

전열교환기의 최근 개발 동향

김 홍 수

한국에너지기술연구원 (hskim@kier.re.kr)

유 윤 중

한국에너지기술연구원 (yjyou@kier.re.kr)

안 영 수

한국에너지기술연구원 (ysahn@kier.re.kr)

서론

현대의 건물은 점차 고층화되고 기밀화되고 있으며, 이에 따른 환기의 필요성이 증대되고 있다. 환기는 이산화탄소 혹은 휘발성유기화합물과 같은 실내의 오염공기를 실외로 내보내고 실외의 신선한 공기를 실내로 유입시키는 것을 의미하며, 이 과정에서 오염공기가 가지고 있던 에너지가 현열 및 잠열의 형태로 실외로 빠져나가게 되어 에너지 손실이 일어난다.

전열교환기는 환기할 때 손실되는 현열과 잠열을 회수하는 장치로서 압력손실을 줄이기 위하여 허니컴 형태를 취하고 있으며, 실내공기와 실외공기는 서로 섞이지 않도록 설계되어 있다. 현열은 실내공기와 실외공기의 온도차에 의해 허니컴의 벽을 통해 회수되며, 잠열은 허니컴에 코팅 혹은 함침된 흡습제 혹은 제습제에 의해 회수된다.

건물의 공조에 대한 법률인 주택법 시행령에는 사업주체로 하여금 공동주택의 실내 공기의 원활한 환기를 위하여 대통령령이 정하는 기준에 따라 환기시설을 설치하여야 한다고 규정되어 있으며, 이 의무

규정은 2006년 1월부터 시행되고 있다.

또한, 2000년 개정된 산업자원부 고시(고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정)에는 폐열회수용 환기장치가 난방 또는 냉방을 하는 장소의 환기 장치로 실내의 공기를 배출할 때 급기되는 공기와 열교환되는 구조로 별도의 가열이나 냉각열원이 없이 온도교환효율 90% 이상이며 엔탈피효율 65%일 때 고효율에너지기자재로 인증되도록 되어 있다. 이 규정은 2006년 3월 22일 개정되어 폐열회수용 환기장치의 열교환효율을 냉방시 45% 이상, 난방시 70% 이상으로 상향조정한 바 있다.

전열교환기는 먼저 현열 및 잠열을 동시에 회수할 수 있는 종이 혹은 시트 형태의 소재, 즉 전열교환용지를 제조한 후 이 전열교환용지를 골판지형태로 편파성형하며 최종적으로 연속적으로 만들어진 편파성형체를 허니컴 형태로 적층하여 제조한다. 전열교환기의 성능을 좌우하는 요소는 전열교환용지의 투습성 및 기체차폐성이며, 방염성 역시 하나의 요소로 작용하고 있다.

전열교환용지를 생산한 후의 공정인 편파성형 및 적층기술은 잘 알려져 있기 때문에 세계적으로 전열



교환기 개발 업체에서는 성능이 우수한 전열교환용지를 개발하기 위하여 노력하고 있다.

본 투고에서는 아파트 등 밀폐형 주거공간에 설치되는 직교형 전열교환기용 용지의 개발 동향에 대하여 기술하고, 산업현장 등에 설치되는 원통형 전열교환기의 개발동향에 대해서 간략히 기술하였다.

직교형 전열교환기

직교형 전열교환기는 기체차폐성이 높고, 투습성이 큰 전열종이를 소재로 사용하여 가로, 그림 1과 같이 세로와 높이가 각각 약 20 cm의 크기를 가지는 직육면체의 형태를 가지도록 제조하며, 허니컴 형상을 만들기 위하여 평평한 모양의 칸막이판과 파도모양의 간격판으로 구성된다. 전열교환기를 구성하는 배기용 유로와 급기용 유로가 서로 90° 혹은 이와 유사한 각도로 배치되어 있어, 급기와 배기가 90°의 각도로 교차하도록 되어 있으며, 급기유로 입구와 배기유로 입구에 공급되는 공기는 서로 혼합되지 않도록 설계되어 있다.

