



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0024171
(43) 공개일자 2009년03월06일

(51) Int. Cl.
F25C 5/08 (2006.01) *F25D 21/08* (2006.01)
F25C 5/16 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2008-7030997
 (22) 출원일자 2008년12월19일
 심사청구일자 없음
 번역문제출일자 2008년12월19일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2007/069478
 국제출원일자 2007년05월22일
 (87) 국제공개번호 WO 2008/060696
 국제공개일자 2008년05월22일
 (30) 우선권주장
 60/802,407 2006년05월22일 미국(US)

(71) 출원인
 더 트러스티즈 오브 다트마우스 칼리지
 미합중국, 뉴햄프셔주 03755, 하노버, 로프 페리
 로드 11
 (72) 발명자
 페트렌코, 빅터
 미국, 뉴햄프셔 03766, 레바논, 우드랜드 드라이브 4
 (74) 대리인
 특허법인 원전

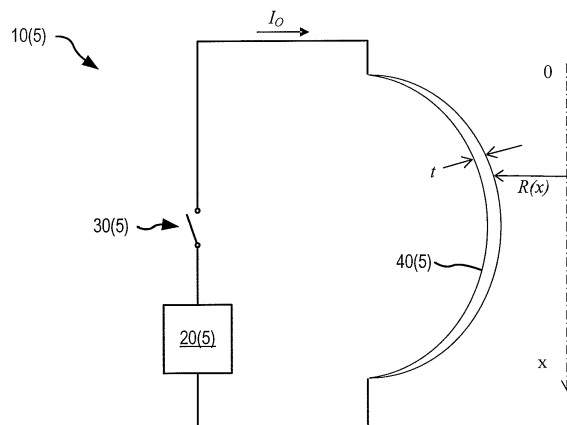
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 복합 형상의 펄스 전열식 제빙

(57) 요약

펄스 전열식 제빙(deicing) 장치는 얼음의 계면층을 녹이기 위하여 단위 면적당 일정한 전력을 생성하도록 구성되는 두께 프로파일(profile)에 의해 특징지어지는 적어도 하나의 복합 형상을 포함한다. 펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법은, 펄스 전열식 제빙 시스템 파라미터의 초기 추정치를 할당하는 단계를 포함한다. 제빙 펄스에 의해 산출된 온도 분포, 온도 범위 및 재결빙 시간이 모델링된다. 형상 두께는 온도 범위에 따라 조정되고, 제빙 펄스 파라미터는 제빙 펄스에 따라 조정되며, 모델링 및 조정은 온도 범위와 재결빙 시간이 미리 설정된 한계 내에 있게 될 때까지 반복된다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

얼음의 계면층을 녹이기 위하여 단위 면적당 일정한 전력을 생성하도록 구성되는 두께 프로파일(profile)에 의해 특징지어지는 적어도 하나의 복합 형상을 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙(deicing) 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

전력 공급 장치와, 상기 복합 형상으로부터 상기 전력 공급 장치를 선택적으로 연결 및 차단하는 스위치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복합 형상은 하나의 원뿔(cone)을 포함하고, 상기 원뿔의 두께(t)는 다음의 식에 따라 변하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot x^2 \cdot \tan^2(\theta) \cdot W}$$

(여기에서, 상기 원뿔은 x축에 따른 선형 치수 x와 x축에 대한 각도 θ 에 의해 특징지어지며, 상기 전력 공급 장치는 단위 면적당 전력 W를 제공하기 위하여 전류 I_0 를 공급한다.)

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 복합 형상은 하나의 구(sphere)를 포함하고, 상기 구의 두께(t)는 다음의 식에 따라 변하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot R^2 \cdot \sin^2(\theta) \cdot W}$$

(여기에서, 상기 구는 반지름 R과 그것을 따라 전원이 공급되는 축에 대한 각도 θ 에 의해 특징지어지며, 상기 전력 공급 장치는 단위 면적당 전력 W를 제공하기 위하여 전류 I_0 를 공급한다.)

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 복합 형상은 하나의 크레센트(crescent)를 포함하고, 상기 크레센트의 두께(t)는 다음의 식에 따라 변하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot R^2(x) \cdot W}$$

(여기에서, 상기 크레센트는 선형 치수 x와 오프셋 값 R(x)에 의해 특징지어지며, 상기 전력 공급 장치는 단위 면적당 전력 W를 제공하기 위하여 전류 I_0 를 공급한다.)

