

공조 덕트 크리닝 기술

김 정 호
한국캠브리지필터(주)/공장장

1. 서론

최근의 빌딩과 건축물은 태양의 빛, 자연의 소리 및 외기의 온도, 습도변화등 외부환경을 완전히 차단하고 인위적으로 조절하여 실내환경을 관리하고 있다. 그러므로 건축기준법, 설비관리 및 환경기준 관련 법령은 이러한 시설물(중요한 설비물, 공조기 및 덕트등)에 대하여는 엄격히 관리, 규제하고 있으나 실내환경 오염의 규제는 거의 방치되어 왔다. 빌딩과 건축물이 노후화되어 감에 따라 덕트내 먼지가 쌓이게 되고, 실내의 공기가 오염되고, 악취가 나게 되고, 누적된 분진에 의하여 덕트내의 화재의 요인도 높아지고 있다. 이러한 공기를 계속 호흡하게 되므로 불쾌감을 느끼는 물론 건강저해의 요인이 되고 있다.

실내로 유입되는 공기는 전처리필터 또는 중성능필터가 설치되어 있으나 미세한 부유분진은 통과하면서 세균, 곰팡이의 포자등이 유입되어 실내에 순환되므로 전염병 발생율이 증가되고 건강저해의 요인이 크게 증가된다.

본고를 통하여 우리나라도 신속한 경제성

장에 발맞추어 쾌적한 실내환경을 능동적으로 창출하는데 도움이 되길 바란다.

2. 덕트 크리닝의 필요성

최근 공조덕트 내부에 누적된 분진, Glasswool 및 박테리아등이 비산되는 현상이 일어나고 있으며 이것은 기관지염등 각종 질병을 유발시키게 된다. 또한 누적된 먼지로 인하여 배기덕트, 순환덕트 및 실내 변전소등에 화재의 요인이 증가되고 있다. 특히 최근 지하철 역사의 공조덕트에도 누적된 분진, Glasswool 및 박테리아 등으로 인하여 실내공기가 심하게 오염되는 현상도 있다.

입자경의 크기가 $0.3 \sim 10 \mu\text{m}$ 이하는 중성능필터를 통과하여 덕트내부에 누적된다. 공기조화장치의 가습풍압에 의거 분진이 뭉쳐져서 크게(직경 $100 \sim 400 \mu\text{m}$)되어 덕트내부에 누적된다. 이의 재비산으로 인하여 제품, 상품(IC, 초LSI 인쇄물, 정밀기기, 식품포장기) 등의 불량품의 원인이 된다. 또한 이의 재비산으로 인하여 냉온방장치의 효율저하 및 에너지비용 상승의 요인이 된다. 덕트내부에 누적

된 먼지중에는 1㎤당 곰팡이, 박테리아가 수만개~수십만개로 번식되기도 한다.

이러한 오염된 공기를 매일 마시게되면 예기치 못하는 질병(알레르기성비염, 폐염, 두통 에어컨병등)이 발생할수도 있다.

3. 덕트 크리닝의 효율적 방법

3.1 크리닝 공법별 특징

1) D.C.C 工法

Beading nozzle(공기압 이용노즐)로 누적된 먼지를 고압 공기로 말단방향으로 분사시킨다. 토출구로 낙하 및 집진시키는 공법이다. 표면의 큰입자와 건조한 입자를 제거시키는 공법이다. 습기와 유지분이 부착된 먼지는 덕트코너에 밀착되므로 습기와 유지분이 부착된 먼지를 제거하는 것이 관건이다. 그러므로 대량의 공기가 필요하다. 작업중 재비산된 먼지를 제거하는 것이 매우 중요하다.

2) P.C.G 工法

20m/sec의 고품속으로 누적된 분진을 제거하는 공법이다. 공조기와 가까운 거리에 집진기와 흡인기를 연결하고 덕트내에 초속 20m의 진공회전 난기류를 발생시켜 먼지와 세균을 강력히 흡인하는 공법이다. 스트리머(Streamer)가 덕트내부를 이동하면서 벽면에 부착된 먼지를 집진기 및 흡인기로 제거한다. 덕트접속점, 덕트분기점, 덕트코너 부분등에 누적된 분진의 완전제거에 어려움이 있다. 각 분기점의 덕트의 크기에 따라 스트리머(Streamer)를 교체해야되는 어려움이 있다.

