



등록특허 10-2138394



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월28일

(11) 등록번호 10-2138394

(24) 등록일자 2020년07월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B22D 18/04 (2006.01) B22D 21/00 (2006.01)

C22C 21/02 (2006.01) C22C 21/04 (2006.01)

F16J 1/01 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B22D 18/04 (2013.01)

B22D 21/007 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7015836

(22) 출원일자(국제) 2013년11월14일

심사청구일자 2018년08월29일

(85) 번역문제출일자 2015년06월15일

(65) 공개번호 10-2015-0070449

(43) 공개일자 2015년06월24일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/073812

(87) 국제공개번호 WO 2014/076174

국제공개일자 2014년05월22일

(30) 우선권주장

10 2012 220 765.1 2012년11월14일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문현

EP00924310 B1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문현

(73) 특허권자

페데랄-모굴 뉘른베르크 게엠바하

독일, 90441 뉘른베르크, 노피트츠스트라쎄 67

(72) 발명자

모르겐슈테른, 로만

독일 91560 헤일스브론 넬켄스트라쎄 22

라데스, 클라우스

독일 90459 뉘른베르그 보겐스트라쎄 39

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인필엔온지

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 김용안

(54) 발명의 명칭 엔진 부품의 제조 방법, 엔진 부품 및 알루미늄 합금의 용도

### (57) 요 약

특히 내연기관용 피스톤과 같은 엔진 부품을 제조하기 위한 방법이 개시되어 있는데, 여기서 알루미늄 합금은 금형 주조법을 이용하여 주조되고, 상기 알루미늄 합금은 다음의 합금 성분을 포함한다: 9wt% 이상 10.5wt% 이하의 실리콘, 2.0wt% 초과 3.5wt% 미만의 니켈, 3.7wt% 초과 5.2wt% 이하의 구리, 1wt% 미만의 코발트, 0.5wt% 이상 1.5wt% 이하의 마그네슘, 0.1wt% 이상 0.7wt% 이하의 철, 0.1wt% 이상 0.4wt% 이하의 망간, 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만의 지르코늄, 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만의 바나듐, 0.05wt% 이상 0.2wt% 미만의 티타늄, 0.004wt% 이상 0.008wt% 이하의 인, 그리고 상기 알루미늄 합금은 알루미늄과 불가피한 불순물을 더 포함한다. 본 발명은, 특히 내연기관용 피스톤과 같은 엔진 부품(여기서 엔진 부품은 적어도 부분적으로 알루미늄 합금으로 구성됨), 특히 내연기관용 피스톤과 같은 엔진 부품의 제조를 위한 알루미늄 합금의 용도에 대해서 더 기술하고 있다.

(52) CPC특허분류

*C22C 21/02* (2013.01)

*C22C 21/04* (2013.01)

*F16J 1/01* (2013.01)

(72) 발명자

**켄닝레이, 스캇**

독일 91085 바이젠도르프 암 뮐베르크 10

**코흐, 필립**

독일 90459 뉘른베르크 갈젠헤프스트라쎄 25

**윌러드, 로버트**

독일 90461 뉘른베르크 엑카르드스트라쎄 4

**바이스, 라이너**

독일 90469 뉘른베르크 게르메르쉐이메르 스트라쎄  
169

**소보타, 이사벨라**

독일 90429 뉘른베르크 벡스트라쎄 29

**포프, 마틴**

독일 90473 뉘른베르크 와르므브룬네르 스트라쎄  
20

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

내연기관용 피스톤을 포함하는 엔진 부품을 제조하는 방법으로서, 알루미늄 합금은 금형 주조법을 이용하여 주조되고, 상기 알루미늄 합금은 다음의 합금 성분으로 구성되는 방법:

실리콘: 9wt% 이상 10.5wt% 이하,

니켈: 2.0wt% 초과 3.5wt% 미만,

구리: 3.7wt% 초과 5.2wt% 이하,

코발트: 1wt% 미만,

마그네슘: 0.5wt% 이상 1.5wt% 이하,

철: 0.1wt% 이상 0.7wt% 이하,

망간: 0.1wt% 이상 0.4wt% 이하,

지르코늄: 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만,

바나듐: 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만,

티타늄: 0.05wt% 이상 0.2wt% 미만,

인: 0.004wt% 이상 0.008wt% 이하,

(단, 나머지 부분은 알루미늄과 불가피한 불순물로 구성됨)

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은, 0.6wt% 내지 0.8wt%의 마그네슘을 포함하는 방법.

