(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0061082
(43) 공개일자 2010년06월07일

(51) Int. Cl.
C08K 3/04 (2006.01) *C08K 7/00* (2006.01)
C08L 101/12 (2006.01) *C08K 3/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0119963
(22) 출원일자 2008년11월28일
심사청구일자 2008년11월28일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
임상호
경기도 남양주시 와부읍 도곡리 986-1 덕소두산아파트 113동 1903호
이동기
서울 동대문구 용두동 728-10번지 중앙제이오피스텔 501호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인대아

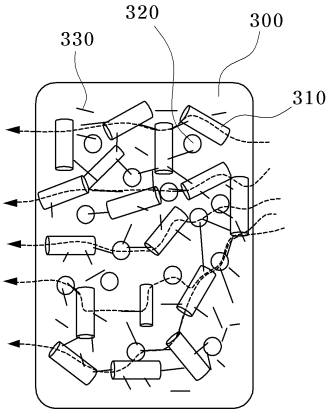
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 및 이를 제조하는 방법

(57) 요 약

본 발명은 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 조성물 및 이를 제조하는 방법에 관한 것으로, 각각 상이한 형태 및 상이한 크기를 갖는 세라믹 충전제 입자들 및 다중벽-탄소나노튜브(Muti-Walled Carbon Nanotube) 입자들을 저점도 고분자 수지에 분산시켜 열전도 고분자 복합체를 제조함으로써, 인덕션 레인지(Induction Range)에 사용되는 구리 코일을 진공몰딩(Vacuum Molding)시킬 수 있고 이로 인하여 별도의 냉각 장치 없이도 구리 코일에서 발생하는 열을 신속히 방출시킬 수 있도록 하는 발명에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2b



(72) 발명자

신광호

부산광역시 남구 용호동 LG 메트로시티 102-1003

권용재

서울특별시 송파구 가락동 17-6번지

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	000283720108
부처명	중소기업청
연구사업명	산학연공동기술개발사업
연구과제명	인덕션레인지 고효율화 및 냉각기술 개발
주관기관	중소기업청
연구기간	2008년 7월 1일~2009년 6월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

전기적 부도체인 저점도 고분자 수지;

상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 14 ~ 16 vol%의 휘스커(Whisker)형 세라믹 충전제(Filler) 입자;

상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 42 ~ 48 vol%의 구형 세라믹 충전제 입자; 및

상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 0.9 ~ 1 vol%의 다중벽-탄소나노튜브(Muti-Walled Carbon Nanotube) 입자를 포함하되, 상기 저점도 고분자 수지 내에 휘스커형 세라믹 충전제 입자, 구형 세라믹 충전제 입자 및 다중벽-탄소나노튜브 입자가 균일하게 분산된 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 저점도 고분자 수지는 에폭시, 페놀 수지 및 폴리플루오르화물비닐라덴(PVDF) 중 선택된 어느 하나이거나 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 휘스커형 및 구형 세라믹 충전제 입자는 보론 나이트라이드(Boron Nitride, BN), 알루미늄 나이트라이드(Aluminum Nitride, AlN), 알루미나(Alumina, Al_2O_3) 및 이들이 둘 이상 혼합된 물질 중 선택된 하나의 재질인 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 휘스커형 세라믹 충전제 입자 대 상기 구형 세라믹 충전제 입자의 부피 비율은 1:3인 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 휘스커형 세라믹 충전제 입자는 0.5 ~ 250 ㎛의 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 다중벽-탄소나노튜브 입자는 종횡비가 500 이상인 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 저점도 고분자 수지는 65 ~ 75℃에서 1 ~ 500 cps의 점도를 갖는 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물.

청구항 8

전기적 부도체인 저점도 고분자 수지에 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 1 vol%의 다중벽-탄소나노튜브(Muti-Walled Carbon Nanotube) 입자를 넣고 상온에서 65 ~ 75℃에서 1 ~ 2 시간 동안 분산시켜 1차 조성물을 형성하는 단계; 및

상기 1차 조성물에 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 14 ~ 16 vol%의 휘스커(Whisker)형 세라믹 충전제(Filler) 입자 및 42 ~ 48 vol%의 구형 세라믹 충전제 입자를 넣고 65 ~ 75℃에서 3 ~ 4 시간 동안 분산시켜 2차 조성물을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 휘스커형 세라믹 충전제 입자 및 구형 세라믹 충전제 입자에 각각 실레인 산(Silane Acid)으로 표면처리를 하여 분산시키는 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 제조 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 2차 조성물에 산무수물 경화제를 더 혼합하는 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 제조 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 산무수물 경화제는 당량수에 따라 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 50 ~ 100 vol%의 만큼 혼합되는 것을 특징으로 하는 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 제조 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 인덕션 레인지(Induction Range)에 사용되는 구리 코일을 저점도 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체에 진공몰딩시킴으로써, 코일에서 발생하는 열을 신속히 방출시킬 수 있도록 하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 유도 가열(Induction Heating) 방법을 사용하는 인덕션 레인지의 에너지 효율은 약 90%로 에너지 효율이 30 ~ 40%인 가스레인지, 하이라이트(Hi-Light) 레인지, 핫플레이트(Hot Plate)에 비해 상당히 우수하고 화재위험성이 거의 없고 유해가스가 방출되지 않기 때문에 친환경, 고품격 조리 기구로 각광받고 있으며 대형 음식점, 호텔 등을 중심으로 점차 확산 되고 있다.

