

클린룸 내 스프링클러시스템의 품질개선을 위한 공사방법의 연구*

황환성, 송윤식**

선행연구를 통해 클린룸 내 스프링클러시스템을 설치하는 것에 대해 일반화되었으나, 클린룸 내의 적용되는 스프링클러시스템은 클린룸의 공간적 구조에 적응성을 가지며 일반 건축물에 적용되는 스프링클러시스템과는 차별화된 관점에서의 접근이 필요하다. 이에 본 논문에서는 클린룸 내 스프링클러시스템 공사기술의 특징들을 조사 및 분석하였고, 우리나라 S사, L사의 클린룸 내 스프링클러시스템 공사현장의 실태조사를 통해 품질개선을 할 수 있도록 스프링클러시스템 공사방법을 제시함으로써 화재로 인한 인명손실과 막대한 경제적 손실을 방지하는데 기여하고자 한다.

주제어: 클린룸 내 스프링클러시스템, 스프링클러시스템 공사방법, 품질개선

1. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

최근 첨단산업의 발전과 더불어 청정도 높은 클린룸은 다양한 분야에서 요구되고 활성화되는 추세이다. 클린룸의 청정도와 공조 설비 기술의 활발한 연구와 적용을 통해 첨단 제품의 고품질화, 초정밀화 및 신뢰성을 달성할 수 있다. 하지만 화재에 대한 위험성 인식과 소방시스템의 품질개선을 위한 학문적 연구는 상대적으로 부족한 실정이다.

클린룸 내의 화재발생은 밀폐, 무창구조에 따른 환경적 피난문제, 각종 연소생성물과 취급하는 독성가스로 인한 질식에 대한 심각한 위험성으로 인명피해는 물론 국가 핵심 산업으로서 상상을 초월하는 막대한 경제적 손실을 가져온다.

클린룸 내 스프링클러시스템 공사는 현장공사 경험을 바탕으로 몇몇 특정 소방시설 전문공사업체에서 주로 수행하고 있는 현실에서 진보된 소방시설 공사기술의 보급화가 다소 지연되어 광범위하게 다

* 본 논문은 주저자 석사학위논문の内容 중 일부를 수정·보완하여 발전시킨 것임.

** 교신저자

양해지는 클린룸에서의 안전성 확보를 위해 클린룸 내 스프링클러시스템 공사기술의 정립이 요구되고 있다. 이에 본 논문에서는 클린룸 내 스프링클러시스템 공사기술의 특징을 조사 및 분석하고, 우리나라 S사, L사의 클린룸 내 스프링클러시스템 공사현장의 실태조사를 통해 품질개선을 할 수 있도록 스프링클러시스템 공사방법을 제시함으로써 다양한 분야의 클린룸에 적용될 수 있도록 하여 화재로 인한 인명손실과 막대한 경제적 손실을 방지하는데 기여하고자 한다.

2. 선행연구검토 및 연구방법

반도체산업에서의 사고사례분석 연구로 위험원의 존재를 명확히 하였고, 특수가스의 특성을 통해 그에 따른 안전대책을 제시하였고(김광일, 1996), 반도체 공장의 제연설계에 대한 규정분석과 사례분석을 통해 설계대안을 제시하여 인명보호를 위한 성능기준 피난설계에 관한 연구가 수반되어야 한다고 하였고(김운형 외, 2000), 클린룸 내의 피난안전성 확보에 관한 연구로 스프링클러시스템의 유효성을 증명하여 스프링클러시스템의 설치를 주장하였다(송윤석, 2004; 심화섭, 2009).

이와 같은 기존의 선행연구를 통해 클린룸 내 스프링클러시스템을 설치하는 것은 일반화되었으나, 클린룸 내 적용되는 스프링클러시스템은 클린룸의 공간적 구조에 적응성을 가지며 일반 건축물에 적용되는 스프링클러시스템과는 차별화된 관점에서의 접근이 필요하다.

비화재시 오동작으로 인한 수손피해는 물론 화재발생 시 신속한 화재진압을 이루기 위해 소방시설 공사단계에서의 스프링클러시스템 품질개선을 위한 구체적인 공사방법들에 대해 클린룸 내 소방시설 공사업체의 현장방문 조사를 통해 연구하였다.

II. 클린룸 내 스프링클러시스템 공사특징

1. 개요

최근 클린룸 내 적용되는 소방시설의 공사분야는 소방시장의 크기를 확대시키는 주요 요인으로 작용하고 있다. 클린룸에서는 최첨단 장비들이 생산되는데 클린룸 내 스프링클러시스템은 품질개선이 되어야 화재 시 재실자의 피난안전성 확보를 통한 인명안전과 최고가의 생산 장비를 보호하여 경제적 손실을 방지할 수 있다.