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 복합 형상은 다이 캐스팅(die casting), 사출 성형(injection molding), 기계 가공(machining), 및 전도층의 연속 어플리케이션(application) 중의 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

청구항 7

펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법으로서,

상기 펄스 전열식 제빙 시스템의 각 형상 및 상기 형상들의 연결성(connectivity)에 크기 및 기하학적 배열(geometry)을 할당하는 단계;

각 형상에 초기 두께를 할당하는 단계;

제빙 펄스 지속 시간에 초기 추정치를 할당하는 단계;

상기 제빙 펄스 지속 시간 및 각 형상의 상기 두께에 근거하여 각 형상의 표면상의 온도 분포를 모델링하는 단계;

상기 제빙 펄스의 인가(application) 후에, 각 형상에 대한 재결빙 시간을 결정하는 단계;

만일 상기 모델링된 온도 분포가 요구되는 허용 오차 범위 내에 있지 않으면, 상기 모델링된 온도 분포에 근거하여 각 형상의 두께를 조정하는 단계;

상기 결정된 재결빙 시간에 근거하여 상기 제빙 펄스 지속 시간을 조정하는 단계; 및

만일 상기 결정된 재결빙 시간이 정해진 한계 내에 있지 않으면, 상기 온도 분포가 상기 요구되는 허용 오차 범위 내에 있고, 상기 재결빙 시간이 정해진 한계 내에 있게 될 때까지 상기 모델링, 결정, 조정단계를 반복하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 두께를 조정하는 단계는,

상기 온도 분포가 상기 요구되는 허용 오차 범위보다 높은 곳의 상기 형상의 상기 두께를 증가시키는 단계; 및

상기 온도 분포가 상기 요구되는 허용 오차 범위보다 낮은 곳의 상기 형상의 상기 두께를 감소시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 각 형상에 초기 두께를 할당하는 단계는 각 형상에 고정 두께를 할당하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 각 형상에 초기 두께를 할당하는 단계는 각 형상에 가변 두께를 할당하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 제빙 펄스 지속 시간을 조정하는 단계는, 상기 결정된 재결빙 시간이 정해진 한계 이상인 경우에는 상기 지속 시간을 단축시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 제빙 펄스 지속 시간을 조정하는 단계는, 상기 결정된 재결빙 시간이 정해진 한계 이하인 경우에는 상기 지속 시간을 연장하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법.

청구항 13

얼음의 계면층을 녹이기 위하여 단위 면적당 일정한 전력을 생성하도록 구성되는 두께 프로파일(profile)에 의해 특징지어지는 적어도 하나의 축방향 대칭 복합 형상을 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

전력 공급 장치와, 상기 축방향 대칭 복합 형상으로부터 상기 전력 공급 장치를 선택적으로 연결 및 차단하는 스위치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 축방향 대칭 복합 형상은 하나의 원뿔(cone)을 포함하고, 상기 원뿔의 두께(t)는 다음의 식에 따라 변하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot x^2 \cdot \tan^2(\theta) \cdot W}$$

(여기에서, 상기 원뿔은 x축에 따른 선형 치수 x와 x축에 대한 각도 θ 에 의해 특징지어지며, 상기 전력 공급 장치는 단위 면적당 전력 W를 제공하기 위하여 전류 I_0 를 공급한다.)

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 축방향 대칭 복합 형상은 하나의 구(sphere)를 포함하고, 상기 구의 두께(t)는 다음의 식에 따라 변하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot R^2 \cdot \sin^2(\theta) \cdot W}$$

(여기에서, 상기 구는 반지름 R과 그것을 따라 전원이 공급되는 축에 대한 각도 θ 에 의해 특징지어지며, 상기 전력 공급 장치는 단위 면적당 전력 W를 제공하기 위하여 전류 I_0 를 공급한다.)

청구항 17

제13항에 있어서,

상기 축방향 대칭 복합 형상은 하나의 크레센트(crescent)를 포함하고, 상기 크레센트의 두께(t)는 다음의 식에 따라 변하는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot R^2(x) \cdot W}$$

(여기에서, 상기 크레센트는 선형 치수 x와 오프셋 값 R(x)에 의해 특징지어지며, 상기 전력 공급 장치는 단위

면적당 전력 W 를 제공하기 위하여 전류 I_0 를 공급한다.)

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 축방향 대칭 복합 형상은 다이 캐스팅(die casting), 사출 성형(injection molding), 기계 가공(machining), 및 전도층의 연속 어플리케이션 중의 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 펄스 전열식 제빙 장치.

