



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0133994
 (43) 공개일자 2010년12월22일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) Int. Cl.
 <i>H01B 12/06</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2010-7021625
 (22) 출원일자(국제출원일자) 2009년03월30일
 심사청구일자 없음
 (85) 번역문제출일자 2010년09월28일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2009/038796
 (87) 국제공개번호 WO 2009/134567
 국제공개일자 2009년11월05일
 (30) 우선권주장
 61/040,675 2008년03월30일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
 힐스 인크.
 미국 플로리다주 32904, 웨스트 멜버른, 엘리스 로드 7785</p> <p>(72) 발명자
 윌키 아놀드 이.
 미국 플로리다 32952 메리트 아일랜드 트로피컬 트레일 7850 S.
 쉐러 벤자민
 미국 플로리다 32903 인디알랜틱 #601, 하이웨이 아이아 1835
 해거드 제프리 에스.
 미국 플로리다 32926 코코아 엠버 레인 560</p> <p>(74) 대리인
 특허법인지명</p> |
|--|--|

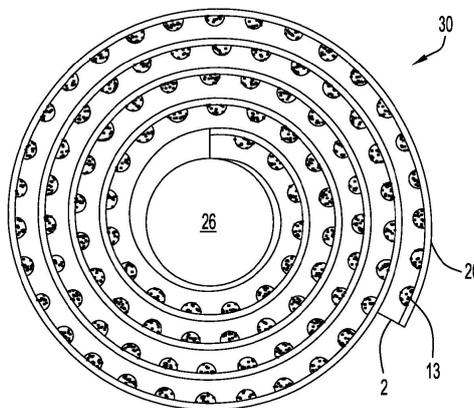
전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 초전도 와이어 및 케이블, 초전도 와이어 및 케이블을 제조하기 위한 방법

(57) 요약

기관 내에 상기 기관의 표면을 따라서 채널을 형성하는 단계와, 상기 기관의 상기 채널 내에 초전도체 물질 및 초전도체 물질의 전구체 중 하나를 포함하는 물질을 부착하는 단계와, 상기 기관 내의 상기 채널 내의 실체를 열처리하여 단일 응집 구조로서 형성되는 신장된 초전도 와이어를 형성하는 단계에 의해서 초전도체 구조가 제조된다. 상기 기관은 또한 초전도체 와이어를 그 내부에 가지는 복수의 채널들을 포함할 수 있다. 또한, 서로에 대해서 서로 다른 공간 위치로 배열되는 개별적인 초전도체 와이어의 번들을 포함하는 케이블이 형성될 수 있다.

대표도 - 도7



특허청구의 범위

청구항 1

초전도체 기판을 형성하는 방법으로서,

기판 내에 상기 기판의 표면을 따라서 채널을 형성하는 단계와,

상기 기판의 상기 채널 내에 초전도체 물질 및 초전도체 물질의 전구체(precursor) 중 하나를 포함하는 물질을 부착하는(depositing) 단계와,

상기 기판의 상기 채널 내의 실체(substance)를 열처리하여, 단일 응집(single, cohesive) 구조를 포함하는 신장된(elongated) 초전도 와이어를 형성하는 단계

를 포함하는 초전도체 기판을 형성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 물질은 분말(powder) 형태로 부착되는 것인 초전도체 기판을 형성하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 초전도 와이어는 이붕소마그네슘을 포함하는 것인 초전도체 기판을 형성하는 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 물질은 붕소 분말과 결합된 마그네슘 분말을 포함하는 것이고,

상기 실체는 상기 채널 내에서 열처리되어서 이붕소마그네슘을 포함하는 상기 초전도 와이어를 형성하는 것인 초전도체 기판을 형성하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

복수의 채널이 상기 기판 내에서 형성되고,

상기 물질이 상기 복수의 채널 내에서 부착되고 열처리되어서 복수의 신장된 초전도체 와이어를 형성하는 것이고, 각 초전도체 와이어는 단일 응집 구조를 포함하는 것인 초전도체 기판을 형성하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수의 채널을 포함하는 상기 기판의 상기 표면에 대해서 제2 기판을, 상기 기판 및 상기 제2 기판 사이에 상기 복수의 채널이 내장(enclose)되도록, 고정(secure)하는 단계

를 더 포함하는 초전도체 기판을 형성하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제2 기판은 상기 제2 기판 내에 상기 제2 기판의 표면을 따라서 형성되는 복수의 제2 채널을 포함하는 것이고, 상기 복수의 제2 채널 내에서 상기 물질이 부착되고 열처리되어 초전도체 와이어를 형성하는 것이고, 상기 제2 채널 내의 각 초전도체 와이어는 단일 응집 구조를 포함하는 것인 초전도체 기판을 형성하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 기관은, 상기 제2 기관의 상기 복수의 제2 채널을 포함하는 상기 표면이 상기 제1 기관의 상기 복수의 채널을 포함하는 상기 표면과 맞물리고(engaged), 또한 적어도 상기 제2 기관의 상기 제2 채널 중 하나가 상기 제1 기관의 채널에 대해서 결합하도록 정렬되어서, 상기 기관 및 상기 제2 기관의 결합된 채널들 내에 배치되는 상기 물질로부터 단일 응집 초전도 와이어가 형성되도록, 상기 기관에 대해서 고정되는 것인 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 기관의 상기 복수의 채널 내에 배치되는 개별적인 초전도체 와이어가 회전적으로(rotationally) 및 방사상으로(radially) 서로 분리되고 또한 신장된 코어(core)의 길이 방향으로 연장(extend)하도록, 상기 신장된 코어의 주위에서(around) 상기 기관을 권선(winding)하는 것에 의해서 와이어 번들(bundle)을 형성하는 단계를 더 포함하는 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 와이어 번들의 종축(longitudinal axis)을 따라서 상기 와이어 번들을 신장하도록 상기 와이어 번들을 인발(drawing)하는 단계를

를 더 포함하는 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 신장된 코어는 전기적 전도성 물질을 포함하는 것인 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 신장된 코어는 구리를 포함하는 것이고,

상기 기관은 니켈, 철, 니켈 합금 및 철 합금 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 13

제5항에 있어서,

적어도 두 개의 초전도체 와이어를 서로 다른 섹션(section)으로 분리하도록, 두 개의 채널 사이에서 연장되지 만 횡단(traverse)하지 않는 선을 따라서 상기 기관을 섹션으로 분리하는 단계를

를 더 포함하는 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 기관은 구리, 은, 금, 백금, 팔라듐, 알루미늄, 철, 니켈, 크롬 마그네슘, 티타늄, 몰리브덴, 텅스텐 및 납 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 기관의 상기 채널 내에 상기 물질을 부착하는 단계 이전에,

상기 물질과 반응하지 않는(non-reactive) 조성물(composition)로 상기 채널의 표면 부분(portions)을 코팅하

는 단계

를 더 포함하는 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 채널은 비선형(non-linear)인 것인 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 17

제5항에 있어서,

상기 복수의 채널 및 상기 복수의 초전도체 와이어는 상기 기관의 길이 디멘션(dimension)을 따라서 실질적으로 평행한 관계로 연장되는 것이고,

상기 기관의 상기 복수의 채널 내에 배치되는 개별적인 초전도체 와이어가 회전적으로 및 방사상으로 서로 분리되고 또한 신장된 코어의 길이 방향으로 연장하도록, 상기 신장된 코어의 주위에서 상기 길이 디멘션을 횡단하게(traversely) 상기 기관을 권선하는 것에 의해서 와이어 번들을 형성하는 단계

를 더 포함하는 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 복수의 초전도체 와이어 중 적어도 하나는 상기 신장된 코어의 대향하는(opposing) 종단(end)들 사이에서 선형 방향으로 연장되는 것인 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 복수의 초전도체 와이어 중 적어도 하나는 상기 신장된 코어의 대향하는 종단들 사이에서 비선형 방향으로 연장되는 것인 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 복수의 초전도체 와이어 중 적어도 하나는 상기 신장된 코어의 주위에서 나선 형상(helical shape)을 형성하는 것인 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 21

제5항에 있어서,

상기 기관의 상기 복수의 채널 내에 배치되는 개별적인 초전도체 와이어가 회전적으로 및 방사상으로 서로 분리되고 또한 신장된 와이어 번들의 길이 방향으로 연장하도록, 상기 기관의 제1 에지(edge)로부터 상기 기관의 제2 에지로 상기 기관을 압연(rolling)하는 것에 의해서 상기 신장된 와이어 번들을 형성하는 단계

를 더 포함하는 초전도체 기관을 형성하는 방법.

