EFC (Electrostatic Fume Collector) 실증 Plant의 장기운전에 따른 문제점 개선 및 최적 유지 관리 방안에 관한 연구

황 열 순

시흥녹색환경지원센터

최 종 보 고 서 (초안)

(2014)년도 환경기술연구개발사업으로 연구 진행중인 『EFC (Electrostatic Fume Collector) 실증 Plant의 장기 운전에 따른 문제점 개선 및 최적 유지 관리 방안에 관한 연구』에 관한 연구의 최종보고서(초안)를 붙임과 같이 제출합니다.

붙임 : 1. 최종보고서 (초안) (1)부. (끝)

연 구 기 관 : (주)한독이엔지

연구책임자 : 황 열 순 (인)

연구기관장 : 황 열 순 직인

시흥녹색환경지원센터장 귀하

제 출 문

시흥녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “EFC (Electrostatic Fume Collector) 실증 Plant의 장기 운전에 따른 문제점 개선 및 최적 유지 관리 방안에 관한 연구”에 관한 중간보고서로 제출합니다.

연구기관명 : (주)한독이엔지

연구책임자 : 황 열 순

연 구 원 : 이 돈 길
이 은 일
정 성 모
박 우 성

공동연구기관명 : 한국산업기술대학교 김덕현 교수

CONTENTS

Summary (Korean) ····· i
Summary (English) ····· ii
Contents ····· iii
Chapter 1. Introduction ····· 1
1.1. Importance ····· 2
1.2. Objectives ····· 4

Chapter 2. Technology status ····· 5
2.1. Status of preexistence technology ····· 6
2.2. Status of waste-gas technology for textile company ····· 10

Chapter 3. Experiments ····· 14
3.1. The precent state investigation company and Pilot ····· 15
3.2. The property of tenter process ····· 15
3.3. The method of study ····· 16
3.4. Material and method ····· 18

Chapter 4. Results and Discussion ····· 19
4.1. Method for changing EFC operating mode ····· 20
4.2. Pre-work for duct route change ····· 23
4.3. Design & manufacture of pre-treatment equipment of EFC ····· 24
4.4. Improvement activity for changing EFC operating mode ····· 28
4.5. EFC operating results after improvement activity ····· 32
4.6. Conclusion ····· 49

Chapter 5. Achievements and Contribution ····· 51
5.1. Expectation ····· 52
5.2. Future plan of applications and Feasibility of commercialization ····· 52

Chapter 6. Reference ····· 53

목 차

SUMMARY ····· i
CONTENTS ····· ii

제 1 장 서 론 ····· 1
1.1 연구의 필요성 ····· 2
1.2 연구의 목적 ····· 4

제 2 장 국내외 기술 개발 현황 ····· 5
2.1 기존 대기오염 방지기술 현황 ····· 6
2.2 섬유염색업체 악취 방지기술 현황 ····· 10

제 3 장 연구수행내용 ····· 14
3.1 연구 대상 업체선정 ····· 15
3.2 연구 대상 업체 텐타 공정 특성 ····· 15
3.3 연구 수행 내용 ····· 16
3.4 분석 및 방법 ····· 18

제 4 장 연구결과 ····· 19
4.1 EFC 운용방법 변경 ····· 20
4.2 EFC Duct 연결 변경을 위한 사전 작업 ····· 23
4.3 EFC 전처리 장치(흡수탑) 설계 및 제작 ····· 24
4.4 EFC 운용 개선을 위한 작업 ····· 28
4.5 운용방법 개선 후 EFC 운전 결과 ····· 32
4.6 결론 ····· 49

제 5 장 연구결과의 활용계획 ····· 51
5.1 기대효과 ····· 52
5.2 향후 연구계획 및 사업성과 활용방안 ····· 52

제 6 장 참고문헌 ····· 53

제 1 장 서 론

1.1. 연구의 필요성 ····· 2
1.2. 연구의 목적 ····· 4

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성

섬유염색업종은 원단을 가공하는 업종으로 염색 및 가공 중에 사용되는 약품 또는 원단에 있던 물질들이 약품에 의해 휘발되면서 악취를 발생시킨다. 섬유염색 업종의 날염, 섬유염색, 정련, 염료 배합, 텐타공정 중에서, 주요 악취 배출공정은 텐타공정으로 알려져 있다.

시화/반월 산단 내 섬유염색업종의 텐타시설은 150 ~ 200개의 범위로 판단되며, 배출오염원과 배출상태는 거의 유사하다. 섬유염색업종의 특성상 다량으로 배출되는 고온의 열풍과 섬유에서 탈리된 섬유먼지와 함께 악취를 유발하는 오염물질들이 인근 주거지역으로 확산됨으로써 주민들의 민원제기가 끊이지 않는 실정이다.

시화/반월 산단 내 섬유염색 업체들은 텐타에서 배출되는 가스를 처리하기 위한 방지시설로 대부분 흡수에 의한 시설(이하 흡수탑)을 설치하여 운전하고 있다. 섬유염색업종의 공정 중에서 사용되는 각종 유연제, 대전 방지제 등은 텐타공정의 고온처리에 의해 미세한 오일미스트 형태로 배출되며, 산단 주변 대기오염의 주범이 되고 있다.

섬유염색업종 텐타시설에서 발생하는 높은 온도의 배출 가스는 오일미스트를 함유한 백연 형태로 흡수탑 배출구를 통해 지속적으로 배출되고 있다.

백연에 함유되어 있는 오일미스트는 불용성이기 때문에 흡수탑의 세정수에 의해서 제거되지 않으며, 단지 응축 효과에 의해 매우 적은 양의 오일만이 회수되고 있어, 배출되는 백연은 주변 환경오염을 야기하고 있기에 흡수탑을 방지시설로 사용하는 것은 부적절한 것으로 판단된다.

그러나 섬유염색업종 대부분 업체들은 거의 획일적으로 흡수탑을 설치 및 운영하고 있으며, 이러한 문제점을 모든 업체가 공유하고 있어 산단 내에서 필히 해결해야 할 과제로 남아있다.

섬유염색업종 텐타공정의 이러한 문제점을 인식하고 이미 선행연구를 통해 섬유염색 업

체 2곳을 대상으로 텐타공정에서 배출되는 오염물질을 효율적으로 제거하기 위한 방안으로 신개념 악취방지시설인 습식전기집진장치(Electrostatic Fume Collector : 이하 EFC) 개발하여 Pilot plant 실험 및 Full-scale 실증 실험을 수행하여 악취오염물질에 대한 우수한 처리효율을 확인하였고, 기존 방지시설인 흡수탑을 보완할 수 있는 실용화 기술을 확보하였다.

700 CMM 규모의 실증시설은 2010년에 설치되어 운전되고 있으며, 텐타시설에서 배출되는 백연중의 오일을 한 달에 약 4,000 L를 회수하고 또한 회수된 오일은 자원으로 재활용 할 수 있다는 것을 확인하는 등 오염물빌 제거 및 자원 재활용이라는 두 가지의 뛰어난 결과물을 보여 주었다. 하지만, 시험 운전 기간 중 발생한 몇몇 문제로 인하여 운전이 중지된 적이 있으며, 이에 대한 해결을 위한 보완 연구의 필요성이 대두 되었다. 궁극적으로는 전처리 부분에 대한 보강의 필요성과 체계적인 유지 관리 방안의 필요성이 제기되었다. 기존의 방지시설인 흡수탑과는 달리 미세한 입자들까지 모두 제거할 수 있는 EFC의 특성 상 오일미스트가 아닌 섬유먼지와 같은 물질의 유입으로 인해 집진판의 문제를 야기 할 수 있으므로, 섬유먼지를 효과적으로 제거할 수 있는 방안에 대한 연구와 집진판에 부착한 이물질을 효과적으로 제거하기 위한 방법의 연구 및 화재 등 문제 발생 시 자동으로 문제가 해결될 방안 수립이 필요성이 제기 되었다.

섬유염색업체에 처음 적용을 시도한 신기술인 EFC의 기술적 완성도를 높이기 위해서 현재까지 실증 운전을 통해 드러난 문제점들에 대한 좀 더 면밀한 검토와 문제점을 극복할 수 있는 추가 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 2014년 시흥녹색환경지원센터의 산학연구과제의 연구를 통해 실증 시설로 설치된 EFC의 장기 운전에 따른 문제점을 보완하고, 보완 후 장기 운전에 따른 EFC 내부 시설의 상태를 주기적으로 모니터링 하여, 최적의 성능을 유지하기 위한 주기적 유지 관리 방안에 대한 연구 성과물을 얻고자 한다.

본 연구를 통하여 신기술인 EFC의 기술적 완성도를 높여 시화반월 섬유염색단지, 대구 섬유염색단지, 부산 섬유염색공단 및 의정부, 동두천, 양주를 포함한 경기 북부의 섬유염색단지에 본 기술을 확대 보급하기 위한 향후 정책 수립의 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 연구의 목적

실증 시설로 설치된 EFC의 장기 운전에 따른 문제점의 개선 필요 사항 등을 검토하여 설계를 변경 후 반영하고, 장기 운전에 따른 EFC 내부 시설의 상태를 모니터링하며, 최적의 성능을 유지하기 위한 주기적 유지 관리 방안을 수립하여 EFC의 섬유염색업종에 확대 보급을 위한 기초 자료 및 향후 정책 수립의 기초 자료로 활용하고자 한다.

(1) 장기 운전을 통해 확인된 문제점 검토 및 개선 방안 도출
(2) 장기 운전에 따른 EFC 내/ 외부 구성품의 운전 상태 확인
(3) 최적 성능을 유지하기 위한 유지보수 방안 수립
(4) 연구 수행 결과에 따른 EFC 설계변경 및 Package 완성

제 2 장 국내외 기술개발 현황

2.1 기존 대기/악취 오염 방지기술 현황 ····· 6
2.2 섬유염색업체 악취 방지기술 현황 ····· 10

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

2.1 기존 대기/악취 오염 방지기술 현황

2.1.1 대기오염물질의 구분

(1) 입자상 오염물질

입자상 오염물질은 아주 작은 액체상 또는 고체상 물질의 부유물이다. 연무(mist), 먼지(dust), 연기(smoke), 검댕(soot), 훈연(fume), 안개(fog), 박무(haze), 스모그(smog), 오일미스트(Oil Mist) 등이 있다.

(2) 가스상 오염물질

가스상 오염물질은 연소과정에서 방출되기도 하고, 액체에서 기체상태로의 기화 과정에서 생성되기도 하며, 대기에서 화학반응을 통해서 만들어지기도 한다. 주요한 가스상 오염물질은 벤젠, 톨루엔과 같은 휘발성유기화합물질(VOC), 암모니아, 황화수소, 황산화물, 질소산화물 등이 있다.