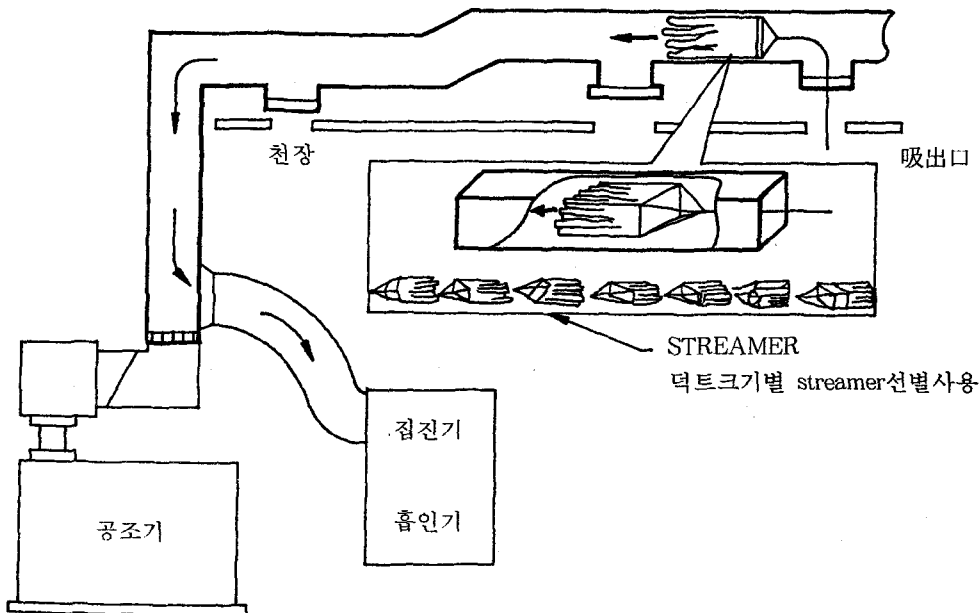


그림1 P.C.G 공법 시스템 개념도

3) M.T 덕트청소 로봇 시스템 工法

덕트청소용 로봇을 이용하여 덕트내 누적된 분진을 제거하는 공법이다.

로봇은 진동로봇, 에어모터 로봇등을

사용하여 덕트내 누적된 분진을 분사시켜 대형 집진기로 제거한다. 고압 에어콤푼렛샤로 압축한 공기를 에어모터 로봇에 보내는 방법이다.