[0003] 현재 시판되고 있는 대부분의 인덕션 레인지는 냉각 팬을 이용하여 내부의 전자회로와 구리 코일에서 발생하는 열을 냉각하고 있다. 냉각 팬을 이용할 경우 공랭식 냉각방법 특성상 구리 코일에 쌓이는 미세 먼지 입자들에 의해 단락 및 오작동과 같은 고장이 발생할 수 있다. 또한, 냉각팬이 노후 될수록 추가적인 소음과 진동이 발생하는 문제가 있다. 이러한 원인으로 발생하는 A/S 건수가 전체의 90% 이상을 차지하고 있으므로 시급한 개선이 요구되고 있다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 산업체 또는 공장에서 금속의 부분적 열처리에 사용되는 유도 가열 장치의 구리 코일은 수랭식으로 냉각하는 방법을 사용하고 있으나, 주방 조리기구용으로 제조된 인덕션 레인지 내부에는 수냉 장치를 설치하기엔 공간이 협소하고 추가적인 유지 및 보수가 필요하며 개별 단가가 상승하기 때문에 부적한 문제가 있다.

[0005] 또한, 유도 가열 방식 특성상 구리 코일 상부로 자기장이 형성되고, 구리 코일의 표면이 불균일하기 때문에, 코일의 상부에는 금속 재질의 히트 씽크(Heat Sink)를 부착할 수 없는 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은 현재 인덕션 레인지의 고장 및 오작동의 주된 발생원인인 냉각팬 공랭식 방법을 대신해 구리 코일을 저점도 열전도 고분자 복합체 수지 내부에 진공 몰딩시키는 방법으로 매립한 히트 씽크를 제조하되, 저점도 고분자 수지에 각각 상이한 형태 및 크기의 세라믹 충전제 입자들과 소량의 다중벽-탄소나노튜브(Multi-Walled Carbon Nanotube) 입자를 혼합함으로써, 전기전도도는 낮으면서 열전도도는 우수한 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 조성물 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0007] 본 발명에 따른 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체 조성물은 전기적 부도체인 저점도 고분자 수지와, 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 14 ~ 16 vol%의 휘스커(Whisker)형 세라믹 충전제(Filler) 입자와, 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 42 ~ 48 vol%의 구형 세라믹 충전제 입자 및 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 0.9 ~ 1 vol%의 다중벽-탄소나노튜브(Muti-Walled Carbon Nanotube) 입자를 포함하되, 세라믹 충전제의 총 부피가 고분자 수지의 부피를 기준으로 60 ~ 64 vol%여야 하며, 상기 저점도 고분자 수지 내에 휘스커형 세라믹 충전제 입자, 구형 세라믹 충전제 입자 및 다중벽-탄소나노튜브 입자가 균일하게 분산된 것을 특징으로 한다.

[0008] 여기서, 상기 저점도 고분자 수지는 에폭시, 페놀 수지 및 폴리플루오르화물비닐라덴(PVDF) 중 선택된 어느 하나이거나 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하고, 상기 휘스커형 및 구형 세라믹 충전제 입자는 보론 나이트라이드(Boron Nitride, BN), 알루미늄 나이트라이드(Aluminum Nitride, AlN), 알루미나(Alumina, Al_2O_3) 및 이들이 둘 이상 혼합된 물질 중 선택된 하나의 재질인 것을 특징으로 하고, 상기 휘스커형 세라믹 충전제 입자 대 상기 구형 세라믹 충전제 입자의 부피 비율은 1:3 인 것을 특징으로 하고, 상기 휘스커형 세라믹 충전제 입자는 0.5 ~ 250 ㎛의 길이를 갖는 것을 특징으로 하고, 상기 다중벽-탄소나노튜브 입자는 종횡비가 500 이상 인 것을 특징으로 하고, 상기 저점도 고분자 수지는 65 ~ 75℃에서 1 ~ 500 cps 의 점도를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0009] 아울러, 본 발명에 따른 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 제조 방

법은 전기적 부도체인 저점도 고분자 수지에 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 1 vol%의 다중벽-탄소나노튜브(Muti-Walled Carbon Nanotube) 입자를 넣고 65 ~ 75℃에서 1 ~ 2 시간 동안 분산시켜 1차 조성물을 형성하는 단계 및 상기 1차 조성물에 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 14 ~ 16 vol%의 휘스커(Whisker)형 세라믹 충전제(Filler) 입자 및 42 ~ 48 vol%의 구형 세라믹 충전제 입자를 넣고 65 ~ 75℃에서 3 ~ 4 시간 동안 분산시켜 2차 조성물을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 여기서, 상기 휘스커형 세라믹 충전제 입자 및 구형 세라믹 충전제 입자에 각각 실레인 산(Silane Acid)으로 표면처리를 하여 분산시키는 것을 특징으로 하하고, 상기 2차 조성물에 산무수물 경화제를 더 혼합하는 것을 특징으로 하고, 상기 산무수물 경화제는 당량수에 따라 상기 저점도 고분자 수지의 부피를 기준으로 50 ~ 100 vol%의 만큼 혼합되는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0011] 본 발명에 따른 인덕션 레인지용 히터 어셈블리는 내부의 구리 코일에서 발생하는 열을 냉각시키기 위해 구리 코일을 저점도 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체 내부에 진공몰딩 시킴으로써, 냉각팬과 같은 별도의 움직이는 부분(Moving Part) 없이도 구리 코일에서 발생하는 열을 효과적으로 방출할 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