2.1.2 입자상 오염물질 제거 기술

(1) 중력집진장치

입자의 중력을 이용하여 처리가스 내의 분진을 제거하는 것으로 장치가 비교적 간단하여 시설비용이 적게 든다. 중력침강에 의한 제진장치는 단독으로 사용될 수도 있으나, 큰 입경의 처리에 유효하기 때문에 주처리 장치의 전처리 단계로도 많이 이용된다.

(2) 관성력집진장치

분진을 함유한 처리대상 가스를 baffle에 충돌시킴으로써 속도의 변화와 방

향전환을 유도하여 발생된 입자의 관성력에 의해 가스 중의 분진을 제거한다.

(3) 원심력집진장치

처리대상가스를 Cyclone에 유입시키면 분진은 선회류를 일으키며, 이때 생겨난 원심력에 의해 집진장치 내부에 충돌, 침강하여 제진이 된다. 또한 원심력집진장치는 비용이 적게 들고 효과적인 제진이 가능하여 널리 작용되는 집진장치 중의 하나이다.

(4) 여과집진장치

나일론이나 양모 같은 섬유를 여재로 사용하는 여과집진장치는 분진을 함유한 처리 대상가스가 여재를 통과하면서 관성충돌, 직접흡수, 확산 등에 의하여 포집된다. 이러한 과정을 반복하게 되면 여재 표면에 분진층이 형성된다. 분진층이 형성되는 압력손실이 커져 제진효율이 저하되기 때문에 압력손실이 일정한 수준에 이르면 분진층을 제거해야 한다. 이를 탈진이라 하며 장치내에서 포집과 탈진이 반복되면서 분진을 제거하게 된다.

(5) 세정집진장치

처리대상가스 중의 분진은 물론 유해가스의 처리도 가능한 세정집진장치는 액적, 액막, 기포 등을 이용하여 함진가스를 세정시킴으로써 입자의 부착 또는 응집을 유발시켜 먼지를 분리하는 장치이다.

(6) 전기집진장치

집진원리는 특고압 직류전원을 사용하여 적당한 불평등 전계를 형성하여, 이 전계에 Corona방전을 이용하여 가스중의 입자에 電荷를 주어(-)로 帶電된 입자를 Coulomb력에 의해 집진극(+)으로 이동시켜 분리 포집한다.

전기집진장치는 성능이 우수하며 0.1㎛ 이하의 미세한 입자까지도 포집이 가능하며 99.9% 이상의 높은 효율이 장점이나 초기시설비가 많이 들며 주어진 조건에 따라 변동이 어렵다는 문제점이 있다.

2.1.3 가스상 오염물질 제거 기술

(1) 세정법

액체에 대한 기체의 용해성을 이용하여 악취성분을 액체로 흡수시켜 탈취하는 방법으로 물에 대한 용해도를 이용하여 물리적으로 흡수시키는 방법과 산, 알칼리 등의 반응에 의해 화학적으로 흡수시키는 방법이 있다. 후자와 같이 흡수액에 약액을 사용하는 경우에는 약액흡수법이라고 한다.

(2) 흡착법

흡착법은 흡/배출가스와 활성탄 등 고형의 흡착제가 접촉하면서 흡착제 표면에 악취물질이 포집되는 현상을 이용하여 악취 성분을 제거, 탈취하는 방식으로, VOC등 많은 악취성분에 적용이 가능하며, 활성탄 등을 사용하는 흡착제법과 이온 교환 수지를 사용하는 이온 교환 수지법이 있다.

(3) 오존 산화법

오존은 불소 다음으로 강력한 산화제로서 황화수소, 메틸메르캅탄 등의 무기계 외에 알데히드 및 페놀 등의 유기계 가스도 분해할 수 있는 것이 큰 특징이다.

(4) 생물 탈취법

생물 탈취법은 수세정, 흡착법 및 생물 화학적 분해법이 종합적으로 연관된 방법으로 악취 물질을 흡수, 흡착한 이후 미생물을 이용하여 생화학반응으로 분해하여 무취화 하는 처리 방법이다.

(5) 연소법

연소법은, 악취 물질을 고온으로 산화 분해시키는 것으로, 가장 확실하고 신뢰성이 높은 방법이며, 배기가스 중 악취 성분은 연소에 의해 산화되어 CO2, H2O, NOx, SOx등으로 분해 탈취된다. 연소법에는 직접 연소법, 촉매

연소법 및 축열식 연소법(RTO)이 있다.

1) 직접 연소법

700℃이상의 고온으로 연소 분해하는 방법으로, 신뢰성이 높고, 온도 관리만으로 효과를 기대할 수 있다. 또 악취 물질에 의해 체류 시간과 온도의 조건 설정을 살펴보면, 거의 모든 물질의 분해 처리 가능하다.

2) 촉매 연소법

백금이나 팔라듐(palladium)계의 촉매층을 이용하여 250~350℃에서의 저온에서 악취를 산화 분해시키는 방법으로, 직접 연소법과 같이 안정된 탈취법이다.

3) 축열식 연소법 (RTO)

700℃이상의 고온으로 연소 분해하는 방법으로, 축열체에 의해 고효율로 열회수(95% 정도)하는 방법으로, 에너지 절약형 연소 탈취장치이다.

(6) 탈취제 분무법

(1) 소취제법

소취제는, 여러 종류가 시판되고 있으며, 비교적 저농도의 악취, 예를 들어 하수 처리장의 폭기조 배기 등에 적합하다. 또 발생원이 광범위하여 악취의 포집이 곤란한 장소에도 이용되고 있다.

(2) 중화법

악취 물질과 화학적으로 반응(중화)하는 약품을 사용하여 분해하는 방법이다. 옛날부터 식물 정유에 냄새 제거력이 있어 이용되고 있다.

(7) 플라즈마(Plasma) 탈취법

방전에 의해 발생되는 플라스마(plasma)를 이용한 탈취법으로, 처리 가스 중에서의 방전을 시키고 이에 따라 활성 분자, 라디칼(radical), 오존이 발생하여 악취 물질을 산화시킨다.

(8) 광촉매 탈취법

산화 티타늄에 빛을 비추면, 과산화수소(H_2O_2)와 수산기 라티칼(radical) OH 가 발생된다. 이 두 물질은 강력한 산화력을 가지므로 아세트알데히드와 같은 악취 물질도 탄산가스와 물로 분해시킬 수 있다.

2.2 섬유염색업체 악취 방지기술 현황

섬유/염색업종의 공정 중에서 사용되고 있는 각종 유연제, 대전방지제 등은 텐타 시설의 고온처리에 의하여 미세한 오일 미스트 형태로 배출되는데 이 오일 미스트는 악취 뿐만 아니라, 산단 주변의 뿌옇고 매케한 연기로 대기오염의 주범이 되고 있다.

현재 국내에서는 방지시설로 거의 모든 텐타기 보유업체에서 흡수탑(스크러버)를 이용하여 처리하고 있으며, 방지시설로 유입되기 전에 열교환기를 이용하여 폐열 회수를 하기도 하며, 최근에는 전기집진기 기술의 적용을 위한 연구 등이 진행되고 있다.

2.2.1 흡수탑(스크러버) 적용

백연에 함유되어 있는 오일 미스트는 불용성이기 때문에 스크러버 세정수에 의해서 단지 응축만 되어 방지시설 주변이 기름띠를 형성하고 있어서 또 다른 주변 환경오염을 야기하고 있기에 흡수탑(스크러버)을 방지시설로 사용하는 것은 부적절한 선택인 것으로 판단된다.



[흡수탑 배출구의 오염물질 배출 사진]

염색업종 텐타 시설의 방지시설은 모든 업체가 거의 획일적으로 흡수탑(스크러버)가 설치되어 있어서 이런 부적절한 방지시설로 인한 문제를 모든 업체가 공유하고 있는 것도 산업단지내의 악취발생에 커다란 문제이다.

이와 같이 현재 염색업종의 방지시설로 설치된 흡수탑(스크러버)은 운전 시 발생하는 다양한 문제 때문에 제 성능을 발휘하지 못하고 있기 때문에 염색(텐타공정 등) 공정에서 발생되는 악취에 대한 원인 규명 및 근원적 저감을 위한 효율적인 악취제거 방안 수립이 필요한 상황이다.

2.2.2 열교환기 적용

섬유/염색업종은 텐타 설비에서 손실되는 에너지를 회수하기 위해서, 일부 업체들은 열교환기를 설치하였다. 그러나, 열교환기 입구의 Mesh 및 열교환기 노즐 내부에 섬유먼지 및 오일로 인한 스케일로 노즐이 수시로 막혀서 열교환기의 효율이 저하되고, 지속적인 청소작업 등 유지관리비용이 많이 소요되어, 현실적으로 열교환기를 적용한 업체에서 열교환기의 가동을 중지하고 있는 상태이다.



[열교환기 막힘]

2.2.3 전기집진기 기술 적용

이러한 염색업종의 텐타시설 배출 오염물질 및 악취에 대한 문제 해결을 위해 2009년에 신개념 방지시설인 습식전기집진 기술을 이용한 EFC(Electric Fume Collector, 습식 전기 흄 제거장치) Pilot 장치를 적용하여 일부 가시적인 성과를 거두었다.

시화 산단내 염색업체를 대상으로 하여 텐타시설에 적용한 결과 백연을 제거하였을 뿐만 아니라, 오일의 회수 및 악취 제거에 있어서 효과를 있음을 확인하였다.

하지만 텐타기 배출가스에는 오일미스트 등의 악취 오염물질 외에 섬유 먼지와 같은 분진이 다수 포함되어 있어, 습식전기집진 기술의 안전한 운용을 위해서는 섬유먼지등의 분진을 함께 제거하기 위한 방법이 강구되어야 하는 숙제가 남아 있다.



[EFC 가동 전후 백연 제거 모습]



[EFC에 의한 오일 회수 모습]

구분	스크러버		효율 (%)	EFC		효율 (%)
	전단	후단		전단	후단	
복합악취 (희석배수)	1,000	249	75.1	1,000	67	93.3
TVOC (ppm)	16.1	7.52	53.3	16.1	3.04	81.1

[스크러버와 EFC의 악취 및 VOC 제거 효율]

제 3 장 연구수행내용

3.1 연구 대상 업체 선정 ····· 15
3.2 연구 대상 업체 텐타 공정 특성 ····· 15
3.3 연구 수행 내용 ····· 16
3.4 분석 및 방법 ····· 18

제 3 장 연구수행내용

3.1 연구 대상 업체선정

본 산학과제의 연구 대상 업체로는 현재 700 CMM 규모의 EFC 실증 플랜트가 설치되어 있는 시흥시 정왕동에 위치한 섬유 염색 업체인 삼일니트(주)를 선정하였다. 삼일니트(주)는 섬유 염색업체의 선도적 업체로서 환경 분야에서도 남다른 열의를 갖고 환경오염방지시설을 설치 관리하고 있으며, 신기술인 EFC의 성공적 검증을 위해 적극 협력의지를 보이고 있는 업체이기도 하다.

