

# 非點火(Non-Incendive)型 防爆 電氣機器의 構造特性 및 評價方法

崔 相 源, 李 寬 珩, 文 正 基

한국산업안전공단 산업안전연구원 선임연구원, 기계전기연구소장, 한국기계연구원 책임연구원

## Construational Properties and Evaluation Methods of the Non-Incendive Type of Explosion-Proof Electrical Apparatus

Sang-Won Choi, Gwan-Hyung Lee, Jung-Gi Moon

Industrial Safety Research Institute, Korea Industrial Safety Corporation, Korea Institute of Machinery and Metals

**Abstract:** In the hazardous areas where explosive substances in the form of gases, vapor or mists exist, electrical apparatus and installations must be of explosion-proof construction to prevent or limit the danger of the ignition of potentially explosive atmosphere. In Korea, six types of protection have been specified in the government regulations at present: flameproof enclosure, pressurization, oil immersion, increased safety, intrinsic safety, and special types. If electrical apparatus are made of explosion-proof construction in a way other than five above-mentioned types, and their performance is tested and approved by the responsible authorities, they may be categorized as *special type apparatus*. In this paper, we introduced a special type of explosion-proof electrical apparatus, called *non-incendive type*, and presented its constructional requirements. We also investigated evaluation methods of non-incendive type apparatus to assure the explosion-proof performance, and proposed a new classification method of hazardous areas using probabilistic concept.

點火 에너지가 되지 않도록 제한하는 構造가 바로 電氣機器의 防爆構造이다. 현재 우리나라에서 채택하고 있는 可燃性 가스 또는 蒸氣를 대상으로 한 電氣機器의 防爆構造는 耐壓, 壓力, 油入, 安全增, 本質安全, 그리고 特殊防爆 構造의 6 가지로 區分하고 있다 (그림 1). 또한, 이 防爆構造들은 표 1과 같은 長·短點을 갖고 있다.

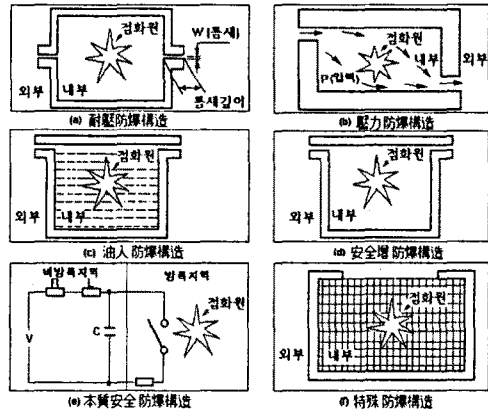


그림 1. 방폭구조의 종류

표 1. 방폭구조별 장·단점

防爆構造	長 點	短 點
耐 壓	<ul style="list-style-type: none"> <li>1種 및 2種 場所에 사용 가능</li> <li>보호상의 특별 제약이 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>내부폭발에 의한 내용물의 손상이 중대한 機器에는 적합하지 않음.</li> <li>복발등급이 높을 수록 구조 복잡하고 제작 곤란</li> </ul>
壓 力	<ul style="list-style-type: none"> <li>복발등급에 관계 없이 사용 가능</li> <li>대형 전기기기 및 발화도가 낮은 가스를 대상으로 하는 기기에 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보호기계의 송금 배기 등의 장치 필요</li> </ul>
油 入	<ul style="list-style-type: none"> <li>복발등급에 관계 없이 사용 가능 (소형 조작 개폐기 등에 적합)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐기, 제어기 등은 기름의 열화, 누설 등으로 보수면에서 어려움이 많음</li> </ul>
安全增	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐壓 防爆構造보다 가격이 저렴</li> <li>온도상승, 絶緣의 안전도만을 증가시키므로 제작이 간편</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기기기 내부에서 고장시 방폭성능이 보장되지 않음</li> <li>과부하, 고열 등의 보호 대책이 필요</li> <li>2중장소에서만 사용 가능</li> </ul>
本 質 安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>0種 場所에 사용 가능</li> <li>방폭의 안전성이 가장 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소전력용 전기기기에만 적용됨 (계측기류)</li> <li>정전, 전사유도 등을 고려, 배선 등에 특별 주의 필요</li> </ul>