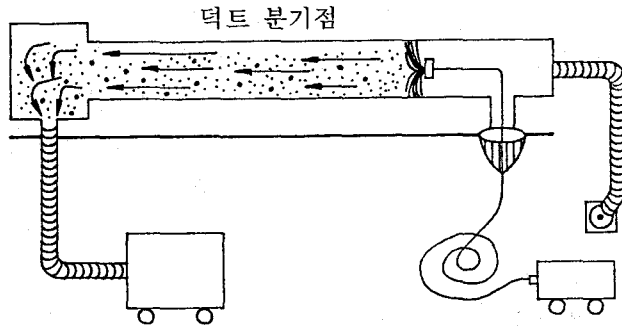


그림2 M.T 덕트 청소로봇 시스템 공법의 덕트분기점 작업도

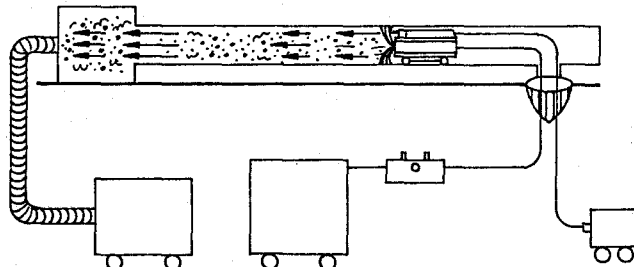


그림3 M.T 덕트 청소로봇 시스템 공법 에어모터 로봇 작업도

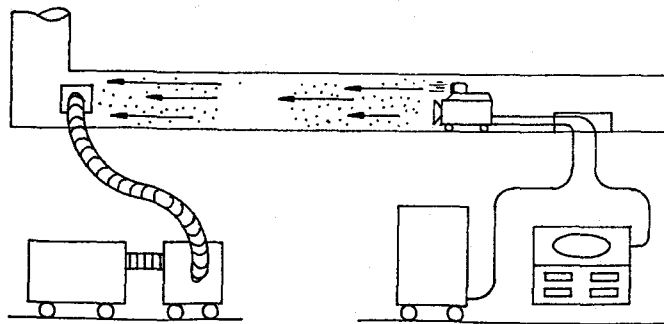


그림4 M.T 덕트 청소로봇 시스템 공법의 진동로봇 작업도

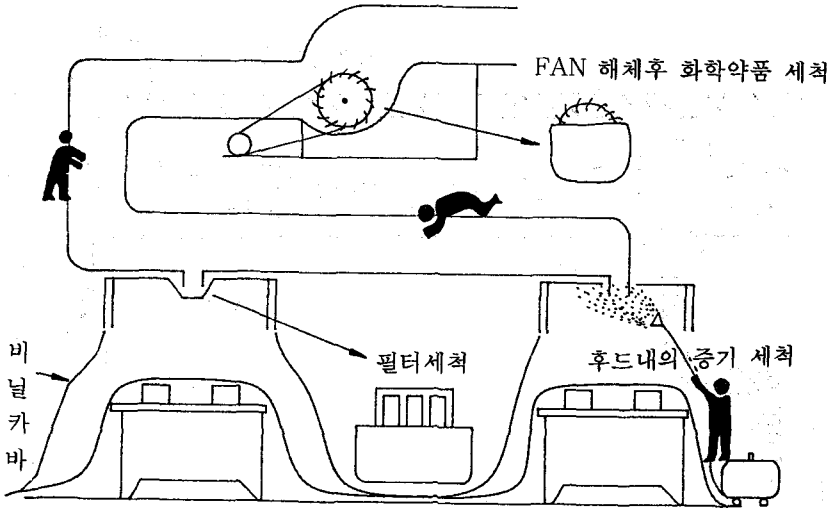


그림5 M.T 덕트 청소로봇 시스템 공법의 주방 배기덕트 청소 작업도

덕트내의 뱀피, 덕트의 분기점, 덕트의 코너부분 및 덕트의 굴곡부분등에서의 로봇의 원활한 작업여부가 관건이 된다.

4) 北九州 工法

北九州 工法은 二連式 Air pack이 4가지 운동을 행하여 덕트내 누적된 분진을 제거하는 공법이다. 4가지 운동은 피스톤운동, 진폭운동, 소용돌이운동 및 선회운동이다. 이 공법도 역시 덕트내의 뱀피, 덕트내의 분기점, 덕트의 코너부분 및 덕트의 굴곡부분등에서의 Air pack의 원활한 작업여부가 관건이 된다.

5) Duct Brushing Cleaning 工法

공조덕트 내부에 누적된 분진을 부라쉬가 부착된 로봇을 이용하여 제거하는 공법이다. 왕복형 에어컴프레셔로 공기를 압축하여 부라쉬 로봇이 탈착시킨 분진을 강제로 Bag Filter내로 이동시켜 제거하는 방법이다. 이 공법도 역시 덕트내의 뱀피, 덕트의 분기점, 덕트의 코너부분 및 덕트의 굴곡부분등에서의 부라쉬 로봇의 원활한 작업여부가 관건이 된다.

