



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0009659  
(43) 공개일자 2016년01월26일

- |  |   |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/> <i>C22C 38/00</i> (2006.01) <i>C21D 8/06</i> (2006.01)<br/> <i>C22C 38/02</i> (2006.01) <i>C22C 38/04</i> (2006.01)<br/> <i>C22C 38/06</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/> <i>C22C 38/00</i> (2013.01)<br/> <i>C21D 8/06</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2015-7035612</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2014년06월23일<br/>         심사청구일자 2015년12월16일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2015년12월16일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2014/066532</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2014/208492<br/>         국제공개일자 2014년12월31일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>         JP-P-2013-131959 2013년06월24일 일본(JP)<br/>         JP-P-2013-131961 2013년06월24일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인<br/>         신닛테츠스미킨 카부시카이샤<br/>         일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고</p> <p>(72) 발명자<br/>         오코노기 마코토<br/>         일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시카이샤 내<br/>         히라카미 다이스케<br/>         일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시카이샤 내</p> <p>(74) 대리인<br/>         장수길, 성재동</p> |
|--|---|

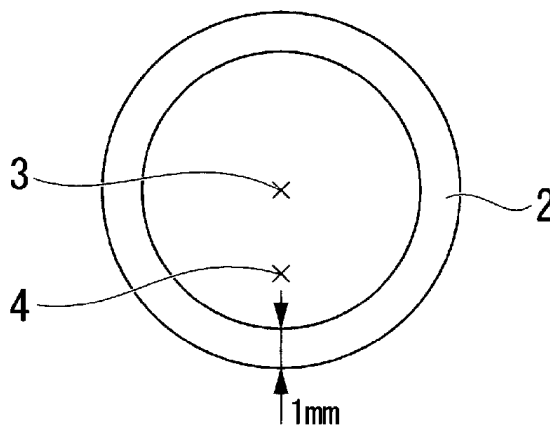
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **고탄소강 선재 및 그 제조 방법**

(57) 요약

이 고탄소강 선재는, 소정의 화학 성분을 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물을 포함하며; 길이 방향에 수직인 단면에 있어서 펄라이트의 면적률이 95% 이상이고, 잔부가 베이나이트, 의사 펄라이트, 초석 페라이트, 초석 시멘타이트 중 1종 이상을 포함하는 비펄라이트 조직이며; 상기 펄라이트의 평균 블록 입경이 15 $\mu$ m 내지 35 $\mu$ m이고, 블록 입경이 50 $\mu$ m 이상인 상기 펄라이트의 면적률이 20% 이하이며; 표면으로부터 깊이 1mm까지의 영역에 있어서, 상기 펄라이트에 있어서의 라멜라 간격이 150nm 이하인 영역이 20% 이하이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*C21D 8/065* (2013.01)

*C22C 38/001* (2013.01)

*C22C 38/02* (2013.01)

*C22C 38/04* (2013.01)

*C22C 38/06* (2013.01)

*C21D 2211/009* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

화학 성분으로서, 질량%로

C: 0.60% 내지 1.20%,

Si: 0.10% 내지 1.5%,

Mn: 0.10% 내지 1.0%,

P: 0.001% 내지 0.012%,

S: 0.001% 내지 0.010%,

Al: 0.0001% 내지 0.010%,

N: 0.0010% 내지 0.0050%

를 함유하고,

잔부가 Fe 및 불순물을 포함하며;

길이 방향에 수직인 단면에 있어서 펄라이트의 면적률이 95% 이상이고, 잔부가 베이나이트, 의사 펄라이트, 초석 페라이트, 초석 시멘타이트 중 1종 이상을 포함하는 비펄라이트 조직이며;

상기 펄라이트의 평균 블록 입경이 15 $\mu$ m 내지 35 $\mu$ m이고, 블록 입경이 50 $\mu$ m 이상인 상기 펄라이트의 면적률이 20% 이하이며;

표면으로부터 깊이 1mm까지의 영역에 있어서, 상기 펄라이트에 있어서의 라멜라 간격이 150nm 이하인 영역이 20% 이하이고;

C(%), Si(%) 및 Mn(%)을 각각 C, Si, Mn의 단위 질량%에서의 함유량으로 하여, Ceq.를 하기 식 (1)에 의하여 구했을 때, 인장 강도가 760×Ceq.+325MPa 이하이고, 또한 상기 인장 강도의 표준 편차가 20MPa 이하인;

것을 특징으로 하는, 고탄소강 선재.

$$Ceq. = C (%) + Si (%) / 24 + Mn (%) / 6 \dots \text{식 (1)}$$

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 화학 성분으로서, 질량%로 C: 0.70% 내지 1.10%를 함유하고,

또한 상기 고탄소강 선재의 표면으로부터 깊이 30 $\mu$ m까지의 영역에 있어서 상기 펄라이트의 면적률이 90% 이상이고, 잔부가 상기 베이나이트, 상기 의사 펄라이트, 상기 초석 페라이트 중 1종 이상을 포함하는 상기 비펄라이트 조직이며,

또한 상기 고탄소강 선재의 표면으로부터 깊이 30 $\mu$ m의 위치에 있어서 비커스 경도의 평균값이 HV280 내지 HV330인

것을 특징으로 하는, 고탄소강 선재.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 화학 성분으로서, 질량%로 B: 0.0001% 내지 0.0015%, Cr: 0.10% 내지 0.50%, Ni: 0.10% 내지 0.50%, V: 0.05% 내지 0.50%, Cu: 0.10% 내지 0.20%, Mo: 0.10% 내지 0.20%, Nb: 0.05% 내지 0.10%로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 고탄소강 선재.

