

대공간에서의 HOVAL 시스템 적용 사례

정인호 현대산업개발(주) 설비부 과장

目 次

1. 머리말
2. 대공간 공조 설비
 - 2-1 대공간 공조 설비 계획의 기본 방향
 - 2-2 기존의 대공간 설비의 문제점
3. HOVAL SYSTEM의 대공간 공조
 - 3-1 HOVAL SYSTEM의 개요
 - 3-2 HOVAL SYSTEM의 특성
 - 3-3 HOVAL SYSTEM의 구성
 - 3-4 HOVAL SYSTEM의 적용 사례
 - 3-4-1 해외 설치 사례
 - 독일 MBB 항공사
 - 3-4-2 국내 설치 사례
 - S항공(株) 항공기 조립공장
4. 맺음말

1. 머리말

우리나라 뿐만 아니라 세계적으로 혁신적인 산업화 과정을 통하면서 대규모 공간이 들어서게 되고 거기에 발맞춰 공기 조화 설비가 발전되어 온 지금, 인간에게 좀더 나은 환경과 공간을 제공하는 방향으로 공조설비의 중요성이 부각되어지고 있다.

그러나 여러가지 공조방법의 시행착오에도 불구하고 현재까지 대규모 공간에서의 공조 설비는 뚜렷하게 만족스런 대책이 마련되어 있지 못하고 있는 실정이며 공기유입과 분배의 효율성에 대한 토론과 관련하여 산업공장의 흡입 및 배기장치의 설계와 작동이 다시 공조 설비의 초점이 되고 있다.

본단원에서는 열환원이 되는 흡입 및 배기를 위해 천정부근에 분산 설치되는 HOVAL SYSTEM에 대해 설명한다.

따라서 대규모 공간의 공조설비를 할 때 발생하는 여러가지 문제점을 최소화 시키고 이러한 문제의 해결을 위해 지금도 여러곳에서 이 분야에 관심과 노력을 기울이는 분들에게 도움을 드리고자 한다.

2. 대공간 공조설비

2-1 대공간 공조 설비 계획의 기본방향

대공간의 공조설비는 각 사용 형태에 따른 특성을 충분히 고찰하고 그 기능에 부합 되도록 다음과 같은 기본적인 사항을 고려하여 설계 및 설비를 해야 한다.

- ① 용도 기능에 부합되는 확실한 기능 및 쾌적 환경유지
- ② 효율적 에너지 이용방안 강구
- ③ 시설비 및 운전비에서 최적의 SYSTEM 선정
- ④ 운전관리 및 보수가 용이한 SYSTEM 선정
- ⑤ 내구성 및 장래 발전적인 SYSTEM 도입

2-2 기존의 대공간 공조설비의 문제점

- ① 高층고에 따른 공기(급기) 취출시 도달거리
- ② 천정부근의 정체된 기류 분포 및 온도 성층현상

③ 시설비 및 운전비 과다로 인한 경제성 악화

④ 건축 구조물의 공간 활용 난이성

위와 같은 대표적 문제점을 안고 기존에 사용해 왔던 공조설비 방식에는 덕트 방식, 유니트히터 방식, 가스 방식, 온풍기 방식등이 있다.

본 서에서는 지금까지 사용된 기존의 방식을 지양하고 새로운 형태의 HOVAL 산업용 공조 방식을 사용하여 기존 공조 설비의 문제점에 대해서 해결책을 제시하고자 한다.

3. HOVAL SYSTEM의 대공간 공조 설비

위에서 언급되어진 대규모 공간의 공조설비의 난이한 문제점들을 효과적으로 해결하고자 다음과 같은 SYSTEM을 소개한다.

3-1 HOVAL SYSTEM의 개요

HOVAL SYSTEM은 산업용 공장 및 층고가 높은 건물에 냉·난방, 환기를 목적으로 만들어진 UNIT로서 DUCT의 설치없이 개별적으로 설치, 운전하므로 기존의 설비와는 달리 공기 조절기를 통해 기류분포를 조정하며 운영된다.

3-2 HOVAL SYSTEM의 특성

HOVAL UNIT는 신선외기 및 급기를 바닥부

분까지 취출시켜주므로 高층고시 제기되는 취출도달거리의 문제점을 해결한다.

최대(Max.) 도달거리는 18m이고 SPECIAL ORDER에 의해 23m도 가능하다.

또한, 건물 상단부의 정체되어 있는 고온의 공기를 하단부로 취출하여 온도 성층 현상을 저하시킨다.

[그림 1]은 그 현상을 잘 나타내 주고 있다. HOVAL UNIT에는 배기되는 열을 회수할 수 있는 열 회수 능력이 뛰어나며(전열교환기내장) UNIT당 COVER 면적이 크고 개별적인 운전 MODE에 의해 불필요한 공간의 에너지 손실을 줄인다.

3-3 HOVAL SYSTEM의 구성

HOVAL SYSTEM은

- 실내 체육관
- 자동차 공장
- 비행기 격납고
- 공작장
- 창고
- 기타 대공간의 건축물

등 건물의 조건에 따라 다양하게 적용시킬 수 있으며 천정이나 지붕위에 설치하는 특성으로 운반, 시공, 보수 공사가 용이하게, TRUSS 구조, OVERHEAD CRENE 등에 방해없이 공간활용을 효과적으로 할 수 있다.

여기서 지적하고자 하는것은 층리 현상(층에 따른 온도차)은 방출되는 열과 실내온도와의 온도차에 기인하는 것이며 이는 대체로 추운 겨울철의 층리현상이 여름철보다 심하다는 것을 의미한다.