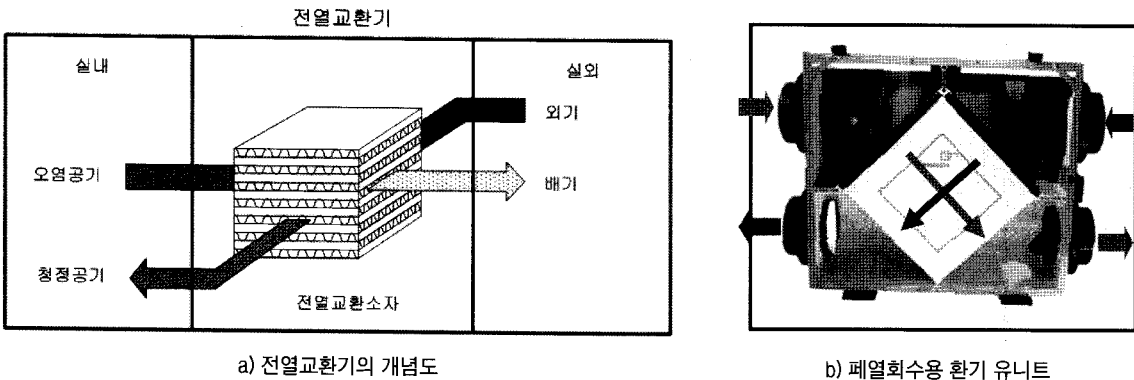
이와 같은 직교형 전열교환기는 일본의 미쓰비시 전기, 린텍, 다이킨, 다이오제지 등에서 개발되어 국내로 수입되고 있으며, 자세한 제조 방법은 알려져 있지 않다. 전열교환기를 제조하기 위해서는 우선 교차폐성과 고투습성을 가지는 전열종이를 제조하여야 하며, 이 전열종이를 파도모양의 종이와 접착시켜 편파형성형체를 만들고, 편파형성형체를 사각형 형태로 재단한 후 90° 형태로 적층하는 방법을 사

용한다.

직교형 전열교환기는 위에 기술한 일부 업체에서 개별적으로 개발이 이루어졌기 때문에 용어가 통일되지 않아 혼란스러운 점이 있다. 예를 들면 습기와 배기를 분리하고 현열과 잠열을 회수하는 평평한 판을 라이너(liner), 칸막이판, 열교환판 등으로 부르고, 이 판을 만들기 위한 소재를 전열교환종이, 전열교환용지, 전열교환 엘레먼트 등으로 표시하고 있다. 그러나, 전열교환기의 핵심소재라고 할 수 있는 전열교환종이의 제조 방법은 외부로 유출되지 않는 것이 일반적이며 최근 개발현황 역시 특허를 중심으로 파악할 수 밖에 없다. 아래에 직교형 전열교환기의 개발 현황에 대하여 설명한다.

일본의 미쓰비시 전기 주식회사는¹⁾ 일본특허 공개 평5-322472(1993년 12월 7일 공개)에서 열과 습도 교환 성능을 가지는 복수개의 칸막이판과 복수 개의 파형을 가지는 간격판으로 구성되고 유로가 서로 직교하도록 적층하여 만든 열교환기에 대한 특허를 공개하였으나, 열과 습도 교환성능을 가지는 칸막이판 혹은 간격판의 제조 방법에 대해서는 언급되지 않았다. 다만 칸막이판과 간격판의 적층 및 열교환부, 손잡이, 플레이트, 프레임을 모두 동일한 전열종이를 사용하여 제작하여, 제품폐기를 쉽게 하여 리사이클링을 용이하게 하였고, 칸막이판과 간격판의 적층 및 열교환부, 손잡이, 플레이트, 프레임 등 각 부품의 접합을 실패 기능을 가지는 hot melt 접착제를 사용하여 접착하도록 하였다.

일본의 주식회사 세이부 기켄에서는²⁾ 일본특허 공



[그림 1] 직교형 전열교환기의 개념도 및 이용 예

개 평8-299745(1996년 11월 19일)에 습기교환용 흡착제를 공개하였다. 세이부 기켄에서는 종래에 제올라이트, 실리카겔 등의 흡착제를 실리카졸, 알루미늄 나졸 등 바인더에 분산시켜 이 분산액을 허니컴 소자를 침적시켜 시트 내부에 무기흡착제 입자를 고착시키는 방법을 사용해 왔으나, 이 방법은 바인더가 수분 흡착능력을 가지고 있지 않을 뿐 아니라 흡착제의 흡착면적을 감소시켜 흡착성능을 저하하게 된다. 세이부 기켄에서는 표면에 안정한 실라놀기를 가지고 있는 입자 직경 약 120Å 이하의 실리카 입자를 포함하는 실리카 졸을 시트 혹은 허니컴 적층체에 함침 또는 도포한 후 건조하여 졸을 겔화하여 적층체 시트 섬유 사이 및 표면에 실리카 미립자를 고착시키는 방법을 사용하였다.