**청구항 4**

화학 성분이, 질량%로 C: 0.60% 내지 1.20%, Si: 0.1% 내지 1.5%, Mn: 0.1% 내지 1.0%, P: 0.001% 내지 0.012%, S: 0.001% 내지 0.010%, Al: 0.0001% 내지 0.010%, N: 0.0010% 내지 0.0050%를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물을 포함하는 강편에 대하여, 950℃ 내지 1130℃로 가열한 후 열간 압연을 행하여 선재로 하고;

상기 선재를 700℃ 내지 900℃에서 권취하고;

상기 선재를 15℃/초 내지 40℃/초의 1차 냉각 속도로 630℃ 내지 660℃까지 1차 냉각하고;

상기 선재를 660℃ 내지 630℃에서 15초 내지 70초 간 체류시키고;

상기 선재를 5℃/초 내지 30℃/초의 2차 냉각 속도로 25℃ 내지 300℃까지 2차 냉각을 행하는;

것을 특징으로 하는, 고탄소강 선재의 제조 방법.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 1차 냉각에 있어서, 강선 링 내의 최대 냉속부와 최소 냉속부의 상기 1차 냉각 속도의 차가 10℃/초 이하인 것을 특징으로 하는, 고탄소강 선재의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 자동차의 래디얼 타이어나, 각종 산업용 벨트나 호스의 보강재로서 사용되는 스틸 코드, 나아가, 소잉 와이어 등의 용도에 적합한, 신선 가공성이 우수한 고탄소강 선재 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

[0002] 본원은 2013년 6월 24일에 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2013-131959호 및 2013년 6월 24일에 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2013-131961호에 기초하여 우선권을 주장하며, 그 내용을 여기에 원용한다.

**배경 기술**

[0003] 자동차의 래디얼 타이어나, 각종 벨트, 호스의 보강재로서 사용되는 스틸 코드용 강선, 또는 소잉 와이어용의 강선은, 일반적으로 열간 압연 후 조정 냉각한 선 직경, 즉, 직경이 4 내지 6mm인 선재를 소재로 한다. 이 선재를 1차 신선 가공에 의하여 직경 3 내지 4mm의 강선으로 한다. 이어서, 강선에 중간 페이턴팅 처리를 행하고, 또한 2차 신선 가공에 의하여 강선의 직경을 1 내지 2mm로 한다. 이 후, 강선에 최종 페이턴팅 처리를 행하고, 이어서 브라스 도금을 실시한다. 그리고 최종 습식 신선 가공에 의하여 직경이 0.15 내지 0.40mm인 강선으로 한다. 이와 같이 하여 얻어진 고탄소 강선을, 또한 스트랜드 가공에 의하여 복수개 꼬아 합쳐서 스트랜드 강선으로 함으로써 스틸 코드가 제조된다.

[0004] 최근 들어, 강선의 제조 비용 저감의 목적에서 상기 중간 페이턴팅을 생략하고, 조정 냉각한 선재로부터 최종 페이턴팅 처리 후의 선 직경인 1 내지 2mm까지 직접 신선하는 예가 많아졌다. 이 때문에, 조정 냉각한 선재에 대하여, 선재로부터의 다이렉트 신선 특성, 소위 생인성이 요구되게 되어, 선재의 고연성 및 고가공성에 대한 요구가 극히 커지고 있다.

[0005] 예를 들어 특허문헌 1 내지 5에 기재되어 있는 바와 같이, 페이턴팅 처리를 행한 선재의 신선 가공성을 개선하는 방법은 지금까지 많은 제안이 이루어져 있다.

[0006] 예를 들어 특허문헌 1에는, 면적률로 95% 이상의 펄라이트 조직을 갖고, 그 펄라이트 조직에 있어서의 평균 노들 직경을 30μm 이하, 평균 라멜라 간격을 100nm 이상으로 한 고탄소 선재가 개시되어 있다. 또한 특허문헌 4에는, B를 첨가한 고강도 선재가 개시되어 있다.

[0007] 그러나 이들의 종래 기술에 의하더라도, 신선 속도의 고속화나 신선 가공도의 증대에 수반하여 발생하는 단선의

저감이나, 신선 시의 가공 비용에 영향을 미칠 만큼의 신선 가공성의 개선 효과가 얻어지고 있지 않다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0008] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2003-082434호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2005-206853호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2006-200039호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 특허 공개 제2007-131944호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특허 공개 제2012-126954호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0009] 본 발명은, 종래 기술의 현 상황을 감안하여 높은 생산성 하에서 고수율로 저렴하게, 스틸 코드나 소잉 와이어 등의 용도에 적합한, 신선 가공성이 우수한 고탄소강 선재 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 고탄소강 선재의 신선 가공성을 향상시키기 위해서는, 선재의 인장 강도를 저감시키는 것과, 펄라이트 조직의 펄라이트 블록을 미립화하여 선재의 연성을 향상시키는 것이 유효하다.
- [0011] 통상, 펄라이트 조직을 주체로 하는 고탄소강 선재의 인장 강도와 연성은 펄라이트 변태 온도에 의존한다.
- [0012] 펄라이트 조직은 시멘타이트와 페라이트가 층상으로 배열된 조직이며, 그 층 간격인 라멜라 간격이 인장 강도에 크게 영향을 미친다. 또한 펄라이트 조직의 라멜라 간격은 오스테나이트로부터 펄라이트로 변태할 때의 변태 온도에서 결정된다. 펄라이트 변태 온도가 높은 경우에는 펄라이트 조직의 라멜라 간격이 커서 선재의 인장 강도가 낮아진다. 한편, 펄라이트 변태 온도가 낮은 경우에는 펄라이트 조직의 라멜라 간격이 작아 선재의 인장 강도가 높아진다.
- [0013] 또한 선재의 연성은 펄라이트 조직에 있어서의 펄라이트 블록의 입경(펄라이트 블록 입경)에 영향받는다. 또한 이 펄라이트 블록 입경도 라멜라 간격과 마찬가지로 펄라이트 변태 온도에 영향받는다. 예를 들어 펄라이트 변태 온도가 높은 경우에는 펄라이트 블록 입경이 커서 연성이 낮아진다. 한편, 펄라이트 변태 온도가 낮은 경우에는 펄라이트 블록이 작아 연성도 향상된다.
- [0014] 즉, 펄라이트 변태 온도가 높은 경우에는 선재의 인장 강도 및 연성이 낮다. 한편, 펄라이트 변태 온도가 낮아지면 선재의 인장 강도 및 연성이 높아진다. 선재의 신선 가공성의 향상에는 선재의 인장 강도를 낮게 하여 연성을 높게 하는 것이 유효하다. 그러나 상술한 바와 같이 변태 온도가 높은 경우에도, 낮은 경우에도, 선재의 인장 강도와 연성의 양립은 곤란하였다.
- [0015] 본 발명자들은 상기 과제를 해결하기 위하여 선재의 조직과 기계적 특성이 신선 가공성에 미치는 영향에 대하여 상세하게 조사하였고, 그 결과, 이하의 지견을 알아내었다.
- [0016] 이하, 선재의 표면으로부터 중심을 향하여 깊이 1mm 이하까지의 영역을 제1 표층부라 하고, 선재의 표면으로부터 중심을 향하여 깊이 30 $\mu$ m 이하까지의 영역을 제2 표층부라 한다.
- [0017] (a) 단선 빈도를 저감시키기 위해서는 제1 표층부 및 제2 표층부의 조직을, 펄라이트 조직을 주체로 한 조직으로 하는 것이 유효하다. 제2 표층부에 초석 페라이트 조직이나 의사 펄라이트 조직, 베이나이트 조직 등의 연결 조직이 존재하면, 신선 가공 시에 변형이 집중되어 균열의 발생 기점으로 된다. 따라서 신선 가공성의 향상을 위해서는 이들 연결 조직의 억제가 유효하다.
- [0018] (b) 단선 빈도를 저감시키기 위해서는 선재의 단면에 있어서의 펄라이트 블록의 평균 블록 입경을 15 $\mu$ m 내지 35 $\mu$ m로 하는 것이 유효하다. 또한 블록 입경이 50 $\mu$ m를 초과하는 조대 펄라이트 블록의 면적률이 20%를