2. 공간적 특성 및 연소특성

클린룸은 입자가 제거된 공기의 순환 또는 흐름이 있는 공간으로 기류의 이동속도가 빠르고 환기율

이 높아 화재 시 연기 이동속도를 증가시키며, 급기 및 배기설비가 많이 설치되어 있고, PVC 등 가연성 물질들이 많아 화재강도가 높다. 또한 창문이 적고 칸막이로 실이 구획되어 있어 피난안정성 확보에 취약하고, 사용기자재, 장비, 원료가 고가이고, 가연성 액체 및 기체, 부식성 액체를 다량 이용하며, 재난 시 경제적 손실이 크다.

내부 기류의 수직 이동속도가 0.3~0.5m/s로서 일반건축물 보다 빠르고 환기횟수가 커서 감지기나 스프링클러시스템의 작동이 지연될 수 있는데, 그 이유는 스프링클러헤드는 풍속이 클수록 RTI 값이 커져서 민감도가 둔해지기 때문이다.

3. 소방시설공사의 특징

1) 기본설계 도서검토 및 공사설계도 작성

반도체 공장의 건설은 일단 착공이 되면 최단기간에 완공하여 제품을 시장에 공급하기 때문에 패스트 트랙 공법에 의한 돌관 작업이 불가피하고, 특히 Fab 내부 작업은 복합공정이므로 관련 공정과의 연계성을 감안하여 유연성 있게 작업이 가능하도록 상세설계도를 작성하여야 한다.

시스템 천장(Ceiling Grid), 덕트 공사, 전기 공사 및 유틸리티 배관 공사와는 충분한 협의를 하면서 진행되어야 한다. 주요 검토사항은 시스템 천장의 Mould Bar의 지지 ㄱ형강과 소화배관과의 간섭여부, 전등, 스피커 및 기타 장애물과의 간섭 여부, 덕트와 가스관과의 간섭, 자동 반송장치의 간섭, Bay 와 Eyelid의 살수장애 준공 후 점검방법 등이다.

공사가 준공된 후에도 제조설비의 재배치나 설비가 계속 추가됨으로 준공 후 제조 설비의 가동 중에도 스프링클러시스템은 추가 및 수정되는 경우가 많으므로 배관재질은 스테인레스 강관으로 공사하여야 추가 배관 작업 중 오염을 극소화할 수 있다.

2) 인원관리

국내의 클린룸 내 소방시설공사는 S사, L사 등이 동시다발로 추진되기에 클린룸 내 소방시설공사 유경험자에 대한 인사기록카드 관리가 필요하다. 경험하지 않은 인원이 클린룸 내 투입되어 소방시설 공사 시 휴면어러에 의한 예상치 못하는 위험성이 존재한다. 부득이 신규 인원이 투입 될 때에는 안전모, 수막복 등에 신규인원이라는 표시를 하고 특별한 관리가 요구된다.

클린룸 내 청정도를 고려해야 하기 때문에 소방시설공사를 하기 위한 출입자의 클린룸 내 입실 순서도 사전 교육을 통해 진행 되어야 하고, 클린룸 내 소방시설공사는 일반 건물 소방시설공사보다 3~4배의 인원이 투입되기 때문에 체계적인 통솔이 필요하다. 최근 L사에서 추진하는 LCD공장 클린룸 소방시설공사의 경우 피크타임 공정 때 일일 최고 출근인원이 250~300명이었다.

3) 배관 가공 공장 및 작업

클린룸에 설치될 목적으로 배관재를 가공할 작업장은 청정도를 유지하여야 한다. 원자재 인수검사 때부터 표면처리 및 청결도 유지를 지속적으로 관리해야 한다. 관의 절단은 자동절단기를 이용하여 절단부가 매끄러워야 하고, 접합은 불활성 가스 텅스텐 아크용접으로 배관 접합을 실시한다. 품질관리의 주요항목은 공장 내 제작조립 스펙과 도면과의 치수 확인과 용접상태이며, 용접은 사전 검증된 용접 절차서에 따라야 한다. 배관재의 가공이 완료된 부분은 적절한 세정처리를 한 후 비닐포장을 하여 현장으로 반입한다.

클린룸 내에서 사용되는 모든 안전장비(비티 비계, 안전 난간대, 안전사다리 등)의 안전성 확인과 동시에 작업장 내 반입 전 청소, 작업 중 수시 청결작업이 용이하도록 구조물은 광택비닐로 요소부위를 덧씌어야 한다.

