



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월26일  
(11) 등록번호 10-2014330  
(24) 등록일자 2019년08월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B22D 19/14 (2006.01) C22C 1/10 (2006.01)  
C22C 32/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B22D 19/14 (2013.01)  
C22C 1/1068 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-7010756  
(22) 출원일자(국제) 2013년11월19일  
심사청구일자 2018년11월16일  
(85) 번역문제출일자 2015년04월24일  
(65) 공개번호 10-2015-0101443  
(43) 공개일자 2015년09월03일  
(86) 국제출원번호 PCT/CA2013/050881  
(87) 국제공개번호 WO 2014/075194  
국제공개일자 2014년05월22일  
(30) 우선권주장  
61/727,949 2012년11월19일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020040098071 A\*  
US20090263277 A1\*  
KR1020050061560 A  
JP2002178130 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
리오 턴토 알칸 인터내셔널 리미티드  
캐나다 퀘벡 에이치3에이 3지2 몬트리올 서브룩  
스트리트 웨스트1188  
(72) 발명자  
랑글레, 조셉  
캐나다, 퀘벡 지7엑스 4지5, 종키에르, 뤼 파스테  
르, 2140  
안드라데, 네이비  
캐나다, 퀘벡 제이0엘 1씨0, 쾅뜨호피호, 뤼  
로랑-휴버트 1294  
라우린, 장-알랭  
캐나다, 퀘벡 지7지 1제트5, 시쿠티미, 뤼 소브,  
289  
(74) 대리인  
이원희

전체 청구항 수 : 총 22 항

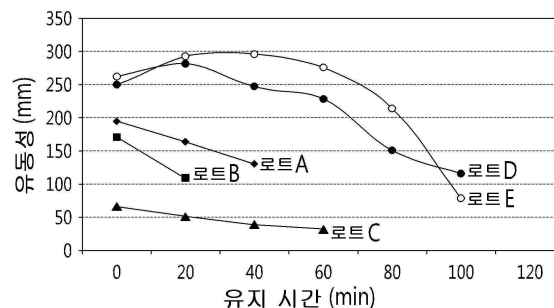
심사관 : 정상익

(54) 발명의 명칭 알루미늄-붕소 카바이드 복합 물질의 주조성을 증대시키기 위한 첨가물

(57) 요약

본 개시내용은 알루미늄-붕소 카바이드 복합 물질에서 붕소와 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물을 제공한다. 상기 첨가물은 바나듐, 지르코늄, 니오븀, 스트론튬, 크로뮴, 몰리브덴, 하프늄, 스칸듐, 탄탈럼, 텅스텐 및 이들의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택될 수 있으며, 주조성을 촉진시키기 위해, 주조 전에, 용융된 복합 물질의 유동성을 유지하기 위해 사용된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류  
*C22C 32/0047* (2013.01)

---

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

#### 청구항 21

삭제

#### 청구항 22

주조 복합 물질의 제조 방법으로서, 상기 방법은:

(a) 첨가물 및 붕소 사이의 포정 반응의 생성물 및 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 용융된 복합물질을 제공하기 위하여 (i) 붕소와 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물 및 알루미늄 합금의 총 중량에 대해 최대 1.8 w/w% 농도의 실리콘을 포함하는 용융된 알루미늄 합금을 (ii) 주조 복합 물질의 총 부피에 대해 4 내지 40 v/v% 농도의 붕소 카바이드 입자 공급원과 배합하는 단계로서, 여기서:

상기 첨가물은 크로뮴, 몰리브데늄, 바나듐, 니오븀, 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐, 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택되고;

상기 복합 물질의 샘플은, 120 분 동안 700℃의 온도로, 주조 전에, 가열된 후, 상기 샘플을 수용하기 위한 홈을 갖는 주형을 사용하여 측정될 때 적어도 100 mm의 주조 길이에 상응하는 유동성을 가지며, 상기 홈은 33 mm의 폭, 6.5 mm 내지 4.0 mm의 높이를 갖고 10°로 가로축으로부터 하향으로 경사지는, 단계; 및

(b) 상기 주조 복합 물질을 형성하기 위하여 상기 용융된 복합재를 주조하는 단계를 포함하는, 주조 복합 물질의 제조 방법.

#### 청구항 23

청구항 22에 있어서, 상기 주조 길이가 적어도 190 mm인, 방법.

#### 청구항 24

청구항 22에 있어서, 단계 (b) 전에, 상기 용융된 복합 물질을 유지 시간 동안 유지하고 상기 용융된 복합재를 주조 시간 동안 주조하는 단계를 추가로 포함하고, 여기서 상기 유지 시간 및 상기 주조 시간의 조합은 적어도 120 분인, 방법.

#### 청구항 25

청구항 22에 있어서, 단계 (a) 전에, 용융된 알루미늄 또는 용융된 알루미늄 합금을 상기 첨가물과 배합함으로써 상기 용융된 알루미늄 합금을 제공하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

#### 청구항 26

청구항 22에 있어서, 상기 첨가물이 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 방법.

#### 청구항 27

청구항 22에 있어서, 상기 첨가물이 스칸듐인, 방법.

#### 청구항 28

청구항 22에 있어서, 상기 첨가물이 스트론튬인, 방법.

#### 청구항 29

청구항 22에 있어서, 상기 첨가물이 지르코늄인, 방법.

#### 청구항 30

삭제

#### 청구항 31

삭제

#### 청구항 32

청구항 22에 있어서, 상기 첨가물의 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.47 내지 8.00 (w/w%)인, 방법.

#### 청구항 33

삭제

#### 청구항 34

청구항 22에 있어서, 상기 분산된 붕소 카바이드 입자의 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 용적에 대해 4.5 내지 18.9 (v/v%)인, 방법.

#### 청구항 35

청구항 34에 있어서, 상기 첨가물의 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.38 내지 4.00 (w/w%)인, 방법.

#### 청구항 36

삭제

#### 청구항 37

청구항 22에 있어서, 상기 분산된 붕소 카바이드 입자의 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 용적에 대해 19.0 내지 28.0 (v/v%)인, 방법.

#### 청구항 38

청구항 37에 있어서, 상기 첨가물의 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 1.68 내지 6.00 (w/w%)인, 방법.

#### 청구항 39

삭제

#### 청구항 40

청구항 22에 있어서, 상기 분산된 붕소 카바이드 입자의 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 용적에 대해 25.0 내

지 28.0 (v/v%)인, 방법.

#### 청구항 41

청구항 22에 있어서, 상기 분산된 붕소 카바이드 입자의 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 용적에 대해 28.0 내지 33.0 (v/v%)인, 방법.

#### 청구항 42

청구항 40 또는 41에 있어서, 상기 첨가물의 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.94 내지 4.00 (w/w%)인, 방법.

#### 청구항 43

삭제

#### 청구항 44

청구항 22의 방법에 의해 수득된 주조 복합 물질.

#### 청구항 45

(i) 알루미늄 합금의 총 중량에 대해 최대 1.8 w/w% 농도의 실리콘 포함하는 알루미늄 합금, (ii) 첨가물 및 붕소 사이의 포정 반응의 생성물, 및 (iii) 주조 복합 물질의 총 부피에 대해 4 내지 40 v/v% 농도의 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 용융된 복합 물질의 주조 또는 성형 특성을 증대시키는 방법으로서, 상기 방법은 용융된 복합 물질을 제공하기 위하여 (a) 붕소와 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물을 포함하는 용융된 알루미늄 합금을 (b) 붕소 카바이드 입자 공급원과 배합하는 단계를 포함하고, 여기서:

상기 첨가물은 크로뮴, 몰리브덴, 바나듐, 니오븀, 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐, 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택되고;

상기 복합 물질의 샘플은, 120 분 동안 700℃의 온도로, 주조 전에, 가열된 후, 상기 샘플을 수용하기 위한 홈을 갖는 주형을 사용하여 측정될 때 적어도 100 mm의 주조 길이에 상응하는 유동성을 가지며, 상기 홈은 33 mm의 폭, 6.5 mm 내지 4.0 mm의 높이를 갖고 10°로 가로축으로부터 하향으로 경사진, 용융된 복합 물질의 주조 및/또는 성형 특성을 증대시키는 방법.

#### 청구항 46

청구항 45에 있어서, 상기 주조 길이가 적어도 190 mm인, 방법.

