



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2020-0096657  
(43) 공개일자 2020년08월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C22C 21/08* (2006.01) *B22F 3/105* (2006.01)  
*B22F 3/24* (2006.01) *B23K 26/342* (2014.01)  
*B33Y 10/00* (2015.01) *B33Y 50/02* (2015.01)  
*C22F 1/047* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*C22C 21/08* (2013.01)  
*B22F 3/1055* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7021501
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월21일  
 심사청구일자 2020년07월23일
- (85) 번역문제출일자 2020년07월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2018/086647
- (87) 국제공개번호 WO 2019/129723  
 국제공개일자 2019년07월04일
- (30) 우선권주장  
 17210900.1 2017년12월28일  
 유럽특허청(EPO)(EP)
- (71) 출원인  
 페르만 엘로이즈 게엠베하 운트 코. 카게  
 독일 21107 함부르크 슈텐첼링 19
- (72) 발명자  
 페르만 헤닝  
 독일 22301 함부르크 도로텐슈트라쎄 91
- (74) 대리인  
 유미특허법인

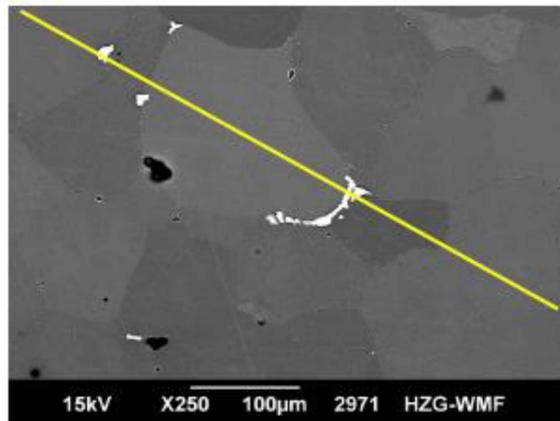
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **적층 조형을 위한 알루미늄 함유 합금의 용도**

**(57) 요약**

본 개시는 알루미늄 및 마그네슘을 함유하는 합금, 상기 합금을 제조하는 방법, 적층 조형에 의해 상기 합금을 포함하는 제품의 제조 방법, 및 적층 조형에 의해 제조된 상기 합금을 포함하는 제품에 관한 것이다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*B22F 3/24* (2013.01)  
*B23K 26/342* (2015.10)  
*B33Y 10/00* (2013.01)  
*B33Y 50/02* (2013.01)  
*C22F 1/047* (2013.01)  
*B22F 2003/1057* (2013.01)  
*B22F 2003/247* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

알루미늄 합금으로서,

각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,

- a. 9 내지 14 질량%의 마그네슘(Mg);
- b. 0.011 내지 1 질량%의 타이타늄(Ti);
- c. 0.1 질량% 이하의 망가니즈(Mn);
- d. 0.1 질량% 이하의 철(Fe);
- e. 0.001 내지 0.1 질량%의 베릴륨(Be);
- f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 붕소(B);
- g. 1 질량% 이하의 실리콘(Si); 및

잔부의 알루미늄(Al)을 포함하고,

상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%인, 알루미늄 합금.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은 0.01 질량% 이하의 구리(Cu) 및 0.01 질량% 이하의 아연(Zn)을 더 포함하는, 알루미늄 합금.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 상기 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재하는, 알루미늄 합금.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

Mg는 9.1 내지 13.9 질량%의 양으로, 바람직하게는 9.2 내지 13 질량%의 양으로, 바람직하게는 9.5 내지 12 질량%의 양으로, 바람직하게는 9.8 내지 11 질량%의 양으로, 바람직하게는 10.2 내지 11.8 질량%의 양으로, 바람직하게는 10.2 내지 13 질량%의 양으로, 또는 9.2 내지 10.2 질량%의 양으로, 또는 9.6 내지 10.2 질량%의 양으로 존재하는, 알루미늄 합금.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

Ti는,

i) 0.011 내지 0.9 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.012 내지 0.8 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.013 내지 0.5 질량%의 양으로, 또는 0.011 질량% 이상의 양으로; 및/또는

ii) 0.015 질량% 이상의 양으로, 또는 0.15 질량% 이상의 양으로, 또는 0.2 질량% 이상의 양으로, 또는 0.3 질

량% 이상의 양으로; 및/또는

iii) 0.9 질량% 이하의 양으로, 또는 0.8 질량% 이하의 양으로, 또는 0.7 질량% 이하의 양으로, 또는 0.6 질량% 이하의 양으로, 또는 0.4 질량% 이하의 양으로 존재하는, 알루미늄 합금.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

Mn은,

i) 0.09 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.08 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.04 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.005 질량% 이하의 양으로; 및/또는

ii) 0.0001 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.0005 질량% 이상의 양으로 존재하는, 알루미늄 합금.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

Fe는,

i) 0.09 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.08 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.05 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.03 질량% 이하의 양으로; 및/또는

ii) 0.01 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.05 질량% 이상의 양으로 존재하는, 알루미늄 합금.

#### 청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

Be는,

i) 0.002 내지 0.09 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.003 내지 0.08 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.007 내지 0.06 질량%의 양으로; 및/또는

ii) 0.002 질량% 이상의 양으로, 또는 0.003 질량% 이상의 양으로, 또는 0.004 질량% 이상의 양으로, 또는 0.005 질량% 이상의 양으로, 또는 0.015 질량% 이상의 양으로; 및/또는

iii) 0.09 질량% 이하의 양으로, 또는 0.08 질량% 이하의 양으로, 또는 0.07 질량% 이하의 양으로, 또는 0.06 질량% 이하의 양으로, 또는 0.04 질량% 이하의 양으로 존재하는, 알루미늄 합금.

#### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

붕소(B)는,

i) 0.001 내지 0.15 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.006 내지 0.1 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.01 내지 0.1 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.015 내지 0.05 질량%의 양으로; 및/또는

ii) 0.0009 질량% 이상의 양으로, 또는 0.001 질량% 이상의 양으로, 또는 0.006 질량% 이상의 양으로, 또는 0.03 질량% 이상의 양으로; 및/또는

iii) 0.1 질량% 이하의 양으로, 또는 0.08 질량% 이하의 양으로, 또는 0.07 질량% 이하의 양으로, 또는 0.06 질량% 이하의 양으로, 또는 0.04 질량% 이하의 양으로 존재하는, 알루미늄 합금.

#### 청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

실리콘(Si)은,

i) 바람직하게는 0.5 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.3 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.15 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 이하의 양으로; 및/또는

ii) 0.01 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.03 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.05 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.07 질량% 이상의 양으로 존재하는, 알루미늄 합금.

**청구항 11**

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 알루미늄 합금의 제조 방법으로서,

- a. 원료 알루미늄을 제공하는 단계;
- b. 상기 원료 알루미늄을 650 내지 800 °C, 바람직하게는 700 내지 770 °C 범위의 온도까지 가열하는 단계;
- c. Mg 및 Be를 첨가하여 원료 합금을 얻는 단계;
- d. 상기 원료 합금을 임의선택적으로 탈기시키는 단계;
- e. 임의선택적으로 탈기된 상기 원료 합금에 Ti 및 B를 첨가하여 알루미늄 합금을 제조하는 단계를 포함하는, 알루미늄 합금의 제조 방법.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,

상기 방법은 공작물의 적층 조형을 더 포함하고, 상기 공작물의 적층 조형은,

- f. 바람직하게는 진공 또는 불활성 가스 분위기 내에 상기 알루미늄 합금을 포함하는 알루미늄 분말의 층을 배치하는 단계;
- g. 적어도 하나의 레이저 빔을 사용하여 상기 분말을 선택적으로 용융시키는 단계;
- h. 상기 공작물이 완성될 때까지 단계 f 및 단계 g를 반복하는 단계; 및
- i. 블래스팅(blasting), 기계가공, 열 처리 및/또는 기타 처리에 의해 상기 공작물을 임의선택적으로 처리하는 단계를 포함하는, 알루미늄 합금의 제조 방법.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 공작물은, 단계 i에서, 상기 공작물을 380 °C 이상, 또는 400 °C 이상, 또는 430 °C 이상, 또는 450 °C 이상의 온도로, 1 시간 미만, 또는 3 시간 미만, 또는 5 시간 미만, 또는 8 시간 미만, 또는 12 시간 미만, 또는 18 시간 미만, 또는 24 시간 미만, 바람직하게는 12 시간 미만, 또는 바람직하게는 18 시간 미만, 또는 10 분 이상, 또는 1 시간 이상, 또는 3 시간 이상, 또는 8 시간 이상, 또는 12 시간 이상, 또는 24 시간 이상의 기간 동안 가열한 다음에 주위 온도에서 공냉함으로써 열처리되는, 알루미늄 합금의 제조 방법.

**청구항 14**

적층 조형 프로세스에서 제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 알루미늄 합금의 용도.

**청구항 15**

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서, 적층 조형 프로세스는 선택적 레이저 소결(SLS), 선택적 레이저 용융(SLM), 직접 금속 레이저 소결, 및 레이저 금속 퇴적(LMD)로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 알루미늄 합금의 제조 방법.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,

상기 적층 조형 프로세스는 선택적 레이저 소결, 또는 선택적 레이저 용융인, 알루미늄 합금의 제조 방법.

**청구항 17**

제 12 항, 제 13 항, 제 15 항 및 제 16 항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의해 제조되는 알루미늄 합금 제품.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시는 알루미늄 및 마그네슘을 함유하는 합금, 상기 합금의 제조 방법, 상기 합금을 포함하는 제품의 제조 방법, 상기 합금을 포함하는 제품, 및 특히 적층 조형 프로세스에서 상기 합금의 용도에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 3D 프린팅이라고도 하는 적층 조형은 크게 성장하고 있는 금속 구조물의 제조를 위한 기술이다. 그러나, 이러한 프로세스에서 사용될 수 있는 비교적 적은 수의 상이한 재료에 의해 성장이 느려진다. 따라서, 적층 조형을 위한 새로운 재료의 개발은 이 분야를 확대하는데 필수적인 기초이다.

[0003] 알루미늄 합금은 차량 제조, 선박 건설, 건축 산업, 및 엔진 및 플랜트 제조와 같은 대규모 산업에서 널리 사용된다. 적층 조형은 공작물의 토폴로지(topology) 최적화에서 높은 자유도를 가능하게 허용하며, 알루미늄은 중량 최적화 구성요소의 중량 감소에 이상적인 재료로 보인다. 밀도에 대한 안정성의 비율이 높은 알루미늄 합금은 적층 조형에서 알루미늄 합금의 사용을 더 증가시킬 수 있는 유망한 재료이다. 더 얇은 벽 또는 비중이 더 높은 재료의 교체는 사용되는 재료의 양을 감소시키고, 이는 공작물 자체의 중량을 저감시킬 뿐만 아니라 여러 가지 방식으로 전체 차량, 엔진 또는 플랜트의 중량을 저감시킨다. 그러나, 중량의 감소는 연료 소비를 감소시키거나 차량의 운행 범위를 증가시키는 등 항상 자원과 에너지를 감소시킨다.

**발명의 내용**

[0004] 우수한 기계적 특성, 특히 우수한 인장 강도, 우수한 항복 강도 및 우수한 연신율을 갖는 알루미늄 제품을 제조할 수 있는 적층 조형에서 사용될 수 있는 알루미늄 합금이 여전히 필요하다.