초과하면, 단선되는 빈도가 높아진다.

- [0019] (c) 제1 표층부의 펠라이트 조직에 있어서의 라멜라 간격을 크게 하는 것이 선재의 신선 가공성의 향상에 유효하다. 또한 제1 표층부에 있어서 라멜라 간격이 150nm 이하인 영역을 20% 이하로 함으로써, 단선되는 빈도가 저하된다.
- [0020] (d) 선재의 인장 강도를  $760 \times C_{eq.} + 325 \text{MPa}$  이하로 하는 것이 선재의 신선 가공성의 향상에 유효하다.
- [0021] (e) 선재의 인장 강도 변동을 저하시키는 것이 선재의 신선 가공성의 향상에 유효하다. 특히 선재의 인장 강도의 표준 편차를 20MPa 이하로 함으로써, 단선 빈도가 저하된다.
- [0022] (f) 선재의 제1 및 제2 표층부의 경도를 연화시키지 않는 것이 단선 빈도의 저감에 유효하다. 탈탄이나 감탄(減炭) 등으로 제1 및 제2 표층부가 연화되면, 선재에 대하여 신선 가공 변형이 3.5를 초과하는 강 가공을 행할 때, 단선의 발생 빈도가 높아진다. 특히 제2 표층부에 있어서의 비커스 경도가 HV280 미만으로 되면, 단선되는 빈도가 높아진다.
- [0023] 본 발명은 상기 지견에 기초하여 이루어진 것이며, 그 요지는 이하와 같다.
- [0024] (1) 본 발명의 일 형태에 관한 고탄소강 선재는, 화학 성분으로서, 질량%로 C: 0.60% 내지 1.20%, Si: 0.10% 내지 1.5%, Mn: 0.10% 내지 1.0%, P: 0.001% 내지 0.012%, S: 0.001% 내지 0.010%, Al: 0.0001% 내지 0.010%, N: 0.0010% 내지 0.0050%를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물을 포함하며; 길이 방향에 수직인 단면에 있어서 펠라이트의 면적률이 95% 이상이고, 잔부가 베이나이트, 의사 펠라이트, 초석 페라이트, 초석 시멘타이트 중 1종 이상을 포함하는 비(非)펠라이트 조직이며; 상기 펠라이트의 평균 블록 입경이  $15 \mu\text{m}$  내지  $35 \mu\text{m}$  이고, 블록 입경이  $50 \mu\text{m}$  이상인 상기 펠라이트의 면적률이 20% 이하이며; 표면으로부터 깊이 1mm까지의 영역에 있어서, 상기 펠라이트에 있어서의 라멜라 간격이 150nm 이하인 영역이 20% 이하이고, C(%), Si(%) 및 Mn(%)을 각각 C, Si, Mn의 단위 질량%에서의 함유량으로 하여,  $C_{eq.}$ 를 식 A에 의하여 구했을 때, 상기 고탄소강 선재의 인장 강도가  $760 \times C_{eq.} + 325 \text{MPa}$  이하이고, 또한 상기 인장 강도의 표준 편차가 20MPa 이하이다.
 