[0012] 여기서, 저점도 고분자 수지와 휘스커형 및 구형 열 전도성 세라믹 충전제 입자와 다중벽-탄소나노튜브를 이용하여 제조한 열전도 고분자 복합체 내부에 구리 코일을 진공 몰딩시키면, 구리 코일 사이사이로 열전도 고분자 복합체가 침투하게 되어 구리 코일과 열전도 고분자 복합체의 접촉 면적이 극대화되므로 신속히 열을 방출할 수 있고, 열전도 고분자 복합체가 구리코일을 단단하게 잡아 줌으로서 구리 코일의 온도가 상승할수록 기계적으로 느슨해지는 현상을 방지할 수 있고, 구리 코일 표면에 미세먼지가 쌓이게 되어 단락 및 오작동이 발생하는 현상을 제거할 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

[0013] 또한, 본 발명에 따른 고분자 복합체의 충전제로 열 전도성 세라믹을 사용함으로써, 절연특성을 유지할 수 있다. 그리고, 다중벽-탄소나노튜브에 의해 고분자 복합체 내부의 포논 전달 경로를 더욱 치밀하게 형성할 수 있기 때문에 열전도도를 최대한 향상시킬 수 있는 효과를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명은 열전도도가 향상된 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체에 구리 코일을 진공 몰딩시키는 방법으로 공랭 방식이 갖는 문제점을 해결할 수 있다. 그러나, 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체를 일반적인 전도성 고분자나 금속 재질 충전제(Filler)를 이용하여 형성할 경우, 열전도도뿐만 아니라 전기전도도 역시 향상되므로 구리코일에서 발생하는 자기장에 의해 고분자 복합체가 오히려 가열되는 문제가 있다.

[0015] 따라서 본 발명에서는 열전도도는 높으면서 낮은 전기전도도를 갖는 고분자 세라믹 복합체를 제조하기 위해, 보론 나이트라이드(Boron Nitride, BN), 알루미늄 나이트라이드(Aluminum Nitride, AlN), 알루미나(Alumina, Al_2O_3) 등의 세라믹 충전제를 고분자 수지에 혼합하여 사용한다.

[0016] 세라믹은 자유전자가 아니라 포논(Phonon)에 의해 열을 전달시킨다. 즉, 세라믹에 열이 가해지면 원자들이 진동하게 되어서(더 정확히 말하면 격자 진동, Lattice vibration) 열이 전달되는 것이다. 이때, 다중벽-탄소나노튜브를 세라믹 충전제 입자들 사이에 연결하면 열전도도 효과가 효율적으로 증대될 수 있다.

[0017] 여기서, 세라믹 충전제 입자는 마이크로미터 단위이고 다중벽-탄소나노튜브는 나노미터 단위이기 때문에 연필크기의 세라믹 충전제 입자들 사이사이에 머리카락 크기의 다중벽-탄소나노튜브가 위치하게 되는 격이 된다. 따라서, 포논 전달 경로가 더욱 치밀한 구조를 갖게 된다. 즉, 세라믹 충전제 입자와 다중벽-탄소나노튜브를 복합적으로 사용하면 더욱 향상된 열전도도를 얻을 수 있다.

[0018] 이하에서는 상술한 본 발명의 기술에 근거하여 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 조성물 및 이를 제조하는 방법에 대해 상세히 설명하는 것으로 한다.

[0019] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0020] 도 1은 본 발명에 따른 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물로 형성된 열전도 고분자 세라믹 복합체 블럭을 나타낸 개략도이다.

[0021] 도 1을 참조하면, 구리 코일(120)이 상술한 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체(100)에 진공몰딩되어 있다. 이때, 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체(100)는 박스 형태로 형성되어, 구리 코일(120)의 상부면 또는 하부면이 평탄화 될 수 있도록 형성되는 것이 바람직하다. 이와 같이, 평탄화시키면 그 면에 알루미늄 블록(Aluminum Block)과 같은 금속 재질의 히트 씽크(Heat Sink, 130) 부착이 용이해 진다.

[0022] 도 2a 및 도 2b는 본 발명에 따른 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 구조를 나타낸 개략도이다.

[0023] 도 2a를 참조하면, 고분자 수지(200)에 휘스커형 세라믹 충전제 입자(210)와 구형 세라믹 충전제 입자(220)가 분산된 형태로 고분자 세라믹 복합체를 형성하는 것을 알 수 있다. 알루미늄 나이트라이드(Aluminum Nitride, AlN)와 같은 물질은 열전도도가 양호한 세라믹으로 150 ~ 220 W/mK의 열전도도를 갖는다. 일반적으로 알루미늄 금속이 약 250 W/mK의 열전도도를 가지므로, 본 발명에 따른 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체는 인덕션 레인지용 히트 씽크로서 사용하기 충분하다.