[0005] 본 개시의 알루미늄 합금은 적층 조형에서 합금의 사용을 허용하면서 우수한 기계적 특성, 특히 높은 인장 강도, 높은 항복 강도 및 높은 연신율을 갖는 것으로 밝혀졌다.

[0006] 제 1 양태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,

[0007] a. 9 내지 14 질량%의 마그네슘(Mg);

[0008] b. 0.011 내지 1 질량%의 타이타늄(Ti);

[0009] c. 0.1 질량% 이하의 망가니즈(Mn);

[0010] d. 0.1 질량% 이하의 철(Fe);

[0011] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 베릴륨(Be); 및

[0012] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 붕소(B);

[0013] g. 1 질량% 이하의 실리콘(Si); 및

[0014] 잔부의 알루미늄(Al)을 포함하고,

[0015] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이다.

[0016] 본 개시의 제 2 양태는 전술한 바와 같은 제 1 양태에 따른 알루미늄 합금의 제조 방법에 관한 것으로,

[0017] a. 원료 알루미늄을 제공하는 단계;

[0018] b. 상기 원료 알루미늄을 650 내지 800 °C, 바람직하게는 700 내지 770 °C 범위의 온도까지 가열하는 단계;

[0019] c. Mg 및 Be를 첨가하여 원료 합금을 얻는 단계;

[0020] d. 상기 원료 합금을 임의선택적으로 탈기시키는 단계;

[0021] e. 임의선택적으로 탈기된 원료 합금에 Ti 및 B를 첨가하여 알루미늄 합금을 제조하는 단계를 포함한다.

[0022] 제 3 양태에서, 본 개시는 공작물의 적층 조형(AM)을 위한 방법에 관한 것으로,

[0023] f. 바람직하게는 진공 또는 불활성 가스 분위기 내에 제 1 양태에 따른 알루미늄 합금을 포함하는 알루미늄 분

말의 층을 배치하는 단계;

- [0024] g. 적어도 하나의 레이저 빔을 사용하여 상기 분말을 선택적으로 용융시키는 단계;
- [0025] h. 상기 공작물이 완성될 때까지 단계 f 및 단계 g를 반복하는 단계; 및
- [0026] i. 블래스팅(blasting), 기계가공, 열 처리 또는 기타 처리에 의해 상기 공작물을 임의선택적으로 처리하는 단계를 포함한다.
- [0027] 본 개시의 제 4 양태는 적층 조형 프로세스에서 제 1 양태의 알루미늄 합금의 용도에 관한 것이다.
- [0028] 본 개시의 제 5 양태는 제 1 양태에 따른 알루미늄 합금을 포함하거나 이것으로 구성되는 및/또는 제 3 양태에 따른 방법에 의해 제조되는 알루미늄 합금 제품의 제조 방법에 관한 것으로,
- [0029] i) 상기 제품의 적어도 일부는 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm; 또는 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm 범위의 두께를 가지며; 및/또는
- [0030] ii) 상기 제품의 알루미늄은 290 MPa 이상, 또는 320 MPa 이상, 또는 360 MPa 이상, 또는 370 MPa 이상, 또는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0031] iii) 상기 제품의 알루미늄은 170 MPa 이상, 또는 180 MPa 이상, 또는 200 MPa 이상, 또는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0032] iv) 상기 제품의 알루미늄은 5 % 이상, 또는 15 % 이상, 또는 20 % 이상, 또는 30 % 이상, 또는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0033] 본 개시의 제 6 양태는 제 3 양태에 따른 방법에 의해 제조되는, 얻어지는, 또는 얻어질 수 있는 알루미늄 합금 제품에 관한 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0034] 도 1은 균질화 후의 실시례 2의 샘플의 단면의 전자현미경 사진이고;
- 도 2는 도 1에 도시된 선을 따라 a) 알루미늄, b) 마그네슘, c) 철, 및 d) 구리의 분포를 보여주는 EDX 분석이고;
- 도 3은 실시례 3에 따른 샘플의 열 흐름을 보여주는 DSC 분석이다.
- 도 4는 드 라발(de laval) 노즐을 사용하여 금속 분말을 제조하기 위한 예시적인 방법의 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0035] 제 1 양태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 조성물의 총 질량에 관하여,
- [0036] a. 9 내지 14 질량%의 마그네슘(Mg);
- [0037] b. 0.011 내지 1 질량%의 타이타늄(Ti);
- [0038] c. 0.1 질량% 이하의 망가니즈(Mn);
- [0039] d. 0.1 질량% 이하의 철(Fe);
- [0040] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 베릴륨(Be);
- [0041] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 붕소(B);
- [0042] g. 1 질량% 이하의 실리콘(Si); 및
- [0043] 잔부의 알루미늄(Al)을 포함하고,
- [0044] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이다.
- [0045] 제 1 양태의 알루미늄 합금은 높은 인장 강도( $R_m$ ), 높은 항복 강도( $R_{p0.2}$ ) 및 우수한 연신율(A)을 갖는 것으로 나타났다. 특히, 본 개시의 합금으로 제조된 물체가 1 내지 23mm, 또는 1 내지 10 mm 범위의 두께를 갖는 경우, 이 재료는 높은 인장 강도, 높은 항복 강도 및 우수한 연신율을 갖는다.

- [0046] 제 1 양태의 바람직한 실시형태에서, 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함한다. 당업계에서 알루미늄을 제조하는 프로세스는 거의 불가피하게 기타 금속과 같은 불순물의 존재를 초래하는 것으로 알려져 있다. 불순물의 농도가 매우 낮거나 심지어 존재하지 않는 것이 바람직하지만, 경우에 따라서는 불순물의 존재는 불가피한 것일 수 있다.
- [0047] 추가의 바람직한 실시형태에서, 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 또는 0.1 질량% 미만의 양으로, 또는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재한다. 이는 합금에 존재하는 불순물의 총량에 관련된다.
- [0048] 다른 바람직한 실시형태에서, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 또는 0.01 질량% 미만의 양으로, 또는 0.001 질량% 미만의 양으로, 또는 0.0001 질량% 미만의 양으로 존재한다. 둘 이상의 불순물이 존재하는 경우, 각각의 불순물을 "개별 불순물"이라고 한다. 각각의 개별 불순물의 양은 각각의 주어진 양보다 적은 것이 바람직하며, 각각의 개별 불순물의 양의 합은 불순물의 총량이 된다.
- [0049] 이들 개별 불순물 중 하나는 스칸듐(Sc)일 수 있고, 0.05 질량% 미만의 양으로, 또는 0.01 질량% 미만의 양으로, 또는 0.001 질량% 미만의 양으로, 또는 0.0001 질량% 미만의 양으로 존재할 수 있다.
- [0050] 이들 개별 불순물의 다른 하나는 칼슘(Ca)일 수 있고, 0.05 질량% 미만의 양으로, 또는 0.01 질량% 미만의 양으로, 또는 0.001 질량% 미만의 양으로, 또는 0.0001 질량% 미만의 양으로 존재할 수 있다.
- [0051] 이들 개별 불순물의 또 다른 하나는 크로뮴(Cr)일 수 있고 0.05 질량% 미만의 양으로, 또는 0.01 질량% 미만의 양으로, 또는 0.001 질량% 미만의 양으로, 또는 0.0001 질량% 미만의 양으로 존재할 수 있다.
- [0052] 개별 불순물의 다른 예에는 지르코늄(Zr), 바나듐(V) 또는 인(P)이 포함된다.
- [0053] 필수 원소 중 하나로서, 본 개시의 알루미늄 합금은 주성분으로서 마그네슘(Mg)을 9 내지 14 질량%의 양으로 함유한다. 제 1 양태의 바람직한 실시형태에서, Mg는 9.1 내지 13.9 질량%의 양으로, 또는 9.2 내지 13 질량%의 양으로, 또는 9.5 내지 12 질량%의 양으로, 또는 9.8 내지 11 질량%의 양으로, 또는 10.2 내지 11.8 질량%의 양으로, 또는 10.2 내지 13 질량%의 양으로, 또는 9.2 내지 10.2 질량%의 양으로, 또는 9.6 내지 10.2 질량%의 양으로 존재한다.
- [0054] 본 개시의 알루미늄 합금의 조성물 내의 다른 필수 원소는 0.011 내지 1 질량%의 양으로 존재하는 타이타늄(Ti)이다. 바람직한 실시형태에서, Ti은 0.011 내지 0.9 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.012 내지 0.8 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.013 내지 0.5 질량%의 양으로, 또는 0.011 질량% 이상의 양으로 존재한다. 다른 바람직한 실시형태에서, Ti은 0.015 질량% 이상의 양으로, 또는 0.15 질량% 이상의 양으로, 또는 0.2 질량% 이상의 양으로, 또는 0.3 질량% 이상의 양으로 존재한다. 또 다른 바람직한 실시형태에서, Ti은 0.9 질량% 이하의 양으로, 또는 0.8 질량% 이하의 양으로, 또는 0.7 질량% 이하의 양으로, 또는 0.6 질량% 이하의 양으로, 또는 0.4 질량% 이하의 양으로 존재한다.
- [0055] 본 개시의 알루미늄 합금은 0.1 질량% 이하의 양으로 망가니즈(Mn)를 함유한다. 바람직한 실시형태에서, Mn은 0.09 질량% 이하의 양으로, 또는 0.08 질량% 이하의 양으로, 또는 0.04 질량% 이하의 양으로, 또는 0.005 질량% 이하의 양으로 존재한다. 또 다른 실시형태에서, 소량의 Mn이 존재하면 유리하고, Mn은 0.0001 질량% 이상의 양으로, 또는 0.0005 질량% 이상의 양으로 존재하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0056] 또한 철(Fe)은 본 개시의 알루미늄 합금에서 0.1 질량% 이하의 적은 양으로 존재한다. 바람직한 실시형태에서, Fe는 0.09 질량% 이하의 양으로, 또는 0.08 질량% 이하의 양으로, 또는 0.05 질량% 이하의 양으로, 또는 0.03 질량% 이하의 양으로 존재한다. 또 다른 실시형태에서, 소량의 Fe가 존재하면 유리하고, Fe는 0.01 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.05 질량% 이상의 양으로 존재하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0057] 본 개시의 알루미늄 합금 중의 (알루미늄 이외의) 다른 원소는 베릴륨(Be)이고, 0.001 내지 0.1 질량%의 양으로 존재한다. 바람직한 실시형태에서, Be은 0.002 내지 0.09 질량%의 양으로, 또는 0.003 내지 0.08 질량%의 양으로, 또는 0.007 내지 0.06 질량%의 양으로 존재한다. 다른 바람직한 실시형태에서, Be은 0.002 질량% 이상의 양으로, 또는 0.003 질량% 이상의 양으로, 또는 0.004 질량% 이상의 양으로, 또는 0.005 질량% 이상의 양으로, 또는 0.015 질량% 이상의 양으로 존재한다. 또 다른 실시형태에서, Be은 0.09 질량% 이하의 양으로, 또는 0.08 질량% 이하의 양으로, 또는 0.07 질량% 이하의 양으로, 또는 0.06 질량% 이하의 양으로, 또는 0.04 질량% 이하의 양으로 존재한다.
- [0058] 본 개시의 바람직한 실시형태에서, Ti 및 B가 함께, 더 바람직하게는 5:1의 Ti:B의 할당량으로 Ti 및 B를 함유하는 바(bar)로 알루미늄 합금 용탕에 첨가된다. 그러나, 최종 합금 중의 Ti와 B의 할당량은 용탕에 첨가될 때

의 Ti와 B의 비율과 다를 수 있다. 상기 이론에 구속되지 않고, 용탕으로부터 거품(foam)을 제거할 때 일부의 B가 제거된다고 상정된다. 상기 거품은 이것이 최종 합금에서는 바람직하지 않은 응집된 불순물을 함유하므로 제거된다. 또한, B는 특히 Ti와 관련하여 B의 비중이 낮기 때문에 상기 거품 중에 풍부하다고 상정된다. 따라서, 최종 합금 중의 Ti:B의 할당량은 5:1 내지 10:1 범위인 것이 바람직하고, 또한 비율은 5:1 또는 10:1, 바람직하게는 10:1인 것이 더 바람직하다.

