

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2020-0001891
(43) 공개일자 2020년01월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B05D 7/14 (2006.01) B05D 3/02 (2006.01)
B05D 5/08 (2006.01) B05D 7/22 (2006.01)
C09D 127/12 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B05D 7/146 (2013.01)
B05D 3/0272 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0074987

(22) 출원일자 2018년06월28일

심사청구일자 2018년06월28일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

두산중공업 주식회사

경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22 (귀곡동)

(72) 발명자

김태우

경기도 용인시 처인구 모현읍 외대로54번길 30-46, 타운하우스 베네치아 41호

황석환

경기도 용인시 수지구 신봉1로48번길 32, 304동 1404호(신봉동, 서흥마을 한화 꿈에그린)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 정안

전체 청구항 수 : 총 11 항

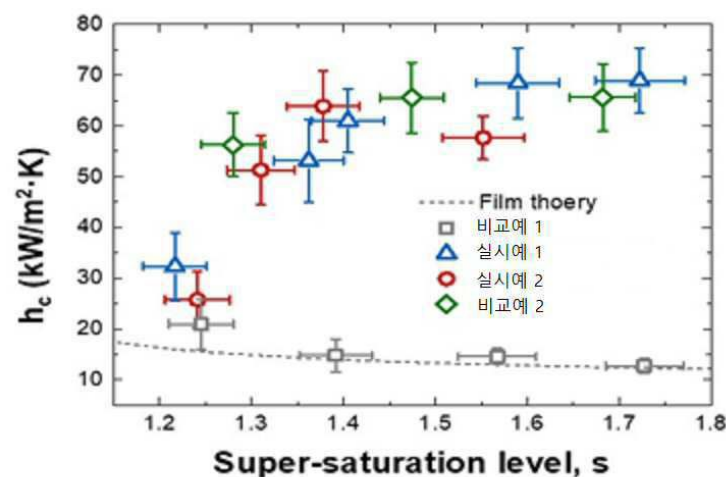
(54) 발명의 명칭 전열성능이 향상된 전열관 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 전열성능이 향상된 전열관 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전열관 표면에 발수코팅을 생성하여 응축수의 제거가 용이하고 열전달 성능이 향상된 전열관 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명에 의하면, 전열관의 표면은 응축수의 거동이 액적형으로 변화되어 응축수의 제거가 용이하게 일어나 전열성능이 향상된다. 또한, 본 발명은 전열관의 표면에 1 μ m 미만의 두께로 테프론 코팅을 할 수 있어 코팅이 열저항으로 작용하지 않고 코팅의 내구성도 향상된다.

대표도 - 도11



(52) CPC특허분류

B05D 5/083 (2013.01)

B05D 7/222 (2013.01)

C09D 127/12 (2013.01)

B05D 2202/25 (2013.01)

B05D 2202/35 (2013.01)

B05D 2202/45 (2013.01)

B05D 2506/10 (2013.01)

(72) 발명자

서동현

경기도 화성시 영통로27번길 53, 204동 1701호 (반월동)

심재환

경기도 성남시 분당구 불정로 361, 505동 703호 (서현동, 효자촌삼환아파트)

오승태

경기도 화성시 동탄반석로 71, 446동 2002호 (반송동, 솔빛마을쌍용예가아파트)

송경환

서울특별시 도봉구 노해로63가길 7, 9동 103호 (창동, 상아2차아파트)

남영석

서울특별시 송파구 새말로8길 12, 101동 904호 (문정동, 건영아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

불소계 수지 0.1 내지 1 중량부 및 용매 100중량부를 혼합한 코팅액을 제조하는 단계; 및
전열관의 표면에 상기 코팅액을 이용하여 코팅층을 형성하는 단계;
를 포함하는 전열성능이 향상된 전열관의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 불소계 수지는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌 공중합체(FEP), 폴리클로로트리플루오로에틸렌(PCTFE), 폴리트리클로로플루오로에틸렌, 폴리불화비닐리덴(PVDF), 폴리불화비닐(PVF), 에틸렌-테트라플루오로에틸렌 공중합체(ETRE), 에틸렌-클로로트리플루오로에틸렌 공중합체(ECTRE), 및 테트라플루오로에틸렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(PFA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 전열성능이 향상된 전열관의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 용매는 퍼플루오로카본인 전열성능이 향상된 전열관의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 퍼플루오로카본은 FC-40, FC-43, FC-77 및 이의 혼합물에서 선택되는 전열성능이 향상된 전열관의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 코팅액을 제조하는 단계는

불소계 수지 0.1 내지 1 중량부 및 용매 100중량부를 혼합하는 단계;

상기 혼합물을 60 내지 100℃에서 12 내지 48시간 동안 100 내지 500rpm의 속도로 교반하여 1차 반응액을 제조하는 단계;

상기 1차 반응액에 접착 프로모터 0.5 내지 5 중량부를 첨가하여 2차 반응액을 제조하는 단계; 및

상기 2차 반응액을 300 내지 700rpm의 속도로 30 내지 90분 동안 교반하는 단계;

를 포함하는 전열성능이 향상된 전열관의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 접착 프로모터는 퍼플루오로알킬모노실란(Perfluoroalkyl monosilane), 2-하이드록시에틸 아크릴레이트(HEA) 또는 2-하이드록시에틸 메트아크릴레이트(HEMA)인 전열성능이 향상된 전열관의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 코팅층을 형성하는 단계는 상기 코팅액을 전열관의 표면에 도포한 후 50 내지 300℃에서 열처리하는 것인

전열성능이 향상된 전열관의 제조방법.

청구항 8

제1항에 따른 제조 방법으로 제조된 전열성능이 향상된 전열관.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 전열관은 동관, 알루미늄, 티타늄 또는 스테인레스 강관인 전열성능이 향상된 전열관.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 코팅층은 전열관의 내면, 외면 또는 내외면에 형성되는 전열성능이 향상된 전열관.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 코팅층의 두께는 0.01 내지 10 μ m인 전열성능이 향상된 전열관.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전열성능이 향상된 전열관 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전열관 표면에 발수 코팅을 생성하여 응축수의 제거가 용이하고 열전달 성능이 향상된 전열관 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 원자력 발전소나 화력발전소에서는 우라늄, 석유, 석탄 등을 연료로 하여 열을 발생하여, 이 열로 시스템을 순환하는 물을 가열하여 증기를 형성한다. 형성된 증기는, 터빈을 돌려 전기를 생산하고, 터빈을 통과한 증기는 응축기에서 냉각되어 다시 물로 변한다. 특히, 증기 순환 발전방식에서 응축 과정을 물로 냉각하는 수랭식은 많은 양의 냉각수를 필요로 하므로, 응축기에 사용하는 냉각수로 해수를 사용한다. 따라서 냉각수로 사용되는 해수를 원활하게 공급 및 배출하기 위하여, 해안 가까이 설치되는 것이 일반적이다.