#### 청구항 47

삭제

#### 청구항 48

(i) 알루미늄 합금의 총 중량에 대해 최대 1.8 w/w% 농도의 실리콘 포함하는 알루미늄 합금, (ii) 첨가물 및 붕소 사이의 포정 반응의 생성물, 및 (iii) 주조 복합 물질의 총 부피에 대해 4 내지 40 v/v% 농도의 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 용융된 복합 물질의 용융된 복합 물질의 성형을 촉진시키는 방법으로서, 상기 방법은 용융된 복합 물질을 제공하기 위하여 (a) 붕소와 함께 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물을 포함하는 용융된 알루미늄 합금을 (b) 붕소 카바이드 입자 공급원과 배합하는 단계를 포함하고, 여기서:

상기 첨가물은 크로뮴, 몰리브덴, 바나듐, 니오븀, 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐, 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택되고;

상기 복합 물질의 샘플은, 120 분 동안 700℃의 온도로, 주조 전에, 가열된 후, 상기 샘플을 수용하기 위한 홈을 갖는 주형을 사용하여 측정될 때 적어도 100 mm의 주조 길이에 상응하는 유동성을 가지며, 상기 홈은 33 mm의 폭, 6.5 mm 내지 4.0 mm의 높이를 갖고 10°로 가로축으로부터 하향으로 경사진, 용융된 복합 물질의 성형을 촉진시키는 방법.

#### 청구항 49

청구항 48에 있어서, 상기 주조 길이가 적어도 190 mm인, 방법.

#### 청구항 50

삭제

#### 청구항 51

삭제

#### 청구항 52

청구항 22에 있어서, 농도가 상기 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.12 내지 1.0 (w/w%)인 실리콘을 더 포함하는, 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 관련 출원들에 대한 교차참조

[0002] 본원은 2012년 11월 19일자로 제출된 미국 임시특허출원 제61/727,949호로부터의 우선권을 주장하고 그 전체가 본원에 포함된다.

[0003] 기술 분야

[0004] 본 발명은 포정 반응(peritectic reaction)으로부터 수득된 생성물을 갖는 주조 알루미늄/붕소 카바이드 복합 금속 매트릭스 물질의 유동성(fluidity)을 주조 전에 증가시키는 것에 관한 것이다. 반응 생성물은 붕소 카바이드의 붕소와 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물을 사용하여 수득된다.

#### 배경 기술

[0005] 용융된 Al-B<sub>4</sub>C 혼합물의 유동성을 증가시키기 위해, 미국특허 일련번호 7,562,962에 기재된 바와 같이, 티타늄이 추가될 수 있다. 티타늄이 용융된 알루미늄 금속 및 B<sub>4</sub>C 분말의 혼합물에 추가되는 경우, 반응 생성물은 B<sub>4</sub>C 입자의 계면 및 B<sub>4</sub>C 입자를 "해치는(poison)" 알루미늄 매트릭스 근처에서 형성된다. 반응 생성물은 알루미늄으로부터 B<sub>4</sub>C 입자를 차폐하는 것으로 교시된다.

[0006] 주조 및 성형 전에 용융된 Al-B<sub>4</sub>C 혼합물의 적절한 유동성을 유지하는 수단 및 방법이 제공되는 것이 아주 바람직할 것이다. 상기 수단 및 방법은 산업적 현장에서 성형하고/하거나 주조할 수 있는 유동성을 바람직하게 제공하고/유지할 것이다.

#### 발명의 내용

[0007] 간단한 요약

[0008] 본 개시내용은 알루미늄, 첨가물과 붕소 사이의 포정 반응의 생성물 뿐만 아니라 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 주조 복합 물질을 제공한다. 포정 반응의 생성물의 존재는 주조 전에 용융된 복합 물질의 유동성을 유지시키고 복합 물질의 주조성 및 성형을 촉진시킨다.

[0009] 제 1 측면에서, 본 개시내용은 (i) 알루미늄, (ii) 첨가물 및 붕소 사이의 포정 반응의 생성물, (iii) 분산된 붕소 카바이드 입자 및 (iv) 임의로 티타늄을 포함하는 주조 복합 물질을 제공한다. 첨가물은 크로뮴, 몰리브덴, 바나듐, 니오븀, 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐, 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택된다. 복합 물질의 샘플은, 약 120 분 동안 약 700°C의 온도로, 주조하기 전에, 가열된 후, 샘플을 수용하기 위한 흠을 갖는 주형을 사용하여 측정될 때 적어도 100 mm의 주조 길이에 상응하는 유동성을 가지며, 상기 흠은 약 33 mm의 폭, 약 6.5 mm 내지 약 4.0 mm의 높이를 갖고 약 10°로 가로축으로부터 하향으로 경사진다. 일 구현예에서, 샘플의 주조 길이는 적어도 190 mm이다. 또 하나의 구현예에서, 주조 복합 물질은 유지 시간 동안

유지되고 주조 시간 동안 주조되고, 여기서 유지 시간 및 주조 시간은 120 분에 달한다. 또 하나의 구현예에서, 포정 반응의 생성물은 용융된 알루미늄 또는 용융된 알루미늄 합금을 (붕소 카바이드 입자의 도입 전에) 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물과 배합하여 제공된다. 또 추가의 구현예에서, 첨가물은 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택된다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 스칸듐이다. 추가 구현예에서, 첨가물은 스트론튬이다. 또 추가의 구현예에서, 첨가물은 지르코늄이다. 일 구현예에서, 분산된 붕소 카바이드 입자의 농도 (v/v)는 주조 복합 물질의 총 용적에 대해 4% 내지 40%이다. 그와 같은 구현예에서, 첨가물의 농도 (w/w)는 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.47% 내지 8.00%일 수 있고, 임의로, 복합 물질은 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.50% 내지 4.00%의 농도 (w/w)로 티타늄을 추가로 포함할 수 있다. 또 하나의 구현예에서, 분산된 붕소 카바이드 입자의 농도 (v/v)는 주조 복합 물질의 총 용적에 대해 4.5% 내지 18.9%이다. 그와 같은 구현예에서, 첨가물의 농도 (w/w)는 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.38% 내지 4.00%일 수 있고, 임의로, 주조 복합 물질은 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.40% 내지 2.00%의 농도 (w/w)로 티타늄을 추가로 포함한다. 또 하나의 구현예에서, 분산된 붕소 카바이드 입자의 농도 (v/v)는 주조 복합 물질의 총 용적에 대해 19.0% 내지 28.0%이다. 그와 같은 구현예에서, 첨가물의 농도 (w/w)는 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 1.68% 내지 6.00%일 수 있고, 임의로, 주조 복합 물질은 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 1.80% 내지 3.00%의 농도 (w/w)로 티타늄을 추가로 포함할 수 있다. 그 밖에 또 하나의 구현예에서, 분산된 붕소 카바이드 입자의 농도 (v/v)는 주조 복합 물질의 총 용적에 대해 25.0% 내지 28.0%이거나 28.0% 내지 33.0%이다. 그와 같은 구현예에서, 첨가물의 농도 (w/w)는 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 0.94% 내지 4.00%일 수 있고, 임의로, 주조 복합 물질은 주조 복합 물질의 총 중량에 대해 1.00% 내지 2.00%의 농도 (w/w)로 티타늄을 추가로 포함할 수 있다.

[0010] 제 2 측면에 따르면, 본 개시내용은 주조 복합 물질의 제조 방법을 제공한다. 광범위하게 상기 방법은 (a) 첨가물 및 붕소 사이의 포정 반응의 생성물 및 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 용융된 복합 물질을 제공하기 위하여 (i) 붕소와 함께 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물을 포함하는 용융된 알루미늄 합금을 (ii) 붕소 카바이드 입자의 공급원과 배합하는 단계, 및 (b) 주조 복합 물질을 형성하기 위하여 용융된 복합재를 주조하는 단계를 포함한다. 첨가물은 크로뮴, 몰리브데늄, 바나듐, 니오븀, 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐, 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택된다. 복합 물질의 샘플은, 약 120 분 동안 약 700℃의 온도로, 주조하기 전에, 가열된 후, 샘플을 수용하기 위한 홈을 갖는 주형을 사용하여 측정될 때 적어도 100 mm의 주조 길이에 상응하는 유동성을 가지며, 상기 홈은 약 33 mm의 폭, 약 6.5 mm 내지 약 4.0 mm의 높이를 갖고 약 10°로 가로축으로부터 하향으로 경사진다. 일 구현예에서, 주조 길이는 적어도 190 mm이다. 그 밖에 또 하나의 구현예에서, 상기 방법은 단계 (b) 전에 유지 시간 동안 용융된 복합 물질을 유지하고 주조 시간 동안 용융된 복합재를 주조하는 단계를 추가로 포함하고, 여기서 유지 시간 및 주조 시간은 120 분에 달한다. 그 밖에 또 하나의 구현예에서, 상기 방법은 단계 (a) 전에 용융된 알루미늄 또는 용융된 알루미늄 합금을 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물과 배합하여 용융된 알루미늄 합금을 제공하는 단계를 추가로 포함한다. 사용될 수 있는 첨가물의 유형, 첨가물의 농도, 붕소 카바이드 입자의 농도, 복합 물질에서 티타늄의 임의 존재에 대한 구현예들은 상기 기재되었고 본원에 적용된다.

