

# 대용량 폐열회수 PDC청정 환기시스템용 열교환 소자의 기계적 특성 Mechanical Properties of Heat Exchanger Element with Higher Capacity Waste Heat Recovery PDC Clean Ventilation System

안석환 · 남기우 · 안병현 · 김동규 · 정석권

S. H. Ahn, K. W. Nam, B. H. Ahn, D. G. Kim and S. K. Jeong

(접수일 : 2009년 4월 2일, 수정일 : 2009년 7월 10일, 채택확정 : 2009년 9월 11일)

**Key Words** : Heat Exchanger Element(열교환 소자), Waste Heat Collection PDC(Plasma-Driven Catalyst), Clean Ventilation System(폐열회수 플라즈마 구동 촉매 청정 환기시스템), Aluminum(알루미늄), Mechanical Properties(기계적특성)

**Abstract** : Recently, the higher capacity waste heat recovery PDC clean ventilation system has a tendency which is increasing due to the excellent energy reduction in factory, big building, and so on. This system was developed to complement the room environment which is deteriorated. However, the researches and technologies about this system were not well studied. Specially, the characteristic for heat exchanger element used to this system were not well known. Therefore, this study was carried out to evaluate the mechanical properties of the heat exchanger element as the core parts compose of this system. From results, tensile strength and elongation of the plate type heat exchanger element had about 10.11~14.32 kgf/mm<sup>2</sup> and 8.0~16.2%, respectively.

## 1. 서 론

공기의 조화는 냉난방과 환기를 동시에 만족시키는 개념이다. 그러나 대부분 냉난방과 함께 환기를 하면 실내의 온도를 외기에 빼앗겨 춥거나 더위를 느끼는 물론 불쾌감을 느낌과 동시에 귀중한 에너지의 경제적 손실이 발생한다. 일반적으로 환기를 하면 냉난방 효과가 떨어지나 환기를 하지 않으면 실내 공기는 오염되어 상당한 부작용이 발생하는 것이 공기조화의 가장 큰 과제로써 열교환 환기시스템은 이러한 두 가지 문제를 동시에 해결 가능하다<sup>1-6)</sup>.

에너지를 대량으로 소비하는 공장, 대규모 건물 등에 있어서 대용량 폐열회수 환기시스템은 소용량 환기유닛에 비하여 큰 풍량으로 인하여 에너지 저감에 있어 우수하므로 급격하게 증가되고 있는 추세이다. 최근 들어 최첨단 설비가 갖추어지고 안전, 쾌적 또한 위생적인 인텔리전트빌딩에서 빌딩병

(sick building syndrome)이 자주 발생하고 있는 실정이다. 이는 건축물의 창문이나 문틈새를 밀폐시킴으로서 이들 건축물이 점점 외부와 단절된 구조물로 바뀌어져서 실내에서 발생한 오염물질이 제때 제대로 밖으로 배출되지 못하여 실내 환경이 악화되기 때문에 발생하는 것이다. 이와 같은 현상을 보완하기 위하여 개발된 것이 폐열회수형 환기장치이다<sup>5,6,7 9,13 16)</sup>. 즉, 폐열회수 환기시스템은 외부의 신선한 공기를 도입하는 과정에서 배기열을 회수하여 재공급하는 기능과 실내의 오염된 공기를 실외의 신선한 공기를 치환하는 기능을 가진 장치이다. 폐열회수 환기시스템은 일반적으로 급기팬, 배기팬, 모터, 열교환기 및 필터 등으로 구성된다. 급기팬과 배기팬은 일정 유량의 공기를 제품의 내부 압력손실과 덕트에서의 외부 압력손실을 극복하고 실내 혹은 실외로 전달한다. 열교환 소자는 실내공기와 실외공기를 치환하는 과정에서 실내공기의 현열 혹은 전열을 회수하여 에너지 절약에 기여한다. 필터는 실외공기를 도입함에 있어서 실외의 이물질이 실내로 유입되는 것을 방지할 뿐만 아니라 열교환기의 오염도 방지한다. 이들 폐열회수형 환기시스템 장치에는 플레이트형, 로터형, 히트파이프형, 모세송

정석권(책임저자) : 부경대학교 기계공학부  
E-mail : skjeong@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6181  
안석환, 김동규 : 부경대학교 기계공학부  
남기우, 안병현 : 부경대학교 신소재공학부

풍기형 열교환식을 이용하고 있다.<sup>2-17)</sup> 그러나 아직 대용량 폐열회수 환기시스템에 대한 적절한 연구나 기술개발이 미미한 실정이며 주로 국외 기술에 의존하고 대부분 수입에 의존하고 있다. 현재 대용량 폐열회수 PDC(Plasma-Driven Catalyst)청정 환기시스템은 전적으로 국외기술에 의존하고 있고 여기에 사용되고 있는 환기시스템용 열교환 소자는 독일에서 전량수입하고 있으며 이에 대한 특성이 알려지지 않고 있기 때문에 사용기간 중 유지보수 등에 상당한 어려움이 따르며 제품에 대해서는 로열티를 지급해야 하는 등의 문제가 발생하며 어셈블리의 형태로 수입해야 하기 때문에 소모비용의 증가를 가져오고 있다. 열교환 소자는 폐열회수 환기시스템을 구성하는 요소 중 가장 핵심이 되는 부품으로서 그 응용 및 활용분야가 광범위하며, 열교환 소자의 성능을 평가하기 위한 기초적인 자료가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 이에 열교환 소자의 기계적 특성을 파악함으로써 향후 국내 폐열회수 환기시스템의 해외 수입 의존도에서 탈피함과 더불어 환기시스템의 핵심 부품인 열교환 소자 제품의 국산화에 일조할 수 있도록 대용량 폐열회수 PDC청정 환기시스템에 사용되는 플레이트 및 로터 타입의 열교환 소자에 대한 기계적 성질 및 성분분석을 통하여 그 특성을 평가하였다.