<표 1>과 같이 Fab 구역은 UL 또는 FM 인증품인 속동형 유리벌브 하향식 스프링클러헤드를 설치하고, Plenum 구역은 UL 또는 FM 인증품인 속동형 유리벌브형인 상향식 스프링클러헤드를 설치한다. 또한 현장 내 배관작업은 화재위험과 클린룸의 치명적인 미세먼지 발생 방지를 위하여 사전에 검증절차를 거친 용접공에 의한 불활성가스 텅스텐 아크용접을 주로 적용하고 Grooved Coupling을 사용하기도 한다.

<표 1> 클린룸 구역별 주요 자재 시방

구역	스프링클러헤드 종류	배관재료	이음쇠 및 접합방식
Fab	속동형 유리벌브 하향식 스프링클러헤드, UL 또는 FM 인증품	스테인레스 강관 (STS 304)	스테인레스 강관 이음쇠 Sprinkler Flexible Tube 불활성가스 텅스텐 아크용접
Plenum	속동형 유리벌브 상향식 스프링클러헤드, UL 또는 FM 인증품	스테인레스 강관 (STS 304)	스테인레스 강관 이음쇠 Sprinkler Flexible Tube 불활성가스 텅스텐 아크용접

4) 스프링클러시스템 설치상태 최종 확인

Fab 내부의 가장 중요한 품질 확인 항목은 스프링클러시스템으로부터 누수 예방이다. 누수사고의 가능성은 주로 작업 중 배관접합 불량, 작업 중 충격을 받은 부품(주로 스프링클러헤드 부분)의 잔류 응력이 장시간 경과 후 파손, 작업 완료 후 타 공중 작업자의 부주의에 의한 파손과 시스템의 오동작에 의한 사고가 있다. 따라서 필터와 팬 필터 유닛의 설치 후에는 배관의 수정작업 절차가 어렵고 누수사고 시 막대한 피해가 발생할 수 있기 때문에 수압시험이 완료된 후에는 스프링클러 품질 검사 전문가들을 투입하여 용접부위 누수 가능성 여부, 스프링클러헤드의 파손잠재성 등을 확인하여 수정, 교

체 하여야 한다.

일반 스프링클러시스템과 클린룸용 스프링클러시스템에 대한 시방내용을 비교하면 다음의 <표 2>와 같다.

<표 2> 스프링클러시스템의 시방 비교

구분	일반 스프링클러시스템	클린룸 스프링클러시스템
배관 재질	일반 배관용탄소 강관(KSD 3507)	스테인레스 강관(STS 304)
배관 방식	가지배관방식	격자배관방식
배관 접합	65A이상 : 피복아크 용접 50A이하 : 나사 접합	모든 규격 : 불활성가스 텅스텐 아크 용접. 단 헤드접합부는 나사접합허용
행거종류	일반 행거	절연 행거
신축배관	일반 SP Joint 사용 KFI 인증 제품	클린룸 Sprinkler Flexible Tube 사용 UL 또는 FM, KFI 인증 제품
헤드표시온도	주로 68°C 사용	주로 57°C 사용
전동기 구동밸브 적용 여부	미적용	적용
배관 제작	일반가공공장에서 시행	전문 배관 가공 공장에서 시행
헤드 보호망	대부분 미적용	충격으로 파손우려 구역 적용

III. 클린룸 내 현장실태조사를 통한 스프링클러시스템 공사방법

1. 배관 재질 및 전문배관가공

클린룸 내 스프링클러시스템의 배관재질은 스테인레스강관이다. 일반 건물에 사용되는 배관용 탄소강관은 부식 및 경년변화에 따른 문제점과 공사 시 발생하는 연기 및 미세 먼지로 인하여 클린룸구조에는 적합하지 않기 때문이다.

클린룸에서 스테인레스강관 사용은 다음과 같은 이유에서 스프링클러시스템의 품질개선을 시킬 수 있다. 스테인레스강관은 배관용 탄소강관보다 내식성이 월등히 우수하여 클린룸에서 배관 부식 문제를 해결하여 균일한 살수밀도를 확보하는데 유리하기 때문이다.

스테인레스 강관은 조도값이 150으로 배관용 탄소강관 조도 120에 비해 높기에 현저하게 배관 내 마찰손실을 줄일 수 있다. 마찰손실이 감소하면 클린룸 내에 배관구경 및 소화펌프용량 설계를 경제적으로 수행할 수 있다.