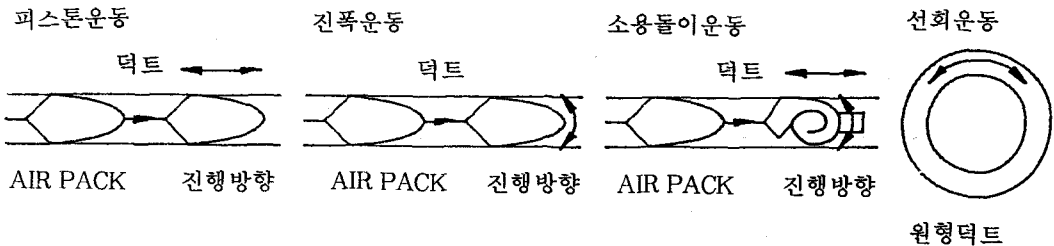


그림6 北九州 工法の 二連式 4가지 運動圖

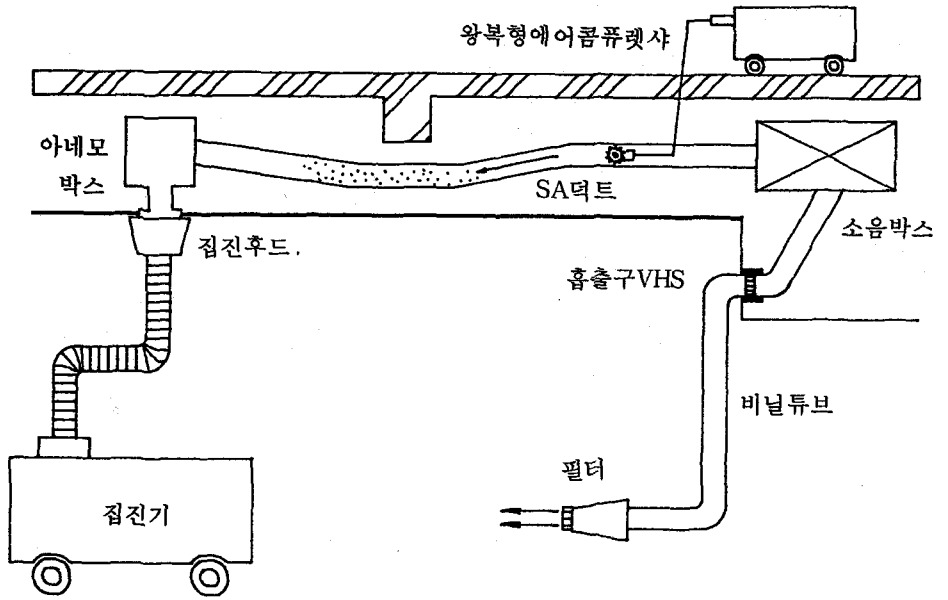


그림7 D.B.C 공법의 작업도(SA덕트)

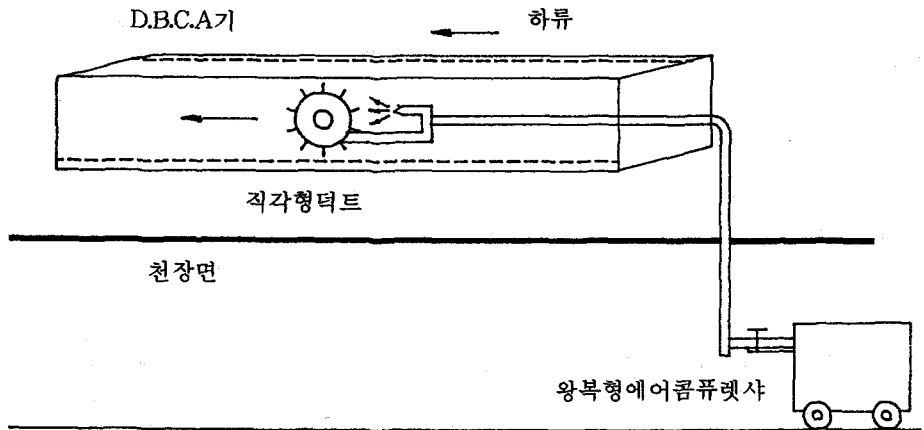


그림 8 D.B.C 공법의 작업도(직각형 덕트)

6) Venturi 工法

Venturi 공법은 Venturi·guide板을 이용하여 고압공기를 Venturi·guide板에서 확산 분사시켜 덕트 벽면측 공기의 유속을 극대화하여 덕트 벽면에 부착된 누적된 먼지를 제거

하는 공법이다.

덕트의 아네모셔트(Anemo·shut)를 개방하지 않고도 작업이 가능하다. 덕트 벽면의 풍속이 초고풍속으로 분진제거 효율이 좋으므로 집진기의 용량이 작은것이 특징이다.