## 2. 재료 및 실험방법

### 2.1 재료

대용량 폐열회수 PDC청정 환기시스템용으로 사용되는 열교환 소자에는 플레이트 타입 및 로터 타입의 알루미늄(Al) 박판이 사용되고 있다. 소재의 특성 평가에는 시판 중인 Al 박판 열교환 소자를 이용하였다.

Table 1에는 플레이트 타입 및 로터 타입의 Al 박판 열교환 소자의 성분분석 결과를 나타낸다. 성분분석에는 X-선 형광분석기(X-Ray Fluorescence Spectrometer, XRF; Shimadzu, XRF-1700)를 이용하였다. 성분분석의 결과 플레이트 타입과 로터 타입의 Al 박판소재는 유사한 성분 및 양을 함유하고 있었다. 두 타입 모두에는 Ni이 함유되어 내열성이 보완된 것으로 판단된다. 특히 로터 타입은 플레이트 타입에 비해 Cu를 함유하고 있었다. 따라서 플레이트 타입의 Al 박판소재보다 로터 타입의 Al 박

판소재가 석출경화에 의해 다소 경화되어짐으로서 강도 및 경도에 있어 다소 향상될 것으로 사료된다.

Table 1 Chemical compositions of Al heat exchanger element used to test [wt%]

Type	Al	Si	Fe	Ni	Cu
Plate	97.49	1.48	0.79	0.24	-
Rotor	95.52	1.45	0.79	0.74	1.49

### 2.2. 실험방법

대용량 폐열회수 PDC청정 환기시스템의 열교환 소자용 플레이트 타입 및 로터 타입의 Al 박판에 대하여 조직관찰과 경도 및 인장시험을 실시하였다. 이때 사용된 플레이트 타입 Al 열교환 소자의 두께는 0.15 mm, 로터 타입 Al 열교환 소자의 두께는 0.08 mm이다.

기계적 특성치를 구하기 위한 인장시험편은 수입되는 Al 열교환 소자로부터 채취하여 ASTM E 8M-97 규격<sup>18)</sup>에 따라 제작하였다. 또한, 규격에 따른 시험편의 채취가 곤란한 경우에는 플레이트 타입 및 로터 타입 열교환 소자의 실물 형상으로부터 시험편을 제작하였다. 인장시험에는 49 kN의 만능 재료시험기(Instron, 4204) 및 0.49 kN의 소형인장시험기(Testometric, Micro350)를 사용하였다. 시험은 실온 대기중에서 Cross head speed 0.5 mm/min으로 실시하였다. 이하 모든 인장시험에 있어서는 시험편의 두께가 상당히 박판이라 지그에 장착하기 어려워 시험편 머리 부분에 Tap처리를 하여 하중부하시에 지그로부터 시험편이 미끄러져 탈락되는 현상을 방지하였다. 또한, 열교환 소자의 표면경도를 알아보기 위하여 마이크로 비커스 경도기(Micro Vickers Hardness Tester, Mitutoyo Co., HM-124)를 사용하여 표면경도를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

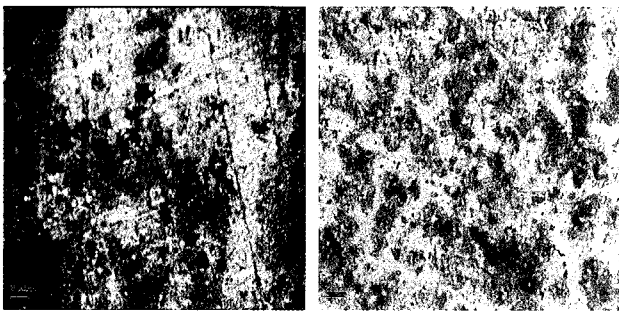
### 3.1 조직 및 경도

Fig. 1에는 플레이트 타입 Al 열교환 소자와 로터 타입 Al 열교환 소자의 광학현미경 조직사진을 각각 나타낸다. 플레이트 타입 Al보다 로터타입의 Al에서 FeAl<sub>3</sub>(검은색 부분)의 불용성 입자가 많이 분포하고 있음을 알 수 있다.

또한, 플레이트 타입 Al 열교환 소자와 로터 타입 Al 열교환 소자의 마이크로 비커스 경도를 조사하

였다. 자동하중제어 방식으로 비커스 압입하중은 10g으로 하고, 지속시간은 10sec로 하였다. 각 타입에 대하여 각각 20회씩 측정하였다.

Fig. 2에 실측한 마이크로 비커스 경도치를 나타내었다. 플레이트 타입에서는 최대 Hv 37.8, 최소 Hv 28.9로서 평균 Hv 30.9를 나타내었다. 로터 타입에서는 최대 Hv 49.0, 최소 Hv 44.1로서 평균 Hv 45.6을 나타내었다. 로터 타입의 Al 열교환 소자의 경도가 플레이트 타입보다 평균 약 Hv 14.7 정도가 더 높았다. 이는 상기에도 언급하였듯이 Cu의 첨가로 인한 석출경화의 영향으로 판단된다.



