

초기화재감지의 새로운 방식

분진이 발생하거나 공기유동이 빠른 특수한 장소에서 화재의 조기 감지를 위한 새로운 기술이 개발되었다.

응축핵 감지기(Condensation Nuclei Fire Detector)를 이용하는 방법으로 기존 감지기는 부적합한 장소에 설치할 수 있다. 이같은 FIRE SURVEYOR 89년 10월호에 게재된 것으로서 이 기술의 기본적 특징 및 사용 감지기에 대하여 설명하고 있다.

화재시에 방출되는 에어로졸(Aerosol)과 입자들은 통상 연소가스와 증기로 알려져 있다. 에어로졸은 공기중에 부유하는 미립자 물질로 구성되어 있으며 이것은 섬유상의 가연물 화재시에 발생된다.

일상 조건하에서 대부분의 증기는 에어로졸을 포함하고 있으며 에어로졸농도가 증가하는 것은 보통 화재의 초기상태를 나타낸다.

1. 재래식 연기감지기 (Conventional smoke detector)

재래식 연기감지기는 연기입자를 감지하기 위하여 이온화(Ionisation) 또는 광전식(Photo-electric) 기술 중 하나를 이용하고 있다. 화재시에 발생하는 입자의 크기는 연소 물질과 공기의 공급상태에 의해 결정되므로 감지기는 광범위한 입자크기를 고려하여 폭넓게 설계되어야 한다.

작은 입자들은 화재의 초기단계에서 발생하므로 system이 얼마만큼 작은입자를 감지하느냐에 따라서 응답시간은 단축될 것이다.

이온화식 감지기는 밀폐된 터빈 발전기의 수소냉

각system에서와같이 깨끗한 환경에서 최상의 능력으로 사용되며 입자크기와는 크게 관련되지 않는다.

광전식감지기가 감지할 수 있는 입자크기는 특정한 물질로부터 반사된 빛의 파장에 의해 결정된다.

2. Air sampling 연기감지 기술

재래의 광전식 연기감지기는 다이오드에서 방출되는 적외선을 이용한다. 적외선다이오드는 저렴한 가격과 전기회로의 소모가 적은 관계로 많이 사용되었다. Mie의 분산법칙(Mie Dispersion Law)은 모든 광전식 감지기의 기본원리이고 공기중에 부유하는 작은 입자의 직경이 반사된 빛의 파장보다 길어야만 빛이 반사된다는 것을 나타낸다. 적외선은 가시광선보다 파장이 길어 연소과정에서 발생한 입자를 적외선 방출 다이오드를 사용하여 감지할 수 있다. 이러한 형태의 감지기는 약 0.9미크론의 파장을 통상 사용하며 이것이 곧 감지가 가능한 입자크기의 하한치를 나타내는 것이다. 연기감지시스템의 적외선방출장치 대신에 크세논방전장치(Xenon strobe)를 사용하면 이 하한치를 더욱 낮출 수 있다. 크세논광원은 0.3미크론이하의 입자를 발생하므로 적외선방출장치보다 3배의 능력을 발휘하게 되는것이다. 화재가 유효하게 환기될 때에는 큰입자들보다는 불균형하게 다량의 작은 입자가 발생된다.

초기화재감지를 추구하는 설계자가 유의해야 할 주요내용을 보면 다음과 같다.

(1) 초기화재감지기는 고감도이어야 한다. 초기화재시 연소된 물질에서 발생하는 입자의 양은 극히 소량이고 화원은 국부적으로 발생되기 때문이다.

(2) 광전식원리를 이용한 감지특성은 광원의 파장 이상의 모든 입자 크기에 대해 민감하여야 한다. 여

기에는 적외선이나 크세논복사 광원이 이용된다. 광전식원리에 기초한 system은 공기중의 모든 분진을 감지한다.

(3) 흡입식(aspirate) system 기술의 적용은 설계자에게 다소 어려움이 있다. 왜냐하면 불평형한 흐름방식은 위험장소에서 센서(sensor)까지의 공기 sample의 통과시간을 부정확하게 만들기 때문이다.

(4) 만약 설계자가 sample점과 같은 수의 감지실(Chamber)을 가지고 하나의 초고감도장치(Ultra-sensitive device)로 바꾸는것은 어떤가.

(5) 어느 정도 수준의 감도가 필요한가 등

3. 열적 특성-일반 이론 (Thermal particulation general theory)

많은 화재는 점진적인 열의 축적에 의해 발생하며 가연물질이 발화온도에 도달했을 때 연소는 그 자체로서 유지되고 화재라고 불려진다. 이 발화온도보다 훨씬 낮은 온도에서의 화학반응은 공기에 의해서 운동되는 입자를 발생시킨다. 이것이 화재의 초기단계로 알려져 있으며 가열이 계속되면 입자농도는 연기가 광학적인방법(optical method)으로 볼 수 있는 점까지 증가될 것이다. 이것이 연기를 발생하는 단계이고 이 단계는 불꽃을 내며 타는 단계로 진전된다. 마지막 단계는 열 발생단계로서 연소점은 급속히 확산된다.

