



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년12월15일  
 (11) 등록번호 10-1473121  
 (24) 등록일자 2014년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C22C 38/00 (2006.01) C21D 8/06 (2006.01)  
 C21D 9/52 (2006.01) C22C 38/06 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-7003435  
 (22) 출원일자(국제) 2013년08월11일  
 심사청구일자 2013년02월08일  
 (85) 번역문제출일자 2013년02월08일  
 (65) 공개번호 10-2013-0034045  
 (43) 공개일자 2013년04월04일  
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2011/068350  
 (87) 국제공개번호 WO 2012/023483  
 국제공개일자 2012년02월23일  
 (30) 우선권주장  
 JP-P-2010-182365 2010년08월17일 일본(JP)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP11315349 A\*  
 JP2010159476 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 신닛테츠스미킨 카부시카이샤  
 일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고  
 (72) 발명자  
 오코노기 마코토  
 일본 1008071 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2쵸메 6방 1고 신닛테츠스미킨 카부시카이샤 내  
 야마사키 신고  
 일본 1008071 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2쵸메 6방 1고 신닛테츠스미킨 카부시카이샤 내  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 14 항

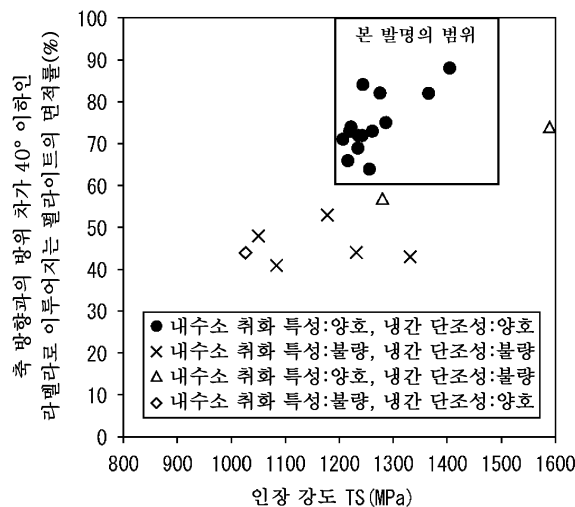
심사관 : 김종혁

(54) 발명의 명칭 특수강 강선 및 특수강 선재

(57) 요약

소정의 조성을 갖고, C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어진다. 또한, 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 펄라이트 블록의 체적률이 70% 이상 95% 이하이며, 축 방향과 평행한 단면에 있어서의 축 방향과 라멜라의 방향 사이의 각도가 40° 이하인 펄라이트의 체적률이 전체 펄라이트에 대하여 60% 이상이다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**가와나 아키히미**

일본 1008071 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메  
6방 1고 신타테즈스미킨 카부시키카이샤 내

**고토오다 히데아키**

일본 1008071 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메  
6방 1고 신타테즈스미킨 카부시키카이샤 내

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

질량%로,

C:0.35% 내지 0.85%,

Si:0.05% 내지 2.0%,

Mn:0.20% 내지 1.0% 및

Al:0.005% 내지 0.05%

를 함유하고,

P 함유량이 0.030% 이하이며,

S 함유량이 0.030% 이하이며,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,

C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지고,

표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 펄라이트 블록의 체적률이 70% 이상 95% 이하이며, 축 방향과 평행한 단면에 있어서의 축 방향과 라멜라의 방향 사이의 각도가  $40^\circ$  이하인 펄라이트의 체적률이 전체 펄라이트에 대하여 60% 이상이며,

인장 강도가 1200MPa 이상 1500MPa 미만인 것을 특징으로 하는, 특수강 강선.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 질량%로, N 함유량이 0.0050% 이하인 것을 특징으로 하는, 특수강 강선.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 질량%로, Cr:0.02% 내지 1.0% 또는 Ni:0.02% 내지 0.50%의 1종 또는 2종을 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 특수강 강선.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 질량%로, Ti:0.002% 내지 0.050%, V:0.01% 내지 0.20%, 또는 Nb:0.005% 내지 0.100%의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 특수강 강선.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 질량%로, B:0.0001% 내지 0.0060%를 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 특수강 강선.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 질량%로, Ca:0.001% 내지 0.010%, Mg:0.001% 내지 0.010%, 또는 Zr:0.001% 내지 0.010%의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 특수강 강선.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

질량%로,

C:0.35 내지 0.85%,

Si:0.05 내지 2.0%,

Mn:0.20 내지 1.0%,

P:0.030% 이하,

S:0.030% 이하,

Al:0.005 내지 0.05%를 함유하고,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,

C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지며,

질량%로, Cr:0.02% 내지 1.0% 또는 Ni:0.02% 내지 0.50%의 1종 또는 2종을 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 특수강 선재.

**청구항 10**

질량%로,

C:0.35 내지 0.85%,

Si:0.05 내지 2.0%,

Mn:0.20 내지 1.0%,

P:0.030% 이하,

S:0.030% 이하,

Al:0.005 내지 0.05%를 함유하고,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,

C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지며,

질량%로, Ti:0.002% 내지 0.050%, V:0.01% 내지 0.20%, 또는 Nb:0.005% 내지 0.100%의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 특수강 선재.

**청구항 11**

질량%로,

C:0.35 내지 0.85%,

Si:0.05 내지 2.0%,

Mn:0.20 내지 1.0%,

P:0.030% 이하,

S:0.030% 이하,

Al:0.005 내지 0.05%를 함유하고,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,

C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지며,

질량%로, B:0.0001% 내지 0.0060%를 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 특수강 선재.

#### 청구항 12

질량%로,

C:0.35 내지 0.85%,

Si:0.05 내지 2.0%,

Mn:0.20 내지 1.0%,

P:0.030% 이하,

S:0.030% 이하,

Al:0.005 내지 0.05%를 함유하고,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,

C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지며,

질량%로, Ca:0.001% 내지 0.010%, Mg:0.001% 내지 0.010%, 또는 Zr:0.001% 내지 0.010%의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 특수강 선재.

#### 청구항 13

마무리 압연의 온도를 800℃ 이상 950℃ 이하로 한 강편의 열간 압연을 행하여, 오스테나이트 결정립의 입도 번호가 8 이상인 강재를 얻는 공정과,

다음으로, 온도가 750℃ 이상 950℃ 이하로 되어 있는 상기 강재를, 400℃ 이상 600℃ 이하의 온도의 제1 용융염조에 침지하고, 5초간 이상 150초간 이하 항온 유지하는 공정과,

다음으로, 상기 강재를 500℃ 이상 600℃ 이하의 온도의 제2 용융염조에 침지하고, 5초간 이상 150초간 이하 항온 유지하는 공정과,

다음으로, 실온에서, 상기 강재에 총 단면 감소율이 25% 이상 80% 이하인 신선 가공을 실시하는 공정을 갖고,

상기 강재는, 질량%로,

C:0.35% 내지 0.85%,

Si:0.05% 내지 2.0%,

Mn:0.20% 내지 1.0% 및

Al:0.005% 내지 0.05%를 함유하고,

P 함유량이 0.030% 이하이며,

S 함유량이 0.030% 이하이며,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 특수강 강선의 제조 방법.

#### 청구항 14

제13항에 있어서, 상기 신선 가공에 있어서의 최종 신선의 단면 감소율이 1% 이상 15% 이하인 것을 특징으로 하는, 특수강 강선의 제조 방법.

**청구항 15**

마무리 압연의 온도를 800℃ 이상 950℃ 이하로 한 강편의 열간 압연을 행하여, 오스테나이트 결정립의 입도 번호가 8 이상인 강재를 얻는 공정과,

다음으로, 온도가 750℃ 이상 950℃ 이하로 되어 있는 상기 강재를, 400℃ 이상 600℃ 이하의 온도의 제1 용융염조에 침지하고, 5초간 이상 150초간 이하 항온 유지하는 공정과,

다음으로, 상기 강재를 500℃ 이상 600℃ 이하의 온도의 제2 용융염조에 침지하고, 5초간 이상 150초간 이하 항온 유지하는 공정을 갖고,

상기 강재는, 질량%로,

C:0.35% 내지 0.85%,

Si:0.05% 내지 2.0%,

Mn:0.20% 내지 1.0% 및

Al:0.005% 내지 0.05%를 함유하고,

P 함유량이 0.030% 이하이며,

S 함유량이 0.030% 이하이며,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 특수강 선재의 제조 방법.