### 머 리 말

可燃性 또는 爆發性 가스 및 蒸氣가 존재하는 危險場所에서 사용되는 電氣機器는 여러가지 保護方式을 구비한 構造로 제조되어 지야 한다. 현재 국내 産業體에서 사용되거나 제조되고 있는 爆發防止 構造의 電氣機器에는 6 종류가 있다. 이들 6종의 防爆構造는 點火源의 隔離 方法에 따른 分類로서 耐壓, 壓力, 油入, 安全增, 本質安全 및 特殊 防爆構造이다.

電氣機器에서 발생되는 에너지 (Spark, Arc, 高溫表面 등)가 可燃性 또는 爆發性 가스 및 蒸氣에 點火되지 않도록 되어 있고, 이를 國家公認機關에서 객관적으로 입증할 수만 있다면 危險場所에서 사용이 가능하다. 이러한 電氣機器를 特殊防爆 構造의 電氣機器라 하며, 현재 歐美 여러나라와 日本에서는 여러가지 형태의 特殊防爆 構造에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 이러한 特殊 防爆構造의 하나인 非點火 (Non-Incendive) 防爆構造의 電氣機器에 대한 防爆性能의 確保方法, 構造의 要件 및 性能評價方法 등을 상세히 고찰하여 보고자 한다. 아울러 이 防爆構造와 既存의 防爆構造와의 長·短點을 比較하고, 防爆 電氣機器가 설치되는 危險場所의 等級 區分에 대한 確率的 개념을 도입한 새로운 방법을 소개하고자 한다.

### 1. 電氣機器의 防爆構造

#### 防爆構造의 種類 및 長·短點

爆發이 일어나기 위해서는 可燃性物質, 空氣 (酸素) 및 點火源의 세가지 條件이 맞아 떨어지야 하는데, 危險場所의 경우 可燃性物質과 空氣는 이미 存在하므로 爆發을 防止하기 위해서는 點火源을 제거하는 方法만이 남아 있다. 電氣機器는 過渡期에 발생 하는 Arc나 Spark, 稼動중에 發生하는 高熱 등으로 인하여 중요한 點火源으로 작용할 우려가 매우 크다. 따라서 電氣機器로부터 발생되는 點火源 (Arc, Spark, 熱)을 可燃性物質이 空氣와 混在해 있는 爆發性雰圍氣 (Explosive Atmosphere)에서 隔離시키거나

**爆發危險場所의 分類**

危險場所의 等級을 결정하는데 있어 기존 방식으로는 그림 2와 같은 Flow Chart 방식을 많이 사용하고 있다. 그러나 이 방식은 위험물질의 종류, 주위공기의 흐름, 환기의 정도, 환기구의 위치 등이 중요한 변수로 작용하여 등급결정이 달라질 수 있는 경우가 많다.