명세서

기술분야

<1> <관련 출원>

<2> 이 출원은 2006.05.22에 출원된, 공동 소유의 출원 계류중인 미국 임시 특허 출원번호 60/802,407에 대한 우선권의 지위를 주장한다. 이 출원은 또한, 미국 임시 특허 출원번호들, 2005.01.24에 출원된 60/646,394, 2005.01.25에 출원된 60/646,932, 2005.11.23에 출원된 60/739,506에 대한 우선권의 지위를 주장하는, 2006.01.24에 출원된 공동 소유의 출원 계류중인 PCT/US2006/002283의 일부 계속 출원이다. 이 출원은 또한, 2004.06.22에 출원된 출원번호 60/581,912, 2005.01.24에 출원된 출원번호 60/646,394, 2005.01.25에 출원된 출원번호 60/646,932의 미국 임시 특허 출원들에 대한 우선권의 지위를 주장하는, 2005.06.22에 출원된 PCT/US2005/022035에 대해 다시 우선권의 지위를 주장하는 2006.12.22에 출원된, 공동 소유의 출원 계류중인 미국 특허 출원번호 11/571,231의 일부 계속 출원이다. 이 출원은 또한, 2004.09.10에 출원된, 지금은 등록 특허 7,034,257이 된 미국 특허 출원번호 10/939,289에 대한 우선권의 지위를 주장하는 2006.01.24에 출원된, 공동 소유의 출원 계류중인 미국 특허 출원번호 11/338,239의 일부 계속 출원이다. 상기 등록 특허 7,034,257은 2002.02.11에 출원된 출원번호 60/646,394, 2002.07.23에 출원된 출원번호 60/398,004, 2002.08.21에 출원된 출원번호 60/404,872의 미국 임시 특허 출원들에 대한 우선권의 지위를 주장하는 2003.02.11에 출원된, 지금은 미국 특허 6,870,139이 된 미국 특허 출원번호 10/364,438에 대한 우선권의 지위를 주장하는 분할 출원이다. 상기 확인된 모든 특허 출원들은 여기에 참고로 삽입된다.

배경기술

<3> 전기적으로 발생된 열(주울 열)로 얼음을 녹이거나 떼어내는 제빙(除氷)은 많은 응용 장치들을 갖는다. 이런 응용 장치들 중의 몇몇은 얼음 및/또는 그 얼음이 부착된 물체에 가해지는 에너지를 최소화하는 것으로부터 이익을 얻는다. 예를 들면, 얼음을 녹이거나 적어도 떼어내기 위해 필요한 것보다 더 많은 열을 생성하는 것은 과도한 에너지의 소비를 필요로 한다. 얼음 제조나 냉동 장비의 제빙(deicing)에 있어서와 같은 몇몇 장치들에서, 얼음을 떼어내는데 있어서의 여분의 에너지의 소비는 특히 불리하다; 얼음을 녹이는 에너지가 소비될뿐만 아니라, 그 얼음이 제거된 시스템의 일부분을 냉각 시스템으로 재냉각하기 위하여 더 많은 에너지가 소비될 수 있다.

발명의 상세한 설명

<4> 일 실시예로서, 펄스 전열식 제빙(pulse electrothermal deicing) 장치는 얼음의 계면층을 녹이기 위하여 단위 면적당 일정한 전력을 생성하도록 구성되는 두께 프로파일(profile)에 의해 특징지워지는 적어도 하나의 복합 형상을 포함한다.

<5> 일 실시예로서, 펄스 전열식 제빙 시스템을 위한 복합 형상의 두께 최적화 방법은, 상기 펄스 전열식 제빙 시스템의 각 형상 및 상기 형상들의 연결성(connectivity)에 크기 및 기하학적 배열을 할당하는 단계; 각 형상에 초기 두께를 할당하는 단계; 제빙 펄스 지속 시간에 초기 추정치를 할당하는 단계; 상기 제빙 펄스 지속 시간 및 각 형상의 상기 두께에 근거하여 각 형상의 표면상의 온도 분포를 모델링하는 단계; 상기 제빙 펄스의 인가(application) 후에, 각 형상에 대한 재결빙 시간을 결정하는 단계; 만일 상기 모델링된 온도 분포가 요구되는 허용 오차 범위 내에 있지 않으면, 상기 모델링된 온도 분포에 근거하여 각 형상의 두께를 조정하는 단계; 상기 결정된 재결빙 시간에 근거하여 상기 제빙 펄스 지속 시간을 조정하는 단계; 및 만일 상기 결정된 재결빙 시간이 정해진 한계 내에 있지 않으면, 상기 온도 분포가 상기 요구되는 허용 오차 범위 내에 있고, 상기 재결빙 시

간이 정해진 한계 내에 있게 될 때까지 상기 모델링, 결정, 조정단계를 반복하는 단계를 포함한다.