[0003] 응축기는 다른 표현으로 복수기라고 표현되며, 복수기(復水器)라는 한자를 풀이하면 증기를 물로 다시 되돌려주는 그릇으로, 해수를 응축기 전열관에 지속적으로 흐르게 하여, 응축기 내벽의 온도를 지속적으로 내려준다. 그러면 밸브를 통해서 나와 터빈을 돌린 수증기가 바로 응축기 내벽에 부딪히고 그 순간 수증기는 식혀져서 물로 되돌아가는 복수(復水)가 되고, 복수를 다시 보일러 파이프로 돌려보내 500도 내외의 물을 만들어 밸브를 통하여 터빈을 통과시킨다.

[0004] 보일러에서는 지속적으로 뜨거운 물이 과포화 증기가 되어 밸브를 통하여 터빈으로 뿜어져 나오고 복수기 안에서는 증기가 급냉(急冷)이 되어 물로 되돌아 가는 과정이 지속적으로 반복된다.

[0005] 터빈을 돌린 수증기는 응축기 내벽에 접촉함으로써 인해, 식어서 물로 되돌아가며, 이때, 응축기 내벽에 접촉하는 양을 늘리기 위해, 다수의 전열관으로 구성되어 접촉 면적을 늘린다.

[0006] 전열관은 응축과 증발현상을 반복하면서 관의 내외를 흐르는 유체 사이에 열교환을 한다. 즉, 전열관은 증발기와 응축기에 구비되어 냉매가 순환되도록 구성되는데, 증발기에서 냉매가 증발하면서 냉수와 열교환이 이루어지면서 그 표면에는 비등(boiling) 열전달 현상이 일어난다. 이렇게 증발기에서 증발한 냉매는 응축기에서 냉각수와 열교환하여 응축이 되며, 이때 응축 열전달 현상이 발생된다.

[0007] 전열면에서 발생하는 증기의 표면 응축은 액적형 응축(dropwise condensation)과 액막형 응축(filmwise condensation)으로 나눌 수 있으며, 액적형 응축의 경우가 액막형에 비해 훨씬 큰 전열성능을 보이는데, 이는 액막형 응축이 나타나면 전열관 표면은 응축수로 덮이게 되고 열저항으로 작용하여 열전달 성능을 감소시키기 때문이다.

[0008] 응축기는 관 외부에서 응축에 의한 부식, 응축된 유체의 표면 잔류에 의해 발생하는 부식 등이 일어나는 문제가 있다. 마찬가지로, 발전소에서 사용되는 열 교환기(heat exchanger)의 경우에도, 전열관을 교차하여 통과하는

유로 간에 열 교환시 관 외부에서 응축에 의한 부식, 응축된 유체의 표면 잔류에 의해 발생하는 부식 등이 일어나는 문제가 발생할 수 있다.

- [0009] 따라서, 응축되는 증기를 액적형으로 하여 전열성능을 증가시킬 수 있는 코팅액의 개발이 시급한 실정이다.
- [0010] 한편, 테프론은 불소와 탄소의 강력한 화학적 결합으로 인해 매우 안정된 화합물을 형성함으로써 거의 완벽한 화학적 비활성 및 내열성, 내마모성, 비점착성, 우수한 절연 안정성, 낮은 마찰계수 등의 특성들을 가지고 있다.
- [0011] 이러한 테프론을 이용한 코팅은 많은 산업분야에서 응용되고 있는데, 그 사용범위는 일반 주방용기에서부터 기계·자동차·반도체·우주 항공산업 부품에 이르기까지 매우 다양하다.
- [0012] 그러나, 테프론을 기존 방법으로 전열관에 코팅할 경우 코팅의 두께가 두꺼워 열저항으로 작용하며, 얇게 코팅할 경우 코팅층의 균열이 발생하여 적용이 불가능한 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) 대한민국특허청 등록특허공보 제10-1080725호(2011.11.07 공고)
- (특허문헌 0002) 대한민국특허청 등록특허공보 제10-1516159호(2015.05.04 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 이에 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 응축기 전열관 표면에 발수 코팅을 생성하여 응축수의 제거가 용이하고 열전달 성능이 향상된 전열관의 제조방법을 제공하고자 한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 제조방법으로 제조된 전열성능이 향상된 전열관을 제공하고자 한다.
- [0016] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명 및 청구 범위에 의해 보다 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기와 같은 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명은, 불소계 수지 0.1 내지 1 중량부 및 용매 100중량부를 혼합한 코팅액을 제조하는 단계; 및 전열관의 표면에 상기 코팅액을 이용하여 코팅층을 형성하는 단계;를 포함하는 전열성능이 향상된 전열관의 제조방법을 제공한다.
- [0018] 또한, 본 발명은 상기 제조 방법으로 제조된 전열성능이 향상된 전열관을 제공한다.
- [0019] 본 발명의 일 구체예에 따르면 상기 불소계 수지는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌 공중합체(FEP), 폴리클로로트리플루오로에틸렌(PCTFE), 폴리트리클로로플루오로에틸렌, 폴리불화비닐리덴(PVDF), 폴리불화비닐(PVF), 에틸렌-테트라플루오로에틸렌 공중합체(ETRE), 에틸렌-클로로트리플루오로에틸렌 공중합체(ECTRE), 및 테트라플루오로에틸렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(PFA)로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 다른 구체예에 따르면 상기 용매는 퍼플루오로카본일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 다른 구체예에 따르면 상기 퍼플루오로카본은 FC-40, FC-43, FC-77 및 이의 혼합물에서 선택될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 구체예에 따르면 상기 코팅액을 제조하는 단계는 불소계 수지 0.1 내지 1 중량부 및 용매 100중량부를 혼합하는 단계; 상기 혼합물을 60 내지 100℃에서 12 내지 48시간 동안 100 내지 500rpm의 속도로 교반하여 1차 반응액을 제조하는 단계; 상기 1차 반응액에 접착 프로모터 0.5 내지 5 중량부를 첨가하여 2차 반응액을 제조하는 단계; 및 상기 2차 반응액을 300 내지 700rpm의 속도로 30 내지 90분 동안 교반하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 구체예에 따르면 상기 접착 프로모터는 퍼플루오로알킬모노실란(Perfluoroalkyl monosilane),

2-하이드록시에틸 아크릴레이트(HEA) 또는 2-하이드록시에틸 메트아크릴레이트(HEMA)일 수 있다.

