



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월25일  
 (11) 등록번호 10-1882158  
 (24) 등록일자 2018년07월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C22C 21/08* (2006.01) *C22C 21/02* (2006.01)  
*H01B 1/02* (2006.01) *H01B 5/02* (2006.01)  
*H01B 7/00* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*C22C 21/08* (2013.01)  
*C22C 21/02* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7034389
- (22) 출원일자(국제) 2016년05월23일  
 심사청구일자 2017년11월28일
- (85) 번역문제출일자 2017년11월28일
- (65) 공개번호 10-2017-0137212
- (43) 공개일자 2017년12월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2016/065116
- (87) 국제공개번호 WO 2016/199564  
 국제공개일자 2016년12월15일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2015-118885 2015년06월12일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문현  
 JP5607855 B1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
 가부시끼가이샤 오토네트웍스 테크놀로지스  
 일본 미에켄 옷카이치시 니시스에히로쵸 1반 14고  
 스미토모 덴소 가부시끼가이샤  
 일본 미에肯 요카이치시 니시스에히로쵸 1-14  
 스미토모덴키고교가부시끼가이샤  
 일본 오사카후 오사카시 츠오쿠 기타하마 4쵸메  
 5반33고
- (72) 발명자  
 고바야시 히로유키  
 일본 510-8503 미에肯 옷카이치시 니시스에히로쵸  
 1반 14고 가부시끼가이샤 오토네트웍스 테크놀로  
 지스 나이  
 다구치 긴지  
 일본 510-8503 미에肯 옷카이치시 니시스에히로쵸  
 1반 14고 가부시끼가이샤 오토네트웍스 테크놀로  
 지스 나이  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 조현정

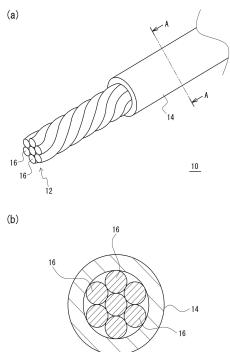
(54) 발명의 명칭 알루미늄 합금선, 알루미늄 합금 연선, 피복 전선 및 와이어 하네스

### (57) 요 약

본 발명은 단자 금구를 접속하였을 때의 충격 강도가 우수한 알루미늄 합금선, 알루미늄 합금 연선, 피복 전선 및 와이어 하네스를 제공한다.

Mg를 0.03 질량% 이상 1.5 질량% 이하, Si를 0.02 질량% 이상 2.0 질량% 이하, Fe를 0.1 질량% 이상 0.6 질량% 이하 함유하고, 잔부가 Al 및 불순물로 이루어지고, Mg:Si 석출물이 종횡비 2.0~6.0의 바늘형인 알루미늄 합금선(16)으로 한다. 또한, 이 알루미늄 합금선(16)을 복수개 트위스팅하여 이루어지는 알루미늄 합금 연선(12), 이 알루미늄 합금선(16)을 포함하는 도체의 외주를 절연 피복(14)으로 덮어 이루어지는 피복 전선(10), 이 피복 전선(10)의 도체에 단자 금구가 부착되어 이루어지는 와이어 하네스로 한다.

### 대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01B 1/023* (2013.01)

*H01B 5/02* (2013.01)

*H01B 7/00* (2013.01)

(72) 발명자

**오오츠카 야스유키**

일본 510-8503 미에켄 옷카이치시 니시스에히로쵸  
1반 14고 가부시키가이샤 오토네트웍스 테크놀로지  
스 나이

**구와바라 테츠야**

일본 554-0024 오사카후 오사카시 고노하나쿠 시마  
야 1쵸메 1-3 스미토모덴키고교 가부시키가이샤 오  
사카 세이사쿠쇼 나이

---

**구사카리 미사토**

일본 554-0024 오사카후 오사카시 고노하나쿠 시마  
야 1쵸메 1-3 스미토모덴키고교 가부시키가이샤 오  
사카 세이사쿠쇼 나이

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

Mg를 0.03 질량% 이상 1.5 질량% 이하, Si를 0.02 질량% 이상 2.0 질량% 이하, Fe를 0.1 질량% 이상 0.6 질량% 이하 함유하고, 잔부가 Al 및 불순물로 이루어지고, Mg<sub>2</sub>Si 석출물이 종횡비 2.0~6.0의 바늘형이며, 신장률이 5% 이상이고, 직경 방향 단면의 350×425 nm의 범위 내에 있어서의, 입경 5~50 nm의 상기 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양이, 100개 이상이며,

100g 이상의 최대 하중을 견디는 내충격성을 갖는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, Zr를 0.01 질량% 이상 0.05 질량% 이하 더 함유하고, Fe의 함유량이 0.1 질량% 이상 0.3 질량% 이하인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, Ti를 0.08 질량% 이하 더 함유하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, B를 0.016 질량% 이하 더 함유하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 전위 밀도가  $5.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$  이하인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 6

##### 삭제

#### 청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 길이가 40 nm 미만인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 Mg<sub>2</sub>Si 석출물이 축 방향을 따라 배향되어 있는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 인장 강도가 150 MPa 이상, 도전율이 40% IACS 이상인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 선 직경이 0.5 mm 이하인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 신장률이 10% 이상인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금선.

#### 청구항 12

제1항 또는 제2항에 기재된 알루미늄 합금선을 복수개 트위스팅하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄

합금 연선.

### 청구항 13

제12항에 있어서, 직경 방향으로 압축 성형되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금 연선.

### 청구항 14

제1항 또는 제2항에 기재된 알루미늄 합금선을 포함하는 도체의 외주를 절연 피복으로 덮어 이루어지는 것을 특징으로 하는 피복 전선.