<6> 일 실시예로서, 펄스 전열식 제빙 장치는 얼음의 계면층을 녹이기 위하여 단위 면적당 일정한 전력을 생성하도록 구성되는 두께 프로파일(profile)에 의해 특징지워지는 적어도 하나의 축방향 대칭 복합 형상을 포함한다.

실시예

<14> 펄스 전열식 제빙(PETD)은 적어도 얼음의 계면층을 녹임으로써 물체로부터 얼음을 분리하기 위하여 이용될 수 있다. 여기에 사용된 바와 같이, "얼음(ice)"이라는 용어는 혼합된 물질이 들어있거나 들어있지 않은, 얼음, 눈, 서리와 다른 형태의 얼어있는 물 중의 무엇이든지를 말한다. "얼음의 계면층"은 물체에 아주 근접한 얇은 층을 말한다. 얼음의 계면 층의 용해(melting)는 일반적으로 물체로부터 거대 얼음(bulk ice)(즉, 얼음의 녹지 않은 부분)를 떼어놓는데 충분하다. 얼음의 계면층은 약 5cm 이하, 바람직하게는 약 3cm 이하, 더 바람직하게는 약 1cm에서 1μm사이, 가장 바람직하게는 1mm에서 1μm사이의 두께를 가질 수 있다. 계면 얼음을 가열하기 위해 인가된 열이 그 계면 얼음과 접촉하는 물체의 일부를 또한 가열한다는 것을 이해할 것이다. 열이 물체 및/또는 얼음 내부 5cm 이하의 거리까지, 바람직하게는 물체 및/또는 얼음 내부 3cm 이하, 더 바람직하게는 물체 및/또는 얼음 내부 약 1cm에서 1μm사이, 가장 바람직하게는 물체 및/또는 얼음 내부 약 1mm에서 1μm사이의 거리까지 발산하는 것이 바람직하다.

<15> PETD 중에 소비되는 에너지는 일정하게 녹은 계면층을 제공함으로써 유리하게 최소화된다. 과도하게 두꺼운 녹은 계면층들은 더 높은 제빙 온도에 대응하고, 그 제빙 프로세스에서 낭비된 에너지를 나타낸다. 즉, 물체로부터 거대 얼음을 분리하는데 필요한 것보다 더 많은 에너지가 인가된 것이다. 예를 들면, 얼음 제조기(icemaker)에서, 제빙(deicing) 중에 생성된 "핫 스팟(hot spot)"은 제빙 후, 얼음 제조가 그 점(spot)에서 다시 시작되기 전에, 재냉각을 필요로 한다. 이것은 필요한 것보다 더 많은 의도된 산물들을 녹임으로써 얼음 제조 공정의 수율을 낮춘다. 너무 얇은 녹은 계면층은 얼음이 제거될 수 있기 전에 거대 얼음이 재결빙될 위험이 있다.

<16> 제빙을 위한 에너지 소비를 최적화하기 위하여, PETD를 활용하는 장치는 계면 얼음 층의 표면적 당 대략 일정한 가열 전력(heating power) 밀도를 제공하여야 한다. 그러나, 표면적 당 일정한 가열 전력 밀도는 제빙될 물체가 복합 형상을 가지는 경우에는 목적을 이루기가 어려울 수 있다. 여기에 사용된 바와 같이, "복합 형상(complex shape)"은 하나 이상의 균일하지 않은 두께의 벽을 가지는 물체의 일부를 말한다. 복합 형상은 "두께 프로파일(thickness profile)"로 설명될 수 있고, 두께 프로파일은 거리를 넘어 벽의 두께를 정의한다(예를 들면, 물체 위의 한 점에서부터 물체 위의 다른 점까지).

<17> 물체의 가열층은 고유저항(electrical resistivity) ρ와 두께 t에 의해 특징 지워진다. 단위 면적당 가열 전력 W이 인가되면, 다음의 관계식이 적용된다.

$$W = E \cdot I_s = \frac{E^2 \cdot t}{\rho} = \frac{\rho \cdot I_s^2}{t} \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

<18> 여기에서, E는 전류 밀도 I_s(A/m)의 인가에 의하여 가열층을 통해 전개된 전기장의 세기(V/m)이다. 가열층의 다양한 부분에서 W를 일정하게 유지하기 위하여 다음의 관계식이 더 적용된다.

$$t = \frac{W \cdot \rho}{E^2} \text{ or } t = \frac{\rho \cdot I_s^2}{W} \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

<21> 식(2)는 물체 두께에 의거한 가열층의 열용량의 의존 관계를 고려하지 않기 때문에 대략적이다.