[0024] 도 2b를 참조하면, 고분자 수지(300)에 휘스커형 세라믹 충전제 입자(310)와 구형 세라믹 충전제 입자(320)를 분산시키고, 추가적으로 다중벽-탄소나노튜브 입자(330)를 분산시켜 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체를 형성한 것을 알 수 있다. 이때, 포논 전달 형태를 상기 도 2a와 비교하면 그 효율이 매우 향상된 것을 알 수 있다.

[0025] 여기서, 고분자 수지로는 전기적으로 부도체이면서 저점도인 에폭시, 페놀 수지 및 폴리플루오르화물비닐라덴(PVDF) 중 선택된 어느 하나이거나 이들의 혼합물을 사용하는 것이 바람직하다. 이들은 열팽창계수가 낮으면서 열적 안정성이 높고 밀착력이 좋은 열경화성 재료 중 선택된 어느 하나를 사용하는 것이 바람직하다.

[0026] 그리고, 휘스커형 세라믹 충전제 입자와 구형 세라믹 충전제 입자는 열전도도는 높으면서 낮은 전기전도도를 가지는 보론 나이트라이드(Boron Nitride, BN), 알루미늄 나이트라이드(Aluminum Nitride, AlN), 알루미나(Alumina, Al_2O_3) 및 이들이 둘 이상 혼합된 물질 중 선택된 하나의 재질로 구비된 것을 사용하는 것이 바람직하다.

[0027] 효과적인 포논 전달 경로를 구성하기 위해 휘스커형 세라믹 충전제 입자 대 구형 세라믹 충전제 입자의 부피 비율을 1:3 으로 조절하여 혼합하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 알루미늄 나이트라이드(Aluminum Nitride, AlN)를 세라믹 충전제로 사용하는 경우 휘스커형 세라믹 충전제 입자와 구형 세라믹 충전제 입자의 부피 비를 1:3 으로 조절하는 것이 바람직한데, 하기 [표 1]은 알루미늄 나이트라이드 세라믹 충전제 입자의 부피비에 따라 고분자 세라믹 복합체의 열전도도가 변화하는 것을 나타낸 자료이다. 이때, 고분자 수지는 폴리플루오르화물비닐라덴(PVDF)을 사용하였다.

[0028] [표 1]

[0029]

구분	충전제 총 부피 (vol%/고분자 수지 부피)	휘스커형 : 구형 (부피 비)	열전도도 (W/mK)
비교예1	50	1 : 1	3.42
비교예2	50	1 : 3	2.44
비교예3	60	1 : 1	8.16
실시예1	60	1 : 3	11.51
비교예4	60	1 : 6	10.36

[0030] 상기 [표 1]을 참조하면, 충전제의 총 부피를 60vol%로 하는 경우 더 높은 열전도도를 얻을 수 있으며, 충전제 총 부피를 고분자 수지 전체 부피의 60vol%로할 경우 휘스커형:구형의 부피 비를 1:3으로 분산시킬 때(실시예1) 1:1로 분산시켰을 때(비교예3)의 열전도도보다 약 30% 향상된 열전도도를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이때, 구형 세라믹 충전제 입자가 너무 많이 포함되는 경우(비교예4) 열전도도가 다시 떨어질 수 있으므로, 본 발명에 따른 1:3의 비율을 유지하는 것이 바람직하다.

[0031] 그리고, 상기 [표 1]에는 나타나지 않으나 충전제의 총부피가 고분자 수지 부피의 70 vol% 이상 높아지면 고분자의 고유한 특성인 몰딩성, 성형성, 접착성, 점성 등이 저하될 수 있으므로 충전제의 총 부피는 본 발명에 따른 60 vol%가 가장 바람직하며, 오차 범위를 고려할 때 60 ~ 64vol%가 바람직하다.

[0032] 또한, 휘스커형 세라믹 충전제 입자 크기를 한 종류의 것만 사용하는 것이 아니라 다양한 입도를 갖도록 혼합하여 사용하는 것이 바람직하다.

[0033] 도 3은 본 발명에 따른 열전도 고분자 세라믹 복합체의 세라믹 충전제 입자 크기에 따른 열전도도 변화를 나타낸 그래프이다.

[0034] 도 3에서 hBN은 헥사고날(Hexagonal) 형태의 보론 나이트라이드 충전제 입자를 뜻하고, cBN은 구형 보론 나이트라이드 충전제 입자를 뜻한다. 고분자 수지는 에폭시를 사용하였으며, single hBN은 0.6㎛ 크기의 단일 입자를 사용한 경우이고, Double hBN은 0.2㎛ 및 0.4㎛ 크기의 두 가지 입자를 사용한 경우이고, hBN+cBN은 0.2㎛ 및 0.4㎛ 크기의 휘스커형 보론 나이트라이드 충전제 입자와 1㎛ 크기의 구형 보론 나이트라이드 충전제 입자를 혼용하여 사용한 경우를 나타낸 것이다.

[0035] 여기서, single hBN(untreated)는 실레인 산으로 표면처리를 하지 않은 BN으로 만든 시편으로 가장 낮은 열전도도를 보이고 있다.