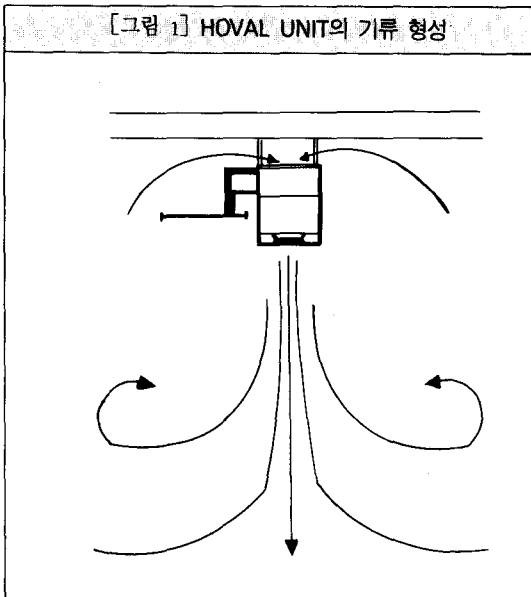
그러므로 HOVAL SYSTEM은 공장 천정 아래에 위치한 따뜻한 공기를 열환원과 유도를 통해 대공간 공조에 이용한다. (그림 3과 도표 1 참고)

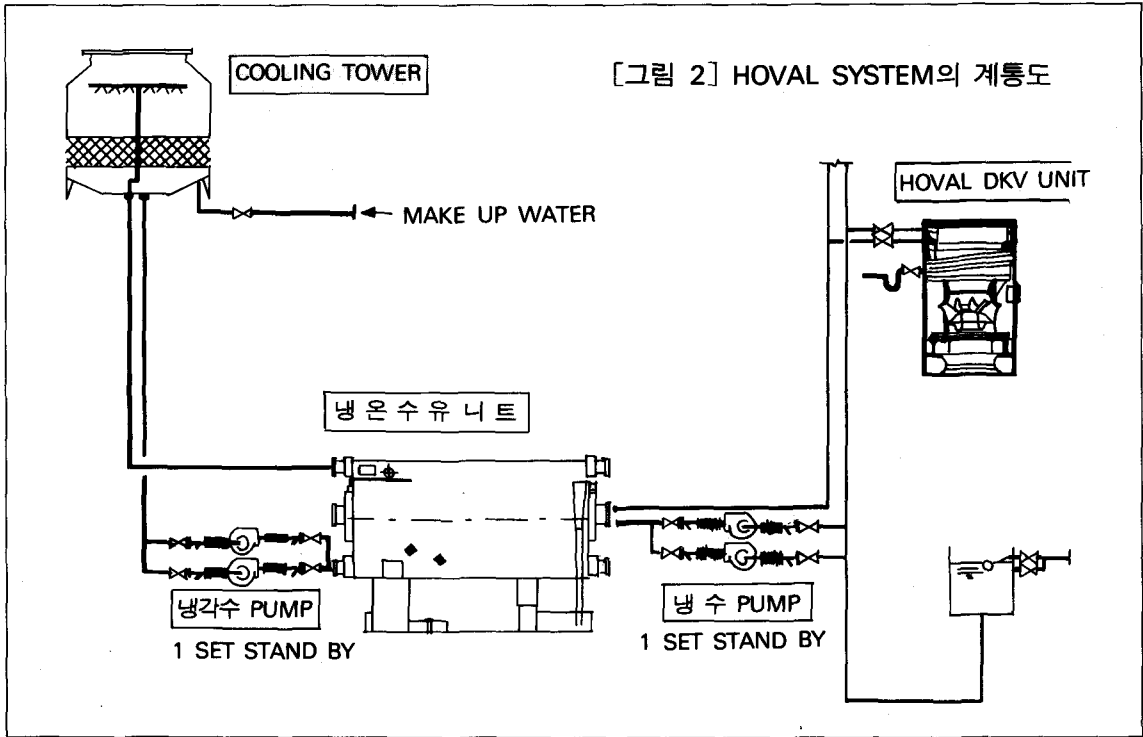
그리고 여름에는 냉각된 공기를 천정 부분에서 펼쳐서 공기 무게를 이용한 공조를 한다. (그림 4, 도표 2 참고)

