

技師會員을爲한 理論과 實務

● 特輯 ●

最新靜電氣應用技術

靜電氣應用技術의 最新動向

(1)

靜電氣는 그 연구의 역사가 오래되었음에도 불구하고 다른 電氣 즉 動電氣나 電磁波의 연구에 비해 응용분야의 진전은 보지 못했다. 그러나 제 2 차대전후, C·칼슨의 정전기복사방식의 발명등에 의해 그 응용분야도 넓어지고 각방면에서 사용하게 되었다.

여기서는 각방면에서 응용되기 시작한 정전기에 대해서 그 개념 및 특징등에 대해서 기술하는 동시에 그 구체적인 응용에 대해서 개관하고 특징을 고찰한다.

전기전자에 관한 학문의 발달은 애초 「靜電氣」의 연구부터 시작했는데 그것은 W·길버드나 O·게티케의 선구적 실험연구로 거슬러 올라간다. 그들에게 이어 여러사람들이 정전기의 불가사의한 현상에 지적흥미를 불태우고 시행착오의 실험을 거듭하면서 점차로 그 성질과 범칙성을 밝혀냈다. 그러나 정전기와 전자파가 발견된 이후 전기의 학문적 흥미와 기술적 응용의 중심은 에너지변환의 매체인 전자와 정보전달의 매체인 후자로 옮겨지고 그 어느쪽도 아닌 정전기는 잊은채 오랜 세월이 경과했던 것이다.

그리하여 금세기초에 이르러 비로서 정전기의 응용이 모습을 드러내기 시작했다. 그것은 F.G. 코트레르에 의한 「電氣集塵」의 실용화였다. 이것은 에너지 정보이외의 전기의 응용분야, 즉 다른 공학분야와의 경계영역에서의 「전기응용」의 하나의 큰 성과를 대표하는 발명으로서 현재에 이르기까지 산업배기에 의한 대기오염을 해결하고 이에따라 인류사회를 구제하는데 기여한 그 공적은 매우 크다 하

겠다. 그러나 이상하게도 그후 재차 공백기간이 이어지고 제 2 차대전이 끝날때까지는 정전기 응용분야에는 이렇다하는 것이 없었다. 역지로 찾는다면 밴더글라프발전기의 개발정도일 것이다.

그러나 종전후에 사태는 일변하여 이때까지 없었던 새로운 진전을 보게 되었다. C. 칼슨의 정전복사방식의 발명과 제록스社에 의한 그 상품화, 랜즈버그社에 의한 정전塗裝機의 실용화등은 그 선단을 이루는 것으로서 이때까지 낯익지 않은 정전기에 의외의 사용의 길이 있다는 것이 세상에 알려졌다.

도대체 어째서 정전기의 응용이 이렇게도 늦었는지, 어느 전기자기학의 교과서를 보아도 먼저 서두에 정전기에 관한 기술이 기술되고 있으며 고양이 껌질과 유리봉의 마찰로 전기가 일어난다는 식의 설명에 이어 아름다운 靜電場의 이론이 전개되면서 끝을 맺고 있다. 이것을 보고 대부분의 학생들이 정전기에 대해서 이 이상 배울 것은 없다고 생각했어도 우리가 아닐 것이다. 그러나 여기에 실은 중요

한 맹점이 있었던 것이다. 즉 「靜電場」의 이론은 틀림없이 완성되고 있으나 電界形成의 원인이 되는 「帶電現象」과 일단 電界가 형성된 후 그 결과로서 나타나는 「靜電現象」에 대해서는 거의 접촉하지 않고 있으며 알지 못한채 그대로 남겨둔 채 있었던 것이다. 이 帶電현상과 靜電현상의 과학적 해명과 기술적 응용개발의 노력에 정전기응용의 새로운 전개의 소인이 있었다고 말할 수 있다.

1. 靜電氣와 靜電現象

그렇다면 여기에서 정전기와 정전현상에 대한 개념규정과 몇가지의 기본적 사항에 대해 말하고자 한다.

먼저 「정전기」인데, 문자 그대로 움직이지 않는 순수하게 정전기를 이용한 응용은 거의 찾아볼 수 없다.