#### 청구항 3

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은, 0.4wt% 내지 0.6wt% 의 철을 포함하는 방법.

#### 청구항 4

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서,

알루미늄 합금에 있어서 망간에 대한 철의 중량비는, 최대 5:1 인 방법.

#### 청구항 5

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서,

니켈과 코발트의 총 합은, 2.0wt% 초과 3.8wt% 미만인 방법.

#### 청구항 6

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은,

보울 림 에어리어(bowl rim area) 내에서, 초정 규소(primary silicon)를 갖는 미세구조를 가지며, 상기 미세구조가 갖는 기공율은 0.01% 미만이라는 조건 및 초정 규소(primary silicon) 함량은 1% 미만이라는 조건 중 적어도 어느 하나의 조건을 만족하며, 초정 규소의 평균 길이는  $5\mu\text{m}$  미만이라는 조건 및 최대 길이는  $10\mu\text{m}$  미만이라

는 조건 중 적어도 어느 하나의 조건을 만족하고, 합금 상(intermetallic phases) 및 일차 석출물(primary precipitates) 중 적어도 어느 하나의 평균 길이는  $30\mu\text{m}$  미만이라는 조건 및 최대 길이는  $50\mu\text{m}$  미만이라는 조건 중 적어도 어느 하나의 조건을 만족하는 방법.

### 청구항 7

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은,

보울 림 에어리어(bowl rim area) 내에서, 실리콘 석출물의 면적 값의 평균이  $100\mu\text{m}^2$  미만이라는 조건 및 합금 상의 면적 값의 평균이  $200\mu\text{m}^2$  미만이라는 조건 중 적어도 어느 하나의 조건을 만족하는 방법.

### 청구항 8

내연기관용 퍼스톤을 포함하는 엔진 부품으로서, 적어도 부분적으로 알루미늄 합금으로 구성되며, 상기 알루미늄 합금은 다음의 합금 성분으로 구성되는 엔진 부품:

실리콘: 9wt% 이상 10.5wt% 이하,

니켈: 2.0wt% 초과 3.5wt% 미만,

구리: 3.7wt% 초과 5.2wt% 이하,

코발트: 1wt% 미만,

마그네슘: 0.5wt% 이상 1.5wt% 이하,

철: 0.1wt% 이상 0.7wt% 이하,

망간: 0.1wt% 이상 0.4wt% 이하,

지르코늄: 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만,

바나듐: 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만,

티타늄: 0.05wt% 이상 0.2wt% 미만,

인: 0.004wt% 이상 0.008wt% 이하,

(단, 나머지 부분은 알루미늄과 불가피한 불순물로 구성됨)

### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은, 0.6wt% 내지 0.8wt%의 마그네슘을 포함하는 엔진 부품.

### 청구항 10

제8항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은, 0.4wt% 내지 0.6wt%의 철을 포함하는 엔진 부품.

### 청구항 11

제8항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

알루미늄 합금에 있어서 망간에 대한 철의 중량비는, 최대 5:1인 엔진 부품.

### 청구항 12

제8항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

니켈과 코발트의 총 합은, 2.0wt% 초과 3.8wt% 미만인 엔진 부품.

### 청구항 13

제8항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은,

보울 림 에어리어(bowl rim area) 내에서, 초정 규소(primary silicon)를 갖는 미세구조를 가지며, 상기 미세구조가 갖는 기공율은 0.01% 미만이라는 조건 및 초정 규소(primary silicon) 함량은 1% 미만이라는 조건 중 적어도 어느 하나의 조건을 만족하며, 초정 규소의 평균 길이는  $5\mu\text{m}$  미만이라는 조건 및 최대 길이는  $10\mu\text{m}$  미만이라는 조건 중 적어도 어느 하나의 조건을 만족하고, 합금 상(intermetallic phases) 및 일차 석출물(primary precipitates) 중 적어도 어느 하나의 평균 길이는  $30\mu\text{m}$  미만이라는 조건 및 최대 길이는  $50\mu\text{m}$  미만이라는 조건 중 적어도 어느 하나의 조건을 만족하는 엔진 부품.

### 청구항 14

제8항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금은,

보울 림 에어리어(bowl rim area) 내에서, 실리콘 석출물의 면적 값의 평균이  $100\mu\text{m}^2$  미만이라는 조건 및 합금 상의 면적 값의 평균이  $200\mu\text{m}^2$  미만이라는 조건 중 적어도 어느 하나의 조건을 만족하는 엔진 부품.