3-4 HOVAL SYSTEM의 적용 사례

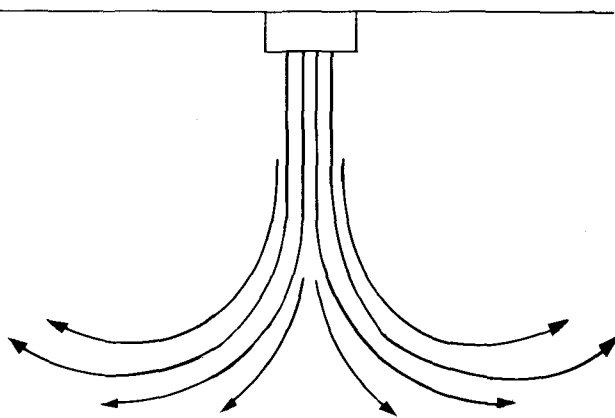
3-4-1 MBB 독일항공사의 HOVAL SYSTEM 적용 사례

1. 공장위치 및 설계조건

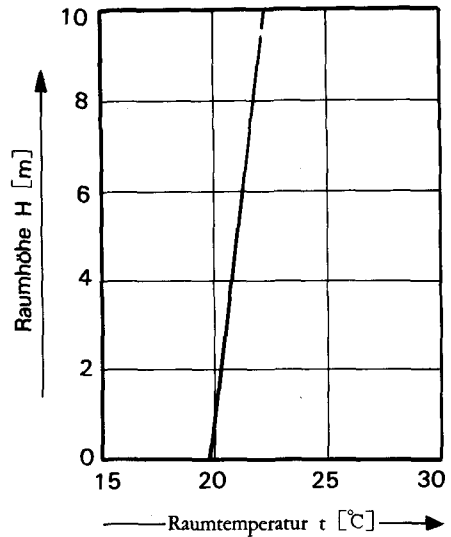




[그림 2] HOVAL SYSTEM의 계통도



[그림 3] 난방시 기류분포

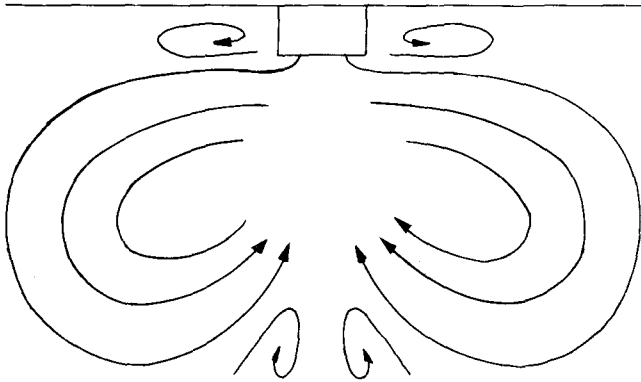


[표 1] 그림 3에 따른 온도 분포

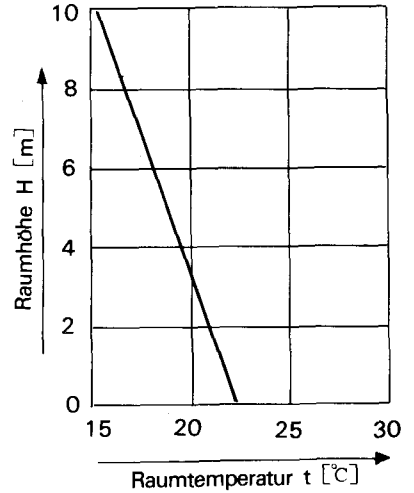
아우구스부르크에 위치한 이 회사는 300여명의 근로자를 위해 새로운 건물을 1990년에 증축하였다. 설비회사는 GUENZBURG에 있는 RICGG & SPIESS였으며 건축 감독은 INGENIEURBUERO HOLZHEN가 맡았다.

건물 규모는 [그림 5]와 같으며 건물증축시 독일 영업 감사청에 의해 외부공기 유입량 250,000m³/hr로 규정되었다.

이것은 m² 당 21m³/hr의 환기량을 나타낸다.



[그림 4] 냉방시 기류분포



[그림 2] 그림 4에 따른 온도 분포

2. 대공간의 환기

면적 11,700m², 높이 14m (격납고 18m)나 되는 대공간의 환기에서 이 회사는 크레인이 설치된 넓은 공간을 흡입 및 배기 SYSTEM을 연결하는데 초기투자비 및 외관, 운영비 면에서 많은 문제점들이 발생하여 천정부근에서 급기 및 배기 시키는 HOVAL SYSTEM을 설치하였다.

HOVAL SYSTEM인 LHW-S-5는 UNIT 당 5,000m³/hr의 급기 및 배기를 하여 총 270,000 m³/hr의 환기력을 나타내어(감사청 기준 250,000m³/hr의) 요구되는 환기량을 충족시킨다.

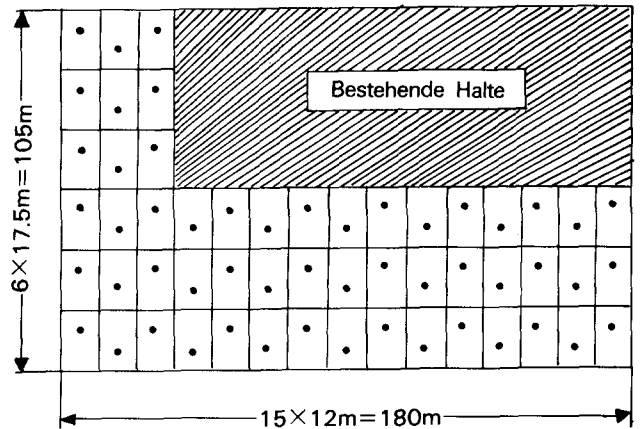
3. 운영비 개선

이 설비는 8개의 ZONE으로 나뉘어 있으며 각 ZONE은 온도 조절 장치에 의해 지정하는 온도에 따라 UNIT가 ON/OFF된다.

그리고, 모든 UNIT의 동작(LHW-S-5 : 54Sets)은 중앙 통제소 컴퓨터에 연결되어 작업자의 지시나 PROGRAM 상태에 따라 UNIT의 ON/OFF, 환기, 작업시간등의 조정등 여러가지 MODE를 에너지 절약 차원에서 이용할 수 있다.

그러므로 이 회사에서는 1984년~1990년까지 HOVAL 제품을 사용한 공장에서 약 DM 4,842,000를 절약하였다.

4. 전체공간에서의 공기분산에 따른 고른 온도 분포

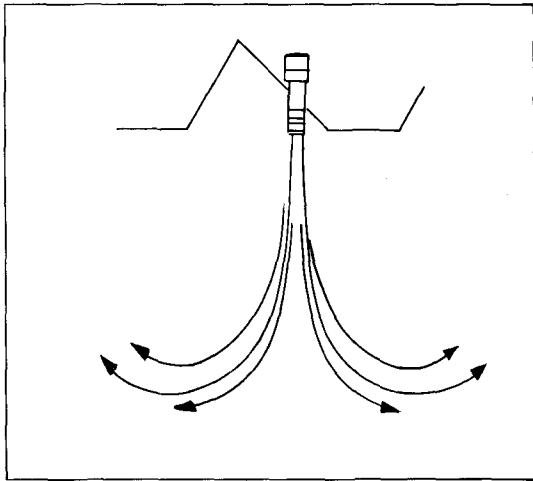


[그림 5] 건물규모 및 HOVAL UNIT설치분포

[그림 6]에서 보는 바와 같이 유해물질이 포함된 공기는 지붕아래서 여과되어 깨끗한 공기가 유입되며 공기 조절기에 의해 여러가지 형태로 작업자에게 취출된다.

여러가지 공기분산과 수직적 공기유입을 통해 천정이 높은 공간에서 온도층이 형성되는 것을 현저히 막아준다.

[도표 3]의 측정 그래픽에서 보여 주듯이 위에서 아래로의 공기 유입을 통해 성층현상은 현저히 줄어 바닥과 천정 영역과의 온도차는 1.5



<그림 6> HOVAL UNIT 공기 취출 형태

K(기존의 10K)로 줄며 수평방향으로의 온도차는 아주 미비 하여, 0-2K 영역에서 유동적으로 나타난다.

5. 열환원으로 인한 경제성

열회수를 이용하는 HOVAL SYSTEM의 겨울철의 난방은 다음과 같이 이루어 진다.

먼저 찬 바깥공기는 판형전열교환기에서 따뜻한 배기공기를 통해 데워진뒤, 다음 단계인 라디에이터에서 가열된다.