[0011] 제 3 측면에 따르면, 본 개시내용은 알루미늄, 첨가물과 붕소 사이의 포정 반응의 생성물, 및 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 용융된 복합 물질의 주조 및/또는 성형 특성을 증대시키는 방법을 제공한다. 광범위하게, 상기 방법은 용융된 복합 물질을 제공하기 위하여 (i) 붕소와 함께 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물을 포함하는 용융된 알루미늄 합금을 (ii) 붕소 카바이드 입자의 공급원과 배합하는 단계를 포함한다. 첨가물은 크로뮴, 몰리브데늄, 바나듐, 니오븀, 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐, 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택된다. 복합 물질의 샘플은, 약 120 분 동안 약 700℃의 온도로, 주조하기 전에, 가열된 후, 샘플을 수용하기 위한 홈을 갖는 주형을 사용하여 측정될 때 적어도 100 mm의 주조 길이에 상응하는 유동성을 가지며, 상기 홈은 약 33 mm의 폭, 약 6.5 mm 내지 약 4.0 mm의 높이를 갖고 약 10°로 가로축으로부터 하향으로 경사진다. 주조 길이, 사용될 수 있는 첨가물의 유형, 첨가물의 농도, 붕소 카바이드 입자의 농도, 복합 물질에서 티타늄의 임의 존재에 대한 구현예들은 상기 기재되었고 본원에 적용된다.

[0012] 제 4 측면에 따르면, 본 개시내용은 알루미늄, 첨가물 및 붕소 사이의 포정 반응의 생성물, 및 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 용융된 복합 물질의 용융된 복합 물질의 성형을 촉진시키는 방법을 제공한다. 광범위하게, 상기 방법은 용융된 복합 물질을 제공하기 위하여 (i) 붕소와 함께 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물을 포함하는 용융된 알루미늄 합금을 (ii) 붕소 카바이드 입자의 공급원과 배합하는 단계를 포함한다. 첨가물은 크로뮴, 몰리브데늄, 바나듐, 니오븀, 지르코늄, 스트론튬, 스칸듐, 및 이들의 임의 조합으로 이루어진 그룹으로



부터 선택된다. 복합 물질의 샘플은, 약 120 분 동안 약 700℃의 온도로, 주조하기 전에, 가열된 후, 샘플을 수용하기 위한 홈을 갖는 주형을 사용하여 측정될 때 적어도 100 mm의 주조 길이에 상응하는 유동성을 가지며, 상기 홈은 약 33 mm의 폭, 약 6.5 mm 내지 약 4.0 mm의 높이를 갖고 약 10°로 가로축으로부터 하향으로 경사진다. 주조 길이, 사용될 수 있는 첨가물의 유형, 첨가물의 농도, 붕소 카바이드 입자의 농도, 복합 물질에서 티타늄의 임의의 존재에 대한 구현예들은 상기 기재되었고 본원에 적용된다.

### 도면의 간단한 설명

[0013]

따라서 본 발명의 특성을 일반적으로 기재하고 나서, 하기 수반하는 도면에 대한 언급이 이제 이루어질 것이다:

도 1은 상이한 로트의 B<sub>4</sub>C 분말을 함유하는 용융된 알루미늄 혼합물의 유동성의 손실을 보여준다. 결과는 735℃의 초기 온도에서 용융된 알루미늄에 부가된 다양한 로트 (A 내지 E)의 B<sub>4</sub>C 분말 (30% v/v)에 대한 노에서의 유지 시간 (min)의 함수로서 (K-주형을 사용하여 측정된 샘플의 주조 길이 (mm)로서 측정된 바와 같은) 유동성으로서 보여준다. 3.5% w/w Ti (◆)를 함유하는 로트 A, 3.5% w/w Ti (■)를 함유하는 로트 B, 3.5% w/w Ti (▲)를 함유하는 로트 C, 3.0% w/w Ti (●)를 함유하는 로트 D 및 2.0 % Ti w/w (○)를 함유하는 로트 E에 대한 결과를 보여준다.

도 2는 복합 물질의 주조 길이를 결정하는데 사용될 수 있는 K-주형의 구현예를 예시한다. (a) K-주형의 아래쪽으로 경사진 부분 10의 도식적 측면 입면도. (b) K-주형의 홈-수용 부분 40의 도식적 상부 입면도. (c) K-주형의 홈-수용 부분 50의 도식적 단면도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014]

B<sub>4</sub>C 함량이 높은 (예컨대, 예를 들면 적어도 30% v/v) 붕소 금속 매트릭스 복합재 (MMC)의 제작은 예외적인 품질의 B<sub>4</sub>C 분말을 보통 필요로 한다. 고 품질 B<sub>4</sub>C 분말은 우수한 입도분석 분포를 갖고 최소의 미세 분말-유사 입자를 갖는다. 일반적으로, 단지 그와 같은 B<sub>4</sub>C 분말만이 금속 매트릭스 내에 다량으로 포함될 수 있다. B<sub>4</sub>C 분말이 그와 같은 우수한 품질이 아닌 경우, 용융된 금속의 유지 시간 동안, 즉 주조 전에, 유의미한 유동성 손실이 관측될 수 있다. 또한, 용융된 금속의 유지 온도의 증가는 이러한 유동성 손실을 보상하지 못하며, 이는 이것이 알루미늄 및 B<sub>4</sub>C 분말 사이의 반응을 유리하게 해서, 이에 의해 추가로 점도를 증가시킬 수 있기 때문이다 (유동성 손실). 그와 같은 상황에서, 용융된 금속은 요변성 물질로서 거동한다.

[0015]

도 1은 주조 전 용융된 복합재의 유지 시간 동안 유동성의 손실을 보여준다. 산업적 현장에서, 어떤 유동성은 Al-B<sub>4</sub>C 혼합물의 성형/주형을 가능하게 하기 위한 어떤 시간을 필요로 한다. 도 1에서 보여준 곡선은 복합 물질의 제조에 사용된 B<sub>4</sub>C 분말이 물질의 점도를 증가시키고, 심지어 티타늄의 존재 하에서도 차후의 단계 (예를 들면 성형)를 위한 산업적 현장에 필요한 유동성을 충족시키지 못했음을 보여준다.

[0016]

본 개시내용에 따르면, 알루미늄, 포정 반응의 생성물 및 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 주조 Al-B<sub>4</sub>C 복합 물질이 제공된다. 복합 물질은 우선 알루미늄 (또는 알루미늄 합금)을 붕소 카바이드 입자의 붕소와 함께 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물 (또는 첨가물의 조합)과 조합하여 수득되고 궁극적으로 알루미늄 또는 알루미늄 합금에서 그와 같은 포정 반응의 생성물을 제공한다. 첨가물이 알루미늄 (또는 알루미늄 합금)에 일단 포함되면, 붕소 카바이드 입자는 알루미늄 (또는 알루미늄 합금)과 조합되고, 이에 의해 첨가물 및 붕소 사이의 포정 반응을 유발한다. 본원에서 보여진 바와 같이, 알루미늄/알루미늄 합금에서 첨가물의 사용 (및, 궁극적으로 복합 물질에서 포정 반응의 생성물의 존재)은 용융된 복합재의 유동성을 유지시키기에 유용한 것으로 보여주었고 이와 같이 용융된 복합 물질에 우수한 주조성을 부여한다. 일부 구현예에서, 첨가물의 사용이 용융된 복합재의 유지 동안 일어나는 반응 생성물 (예컨대, 예를 들면, Al 및 B<sub>4</sub>C 또는 Al 및 B<sub>4</sub>C 사이에 일어나는 반응 생성물)의 형성을 억제하거나 늦춘다고 여겨진다. 다른 구현예에서, 첨가물이 그와 같은 복합 물질에서 실질적으로 그것의 유동성을 변경시키지 않고 티타늄의 사용을 제한하는데 사용될 수 있음을 보여주었다. 용융된 복합 물질의 유동성의 이러한 유지는 저 등급의 B<sub>4</sub>C 공급원을 사용하기 위해서 뿐만 아니라 수득한 금속 매트릭스 복합재(들)의 성형 및/또는 주조를 촉진시키기 위해, 노에서 용융된 혼합물의 유지 시간을 늘리는 것을 가능하게 할 수 있다.