### 청구항 15

내연기관용 피스톤을 포함하는 엔진 부품을 제조하기 위한 알루미늄 합금의 용도로서, 상기 알루미늄 합금은 다음의 합금 성분으로 이루어지는 알루미늄 합금의 용도:

실리콘: 9wt% 이상 10.5wt% 이하,

니켈: 2.0wt% 초과 3.5wt% 미만,

구리: 3.7wt% 초과 5.2wt% 이하,

코발트: 1wt% 미만,

마그네슘: 0.5wt% 이상 1.5wt% 이하,

철: 0.1wt% 이상 0.7wt% 이하,

망간: 0.1wt% 이상 0.4wt% 이하,

지르코늄: 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만,

바나듐: 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만,

티타늄: 0.05wt% 이상 0.2wt% 미만,

인: 0.004wt% 이상 0.008wt% 이하,

(단, 나머지 부분은 알루미늄과 불가피한 불순물로 구성됨)

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 특히 내연기관용 피스톤과 같은 엔진 부품의 제조 및 그 이용 방법, 그리고 이러한 엔진 부품을 제조하기 위한 알루미늄 합금의 용도에 관한 것이다. 한편, 여기서 말하는 내연기관용 피스톤은 금형 주조법(gravity die casting method)을 이용하여 주조된 것이며, 엔진 부품은 적어도 부분적으로 알루미늄 합금으로 이루어져 있다.

### 배경 기술

[0002] 최근 들어, 특별히 경제적이고 생태학적인 교통수단에 대한 요구가 증가되고 있는데, 이러한 교통수단은 소모와

배출과 관련한 높은 수준의 요건을 충족해야만 한다. 더욱이, 엔진이 가능한 우수한 성능 및 적은 소모량을 갖도록 디자인 하는 것에 대한 요구가 항상 존재한다. 점점 더 높아지는 연소 온도와 연소 압력에서 이용되는 피스톤(이러한 피스톤은 필수적으로 가능한 점점 더 우수한 성능을 갖는 피스톤 재료로 만들어짐)은 우수한 성능 (high-performance) 및 적은 배출량(low-emission)을 갖는 내연기관의 개발에 있어서 결정적 요소에 해당한다.

[0003] 내연기관에 이용되는 피스톤은, 근본적으로 우수한 내열성을 가져야 하는 동시에 가능한 가볍고 견고해야만 한다. 따라서, 미세구조 분포(microstructure distribution), 모폴로지(morphology), 조성(composition) 및 우수한 내열성을 갖는 상(highly heat-resistant phases)을 어떻게 설정할 것인지가 중요하다. 이와 관련하여, 최적화는, 기공(pores) 및 산화 개재물(oxide inclusions)의 최소 함량을 고려한다.

[0004] 인기 있는 재료는, 반드시 등온 피로강도(isothermal fatigue strength)(HCF)와 열기계 피로강도 (thermomechanical fatigue strength, TMF) 양자 모두와 관련하여 최적화 된다. TMF를 최적으로 설정하기 위해서는, 가능한 가장 고운 미세구조를 갖는 재료를 얻기 위해 항상 노력해야만 한다. 고운 미세구조(fine microstructure)는, 특히 초정 규소 석출물(primary silicon precipitates)과 같은 상대적으로 큰 초정상 (primary phases)에서 미세소성(microplasticity)이나 미세크랙(microcracks)의 발생 위험을 감소시키고, 이에 따라 크랙의 개시 및 크랙의 성장 위험 역시 감소시킨다.

[0005] TMF 응력(TMF stress) 하에서, 피스톤 재료의 수명을 상당히 감소시킬 수 있는 미세소성(microplasticity) 및/ 또는 미세크랙(microcracks)은, 특히 일차 실리콘 석출물(primary silicon precipitates)과 같은 상대적으로 큰 일차 상에서 발생되는데, 이는 합금을 이루는 개개의 구성성분 간의 서로 다른 팽창 계수, 즉 매트릭스 (matrix)와 초정상(primary phases) 간의 서로 다른 팽창 계수로 인한 것이다. 수명을 증가시키기 위해서, 초정상(primary phases)을 가능한 작게 유지해야 하는 것으로 알려져 있다.

[0006] 이용된 금형 주조법(gravity die casting method)에 있어서, 해당 농도까지 합금 성분이 도입되어야 하는 농도의 상한이 존재하며, 이러한 상한을 초과하는 경우에는, 합금의 주조성(castability)이 저하되거나 주조가 불가능하게 된다. 더욱이, 강화성분(strengthening element)이 매우 높은 경우에는 큰 플레이 형상의 합금 상(large plate-like intermetallic phases)이 형성되는데, 이는 피로강도를 극단적으로 감소시킨다.