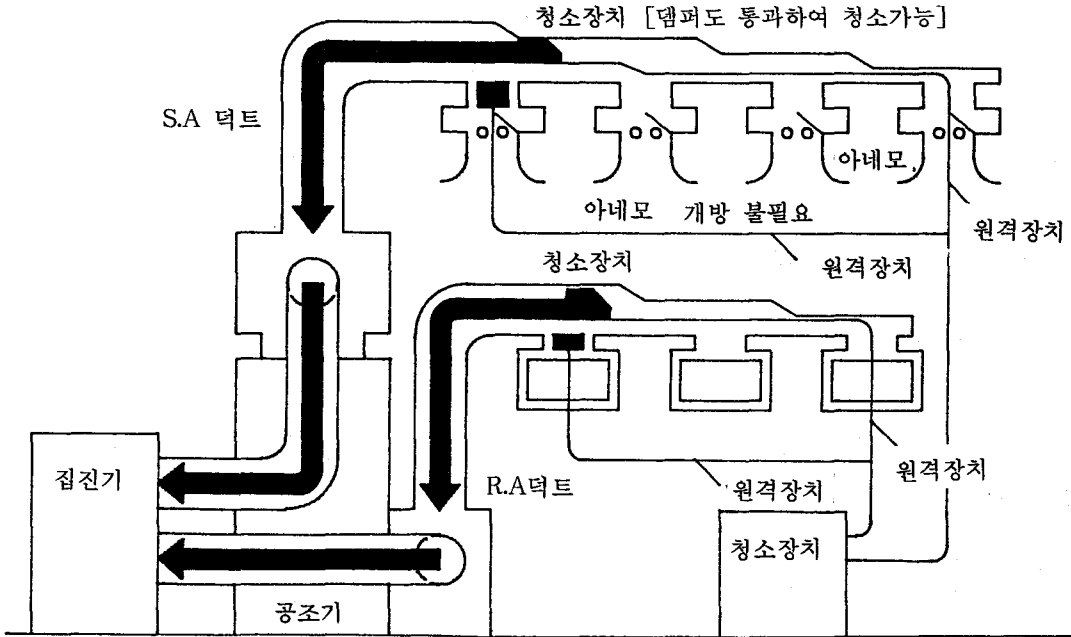
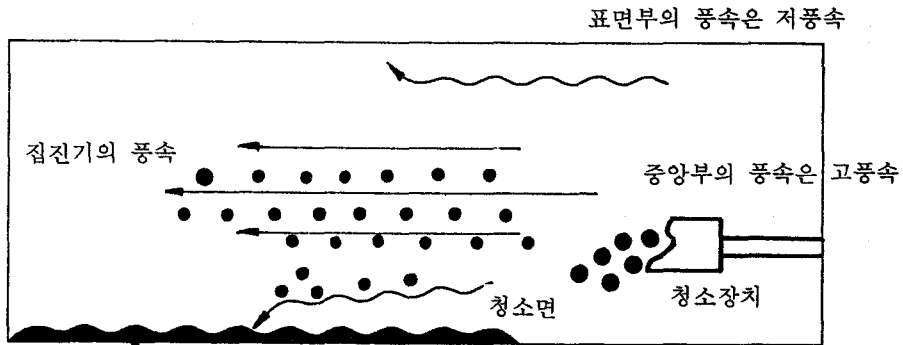


그림 9 VENTURI 공법의 작업도



공기저항으로 벽면 풍속은 중앙부 풍속의 1/10이하

그림 10 일반공법의 덕트내 유속(벽면풍속 : 저풍속)

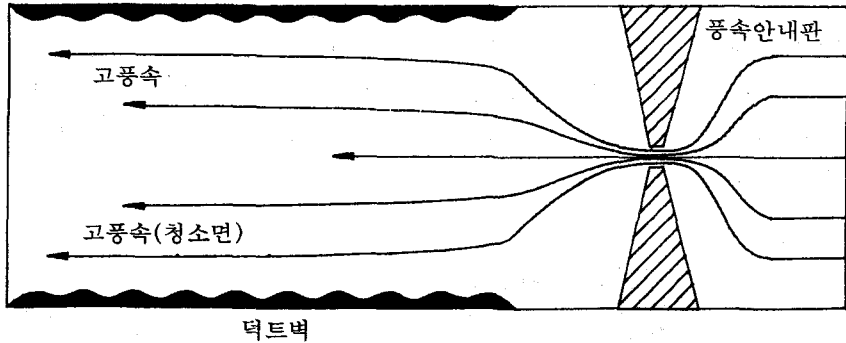


그림 11 VENTURI 공법의 덕트내 유속(벽면풍속 : 고풍속)

3.2 작업 전후의 분진농도 감소 결과

작업 전후의 분진농도 감소 결과는 덕트 크리닝 기술능력의 척도가 된다. 덕트 크리닝

의 역사는 약 15년전부터 시작되었다. 도입기 (10~15년전), 발전기(5~13년전) 및 성장기 (1~2년전)의 결과는 다음과 같다.