$$C_{eq.} = C(\%) + Si(\%) / 2.4 + Mn(\%) / 6 \dots \text{식 A}$$
- [0025] (2) 상기 (1)에 기재된 고탄소강 선재에서는, 상기 화학 성분으로서, 질량%로 C: 0.70% 내지 1.10%를 함유해도 되고, 또한 상기 고탄소강 선재의 표면으로부터 깊이  $30 \mu\text{m}$ 까지의 영역에 있어서 상기 펠라이트의 면적률이 90% 이상이고, 잔부가 상기 베이나이트, 상기 의사 펠라이트, 상기 초석 페라이트 중 1종 이상을 포함하는 상기 비펠라이트 조직이어도 되며, 또한 상기 고탄소강 선재의 표면으로부터 깊이  $30 \mu\text{m}$ 의 위치에 있어서 비커스 경도의 평균값이 HV280 내지 HV330이어도 된다.
- [0027] (3) 상기 (1) 또는 (2)에 기재된 고탄소강 선재에서는, 상기 화학 성분으로서, 질량%로 B: 0.0001% 내지 0.0015%, Cr: 0.10% 내지 0.50%, Ni: 0.10% 내지 0.50%, V: 0.05% 내지 0.50%, Cu: 0.10% 내지 0.20%, Mo: 0.10% 내지 0.20%, Nb: 0.05% 내지 0.10%로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 더 함유해도 된다.
- [0028] (4) 본 발명의 다른 형태에 관한 고탄소강 선재의 제조 방법에서는, 화학 성분, 질량%로 C: 0.60% 내지 1.20%, Si: 0.1% 내지 1.5%, Mn: 0.1% 내지 1.0%, P: 0.001% 내지 0.012%, S: 0.001% 내지 0.010%, Al: 0.0001% 내지 0.010%, N: 0.0010% 내지 0.0050%를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물을 포함하는 강편에 대하여, 950℃ 내지 1130℃로 가열한 후 열간 압연을 행하여 선재로 하고, 상기 선재를 700℃ 내지 900℃에서 권취하고, 상기 선재를 15℃/초 내지 40℃/초의 1차 냉각 속도로 630℃ 내지 660℃까지 1차 냉각하고, 상기 선재를 660℃ 내지 630℃에서 15초 내지 70초 간 체류시키고, 상기 선재를 5℃/초 내지 30℃/초의 2차 냉각 속도로 25℃ 내지 300℃까지 2차 냉각을 행한다.
- [0029] (5) 상기 (4)에 기재된 고탄소강 선재의 제조 방법에서는, 상기 1차 냉각에 있어서, 강선 링 내의 최대 냉속부와 최소 냉속부의 상기 1차 냉각 속도의 차가 10℃/초 이하여도 된다.

**발명의 효과**

- [0030] 상기 (1) 내지 (5)의 각 형태에 의하면, 신선 가공성이 우수한 고탄소강 선재를 저렴하게 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0031] 도 1은 고탄소강 선재의 길이 방향에 수직인 단면에 있어서의 제2 표층부를 도시하는 도면이다.  
 도 2는 고탄소강 선재의 길이 방향에 수직인 단면에 있어서의 제1 표층부, 1/2D부 및 1/4D부를 도시하는 도면이다.
- 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**
- [0032] 먼저, 본 실시 형태에 있어서의 고탄소강 선재의 화학 성분의 한정 이유에 대하여 설명한다. 또한 이하의 설명에 있어서의 %는 질량%를 의미한다.
- [0033] C: 0.60% 내지 1.20%
- [0034] C는 선재의 강도를 높이는 데 필요한 원소이다.
- [0035] C 함유량이 0.60% 미만인 경우에는 강도를 안정적으로 최종 제품에 부여시키는 것이 곤란함과 동시에, 오스테나이트 입계에 초석 페라이트의 석출이 촉진되어 균일한 펄라이트 조직을 얻는 것이 곤란해진다.
- [0036] 그 때문에 C 함유량의 하한을 0.60%로 한다. 보다 균일한 펄라이트 조직을 얻기 위해서는, C 함유량은 0.70% 이상이 바람직하다.
- [0037] 한편, C 함유량이 1.20%를 초과하면, 오스테나이트 입계에 망상의 초석 시멘타이트가 생성되어 신선 가공 시에 단선이 발생하기 쉬워질 뿐만 아니라, 최종 신선 후에 있어서의 고탄소 강선의 인성·연성이 현저히 열화된다.
- [0038] 그 때문에 C 함유량의 상한을 1.20%로 한다. 보다 확실히 선재의 인성·연성의 열화를 방지하기 위해서는, C 함유량은 1.10% 이하가 바람직하다.
- [0039] Si: 0.10% 내지 1.5%
- [0040] Si는 선재의 강도를 높이는 데 필요한 원소이다.
- [0041] 또한 탈산제로서 유용한 원소이며, Al을 함유하지 않는 선재를 대상으로 할 때도 필요한 원소이다.
- [0042] Si 함유량이 0.10% 미만에서는 탈산 작용이 과소하다. 그 때문에 Si 함유량의 하한을 0.10%로 한다.
- [0043] 한편, Si 함유량이 1.5%를 초과하면, 과공석강에 있어서 초석 페라이트의 석출이 촉진된다. 또한 신선 가공에서의 한계 가공도가 저하된다. 또한 메커니컬 디스케일링, 즉, MD에 의한 신선 가공이 곤란해진다. 그 때문에 Si 함유량의 상한을 1.5%로 한다.
- [0044] Mn: 0.10% 내지 1.0%
- [0045] Mn도 Si와 마찬가지로 탈산제로서 필요한 원소이다.
- [0046] 또한 켈칭성을 향상시켜 선재의 강도를 높이는 데도 유효하다. 또한 Mn은 강 중의 S를 MnS로서 고정하여 열간 취화를 방지하는 효과를 갖는다.
- [0047] Mn 함유량이 0.10% 미만에서는 상기한 효과를 얻기 어렵다. 그 때문에 Mn 함유량의 하한을 0.10%로 한다.
- [0048] 한편, Mn은 편석되기 쉬운 원소이다. Mn 함유량이 1.0%를 초과하면, 특히 선재의 중심부에 Mn이 편석되고, 그 편석부에는 마르텐사이트나 베이나이트가 생성되므로 신선 가공성이 저하된다. 그 때문에 Mn 함유량의 상한을 1.0%로 한다.
- [0049] 선재 중의 Si 함유량과 Mn 함유량의 합계량은 0.61% 이상이 바람직하다.
- [0050] 그 합계량이 0.61% 미만에서는 상기 탈산 효과, 열간 취화 방지 효과를 적절히 얻을 수 없는 경우가 있다. 또한 보다 탈산제로서의 효과를 얻기 위해서는, Si 함유량과 Mn 함유량의 합계량은 0.64% 이상이 보다 바람직하고, 0.67% 이상이 더욱 바람직하다.
- [0051] 한편, Si 함유량과 Mn 함유량의 합계량이 2.3%를 초과하면, Mn이나 Si의 강선의 중심부에서의 편석이 현저해지는 경우가 있다. 그 때문에 Si 함유량과 Mn 함유량의 합계량은 2.3% 이하가 바람직하다. 보다 신선 가공을 적합한 상태로 하기 위해서는, Si 함유량과 Mn 함유량의 합계량은 2.0% 이하가 보다 바람직하고, 1.7% 이하가 더욱 바람직하다.
- [0052] P: 0.001% 내지 0.012%