[0007] 문헌 DE 44 04 420 A1 은, 특히 피스톤용으로 이용되는 합금 및 높은 온도에 노출되고 높은 기계적 스트레스를 받는 부품용으로 이용되는 합금에 대해서 기술하고 있다. 기술된 알루미늄 합금은, 안티몬(antimony), 지르코늄, 티타늄, 스트론튬, 코발트, 크롬 및 바나듐으로부터 선택된 적어도 하나의 원소(단, 이들 원소들 중 적어도 하나는 0.3wt% 를 초과하여 존재하고, 이들 원소들의 총합은 0.8wt% 미만에 해당함) 뿐만 아니라, 8.0 내지 10.0wt% 의 실리콘, 0.8 내지 2.0wt% 의 마그네슘, 4.0 내지 5.9wt% 의 구리, 1.0 내지 3.0wt% 의 니켈, 0.2 내지 0.4wt%의 망간, 0.5wt% 미만의 철을 포함한다.

[0008] 문헌 EP 0 924 310 B1 은, 특히 내연기관에 적용되는 피스톤 제조에 이용되는 알루미늄/실리콘 합금에 대해서 개시하고 있다. 상기 알류미늄 합금은, 다음과 같은 조성을 갖는다: 10.5 내지 13.5wt%의 실리콘, 2.0 내지 4.0wt%의 구리, 0.8 내지 1.5wt%의 마그네슘, 0.5 내지 2.0wt%의 니켈, 0.3 내지 0.9wt%의 코발트, 적어도 20ppm의 인(phosphorus) 및 0.05 내지 0.2wt%의 티타늄이나 0.2wt% 이하의 지르코늄 중 어느 하나 및/또는 0.2wt% 이하의 바나듐(나머지는 알루미늄 및 불가피한 불순물에 해당함).

[0009] WO 00/71767 A1 은, 예를 들어, 튼튼한 피스톤 또는 내연기관에 적용되는 그 밖의 다른 용도처럼 높은 온도에 적용하기에 적합한 알루미늄 합금에 대해서 개시하고 있다. 이에 따라, 상기 알루미늄 합금은, 다음과 같은 성분으로 구성되어 있다: 6.0 내지 14.0wt%의 실리콘, 3.0 내지 8.0wt%의 구리, 0.01 내지 0.8wt%의 철, 0.5 내지 1.5wt%의 마그네슘, 0.05 내지 1.2wt%의 티타늄, 0.05 내지 1.2wt%의 지르코늄, 0.05 내지 1.2wt%의 바나듐, 0.001 내지 0.10wt%의 스트론튬(나머지는 알루미늄에 해당함).

[0010] DE 103 33 103 B4 는, 알루미늄 주조 합금으로부터 제조된 피스톤에 대해서 개시하고 있는데, 상기 알루미늄 주조 합금은 다음의 것들을 함유한다: 0.2wt% 이하의 마그네슘, 0.05 내지 0.3wt%의 티타늄, 10 내지 21wt%의 실리콘, 2 내지 3.5wt%의 구리, 0.1 내지 0.7wt%의 철, 1 내지 3wt%의 니켈, 0.001 내지 0.02wt%의 인, 0.02 내지 0.3wt%의 지르코늄(나머지는 알루미늄과 불순물에 해당함). 아울러, 상기 문헌은, 피스톤에 존재하는 비금속 함유물(non-metal inclusion)의 사이즈는 100 $\mu\text{m}$  미만임을 기술하고 있다.

[0011] EP 1 975 262 B1 은, 다음과 같은 성분으로 구성된 알루미늄 주조 합금에 대해서 개시하고 있다:

[0012] 6 내지 9wt%의 실리콘, 1.2 내지 2.5wt%의 구리, 0.2 내지 0.6wt%의 마그네슘, 0.2 내지 3wt%의 니켈, 0.1 내지 0.7wt%의 철, 0.1 내지 0.3wt%의 티타늄, 0.03 내지 0.5wt%의 지르코늄, 0.1 내지 0.7wt%의 마그네슘, 0.01

내지 0.5wt%의 바나듐, 및 다음의 성분 중 하나 이상: 0.003 내지 0.05wt%의 스트론튬, 0.02 내지 0.2wt%의 안티몬(antimony), 그리고 0.001 내지 0.03wt%의 나트륨(단, 티타늄과 지르코늄의 함량의 총 합은 0.5wt% 미만이고, 총합을 100wt%로 보았을 때 알루미늄과 불순물은 그 나머지를 구성함).