졸이 겔화되면서 실리카 미립자가 서로 응집되고 이때 다공상으로 결합한 micropore를 형성한다. 이 micropore가 표면에 존재하는 실라놀 그룹과 함께 강력한 흡습성을 발휘한다.

일본의 주식회사 에바라제작소(荏原製作所)에서는³⁾ 일본특허 공개 평9-280765(1997년 10월 31일 공개)에서 통기성과 투습성을 동시에 가지는 열교환판 제조 방법을 제안하였으며, 투습성과 통기성이 좋은 재료와 투습성 및 통기성이 나쁜 재료를 교대로 sandwich 형태로 적층한 3층 구조의 전열교환 엘레멘트를 만드는 방법을 발표하였다. 이 특허에서는 투습성 및 통기성이 좋은 재료로서 필름 수지를 사용하고 반면에 투습성과 통기성이 나쁜 재료로서 종이 수지를 사용하였으며, 두 가지의 종이 중 하나에 흡수성이 좋은 소재를 사용함으로써 겔로에 의한 열교환 효율 저하를 방지하고 있다. 즉 투습성 및 통기성이 좋은 필름 수지로 만든 필름 수지 시트를 중간에 놓고 아래위로 투습성 및 통기성이 나쁜 종이재료를 만든 종이 시트를 샌드위치시켜 3층으로 적층하여 구성하였다.

일본의 미쓰비시전기 주식회사는⁴⁾ 일본특허 공개 2002-228382(2002년 8월 14일)에 간격판 만이 아니고 칸막이판에도 탈취 기능을 부여하여 탈취성능을 향상시키고 설치 스페이스의 증가를 억제하는 열교환기를 고안하였다. 이 특허에서는 칸막이용 부재는 다공질로서 두께를 60 ~ 120 μm로 하고 활성탄 섬유를 주성분으로 하고 있으며, 여기에 흡습작용이

있는 염화리튬을 난연제와 함께 roll coater로 도포하는 방법을 사용하고 있다.

일본의 미쓰비시제지주식회사는⁵⁾ 세계특허 공개 2002-099193(2002년 12월 12일)에 전열교환소자용지의 제조법에 대하여 자세한 특허를 공개하였다. 이 특허에서는 전열성과 투습성, 기체차폐성이 우수한 전열교환기용 소재를 만들기 위하여 캐나다변법 여수도 150 ml 이하로 고해처리한 천연 펄프를 주성분으로하여 초지방법으로 종이를 만들어, 실질적으로 무공질 셀룰로오스계 기재에 흡습제를 함유시킨 무공질전열교환소재로서 두께가 100 μm 이하이고, JIS K 7126에 규정된 이산화탄소투과계수가 $5.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 이하이며, JIS Z 0208에 규정된 20°C, 65% RH의 투습도가 $1000 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hr}$ 이상인 고엔탈피 교환성이 있는 무공질 전열교환소자용지를 고안하였다.

그동안 다공질계 기재를 이용한 전열교환용지가 가지고 있던 이산화탄소 등 오염된 기체성분도 통기 특성 때문에 전열교환을 실시하는 동안 급기와 배기가 혼합되어 환기의 효율이 저하하는 단점을 이와 같은 고안으로 개선한 것이다.

이 발명에서 제안하는 전열교환소재용지를 구성하는 재료는 일반적인 상질품의 종이와 동일한 셀룰로오스계 기재를 중심으로 제조하였으며 다만 일반적인 종이와는 달리 고해도를 높여서 캐나다 변법 여수도가 150 ml 이하가 되도록 한 것을 주성분으로 하여 초지방하였다. 고해정도가 낮아서 캐나다 변법 여수도가 150 ml 이상이 되도록 고해된 천연 펄프를 주성분으로 하여 초지방하면 기체차폐성이 나빠졌다. 기체차폐성이 나쁜 종이의 기체차폐성을 보완하게 되면 투습성이 부족하게 되어 열교환성능이 떨어지는 전열교환종이가 제조되었다.