배관용 탄소강관을 사용하면 불활성 가스 텅스텐 아크용접을 실시하기 위해서 용접부위 아연 피복

을 제거 시 먼지 및 불순물이 부유할 수 있어 클린룸의 Class 관리에 영향을 주어 불량제품 생산을 유발할 수 있고 배관 내 이물질 침입은 스프링클러헤드에서 방사 시 균일한 살수 밀도를 방해한다. 따라서 클린룸 내에서의 스프링클러시스템은 스테인레스 강관을 사용하며 불활성 가스 텅스텐 아크용접으로 배관 접합을 실시한다. 클린룸에서의 공사불량으로 인한 접합부의 누수는 고가의 장비 손상과 생산가동 중단이라는 막대한 경제적 손실이 발생하기 때문에 배관 연결부의 접합은 피복 아크 용접을 하지 않고 주로 불활성 가스 텅스텐 아크 용접으로 배관 접합을 실시한다.

<그림 1>은 클린룸 내 스테인레스 강관으로 설치된 상태이며 배관 연결부위가 불활성 가스 텅스텐 아크 용접으로 되었기에 매끄러운 모양을 보인다.



<그림 1> 클린룸 내 스테인레스 강관 설치 상태

클린룸 스프링클러시스템에 사용되는 스테인레스 강관의 제작은 일정 수준 이상의 품질관리가 이루어지는 전문 배관 가공 공장에서 이루어진 후 설치하게 된다. 건설 현장에서 배관 제작이 이루어지면 배관 가공 상태가 균일하지 않아 고품질 확보에 어려움이 있기 때문이다.

클린룸 전문배관 가공공장은 공장 내 클린존을 설정하여 초기 배관 제작 단계부터 전문가에 의한 엄격한 품질관리가 이루어진다. 불량 상태인 제작품이 클린룸 내 설치될 경우 비화재시 오동작 원인이 되며 스프링클러시스템 작동 시 균일한 살수밀도를 어렵게 한다.

클린룸 내 배관의 제작, 공사할 경우 배관 접합부의 용접, 절단 작업으로 인한 오염과 취급하는 용접기로 인한 화재 발생 위험이 높은 반면, 클린룸 전문 배관 가공 공장은 숙련된 전문가에 의해 단기간 내 균일한 품질 수준으로 많은 제작품을 생산할 수 있다.

국내의 경우 클린룸 소방시설공사는 PDP, LCD, LED 등 제조사들의 경쟁으로 인해 동시 다발로 진행되기 때문에 현장숙련기능공들의 수급 난이에 따른 문제가 발생할 수 있어 클린룸 내 스프링클러시스템 공사업체에서 클린룸 전문 배관가공 공장 운영을 활성화시키고 있다.

2. 격자형 배관방식 및 배관지지

슈퍼 클린룸은 하나의 방호구역의 바닥면적이 3,000㎡ 초과하는 경우가 대부분이기 때문에 펌프 용량, 배관의 구경 등을 수리학적으로 계산한 결과 스프링클러헤드의 방수압 및 방수량이 방호구역 범위 내에서 소화의 목적을 달성하는데 충분하게 계산하고 소방기술심의 위원회의 심의를 거쳐 격자형 배관 방식으로 주로 설계하여 공사한다.

격자형배관 방식은 2개 이상의 수평주행배관 사이를 가지배관으로 연결하는 방식으로 작동중인 스프링클러헤드가 그 가지관 양끝으로부터 물을 공급받는 동안 다른 가지관은 교차배관 내 물의 이송을 보조하는 방식으로 검증된 수리계산에 의할 경우 가지관 헤드 설치 개수에 제한을 두지 않는 배관 방식이고, 유수의 흐름이 분산되어 압력손실이 적고 중간이나 말단에서 공급압력 차이를 줄일 수 있으며 고른 압력분포가 가능하기 때문에 화재진압을 통한 조기 소화가 용이해진다(강경원, 2006: 568).

클린룸에 적용되는 격자형배관 방식에서 Branch Line은 일반적으로 배관 구경이 40A인 한 가지 규격으로 사용하기 때문에 배관 제작 설치 시 균일한 공사 품질을 확보하는데 유리하며 클린룸의 증설 시 스프링클러 배관 변경에 유리하고, 배관 내 압력변동이 적고 배관 내 충격과가 발생하여도 분산이 가능하기 때문에 배관 및 스프링클러헤드에 영향이 없고, 중간에 배관이 차단될 경우 대처가 가능하며, 고장수리 시에도 소화수 공급이 가능하여 소화의 안전성을 기할 수 있다.

다음의 <그림 2>는 클린룸 상부에서 격자형배관 방식으로 하향식 스프링클러시스템을 구축하는 모습이다.



