시스템 이용 가능일자(현장체크)

⑫ 다른 작업팀과 작업이 겹치는지의 여부

⑬ 시스템 밸런싱의 시퀀스

⑭ 온도와 고도에 따른 보정

(4) 측정계기의 선정(instrument selection)

① 필요한 계기와 계기 교정선도를 구한다. 같은 종류의 계기가 두가지 이상의 것이 사용되면 각각 비교를 실시하여 정도를 높이고 계기 눈금의 편차는  $\pm 5\%$ 를 넘지 않아야 한다.

② 교정 데이터를 포함하여 공사에 사용되는 전 계기의 목록을 작성한다.

(5) 보고 양식의 준비(preparation of report forms)

① 장비와 터미널에 대한 시험 보고 양식을 준비하고 설계 사양을 기입한다.

② 풍속은 풍량을 얻기 위해 측정될 것이므로 터미널 시험양식에 풍속을 기입하고 필요한 다른 시험 지점에서 속도를 계산해 넣는다.

## 2) 물분배 시스템(hydronic distribution system)

(1) 데이터 수집(procurement data)

① 펌프 성능곡선 데이터

② 모든 장비(보일러, 냉동기, 코일, 열교환기 등)에 대한 모든 회로에서의 압력, 유체온도 특성 및 기타 성능 데이터

③ 모터 명판 사양

④ 밸런싱 성능 특성과 회로에서의 유량 측정 장치

⑤ 온도제어 다이어그램과 제어밸브 성능

⑥ 특수배관 및 제어 다이어그램

⑦ 시스템에서의 압력, 온도 안전밸브의 정격치와 셋팅치

⑧ 감압밸브의 정격치와 셋팅치

⑨ 유량, 온도, 압력 등에 대한 자동 기록계의 성능

⑩ 밸브 조정을 위해 필요한 특별한 수단의 존재 여부

⑪ 시스템에 부착된 온도계, 게이지 등에 대한 제출 자료

(특히 규격, 등급 그리고 정밀한계 등)

(2) 시스템 도면(system drawings)

각 시스템별 흐름도를 준비한다. 특히 일차측과 이차측 배관 계통의 연결부를 일치시킨다. 모든 수동밸브, 자동밸브, 유량계, 공기축출구(air vents), 코일, 팽창탱크, 보충수배관 연결, 안전밸브, 온도계와 게이지 연결등을 설계유량, 개략적인 시스템압력, 압력강화, 시스템 주요 지점의 온도와 더불어 기록해 넣고 설치작업 중에 설계와 달라진 점도 기록해 둔다. 빠른 확인과 기록을 목적으로 모든 유량 밸런스 지점과 측정지점에 번호를 부여하며, 단수차단(water flow)스위치, 압력스위치, 온도계를 표시한다.

(3) 데이터 및 시스템 연구(data and system

study)

① 밸런싱을 위한 시스템을 정착하는데 수행되어야 할 모든 단계

② 필요한 측정 계기

③ 필요한 시험 기록 양식

④ 시스템에서의 적절한 측정위치

⑤ 시스템에 정지하거나 순환하고 있는 유량을 변화시킬 수 있는 장치의 위치와 기능

⑥ 펌프용량에 비례한 터미날 유니트에서의 유량

⑦ 불평형 조건을 이루는 시스템 형태

⑧ 배관형태가 오염물질 집적이 될수 있는 스트레이너 위치

⑨ 물 시스템과 보충수계통에 대한 공기제거 설비

⑩ 작업진행 계획과 관련해서 밸런싱을 위한 시스템 이용 가능일자

⑪ 다른 업자들에 의한 작업완료 요구사항

⑫ 시스템 밸런싱의 시퀀스

⑬ 역 시스템이나 계기 영향에 의한 밸런싱 허용 사양

⑭ 고도, 온도에 대한 보정

(4) 측정계기 선정 (instrument selection)

① 필요한 계기와 계기의 교정 곡선을 구한다. 두가지 이상 같은 형의 계기를 사용하면 그것들을 서로 비교하여 정도를 높여 둔다.

② 공사에 사용할 계기의 목록을 준비하고 교정에 사용한다.

(5) 보고양식 준비 (preparation of report forms)

장비와 터미날 유니트에 대한 시험 보고서 양식을 준비하고 설계 사양을 기입한다.

## 2. 장비와 시스템 검사(equipment and system check)

설치사업자는 T·A·B현장 절차 시작에 앞서 장비와 시스템을 완전히 설치하여 작동 가능하게 하여야 한다. T·A·B현장 절차는 모든 시스템이 T·A·B할 준비가 되어 있는지를 확인하기 위하여

설치를 검사하면서 시작된다.

### 1) 공기조화기 검사

(1) 송풍기 (fan)

· 유회상태

· 벨트 장력

· 회전체와 하우징의 간격

· 모터 고정

· 키 박음과 고정나사 죄임

· 청정도

· 구동부 설정

· 진동 방지 고정

· 정압제어

② 모든 기동, 정지장치를 검사해서 위치를 잡고 장애요소를 풀고 개통시킨다.