- [0017] 주조하기 전, 복합 물질은 용융된 상태이고 유동성을 갖는다. 본원에 기재된 개시내용에서, 용융된 복합 물질은, 주조 전에, 산업적 현장에서 주조를 가능하게하는 유동성을 갖는다. 용융된 복합 물질의 유동성을 결정하기 위하여, K-주형을 사용하는 것이 가능하다. 현재 사용되고 당해분야에 공지된 그와 같은 주형은 고화되기 전에 복합 물질의 샘플의 길이를 측정한다. K-주형으로 측정된 길이를 주조 길이라고 지칭한다.
- [0018] 용융된 복합 물질의 샘플의 유동성을 결정하기 위해 사용될 수 있는 K-주형의 구현에는 도 2에서 보여준다. K-주형은 보통 2개의 맞물리는 부분, (도 2a에서 보여주는 바와 같이) 아래쪽으로 경사진 부분 010 및 (도 2b 및 2c에서 보여주는 바와 같이) 홈-수용 부분 040으로 구성된다. 샘플이 주형에 삽입되는 경우, 경사진 부분 010은 홈-수용 부분 040과 맞물린다. 샘플을 그것이 굳을 때까지 경사진 부분 010을 따라서 그리고 홈 040 내에서 주조시킨다. 보통 밀리미터로 측정된, 샘플에 의해 포괄된 길이는 유동성의 척도이고 주조 길이라고 지칭한다.
- [0019] 도 2a에서 보여주는 바와 같이, 아래쪽으로 경사진 부분은 보통 모놀리스이고 매끄러운 표면을 갖고 가로축 020 으로부터 약  $10^\circ$ 의 각도 030만큼 하향으로 경사진 평면 015를 포함한다. 평면 015는 (도 2b 및 2c에서 보여주는) 홈-수용 부분 040의 외부면 055와 직접적으로 접촉하기 위한 것이고 약  $10^\circ$ 의 홈에 대한 각도를 제공하기 위한 것이다.
- [0020] 홈-수용 부분 040은 용융된 복합재 샘플을 수용하기 위한 에워쌀 수 있는 홈 050을 한정하는 부분적으로 속이 빈 구조이다 (도 2b). 도 2b에서 보여주는 바와 같이, 홈-수용 부분은 경사진 부분 010의 평면 015와 직접적으로 접촉하기 위한 외부면 055를 갖는다. 도 2b에서 보여주는 구현예에서, 홈 050은 2 개의 상이한 섹션: 섹션 060 및 섹션 070 (돌출부를 규정함)을 함유한다. 일부 구현예에서, K-주형은 주형의 개시(예를 들면, 샘플이 경사면 015와 접촉을 개시하는 위치)로부터 93 mm, 130 mm, 168 mm 및 205 mm 거리에 위치한 적어도 4 개의 섹션 070 (예를 들면, 4 개의 돌출부)을 포함한다.
- [0021] 도 2c는 에워쌀 수 있는 홈 050의 확장을 보여준다. 섹션 060은 약 6.5 mm의 유사한 높이 061을 갖는다. 높이 061은 외부 벽들 055에 의해 한정된 길이 사이에서 일정하다. 높이 061은 (홈-수용 부분 040이 경사 부분 010과 맞물리는 경우) 경사면 015에 의해 한정된 축 080에 대해 측정된다. 섹션 070은 또한 약 4 mm의 유사한 높이 071을 갖는다. 높이 071은 외부 벽들 055에 의해 한정된 길이 사이에서 일정하다. 높이는 (홈-수용 부분 040이 경사 부분 010과 맞물리는 경우) 경사면 015에 의해 한정된 축 080에 대해 측정된다.
- [0022] 본 개시내용의 문맥에서, 주조 복합 물질은, 바람직하게는 주조하기 전에 적어도 100 mm, 적어도 120 mm, 적어도 140 mm, 적어도 160 mm, 적어도 180 mm, 적어도 190 mm 또는 적어도 200 mm의 주조 샘플 길이에 상응하는 유동성을 갖는다. 복합 물질의 유동성을 결정하기 위해 사용된 샘플은 산업적 주조 현장을 재현하기 위해 약 700°C의 온도에서 약 120 min 동안 가열될 수 있다.
- [0023] 따라서, 본 개시내용은 또한 주조 복합 물질의 제조 방법을 제공한다. 그렇게 하기 위해, 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물 (또는 첨가물의 조합)을 포함하는 용융된 알루미늄 합금 (또한 일명 알루미늄-계 매트릭스 합금)은 용융된 복합재를 제공하기 위해 붕소 카바이드의 공급원과 조합된다. 본 개시내용에서 보여주는 바와 같이, 용융된 복합재의 유동성은 첨가물이 결여된 유사한 용융된 복합재와 비교할 때 허용가능한 산업 수준으로 장기간 동안 유지될 수 있다.
- [0024] 본원에서 기재된 방법에서, 사용된 알루미늄 또는 알루미늄 합금은 용융 형태로 제공된다. 이와 같이, 알루미늄 또는 알루미늄 합금은 바람직하게는  $B_4C$  입자와의 조합 전에 그의 용융 온도로 가열된다. 일 구현예에서, 알루미늄 합금은 포정 반응을 진행할 수 있는 첨가물을 포함하고 (일부 구현예에서는 첨가물로 필수적으로 이루어지고, 추가 구현예에서는, 첨가물로 이루어지고), 나머지는 필수적으로 알루미늄 또는 알루미늄 합금이다. 불가피한 또는 필연적인 불순물 (각 불순물에 대해 기껏해야 0.05 % w/w)이 또한 (많아야 0.15% w/w의 총 불순물로) 합금에 존재할 수 있다. 예시적인 알루미늄 합금은, 비제한적으로, 11xx 시리즈 및 6xxx 시리즈로부터의 합금을 포함한다. 일부 구현예에서, Ti가 알루미늄 또는 알루미늄 합금에 포함될 수 있다. 대안적인 구현예에서, Ti가 알루미늄 또는 용융된 알루미늄 합금에 존재한다면, 미량 원소인 것으로 간주된다 (예를 들면 그것의 농도는 필연적인 불순물의 농도를 초과하지 않는다).
- [0025] 일 구현예에서, 복합 물질은 4% 내지 40% (v/v)의  $B_4C$  입자를 포함하고, 복합 물질에서 첨가물 (또는 첨가물의 조합)의 몰농도는 0.01044 내지 0.08351이다. 일부 구현예에서, Ti가 복합 물질에 존재하는 경우, 첨가물 (또는 첨가물의 조합) 및 Ti의 조합된 몰농도는 0.01044 내지 0.08351이다. 일부 구현예에서, 복합 물질에서 첨가물의 농도는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 0.47% 내지 15.32%, 0.47% 내지 8.00%, 0.90% 내지

8.00%, 0.95% 내지 8.00%, 1.00% 내지 8.00% 또는 1.10% 내지 8.00%일 수 있다. 일부 구현예에서, 복합재에서 첨가물 및 Ti의 조합된 농도는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 0.47% 내지 15.32%, 0.47% 내지 8.00%, 0.90% 내지 8.00%, 0.95% 내지 8.00%, 1.00% 내지 8.00% 또는 1.10% 내지 8.00%일 수 있다.

[0026] 또 하나의 구현예에서, 복합 물질은 4.5% 내지 18.9% (v/v)의  $B_4C$  입자를 포함하고 복합 물질에서 첨가물 (또는 첨가물의 조합)의 몰농도는 0.00835 내지 0.04175이다. 일부 구현예에서, Ti가 복합 물질에 존재하는 경우, 첨가물 (또는 첨가물의 조합) 및 Ti의 조합된 몰농도는 0.00835 내지 0.04175이다. 일부 구현예에서, 복합 물질에서 첨가물의 농도는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 질량에 대해 0.38% 내지 7.68%, 0.38% 내지 4.00%, 0.90% 내지 4.00%, 0.95% 내지 4.00%, 1.00% 내지 4.00% 또는 1.10% 내지 4.00%일 수 있다. 일부 구현예에서, 복합재에서 첨가물 및 Ti의 조합된 농도는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 0.38% 내지 7.68%, 0.38% 내지 4.00%, 0.90% 내지 4.00%, 0.90% 내지 4.00%, 1.00% 내지 4.00% 또는 1.10% 내지 4.00%일 수 있다.