<그림 2> 클린룸 내 격자형 배관 설치 상태

클린룸 내 스프링클러시스템의 스테인레스 배관을 지지하거나 고정할 때는 절연된 행가, 절연된 유볼트로 고정하여야 하고, 스테인레스 강관에 절연행가 및 절연 유 볼트를 사용함으로써 이종금속결합

에 의한 갈바닉 부식을 방지하고, 스테인레스 강관과 행가재질인 탄소강관과의 전위차가 존재하지 않도록 하는 방법이다.

클린룸에서 절연행가 및 절연 유 볼트를 사용함으로써 부식으로 인한 배관 수명 단축 방지는 물론 부식으로 인한 부유 먼지의 발생을 억제하는 효과가 있다.

다음의 <그림 3>은 클린룸 내 스테인레스 배관에 절연처리된 행가가 설치된 모습을 보여 준다.



<그림 3> 클린룸 내 스테인레스 배관을 지지하는 절연행가 설치 상태

3. 주변기기

클린룸 내 설치되는 습식 유수검지장치 주변기기는 전동기 구동밸브, 자동에어벤트, 릴리프 밸브, 프라이밍 워터 배관을 설치하여 스프링클러시스템의 품질개선을 향상시킨다.

클린룸 내 설치되는 스프링클러시스템은 비화재 시 오동작에 따른 수손으로 인해 상상을 초월하는 첨단 고가의 장비에 기능 마비로 막대한 경제적 손실을 초래한다. 따라서 배관누수 및 스프링클러헤드의 파손에 의하여 소화수 방출 시 클린룸 내부에 전동기 구동밸브 제어스위치를 주 통로 지역에 약 30m 간격으로 설치하여 작동시키면 배수배관에 설치되어있는 전동기 구동밸브를 개방하여 배관내의 소화수를 배수시키며, 메인배관에 설치되는 전동기 구동밸브를 폐쇄할 수 있도록 설치한다.

L사는 모터에 의해 작동되는 전동기 구동밸브를 사용하며 S사는 압축공기에 의해 작동되는 공기구동밸브를 사용한다.

다음의 <그림 4>는 유수검지장치 1차측에 설치된 전동기 구동밸브 모습이고, 비화재에 따른 오동작 발생 시 신속히 폐쇄되어 2차측으로의 소화수 유입을 차단한다.



<그림 4> 습식유수검지장치 1차측 전동기 구동밸브 설치 상태

다음의 <그림 5>는 배수배관에 설치된 전동기 구동밸브 모습이며 비화재 시 오동작이 발생되면 신속히 개방되어 배관 내 충수되어 있던 소화수를 방출시킨다.

클린룸 내 스프링클러시스템은 격자배관 방식이기 때문에 배관 내부에 공기가 존재하게 된다. 현장에서는 배관 내 소화수 충수 시 서서히 밸브를 개방시키는 방법과 시험밸브를 개방하여 배관 내 공기 고입 현상을 방지방법과 병행하여 습식 유수검지장치 2차측 입상 배관에 자동에어벤트를 설치하여 공기고입으로 인해 발생하는 문제를 해결한다. 자동에어벤트의 보수 및 점검 오작동 방지를 위해서 자동에어벤트 앞에 반드시 스트레이너와 밸브를 설치한다.



<그림 5> 배수배관에 설치된 전동기 구동밸브

<그림 6>은 유수검지장치 2차측 입상배관에 설치된 자동에어벤트의 모습이다.



<그림 6> 자동에어벤트 설치 상태

4. 스프링클러 후렉시블 튜브 및 헤드

슈퍼 클린룸내의 Fab 상부는 Mould Bar에서 스프링클러 가지배관과 헤드를 연결하는 후렉시블은 엄격한 품질승인을 득한 클린룸용 스프링클러 후렉시블 튜브를 사용하여 공사한다. 클린룸의 스프링클러 헤드는 화재를 조기에 감지하여 신속한 소화 성능을 유지하여야 하기에 RTI 50이하, 작동온도 57°C 클린룸 전용 스프링클러 헤드를 사용한다.

다음의 <그림 7>은 클린룸 내에서 Mould Bar와 스프링클러 후렉시블 튜브 및 헤드를 설치한 모습이다.



<그림 7> Clean Fab에 설치된 하향식 스프링클러헤드

클린룸 내에서 시스템 실링 구조에 따른 정밀 공사가 이루어져야 하기 때문에 숙련된 작업자의 기술이 요구된다. 클린룸내부의 스프링클러시스템에 사용되는 신축배관은 UL 또는 FM승인 받은 제품을 사용한다. 일반적으로 클린룸 내에 사용되는 신축배관을 스프링클러 후렉시블 튜브라 한다.