또한, 본 발명의 전열교환용지 속에는 흡습제를 포함시키는 것이 바람직하며, 흡습제가 포함된 경우 흡습성이 상승적으로 향상되어 보다 우수한 전열교환소자용지를 얻을 수 있다. 이 발명에 의해 얻어진 전열교환소자용지의 밀도는 기체차폐성 관점에서 볼 때 0.9 g/cm³ 이상이면 좋고, 1.0 g/cm³ 이상이면 더욱 바람직하다고 공개하였다.

전열교환소자용지의 이산화탄소투과계수는 $5.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로서 이 값은 일반적인 종이



에 비해서 약 100배 이상의 기체차폐성을 보장하는 것으로 예를 들면 오염공기의 성분인 이산화탄소가 칸막이판으로서 사용되는 전열교환소자 용지를 거의 투과하지 못하는 것을 의미한다. 일반적으로 기체투과계수가 높으면 기체(수증기, 이산화탄소)가 통과하기 쉬울 뿐 아니라 열도 통과하기 쉬운 경우가 많다.

물 분자를 이동시키기 위해 용지의 단면 방향에 물 분자와의 친화성이 큰 관능기가 다량 존재할 필요가 있다. 이와 같은 용지의 후보로 얻어진 것이 셀룰로오스, 폴리비닐알코올, 폴리에테르, 폴리아크릴산 및 염기 등의 물과 친화성이 큰 화합물을 기반으로 하는 것이 생각되었으며, 가공의 용이성, 강도를 확보할 수 있는 용이성 등의 관점에서 셀룰로오스계 기재가 가장 적당한 것으로 선정되었다.

용지의 단면 방향(두께 방향)으로 수분의 이동을 쉽게 하기 위해서는 이 무공질 전열교환소자 용지에 흡습제를 혼합하여 제조할 수 있다. 본 발명의 전열교환소자용지에 흡습제를 함유시키면 흡습제의 흡습성과 기체를 구성하는 분자(예를 들면 셀룰로오스)의 물 친화성이 높은 관능기가 상승작용을 일으켜 더욱 우수한 전열교환소자용지를 얻을 수 있었다. 흡습제로 선정된 물질은 염화리튬, 염화칼슘, 인산 등을 사용하는 것이 특별히 좋았다.

이산화탄소 등의 가스투과계수는 주로 고분자 기재의 분자구조 고유의 기체 선택투과성을 나타내는 지표이므로 단위에서 알 수 있는 바와 같이 소재의 두께와 기체차폐성과는 무관하다. 그러나 전열교환소자용지의 두께가 너무 두꺼우면 동시에 수증기의 투과성도 저하되기 때문에 전열교환소자로서의 기능을 만족시키지 못하게 된다. 따라서 열교환성능을 저해하지 않는 두께가 필요하며 전열교환소자용지의 두께가 100 μm 정도가 적당하다.

이 발명에서 제안한 전열교환소자용지는 JIS Z 0208에서 규정된 20℃, 65% RH의 투습도가 1000 g/m²·24hr 이상인 고 엔탈피교환성을 특징으로 가지고 있다. 전열교환소자용지의 원료로 사용한 무공질 종이는 컨덴서 페이퍼(condenser paper), 트레이싱 페이퍼(tracing paper), 글라신 페이퍼(glassine paper) 등이다.

무공질 종이에 첨가하는 흡습제로서는 염화리튬,

염화칼슘, 인산염 등이 있으며, 흡습제의 첨가량이 많을수록 전열교환소자용지로서의 투습성이 향상된다는 점만을 밝혔을 뿐 구체적인 첨가량은 한정하지 않았다. 무공질 종이에 흡습제를 입히는 방법은 싸이즈 프레스에 의해 염화리튬을 1 g/m² 도포한 후 밀도가 0.9 g/cm³가 되도록 machine calender 처리를 하였다.

일본의 미쓰비시전기 주식회사에서는⁶⁾ 일본특허 공개 2005-121264(2005년 5월 12일)에 칸막이부재와 간격판 사이에 투습성을 부여한 부분과 난연성을 부여한 부분을 분리하여 투습성을 부여한 칸막이부재에는 난연성을 부여하지 않고, 난연성을 부여한 칸막이부재에는 투습성을 부여하지 않는 것을 특징으로 하는 전열교환소자의 제조 방법을 공개하였다. 이전까지는 칸막이용 부재에 흡습제만 혼합한 것이 아니고 난연제도 동시에 혼합하였기 때문에 흡습제층이 수분을 흡착하더라도 난연제층이 수분의 이동에 저항으로 작용하여 수분의 이동량이 감소하고, 결과적으로 칸막이부재의 투습성이 저하하는 문제가 있었다.