[0036] 상기 도 3을 참조하면, 보론 나이트라이드(Boron Nitride, BN)를 사용하는 경우 휘스커형 세라믹 충전제 입자의 길이가 0.2㎛ 인 것과 0.4㎛ 것을 혼합하여 사용하면 휘스커형 세라믹 충전제 입자의 길이가 0.6㎛ 인 것만 사용하였을 때 보다 열전도도가 30 ~ 40% 향상되고, 휘스커형 세라믹 충전제 입자 및 구형 세라믹 충전제 입자를 혼용하여 사용하는 경 더 향상된 열전도도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0037] 다음으로, 본 발명에서 추가적으로 첨가되는 다중벽-탄소나노튜브는 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube) 보다 저렴하고 분산이 용이하기 때문에 열전도도 향상 특성에 기여한다. 다중벽-탄소나노튜브는 포논이 잘 전달될 수 있는 통로가 다중벽에 의해 형성되기 때문에 동일 조건일 때 열전도도가 단일벽 탄소나노튜브보다 더 높게 측정된다.

[0038] 다중벽-탄소나노튜브 입자에서 포논은 주로 다중벽-탄소나노튜브 입자의 내부의 벽과 벽 사이의 공간을 통해 전달된다. 따라서, 다중벽-탄소나노튜브 입자의 두께가 두꺼울수록, 내부의 벽이 많을수록, 두께 및 길이의 비(Aspect Ratio; 종횡비)가 클수록 열전도도가 향상될 수 있다.

[0039] 도 4는 탄소나노튜브의 종류에 따른 고분자 탄소나노튜브 복합체의 열전도도 변화를 측정한 그래프이다.

[0040] 도 4는 고분자 수지는 에폭시(Epoxy)를 사용하였으며, 단일 에폭시(Epoxy)의 경우(-■-), 에폭시 및 카본블랙(Epoxy/Carbon black)으로 복합체를 형성한 경우(-●-), 에폭시 및 이중벽-탄소나노튜브(Epoxy/DWCNT)로 복합체를 형성한 경우(-▲-), 에폭시 및 다중벽-탄소나노튜브(Epoxy/MWCNT)로 복합체를 형성한 경우(-◆-), 에폭시 및 단일벽-탄소나노튜브(Epoxy/SWCNT)로 복합체를 형성한 경우(-★-) 충전제의 함량(Filler content[wt%])별 측정된 열전도도(Thermal conductivity[W/mK])를 나타내었다.

[0041] 그 결과, 열전도도는 다중벽-탄소나노튜브(MWCNT)일 때 가장 높고, 이중벽-탄소나노튜브(DWCNT) 및 단일벽-탄소나노튜브(SWCNT) 순으로 낮아짐을 알 수 있다.

[0042] 상술한 원리에 따라 본 발명에서는 다중벽-탄소나노튜브 입자를 사용하며, 종횡비가 500 이상인 것을 사용하는 것이 바람직하다.

[0043] 도 5는 탄소나노튜브의 종횡비에 따른 에폭시 탄소나노튜브 복합체의 열전도도 변화를 나타낸 그래프이다.

[0044] 도 5를 참조하면, 탄소나노튜브의 종횡비(Aspect ratio of CNT)에 따른 열전도도(Conductivity, W/mK)는 넬슨 방정식(Nielsen equation)에 따른 경우(-●-)와, 균질화 이론(Homogenization theory)에 따른 경우(…○…)가 있는데 두 경우에서 모두 종횡비가 증가 할수록 열전도도도 증가하는 것을 알 수 있다. 종횡비가 500 인 부분부터 열전도도 변화가 미미하므로 본 발명에 따른 다중벽-탄소나노튜브의 종횡비 범위는 500 이상이 되는 것이다.

[0045] 다음으로, 다중벽-탄소나노튜브 입자는 열전도도뿐만 아니라 전기전도도도 우수하기 때문에 다량으로 사용할 경우 구리 코일의 자기장으로 인해 가열된다. 또한 인덕션 레인지의 구리 코일에 는 고주파수(25 KHz ~ 30 KHz)의 교류전류가 흐르고 있기 때문에 주파수에 따른 다중벽-탄소나노튜브 입자의 퍼콜레이션(Percolation) 현상도 고려하여야 한다.

[0046] 도 6은 탄소나노튜브 부피비에 따른 에폭시 탄소나노튜브 복합체의 전기전도도 변화를 나타낸 그래프이다.

[0047] 도 6을 참조하면, 탄소나노튜브의 부피비(CNT volume fraction[vol%])가 에폭시 수지의 부피 대비 2.5 Vol%이하에서 퍼콜레이션 현상이 존재하는 영역(Region around the percolation threshold)이 형성됨을 알 수 있다.

[0048] 따라서, 본 발명에서는 다중벽-탄소나노튜브 입자를 고분자 수지 부피의 1vol% 이하로 사용하는 것이 바람직하다. 이와 같이 사용하면, 퍼콜레이션 현상이 일어나도 전기전도도(Electrical conductivity[S/m])가 10^{-1} S/m 이하로 낮기 때문에 자기장에 의해 가열되는 열의 비율보다 방출되는 열의 비율이 훨씬 높으므로 고분자 복합체의 열전도도 향상에 효과적으로 적용될 수 있다.