청구항 22

기관으로서, 상기 기관 내에 상기 기관의 표면을 따라서 형성되는 채널을 포함하는 상기 기관과,

상기 기관의 상기 채널 내에 배치되는 신장된 초전도체 와이어로서, 상기 초전도체 와이어는 상기 채널 내에서 단일 응집 구조로서 형성되는 초전도체 물질을 포함하는 것인 신장된 상기 초전도체 와이어

를 포함하는 초전도체 구조.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 기관은 구리, 은, 금, 백금, 팔라듐, 알루미늄, 철, 니켈, 크롬 마그네슘, 티타늄, 몰리브덴, 텅스텐 및 납 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초전도체 구조.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 채널은 상기 초전도체 물질과 반응하지 않는 조성물로 코팅되는 것인 초전도체 구조.

청구항 25

제22항에 있어서,

상기 초전도체 물질은 이붕소마그네슘을 포함하는 것인 초전도체 구조.

청구항 26

제22항에 있어서,

상기 기관은 상기 기관 내에 상기 기관의 상기 표면을 따라서 형성되는 복수의 채널을 포함하는 것이고,

복수의 신장된 초전도체 와이어가 상기 기관의 상기 복수의 채널 내에 배치되는 것이고,

각 초전도체 와이어는 상기 채널 내에 단일 응집 구조로서 형성되는 초전도체 물질을 포함하는 것인 초전도체 구조.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 기관의 표면에 대해서 고정되는 제2 기관을, 상기 기관 및 상기 제2 기관 사이의 상기 복수의 채널 내에 상기 복수의 초전도체 와이어가 내장되도록, 더 포함하는 초전도체 구조.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 제2 기관은 상기 제2 기관 내에 상기 제2 기관의 표면을 따라서 형성되는 복수의 제2 채널과 상기 제2 기관의 상기 복수의 제2 채널 내에 배치되는 복수의 신장된 초전도체 와이어를 포함하는 것이고, 대응하는 제2 채널 내에 배치되는 각 초전도체 와이어는 상기 제2 채널 내에서 단일 응집 구조로서 형성되는 초전도체 물질을 포함하는 것인 초전도체 구조.

청구항 29

제22항에 있어서,

상기 채널은 비선형인 것인 초전도체 구조.

청구항 30

초전도체 케이블로서,

청구항 제26항에 기재된 상기 초전도체 구조로서, 상기 기관의 상기 복수의 채널 내에 배치되는 개별적인 초전도체 와이어가 회전적으로 및 방사상으로 서로 분리되고 또한 신장된 와이어 번들의 길이 방향으로 연장하도록, 상기 복수의 채널을 포함하는 상기 기관이 상기 기관의 제1 에지로부터 상기 기관의 제2 에지로 압연되어 상기 신장된 와이어 번들을 형성하는 것인 상기 초전도체 구조

를 포함하는 초전도체 케이블.

청구항 31

제30항에 있어서,

신장된 코어를 더 포함하고,

상기 초전도체 구조의 상기 기관은 상기 신장된 코어의 주위에서 권선되어 상기 신장된 와이어 번들을 형성하는 것인 초전도체 케이블.

청구항 32

제31항에 있어서,

상기 신장된 코어는 전기적 전도성 물질을 포함하는 초전도체 케이블.

청구항 33

제31항에 있어서,

상기 신장된 코어는 구리를 포함하는 것이고,

상기 기관은 니켈, 철, 니켈 합금 및 철 합금 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초전도체 케이블.

청구항 34

제30항에 있어서,

상기 복수의 초전도체 와이어 중 적어도 하나는 상기 신장된 코어의 대향하는 종단들 사이에서 선형 방향으로 연장되는 것인 초전도체 케이블.

청구항 35

제30항에 있어서,

상기 복수의 초전도체 와이어 중 적어도 하나는 상기 신장된 코어의 대향하는 종단들 사이에서 비선형 방향으로 연장되는 것인 초전도체 케이블.

청구항 36

제30항에 있어서,

상기 복수의 초전도체 와이어 중 적어도 하나는 상기 신장된 코어의 주위에서 나선 형상을 형성하는 것인 초전도체 케이블.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 초전도 와이어 및 케이블을 제조하기 위한 방법 및 그 방법에 관련된 제품에 관한 것이다.

[0002] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0003] 본 출원은 2008년 3월 30일자로 출원된 "Method of Manufacturing Superconducting Wire and Cable"라는 명칭의 미국 가출원 번호 61/040,675호의 우선권을 기초로 하며, 미국 가출원 번호 61/040,675호의 명세서의 기재는 전체적으로 본원 발명의 명세서에 참조로서 병합된다.

배경기술

[0004] 초전도성은 특정 금속, 합금 및 다른 물질의 특성으로서, 전기적 저항이 매우 적거나 없는 전기적으로 전도성이 되고 또한 절대 영도에 근접하는 온도에서 반자성(diamagnetic)이 되는 특성이다. 물질이 초전도로 되기 위해서는, 물질은 해당 물질을 위한 초전도 전이(transition) 또는 임계 온도 이하로 냉각되어야 하며, 이러한 임계 온도는 물질마다 차이가 있다. 원소성 수은(elemental mercury)은 켈빈 온도 또는 절대 온도 4도(4K) 근처에서 초전도성을 나타내는 것으로 발견된 최초의 물질 중 하나이다. 초전도성은 또한 납, 주석 및 알루미늄, 다양한 금속성 합금 및 일부 고농도-도핑된(heavily-doped) 반도체 물질을 포함하는 다양한 범위의 다른 물질에서도 발생하는 것이 발견되었다. 초전도 세라믹 물질[예컨대 BSCCO(Bismuth Strontium Calcium Copper Oxide) 및 YBCO(Yttrium Barium Copper Oxide)]로 지칭되는 다른 유형의 물질은 또한 대략 30K 이상의 온도에서 초전도

특성을 가지는 것으로 밝혀져 있다.

- [0005] 최근 이붕소마그네슘(magnesium diboride, MgB₂)은 대략 39K의 온도에서 초전도 특성을 나타내는 것으로 밝혀졌다. 상대적으로 저렴하고, 또한 650℃ 부근 또는 그보다 높은 온도에서 붕소와 마그네슘 분말 사이의 고온 반응에 의해서 합성하는 것이 용이하므로, 이붕소마그네슘은 초전도 물질의 사용을 위한 초점에서 보편화되고 있다.
- [0006] 초전도 이붕소마그네슘 와이어는 PIT(powder-in-tube) 공정(process)을 사용하여 제조될 수 있다. PIT 공정에서는, 붕소 및 마그네슘 분말의 혼합물을 금속 튜브(또는 부분적으로 형성되고 개방된 튜브로서 분말이 채워진 후 폐쇄되는 튜브)에 붓는다. 튜브는 종래의 와이어 인발(wire drawing) 기술에 의해서 지름이 이후에(subsequently) 감소된다. 튜브는 이후 반응 온도까지 가열되어, 튜브 내에 MgB₂가 형성된다. 대안적으로, 튜브는 MgB₂ 분말로 채워질 수 있고, 이후 인발 공정에 의해서 지름이 감소되며, 이후 상승된 온도에서 소결(sinter)될 수 있다. MgB₂를 가지며 인발된(drawn) 튜브는 선택된 지름을 가지는 와이어를 형성한다. 다수의 이러한 MgB₂ 와이어는 더 큰 지름을 가지는 튜브 내에 들어맞게(fit) 할 수 있어서, 동일한 대체적으로(general) 길이(longitudinal) 방향으로 연장(extend)되는 와이어 번들(bundle)을 포함하는 케이블을 형성할 수 있고, 따라서 케이블 내내(though) 연장된 초전도 MgB₂의 소형 필라멘트를 제공할 수 있다. 초전도 파이버 및 이러한 파이버를 포함하는 케이블을 형성하는 예가 미국 특허 6,687,975호에 개시되어 있다.
- [0007] 초전도 와이어의 번들을 포함하는 케이블을 형성하기 위한 PIT 공정은 번거롭고 비싸다. 또한 MgB₂가 상당히 불안정한 물질이므로, 초전도 와이어를 위해서 얻는 충분한 지름을 가지도록 개별적인 와이어를 인발하는 것은 매우 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 따라서 초전도 와이어 및 초전도 와이어 번들을 포함하는 케이블을 형성하기 위한 개선된 공정을 제공하는 것이 바람직하다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 초전도체 기관을 형성하는 방법으로서, 기관 내에 상기 기관의 표면을 따라서 채널을 형성하는 단계와, 상기 기관의 상기 채널 내에 초전도체 물질 및 초전도체 물질의 전구체(precursor) 중 하나를 포함하는 물질을 부착하는(depositing) 단계와, 상기 기관의 상기 채널 내의 실체(substance)를 열처리하여, 단일 응집(single, cohesive) 구조를 포함하는 신장된(elongated) 초전도 와이어를 형성하는 단계를 포함하는 초전도체 기관을 형성하는 방법이 제공된다.
- [0010] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 기관으로서, 상기 기관 내에 상기 기관의 표면을 따라서 형성되는 채널을 포함하는 상기 기관과, 상기 기관의 상기 채널 내에 배치되는 신장된 초전도체 와이어로서, 상기 초전도체 와이어는 상기 채널 내에서 단일 응집 구조로서 형성되는 초전도체 물질을 포함하는 것인 신장된 상기 초전도체 와이어를 포함하는 초전도체 구조가 제공된다.
- [0011] 기관은 초전도체 물질로부터 형성되는 초전도체 와이어를 각각 포함하는 복수의 채널과 함께 형성될 수 있다. 일 실시예에서는, 초전도체 와이어는 이붕소마그네슘을 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 서로에 대해서 서로 다른 공간 위치에서 배열되는(arranged) 개별적인 초전도체 와이어의 번들을 포함하는 케이블이 형성된다. 일 실시예에서는, 상기 기관의 상기 복수의 채널 내에 배치되는 개별적인 초전도체 와이어가 회전적으로 및 방사상으로 서로 분리되고 또한 신장된 코어의 길이 방향으로 연장하도록, 신장된 코어의 주위에서 상기 복수의 채널을 포함하는 상기 기관을 권선하는(winding) 것에 의해서, 케이블은 형성될 수 있다. 다른 실시예에서는, 초전도 케이블은 코어의 주위에서 권선하는 것 대신에, 기관을 압연(rolling)하거나 기관 상에 권선하는 것에 의해서 형성될 수도 있다. 또 다른 실시예에서는, 복수의 초전도체 와이어가 내부에 배치되는 복수의 채널을 포함하는 복수의 기관이 서로 적층(stack)될 수도 있다.
- [0013] 본 발명은 복수의 초전도체 와이어를 동시에 형성하고 또한 초전도체 케이블을 위한 와이어의 번들을 형성하기 위한 용이하면서도 효율적인 방법을 제공한다.