예를 들어 칸막이용 부재는 기재와 흡습제로 구성되는데 기재는 셀룰로오스 기반 소재이고 흡습제는 염화리튬이나 염화칼슘을 사용하였다. 흡습제는 기재에 함침 또는 도포하였다. 또, 간격판은 동일한 필프섬유에 염산 구아니딘이나 술폰산 구아니딘 등 구아니딘 염류의 난연제를 함침한 것을 이용하였다. 칸막이 부재와 간격판은 초산비닐계 접착제 등으로 접합하여 단위구성 부재를 만들었다. 기재는 기체차폐성을 부여하기 위하여 무공질 소재를 사용하였으며 무공질소재는 다공질소재와 같이 수증기가 구멍을 통과하기 어렵기 때문에 수분의 이동은 우선 칸막이 부재의 표면에 수분으로서 흡착하고, 침투하여 수분의 확산 형태로서 칸막이부재를 투과하는 것이다.

일본의 린텍주식회사에서는⁷⁾ 일본특허 공개 2005-325473(2005년 11월 24일)에 흡습성과 방염성이 우수하며 적절한 투기도를 가지고 이산화탄소의 이행이 작으며, 제조단가가 싼 전열교환소자의 제조 방법에 대한 특허를 공개하였다. 이 특허에서는 목재 펄프를 100 질량부로 하고 침엽수 펄프를 40 질량부로 한 후 고해도가 40°SR 이상인 목재 펄프로 만든 원지에 흡습제와 방염제를 함침시켜 전열교환소자

를 만들었다. 이와 같이 만든 전열교환소자는 JIS Z 0208에 준거하여 측정한 투습도시험 결과 투습도가 $6000 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{hr}$ 이상이었으며, JIS Z 2150에 의해 측정된 방염시험에 결과 탄화부분의 길이가 10 cm 이하였고 JIS P 8117에 의한 투기도 시험 결과 투기도가 500초/100 ml 이상으로 이산화탄소의 이행률이 1% 이하였다.

지금까지의 연소발열량이 낮은 합섬섬유로 배합된 원지로 만든 전열교환소자용 소자의 경우 방염성은 우수하지만 투기도는 102 ~ 112초 정도로서 gas barrier성이 낮은 것이 결점이었다. 이러한 결점은 친수성 섬유로 만들고 또한 흡습제를 함유하는 공기차폐기능성 시트로 만든 열교환기용 칸막이 부재에 의해 개선된 바 있다. 확실히 이 칸막이 부재의 경우에는 JIS P8117에 준거하여 측정된 투기도가 200초/100 ml 이상이었기 때문에 이산화탄소 이행률이 5% 이하로 필요한 곳에 적용될 수 있었으며, 5000초/100 ml 이상이 되면 이산화탄소 이행률이 1% 이하로 필요로 하는 곳에 사용할 수 있다는 것은 이미 기재한 바와 같다. 즉, 이산화탄소의 이행률이 1% 이하로 되려면 5000초/100 ml 이상이라는 큰 투기도를 가질 필요가 있다. 그렇기는 하지만 이렇게 큰 투기도를 가진 부재는 흡습성이 작다는 결점을 가지고 있다.

공개된 특허에서는 투기도가 그다지 크지 않더라도 흡습성, gas barrier 성 및 방염성이 우수하면서 이산화탄소 이행률이 작고, 값이 싼 전열교환소자용지를 얻을 수 있도록 연구를 계속한 결과 투기도가 1000초/100 ml 이하이더라도 이산화탄소의 이행률을 1% 이하로 하는 것 뿐 아니라 투기도를 5,000초/100 ml 이상으로 해도 흡습성을 충분히 확보할 수 있다는 것을 알게 되었다고 공개하였다. 흡습제로서는 염화리튬, 염화나트륨 등의 알칼리금속 염이나 염화칼슘 등 알칼리토류 금속염을 사용하였으며 사용량은 고형분으로 1 ~ 20 g/m^2 를 함침시켜 원지의 강도가 작아지지 않도록 하였다.