[0049] 상술한 원리를 갖는 구성물들을 이용하여 본 발명의 일실시예에 따른 인덕션 레인지 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 조성물을 제조하는 방법은 다음과 같다.

[0050] 먼저, 두께 5 ~ 40 nm, 길이 1 ~ 25 ㎛의 다중벽-탄소나노튜브 입자를 준비한다.

[0051] 다음에는, 7㎛ 크기의 구형 알루미늄 나이트라이드 입자와 각각 12㎛, 250㎛의 길이를 갖는 휘스커 알루미늄 나이트라이드 입자를 준비한다. 이때, 알루미늄 나이트라이드 입자들은 에폭시 수지에서 분산성을 높이고 열전도도를 높이기 위해 실레인 산(Silane Acid)으로 표면처리를 하는 것이 바람직하다.

[0052] 그 다음에는, 65 ~ 75℃에서 1 ~ 500 cps 정도의 낮은 점도를 가지는 에폭시 수지에 다중벽-탄소나노튜브 입자만 넣고, 3-롤 밀(Three-Roll Mill) 기계나 믹서(Mixer) 또는 교반기(stirrer)를 이용하여 65 ~ 75℃에서 1 ~ 2 시간 동안 분산시킨다.

[0053] 그 다음에는, 표면처리한 알루미늄 나이트라이드 입자들과 아민 계열 경화제를 넣고 3-롤 밀 기계나 믹서 또는 교반기를 이용하여 65 ~ 75℃에서에서 3 ~ 4 시간 동안 분산 시켜 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체를 완성한다.

[0054] 여기서, 에폭시 수지의 전체 부피를 기준으로 산무수물 경화제의 당량수에 따라 50 ~ 100 vol%의 부피만큼 혼합되고, 휘스커 알루미늄 나이트라이드 입자는 14 ~ 16 vol%의 부피만큼 혼합되고, 구형 알루미늄 나이트라이드 입자는 42 ~ 48 vol%의 부피만큼 혼합되고, 다중벽-탄소나노튜브 입자는 0.9 ~ 1 vol%의 부피만큼 혼합되도록 하는 것이 바람직하다.

[0055] 그 다음에는, 구리 코일과 페라이트를 65 ~ 75℃에서 40분 ~ 60분 동안 열처리 하여 표면의 습기를 제거한다.

[0056] 그 다음에는, 진공몰딩용 틀의 안쪽면에 이형제를 바른 뒤에 열처리한 인덕션 레인지용 구리 코일과 페라이트(Ferrite)를 넣고, 이를 진공도가 2 Torr 이하로 유지되는 진공탱크에 넣은 뒤에 상기에서 제조한 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 진공 몰딩용 틀 안으로 주입한다. 이때, 고분자 세라믹 조성물의 온도와 진공탱크의 온도가 를 65 ~ 75℃를 유지하도록 한다.

[0057] 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물이 너무 빨리 주입되면 기포와 공동이 발생하기 때문에 30 ~ 60 mL/s의 속도로 주입한다.

[0058] 그 다음으로, 진공몰딩 과정이 종료되면 진공상태를 해제하고 65 ~ 75℃ 에서 120℃까지 점진적으로 온도를 상승시키며 5 ~ 9 시간동안 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물을 경화시킨다.

[0059] 90℃에서 30분 동안 제 1 큐어링(Curing) 공정을 수행하고, 이어서 100℃에서 30분 동안 제 2 큐어링 공정을 수행하고, 이어서 110℃에서 30분동안 제 3큐어링 공정을 수행하고, 이어서 120℃에서 4시간동안 제 4큐어링 공정을 수행하고, 이어서 140℃에서 2시간동안 제 5큐어링 공정을 수행하고, 이어서 140℃에서 상온까지 1시간동안 서서히 온도를 내리며 제 6큐어링 공정을 수행한다. 그 다음에는, 상온에서 12 시간이상 자연 냉각시켜 공정을 완료하고, 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체 블록을 형성한다. 이때, 본 발명에서는 설명의 편의를 위하여 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 복합체를 열전도 고분자 복합체라 한다.

[0060] 상술한 공정으로 제조된 열전도 고분자 복합체 블록은 200 ℃ 이상의 온도에서도 견딜 수 있게 된다. 일반적으로 저점도 고분자는 내열도가 낮기 때문에, 본 발명에서는 상술한 바와 같이 고온 및 다단계의 경화과정을 수행함으로써 열전도 고분자 복합체 블록의 내열도가 향상되도록 한다. 즉, 내열도가 200 ℃ 미만으로 떨어지면 구리코일에서 발생하는 줄열(Joule's Heat)을 못 견디고 녹아 버릴 수 있으므로 내열도를 높이기 위해서 본 발명예와 같은 경화과정을 수행하는 것이 바람직하다. 여기서, 상기 경화 과정은 인덕션 레인지의 출력에 따라 사용되는 구리코일의 크기가 다양하기 때문에 진공몰딩에 사용되는 열전도 고분자 복합체의 양이 달라지므로 상기에 명시한 시간, 온도 범위에 의해 본 발명이 제한되는 것은 아니다.

[0061]

[0062] 이와 같이 제조된 에폭시, 알루미늄 나이트라이드(Aluminum Nitride, AlN) 및 다중벽-탄소나노튜브의 열전도 고분자 복합체 블록은 12 ~ 14W/mK의 열전도도를 갖는다.