[0014] 본 발명에 대해서 진술한 특징 및 장점과 보다 구체적인 특징 및 장점은 다음의 특정한 실시예들에 대한 정의, 설명 및 도면을 참조로 하면 명확하게 될 것이다. 다양한 도면에서 유사한 참조 번호는 유사한 구성 요소를 지정하는 데 사용된다. 이하에서 본 발명에 대해서 상세하게 설명하므로, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 명세서에 기재된 설명을 기초로 다양하게 변형할 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면 복수의 초전도체 와이어를 동시에 형성하고 또한 초전도체 케이블을 위한 와이어의 번들을 형성하기 위한 용이하면서도 효율적인 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1 내지 도 6은 기관의 횡단 디멘션(traverse dimension)을 따라서의 단면도이며, 본 발명의 일 실시예에 따른 일련(series)의 공정 단계를 도시하며, 기관은 채널들을 포함하도록 변형되고, 채널들 내에서는 초전도성 물질이 제공되거나 형성되어서, 채널들 내에서 초전도체 와이어들이 형성된다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따라서 형성된 초전도 케이블의 단면도이다.

도 8은 도 7의 초전도 케이블이 그 길이 방향을 따라서 인발되는 공정 단계를 도시하는 도면이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 층 내에 채널들을 포함하는 2층 기관의 디멘션을 따라서의 단면도이며, 2층 기관은 서로 마주보고 결합하여 채널들 내에서 초전도성 와이어들을 형성한다.

도 10은 도 9의 기관을 사용하는 본 발명의 실시예에 따라서 형성되는 초전도성 케이블의 단면도이다.

도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 기관들 중의 하나를 통하여 연장되는 채널들 내에서 초전도성 와이어들이 형성되기 위해서 사용하는 적층된 기관들의 횡단 디멘션을 따라서의 단면도이다.

도 12는 기관의 길이 디멘션을 따라서 일련의 채널들이 연장되는 본 발명의 실시예에 따라서 형성되는 기관의 평면도이다.

도 13은 초전도성 물질을 가지는 채널들을 포함하는 일련의 기관들의 횡단 디멘션을 따라서의 단면도이며, 기관들은 적층 배열로 되어 있다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 신장된 코어의 주위에서 나선형 방식으로 형성되는 복수의 초전도체 와이어를 포함하는 케이블의 측면 입면도(elevation)이다.

도 15는 서로 다른 형상의 일련의 채널들이 기관의 길이 디멘션을 따라서 연장되고 초전도성 물질로 채워진 본 발명의 실시예에 따라서 형성되는 기관의 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명에 따르면, 초전도성 와이어(초전도체 와이어로도 지칭됨) 및 초전도성 와이어의 번들(bundle)을 포함하는 케이블은 종래 그러한 와이어나 케이블을 형성하는 방법에 비해서 보다 효율적이고 덜 번거로우며 시간 소모가 적은 방식으로 형성된다. 특히 초전도성 분말이 튜브 내에 삽입되고 처리되어 초전도성 와이어를 형성하는 종래의 PIT 방법과는 현저하게 다른 방식으로 초전도성 와이어 및 케이블을 형성하기 위한 독창적인 방법이 본원에서 설명된다. 일련의 그루브(groove)들 또는 채널들이 얇은 시트(sheet), 판(plate) 또는 호일(foil) 형태로 기관 내에 형성되고, 그루브들은 초전도성 물질(또는 그루브 내에서 후속하여 처리되어 초전도성 물질을 형성하는 전구체 물질)로 채워지고, 시트는 이후 처리되어 개별적인 초전도성 와이어를 형성한다. 이하에서 보다 상세히 설명되는 일 실시예에서는, 채널들은 시트의 길이(즉, 세로로) 디멘션을 따라서 형성되고, 시트는 이후 횡단 방향으로(즉, 그 폭을 따라서) 접히거나 압연되어, 복수의 분리되고 개별적이며 서로 방사상(radial) 및 각(angular) 방향으로 이격된(spaced) 길이 방향으로 연장되는 필라멘트 또는 와이어를 가지는 초전도성 케이블을 형성한다.

[0018] 초전도성 물질에 적합한 임의의 물질도 베이스(base) 기관의 채널들 내에 제공될 수 있다. 대안적으로, 하나 이상의 전구체 물질이 채널들 내에서 처리되어 초전도성 물질을 형성할 수도 있다. 본원 명세서에서 기재되는 "초전도성 물질"이라는 용어는, 전기적 저항의 감소를 나타내는(예컨대, 저항이 0이거나 0에 매우 가까운 값을 나타내는) 물질 그리고/또는 절대 영도에 근접하는 온도(예컨대, 150K 근처의 온도)에서 반자성으로 되는 물질을 지칭하는 데 사용된다. 임의의 적합한 초전도성 물질은 본 발명에서서 초전도성 와이어 및 케이블을 형성하는

데 사용될 수 있다.