본 발명에서는 초지한 원지를 건조시킨 후 다시 barrier 제를 함침하여 전열교환소자용지의 gas barrier성을 향상시켰다. Barrier 제로는 폴리비닐알코올, 아크릴산에스테르계 수지, 스티렌부타디엔계 수지등을 사용할 수 있으며, barrier 제는 싸이즈 프

레스를 사용하여 함침시키는 것이 바람직하고, 함침량은 고형분으로 0.3 ~ 10 g/m^2 로 하는 것이 바람직하다. 본 발명을 다시 정리하면 목재 펄프를 주성분으로 하는 슬러리를 제조하고 장망식 초지기 등 초기기를 사용하여 원지를 제조하고 건조한 후 흡습제 및 방염제를 함유시키며 필요에 따라 barrier 제를 함유하는 도포액을 싸이즈 프레스 등의 수단을 이용하여 도포 또는 함침시키고 적절한 칼렌더에 걸어서 제조한다. Barrier 제는 흡습제 및 방염제를 함침시킨 후 별도 도포 혹은 함침시킬 수도 있다.

일본의 다이오제지(大王製紙)에서는⁸⁾ 일본특허 공개 2007-119969(2007년 5월 17일)에 결로의 문제가 없고 난연성이 부여되어 있으며, 전열교환기의 라이너 부에 특히 적합한 종이에 대한 특허를 공개하였다.

이 발명에서는 전열교환기용 원지로서 방염성이 높고 열교환효율 역시 높도록 구성되어야 하는데 열교환효율을 높이기 위해서는 여러 가지 흡습제를 혼합하여야 하지만 흡습제 및 방염제로 사용되는 염화리튬은 초지기, 칼렌더, 와인더 등의 설비에 녹을 발생시키기 쉽다. 또, 방염성을 향상시키기 위해서 염화리튬을 과잉으로 사용하면 고온고습 분위기에서 과잉으로 흡습되어 액체가 흘러내리게 되는 문제가 발생하게 된다. 염화리튬 이외의 흡습제로서 유기산 염이나 무기 입자 등을 사용할 수도 있지만 이 경우는 별도의 방염제를 첨가하여야 하기 때문에 생산성과 코스트 문제가 발생한다. 이 발명에서는 염화칼슘의 부착량을 조절함으로써 고투습성을 확보하고 결로의 문제가 없으며, 더욱이 난연성도 부여할 수 있는 전열교환기 엘레먼트용 원지 제조 공정을 공개하였다.

펄프 섬유를 고해하여 얻는 펄프 슬러리에 지력증강제, 습윤지력증강제, 황산반토, 양이온전분 등 각종 정착제를 첨가하여 초지함으로써 엘레먼트용 원지의 기재 종이를 얻는다. 염화칼슘 수용액을 초지기의 싸이즈 장치나 스프레이 장치 등을 이용하여 기재 종이에 첨가한다. 염화칼슘은 기재 종이 건조평량에 대해서 10 ~ 25 질량% 범위로 한다. 염화칼슘의 경우도 초지설비에 녹을 생성시킬 수 있기 때문에 염화칼슘 수용액에 방청제를 섞어서 사용하는 것이 좋다. 방청제로서는 비아질산계 방청제를 수용액 대비 0.5 ~ 5% 범위 내에서 사용하는 것이 좋다.



일본의 미쓰비시전기주식회사에서는⁹⁾ 일본특허 공개 2007-315649(2007년 12월 6일)에 흡습제가 포함되어 있는 칸막이판의 실질유효투습면적을 감소시키지 않고, 투습성이 작은 투습막을 사용하지 않으며, 칸막이 판과 간격판과의 사이를 안정시키고 또한 강고하게 접착할 수 있으며, 또한 염화리튬이 포함되어 있고, 독성이 낮으며 냄새가 약한 접착제에 의해 칸막이판과 간격판을 일체화시킨 전열교환기에 대한 특허를 공개하였다. 공개된 특허에서는 기체차폐성을 가진 칸막이판과 칸막이판의 간격을 유지시키는 간격판을 보유하며, 칸막이판 및 간격판이 모두 조해성이 있는 흡습제를 함유하고 칸막이판 및 간격판 이 carboxyl 기와 수산기 중 적어도 하나를 함유하는 수용성 비이온성 수지에 염화리튬을 함유시킨 혼합물의 수용액으로 만든 접착제에 의하여 접착시킨 것이다.