[0027] 추가 구현예에서, 복합 물질은 19% 내지 28% (v/v)의  $B_4C$  입자를 포함하고 복합 물질에서 첨가물 (또는 첨가물의 조합)의 몰농도는 0.03758 내지 0.06263이다. 일부 구현예에서, Ti가 복합 물질에 존재하는 경우, 첨가물 (또는 첨가물의 조합) 및 Ti의 조합된 몰농도는 0.03758 내지 0.06263이다. 일부 구현예에서, 복합 물질에서 첨가물의 농도는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 1.69% 내지 11.51% 또는 1.69% 내지 6.00%일 수 있다. 일부 구현예에서, 복합재에서 첨가물 및 Ti의 조합된 농도는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 1.69% 내지 11.51% 또는 1.69% 내지 6.00%일 수 있다.

[0028] 추가 구현예에서, 복합 물질은 25% 내지 28% (v/v) 또는 28% 내지 33% (v/v)의  $B_4C$  입자를 포함하고 복합 물질에서 첨가물 (또는 첨가물의 조합)의 몰농도는 0.02088 내지 0.04175이다. 일부 구현예에서, Ti가 복합 물질에 존재하는 경우, 첨가물 (또는 첨가물의 조합) 및 Ti의 조합된 몰농도는 0.02088 내지 0.04175이다. 일부 구현예에서, 복합 물질에서 첨가물의 농도는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 0.94% 내지 7.68%, 0.94% 내지 4.00%, 0.95% 내지 4.00%, 1.00% 내지 4.00% 또는 1.10% 내지 4.00%일 수 있다. 일부 구현예에서, 복합재에서 첨가물 및 Ti의 조합된 농도는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 0.94% 내지 7.68%, 0.94% 내지 4.00%, 0.95% 내지 4.00%, 1.00% 내지 4.00% 또는 1.10% 내지 4.00%일 수 있다.

[0029] 중량 퍼센트 농도 또는 어떤 몰농도로 제공된 첨가물의 농도는, 알루미늄 합금 또는 총 복합 물질에 대한 것이든 아니든, (가용성 첨가물, 금속간 화합물 또는 내화 화합물로서 용액에서 용출되는 과잉의 첨가물, 뿐만 아니라 B-함유 포정 반응의 생성물에 포함된 첨가물을 포함하는) 모든 형태의 첨가물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 포정 반응의 생성물의 형성을 유발할 수 있는 첨가물은 모합금(master alloy) (예를 들면 Al-10% 첨가물 모합금)을 포함하는 임의의 편리한 형태로 또는 첨가물-함유 과립 또는 분말로서 부가될 수 있다. 일부 구현예에서, 첨가물을 분말 형태로서 단련한 합금 (AA1xxx, AA2xxx, AA3xxx, AA4xxx 또는 AA6xxx 포함) 또는 주조 합금 (AA2xx 또는 AA3xx 포함)에 부가하는 것이 고려될 수 있다.

[0030] 유사하게, 이전의 설명에서 주어진 티타늄 농도 또는 몰농도는, 알루미늄 합금 또는 총 복합 물질에 대한 것이든 아니든, (가용성 Ti, 금속간 화합물 또는 내화 화합물로서 용액에서 용출되는 과잉의 Ti, 뿐만 아니라 Ti-B 화합물을 포함하는) 모든 형태의 티타늄을 나타낸다. 티타늄은 모합금 (예를 들면 Al-10% Ti 모합금)을 포함하는 임의의 편리한 형태로 또는 티타늄 함유 과립 또는 분말로서 부가될 수 있다. 일부 구현예에서, 알루미늄 합금에서 티타늄을 함유하는 AA1xxx 합금을 사용하는 것이 권할 만할 수 있다. 대안적인 또는 상보적 구현예에서, 알루미늄 합금 예컨대, 예를 들면, 단련한 합금 (AA2xxx, AA3xxx, AA4xxx 또는 AA6xxx를 포함) 또는 주조 합금 (AA2xx 또는 AA3xx 포함)으로서 티타늄을 부가하는 것이 고려될 수 있다.

[0031] 일부 구현예에서, 포정 반응의 생성물의 형성을 유발할 수 있는 첨가물은 지르코늄일 수 있고 알루미늄 합금은 지르코늄을 포함(comprise)하거나 함유(contain)할 수 있다. 일부 구현예에서, Zr이 첨가물로서 사용되는 경우, 복합 물질은 Ti를 포함하지 않는다 (존재한다면, Ti는 미량 원소인 것으로 간주된다). 다른 구현예에서, Zr이 첨가물로서 사용되는 경우, Ti는 복합 물질로 존재할 수 있다. 4% 내지 40% (v/v)의  $B_4C$  입자를 포함하는 복합 물질에서, 지르코늄은 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.95 내지 약 7.61, 약 1.00 내지 약 7.61 또는 약 1.10 내지 약 7.61 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 그와 같은 구현예에서, Ti가 존재하는 경우, Ti는 ( $B_4C$  입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.50 내지 약 4.00, 약 0.90 내지 약

4.00, 약 0.95 내지 약 4.00, 약 1.00 내지 약 4.00 또는 약 1.10 내지 약 4.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 4.5% 내지 18.9% (v/v)의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 지르코늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.76 내지 약 3.81, 약 0.90 내지 약 3.81, 약 0.95 내지 약 3.81, 약 1.00 내지 약 3.81 또는 약 1.10 내지 약 3.81 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 그와 같은 구현예에서, Ti가 존재하는 경우, Ti는 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.40 내지 약 2.00, 약 0.90 내지 약 2.00, 약 0.95 내지 약 2.00, 약 1.00 내지 약 2.00 또는 약 1.10 내지 약 2.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 19% 내지 28% (v/v)의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 지르코늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 3.43 내지 약 5.71 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 그와 같은 구현예에서, Ti가 존재하는 경우, Ti는 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.80 내지 약 3.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 25% 내지 28% (v/v) 또는 28% 내지 33%의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 지르코늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.90 내지 약 3.81 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 그와 같은 구현예에서, Ti가 존재하는 경우, 티타늄이 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.00 내지 약 2.00 또는 약 1.10 내지 약 2.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 이전의 설명에서 주어진 지르코늄 농도가, 알루미늄 합금 또는 총 복합 물질에 대한 것이든 아니든, (가용성 Zr, 금속간 화합물 또는 내화 화합물로서 용액에서 용출되는 과잉의 Zr, 뿐만 아니라 Zr-B 화합물을 포함하는) 모든 형태의 지르코늄을 나타내는 것으로 이해될 것이다. 지르코늄은 모합금 (예를 들면 Al-10% Zr 모합금)을 포함하는 임의의 편리한 형태로 또는 지르코늄 함유 과립 또는 분말로서 부가될 수 있다. 일부 구현예에서, 알루미늄 합금에서 지르코늄을 함유하는 AA1xxx 합금을 사용하는 것이 권할 만할 수 있다. 대안적인 또는 상보적 구현예에서, 알루미늄 합금 예컨대, 예를 들면, 단련한 합금 (AA2xxx, AA3xxx, AA4xxx 또는 AA6xxx 포함), 또는 주조 합금 (AA2xx 또는 AA3xx 포함)으로서 지르코늄을 부가하는 것이 고려될 수 있다.