구체적인 예로서 외부온도가 -15°C , 실내온도가 $+6^{\circ}\text{C}$ 이고 PWW 90/70인 경우 다음과 같이 진행된다. 판형전열교환기에서는 -15°C 에서 대략 $+6^{\circ}\text{C}$ 로 예열되고 라디에이터에서 $+6^{\circ}\text{C}$, $+38^{\circ}\text{C}$ 로 가열된다. 전체 난방력은 약 89KW이고 그 중 35KW 즉, 전체의 약 40%는 열환원을 통해 충전된다. 38°C 로의 가열로 흠의 전도에 의한 열손실은 보완된다. 판형열교환기에서는 열환원을 통한 배출공기의 열량 중 약 60%가 환원된다. 이 유니트의 3교대 업무로 작동되므로 연간 약 3,200 MWH)이것은 유가 0.28 DM/l에 해당된다. 일년에 DM 120,000을 절약함을 뜻한다.

또한 지적하고자 하는 것은 열환원을 통해 전체 열생산과 분해를 보다 적게 하게되고, 따라서 경제적으로 할 수 있다는 것이다.

6. 저렴한 설치비와 간단한 유지 보수

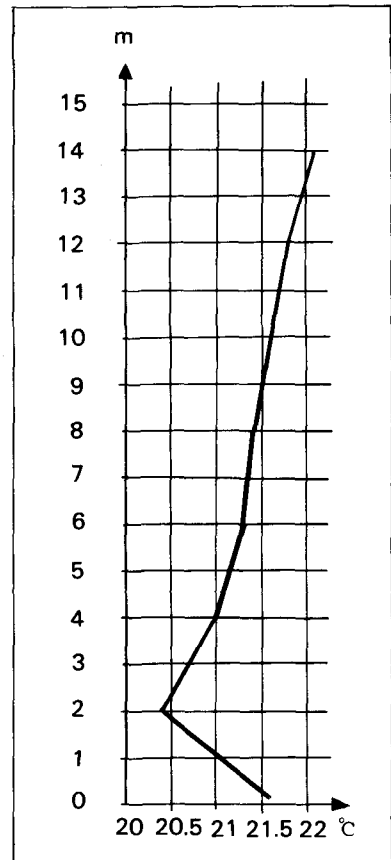
이 유니트의 설치는 공장홀의 건축과 병행하여 이루어져 경비가 절감되었고 신속히 이루어졌으며 지붕이 아직 덮이지 않은 상태에서 자동기중기를 이용하여 설치비가 저렴하게 이루어졌다.

유니트의 유지 보수로는 정기적인 필터 교환, 즉 필터의 청결상태만 유지시켜 주면 된다.

배기필터와 외부공기 필터의 교환은 지붕에서 해 주어야 하며 유니트 당 요구되는 시간은 수분이면 충분하다.

경사가 심한 격납고 지붕에서는 접근을 쉽게 하기 위해 안전 작업을 보장해 주는 유지보수를 위한 구조가 유니트 가까이에 설치되었다.

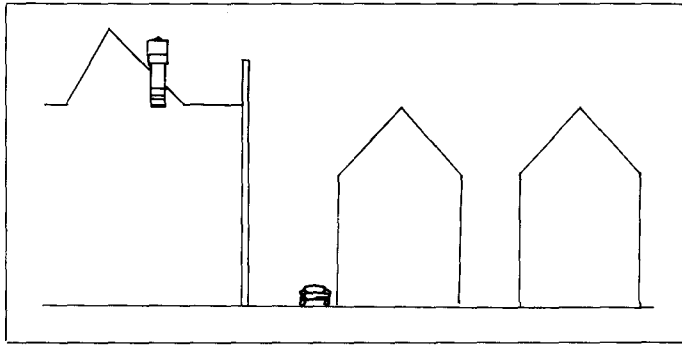
<도표 3> 층고에 따른 온도분포 (외기 16°C 에서 측정)



7. 소음 문제의 해결

새로이 건축된 공장 홀이 주택가에 인접해 있으므로 전체 54 Sets의 지붕 유니트 중 3Sets의 UNIT 소음을 해야 할 필요가 생겼다.

[그림 7]에서 보여주듯이 공장에 아주 인접한 곳에 두동의 아파트가



[그림 7] 아파트에 근접한 유니트에 소음기 설치

서 있다.

놀라운 현상은 약 20m 떨어진 두번째동 주민들만이 소음 때문에 항의를 해 오는 것이었다. 이러한 이유에 의해 유입 공기 측면이 아파트 쪽으로 설치된 지붕 유니트에 배기 소음기를 장착하여 약 10 dB(A) 정도 소음을 방지할 수 있었다. 이로써 소음 문제는 추후에 비교적 쉽고 저렴하게 해결되었다.

8. 초기 투자비 검토

초기투자비용은 부속 조절장치와 조정장치를 포함하여 역학적, 유체역학적, 전기적으로 모든 기기의 설치비용으로 약 DM 7,700²/hr로 이 값은 물론 다른 유니트에 비해 다소 높다. (다른 유사 시스템의 경우 평균 DM 6~7²/hr이다)

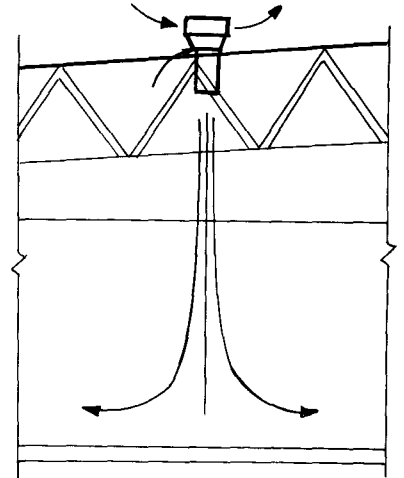
그 이유로는 본 유니트는 입체공간적 기하학적 측면을 고려하여 5000²/hr 용량을 갖는다. 용량 8000²/hr의 SIZE 8을 사용할 경우 경비는 다소 절감되나 유지보수를 위한 난간설치(SPACE)와 AIR-INJECTOR를 설치함으로써 초과비용이 발생되었다.

조립비용 역시 홀의 높이가 높아 낮은 건물에서 보다 높게 나타났다.

9. 결론

독일 MBB 공장의 자재 및 설비관리 과장인 E.SCHWARTZER는 대공간의 공조를 위해 위에서 열거한 문제점들을 검토하고 HOVAL SYSTEM을 대공간에 적용하여 수년간 만족스럽게 사용하였기에 독일 MBB항공의 새로운 조립공장에도 이 시스템을 추천하고 있다.