- [0059] 본 개시의 알루미늄 합금의 바람직한 실시형태에서, 붕소(B)는 0.0009 내지 0.2 질량%의 양으로, 또는 0.001 내지 0.15 질량%의 양으로, 또는 0.006 내지 0.1 질량%의 양으로, 또는 0.01 내지 0.1 질량%의 양으로, 또는 0.015 내지 0.05 질량%의 양으로 존재한다. 다른 바람직한 실시형태에서, B는 0.0009 질량% 이상의 양으로, 또는 0.001 질량% 이상의 양으로, 또는 0.006 질량% 이상의 양으로, 또는 0.03 질량% 이상의 양으로 존재한다. 또 다른 실시형태에서, B는 0.1 질량% 이하의 양으로, 또는 0.08 질량% 이하의 양으로, 또는 0.07 질량% 이하의 양으로, 또는 0.06 질량% 이하의 양으로, 또는 0.04 질량% 이하의 양으로 존재한다.
- [0060] 다른 실시형태에서, 실리콘(Si)은 1 질량% 이하의 양으로, 또는 0.5 질량% 이하의 양으로, 또는 0.3 질량% 이하의 양으로, 또는 0.2 질량% 이하의 양으로, 또는 0.15 질량% 이하의 양으로, 또는 0.1 질량% 이하의 양으로 존재한다. 또 다른 실시형태에서, Si는 0.01 질량% 이상의 양으로, 또는 0.03 질량% 이상의 양으로, 또는 0.05 질량% 이상의 양으로, 또는 0.07 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0061] 다른 실시형태에서, 구리(Cu)는 0.01 질량% 이하의 양으로, 또는 0.005 질량% 이하의 양으로, 또는 0.003 질량% 이하의 양으로 존재한다. 또 다른 실시형태에서, Cu는 0.0001 질량% 이상의 양으로, 또는 0.0005 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0062] 다른 실시형태에서, 아연(Zn)은 0.01 질량% 이하의 양으로, 또는 0.008 질량% 이하의 양으로, 또는 0.007 질량% 이하의 양으로 존재한다. 또 다른 실시형태에서, Zn은 0.001 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.003 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0063] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
  - [0064] a. 9 내지 14 질량%의 Mg;
  - [0065] b. 0.011 내지 1 질량%의 Ti;
  - [0066] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
  - [0067] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
  - [0068] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
  - [0069] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
  - [0070] g. 1 질량% 이하의 Si;
  - [0071] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
  - [0072] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
  - [0073] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0074] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0075] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
  - [0076] a. 9.5 내지 12 질량%의 Mg;
  - [0077] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
  - [0078] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
  - [0079] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;

- [0080] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0081] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0082] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0083] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0084] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0085] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0086] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0087] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0088] a. 9.5 내지 12 질량%의 Mg;
- [0089] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0090] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0091] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0092] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0093] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0094] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.3 질량% 이하의 양의 Si;
- [0095] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0096] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0097] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0098] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0099] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0100] a. 9.5 내지 12 질량%의 Mg;
- [0101] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0102] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0103] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0104] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0105] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0106] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.3 질량% 이하의 양의 Si;
- [0107] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0108] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0109] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0110] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게

는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.

- [0111] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0112] a. 9.5 내지 12 질량%의 Mg;
- [0113] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0114] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0115] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0116] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;
- [0117] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0118] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.3 질량%의 Si;
- [0119] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0120] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0121] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0122] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0123] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0124] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0125] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0126] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0127] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0128] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0129] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0130] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0131] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0132] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0133] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0134] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0135] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0136] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0137] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0138] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0139] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0140] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;

- [0141] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0142] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0143] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0144] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0145] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0146] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0147] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0148] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0149] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0150] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0151] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0152] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0153] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0154] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0155] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0156] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0157] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0158] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0159] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0160] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0161] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0162] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0163] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0164] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;
- [0165] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0166] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.15 질량%의 Si;
- [0167] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0168] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0169] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0170] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01

질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.

- [0171] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0172] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0173] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0174] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0175] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0176] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0177] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0178] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0179] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0180] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0181] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0182] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0183] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0184] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0185] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0186] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0187] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0188] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0189] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0190] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0191] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0192] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0193] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0194] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0195] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0196] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0197] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0198] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0199] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0200] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;

- [0201] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0202] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0203] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0204] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0205] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0206] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0207] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0208] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0209] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0210] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0211] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0212] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;
- [0213] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0214] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.15 질량%의 Si;
- [0215] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0216] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0217] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0218] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0219] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0220] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0221] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0222] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0223] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0224] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0225] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0226] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0227] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0228] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0229] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0230] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01

질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.

- [0231] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0232] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0233] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0234] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0235] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0236] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0237] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0238] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0239] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0240] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0241] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0242] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0243] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0244] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0245] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0246] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0247] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0248] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0249] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0250] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0251] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0252] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0253] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0254] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0255] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0256] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0257] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0258] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0259] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0260] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;

- [0261] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0262] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.15 질량%의 Si;
- [0263] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0264] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0265] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0266] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0267] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0268] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0269] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0270] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0271] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0272] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0273] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0274] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0275] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0276] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0277] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0278] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0279] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0280] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0281] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0282] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0283] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0284] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0285] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0286] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0287] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0288] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0289] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0290] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01

질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.

- [0291] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0292] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0293] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0294] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0295] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0296] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0297] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0298] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0299] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0300] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0301] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0302] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0303] 일 실시형태에서, 본 개시는 알루미늄 합금에 관한 것으로, 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0304] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0305] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0306] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0307] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0308] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;
- [0309] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0310] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.15 질량%의 Si;
- [0311] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0312] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0313] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0314] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0315] 위에서 개시한 제 1 양태의 알루미늄 합금은 그것의 모든 실시형태에서 사용될 수 있고, 본 개시의 이하의 양태에서는 실시형태들의 조합으로 사용되는 것이 합리적일 수 있다.
- [0316] 본 개시의 제 2 양태는 전술한 바와 같은 제 1 양태에 따른 알루미늄 합금의 제조 방법에 관한 것으로,
- [0317] a. 원료 알루미늄을 제공하는 단계;
- [0318] b. 상기 원료 알루미늄을 650 내지 800 °C, 바람직하게는 700 내지 770 °C 범위의 온도까지 가열하는 단계;
- [0319] c. Mg 및 Be를 첨가하여 원료 합금을 얻는 단계;
- [0320] d. 상기 원료 합금을 임의선택적으로 탈기시키는 단계;

- [0321] e. 임의선택적으로 탈기된 상기 원료 합금에 Ti 및 B를 첨가하여 알루미늄 합금을 제조하는 단계를 포함하는, 알루미늄 합금의 제조 방법.
- [0322] 원료 알루미늄은 소량의 불순물, 바람직하게는 0.3 질량% 이하의 불순물 농도를 갖는 것이 바람직하다. 다음에 원료 알루미늄이 노 내에서 알루미늄 용융 온도까지 가열되지만 과잉의 산화 생성물의 형성을 피하기 위해 너무 높은 온도, 특히 900 °C를 초과하는 온도까지 가열되지는 않는다. 따라서, 원료 알루미늄을 650 내지 800 °C, 바람직하게는 700 내지 770 °C, 더 바람직하게는 720 내지 750 °C 범위의 온도까지 가열하는 것이 바람직하다. 원료 알루미늄을 노에 첨가하기 전에, 노는 바람직하게는 400 내지 900 °C 범위의 온도까지 예열될 수 있다.
- [0323] 원료 알루미늄이 녹으면 Mg 및 Be가 첨가된다. 이들 금속은 고체 형태로 첨가되므로 용탕의 온도는 떨어진다. 따라서 알루미늄 용탕을 이전에 정해진 온도 또는 온도 범위까지 재가열하거나 금속을 첨가하는 동안에 이전에 정해진 온도 또는 온도 범위를 유지하는 것이 바람직하다. Mn, Fe, Cu, Zn 또는 Si와 같은 추가의 임의선택적 원소가 이 단계 동안에 첨가될 수 있다.
- [0324] 다음에 얻어진 원료 알루미늄 합금은 통상적인 수단을 이용하여 임의선택적으로 탈기될 수 있다. 바람직한 실시형태에서, 탈기는 퍼지 가스로서의 아르곤 가스에 의해 지원될 수 있다.
- [0325] 위에 열거된 원소의 첨가 및 임의선택적 탈기 단계 후, Ti 및 임의선택적으로 B가 최종 단계에서 첨가된다. 다음에 최종 알루미늄 합금 용탕은, 예를 들면, 제 3 양태의 방법과 같은 추가의 또는 이후의 처리를 위한 블록으로 구조되거나, 제 3 양태의 방법의 단계 b로부터 출발하여 직접 사용될 수 있다.
- [0326] 제 3 양태에서, 본 개시는 공작물의 적층 조형(AM)을 위한 방법에 관한 것으로,
- [0327] f. 바람직하게는 진공 또는 불활성 가스 분위기 내에 제 1 양태에 따른 알루미늄 합금을 포함하는 알루미늄 분말의 층을 배치하는 단계;
- [0328] g. 적어도 하나의 레이저 빔을 사용하여 상기 분말을 선택적으로 용융시키는 단계;
- [0329] h. 상기 공작물이 완성될 때까지 단계 f 및 단계 g를 반복하는 단계; 및
- [0330] i. 블래스팅(blasting), 기계가공, 열 처리 및/또는 기타 처리에 의해 상기 공작물을 임의선택적으로 처리하는 단계를 포함한다.
- [0331] 바람직한 실시형태에서, 제 1 양태와 관련하여 위에서 본원에 개시된 알루미늄 합금을 포함하거나 이것으로 구성된 알루미늄 합금 금속 분말이 적층 조형 프로세스에서 사용된다. 불활성 가스 분위기는, 예를 들면, 질소 가스, 아르곤 가스, 헬륨 가스, 또는 이들의 혼합물의 분위기 일 수 있다.
- [0332] 금속 분말은 금속 제거 프로세스(예를 들면, 금속 절단 또는 금속의 기계가공) 또는 분말 야금(PM) 프로세스와 같은 임의의 공지된 방법으로 제조될 수 있다. PM 프로세스는 통상적으로 더 높은 수율 및 이에 따라 더 낮은 비용을 가지므로 PM 프로세스는 본 개시의 사용에 바람직하다.
- [0333] 예시적으로, 상기한 바와 같이 제조된 알루미늄 합금은 하기의 단계를 포함하는 방법에 의해 분말 형태로 변환될 수 있다.
- [0334] a. 제 1 양태에 따른 알루미늄 합금을 제공하는 단계;
- [0335] b. 상기 알루미늄 합금을 650 내지 800 °C 범위의 온도까지 가열하여 상기 알루미늄 합금을 용융시키는 단계;
- [0336] c. 유체 합금 액적이 무화되는 효과를 갖는 가스에 의해 각각의 유체 합금 액적에 영향을 가하는 단계;
- [0337] d. 상기 알루미늄 합금 분말을 냉각시키는 단계;
- [0338] e. 관련된 분말 콘(corn) 크기(예를 들면, 20 내지 65 μm)를 임의선택적으로 선택하는 단계.
- [0339] 본 개시에 따라 사용되는 알루미늄 합금 금속 분말의 제조를 위한 바람직한 프로세스는 분무화이다. 분무화는 적절한 압력에서 금속 흐름을 오리피스(예를 들면, 드 라발 노즐)를 통과시킴으로써 달성된다(도 4를 또한 참조할 것). 용융 금속은 재용융 합금 또는 현장에서 제조된 합금일 수 있다. 가스, 바람직하게는 불활성 가스가 노즐을 떠나기 직전의 금속 흐름 내에 도입되고, 혼입된 가스가 (가열로 인해) 팽창하여 오리피스 외부의 큰 수집 용적 내로 나감에 따라 난류를 생성하는 역할을 한다 수집 용적은 가스로 채워져서 용융 금속 제트의 추가의 난류를 촉진한다. 공기 및 분말 흐름은 중력 또는 사이클론 분리를 사용하여 분리된다. 얻어진 분말은 그 입자 크기에 따라 분리될 수 있다.