- [0053] P는 입계에 편석되어 선재의 인성을 저하시키는 원소이다.
- [0054] P 함유량이 0.012%를 초과하면 선재의 연성이 현저히 열화된다. 그 때문에 P 함유량의 상한을 0.012%로 한다. 또한 P 함유량의 하한은 현상의 정련 기술과 제조 비용을 고려하여 0.001%로 한다.
- [0055] S: 0.001% 내지 0.010%
- [0056] S는 Mn과 황화물 MnS를 형성하여 열간 취화를 방지한다.
- [0057] S 함유량이 0.010%를 초과하면 선재의 연성이 현저히 열화된다. 그 때문에 S 함유량의 상한을 0.010%로 하였다. 또한 S 함유량의 하한은 현상의 정련 기술과 제조 비용을 고려하여 0.001%로 한다.
- [0058] Al: 0.0001% 내지 0.010%
- [0059] Al은 경질 비변형의 알루미늄계 비금속 개재물을 생성하여 선재의 연성을 열화시키는 원소이다. 그 때문에 Al 함유량의 상한을 0.010%로 하였다. 또한 Al 함유량의 하한은 현상의 정련 기술과 제조 비용을 고려하여 0.0001%로 한다.
- [0060] N: 0.0010% 내지 0.0050%
- [0061] N은 고용 N으로서 신선 중의 시효를 촉진시켜 신선 가공성을 열화시키는 원소이다. 그 때문에 N 함유량의 상한을 0.0050%로 하였다. 또한 N 함유량의 하한은 현상의 정련 기술과 제조 비용을 고려하여 0.0010%로 한다.
- [0062] 선재 중의 Al 함유량과 N 함유량의 합계량은 0.007% 이하가 바람직하다. 그 합계량이 0.007%를 초과하면, 금속 개재물의 생성에 의하여 선재의 연성이 열화되는 경우가 있다. 또한 현상의 정련 기술과 제조 비용을 고려하면, Al 함유량과 N 함유량의 합계량의 하한은 0.003%가 바람직하다.
- [0063] 이상의 원소가 본 실시 형태에 있어서의 고탄소강 선재의 기본 성분이며, 상기 원소 이외의 잔부는 Fe 및 불순물이다. 그러나 이 기본 성분에 추가하여, 잔부의 Fe의 일부 대신, 본 실시 형태에 있어서의 고탄소강 선재에서는, 강도, 인성, 연성 등의 선재의 기계적 특성의 향상을 목적으로 하여 B, Cr, Ni, V, Cu, Mo, Nb 중 1종 또는 2종 이상의 원소를 후술하는 범위 내에서 함유해도 된다.
- [0064] B: 0.0001% 내지 0.0015%
- [0065] B는 고용 상태로 오스테나이트 중에 존재하는 경우, 입계에 농화되어 페라이트, 의사 펄라이트, 베이나이트 등의 비펄라이트 석출의 생성을 억제하여 신선 가공성을 향상시킨다. 그 때문에 0.0001% 이상의 함유가 바람직하다. 한편, 0.0015%를 초과하여 함유시키면, 조대한 Fe<sub>23</sub>(CB)<sub>6</sub> 등의 붕소 탄화물이 생성되어 선재의 신선 가공성이 열화된다. 그 때문에 B 함유량의 상한을 0.0015%로 하는 것이 바람직하다.
- [0066] Cr: 0.10% 내지 0.50%
- [0067] Cr은 펄라이트의 라멜라 간격을 미세화하여 선재의 강도나 신선 가공성 등을 향상시키는 데 유효한 원소이다. 이와 같은 작용을 유효하게 발휘시키기 위해서는 0.10% 이상의 함유가 바람직하다. 한편, Cr 함유량이 0.50%를 초과하면, 펄라이트 변태가 종료되기까지의 시간이 길어져 선재 중에 마르텐사이트나 베이나이트 등의 과냉 조직이 발생할 우려가 있다. 또한 메커니컬 디스케일링성도 나빠진다. 그 때문에 Cr 함유량의 상한을 0.50%로 하는 것이 바람직하다.
- [0068] Ni: 0.10 내지 0.50%
- [0069] Ni는 선재의 강도 상승에는 그다지 기여하지 않지만, 고탄소강 선재의 인성을 높이는 원소이다. 이와 같은 작용을 유효하게 발휘시키기 위해서는 0.10% 이상의 함유가 바람직하다. 한편, Ni를 0.50%를 초과하여 함유시키면 펄라이트 변태가 종료되기까지의 시간이 길어진다. 그 때문에 Ni 함유량의 상한을 0.50%로 하는 것이 바람직하다.
- [0070] V: 0.05% 내지 0.50%
- [0071] V는 페라이트 중에 미세한 탄질화물을 형성함으로써, 가열 시의 오스테나이트 입자의 조대화를 방지하여 선재의 연성을 향상시킨다. 또한 열간 압연 후의 강도 상승에도 기여한다. 이와 같은 작용을 유효하게 발휘시키기 위해서는 0.05% 이상의 함유가 바람직하다. 그러나 V를 0.50%를 초과하여 함유시키면, 탄질화물의 형성량이 지나치게 많아지고 또한 탄질화물의 입자경도 커진다. 그 때문에 V 함유량의 상한을 0.50%로 하는 것이 바람직하다.