3-4-2 HOVAL SYSTEM의 적용 사례



[그림 8] LHW : 외기도입 및 난방 유니트

1. S공항(株) 항공기 조립공장

본공장은 정부의 KFP 사업에 따른 전투기 생산을 위하여 국내 최대 규모의 항공기 조립 공장으로 경남 사천에 위치해 있으며 S종합설계 사무소에서 설계하고 S종합건설(株)가 94년 10월 완공 예정이다.

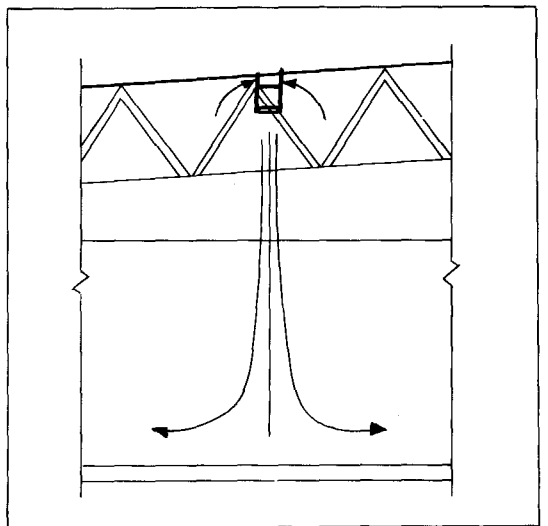
2. 건물 조건

면 적 : 180m × 120m = 21,600²

층 고 : 14.2~18.5mH

난방부하 : 3,600,000Kcal/h(W설비 제공)

[그림 9] DHV : 실내공기 순환용 유니트



3. 난방 공조 설비

본 공장의 난방 공조 설비는 항공기 조립 공장의 특성에 맞춰 다음과 같은 (나~사)사항들을 고려한후, HOVAL SYSTEM인 LHW와 DHV의 두 모델을 병행 사용하여 본 조립 공장에 최상의 난방 효과를 제공하도록 설계했다.

가. LHW와 DHV의 특징

① LHW 특징

모델 LHW-S-8 유닛은 외기 도입량과 실내 배기량의 조절이 가능하고 난방을 할 수 있는 TYPE으로 특징은 아래와 같다.

- 층고가 4m~20m까지의 공장에 적절한 공조를 한다.

- 급기 및 배기 덕트가 불필요하다.

- 균등한 실내온도가 조성된다. (AIR-INJECTOR 기능)

- 중앙 자동식 조절 기능으로 운전이 쉽고 간편하다.

- 실내조건에 맞는 여러가지 운전 상태로 전환이 쉽다.

- 유닛의 분산 배치로 높은 안정성을 추구한다.

- 천정 부근에 설치하므로 공간 및 비용이 절감된다.

① DHV 특징

모델 DHV-S-8 유닛은 난방과 함께 천정 부근의 정체되어 있는 공기를 재순환시켜 에너지를 절감시키는 TYPE으로 특징은 아래와 같다.

- 공기의 재순환 작용으로 온도편차가 감소된다.

- DRAUGHT 현상없는 쾌적한 공조를 한다.

- 운전이 쉽고, 추출온도, 실내 온도차에 의해 GUIDE VAIN의 TWIST를 조절할 수 있다.

- 천정에 설치하므로 작업공간 활용이 용이하다.

나. 냉방 및 난방 설비

층고가 높은 대공간이므로 효과적인 냉·난방 계획을 수립한다.

① 냉방:

본 냉방은 초기 설계 단계에서 냉·난방 겸용 유닛으로 설계 검토 하였다. 당초 S항공으로부터 지하수를 이용한 냉방 검토를 의뢰 받은 (株) 코리아 테크 CORP는 HOVAL社의 자료와 기타 관련 자료등을 토대로 지하수 냉방 사용을 검토 하였으나, 지하수 생산량의 부족과 지하수를 수처리하고 나면 수온상승(초기 지하수 온도 4℃ 수처리후 15℃)으로 인하여 경제성이 없다는 결론을 내리고 S공항과 협의하에 하계에는 수냉방 대신 LHW-S-8 : 30Sets의 외기도입에 의한 외기 냉방을 하기로 하였다.

※ 외기 냉방

장점

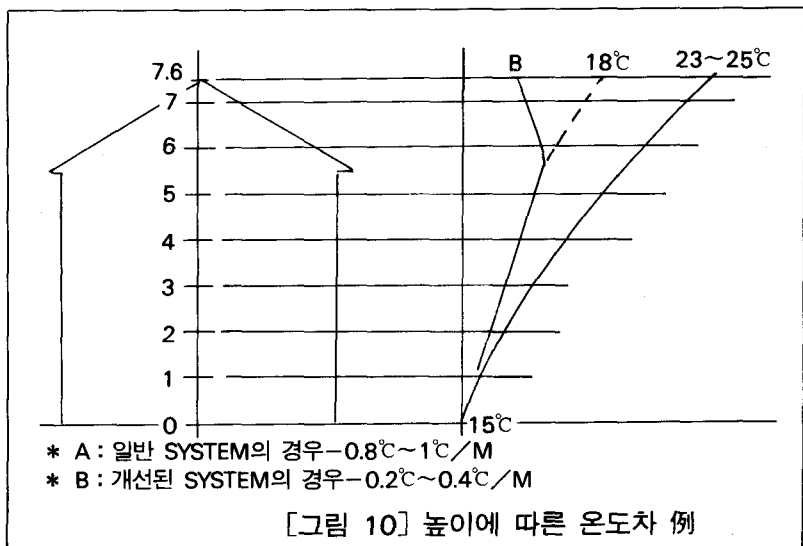
유닛 비용 절감(냉·난방 겸용→난방 전용)