<22> 그러나 열용량은 하부 구조인 얼음의 열용량, 및 녹은 계면 얼음층의 잠열과 비교하여 총 PETD 에너지 요구(requirement)에 있어서 대개 매우 작은 조항이기 때문에 식(2)는 매우 유용하다.

<23> 도 1은 평판(40(1))을 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치(10(1))를 보여준다. 도 1은 일정한 비율로 도시되지 않았을 수 있다. 전력 공급 장치(20(1))는 제빙을 위한 전력을 플레이트(40(1))에 공급하기 위하여 스위치(30(1))를 통해 평판(40(1))에 연결된다. 평판(40(1))의 길이 L과 두께 t는 도 1에 나타나 있다. 전력 공급 장

치(20(1))가 전압 V를 공급하는 경우, 전력 공급 장치(20(1))에 의해 공급된 전력 W는 단위 면적당 전력의 식으로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$W = \frac{V^2 \cdot t}{\rho \cdot L^2} \dots\dots\dots \text{식(3)}$$

<24>

도 2는 실린더(40(2))를 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치(10(2))를 보여준다. 도 2는 일정한 비율로 도시되지 않았을 수 있다. 전력 공급 장치(20(2))는 제빙을 위한 전력을 실린더(40(2))에 공급하기 위하여 스위치(30(2))를 통해 실린더(40(2))에 연결된다. 실린더(40(2))의 길이 L과 두께 t는 도 2에 나타나 있다. 전력 공급 장치(20(2))가 전압 V를 공급하는 경우, 전력 공급 장치(20(2))에 의해 공급된 전력 W는 식(3)에 나타난 바와 같은 단위 면적당 전력에 의하여 표현될 수 있고 그것은 일정한 두께를 가지는 물체를 설명한다.

<25>

도 3은 원뿔(cone)(40(3))을 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치(10(3))의 단면을 보여준다. 도 3은 일정한 비율로 도시되지 않았을 수 있다. 전력 공급 장치(20(3))는 제빙을 위한 전력을 원뿔(40(3))에 공급하기 위하여 스위치(30(3))를 통해 연결된다. 선형 치수 x, x축에 대한 각도 θ , 및 원뿔(40(3))의 두께 t는 도 3에 나타나 있다. 두께 t는 원뿔(40(3))의 x축에 따른 위치에 따라 변한다는 것을 유의해야 한다. 전력 공급 장치(20(3))가 전압 V 및 전류 I_0 를 공급하는 경우, 단위 면적당 일정한 전력 W를 제공하기 위해 요구되는 두께 t는 다음과 같이 표현될 수 있다.

<26>

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot x^2 \cdot \tan^2(\theta) \cdot W} \dots\dots\dots \text{식(4)}$$

<27>

도 4는 구(sphere)(40(4))를 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치(10(3))의 단면을 보여준다. 도 4는 일정한 비율로 도시되지 않았을 수 있다. 전력 공급 장치(20(4))는 제빙을 위한 전력을 구(40(4))에 공급하기 위하여 스위치(30(4))를 통해 구(40(4))에 연결된다. 반지름 R, 그것을 따라 전력이 공급되는 축에 대한 각도 θ , 및 구(40(4))의 두께 t는 도 4에 나타나 있다. 구(40(4))의 두께 t는 각도 θ 에 따라 변한다는 것을 유의해야 한다. 전력 공급 장치(20(4))가 전압 V 및 전류 I_0 를 공급하는 경우, 단위 면적당 일정한 전력 W를 제공하기 위해 요구되는 두께 t는 다음과 같이 표현될 수 있다.

<28>

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot R^2 \cdot \sin^2(\theta) \cdot W} \dots\dots\dots \text{식(5)}$$

<29>

도 5는 크레센트(crescent)(40(5))를 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치(10(3))를 보여준다. 도 5는 일정한 비율로 도시되지 않았을 수 있다. 크레센트(40(5))는 회전축에 대한 선의 회전에 의해 생성될 수 있다. 이러한 형상들은 예를 들면, 형상이 (1)액체 상태의 물로 가득차거나, (2)물이 얼어서 얼음을 형성할 때까지 냉각되거나, (3)얼음이 아래쪽으로 대면하도록 회전하거나, (4)그 형상으로부터 얼음을 분리시키기 위하여 제빙 펄스로 가열되는 얼음 제조기에 유용할 수 있다. 전력 공급 장치(20(5))는 제빙을 위한 전력을 크레센트(40(5))에 공급하기 위하여 스위치(30(3))를 통해 연결된다. 선형 치수 x, x축 상의 위치 함수인 오프셋 값R(x), 및 크레센트(40(5))의 두께 t는 도 5에 나타나 있다. 형상의 두께 t는 R(x)에 따라 변한다는 것을 유의해야 한다. 만일 전력 공급 장치(20(5))가 전압 V 및 전류 I_0 를 공급하면, 단위 면적당 일정한 전력 W를 제공하기 위해 요구되는 두께 t는 다음과 같이 표현될 수 있다고 설명될 수 있다.