- [0024] 본 발명의 다른 구체예에 따르면 상기 코팅층을 형성하는 단계는 상기 코팅액을 전열관의 표면에 도포한 후 50 내지 300℃에서 열처리하는 것일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 다른 구체예에 따르면 상기 전열관은 동관, 알루미늄, 티타늄 또는 스테인레스 강관일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 구체예에 따르면 상기 코팅층은 전열관의 내면, 외면 또는 내외면에 형성될 수 있다.
- [0027] 본 발명의 다른 구체예에 따르면 상기 코팅층의 두께는 0.01 내지 10 μ m일 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명은 표면에 발수 코팅이 형성된 전열관 및 이의 제조 방법으로, 전열관의 표면은 응축수의 거동이 액적형으로 변화되어 응축수의 제거가 용이하게 일어나 전열성능이 향상된다.
- [0029] 또한, 본 발명은 전열관의 표면에 1 μ m 미만의 두께로 테프론 코팅을 할 수 있어 코팅이 열저항으로 작용하지 않고 코팅의 내구성도 향상된다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 비교예 2에 따라 제조된 전열관의 열적 안정성 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 전열관의 열적 안정성 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 2에 따라 제조된 전열관의 열적 안정성 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 비교예 2에 따라 제조된 전열관의 액정 충돌 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 전열관의 액정 충돌 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예 2에 따라 제조된 전열관의 액정 충돌 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 비교예 2에 따라 제조된 전열관의 마찰 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 전열관의 마찰 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 실시예 2에 따라 제조된 전열관의 마찰 실험에서 접촉각을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 10은 본 발명의 실시예 및 비교예에 따라 제조된 전열관의 열 유속을 측정한 결과 그래프이다.
- 도 11은 본 발명의 실시예 및 비교예에 따라 제조된 전열관의 열전달계수를 측정한 결과 그래프이다.
- 도 12는 본 발명의 실시예 및 비교예에 따라 제조된 전열관의 열전달계수를 측정한 실험장치이다.
- 도 13은 본 발명의 실시예 및 비교예 1에 따라 제조된 전열관의 응축 거동을 1.2의 응축 레벨(s)에서 촬영한 사진이다.
- 도 14는 본 발명의 실시예 및 비교예 1에 따라 제조된 전열관의 응축 거동을 1.6의 응축 레벨(s)에서 촬영한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0032] 또한, 도면에서 각 층의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 가정된 것이며, 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0033] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는

(comprising)"은 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다.

- [0034] 본 발명은 불소계 수지 0.1 내지 1 중량부 및 용매 100중량부를 혼합한 코팅액을 제조하는 단계; 및 전열관의 표면에 상기 코팅액을 이용하여 코팅층을 형성하는 단계;를 포함하는 전열성능이 향상된 전열관의 제조방법에 관한 것이다.
- [0035] 본 발명에 사용되는 불소계 수지는 탄소-불소 결합을 갖는 수지이며, 상기 불소계 수지의 예로는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌 공중합체(FEP), 폴리클로로트리플루오로에틸렌(PCTFE), 폴리트리클로로플루오로에틸렌, 폴리불화비닐리덴(PVDF), 폴리불화비닐(PVF), 에틸렌-테트라플루오로에틸렌 공중합체(ETRE), 에틸렌-클로로트리플루오로에틸렌 공중합체(ECTRE), 및 테트라플루오로에틸렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(PFA)를 들 수 있으며, 이들 화합물 중, PTFE가 가공시의 내열성의 관점에서 바람직하다.
- [0036] 상기 불소계 수지는 용매 100중량부에 대하여 0.1 내지 1 중량부로 코팅액에 포함될 수 있는데 0.1 중량부 미만으로 포함되면 코팅층이 발수 표면을 형성하지 않아 전열성능 향상 효과가 없고 1 중량부를 초과하여 포함되어도 발수성(접촉각 값)은 증가하지 않는 반면 코팅막의 두께가 두꺼워져 열저항으로 작용하며 전열성능이 감소된다.
- [0037] 본 발명의 용매는 불소계 수지를 분산시키고 코팅액의 점도를 조절하기 위한 용도로 사용된다. 예를 들어, 아세톤, 메틸에틸케톤, 헥산, 헵탄, 옥탄, 2-헵탄온, 시클로헵탄온, 시클로헥산온, 시클로헥산, 메틸시클로헥산, 에틸시클로헥산, 메틸-n-펜틸케톤, 메틸이소부틸케톤, 메틸이소펜틸케톤, 에틸렌글리콜, 디에틸렌글리콜, 프로필렌글리콜, 디프로필렌글리콜, 에틸렌글리콜모노아세테이트, 에틸렌글리콜모노메틸에테르아세테이트, 에틸렌글리콜모노에틸에테르아세테이트, 디에틸렌글리콜모노아세테이트, 디에틸렌글리콜디에틸에테르, 프로필렌글리콜모노아세테이트, 디프로필렌글리콜모노아세테이트, 프로필렌글리콜디아세테이트, 프로필렌글리콜모노메틸에테르, 프로필렌글리콜모노메틸에테르아세테이트, 2-히드록시에틸아크릴레이트, 테트라히드로푸릴아크릴레이트, 4-비닐피리딘, 2-에틸헥실아크릴레이트, 2-히드록시에틸메타크릴레이트, 히드록시프로필메타크릴레이트, 글리시딜메타크릴레이트, 오-펜틸글리콜디아크릴레이트, 헥산디올디아크릴레이트, 트리메틸올프로판트리아크릴레이트, 메타크릴레이트, 메틸메타크릴레이트, 스티렌, 퍼플루오로카본, 하이드로플루오로에테르, 하이드로클로로플루오로카본, 하이드로플루오로카본, 퍼플루오로폴리에테르, 디메틸이미다졸린, 테트라히드로푸란, 피리딘, 포름아미드, 아세트아닐리드, 디옥솔란, o-크레졸, m-크레졸, p-크레졸, 페놀 및 각종 실리콘 오일로 이루어진 군으로부터 선택되는 유기용매를 단독으로 사용하거나 또는 이들 중에서 2종 이상의 혼합물을 사용할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 일 구체예에서 상기 용매는 퍼플루오로카본일 수 있으며, 바람직하게는 3M사의 FC40, FC43, FC77 또는 이들 중 2이상의 혼합물이다.
- [0039] 본 발명의 다른 구체예에서 상기 코팅액을 제조하는 단계는 불소계 수지 0.1 내지 1 중량부 및 용매 100중량부를 혼합하는 단계; 상기 혼합물을 60 내지 100℃에서 12 내지 48시간 동안 100 내지 500rpm의 속도로 교반하여 1차 반응액을 제조하는 단계; 상기 1차 반응액에 접착 프로모터 0.5 내지 5 중량부를 첨가하여 2차 반응액을 제조하는 단계; 및 상기 2차 반응액을 300 내지 700rpm의 속도로 30 내지 90분 동안 교반하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0040] 본 발명에서 상기 접착 프로모터는 코팅액과 전열관의 결합을 증강시키기 위해 사용되며, 예를 들어 퍼플루오로알킬모노실란(Perfluoroalkyl monosilane), 2-하이드록시에틸 아크릴레이트(HEA) 또는 2-하이드록시에틸 메트아크릴레이트(HEMA)일 수 있다.
- [0041] 상기 접착 프로모터는 0.5 내지 5 중량부로 코팅액에 첨가될 수 있는데 0.5 중량부 미만으로 포함되면 접착력의 감소로 코팅층의 밀착력이 저하되어 균일한 코팅층의 형성이 어렵고 5 중량부를 초과하여 포함되면 공기중의 습기에 영향을 받아 표면이 쉽게 오염될 수 있다.
- [0042] 이렇게 제조된 코팅액을 전열관의 표면에 도포하여 코팅층을 형성한다. 이때 도포 방식은 당업계에서 알려진 도포 방법, 예를 들면 롤 코팅, 그라비아 코팅, 침지 코팅, 스핀 코팅, 회전 코팅, 스프레이 코팅, 메니스커스 코팅, 스펙 코팅, 브러시 코팅, 에어나이프 코팅 등을 적절히 선정하여 적용할 수 있다.
- [0043] 따라서, 전열면에 발수 코팅층이 형성됨으로써, 전열성능을 향상시킬 수 있다. 열교환기의 전열면에서는 액적형 응축(dropwise condensation) 또는 액막형 응축(filmwise condensation) 현상이 일어나게 되는데, 본 발명에서는 액적형 응축이 발생하게 된다. 이러한 액적형 응축은 액막형 응축에 비해, 응축수에 의한 열저항을 최소화하