**청구항 16**

질량%로,

C:0.35% 내지 0.85%,

Si:0.05% 내지 2.0%,

Mn:0.20% 내지 1.0% 및

Al:0.005% 내지 0.05%를 함유하고,

P 함유량이 0.030% 이하이며,

S 함유량이 0.030% 이하이며,

잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,

C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지고,

표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 펄라이트 블록의 체적률이 70% 이상 95% 이하이며, 축 방향과 평행한 단면에 있어서의 축 방향과 라멜라의 방향 사이의 각도가 40° 이하인 펄라이트의 체적률이 전체 펄라이트에 대하여 60% 이상이며,

인장 강도가 1200MPa 이상 1500MPa 미만인 것을 특징으로 하는, 기계 부품.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은, 인장 강도가 1200MPa 이상 1500MPa 이하인 기계 부품에 적합한 특수강 강선 및 특수강 선재 및 이들의 제조 방법 등에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 선재로부터, 볼트, 토션 바, 스테빌라이저 등의 축 형상을 갖는 자동차 부품 및 각종 산업 기계 부품이 제조되

고 있다. 그리고 자동차 및 각종 산업 기계에는, 경량화 및 소형화를 목적으로, 최근에는 1200MPa 이상의 인장 강도를 갖는 고강도의 기계 부품이 요구되고 있다.

[0003] 그러나 기계 부품의 고강도화에 수반하여, 강재에 침입한 수소의 영향에 의해, 원래 예상되는 응력보다 작은 응력에 의해 파괴된다고 하는, 소위 수소 취화 현상이 현저해지고 있다. 이 수소 취화 현상은 다양한 형태로 나타난다. 예를 들어, 자동차 및 건축물 등에 사용되는 볼트에 있어서는, 지연 파괴라 하는, 체결하고 나서 잠시 시간이 지난 후에 돌연 파괴가 발생하는 현상이 발생하는 경우가 있다.

[0004] 따라서, 고강도 부품의 내수소 취화 특성을 향상시키기 위한 다양한 검토가 행해지고 있다. 고강도 기계 부품의 일례인 볼트에 관해서는, 내지연 파괴 특성을 향상시키는 기술의 하나로서, 신선 가공한 펄라이트를 사용하는 기술이 알려져 있다(특허문헌 1 내지 4).

[0005] 그러나 이들 종래의 기술에 의해도, 인장 강도가 1200MPa 이상인 고강도의 기계 부품에 있어서 내수소 취화 특성을 향상시키는 것은 곤란하다. 또한, 이러한 기계 부품에 적합한 강선 및 선재도 개발되어 있지 않다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 출원 공개 제2005-281860호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 출원 공개 제2001-348618호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 출원 공개 제2004-307929호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 특허 출원 공개 제2008-261027호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특허 출원 공개 평11-315349호 공보
- (특허문헌 0006) 일본 특허 출원 공개 제2002-69579호 공보
- (특허문헌 0007) 일본 특허 출원 공개 제2000-144306호 공보

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 고강도이며 또한 내수소 취화 특성을 향상시킬 수 있는 특수강 강선 및 특수강 선재 및 이들의 제조 방법 등을 제공하는 것을 목적으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 요지로 하는 바는, 이하와 같다.

[0009] (1) 질량%로,

[0010] C:0.35% 내지 0.85%,

[0011] Si:0.05% 내지 2.0%,

[0012] Mn:0.20% 내지 1.0% 및

[0013] Al:0.005% 내지 0.05%

[0014] 를 함유하고,

[0015] P 함유량이 0.030% 이하이며,

[0016] S 함유량이 0.030% 이하이며,

[0017] 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,

[0018] C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이

$64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지고,

- [0019] 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 펄라이트 블록의 체적률이 70% 이상 95% 이하이며, 축 방향과 평행한 단면에 있어서의 축 방향과 라멜라의 방향 사이의 각도가  $40^\circ$  이하인 펄라이트의 체적률이 전체 펄라이트에 대하여 60% 이상이며,
- [0020] 인장 강도가 1200MPa 이상 1500MPa 미만인 것을 특징으로 하는 특수강 강선.
- [0021] (2) 질량%로, N 함유량이 0.0050% 이하인 것을 특징으로 하는 (1)에 기재된 특수강 강선.
- [0022] (3) 질량%로, Cr:0.02% 내지 1.0% 또는 Ni:0.02% 내지 0.50%의 1종 또는 2종을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (1) 또는 (2)에 기재된 특수강 강선.
- [0023] (4) 질량%로, Ti:0.002% 내지 0.050%, V:0.01% 내지 0.20%, 또는 Nb:0.005% 내지 0.100%의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (1) 내지 (3) 중 어느 하나에 기재된 특수강 강선.
- [0024] (5) 질량%로, B:0.0001% 내지 0.0060%를 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (1) 내지 (4) 중 어느 하나에 기재된 특수강 강선.
- [0025] (6) 질량%로, Ca:0.001% 내지 0.010%, Mg:0.001% 내지 0.010%, 또는 Zr:0.001% 내지 0.010%의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (1) 내지 (5) 중 어느 하나에 기재된 특수강 강선.
- [0026] (7) 질량%로,
- [0027] C:0.35 내지 0.85%,
- [0028] Si:0.05 내지 2.0%,
- [0029] Mn:0.20 내지 1.0%,
- [0030] P:0.030% 이하,
- [0031] S:0.030% 이하,
- [0032] Al:0.005 내지 0.05%를 함유하고,
- [0033] 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,
- [0034] C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 특수강 선재.
- [0035] (8) 질량%로, N 함유량이 0.0050% 이하인 것을 특징으로 하는 (7)에 기재된 특수강 선재.
- [0036] (9) 질량%로, Cr:0.02% 내지 1.0% 또는 Ni:0.02% 내지 0.50%의 1종 또는 2종을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (7) 또는 (8)에 기재된 특수강 선재.
- [0037] (10) 질량%로, Ti:0.002% 내지 0.050%, V:0.01% 내지 0.20%, 또는 Nb:0.005% 내지 0.100%의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (7) 내지 (9) 중 어느 하나에 기재된 특수강 선재.
- [0038] (11) 질량%로, B:0.0001% 내지 0.0060%를 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (7) 내지 (10) 중 어느 하나에 기재된 특수강 선재.
- [0039] (12) 질량%로, Ca:0.001% 내지 0.010%, Mg:0.001% 내지 0.010%, 또는 Zr:0.001% 내지 0.010%의 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 (7) 내지 (11) 중 어느 하나에 기재된 특수강 선재.
- [0040] (13) 마무리 압연의 온도를  $800^\circ\text{C}$  이상  $950^\circ\text{C}$  이하로 한 강편의 열간 압연을 행하여, 오스테나이트 결정립의 입도 번호가 8 이상인 강재를 얻는 공정과,
- [0041] 다음으로, 온도가  $750^\circ\text{C}$  이상  $950^\circ\text{C}$  이하로 되어 있는 상기 강재를,  $400^\circ\text{C}$  이상  $600^\circ\text{C}$  이하의 온도의 제1 용융염조에 침지하고, 5초간 이상 150초간 이하 항온 유지하는 공정과,
- [0042] 다음으로, 상기 강재를  $500^\circ\text{C}$  이상  $600^\circ\text{C}$  이하의 온도의 제2 용융염조에 침지하고, 5초간 이상 150초간 이하 항



