

# 자동차 공장의 환기장치 설계 사례

김            기            성  
삼    우    설    계    (주)  
설    비    팀            부    소    장

## 1. 머리말

종래의 일반적인 공장은 생산 프로세스나 장치에 대한 온습도 조건이 엄밀하지 않은 경우, 그 작업 환경은 사무소 건축에 비해 온·습도 및 실내 청정도면에서 상당히 낮은 레벨 이었다.

공장 근로자들의 근로조건 향상 요구와 사업주의 근로복지 향상 측면에서 이제 공장의 실내 환경도 사무소 건축수준에 준하는 조건으로 변화하는 추세이다.

그러나 공장은 대체적으로 대공간을 이루고 있어 대용량의 공조 기기를 필요로 함으로 공장건설시 초기 투자비 증가와 그 유지관리비(유틸리티사용량, 전력사용량등) 증가는 생산원가 상승에 직접적인 영향을 미치므로 설계자는 생산 프로세스의 충분한 이해와 대공간 설비 환경 특성에 대해 충분히 검토를 하여 경제적인 설계가 이루어 지도록 하여야 하겠다.

본 보고서에는 대규모 자동차 공장의 환기 설비 설계 사례를 간단하게 기술 하였다.

## 2. 건축개요

- 위    치 : 부산광역시
- 대지면적 : 540,000평
- 구    조 : 철골조
- 주요마감 : 외벽/지붕 THK 50mm  
                  샌드위치판넬
- 건물별 건축현황

## 3. 공조설비계획

### (1) 공장별 생산프로세스 특성

- 차체공장  
자동차 차체를 자동화 로봇으로 용접하는 공장으로 생산 기기로부터 발열이 많고, 용접시 발생하는 용접 GAS는 국부 배기를 실시하여 실외로 배출시키나, 잔류하는 용접 GAS로 인한 실내 오염이 많은 공장 이다.

구분 \ 공장	차체공장	조립공장	엔진공장	주조공장
건축면적(㎡)	34,775.64	63,931.34	27,976.9	15,845.96
연 면 적(㎡)	38,347.30	68,470.07	30,021.9	18,375.97
최고높이(m)	14.85	13.75	14.85	21.5
유 효 고(m)	7	7, 8	7	10, 14.5
건 물 SIZE (m×m)	300×105	405×135	160×160	160×94
SPAN (m×m)	15×15 20×15	15×15	20×20	15×15 20×15

· 조립공장

각 부품공장 으로부터 생산되어진 부품을 종합 조립하여 완제품을 생산하는 공장으로서 물류의 이동이 잦고, 복잡한 생산LINE으로 구성되며 생산 인력이 타공장에 비하여 집중 배치되어 작업 환경에 보다 많은 배려가 필요한 공장이다.

· 엔진공장

자동차 엔진부품을 가공, 조립, TEST하는 공장으로서 부품 가공시 발생하는 OIL MIST에 의해 실내 환경을 저해 시킨다.

OIL MIST는 집진 장치를 통해 처리 배출하나, 잔류하는 OIL MIST를 효과적으로 배출할 필요가 있다.

· 주조공장.

자동차 부품의 재료를 초기 생산하는 공장으로 고열의 용해로와 각 부품의 주조 LINE으로 구성되어 있다.

용해시 발생하는 발열은 대류 및 복사에 의해 실내에 전달되며, 주조시 분진이 발생된다.

(2) 공장 건물의 특성

· 사무소 건물에 비해 건물의 마감재나 구조 특성상 기밀도가 떨어져 외기 침입이 많고 열손실이 심하다.

· 생산 프로세스의 특성상 높은 층고 (MIN 6m, MAX 25m)를 요하고, 요구 면적이 넓어 대공간을 이룬다.(용적 2000㎡ 이상)

· 외부로 부터 물류 이동이 잦아 출입문의 수가 많고 개폐가 잦아 출입문으로 부터의 외기 침입이 많다.