### 청구항 15

제14항에 기재된 피복 전선의 도체에 단자 금구가 부착되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 와이어 하네스.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 전선의 도체로서 적합한 알루미늄 합금선 및 알루미늄 합금 연선과, 이들을 도체로서 이용한 피복 전선 및 와이어 하네스에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 자동차용 전선 등의 전선의 도체로서, 알루미늄 합금선을 이용하는 것이 제안되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 특허 제5607853호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 그러나, 종래의 알루미늄 합금선은, 예컨대 선직경 0.5 mm 이하라고 하는 극세선으로 한 경우에, 충분한 강도를 가지고 있지 않았다. 또한, 단자 금구를 접속하였을 때의 충격 강도가 충분하지 않았다.

[0005] 본 발명의 해결하고자 하는 과제는, 단자 금구를 접속하였을 때의 충격 강도가 우수한 알루미늄 합금선, 알루미늄 합금 연선, 피복 전선 및 와이어 하네스를 제공하는 것에 있다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, Mg를 0.03 질량% 이상 1.5 질량% 이하, Si를 0.02 질량% 이상 2.0 질량% 이하, Fe를 0.1 질량% 이상 0.6 질량% 이하 함유하고, 잔부가 Al 및 불순물로 이루어지고, Mg<sub>2</sub>Si 석출물이 종횡비 2.0~6.0의 바늘형인 것을 요지로 하는 것이다.

[0007] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, Zr를 0.01 질량% 이상 더 함유하는 것이 바람직하다. 또한, Ti를 0.08 질량% 이하 더 함유하는 것이 바람직하다. 또한, B를 0.016 질량% 이하 더 함유하는 것이 바람직하다.

[0008] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, 전위 밀도가  $5.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$  이하인 것이 바람직하다. 또한, 직경 방향 단면의 350×425 nm의 범위 내에 있어서의, 입경 5~50 nm의 상기 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양이 100개 이상인 것이 바람직하다. 또한, 상기 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 길이가 40 nm 미만인 것이 바람직하다. 또한, 상기 Mg<sub>2</sub>Si 석출물이 축 방향을 따라 배향되어 있는 것이 바람직하다.

[0009] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, 인장 강도가 150 MPa 이상, 신장률이 5% 이상, 도전율이 40% IACS 이상인

것이 바람직하다. 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, 선직경이 0.5 mm 이하여도 좋다.

[0010] 그리고, 본 발명에 따른 알루미늄 합금 연선은, 본 발명에 따른 알루미늄 합금선을 복수개 트위스팅하여 이루어지는 것을 요지로 하는 것이다.

[0011] 본 발명에 따른 알루미늄 합금 연선은, 직경 방향으로 압축 성형되어 있어도 좋다.

[0012] 그리고, 본 발명에 따른 피복 전선은, 본 발명에 따른 알루미늄 합금선을 포함하는 도체의 외주를 절연 피복으로 덮어 이루어지는 것을 요지로 하는 것이다.

[0013] 또한, 본 발명에 따른 와이어 하네스는, 본 발명에 따른 피복 전선의 도체에 단자 금구가 부착되어 이루어지는 것을 요지로 하는 것이다.

### 발명의 효과

[0014] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 의하면, Mg를 0.03 질량% 이상 1.5 질량% 이하, Si를 0.02 질량% 이상 2.0 질량% 이하, Fe를 0.1 질량% 이상 0.6 질량% 이하 함유하고, 잔부가 Al 및 불순물로 이루어지고, Mg<sub>2</sub>Si 석출물이 종횡비 2.0~6.0의 바늘형임으로써, 고도전율로 강도와 신장률이 우수하며, 가공 경화에 따른 강도 향상에 의해, 단자 금구를 접속하였을 때의 충격 강도가 우수하다.

[0015] 이때, Zr을 0.01 질량% 이상 더 함유하면, 신장률이 향상된다. 또한, Ti를 0.08 질량% 이하 더 함유하면, 결정 조직을 미세하게 하여, 신장률이 향상된다. Ti와 함께 B를 0.016 질량% 이하 함유하면, 결정 조직의 미세화 효과가 더 향상된다.

[0016] 또한, 전위 밀도가  $5.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$  이하이면, 가공 경화가 우수하여, 단자 금구를 접속하였을 때의 충격 강도가 향상된다. 그리고, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양이 소정의 양 이상이면, 석출 강화에 의한 강도 향상이 우수하다. 또한, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 길이가 40 nm 미만이면, 고강도와 고신장률이 양립할 수 있어, 충격 강도가 우수하다. 또한, Mg<sub>2</sub>Si 석출물이 축 방향을 따라 배향되어 있으면, 안정된 충격 강도를 얻을 수 있다.

[0017] 그리고, 인장 강도가 150 MPa 이상, 신장률이 5% 이상, 도전율이 40% IACS 이상이면, 고도전율로 강도와 신장률이 우수하다.

[0018] 그리고, 본 발명에 따른 알루미늄 합금 연선, 피복 전선, 와이어 하네스에 의하면, 고도전율로 강도와 신장률이 우수하며, 가공 경화에 따른 강도 향상에 의해, 단자 금구를 접속하였을 때의 충격 강도가 우수하다.

### 도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 피복 전선의 모식도(a)와 A-A선 단면도(b)이다.

도 2는 도 1의 (b)에 나타내는 알루미늄 합금 연선(도체)을 압축 성형한 피복 전선의 단면도이다.

도 3은 단자 금구를 접속하였을 때의 충격 강도를 측정하는 시험 방법의 모식도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 다음에, 본 발명의 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다.

[0021] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, 알루미늄 합금은, 첨가 원소로서 Mg 및 Si를 필수적인 원소로 하는 Al-Mg-Si계 합금이다. 소위 6000계 알루미늄 합금이고, Mg<sub>2</sub>Si를 석출물로 하는 석출 강화형의 알루미늄 합금이다. 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, Mg, Si, Fe는 필수적인 첨가 성분이고, Zr, Ti, B는 임의의 첨가 성분이다.