(a) Plate type (b) Rotor type

Fig. 1 Optical microstructures of Al heat exchanger element ( $\times 200$ )

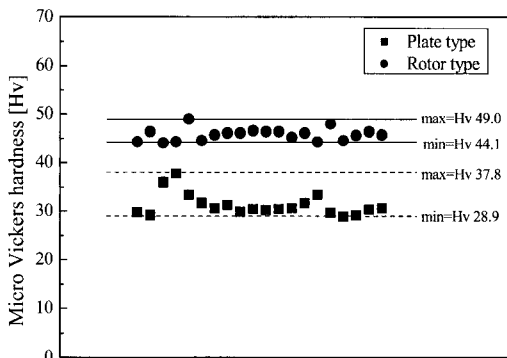


Fig. 2 Micro Vickers hardness of Al heat exchanger element

### 3.2 인장특성

열교환 소자의 인장강도를 구하기 위하여 플레이트 및 로터 타입으로부터 총 7가지 형태의 시험편을 만들어 각각 시험하였다.

#### (1) Type-A 시험편

Fig. 3은 Type-A 인장시험편의 형상 및 치수를 나타낸다. Type-A 시험편은 플레이트 타입 열교환 소자의 실물 형상으로부터 요철형상이 없는 부분에서 채취하였다.

위에서도 나타내었듯이 시험편의 두께가 상당히 박편이라 지그에 장착하기 어려워 시험편 머리 부분에 Tap처리를 하여 하중 부하시에 지그로부터 시험편이 미끄러져 탈락되는 현상을 방지하였다. 이 인장시험편으로부터 구한 대표적인 응력-변형률 선도( $\sigma$ - $\epsilon$  curve)를 Fig. 4에 나타낸다.

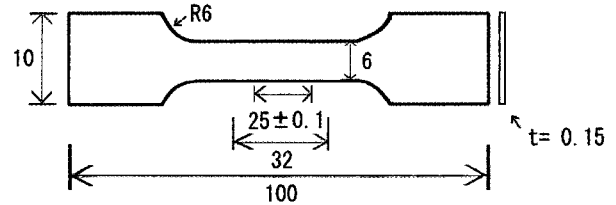


Fig. 3 Schematic of plate type heat exchanger element Type-A specimen (unit: mm)

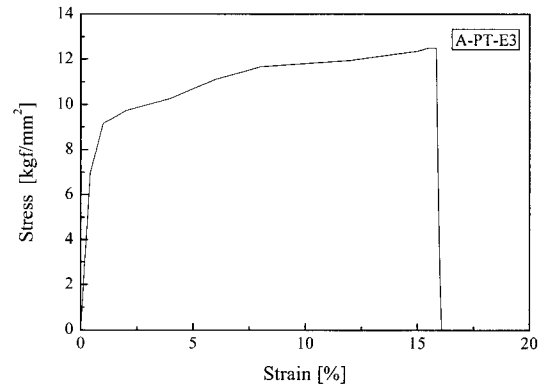
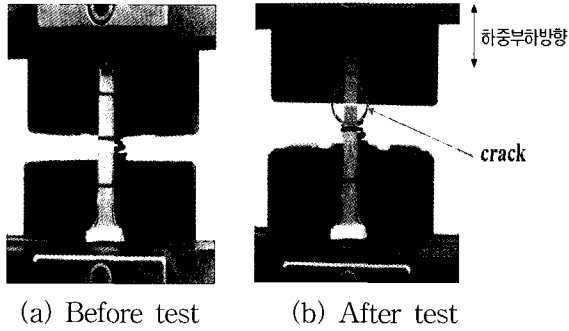


Fig. 4 Stress-strain curve of Type-A

Table 2 Mechanical properties of Type-A specimens

Specimen No.	Tensile strength [kgf/mm <sup>2</sup> ]	Elongation [%]
A-PT-E1	13.12	15.4
A-PT-E2	13.78	11.1
A-PT-E3	12.52	16.0
A-PT-E4	13.50	8.9
A-PT-E5	10.11	15.2
A-PT-E6	14.32	15.2
A-PT-E7	13.08	8.0
A-PT-E8	11.93	9.5
A-PT-E9	11.33	7.4
A-PT-E10	12.08	9.9
A-PT-E11	11.49	7.8
A-PT-E12	12.23	16.2
A-PT-E13	11.78	15.3
A-PT-E14	11.63	15.1
A-PT-E15	11.93	16.0
Average	12.32	12.47



(a) Before test (b) After test  
Fig. 5 Photographs of fracture by tensile test of Type-A specimen

Table 2에는 총 15개 시험편에서 얻어진 결과를 정리하여 나타내었다. 인장시험의 결과로부터 인장응력은 10.11~14.32 kgf/mm<sup>2</sup>, 연신율은 8.0~16.2% 정도를 나타내었다.

Fig. 5에는 시험 전 및 후의 시험편의 파단 양상을 나타낸다.

(2) Type-B 시험편

Type-B 시험편은 로터 타입 열교환 소자로부터 절단하여 만든 시험편이다. 실물의 형상으로부터 절취하여 시험편을 제작하였다.

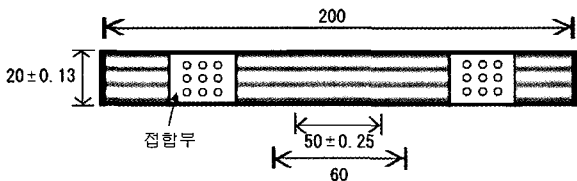


Fig. 6 Schematic of rotor type heat exchanger element Type-B specimen (front part) (unit: mm)