- [0072] Cu: 0.10% 내지 0.20%
- [0073] Cu는 고탄소 강선의 내식성을 높이는 효과가 있다. 이와 같은 작용을 유효하게 발휘시키기 위해서는 0.10% 이상의 함유가 바람직하다. 그러나 Cu를 0.20%를 초과하여 함유시키면, S와 반응하여 입계 중에 CuS를 편석시켜, 선재의 제조 공정에 있어서 강괴나 선재 등에 흠집을 발생시킨다. 이와 같은 악영향을 방지하기 위해서는 Cu 함유량의 상한을 0.20%로 하는 것이 바람직하다.
- [0074] Mo: 0.10% 내지 0.20%
- [0075] Mo는 고탄소 강선의 내식성을 높이는 효과가 있다. 이와 같은 작용을 유효하게 발휘시키기 위해서는 0.10% 이상의 함유가 바람직하다. 한편, Mo를 0.20%를 초과하여 함유시키면, 펄라이트 변태가 종료되기까지의 시간이 길어진다. 그 때문에 Mo 함유량의 상한을 0.20%로 하는 것이 바람직하다.
- [0076] Nb: 0.05% 내지 0.10%
- [0077] Nb는 고탄소 강선의 내식성을 높이는 효과가 있다. 이와 같은 작용을 유효하게 발휘시키기 위해서는 0.05% 이상의 함유가 바람직하다. 한편, Nb를 0.10%를 초과하여 함유시키면, 펄라이트 변태가 종료되기까지의 시간이 길어진다. 그 때문에 Nb 함유량의 상한을 0.10%로 하는 것이 바람직하다.
- [0078] 다음으로, 본 실시 형태에 관한 고탄소강 선재의 조직과 기계적 특성에 대하여 설명한다.
- [0079] 펄라이트 조직을 주요 조직으로 하는 본 실시 형태에 관한 고탄소강 선재에 있어서, 길이 방향에 수직인 단면에 있어서의 초석 페라이트나 베이나이트, 의사 펄라이트, 초석 시멘타이트 등의 비펄라이트 조직의 면적률이 5%를 초과하면, 선선 가공 시에 균열이 발생하기 쉬워져 선선 가공성이 열화된다. 이 때문에 펄라이트 조직의 면적률을 95% 이상으로 한다.
- [0080] 본 실시 형태에 관한 고탄소강 선재의 비펄라이트 면적률이란, D를 선 직경으로 했을 때, 제1 표층부, 1/2D부, 1/4D부의 각각에 있어서의 비펄라이트의 면적률의 평균 면적률을 나타내고, 펄라이트 면적률이란, 제1 표층부, 1/2D부, 1/4D부의 각각에 있어서의 펄라이트의 면적률의 평균 면적률을 나타낸다.
- [0081] 비펄라이트 면적률의 측정은 이하의 방법으로 행하면 된다. 즉, 고탄소강 선재의 C 단면, 즉, 길이 방향에 수직인 단면을 수지로 메운 후, 알루미늄이나 연마하고 포화 피크럴로 부식시키고 SEM 관찰을 실시한다. 이하, 선재의 표면으로부터 중심을 향하여 1mm 이하까지의 범위를 제1 표층부라 한다. SEM 관찰에 있어서의 관찰 영역은, D를 선 직경으로 했을 때, 제1 표층부, 1/4D부, 1/2D부로 한다. 그리고 각 영역에서, 배율 3000으로 50 $\mu$ m $\times$ 40 $\mu$ m의 면적의 사진을 45° 간격으로 8개소에서 촬영한다. 그리고 비펄라이트 조직인, 시멘타이트가 입상으로 분산된 의사 펄라이트부, 판상 시멘타이트가 주위보다 3배 이상의 거친 라멜라 간격으로 분산되어 있는 베이나이트부, 구오스테나이트 입계를 따라 석출된 초석 페라이트부, 및 초석 시멘타이트부의 각각의 면적률을 화상 해석에 의하여 측정한다. 그리고 측정한 비펄라이트 조직 각각의 면적률을 합계하여 비펄라이트 면적률로 한다. 펄라이트 조직의 면적률은 100%에서 비펄라이트 면적률을 빼고 구한다.
- [0082] 본 실시 형태에 관한 고탄소강 선재에 있어서, 표면으로부터 중심을 향하여 깊이 30 $\mu$ m까지의 영역을 제2 표층부라 한다. 제2 표층부에 있어서, 초석 페라이트나 베이나이트, 의사 펄라이트 등의 비펄라이트 조직의 면적률이 10%를 초과하면, 선재의 표층부의 강도가 불균일해져 선선 가공 시에 선재의 표층에 균열이 발생하기 쉬워져, 선선 가공성이 열화되는 경우가 있다. 이 때문에, 제2 표층부에 있어서 펄라이트 조직의 면적률을 90% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 펄라이트 조직 이외의 잔부는 베이나이트, 의사 펄라이트, 초석 페라이트 중 1종을 포함하는 비펄라이트 조직으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, 베이나이트, 의사 펄라이트, 초석 페라이트에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 비펄라이트 조직이다.
- [0083] 제2 표층부의 비펄라이트 조직의 면적률의 측정을 위하여, 고탄소강 선재의 C 단면을 수지로 메운 후, 알루미늄이나 연마하고 포화 피크럴로 부식시키고 SEM 관찰을 실시한다. SEM의 관찰에 있어서, 제2 표층부를, 배율 2000배로 C 단면에 있어서의 중심각 45° 간격으로 8개소에서 사진 촬영한다. 그리고 비펄라이트 조직인, 시멘타이트가 입상으로 분산된 의사 펄라이트부, 판상 시멘타이트가 주위보다 3배 이상의 거친 라멜라 간격으로 분산되어 있는 베이나이트부, 구오스테나이트 입계를 따라 석출된 초석 페라이트부의 각각의 면적률을 화상 해석에 의하여 측정한다. 그리고 측정한 비펄라이트 조직 각각의 면적률을 합계하여 비펄라이트 면적률로 한다. 펄라이트 조직의 면적률은 100%에서 비펄라이트 면적률을 빼고 구한다.
- [0084] 펄라이트 블록은 대략 구상이다. 펄라이트 블록은 페라이트의 결정 방위가 동일하다고 간주할 수 있는 영역이며, 평균 블록 입경이 미세해질수록 선재의 연성이 향상된다. 평균 블록 입경이 35 $\mu$ m를 초과하면, 선재의 연성