[0013] WO 2010/025919 A2 는, 내연기관의 피스톤을 제조하는 방법에 대해 개시하고 있는데, 이러한 방법에 있어서, 피스톤 블랭크(piston blank)는, 구리의 일부를 첨가하는 동안에 알루미늄/실리콘 합금으로부터 주조되며, 그런 다음에 제조방법이 완료된다. 그렇게 함으로써, 상기 발명은, 최대 5.5%의 알루미늄/실리콘 합금에 대한 구리 함량의 일부와 알루미늄/실리콘 합금에 혼합되는 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 크롬(Cr) 및/또는 바나듐(V)의 일부가 알루미늄/실리콘 합금에 혼합되고 모든 구성성분의 합계는 100% 임을 명시하고 있다.

[0014] 출원 DE 10 2011 083 969 는, 특히 내연기관용 피스톤과 같은 엔진 부품의 제조방법에 관한 것인데, 여기서 알루미늄 합금은 금형 주조법(gravity die casting method)을 이용하여 주조된다. 뿐만 아니라, 상기 출원은, 적어도 부분적으로 알루미늄 합금으로 구성된 엔진 부품에 관한 것이고, 또한 엔진 부품의 제조를 위한 알루미늄 합금의 용도에 관한 것이다. 이 때문에, 알루미늄 합금은, 다음의 합금 성분을 포함한다: 6 내지 10wt%의 실리콘, 1.2 내지 2wt%의 니켈, 8 내지 10wt%의 구리, 0.5 내지 1.5wt%의 마그네슘, 0.1 내지 0.7wt%의 철, 0.1 내지 0.4wt%의 망간, 0.2 내지 0.4wt%의 지르코늄, 0.1 내지 0.3wt%의 바나듐, 0.1 내지 0.5wt%의 티타늄(단, 나머지는 불가피한 불순물뿐 아니라 알루미늄에 해당함). 이러한 합금은, 바람직하게 30ppm 미만의 인 함량을 갖는다.

JP 2004 256873 A 는, 9.5 내지 11.5wt%의 실리콘, 5.0 내지 7.7wt%의 구리, 3.5 내지 5.5wt%의 니켈, 0.55 내지 1.5wt%의 마그네슘, 0.003 내지 0.1wt%의 인 및 0.15 내지 0.7wt%의 철 및, 필요한 경우, 0.005 내지 0.3wt%의 티타늄, 0.02 내지 0.3wt%의 지르코늄, 0.02 내지 0.3wt%의 바나듐, 0.001 내지 0.1wt%의 붕소 및 0.1 내지 0.7wt%의 망간 중 적어도 하나를 포함하며, 그에 대한 나머지로서 필수적으로 알루미늄을 포함하는 합금에 대해서 개시하고 있다.

또한, JP 2000 204428 A 는, 11 내지 16wt%의 실리콘, 0.5 내지 2.0wt%의 마그네슘, 3 내지 7wt%의 구리, 3 내지 7wt%의 니켈, 0.2 내지 1.5wt%의 철, 0.2 내지 1.0wt%의 망간, 0.003 내지 0.015wt%의 인 및 0.002wt% 이하의 칼슘으로 이루어진 피스톤에 관한 것인데, 여기서 불순물은 0.2wt% 이하의 함량으로 함유될 수 있다. 또한, 0.01 내지 0.3wt%의 티타늄, 0.0001 내지 0.03wt%의 붕소, 0.01 내지 0.3wt%의 크롬, 0.01 내지 0.3wt%의 지르코늄 또는 유사한 원소들 역시 함유될 수 있다.

마지막으로, JP H8-134577 A 는, 1 내지 7wt%의 구리, 10 내지 16wt%의 실리콘, 0.3 내지 2wt%의 마그네슘, 0.5 내지 2wt%의 철, 0.1 내지 4wt%의 망간, 0.01 내지 0.3wt%의 티타늄, 0.001 내지 0.02wt%의 인, 0.0001 내지 0.02wt%의 칼슘 및 이에 더하여 필요한 경우 0.2 내지 6wt%의 니켈을 함유하는 알루미늄 합금에 대해 개시하고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 일 목적은 엔진 부품의 제조를 위한 방법을 제공하는 것이며, 특히 내연기관용 피스톤을 제조하는 방법을 제공하는데 있다. 여기서, 알루미늄 합금은, 금형 주조법(gravity die casting method)을 이용하여 주조되며, 금형 주조법을 이용하여 제조된 엔진 부품이 매우 높은 내열성을 갖도록 주조된다.