[0022] Mg는, Al에 고용 또는 석출하여 존재함으로써, 강도 향상에 공헌한다. Mg는, 강도의 향상 효과가 높은 원소이고, 특히 Si와 동시에 특정 범위로 함유함으로써, 시효 경화에 따른 강도의 향상을 효과적으로 도모할 수 있다. Mg의 함유량은, 강도 향상의 관점에서, 0.03 질량% 이상이다. 바람직하게는 0.2 질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.3 질량% 이상이다. 한편, Mg의 첨가에 따른 도전율이나 신장의 저하를 억제하는 관점에서, Mg의 함유량은 1.5 질량% 이하이다. 바람직하게는 0.9 질량% 이하, 보다 바람직하게는 0.8 질량% 이하이다.

[0023] Si는, Al에 고용 또는 석출하여 존재함으로써, 강도 향상에 공헌한다. Mg와 동시에 특정한 범위로 함유함으로

써, 시효 경화에 따른 강도의 향상을 효과적으로 도모할 수 있다. Si의 함유량은, 강도 향상의 관점에서, 0.02 질량% 이상이다. 바람직하게는 0.1 질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.3 질량% 이상이다. 한편, Si의 첨가에 의한 도전율이나 신장의 저하를 억제하는 관점에서, Si의 함유량은 2.0 질량% 이하이다. 바람직하게는 1.5 질량% 이하, 보다 바람직하게는 0.8 질량% 이하이다.

[0024] Fe는, Al 합금의 결정을 미세화하여, 신장의 향상에 공헌한다. 또한, 강도의 향상에도 효과가 있다. 신장률, 강도의 향상의 관점에서, Fe의 함유량은 0.1 질량% 이상이다. 바람직하게는 0.15 질량% 이상이다. 한편, 도전율의 저하를 억제하는 관점에서, Fe의 함유량은 0.6 질량% 이하이다. 바람직하게는 0.3 질량% 이하이다.

[0025] Zr은 Al 합금의 결정을 미세화하여, 신장의 향상에 공헌한다. Zr은, 미세화 효과나 신장률의 향상 효과가 커서, 극미량이라도 신장률을 향상시킬 수 있다. 또한, 제조 시나 사용 시의 열 이력을 받아도, 결정립을 성장하기 어렵게 하여, 결정립을 미세한 상태로 유지하기 쉽게 한다. 즉, 고온 강도나 내열성이라고 하는 고온 특성에도 공헌한다. Zr의 함유량은, 신장의 향상 효과가 우수한 것 등의 관점에서, 0.01 질량% 이상이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.02 질량% 이상이다. 한편, 도전율의 저하나 주조 시의 균열을 억제하는 등의 관점에서, Zr의 함유량은 0.4 질량% 이하가 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.2 질량% 이하, 더 바람직하게는 0.1 질량% 이하이다.

[0026] Ti는, 주조 시의 Al 합금의 결정 조직을 미세하게 하는 효과가 있다. 미세화 효과의 관점에서, Ti의 함유량은 0.005 질량% 이상이 바람직하다. 한편, 도전율의 저하를 억제하는 등의 관점에서, Ti의 함유량은 0.08 질량% 이하가 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.05 질량% 이하, 더 바람직하게는 0.02 질량% 이하이다.

[0027] B는, 주조 시의 Al 합금의 결정 조직을 미세하게 하는 효과가 있다. Ti와 함께가 아니라 B 단독으로 이용하여도 좋지만, Ti와 동시에 이용하는 편이, Ti 단독 혹은 B 단독으로 이용하는 것보다 미세화 효과가 우수하다. 미세화 효과의 관점에서, B의 함유량은 0.0005 질량% 이상이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.001 질량% 이상이다. 한편, 도전율의 저하를 억제하는 등의 관점에서, B의 함유량은 0.016 질량% 이하가 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.01 질량% 이하이다.

[0028] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, Mg<sub>2</sub>Si 석출물은 바늘형이다. 그 종횡비는 2.0~6.0의 범위 내이다. 이에 의해, 가공 경화가 우수해지게 되어, 단자 금구를 접속할 때의 가공 경화에 의해 강도가 향상하여, 충격 강도가 우수해진다. 단자 금구를 접속할 때에는, 알루미늄 합금선은 압축에 의해 압축되어, 단면 결손에 의해 강도가 저하한다. 압축 시에 가공 경화함으로써, 이 강도 저하를 보충하여, 충격 강도가 우수해진다. 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, 예컨대 열 처리 조건을 세세하게 설정함으로써, Mg<sub>2</sub>Si 석출물을 바늘형으로 하여, 더욱 그 종횡비를 특정 범위 내로 할 수 있다.

[0029] 상기 종횡비는, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 길이 및 폭을 계측하여, 그 비로 나타낼 수 있다. Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 길이는, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 입자에 있어서의 최대 길이(장축)이다. Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 폭은, 장축과 직교하는 방향에 있어서의 최대 길이(단축)이다.

[0030] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, 결정립 내의 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 장축은, 40 nm 미만인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 35 nm 이하, 더 바람직하게는 30 nm 이하이다. Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 장축이 40 nm 미만이면, 결정립 내에서의 핀닝 효과로 강도 상승이 발생하여, 더욱 전위가 축적되기 어렵기 때문에, 신장률도 양립할 수 있다. 한편, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 장축은, 2 nm 이상인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 3 nm 이상, 더 바람직하게는 5 nm 이상이다. Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 장축이 2 nm 이상이면, 알루미늄 합금선의 변형 시에 Mg<sub>2</sub>Si 석출물이 파손(꺾임 등)에 의한 강도 저하의 우려가 없어진다. 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, 예컨대 열 처리 조건을 세세하게 설정함으로써, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 장축을 특정 범위 내로 할 수 있다.

[0031] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, Mg<sub>2</sub>Si 석출물은, 강도 향상 등의 관점에서, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양은, 직경 방향 단면의 350×425 nm의 범위 내에 있어서 100개 이상인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 150개 이상이다. 한편, 석출물이 많아지면 강도는 향상되지만, 신장률이 저하하는 것이나 가공 경화하기 어려워지는 등의 관점에서, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양은, 직경 방향 단면의 350×425 nm의 범위 내에 있어서 1000개 이하인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 800개 이하이다. Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양은, 첨가 원소의 첨가량, 제조 조건(연화 조건, 시효 조건, 공정순 등)에 의해 특정 범위 내로 할 수 있다.