[0032]

일부 구현예에서, 포정 반응의 생성물의 형성을 유발할 수 있는 첨가물은 스트론튬일 수 있고 알루미늄 합금은 티타늄과 조합하여 스트론튬을 포함하거나 함유할 수 있다. 4% 내지 40% (v/v)의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 스트론튬은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.91 내지 약 7.32, 약 0.95 내지 약 7.32, 약 1.00 내지 약 7.32 또는 약 1.10 내지 약 7.32 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있으며, 반면에 티타늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.50 내지 약 4.00, 약 0.90 내지 약 4.00, 약 0.95 내지 약 4.00, 약 1.00 내지 약 4.00 또는 약 1.10 내지 약 4.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 4.5% 내지 18.9% (v/v)의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 스트론튬은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.73 내지 약 3.66, 약 0.90 내지 약 3.66, 약 0.95 내지 약 3.66, 약 1.00 내지 약 3.66 또는 약 1.10 내지 약 3.66 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있으며, 반면에 티타늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.40 내지 약 2.00, 약 0.90 내지 약 2.00, 약 0.95 내지 약 2.00, 약 1.00 내지 약 2.00 또는 약 1.10 내지 약 2.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 19% 내지 28% (v/v)의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 스트론튬은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 3.29 내지 약 5.49 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있으며, 반면에 티타늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.80 내지 약 3.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 25% 내지 28% (v/v) 또는 28% 내지 33%의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 스트론튬은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.83 내지 약 3.66 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있으며, 반면에 티타늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.00 내지 약 2.00 또는 약 1.10 내지 약 2.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 이전의 설명에서 주어진 스트론튬 농도가, 알루미늄 합금 또는 총 복합 물질에 대한 것이든 아니든, (가용성 Sr, 금속간 화합물 또는 내화 화합물로서 용액에서 용출되는 과잉의 Sr, 뿐만 아니라 Sr-B 화합물을 포함하는) 모든 형태의 스트론튬을 나타내는 것으로 이해될 것이다. 스트론튬은 모합금 (예를 들면 Al-10% Sr 모합금)을 포함하는 임의의 편리한 형태로 또는 스트론튬 함유 과립 또는 분말로서 부가될 수 있다. 일부 구현예에서, 알루미늄 합금에서 스트론튬을 함유하는 AA1xxx 합금을 사용하는 것이 권할 만할 수 있다. 대안적인 또는 상보적 구현예에서, 알루미늄 합금 예컨대, 예를 들면, 단련한 합금 (AA2xxx, AA3xxx, AA4xxx 또는 AA6xxx 포함), 또는 주조 합금 (AA2xx 또는 AA3xx 포함)으로서 스트론튬을 부가하는 것이 고려될 수 있다.

[0033]

일부 구현예에서, 포정 반응의 생성물의 형성을 유발할 수 있는 첨가물은 스칸듐일 수 있고 알루미늄 합금은 티



타늄과 조합하여 스칸듐을 포함하거나 함유할 수 있다. 4% 내지 40% (v/v)의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 스칸듐은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.47 내지 약 3.75, 약 0.90 내지 약 3.75, 약 1.00 내지 약 3.75 또는 약 1.10 내지 약 3.75 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있으며, 반면에 티타늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.50 내지 약 4.00, 약 0.90 내지 약 4.00, 약 0.95 내지 약 4.00, 약 1.00 내지 약 4.00 또는 약 1.10 내지 약 4.00의 농도로 제공될 수 있다. 4.5% 내지 18.9% (v/v)의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 스칸듐은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.38 내지 약 1.88, 약 0.90 내지 약 1.88, 약 1.00 내지 약 1.88 또는 약 1.10 내지 약 1.88 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있으며, 반면에 티타늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.40 내지 약 2.00, 약 0.90 내지 약 2.00, 약 0.95 내지 약 2.00, 약 1.00 내지 약 2.00 또는 약 1.10 내지 약 2.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 19% 내지 28% (v/v)의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 스칸듐은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.69 내지 약 2.82 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있으며, 반면에 티타늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.80 내지 약 3.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 25% 내지 28% (v/v) 또는 28% 내지 33%의 B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는 복합 물질에서, 스칸듐은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 0.94 내지 약 1.88, 약 1.00 내지 약 1.88 또는 약 1.10 내지 약 3.88 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있으며, 반면에 티타늄은 (B<sub>4</sub>C 입자를 포함하는) 복합 물질의 총 중량에 대해 약 1.00 내지 약 2.00 또는 약 1.10 내지 약 2.00 중량 백분율의 농도로 제공될 수 있다. 이전의 설명에서 주어진 스칸듐 농도가, 알루미늄 합금 또는 총 복합 물질에 대한 것이든 아니든, (가용성 Sc, 금속간 화합물 또는 내화 화합물로서 용액에서 용출되는 과잉의 Sc, 뿐만 아니라 Sc-B 화합물을 포함하는) 모든 형태의 스칸듐을 나타내는 것으로 이해될 것이다. 스칸듐은 모합금 (예를 들면 Al-10% Sc 모합금)을 포함하는 임의의 편리한 형태로 또는 스칸듐 함유 과립 또는 분말로서 부가될 수 있다. 일부 구현예에서, 알루미늄 합금에서 스칸듐을 함유하는 AA1xxx 합금을 사용하는 것이 권할 만할 수 있다. 대안적인 또는 상보적 구현예에서, 알루미늄 합금 예컨대, 예를 들면, 단련한 합금 (AA2xxx, AA3xxx, AA4xxx 또는 AA6xxx 포함), 또는 주조 합금 (AA2xx 또는 AA3xx 포함)으로서 스칸듐을 부가하는 것이 고려될 수 있다.

[0034] 이론에 구속되고자 하지 않고서, 첨가물은 AlB<sub>2</sub>와 연관된 것보다 더 음성인 생성 엔탈피를 가지면서 B와 함께 반응 생성물을 형성하기 위해 본원에 기재된 방법에 사용될 수 있다. 예를 들면, 바나듐이 티타늄을 포함하는 알루미늄 합금에서 사용되는 경우, 이론에 구속되지 않고, 이러한 부가가 티타늄과의 또 하나의 반응을 강요할 것으로 여겨진다. 반응 생성물은 화합물 예컨대 (Ti,V)B<sub>2</sub>일 수 있다. 그와 같은 반응 생성물의 형성은 티타늄을 함유하는 알루미늄 용융물 및 B<sub>4</sub>C 입자 사이의 반응을 중지시키거나 감소시킬 것이다. 따라서 본 개시내용은 복합재가 성형되고, 바람직하게는 주조될 때까지 복합재의 유동성을 유지하기 위해 알루미늄 용융물 및 B<sub>4</sub>C 입자 사이의 반응 억제제로서 포정 반응의 생성물의 형성을 유발할 수 있는 첨가물의 부가를 제공한다.

[0035] 다양한 원소의 부가 후 형성되는 것으로 기대되는 반응 생성물의 생성 엔탈피의 이론적 계산은 소프트웨어 FactStage<sup>TM</sup>를 사용하여 수행되었고 표 1에서 보여준다.

[0036] (표 1) 다양한 반응 생성물의 생성 엔탈피의 이론적 값.

표 1

부가된 원소	B <sub>4</sub> C와의 포정 반응의 생성물	생성 엔탈피 (kJ/mol)
	AlB <sub>2</sub>	-67
Cr	CrB <sub>2</sub>	-94
Mo	MoB <sub>2</sub>	-150
V	VB <sub>2</sub>	-202
Ta	TaB <sub>2</sub>	-222
Nb	NbB <sub>2</sub>	-251

Ti	TiB <sub>2</sub>	-280
Hf	HfB <sub>2</sub>	-320
Zr	ZrB <sub>2</sub>	-326
W	W <sub>2</sub> b <sub>9</sub>	-375

[0038] 일 구현예에서, 첨가물은, 비제한적으로 크로뮴 (Cr), 몰리브덴 (Mo), 바나듐 (V), 니오븀 (Nb), 하프늄 (Hf), 지르코늄 (Zr), 스트론튬 (Sr), 스칸듐 (Sc), 탄탈럼 (Ta), 텅스텐 (W) 뿐만 아니라 이들의 임의 조합을 포함한다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은, 비제한적으로 (Mo), 바나듐 (V), 니오븀 (Nb), 하프늄 (Hf), 지르코늄 (Zr), 스트론튬 (Sr), 스칸듐 (Sc) 뿐만 아니라 이들의 임의 조합을 포함한다. 그 밖에 또 하나의 구현예에서, 첨가물은, 비제한적으로 지르코늄 (Zr), 스트론튬 (Sr), 스칸듐 (Sc) 뿐만 아니라 이들의 임의 조합을 포함한다. 또 추가의 구현예에서, 첨가물은 Cr을 포함하거나 Cr로 이루어진다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 Mo를 포함하거나 Mo로 이루어진다. 그 밖에 추가의 구현예에서, 첨가물은 V를 포함하거나 V로 이루어진다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 Nb를 포함하거나 Nb로 이루어진다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 Ta를 포함하거나 Ta로 이루어진다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 W를 포함하거나 W로 이루어진다. 그 밖에 추가의 구현예에서, 첨가물은 Hf를 포함하거나 Hf로 이루어진다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 Zr을 포함하거나 Zr로 이루어진다. 또 추가의 구현예에서, 첨가물은 Sr을 포함하거나 Sr로 이루어진다. 그 밖에 추가의 구현예에서, 첨가물은 Sc를 포함하거나 Sc로 이루어진다. 일 구현예에서, 첨가물은 Zr 및 Sc의 조합을 포함하거나 Zr 및 Sc의 조합으로 이루어진다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 Zr 및 Sr의 조합을 포함하거나 Zr 및 Sr의 조합으로 이루어진다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 Sr 및 Sc의 조합을 포함하거나 Sr 및 Sc의 조합으로 이루어진다. 또 하나의 구현예에서, 첨가물은 Zr, Sr 및 Sc의 조합을 포함하거나 Zr, Sr 및 Sc의 조합으로 이루어진다.