도입기(10~15년전)의 결과 현황

측정장소	청 소 전	청 소 후	제 거 율	비 고
A덕트	0.06mg/m ³	0.05mg/m ³	16.7%	측정계기 : 柴田 디지털분진계
B덕트	0.06mg/m ³	0.04mg/m ³	33.3%	
C덕트	0.06mg/m ³	0.05mg/m ³	16.7%	
D덕트	0.07mg/m ³	0.05mg/m ³	28.6%	
E덕트	0.07mg/m ³	0.05mg/m ³	28.6%	
합계	0.32mg/m ³	0.24mg/m ³	25.0%	
평균	0.064mg/m ³	0.048mg/m ³	25.0%	

발전기 (5~13년전)의 결과 현황

측정장소	청 소 전	청 소 후	제거율	덕트설치경과년수	비 고
A덕트	0.021mg/M ³	0.009mg/M ³	57.1%	10年	측정계기: 柴田 디 지 털분진계
B덕트	0.028mg/M ³	0.014mg/M ³	50.0%	"	
C덕트	0.030mg/M ³	0.014mg/M ³	53.3%	"	
D덕트	0.039mg/M ³	0.014mg/M ³	64.1%	"	
E덕트	0.029mg/M ³	0.012mg/M ³	58.6%	15年	
F덕트	0.039mg/M ³	0.014mg/M ³	64.1%	"	
G덕트	0.028mg/M ³	0.012mg/M ³	57.1%	"	
H덕트	0.018mg/M ³	0.009mg/M ³	50.0%	"	
I덕트	0.040mg/M ³	0.015mg/M ³	62.5%	20年	
J덕트	0.038mg/M ³	0.014mg/M ³	63.2%	"	
K덕트	0.039mg/M ³	0.014mg/M ³	64.1%	"	
L덕트	0.042mg/M ³	0.015mg/M ³	64.3%	"	
M덕트	0.078mg/M ³	0.018mg/M ³	76.9%	30年	
N덕트	0.050mg/M ³	0.014mg/M ³	72.0%	"	
O덕트	0.039mg/M ³	0.014mg/M ³	64.1%	"	
P덕트	0.042mg/M ³	0.015mg/M ³	64.3%	"	
합계	0.6mg/m ³	0.217mg/m ³	63.8%		
평균	0.0375mg/m ³	0.0136mg/m ³	63.7%		

성장기(1~2년전)의 결과 현황

측정장소	청 소 전	청 소 후	제 거 율	비 고
A덕트	0.494 mg/m ³	0.005 mg/m ³	99.0%	측정계기:柴田디지털분 진계
B덕트	0.094 mg/m ³	0.009 mg/m ³	90.4%	
C덕트	0.047 mg/m ³	0.004 mg/m ³	91.5%	
D덕트	0.081 mg/m ³	0.009 mg/m ³	88.9%	
E덕트	1.136 mg/m ³	0.009 mg/m ³	99.2%	
F덕트	0.759 mg/m ³	0.002 mg/m ³	99.7%	
G덕트	0.189 mg/m ³	0.004 mg/m ³	97.9%	
H덕트	0.122 mg/m ³	0.006 mg/m ³	95.1%	
I덕트	0.185 mg/m ³	0.002 mg/m ³	98.9%	
J덕트	1.038 mg/m ³	0.001 mg/m ³	99.9%	
K덕트	0.086 mg/m ³	0.000 mg/m ³	100%	
합계	4.231 mg/m ³	0.051 mg/m ³	98.8%	
평균	0.3846mg/m ³	0.0046mg/m ³	98.8%	

상기 결과와 같이 도입기에 비하여 성장기에는 농축분진의 제거효율이 크게 신장되었음을 알 수 있다. 우리나라의 경우는 현재 도

입기에 있다. 그러므로 선진국의 최선工法の 도입이 매우 중요하다.