- [0032] *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물의 길이, 폭, 종횡비, 양(개수)은, 입경 5~50 nm의 *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물에 대해서 계측한다. 입경은 장축의 길이로 나타낸다. 이들 계측은, 알루미늄 합금선의 직경 방향 단면의 350×425 nm의 범위를 투과형 전자 현미경(TEM)으로 관찰함으로써 행할 수 있다. TEM 관찰은, 동일 시료에 있어서 *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물을 확인할 수 있는 장소의 5시야 이상에서 행한다. *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물의 길이, 폭, 종횡비는, 관측되는 입경 5~50 nm의 *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물의 전부에 대해서 계측하고, 그 평균값으로 나타낸다. *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물의 양(개수)은, 관찰하는 5시야 이상의 시야의 평균값으로 나타낸다. 또한, 입경 50 nm 초과의 *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물은, 조대하며, 강도에 효과가 없는 *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물이다. 입경 50 nm 초과의 *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물은, 시야 16 μm×6.8 μm의 범위에서 TEM으로 관찰함으로써 계측할 수 있다. TEM 관찰은, 동일 시료에 있어서 조대한 *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물을 확인할 수 있는 장소의 5시야 이상에서 행할 수 있다. 입경 50 nm 초과의 조대한 *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물은, 50개 이하가 바람직하다.
- [0033] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, *Mg<sub>2</sub>Si* 석출물은 알루미늄 합금선의 축 방향을 따라 배향되어 있는 것이 바람직하다. 이에 의해, 강도가 향상된다.
- [0034] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선에 있어서, 알루미늄 합금은, 전위가 적은 것이 바람직하다. 전위가 적으면, 가공 경화가 우수하다. 전위 밀도로서는  $5.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$  이하인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는  $1.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$  이하이다. 전위는 열 처리에 의해 적게 할 수 있다. 전위 밀도는, 알루미늄 합금선으로 제작한 박막을 투과형 전자 현미경(TEM)으로 관찰하여, Ham의 식에 따라 산출할 수 있다.
- [0035] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, 도전성, 강도, 신장률이 우수하고, 인장 강도(실온) 150 MPa 이상, 도전율 40% IACS 이상, 신장(실온) 5% 이상을 만족시킨다. 인장 강도 및 도전율은 높을수록 좋지만, 신장과의 밸런스를 고려하면, 인장 강도(실온)의 상한은 400 MPa 정도이고, 도전율의 상한은 60% IACS 정도이다. 인장 강도 및 신장률은, JIS Z 2241(금속 재료 인장 시험 방법, 1998)에 준거하여, 범용의 인장 시험기를 이용하여 측정할 수 있다. 신장률은 과단 시의 신장률이다. 도전율(% IACS)은 브릿지법에 따라 측정할 수 있다. 인장 강도, 신장률, 도전율은, 첨가 원소의 종류, 첨가량, 제조 조건(연화 조건, 시효 조건, 공정순 등)에 의해 특정 범위 내로 할 수 있다.
- [0036] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, 선직경 0.5 mm 이하의 극세선으로 할 수 있다. 예컨대 자동차용 전선의 도체에 이용하는 경우, 선직경은 0.1 mm 이상 0.4 mm 이하로 할 수 있다.
- [0037] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, 복수개를 트위스팅한 연선(본 발명에 따른 알루미늄 합금 연선)으로 할 수 있다. 이와 같은 연선으로 하면, 보다 굴곡성이 우수하다. 또한, 굴곡성을 높인 채로, 고강도, 높은 충격 특성을 확보할 수 있다. 또한, 선직경 0.5 mm 이하의 극세선으로 한 경우에도, 고강도, 높은 충격 특성을 확보할 수 있다. 트위스팅 개수는 특별히 한정되는 것이 아니다. 예컨대 7, 11, 19, 37, 49, 133개 등을 들 수 있다.
- [0038] 본 발명에 따른 알루미늄 합금 연선은, 직경 방향으로 압축 성형(원형 압축 성형)할 수 있다. 이에 의해, 알루미늄 합금선 사이의 간극을 작게 하고, 연선 전체의 선직경을 작게 하여, 도체의 소직경화에 기여할 수 있다.
- [0039] 도 1에는 본 발명의 일 실시형태에 따른 알루미늄 합금 연선의 사시도(a) 및 그 A-A 선단면도(b)를 나타낸다. 도 2에는 도 1의 (b)에 나타내는 도체를 압축 성형한 알루미늄 합금 연선의 단면도를 나타낸다.
- [0040] 도 1에 나타내는 바와 같이, 알루미늄 합금 연선(12)은, 복수개(도 1에서는, 7개)의 알루미늄 합금선(16)을 트위스팅하여 이루어진다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 알루미늄 합금 연선(12)은, 직경 방향으로 압축 성형(원형 압축 성형)할 수 있다.
- [0041] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, 1개만으로 전선의 도체를 구성할 수 있다. 또한, 2개 이상에 의해 전선의 도체를 구성할 수 있다. 또한, 다른 금속선과 조합하여 전선의 도체를 구성할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 알루미늄 합금선을 포함하는, 본 발명에 따른 알루미늄 합금 연선을 전선의 도체로 할 수 있다. 이와 같이, 본 발명에 따른 알루미늄 합금선을 포함하는 도체를 전선의 도체로 할 수 있다. 그리고, 본 발명에 따른 알루미늄 합금선을 포함하는 도체의 외주를 절연 피복으로 덮음으로써, 본 발명에 따른 피복 전선을 얻을 수 있다.
- [0042] 본 발명에 따른 피복 전선에 있어서, 절연 피복으로서는, 특별히 한정되는 것이 아니다. 염화비닐 수지(PVC), 올레핀계 수지 등의 절연 재료를 들 수 있다. 절연 재료 중에는, 수산화마그네슘, 브롬계 난연제 등의 난연제가 배합되어 있어도 좋다.