[0039] 용융된 알루미늄 합금을 제공하기 위해, 첨가물(들), 임의로 티타늄이 용융된 알루미늄 또는 용융된 알루미늄 또는 용융된 알루미늄 합금에 부가된다. 일부 구현예에서, 실질적으로 균질한 용융된 알루미늄 합금을 수득하기 위해 용융된 알루미늄 합금의 원소들을 혼합/교반하는 것이 고려된다. 대안적인 또는 상보적 구현예에서, 실질적으로 균질한 용융된 알루미늄 합금을 수득하기 위해 용융된 알루미늄 합금에 열을 적용하는 것이 고려된다.

[0040] 일부 구현예에서 그리고 상기에서 명시된 바와 같이, 티타늄을 함유하는 알루미늄 합금이 사용될 수 있다. 그와 같은 구현예에서, 티타늄 및 첨가물 (또는 첨가물의 조합)을 알루미늄 또는 알루미늄 합금에 특정 순서로 부가하는 것이 필요하지 않다. 일 구현예에서, 티타늄은 우선 용융된 알루미늄/합금에 부가되고 그 다음 첨가물(들)이 부가된다. 대안적인 구현예에서, 첨가물(들)은 우선 용융된 알루미늄/합금에 부가되고 그 다음 티타늄이 부가된다. 그 밖에 또 하나의 구현예에서, 티타늄 및 첨가물(들)이 용융된 알루미늄/합금에 동시에 부가된다.

[0041] 일단 용융된 알루미늄 합금이 제공되면, 그것은 분산된 붕소 카바이드 입자를 포함하는 용융된 복합 물질을 제공하기 위해 붕소 카바이드의 공급원 (예를 들면 붕소 카바이드 분말 (예컨대 자유 유동 분말))과 조합된다. 용융된 복합 물질에서, (첨가물 및 임의로 티타늄으로 보강된) 알루미늄 합금이 용융 형태이고, 붕소 카바이드 입자가 고체 형태이고 포징 반응의 생성물과 적어도 부분적으로 관련되어 있음이 이해된다. 일부 구현예에서, 본원에 기재된 용융된 알루미늄 합금에 붕소 카바이드 공급원 (예를 들면, 붕소 카바이드 분말)을 부가하는 것이 권할 만할 수 있다. 일부 구현예에서, 분산된 B<sub>4</sub>C-함유 입자를 갖는 실질적으로 균질한 용융된 복합 물질을 수득하기 위해 용융된 복합 물질의 원소들을 혼합/교반하는 것이 고려된다. 용어 "분산된"은 B<sub>4</sub>C-함유 입자가 물질의 매트릭스 전체에 걸쳐 실질적으로 균일하게 분배됨을 의미한다. 일부 구현예에서, 혼합/교반은 복합 물질에서 B<sub>4</sub>C 입자의 적절한 습윤을 가능케 하는 방식으로 수행되는 것으로 고려된다.

[0042] 용융된 복합 물질은, 포징 반응의 생성물의 생성물의 존재로 인해, 산업적 현장에서 주조할 수 있는 유동성을 갖는다. 유동성은 당해분야의 숙련가에게 공지된 바와 같이 다양한 방식으로 결정될 수 있다. 일 예에서, 유동성은 점도계로 측정된다. 또 하나의 예에서, 유동성은 주형에서 주조 샘플의 길이를 측정함으로써 평가된다. 그렇게 하기 위해, 진공이 적용되는, 특정 온도 (예를 들면 약 700℃)에서 액체 알루미늄-계 혼합물을 함유하는 반응기 (예를 들면 약 35 kg의 용량) 내에서 다량의 B<sub>4</sub>C 분말을 부가하는 것이 가능하다. 용융된 금속 및 B<sub>4</sub>C 분말의 혼합물 샘플은 예정된 길이를 갖고 단계-주형을 사용하여 고정된 간격 (예를 들면, 매 20 분)으로 수득될 수 있다. 일부 구현예에서, K-주형 단계-주형이 사용될 수 있다. 유동성은 그것의 고화 전에 수득한 혼합물에 의해 달성된/포괄된 거리로서 정량화된다. 일부 구현예에서, K-주형은 33 mm의 폭 (및, 일부 구현예에서, 315

mm의 최대 길이)을 갖고 약  $10^\circ$ 의 각도로 경사진 홈 또는 샘플-수용 챔버를 갖는 그래파이트-코팅된 스테인레스 강 단계-주형일 수 있다. 예를 들면, 상기 기재된 K-주형에서 120 분의 유지 시간 후 100 mm의 거리를 달성하는 용융된 복합 물질은 직접 냉각된 주조에 비해 상당한 유동성을 갖는 것으로 간주된다. 또 하나의 예에서, 상기 기재된 K-주형에서 120 분의 유지 시간 후 190 mm의 거리를 달성하는 용융된 복합 물질은 직접 냉각된 주조에 비해 탁월한 유동성을 갖는 것으로 간주된다. 일 구현예에서, 복합 물질의 유동성은 120 분 후 190 mm 또는 그 이상이다. 또 추가의 구현예에서, 복합 물질의 유동성은 120 분 후 200 mm 또는 그 이상이다. 일 구현예에서, 용융된 복합재의 유동성은 120 분의 유지 시간 후 약  $700^\circ\text{C}$ 의 온도에서 측정될 때 적어도 100 mm이다. 구현예에서, 복합 물질의 유동성은 120 분의 유지 시간 후 약  $700^\circ\text{C}$ 의 온도에서 측정될 때 적어도 105 mm, 110 mm, 115 mm, 120 mm, 125 mm, 130 mm, 135 mm, 140 mm, 145 mm, 150 mm, 155 mm, 160 mm, 165 mm, 170 mm, 175 mm, 180 mm, 181 mm, 182 mm, 183 mm, 184 mm, 185 mm, 186 mm, 187 mm, 188 mm, 189 mm, 190 mm, 191 mm, 192 mm, 193 mm, 194 mm, 195 mm, 196 mm, 197 mm, 198 mm, 199 mm 또는 200 mm이다. 다른 구현예에서, 복합 물질의 유동성은 알루미늄 합금 및 붕소 카바이드 입자의 혼합물에 대해 측정되지 않지만, 포팅 반응의 생성물이 형성되거나 균일한 용융된 복합 물질이 특정 온도 (예를 들면, 유지 온도)에서 특정 시간 (예를 들면, 유지 시간) 동안 유지된 후에는 측정된다.

[0043] 구현예에서, 복합 물질을 용융된 상태로 유지시키기 위해 특정 온도에서 복합 물질의 샘플을 유지하는 것이 고려된다. 특정 구현예에서, 복합 물질은 약  $660^\circ\text{C}$ ,  $670^\circ\text{C}$ ,  $680^\circ\text{C}$ ,  $690^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$ ,  $710^\circ\text{C}$ ,  $720^\circ\text{C}$ ,  $730^\circ\text{C}$ ,  $740^\circ\text{C}$ ,  $750^\circ\text{C}$ ,  $760^\circ\text{C}$ ,  $770^\circ\text{C}$ ,  $780^\circ\text{C}$ ,  $790^\circ\text{C}$  또는  $800^\circ\text{C}$ 와 같거나 이보다 더 높은 최소 유지 온도에서 유지된다. 특정 구현예에서, 복합 물질은 약  $800^\circ\text{C}$ ,  $790^\circ\text{C}$ ,  $780^\circ\text{C}$ ,  $770^\circ\text{C}$ ,  $760^\circ\text{C}$ ,  $750^\circ\text{C}$ ,  $740^\circ\text{C}$ ,  $730^\circ\text{C}$ ,  $720^\circ\text{C}$ ,  $710^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$ ,  $690^\circ\text{C}$ ,  $680^\circ\text{C}$ ,  $670^\circ\text{C}$  또는  $660^\circ\text{C}$ 와 같거나 이보다 더 낮은 최대 유지 온도에서 유지된다. 대안적인 구현예에서, 복합 물질은 상기에서 규정된 바와 같은 최소 유지 온도 및 상기에서 규정된 바와 같은 최대 유지 온도 범위의 온도에서 유지된다.