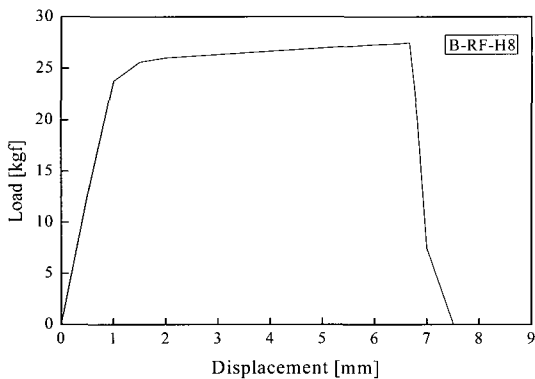
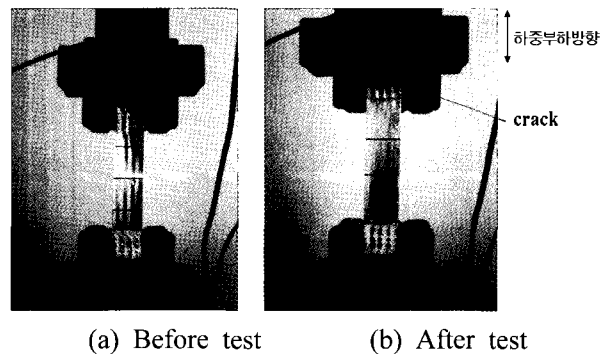


Fig. 7 Load-displacement curve of Type-B

로터 타입의 열교환 소자는 각기 다른 형상을 가

진 전면부와 후면부가 접합된 형태로 제작된다. Type-B 시험편은 전면부만을 이용한 것으로 폭이 약 6 mm인 등간격의 주름이 길이방향으로 평탄하게 가공되어져 있다. Fig. 6에는 Type-B 시험편의 치수 및 형상을 나타낸다. Fig. 6과 같은 형상을 가진 시험편을 인장시험한 결과들 중 대표적인 하중-변위 선도(load-displacement curve)를 Fig. 7에 나타낸다. 단, 시험편은 실물 제품으로부터 채취하여 제작하였기 때문에 주름이 들어간 부분의 정확한 단면적을 구할 수 없어서 Fig. 7에는 부하하중과 변위의 관계를 나타내었다. 총 15개의 시험편을 인장 시험 하였다. 인장하중은 22.02~29.63 kgf, 변위는 4.17~9.22 mm 정도의 값을 나타내었다. Type-B 시험편의 경우에는 대부분 표점거리 내에서 파단이 일어나지 않고 Fig. 6에 표시한 접합부에서 파단이 일어났다. 전면과 후면을 접합하기 위해 예폭시 계통의 접착제를 사용하였고 이 접착제가 굳어짐에 따라 접합부가 다소 취성화 되어졌기 때문이라고 사료된다.

Fig. 8에는 시험 전과 후의 시험편의 파단 양상을 나타낸다.



(a) Before test (b) After test  
Fig. 8 Photographs of fracture by tensile test of Type-B specimen

(3) Type-C 시험편

Type-C 시험편은 로터 타입 열교환 소자로부터 절단하여 만든 시험편이다. 실물의 형상으로부터 절취하여 시험편을 제작하였다.

로터 타입의 열교환 소자는 각기 다른 형상을 가진 전면부와 후면부가 접합된 형태로 제작된다. Type-C 시험편은 후면부만을 이용한 것으로 폭 6 mm 등간격의 물결모양으로 엠보싱 가공되어져 있다. Fig. 9에는 Type-C 시험편의 치수 및 형상을 나타낸다.

Fig. 9와 같은 형상을 가진 시험편을 인장시험한 대표적인 하중-변위 선도를 Fig. 10에 나타낸다. 단, 시험편은 실물 제품으로부터 채취하여 제작하였기 때문에 엠보싱된 부분의 정확한 단면적을 구할 수 없어서 Fig. 10에는 부하하중과 변위의 관계를 나타내었다. 총 15개의 시험편을 인장시험 하였다. 인장 하중은 29.77~38.27 kgf, 변위는 10.1~11.20 mm 정도의 값을 나타내었다. Type-C 시험편의 경우에도 역시 대부분 표점거리 내에서 파단이 일어나지 않고 접합부에서 파단이 일어났다. 이는 Type-B 시험편과 마찬가지로 접합부가 다소 취성화되어졌기 때문에 균열발생이 용이하였던 것으로 사료된다. Type-B인 전면부보다도 Type-C인 후면부의 강도가 다소 큰 값을 나타내었다. Fig. 11에는 시험 전과 후의 시험편의 파단 양상을 나타낸다.

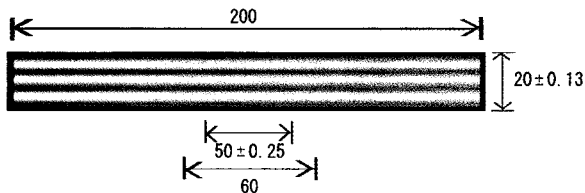


Fig. 9 Schematic of rotor type heat exchanger element Type-C specimen (back part) (unit: mm)

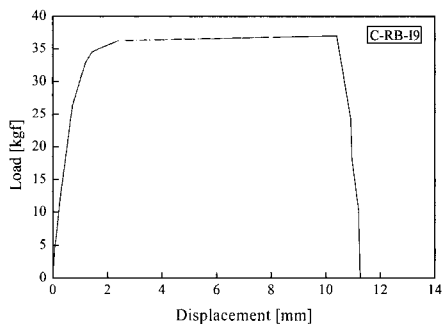
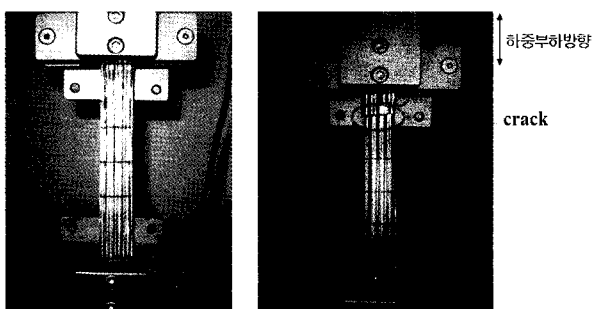