온 유지하는 공정과,

- [0043] 다음으로, 실온에서, 상기 강재에 총 단면 감소율이 25% 이상 80% 이하인 신선 가공을 실시하는 공정을 갖고,
- [0044] 상기 강재는, 질량%로,
- [0045] C:0.35% 내지 0.85%,
- [0046] Si:0.05% 내지 2.0%,
- [0047] Mn:0.20% 내지 1.0% 및
- [0048] Al:0.005% 내지 0.05%를 함유하고,
- [0049] P 함유량이 0.030% 이하이며,
- [0050] S 함유량이 0.030% 이하이며,
- [0051] 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 특수강 강선의 제조 방법.
- [0052] (14) 상기 신선 가공에 있어서의 최종 신선의 단면 감소율이 1% 이상 15% 이하인 것을 특징으로 하는 (13)에 기재된 특수강 강선의 제조 방법.
- [0053] (15) 마무리 압연의 온도를 800℃ 이상 950℃ 이하로 한 강편의 열간 압연을 행하여, 오스테나이트 결정립의 입도 번호가 8 이상인 강재를 얻는 공정과,
- [0054] 다음으로, 온도가 750℃ 이상 950℃ 이하로 되어 있는 상기 강재를, 400℃ 이상 600℃ 이하의 온도의 제1 용융염조에 침지하고, 5초간 이상 150초간 이하 항온 유지하는 공정과,
- [0055] 다음으로, 상기 강재를 500℃ 이상 600℃ 이하의 온도의 제2 용융염조에 침지하고, 5초간 이상 150초간 이하 항온 유지하는 공정을 갖고,
- [0056] 상기 강재는, 질량%로,
- [0057] C:0.35% 내지 0.85%,
- [0058] Si:0.05% 내지 2.0%,
- [0059] Mn:0.20% 내지 1.0% 및
- [0060] Al:0.005% 내지 0.05%를 함유하고,
- [0061] P 함유량이 0.030% 이하이며,
- [0062] S 함유량이 0.030% 이하이며,
- [0063] 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 특수강 선재의 제조 방법.
- [0064] (16) 질량%로,
- [0065] C:0.35% 내지 0.85%,
- [0066] Si:0.05% 내지 2.0%,
- [0067] Mn:0.20% 내지 1.0% 및
- [0068] Al:0.005% 내지 0.05%를 함유하고,
- [0069] P 함유량이 0.030% 이하이며,
- [0070] S 함유량이 0.030% 이하이며,
- [0071] 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고,
- [0072] C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지고,
- [0073] 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 펄라이트 블록의 체적률이 70% 이

상 95% 이하이며, 축 방향과 평행한 단면에 있어서의 축 방향과 라멜라의 방향 사이의 각도가 40° 이하인 펠라이트의 체적률이 전체 펠라이트에 대하여 60% 이상이며,

[0074] 인장 강도가 1200MPa 이상 1500MPa 미만인 것을 특징으로 하는 기계 부품.

**발명의 효과**

[0075] 본 발명에 따르면, 높은 강도를 얻으면서 내수소 취화 특성을 현저하게 향상시킬 수 있다. 또한, 내수소 취화 특성의 현저한 향상 시에, 특별히 제조 비용의 대폭적인 증가도 필요로 하지 않는다.

**도면의 간단한 설명**

[0076] 도 1은 축 방향과 라멜라의 방향의 관계를 나타내는 도면이다.

도 2는 인장 강도와 펠라이트의 면적률의 관계를 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0077] 본 발명자들은, 인장 강도가 1200MPa 이상인 고강도 기계 부품의 내수소 취화 특성에 미치는 성분 및 조직의 영향에 대해 상세하게 조사하고, 우수한 내수소 취화 특성을 얻기 위한 성분 및 조직을 발견하였다. 또한, 이러한 성분 및 조직을 얻기 위한 방법에 대해, 야금적 지식에 기초하여 검토를 거듭한 결과, 이하의 사항이 명백해졌다. 또한, 이하의 설명에 있어서의 각 성분의 함유량의 단위 「%」는 「질량%」를 의미한다.

[0078] 우선, 기계 부품의 조직에 대해 설명한다.

[0079] 우수한 내수소 취화 특성을 얻기 위해서는, 기계 부품의 표층부의 펠라이트 블록을 표면과 평행한 방향으로 신장화시키는 것이 유효하다. 또한, 페라이트와 시멘타이트의 층상 구조를 갖는 펠라이트의 라멜라의 층의 방향을, 표면과 평행한 방향으로 정렬시키는 것도 유효하다. 여기서, 펠라이트 블록이라 함은, 상세는 후술하지만, 일반적으로는, 방위성이 정렬된 페라이트 및 시멘타이트로 이루어지는 펠라이트의 단위를 말한다.

[0080] 구체적으로는, 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역(표층부)에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 펠라이트 블록의 체적률이, 전체 펠라이트에 대하여 70% 이상인 경우에, 내수소 취화 특성이 현저하게 향상된다. 어스펙트비가 작은 펠라이트 블록, 즉 충분히 신장화되어 있지 않은 펠라이트 블록은 내수소 취화 특성에 그다지 기여하지 않으므로, 이 비율은 억제하는 것이 바람직하다. 여기서, 펠라이트 블록의 어스펙트비라 함은, 펠라이트 블록의 장축의 치수/단축의 치수로 나타내어지는 비율을 말한다.

[0081] 또한, 표층부에 있어서, 축 방향과 평행한 단면에서의 라멜라의 방향과 축 방향 사이의 각도가 40° 이하인 펠라이트의 체적률이 전체 펠라이트에 대하여 60% 이상인 경우에, 내수소 취화 특성이 현저하게 향상된다.

[0082] 또한, C 함유량의 범위에 대해서는 후술하지만, C 함유량을 (C%)로 나타냈을 때, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펠라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펠라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지는 경우에, 내수소 취화 특성이 현저하게 향상된다. 펠라이트는 내수소 취화 특성을 향상시키는 효과를 갖는다. 그리고 펠라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  미만인 경우에는, 충분한 내수소 취화 특성이 얻어지지 않는다. 또한, 페라이트 및 베이나이트 등의 펠라이트 이외의 조직이 파괴의 기점으로 되어 냉간 단조 시에 가공 균열이 발생하기 쉬워진다. 또한, 펠라이트 이외의 조직이 존재하는 경우, 당해 조직은, 초석 페라이트 및/또는 베이나이트이다. 펠라이트 이외의 조직으로서 마르텐사이트가 포함되어 있으면, 냉간 단조 시에 균열이 발생하기 쉬워지는 동시에, 내수소 취화 특성이 열화된다.

[0083] 이와 같이, 기계 부품의 조직을 특정한 것으로 함으로써, 내수소 취화 특성을 현저하게 향상시킬 수 있다. 그리고 기계 부품이 볼트인 경우에는, 내지연 파괴 특성을 현저하게 향상시킬 수 있다. 또한, 이러한 기계 부품은, 자동차 부품 및 각종 산업 기계 부품에 적합할 뿐만 아니라, 건축용 기계 부품으로서 사용할 수도 있다.

[0084] 또한, 볼트 등의 기계 부품을 얻기 위해서는, 예를 들어, 특수강의 조성을 갖는 강편으로부터 특수강 선재를 제작하고, 특수강 선재로부터 특수강 강선을 제작하고, 특수강 강선의 성형 가공을 행한다. 그리고 상기한 바와 같은 내수소 취화 특성이 우수한 기계 부품을 얻기 위해서는, 예를 들어, 특수강 강선의 조직을 상기한 바와 같은 조직으로 해 두고, 구상화 어닐링 등의 열처리를 행하지 않고, 냉간 단조 등의 성형 가공을 행하는 것이 바람직하다. 구상화 어닐링 등의 열처리에 의해 특수강 강선을 연질화하여 가공을 행하는 방법과 비교하면, 냉간

가공이 약간 곤란해지는 경우도 있지만, 열처리의 생략에 수반하는 비용의 삭감 및 우수한 내수소 취화 특성의 확보 등의 면에서, 이 방법 쪽이 유리하다.