- [0340] 본 개시에 따라 사용되는 알루미늄 합금 금속 분말의 제조를 위한 다른 바람직한 프로세스는 원심 분해이다. 분말화되는 알루미늄 합금은 로드(rod)로 형성되며, 이 로드는 빠르게 회전하는 스피ndl을 통해 체임버 내에 도입된다. 스피ndl 팁의 반대쪽에는 금속 로드를 가열하는 아크를 형성하는 전극이 있다. 팁 재료가 용해됨에 따라, 로드가 빠르게 회전하여 작은 용융 액적을 방출하고, 이 액적은 체임버 벽에 부딪히기 전에 응고한다. 순환 가스, 바람직하게는 불활성 가스가 체임버로부터 입자를 스위핑(sweeping)한다.
- [0341] 본 개시의 알루미늄 합금은 임의의 공지된 적층 조형 방법에서 사용될 수 있다. 본 출원의 목적을 위해, 적층 조형은 특히 레이저 소결 기술에 의한 레이저 적층 조형을 지칭한다. 레이저 소결 기술에는 선택적 레이저 소결(SLS), 선택적 레이저 용융(SLM), 직접 금속 레이저 소결, 및 레이저 금속 퇴적(LMD)이 포함된다.
- [0342] 선택적 레이저 용융은 분말 과립의 용합을 위해 소결을 사용하지 않지만 고에너지 레이저를 사용하여 분말을 완전히 용융시켜 종래의 제조된 금속의 기계적 특성과 유사한 기계적 특성을 갖는 레이어 와이즈(layer-wise) 방법으로 충분히 고밀도의 재료를 생성한다. SLS가 다른 3D 프린팅 프로세스와 다른 것은 분말을 완전히 용융시키는 능력이 결여되어 금속 분말 입자들이 서로 용합될 수 있는 특정점까지 입자를 가열하여 재료의 다공성을 제어할 수 있다는 것이다. 다른 한편, SLM은 레이저를 사용하여 금속을 완전히 용융시킴으로써 SLS보다 한 단계 더 나아갈 수 있고, 이는 분말들이 서로 용합되지 않지만 실제로 분말 입자를 균질한 부분으로 용융시킬 수 있을 정도로 충분히 오래 액화된다. 따라서, SLM은 기공률이 낮고 결정 구조에 대한 제어가 강화되어 더 강력한 부품을 제조할 수 있고, 이는 부품의 고장을 방지하는데 도움이 된다.
- [0343] 전자 빔 용융(EBM)은 금속 부품의 유사한 유형의 적층 조형 기술이다. EBM은 고진공에서 전자 빔으로 금속 분말을 1층씩 용융함으로써 부품을 제조한다.
- [0344] 레이저 금속 퇴적은 분말 또는 와이어 원료 금속 재료를 레이저를 사용하여 용융 및 고화시켜 기관의 일부를 코팅하거나 니어 넷 셰이프(near-net shape) 부품을 제조하는 재료 퇴적 방법이다. 레이저 금속 퇴적에서 사용되는 분말은 동축 노즐 또는 측면 노즐에 의해 시스템 내에 주입된다. 금속 분말 스트림과 레이저의 상호작용에 의해 용융이 발생하고, 이것은 용융 풀로 알려져 있다. 이것은 기관 상에 퇴적되고, 기관을 이동시키면 용융 풀이 응고하여 고체 금속의 궤적(track)을 생성한다. 이는 가장 일반적인 기술이지만 일부의 프로세스에는 고정식 기관 상으로 레이저/노즐 어셈블리를 이동시켜 응고된 궤적을 생성하는 것이 포함된다. 기관의 움직임은 통상적으로 고체 물체를 일련의 궤적에 보간(interpolation)하는 CAD 시스템에 의해 안내되어 궤적의 최후에 원하는 부품을 생성한다.
- [0345] 제 3 양태의 다른 바람직한 실시형태에서, 상기 알루미늄 합금 제품은, 단계 e 후에, 공작물을 380 °C 이상, 또는 400 °C 이상, 또는 430 °C 이상, 또는 450 °C 이상의 온도로, 1 시간 미만, 또는 3 시간 미만, 또는 5 시간 미만, 또는 8 시간 미만, 또는 12 시간 미만, 또는 18 시간 미만, 또는 24 시간 미만, 바람직하게는 12 시간 미만, 또는 바람직하게는 18 시간 미만, 또는 10 분 이상, 또는 1 시간 이상, 또는 3 시간 이상, 또는 8 시간 이상, 또는 12 시간 이상, 또는 24 시간 이상의 기간 동안 가열한 다음에 주위 온도(예를 들면, 20 내지 25 °C 범위의 온도에서 공냉함으로써 열처리된다. 상기 열처리 단계는 임의선택적으로 성형 단계에 더하여, 상기 성형 단계 전에 또는 상기 성형 단계 후에 적용될 수 있다. 대안적으로, 성형 단계를 원하지 않는 경우, 열처리만이 공작물에 (임의선택적으로) 적용될 수 있다. 어떠한 이론에도 구속되지 않고, 상기 열처리 중에 알루미늄 합금에서 상전이가 일어나 공작물의 인장 강도, 항복 강도 및/또는 연신율을 증가시킨다.
- [0346] 제 2 양태 및/또는 제 3 양태의 추가의 바람직한 실시형태에서, 알루미늄 합금은 드로스(즉, 알루미늄 드로스)의 형성이 낮거나 없는 것을 특징으로 한다. 알루미늄 드로스는 용융 알루미늄 합금을 공기에 노출시킬 때 발생할 수 있다. 공기에 더 오랫동안 노출될 수록 드로스의 형성이 촉진된다 제 2 양태 및/또는 제 3 양태의 바람직한 실시형태에서, 용융 알루미늄 합금은 공기에 대한 장기간(예를 들면, 8 시간)의 노출에 걸쳐 드로스의 형성이 낮거나 없는 것을 특징으로 한다. 드로스의 형성은 육안으로 볼 수 있고, 및/또는 적용가능한 임의의 기술적 방법(예를 들면, 스펙트럼 분석)에 의해 검출될 수 있다.
- [0347] 본 개시의 제 4 양태는 적층 조형 프로세스에서 제 1 양태의 알루미늄 합금의 용도에 관한 것이다.
- [0348] 제 4 양태의 바람직한 실시형태에서, 적층 조형 프로세스는 선택적 레이저 소결(SLS), 선택적 레이저 용융(SLM), 직접 금속 레이저 소결, 및 레이저 금속 퇴적(LMD)로 구성된 그룹으로부터 선택된다.
- [0349] 추가의 바람직한 실시형태에서, 상기 적층 조형 프로세스는 선택적 레이저 소결 또는 선택적 레이저 용융이다.
- [0350] 본 개시의 제 5 양태는 제 1 양태에 따른 알루미늄 합금을 포함하거나 이것으로 구성되는 및/또는 제 3 양태에

다른 방법에 의해 제조되는 알루미늄 합금 제품의 제조 방법에 관한 것으로,

- [0351] i) 상기 제품의 적어도 일부는 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm; 또는 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm 범위의 두께를 가지며; 및/또는
- [0352] ii) 상기 제품의 알루미늄은 290 MPa 이상, 또는 320 MPa 이상, 또는 360 MPa 이상, 또는 370 MPa 이상, 또는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0353] iii) 상기 제품의 알루미늄은 170 MPa 이상, 또는 180 MPa 이상, 또는 200 MPa 이상, 또는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0354] iv) 상기 제품의 알루미늄은 5 % 이상, 또는 15 % 이상, 또는 20 % 이상, 또는 30 % 이상, 또는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0355] 제 5 양태의 바람직한 실시형태에 따르면,
- [0356] i) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm, 또는 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm의 두께에서 측정된, 290 MPa 이상, 또는 320 MPa 이상, 또는 360 MPa 이상, 또는 370 MPa 이상, 또는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0357] ii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm, 또는 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm의 두께에서 측정된, 170 MPa 이상, 또는 180 MPa 이상, 또는 200 MPa 이상, 또는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0358] iii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm, 또는 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm의 두께에서 측정된, 5 % 이상, 또는 15 % 이상, 또는 20 % 이상, 또는 30 % 이상, 또는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0359] 제 5 양태의 다른 바람직한 실시형태에 따르면,
- [0360] i) 제품의 적어도 일부는 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm, 또는 6 내지 9 mm 범위의 두께를 가지며; 및/또는
- [0361] ii) 제품의 알루미늄은 380 MPa 이상, 또는 400 MPa 이상, 또는 420 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0362] iii) 제품의 알루미늄은 200 MPa 이상, 또는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0363] iv) 제품의 알루미늄은 20 % 이상, 또는 24 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0364] 제 5 양태의 다른 바람직한 실시형태에 따르면,
- [0365] i) 제품의 알루미늄은, 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm, 또는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 380 MPa 이상, 또는 400 MPa 이상, 또는 420 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0366] ii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm, 또는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 200 MPa 이상, 또는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0367] iii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 10 mm, 또는 3 내지 10 mm, 또는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 20 % 이상, 또는 24 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0368] 제 5 양태의 다른 바람직한 실시형태에 따르면,
- [0369] i) 제품의 적어도 일부는 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm 범위의 두께를 가지며; 및/또는
- [0370] ii) 상기 제품의 알루미늄은 290 MPa 이상, 또는 320 MPa 이상, 또는 360 MPa 이상, 또는 370 MPa 이상, 또는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0371] iii) 제품의 알루미늄은 170 MPa 이상, 또는 180 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0372] iv) 상기 제품의 알루미늄은 5 % 이상, 또는 15 % 이상, 또는 20 % 이상, 또는 30 % 이상, 또는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0373] 제 5 양태의 다른 바람직한 실시형태에 따르면,
- [0374] i) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm의 두께에서

측정된, 290 MPa 이상, 또는 320 MPa 이상, 또는 360 MPa 이상, 또는 370 MPa 이상, 또는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는

[0375] ii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 170 MPa 이상, 또는 180 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는

[0376] iii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 또는 3 내지 15 mm, 또는 6 내지 12 mm, 또는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 15 % 이상, 또는 20 % 이상, 또는 30 % 이상, 또는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.