[0016] 본 발명의 다른 목적은, 매우 높은 내열성을 가지며 적어도 부분적으로 알루미늄 합금으로 구성된 내연기관용 피스톤과 같은 엔진 부품을 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0017] 이러한 본 발명의 일 목적은, 청구항 제1항에 따른 방법에 의해 해결된다. 본 발명의 더욱 바람직한 실시예에 대해서는 이와 관련한 종속항들로부터 명확히 알 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 다른 목적은, 제8항에 기재된 사항에 의해 해결된다. 본 발명의 더욱 바람직한 실시예에 대해서는 이와 관련한 종속항들로부터 명확히 알 수 있다.

## 발명의 효과

[0019] 본 발명에 따르면, 매우 높은 내열성을 갖도록 주조된 엔진 부품을 제조하는 방법을 제공 받을 수 있으며, 이러한 방법에 따라 제조된 엔진 부품을 얻을 수 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명에 따른 방법에 있어서, 알루미늄 합금은 다음과 같은 합금 성분을 포함한다:

[0021] 실리콘: 9wt% 내지 10.5wt%,

[0022] 니켈: 2.0wt% 초과 3.5wt% 미만,

[0023] 구리: 3.7wt% 초과 5.2wt% 이하,

[0024] 코발트: 1wt% 미만,

[0025] 마그네슘: 0.5wt% 이상 1.5wt% 이하,

[0026] 철: 0.1wt% 이상 0.7wt% 이하,

[0027] 망간: 0.1wt% 이상 0.4wt% 이하,

[0028] 지르코늄: 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만,

[0029] 바나듐: 0.1wt% 초과 0.2wt% 미만,

[0030] 티타늄: 0.05wt% 이상 0.2wt% 미만,

[0031] 인: 0.004wt% 이상 0.008wt% 이하,

[0032] (단, 그 나머지는, 알루미늄과 불가피한 불순물로 구성됨)

[0033] 알루미늄 합금은, 바람직하게 다음을 포함한다:

[0034] 대략 9wt% 초과 대략 10.5wt% 이하, 더욱 바람직하게 대략 10wt% 미만, 특히 바람직하게 대략 9.5wt% 미만, 또는 더욱 바람직하게 대략 9.5wt% 이상 대략 10.5wt% 이하의 실리콘;

[0035] 대략 2.3wt% 초과, 더욱 바람직하게 대략 3wt% 초과 대략 3.5wt% 미만, 또는 더욱 바람직하게 대략 2.5wt% 이상, 특히 바람직하게 대략 2.9wt% 이상 대략 3wt% 이하의 니켈;

[0036] 대략 3.8wt% 초과, 더욱 바람직하게 대략 4wt% 초과 및 특히 바람직하게 대략 4.8wt% 초과 대략 5.2wt% 이하, 또는 더욱 바람직하게 대략 3.7wt% 초과 대략 5wt% 미만, 특히 바람직하게 4wt% 미만, 또는 더욱 바람직하게 대략 4wt% 이상, 특히 바람직하게 대략 4.1wt% 이상 대략 4.6wt% 이하의 구리;

[0037] 대략 0.5wt% 초과 및 더욱 바람직하게 대략 0.9wt% 초과 대략 1wt% 미만의 코발트;

[0038] 대략 0.5wt% 이상 및 더욱 바람직하게 대략 0.6wt% 초과 및 특히 대략 0.7wt% 이상 대략 1.5wt% 미만, 더욱 바람직하게 대략 0.8wt% 미만 또는 더욱 바람직하게 대략 1wt% 초과, 더욱 바람직하게 대략 1.3wt% 초과 대략 1.5wt% 이하의 마그네슘;

[0039] 대략 0.5wt% 초과, 더욱 바람직하게 대략 0.6wt% 초과 대략 0.7wt% 이하 또는 더욱 바람직하게 대략 0.45wt% 이상 대략 0.5wt% 이하의 철;

[0040] 대략 0.1wt% 이상 대략 0.2wt% 미만 또는 더욱 바람직하게 대략 0.25wt% 초과 대략 0.4wt% 이하의 망간;

[0041] 대략 0.12wt% 이상, 더욱 바람직하게 대략 0.13wt% 이상 대략 0.19wt% 이하의 지르코늄;

[0042] 대략 0.12wt% 이상 대략 0.14wt% 이하의 바나듐;

[0043] 대략 0.05wt% 이상 대략 0.15wt% 미만 또는 더욱 바람직하게 대략 0.11wt% 이상, 특히 바람직하게 대략 0.12wt% 이상, 대략 0.13wt% 이하의 티타늄; 및

[0044] 대략 0.005wt% 이상 대략 0.006wt% 이하의 인.