Fig. 10 Load-displacement curve of Type-C



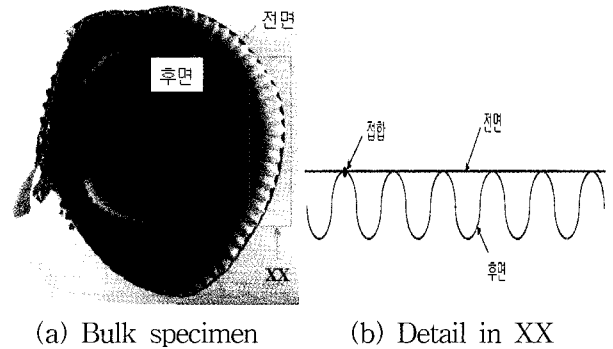
(a) before test (b) after test

Fig. 11 Photographs of fracture by tensile test of Type-C specimen

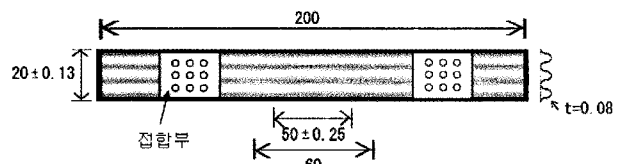
(4) Type-D 시험편

Type-D 시험편은 로터 타입 열교환 소자로부터 절단하여 만든 시험편이다. 실물의 형상으로부터 절취하여 시험편을 제작하였다.

Type-D 시험편은 Type-B 및 Type-C 시험편과 달리 전면부와 후면부가 접착제로 접합되어져 있는 상태의 것을 그대로 이용하였다. Fig. 12에는 Type-D 시험편의 치수 및 형상을 각각 나타낸다.



(a) Bulk specimen (b) Detail in XX



(c) Type-D specimen

Fig. 12 Schematic of rotor type heat exchanger element Type-D specimen (front+back) (unit: mm)

Fig. 12와 같은 형상을 가진 시험편을 인장시험한 대표적인 하중-변위 선도를 Fig. 13에 나타낸다. 단, 시험편은 실물 제품으로부터 제작하였기 때문에 요철부가 들어간 부분의 정확한 단면적을 구할 수 없어서 Fig. 13에는 부하하중과 변위의 관계를 나타내었다. 총 15개의 시험편을 인장시험 하였다. 인장 하중은 52.48~64.03 kgf, 변위는 8.62~24.29 mm 정도의 값을 나타내었다. Type-D 시험편의 경우에서도 역시 표점거리 내에서 파단이 일어나지 않고 Fig. 12(c)에 표시한 접합부에서 파단이 일어났다. 이는 이 경우에도 역시 접합부가 다소 취성화되어졌기 때문이라고 사료된다. Type-B인 전면부 및 Type-C인 후면부 보다도 강도가 2~3배 높게 나타났다. 이는 전면부와 후면부를 접합함으로써 두께가 증가하였고 외력에 대한 저항이 증가되었기 때문이다. 특히 이 경우에는 전면부가 먼저 완전 파단(양단분리)이 일어난 후 후면부가 파단에 이르는 양상

을 보였다. 이는 앞서 나타낸 것과 같이 Type-B인 전면부보다도 Type-C인 후면부의 강도가 큰 것에 기인한다고 판단된다.

Fig. 14에는 시험 전과 후의 시험편의 파단 양상을 나타낸다.

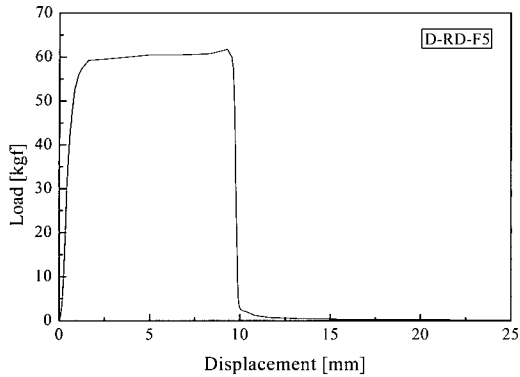
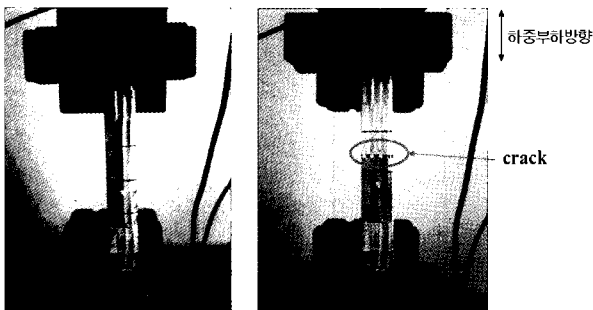


Fig. 13 Load-displacement curve of Type-D



(a) Before test (b) After test

Fig. 14 Photographs of fracture by tensile test of Type-D specimen

(5) Type-E 시험편

Type-E 시험편은 플레이트 타입 열교환 소자로부터 절단하여 만든 시험편이다. 실물의 형상으로부터 절취하여 시험편을 제작하였다. 타원형의 요철부 형상이 시험편 내에 3x3의 형태로 들어가도록 임의로 구성하여 제작하였다. Fig. 15에는 Type-E 시험편의 치수 및 형상을 각각 나타낸다. Fig. 15(a)와 (b)는 동일한 치수 및 형상을 가진 시험편으로서, 그림과 같이 하중부하 방향에 대해 지그에 거치된 시험편 요철부 형상의 위치가 각각 다른 경우이다.