[0044] 일부 구현예에서, 복합 물질의 샘플을 특정 유지 시간 동안 용융된 상태로 유지하는 것이 고려된다. 특정 구현예에서, 복합 물질은 약 20 min, 30 min, 40 min, 50 min, 60 min, 70 min, 80 min, 90 min, 100 min, 110 min, 120 min, 130 min, 140 min, 150 min, 160 min, 170 min, 180 min, 190 min 또는 200 min과 같거나 이보다 긴 최소 유지 시간 동안 유지된다. 특정 구현예에서, 복합 물질은 약 200 min, 190 min, 180 min, 170 min, 160 min, 150 min, 140 min, 130 min, 120 min, 110 min, 100 min, 90 min, 80 min, 70 min, 60 min, 50 min, 40 min 30 min 또는 20 min과 같거나 이보다 짧은 최대 유지 시간 동안 유지된다. 대안적인 구현예에서, 특정 유지 시간은 상기에서 규정된 바와 같은 최소 유지 시간과 상기에서 규정된 바와 같은 최대 유지 시간 사이의 범위이다.

[0045] 일부 구현예에서, 특정 주조 시간 동안 복합 물질을 주조하는 것이 고려된다. 특정 구현예에서, 복합 물질은 약 20 min, 30 min, 40 min, 50 min, 60 min, 70 min, 80 min, 90 min, 100 min, 110 min, 120 min, 130 min, 140 min, 150 min, 160 min, 170 min, 180 min, 190 min 또는 200 min과 같거나 이보다 더 긴 최소 주조 시간 동안 주조된다. 특정 구현예에서, 복합 물질은 약 200 min, 190 min, 180 min, 170 min, 160 min, 150 min, 140 min, 130 min, 120 min, 110 min, 100 min, 90 min, 80 min, 70 min, 60 min, 50 min, 40 min 30 min 또는 20 min과 같거나 이보다 짧은 최대 주조 시간 동안 주조된다. 대안적인 구현예에서, 특정 주조 시간은 상기에서 규정된 바와 같은 최소 주조 시간과 상기에서 규정된 바와 같은 최대 주조 시간 사이의 범위이다.

[0046] 용융된 복합재는 임의 형태의 주조 (빌릿 또는 슬래브의 DC 주조 포함), 미래의 재용융 및 주조를 위한 잉곳의 주조 뿐만 아니라 임의 편리한 형태의 형상 주조를 사용한 형상으로의 주조에 잘 받아들여진다. 주조 복합재는 추가로 가공될 수 있고 추가의 조작 예컨대 (a) 형상의 재용융 및 주조, (b) 압출 및 (c) 압연 또는 (d) 단조를 위해 잘 조정된다.

[0047] 본원에 기재된 방법은 임의의 성형된 알루미늄 붕소 카바이드 복합 물질, 특히 높은 수준의  $\text{B}_4\text{C}$ 를 함유하는 것들의 제조를 위해 사용될 수 있다. 유익하게는, 일부 구현예에서, 첨가물의 존재 하에, 저-등급  $\text{B}_4\text{C}$  분말이 용융된 Al-Ti- $\text{B}_4\text{C}$  복합재의 유동성을 유의미하게 변경시키지 않고 사용될 수 있다.

[0048] 본 발명은 그것의 범위를 제한하기 보다는 본 발명을 예시하기 위해 주어진 하기 실시예를 참고하여 더 쉽게 이해될 것이다.

[0049] 실시예 I

[0050] 일차 알루미늄 금속 합금 (AA1100)을 765℃의 온도에서 반응기에서 용융시켰다. Ti를 추가하고 그 다음 Sr을 추가했다. 그 후에, B<sub>4</sub>C 입자를 상기 용융물에 주입했다. Ti 및 Sr의 최종 농도는 둘 모두 1.65 wt%였다. B<sub>4</sub>C 입자의 최종 농도는 28 vol %였다.

[0051] 최종 혼합물을 약 700℃의 온도에서 유지하고 2개의 유동성 샘플을 매 20 분마다 수득했다. 유동성 측정치는 표 2에서 보여준다.

[0052] (표 2) 실시예 I에서 초래된 유동성 측정치.

표 2

시간 (min)	유동성 측정치 #1 (mm)	유동성 측정치 #2 (mm)
5	161	170
20	179	172
47	185	194
65	199	193
80	186	180
100	180	186
120	205	191

[0054] 표 2에서 보여주는 결과는 120 분의 유지 시간 후 유동성이 190 mm보다 높으며, 이에 의해 복합 물질의 산업적 구조를 가능하게 함을 명시한다.

[0055] 실시예 II

[0056] 일차 알루미늄 금속 합금 (AA1100)을 765℃의 온도에서 반응기에서 용융시켰다. Zr을 추가했다. 그 후에, B<sub>4</sub>C 입자를 상기 용융물에 주입했다. Zr의 최종 농도는 3.8 wt%였다. B<sub>4</sub>C 입자의 최종 농도는 19 vol %였다.

[0057] 최종 혼합물을 약 700℃의 온도에서 유지하고 2개의 유동성 샘플을 다양한 간격으로 수득했다. 수득한 유동성 측정치를 표 3에서 보여준다.

[0058] (표 3) 실시예 II에서 초래된 유동성 측정치.

표 3

시간 (min)	유동성 측정치 (mm)
10	260
20	280
40	295
60	306
80	291
100	200
120	210

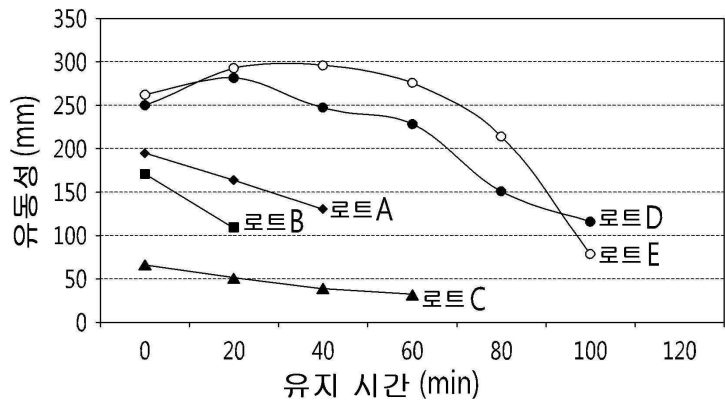
[0060] 표 3에서 보여주는 결과는 120 분의 유지 시간 후 유동성이 190 mm보다 높으며, 이에 의해 복합 물질의 산업적 구조를 가능케 함을 명시한다.

[0061] 본 발명이 그의 특정 구현예와 관련하여 기재되더라도, 청구항의 범위는 실시예에서 제시된 바람직한 구현예로 제한되지 않아야 하지만, 전체적으로 설명과 일치되게 최대한 넓게 해석되어야 함이 이해될 것이다.

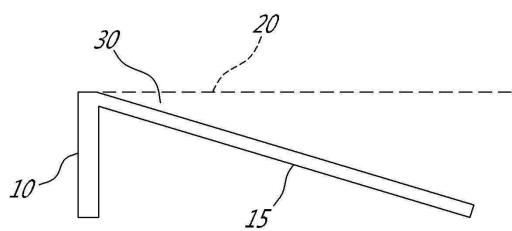


도면

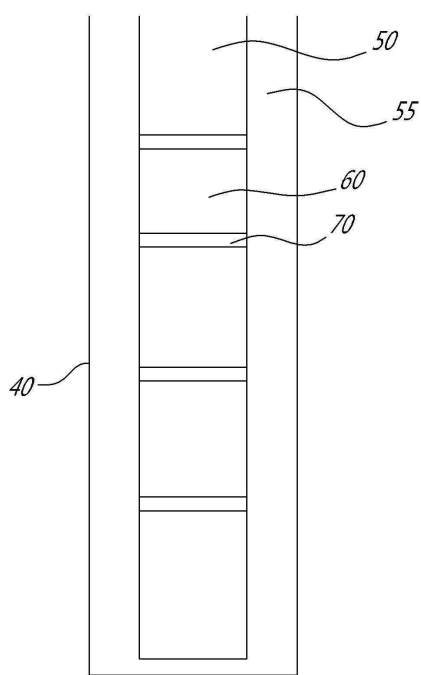
도면1



도면2a



도면2b



도면2c