이전까지의 특허에서는 칸막이판과 간격판을 수계 접착제로 붙이는 공정에 있어서 수계접착제의 접착강도를 발현시키기 위해서 도포된 수계접착제의 수분을 증발 또는 건조시키고, 칸막이판과 간격판의 계면에 접착제 수지를 잔존시킬 필요가 있었다.

위에 기술한 무기질 전열교환소자 용지와 같은 재료를 칸막이판 및 간격판으로 이용하는 경우 칸막이판과 간격판과의 사이에 도포되는 수계 접착제는 칸막이판이나 간격판의 내부에 침투되어, 칸막이판과 간격판의 계면에는 충분한 접착제 수지가 잔존되지 않고 칸막이판과 간격판 사이의 안정 및 강고한 접착이 저해되는 문제가 발생했다. 이전의 특허에서 사용한 수계 접착제는 칸막이판에 침투하기 때문에 칸막이 판의 유효투습표면적이 더욱 감소하고 급기와 배기와의 사이에 효과적인 잠열교환이 일어나지 않는 문제점이 생겼다. 또, 칸막이판과 간격판 사이를 안정하고 강고하게 접착시키려면 수계접착제의 도포량을 증가시켜야 하는데 이 경우 수계접착제가 더욱 칸막이판에 안으로 침투되어 칸막이판의 유효투습면적이 감소하는 문제가 발생했다.

이 발명에서 제시하는 전열교환기에 의하면 각각 조해성이 있는 흡습제를 함유하는 칸막이판과 간격판과의 사이가 염화리튬을 함유하는 접착제에 의해 접착시키고 있기 때문에 접착제가 높은 투습성을 가지고, 칸막이판에 있어서 유효투습면적을 감소시키

지 않고 안정하고 강고하게 칸막이판과 간격판을 일체화할 수 있다.

또, 이 발명에서 제시한 전열교환기에 의하면 투습성이 낮은 투습막을 사용할 필요가 없고, 칸막이판의 투습성을 높게 유지할 수 있다.

또, 이 발명에서 제시한 열교환기에 의하면 접착제는 독성이 낮고, 악취가 약한 수용성 비 이온계 수지에 염화리튬을 함유시킨 화합물 수용액이므로 독성이 높고 악취가 강한 유지용제를 제거하는 등 번거로운 공정을 사용할 필요 없이 제조할 수 있다.

원통형 전열교환기

원통형 전열교환기는 직교형 전열교환기와는 달리 흡습성을 가진 시트를 편파형 성형한 후 편파형성형체를 등갈게 말아 축방향으로 수많은 공기통로를 가진 원통형 허니컴을 만든다. 원통형 전열교환기는 또한 직교형 전열교환기와는 달리 축방향으로 회전하게 되며, 원 형태의 단면을 흡착 영역과 재생 영역으로 구분하고 이 영역에 각각 급기와 배기를 공급한다.

원통형 전열교환기를 생산판매하는 회사는 미국의 Semco Mfg., Inc.가 대표적인 회사로 미국특허 4,769,053(1988년 9월 6일 등록)에 자세히 제조법을 기술하였다¹⁰⁾. 원통형 전열교환기와 관련된 문제점은 원통형 로터가 분당 20바퀴 회전하기 때문에 1회전 당 급기 혹은 배기와 접촉하는 시간은 1.5초에 불과하다는 점이다. 따라서 원통형 전열교환기에 사용되는 제습제는 상당히 빠른 속도로 습기를 흡착하고 탈착시켜야 하며, 기재의 두께 방향으로 투습을 시킬 필요가 없기 때문에 알루미늄 박판을 기재로 사용할 수 있고, 제올라이트 혹은 실리카겔을 제습제로 사용한다.

가스투과용기재는 0.03 mm에서 0.08 mm 두께의 시트형 물질로 구성되어 있으며, 직교형 전열교환기와 마찬가지로 평평한 시트와 파도 모양으로 성형한 시트로 구성되어 있다. 파도 모양의 높이는 약 1.25 mm에서 2.5 mm 사이이며 파도 모양의 폭은 약 2.5 mm에서 5 mm 사이이다. 시트 기재는 알루미늄과 스테인리스강과 같은 금속 박판을 사용하며 금속 박판이 현열교환을 담당한다. 흡습제로 사용되는 제올

라이트는 금속 박판의 한쪽 면 혹은 양쪽면에 코팅되며 코팅용 바인더의 조성은 MEK 혹은 톨루엔에 alkyl based resin을 녹인 것이 바람직하며 코팅용 바인더의 두께는 약 0.01 mm인 것이 좋다. 코팅액에 들어 있는 제올라이트의 양은 중량비로 5에서 15% 사이로 한다.