이 저하되어 신선 가공 시에 단선이 발생하기 쉬워진다. 한편, 평균 블록 입경을 15 $\mu$ m 미만으로 하면, 인장 강도가 상승하여 신선 가공 시에 변형 저항이 커지므로 가공 비용이 증가한다. 또한 블록 입경이 50 $\mu$ m 이상인 펄라이트 블록의 면적률이 20%를 초과하면, 신선 가공 시에 단선 빈도가 증가한다. 또한 블록 입경이란, 펄라이트 블록이 차지하는 면적과 동일한 면적으로 되는 원의 직경이다.

[0085] 펄라이트 블록의 블록 입경은 다음과 같은 방법으로 얻어진다. 선재의 C 단면을 수직으로 메운 후, 절단 연마한다. 그리고 C 단면 중심부에 있어서, 800 $\mu$ m $\times$ 800 $\mu$ m의 영역을 EBSD에 의하여 해석한다. 이 영역에 있어서의 방위 차 9° 이상으로 되는 계면을 펄라이트 블록의 계면으로 한다. 그리고 그 계면으로 둘러싸인 영역을 하나의 펄라이트 블록으로서 해석한다. 이 펄라이트 블록의 원 상당 직경의 평균값을 평균 블록 입경으로 한다.

[0086] 제1 표층부에 있어서, 펄라이트 조직의 라멜라 간격이 150nm 이하인 영역의 면적률이 20%를 초과하면, 신선 가공 시에 단선이 발생하기 쉬워진다. 또한 펄라이트 조직의 라멜라 간격은 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다. 먼저, 선재의 C 단면을 피크럴로 에칭하여 펄라이트 조직을 현출시킨다. 다음으로, 제1 표층부에서, C 단면에 있어서의 중심각 45° 간격으로 8개소, FE-SEM을 사용하여 10000배의 배율로 사진 촬영을 한다. 그리고 라멜라의 방향이 정렬된 각 콜로니에 있어서, 2 $\mu$ m의 선분에 대하여 수직으로 교차하는 라멜라 수로부터 각 콜로니에서의 라멜라 간격을 구한다. 이와 같이, 관찰 시야에 있어서 라멜라 간격이 150nm 이하인 영역의 면적률을 확장 해석에 의하여 구한다.

[0087] 선재의 표면으로부터 중심을 향하여 깊이 30 $\mu$ m의 위치에 있어서의 비커스 경도의 평균값이 HV280 미만으로 되면, 신선 가공 시에 단선의 발생 빈도가 높아지는 경우가 있다. 그 때문에, 그 위치에 있어서의 표층 경도, 즉, 비커스 경도의 하한을 HV280으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 비커스 경도가 HV330을 초과하면 다이스의 마모에 의하여 신선 가공성이 열화되기 때문에, 상한을 HV330으로 하는 것이 바람직하다.

[0088] 또한 표층 경도, 즉, 비커스 경도는 마이크로 비커스 경도계를 사용하여, 선재의 C 단면의 표면으로부터 중심을 향하여 깊이 30 $\mu$ m의 위치에 있어서, 중심각 45° 간격으로 8개소 측정한다.

[0089] 선재의 인장 강도가 760 $\times$ Ceq.+325MPa를 초과하면 신선 가공 시에 변형 저항이 커진다. 그 결과, 선재의 신선 가공성이 열화된다. 또한 Ceq.는 하기 식 (1)에 의하여 얻어진다. 또한 인장 강도의 표준 편차가 20MPa를 초과하면 신선 가공에서의 단선의 발생 빈도가 높아진다.

[0090] 
$$C e q . = C ( \% ) + S i ( \% ) / 2 4 + M n ( \% ) / 6 \cdot \cdot \cdot \text{식 ( 1 )}$$

[0091] 선재의 인장 강도를 구하기 위한 인장 시험은 JIS Z 2241에 준거하여 행한다. 선재의 길이 방향으로부터 9B호 시험편을 연속하여 16개 채취하여 인장 강도를 구한다. 이들의 평균값으로 인장 강도를 평가한다.

[0092] 인장 강도의 표준 편차는 16개의 인장 강도의 데이터로부터 구한다.

[0093] 다음으로, 본 실시 형태에 관한 고탄소강 선재의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0094] 본 실시 형태에서는, 상술한 화학 성분을 포함하는 강편에 대하여, 950 $^{\circ}$ C 내지 1130 $^{\circ}$ C로 가열하여 열간 압연을 행하여 선재로 하고, 상기 선재를 700 $^{\circ}$ C 내지 900 $^{\circ}$ C에서 권취하고, 권취 후 15 $^{\circ}$ C/초 내지 40 $^{\circ}$ C/초의 1차 냉각 속도로 630 $^{\circ}$ C 내지 660 $^{\circ}$ C까지 1차 냉각하고, 그 후 660 $^{\circ}$ C 내지 630 $^{\circ}$ C의 온도 영역에 15초 내지 70초 간 체류시키고, 그 후 5 $^{\circ}$ C/초 내지 30 $^{\circ}$ C/초의 2차 냉각 속도로 25 $^{\circ}$ C 내지 300 $^{\circ}$ C까지 2차 냉각을 행한다. 본 실시 형태에 관한 고탄소강 선재는 상술한 방법에 의하여 제조 가능해진다. 또한 1차 냉각에 있어서의, 강선 링 내의 최대 냉속부, 즉, 1차 냉각 속도가 가장 빠른 영역과, 최소 냉속부, 즉, 1차 냉각 속도가 가장 늦은 영역의 1차 냉각 속도의 차는 10 $^{\circ}$ C/초 이하인 것이 바람직하다. 이 제조 방법에 의하여, 선재 압연 후의 냉각 과정에서의 재승온은 불필요해져 고탄소강 선재를 저렴하게 제조할 수 있다.