초기화재감지의 열특성에 대한 기본개념은 초미세 공기 반송 입자(Submicron airborne particle)의 측정에 의한 것이다. 중합체(Polymer)의 화학적 분해의 연구는 현재 절연물로 사용되는 많은 물질이 일반적으로 144-300°C의 온도에서 초미세 공기반송입자를 생성한다는 것을 나타낸다. (표1 참조)

물질의 온도증가에 따라 그 표면의 증기압력은 증가한다. 방출된 가스는 부분적인 공기의 운동 및 과열로 발생한 대류에 의해 그 표면까지 이동한다. 증기는 이동하여 냉각되고 매우 짧은기간 동안에 과포화된다. 이 과포화증기는 자기핵화(self-nucleation) 또는 응축(Condensation)에 의해 고체 또는 액체로 된다.

자기핵화는 초고농도의 매우 작은 입자를 발생시키고 그 양은 입자의 반지름에 역비례 한다. 그러므로

화재의 초기단계에서 생성된 물질의 양은 매우 적지만 생성된 입자의 수는 매우 많게된다. 이것을 그림으로 나타내면 다음과 같다.

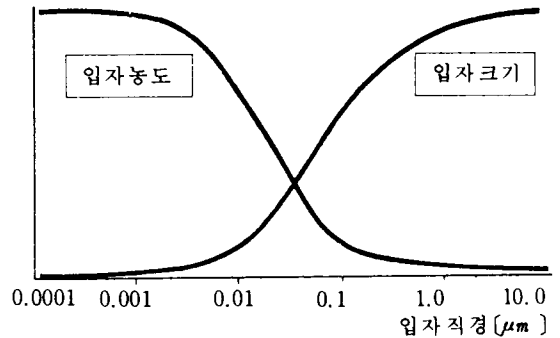


그림1 입자의 크기와 농도의 상대적인 관계

한 예로서 섬유재료 1마이크로그래ם은 0.001마이크론 크기의 입자를 100×10^{12} 개 만들어 낸다. 이들 입자는 온도상승속도 및 가열된 물질의 성질에 의해서 수초 내에 발생하게 된다.

3×3m의 사무실에서 연소 진행시 A₁종이 한상은 cc당 1천만개이상의 입자를 발생한다.

공기중에서 충분한 연소점 이하의 온도에서 미세한 입자를 용이하게 만들어 낼 수 있는 물질로는 다음과 같은 것들이 있다. 종이, 목재, 셀룰로우스, 고무, 유기화합물, 폴리머(polymer), 카본, 페인트 및 바니시, 천연 및 합성섬유, 음식물, 박테리아 등.

표1은 보통의 물질이 다수의 입자를 발생시킬 수 있는 온도를 나타낸다.

표1.

물 질	온 도℃
송관	157
비닐바닥타일	186
울 카페트	180
P V C	144
폴리스틸렌	230
베이크라이트	190
접착제EPON 828	186
접착제RTV 577	174
필기용지	260

4. 응축핵 (Condensation nuclei)

응축핵의 존재는 1841년 이후 알려져 왔고 일정한 용적중에 존재하는 양을 측정하는 최초의 가능성은 1940년대에 처음으로 개발되었다.

응축핵은 눈에 보이지 않는 초미세입자로서 알려져 왔고 화재의 극초기단계에서 생성된 것 이외에 자연 빛 인공적인 과정에 의해서도 만들어졌다.

대기중에서 입자들의 존재는 수적(水滴, water droplet)을 형성한다. 이들 입자는 공기중의 수증기가 응축하기 위한 핵으로서 작용하고 안개의 발생원이 된다. 이 미세입자들을 계산하기 위한 종래의 측정방법은 Wilson cloud chamber에서 인공적으로 만들어낸 안개에 의한다. 이 장치는 일정한 용적에 갑작스런 압력변화를 주었을때 과포화된 수증기가 입자주위에 응축하여 시력으로 볼 수 있는 크기의 입자가 되는 것을 이용한다.

5. Cloud Chamber 기술

화재감지장치로서 Wilson cloud chamber의 사용은 기존의 감지능력을 향상시키고 재래의 감지기술에 관련된 설계상의 몇가지 문제점을 해결하게 된다.

첫째로 감지헤드에서 sample을 흡입하는 흡입식(aspirate) system과 연결된 감지기는 빠른 공기의 유동, 기압의 변화, 상대습도의 변화, 공기중의 분진 변화에 영향을 받지 않는다.