- [0043] 도 1에는 본 발명의 일 실시형태에 따른 피복 전선의 사시도(a) 및 그 A-A선 단면도(b)를 나타낸다. 도 2에는 도 1의 (b)에 나타내는 도체를 압축 성형한 피복 전선의 단면도를 나타낸다.
- [0044] 도 1, 도 2에 나타내는 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따른 피복 전선(10)은, 알루미늄 합금 연선(12)으로 이루어지는 도체의 외주를 절연 피복(14)으로 덮어 이루어진다.
- [0045] 본 발명에 따른 피복 전선의 도체에 단자 금구를 접속하여, 본 발명에 따른 와이어 하네스를 구성할 수 있다. 단자 금구는 도체 단말에 부착된다. 단자 금구는 압착, 용접 등의 각종 접속 방법에 따라, 도체에 접속된다. 단자 금구는 상대측 단자 금구와 접속된다.
- [0046] 본 발명에 따른 알루미늄 합금선은, 열 처리에 의해 석출물에 의해 강도를 높이는 열 처리형의 알루미늄 합금으로 이루어지고, 알루미늄 합금재를 이용하여, 적어도, 용체화 공정과, 신선(伸線) 공정과, 시효 공정을 갖는 제조 방법에 따라 제조할 수 있다.
- [0047] 알루미늄 합금재는, 소정 조성의 합금 용탕을 주조·압연함으로써 얻어진다. 주조 후의 알루미늄 합금의 결정 조직에는, 조대한 금속 화합물이 석출되고 있어, 조대립을 기점으로 하는 파단이 일어나기 쉬워, 강도가 낮다.
- [0048] 용체화 공정은, 주조·압연에 의해 얻어진 알루미늄 합금재에 용체화 처리를 행한다. 용체화 처리는, 알루미늄 합금재를 고용 한계 온도 이상의 온도로 가열하여, 합금 성분(고용 원소, 석출 강화 원소)을 충분히 고용시킨 후, 냉각하여 과포화 고용 상태로 한다. 용체화 처리는, 합금 성분을 충분히 고용할 수 있는 온도에서 행한다. 용체화 처리의 온도는 450°C 이상으로 하면 좋다. 용체화 처리의 온도는 600°C 이하가 바람직하고, 550°C 이하가 보다 바람직하다. 유지 시간은, 합금 성분을 충분히 고용할 수 있도록, 30분 이상인 것이 바람직하다. 또한, 생산성의 관점에서, 5시간 이내인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 3시간 이내이다.
- [0049] 용체화 처리의 가열 과정 후의 냉각 과정은 급냉 과정인 것이 바람직하다. 급냉으로 함으로써, 고용 원소의 과도한 석출을 방지할 수 있다. 냉각 속도는, 용체화 처리의 온도로부터 100°C 이하로 하기까지의 시간이 10초 이내인 것이 바람직하다. 이러한 급냉은, 물 등의 액체에 침지하는, 송풍하는 등의 강제 냉각에 의해 행할 수 있다.
- [0050] 용체화 처리는, 대기 분위기, 비산화성 분위기 중 어디에서 행하여도 좋다. 비산화성 분위기는, 진공 분위기(감압 분위기), 질소나 아르곤 등의 불활성 가스 분위기, 수소 함유 가스 분위기, 탄산 가스 함유 분위기 등을 들 수 있다. 비산화성 분위기에서 행하면, 알루미늄 합금재의 표면에 산화 피막이 형성되기 어렵다.
- [0051] 용체화 처리는, 연속 처리 및 배치 처리(비연속 처리) 중 어느 것으로 행하여도 좋다. 연속 처리이면, 장척인 선재의 전체 길이에 걸쳐 균일한 조건으로 열 처리를 행하기 쉽기 때문에, 특성의 불균일을 작게 할 수 있다. 가열 방법은 특별히 한정되는 것이 아니며, 통전 가열, 유도 가열, 가열로를 이용한 가열 중 어느 것이어도 좋다. 가열 방법이 통전 가열이나 유도 가열이면, 급가열·급냉각 하기 쉽기 때문에, 단시간에 용체화 처리를 행하기 쉽다. 가열 방법이 유도 가열이면, 비접촉 방식이기 때문에, 알루미늄 합금재의 상처를 방지할 수 있다.
- [0052] 신선 공정은, 알루미늄 합금재에 신선 가공을 행하여, 주조·압연재로부터 전선 소선을 형성한다. 전선 소선은, 전선 도체를 구성하는 선재이며, 단선 혹은 연선을 구성한다. 신선 가공은, 용체화 처리를 행한 알루미늄 합금재에 행한다. 따라서, 신선 공정은, 용체화 공정 후의 공정이다. 얻어진 신선재는, 원하는 개수를 트위스팅함으로써, 연선으로 할 수 있다. 얻어진 신선재는, 통상, 단선인 채로, 혹은 연선으로 한 상태로, 드럼에 권취되고, 다음 처리가 행해진다. 신선 공정이 용체화 공정 전에 있으면, 용체화 공정에 있어서 소선끼리가 융착하기 때문에, 제조성이 만족되지 않는다.
- [0053] 시효 공정은, 알루미늄 합금재에 시효 처리를 행한다. 시효 처리는, 용체화 처리한 알루미늄 합금의 합금 성분(고용 원소, 석출 강화 원소)을 가열함으로써 화합물로서 석출시킨다. 따라서, 시효 공정은, 용체화 공정 후의 공정이다. 또한, 신선 가공을 하기 쉽기 때문에, 시효 공정은, 신선 공정 후의 공정으로 하는 것이 좋다.
- [0054] 시효 처리는, 화합물의 석출이 가능한 온도 이상에서 행해지지만, 석출 강화시키는 처리이며, 연화하지 않는 조건에서 행해진다. 따라서, 시효 처리의 온도는, 0~200°C의 범위 내인 것이 바람직하다. 시효 처리의 온도가 200°C 초과에서는, 알루미늄 합금재가 연화되기 쉬워진다.
- [0055] 시효 처리는, 저온에서 장시간 행하는 편이, 석출물이 미세 분산되어, 강도를 얻기 쉬워진다. 고온에서 행하면, 석출물이 조대하게 불균일하게 석출되어, 강도가 저하한다. 따라서, 시효 처리는, 0~200°C의 범위 내에서, 1~100시간의 범위 내에서 행하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 석출물이 미세 분산되어, 강도와 도전성의 밸런스가 양호해진다. 또한, 생산성의 관점에서, 100~200°C의 범위 내에서, 1~24시간의 범위 내에서 행하는

것이 보다 바람직하다.