- [0085] 다음으로, 기계 부품 및 이 제조에 사용되는 강편에 포함되는 성분에 대해 설명한다. 강편은, C:0.35% 내지 0.85%, Si:0.05% 내지 2.0%, Mn:0.20% 내지 1.0% 및 Al:0.005% 내지 0.05%를 함유하고, P 함유량이 0.030% 이하이며, S 함유량이 0.030% 이하이며, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어진다. 그리고 이러한 강편을 사용하여 제작된 선재, 강선 및 기계 부품의 조성도 마찬가지로의 것으로 된다.
- [0086] C는, 소정의 인장 강도를 확보하기 위해 함유된다. C 함유량이 0.35% 미만에서는, 1200Mpa 이상의 인장 강도를 확보하는 것이 곤란하다. 한편, C 함유량이 0.85% 초과에서는, C 함유량에 적당한 강도가 얻어지지 않고, 냉간 단조성이 열화된다. 따라서, C 함유량은 0.35% 내지 0.85%로 한다. 또한, 보다 높은 인장 강도를 얻기 위해, C 함유량은 0.40% 이상인 것이 바람직하고, 0.6% 초과인 것이 보다 바람직하다. 또한, 보다 양호한 냉간 단조성을 얻기 위해, C 함유량의 범위는 0.60% 이하인 것이 바람직하다.
- [0087] Si는, 탈산 원소로서 기능하는 동시에, 고용 강화에 의해 인장 강도를 높이는 효과를 갖는다. Si 함유량이 0.05% 미만에서는, 이들 효과가 불충분하다. 한편, Si 함유량이 2.0% 초과에서는, 이들 효과가 포화되는 동시에, 열간 압연 시의 연성이 열화되어 흠집이 발생하기 쉬워진다. 따라서, Si 함유량은 0.05% 내지 2.0%로 한다. 또한, 보다 높은 인장 강도를 얻기 위해, Si 함유량은 0.20% 이상인 것이 바람직하다. 또한, 열간 압연 시의 롤 부하를 저감하여, 보다 양호한 가공성을 얻기 위해, Si 함유량은 0.50% 이하인 것이 바람직하다.
- [0088] Mn은, 펄라이트 변태 후의 강의 인장 강도를 높이는 효과를 갖는다. Mn 함유량이 0.20% 미만에서는, 이 효과가 불충분하다. 한편, Mn 함유량이 1.0% 초과에서는, 이 효과가 포화된다. 따라서, Mn 함유량은 0.20% 내지 1.0%로 한다.
- [0089] Al은, 탈산 원소로서 기능한다. 또한, Al은, 피닝 입자로서 기능하는 AlN을 형성하여 결정립을 미립화하고, 냉간 가공성을 향상시키는 효과를 갖는다. 또한, Al은, 고용 N을 저감하여 동적 변형 시효를 억제하는 효과 및 내수소 취화 특성을 향상시키는 효과도 갖는다. Al 함유량이 0.005% 미만에서는, 이들 효과가 불충분하다. 한편, Al 함유량이 0.05% 초과에서는, 이들 효과가 포화되는 동시에, 열간 압연 시에 흠집이 발생하기 쉬워진다. 따라서, Al 함유량은 0.005% 내지 0.05%로 한다.
- [0090] P 및 S는 결정립계에 편석하여 내수소 취화 특성을 열화시킨다. 그리고 이들의 각 함유량이 0.030% 초과인 경우에, 내수소 취화 특성의 열화가 현저해진다. 따라서, P 함유량 및 S 함유량은 0.030% 이하로 하고, 바람직하게는 0.015% 이하이다.
- [0091] 또한, N은, 동적 변형 시효에 의해 냉간 가공성을 열화시키고, 내수소 취화 특성도 열화시키는 경우가 있다. 이로 인해, N 함유량은 낮은 것이 바람직하고, 특히 0.005% 이하인 것이 바람직하고, 0.004% 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0092] 또한, 강편, 선재, 강선 및 기계 부품이, Cr:0.02% 내지 1.0% 또는 Ni:0.02% 내지 0.50%의 1종 또는 2종을 함유하고 있어도 된다. 또한, 강편, 선재, 강선 및 기계 부품이, Ti:0.002% 내지 0.050%, V:0.01% 내지 0.20%, 또는 Nb:0.005% 내지 0.100%의 1종 또는 2종 이상을 함유하고 있어도 된다. 또한, 강편, 선재, 강선 및 기계 부품이, B:0.0001% 내지 0.0060%를 함유하고 있어도 된다.
- [0093] Cr은, 펄라이트 변태 후의 강의 인장 강도를 높이는 효과를 갖는다. Cr 함유량이 0.02% 미만에서는, 이 효과가 불충분하다. 한편, Cr 함유량이 1.0% 초과에서는, 마르텐사이트가 발생하기 쉬워져 냉간 가공성이 열화되고, 재료 비용이 증가한다. 따라서, Cr 함유량은 0.02% 내지 1.0%인 것이 바람직하다. 효과를 확실히 얻기 위해, Cr 함유량은 0.10% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, 마르텐사이트의 생성을 억제하기 위해, Cr 함유량은 0.50% 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0094] Ni는, 강의 인성을 높이는 효과를 갖는다. Ni 함유량이 0.02% 미만에서는, 이 효과가 불충분하다. Ni 함유량이 0.50% 초과에서는, 마르텐사이트가 발생하기 쉬워져 냉간 가공성이 열화되고, 재료 비용이 증가한다. 따라서, Ni 함유량은 0.02% 내지 0.50%인 것이 바람직하다. 또한, 이 효과를 확실히 얻기 위해, Ni 함유량은 0.05% 이상인 것이 보다 바람직하다. 또한, 마르텐사이트의 생성을 억제하기 위해, Ni 함유량은 0.20%인 것이 보다 바람직하다.
- [0095] Ti는, 탈산 원소로서 기능하는 동시에, TiC를 석출시켜 인장 강도, 항복 강도 및 내력을 높이는 효과, 및 고용 N을 저감하여 냉간 가공성을 향상시키는 효과를 갖는다. Ti 함유량이 0.002% 미만에서는, 이들 효과가 불충분

하다. 한편, Ti 함유량이 0.050% 초과에서는, 이들 효과가 포화되는 동시에, 내수소 취화 특성이 열화된다. 따라서, Ti 함유량은 0.002% 내지 0.050%인 것이 바람직하다.