또 정전현상이라고 부르고 있는 가운데서도 이온과 대전물체의 움직임이 따르지 않는 것은 거의 없다고 해도 과언이 아닐 것이다. 원래 電荷體의 움직임은 電流에 지나지 않으므로 종래 정전기의 범주내에서 취급되어 왔다는 것도 「動電氣」의 범주에 넣어 취급해야 할 것이라는 의론도 성립될 수 있다고 할 것이다. 그러나 실제적인 입장에서 본다면 이러한 생각에는 다소의 무리가 있다. 종래 이론바 「靜電氣」의 범주에서 취급되어온 대부분은 역시 하나의 공통적인 생각과 방법론을 적용하지 않는 한, 과학적 이해에 도달하기는 어려우며 또 기술적으로도 성과를 얻지 못하는 경우가 많은 것이다.

따라서 「靜電氣工學」이란 電荷의 이동은 있을지라도 그로 인한 磁界의 효과와 電界의 효과를 비교하여 무시할 수 있는 정도의 작은 경우를 포함하여 「電界에 의해 생기는 현상의 응용을 대상으로 하는 공학분야」라고 생각하고 있다. 또 美國靜電氣學會에서는 「靜電氣學」이란 「電荷에 의해 일어나는 현상을 취급하는 학문분야」이다라고 규정하고 있다.

이같은 견지에 입각하면 정전기공학은: ①물질의 자연적 및 인공적 帶電과 그 제어 ②電界의 계산과 그 신세스 ③전계에 의해 일어나는 정전현상의

이해와 응용이라는 세가지의 기간으로 이루어지는 것이라고 생각할 수 있다.

정전현상의 주요한 것으로는 電界에 의한 「力學現象」과 「放電現象」이 있다. 그 가운데 공학적 응용에 도움이 되고 있는 것은 주로 전자이며, 후자는 정전기에 의한 着火, 폭발등 각종의 장·재해의 원인으로서 안전공학과의 관련이 크다.

이와같이 유용한 응용면과 유해 또는 위험한 측면을 함께 갖는다는 것이 「정전기」가 지닌 특이한 성격이다.

또한 정전기는 이용과 안전의 양면에서 단순히 전기·전자공학 뿐만 아니라 거의 모든 학문분야와 극히 밀접한 관련을 가진 전형적인 「境界領域」의 분야이며 또 그만큼 독특한 매력을 양출하고 있기도 하는 것이다.

2. 靜電力의 特徵

다시 역학적 정전현상의 특징에 대해서 생각해 보기로 하자. 일반적으로 정전력이나 자력에 「맥스웰의 스트레스」로서 그 강점을 평가할 수 있다. 이를 前함에 대해서는 대기중의 평동전계에서의 파괴전계강도 $E=30(kV/cm)$ 를 또 후자에 대해서는 鐵心の 포화자속밀도 $B=1(Wb/m^2)$ 를 한계조건으로 하여 수치적으로 구해보면 정전력으로는 불과 $0.4kgwt/cm^2$, 이에 대해서 자력은 $4kgwt/cm^2$ 의 값을 얻을 수 있다. 이러한 사실로 미루어 보아 통상의 에너지 변환에 그리고 어찌서 주로 磁界가 사용되어 왔는가라는 이유를 이해할 수 있게되며 또 정전력의 적용대상은 본질적으로 가벼운 물질에 한한다는 것을 알 수 있다.

그러나 정전력에는 자력에 없는 큰 특징이 있다는 사실에 주의할 필요가 있다. 즉 전계에는 「모노폴」인 \pm 혹은 質의 電荷가 존재하는데 대해서 자계에는 「다이폴」은 있으나 「모노폴」 즉 분리된 「磁荷」라는 것은 존재하지 않는다. 그 결과 전계는 자유물체 대상물체에 전하를 주어 「크롱力」을 이용할 수가 있어 電荷의 大小, 質과 電界의 大小, 방향 시간적 및 공간적 변화동에 의해 대상물체의 운동

을 극히 다양하게 제어할 수가 있다. 이에 대해서 자계는 주로 強磁性體만 자력을 유효하게 작용할 수 있으며 또 크롱力이 아니며 「클레이디엔트力」(자계 방향의 正負에 관계없이 그 큰 방향에 흡인된다)만 이용할 수 있어 그만큼 대상물체가 한정되는 동시에 운동제어의 다양성이 크게 부족하게 되는 것이다.