· 온습도조건

구분 \ 조건	외 기 조 건		실 내 조 건	
	건구온도(℃) TAC 2.5%	상대습도(%)	건구온도(℃)	상대습도(%)
하 계	29.7	75	28	-
동 계	-5.8	66	16	-

(3) 설계조건 설정

상기 1.2. 항을 감안하여 각 공장의 특성에 적합한 설계 조건을 설정 하여야 하며, 공장에서 작업자의 작업 형태(운동량), 착의 상태등을 감안하여 실내 온도 조건을 설정 했다.

· 공장별 공조설계 조건

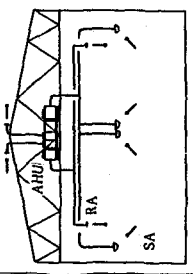
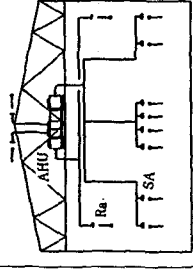
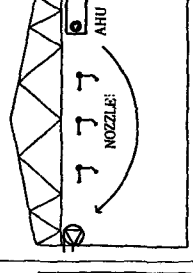
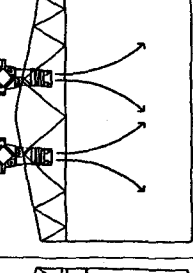
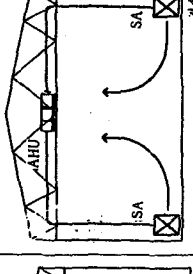
구분 \ 공장	차 체	조 립	엔 진	주 조	비 고
공조구역	F.L + 3.5m	F.L + 3.5m	F.L + 7m	F.L + 3.5m	
공조방식	전반공조	전반공조	전반공조	국부공조	
침입외기	공조용적의 1회/h	공조용적의 1회/h	공조용적의 1회/h	공조용적의 1회/h	
내부발열	94W/㎡	42W/㎡	352W/㎡	100W/㎡	
외기도입량	175,000CMH	61,300CMH	223,000CMH	전외기도입	

※ 1. 내부발열 = 전력사용량(KW) × 0.86 × 가동율(%) × 부하율(%)

2. 외기도입량 : 국부배기량 기준.

4. 공조설비 적용 SYSTEM

(1) 대공간의 공조방식

	COLUMN CHAMBER SYSTEM	SINGLE DUCT SYSTEM (PUNKAR NOZZLE TYPE)	AHU DIRIVENT SYSTEM	CEILING DISCHARGE UNIT SYSTEM	CROSS VENTILATION SYSTEM
개요도					
공조방법 및 특징	기동에 설치된 CHAMBER를 이용 측면에서 공급하는 방식	FL,AM정도의 위치에서 노즐을 이용 작업자에게 불어주는 방식	고속노즐을 통해 상하 공기를 저속 치환하는 방식	천정취출 유니트를 이용 고속 하향 취출방식	바닥설치 저속 취출 유니트를 이용 기류를 저속으로 수평 취출하는 방식
구성요소	공조기, 덕트, COLU-MN CHAMBER	공조기, 덕트, 취출구	공조기, 덕트, DIRIVE-NT FAN, 노즐, 배기 FAN	CEILING DISCHARGE UNIT	바닥설치 저속 취출 유니트
열 장 단 점	원	냉온수, 냉수+증기	냉온수, 냉수+증기	냉온수	냉온수
	장점	냉난방 및 환기가 양호	운전제어성이 양호	냉난방 및 환기가 양호	냉난방 및 환기가 양호
	단점	미관이 양호 운전제어성이 양호	난방 및 환기가 양호 공사비가 비교적 많음	일 미관이 양호 환기가 양호 운전제어성이 양호함	합

## (2) 공조 SYSTEM 선정시 고려 해야할 사항

생산 프로세스의 특성과 대공간 공장 건물의 특성을 감안, 다음과 같은 사항을 고려하여 설계 하였다

- 높은 층고로 인한 난방시 기류 상승 방지대책 수립.
- 대공간을 감안, 적정 공조구역을 설정하여 경제적인 열원장비선정.
- 출입문 및 기타 개구부로 유입되는 외기침입 효율적 차단대책
- 생산 설비와 공조설비가 간섭되지 않도록 하고 설비 성능에도 영향이 없도록 하는 합리적인 기기 배치.
- 생산 프로세스의 특성을 감안 LINE변경시와 증설시 대응 가능한 설비 SYSTEM도 입