- [0096] V는, 탄화물인 VC를 석출시켜 인장 강도, 항복 강도 및 내력을 높이는 효과, 및 내수소 취화 특성을 향상시키는 효과를 갖는다. V 함유량이 0.01% 미만에서는, 이들 효과가 불충분하다. 한편, V 함유량이 0.20% 초과에서는, 재료 비용이 대폭으로 증가한다. 따라서, V 함유량은 0.01% 내지 0.20%인 것이 바람직하다.
- [0097] Nb는, 탄화물인 NbC를 석출시켜 인장 강도, 항복 강도 및 내력을 높이는 효과를 갖는다. Nb 함유량이 0.005% 미만에서는, 이 효과가 불충분하다. Nb 함유량이 0.100% 초과에서는, 이 효과가 포화된다. 따라서, Nb 함유량은 0.005% 내지 0.10%인 것이 바람직하다.
- [0098] B는, 입계 페라이트 및 입계 베이나이트의 생성을 억제하여 냉간 가공성 및 내수소 취화 특성을 향상시키는 효과 및 펄라이트 변태 후의 인장 강도를 높이는 효과를 갖는다. B 함유량이 0.0001% 미만에서는, 이 효과가 불충분하다. 한편, B 함유량이 0.0060% 초과에서는, 이 효과가 포화된다. 따라서, B 함유량은 0.0001% 내지 0.0060%인 것이 바람직하다.
- [0099] 또한, 강편, 선재, 강선 및 기계 부품이, Ca:0.001 내지 0.010%, Mg:0.001 내지 0.010%, 또는 Zr:0.001 내지 0.010%의 1종 또는 2종 이상을 함유하고 있어도 된다. 이들 원소는, 탈산 원소로서 기능하는 동시에, CaS 및 MgS 등의 황화물을 형성하여 고용 S를 고정하고, 내수소 취화 특성을 향상시키는 효과를 갖는다.
- [0100] 또한, 강편, 선재, 강선 및 기계 부품은, O를 불가피하게 함유하고, O는 Al 및 Ti 등의 산화물로서 존재한다. 그리고 O 함유량이 높을수록, 조대한 산화물이 형성되기 쉽고, 피로 파괴가 발생하기 쉽다. 이로 인해, O 함유량은 0.01% 이하인 것이 바람직하다.
- [0101] 다음으로, 상술한 바와 같은 기계 부품 및 특수강 강선의 제작에 적합한 특수강 선재의 제조 방법에 대해 설명한다.
- [0102] 이 제조 방법에서는, 상기한 성분을 함유하는 강편의 열간 압연을 행하여 강재를 얻고, 다음으로, 이 강재를 제1 용융염조에 침지하여 항온 유지하고, 다음으로, 이 강재를 제2 용융염조에 침지하여 항온 유지한다. 열간 압연에서는, 마무리 압연의 온도를 800℃ 이상 950℃ 이하로 하고, 강재의 오스테나이트 결정립의 입도 번호를 8 이상으로 한다. 또한, 제1 용융염조의 온도는 400℃ 이상 600℃ 이하로 하고, 제1 용융염조로의 침지는, 강재의 온도가 750℃ 이상 950℃ 이하로 되어 있을 때에 행하고, 항온 유지하는 시간은 5초간 이상 150초간 이하로 한다. 또한, 제2 용융염조의 온도는 500℃ 이상 600℃ 이하로 하고, 항온 유지하는 시간은 5초간 이상 150초간 이하로 한다.
- [0103] 마무리 압연의 온도는, 그 후에 발생하는 펄라이트 변태 전의 오스테나이트 결정립의 입도에 영향을 미치고, 마무리 압연의 온도가 950℃ 초과에서는, 8 이상의 입도 번호의 미립을 얻기 어렵다. 한편, 마무리 압연의 온도가 800℃ 미만에서는, 압연 시의 부하가 지극히 높아, 공업적인 양산이 곤란하다. 따라서, 마무리 압연의 온도는 800℃ 내지 950℃로 한다. 양산성을 고려하면, 마무리 압연의 온도는 850℃ 이상인 것이 바람직하다.
- [0104] 또한, 펄라이트 변태 전의 오스테나이트 결정립의 입도 번호가 8 미만이면, 조립의 영향에 의해, 그 후의 신선 가공 및 냉간 단조 시에 균열이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 오스테나이트 결정립의 입도 번호는 8 이상으로 하고, 10 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0105] 본 발명에서는, 제1 용융염조에서의 항온 유지에 의해, 강재의 온도를 펄라이트 변태의 개시 온도에 가까운 온도까지 급속하게 저하시켜 두고, 그것에 계속되는 제2 용융염조에서의 항온 유지 시에, 강재에 펄라이트 변태를 발생시킨다.
- [0106] 제1 용융염조에 침지시킬 때의 강재의 온도가 750℃ 미만에서는, 제1 또는 제2 용융염조에서의 항온 유지 시에, 페라이트가 발생할 가능성이 높다. 한편, 이 온도가 950℃ 초과에서는, 강온에 시간이 걸린다. 즉, 강재의 온도가 펄라이트 변태의 개시 온도에 근접하는 데 시간이 걸린다. 이로 인해, 제2 용융염조에서의 항온 유지 중에 펄라이트 변태가 종료되지 않고, 베이나이트 및/또는 마르텐사이트 등의 조직이 발생하는 경우가 있다. 따라서, 제1 용융염조에 침지시킬 때의 강재의 온도는 750℃ 내지 950℃로 한다.
- [0107] 또한, 제1 용융염조의 온도가 400℃ 미만에서는, 베이나이트가 발생해 버린다. 한편, 제1 용융염조의 온도가 600℃ 초과에서는, 펄라이트 변태의 개시 온도로의 도달이 늦어진다. 따라서, 제1 용융염조의 온도는 400℃ 내지 600℃로 한다. 또한, 제2 용융염조의 온도가 500℃ 내지 600℃인 경우에, 펄라이트 변태가 지극히 단시간에

종료된다. 따라서, 제2 용융염조의 온도는 500℃ 내지 600℃로 한다.

- [0108] 또한, 제1 용융염조 및 제2 용융염조에서의 항온 유지의 시간이 5초간 미만에서는, 강재의 온도를 충분히 제어할 수 없는 경우가 있다. 한편, 이들의 항온 유지의 시간이 150초간 초과에서는, 생산성의 저하가 현저해지는 경우가 있다. 따라서, 이들의 항온 유지의 시간은 5초간 내지 150초간으로 한다.
- [0109] 또한, 용융염조 대신에, 연육 및 유동상 등의 설비를 사용해도 마찬가지로의 효과가 얻어지지만, 환경으로의 부하 및 제조 비용을 고려하면, 용융염을 사용하는 방법이 지극히 우수하다.
- [0110] 그리고 이러한 처리에 의해 얻어진 특수강 선재는, 상기한 조성을 갖고, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하이며, 잔량부의 조직이 초석 페라이트 또는 베이나이트의 1종 또는 2종으로 이루어지는 것으로 된다.
- [0111] 특수강 선재에 있어서도, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  미만인 경우에는, 충분한 내수소 취화 특성이 얻어지지 않는다. 또한, 페라이트 및 베이나이트 등의 펄라이트 이외의 조직이 파괴의 기점으로 되어 냉간 단조 시에 가공 균열이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 특수강 선재에 있어서도, (C%)가 0.35% 이상 0.65% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이  $64 \times (C\%) + 52\%$  이상이며, (C%)가 0.65% 초과 0.85% 이하인 경우에는, 펄라이트의 체적률이 94% 이상 100% 이하인 것이 중요하다. 또한, 특수강 선재에 펄라이트 이외의 조직으로서 마르텐사이트가 포함되어 있으면, 냉간 단조뿐만 아니라 신선 가공 시에도 균열이 발생하기 쉬워진다.
- [0112] 또한, 펄라이트의 체적률은 특수강 선재의 광학 현미경 또는 전자 현미경에 의한 관찰로부터 측정 가능하며, 임의의 시야에서의 면적률로부터 구할 수 있다. 또한, 오스테나이트 결정립의 상태는, 압연 직후의 강재를 샘플링하여 급냉함으로써 고정할 수 있고, 결정립도는, 급냉 후의 시료를 사용하여 JIS G0551의 방법에 준하여 측정할 수 있다.
- [0113] 이와 같이, 이 특수강 선재의 제조 방법에서는, 열간 압연 시의 잔열을 이용하여, 열간 압연 후, 즉시 2개의 용융염조를 사용하여 온도 제어를 행하는 것이다. 그리고 이 방법에 따르면, 고가인 합금 원소의 첨가를 억제해도, 펄라이트의 체적률이 높은 특수강 선재를 얻을 수 있다. 즉, 저렴한 비용으로 높은 특성이 얻어진다.
- [0114] 그리고 이와 같이 하여 제조한 특수강 선재로부터, 상기한 바와 같은 조직의 특수강 강선을 제작하는 경우에는, 소정의 조건에서 신선 가공을 행한다.
- [0115] 이 신선 가공에 있어서의 총 단면 감소율은 25% 이상 80% 이하로 한다. 신선 가공의 총 단면 감소율이 25% 미만인 경우, 펄라이트 블록의 신장화가 불충분해져 충분한 내수소 취화 특성이 얻어지지 않는다. 한편, 총 단면 감소율이 80% 초과에서는, 냉간 단조 시에 가공 균열이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 신선 가공에 있어서의 총 단면 감소율은 25% 내지 80%로 한다. 또한, 펄라이트 블록의 신장화의 촉진을 위해, 총 단면 감소율은 30% 이상인 것이 바람직하다. 또한, 가공 균열을 보다 억제하기 위해, 총 단면 감소율은 65% 이하인 것이 바람직하다.
- [0116] 또한, 신선 가공의 횟수는 특별히 한정되지 않고, 1회여도 되고 복수회여도 된다. 복수회의 신선 가공을 행하는 경우에는, 마지막 신선 가공(최종 패스)에서의 단면 감소율을 1% 이상 15% 이하로 하는 것이 바람직하다. 이것은, 표층부에서의 펄라이트 블록을 더욱 신장화시키고, 라멜라의 방향과 축 방향을 더욱 정렬시키는 것이 가능해지기 때문이다. 최종 패스에서의 단면 감소율이 1% 미만에서는, 둘레 방향으로 균일하게 변형을 부여하는 것이 곤란해지기 쉽다. 한편, 최종 패스에서의 단면 감소율이 15%를 초과하면, 상기한 효과를 얻기 어렵다. 따라서, 복수회의 신선 가공을 행하는 경우의 마지막 신선 가공에서의 단면 감소율은 1% 내지 15%로 하는 것이 바람직하다.
- [0117] 또한, 신선 가공은 실온에서 행한다. 여기서, 실온이라 함은, -20℃ 내지 50℃이지만, 신선 가공 중, 강선은 가공 발열에 의해 약 100℃ 정도로까지 상승하는 경우가 있다.
- [0118] 이러한 조건하에서 행해진 신선 가공에 의해, 원하는 강도 및 우수한 내수소 취화 특성을 갖는 특수강 강선이 얻어진다. 즉, 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 펄라이트 블록의 체적률이, 전체 펄라이트에 대하여 70% 이상, 또한, 축 방향과 평행한 단면에 있어서, 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 라멜라의 방향과 축 방향 사이의 각도가 40° 이하인 펄라이트의 체적률이 전체 펄라이트에 대하여 60% 이상으로 되어 있는 강선이 얻어진다.
- [0119] 상술한 바와 같이, 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 펄라이트 블록의

체적률이, 전체 펠라이트에 대하여 70% 이상인 경우에, 우수한 내수소 취화 특성이 얻어진다. 단, 이 체적률이 95% 초과이면, 냉간 단조성이 열화된다. 즉, 냉간 단조가 곤란해지기 쉽다. 이로 인해, 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서, 이러한 펠라이트 블록의 체적률은 전체 펠라이트에 대하여 70% 내지 95%로 한다. 또한, 보다 우수한 내수소 취화 특성을 얻기 위해, 이 체적률은 80% 이상인 것이 바람직하다. 체적률의 평가에 사용하는 펠라이트 블록의 어스펙트비를 2.0 이상으로 하고 있는 것은, 어스펙트비가 2.0 미만으로, 충분히 신장화되어 있지 않은 펠라이트 블록은, 내수소 취화 특성에 그다지 기여하지 않기 때문이다.