- [0045] 선택된 알루미늄 합금으로 인해, 금형 주조법(gravity die casting method)을 이용하여 엔진부품을 제조하는 것이 가능하게 되는데, 이러한 엔진부품은 높은 비율로, 춤출히 분포되어 있고, 고온 내열성을 가지며, 열적으로 안정화된 상을 가지며 또한 고운 미세구조(microstructure)를 갖는다. 본 발명에 따른 합금의 선택으로 인해, 예를 들어, 산화물 또는 일차 상에 있어서, 크렉의 발생 및 크렉의 성장에 대한 민감도가 기존에 알려져 있던 피스톤 제조방법 및 유사한 엔진 부품과 비교하여 상대적으로 감소된다.
- [0046] 또한, 본 발명에 따른 합금은, 특히 상대적으로 낮은 실리콘 함량으로 인해, 적어도 열적으로 큰 스트레스를 받는 본 발명에 따라 제조된(합금이 특히 우수한 피스톤 특성을 갖도록 제조된) 피스톤의 보울 럼 공간(bowl rim area) 내에서, 상대적으로 적고 더 고운 초정 규소(primary silicon)를 야기한다. 그러므로, 높은 내열성을 갖는 엔진 부품은, 금형 주조법을 이용하여 제조될 수 있다. 본 발명에 따른 구리, 지르코늄, 바나듐 및 티타늄의 비율, 특히 상대적으로 높은 함량을 갖는 지르코늄, 바나듐 및 티타늄의 비율은, 유리한 강화침전물(strengthening precipitate)의 비율을 생성하지만, 큰 플레이트 형상의 합금 상(large plate-like intermetallic phases)을 초래하지는 않는다. 아울러, 본 발명에 따른 코발트와 니켈의 비율은, 합금의 내열성을 향상시키는데 유리하다. 니켈은, 열적으로 안정된 합금 상을 형성하는데 기여한다. 아울러, 코발트는, 통상적으로, 경도(hardness)를 증가시키고, 합금의 강도(strength)를 증가시킨다. 핵생성제(nucleating agent)로서의 인은, 초정 규소 석출물(primary silicon precipitates)이 가능한 곱고 균질하게 분포된 상태로 석출되는 것을 보장할 수 있도록 하는데 도움을 준다.
- [0047] 알루미늄 합금은, 바람직하게 0.6wt% 내지 0.8wt%의 마그네슘을 포함하는데, 이처럼 바람직한 농도 범위의 마그네슘은, 특히 이차 과도한 산화물의 형성이 발생되지 않으면서 이차적인 강화 상(secondary strengthening phases)의 효율적인 형성에 기여한다. 더욱이, 상기 합금은, 대체적으로 또는 추가적으로, 바람직하게 0.4wt% 내지 0.6wt%의 철을 포함하는데, 이는 플레이트 형상의 상의 형성이 인용된 농도 범위 내에서 제한된 상태를 유지하는 캐스팅 몰드(casting mould) 내에서 합금이 둘러 붙는 경향을 감소시킨다.
- [0048] 알루미늄 합금에 있어서, 망간에 대한 철의 중량 비는, 많아야 대략 5:1, 바람직하게 대략 2.5:1이다. 이러한 실시예에 있어서, 알루미늄 합금은, 망간 1부(one part)에 대해서 철 5부(five parts)만큼을 함유하며, 바람직하게 대략 망간 1부에 대해서 철 2.5부 만큼을 함유한다. 특히 바람직한 엔진부품의 강도특성은 이러한 비율에 따라 달성된다.
- [0049] 니켈과 코발트의 총 합은 2.0wt% 초과 3.8wt% 미만인 것이 더욱 바람직하다. 하한 경계 값은 합금의 바람직한 강도를 보장하며, 상한 경계 값은 고운 미세구조(a fine microstructure)를 보장하고 강도를 저하시키는 플레이트 형상의 상이 형성되는 것을 방지한다.
- [0050] 바람직하게, 알루미늄 합금은, 특히 큰 스트레스를 받는 보울 럼 에어리어(bowl rim area) 내에서, 낮은 기공(pores) 및 개재물(inclusions) 함량을 갖는 고운 미세구조 및/또는 적은 양과 작은 크기의 초정 규소(primary silicon)를 갖는다. 기공의 적은 함량은, 바람직하게, 기공율이 0.01% 미만인 경우를 나타내는 것으로 이해될 수 있으며, 적은 양의 초정 규소(primary silicon)는 1% 미만으로 이해될 수 있다. 고운 미세구조는, 더욱 바람직하게, 초정 규소(primary silicon)의 평균 길이가 대략  $5\mu\text{m}$  미만이고 최대 길이가 대략  $10\mu\text{m}$  미만인 경우로 설명될 수 있으며, 합금 상(intermetallic phases) 및/또는 일차 석출물(primary precipitates)이 평균적으로 대략  $30\mu\text{m}$  미만 그리고 많아야  $50\mu\text{m}$  미만인 경우로 설명될 수 있다.
- [0051] 알루미늄 합금은, 특히 보울 럼 에어리어(bowl rim area) 내에서, 실리콘 석출물의 면적 값의 평균이 대략  $100\mu\text{m}^2$  미만 및/또는 합금 상의 면적 값의 평균이 대략  $200\mu\text{m}^2$  미만인 것이 더욱 바람직하다.
- [0052] 알루미늄 합금의 미세구조에 대한 특징 부여는, 바람직하게, 미세구조에 대한 정량 분석에 의해 일어난다. 금속조작학 섹션(metallographic section)은, 무엇보다도 이러한 목적을 위해 준비되는 것이며, 상응하는 현미경 사진들(micrographs)은, 기술적으로 중요한 보울 럼 에어리어(bowl rim area) 내에서 광학 현미경을 이용하여 얻어진 것이다. 일 예로써, 도립 광학 현미경(inverted light microscope)이 이를 위해 사용될 수 있다. 개개의 이미지들은, 정의된 배율로 얻어지며, 컴퓨터에 의해 하나의 면적(예를 들어  $5.5 \text{ mm} \times 4.1 \text{ mm}$ ) 내에 집합되고, 상기 면적 및 특정 상의 면적 비율은 이미지 프로세싱 소프트웨어에 의해 결정된다.
- [0053] 고운 미세구조는 특히 열기계 피로 강도(thermomechanical fatigue strength)의 향상에 기여한다. 초정상(primary phases)의 사이즈를 제한하는 것은, 크렉의 발생 및 크렉의 성장에 대한 민감성을 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 TMF-HCF 수명을 현저히 증가시킬 수 있다. 기공과 개재물(pores and inclusions)의 노치 효