Fig. 15(a) 및 (b)와 같은 형상을 가진 시험편을 인장시험한 대표적인 하중-변위 선도를 Fig. 16(a) 및 (b)에 각각 나타낸다. 단, 시험편은 실물 제품으로부터 제작하였기 때문에 요철부가 들어간 부분의 정확한 단면적을 구할 수 없어서 그림 19에는 부하

하중과 변위의 관계를 나타내었다. 총 10개씩의 시험편을 인장시험 하였다.

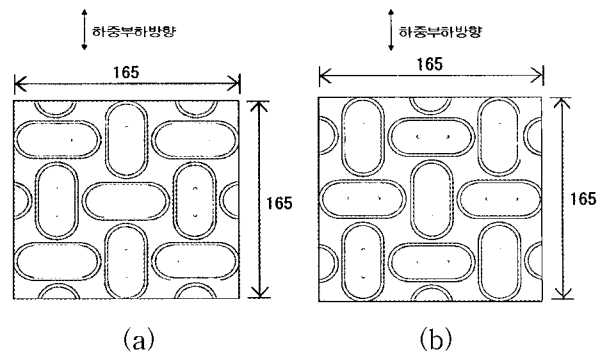
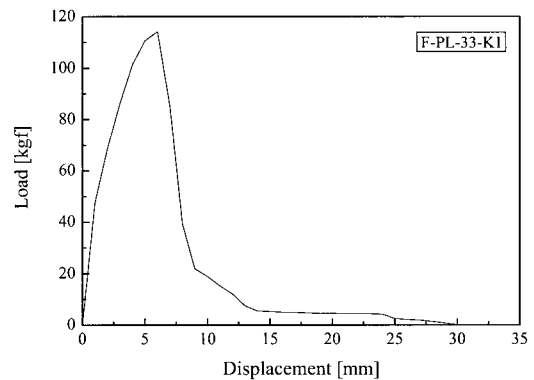
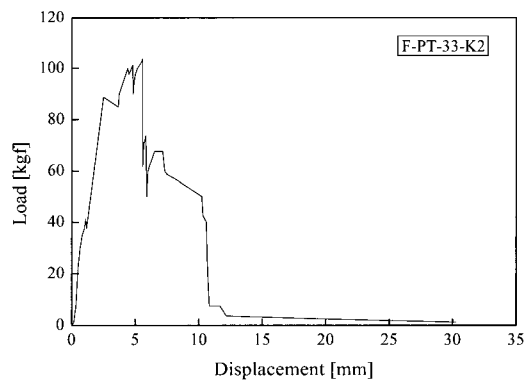


Fig. 15 Schematic of rotor type heat exchanger element Type-E specimen (unit: mm)



(a) Case of Fig. 15(a)



(b) Case of Fig. 15(b)

Fig. 16 Load-displacement curve of Type-E

Fig. 15(a)의 경우, 인장하중은 99.86~114.25 kgf, 변위는 30.21~33.77 mm 정도의 값을 나타내었다. 또한 Fig. 15(b)의 경우, 인장하중은 104.2~109.5 kgf, 변위는 30.25~32.89 mm 정도의 값을 나타내었다. 두타입 모두 최대인장하중을 나타낸 후 급격한 하중의저하를 나타내었다. 그러나 즉시 파단으로

이어지지 는 않고 어느 정도 소성변형을 하고 있는 것으로 나타났다. 이것은 두 타입 모두 하중이 가해지면 요철부가 하중 부하방향으로 일단 퍼지면서 부하하중에 견디다가 Tap결합부 혹은 그 부근의 요철부 경계면에서 주로균열이 발생하여 급격한 하중의 저하를 가져오게 되고, 이후 소성변형을 수반하면서 파단하는 양상을 나타내었다. 그러므로 상기에 나타난 부하하중 정도는 무난히 견딜 수 있는 강도를 가졌다고 판단된다. 두 시험편의 경우를 비교하여 보면 인장하중과 변위에서 거의 차이가 발생하지 않고 있다. 따라서 폐열회수 PDC청정 환기시스템의 열교환 소자용 플레이트 타입에 사용되는 요철부의 형상은 어떤 방향으로 위치시켜도 무방한 것으로 판단된다.

Fig. 17 및 18에는 Fig. 15(a) 및 (b)시험편의 시험전과 후의 시험편의 파단 양상을 나타낸다.

(6) Type-F 시험편

Type-F 시험편은 로터 타입 열교환 소자로부터 절단하여 만든 시험편으로서 Type-D 시험편을 블록 단위로 절단한 것이다. 실물 제품으로부터 200×200 mm의 시험편을 제작하였다. 2종류의 Type-F 시험편의 형상을 Fig. 19(a) 및 20(a)에 각각 나타낸다.

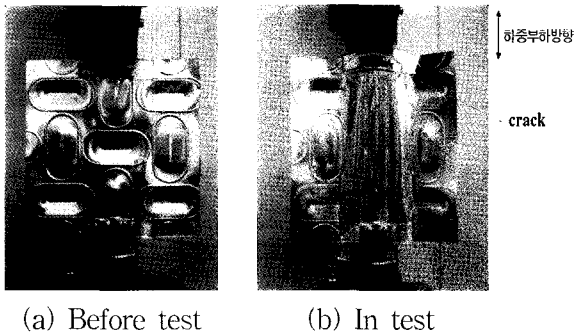


Fig. 17 Photographs of fracture by tensile test of Type-E specimen (Fig.15(a))