[0120] 또한, 상술한 바와 같이, 축 방향과 평행한 단면에 있어서, 표면으로부터 1.0mm의 깊이까지의 영역에 있어서의, 라멜라의 방향과 축 방향 사이의 각도가 40° 이하인 펠라이트의 체적률이 전체 펠라이트에 대하여 60% 이상인 경우에, 우수한 내수소 취화 특성이 얻어진다. 내수소 취화 특성의 향상에 기여하는 펠라이트는, 주로 이 각도가 40° 이하인 펠라이트이다. 따라서, 체적률의 평가에 사용하는 펠라이트의 이 각도를 40° 이하로 하고 있다. 또한, 이 각도가 40° 이하인 펠라이트의 체적률이 60% 미만인 경우에는, 내수소 취화 특성의 향상 효과가 충분하지는 않다. 따라서, 축 방향과 평행한 단면에 있어서, 이러한 펠라이트의 체적률은 전체 펠라이트에 대하여 60% 이상으로 한다. 또한, 보다 우수한 내수소 취화 특성을 얻기 위해, 이 체적률은 70% 이상인 것이 바람직하다.

[0121] 또한, 여기서 말하는 펠라이트 블록이라 함은, 방위 차가 15도 이내에 있는 페라이트 및 시멘타이트로 이루어지는 펠라이트의 단위를 말하며, 이 방위 차는, 전자 후방 산란 회절(EBSD:electron back scattered diffraction) 장치를 사용하여 측정된 페라이트의 결정 방위 맵으로부터 구할 수 있다. 또한, 펠라이트 블록의 어스펙트비는, 펠라이트 블록의 긴 직경과 짧은 직경의 비이며, 신선 가공 후의 특수강 강선에서는, 실질적으로 축 방향의 치수와 축 방향에 수직인 방향(직경 방향)의 치수의 비와 동등하다. 또한, 라멜라의 방향은, 축 방향과 평행한 단면에서의 전자 현미경에 의한 관찰로부터 측정할 수 있다.

[0122] 그리고 이와 같이 하여 제조한 특수강 강선으로부터, 기계 부품을 제작하는 경우에는, 예를 들어, 상기한 마이크로 조직을 유지하기 위해, 구상화 어닐링 등의 열처리를 행하는 일 없이, 예를 들어 -20℃ 내지 50℃의 실온에 있어서 냉간 단조 등의 성형 가공을 행한다. 또한, 냉간 단조에서는 가공 발열에 의해 300℃ 정도까지 상승하는 경우가 있다.

[0123] 또한, 본 발명이 대상으로 하는 기계 부품의 인장 강도는 1200MPa 이상 1500MPa 이하이다. 인장 강도가 1200MPa 미만에서는, 수소 취화 현상이 발생하기 어려워, 본 발명을 적용할 필요가 없다. 한편, 인장 강도가 1500MPa 초과에서는, 냉간 단조에 의해 성형 가공하는 것이 곤란하며, 제조 비용이 증가한다.

[0124] 또한, 이와 같이 하여 제조된 기계 부품은 고강도이며 또한 우수한 내수소 취화 특성을 갖고 있지만, 다른 기계적 특성을 향상시키기 위해, 예를 들어, 200℃ 내지 600℃로 10분간 이상 60분간 이하 유지하고, 그 후에 냉각하는 것이 바람직하다. 이러한 처리를 행함으로써, 항복 강도, 항복비 및 연성 등을 향상시킬 수 있다.

[0125] 이와 같이, 이들 일련의 처리에서는, 펠라이트로 하기 위해 화학 성분을 조정된 재료를 사용하고, 이것을 열간 압연 시의 잔열을 이용하여 용융염욕에 침지하는 방법에 의해 거의 완전한 펠라이트의 특수강 선재로 하고 있다. 그리고 이 특수강 선재를 실온에서 특정한 조건에서 신선 가공하여 강도 및 내수소 취화 특성이 높은 펠라이트의 조정을 행하고, 기계 부품으로 성형한다. 그 후, 필요에 따라, 연성을 회복시키기 위한 비교적 저온의 열처리를 행한다. 이 결과, 인장 강도가 1200MPa 이상 1500MPa 이하인 기계 부품의 내수소 취화 특성을, 저렴한 비용으로 현저히 향상시킬 수 있다. 또한, 신선 가공으로서, 종래 기술과 같은 강(強)신선 가공을 행할 필요도 없다.

[0126] 실시예

[0127] 다음으로, 본 발명자들이 행한 실험에 대해 설명한다. 이들 실험에 있어서의 조건 등은, 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위해 채용한 예이며, 본 발명은, 이들 예에 한정되는 것은 아니다.

[0128] 우선, 표 1에 나타내는 성분을 함유하는 강종의 강편을 제작하였다. 이어서, 표 2에 나타내는 조건에서, 강편에 대하여, 마무리 압연을 포함하는 열간 압연, 제1 용융염조에서의 항온 유지 및 제2 용융염조에서의 항온 유지를 행하여, 표 2에 나타내는 선 직경(7.0mm 내지 15.0mm)의 선재를 얻었다. 또한, 제1 용융염조 및 제2 용융염조는 압연 라인 상에 배치하고, 소위 인라인 처리를 행하였다. 또한, 열간 압연 후에는 샘플링을 행하고, 펠라이트 변태 전의 오스테나이트 결정립의 입도 번호를 측정하였다. 이 결과도 표 2에 나타낸다.

표 1

항목	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	Ni	Mo	V	Nb	Ti	B	기타	비고
A	0.36	0.24	0.72	0.008	0.023	0.034	0.0024					0.010				
B	0.38	0.23	0.65	0.015	0.006	0.038	0.0039					0.030			Ca:0.0024	
C	0.42	0.20	0.51	0.018	0.003	0.008	0.0028	0.48					0.015	0.0011		
D	0.44	0.32	0.74	0.009	0.007	0.015	0.0029	0.14								
E	0.44	0.08	0.46	0.013	0.011	0.027	0.0029		0.20		0.15					
F	0.46	0.32	0.72	0.015	0.016	0.027	0.0027				0.18	0.050				
G	0.46	0.09	0.45	0.012	0.009	0.025	0.0029									
H	0.48	0.21	0.72	0.011	0.014	0.011	0.0026								Mo:0.0015	
I	0.48	1.24	0.41	0.016	0.013	0.035	0.0028	0.21	0.30		0.04		0.020	0.0009		
J	0.52	0.21	0.73	0.014	0.012	0.028	0.0024									
K	0.59	0.24	0.77	0.011	0.004	0.037	0.0035									
L	0.67	0.22	0.71	0.009	0.005	0.025	0.0034									
M	0.69	0.21	0.65	0.009	0.004	0.019	0.0036									
N	0.41	0.17	0.80	0.017	0.032	0.032	0.0061	1.20		0.30						비고에 비고에
O	0.29	0.52	1.10	0.012	0.016	0.030	0.0053									
P	0.75	0.22	0.72	0.011	0.009	0.027	0.0045									
Q	0.79	0.24	0.77	0.008	0.005	0.026	0.0046									