3.2 연구 대상 업체 텐타 공정 특성

섬유염색업체에서는 섬유염색공정이 끝나면 탈수과정을 지나 텐타공정을 거치는데 이때 일반유연제, 실리콘 유연제, 대전방지제, 발수제 등의 화학약품들이 사용되고 있다. 텐타시설 내부는 약 180 ~ 210℃ 범위로 유지되며 원단을 건조시키는데, 이때 원단에 묻어있던 유연제 등의 성분이 모두 대기로 배출되게 된다.

이러한 고온의 배기가스는 대부분 세정식 흡수탑(스크러버)를 통해 처리되고 있는데, 오일미스트를 포함한 악취 물질들이 처리되지 못하고 흡수탑 배출구에서 지속적으로 백연의 형태로 배출되고 있다.

삼일니트(주)는 악취방지시설로 각각 300 및 640 CMM (m3/min) 규모의 스크러버 2기를 운용하고 있었는데, 이것을 EFC (700 CMM)로 교체하여 운전하고 있다. 운전 결과 복합악취는 법적 기준치를 충족하였으며, 많은 양의 오일미스트를 회수하였고, 회수된 오일미스트는 재생하여 연료유로 사용이 가능함을 확인하였다.

스크러버가 운전되고 있는 상황에서는 오일미스트를 포함한 백연이 스크러버 배출구를 통해 계속 배출되고 있는 모습을 볼 수 있으나, EFC가 가동 중인 상황에서는 오일미스트가 대부분 제거되어 백연이 배출되지 않음을 알 수 있다.



[스크러버 가동 시 배출구 백연]



[EFC 가동 시 백연 없음]

3.3 연구 수행 내용

3.3.1. 장기 운전 시 발생한 문제점들에 대한 원인 검토 및 시설 개선

- 기 발생한 문제점들에 대한 합리적 원인 파악

- 발생 가능한 문제점을 예상하고 조치에 대한 방안 강구
- 도출된 개선안에 따른 시설 개선

3.3.2. 장기 운전에 따른 전처리 시설 및 EFC Monitoring

- 복합악취, 먼지 및 옥탄알, 노나날 측정
- 세정수의 오염물질 농도 측정
- 오일 회수량 Monitoring

3.3.3. 장기 운전에 따른 EFC 내/외부 구성품의 운전 상태 확인

- EFC 내부 개방 검사
  : 집진판, 방전극 및 절연애자 상태 확인
  : 스프레이 노즐 막힘 여부 확인
  : 정류판 및 Mist Separator 막힘여부 확인
  : 집진판 Auto Cleaning후 세척 상태 확인
- EFC 외부 장치구성물 검사
  : FAN 상태 점검
  : T/R 상태 및 Spark 횟수 점검
  : 순환펌프 상태 점검
  : 오일스키머 상태 점검
  : 온도계 등 계기류 점검
  : Control Panel 점검

3.3.4. 최적 성능을 유지하기 위한 유지보수 방안 수립

- EFC 운전 시간별 유지 보수 방안 수립

3.3.5. EFC 설계 변경 및 Package 완성

- 본 과제 수행 결과를 토대로 운전 안정성 및 편의성을 고려한 설계 수정
- 변경된 설계에 따른 Package 완성

3.4 분석 및 방법

3.4.1 악취 및 대기 오염 측정

: 대기오염 공정 시험 방법 및 악취 공정 시험 방법에 따라 분석

: 분석 항목 - 복합악취, 먼지, 옥탄알, 노나날

3.4.2 수질 오염 측정

: 수질오염 공정 시험 방법에 따라 분석

: 분석 항목 - pH, 화학적 산소요구량(COD), 총 n-H 추출물질

제 4 장 연구결과

4.1 EFC 운용 방법 변경 ····· 20
4.2 EFC Duct 연결 변경을 위한 사전 작업 23
4.3 EFC 전처리 장치(흡수탑) 설계 및 제작 24
4.4 EFC 운용 개선을 위한 작업 ····· 28
4.5 운용방법 개선 후 EFC 운전 결과 ····· 32
4.6 결론 ····· 49

제 4 장 연구결과

4.1 EFC 운용 방법 변경

EFC로 유입되는 섬유 먼지 문제를 해결하기 위하여 텐타기 배출 가스가 EFC로 유입되는 방법을 변경하였다. 기존에는 텐타기 배출가스를 EFC로 직접 유입시켰으나, 섬유 먼지의 유입으로 발생하는 문제를 해결하기 위하여 텐타기 배출가스를 흡수탑을 거친 후 EFC로 유입시키는 것으로 운용 방법을 변경하였다.



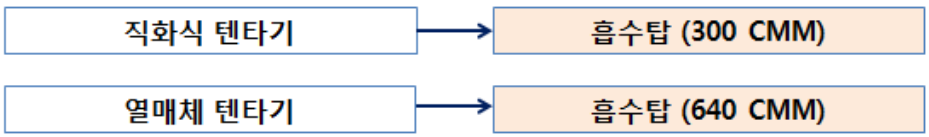
[기존 방안]



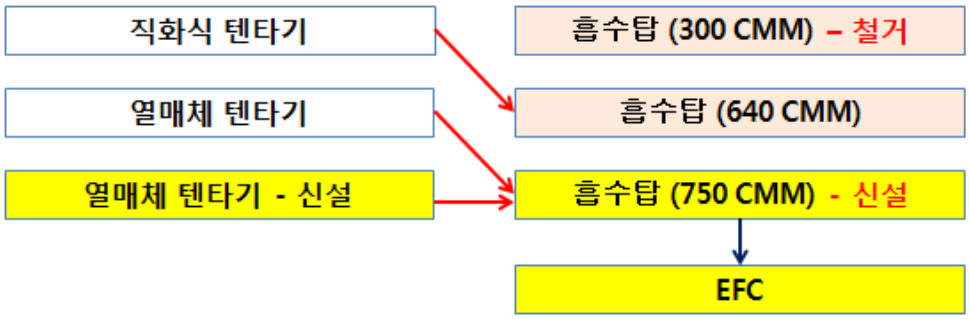
[변경 방안]

4.1.1 Duct 연결 방안

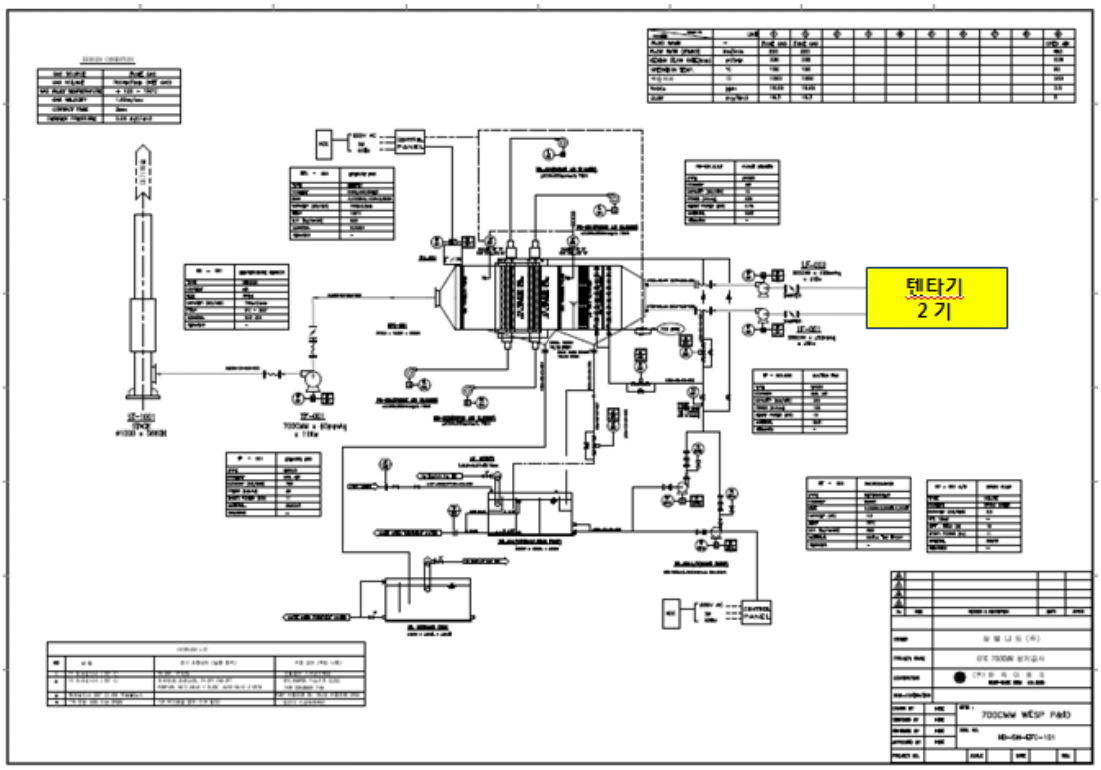
기존에 설치한 흡수탑을 보완하여 이용하여 하였으나, 기존 흡수탑의 노후화로 인하여 보수가 어려운 상황이어서 EFC 전처리용 흡수탑을 새로 설치하였고, Duct 연결은 아래와 같이 수정함.