3. 靜電力의 適用對象에 要求되는 幾何學的條件

이미 기술한바와 같이 정전력에 의한 운동제어 대상은 무엇보다 먼저 가벼운 물체라야만 한다. 그리고 정전력은 주로 물체의 표면에 작용하는 「表面力」이라는 점을 생각하고 또 대부분의 경우 중력과 관성력과 같은 「質量力」이 경쟁적으로 작용한다는 것을 고려하면 정전력에 의한 제어가 정확하게 실시되기 위해서는 대상물체가 그 질량에 비해 큰 표면적 즉 큰 「比表面積」을 갖는 것이라야 한다. 이같은 조건은 대상물체가 「微細粒子」 「가는 섬유」 혹은 「얇은 시이트」의 형태. 그리고 그 특성치수(직경 두께)가 아주 작은 경우에 만족된다. 그리고 이때에 비로서 중력과 관성력에 대해서 정전력이 우세하게 되는 것이다. 그 때문에 특성치수의 臨界值를 계산해 보면 보통 약 0.1~0.5mm 정도이다. 즉 이하의 치수의 것을 대상으로 하는한 정전력에 의해 극히 유효한 운동제어가 가능하다는 뜻으로 사실 다음에 기술하는 각종의 정전기응용은 이와 같은 것을 취급하는 경우가 대부분이다. 다행하게도 공업적 프로세스로 취급하는 재료나 원료에는 이와 같이 미립자·섬유·시이트 등의 형태를 갖는 것이 대단히 많으며 여기에 정전력의 넓은 활약의 무대가 있는 것이다.

여기에서 다시 다른 경쟁적 작용력으로서 流體力學的 「粘性力」을 생각해 보기로 한다. 이 힘은 통상 대상물체의 치수에 비례하여 이것이 작아진다고 해도 그 1乘만 감소된다. 한편 표면력인 정전력은 치수의 감소와 함께 그 2乘으로 급속하게 감소한

다. 따라서 어느 臨界치수 이하가 되면 점성력이 우세하게 되어 이미 정전력에 의한 정확 또는 유효한 운동 제어가 불가능하게 된다. 이와같은 臨界值는 통상 약 수미크론정도가 된다.

정전기의 응용을 시도할 때는 이와같은 적용대상의 기하학적 요건과 그 특성치수에 있어서 상하의 한계치를 명확하게 인식해두는 일이 특히 중요하다

4. 靜電力의 應用例

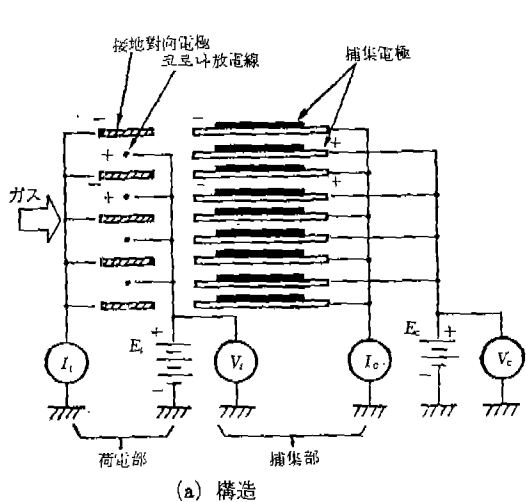
다음에 정전기의 몇가지의 응용에 대해 개관하고 그 특색을 고찰해 보기로 하겠다.

먼저 「集塵機」인데, 종래 그 용도는 주로 발전용 보일러, 제철용 燒結機, 시멘트용 로터리·킬른 등으로 부터의 산업배기가스의 집진에 두고, 오래 동안 코로나방전을 하는 放電極과 더스트의 포집을 하는 集塵極간에 前者를 負로 하여 直流의 고전압을 인가, 그 사이에 진입한 더스트粒子에 코로나방전으로 된 負이온을 射突시켜 이를 負에 荷電, 양전극간의 電界에 의한 쿨롱력에 집진극상에 포집한다는 방식을 취해 왔다. 그러나 산업배기가스 중의 더스트에는 운전온도에 있어서 높은 전기저항을 나타내는 것이 적지 않다. 이러한 경우 집진극상에 堆積한 더스트층에는 과대한 電位降下가 생겨 절연 파괴가 일어난다.