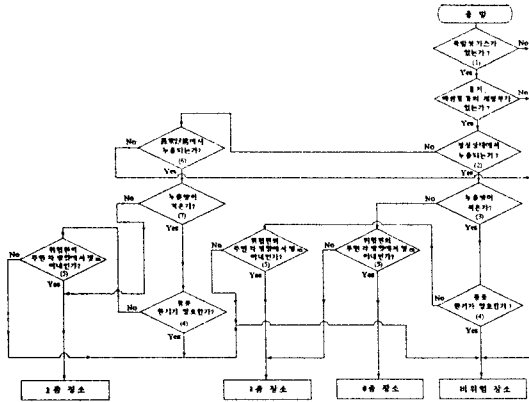


그림 2. 위험장소 결정을 위한 Flow Chart

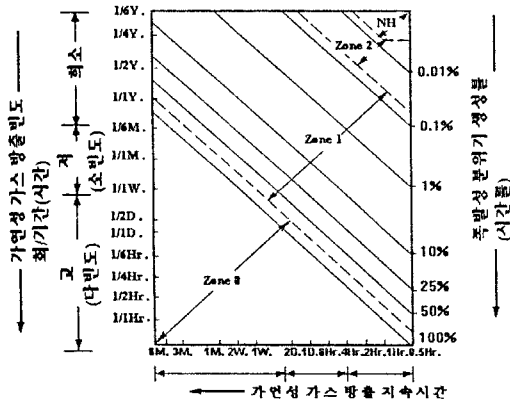


그림 3. 폭발성 분위기 생성에 의한 위험도

최근 이러한 단점을 없앤 새로운 개념의 등급결정 방법이 도입되고 있다. 이 방법은 폭발성 霧團氣의 生成率과 年間滯留時間을 예측하여 危險場所의 等級을 결정한다. 즉 爆發性가스의 濃도가 爆發限界에 도달하는 確率과 이의 滯留時間을 결정하여 危險場所를 분류한다 (그림 3 및 4).

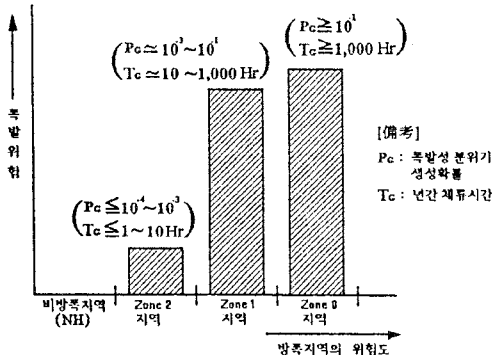


그림 4. Zone別 위험도의 비교 개념도

爆發은 爆發性 霧團氣의 生成과 點火源의 發生이 공존해야 誘

發되므로 이를 확률적으로 推定할 수 있다 (그림 5). 예를 들면, 농형유도전동기의 시동시간이 2초, 1시간에 2회 기동한다면 點火源 發生確率  $P_1 = 2 \times 2 / 3600 = 1 / 900$ 이 되어 결국 2중장소에 해당된다.

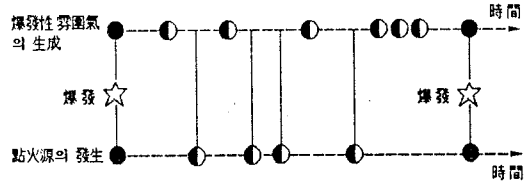


그림 5. 爆發誘發 確率에 대한 概念圖

**非點火 防爆構造 및 國內現況**

우리나라에서는 아직 생소한 防爆構造인 非點火 防爆構造는 표 2와 같이 각 나라의 규격별로 표기방법, 명칭 등이 다르게 사용되고 있다. 國際規格인 IEC (International Electrotechnical Commission) 規格에서는 "n"형 防爆構造를 "正常稼動중에는 주변에 있는 爆發性 가스를 點火시킬 能力이 없고, 點火를 일으킬 수 있는 缺陷이 발생하지 않도록 電氣機器에 적용된 防爆構造의 形態"라고 定義하고 있다. 아울러 이와 같은 防爆構造는 2種場所에만 사용하도록 제한하고 있다.

표 2. 主要國家의 非點火 防爆構造의 規格名 및 表記方法

國家名	規格名	表記方法 또는 名稱
英國	BS 4683 Part 3	• Type of protection N
國際	IEC Pub. 79-15	• Type of protection "n" (Non-sparking)
美國	NEC Article 500	• Non-incendive

非點火 防爆構造의 범위에 들어 가는 방폭성능의 확보방법에 대해서는 현재 6가지 방식 (동기제환용기, 내장형차단기구, 비점화부품, 용융밀봉기구, 밀폐밀봉기구, 에너지제한 기기 및 회로)이 주요 國家들에서 연구되고 있다.

2種場所라고 하는 의미는 危險도가 낮은 2種場所로 구분되는 설치지역 즉, 爆發性 霧團氣의 生成確率が  $10^{-4} \sim 10^{-3}$ , 年間滯留時間이 1~10 時間으로 예측되는 위험도가 "거의 위험이 없다"라고 생각되는 곳이다.