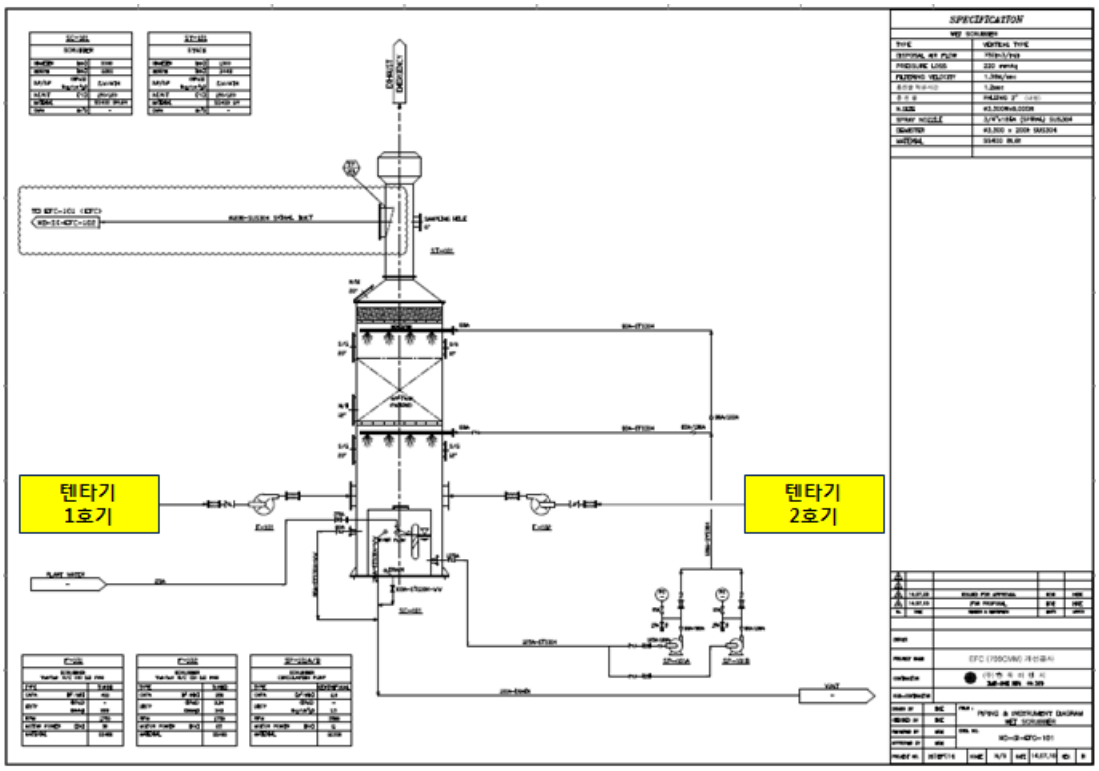
[기존 Duct 연결]

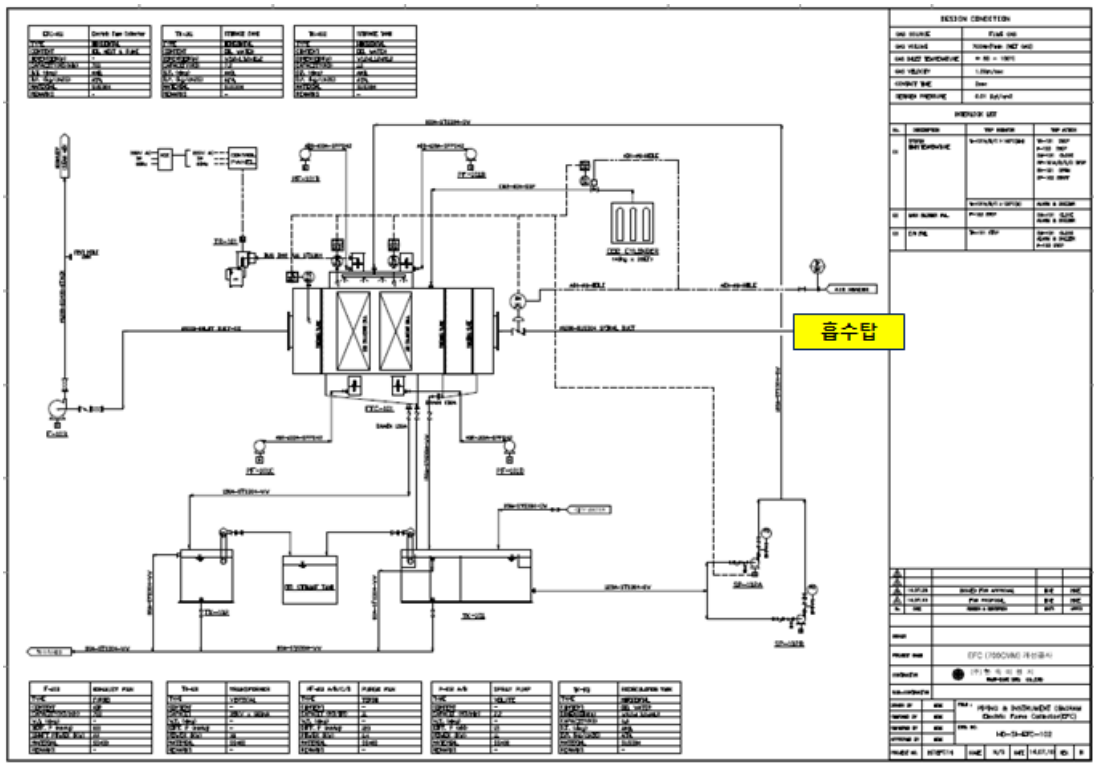


[신규 Duct 연결 방안]



[기존 공정도]





[변경 후 공정도]

4.2 EFC Duct 연결 변경을 위한 사전 작업

EFC로 유입되는 텐타기 배기 가스가 흡수탑을 거친 후 EFC로 유입되도록 하기 위한 사전 작업으로 기존 Duct의 철거 작업을 하였다. 철거 후 기존 Duct의 내부 상태를 확인한 결과 섬유 먼지 및 응축된 오일이 범벅이 되어 상당히 많은 양의 슬러지가 Duct에 쌓여 있는 모습을 확인할 수 있었다.

이러한 섬유먼지를 포함한 분진이 EFC 내부로 유입된다면 거의 모두 집진판에 붙을 것이고, 섬유먼지로 인하여 쉽게 탈리 되지 않는 특성을 보였을 것이라는 예측을 할 수 있었다.

4.2.1 직화식 텐타기 Duct 내부 모습









4.2.2 열매체식 텐타기 Duct 내부 모습



4.3 EFC 전처리 장치 (흡수탑) 설계 및 설치

EFC로 유입되는 섬유 먼지 문제를 해결하기 위하여 텐타기 배기 가스가 흡수탑을 거친 후 EFC로 유입되도록 하기 위하여, EFC 전단에 흡수탑을 신규로 설계하였다.

새로이 설치되는 흡수탑은 먼지의 제거효율을 좀 더 좋게 하기 위하여 텐타기 배기가스의 용량 대비하여 20% 정도 여유율을 두었으며, 아래의 기능을 더욱 보강함으로써 먼지가 효과적으로 제거될 수 있도록 하였다.

(1) 내열성 폴링 적용

- 150℃까지 견딜 수 있는 내열성 폴링을 사용함으로써 세정수 순환펌프가 고장으로 고운의 가스가 유입되더라도 폴링의 변형이 없도록 하였다.

폴링의 변형이 있을 경우 충진재에서 기체와 액체의 접촉 효율이 떨어지는 문제가 발생할 수 있기 때문에 고온성 폴링을 적용하였다.

(2) SUS304 재질의 데미스터 적용

- 폴링과 마찬가지로 흡수탑 상부에 위치하고 있는 데미스터가 온도에 의하여 변형될 경우, 먼지제거 효과가 감소할 수 있으며, 또한 압력손실의 원인이 되므로 변형이 없도록 SUS304 재질의 데미스터를 적용하였다. 의 변형이 없도록 하였다.

(3) Inverter type FAN 적용

- 2기의 텐타기로부터 각각 배기가스가 유입되므로, 서로에게 간섭이 되지 않도록 각각의 FAN을 적용하였으며, 두 FAN의 풍량을 텐타기 가동 상황에 따라 조절할 수 있도록 Inverter type을 적용하였다.

(4) Duct 점검구 설치

- 2기의 텐타기로부터 유입되는 배기가스의 Duct에 점검구를 설치하여 언제든 개방해서 Duct 내부를 확인할 수 있도록 하였다.

(5) 급수 및 배수 유량계 설치

- 흡수탑으로 공급되는 세정수의 양과 사용된 세정수가 폐수로 배출되는 양을 확인하기 위하여 급수 배관과 배수 배관에 각각 유량계를 설치하였다.

4.3.1 EFC 전처리 장치 (흡수탑) 설계 조건

① 처리가스량 : 700 ㎥/min [텐타기 2대 (300CMM + 360CMM) 연결]

② 처리가스온도 : 120 ℃

4.3.2 EFC 전처리 장치 (흡수탑) 설계 사양

① 명칭: 흡수에 의한 시설(WET-SCRUBBER)

② 형식 : 충전탑(PACKING TOWER)