기 때문에 전열성능을 크게 향상시킬 수 있다.

[0044] 본 발명의 다른 구체예에서 상기 코팅층을 형성하는 단계는 상기 코팅액을 전열관의 표면에 도포한 후 50 내지 300℃에서 열처리하는 것일 수 있다.

[0045] 상기 열처리는 전열관의 표면에 형성된 코팅층의 전체적인 균일도 향상과 두께 균일도 유지를 위한 단계이다. 상기 열처리를 통해서 전열면에 도포된 코팅액 중 용매는 휘발하고 불소계 수지는 경화되어 견고한 코팅층을 형성할 수 있다. 열처리 시간은 내구성 향상을 위하여 1 시간 이상 하는 것이 바람직하다.

[0046] 본 발명의 전열관은 금속 소재로 제작된 전열관이라면 어느 것이나 가능하며, 상기 금속 소재는, 알루미늄, 스테인리스 강, 구리 및 티타늄 등을 포함하다.

[0047] 따라서, 본 발명에 의하면 두께가 0.01 내지 10μm인 테프론 코팅층을 전열관의 내면, 외면 또는 내외면에 형성할 수 있기 때문에 전열성능이 향상된 전열관을 제조할 수 있다.

[0048] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 실시적으로 설명하기 위한 것으로서, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에 있어서 자명할 것이다.

[0050] 실시예 1: 표면에 0.25 중량% 테프론 코팅층이 형성된 전열관

[0051] 테프론 수지(듀폰 사) 0.25g과 FC-40(3M사) 100g을 혼합한 후, 혼합된 용액을 300rpm, 80℃의 조건에서 24시간 동안 교반하였다. 상기 용액에 퍼플루오로알킬모노실란(Perfluoroalkyl monosilane) 1g을 첨가하고 500rpm의 조건에서 1시간 동안 교반하여 코팅액을 제조하였다.

[0052] 코팅액을 티타늄 재질의 전열관에 도포한 후 100℃오븐에서 3시간 동안 어닐링(annealing)하여 발수 코팅층이 형성된 전열관을 제조하였다.

[0054] 실시예 2: 표면에 0.75 중량% 테프론 코팅층이 형성된 전열관

[0055] 테프론 수지(듀폰 사) 0.75g과 FC-40(3M사) 100g을 사용한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 조건으로 제조하였다.

[0057] 비교예 1: 코팅층이 형성되지 않은 전열관

[0058] 실시예 1에 사용된 전열관을 표면 개질하지 않고 비교예 1로 사용하였다.

[0060] 비교예 2: HDFS 코팅층이 형성된 전열관

[0061] HDFS (Heptadeca-fluoro-1,1,2,2,2 tetrahydrodecyl trichlorosilane) 및 n-헥산을 1:1000의 비율로 혼합하여 제조한 코팅액을 사용한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 조건으로 제조하였다.

[0063] 실험예 1: 코팅층의 열적 안정성

[0064] 실시예 1, 2 및 비교예 2에 따라 제조된 전열관 코팅층의 열적 안정성을 확인하기 위해, 접촉각 측정기(Smartdrop, FEMTOFAB)를 이용하여 접촉각을 측정하였고, 그 결과를 도 1 내지 도 3에 나타내었다.

[0065] 열적 안정성 실험은 전열관 표면을 100℃스팀에 지속 노출시켜 표면 온도를 40℃로 한 후 14의 응축 레벨(Supersaturation level, s)에서 접촉각을 측정해본 결과이다.

[0066] $s(\text{응축 레벨}) = P_v(\text{증기압}) / P_s(\text{포화압})$

[0067] 접촉각은 물방울 적하 30초 후의 접촉각을 정지 접촉각(Static CA), 물방울의 물의 추가에 따라 액적의 계면이 전진할 때의 접촉각을 전진 접촉각(Advancing CA), 물의 감소에 따라 액적의 계면이 후진할 때의 접촉각을 후진

접촉각(Receding CA)으로 정의하고, 각각 측정했다.