非點火 防爆構造는 그림 6과 같이 250 V, 15 A 이하 定格의 電氣接續 Connector, 또는 660 V, 15 A 이하 定格의 閉閉接點部分의 接點面을 패킹으로 Sealing한  $20 \text{ cm}^3$  이하의 容器에 內裝된 것으로 2種場所에 설치할 경우 點火源으로 되지 않는 防爆方式이다. 이 경우 爆發性 霧團氣가 容器로부터 차단되기 때문에 2種場所이며, 그 개폐접점부분 또는 전기접속용 Connector 주변에는 폭발성 분위기가 滯留할 危險은 거의 없다고 볼 수 있다.

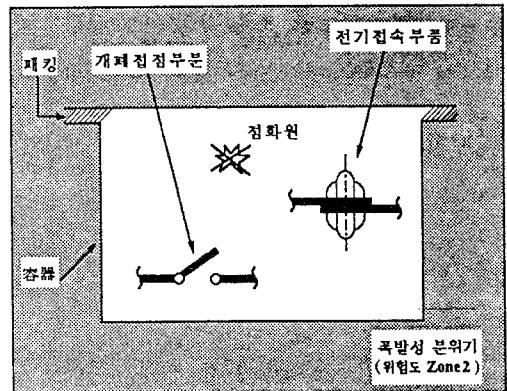


그림 6. 非點火 防爆構造 방식의 概念圖

그림 7은 非點火 防爆構造중 "동기제환방식"을 나타낸다. 어느 쪽이든 이 방식의 방폭성능은 機器가 정상기능 상태를 유지하며,

또한 전기적, 구조적 기능을 어떻게 판별하는가를 결정하는 수단이 확보되어야 한다. 이 방폭방식은 예방 방식으로 분류되는데, 이는 2種 場所로 구분되는 설치지역에서 사용하는 것을 전제하고 있기 때문이다.

그림 8은 非點火 防爆構造의 하나인 납붙임 등으로 밀봉하는 防爆構造의 概念圖를 나타낸다.

非點火 防爆電氣機器의 제작 및 사용에 대한 국내현황을 알아보기 위하여 製造業體 및 使用業體 각각 100개소를 대상으로 設問 및 訪問 調査를 실시한 결과, 국내 產業體에서 제작되거나 사용하고 있는 非點火 防爆電氣機器의 現況는 표 3과 같이 파악되었다.