3.3 작업 전후의 공조기의 풍속과 풍량변화 결과

흡출구의 면적		덕트청소전 풍속과 풍량		덕트청소후 풍속과 풍량	
흡출구번호	면적 m ²	풍속 m/sec	풍량 cmm	풍속 m/sec	풍량 cmm
1	0.07	0.83	210.2	1.03	259.6
2	0.05	1.36	244.9	1.68	302.4
3	0.05	1.40	252.2	1.73	311.4
4	0.07	1.41	363.3	1.78	448.6
5	0.05	1.99	358.7	2.46	412.8
6	0.05	2.23	401.0	2.75	495.0
7	0.07	1.78	419.1	2.20	554.4
8	0.05	2.41	433.0	2.97	534.6
9	0.05	0.32	56.9	0.29	70.2
10	0.07	1.18	298.0	1.46	367.9
11	0.05	3.06	548.2	3.76	676.8
12	0.05	1.06	191.0	1.31	215.8
13	0.05	0.83	150.2	1.03	185.4
14	0.05	0.91	163.3	1.12	201.6
15	0.05	0.64	115.2	0.79	142.2

(송풍량은 평균 23.5% 증가됨)

이상의 결과와 같이 공조기의 에너지 절감효과를 얻게 된다.

3.4 덕트 크리닝 시스템의 향후 개선방안

덕트내에는 작업에 장애를 주는 여러가지 물건이 존재하므로 이러한 장애물에 구애받지 않고 작업이 가능하며 농축 분진의 제거효율이 좋은 工法이 계속 개발되어야 한다. 또한 고층건물의 경우 장비를 엘리베이터로 운반하여야 하므로 모든 장비는 엘리베이터로 반입이 가능한 소형화(Compact type)로 설계 제작되어야 한다. 나아가 작업공기단축이 가능하고 공조기의 동력손실의 감소가 가능하고 省力化가 가능한 工法이 계속 개발되어야 한다. 제거된 분진의 포집효율이 좋은 Bag filter도 개발되어야 한다. 작업중 소음과 진동이 공해기준치 이하가 되어야하며 덕트

말단부분에 특히 진동과 소음이 감소되어야 한다.

4. 호흡성 분진의 규제 농도

실내 공기오염으로 인하여 각종 질병이 야기되므로 우리나라에서도 법적으로 허용되는 기준을 정하여 관리하고 있다. 노동부고시 제 91-21호 및 산업안전보건 훈령집의 총분진의 허용 농도 및 호흡성 분진의 허용농도는 다음표와 같다.

産業安全保健訓令集

표 1. 총분진의 허용농도

분진 의 종류		허용농도
제 1종 분진	<ul style="list-style-type: none"> ◎유리규산(SiO₂) 30% 이상의 분진 ◎활석(Talc : 3MgO · 4SiO₂ · H₂O) ◎납석(Agalmatolite : Al₂O₃ · 4SiO₂ · H₂O) ◎알루미늄(Aluminum : Al) ◎황화광(Sulfide ore) 	2mg/m ³
제 2종 분진	<ul style="list-style-type: none"> ◎유리규산(SiO₂)30%미만의 광물성 분진 ◎산화철(Iron oxide : FeO) ◎천연흑연(Natural grahite) ◎카본블랙(Cabon Black) ◎활성탄(Activated carbon) ◎석탄(Coal dust) 	5mg/m ³
제 3종 분진	<ul style="list-style-type: none"> ◎기타분진 (유리규산 1%이하) <ul style="list-style-type: none"> · 알파 알루미나(α-Alumina : Al₂O₃) · 알루미늄 금속(Aluminum metal dust, as Al) · 탄산칼슘(Calcium carbonate : CaCO₃) · 칼슘실리케이트(Calcium Silicate) · 셀룰로우스(Cellulose, paper) fiber : <C6H1005)n · 에머리(Emery) · 글리세린 미스트(Glycerin mist : C₃H₃O₃) · 합성흑연(Graphite, synthetic) · 석고(Gypsum) · 고령토(Kaolin) · 석회석(Lime stone) · 자철광(Magnesite : MgCO₄) · 대리석(Marble) · 규조토(Diatomaceous earth) · 광물털섬유(Mineral wool fiber) · 시아질산 펜타에리트리톨(Pentaerythritol) · 소석고(Plaster of Paris) · 펄라이트(Perlite) · 포틀랜드시멘트(Portland cement) · 루지(Rouge) · 규소-비결정체(Silica-amorphous) · 실리콘(Silicon) · 탄화규소(Silicon-carbide : SiC) · 전분(Starch : (C₆H₁₀O₅)_n) · 자당(Sucrose : C₁₂H₂₂O₁₁) · 이산화티타늄(Titanium dioxideTiO₂) · 식물성 오일 미스트 (Vegetable oil mist, except castor, cashew nut, or similar irritant oils) · 스테아린산 아연(Zinc stearate : (C₁₇H₃₃O₂)₂) · 산화아연분진(Zinc oxide dust : ZnO) 	10mg/m ³