Mould Bar의 구조에 따라 외형상 차이는 있지만 Fab 상부에 하향식으로 설치되는 신축배관은 <그림 8>과 같다.



<그림 8> Clean Fab의 스프링클러 후렉시블 튜브의 설치 상태

클린룸내부는 Class 등급을 유지해야 하기에 공조시스템의 가동에 따라 기류의 흐름이 항상 존재한다. 기류의 흐름은 스프링클러 헤드가 관통하는 Mould Bar의 Hole을 통해 미세 먼지가 이동하여 클린룸에서 생산되는 제품에 영향을 주워 불량품 생산의 원인이 된다.

또한 Mould Bar의 재질은 알루미늄이고 스프링클러 후렉시블 튜브의 재질은 스테인레스 강관이다. 이로 인해 이종 금속 결합에 따른 부식에 영향을 초래할 수 있어 Nitrile Butadiene Rubber 재질로 만든 O-Ring을 반드시 체결하고 공사하여야 한다.

클린룸 내 스프링클러시스템의 배관연결부위는 누수 위험이 없는 고품질을 유지하여야 하기에 모든 연결 부위는 불활성가스 텅스텐 아크용접을 실시한다. 단 스프링클러 후렉시블 튜브와 스프링클러헤드 사이는 나사식 접합을 허용한다.

일반 건물에서 가지배관과 신축배관 및 신축배관과 연결 니플을 나사 결합하여 공사하는 것에 비해 클린룸에서 스프링클러 후렉시블 튜브사용은 스프링클러시스템의 신뢰도 확보를 가능케 한다.

클린룸에 설치되는 스프링클러헤드는 RTI 50이하로 화재로 발생하는 열에 대한 민감도가 우수하게 제조된 것을 사용하며 RTI는 글라스벌브의 구경을 감소시키는 방법을 통하여 민감하게 반응하도록 한다. 작동온도는 주로 57°C 것으로 사용한다. 따라서 클린룸 내 스프링클러헤드는 화재초기 낮은 온도에서도 민감도가 우수한 제품을 사용하기 때문에 조기에 화재진압을 통한 소화를 가능하게 한다.

다음의 <그림 9>는 클린룸 내에 설치된 스프링클러 헤드의 모습을 보여준다. 설치 시 스프링클러

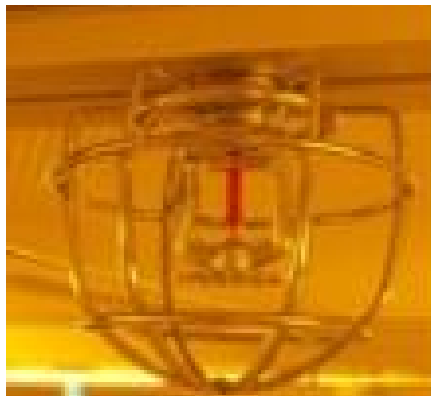
후렉시블 튜브의 나사 부분과 스프링클러헤드의 나사 규격이 일치하는지 여부를 파악하여야 한다. 또한 클린룸용 스프링클러헤드는 Mould Bar Hole에 끼워 설치할 수 있도록 설계된 제품을 사용한다.



<그림 9> Mould Bar에 설치된 스프링클러헤드

클린룸 내 스프링클러시스템공사는 청정관리를 하며 진행되어야 하기에 공사참여인원은 수막복, 마스크, 방진화 등을 착용하고 작업에 임하여야 한다.

클린룸에서 장비의 이동과 타 공중 작업 시 발생하는 충격으로 부터 스프링클러 헤드 파손 우려가 있는 지역은 <그림 10>과 같이 보호망을 설치하여 수손 피해를 방지하고, 스프링클러헤드 보호망은 헤드 설치 후 보호망의 체결 부위를 견고히 하여 이탈 현상이 발생되지 않도록 하여야 한다.

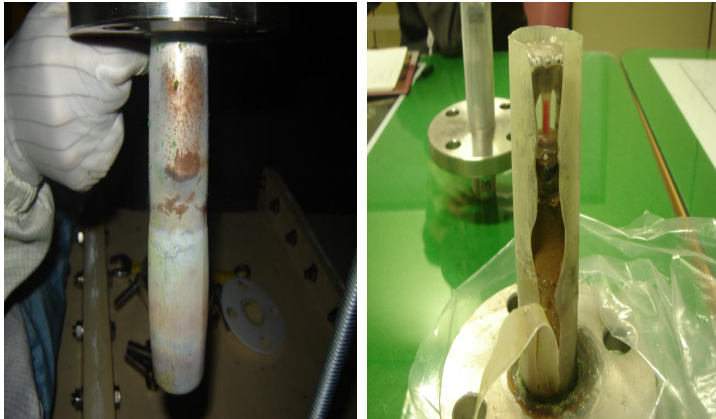


<그림 10> 스프링클러헤드 보호망 설치 상태

Fume Duct의 완전연소와 클린룸 안으로의 연기 배출을 방지하기 위해 스프링클러헤드를 설치한다.