[0068] 도 1 내지 도 3에 나타난 바와 같이, 비교예 2의 HDFS 코팅의 후진 접촉각은 24시간만에 급격히 감소 후 144시간이 지난 후 10° 까지 감소한 것에 반해 실시예 1, 2의 테프론 코팅은 288시간이 지난 후에야 20° 까지 감소한 것을 확인할 수 있었고 테프론 함량에 따른 차이는 크지 않았다. 따라서 열적 안정성 실험 결과 테프론 코팅이 HDFS 코팅 대비 우수함을 확인할 수 있었다.

[0070] 실험예 2: 코팅층의 물리적 안정성 (액적 충돌 실험)

[0071] 실시예 1, 2 및 비교예 2에 따라 제조된 전열관 코팅층의 물리적 안정성을 확인하기 위해, 접촉각 측정기(Smartdrop, FEMTOFAB)를 이용하여 접촉각을 측정하였고, 그 결과를 도 4 내지 도 6에 나타내었다.

[0072] 액적 충돌 실험은 복수기 내에서 응축수가 전열관 표면에 물리적 손상을 가하는 현상을 묘사한 실험으로서, 0.03g(d:3.85mm)의 액적을 30cm의 높이에서 전열관 표면에 지속 충돌한 후 접촉각을 측정해본 결과이다.

[0073] 도 4 내지 도 6에 나타난 바와 같이, 비교예 2의 HDFS 코팅의 후진 접촉각은 급격히 감소한 것에 반해 실시예 1, 2의 테프론 코팅은 비교예 2의 HDFS 코팅보다 높은 물리적 안정성을 보였으며 테프론 함량이 증가할수록 더 높은 안정성을 나타내었다. 따라서 액적 충돌 실험 결과 테프론 코팅이 HDFS 코팅 대비 우수함을 확인할 수 있었다.

[0075] 실험예 3: 코팅층의 물리적 안정성 (마찰 실험)

[0076] 실시예 1, 2 및 비교예 2에 따라 제조된 전열관 코팅층의 물리적 안정성을 확인하기 위해, 접촉각 측정기(Smartdrop, FEMTOFAB)를 이용하여 접촉각을 측정하였고, 그 결과를 도 7 내지 도 9에 나타내었다.

[0077] 마찰 실험은 복수기 제작 및 수리 시 작업자에 의해 코팅층 표면이 손상되는 현상을 묘사한 실험으로서, 500g의 무게 및 30rpm의 속도로 폴리싱용 연마천을 전열관 표면에 지속적으로 마찰시킨 후 접촉각을 측정해본 결과이다.

[0078] 도 7 내지 도 9에 나타난 바와 같이, 비교예 2의 HDFS 코팅의 후진 접촉각은 급격히 감소한 것에 반해 실시예 1, 2의 테프론 코팅은 비교예 2의 HDFS 코팅보다 높은 물리적 안정성을 보였으며 테프론 함량이 증가할수록 더 높은 안정성을 나타내었다. 따라서 마찰 실험 결과 테프론 코팅이 HDFS 코팅 대비 우수함을 확인할 수 있었다.

[0080] 실험예 4: 전열관의 응축 열전달

[0081] 실시예 1, 2 및 비교예 1, 2에 따라 제조된 전열관의 전열 성능을 확인하기 위해, 열 유속(heat flux, q'') 및 열 전달계수(h_c)를 측정하였으며, 그 결과를 도 10 및 도 11에 나타내었다.

[0082] 대수평균온도차(LMTD)는 고온 유체와 저온 유체가 서로 반대 방향에서 주입되고 반대쪽에서 배출되는 열교환 방식인 대향류의 경우, 저온 유체가 열교환기를 통과하기 전의 온도를 tc_1 , 저온 유체가 열교환기를 통과한 후의 온도를 tc_2 , 고온 유체가 열교환기를 통과하기 전의 온도를 th_1 , 고온 유체가 열교환기를 통과한 후의 온도를 th_2 라고 하고, $d_1 = th_2 - tc_1$, $d_2 = th_1 - tc_2$ 라고 하였을 때, $(d_2 - d_1) / \ln(d_2 / d_1)$ 으로 표현되는 값이다.

[0083] 즉, 대수평균온도차는 냉매로 사용되는 저온 유체와, 냉매와 열교환되어 냉각되는 고온 유체의 간격으로 나타내어지는데, 동일한 대수평균온도차에서 단위 면적 당 열교환량인 열 유속이 크면, 해당 전열관은 열교환 성능이 우수하다는 것을 의미한다.

[0084] 도 10은 실시예 1, 2 및 비교예 1, 2에 따라 제조된 전열관의 대수평균온도차에 따른 열 유속을 측정해본 결과이다. 동일한 대수평균온도차에서 본 발명의 발수 코팅 된 전열관이 더 높은 열 유속 결과를 보였으며, 이는 동일 환경에서 열교환량이 더 활발함을 의미한다.

[0085] 열전달계수는 도 12와 같은 응축 열전달 실험 장비를 이용해 측정하였다. 스테인리스 재질의 사각 진공 챔버가 있고, 내부에 전열관이 연결된다. 정밀한 응축 열전달 계수를 측정하기 위해서는, 반드시 응축을 방해하는 불응축 가스(Non-condensable gas)를 제거해야 하기 때문에 진공 펌프를 이용해 챔버 내부를 0.5 Pa 이하로 만든다. 해당 진공도는 진공 챔버 왼쪽에 연결된 진공 압력계(Pressure sensor)를 통해 확인한다. 진공 챔버

오른쪽에 연결된 별도 스테인리스 원형 통을 이용해 0.5 Pa 이하의 진공도 환경이 만들어진 진공 챔버 내부로 뜨거운 스팀을 공급한다. 해당 스테인리스 원형 통에는 깨끗한 물을 넣고 히터를 이용해 물을 100도로 끓여서 위와 같은 스팀을 공급하였다. 이후에 진공 챔버 내부가 뜨거운 스팀 환경이 만들어지면, 진공 챔버 오른쪽에 연결된 항온수조 (Thermal bath)를 이용해 설정된 차가운 물 (25도)을 진공 챔버 내부에 연결되어 있는 전열관에 공급하였다. 해당 전열관은 전열관 연결 부위에 불필요한 응축을 막기 위해 단열재로 감싸있으며, 전열관의 입/출구 부분에 온도 측정 센서 (Thermocouple probe)를 연결해 항온수조로부터 공급된 물이 전열관을 통과할 때의 온도 변화를 측정하였다. 진공 챔버 왼쪽에 위치한 카메라 (CCD camera)를 이용해 전열관 외벽의 응축 거동을 관찰하고, 온도 센서로부터 측정된 온도값을 컴퓨터를 이용해 받아서 응축 열전달 계수를 최종 측정하였다.