표 2

수준	영양	선 조직 (mm)	마무리 (mm)	제1 유통영조외 단조	제1 유통영조외의 유지 시간	제2 유통영조외 (%)	제2 유통영조외의 유지 시간	결핵 인의 오염도(%)	선재의 인장강도 (MPa)	충단면 감소율	최종선재의 인장강도 (%)	결핵 인의 오염도 (%)	결핵 인의 유지 시간	선재 유류	비고
1	A	15.0	980	540	40	540	40	5.9	712	68.0	12.7	380	30	균열 없음	비고
2	B	7.0	930	530	30	530	30	8.8	743	64.2	11.5	380	30	균열 없음	비고
3	C	15.0	880	530	43	540	78	9.2	782	66.9	9.8	450	30	균열 없음	비고
4	D	14.5	860	530	32	560	55	10.9	788	58.0	9.8	—	—	균열 없음	비고
5	D	14.5	860	530	—	530	45	10.3	699	59.9	13.5	—	—	균열 없음	비고
6	E	14.0	910	530	36	530	85	10.4	797	45.2	22.2	500	30	균열 없음	비고
7	E	14.0	910	530	36	530	85	10.4	797	45.2	22.2	500	30	균열 없음	비고
8	E	14.0	910	530	36	530	85	10.4	797	45.2	12.1	—	—	균열 없음	비고
9	E	14.5	910	540	40	550	70	10.4	787	45.2	12.1	—	—	균열 없음	비고
10	F	14.5	910	540	40	550	70	10.3	824	58.4	20.6	430	30	균열 없음	비고
11	G	14.5	910	540	40	550	70	10.1	781	52.5	19.2	340	30	균열 없음	비고
12	H	14.5	890	530	34	530	52	7.2	831	58.4	20.6	400	30	균열 없음	비고
13	I	12.5	900	480	4	530	1.5	11.8	860	50.9	—	—	—	균열 없음	비고
14	J	12.5	900	480	26	530	85	10.6	843	44.2	20.4	380	30	균열 없음	비고
15	J	12.5	900	500	22	560	40	10.2	817	50.8	9.5	480	30	균열 없음	비고
16	J	7.0	930	530	22	560	40	10.9	1082	38.0	—	—	—	균열 없음	비고
17	J	7.0	930	530	22	560	40	10.9	1082	38.0	—	—	—	균열 없음	비고
18	K	7.0	910	530	32	530	40	10.9	882	39.0	13.8	430	30	균열 없음	비고
19	K	7.0	910	530	32	530	40	10.9	882	39.0	13.8	430	30	균열 없음	비고
20	K	7.0	910	540	32	530	40	11.6	1078	28.8	7.4	—	—	균열 없음	비고
21	M	14.5	860	530	51	550	80	9.2	1077	14.8	14.5	350	30	균열 없음	비고
22	M	7.0	930	530	30	560	50	9.7	1112	82.0	21.3	350	30	균열 없음	비고
23	N	12.5	910	—	—	—	—	7.5	810	—	—	—	—	균열 없음	비고
24	O	13.0	910	540	35	530	55	9.9	843	29.8	23.8	330	30	균열 없음	비고
25	O	13.0	910	540	35	530	55	9.9	843	29.8	23.8	330	30	균열 없음	비고
26	G	13.0	910	540	35	530	55	9.7	1214	10.5	10.5	400	30	균열 없음	비고

[0130]

[0131]

선재의 제작 후에는, 표 2에 나타난 단면 감소율로 신선 가공을 행하여, 강선을 얻었다. 또한, 수준 1 내지 3, 6 내지 8, 10 내지 13, 15 내지 16, 19, 21 내지 22, 24 내지 26에 있어서는, 냉간 단조 후의 열처리를 모방한 열처리를 행하였다. 이 결과도 표 2에 나타난다.

[0132]

또한, 선재에 대해서는, 금속 조직의 종류 및 펄라이트의 체적률을 측정하였다. 이들의 결과를 표 3에 나타낸다. 또한, 표 3 중의 「금속 조직」의 란의 「P」는 펄라이트, 「B」는 베이나이트, 「F」는 페라이트, 「M」은 마르텐사이트를 나타낸다. 또한, 표 3 중의 「펄라이트의 체적률의 하한」은, (C%)가 0.65% 이하인 경우에는,  $64 \times (C\%) + 52\%$ 의 값이며, (C%)가 0.65% 초과인 경우에는, 94%이다.



표 3

수준	강종	금속 조직	필라이트의 체적률의 하한 (%)	필라이트의 체적률 (%)	어스펙트비가 2.0 이상인 필라이트 블록의 체적률 (%)	라멜라 방향과 축 방향의 기울기가 40° 이하인 필라이트의 체적률 (%)	비고
1	A	P,B,F	75.0	87	71	71	본 발명에
2	B	P,B,F	76.3	90	77	73	본 발명에
3	C	P,B,F	78.9	88	72	72	본 발명에
4	D	P,B,F	80.2	94	82	73	본 발명에
5	D	P,F	80.2	68	76	41	비교예
6	E	P,B,F	80.2	92	62	48	본 발명에
7	E	P,B,F	80.2	92	81	84	본 발명에
8	E	P,B,F	80.2	92	83	66	본 발명에
9	E	P,B,F	80.2	90	79	64	본 발명에
10	F	P,B,F	81.4	93	88	73	본 발명에
11	G	P,B,F	81.4	92	87	75	본 발명에
12	H	P,B,F	82.7	93	86	74	본 발명에
13	H	P,F	82.7	76	68	53	비교예
14	H	P,B,M,F	82.7	67	74	63	비교예
15	I	P,B,F	82.7	91	80	69	본 발명에
16	J	P,B,F	83.3	92	88	82	본 발명에
17	J	P,B,M	83.3	42	54	47	비교예
18	K	P,B,F	83.8	95	88	72	본 발명에
19	K	P,B,F	83.8	95	91	88	본 발명에
20	L	P,B	84.0	98	73	82	본 발명에
21	M	P	84.0	100	41	44	비교예
22	M	P	84.0	100	97	74	비교예
23	N	M	82.1	-	-	-	비교예
24	O	P,F,B	70.6	67	43	44	비교예
25	P	P	84.0	100	77	57	비교예
26	Q	P	84.0	100	52	43	비교예

[0133]

[0134]

[0135]

[0136]

[0137]

[0138]

[0139]

필라이트의 체적률의 측정에서는, 주사형 전자 현미경(SEM:scanning electron microscope)을 사용하여 필라이트의 면적률을 구하고, 검정면에서의 면적률이 조직의 체적률과 동등하므로, 화상 해석에 의해 얻어진 면적률을 각각의 조직의 체적률로 하였다. 또한, 면적률의 측정에서는, 강선의 축 방향과 평행한 단면에서, 표층부 내의 125 $\mu$ m×95 $\mu$ m의 영역을 1000배의 배율로 사진 촬영하여, 필라이트의 면적률을 화상 해석에 의해 구하였다.

강선에 대해서는, 표층부에 있어서, 어스펙트비가 2.0 이상인 필라이트 블록의 체적률을 측정하였다. 또한, 축 방향과 평행한 단면에 있어서, 표층부에 있어서의, 라멜라의 방향과 축 방향 사이의 각도가 40° 이하인 필라이트의 체적률도 측정하였다. 이들의 결과도 표 3에 나타낸다. 또한, 강선의 조직의 종류는, 선재의 조직의 종류와 동일하다.

필라이트 블록의 특징에는 EBSD 장치를 사용하였다. 즉, 축 방향에 평행한 단면에서, 표층부 내의 275 $\mu$ m×165 $\mu$ m의 영역에 대해 EBSD 장치를 사용하여 필라이트의 결정 방위 맵을 취득하고, 이 결정 방위 맵으로부터, 방위 차가 15도 이상으로 되는 경계를 필라이트 블록의 경계로 하였다. 그리고 경계에 둘러싸인 필라이트 블록 중에서 원 상당 직경이 1.0 $\mu$ m 이상인 것에 대해 어스펙트비를 구하였다.