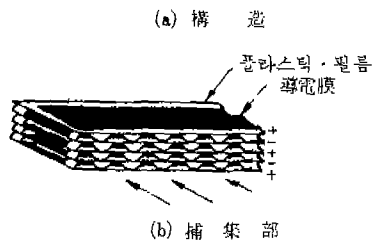
여기서 正코로나가 생겨 正이온을 공간으로 방출 더스트의 負電荷를 중화시키거나 혹은 불꽃전압의 저하를 일으키는등 집진성능을 대폭으로 저하시킨다.

이 현상을 「역코로나」라고 부르고 전기집진의 출현이래의 난제로 되어 있다. 최근 그 대책으로서 양전극간에 펄스전압을 인가하는 「펄스하전방식」이 개발되고 다시 더스트에 미리 여러가지 방법으로 전하를 주는 「豫備荷電方式」이 개발되기에 이르렀다. 이러한 경우 방전극을 긴 線狀으로 하여 펄스 電壓을 進行波로서 사용하면 가장 뛰어난 효과를 얻게 되는 동시에 전력의 소비도 현저하게 적게 된다.

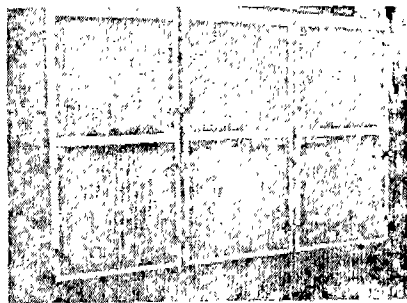
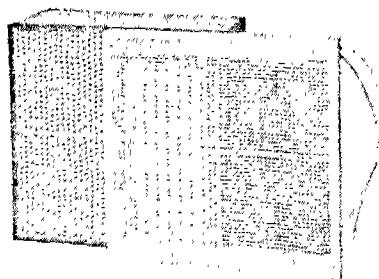
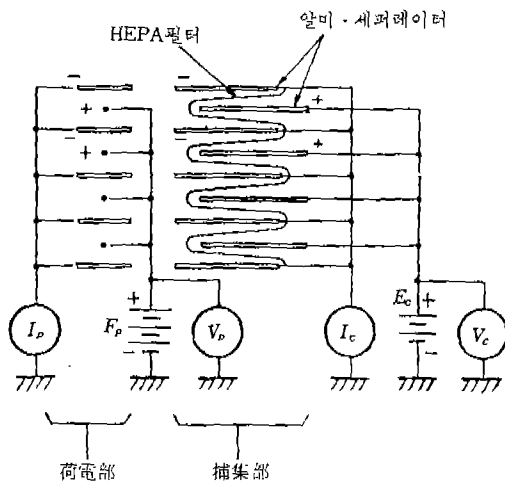
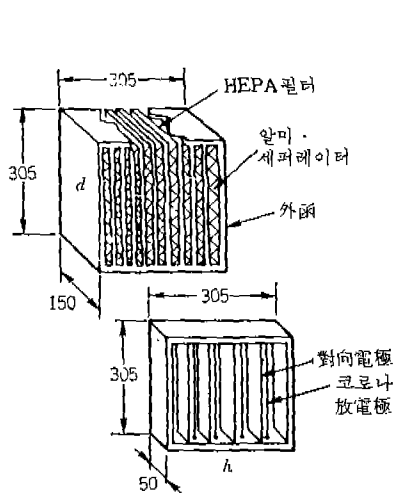
전기집진은 최근 공기淸淨에도 널리 사용하게 되었으며 또 디젤·엔진배기의 除塵용에도 유효하다



는 것이 실증되고 있다. 그림 1은 공기청정을 대상으로한 소형·경량의 전기집진장치로서 코로나방전을 사용한 예비하전부의 下流에 플라스틱전극으로 된 脫着 가능한 平行平板전극의 포집부 그 뒤면에 오존냄새를 제거하기 위한 活性炭 필터가 설치되고