<30>

$$t = \frac{\rho \cdot I_0^2}{4\pi^2 \cdot R^2(x) \cdot W} \dots\dots\dots \text{식(6)}$$

<31>

상기 설명된 형상들(40) 중의 어느 것이든지 제조하기 위하여, 제한되지는 않지만, 다이 캐스팅(die casting), 사출 성형(injection molding), 전도성 페인트(conductive paint)나 다른 코팅(coating)재의 연속적 어플리케이션

<32>

이션(application), 기계 가공(machining) 등을 포함하는 여러기술들이 활용될 수 있다.

<33> 도 6은 가정용(residential) 얼음 제조기의 아이스 트레이(ice tray)의 렌디션(rendition)을 보여준다. 아이스 트레이(50)를 이용하는 얼음 제조기는 CoolPolymers사의 E5101과 같은 열 전도성 및 전기 전도성 복합 재료로 만들어질 수 있다. 아이스 트레이(50)의 내부 형상(40(6))은 축 방향으로 대칭이다. 얼음을 형성하기 위하여, 트레이(50)는 내부 형상(40(6))이 위로 향한 상태로 배치된다. 그리고나서 트레이(50)는 물로 채워진다. 물이 얼음으로 언 후에, 트레이(50)는 그것의 장축에 대해 약 120° 회전되며, 전력의 2초 펄스(two second pulse)가 트레이(50)의 단자 양단 60(1), 60(2)상에 배치된 구리 버스 바(copper bus bars)들을 거쳐 인가된다. 전력(electrical power)은 얼음의 녹는점 바로 위의 온도까지 트레이(50)를 균일하게 가열하여, 얼음의 계면층을 녹인다. 그러면 얼음은 트레이(50)에서 미끄러져 떨어져 나와 수집통(미도시) 속으로 들어간다. 트레이(50)는 복합, 가변 두께를 포함한다는 것이 이해된다. 두께는 식(6)을 이용하여 계산될 수 있으며, 그 두께는 이하에 설명되는 방법에 따라서, 코너와 같은 일정한 위치에서 조정될 수 있다.

<34> 도 7은 PETD 시스템 설계에 있어서, 전도성 복합 형상의 두께를 최적화하는 하나의 대표적인 방법(100)을 나타내는 흐름도이다. 도 7에 도시된 몇몇 혹은 모든 단계는 소프트웨어 명령의 제어하에 컴퓨터로 수행될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또는 선택적으로, 도 7의 몇몇 혹은 모든 단계는 인간에 의해 수행될 수 있다. 단계 102에서, 방법(100)은 제빙 시스템의 각 형상, 및 그 형상들 간의 연결에 크기 및 기하학적 배열(geometry) 타입을 할당한다. 단계 104에서, 방법(100)은 각 형상에 초기 두께 설정(initial thickness configuration)을 할당한다. 이러한 설정은 고정 두께(예를 들면, 도 1 과 도 2, 및 식 (3)에 나타내어진 바와 같은) 및/또는 형상이 복합적인 경우에 위치 및/또는 각도(도 3-5 및 식 (4)-(6)에 나타내어진 바와 같은)의 함수로서 변하는 두께를 포함할 수 있다. 단계 106에서, 공급되는 전압이나 전류, 제빙 펄스 지속시간(deicing pulse duration)의 초기 추정치(initial estimate)와 같은 제빙 펄스 파라미터(deicing pulse parameters)들이 할당된다. 단계 108에서, 특정 제빙 펄스를 통해 특정 형상에 대하여 얻은 온도 분포, 온도 범위 및 재결빙 시간이 결정된다. 예를 들면, 단계 108은 Comsol사의 FEMLAB 3.1과 같은 패키지(package)를 사용하는 유한요소법(finite element method) 모델링을 활용하여 수행될 수 있다. 단계 110은 온도 범위(temperature range)가 특정 허용 오차 범위(tolerance) 내에 있는지 여부를 판별하는 판별 단계이다. 온도 범위가 특정 허용 오차 범위 바깥이라면(즉, 제빙 펄스에 의해 생성되는 최저 온도와 최고 온도 간의 요구되는 차이보다 더 큰 차이가 있다.), 형상들은 그 형상의 모델링된 온도가 너무 높거나 너무 낮은지에 따라서 단계 112 및 114에서 각각 두꺼워지거나 얇아진다. 단계 116은 판별 단계이다. 단계 116에서, 재결빙 시간은 특정 최소 및 최대 한계에 비교된다. 재결빙 시간이 너무 짧으면(즉, 특정 최소 한계 이하), 단계 118에서 제빙 펄스는 연장된다. 재결빙 시간이 너무 길면, 단계 120에서 제빙 펄스는 단축된다. 제빙 펄스의 전력 파라미터들은 제빙 펄스의 지속 시간을 변화시키는 것 대신에 또는 제빙 펄스의 지속 시간을 변화시키는 것에 더하여, 더 많은 혹은 더 적은 전력을 제공하도록 하는 것과 같이, 수정될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 만약 형상 두께와 재결빙 시간 중의 어느 하나가 단계 112, 114, 118 및/또는 120에서 변하면 방법은 단계 108로 돌아간다. 그렇지 않다면, 방법은 단계 122에서 종료되며 한 세트의 최적화된 두께와 제빙 펄스 파라미터를 산출한다.