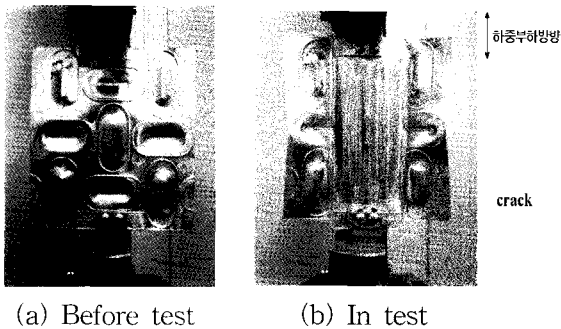


Fig. 18 Photographs of fracture by tensile test of Type-E specimen (Fig.15(b))

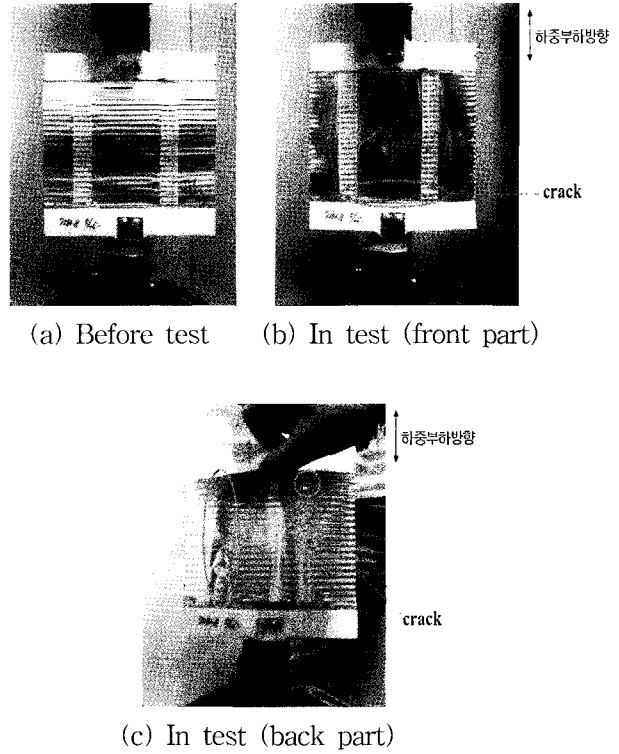
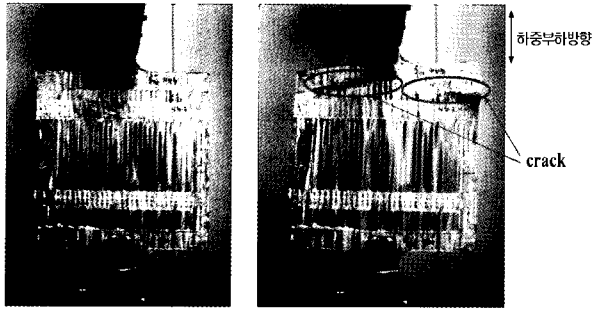


Fig. 19 Photographs of fracture by tensile test of Type-F specimen

Fig. 19(a) 및 20(a)는 동일한 치수 및 형상을 가진 시험편으로서, 그림과 같이 하중부하 방향에 대해 시험편을 거치한 위치가 각각 다른 경우이다.

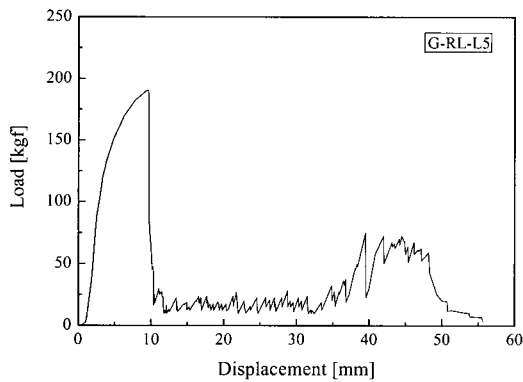
Fig. 19(a) 및 20(a)와 같은 형상을 가진 시험편을 인장시험한 대표적인 하중-변위 선도를 Fig. 21(a) 및 (b)에 각각 나타낸다. 단, 시험편은 실물 제품으로부터 절취하여 제작하였기 때문에 요철부가 들어간 부분의 정확한 단면적을 구할 수 없어서 그림 21에는 부하하중과 변위의 관계를 나타내었다. 총 10 개씩의 시험편을 인장시험 하였다.

Fig. 19와 같은 형상의 시험편에서는 하중부하방향에 대해 수직방향으로 전면부(Fig. 6의 Type-B 형상)가 먼저 균열이 발생하여 파단된 후, 후면부(Fig. 9의 Type-C 형상)에서 균열이 발생하였다. 전면부에 발생한 균열은 앞서 언급한 것처럼 후면부와의 접합을 위하여 집착제를 도포한 부분에서 먼저 균열이 발생하여 균열이 진전하고 완전 파단에 도달하였다. 특히 후면부의 균열발생 위치는 전면부와 접합한 부분으로서 후면부의 물결모양의 엠보싱 요철부가 하중부하 방향으로 퍼진 후 하중부하 방향으로 원형의 형태로 점차 확대되면서 찢겨져 나갔다.