[0063] 이때, 주방용 냄비 재료로 흔히 사용되고 있는 SUS304 스텐리스 스틸(Stainless Steel)의 열전도도가 16.2W/mK 이므로, 본 발명에 따른 열전도 고분자 복합체는 히트 씽크로서의 역할도 충분히 수행할 수 있다.

[0064] 또한, 진공몰딩 틀의 모양을 박스 형태로 형성함으로써, 추가적으로 금속 재질의 히트 씽크를 용이하게 부착할 수 있으므로, 본 발명에 따른 인덕션 레인지의 히트 싱크는 그 효율을 최대화 할 수 있다.

[0065] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면의 간단한 설명

[0066] 도 1은 본 발명에 따른 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물로 형성된 열전도 고분자 세라믹 복합체 블럭을 나타낸 개략도.

[0067] 도 2a 및 도 2b는 본 발명에 따른 인덕션 레인지의 히트 씽크 제조용 고분자 세라믹 다중벽-탄소나노튜브 조성물 구조를 나타낸 개략도.

[0068] 도 3은 본 발명에 따른 열전도 고분자 세라믹 복합체의 세라믹 충전제 입자 크기에 따른 열전도도 변화를 나타낸 그래프.

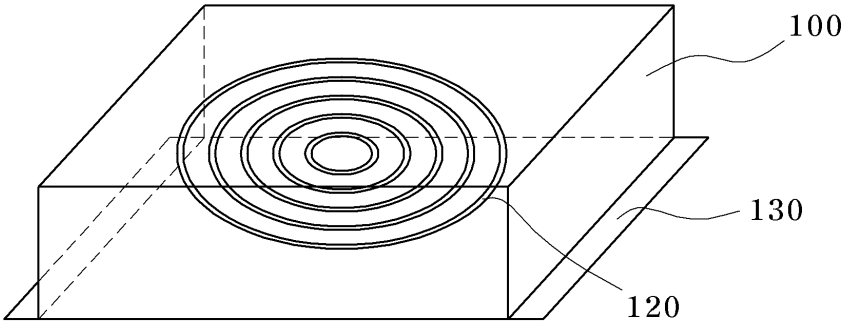
[0069] 도 4는 탄소나노튜브의 종류에 따른 고분자 탄소나노튜브 복합체의 열전도도 변화를 측정한 그래프.

[0070] 도 5는 탄소나노튜브의 종횡비에 따른 에폭시 탄소나노튜브 복합체의 열전도도 변화를 나타낸 그래프.

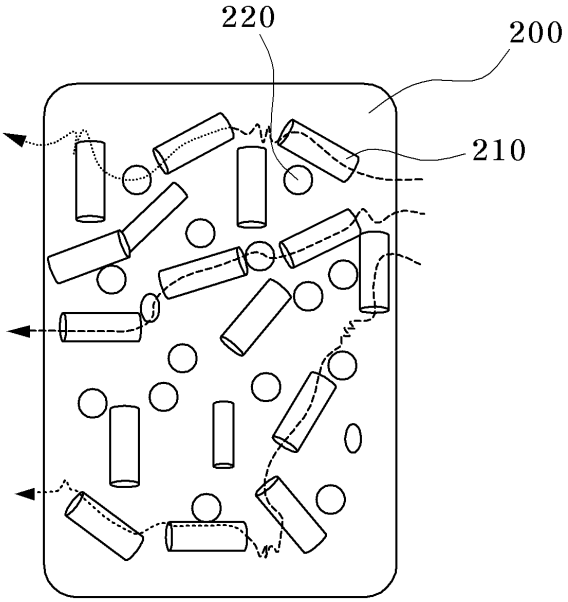
[0071] 도 6은 탄소나노튜브 부피비에 따른 에폭시 탄소나노튜브 복합체의 전기전도도 변화를 나타낸 그래프.