<35> 상기 설명된 변경들이나 다른 변경들이 본 발명의 범위를 넘지 않는다면 여기에 설명된 복합 형상에 대한 펄스 전열식 제빙기와 관련 방법들로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 복합 형상의, 두께에 대립하는 것으로서, 가열에 있어서의 변화는 전기 저항률을 변경시킴으로써 제공될 수 있다. 여기에 설명된 원리들은 냉각용 증발기 플레이트나 주기적인 제빙을 필요로 하는 냉방 시스템(air conditioning system)과 같은 구성에도 응용 가능하다. 따라서, 상기 설명에 포함되거나 첨부된 도면에 도시된 사항들은 예시적인 것으로 해석되어야 하고, 제한하는 의미로 해석되어서는 아니된다는 것을 유의해야 한다. 다음의 청구항들은, 그것들이 언어상 그 사이에 속하는 것으로 일컬어질 수 있는 본 방법 및 시스템의 범위의 모든 진술들뿐만 아니라 여기에 설명된 모든 일반적이고 특수한 특징들을 망라하도록 의도된다.

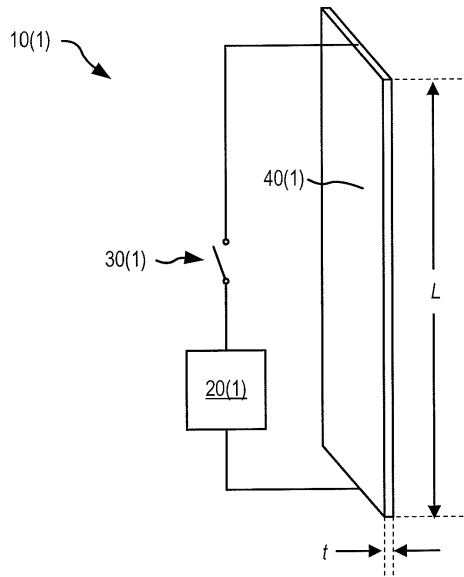
도면의 간단한 설명

- <7> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 평판을 포함하는 하나의 대표적인(exemplary) 펄스 전열식 제빙(pulse electrothermal deicing: PETD) 장치를 보여준다.
- <8> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 실린더를 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치를 보여준다.
- <9> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 원뿔(cone)을 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치를 보여준다.
- <10> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 구(sphere)를 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치를 보여준다.

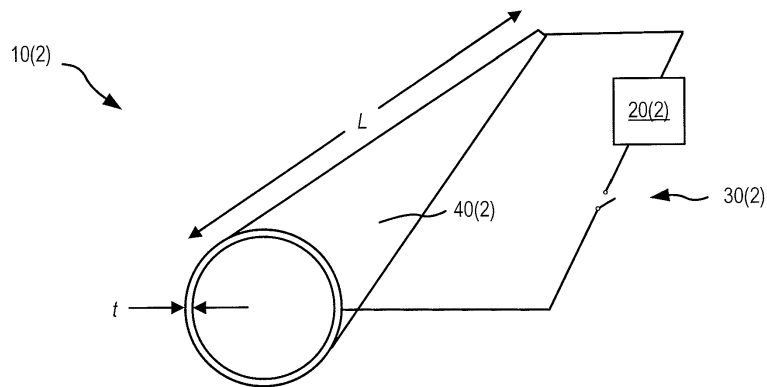
- <11> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 크레센트(crescent)를 포함하는 하나의 대표적인 PETD 장치를 보여준다.
- <12> 도 6은 축방향 대칭 형상을 가지는 대표적인 가정용(residential) 얼음 제조기(icemaker)용 아이스 트레이(ice tray)의 렌디션(rendition)을 보여준다.
- <13> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 PETD 시스템 설계에 있어서, 전도성 복합 형상들의 두께를 최적화하는 대표적인 방법을 보여주는 흐름도이다.