[0086] 응축 열전달 계수는 다음과 같이 계산된다. 먼저 온도 측정 센서를 이용해 전열관 입/출구의 온도를 측정하고 이 값을 이용해 전열관으로 공급된 전체 에너지량을 계산한다.

[0087]
$$Q = \dot{m}C_p(T_{out} - T_{in})$$

[0088] 여기서, Q 는 전체 열전달량, $\dot{m}$ 는 전열관 내부로 흐르는 물의 유량, C_p 는 물의 정압 비열, T_{out} 은 전열관 출구 쪽의 물의 온도, 그리고 T_{in} 은 전열관 입구 쪽의 물의 온도를 의미한다.

[0089] 계산한 전체 열전달량을 이용해 전체 열전달 계수값 (Overall heat transfer coefficient) 값을 계산한다.

[0090]
$$\dot{m}C_p(T_{out} - T_{in}) = UAT_{LMTD}$$

[0091] 여기서, U 는 전체 열전달 계수값, A 는 전열관의 총면적, 그리고 T_{LMTD} 는 대수평균 온도차를 의미한다. T_{LMTD} 는 다음과 같이 계산된다.

[0092]
$$T_{LMTD} = \frac{(T_v - T_{in}) - (T_v - T_{out})}{\ln\left(\frac{T_v - T_{in}}{T_v - T_{out}}\right)}$$

[0093] 전열관의 열 유속 (heat flux) 값은 다음과 같다.

[0094]
$$q'' = \dot{m}C_p(T_{out} - T_{in}) / A$$

[0095] 계산한 전체 열전달 계수는 응축 열전달 계수 (Condensation heat transfer coefficient)와는 다르다. 전체 열전달 계수는 전열관 내부를 흐르는 물과 외부 스팀 사이의 열전달 계수값이다. 이 값에 전열관 내부를 흐르는 물에 의한 강제 대류 열전달 계수값과 전열관 두께에 의한 온도강하 영향을 빼줬을 때, 응축 열전달 계수를 얻을 수 있다. 따라서, 응축 열전달 계수는 다음과 같이 계산된다.

[0096]
$$h_c = \left(\frac{1}{U} - \frac{A}{A_i h_i} - \frac{A \ln(d_{OD} / d_{ID})}{2\pi L k_{Al-brass}} \right)^{-1}$$

[0097] 여기서, h_c 는 응축 열전달 계수, A_i 는 전열관 내부 면적, h_i 는 전열관 내부 물의 유동에 의한 강제 대류 열전달 계수, d_{OD} 는 전열관 외경, d_{ID} 는 전열관 내경, L 은 전열관 길이, 그리고 $k_{Al-brass}$ 는 전열관의 열전달 계수를 의미한다. h_i 는 다음과 같이 계산된다.

$$h_i = \frac{k_i}{d_{ID}} \frac{(f/8)(Re-1000)Pr}{1+12.7(f/8)^{1/2}(Pr^{2/4}-1)}$$

여기서 f 는 관의 마찰 계수, Re 는 전열관 내부를 흐르는 물의 레이놀즈 수, 그리고 Pr 는 프란틀 수 이다.

도 11은 실시예 1, 2 및 비교예 1, 2에 따라 제조된 전열관의 다양한 응축 레벨에서 응축 열전달 성능을 의미하는 열전달 계수(Supersaturation level, S)를 측정해본 결과이다.

표 1은 도 11의 응축 열전달 계수값의 평균을 정리한 것으로, 본 발명의 발수 코팅 된 전열관이 표면 개질을 하지 않은 비교예 1의 전열관보다 약 3.8배 가량 응축 열전달 계수가 큰 것을 확인하였다.

이는 본 발명의 발수 코팅이 구현된 전열관의 응축 열전달 성능이 표면 개질하지 않은 비교예 1의 전열관에 비해 훨씬 뛰어난 것을 의미한다고 할 것이다.

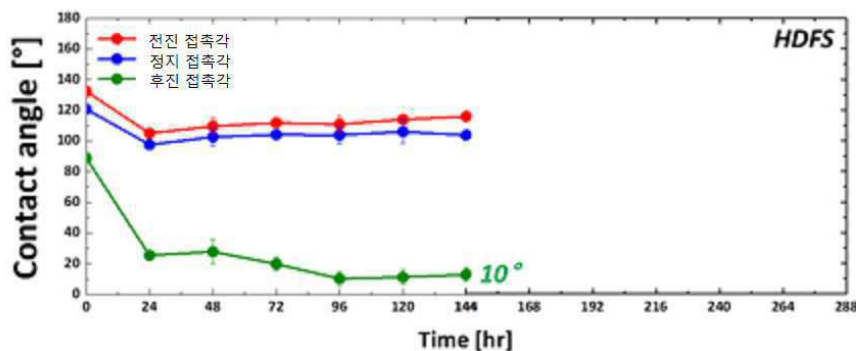
표 1

	실시예 1	실시예 2	비교예 1
평균 응축 열전달 계수값(h_c)	61.01	61.11	16.77
표준 편차	7.89	8.77	3.61

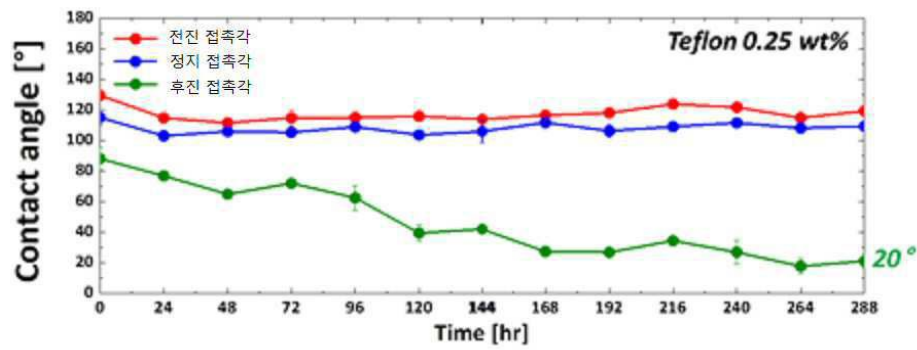
도 13 및 도 14에서 나타난 바와 같이, 표면 개질을 하지 않은 비교예 1의 전열관 표면에서는 액막 형태의 응축이 진행되지만, 본 발명의 실시예 1 및 2의 경우, 물방울 응축이 나타나며 액적이 쉽게 표면에서 제거되었다. 액막 형태의 응축은 두꺼운 액막에 의한 높은 전도 열저항으로 인해 열전달 성능이 낮게 나오는 반면, 물방울 형태의 응축은 중력에 의한 활발한 제거 효과로 인해 상대적으로 전도 열저항 효과가 줄어 더 높은 열전달 성능이 확보될 수 있다.