[0056] 시효 처리는, 대기 분위기, 비산화성 분위기 중 어디에서 행하여도 좋다. 비산화성 분위기에서 행하면, 알루미늄 합금재의 표면에 산화 피막이 형성되기 어렵다. 시효 처리는, 연속 처리 및 배치 처리(비연속 처리) 중 어느 것으로 행하여도 좋다. 연속 처리이면, 장적인 선재의 전체 길이에 걸쳐 균일한 조건으로 열 처리를 행하기 쉽기 때문에, 특성의 불균일을 작게 할 수 있다. 가열 방법은 특별히 한정되는 것이 아니면, 통전 가열, 유도 가열, 가열로를 이용한 가열 중 어느 것이어도 좋다. 가열 방법이 유도 가열이면, 비접촉 방식이기 때문에, 알루미늄 합금재의 상처를 방지할 수 있다.

[0057] 시효 공정 전에는, 연화 공정을 마련하여도 좋다. 즉, 연화 처리를 행한 알루미늄 합금재에 시효 처리를 행하여도 좋다. 연화 공정은, 알루미늄 합금재에 연화 처리를 행한다. 연화 처리는, 신선 가공 등의 가공에 의해 생긴 가공 왜곡의 제거를 위해 행해진다. 따라서, 연화 공정은, 신선 공정 후의 공정이다. 신선 가공을 행한 알루미늄 합금재에 연화 처리를 행한다. 연화 처리를 행함으로써, 열 처리형의 알루미늄 합금재의 일반적인 조질 방법으로는 얻어지지 않는 신장률을 얻을 수 있고, 그 결과, 전선 특성으로서 굴곡성이나 와이어 하네스에의 가공성(유연성의 향상), 충격 특성을 얻을 수 있다.

[0058] 연화 처리는, 연화에 필요한 온도 이상의 온도에서 행한다. 따라서, 연화 처리의 온도는, 250°C 이상인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 300°C 이상이다. 연화 처리의 온도가 250°C 미만에서는, 알루미늄 합금재가 충분히 연화되기 어렵다. 한편, 생산성의 관점에서, 연화 처리의 온도는 600°C 이하인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 550°C 이하이다.

[0059] 연화 처리는, 10초 이내의 단시간에 행한다. 연화 처리의 온도는, 시효 석출이 발생하는 온도이며, 조대한 석출물이 생기는 온도이기 때문에, 용체화 처리된 열 처리형의 알루미늄 합금재에 있어서 연화 처리의 시간이 길어지면, 시효 석출에 의해 강도가 저하한다. 이 때문에, 조대한 석출물이 생기지 않도록(시효 석출이 발생하지 않도록), 극단 시간으로 연화 처리를 행할 필요가 있기 때문이다. 또한, 이 관점에서, 연화 처리는, 5초 이내의 단시간인 것이 보다 바람직하다.

[0060] 연화 처리는, 배치 가열 방식에 의해 행하면, 가열 시간이 길어지기 때문에, 단시간에 행하는 것이 어렵다. 그렇게 되면, 연화와 동시에 시효 석출이 진행된다. 따라서, 연화 처리는, 연속 가열 방식에 의해 행하는 것이 바람직하다. 또한, 연속 가열 방식으로 하면, 장적인 선재의 전체 길이에 걸쳐 균일한 조건으로 열 처리를 행하기 쉽기 때문에, 특성의 불균일을 작게 할 수 있다. 연속 가열 방식으로서는, 통전 가열 방식, 유도 가열 방식, 노 가열 방식 등을 들 수 있다. 통전 가열 방식이나 유도 가열 방식이면, 급가열·급냉각하기 쉽기 때문에, 단시간에 용체화 처리를 행하기 쉽다. 유도 가열 방식이면, 비접촉 방식이기 때문에, 알루미늄 합금재의 상처를 방지할 수 있다.

[0061] 연화 처리의 가열 과정 후의 냉각 과정은 급냉 과정인 것이 바람직하다. 급냉으로 함으로써, 고용 원소의 과도한 석출을 방지할 수 있다. 냉각 속도는, 연화 처리의 온도로부터 100°C 이하로 하기까지의 시간이 10초 이내인 것이 바람직하다. 이러한 급냉은, 물 등의 액체에 침지하는, 송풍하는 등의 강제 냉각에 의해 행할 수 있다.

[0062] 연화 처리는, 대기 분위기, 비산화성 분위기 중 어디에서 행하여도 좋다. 비산화성 분위기는, 진공 분위기(감압 분위기), 질소나 아르곤 등의 불활성 가스 분위기, 수소 함유 가스 분위기, 탄산 가스 함유 분위기 등을 들 수 있다. 비산화성 분위기에서 행하면, 알루미늄 합금재의 표면에 산화 피막이 형성되기 어렵다.