## (3) 적용 공조 SYSTEM

### · 공통 적용설비

— 출입문 및 개구부로 부터 유입되는 침입외기 차단대책 : 북,서에 면한 물류 이동이 잦은 출입문에 DOOR HEATER 부착(열원 : 증기 8kg/cm<sup>2</sup>)

— 난방 기류상승 방지책 : DUCT 말단에 설치되는 기구는 NOZZLE형을 사용하여 충분한 도달 거리를 확보하며 거주역(F.L+1.5M)에서 종풍속 0.5~1.2m/sec 유지

— 추후 냉방을 고려한 설계 : 냉방을 고려하여 열매는 냉,온수를 사용하고, 공조기 COIL은 냉,온수 겸용을 사용함.

### · 차체공장

— 설비 계획시 용접때 발생하는 유해 GAS를 효율적으로 배출하기 위한 강제 환기 ZONE 작업자를 위한 공조ZONE, TRUSS상

부 배기를 위한 자연 환기ZONE으로 구성 했다.

### — 공조설비

공조 방식은 AHU + DUCT 방식을 채용하여 작업자를 위한 난방과 환기를 실시했다. 공조 구역은 F.L +3.5M로 설정하고 열원장비 용량 선정시 공조 구역에 해당되는 용량을 산정하여 장비의 과대를 방지했다. 공조 계통은 크게 생산 계통과 비 생산계통으로 분리하고 생산 계통은 동일 용량의 공조기(57,240 CMH)를 8개 ZONE으로 분리설치 하였다. 생산 기술부에서 시행하는 국부 배기량(공조 급기량의 30%)에 해당되는 외기를 공조기로 공급하고 공조기에 ROLL FILTER를 사용하여 외기 및 재순환 공기의

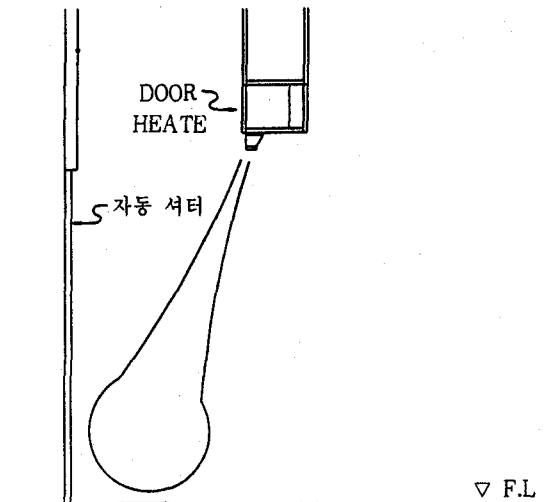


그림 1 DOOR HEATER 설치개념도

오염을 정화했다. 공조기의 열원은 냉,온수로 하고 배관과 공조기용 COIL을 냉,온수 겸용으로 하여 금회 공사는 난방만 실시하나 장래 냉방 도입시에 대응이 가능 하도록 했다. 공조기는 공장내 설치를 배재 TRUSS 하현재 상부에 구조보강 설치하여 생산설비 설치에 보다 많은 면적을 할애 했다. SPIRAL DUCT로 공조 급기를 행하고 DUCT 기구는 NOZZLE형 으로 공조 구역에 해당하는 F.L +3.5m LEVEL에 설치 수직 하향 토출하며 공조구역 F.L+1.5m에서 중풍속 0.5~1.2m/s 유지 조건으로 충분한 도달 거리가 나오도록 전문 MAKER과 사전 협의 검토하여 기구를 선정, 배치하여 난방시 기류 상승에 대비했다. 장래 생산 LINE의 변경에 대응이 가능하도록 전역 공조를 실시 했으나 가능하면 작업자 주위에 DUCT 기구를 배치하여 난방효과를 증대시켰다. 중간기 외기 냉방을 위하여 공조 급기량의 50% 풍량으로 외기 냉방을 실시했다.