- [0019] 본 발명에 따른 초전도성 와이어 및 케이블을 형성하는 데 사용될 수 있는 저온 및 고온 초전도성 물질의 비-제한적(non-limiting)인 예는 다음을 포함한다:
- [0020] 이트륨 바륨 구리 산화물(yttrium barium copper oxide, 예컨대 $YBa_2Cu_3O_7$), 비스무스 스트론튬 칼슘 구리 산화물(bismuth strontium calcium copper oxide, 예컨대 $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$ 또는 $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$), 수은 바륨 칼슘 구리 산화물(mercury barium calcium copper oxide, 예컨대 $HgBa_2Ca_2Cu_3O_9$), 탈륨 바륨 칼슘 구리 산화물(thallium barium calcium copper oxide, 예컨대 $TlBaCaCuO$), 몰리브덴 황화물(molybdenum sulfides, 예컨대 Mo_6S_8 , $LaMo_6S$, $LaMo_6S_8$, $Cu_2Mo_6S_8$, $Yb_{1.2}Mo_6S_6$, $Pb_{0.9}Mo_6S_{7.5}$, $PbMo_6S_8$, $HoMo_6S_8$ 및 $BrMo_6S_8$), YPd_2B_2C , $ErRh_4B_4$, Sr_2RuO_4 , MoC , NbC , NbN , $NbTi$, Nb_3Sn , Nb_3Ge , ZrN , V_3Si , $CaRh_2$, $CaIr_2$, ZrV_3 , HfV_2 , 및 MgB_2 . 일 예에서, 초전도체 물질은 기관의 채널들에 입자성 물질(particulate) 또는 분말(powder) 형태로 인가될 수 있고, 이후 더 처리되어서[예컨대 소결(sintering), 또는 다른 화학적 처리 및/또는 열처리] 입자들을 서로 접촉시키거나 융합(fuse)하여, 각 채널 내에서 필라멘트 또는 와이어의 형태로 단일 응집(single, cohesive) 및 일원화된(unitary) 초전도체 물질을 형성한다. 이붕소마그네슘(MgB_2)은 MgB_2 분말을 인가하거나 또는 대안적으로 마그네슘 분말 및 붕소 분말로 인가되어서 $650^\circ C$ 근처 또는 그 이상의 온도에서 열처리되어 MgB_2 형태를 형성할 수 있는 그러한 초전도체 물질의 하나이다. 그러나, 초전도체 물질은 채널들 내의 임의의 형태 또는 형태들[예컨대 고체, 액체 및 증기 증착(vapor deposition)]로 부착(deposit)될 수 있다는 것을 주의하여야 한다. 예컨대, 특정 실시예에서는, 초전도체 물질은 기관의 채널들 내에 슬러리(slurry) 또는 페이스트(paste)의 형태로 부착될 수도 있다.
- [0021] 도핑 물질은 또한 초전도체 물질의 적절한 양과 결합될 수 있으며, 초전도체 물질의 물리적 특성 또는 전기적 성능을 증가시킬 수 있다. MgB_2 에 대해서 이러한 적절한 도핑 물질의 예는 탄화 실리콘(silicon carbide, SiC)이다.
- [0022] 채널들을 형성하기 위한 기관은 적절한 물질들 또는 그 조합을 포함할 수 있다. 예컨대, 기관 물질은 비제한적으로, 다음의 물질들로부터 형성될 수 있다: 구리, 은, 금, 백금, 팔라듐, 알루미늄, 철, 니켈, 크롬 마그네슘, 티타늄, 몰리브덴, 텅스텐, 납 및 이들의 조합으로서, 그러한 물질들로서 형성할 수 있는 합금(예컨대 스테인레스 스틸과 같은 철 합금).
- [0023] 부가적으로, 사용되는 금속 기관의 유형에 따라서, 초전도성 물질과 기관 사이의 직접 접촉 및 화학 반응 가능성을 방지하기 위해서, 기관의 적어도 한쪽 표면에, 또는 적어도 채널들을 포함하는 표면 부분들에 코팅(coating)을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 특히 기관의 채널들 내에서 초전도성 물질을 열처리하는 동안에 원하지 않는 화학 반응(예컨대 산화 반응)은 구리 기관과 MgB_2 또는 다른 초전도성 물질 사이에서 발생할 수 있다. 그러한 반응을 방지하기 위해서, MgB_2 및 구리에 대해서 비활성(inert) 또는 비-반응성(non-reactive)을 가지는 다른 물질을 기관 표면에 걸쳐서 코팅할 수 있다. 예컨대, 채널들 내에 초전도성 물질을 형성하기 위한 분말 물질을 부착하기 이전에, 채널들을 포함하는 기관 표면에 붕소 코팅을 증기 증착을 통하여(예컨대 화학적 증기 증착 처리 또는 물리적 증기 증착 처리를 통하여) 부착할 수 있다. 대안적으로, MgB_2 와의 반응으로부터 구리 기관 표면을 보호하기 위해서, 채널들을 포함하는 구리 기관의 표면은 니켈, 철, 니켈 합금 또는 철 합금(예컨대 스테인레스 스틸) 등과 같은 모두 MgB_2 와는 비-반응성인 다른 금속 물질로 코팅될 수 있다.
- [0024] 기관 내에 초전도성 필라멘트 또는 와이어를 형성하기 위한 예시적인 공정이 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명된다. 이러한 예시적인 공정에서, MgB_2 는 기관의 채널 내에 형성된 초전도성 물질이다. 그러나, 다른 초전도성 물질(또는 초전도체 물질을 형성하기 위한 전구체 물질)이 기관 채널 내에 와이어를 형성하기 위해서 사용될 수도 있다는 것을 주의하여야 한다. 기관은 스테인레스 스틸 시트를 포함한다. 그러나, 전술한 바와 같이, 기관은 다른 적절한 금속 물질, 예컨대 전술한 물질 중의 임의의 물질로부터 형성될 수도 있다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 스테인레스 스틸 베이스 시트(2)가 적절한 두께(t)로 제공된다. 시트 두께(t)는, 시트 내에 적절한 치수의 그루브들 또는 채널들을 형성하기에 적합하고 또한 추가적으로는 이하에서 설명하는 공정 단계에서 시트를 여러 섹션(section)으로 분리하거나 또는 시트를 접는(folding) 것과 같은 시트의 조작 1(manipulation)에 적합한, 임의의 적절한 치수(dimension)일 수 있다. 시트는 대략 25 마이크로미터(마이크

론)에서 대략 1,000 마이크로미터 사이의 두께를 가지는 얇은 판 또는 호일일 수 있다. 시트는 특정한 길이 디멘션(dimension)을 가질 수 있고, 또는 시트는 대안적으로 두 개의 릴(reel) 사이에 발생하는 연속적인 시트의 처리를 위해서 하나의 릴로부터 길이 방향으로 권선되어 다른 릴로 권선(winding)하기 위해서 이송되는(transported) 연속적인 시트일 수 있다.

[0026] 그루브들 또는 채널들(6)은 도 2에 도시되듯이 시트(2)의 표면 내에 형성되고, 채널들(6)의 깊이는 시트(2)의 두께(t)보다 작다. 채널들(6)은 시트의 길이 디멘션에 대해서 일반적으로(generally) 또는 실질적으로 평행한 방향으로 연장되는 일반적 또는 실질적인 선형 채널들로서 형성되고, 채널들은 시트의 폭을 따라서 서로 적절한 거리를 두고 횡단하게(traversely) 이격되어 있다. 그러나, 채널들은 또한 비-선형 구성, 예컨대 커브형(curved) 구성, 지그-재그 구성, 정현(sinusoidal) 구성 등을 포함하도록 형성되지만 이에 한정되지 않는 구성을 포함하도록 형성될 수도 있다는 것을 주의하여야 한다. 대안적으로, 채널들은 일반적으로 또는 실질적으로 선형으로, 또한 시트의 길이 디멘션을 횡단하는 방향으로(예컨대 대각선 패턴으로 정렬되는 선형 채널들이거나 또는 시트의 길이 디멘션에 대해서 수직인 선형 채널들) 연장되도록 형성될 수 있다. 시트의 표면 내의 채널들을 형성하기 위해서 사용될 수 있는 임의의 적절한 기술들은 예컨대 화학 식각(etching), 전기 방전 머시닝(machining), 레이저 머시닝 또는 식각, 밀링(milling), 압연(rolling), 스텐실링(stencilling)을 포함하지만 이에 한정되지는 않는다. 예컨대 연속적인 시트에 대해서, 종래의 임의의 또는 다른 적절한 릴-대-릴(reel-to-reel) 식각 처리가 시트의 표면 내의 채널들에 대해서 길이 방향으로 정렬된 채널들을 제공하기 위해서 사용될 수 있다.

[0027] 각 채널은 하나 또는 그 이상의 인접하는 채널들과 하나 또는 그 이상의 적절한 거리로 이격될 수 있으며, 그러한 거리는 와이어의 디멘션 그리고 그러한 와이어로 형성되는 케이블의 디멘션에 기초하여 선택될 수 있다. 부가적으로, 채널들은 적절한 폭(d_1) 및 깊이(d_2) 디멘션을 가지도록 형성될 수 있으며, 채널 디멘션은 채널들 내에 형성되는 초전도체 와이어의 원하는 디멘션에 기초하여 선택될 수 있다. 예컨대 각 채널의 폭(d_1)은 대략 20 마이크로미터에서 대략 5,000 마이크로미터까지일 수 있으며, 각 채널의 깊이(d_2)는 또한 대략 20 마이크로미터에서 대략 5,000 마이크로미터까지일 수 있다. 시트(2)의 표면 내에 형성되는 채널들(6)은 오목하고 일반적으로 반원형 단면적을 가지지만, 채널들은 또한 V-형상(V-shaped) 및 다중-페이스(multi-faceted)(예컨대 정사각형, 직사각형 또는 다각형 형상) 구성을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 다른 임의의 적절한 기하학적 구성의 단면적을 가질 수도 있다. 또한, 각 채널은 채널을 따라서 변하는(changing) 또는 서로 다른(varying) 폭, 변하는 깊이 및 변하는 단면적 디멘션 중 적어도 하나를 가지도록 형성될 수도 있다.

[0028] 마그네슘 및 붕소 분말은 기관에 형성된 채널 내에 임의의 적절한 방법으로 제공된다. 예컨대 도 3 및 도 4를 참조하면, 마그네슘 및 붕소를 포함하는(그리고 선택적으로 SiC와 같은 도핑 물질을 포함하는) 분말 혼합물(12)이 시트(2)의 채널들(6) 내 및 표면 위로 튜브 또는 퍼널(funnel)(10)을 통하여 부착되고, 잉여의 분말(12)은 이후 와이핑 블레이드(wiping blade, 14)에 의해서 표면으로부터 닦여진다(wiped). 따라서 채널들(6) 내에 분말(12)이 남아 있지만, 시트(2)의 다른 표면 부분들에서는 실질적으로 제거된다. 대안적으로, 분말은 시트의 다른 표면 부분들을 따라서는 부착을 실질적으로 억제하면서 각 채널들(6)에 직접 부착될 수도 있다. 이러한 실시예가 채널들 내에 분말 또는 입자성 물질의 형태로 부착되는 것을 나타내고 있지만, 전술한 바와 같이, 초전도성 물질은 또한 다른 형태(예컨대, 고체, 액체 및/또는 증기 증착)로 시트의 채널들 내에 부착될 수도 있다.