금속 박판에 제올라이트와 바인더가 묻어 있는 상태로 만든 후 시트를 편파형 성형하기 때문에 전열교환용 시트가 변형을 일으키더라도 제올라이트 및 바인더가 금속 박판에 잘 붙어 있는 것이 중요하다. 이와 같은 만들어지는 원통형 전열교환기는 폭이 20 cm에서 30 cm 사이이고 직경은 60 cm에서 430 cm 사이이다.

결론

특허 분석을 통한 전열교환기의 개발 동향을 보면 개발 초기에는 먼저 개발되었던 제습로터의 영향을 받아 원통형 전열교환기의 형태로 개발이 진행되다가 이산화탄소 등 오염공기의 제거 환기의 기본적인 원칙을 지키기 위하여 무공질 종이에 제습제를 함침하는 방향으로 옮겨가고 있음을 알 수 있다. 특히 원통형 전열교환기는 산업용으로 많이 사용되는 반면 직교형 전열교환기는 300 CMH 정도의 가정용을 목표로 제조되고 있어서 최근 들어 연구개발이 활발한 편이다. 직교형 전열교환기는 기체차폐성을 높이기 위하여 초기에는 고분자 필름 등을 사용하려는 시도가 있었으나, 잠열을 회수하기 위해서는 흡습제를 첨가하여 칸막이 부재의 두께 방향으로의 투습도가 중요한 특성으로 대두되면서 무공질 종이를 사용하는 방향으로 변화하였다. 또한, 급기와 배기 사이에 놓여 있지 않은 파도 모양의 간격판의 경우는 초기에 단순히 칸막이판 사이의 간격을 유지하는 기능만 부여하였으나 연구개발이 진행됨에 따라 간격판에도 흡습제를 코팅하고, 접착제에도 흡습제를 첨가하는 등 칸막이판의 유효투습면적을 넓히려는 노력

이 진행되고 있다. 최근에는 전열교환기에 난연성을 부여하면서도 투습도를 감소시키지 않기 위해 칸막이판에만 방염처리를 하거나, 제조설비에 녹이 슬지 않게 하는 방청 제습조성을 개발하는 등 제조 단가 저감을 위한 노력을 기울이고 있다.

국내에서는 (주)국일제지와 클린에어나노테크가 에너지관리공단 중대형 사업의 일환으로 300 CMH 급 직교형 전열교환기를 개발하고 있으며, (주)에코프로가 1500 CMH 급 원통형 전열교환기를 생산하기 위하여 연구개발 중이다.

참고문헌

1. 福田家樹, 吉村勉, “열교환기”, 일본특허 공개 평5-322472, 1993. 12. 7,
2. 隈利實, 白濱升章 등, “습기교환용흡착제”, 일본특허 공개 평8-299745, 1996. 11. 19
3. 大畑成生, 齊藤秀 등, “열교환 엘레먼트”, 일본특허 공개 평9-280765, 1997. 10. 31
4. 荒井秀元, 高橋健造 등, “열교환기”, 일본특허 공개 2002-228382, 2002. 8. 14
5. 原田純二, 椿正行 등, “전열교환소자용지”, 세계특허 공개 2002-099139, 2002. 12. 12
6. 高田勝, 荒井秀元 등, “전열교환소자”, 일본특허 공개 2005-121264, 2005. 5. 12
7. 大森正義, 永島孝作 등, “전열교환소자용지”, 일본특허 공개 2005-325473, 2004. 5. 14
8. 三柴晶子, 山本眞也 등, “전열교환기 엘레먼트용 원지”, 일본특허 공개 2007-119969, 2007. 5. 17
9. 村井導雄, 信時英治 등, “전열교환기”, 일본특허 공개 2007-315649, 2007. 12. 6
10. John C. Fischer, Jr., “High efficiency sensible and latent heat exchange media with selected transfer for a total energy recovery wheel,” 미국특허 4,769,053, 1988. 9. 6