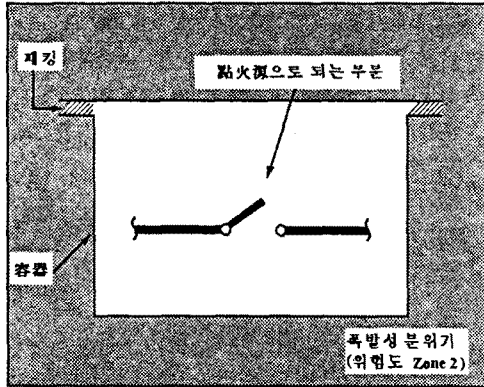


그림 7. 통기억제 방식의 개념도

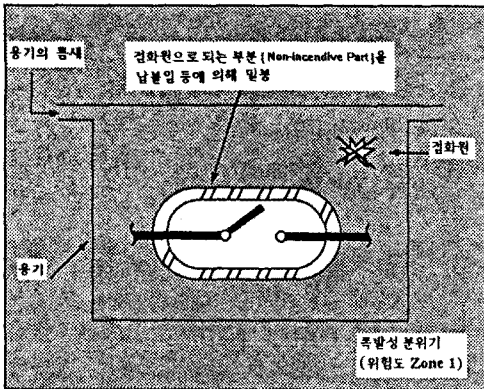


그림 8. Hermetic Sealing 防爆構造의 概念圖

표 3. 非點火 防爆 電氣機器의 國內現況

區分	電氣機器名	數量 (대 또는 개)	購入 또는 製作 年度	製造國
HY社 (사용업체)	전동기	94	1990	독일, 일본
HD社 (사용업체)	전동기	20	1992	독일
SS社 (사용업체)	전동기	275	1978~1988	영국, 독일
SK社 (사용업체)	전동기, 호이스트	16	1989~1991	독일, 일본
NB社 (제조업체)	스위치, Breaker 등	10,500	1990	自體製作
WC社 (제조업체)	스위치	-	-	견본품
SG社 (제조업체)	스위치	-	-	견본품
HD社 (제조업체)	동기구부속품, Load Cell 등	200	1993	自體製作
SK社 (제조업체)	스위치보드 부속품	-	-	견본품

상기 사용업체 5개사에 대하여 방문조사를 실시한 결과 본 인

구 목적에 부합되는 非點火 防爆機器를 사용하고 있는 會社는 HY社 및 SS社 2곳뿐이었으며, HD社 및 SK社는 非點火 防爆構造가 아닌 耐壓 防爆構造 및 安全塼 防爆構造였다. 또한, 非點火 防爆機器를 생산하고 있다는 NB사 등 5개 사업장을 방문한 결과 주로 미주지역에서 통용되고 있는 工場密封型 (Factory-Sealed Type) 防爆構造였으며, 이는 본 연구와는 다른 防爆方式이었다.

### 3. 非點火 防爆構造의 要件 및 評價方法

#### 構造의 要件

非點火 防爆構造의 電氣機器는 정상 작동상태에서 일어나는 Arc나 Spark 또는 高溫이 機器外部의 폭발성 분위기에 점화될 일으킬 수 있을 정도의 에너지를 갖지 못하도록 이를 차단하거나 제한하는 것이다. 또한 모든 防爆構造의 電氣機器에서 요구되는 용기의 보호등급, 접속부의 견고성, 절연공간거리 및 이격, 연면 거리를 만족하여야 한다.

특히 회전기, 휴즈 및 內裝容器, 접속기, 조명기구, 저전력기에 대하여 정상온전중에서 Spark가 발생되지 않도록 하여야 한다. 非點火 防爆構造는 전기적 에너지 및 폭발특성에 따른 소염효과에 따라 표 4와 같은 제한조건을 갖고 있다.

표 4. 非點火 防爆構造의 制限條件

構 造	區 分	定 格 制 限	內 容 積 制 限
내장형 차단기구		660V, 15A	20 cm <sup>3</sup> 미만
非點火部品		250V, 15A	20 cm <sup>3</sup> 미만
용융밀봉기구		-	-
밀폐밀봉기구		-	100 cm <sup>3</sup> 미만
에너지제한 機器 및 回路		-	-
통기제한용기		-	-

#### 評價方法

非點火 防爆構造 電氣機器의 防爆性能을 확인하기 위해서는 여러가지 평가방법이 있는데, 주요 평가시험 및 이에 소요되는 裝置는 표 5에 나와 있는 것과 같다.

표 5. 해당시험 및 소요시험장치

試驗裝置名	該當 試驗	裝置 概要
보호등급 시험장치	용기의 보호 등급시험	· 최소 IP64 이상
항온항습 장치	밀봉재료의 물성시험	· 온도 80°C, 압력 16±5% kpa · 온도 -25°C, 압력 2100±5% kpa
耐電壓 시험기	耐電壓 시험	· (1000 + 2 × 사용전압) V 이상
트래킹 시험장치	절연물의 내 트래킹 시험	· 트래킹 指數: 500 이하
폭발시험 장치	내장형 차단기구 및 非點火部品の 點火試驗	· 기존의 耐壓防爆型 폭발 시험장치 중실 사용 · 17±1%의 산소분석계 필요
공기누설 확인수조	밀폐 밀봉기구의 누설 확인시험	· 함침깊이: 75±3 mm · 누설공기 포집기구 필요
불꽃점화 시험장치	에너지 제한기기의 회로	· 2A, 300V, 1H 이하
확산반감기 시험장치	통기제한용기의 확산 시험	· 일산화탄소 분석계 필요 · 기존 내압방폭기기의 폭발 시험장치 일부 이용 가능 · 모니터링 시스템부착
압력반감기 시험장치	통기제한용기의 압력 시험	· 가압압력: 200~500 pa · 모니터링 시스템부착
충격시험 장치	용기의 내충격강도 시험	· 최대 충격에너지: 7 J

主要 項目의 시험방법을 살펴보면 다음과 같다.