분진 의 종류		허용농도
석면 및 기타분진	◎석면(길이 5 μ m 이상)	
	• 아모사이트(Amosite : 5.5FeO • 1.5MgO • 8SiO ₂ H ₂ O)	0.5개/cm ³
	• 크리스토알 (Crysotile : 3MgO • 2SiO ₂ • 2H ₂ O)	2개/cm ³
	• 크로시도라이트 (Crocidolite : NaO • Fe ₂ O ₃ • 3FeO • 8SiO ₂ • H ₂ O)	0.2개/cm ³
	• 기타형태 (Other forms)	2개/cm ³
	◎면분진 (Cotton dust)	0.2mg/m ³
	◎소우프스톤(Soap stone)	6mg/m ³

표 2. 호흡성 분진의 허용농도

분진 의 종류		허용농도
호흡성 분진	◎석탄분진 (Coal dust)	2mg/m ³
	◎천연흑연 (Graphite, natural)	2.5mg/m ³
	◎파라쿼트 (Paraquat)	0.1mg/m ³
	◎실리카-결정체 (Silica-Crystalline)	
	• 크리스토파라이트 (Crystobalite)	0.05mg/m ³
	• 석영 (Quartz)	0.1mg/m ³
	• 규소 (Silica, fused)	0.1mg/m ³
	◎트리다마이트 (tridymite)	0.05mg/m ³
	◎트리폴리 (Tripoli)	0.1mg/m ³
	◎소우프스톤 (Soap stone)	3mg/m ³
	◎활석 (Talc, 석면비함유)	2mg/m ³
	◎바나듐 분진 및 흙 (Vanadium dust & fume)	0.05mg/m ³
	◎카드뮴 분진 및 염 (Cadmium dust & salt, as Cd)	0.5mg/m ³

이상의 허용농도를 유지하기 위하여 공조기의 Supply Air line 및 Return Air line에 전처리 및 중성능 필터를 사용하고 있으나 공조덕트의 설치 연한이 길어지면 누적된 분진의 농도가 높으므로 필터만으로는 상기의 허용농도를 완벽히 제거 할 수 없다. 그러므로 덕트 크리닝은 필수적인 것이다.

5. 덕트 크리닝 사업의 전망

선진국의 경우 약15년전에 이 사업이 도입되어 약10년간은 작업실적이 미진하였으나 최근 1~2년동안 작업실적이 급상승하고 있다. 그 이유는 덕트 설치연한이 약10년 이상 되면 누적된 분진으로 인하여 필터 단독으로는 호흡분진의 허용농도 기준치를 유지하기 어렵기 때문이다. 또한 분진이 누적되면 화재의 위험이 있고 각종 미생물 및 병원균이 서식하게 되므로 질병발생의 요인이 커지기 때문이다.

우리나라도 1960년대 이후 공조덕트가 많이 설치되었고 특히 지하철 역사의 공조덕트의 오염도가 점차 심해지고 있다. 이러한 관점에서 볼때 우리나라도 이 사업의 필요성이

질실하므로 사업의 전망도 매우 밝다고 본다.

6. 결론

덕트 크리닝의 효과는 공장에서 생산하는 각종 제품의 불량율을 감소시키고 질병을 방지하며 정밀기기등의 기능장애를 감소시키게 된다. 또한 덕트의 화재예방, 냉난방비의 절감 및 각종 냄새의 감소효과도 있다. 이와 같이 각종 산업의 첨단화 및 각종 덕트의 노후화에 비례하여 이 사업의 필요성이 점차 커지게 된다고 본다.

-참고문헌-

1. Clean Technology (Japan):1992.10(제 2권 제10호)~1994.3 (제 4권 제3호)
2. 설비와 관리(일본):1994.3 (제28권 제3호)
3. 건축설비와 배관공사(일본):1993.12(제31권 제13호)
4. 산업안전보건훈령집 및 노동부고시 제91-21호
5. 공개특허공보(A)(일본):1989년 10월 16일