도면

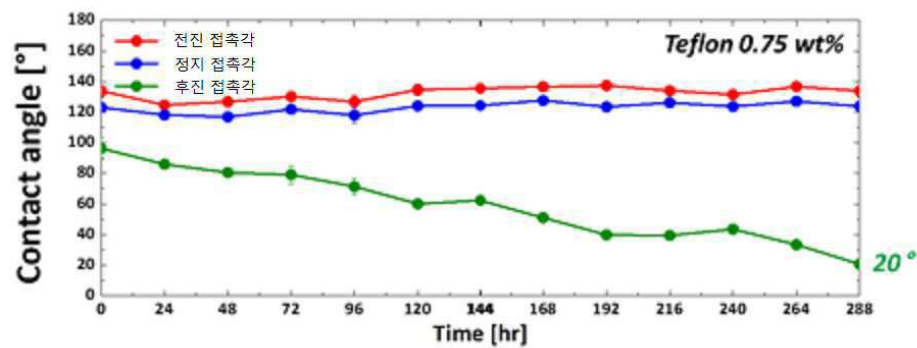
도면1



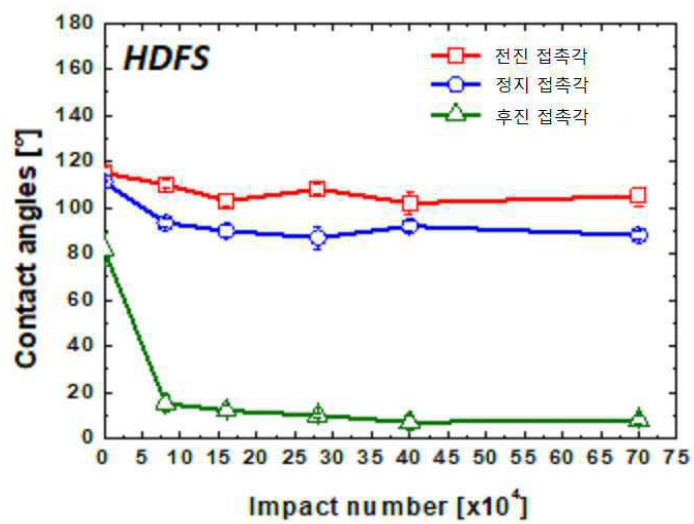
도면2



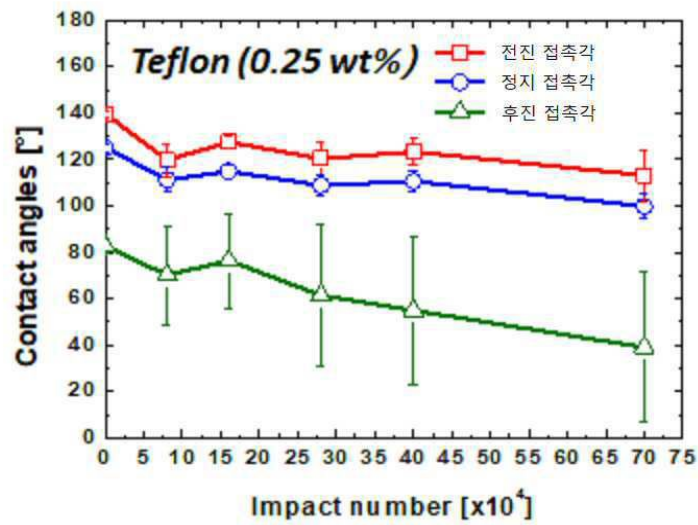
도면3



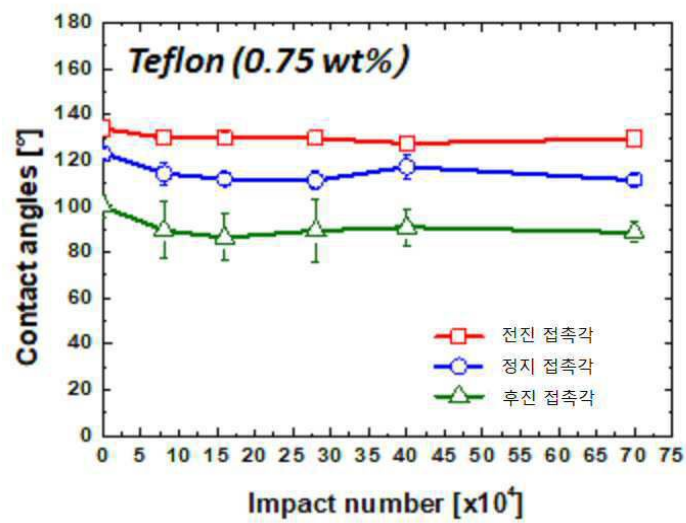
도면4



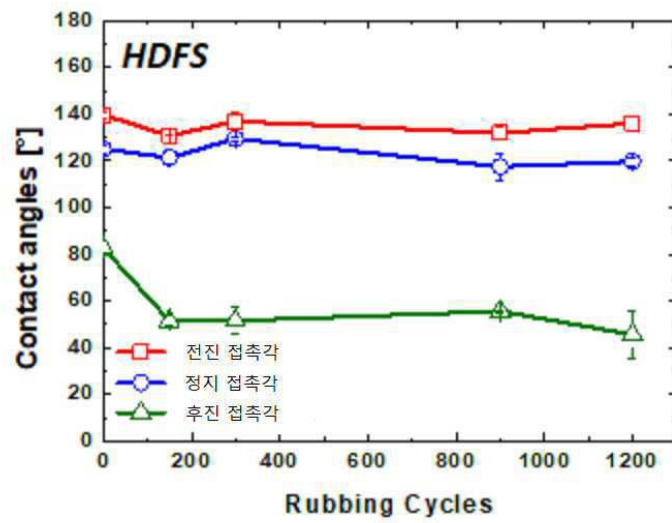
도면5