설치 시 Poly Bag으로 스프링클러 헤드와 연결 니플을 정밀하게 보호해야 하는데, Poly Bag 내로 Fume이 침입하면 덕트 내 삽입된 스프링클러 연결 니플과 스프링클러 헤드가 부식하는 문제가 발생된다. 폴리에스테르 코팅된 스프링클러헤드를 파라핀으로 재 코팅하여 덕트 내에서 산화현상으로 인해 헤드가 부식되는 것을 방지한다.

다음의 <그림 11>은 Fume이 Poly Bag 내부로 침입하여 산화반응을 발생시켜 불량상태를 유발한 모습이다.



<그림 11> Fume Duct 스프링클러시스템 불량 공사 상태

다음의 <그림 12>는 Fume Duct 스프링클러헤드는 현장에서 전기밥솥을 이용하여 파라핀을 녹여 액상으로 만들고 그 액상에 헤드를 담가다 빼면 파라핀이 코팅되게 된다.

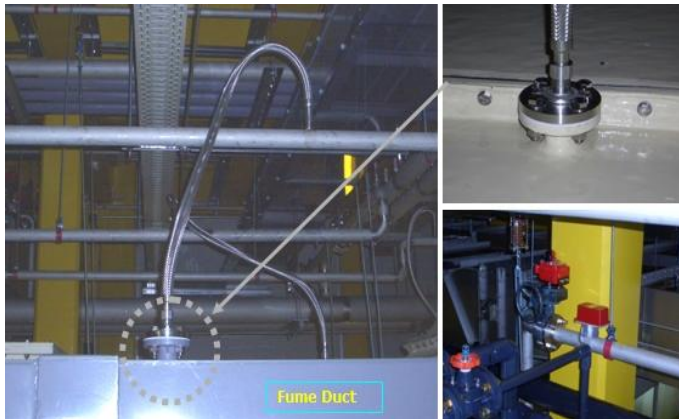
Poly Bag을 이용하여 덕트 내에 삽입되는 부분을 보호한다. 이때 Poly Bag으로 보호할 때 손상이 발생하지 않도록 주의를 요한다.

<그림 12>의 Poly Bag과 같이 마운트 블록과 면하는 부분은 견고히 체결될 수 있도록 제작되어야 하고, Fume Duct 스프링클러의 마운트 블록을 들어 Poly Bag으로 보호된 레듀싱 니플과 헤드부분을 Duct 내 삽입하고, Fume Duct의 후렌지와 마운트 블록을 볼트, 너트, 와샤를 이용하여 견고하게 체결하고, 이때 Poly Bag의 이탈 및 손상을 다시 한번 확인하고 이상 없을 때 완전 체결한다. 손상이 발생하면 산화반응에 의해 스프링클러 레듀싱 니플이 부식되어 시스템의 성능을 발휘할 수 없게 된다. <그림 12>는 Fume Duct의 후렌지와 마운트 블록이 완전히 연결된 모습을 보여준다.



<그림 12> Fume Duct 내 스프링클러헤드 설치

Fume Duct 스프링클러헤드를 설치한 구역은 <그림 13>과 같이 가지관마다 버터플라이 밸브와 Water Flow Switch를 설치하여 화재 시 방재실에서 확인할 수 있도록 하고, 이때 Water Flow Switch는 UL 또는 FM승인을 취득한 제품을 사용한다.



<그림 13> Fume Duct 스프링클러시스템 설치 상태

IV. 결론

우리나라 S사, L사의 클린룸 내 현장실태조사를 통한 스프링클러시스템 공사방법 연구를 실시하였는데, 이러한 연구를 통해 스프링클러시스템의 품질개선을 위한 공사방법에 대해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 클린룸 내 스프링클러시스템의 배관은 배관용 탄소강관을 사용할 경우 부식, 배관수명, 클린룸 배관 용접 작업 시 먼지발생, 마찰손실에 따른 경제성 등의 문제점이 있어 스테인레스 강관으로 적용되어야만 경제성과 품질개선을 확보할 수 있다.