[0063] 이상에 나타내는 알루미늄 합금선의 제조 방법에 따르면, 세경 전선에 있어서도 고강도로 고도전율을 가지면서, 신장률도 우수하며, 제조성도 만족되는 알루미늄 전선을 얻을 수 있다. 열 처리형의 알루미늄 합금재는 금속화합물의 석출 강화에 의해 우수한 강도를 발휘할 수 있기 때문에, 첨가 원소에 의한 도전성의 저하를 억제하면서 강도 향상을 도모할 수 있다. 즉, 강도와 도전성을 양립할 수 있다. 그리고, 연화 처리를 행하기 위해, 우수한 신장률도 확보할 수 있다. 이 연화 처리는 10초 이내의 단시간에 행하기 때문에, 연화 처리에 있어서 조대한 금속화합물의 석출이 억제되어, 강도 저하가 억제된다. 즉, 신선 가공에 의한 왜곡을 제거하면서 강도 저하를 억제한다. 그리고, 신선 가공은 용체화 처리를 행한 후에 행하기 때문에, 소선끼리의 융착은 발생하기 어려워, 제조성도 만족된다. 이 신선 가공이 용체화 처리 후에 있기 때문에, 용체화 처리와는 별도의, 가공 왜곡을 제거하기 위한 열 처리로서 연화 처리를 신선 가공 후에 행한다.

[0064] 실시예

- [0065] 이하, 본 발명의 실시예에 대해서 설명한다.
- [0066] 표 1에 기재된 합금 조성으로 이루어지는 합금 용탕에 주조 및 압연을 행하여, Ø9.5 mm의 와이어 로드로서 알루미늄 합금재를 얻었다. 얻어진 알루미늄 합금재를 이용하여, 용체화 처리, 신선 가공, 연화 처리, 시효 처리를 거쳐, 소정 선경의 알루미늄 합금선을 제작하였다.
- [0067] (실시예 1)
- [0068] 선직경 0.155 mm의 알루미늄 합금선을 19개 묶어 피치 16 mm로 연선으로 하여, 원형 압축 성형을 행하지 않고, 도 1과 같은 형태의 알루미늄 합금 연선을 제작하였다. 얻어진 알루미늄 합금 연선에 피복 두께 0.2 mm로 염화 비닐 수지를 압출 피복하여, 피복 전선을 제작하였다. 얻어진 피복 전선의 도체에 단자 금구를 압착하여, 와이어 하네스를 제작하였다.
- [0069] (실시예 2~7, 비교예 1~2)
- [0070] 표 1에 기재된 선직경, 개수, 트위스트 피치로, 실시예 1과 동일하게 알루미늄 합금 연선을 제작하였다. 실시 예 3, 6, 7에서는, 원형 압축 성형을 행하여, 도 2와 같은 형태의 알루미늄 합금 연선으로 하였다. 또한, 실시 예 1과 동일하게 하여, 피복 전선 및 와이어 하네스를 제작하였다.
- [0071] 얻어진 알루미늄 합금선에 대해서, 인장 강도, 신장률, 도전율, 전위 밀도, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 종횡비, Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 장축, 단축을 측정하였다. 또한, 얻어진 와이어 하네스에 대해서, 단자 압착부에 있어서의 내충격성을 평가하였다.
- [0072] (인장 강도, 신장)
- [0073] JIS Z 2241(금속 재료 인장 시험 방법, 1998)에 준거하여, 범용의 인장 시험기를 이용하여 측정하였다.
- [0074] (도전율)
- [0075] 브릿지법에 따라 측정하였다.
- [0076] (전위 밀도)
- [0077] 얻어진 알루미늄 합금선으로부터 FIB법으로 두께 0.15 μm의 금속 박막을 형성하여, 투과형 전자 현미경(TEM)으로 이 금속 박막을 관찰하고, 가장 전위를 확인할 수 있는 부분의 700×850 nm의 범위를 촬영하였다. 이 사진 상에, 종횡 10개씩 평행선을 그었고, 그 평행선의 합계 길이를 L, 평행선과 전위의 교점의 수를 N, 시료의 두께를 t로 하여, 전위 밀도(ρ)를, 계산식  $\rho = 2N/(L \times t)$ 로부터 산출하였다.
- [0078] (Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양)
- [0079] 얻어진 알루미늄 합금선의 직경 방향 단면을 투과형 전자 현미경(TEM)으로 관찰하여, 700×850 nm의 범위를 촬영하고, 350×425 nm의 영역 12곳에서 바늘형의 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 장축이 5~50 nm인 석출물의 개수를 계측하고, 12곳의 평균값을 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 양으로서 산출하였다.
- [0080] (Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 종횡비, 장축, 단축)
- [0081] 얻어진 알루미늄 합금선의 직경 방향 단면을 투과형 전자 현미경(TEM)으로 700×850 nm의 범위를 촬영하고, 350 ×425 nm의 영역 12곳에서 바늘형의 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 장축이 5~50 nm인 석출물 각 40개에 대해서, 장축, 단축, 종횡비를 계측하고, 40개 및 12곳의 평균값을 Mg<sub>2</sub>Si 석출물의 종횡비, 장축, 단축으로서 산출하였다.
- [0082] (내충격성)
- [0083] 도 3에 나타내는 바와 같이, 길이 500 mm의 피복 전선(1)의 도체(알루미늄 합금 연선)의 일단에 단자 금구(2)를 압착하여 이루어지는 와이어 하네스(3)의 단자 금구(2)를 지그(4)로 고정하며, 와이어 하네스(3)의 타단에 부착된 추(5)를 단자 금구(2)의 고정 위치의 높이까지 끌어올려, 추(5)를 자유 낙하시켰다. 이 낙하 시험에 의해 단자 금구(2)의 압착부에서 피복 전선(1)의 도체(알루미늄 합금 연선)에 단선이 생기지 않는 최대 하중(g)을 내 충격성의 지표로 하였다. 최대 하중이 100 g 이상이었던 경우를 내충격성이 우수하다고 하고, 최대 하중이 300 g 이상이었던 경우를 내충격성이 특히 우수하다고 하였다.