수처리 시설 비용 및 냉방 운전비 절감

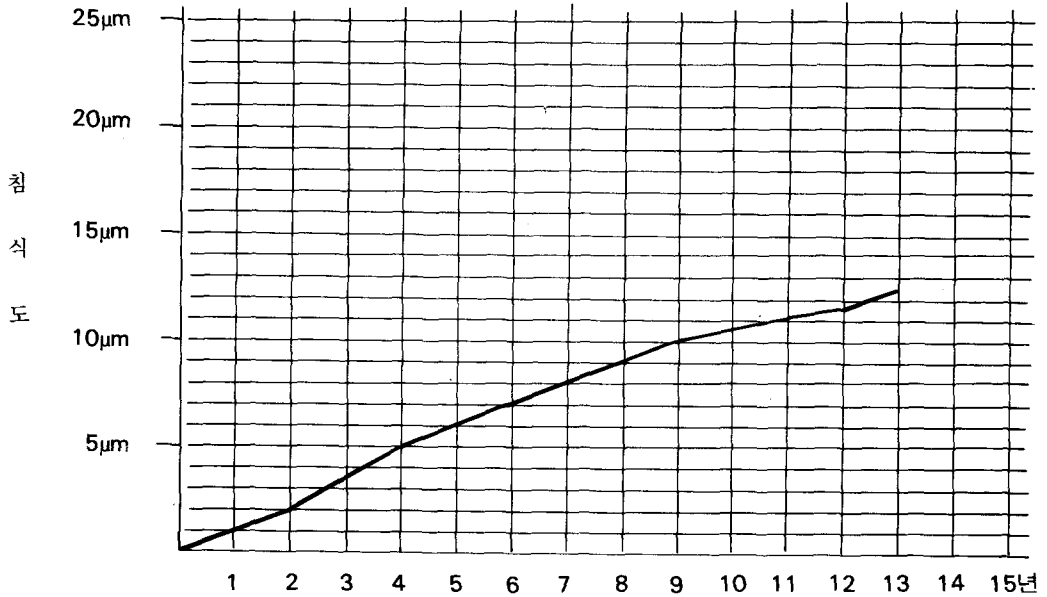
공사비용의 절감(수 배관 LINE →STEAM LINE)

단점

외기에 냉방을 의존하므로 원하는 실내온도 설정이 어렵다.



ALUZINC의 해풍에 대한 내식도



[그림 11] 건물규모 및 HOVAL UNIT설치분포

외부 방치기간

②난방:

층고가 높은 대공간이므로 예열된 공기가 지면까지 토출될 수 있도록 각 유니트에 부착되어 있는 공기 분배기(AIR-INJECTOR)에는 SPECIAL NOZZLE을 장착하였고 실내공기 환기용 유니트(LHW-S-8 : 30 Sets)로 적절한 외기 도입과 배기를 하여 쾌적한 작업환경을 유지하고 실내공기 순환용 유니트 (DHV-S-8 : 30 Sets)는 천정과 바다부분의 온도편차를 최소화 하여(그림 1 참고) 에너지를 절약하고 천정부근의 결로를 방지함으로써 값비싼 장비 및 시설물을 보호하도록 설계했다.

다. 해안 환경에 대한 대책

① 각부 재질을 내식성에 강한 AL-ZINC SHEET STEEL과 99% 고순도의 알루미늄 사용

② 각부 연결 소재(볼트, 리벳)은 MATERIAL NO 1.4031을 사용

③ HEATING COIL은 RESIN 특수 COATING된 COIL을 사용했다.

라. 조명 및 실내발열 부하에 따른 공조 설비

본 공장은 약 340,000 Kcal/hr의 조명부하와 1,500,000 Kcal/hr의 실내발열 부하가 발생하며 이는 여름철 냉방 부하를 과대하게 하는 원인이 되므로 상부에 고르게 분산 설치된 LHW-S-8 : 30 Sets로서고온의 실내공기를 배기 시키고 외기를 도입하여 실내 부하를 낮춘다.

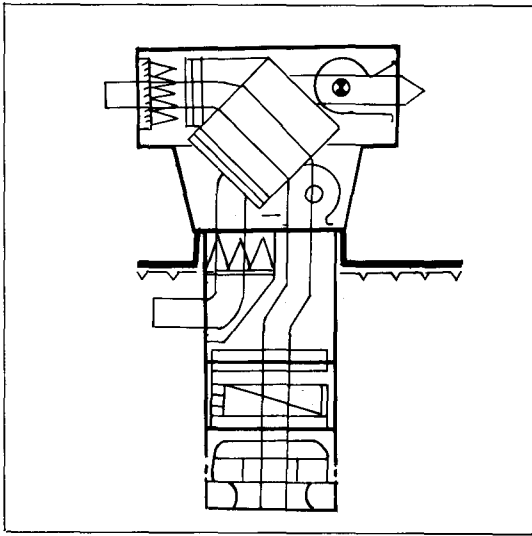
마. 환기 및 오염 물질 제거 설비

① 실내 공기의 질을 개선하고 에너지 낭비를 최소화 하기 위해 LHW 30 Sets를 이용 자동 및 수동으로 환기 횟수(외기도립량) 를 조절한다.

② 본공장의 작업 공정에 따라 용접, 비행기 입·출고 등 실내 먼지 발생이 많으리라 예상되므로 HOVAL의 전제품에는 항상 FILTER를 설치하여 쾌적한 작업환경을 유지한다.

FILTER의 청소 및 교환은 실내 먼지 발생 정도에 따라 월별, 분기별로 실시한다.

바. 유니트의 설치



[그림 12] LHW : 하기환기모드

하기에 시원한 외기를 필터링하여 직접 실내로 급기하여 배기를 바이패스시키어 외부로 배출한다.

S종합건설은 본 공장의 건축방법으로 횡인 방식에 의해 단계적으로 건물을 신축하는 공법을 사용하였다.

이에 (株)코리아 테크 CORP는 유니트 설치의 효율성을 높이고 설치 비용등의 절감을 위하여 건물 완성도에 맞추어 유니트를 설치 하였다.