③ 규격 : 3.3 m¢x 5.4 mH

④ 재질 :SS400

⑤ 공탑유속:1.46 m/sec

⑥ 액가스비:2L/㎥

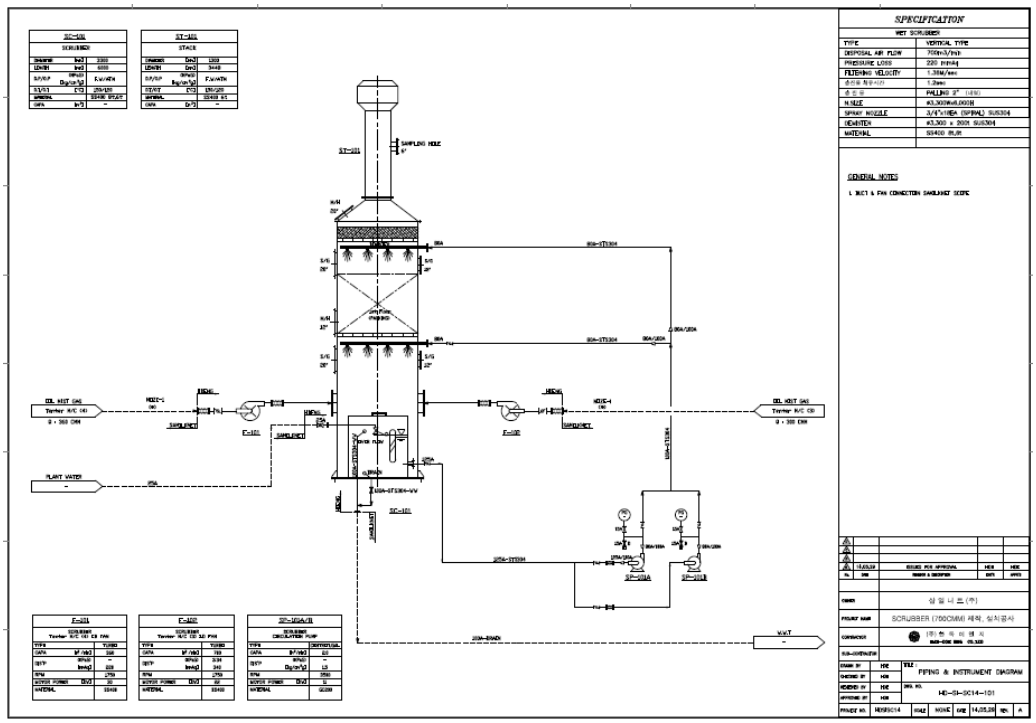
⑦ nozzle:80 L/분x 18 ea

⑧ sight hole : 20"(8") mm¢ 2(2) lot's

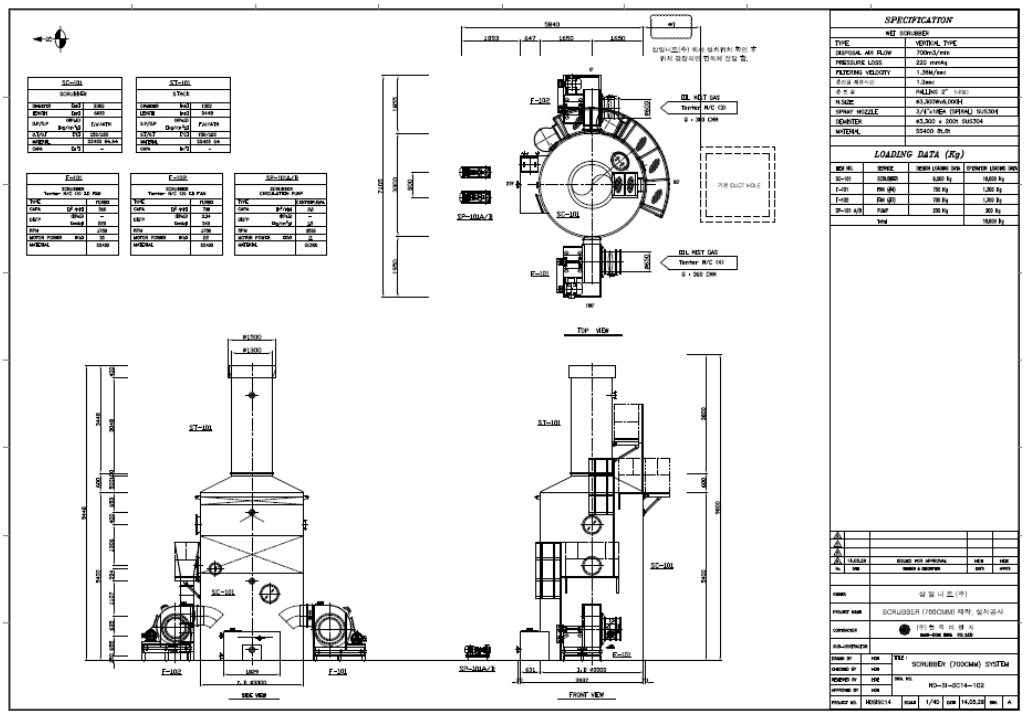
⑨ packing의 종류 및 규격 : 2" (내열성 Pall Ring - 150 ℃)

⑩ Demister 의 종류 및 규격 : SUS304 재질, 250 t

4.3.3. EFC 전처리 장치 도면



[P&ID]



[Layout]



[흡수탑 설치 전]



[흡수탑 설치 후]

4.4 EFC 운용 개선을 위한 작업

EFC로 유입되는 섬유 먼지 문제를 해결하기 위하여 텐타기 배기 가스가 흡수탑을 거친 후 EFC로 유입되도록 하기 위하여, 기존에 텐타기로부터 EFC로 바로 연결되어 있던 Duct를 철거하고, 흡수탑 연돌로부터 배출되는 가스를 EFC로 연결하기 위한 Duct 철거 및 설치 작업이 실시되었다.



[기존 Duct 철거 전]



[기존 Duct 철거 후]





[신설 Duct 설치 후]

아울러 기존의 EFC 운용상 문제가 되었던 화재 등 안전상의 문제를 보강하기 위하여 아래와 같은 시설이 추가로 설치되었다.

(1) 비상스위치 설치 (컨트롤 판넬 및 1층 사무실)

- 문제 발생 시 비상스위치를 누르면 EFC 의 운전은 중지되며, 흡수탑을 거친 배기가스는 대기로 배출된다.



[비상스위치]

(2) 경광등 및 경보기(BUZZER) 설치 (컨트롤 판넬 및 1층 사무실)

- 문제 발생 시 경광등 점등 및 경보기가 울림으로써 관리자가 EFC를 점검할 수 있도록 하였다.



[경광등 및 경보기]

(3) 온도 감지 장치 설치 (TIC 설치)

- EFC 내부의 3곳에 온도 센서를 설치하여 설정 온도 이상의 온도가 감지 될 경우 문제 해결을 위한 Interlock System 이 작동하도록 신호를 전달한다.

(4) 자동 댐퍼 (Auto Damper 설치)

- 화재 발생 등의 문제 발생 시 온도 감지 장치에 의해 신호가 감지되면, EFC로의 공기 흐름을 자동으로 차단하여 산소공급을 막음으로써 소화되도록 한다.



[Auto Damper 및 Compressor]

(5) 소방 설비 설치 (이산화탄소 공급 설비)

- 화재 발생 등의 문제 발생 시 온도 감지 장치에 의해 신호가 감지되면, EFC내로 순간적으로 CO2를 공급함으로써 질식 소화가 되도록 유도한다.



[이산화탄소(CO2) 공급 설비]

4.5 운용방법 개선 후 EFC 운전 결과

EFC 운용방법을 개선한 후 약 3개월 동안의 운전 기간 동안 EFC의 성능 및 내부 구성품 확인 결과는 기존의 운용방법과는 확실히 차이점을 확인할 수 있었다.

4.5.1 운용방법 개선 전의 EFC 운전 상황 점검

현재의 EFC 운용방법 개선 이전에는 텐타기 배기가스가 직접 EFC로 연결되어 유입되도록 운전을 하였으며, 이때는 유입되는 가스에 수분을 공급할 수 있도록 EFC 전단부에 스프레이 시설을 설치하였다. 본 스프레이 시설의 목적은 유입되는 가스의 온도를 낮추기 위한 목적과 유입되는 오일 미스트에 전기전도성을 좋게 하기 위한 목적 그리고 섬유 먼지와 같은 물질을 사전에 물로써 제거하기 위한 목적을 가지고 있었다.

2012년 6월에 가동을 시작하였고, 2013년 1월에 내부 모니터링을 하고 스팀을 이용한 세척을 하였다. 아래 사진에서 확인 할 수 있듯이 집진판의 상태가 섬유먼지 및 오일 성분으로 점성이 있는 상태로 굳은 채로 달라붙어 있었으며, 스팀 세척기를 이용하여 세척을 한 후에도 깨끗한 상태로 돌아오지 않았다. EFC 내에 위치한 애자의 경우도 오일 성분 등으로 오염이 되어 있던 상태이었다.



[기존 운용방식의 EFC 내부 모습 (세척 전)]



[기존 운용방식의 EFC 내부 모습 (세척 후)]



[기존 운용방식의 애자 모습 (세척 전과 세척 후)]

본 EFC는 2013년 1월에 내부 세척 후 재가동을 시작하여, 약 3개월 후인 2013년 4월에 내부 화재 발생으로 내부 오염 물질이 불에 타면서 집진판 및 방전극 등 내부 시설물이 손상되었다.

4.5.2 운용방법 개선 후의 EFC 운전 상황 점검

이와 같은 앞선 경험을 바탕으로 EFC의 운용방법의 개선을 검토하게 되었고, 기존의 흡수탑의 기능을 충분히 활용하여 EFC에서는 배출되는 오일미스트의 제거에 주력할 수 있었다. 또한 텐타기 가동에는 EFC 점검이 불가능하였던 기존과는 달리 텐타기 가동 중이라도 언제든지 EFC를 점검할 수 있어서 문제점을 사전에 예

방할 수 있는 장점도 갖게 되었다.

운용방법 개선 후 EFC 가동을 하여 약 3개월의 기간 동안 운전 상태를 모니터링하였고, 또한 내부 개방 검사를 통해 내부 구성품들의 오염도 및 세척 후 Cleaning 정도 등을 조사하였다.

가동 후 약 1주일 이후, 3주일 이후 및 약 2개월 이후의 집진판의 상태 및 세척 후 Cleaning 정도는 아래 사진과 같다. 약 2개월이 지난 시점까지 집진판 및 방전극에 예전에 보았던 섬유먼지와 오일이 고착되어 달라붙어 있는 모습은 볼 수가 없었고, 집진판은 오염물질 없이 깨끗한 상태로 오일만이 흘러내리고 있었다. 또한 EFC 자체에서 가지고 있는 세척 기능을 이용하여 세척한 결과 오일이 흘러내린 흔적도 없이 깨끗한 집진판의 상태가 유지 됨을 확인하였다.



[신규 운용방식의 집진판 모습 (세척 전) - 가동 1 주일 후]



[신규 운용방식의 집진판 모습 (세척 후) - 가동 1 주일 후]



[신규 운용방식의 집진판 모습 (세척 전) - 가동 3 주일 후]



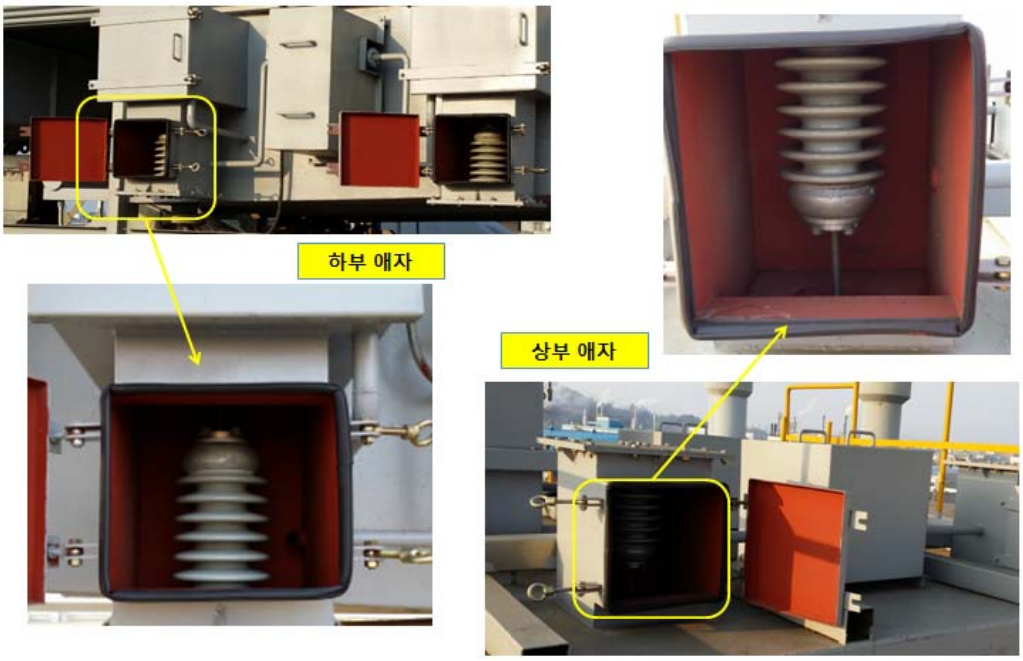
[신규 운용방식의 집진판 모습 (세척 후) - 가동 3 주일 후]



[신규 운용방식의 집진판 모습 (세척 전, 후) - 가동 2 개월 후]

또한 가동 2개월 후에 확인한 애자의 상태는 오일에 의한 오염 없이 깨끗한 상태

를 유지하고 있었다.