[0029] 분말(12)은, 두 개의 압축 롤러 사이에서 시트를 압연하거나 및/또는 다른 적절한 압밀(compaction) 장비 및 압축/압밀 기술들에 의해서, 채널들(6) 내에 압축되고(compressed) 압밀될(compact) 수 있다. 채널들 내의 시트 표면 섹션(section)들 및 분말 사이 또는 분말 내의 공기 또는 잠재적 보이드(void)를 제거하기 위해서, 채널들 내의 분말의 압밀은 바람직하게는 진공 상태에서 수행된다. 압축 후, 채널들로부터 강제된(forced) 임의의 잉여 분말은 기관 표면으로부터 제거될 수 있다[예컨대 도 4에 도시된 바와 같은 와이핑 블레이드(14)를 사용하여].

[0030] 도 5를 참조하면, 두 개의 시트들의 인접하는 표면들 사이에서 채워진 채널들을 내장(enclose)하도록, 분말(12)로 채워진 채널들(6)을 포함하는 시트(2)의 표면 위에 제2 시트(20)가 설치된다(placed). 제2 시트는, 제1 시트에 대해서 위에서 설명된 임의의 물질을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 임의의 적절한 물질로 형성될 수 있다. 도 5에 도시되듯이, 제2 시트(20)는 맞물리는(engaging) 표면 상에서 어떤 그루브들 또는 채널들도 포함하지 않지만, 대신에 시트(2)의 표면의 채널들과 맞물려서 시트(2)의 그루브들을 내장하도록 실질적으로 평탄한 표면을 포함한다. 두 개의 시트들은 또한, 두 개의 시트들 사이의 채널들의 내장 및 두 개의 시트의 상호(together) 접합(bonding)을 보강(enhance)하기 위하여, 다른 적절한 접착제(adhesive) 또는 접합 물질을 포함할 수 있다. 시트(2)가 릴(reel)로부터 펴지지 않은(unrolled) 연속적인 시트인 경우, 릴(22)로부터 펴지는 시

트(20)는, 시트(2)에 인가될 수 있어서, 도 6에 도시된 바와 같이 두 개의 압밀 롤러(24) 사이에서 시트(2)와 맞물려진다.

[0031] 도 5의 결합된 시트 구조[시트들 사이의 채널들 내에 마그네슘/붕소 분말이 밀봉(sealed)됨]는 이후 화학 반응 및 소결을 하기 위해서 [예컨대 하나 이상의 오븐이나 처리로(furnace) 내에서] 적절한 온도(예컨대 대략 650 °C 또는 그 이상에서) 적절한 시간 동안 열처리를 거쳐서, 시트(2)의 각 채널(6)내에 단일 또는 일원화되고 응집성 필라멘트 또는 와이어 구조를 가지는 MgB_2 초전도성 물질을 형성할 수 있다. 가열 공정은 바람직하게는 반응/가열 공정 동안에 형성되는 초전도성 물질 내에서의 보이드의 형성을 방지 및/또는 제거하기 위해서 적합한 압력 하에서 수행될 수 있다. 추가적으로, 가열 공정은, 두 개의 시트(2 및 20) 사이의 접합이나 브레이징(brazing)을 가능하게 하기 위해서 적절한 온도 및 지속 시간에서 수행되어, 두 개의 합쳐진(joined) 시트들로부터의 통합된(integral) 또는 융합된(fused) 구조를 형성할 수 있다. 두 개의 시트들은 또한 다른 임의의 적절한 방법을 함께 사용하여 합쳐질 수도 있다.

[0032] 마그네슘 및 붕소 분말의 혼합물을 제공하기 위한 대안적인 방법으로, MgB_2 초전도성 물질은 제1 시트의 채널들 내에 직접 부착될 수도 있다. 이 실시예에서, 가열 단계는 MgB_2 분말을 소결하여 시트의 각 채널 내에 일원화되고 응집성인 필라멘트 또는 와이어 구조를 형성하도록 제공될 수 있다.

[0033] 초전도성 MgB_2 와이어를 함유하는 결합된 시트들은 또한 복수의 초전도성 와이어 또는 초전도성 와이어의 번들을 포함하는 케이블을 형성하기 위해서 추가적으로 처리될 수 있다. 도 7에 도시된 예에서는, 케이블(30)은, 신장된 코어 또는 로드(26)의 주위에서 또한 시트들의 횡단 방향(즉, 시트들의 폭을 따른 방향)으로, 결합된 시트들(2 및 20)을 압연하거나 접는(folding) 것에 의해서 형성될 수 있다. 특히 시트들(2 및 20)은, 시트(2)의 표면 부분의 길이 방향 에지(edge)가 로드(26) 상에 설치되는 채널을 가지는 표면에 대향(opposite)하면서 시트들의 길이 디멘션이 로드(26)의 종축(longitudinal axis)에 대해서 정렬되도록, 지향될(oriented) 수 있다. 합쳐진 시트들(2 및 20)은 이후 로드(26)의 주위에서 압연되거나(rolled) 또는 권선되어(wound), 시트들이 중앙에 위치한(located) 로드(26)로부터 연속적인 외향(outward) 나선상(spiral)을 형성한다. 이러한 압연 처리에서, 외향 나선상이 시트(2)의 제2 길이 방향 에지에서 종료될 때까지 시트들이 로드(26)로부터 방사상(radial) 방향으로 연장하고 나선상으로 권선되어서, 시트(2)의 표면 부분들은 시트(20)의 표면 부분들과 맞물릴 수 있다.

[0034] 시트(2)의 채널들 내에서 형성된 MgB_2 를 포함하는 초전도체 와이어는, 케이블(30)의 종축에 대해서 실질적으로 평행으로 지향되고, 케이블의 두께에 대해서 내내(throughout) 방사상 및 각(angularly)방향으로 이격된 위치(즉, 각각의 길이 방향으로 연장되는 와이어가 서로 분리된 것)에서 배열된다(arranged). 초전도성 와이어(13)는 케이블을 통해서 일반적으로 또는 실질적으로 선형 방향으로, 또한 추가적으로 케이블의 종축에 대해서 일반적으로 또는 실질적으로 평행한 방향으로, 연장한다. 그러나, 이하에서 기재하듯이, 로드(26) 주위에서의 시트들(2 및 20)의 권선 및/또는 시트(2) 내에서의 초전도성 물질(13)의 형성에서, 와이어(13)가 로드(26)의 대향하는 길이 방향 종단(end)들 사이에서 다양한 다른 비-선형 경로(pathway)들로 연장하도록 변경될 수도 있다.

[0035] 로드(26) 주위에서 형성되는 연속적인 나선상의 인접하는 표면 부분들 사이에서 접촉을 가능하게 하기 위해서, 임의의 적절한 접착제가 시트들(2 및 20) 중 하나 또는 모두의 표면에 노출되도록 인가될 수 있다. 대안적으로, 연속적인 나선상의 시트들(2 및 20)의 인접하는 표면 부분들 사이의 접합을 가능하게 하기 위해서, 형성된 케이블(30)은 봉합(stapling), 용접(welding) 및/또는 추가적인 열처리가 수행되어, 케이블이 일원화된, 통합된 그리고 응집성 유닛으로서 형성되는 것을 보장할 수 있다.

[0036] 로드(26)는 기관에 대해서 전술한 임의의 물질을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 임의의 적절한 물질일 수 있다. 또한, 로드(26)는 도 7에 도시되듯이 원형 단면적을 가질 수 있고, 또는, 대안적으로 다른 임의의 적절한 단면적 형상[예컨대 삼각형, 타원형, 다중-페이셋(예컨대 정사각형 또는 직사각형 형상) 또는 비정형(irregular) 형상]을 가질 수도 있다. 로드는 케이블의 구조적 지지를 위한 견고한 코어(core)를 제공하며, 또한 추가적으로, 케이블을 위한 원하는 커브형(curved) 또는 굴절(bent) 구조 구성을 달성하기 위해서, 길이 디멘션을 따라서 임의의 수의 커브 또는 굴절을 가지도록 설계될 수도 있다.

[0037] 도 7의 실시예에서 도시된 바와 같이 중앙에 위치한 로드(26)는 케이블의 일부를 형성할 수도 있다. 또는 대안적으로 로드는 나선상으로 권선된 시트 구조 및 초전도성 와이어로부터 제거되어서, 결과적인 케이블이 길이 방향으로 연장된 개방된(open) 또는 비어있는(hollow) 섹션을 그 중심에 가지도록 할 수 있다.