#### · 內裝型 遮斷器具 및 非點火部品

內裝型 遮斷器具 및 非點火部品の 防爆性能 評價는 우선 기구나 부품의 결합면에 부착되는 가스켓 또는 밀봉재료의 환경영향 평가이다. 이는 주위의 가연성 가스가 기구내부로 잘 침투되지

않도록 하기 위함이며 두번째로는 기구나 부품에서 발생하는 Arc나 Spark가 가연성 물질을 점화시킬 수 있는 능력이 되는가를 판단하는 것이다. 이를 확인하기 위하여 그림 9와 같이 사용 상태 조건으로 投入·遮斷試驗을 실시한다.

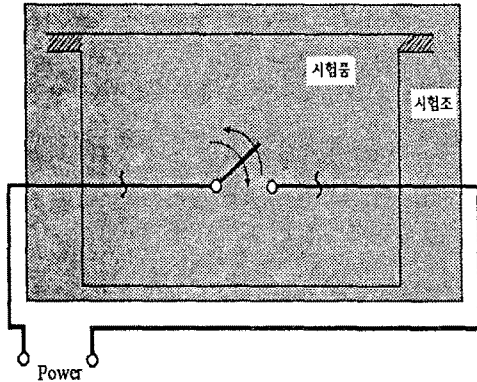


그림 9. 投入·遮斷試驗 概念圖

· 密閉密封器具

密閉密封器具는 Arc나 Spark가 발생하는 부분을 외함으로 둘러싸아 주위의 폭발성 가스의 침입을 억제하기 때문에 밀봉을 위하여 접합부분에 사용되는 고무 또는 이와 유사한 재질의 불리직 성능 및 기밀유지를 확인하는 試驗이 주된 것이다. 그림 10과 같이 水槽에 電氣機器를 넣어 氣密性을 試驗한다.

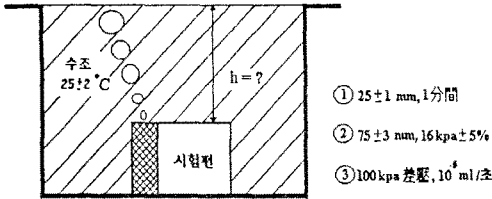


그림 10. 氣密試驗의 概念圖

· 에너지制限 器機 및 回路

電氣機器에서 발생하는 Arc나 Spark 등의 電氣에너지를 제한하기 위한 機器 및 回路의 非點火試驗은 그림 11과 같은 裝置를 이용하여 點火有無를 확인하는 方法으로 실시한다. 기존의 本質安全 防爆構造와 다른 점은 安全率이 排除되었다는 것이다.

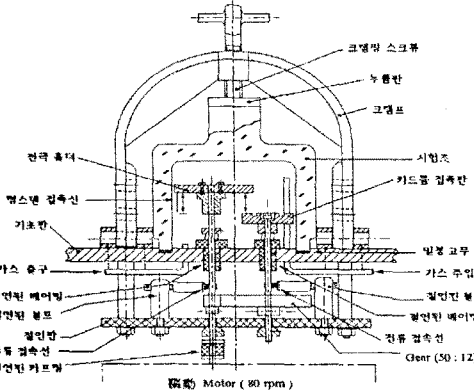
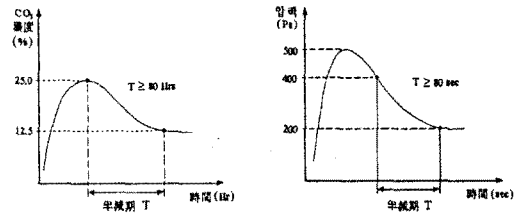