- 환기설비

용접시 발생하는 유해 GAS는 생산기술에서 국부 배기를 실시하나 잔류 GAS가 공장내 체류 공장내를 오염시킨다. 용접후 발생하는 흠은 공장 상부로 상승하며 공장 상부에 체류하는 흠을 DIRIVENT SYSTEM으로 강제 환기를 실시했다. 강제환기 구역은 F.L +3.5m~7m로 하고 환기 용적의 1회/hr로 풍량을 선정했다. 환기 구역의 급기를 위해 외조기를 TRUSS 하현재 상부에 설치하며 겨울철 외기공급시 냉기의 하향 방지와 드래프트 방지를 위하여 토출온도 5℃로 급기했다.

- 공조 및 환기장비

장 비	사 양	설치 댓수	비고
공조기	57,240 CMH	8	
외조기 (강제환기용)	17,100 CMH	8	
FAN (외기냉방용)	22,000 CMH	4	
FAN (강제환기용)	17,100 CMH	8	
DIRIVENT	4,320 CMH	8	
FAN	3,240 CMH	3	
DIRIVENT NOZZLE	30 ∅	620	

· 조립공장

- 물류 이동이 잦고 작업자가 타 공장에 비하여 밀집 배치되나 공장내 오염 요소가 적어 작업자 위주의 공조를 실시 했으며, 생산 LINE 변경시 대응이 가능 하도록 COLUMN에 CHAMBER를 설치하여 DUCT 기구를 부착 하였다.

- 공조설비계획

공조설비 개념은 차체 공장과 동일하며 외기 도입량은 최소 외기량(공조급기의 10%)을 도입했다. 공조 계통은 사무 계통과 생산 계통으로 분리하고 사무 계통은 타 공장에 비하여 넓고 산재되어 있음으로 구역별로 묶어 4대의 공조기를 설치 ALL AIR 방식으로 처리 했다.

생산 계통은 동일 용량의 공조기(61,320 CMH)를 10개 ZONE으로 분리하여 TRUSS 하현재 상부에 설치했다. 공장 약270개 COLUMN에 CHAMBER를 설치하여 공조 급기를 공급했다.

- 공조 및 환기장비

장 비	사 양	설치 댓수	비고
공조기	61,320 CMH	10	
FAN (외기냉방용)	24,000 CMH	13	
COLUMN CHAMBER	3,000 CMH (2,00W×2,0 00L×600H)	220	

· 엔진공장

- 부품 가공시 발생하는 OIL MIST는 공장 전체에 잔류하며, 공장 전체를 환기할 필요가 있어 유인유도 방식(DIRIVENT

SYSTEM)을 이용하여 냉.난방 및 환기를 실시했다.

- 공조 및 환기설비 계획.

DIRIVENT SYSTEM은 전역 공조 방식으로 공장 전체에 균일한 온도 분포유지와 공정중 발생하는 유해 GAS를 DIRIVENT NOZZLE에 의해 주위 공기와 혼합 배출함으로 환기 효과가 우수하다. 공조계통은 가공 LINE과 조립 LINE으로 구성 하였으며 OIL MIST의 대부분은 가공LINE에서 발생 되므로 DIRI-VENT SYSTEM으로, 조립 LINE은 NOZZLE형 DIFFUSER로 공조 급기를 행했다. 가공 LINE의 DIRIVENT SYSTEM은 6 개 BLOCK으로 계통을 분리하고, 조립 LINE