도면

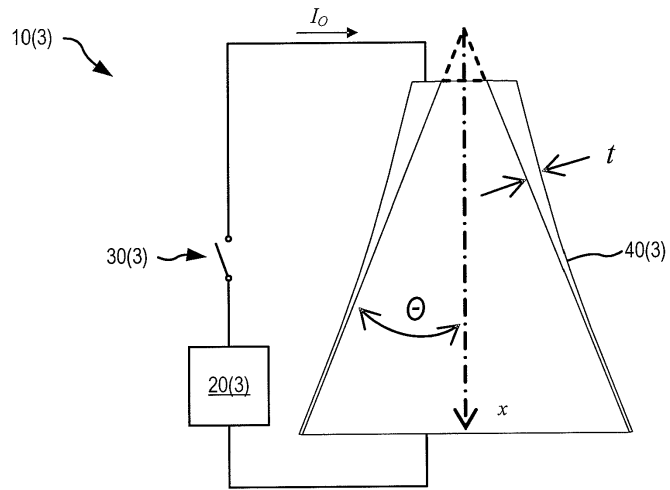
도면1



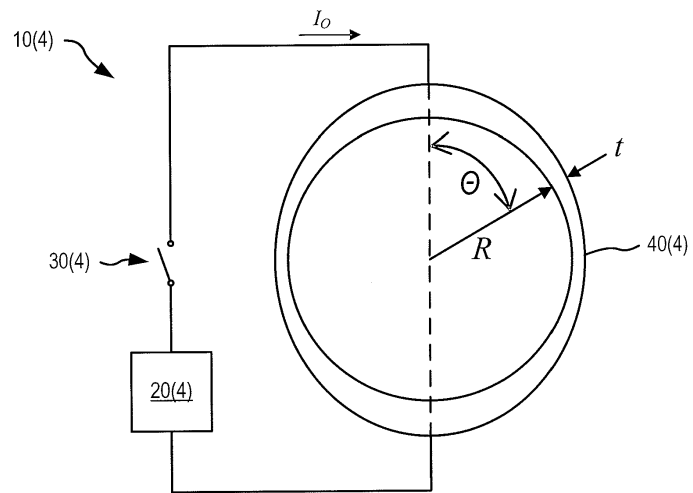
도면2



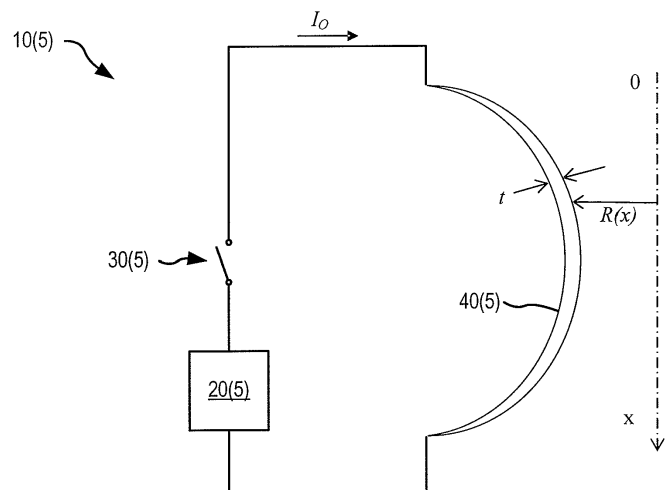
도면3



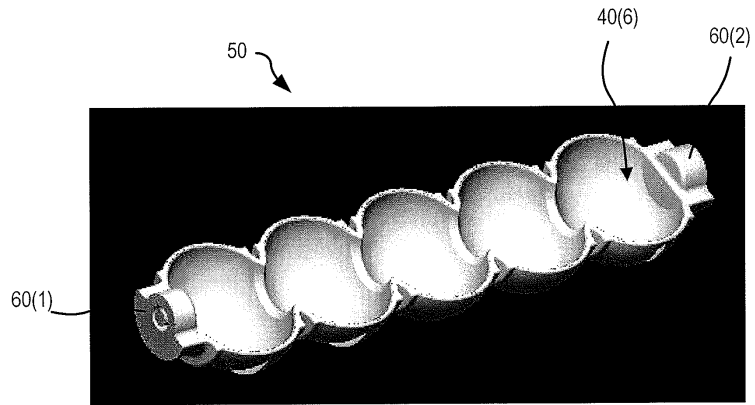
도면4



도면5



도면6



도면7