둘째로 장치는 입자크기에 제한을 받지 않는다. 반사된 매우 짧은 빛의 파장을 이용하여 작은 입자를 감지하려는 시도 대신에 입자 주위를 작은 물방울들로

둘러쌓아 보다 큰 입자로 변형시켜 기존의 광전식감지기로 감지하는 것으로 이 방식은 기존의 입자크기와 작은 물방울로 둘러쌓아서 만들어진 크기의 차만큼 감도가 민감해진다는 것을 의미한다. (그림2 참조)

단기간 베이스에 있어서 분진에 대한 감도는 무시해도 된다. 그것은 먼지 농도가 1cc 당 수백개 정도이고 수십 만개에 추가된 수백개의 입자는 별 의미가 없기 때문이다.

cloud chamber 원리를 이용한 sample흡입system의 사용은 공기의 습도, 공기의 유속 및 RF(Radio Frequency)간섭에 의한 영향을 없앤다.

화재감지를 위한 cloud chamber system은 0.002 미크론보다 작은 입자를 정확히 측정한다. 이것은 재래의 광전식감지기보다 450배 이상 작은 입자를 검출하는 것을 의미한다.

그림3에 표시된 system은 다른 흡입system보다 독특한 장점을 가지고 있으며 그 중에서도 연소전의 과열연소 및 불완전연소에 의해서 발생한 입자를 감지가능케하는 광범위한 입자크기에 응답하도록 설계되어 있다.

그림의 상부는 4개zone 이상에 접촉되어 있는 sampling점의 현장회로망을 구성하고 있고 각 zone은 10개이하의 sampling점을 갖는다.

각 zone은 공통의 감지장치(cloud chamber 부분)에서 시분할(TIMESHAR)되어 감지된다.

각각의 sample헤드에서 공통의 감지장치까지 sample의 전송시간이나 흐름은 일정한다.

zone선택 솔레노이드밸브는 매분당 15초간 개방되고 있다. 이때 흐른 sample은 공통의 감지장치로 보내진다. 15초간의 싸이클중 1초간 1회의 sample 이

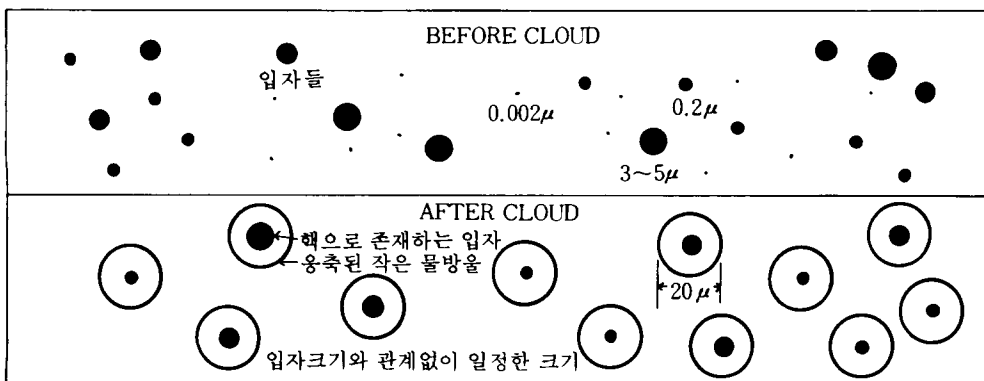


그림2 CLOUD 전후의 입자크기 비교

cloud chamber에 보내져 측정된다. 이 사이클동안 cloud chamber에 흡입된 최초의 두sample은 오동작을 방지하기 위하여 무시된다.

매초 각 sample은 습도를 100%로 올린 가습기내로 흡입된다.

급수는 습도level sensor부분의 가습기에 탈이온화된 물을 공급한다.

water control은 water 솔레노이드밸브의 개폐를 지시하고 경보장치의 오동작을 방지한다.

습도level sensor에서는 각zone에서 흡입된 sample을 20cm의 수두와 동등한 압력까지 급강하시켜 cloud chamber로 보낸다. 이 압력강하에 의해 초미립자 주위로 응축된 각각의 작은 물방울들은 모두 일정한 크기를 유지하게 될것이다.

모터구동의 회전밸브(rotary valve)에서는 1초간의 측정 사이클중에서 흡입 및 배출부가 정확하게 조정된다.

배기 FAN은 회전밸브의 사이클중 배출부일때 cloud

chamber내의 측정되어진 sample을 배기한다.

진공펌프(vaccum pump)는 회전밸브의 사이클중 흡입부일때 측정하고자 하는 zone의 sample을 cloud chamber내로 흡입한다.

cloud chamber내로 흡입된 sample은 재래의 광전식 감지방식에 의하여 화재상황을 측정하는데 사용된다.

6. 결 론

결론으로서 응축핵 화재감지기는 상기한 장점이 있는 반면에 가격이 비싼 단점이 있다. 그러므로 이와같은 설비의 사용에 대해서는 그 최종사용자가 설비의 사용에 대하여 책임질 수 있는 장소에서 전체적인 system의 일부분으로 또는 위험이 특별한 강도와 특성을 요구하는 장소에 단독으로 사용하는 것이 가능하다. 또한 이 설비는 주위 여건상 통제가 어렵고 정확한 화재발생 위치의 탐지를 요하는 경우에도 신뢰성있게 사용될 수 있다.

그림3. 초기화재감지용 응축핵 화재감지기의 구성도