[신규 운용방식의 애자 모습 - 가동 2 개월 후]

4.5.3 운용방법 개선 후의 EFC 가동 모습

운용방법 개선 후 약 3 개월 기간 중 흡수탑만 운용하였을 경우와 비교하여 EFC를 운용하였을 경우의 가시적인 효과는 매우 기대 이상이었으며, 맑은 날 기온이 다소 높은 때에는 백연이 보이지 않았으며, 날이 추워지면서 EFC 배출에서 백연이 점차 보이기 시작하였다. 이는 수증기의 온도 차이에 의한 응결 현상으로 오일미스트를 배출하는 흡수탑의 백연과는 확연히 차이가 난다.

가동을 개시한 후 3주 후, 8주 후, 10 주 후 이후의 EFC 운전 모습은 아래 사진과 같으며 흡수탑의 백연과 시각적으로 구별이 뚜렷하다.



[흡수탑만 가동 시 (3 주후)]



[EFC 가동 시 (3 주후)]



[흡수탑만 가동 시 (8 주후)]



[EFC 가동 시 (8 주후)]





[EFC 가동 시 (10 주후)]

가동을 개시한 후 10주 후의 모습은 12월8일의 사진으로 대기 온도가 낮아서

EFC 배출구에서 백연을 볼 수 있으나 수증기 응결에 의한 현상으로 대기 주변에서 확산되어 금방 사라진다. 반면에 흡수탑의 백연은 수증기 응결 외에 오일미스트를 함유하고 있어서 백연의 교리가 매우 멀리까지 가시적으로 관찰된다.

4.5.4 운용방법 개선 후의 EFC 오일 회수 및 처리

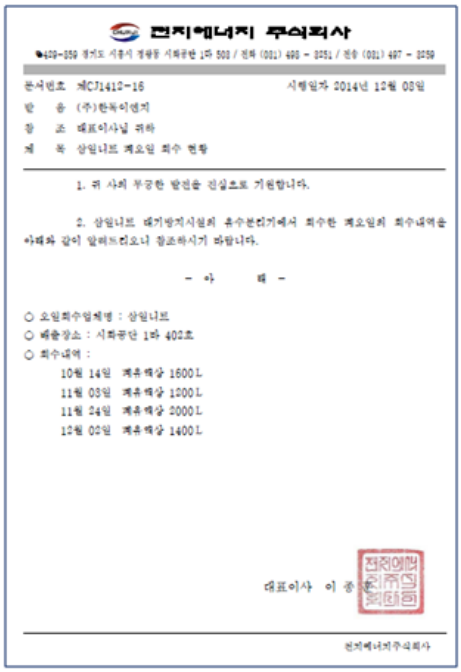
EFC 가동 후 오일의 회수는 2개월 동안 약 6,200L의 오일이 회수 되었다. 회수된 오일은 폐유 재생업체인 천지에너지(주)에서 수거하여 재생과정을 거친 후 재생유를 생산 및 판매하고 있다.

실질적으로 본 EFC 기술의 적용은 대기오염물질을 회수하여 자원으로 재활용한다는 측면에서는 매우 고무적인 기술이라 평가할 수 있으며, 시화/반월지역의 텐타기 보유 업체에 모두 적용된다고 가정하면 지역사회에 도움이 될 정도의 매우 많은 에너지를 재활용할 수 있으며, 본 기술의 적용을 통해 주변 주거단지의 민원을 완전히 해소 할 수 있는 기술로 판단된다.

■ 오일 회수기간 : 9월25일 ~ 11월25일 (2개월)

폐유 회수일	회수량 (L)
2014. 10. 14	1,600
2014. 11. 03	1,200
2014. 11. 24	2,000
2014. 12. 02	1,400
합 계	6,200

※1개월 평균 3,100 L 오일 회수



천지에너지 주식회사

문서번호 제C71412-16 시행일자 2014년 12월 08일

받 을 (주)한독이엔지

참 조 대표이사님 귀하

제 목 삼일니트 폐오일 회수 현황

1. 귀 사의 무궁한 발전을 진심으로 기원합니다.

2. 삼일니트 대기방지시설의 흡수분진기에서 회수한 폐오일의 회수내역을 아래와 같이 알려드리오니 참조하시기 바랍니다.

- 아 래 -

○ 오일회수업체명 : 삼일니트
○ 배출장소 : 시화공단 1바 402호
○ 회수내역 :
10월 14일 폐유배상 1600L
11월 03일 폐유배상 1200L
11월 24일 폐유배상 2000L
12월 02일 폐유배상 1400L

대표이사 이 [illegible]

천지에너지주식회사

[EFC 오일회수량 및 폐유재생 업체 공문]



[EFC 회수 오일의 재생 및 판매 절차]

4.5.5 흡수탑 및 EFC 세정수 수질 Monitoring

우선 흡수탑 및 EFC 세정수의 수질 Monitoring에 앞서 700 CMM 용량의 흡수탑에 사용되는 용수의 양을 10주간 모니터링 하였다.

날짜	경과 일수	급수량	
		계량기(m3)	m3/day
2014-09-25		424	
2014-10-02	7	534	15.7
2014-10-03	1	550	16.0
2014-10-08	5	610	12.0
2014-10-10	2	647	18.5
2014-10-11	1	658	11.0
2014-10-16	5	728	14.0
2014-10-17	1	742	14.0
2014-10-23	6	825	13.8
2014-10-24	1	844	19.0
2014-10-27	3	883	13.0
2014-10-28	1	897	14.0
2014-10-31	3	940	14.3
2014-11-01	1	955	15.0

날짜	경과 일수	급수량	
		계량기(m3)	m3/day
2014-11-05	4	1,014	14.8
2014-11-06	1	1,026	12.0
2014-11-07	1	1,045	19.0
2014-11-10	3	1,084	13.0
2014-11-15	5	1,201	23.4
2014-11-20	5	1,341	28.0
2014-11-21	1	1,374	33.0
2014-11-25	4	1,447	18.3
2014-11-26	1	1,479	32.0
2014-11-28	2	1,534	27.5
2014-12-01	3	1,585	17.0
2014-12-05	4	1,693	27.0
2014-12-11	6	1,792	16.5
평균			18.1

[용수 사용량 결과]

모니터링 결과 하루에 약 18.1 톤의 용수가 사용되는 것으로 확인되었으며, 1주일에 약 1회의 주기로 6 m3 용량의 흡수탑 세정수를 교체하는 것을 감안한다면, 대부분의 경우 대기로 증발되어 소모되는 것으로 판단할 수 있다.

흡수탑의 세정수를 일정 부분 계속하여 Overflow 시키면서 관리하였을 경우의 세정수 수질의 변화는 아래와 같다.



[흡수탑 세정수 샘플 (7월8일 ~ 7월28일)]

항목	단위	7월 8일	7월 10일	7월 12일	7월 14일	7월 16일	7월 18일	7월 20일	7월 22일	7월 24일	7월 26일	7월 28일	평균
pH		7.3	7.4	7.4	7.5	7.0	7.2	7.1	7.1	7.1	7.2	7.3	7.2
CODcr	ppm	1,850	1,372	1,120	597	1,342	918	1,256	802	822	802	878	1,069
총 n-H 추출물질	ppm	152.2	85.7	206.3	15.9	174.1	16.5	311.1	161.3	127.9	159.5	108.0	138.0

[흡수탑 세정수 샘플 분석 결과]

분석 결과 흡수탑의 세정수의 pH는 중성 영역을 보이고 있었다. 이 결과는 향후 EFC 설치 시 본체의 재질을 선정하는데 중요한 역할을 한다. ghkgkrwjr 산소요구량으로 확인한 오염의 정도는 1,069 ppm으로, CODmn 기준으로 약 300 ~ 350 ppm 범위로 예상되며 이는 폐수의 농도로서 높은 농도가 아니므로 세정수의 수질 상태가 양호하게 유지되었다. 또한 세정수 중의 n-H 추출물질의 농도는 138 mg/L로 비교적 높은 농도로 확인되었다. 이는 텐타기 배기가스중의 오일미스트 성

분이 세정수에 의해 응축되면서 일부 성분이 물에 에멀전 형태로 존재하기 때문으로 판단된다.

세정수를 1주일 동안 교체하지 않고 계속 사용하였을 경우의 흡수탑 세정수 및 EFC 세정수의 수질 변화를 확인한 결과는 아래와 같다.



	11월4일	11월5일	11월6일	11월7일	11월10일
pH	6.8	6.0	6.0	6.0	7.0
CODcr	3,678	3,416	3,492	5,972	6,270

[흡수탑 세정수 샘플 및 분석 결과 (11월4일 ~ 11월10일)]



	11월4일	11월5일	11월6일	11월7일	11월10일
pH	6.0	6.5	6.5	6.5	6.5
CODcr	1,593	1,348	1,166	1,169	1,582

[EFC 세정수 샘플 및 분석 결과 (11월4일 ~ 11월10일)]

분석 결과 흡수탑 및 EFC 세정수 모두 pH의 큰 변화없이 중성 영역을 보여주었고, 흡수탑 세정수의 오염도가 더 심한 것으로 나타났다. 이는 1차로 오염물질이 흡수탑에 의해 처리되고 있음을 나타내고 있고, 섬유먼지를 포함한 점성있는 물질의 제거도 함께 흡수탑에서 이루어지고 있음을 간접적으로 알 수 있다.

4.5.6 복합악취 분석 결과

7월, 8월 그리고 11월에 분석한 흡수탑과 EFC 배출구의 복합악취 분석 결과는 아래와 같다.

측정일	IN(300)	IN(360)	S/C OUT	EFC OUT
7월 14일	1,000	669	448	NA
7월 28일	1,442	1,000	448	NA
8월 19일	10,000	1,000	1,000	NA
11월 4일	100	67	30	30
11월 6일	100	208	45	144
11월 27일	300	300	144	144

[복합악취 분석 결과]

흡수탑으로 유입되는 텐타기는 모두 열매체식으로 상대적으로 악취도가 낮은 텐타기이며, 비교적 기온이 높은 시기에 복합악취도가 높게 나왔다. EFC 배출구의 복합악취 분석 결과를 보면 모두 법적 기준치를 충족하나, 유입가스의 복합악취가 모두 낮은 상태이어서 좀 더 시간을 두고 모니터링 할 필요가 있다고 판단된다.