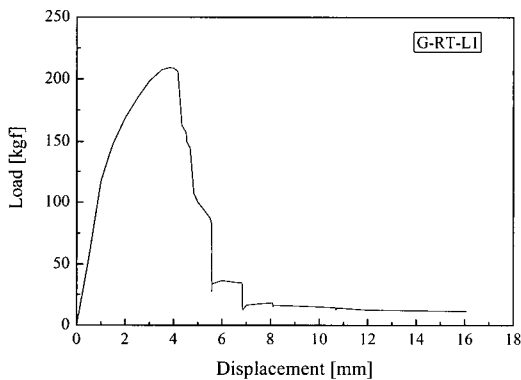


(a) Before test (b) After test

Fig. 20 Photographs of fracture by tensile test of Type-F specimen



(a) Case of Fig. 19(a)



(b) Case of Fig. 20(a)

Fig. 21 Load-displacement curve of Type-F

Fig. 21(a)의 하중-변위 선도에서도 나타나듯이 변위 증가에 따른 하중변화가 민감하게 나타난 것 으로부터 확인할 수 있다. Fig. 21(a)에서는 최대인 장하중까지는 하중의 변화가 매끄럽게 나타나고 있 고, 이 최대인장하중은 전면부의 저항이며 이후 전 면부에 균열이 발생함으로써 하중이 급격히 저하하 였다. 이후 하중의 변화가 불규칙하게 나타나고 있 는데 이는 후면부에서의 요철부가 늘어난 후 균열

발생이 반복적으로 나타나기 때문에 위에서 언급한 양상과 같은 거동을 나타내었다. Fig. 20의 경우, Fig. 19의 결과와 유사한 양상을 나타내었다. Fig. 20과 같은 방향의 시험편의 최대하중이 Fig. 19 방 향의 시험편보다도 미미하지만 조금 높게 나타나 고, 반면 변위는 작게 나타났다. 이는 Fig. 20의 경 우 접합부가 아닌 Tap을 부착한 부분에서 먼저 균 열이 발생한 것으로 보아 접합부의 연속되는 방향 보다는 수직방향으로 강도는 다소 높지만 연성이 다소 떨어지는 것으로 판단된다. Fig. 19(b), (c) 및 Fig. 20(a), (b)에는 시험편의 시험전과 후의 시험편 의 파단양상을 각각 나타낸다.

#### 4. 결 론

대용량 폐열회수 PDC청정 환기시스템에 사용되 는플레이트 및 로터 타입의 열교환 소자에 대한 재 료특성을 파악하고자 기계적 성질을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 두께 0.15 mm의 플레이트 타입의 경도는 평균 30.9 Hv를 나타내었고, 두께 0.08 mm의 로터 타입 의경도는 평균 45.6 Hv를 나타내었다.

2) 플레이트 타입 열교환 소자의 인장강도는 10.11~14.32 kgf/mm<sup>2</sup>, 연신율은 8.0~16.2 % 정도 로 나타났다.

3) 엠보싱 요철부를 갖는 플레이트 타입 열교환 소자용 Al 박판의 강도를 조사한 결과 하중부하 방 향에 대한 각인된 엠보싱 요철 형상이 놓여 진 위치 에는 관계없이 비슷한 강도를 유지하고 있었고 최 대인장하중 후 급격한 하중의 저하가 발생하였지만 바로 완전 파단에는 이르지 않고 어느 정도의 소성 변형 능력을갖추고 있는 것으로 나타났다. 로터 타 입의 경우도 플레이트 타입과 유사한 파괴거동을 나타내었다.

4) 실물 시험에서 시험편에서의 균열의 발생 위치 가 대부분 전면부와 후면부를 연결하기 위하여 접 합시킨 부분에서 발생하였고, 이는 사용된 접착제가 고형화되면서 굳어진 부분이 다소 취성화되어졌기 때문으로 판단된다. 그러므로 이 부분이 경년열화가 된다면 균열 등 파괴의 기점으로 되기 쉬울 것으로 판단된다.

폐열회수 환기시스템용 열교환 소자의 소재에 대 해이상과 같은 기계적 특성치를 이용함으로써 전량 수입에 의존하고 있는 열교환 소자의 국산화에 일



조할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나, 금후 상기의 소재를 폐열회수 환기시스템용 열교환 소자의 소재로서 이용할 경우 열, 습기, 온도차 등의 환경적인 요인도 고려한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 2006~2009년 지역산업기술개발사업(중점기술개발사업: 70000623)의 연구 결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. <http://www.t0000.co.kr>
2. Matsunaga Y., 2004, "熱交換機(プレート型)", 建築設備と配管工事, Vol. 42, No. 7, pp. 57~59
3. Sugiyama Y., 2004, "全熱交換機(静止形)", 建築設備と配管工事, Vol. 42, No. 12, pp. 75~79.
4. Murata T., 2004, "回轉形全熱交換機", 建築設備と配管工事, Vol. 42, No. 13, pp. 78~83.
5. Okano K., 2001, "全熱交換機", 建築設備と配管工事, Vol. 39, No. 13, pp. 46~48.
6. Okano K., 2006, 新版·第6版冷凍空調便覽 II 卷機器編, 2·3全熱交換機, pp. 59~62.
7. 최준영, 2007, "폐열회수용 환기장치의 국제 규격화", 설비기술, pp. 82~89.
8. 최준영, 2005, "폐열회수 환기장치의 성능평가", 대한설비공학회, 설비저널, Vol. 34, No. 1, pp. 28~36.
9. <http://www.ads-network.co.jp>
10. [www.mew.co.jp](http://www.mew.co.jp)
11. <http://biz.national.jp>
12. [imagawa-k.jp](http://imagawa-k.jp)
13. <http://www.vsystem.co.kr>
14. KS B 6879-2003, 폐열회수형 환기장치
15. KARSE B0030-2003, 폐열회수형 환기유닛, (사)한국설비기술협회규격
16. JIS B8628 - 2003, 全熱交換機 解説
17. 서무교, 박재홍, 김영수, 2001, "판각형 열교환기 성능해석에 관한 연구", 한국동력기계공학회지, Vol. 5, No. 1, pp. 35~43.
18. Annual Book of ASTM Atandards, 1997.