사. 공조 설비와 생산성의 관계

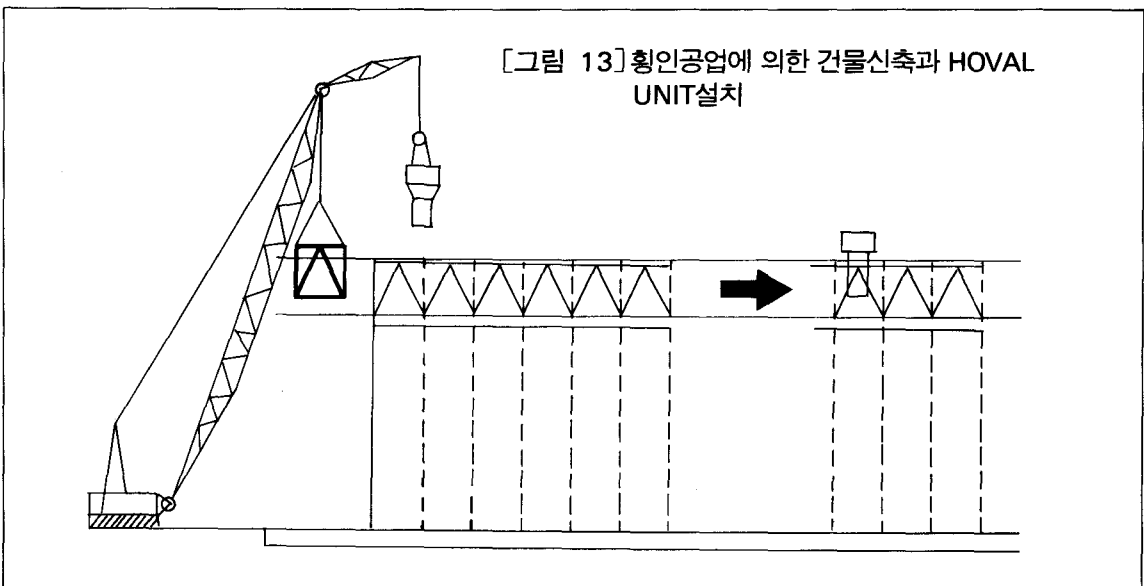
공조 SYSTEM으로 인해 고유의 생산활동에 나쁜 영향을 미치지 않는 것이 중요하다. 그것은 공조 SYSTEM의 운전이나 유지보수 관리와 설치 측면에서도 마찬가지이다. 또한 크레인이나 기계의 작업공간이 공조 SYSTEM 장치에 의해서 방해 받아서는 안되며 공조 SYSTEM의 안전성과 안정성은 필수 조건이다.

생산 제품의 제작방법에 따라 공장의 생산 LINE 변경이 자주 필요하게 되므로, 공조 SYSTEM은 이에 대응하여 쉽게 그리고 경제적 비용으로 새로운 상황에 설치 하였으므로 작업자 및 경영자에게 만족한 결과를 보장한다.

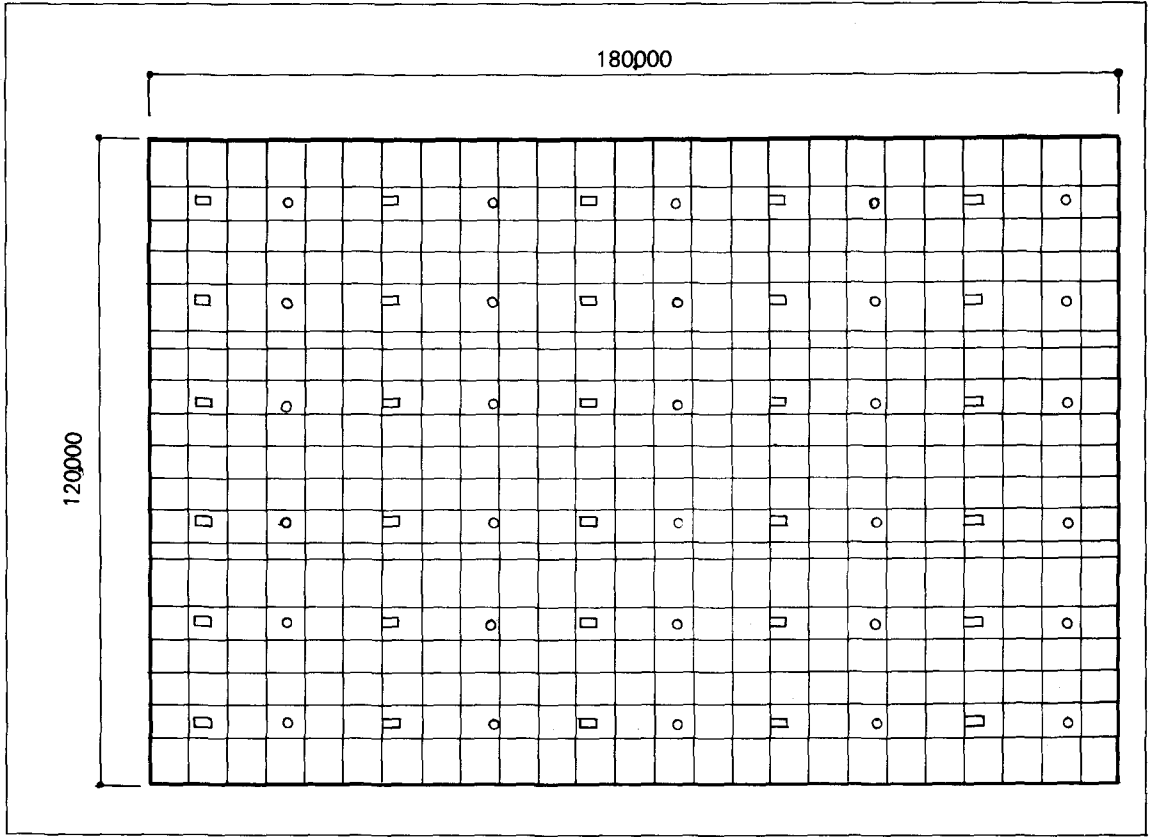
- ① 조작 및 유지보수의 원활성
- ② 신뢰성 있는 작동
- ③ 생산 LINE 변경에 대한 기존 공조설비 재활용
- ④ 분산 MODULE화 및 COMPACT한 CONTROL
- ⑤ 작업 유효 공간 극대화
- ⑥ 개보수 용이성

4. 결론

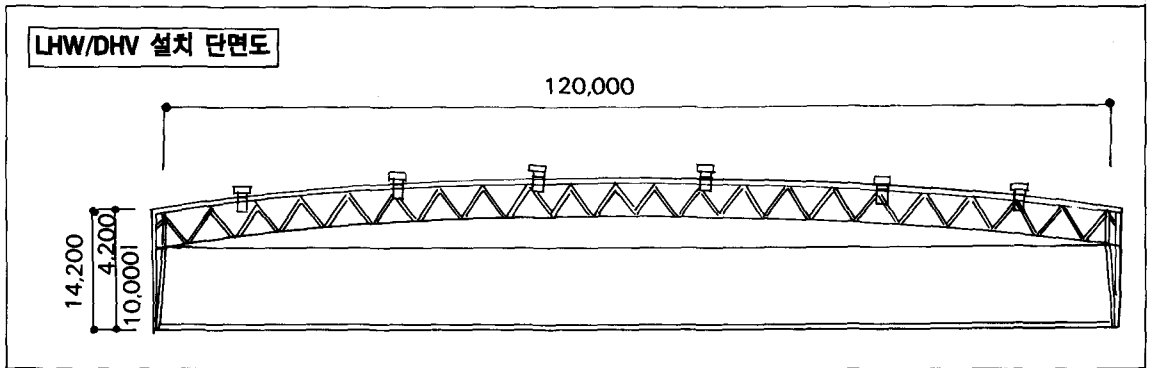
본 공장의 난방 공조 설비는 위에서 언급한 사항들을 최대한 수용하여 설계 및 설치 하였으므로 최상의 공조상태를 유지 하리라 본다.