4.5.7 Octanal, Nonanal 분석 결과

텐타기 배기가스 특유의 냄새와 유사한 냄새를 유발하는 성분인 Octanal 및 Nonanal의 분석 결과는 아래 표와 같다.

측정일	IN(300)	IN(360)	S/C OUT	EFC OUT
11월 4일	0.023	0.002	0.005	0.008
11월 6일	0.030	0.010	0.005	0.010

[Octanal 분석 결과]

측정일	IN(300)	IN(360)	S/C OUT	EFC OUT
11월 4일	0.040	0.005	0.014	0.035
11월 6일	0.043	0.030	0.017	0.073

[Nonanal 분석 결과]

Octanal 및 Nonanal 분석 결과 흡수탑 배출구에서의 농도 보다 EFC 배출구에서의 농도가 모두 높게 측정되었다. 타 기관의 분석에서도 이러한 결과를 얻은 적이 있으며, EFC를 거친 후의 농도가 높은 이유에 대해서는 명확하지가 않다. 본 연구과제 기간 중 얻어진 본 결과를 토대로 추후 원인을 파악하는 노력을 지속하고자 한다.

4.5.8 먼지 분석 결과

텐타기 배기가스 및 흡수탑과 EFC 배출구에서의 먼지 측정 결과는 아래 표와 같다.

	단위	IN(300)	IN(360)	S/C OUT	EFC OUT
먼지	mg/Sm3	63.5	55.7	9.8	NA
온도	℃	107.0	105.0	50.0	NA

[먼지 측정 결과 (7월28일)]

	단위	IN(300)	IN(360)	S/C OUT	EFC OUT
먼지	mg/Sm3	77.3	21.6	12.5	NA
온도	℃	101.0	80.0	45.0	NA

[먼지 측정 결과 (8월19일)]

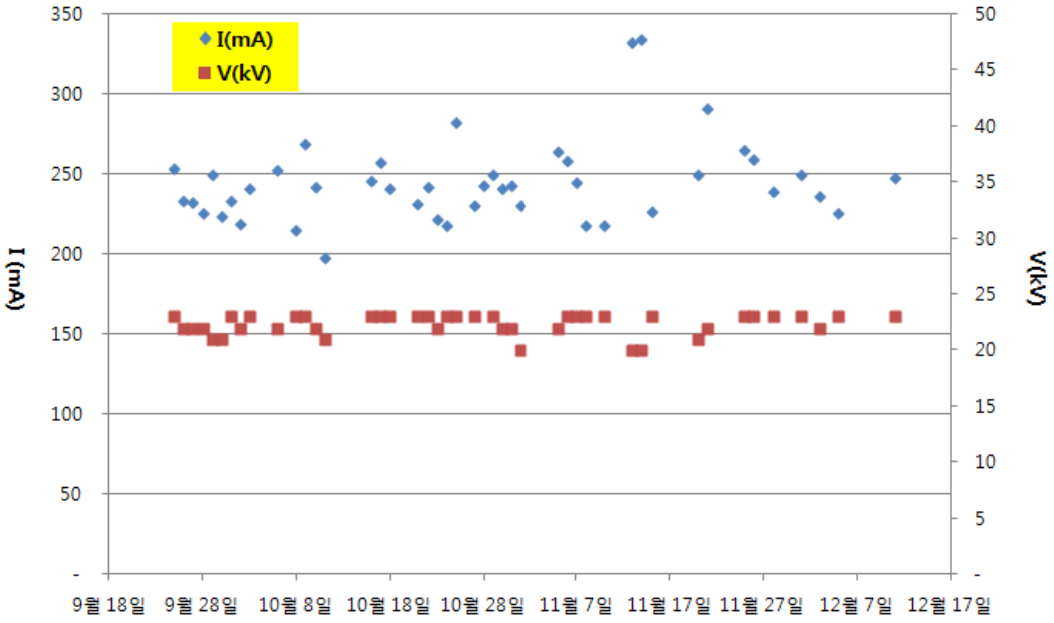
	단위	IN(300)	IN(360)	S/C OUT	EFC OUT
먼지	mg/Sm3	87.7	61.0	11.5	1.4
온도	℃	83.0	55.0	48.0	35.0

[먼지 측정 결과 (11월6일)]

흡수탑의 먼지 제거 효율은 약 75~80%로 측정되었고, EFC는 흡수탑 배출 가스의 먼지를 약 90% 추가로 제거할 수 있음를 확인하였다.

4.5.9 EFC 전압 및 전류값 Monitoring

EFC 가동 후 약 10주 동안의 EFC 전류 및 전압 수치의 모니터링 결과는 아래와 같다.

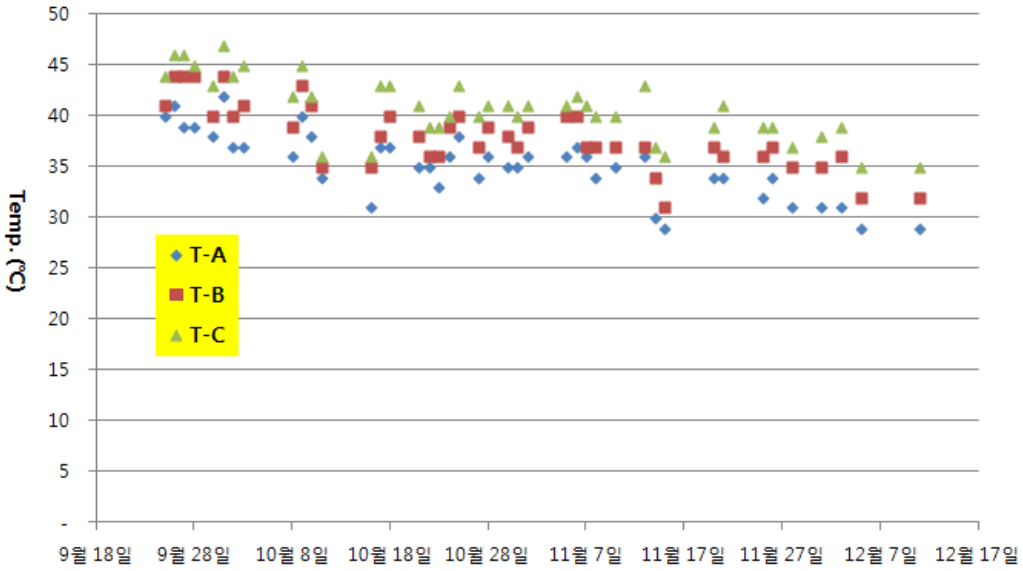


[EFC 전류 및 전압 모니터링 결과 (9월25일 ~ 12월11일)]

전류는 약 220 ~ 260 mA 범위를 유지하였고, 전압은 22 ~ 23 kV 의 범위를 유지하여 설계된 전류 및 전압의 범위에서 운전되고 있음을 확인하였다.

4.5.10 EFC 내부 온도 Monitoring

EFC 내부의 3 곳에 온도계를 설치하여 온도를 모니터링 하였다. 약 10주간의 모니터링 결과 EFC 내부에서의 온도는 30 ~ 45℃ 범위를 유지하는 것으로 확인되었다.



[EFC 내부 온도 모니터링 결과 (9월25일 ~ 12월11일)]

흡수탑으로 유입되는 텐타기 배기 가스의 온도는 하절기에는 약 100 ~ 110 ℃ 이며, 동절기에는 약 80℃ 를 유지하며, 흡수탑을 거친 후에는 온도가 더욱 떨어져 보통 하절기에는 50℃ 전후로, 동절기에는 40℃ 전후의 온도로 EFC로 유입되는 것으로 판단된다.

기존에 텐타기 배기가스를 EFC 로 직접 유입시켰을 경우 EFC 내부 온도가 보통 70 ~80℃ 수준을 유지하던 것에 비하면, 공정 개선후에 EFC 내부의 온도가 많이 낮게 운전되고 있다. 이러한 낮은 내부의 온도는 화재등 안전 사고의 발생 방지에도 큰 도움이 되는 것으로 판단된다.

4.5.11 EFC Interlock System 보완

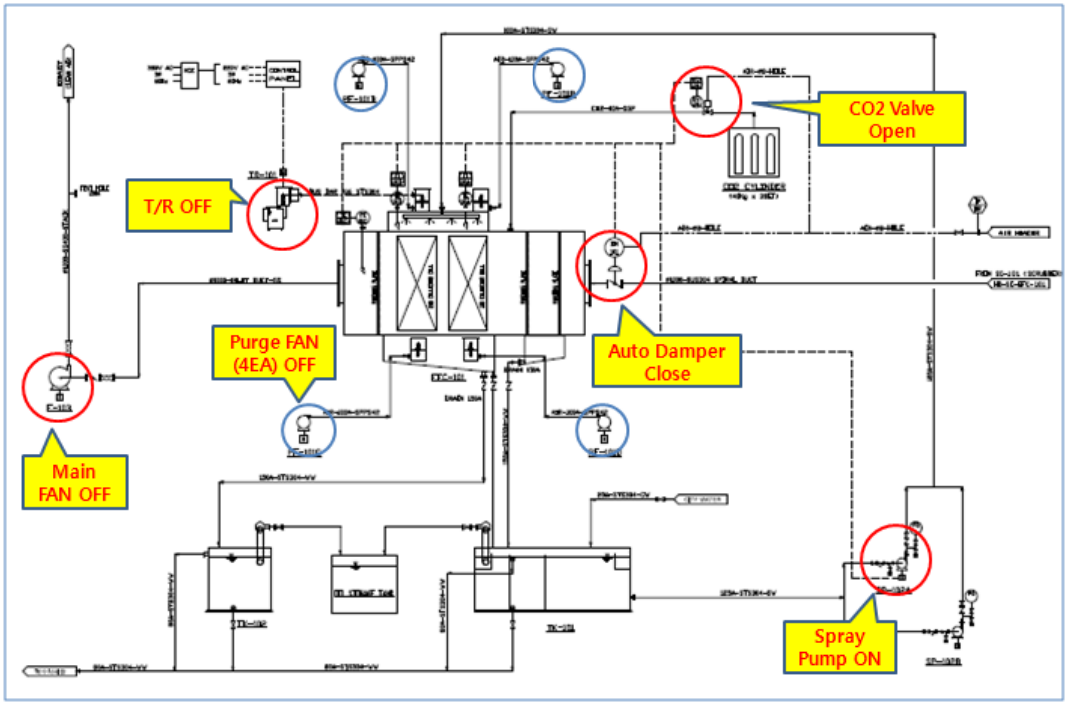
기존 EFC 운용 시 내부에서 발생한 화재 문제로 인하여 EFC의 운용이 중단적이 있고, 재산적인 피해를 본 경험이 있기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구 과제를 통하여 EFC 운용 방법의 개선을 하였다. 운용 방법의 개선을 통하여 기존에 갖고 있던 문제점들의 대부분이 해소 되었다고 판단하나, 만에 하나 발생할 수 있는 사고를 방지하기 위하여 아래와 같이 Interlock System을 구성하여 문제 상황을 해소할 수 있도록 하였다.