〈그림-1〉 室內空氣精淨用的 電氣集塵裝置



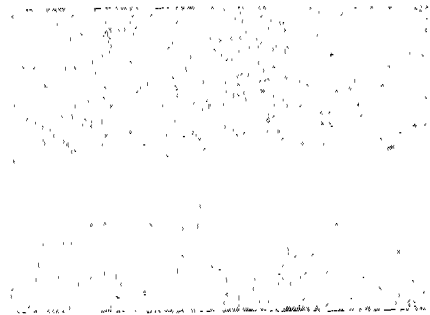
〈그림-2〉 靜電필터

있다. 이러한 경우 플라스틱의 한쪽면에만 導電膜이 형성되고 있는데 이것들이 서로 맞서지 않도록 積層되어 있으므로 전극간격이 불과 1~2mm 라는 작은 값이 되므로 소형에도 불구하고 95% 이상의 높은 집진율을 얻을 수 있다. 또 그림 2는 섬유층 필터(HEPA필터)의 양측에 세퍼레이터를 전극으로 하여 加電하고 그 상류부분에 코로나방전을 사용한 예비하전부를 설치한 「靜電필터」로 0.1미크론의 입자에 대한 통과율이 종래의 HEPA 필터의 1/1000이라는 고성능을 가지며 LSI, 바이오 특별한 환자를 대상으로 하는 치료 등에 필요한 초크리인 에어의 공급에 사용되어 가고 있다.

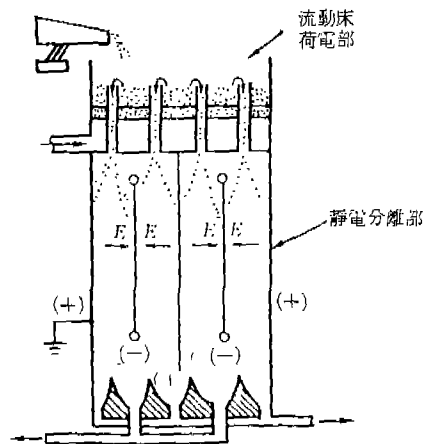
전기집진과 같은 기술은 액체 또는 粉體의 도료를 대상물에 효율 좋게 도료하기 위해 자동차, 가구, 가전제품의 도장라인에서 널리 사용되고 있으며 「靜電塗裝」, 「靜電粉體塗裝」이라고 부르고 있다. 또 섬유가 電界중에서 전기力線의 방향으로 配向하는 성질을 이용하여 미리 풀로 배합한 필터를 접지판상 전극상에 이동시켜 그 윗쪽에 金網의 코로나전극을 두고 여기에 직류고전압을 인가하고 그 위에서 短섬유를 분산낙하시켜 直立된 섬유를 풀위에 심어 비로오드狀의 제품은 만드는 「靜電植毛」도 널리 사용되고 있다.

정전기의 응용에서 대상이 되는 미립자와 섬유는 그 운동을 단순히 직류전계 뿐만 아니라 「交番電界」 또는 「交番不平等電界」에 의해 자유로이 제어할 수가 있다.

그림 3은 線狀의 3相電極列을 내장한 「電界커어튼」이라고 부르는 일종의 「靜電機能파넬」에 3상교번전압을 인가, 그 표면상에 형성된 「進行波의 不平等電界」에 의해 파넬과 접촉帶電한 미립자가 부상하여 비접촉상태로 공간중을 한 방향으로 운반되어 가는 모습을 나타내고 있다. 「電界커어튼」은 기체중에서나 액체중에서도 기능을 가지며 정전분쇄, 정전식도, 세포조작, 핵융합용 연료의 제작과 핸드링등 여러가지 용도가 있다. 일반적으로 진행파 불평등 전계는 相順방향과 그 역방향으로 각각 다른 속도와 크기를 갖고 진행하는 無限個의 모드 성분으로 이루어지나 이 경우 파넬표면에서 떨어진



〈그림-3〉 三相電界커어튼에 의한 粉體粒子的 無接觸的 輸送



〈그림-4〉 流動床形靜電分離方式

공간에서는 相順방향의 진행파전계, 근방에는 그것과 역방향의 진행파전계가 우세하므로 이용하여 미립자나 세포의 분리를 할 수가 있다.