[0038] 로드(26)는 또한 구리와 같은 전기적 전도성 물질로 형성될 수 있어서, 케이블(30) 조립(assembly)이 케이블 내

내 연장되는 초전도체 와이어(13) 및, 마찬가지로 케이블 내내(throughout) 연장되고 초전도성 물질이 전기적으로 전도성 상태가 아닌 경우(초전도성 물질이 초전도성이 아니게 되는 기간 동안) 다른 전기적 전도성 경로를 제공할 수 있는 로드(26) 형태의 다른 전기 전도체를 포함할 수 있다. 이러한 목적을 위해서, 로드(26)는 고체 부재(member) 또는 구리 또는 다른 전기적 전도성 와이어의 단단히 브레이드된(braided) 조립일 수 있다. 대안적으로, 전술하듯이, 시트들(2 및 20) 중 하나 또는 모두는 전기적 전도성 물질로 형성될 수 있어서, 케이블을 통한 초전도체 와이어 경로에 부가하여 케이블(30)을 위한 대안적인 전기적 경로를 제공할 수도 있다.

[0039] 케이블의 원하는 길이 및/또는 단면적 디멘션들을 달성하기 위해서, 케이블(30)은 추가적으로 임의의 적절한 방식으로 처리될 수도 있다. 예컨대 케이블(30)은 구리와 같은 금속으로 형성되는 외피(sheath, 31) 내에 설치될 수 있고, 이후 도 8에 도시된 바와 같은 인발 처리가 수행될 수 있으며, 이 때 케이블을 신장하고 그 단면적 디멘션을 감소시키기 위해서, 케이블이 두 개의 압밀 롤러(32) 사이에서 그 길이 디멘션을 따라서 인발될 수 있다. 케이블(30)은 또한 외피를 사용하지 않는 다른 임의의 방식으로 처리되거나 인발될 수 있다. 이러한 인발 처리에서, 초전도체 물질(13)을 형성하기 위한 기관 채널들(6) 내의 분말 물질(12)은 바람직하게는 인발 처리 이후까지는 처리되거나 또는 열처리되지 않는다. 이러한 방식의 케이블의 신장(elongation)은 추가적으로 케이블 내의 초전도체 와이어의 디멘션을 변형할 수 있다(예컨대 와이어의 길이 디멘션을 신장하고 횡단 디멘션을 감소시키는 것).

[0040] 도 1 내지 도 7을 통하여 도시되고 앞에서 설명된 실시예에 대한 변형예에서는, 제2 시트가 특정한 실시예, 예컨대 제1 시트의 채널들이 제2 시트에 의해서 내장되지는 않지만 그러나 대신에 케이블을 형성하기 위하여, 제1 시트가 그 위로 그리고 신장된 코어 또는 로드의 주위에서 나선상 구성으로 접혀지거나 압연되거나/포장될(wrapped) 수 있는 실시예에서는 삭제될 수 있다는 것을 주의하여야 한다. 또한, 초전도체 물질(또는 초전도체 물질을 형성하는 전구체 물질)을 포함하는 채널들을 구비하는 제1 시트는 그 길이 디멘션을 따라서 시트의 인발에 의해서 신장될 수 있어서 그루브들의 두께를 감소시킬 수 있고(형성된 와이어의 두께를 감소시킬 수 있고), 또한 분말 내의 임의의 보이드들을 제거할 수도 있다.

[0041] 도 7에 도시된 케이블(30)과 유사한 케이블이 또한 신장된 코어를 사용하지 않고서도 형성될 수 있다는 것을 주의하여야 한다. 그러한 실시예에서는, 초전도성 물질로 채워진 채널들을 포함하는 시트는 자신 위로 접혀지거나 압연될 수 있다(예컨대, 시트의 하나의 길이 방향 에지에서 시작해서 이 에지로부터 시트의 다른 대향하는 에지를 향하여 자신 위로 압연될 수 있다). 접혀지거나 또는 압연된 시트는, 케이블의 길이 방향 종단들 사이에서 연장되고 케이블의 중심 축에 대해서 각방향 및 방사상 방향 모두에 대해서 서로 분리된 초전도체 와이어를 포함하는 것인, 신장된 케이블을 형성한다. 이러한 실시예에서, 시트는 또한 임의의 적절한 방식으로 접혀질 수 있어서, 원형, 삼각형 또는 다각형을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 형상의 다양한 서로 다른 단면적 형상을 가지는 케이블을 형성할 수 있다. 또한 시트는 교번(alternating) 패턴으로 접혀질 수 있어서, 접혀진 시트의 단면적을 따라서 얻어지는 파도형(undulating) 또는 아코디언(accordion)-형상 패턴을 형성할 수 있다.

[0042] 전술한 바와 같이, 제1 채널 내에서 형성되는 채널들은 임의의 적절한 단면적 기하학적 형상을 가지도록 형성될 수 있어서, 보완적인(complementary) 단면적 형상을 가지도록 구현할 수 있다. 도 7의 실시예에서, 그 내부에서 와이어가 형성되는 채널들의 형상에 따라서, 초전도성 와이어(13)는 일반적으로 반원형 단면적을 가질 수 있다.

[0043] 다른 실시예에서는, 도 9 및 도 10에서 도시된 바와 같이 와이어(13)는 일반적으로 원형 단면적 형상을 가지도록 형성될 수 있다. 이러한 것은, 도 4에 도시된 처리 단계 이후에, 채널들(6)이 서로에 대해서 시트(2)의 접혀지는 표면 부분들을 압착(pressing)하여 서로 정렬되고 서로 마주 보게 되도록, 시트(2)를 그 횡단 디멘션을 따라서 자신 위로 접어서 수행될 수 있다. 다른 반원형 형상 채널들(6)과 정렬된 반원형 형상 채널들(6)이 단면적인 원형이며 압밀된 분말을 포함하는 결과적인 채널들을 한정한다. 접혀진 시트(2)는 이후 열을 인가하여 일원화되고 응집성인 초전도체 와이어 구조(13)를 일반적으로 원형인 단면적을 가지고 실린더 형상을 가지는 각 채널 내에 형성할 수 있다. 이 실시예에서, 제2 시트를 그 위로 접는 것은 채널들을 내장하는 것이므로, 제2 시트는 요구되지 않는다. 도 9에 도시된 접혀진 시트(2)는 이후 코어(26)에 권선되어, 전술한 예에서와 같이 케이블(30)이 형성되는 것과 동일한 방식으로, 케이블(40)을 형성한다. 도 9 및 도 10에 도시된 실시예에서 시트(2)를 자신 위로 접는 것에 대안적인 구성으로서, 두 개의 시트들이 압착될 때 두 개의 시트들에 대한 채널들이 서로 정렬되고 서로 마주 보게 되도록, 유사한 채널 디멘션과 채널 형상을 가지는 제2 시트가 시트(2)에 인가될 수 있어서, 제1 시트 및 제2 시트들의 결합된 채널 형상에 보완적인 형상을 가지는 초전도체 와이어를 결과적으로 형성할 수 있다.

[0044] 도 11에 도시된 다른 실시예에서는, 시트(102)는 채널을 구비하는 시트 내내 완전히 연장되는 채널들(106)을 가

지도록 형성될 수 있다. 채널들은 임의의 에칭, 밀링 또는 다른 적절한 기술을 이용하여 형성될 수 있다. 저부(lower) 시트 또는 베이스 시트(114)가, 시트(102)의 저부 표면에 대해서 접촉되고, 및/또는 브레이징되거나(brazed) 또는 접합되어서, 시트(102)의 하나의 표면을 따라서 채널들(106)을 내장하여, 채널들 내에 분말(12)의 부착을 가능하게 한다. 시트들(102 및 114)은 전술한 기관 물질들과 같은 임의의 적절한 기관 물질로 형성될 수 있다. 또한 분말은 초전도성 분말 또는 초전도성 물질을 형성하는 하나 이상의 전구체 물질을 포함할 수 있다. 도 1 내지 도 6에 도시되고 설명된 것과 유사한 방식으로, 도 11에 도시된 시트 구성을 사용하여 초전도체 와이어 및 케이블은 형성될 수 있으며, 도 7에 도시된 바와 유사하게 케이블을 형성하기 위하여 분말(12)을 채우고 추가적으로 처리를 수행한 이후에, 추가적인 시트가 시트(102)에 인가되어 채널들(106)을 내장할 수 있다.

[0045] 다른 실시예에서는, 도 4 또는 도 5에서 형성된 시트 구조가, 채널들 사이에서 분할되거나(divided), 분리되거나 또는 단일화되어(singulated), 시트의 채널들 내에서 한정되거나 및/또는 캡슐화(encapsulated)된 개별적인 초전도체 와이어를 형성할 수 있다. 도 12에 도시되듯이, 시트(2)[채널들을 내장하기 위해서 접촉되거나, 브레이징되거나 또는 접합된 시트(20)를 또한 포함할 수 있음]는, 채널들과 같은 길이 방향으로 연장되지만 채널들을 횡단하지는 않는 것인 절단선(cut lines, 50)을 따라서 분할되어서, 개별적이고 분리된 초전도성 와이어 구조들을 형성한다. 시트(2)는 채널들 내에서 하나, 둘 또는 그 이상의 초전도체 와이어를 포함하는 임의의 수의 섹션들로 분리될 수 있다.