[그림 13] 횡인공법에 의한 건물신축과 HOVAL UNIT설치



LHW/DHV 설치 평면도



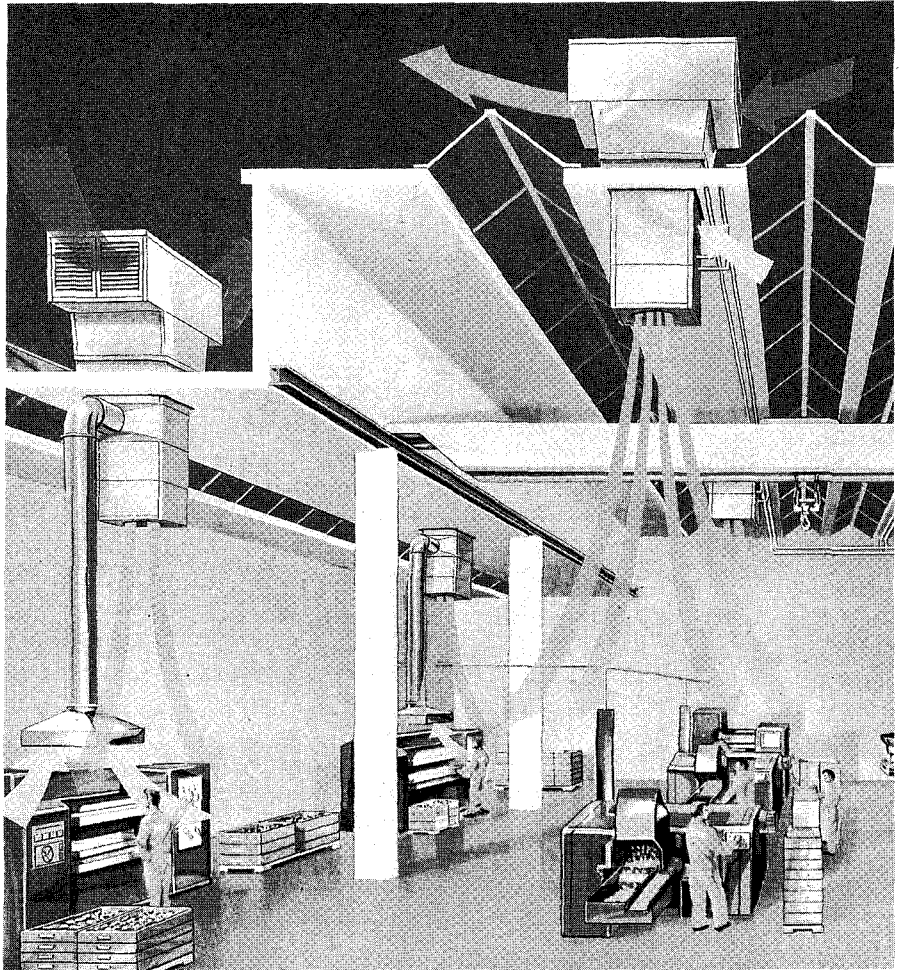
LHW/DHV 설치 단면도

4. 맺음말

지금까지 미흡하나마 대공간 공조 설비의 HOVAL SYSTEM 설치 사례에 대하여 논하였다. 대공간 공조에는 이밖에도 많은 SYSTEM이 연구 개발되고 있지만 국내에 설치된 제품으로는 가장 효율적인 SYSTEM이라고 말하고 싶다.

그리고, 본 서가 많은 분들께 조금이나마 대공간 공조설비의 개념 정립에 도움이 되었으면 한다.

마지막으로 국내 공조 설비의 최근 동향을 알아봄으로서 앞으로의 공조 SYSTEM 개발에 방향을 제시하면서 이 글을 맺고자 한다.



HOVAL SYSTEM은 산업용 공장 및 층고가 높은 건물에 냉·난방 환기를 목적으로 만들어진 유니트로서 덕트의 설치없이 개별적으로 설치·운전하므로 기존의 설비와 달리 공기조절기를 통해 기류분포를 조정하면서 운영한다.

○ 공기 유량이 예전보다 작다. 그래서 공기의 분배는 국지적으로 그리고 자동적으로 행해져야 한다.

○ 건물의 단열이 좋아짐에 따라 냉·난방 시설용량이 줄었다.

<자연 환기 방식은 예외를 제외하면 보조 수단으로만 쓰인다.>

○ 공조 SYSTEM 장치기에서는 유입, 흡입구가 분리된 시설보다 같이 내장된 기기들이 주류를 이룬다.

○ 운전을 탄력적으로 하기 위해 하나의 중앙집중식 기기 대신에 여러개의 분산된 용량이 적은 기계를 사용한다.

○ 값비싼 공간을 아끼기 위해 개별기기들은

천정 밑이나 TRUSS위에 설치한다.

○ 공조 장치 기기에서는 폐열 수거 장치가 장착된다.

○ 온도격차를 막기위해 공기흐름은 수직역류 방식을 채택한다.

○ 가능하다면 DUCT 방식을 생략한다. 그렇게 함으로써 공기 분배에 대한 많은 요구사항이 충족된다.

○ 공조 SYSTEM의 운전(현재 제일 알맞은 운전상태로의 조절)은 자동적으로 이루어져야 한다.

○ 중앙처리 장치와 프로그래밍 가능한 조절 장치가 등장하고 있다.

설비