또한, 축 방향과 평행한 단면에 있어서, 표층부에 있어서의, 라멜라의 방향과 축 방향 사이의 각도가 40° 이하인 필라이트의 체적률의 측정에서는, 표층부에 있어서 촬영한 5000배의 SEM 사진을 기초로 당해 영역을 화상 해석하였다. 구체적으로는, 도 1에 나타내는 바와 같이, 라멜라의 방향과 축 방향 사이의 각도(방위 차)가 40° 이하로 되는 영역을 SEM 사진에서 구하고, 당해 영역의 면적을 화상 해석하였다. 도 1 중의 백색 화살표가 라멜라의 방향을 나타내고 있다.

강선의 제작 후에는, 표 2에 나타내는 처리가 행해진 후의 강선의 특성(인장 강도, 내수소 취화 특성 및 냉간 단조성)을 평가하였다. 이 결과를 표 4에 나타낸다.

인장 강도의 평가에서는, 강선으로부터 JIS Z2201의 9A의 시험편을 제작하고, JIS Z2241의 시험 방법에 준거한 인장 시험을 행하였다. 또한, 이들 강선으로부터 제작된 기계 부품의 인장 강도는, 당해 강선과 동등해진다.

[0140] 내수소 취화 특성의 평가에서는, 강선을 볼트로 가공하고, 전해 수소 차지에 의해 0.5ppm의 확산성 수소를 시료에 함유시킨 후, 시험 중에 수소가 시료로부터 대기 중에 방출되지 않도록 Cd 도금을 실시하였다. 그 후, 대기 중에서 최대 인장 하중의 90%의 하중을 부하하고, 100시간의 경과 후의 파단의 유무를 확인하였다. 그리고 파단이 발생되어 있지 않은 것을 「양호」라고 평가하고, 파단이 발생한 것을 「불량」이라고 평가하였다.

[0141] 냉간 단조성의 평가에서는, 강선으로부터 직경이 5.0mm, 길이가 7.5mm인 시료를 기계 가공에 의해 제작하고, 동심원 형상으로 홈이 형성된 금형에 의해 단부면을 구속하여 압축 시험을 행하였다. 그리고 50%의 압축률로 가공하였을 때에 가공 균열이 발생하지 않은 것을 「양호」라고 평가하고, 가공 균열이 발생한 것을 「불량」이라고 하였다.

표 4

수준	강종	인장 강도 (MPa)	내수소 취화 특성	냉간 단조성	비고
1	A	1207	양호	양호	본 발명에
2	B	1220	양호	양호	본 발명에
3	C	1243	양호	양호	본 발명에
4	D	1262	양호	양호	본 발명에
5	D	1083	불량	불량	비교예
6	E	1050	불량	불량	비교예
7	E	1245	양호	양호	본 발명에
8	E	1216	양호	양호	본 발명에
9	E	1256	양호	양호	본 발명에
10	F	1220	양호	양호	본 발명에
11	G	1286	양호	양호	본 발명에
12	H	1222	양호	양호	본 발명에
13	H	1178	불량	불량	비교예
14	H	1273	-	-	비교예
15	I	1235	양호	양호	본 발명에
16	J	1366	양호	양호	본 발명에
17	J	1420	-	-	비교예
18	K	1235	양호	양호	본 발명에
19	K	1405	양호	양호	본 발명에
20	L	1276	양호	양호	본 발명에
21	M	1232	불량	불량	비교예
22	M	1591	양호	불량	비교예
23	N	1521	불량	-	비교예
24	O	1026	불량	양호	비교예
25	P	1280	양호	불량	비교예
26	Q	1332	불량	불량	비교예

[0142]

[0143] 표 2의 수준 5 및 13은 권취 후에 항온 변태 처리를 행하지 않고 스텔모어 상에서 냉각한 종래의 제조 방법에 상당하고, 이들은 펄라이트의 체적률이 본 발명의 범위에서 벗어난다. 수준 14에서는 제1 용융염조에서의 유지 시간이 본 발명의 하한 미만이다. 이 경우, 금속 조직에 마르텐사이트가 혼입하는 동시에, 펄라이트의 체적률이 본 발명의 범위에서 벗어난다. 수준 17에서는 제1 용융염조의 온도가 본 발명의 하한 미만이다. 이 경우, 금속 조직에 마르텐사이트가 혼입하는 동시에, 펄라이트의 체적률이 본 발명의 범위에서 벗어난다. 수준 6, 21, 25 및 26에서는 신선 가공의 단면 감소율이 본 발명의 하한 미만이다. 이 경우, 어스펙트비가 2.0 이상인 펄라이트 블록의 체적률, 또는 라멜라의 방향과 축 방향 사이의 각도가 40° 이하인 펄라이트의 체적률이 본 발명의 범위에서 벗어난다. 수준 23에서는, Cr과 Mo를 함유하고, 조성이 본 발명의 범위에서 벗어나는 강종 N을 사용하였다. 또한, 권취 후에 제1 및 제2 용융염조를 사용한 처리를 행하지 않고 스텔모어 상에서 냉각하여 선재를 제조하고, 그 후, 880℃로 가열하고, 오일 퀸칭을 행하고, 이어서 580℃에서 템퍼링을 행하였다. 이 결과, 얻어진 조직은 템퍼링 마르텐사이트이며, 본 발명의 범위에서 벗어난다.

[0144] 표 2에 나타내는 펄라이트 변태 전의 오스테나이트 결정립의 입도 번호는, 본 발명의 조건을 만족하는 수준 4 및 12에서는, 모두 입도 번호가 10 이상이다. 이에 반해, 제조 조건이 본 발명의 범위에서 벗어나는 수준 5, 13 및 23에서는 입도 번호가 8 미만이며, 표 4로부터, 이들은 냉간 단조성 또는 내수소 취화 특성이 떨어지는 것을 알 수 있다. 마르텐사이트를 함유하는 수준 14 및 17에서는, 신선 가공 중에 단선이나 균열이 발생하였다. 즉, 신선 가공성이 낮았다.

[0145] 펠라이트의 체적률이 본 발명의 범위에서 벗어나는 수준 5, 13, 23 및 24에서는, 모두 내수소 취화 특성이 불량하다. 또한, 어스펙트비가 2.0 이상인 펠라이트 블록의 체적률이 본 발명의 범위에서 벗어나는 수준 6, 13, 21, 23, 24 및 26에서는, 모두 내수소 취화 특성이 불량하다. 라멜라의 방향과 축 방향 사이의 각도가 40° 이하인 펠라이트의 면적률이 본 발명의 범위에서 벗어나는 수준 5, 6, 13, 21, 23, 24, 25 및 26에서는, 내수소 취화 특성 및/또는 냉간 단조성이 불량하다. 또한, 어스펙트비가 2.0 이상인 펠라이트 블록의 체적률이 본 발명의 상한을 초과하는 수준 22에서는 냉간 단조성이 불량하다.

[0146] 이상으로부터 본 발명의 기계 부품은 내수소 취화 특성 및 냉간 단조성이 우수한 것을 알 수 있다.

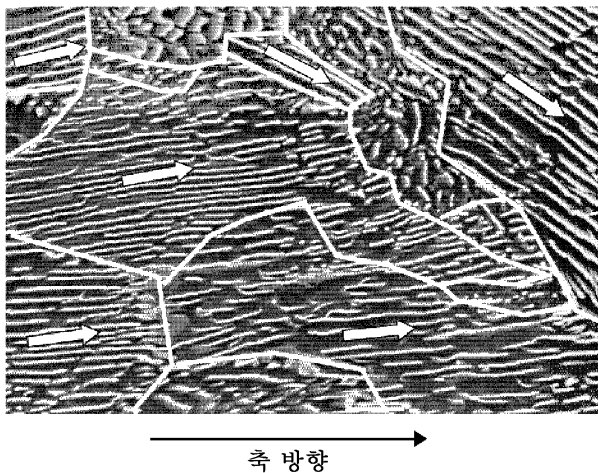
[0147] 도 2에, 인장 강도 TS와 축 방향과 축 방향으로부터의 라멜라의 각도가 40° 이하인 펠라이트의 면적률의 관계를 나타낸다. 본 발명의 범위를 만족하는 수준에서는 내지연 파괴 특성 및 냉간 단조성이 모두 우수한 것을 알 수 있다.

**산업상 이용가능성**

[0148] 본 발명은, 예를 들어, 자동차 부품, 각종 산업 기계 부품 및 건축 부품 등의 관련 산업에 있어서 이용할 수 있다.

**도면**

**도면1**



도면2