[0377] 본 개시의 제 6 양태는 제 3 양태에 따른 방법에 의해 제조되는, 얻어지는, 또는 얻어질 수 있는 알루미늄 합금 제품에 관한 것이다.

[0378] 이하의 실시례로부터 또한 명백한 바와 같이, 본 개시의 알루미늄 합금은, 특히 1 내지 23 mm 범위의 두께에서, 높은 인장 강도, 높은 항복 강도, 및 높은 연신율을 갖는다.

[0379] **용어의 정의**

[0380] 이하에서 예시적으로 설명되는 본 발명은 본 명세서에 구체적으로 기재되어 있지 않은 임의의 하나 이상의 원소 또는 하나 이상의 제한이 없는 상태에서 적절히 실시될 수 있다.

[0381] 본 발명은 특정 실시형태에 대해 그리고 특정 도면을 참조하여 설명될 것이지만 본 발명은 이것에 한정되지 않고, 청구범위에 의해서만 한정된다. 이하에 기재된 용어는 일반적으로 특별한 지시가 없는 한 그것의 일반적인 의미로 이해되어야 한다.

[0382] 상세한 설명 및 청구범위에서 "포함하다"라는 용어가 사용되는 경우, 이는 기타 요소들을 배제하지 않는다. 본 발명의 목적 상, "구성되다"라는 용어는 "포함하다"라는 용어의 바람직한 실시형태로 간주된다. 이하에서 적어도 특정 수의 실시형태를 포함하는 그룹이 정의되는 경우, 이것은 또한 이들 실시형태만으로 구성되는 것이 바람직한 그룹을 개시하는 것으로 이해되어야 한다. 또한, "포함하다"라는 용어를 사용하여 조성물이 정의되는 경우, 이것은 또한 명시적으로 열거되지 않은 다른 원소를 추가적으로 포함할 수 있으나, 열거된 원소의 추가의 양을 더 포함하는 것은 아니다. 따라서, 예를 들면, 알루미늄 합금이 14 질량%의 양으로 Mg를 포함하는 경우, 상기 알루미늄 합금은 Mg 이외의 원소를 포함할 수 있으나, 추가량의 Mg를 포함할 수는 없으므로 14 질량%를 초과할 수 없다.

[0383] 단수 명사를 언급할 때 부정관사(예를 들면, "a", "an")나 정관사(예를 들면, "the")가 사용되는 경우, 이것은 특별한 언급이 없으면 복수 명사를 포함한다.

[0384] "얻어질 수 있는" 또는 "정의될 수 있는"이라는 용어는 "얻어진" 또는 "정의된"이라는 용어와 상호교환가능하게 사용된다. 이는, 예를 들면, 문맥이 그렇지 않다는 것을 명확하게 지시하지 않는 한 "얻어진"이라는 용어는, 이러한 제한된 이해가 바람직한 실시형태로서 "얻어진" 또는 "정의된"이라는 용어에 항상 포함되더라도, 예를 들면, 이 "얻어진"이라는 용어에 후속되는 일련의 단계에 의해 일 실시형태가 얻어져야 함을 의미하는 것은 아니라는 것을 의미한다.

[0385] 본 명세서에서 사용되는 "불순물"이라는 용어는, 예를 들면, 합금의 제조 프로세스나 원료(들)의 제조 프로세스로 인해 불가피하게 존재하는 합금의 원소를 지칭하거나 합금 내의 원소를 포함한다. 불순물은 합금의 원소의 목록에 명시적으로 언급되어 있지 않지만 원소는 불순물로부터 합금의 필수 원소로 바뀔 수 있다. 예를 들면, 어떤 원소가 합금의 조성의 보다 일반적인 정의에서 언급되어 있지 않은 경우, 이것은 불순물로서 존재할 수 있고, 이 원소는 합금의 조성의 보다 구체적인 정의에서 강제 화합물로서 언급될 수 있다.

[0386] 본 개시의 알루미늄 합금은 다양한 성분으로 구성된다. 이들 성분은 합금의 조성에 명시적으로 열거되거나 합금에 존재하는 불순물의 일부이다. 어쨌든, 성분이 질량%의 양으로서 정의되는 경우, 그 수치는 합금 조성물의 총 질량을 기준으로 하는 상대적인 질량%를 반영하는 것이다.

[0387] 일부의 실시형태에서, 제품 또는 공작물의 "적어도 일부"는 정해진 범위의 두께를 갖는다. 이와 관련하여, "적어도 일부"는 제품 또는 공작물의 전체 표면의 1 % 이상, 또는 3 % 이상, 또는 5 % 이상, 또는 10 % 이상을 가리킨다. 제품 또는 공작물의 두께는 제품 또는 공작물의 표면의 각 지점에서 제품 또는 공작물을 통과하는 최단 거리를 측정함으로써 결정될 수 있다. 전체 표면에 걸쳐 적분함으로써, 정해진 범위 내의 두께를 갖는 제품 또는 공작물의 "일부"가 계산될 수 있다.

[0388] **실시례**

[0389] **실시례 1: 알루미늄 합금의 제조**

[0390] 모든 알루미늄 합금은 약 15 분에 걸쳐 약 300 °C의 온도까지 예열된 전기 유도로(Inductotherm, model V.I.P. Power Trak 150)에서 제조되었다. 노가 약 300 °C의 온도에 도달한 후에 60 kg의 원료 알루미늄(0.3 질량% 이하의 총 불순물을 함유함; MTX Aluminium Werke GmbH제, Lend, Austria).

[0391] 이 원료 알루미늄을 720 내지 750 °C까지 가열하였고, 각각의 양의 Mg(DEUMU Deutsche Erz- und Metall-Union GmbH제, Germany, 순수한 마그네슘, 99.9 % 이상) 및 Be(5 질량%의 Be를 함유하고, 잔부는 Al인 AlBe의 펠릿으로서 첨가됨, Hoesch Metals제, Niederzier, Germany)가 첨가되었다. 720 내지 750 °C까지 재가열한 후, 용탕을 주입 랜스(injection lance)를 사용하여 퍼지 가스로서 아르곤 가스로 10 분 동안 탈기시켰다.

[0392] 다음에, 650 내지 750 °C 범위의 온도에서, Ti 및 B는 5:1의 비율로 Ti와 B를 함유하는 바로서 첨가되었다(5 질량%의 Ti, 1 질량%의 B, 잔부의 Al을 함유하는 AlTi5B1의 펠릿으로서 첨가됨, Foseco-Vesuvius제, Germany). 펠릿은 액체 합금 내로 교반되고, 혼합 직후에 도가니가 노로부터 취출되고, 합금은 각각의 주형 내에 주조된다.

[0393] 어떤 이론에도 구속되지 않고, 붕소는 특히 타이타늄에 비해 낮은 비밀도(specific density)를 가지므로 붕소의 일부는 용탕의 상부로부터 거품을 제거함으로써 제거되는 것으로 상정되고, 이는 최종 합금에서 Ti:B의 약 10:1의 비율을 설명한다. 나머지 원소는 출발 재료로부터의 불순물로서 합금 내에 존재한다.

**표 1**

번호	Mg	Ti	B	Si	Be	Mn	Cu	Zn	Fe
1	9.98	0.016	0.001	0.057	0.005	0.001	0.001	0.005	0.035
2	10.44	0.319	0.032	0.058	0.015	0.001	0.001	0.005	0.069
3	10.91	0.303	0.0046	0.050	0.015	0.00088	< 0.00002	0.0027	0.032

[0395] 모든 양은 질량%로 주어진다. 표 1에 개시된 조성의 잔부는 알루미늄이다. **실시례 2: 열처리**

[0396] 실시례 1의 합금 번호 1의 기계적 특성은 주조의 유형 및 임의선택적인 열처리에 대해 조사하였다.

[0397] 14 mm의 직경을 갖는 원주형 샘플을 실시례 1의 합금 번호 1로 사주형(sand mold)에서 주조하였다. 샘플에 인장 강도(R<sub>m</sub>), 항복 강도(R<sub>p0.2</sub>) 및 연신율(A)을 결정하는 시험을 적용하였다. 측정 길이는 사주형 주물의 경우에 84 mm였다.

[0398] 위에서 제조된 동일한 샘플을 각각의 주물의 제조 후에 균질화를 위해 열처리하였다. 이 주물을 430 °C의 온도에서 열처리하고 그 온도에서 9 시간 동안 유지하였다. 상기 열처리 후, 샘플을 주위 온도에서 공냉시켰다.

[0399] 열처리된 샘플을 처리되지 않은 샘플(상기 참조)과 동일한 방식으로 인장 강도, 항복 강도 및 연신율에 대해 시험하였다. 모든 시험 결과는 아래의 표 2에 요약되어 있다.

**표 2**

특성	사주형 주물	
R <sub>m</sub> [MPa]	178	320
R <sub>p0.2</sub> [MPa]	160	172
A [%]	0.5	12.0
열처리	-/- 430 °C / 9 h / 공기	

[0401] 상기시험 결과로부터 사주형 주물은 영구 주형 주물에 비해 미처리 상태에서 인장 강도, 항복 강도 및 연신율이 더 낮음에도 불구하고, 양 주물은 열처리 후에 그 기계적 특성이 매우 유사하다. 샘플의 미세구조 조사에 의해 균질화는 결정립 내의 Mg 농도에 영향을 주지 않았음이 밝혀졌으며, 즉, 결정립 내에 Mg 농도의 잔여분이 존재하지 않았다. Mg 농도는 결정립계에 비해 결정립의 코어에서 훨씬 더 낮았다. 이것은 균질화 후의 샘플의 EDX 분석으로부터 확인될 수 있다. 도 1은 균질화 후의 샘플의 단면을 도시한다.

[0402] 이 샘플을 절단하고, 얻어진 절단 영역을 수 차례 정밀 연마한 후에 폴리싱하였다. 최종 절단 영역은 전자 현미경에서 조사하여 도 1의 REM 사진을 얻었다. 배율은 250 배, 광학 렌즈와 최종 절단 영역의 표면 사이의 작

업 거리는 10 mm, 방출 전류는 75 μA, 그리고 빔 전류는 3.5 nA였다.

[0403] EDX 분석은 도 1에 표시된 선을 따라 이루어졌다. 금속 알루미늄(a), 마그네슘(b), 철(c) 및 구리(d)의 각각의 강도는 대응하는 도 2에 표시되어 있다. 모든 x 선 측정치는 DIN EN ISO 17636-1:2013-05에 따라 이루어졌으며, 그 사양에는 알루미늄에 대한 파라미터가 없으므로 마그네슘에 대한 파라미터를 설정한 다음에 알루미늄에 맞게 조정하였다. 다음에 ASTM E2422-17 및 ASTM E2869-17에 따라 x 선 필름을 평가하였다.

[0404] 이들 결과는 아래의 실시례 3에 나타난 추가의 샘플의 DSC 분석에 의해 확인되었다.