정전력 또는 미립자를 그 전기저항의 차에 의해 분리하는데도 사용할 수가 있으며, 정전분리라고 하여 광석이나 茶 등의 선별에도 사용되고 있다. 그림 4는 流動床에서 회분을 함유한 미분탄을 교반하여 각각을 마찰帶電에 의해 逆極性으로 帶電시킨 후 전계로 분리하는 방식을 나타낸다.

이외에도 油中에 분산된 물의 에멀론도 전계를 가하게 됨으로써 응집시킨 후 전진을 제거할 수가 있다. 또 수중에 분산된 미립자도 전기泳動으로 제거하는 기술이 개발되고 있다.

정전기의 가장 큰 응용은 무어니해도 「靜電複寫」 「靜電印刷」의 분야이다. 여기에는 여러가지의 방식이 있으나 光導電性을 갖는 無機 또는 有機의 感材 드럼위에 미리 코로나放電으로 전하를 올린후 画像를 묶어 빛이 들어온 부분의 전하를 달아나게 하여 이른바 「靜電潛像」을 만들고 그 위에 미리 접촉帶電으로 逆極性에 帶電시킨 투너라고 부르는 着色劑 粒了를 정전력으로 부착시키고 다음에 이것과 같이 정전력의 작용으로 종이에 전사하여 熱的으로 융착고정하는 점에 있어서는 어느 방식도 공통하다.

이 경우 문자나 화상의 형성에 레이저·빔과 포리곤·밀러를 조합한 「레이저·프린터」방식을 쓰면 인자속도가 극히 빨라지며 인자의 질도 훨씬 향상된다. 또 液晶으로 光의 온·오프를 하여 인자를 하는 「液晶프린터」도 정전기를 사용하는 새로운 인자 방식으로서 사용되기 시작했다. 정전복사에서는 이미 컬러복사도 실용화 되었으며 금후 소형화, 고속화, 인자의 고품질화로 향해 더욱 개량되어 갈 것으로 기대되고 있다.

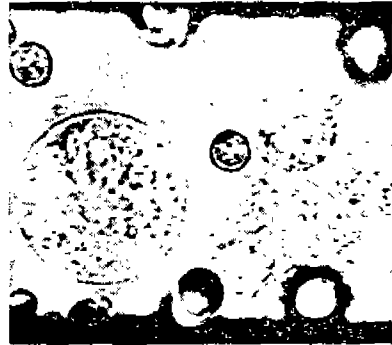
정전력에 의한 운동제어는 토카머스形 핵융합로에 공급하는 DT팔레트 연료의 제작, 조작, 주입과 레이저핵융합용의 연료팔레트의 제작, 조작에도 중요한 유니트·오퍼레이션이 되고 있다.

최근 갑자기 주목되기 시작한 정전기 응용의 하나에는 그 바이오분야에의 이용이 있다. 그 하나는 「電氣의 細胞融合」으로 현미경하에서 좁은 전극간에 세포의 懸濁液을 넣어 고주파전압을 인가하여 세포를 數珠玉狀 電界方向으로 늘어지게 한다. 이것은 전계중에 분리된 입자동지간의 상호작용에 의해 생기는 현상으로 「퍼울체인·포메이션」이라고 부르고 있다.

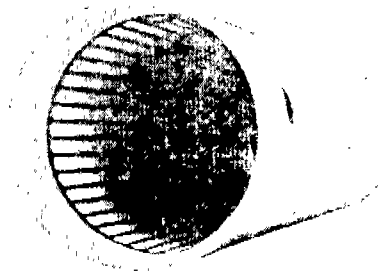
다음에 높은 펄스전압을 가하여 접촉부를 전기적으로 파괴, 융합하여 둘 또는 그 이상의 세포를 융합하여 새로운 생물종의 창생을 한다. 전기적 세포조합의 특징은 그 융합률이 50~70%로 종래의 효소를 사용하는 방법보다 훨씬 높다.

그림 5는 그 사진이다.