둘째, 클린룸 스프링클러시스템의 배관제작은 전문배관 가공공장에서 진행되어야 한다. 건설현장에서 배관제작이 이루어지면 배관가공 상태가 균일하지 않아 고품질의 확보가 어렵기 때문이다. 전문배관 가공공장은 전문가에 의해 품질관리가 철저히 이루어지기 때문에 클린룸 스프링클러시스템의 품질개선을 보다 가능하게 한다.

셋째, 반도체, TFT-LCD 관련 클린룸은 하나의 방호구역의 바닥면적이 3,000㎡ 초과하는 경우가 대부분이기 때문에 일반건물의 가지배관방식에 따른 설치는 적합하지 않다. 클린룸 구조에 적합하고 소화성능 확보 및 공사에 유리하며 시스템의 유지보수를 간편히 할 수 있는 전용 프로그램에 의한 격자배관방식으로 설계 및 공사되어야 한다.

넷째, 클린룸 내 스프링클러시스템의 유수검지장치와 배수배관에 전동구동밸브를 설치하여 비화재시 오동작으로 인한 막대한 재산피해를 최소화하여야 하고, 격자방식에 따른 공기고임을 방지하기 위한 자동에어밴트를 유수검지장치 입상배관 말단에 설치해야 배관내 공기로 인한 펌프기동장애, 배관부식, 소음 발생 등의 문제를 해결하여 품질개선을 시킬 수 있다.

다섯째, 신축배관은 클린룸 전용으로 제작된 스프링클러 후렉시블튜브를 사용해야 한다. 클린룸의 천장구조에 적합하도록 헤드 접속부를 스테인레스로 특수 제작하고, 일반 신축배관에 비해 신축성이 우수하도록 하며, 헤드 접합부를 제외하곤 모두 용접으로 접합하도록 제작된 스프링클러 후렉시블튜브를 적용하여 배관 누수 문제, 클린룸 구조에 고정 문제, 기타 공사상 문제점을 해결한다.

여섯째, Fume Duct 스프링클러헤드 설치 시 헤드를 파라핀으로 코팅하고 특수 제작된 폴리백을 견고하게 체결해야 스프링클러 연결 니플과 스프링클러 헤드가 부식되는 문제를 해결할 수 있다.

참고문헌

- 강경원. 2006. 소방기술사특론. 동화기술.
- 김광일. 1996. 반도체 산업에서의 사고사례분석 및 안전대책 방안. 한국화재소방학회지. 10(1): 49-61.
- 김운형 · Michael J. Ferreira · 안병국. 2000. 반도체 공장의 제연설계. 한국화재소방학회 논문지. 14(4): 23-28.
- 송윤석. 2004. Clean Room 위험성 평가에 따른 안전성 확보에 관한 연구. 서울시립대학교 도시과학대학원. 석사학위논문.
- 심화섭. 2009. 반도체 공장의 클린룸에서의 제연방식에 따른 피난안전성능연구. 서울시립대학교 도시과학대학원. 석사학위논문.

2월)를 취득하였고, (주)파라다이스산업에서 10여년 재직하였고, 2010년 5월 소방기술사를 취득하여 현재 (주)플러스이엔지 이사로 재직 중에 있으며, 서정대학교 소방안전관리과 겸임교수로 재직 중에 있다 (hshwang1111@hanmail.net).

宋潤錫: 한국외국어대학교에서 행정학박사학위(논문: “대도시 재난관리체계의 유형별 효율화 비교분석”, 2009년 2월)를 취득하였고, 현재 서정대학교 소방안전관리과 학과장으로 재직 중에 있다. 주 연구분야는 재난관리, 소방조직, 소화시스템 분야이며, 현재 국가위기관리학회 기획이사로 활동 중이다(songys@seojeong.ac.kr).

투 고 일: 2012년 01월 06일

수 정 일: 2012년 01월 19일

게재확정일: 2012년 02월 02일

A Study on Construction Methods for Quality Improvements of Sprinkler Systems in Clean Room

Hwan Sung Hwang, Yun Suk Song

According to existing leading research, installation of sprinkler system in Clean Room is generalized, but sprinkler system which is applied to Clean Room is adaptable to the spatial structure. And it is need to approach to sprinkler system which is applied to average buildings with a different point of view. In this thesis, research and analyze features of sprinkler system in Clean Room and through research on the actual condition of sprinkler system construction site of S and L which is the national companies, suggest a sprinkler system construction method to maintain quality improvements. As a result of this, the purpose of this thesis is to contribute to protect a loss of lives and heavy economical loss by a fire.

Key words: sprinkler system in clean room, sprinkler system construction method, quality improvements