[0405] **실시례 3: DSC 분석**

[0406] 열처리 중의 샘플의 변태를 DSC를 사용하여 추가로 조사하였다.

[0407] 실시례 1의 합금 번호 1을 사용하여 18 mm 두께의 바를 주조하였다. 상기 바는 열처리되지 않았다.

[0408] 이 샘플은 열유속(heat-flux) DSC를 사용하여 분석하였다. 2 개의 동일한 도가니를 노에 넣고, 동일한 시간-온도 프로파일을 적용하였다. 이들 도가니 중 하나에는 샘플을 제공하였고("샘플 도가니"), 다른 하나는 비워두었다("참조 도가니"). 다음에 이 노를 2 °C/분의 속도로 가열하였다. 분석을 위한 온도 범위는 50 °C 내지 525 °C 범위로 설정하였다. 샘플의 열 프로세스로 인해 샘플 도가니의 온도(T<sub>sample</sub>)와 참조 도가니의 온도(T<sub>reference</sub>) 사이에 온도차(DT)가 생긴다:

[0409]  $DT = T_{sample} - T_{reference}$

[0410] 온도 곡선은 450 °C까지 온도의 일정한 증가를 보여주었다. 다음에 이 곡선은 급격하게 증가하고, 최대값에 도달한 후에, 다시 급격하게 감소한다(도 3 참조). 동일한 샘플에서 측정을 반복해도 온도 상승은 더 이상 나타나지 않았다. 상기 온도의 상승은 약 450 °C의 샘플에서 일어나는 발열 프로세스의 지표이다.

[0411] **실시례 4: 알루미늄 합금의 특성**

[0412] 아래의 표 3에 명시된 두께를 갖는 플레이트를 사주조 방법(sandcasting method)을 사용하여 제조하였다. 이들 플레이트에 아래의 표 3에 명시된 인장 강도(R<sub>m</sub>), 항복 강도(R<sub>p0.2</sub>) 및 연신율(A)을 결정하는 상이한 시험을 적용하였다.

[0413] **실시례 5: 열처리**

[0414] 실시례 2에 기술된 방법에 따라, 실시례 1의 합금 번호 3의 기계적 특성을 임의선택적인 열처리에 관하여 더 조사하였다. 실시례 2와 대조적으로 이 샘플은 영구 주형 주조로 제조하였고, 열처리는 450 °C에서 24 시간 동안 수행하였다.

[0415] 샘플의 결정된 인장 강도, 항복 강도 및 연신율은 아래의 표 4에 요약되어 있다.

**표 4**

특성	영구 주형 주물	
R <sub>m</sub> [MPa]	216	400
R <sub>p0.2</sub> [MPa]	167	202
A [%]	0.7	25.1
열처리	-/- 450 ° C / 24 h / 공기	

**표 3**

번호	특성	두께 [mm]						
		6	9	12	15	18	21	30
1	인장 강도 [MPa]	382	380	378	373	362	327	277
	항복 강도 [MPa]	178	179	192	177	177	174	162
	연신율 [%]	34,7	36,9	35,1	34,0	23,0	15,20	9,6
2	인장 강도 [MPa]	429	427	341	330	330	296	280
	항복 강도 [MPa]	220	219	220	200	206	207	189
	연신율 [%]	25,7	24,5	7,4	8,7	8,6	5,0	5,6

- [0418] 샘플은 실온(23 ℃)에서 DIN 50125:2009 및 DIN EN ISO 6892-1:2009에 따라 제조하고 시험하였다.
- [0419] 본 개시는 또한 다음의 번호가 매겨진 항목에 관한 것이다:
- [0420] 1. 알루미늄 합금으로서,
- [0421] 각각 상기 합금의 총 질량에 관하여,
- [0422] a. 9 내지 14 질량%의 마그네슘(Mg);
- [0423] b. 0.011 내지 1 질량%의 타이타늄(Ti);
- [0424] c. 0.1 질량% 이하의 망가니즈(Mn);
- [0425] d. 0.1 질량% 이하의 철(Fe);
- [0426] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 베릴륨(Be);
- [0427] 잔부의 알루미늄(Al)을 포함하고,
- [0428] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이다.
- [0429] 2. 항목 1에 따른 알루미늄 합금에 있어서, 상기 알루미늄 합금은,
- [0430] a. 9 내지 14 질량%의 마그네슘(Mg);
- [0431] b. 0.011 내지 1 질량%의 타이타늄(Ti);
- [0432] c. 0.1 질량% 이하의 망가니즈(Mn);
- [0433] d. 0.1 질량% 이하의 철(Fe);
- [0434] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 베릴륨(Be);
- [0435] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 붕소(B);
- [0436] g. 1 질량% 이하의 실리콘(Si); 및
- [0437] 잔부의 알루미늄(Al)을 포함하고,
- [0438] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이다.
- [0439] 3. 항목 1 또는 항목 2에 있어서, 상기 알루미늄 합금은 0.01 질량% 이하의 구리(Cu) 및 0.01 질량% 이하의 아연(Zn)을 더 포함한다.
- [0440] 4. 항목 1 내지 항목 3 중 어느 한 항목에 있어서, 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 상기 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0441] 5. 항목 1 내지 항목 4 중 어느 한 항목에 있어서, Mg는 9.1 내지 13.9 질량%의 양으로, 바람직하게는 9.2 내지 13 질량%의 양으로, 바람직하게는 9.5 내지 12 질량%의 양으로, 바람직하게는 10.2 내지 11.8 질량%의 양으로, 또는 9.2 내지 10.2 질량%의 양으로, 또는 9.6 내지 10.2 질량%의 양으로 존재한다.
- [0442] 6. 항목 1 내지 항목 5 중 어느 한 항목에 있어서, Mg는 바람직하게는 9.8 내지 11 질량%의 양으로, 또는 바람직하게는 10.2 % 내지 13 질량%의 양으로 존재한다.
- [0443] 7. 항목 1 내지 항목 6 중 어느 한 항목에 있어서,
- [0444] Ti는,
- [0445] i) 0.011 내지 0.9 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.012 내지 0.8 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.013 내지 0.5 질량%의 양으로, 또는 0.011 질량% 이상의 양으로; 및/또는
- [0446] ii) 0.015 질량% 이상의 양으로, 또는 0.15 질량% 이상의 양으로, 또는 0.2 질량% 이상의 양으로, 또는 0.3 질

량% 이상의 양으로; 및/또는

- [0447] iii) 0.9 질량% 이하의 양으로, 또는 0.8 질량% 이하의 양으로, 또는 0.7 질량% 이하의 양으로, 또는 0.6 질량% 이하의 양으로, 또는 0.4 질량% 이하의 양으로 존재한다.
- [0448] 8. 항목 1 내지 항목 7 중 어느 한 항목에 있어서,
- [0449] Mn은,
- [0450] i) 0.09 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.08 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.04 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.005 질량% 이하의 양으로; 및/또는
- [0451] ii) 0.0001 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.0005 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0452] 9. 항목 1 내지 항목 8 중 어느 한 항목에 있어서,
- [0453] Fe는,
- [0454] i) 0.09 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.08 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.05 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.03 질량% 이하의 양으로; 및/또는
- [0455] ii) 0.01 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.05 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0456] 10. 항목 1 내지 항목 9 중 어느 한 항목에 있어서,
- [0457] Be는,
- [0458] i) 0.002 내지 0.09 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.003 내지 0.08 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.007 내지 0.06 질량%의 양으로; 및/또는
- [0459] ii) 0.002 질량% 이상의 양으로, 또는 0.003 질량% 이상의 양으로, 또는 0.004 질량% 이상의 양으로; 및/또는
- [0460] iii) 0.09 질량% 이하의 양으로, 또는 0.08 질량% 이하의 양으로, 또는 0.07 질량% 이하의 양으로, 또는 0.06 질량% 이하의 양으로, 또는 0.04 질량% 이하의 양으로 존재한다.
- [0461] 11. 항목 1 내지 항목 10 중 어느 한 항목에 있어서, Be는 0.005 질량% 이상의 양으로, 또는 0.015 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0462] 12. 항목 1 내지 항목 11 중 어느 한 항목에 있어서,
- [0463] 붕소(B)는,
- [0464] i) 0.0009 내지 0.2 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.001 내지 0.15 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.006 내지 0.1 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.01 내지 0.1 질량%의 양으로, 바람직하게는 0.015 내지 0.05 질량%의 양으로; 및/또는
- [0465] ii) 0.0009 질량% 이상의 양으로, 또는 0.001 질량% 이상의 양으로, 또는 0.006 질량% 이상의 양으로; 및/또는
- [0466] iii) 0.1 질량% 이하의 양으로, 또는 0.08 질량% 이하의 양으로, 또는 0.07 질량% 이하의 양으로, 또는 0.06 질량% 이하의 양으로, 또는 0.04 질량% 이하의 양으로 존재한다.
- [0467] 13. 항목 1 내지 항목 12 중 어느 한 항목에 있어서, 붕소(B)는 0.03 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0468] 14. 항목 1 내지 항목 13 중 어느 한 항목에 있어서,
- [0469] 실리콘(Si)은,
- [0470] i) 1 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.5 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.3 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.15 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 이하의 양으로; 및/또는
- [0471] ii) 0.01 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.03 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.05 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.07 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0472] 15. 항목 1 내지 항목 14 중 어느 한 항목에 있어서,

- [0473] 구리(Cu)는,
- [0474] i) 0.01 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.005 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.003 질량% 이하의 양으로; 및/또는
- [0475] ii) 0.0001 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.0005 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0476] 16. 항목 1 내지 항목 15 중 어느 한 항목에 있어서,
- [0477] 아연(Zn)은,
- [0478] i) 0.01 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.008 질량% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.007 질량% 이하의 양으로; 및/또는
- [0479] ii) 0.001 질량% 이상의 양으로, 바람직하게는 0.003 질량% 이상의 양으로 존재한다.
- [0480] 17. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0481] a. 9 내지 14 질량%의 Mg;
- [0482] b. 0.011 내지 1 질량%의 Ti;
- [0483] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0484] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0485] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0486] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0487] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0488] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0489] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0490] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0491] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0492] 18. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0493] a. 9.5 내지 12 질량%의 Mg;
- [0494] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0495] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0496] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0497] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0498] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0499] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0500] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0501] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0502] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0503] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01

질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.

- [0504] 19. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0505] a. 9.5 내지 12 질량%의 Mg;
- [0506] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0507] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0508] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0509] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0510] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0511] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.3 질량% 이하의 양의 Si;
- [0512] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0513] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0514] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0515] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0516] 20. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0517] a. 9.5 내지 12 질량%의 Mg;
- [0518] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0519] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0520] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0521] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0522] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0523] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.3 질량% 이하의 양의 Si;
- [0524] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0525] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0526] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0527] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0528] 21. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0529] a. 9.5 내지 12 질량%의 Mg;
- [0530] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0531] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0532] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0533] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;

- [0534] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0535] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.3 질량%의 Si;
- [0536] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0537] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0538] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0539] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0540] 22. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0541] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0542] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0543] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0544] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0545] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0546] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0547] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0548] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0549] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0550] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0551] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0552] 23. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0553] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0554] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0555] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0556] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0557] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0558] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0559] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0560] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0561] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0562] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0563] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01

질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.