(1) 온도센서 TE-101A/B/C가 "80°C (1차)" 및 "100°C (2차)" 이상을 감지하였을 경우

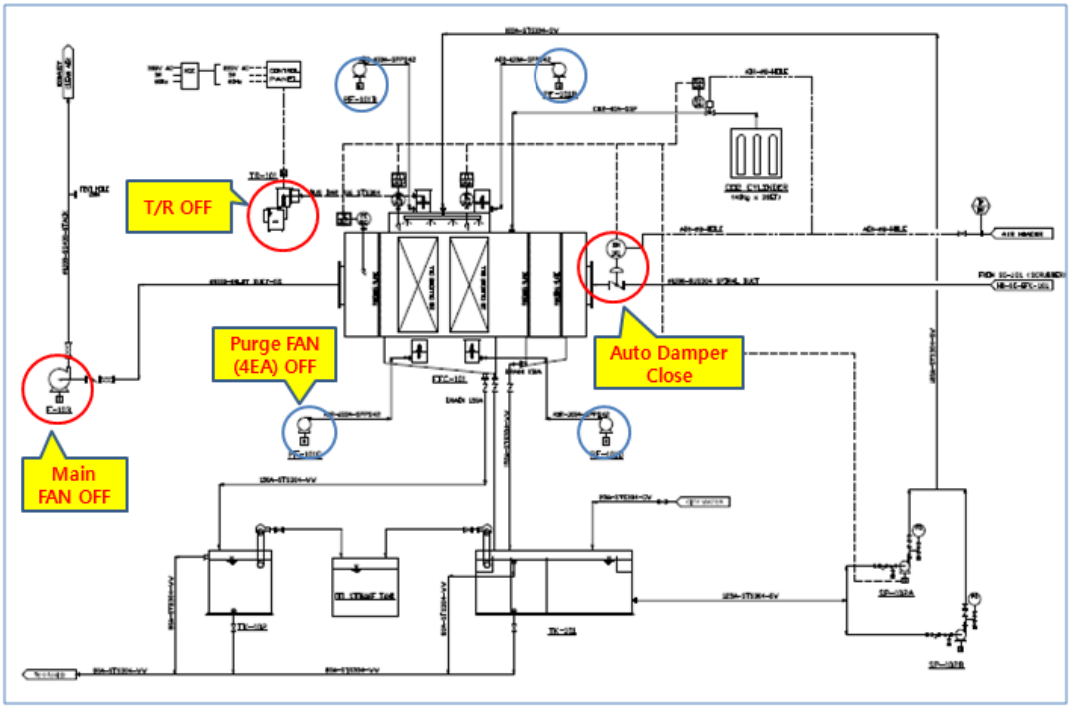
- ☞ 판넬 경광등 "ON" (주황색 경광등램프)
- ☞ 1층 작업장 경보기 "BUZZER"
- ☞ 송풍기 (F-103) “STOP”
- ☞ 변압기 (TR-101) “OFF”
- ☞ 퍼지팬 (PF-101 A/B/C/D) “STOP”
- ☞ 자동댐퍼 (DM-101) “CLOSE” (송풍기 정지 후 5초)
- ☞ 소방용 CO2 가스 밸브 (SV-101) “OPEN” (자동댐퍼 닫힌 후 10초)
- ☞ 소방용 세정 펌프 (SP-102) “START” (자동댐퍼 닫힌 후 10초)

(2) 비상스위치 작동하였을 경우

- ☞ 판넬 경광등 "ON" (초록색 경광등램프)
- ☞ 1층 작업장 경보기 "BUZZER"
- ☞ 송풍기 (F-103) “STOP”
- ☞ 인입 자동댐퍼 (DM-101) “CLOSE”
- ☞ 변압기 (TR-101) “OFF”
- ☞ 퍼지팬 (PF-101 A/B/C/D) “STOP”



[온도센서가 "80°C (1차)" 및 "100°C (2차)" 이상을 감지하였을 경우 구성도]



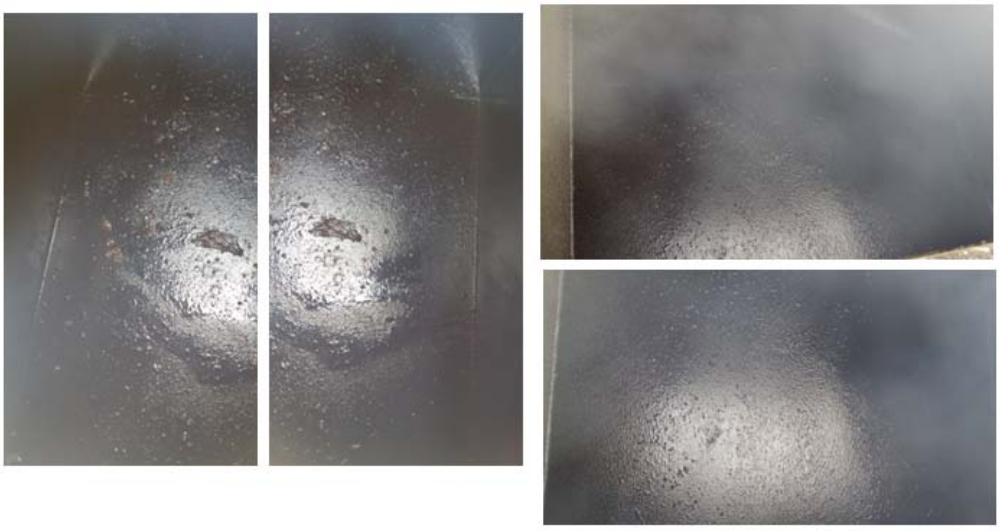
[비상스위치 작동하였을 경우 구성도]

4.5.12 Duct 내부 상황 모니터링

신규로 설치된 Duct 내부의 변화를 약 1개월이 지난 시점과 5개월이 지난 시점에서 개방하여 확인하였는데, Duct 내부는 오일로 검게 코팅되어 있었고, 아직 섬유 먼지는 많이 관찰되지는 않았다.



[유입 Duct 내부 상황 (가동 개시 1개월 후)]



[유입 Duct 내부 상황 (가동 개시 5개월 후)]

4.6 결론

(1) EFC 전처리 시설로 기존 흡수탑 활용

: 약 3개월 후에도 집진판, 방전극, 애자 상태 양호

: 약 2주일 주기로 내부 Cleaning System 가동으로 관리 충분

(2) 오일 회수

: “3,100 L/월” 회수 → 폐유 재생업체 수거 → 재생유 생산 및 판매

: 시화/안산지역 섬유업체로 확대 보급할 경우 상당히 많은 재생유 생산 가능 및 섬유 단지 주변 민원 해소

(3) 용수 사용량 : 18.1 톤/일

: 흡수탑 세정수 수질 : pH : 7.2, CODcr : 1,069ppm, n-H : 138 mg/L

(4) 1 주일간 흡수탑 및 EFC 세정수 수질 비교

: 흡수탑 - pH : 6.0 ~ 7.0, CODcr : 3,500 ~ 6,500 ppm

: EFC - pH : 6.5 ~ 7.0, CODcr : 1,200 ~ 1,600 ppm

(5) 복합악취 분석

: 흡수탑 후단과 EFC 후단의 복합악취는 비슷한 것으로 분석 됨

(6) Octanal, Nonanal 분석

: 흡수탑 후단보다 EFC 후단에서 옥타날, 노나날의 농도가 다소 높은 것으로 분석 됨

: 추후 원인 파악 예정

(7) 먼지 분석

: 흡수탑은 유입가스 대비 약 75~80% 제거 효율을 보이고,

EFC의 경우 흡수탑 배출가스 대비 약 90% 제거 효율을 보임.

(8) EFC 전류 및 전압 Monitoring 결과 : 설계 수준 유지됨

: 전류 - 220 ~ 260 mA 범위

: 전압 - 22 ~ 23 kV 범위

(9) EFC 내부 온도

: 30 ~ 45 ℃ 범위 유지 (화재에 대해 안전한 범위 유지)

(10) EFC Interlock System 구성

: 화재에 대한 2중 안전 장치 시스템 구현

제 5 장 연구결과의 활용계획

5.1 기대효과 ····· 51
5.2 향후연구계획 및 사업성과 활용방안 ····· 51

제 5 장 연구결과의 활용계획

5.1 기대효과

o 섬유염색업종의 악취 및 오염물질 제거를 위해 최초로 적용한 EFC의 장기간 운전을 통해 발생한 문제점들을 검토하여 정확한 원인을 밝히고, 장기간 상세 Monitoring 하여 그 결과를 EFC 설계에 반영함으로써 운전의 안정성과 편의성 수준을 높임.

o 시화지구 지속가능발전협의회에서 추진 중인 섬유염색단지 개선 사업에 대한 기초자료 제공함으로써 EFC의 확대보급이 원활이 진행되도록 유도함.

5.2 향후 연구계획 및 사업성과 활용방안

o EFC 전국 확대 보급을 위한 기초 자료로 활용

o 섬유업종 악취저감방안을 위한 기술지원 및 시설 개선자금 지원을 위한 기초자료로 활용

o 관련 지자체 공단 악취관리업무의 기초자료 제공

o 관련 학회논문발표 및 학회지 게재

o 환경신기술 인증

제 6 장 참 고 문 헌

1. 참고문헌 ····· 54

제 6 장 참고문헌

1. 김정근 등, "2008년도 시화 반월공단 대기(악취)배출업체 전수조사 최종보고서", 한국수자원공사,(2009).

2. 김덕현 등, "시화 반월공단 악취 중점 배출업소의 업종별 발생악취 오염물질 조사", 시흥환경기술개발센터,(2006).

3. 황열순, 박희재, 정구회, 김덕현, 나병기, “Pilot-scale EFC (Electric Fume Collector)를 활용한 섬유업체 텐타공정 배출가스 악취제거”, 한국냄새환경학회지 제10권, 제3호, 136～141(2011).

4. 황열순, 박희재, 정구회, 김덕현, 나병기 , “Full-scale EFC (Electric Fume Collector)를 활용한 텐타공정 배출가스 정화 및 오일회수”, 한국청정기술학회지 Vol. 17, No. 3, 259～265 (2011).

5. 2007. 환경부 악취관리 업무편람, 악취방지법, 대기환경보전법 참조