**표 1**

	성분(질량%)							공정			구조		
	Mg	Si	Fe	Zr	Ti	B	Al	증체화	연속 연화	시호 처리	트위스트 피치(mm)	개 / 선경(mm)	성형
실시예1	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	잔부	530°C	500°C×1sec이내	150°C×10h	16.0	19/0.155	비압축
실시예2	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	잔부	530°C	500°C×1sec이내	150°C×10h	20.5	7/0.3	비압축
실시예3	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	잔부	530°C	500°C×1sec이내	160°C×10h	23.8	7/0.32	압축
실시예4	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	잔부	530°C	500°C×1sec이내	150°C×10h	16.0	19/0.155	비압축
실시예5	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	잔부	530°C	500°C×1sec이내	150°C×10h	20.5	7/0.3	비압축
실시예6	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	잔부	530°C	500°C×1sec이내	140°C×10h	23.8	7/0.32	압축
실시예7	0.66	0.57	0.22	0.00	0.00	0.000	잔부	530°C	500°C×1sec이내	150°C×10h	23.8	7/0.32	압축
비교예1	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	잔부	530°C	500°C×1sec이내	250°C×3h	16.0	19/0.155	비압축
비교예2	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	잔부	530°C	350°C×1sec이내	150°C×10h	16.0	19/0.155	비압축

[0084]

**표 2**

	전위밀도 (cm <sup>-2</sup> )	Mg <sub>2</sub> Si석출물(5~50nm)			인장 강도 (MPa)	신장률 (%)	도전율 %IACS	내충격성 (g)	
		개수	종횡비	장축(nm)					
실시예1	7×10 <sup>8</sup>	206	2.6	13	5	230	13	51	150
실시예2	3×10 <sup>8</sup>	188	3.0	15	5	256	12	52	250
실시예3	9×10 <sup>7</sup>	245	4.0	10	2.5	245	13	52	650
실시예4	5×10 <sup>8</sup>	412	4.0	25	6.3	270	11	51	200
실시예5	1×10 <sup>8</sup>	288	4.2	30	7.1	275	11	50	300
실시예6	8×10 <sup>7</sup>	328	5.1	32	6.3	280	10	51	700
실시예7	5×10 <sup>6</sup>	566	5.6	22	3.9	248	10	50	500
비교예1	2×10 <sup>6</sup>	400	1.9	25	13	140	12	52	50
비교예2	>10 <sup>10</sup>	300	7.0	30	4.3	248	5	51	80

[0085]

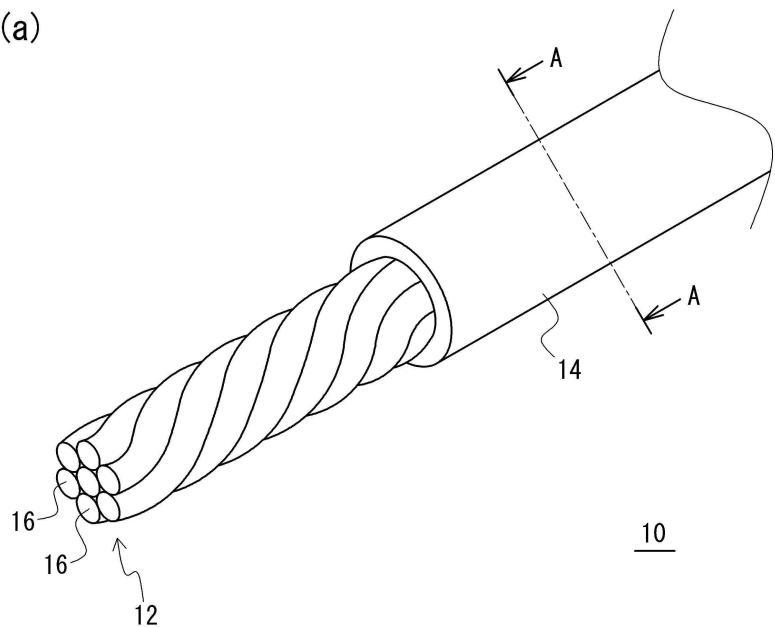
[0086] 실시예 1~7의 알루미늄 합금선은, Mg<sub>2</sub>Si 석출물이 바늘형이고, 그 종횡비가 특정 범위에 있기 때문에, 내충격성이 우수하다. 한편, 비교예 1~2의 알루미늄 합금선은, Mg<sub>2</sub>Si 석출물은 바늘형이지만, 그 종횡비가 특정 범위로부터 벗어나기 때문에, 내충격성이 뒤떨어진다.

[0087] 이상, 본 발명의 실시형태에 대해서 상세하게 설명하였지만, 본 발명은 상기 실시형태에 조금도 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서 여러 가지의 개변이 가능하다.

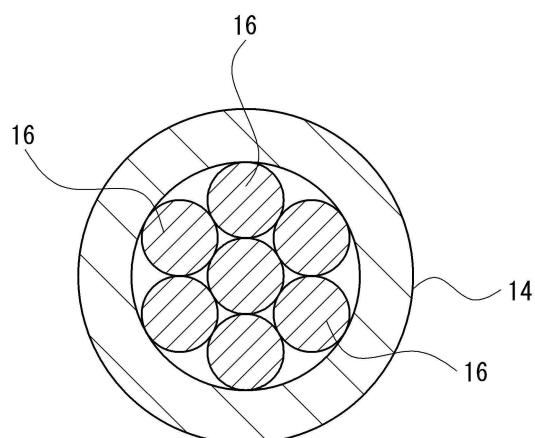
도면

도면1

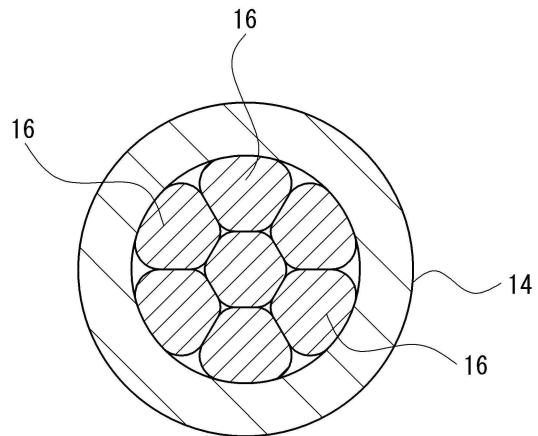
(a)



(b)



도면2



도면3