- [0564] 24. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0565] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0566] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0567] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0568] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0569] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0570] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0571] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0572] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0573] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0574] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0575] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0576] 25. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0577] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0578] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0579] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0580] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0581] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;
- [0582] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0583] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.15 질량%의 Si;
- [0584] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0585] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0586] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0587] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0588] 26. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0589] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0590] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0591] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0592] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0593] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;

- [0594] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0595] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0596] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0597] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0598] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0599] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0600] 27. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0601] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0602] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0603] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0604] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0605] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0606] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0607] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0608] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0609] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0610] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0611] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0612] 28. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0613] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0614] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0615] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0616] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0617] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0618] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0619] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0620] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0621] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0622] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0623] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01

질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.

- [0624] 29. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0625] a. 10.2 내지 11.8 질량%의 Mg;
- [0626] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0627] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0628] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0629] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;
- [0630] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0631] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.15 질량%의 Si;
- [0632] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0633] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0634] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0635] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0636] 30. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0637] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0638] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0639] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0640] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0641] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0642] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0643] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0644] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0645] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0646] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0647] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0648] 31. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0649] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0650] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0651] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0652] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0653] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;

- [0654] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0655] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0656] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0657] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0658] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0659] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0660] 32. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0661] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0662] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0663] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0664] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0665] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0666] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0667] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0668] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0669] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0670] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0671] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0672] 33. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0673] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0674] b. 0.012 내지 0.8 질량%의 Ti;
- [0675] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0676] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0677] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;
- [0678] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0679] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.15 질량%의 Si;
- [0680] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0681] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0682] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0683] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01

질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.

- [0684] 34. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0685] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0686] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0687] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0688] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0689] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0690] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0691] g. 1 질량% 이하의 Si;
- [0692] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0693] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0694] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0695] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0696] 35. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0697] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0698] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0699] c. 0.001 내지 0.1 질량%의 Be;
- [0700] d. 0.1 질량% 이하의 Mn;
- [0701] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;
- [0702] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0703] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0704] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0705] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0706] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0707] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0708] 36. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0709] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0710] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0711] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0712] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0713] e. 0.1 질량% 이하의 Fe;

- [0714] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0715] g. 0.5 질량% 이하, 바람직하게는 0.2 질량% 이하의 양의 Si;
- [0716] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0717] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0718] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0719] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0720] 37. 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금으로서,
- [0721] a. 9.6 내지 10.2 질량%의 Mg;
- [0722] b. 0.013 내지 0.5 질량%의 Ti;
- [0723] c. 0.003 내지 0.08 질량%의 Be;
- [0724] d. 0.0005 내지 0.08 질량%의 Mn;
- [0725] e. 0.001 내지 0.1 질량%의 Fe;
- [0726] f. 0.0009 내지 0.2 질량%의 B;
- [0727] g. 0.03 내지 0.5 질량%, 바람직하게는 0.003 내지 0.15 질량%의 Si;
- [0728] h. 0.01 질량% 이하의 Cu;
- [0729] i. 0.01 질량% 이하의 Zn; 및
- [0730] 잔부의 Al을 포함하며;
- [0731] 상기 합금의 모든 화합물의 합계는 총 100 질량%이며; 상기 알루미늄 합금은 불가피한 불순물을 포함하며, 바람직하게는 불가피한 불순물은 0.15 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.1 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.05 질량% 미만의 양으로 존재하고, 각각의 개별 불순물은 0.05 질량% 미만의 양으로, 바람직하게는 0.01 질량% 미만의 양으로, 더 바람직하게는 0.001 질량% 미만의 양으로 존재한다.
- [0732] 38. 항목 1 내지 항목 37 중 어느 한 항목 따른 알루미늄 합금의 제조 방법으로서,
- [0733] a. 원료 알루미늄을 제공하는 단계;
- [0734] b. 상기 원료 알루미늄을 650 내지 800 °C, 바람직하게는 700 내지 770 °C 범위의 온도까지 가열하는 단계;
- [0735] c. Mg 및 Be를 첨가하여 원료 합금을 얻는 단계;
- [0736] d. 상기 원료 합금을 임의선택적으로 탈기시키는 단계;
- [0737] e. 임의선택적으로 탈기된 원료 합금에 Ti를 첨가하여 알루미늄 합금을 제조하는 단계를 포함한다.
- [0738] 39. 항목 1 내지 항목 37 중 어느 한 항목 따른 알루미늄 합금의 제조 방법으로서,
- [0739] a. 원료 알루미늄을 제공하는 단계;
- [0740] b. 상기 원료 알루미늄을 650 내지 800 °C, 바람직하게는 700 내지 770 °C 범위의 온도까지 가열하는 단계;
- [0741] c. Mg 및 Be를 첨가하여 원료 합금을 얻는 단계;
- [0742] d. 상기 원료 합금을 임의선택적으로 탈기시키는 단계;
- [0743] e. 임의선택적으로 탈기된 상기 원료 합금에 Ti 및 B를 첨가하여 알루미늄 합금을 제조하는 단계를 포함한다.
- [0744] 40. 항목 38 또는 항목 39에 있어서,

- [0745] 상기 방법은 공작물의 적층 조형을 더 포함하고, 상기 공작물의 적층 조형은,
- [0746] f. 바람직하게는 진공 또는 불활성 가스 분위기 내에 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금을 포함하는 알루미늄 분말의 층을 배치하는 단계;
- [0747] g. 적어도 하나의 레이저 빔을 사용하여 상기 분말을 선택적으로 용융시키는 단계;
- [0748] h. 상기 공작물이 완성될 때까지 단계 f 및 단계 g를 반복하는 단계; 및
- [0749] i. 블래스팅(blasting), 기계가공, 열 처리 및/또는 기타 처리에 의해 상기 공작물을 임의선택적으로 처리하는 단계를 포함한다.
- [0750] 41. 공작물의 적층 조형 방법은 다음의 단계를 포함한다.
- [0751] a. 바람직하게는 진공 또는 불활성 가스 분위기 내에 항목 1 내지 항목 16 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금을 포함하는 알루미늄 분말의 층을 배치하는 단계;
- [0752] b. 적어도 하나의 레이저 빔을 사용하여 상기 분말을 선택적으로 용융시키는 단계;
- [0753] c. 상기 공작물이 완성될 때까지 단계 a 및 단계 b를 반복하는 단계; 및
- [0754] d. 블래스팅(blasting), 기계가공, 열 처리 및/또는 기타 처리에 의해 상기 공작물을 임의선택적으로 처리하는 단계를 포함한다.
- [0755] 42. 항목 40에 에 있어서,
- [0756] 상기 공작물은, 단계 i에서, 상기 공작물을 380 °C 이상, 또는 400 °C 이상, 또는 430 °C 이상, 또는 450 °C 이상의 온도로, 1 시간 미만, 또는 3 시간 미만, 또는 5 시간 미만, 또는 8 시간 미만, 또는 12 시간 미만, 또는 18 시간 미만, 또는 24 시간 미만, 바람직하게는 12 시간 미만, 또는 바람직하게는 18 시간 미만, 또는 10 분 이상, 또는 1 시간 이상, 또는 3 시간 이상, 또는 8 시간 이상, 또는 12 시간 이상, 또는 24 시간 이상의 기간 동안 가열한 다음에 주위 온도에서 공냉함으로써 열처리된다.
- [0757] 43. 항목 41에 에 있어서,
- [0758] 상기 공작물은, 단계 i에서, 상기 공작물을 380 °C 이상, 또는 400 °C 이상, 또는 430 °C 이상, 또는 450 °C 이상의 온도로, 1 시간 미만, 또는 3 시간 미만, 또는 5 시간 미만, 또는 8 시간 미만, 또는 12 시간 미만, 또는 18 시간 미만, 또는 24 시간 미만, 바람직하게는 12 시간 미만, 또는 바람직하게는 18 시간 미만, 또는 10 분 이상, 또는 1 시간 이상, 또는 3 시간 이상, 또는 8 시간 이상, 또는 12 시간 이상, 또는 24 시간 이상의 기간 동안 가열한 다음에 주위 온도에서 공냉함으로써 열처리된다.
- [0759] 44. 적층 조형 프로세스에서 항목 1 내지 항목 37 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금의 용도.
- [0760] 45. 항목 40 내지 항목 43 중 어느 한 항목에 있어서, 적층 조형 프로세스는 선택적 레이저 소결(SLS), 선택적 레이저 용융(SLM), 직접 금속 레이저 소결, 및 레이저 금속 퇴적(LMD)로 구성된 그룹으로부터 선택된다.
- [0761] 46. 항목 45에 있어서, 상기 적층 조형 프로세스는 선택적 레이저 소결, 또는 선택적 레이저 용융이다.
- [0762] 47. 항목 40 내지 항목 43, 항목 45 및 항목 46 중 어느 한 항목에 따른 방법에 의해 제조된 알루미늄 합금 제품.
- [0763] 48. 항목 1 내지 항목 37 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금을 포함하고, 및/또는 항목 40 내지 항목 43, 항목 45 및 항목 46 중 어느 한 항목에 따른 방법에 의해 제조되는 알루미늄 합금 제품으로서,
- [0764] i) 상기 제품의 적어도 일부는 1 내지 23 mm, 바람직하게는 3 내지 15 mm, 바람직하게는 6 내지 12 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm; 또는 1 내지 10 mm, 바람직하게는 3 내지 10 mm 범위의 두께를 가지며; 및/또는
- [0765] ii) 상기 제품의 알루미늄은 290 MPa 이상, 바람직하게는 320 MPa 이상, 바람직하게는 360 MPa 이상, 바람직하게는 370 MPa 이상, 바람직하게는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0766] iii) 상기 제품의 알루미늄은 170 MPa 이상, 바람직하게는 180 MPa 이상, 바람직하게는 200 MPa 이상, 바람직하게는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0767] iv) 상기 제품의 알루미늄은 5 % 이상, 바람직하게는 15 % 이상, 바람직하게는 20 % 이상, 바람직하게는 30 %

이상, 바람직하게는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.