③ 성능에 장애가 될 덕트의 입·출구조건을 검사한다.

④ T·A·B작동을 위한 전기 에너지의 이용 가능성을 확인한다.

⑤ 지붕 설치 장비에 대해서는 틀과 팬 입구사이의 공기밀봉을 확인한다.

(2) 공조기 유닛

① 일반적으로 송풍기 검사 리스트를 따른다.

② 외기 도입부에서 송풍기 출구까지 공기흐름 형태를 검사한다.

③ 송풍기 가동시 적절한 급기가 되는지 확인하기 위하여 공기 유입 장비를 점검한다.

④ 필터의 설치를 확인한다.

⑤ 바이 패스 공기를 막기 위하여 장치에서 케이싱까지 코일, 필터, 댐퍼를 검사한다.

⑥ 응축수 제거 장치를 확인한다.

### 2) 덕트 시스템 검사

(1) 모든 외기도입부, 환기 및 배기 댐퍼가 작동하는가 확인한다.

(2) 전 시스템의 풍량 댐퍼와 방화 댐퍼가 완전 개방 위치에 놓여져 있는지 확인한다.

(3) 점검구, 누설 및 조임에 대한 견고성 등 덕트

시스템을 검사한다.

(4) 모든 공기 터미널과 터미널 유닛이 설치되고 터미널 댄퍼가 완전 개방위치에 있는지 확인한다.

(5) 덕트 연결부와 배관 통과부에서의 누설을 코일, 덕트 히터, 터미널에서 검사한다.

(6) 피토 튜브 이송측정 위치를 확인한다.

(7) 이용가능한 천정과 플레넘이 견고한지 확인한다.

(8) 문·천정과 같은 건축구조가 설치되어 공기 회로와 관련해서 기능을 발휘하는지를 확인한다.

### 3) 수계통 장비 검사(hydronic system checks)

#### (1) 펌프

① 펌프 설치의 위치고정, 기초, 커플링 연결을 확인한다.

② 펌프 케이싱에서 공기를 빼낸다. (air vent)

③ 펌프와 진동방지 시스템을 검사한다.

④ 펌프와 모터의 운할상태를 확인한다.

⑤ 펌프의 회전 방향을 확인한다.

#### (2) 냉동기

터보 냉동기의 기동 및 검사는 제작자의 관리사항이며 제작자의 교육에 따라 시행한다.

#### (3) 왕복동식 냉동기와 압축기

① 증발기의 물측에서 공기를 빼낸다. (air vent)

② 단수차단(flow) 스위치와 동결방지용 온도 조절기의 작동을 확인한다.

③ 장비 기동과 제어 조정이 되어 있는지 확인한다.

④ 흡입 압력과 온도를 기록해서 팽창 밸브의 작동과 과열도를 확인한다.

⑤ 고, 저압 차단 및 오일 안전 차단 스위치의 작동을 확인한다.

⑥ 크랭크 케이스 히터의 작동이 올바른지 확인한다.

⑦ 개방형 압축기에 대해서는 구동부, 축, 축봉 누설과 커플링을 검사한다.

⑧ 검사창과 응축기 액 레벨 지시계를 보고 검사

해서 적정냉매 봉입량을 확인한다.

⑨ 부하제어기(unloader)는 지정된 흡입온도를 유지하도록 고정되어 있는지 확인한다.

⑩ 진동방지시스템을 검사한다.

⑪ 플렉시블 연결부위의 연결 이완을 검사한다.

#### (4) 응축기

공냉식과 증발식 응축기의 팬은 송풍기항에 기재된대로 체크 하여야 하며, 증발식 응축기와 냉각탑은 적절한 수위(Float Setting) 노출 분사 형태를 유지하고 있는지 체크하여야 한다.

#### (5) 코일과 열교환기

① 모든 코일의 핀에 대한 전 면적(face area)과 공기흐름에 영향을 줄 수 있는 것을 검사한다.

② 유량과 온도 측정, 배관 설비를 확인한다.

③ 물 밸브의 개방 상태를 확인한다. 필요하면 통기(vent) 한다.

#### (6) 보일러

① 보일러가 가동되어 시험되었는지 또는 모든 제어장치가 정치되어 규정대로 작동되고 있는지 확인한다.

② 증기나 물의 압력과 온도가 규정치로 유지하는지 확인한다.

### 4) 배관시스템 검사

(1) 시스템이 요구대로 시험되고 물을 넣고 빼고 통기했는지 확인한다.

(2) 스트레이너가 청소되어 있는지 확인한다.

(3) 감압밸브 작동이 시스템 밸브와 보충수 밸브 양측에 대하여 모두 원활한지 검사한다.

(4) 모든 밸브가 개방상태에 놓여져 있는지 확인한다.

(5) 팽창 탱크의 수위를 검사한다.

<계속>