[0046] 도 13에 도시된 또 다른 실시예에서는, 시트들의 표면을 따라서 길이 방향으로 연장되는 채널들(6) 내에서 배치되는 초전도체 물질(13)을 포함하는 일련의 시트(2)가 서로 접합되고 서로에 대해서 수직 배열로 적층될 수 있어서, 초전도체 와이어의 번들을 포함하는 케이블 구조를 형성한다. 초전도체 물질(13)로 채워진 채널들(6)을 포함하는 시트들(2)은, 예컨대 2개의 시트들, 3개의 시트들 또는 그 이상의 시트들과 같이, 임의의 선택된 개수의 시트들이, 서로 적층될 수 있다. 최상부(top) 시트는 선택적으로 시트(20)에 의해서 내장될 수 있다. 시트들의 채널들은 동일한 또는 유사한 간격으로 그 사이에서 배열될 수 있어서, 동일한 또는 유사한 단면적 형상을 가지는 초전도성 와이어의 정렬된 수평 열(row)과 정렬된 수직 행(column)을 포함하는 그리드(grid)를 형성할 수 있다. 대안적으로, 시트들의 채널들은 서로 다른 간격 및/또는 서로 다른 단면적 형상으로 배열되어서, 다른 적층된 시트들 사이 및/또는 동일한 시트 내에서의 초전도성 와이어 사이의 간격 그리고 스테거된(staggered) 구성 또는 임의의 다른 선택된 구성을 제공할 수 있다.

[0047] 전술한 바와 같이, 기관 내에서 형성되고 본 발명에 따른 초전도성 와이어를 형성하기 위해서 사용되는 채널들은 선형 채널들일 수 있고, 또는 대안적으로 임의의 다른 비-선형 구성을 가지는 채널들[예컨대 커브형 채널들, 정현 채널들, 지그-재그 채널들, 임의의 폐쇄된(closed) 또는 개방된 기하학적 형상 또는 패턴을 가지는 채널들 등]일 수 있다. 비-선형 채널들 및 결과적인 채널들 내의 비-선형 초전도체 와이어를 제공하면, 기관이 신장된 코어의 주위에서 권선되거나 또는 권취되어(coiled)(또는 케이블 내에 신장된 코어가 존재하지 않는 경우, 기관이 자신 위로 접혀지거나 압연되어) 기관 채널들 내에 형성되는 초전도성 와이어가 신장된 코어의 길이 방향 및 신장된 코어의 대향하는 길이 방향의 종단들 사이의 서로 다른 다양한 공간적(spatial) 방향으로 연장되는 것에 의해서, 다수의 다양하고 독특한 케이블 구성을 결과적으로 형성할 수 있다. 예컨대, 기관은 기관 내의 하나 이상의 커브형 초전도성 와이어를 형성하는 하나 이상의 커브형 채널들을 가지도록 제공될 수 있어서, 기관이 케이블을 형성하기 위해서 권선되거나 권취될 때, 하나 이상의 커브형 와이어가 신장된 코어의 대향하는 길이 방향 종단들 사이에서 신장된 코어의 주위에서 나선(helical) 패턴으로 연장될 수 있다. 초전도성 와이어는 기관 내의 적절한 커브들을 가지고 형성될 수 있으며, 코어 주위에서 기관을 권선하는 경우, 초전도체 와이어의 이중 나선(helix) 또는 다중 나선이 코어 주위에서 형성될 수 있다.

[0048] 이러한 신장된 코어 주위에서 형성되는 초전도체 와이어의 비-선형(즉 나선형이나 또는 권취형) 패턴은 또한 기관 내에서 형성되는 일반적으로 선형 형상을 가지는 초전도체 와이어를 포함하는 기관을 이용하여 달성될 수도 있다. 이러한 실시예에서는, 길이 방향의 예지들 사이에서 신장된 코어의 주위로 권취되거나 권선될 때 기관에 약간의 비틀림(twist)을 인가하여, 코일의 두 개의 길이 방향 종단들 사이에서 하나 이상의 초전도체 와이어가 비-선형 방향으로 연장되도록 할 수 있다. 기관은 또한 그 길이 방향 종단들에 위치한 예지들 사이에서 신장된 코어의 주위로 권취되거나 권선될 수 있고, 신장된 코어 주위로 권선될 때 기관이 추가적으로 약간 비틀려져서, 신장된 코어의 표면을 따라서 길이 방향으로 진행(advancing)할 때 그 자신을 부분적으로만 커버(cover)하거나 포장되도록(wrapped) 할 수 있다. 이러한 방식은, 신장된 코어의 대향하는 길이 방향 종단들 사이에서 비선형 방식으로 연장되는 하나 이상의 초전도체 와이어를 결과적으로 형성할 수 있다.

[0049] 신장된 코어(26) 주위에서 연장되는 초전도체 와이어(13)의 나선 구성을 포함하는 케이블이 도 14에 도시된다. 전술한 바와 같이, 신장된 코어 주위에서의 초전도체 와이어의 나선 권선을 달성하기 위해서, 기관이 신장된 코

어의 주위에서 권선되거나 포장되는 서로 다른 방식에 따라서, 다수의 서로 다른 기관 및 채널 구성이 제공될 수 있다. 도시를 간략하게 하기 위해서, 도 14에서는 기관은 도시되지 않는다. 그러나, 도 14의 케이블을 위해서 코어(26) 주위로 포장되거나 권선되는 기관(2) 내에, 와이어(13)가 형성된다는 것을 이해하여야 한다.

[0050] 본 발명은 전술한 실시예들에 한정되지 않으며, 기관의 채널들 내에 초전도성 물질을 부착하는 것에 의해서 초전도성 와이어가 형성되는 임의의 실시예들에 의해서 구현될 수 있다.

[0051] 전술한 처리 기술들에 의해서 다양한 범위의 단면적 및 길이 디멘션 그리고 다양한 범위의 서로 다른 단면적 형상을 가지는 초전도체 와이어가 결과적으로 형성될 수 있다. 이러한 디멘션이나 형상들은 그 내부에서 초전도성 와이어가 형성되는 기관들 또는 시트들 내에서 적절한 채널 디멘션 및 단면적 기하학 형상을 선택할 수 있으므로 상대적으로 용이하게 달성될 수 있다. 특히 본 발명에 따르면, 5 마이크로 또는 이보다 더 작은 단면적 디멘션을 가지는 초전도성 와이어가 형성될 수 있다.

[0052] 초전도체 와이어 및 그러한 와이어를 이용하여 형성되는 초전도체 케이블의 길이 디멘션은 가상적으로 임의의 길이를 가지는 채널을 구비하는 기관을 제공하는[예컨대 연속적인 시트 두루마리(roll) 및 시트 두루마리 내에서 채널들을 형성하기 위한 연속적인 식각 또는 다른 채널 형성 공정을 사용하여] 것에 의해서 용이하게 설정될 수 있다. 따라서, 형성된 이후 초전도체 와이어를 압밀하거나 인발하는 공정(PIT 처리에서와 같은 일반적인 다른 초전도체 와이어 형성시 필요한 공정)이 삭제될 수도 있다. 복수의 분리되고 개별적인 초전도체 와이어가 단일 기관을 사용하여 동시에 형성되고 결합되어 케이블을 형성하는 본 발명에 따르면, 초전도체 와이어 또는 초전도체 와이어의 번들을 포함하는 초전도체 케이블을 형성하는 공정은 매우 간단하고 비용-효율적(cost efficient)이다. 따라서 초전도체 와이어 및 초전도체 와이어의 번들을 형성하는 PIT 또는 다른 종래의 방법에 비해서 현저하게 개선된 것이다.

[0053] 또한 채널 길이, 채널 깊이 및 채널 기하학(geometry)을 포함하는 채널 디멘션은 채널들이 기관에 대해서 연장될 때 하나 또는 그 이상의 채널에 대해서 변경될 수 있으며, 따라서 와이어의 길이 방향을 따라서의 서로 다른 위치에서 서로 다른 폭, 두께 및 또는 서로 다른 단면적 형상을 가지는 하나 또는 그 이상의 초전도체 와이어를 형성할 수 있다. 두 개 또는 그 이상의 채널들 사이의 간격은 또한 기관을 따라서의 서로 다른 위치에서 변형될 수 있으며, 따라서 예컨대, 두 개 또는 그 이상의 초전도체 와이어가 기관 상의 한 위치에서는 서로에 대해서 보다 접근하게 되고 다른 위치에서는 더 멀리 떨어져 있을 수 있다. 채널 디멘션 및/또는 간격을 변경하는 것은 따라서, 두 개 또는 그 이상의 초전도체 와이어가 서로에 대해서 하나의 위치에서는(예컨대 케이블을 따라서의 중앙 길이 방향 위치에서 또는 그 근처에서) 서로에 대해서 보다 가깝게 배치되고 다른 위치에서는(예컨대 케이블의 길이 방향의 종단들에서) 서로에 대해서 더 멀리 떨어져 있는 것인, 신장된 코어의 주위에서 기관을 권선하는 것에 의해서 형성되는 케이블과 같은 실시예들을 구현할 수 있다. 전술하듯이, 채널들 및 결과적으로 기관 내에서 형성되는 초전도체 와이어는 선형 또는 비-선형이고 또한 기관을 따라서 하나 이상의 임의의 서로 다른 방향으로 형성되어서, 다양한 서로 다른 구성을 가지는 초전도체 와이어 및 케이블을 구현할 수 있다. 초전도체 물질(13)을 포함하는 기관(2) 상의 서로 다른 형상의 채널들의 비-한정적(non-limiting)인 일부 예가 도 15에서 도시된다. 기관 및 기관 내에서 형성되는 케이블 내에서 서로에 대해서 서로 다른 초전도체 와이어 크기, 간격 및 지향성(orientation)을 가지는 다양한 다수의 방식 중의 일부를 나타내는 이러한 비-한정적 예는, 본 발명의 기술적 사상과 초전도체 와이어 구조를 형성하기 위한 PIT 및 다른 종래의 방법들에 대한 대비를 통하여, 상대적으로 용이하게 변형될 수 있다.