- [0768] 49. 항목 48에 따른 알루미늄 합금 제품으로서,
- [0769] i) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 바람직하게는 3 내지 15 mm, 바람직하게는 6 내지 12 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm, 또는 1 내지 10 mm, 바람직하게는 3 내지 10 mm의 두께에서 측정된, 290 MPa 이상, 바람직하게는 320 MPa 이상, 바람직하게는 360 MPa 이상, 바람직하게는 370 MPa 이상, 바람직하게는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0770] ii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 바람직하게는 3 내지 15 mm, 바람직하게는 6 내지 12 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm, 또는 1 내지 10 mm, 바람직하게는 3 내지 10 mm의 두께에서 측정된, 170 MPa 이상, 바람직하게는 180 MPa 이상, 바람직하게는 200 MPa 이상, 바람직하게는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0771] iii) 제품의 알루미늄은 1 내지 23 mm, 바람직하게는 3 내지 15 mm, 바람직하게는 6 내지 12 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm, 또는 1 내지 10 mm, 바람직하게는 3 내지 10 mm의 두께에서 측정된, 5 % 이상, 바람직하게는 15 % 이상, 바람직하게는 20 % 이상, 바람직하게는 30 % 이상, 바람직하게는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0772] 50. 항목 1 내지 항목 29 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금을 포함하고, 및/또는 항목 40 내지 항목 43, 항목 45 및 항목 46 중 어느 한 항목에 따른 방법에 의해 제조되는 알루미늄 합금 제품으로서,
- [0773] i) 제품의 적어도 일부는 1 내지 10 mm, 바람직하게는 3 내지 10 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm 범위의 두께를 가지며; 및/또는
- [0774] ii) 제품의 알루미늄은 380 MPa 이상, 바람직하게는 400 MPa 이상, 바람직하게는 420 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0775] iii) 제품의 알루미늄은 200 MPa 이상, 바람직하게는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0776] iv) 제품의 알루미늄은 20 % 이상, 바람직하게는 24 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0777] 51. 항목 50에 따른 알루미늄 합금 제품으로서,
- [0778] i) 제품의 알루미늄은, 1 내지 10 mm, 바람직하게는 3 내지 10 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 380 MPa 이상, 바람직하게는 400 MPa 이상, 바람직하게는 420 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0779] ii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 10 mm, 바람직하게는 3 내지 10 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 200 MPa 이상, 바람직하게는 215 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0780] iii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 10 mm, 바람직하게는 3 내지 10 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 20 % 이상, 바람직하게는 24 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0781] 52. 항목 1 내지 항목 30, 및 항목 30 내지 항목 37 중 어느 한 항목에 따른 알루미늄 합금을 포함하고, 및/또는 항목 40 내지 항목 43, 항목 45 및 항목 46 중 어느 한 항목에 따른 방법에 의해 제조되는 알루미늄 합금 제품으로서,
- [0782] i) 제품의 적어도 일부는 1 내지 23 mm, 바람직하게는 3 내지 15 mm, 바람직하게는 6 내지 12 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm 범위의 두께를 가지며; 및/또는
- [0783] ii) 상기 제품의 알루미늄은 290 MPa 이상, 바람직하게는 320 MPa 이상, 바람직하게는 360 MPa 이상, 바람직하게는 370 MPa 이상, 바람직하게는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0784] iii) 제품의 알루미늄은 170 MPa 이상, 바람직하게는 180 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는
- [0785] iv) 상기 제품의 알루미늄은 5 % 이상, 바람직하게는 15 % 이상, 바람직하게는 20 % 이상, 바람직하게는 30 % 이상, 바람직하게는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.
- [0786] 53. 항목 52에 따른 알루미늄 합금 제품으로서,
- [0787] i) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 바람직하게는 3 내지 15 mm, 바람직하게는 6 내지 12 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 290 MPa 이상, 바람직하게는 320 MPa 이상, 바람직하게는 360 MPa 이상, 바람직하게는 370 MPa 이상, 바람직하게는 380 MPa 이상의 인장 강도를 가지며; 및/또는
- [0788] ii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 바람직하게는 3 내지 15 mm, 바람직하게는 6 내지 12 mm, 바람직하게는

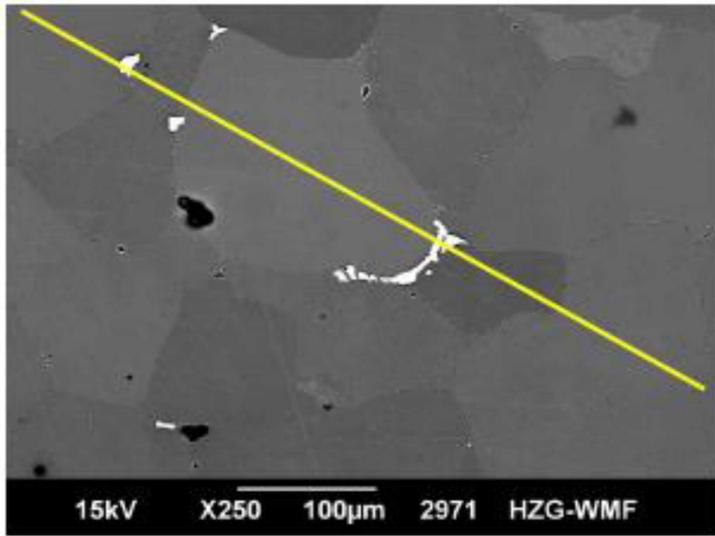
6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 170 MPa 이상, 바람직하게는 180 MPa 이상의 항복 강도를 가지며; 및/또는

[0789]

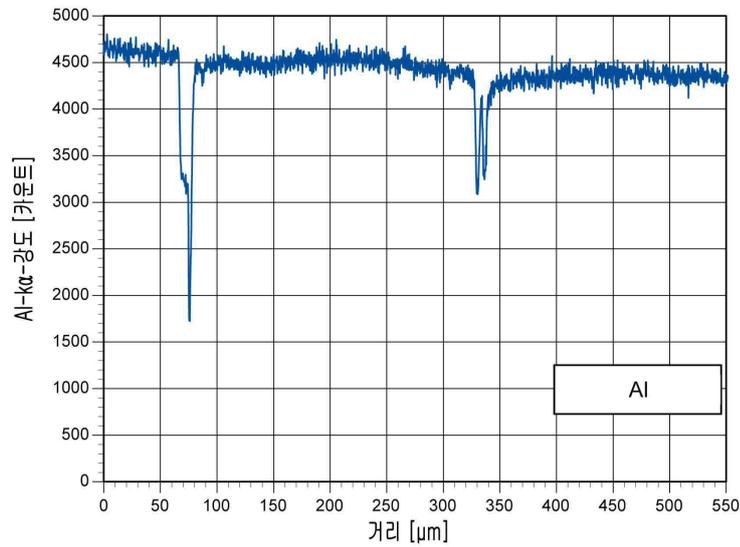
iii) 제품의 알루미늄은, 1 내지 23 mm, 바람직하게는 3 내지 15 mm, 바람직하게는 6 내지 12 mm, 바람직하게는 6 내지 9 mm의 두께에서 측정된, 15 % 이상, 바람직하게는 20 % 이상, 바람직하게는 30 % 이상, 바람직하게는 34 % 이상의 연신율을 갖는다.

도면

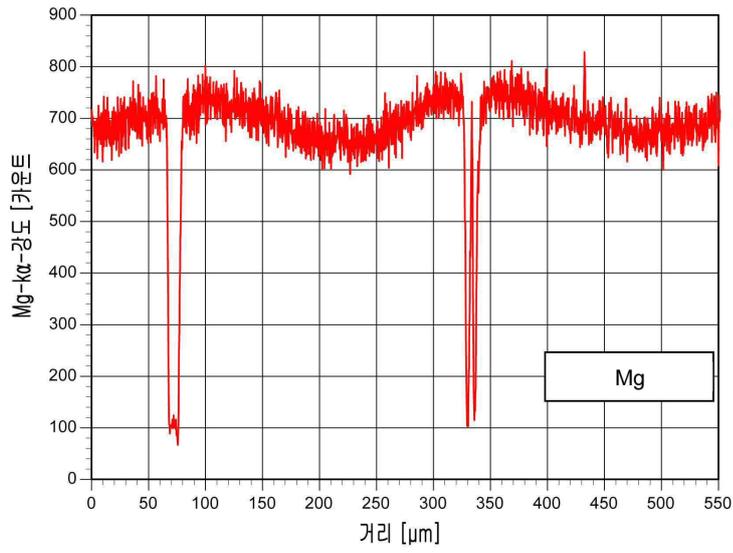
도면1



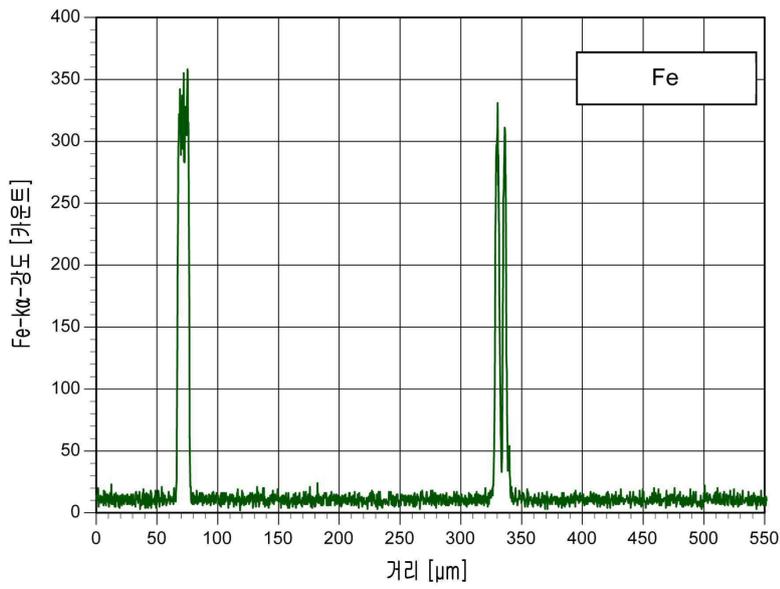
도면2a



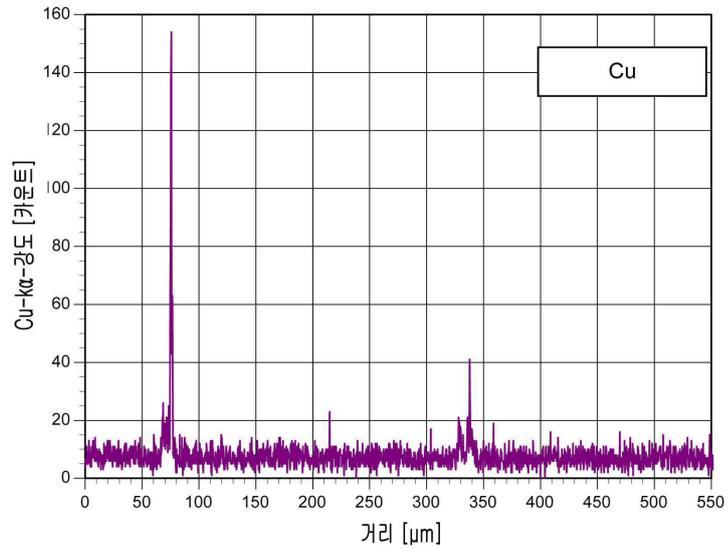
도면2b



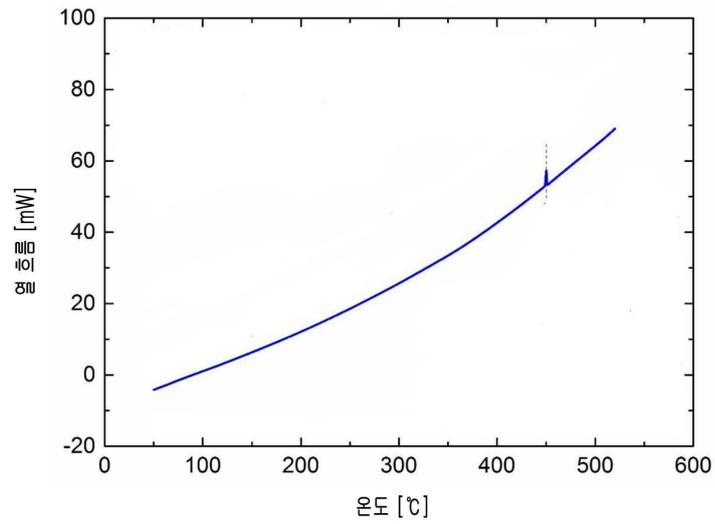
도면2c



도면2d



도면3



도면4