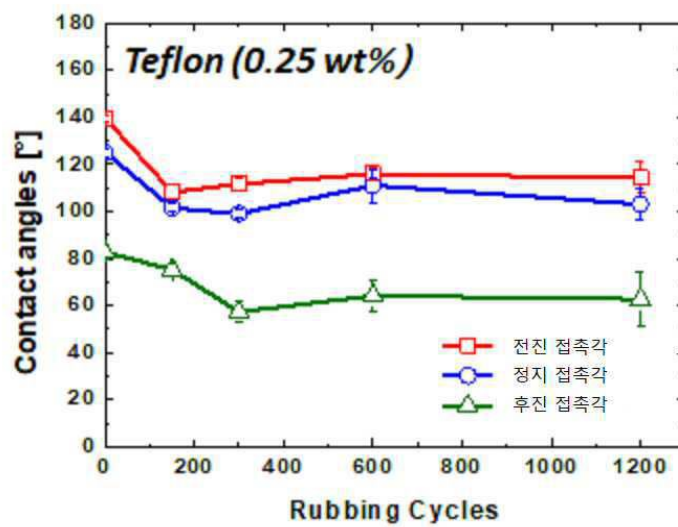
도면6



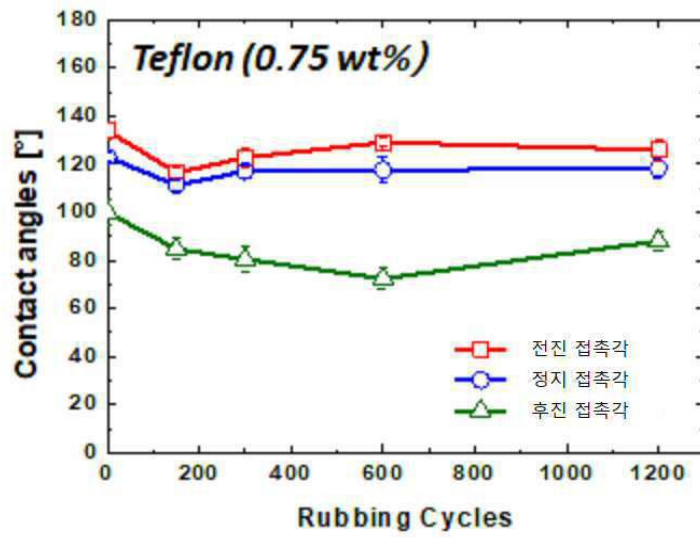
도면7



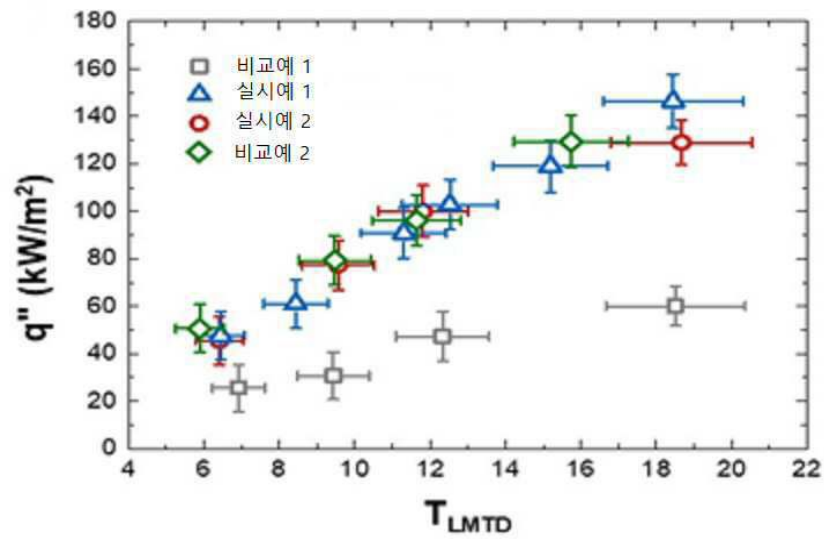
도면8



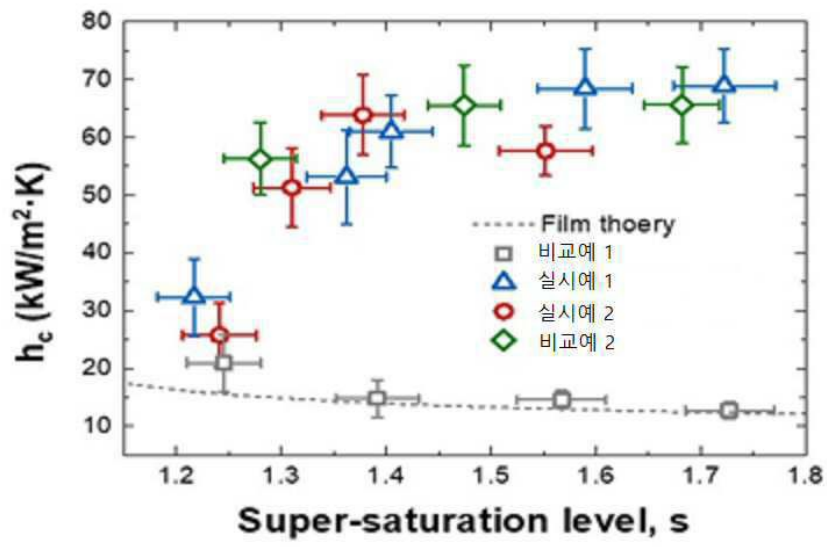
도면9



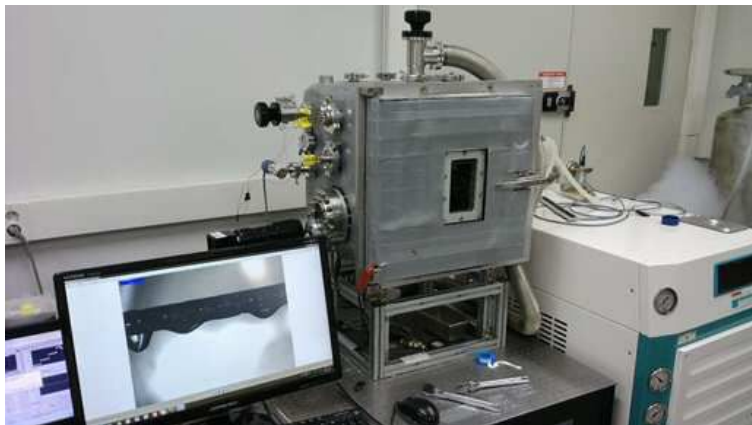
도면10



도면11



도면12



도면13



도면14