과(notch effect)로 인해, 이들의 함량을 낮게 유지하는 것이 특히 더욱 바람직하다.

[0054] 본 발명에 따른 엔진 부품은, 적어도 부분적으로 앞서 언급한 알루미늄 합금으로 구성된다. 그 밖의 본 발명의 종속적 측면은 앞서 언급한 엔진 부품의 제조를 위한 알루미늄 합금의 이용에 있는 것이며, 특히 내연기관의 피스톤과 같은 엔진 부품의 제조를 위한 알루미늄 합금의 이용에 있는 것이다. 이에 따라, 개발된 알루미늄 합금은 특히 금형 주조법을 이용하여 가공된다.

#### [0055] 예시(Examples)

앞서 기술된 알루미늄 합금의 인용 예시들은, 10.5wt%의 실리콘; 3wt%의 니켈; 4.1wt%의 구리; 0.7wt%의 마그네슘; 0.5wt%의 철; 0.2wt%의 망간; 0.13wt%의 지르코늄; 0.12wt%의 바나듐; 0.13wt%의 티타늄 및 0.006wt%의 인을 함유하는 합금1, 9.5wt%의 실리콘; 2.9wt%의 니켈; 4.0wt%의 구리; 0.7wt%의 마그네슘; 0.45wt%의 철; 0.2wt%의 망간; 0.12wt%의 지르코늄; 0.12wt%의 바나듐; 0.12wt%의 티타늄 및 0.006wt%의 인을 갖는 합금2, 및 9.5wt%의 실리콘, 2.5wt%의 니켈; 4.6wt%의 구리; 0.7wt%의 마그네슘; 0.45wt%의 철; 0.2wt%의 망간; 0.19wt%의 지르코늄; 0.14wt%의 바나듐; 0.11wt%의 티타늄 및 0.005wt%의 인을 갖는 합금3에 해당한다(단, 각 케이스에 있어서 알루미늄과 불가피한 불순물은 나머지를 구성함).