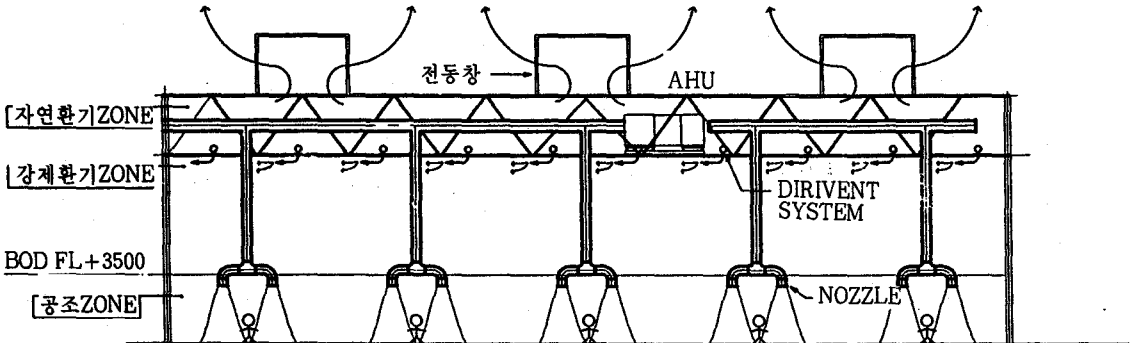


그림 2 자체공장 공조 SYSTEM 개념도

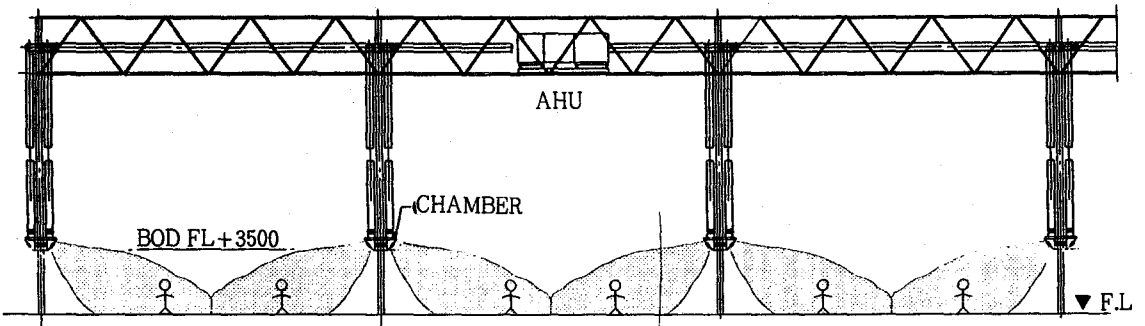


그림 3 조립공장의 공조 SYSTEM 개념도

은 2계통으로 분리했다. DIRIVENT SYSTEM은 수평NOZZLE, 수직NOZZLE, DIRIVENT FAN으로 구성되며 동절기 난방시는 수평NOZZLE과 수직NOZZLE을 동시에 가동시켜 상승되는 기류를 억제시켜 상하간의 온도구배는 0.5℃/m 이하를 유지한다. 중간기와 하절기는 수평NOZZLE만 가동시켜 냉방 효과와 ENERGY 절감을 한다.

- 공조 및 환기장비

장 비	사 양	설치 댓수	비고
공조기	82,000 CMH	8	
FAN (외기냉방용)	40,800 CMH	6	
DIRIVENT FAN	2,520 CMH	6	
	5,940 CMH	6	
	8,910 CMH	6	
DIRIVENT NOZZLE	30Φ(수직형)	66	
	30Φ(수평형)	120	

· 주조공장

- 용해 및 주조시 발생하는 복사, 대류열을 차단하기 위해 CROSS VENTILATION SYSTEM을 적용하였으며, 작업자의 거주 구역에 SPOT COOLING & HEATING을 실시했다.

- 공조설비계획

주조 공장은 고열이 발생함으로 하절기에 효과적인 열배기와 냉방이 중요하다. 공장 외곽에 공조실을 3개소 확보 공조기를 설치했다. 공조방식은 작업자 거주 구역에 SPOT COOLING & HEATING을 실시 했으며 공조기는 실내 공기 오염이 많을 것으로 예상하여 전외기 공조기를 설치했다. 용해시와 주조시 발생하는 DUST는 생산기술에서 집진 처리하며 설계에서는 배기량에 준하여 외기를 도입 공급한다. 외기도입시 60%는 공조기로 공급하며 40%는 별도의 급기FAN으로 용해로와 주조기 주위 바닥에 설치된 저속취출 유니트로 급기하여 용해시 발생하는 복사열과 대류열 차단 효과를 기대했다.