그림 11. Spark 試驗裝置의 例

· 通氣制限容器

통기제한은 주위의 폭발성 가스 분위기의 침입가능성을 낮은 수준으로 감소시키기 위한 방법이다. 이를 평가하기 위한 試驗에는 擴散半減期 試驗, 壓力半減期 試驗 및 空氣流通 試驗의 3가지 방

법이 있다. 이중 그림 12는 擴散半減期 試驗과 壓力半減期 試驗 方法을 예시한 것이며 통기제한 용기는 반복 사용되는 器機에는 적합하지 않다.



(a) 擴散半減期 (b) 壓力半減期

그림 12. 擴散半減期 및 壓力半減期 試驗의 例

4. 結 論

우리나라에서는 一般産業用 電氣機器에 대한 防爆성능검정이 1992. 7. 1부터 실시되고 있으며, 현재 발표되고 있는 性能檢定規格外은 앞에서 언급한 6가지 防爆構造에만 한정되어 있다.

非點火 防爆構造는 기존의 防爆構造보다 상당히 현실적이고 경제적인 長點을 갖고 있다. 이러한 長點들을 살려 우리나라의 檢定規格外에 도입하기 위하여 그간 非點火 防爆機器의 製造 및 使用 實態의 調査와 先進外國의 관련 規格外을 비교 검토하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 一般産業用 電氣機器의 일부분을 修正하거나 補完하면 低廉한 價格으로도 용이하게 非點火 防爆構造의 電氣機器를 製作할 수 있다.
- 현재 국내의 가스 및 蒸氣를 취급하는 産業體의 경우 대부분 危險地域이 2種場所인 만큼 非點火 防爆構造 電氣機器의 사용이 가능하며, 따라서 制度補完 및 적절한 弘報만 이루어지면 이의 이용이 크게 확산될 것으로 본다.
- 危險場所의 等級區分을 爆發性汚濁氣의 生成率 및 滯留時間과 관련된 確率의인 概念을 도입하여 새롭게 補完할 필요가 있다.
- 국내 防爆 電氣機器의 製造業體의 경우, 非點火 防爆構造가 기술적으로 비교적 용이한 것임에도 불구하고 이에 대한 認識과 技術情報가 부족하여 현재 제작실적이 거의 전무한 실정인 바, 국내 製造業體들의 積極的인 참여를 유도하여 제작기술 능력을 향상시키고 生産普及를 獎勵할 필요가 있다.
- 아울러 非點火 防爆構造와 類似한 工場密封型 (Factory-Sealed Type) 防爆構造에 대한 研究 및 이의 國內 導入을 위한 檢討가 필요하다.

參考 文獻

1. National Electrical Code, 1984
2. H. G. Bass, Intrinsic Safety Instrumentation for Flammable Atmospheres, Quartermaine House, U.K, 1984.
3. Robin Garside, Intrinsically Safe Instrumentation: a Guide, Unwin Brothers Ltd., U.K, 1982.
4. Richard J. Buschart, Electrical and Instrumentation Safety for Chemical Processes, 1991.
5. Ernest C. Magison, Electrical Instruments in Hazardous Locations, Instrument Society of America, 1980.
6. IEC Pub. 79-15, Electrical Apparatus with Type of Protection "n", 1987.
7. BS 4683: Part 3, Electrical Apparatus for Explosive Atmospheres - Type of Protection N, 1972.
8. 鈴木健二, 防爆電氣計裝 ガイド, オム社, 1991.
9. 李寬珩, 崔相源, "전기기계·기구의 폭발방지", 대한전기학회지, 1993년 2월호.
10. 崔相源, 李寬珩, 洪月杓, "밀폐형 폭발시험장치에 의한 방폭 전기 기기의 성능평가", 대한전기학회, 추계종합학술대회 논문집, 1992. 11.
11. E.K. Greenwald, Electrical Hazards and Accidents, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.