도면

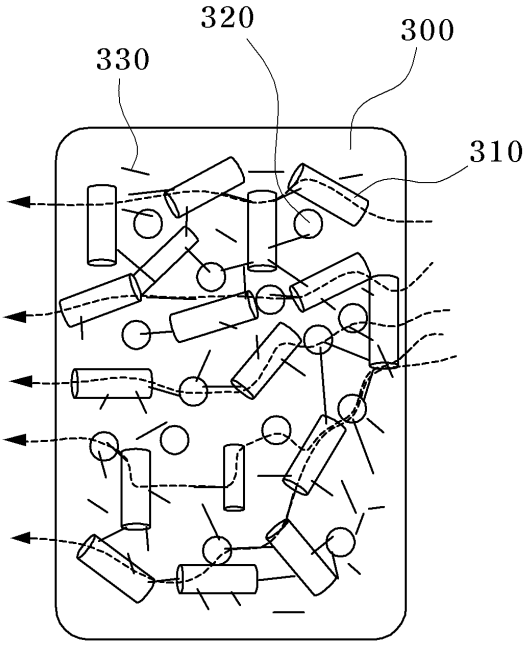
도면1



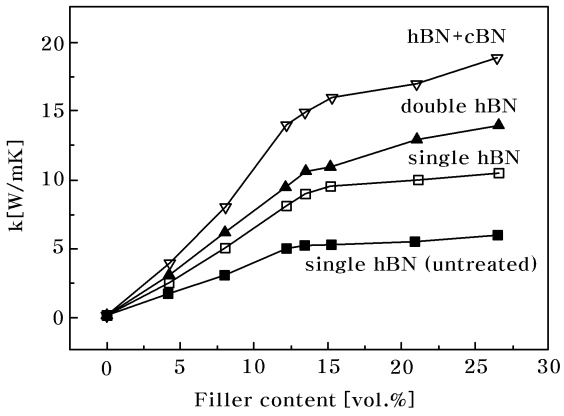
도면2a



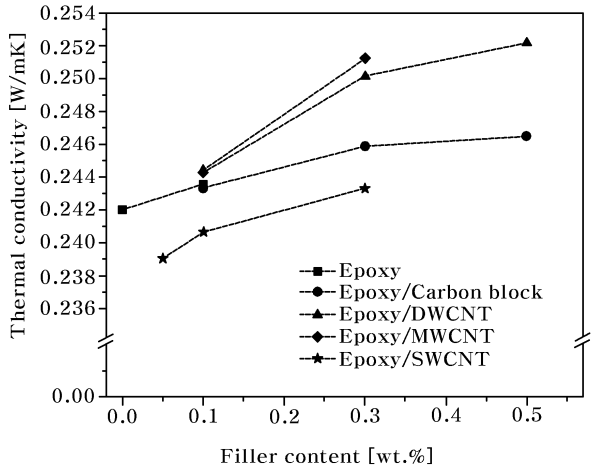
도면2b


320
300
330
310

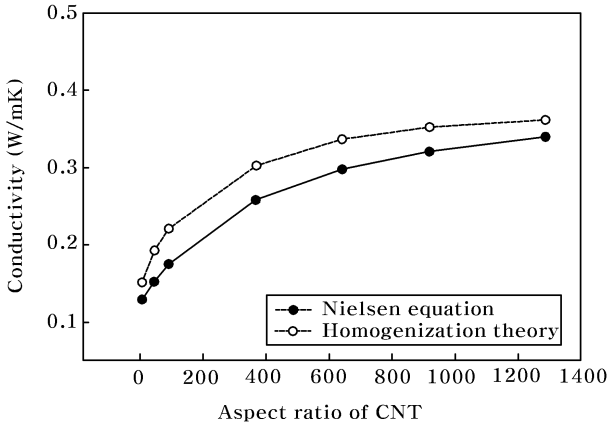
도면3


hBN+cBN
double hBN
single hBN
single hBN (untreated)
k[W/mK]
Filler content [vol.%]
0
5
10
15
20
25
30

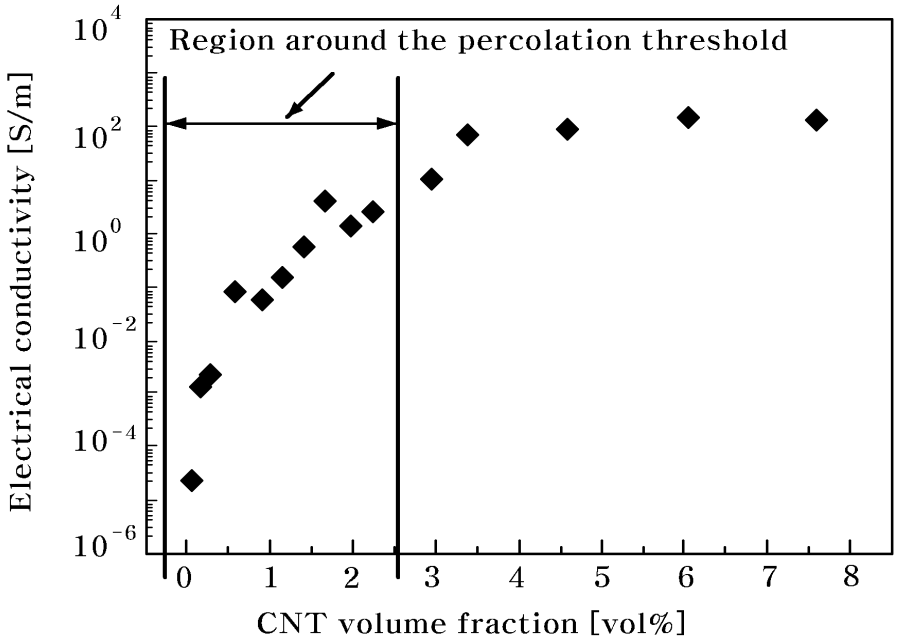
도면4


Thermal conductivity [W/mK]
0.254
0.252
0.250
0.248
0.246
0.244
0.242
0.240
0.238
0.236
0.00
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
Filler content [wt.%]
Epoxy
Epoxy/Carbon block
Epoxy/DWCNT
Epoxy/MWCNT
Epoxy/SWCNT

도면5


Conductivity (W/mK)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
Aspect ratio of CNT
Nielsen equation
Homogenization theory

도면6


Region around the percolation threshold
Electrical conductivity [S/m]
10^{4}
10^{2}
10^{0}
10^{-2}
10^{-4}
10^{-6}
0
1
2
3
4
5
6
7
8
CNT volume fraction [vol%]