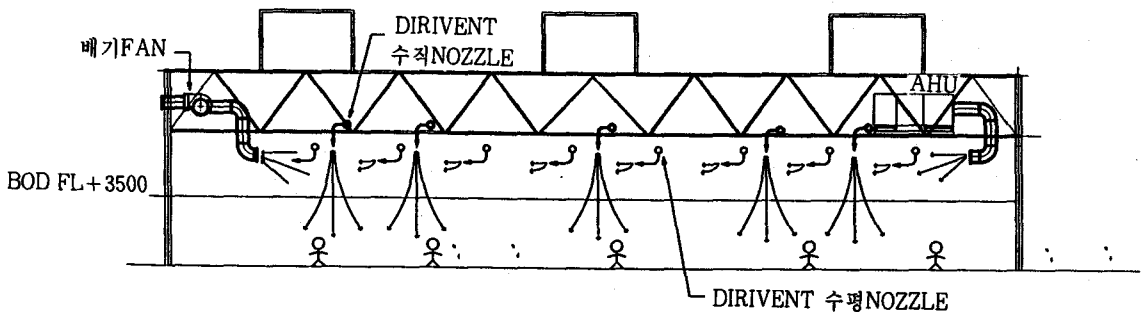


그림 4 엔진공장 공조 SYSTEM 개념도



- 공조 및 환기장비

장 비	사 양	설치 댓수	비고
공조기	17,600 CMH	1	
	44,800 CMH	1	
	59,200 CMH	1	
	43,200 CMH	1	
FAN (외기급기용)	25,000 CMH	5	
저속취출 UNIT	6,250 CMH	12	
	2,100 CMH	12	

근하여야 하며, 건축계획적인 측면에서 환기 계획, 외피구조계획이 잘 이루어져야 한다. 이러한 관점에서, 건축의 계획단계에서부터 설비설계자가 적극적으로 참여할 필요가 있다. 한편, 설비적으로는 부하조건, 특히 내부 부하의 변화조건을 충분히 고려해야 하며, 대류 및 복사열 현상을 고려한 냉,난방 방식을 선정해야 한다. 자동차공장, 특히 자동차를 생산하는 주요과정이 모두 망라되어 있는 본 공장과 같은 경우는 각 공장내부의 열부하조건 및 오염원 발생조건이 모두 다르므로 각 공장마다 적절한 공조 및 환기계획을 수립해야 하며, 그것을 위해서는 각 공장의 생산에 직접 관여하고 있는 생산기술담당자와의 충분한 사전협의를 거치면서 설계를 진행해야 한다고 생각된다.

5. 맺음말

대공간의 공조 및 환기계획은 공간의 특수성으로 인해 건축원론적인 단계에서부터 접

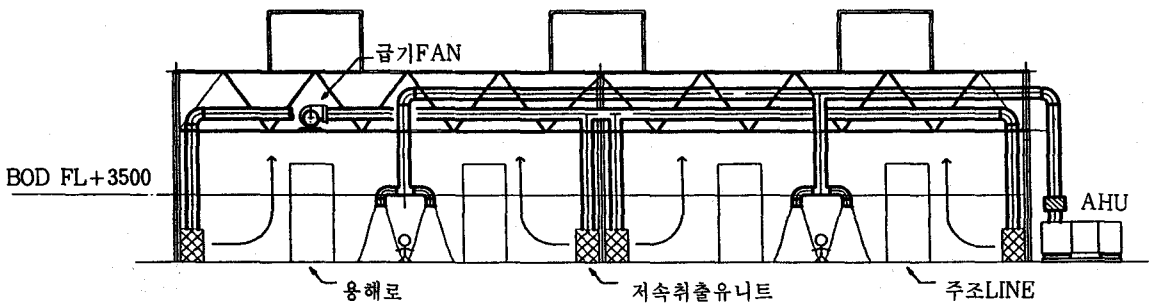


그림 5 주조공장 공조 SYSTEM 개념도