융합에 앞서 세포를 분별할 필요가 있으며 여기에도 정전력이 유효하게 사용되기 시작했다. 또 D



〈그림- 5〉 電氣의 細胞融合



〈그림- 6〉 沿面放電形 세라믹오조나이저
(10kHz : 5 kV 피크)

NA의 세포내에의 주입, 그리고 세포내의 에너지변환의 제어에도 정전기가 장래 응용될 것으로 기대되고 있다.

이상 역학적 정전현상의 응용예에 대해 기술했으나 또하나의 정전현상인 방전현상에도 응용의 길이 있는데 그 가운데 큰 것으로는 오조나이저가 있다.

이 분야에서는 최근 새로운 진보가 나타났다. 그림 6은 그 하나로서 沿面放電을 이용한 새로운 오조나이저이다. 誘電體에 원통상의 고순도 알미너磁器를 이용 그 내면에 線狀의 방전극이 또 원통내에 面狀의 유도전극이 IC多層 배선용 셀라믹·패케이 지베이스의 조제방법으로 설치되고 있다.

고순도 알미너磁器의 훌륭한 絶緣耐性, 열전도성 기계적 화학적 耐性에 의해 고주파전압에 의한 운전할 수 있으며 대폭적인 소형·輕量化가 실현하여 오조나이저의 용도가 크게 넓어진 것이다.

이상의 것 외에도 또 다수의 정전기 응용의 예가 있으나 지면관계로 할애한다.



이상, 정전기란 무엇인가. 정전력은 어떠한 성질을 가지며 그 한계와 특징은 어디에 있는가. 정전기의 응용에 있어 어떠한 포인트에 유의하지 않으면 안되는가 하는 점에 대해 기술하면서 정전기 응용의 새로운 실례를 몇가지 소개했다. 정전기 응용에 있어서의 기술혁신을 뒤돌아 보면 우리들은 언제나 그러한 것들이 정전기와 또 다른 물리현상과의 결합에 의한 이른바 「파이브리드·비저」에 의해 생기고 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 정전기 뿐만아

니라. 모든 기술혁신에 공통되는 것인지도 모른다.

정전기응용의 특징은 그것이 훌륭하여 쉘에너지라는 점에서 작은 것을 대상으로 하면 더욱 유효하게 작용한다는 점에 있다. 따라서 장래 정전기는 예로 회상이나 인자형성 세로조작에 나타나는 것과 같이 미크로적 공학조작에 더욱 더 널리 사용되어 그 진가를 발휘할 것으로 생각된다.

또 종래부터 사용되어온 응용분야, 개발이 진행 중인 응용분야에 있어서도 荷電기술이나 전원기술의 진보에 따라 가일층의 발전이 있을 것이다. 특히 펄스기술은 정전기응용에 있어서 극히 중요한 소프트웨어 기술이 될 것으로 생각된다. *

● 案 內 ●

에너지절약 기술세미나 실시

1. 일시·장소 및 접수처

구 분	제 6 회	제 7 회
일 시	'86. 9. 26(금) 9:00-17:30	'86. 10. 9:00-17:30
장 소	서울전기협회장당	대구
참석대상지역	서울, 경기, 인천, 강원, 제주	충청도, 전라도, 경상도, 부산, 대구
접 수 처	대한전기협회본부 (274-1661) (100) 중구 수표동 11-4	대한전기협회 경북지부 (44-3116) (630) 대구시 중구 인동 1가115 78대평아파트사무실 4호

2. 대 상 : 회원사 및 전력다소비업체 기술간부 (매회 약120명)

3. 내용 및 시간

내 용	시간	내 용	시간
○공장자동화와 압축공기의 에너지절약 - 공장자동화의 일반 및 가능성 - 압축공기의 에너지절약	3	○고효율 형광등 반사갓 ○전기사용합리화 개선사례 발표 - 전기에너지를 타에너지로 대체	0.5 1
○무효전력보상장치의 전력절감 - 구조원리 및 용량별 전력절감량	1.5	- V. V. V. F 설치로 전력절감 - 냉각수컴프가동방법 개선 등	

4. 수 강 료 : 무료

5. 접수방법 : 신청서에 기록하여 접수함(선착순)

6. 주 최 : 대한전기협회