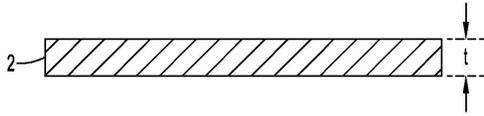
[0054] 전술하듯이, 임의의 적절한 초전도체 물질, 또는 초전도체 물질을 형성하기 위한 전구체 물질은 기관 채널들 내에 제공될 수 있다. 일 실시예에서는, 이러한 물질은 분말 형태로 부착될 수 있고 이후 기관 채널들 내에서 처리되어서 각각이 단일성, 일원화된 응집성 구조를 가지도록 초전도체 와이어를 형성할 수 있다. 전술하듯이, 초전도체 물질은 또한 기관 채널들 내에서 임의의 다른 형태 및 방식으로 부착될 수도 있다. 또한 기관은, 원하는 디멘션을 가지는 채널들의 형성을 용이하게 하고 추가적으로 초전도체 와이어를 형성하기 위해서 채워진(filled) 채널들의 처리를 용이하게 하기 위한, 임의의 적절한 물질로 형성될 수 있다. 초전도체 케이블은 또한 임의의 선택된 개수의 초전도체 와이어를 포함하도록 형성될 수 있으며, 초전도체 케이블은 전술한 실시예들에서 설명된 구성들을 가지거나 또는 케이블 구조를 형성하기 위해서 두 개 또는 그 이상의 초전도체 와이어가 결합되는 임의의 다른 적절한 구성들을 가질 수도 있다.

[0055] 신규하고 개선된 초전도성 파이버 및 케이블과, 초전도성 파이버 및 케이블을 형성하기 위한 방법에 대한 바람직한 실시예가 설명되었으나, 본 명세서에서 개시된 교시(teachings)에 의해서 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 다른 변형, 변화(variations) 또는 변경(changing)이 수행될 수 있다는 것을 주의하여야

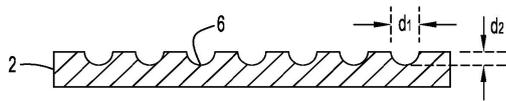
한다. 따라서 그러한 변형, 변화 및 변경은 이하의 청구항에 의해서 한정되는 본 발명의 권리 범위에 속하는 것을 이해하여야 한다. 비록 특정한 용어가 본 명세서에서 사용되었지만, 이러한 것은 포괄적인(generic) 것이고 설명을 위해서 사용한 것일 뿐이며, 본 발명의 권리 범위를 제한하기 위해서 사용된 것은 아니다.

도면

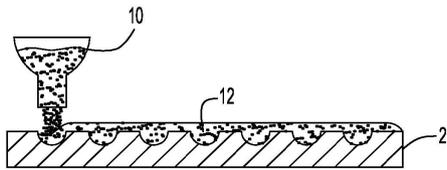
도면1



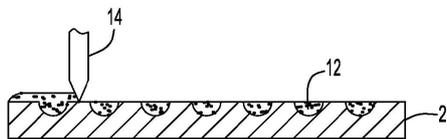
도면2



도면3



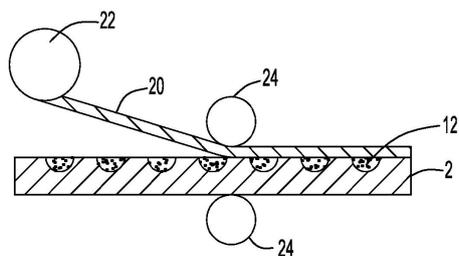
도면4



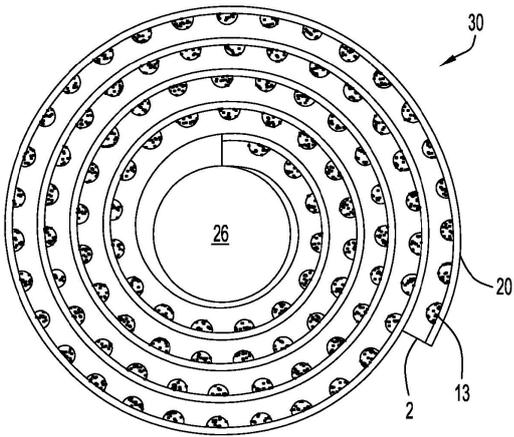
도면5



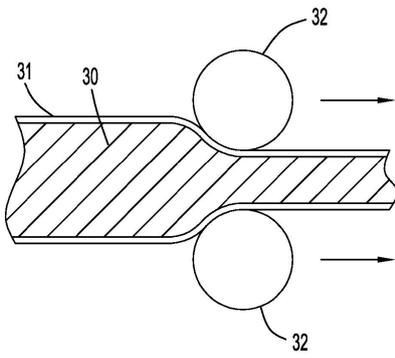
도면6



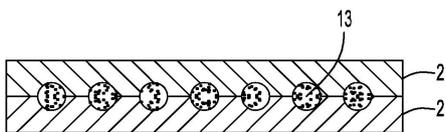
도면7



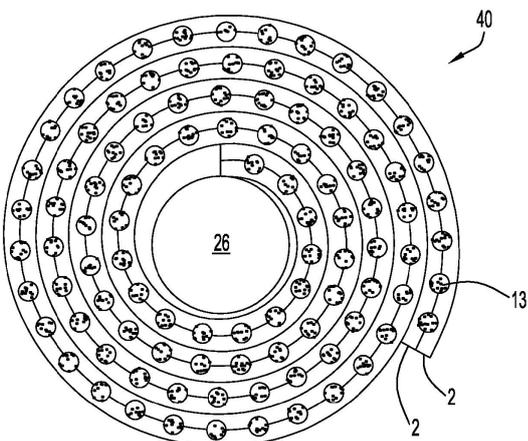
도면8



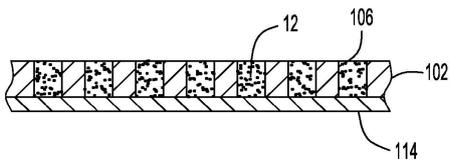
도면9



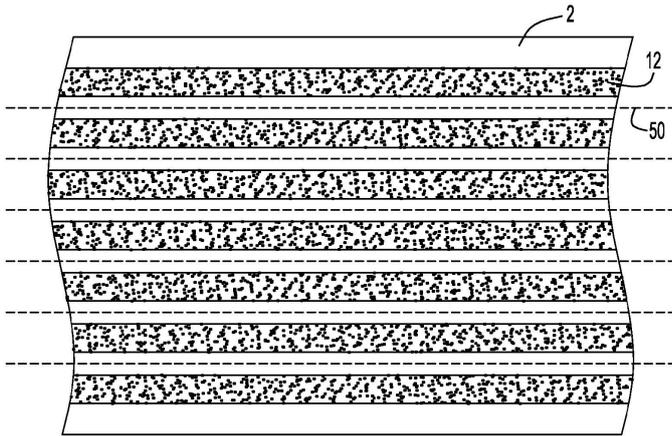
도면10



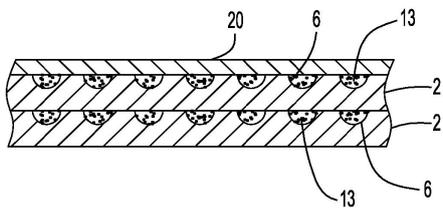
도면11



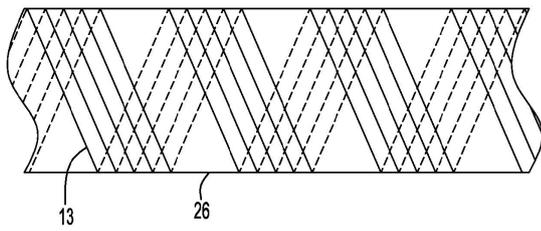
도면12



도면13



도면14



도면15