[0095] 강편의 가열 온도가 950 $^{\circ}$ C 미만에서는 열간 압연 시의 변형 저항이 커져 생산성을 저해한다. 또한 가열 온도가 1130 $^{\circ}$ C를 초과하면, 펄라이트의 평균 블록 입경이 커지거나 탈탄에 의하여 제2 표층부의 비펄라이트 면적률이 커지거나 하여 신선 가공성이 저하된다.

[0096] 권취 온도가 700 $^{\circ}$ C를 하회하면 메커니컬 디스케일링에서의 스케일 박리성이 열화된다. 또한 권취 온도가 900 $^{\circ}$ C를 상회하면 펄라이트의 평균 블록 입경이 커져 신선 가공성이 저하된다.

[0097] 1차 냉각 속도가 15 $^{\circ}$ C/초를 하회하면 평균 블록 입경이 35 $\mu$ m를 초과한다. 또한 1차 냉각 속도가 40 $^{\circ}$ C/초를 상회하면, 과냉각에 의하여 온도 제어가 곤란해져 강도의 변동이 커진다.

- [0098] 체류하는 온도 영역이 660℃를 초과하면, 펠라이트의 평균 블록 입경이 커져 신선 가공성이 열화된다. 630℃ 미만에서는 선재의 강도가 높아져 신선 가공성이 열화된다. 또한 체류 시간이 15초 미만에서는, 라멜라 간격이 150nm 이하인 영역이 20%를 초과한다. 체류 시간이 70초를 초과하면, 체류에 의하여 얻어지는 효과가 포화된다.
- [0099] 2차 냉각 속도가 5℃/초를 하회하면 메커니컬 디스케일링에서의 스케일 박리가 열화된다. 또한 2차 냉각 속도가 30℃/초를 상회하면 효과가 포화된다.
- [0100] 또한 1차 냉각에 있어서의 최대 냉속부와 최소 냉속부의 1차 냉각 속도의 차가 10℃/초를 초과하면, 강도가 불균일해지는 경우가 있어 바람직하지 않다.
- [0101] 실시예
- [0102] 다음으로, 본 발명의 실시예를 들면서 본 발명의 기술적 내용에 대하여 설명한다. 그러나 실시예에 있어서의 조건은 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위하여 채용한 조건예이며, 본 발명은 이 조건예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은, 본 발명의 요지를 일탈하지 않고 본 발명의 목적을 달성하는 한, 다양한 조건을 채용할 수 있는 것이다.
- [0103] (실시예 1)
- [0104] 표 1에 나타내는 화학 성분을 갖는 강의 빌렛을 가열 후, 열간 압연에 의하여 직경 5.5mm의 선재로 하여 소정의 온도에서 권취 후, 스텔모어 설비에 의하여 냉각을 행하였다.
- [0105] 냉각 후의 선재를 사용하여 선재의 C 단면의 조직 관찰 및 인장 시험을 행하였다. 신선 가공성은, 선재의 스케일을 산 세정으로 제거한 후, 인산염 처리에 의하여 인산아연 피막을 부여한 길이 4m의 선재를 10개 준비하고, 어프로치각 10도의 다이스를 사용하여, 1패스당 감면율을 16% 내지 20%로 하는 싱글 헤드식 신선을 행하였다. 그리고 신선 파단되는 한계의 진변형의 평균값을 구하였다.
- [0106] 표 2에 제조 조건, 조직 및 기계적 특성을 나타낸다. 표 2 중의 「체류 시간」은 660℃ 내지 630℃의 온도 영역에서의 체류 시간을 나타낸다. 표 2에 있어서, 실시예 No. 2, 4, 6, 11, 14, 16은 본 발명의 청구 범위를 만족시키고 있지 않았다. 실시예 No. 2, 실시예 No. 11, 실시예 No. 14는, 제1 표층부에 있어서 라멜라 간격이 150nm 이하인 영역이 20%를 초과하고 있었다. 그리고 인장 강도가 본 발명의 바람직한 범위를 초과하고 있었다. 각각 동일한 강종의 발명예인 실시예 No. 1, 실시예 No. 10, 실시예 No. 13과 비교하여, 비교예로 된 실시예에는 신선 단선되는 변형이 낮아져 있었다. 또한 실시예 No. 4, 실시예 No. 16은 펠라이트의 평균 블록 입경이 본 발명의 상한을 초과하고, 또한 블록 입경이 50 $\mu$ m 이상인 펠라이트 블록의 면적률이 20%를 초과하고 있었다. 각각 동일한 강종의 발명예인 실시예 No. 3, 실시예 No. 15와 비교하여, 이들 비교예에는 신선 단선되는 변형이 낮아져 있었다. 또한 실시예 No. 6은 인장 강도의 표준 편차가 본 발명의 바람직한 범위를 초과하고 있었다. 동일한 강종의 발명예인 실시예 No. 5와 비교하여, 신선 단선되는 변형이 낮아져 있었다.

표 1

강종	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Cr	Ni	V	Cu	Mo	Nb
A	0.68	0.19	0.82	0.010	0.009	0.002	0.0042	0.0007						
B	0.72	0.20	0.49	0.008	0.009	0.001	0.0026							
C	0.72	0.19	0.50	0.009	0.008	0.001	0.0034		0.12					
D	0.73	0.21	0.48	0.008	0.009	0.001	0.0029			0.11				
E	0.77	0.20	0.51	0.009	0.008	0.002	0.0031							0.06
F	0.82	1.21	0.50	0.008	0.009	0.001	0.0028						0.13	
G	0.82	0.19	0.50	0.008	0.009	0.001	0.0033							
H	0.92	0.18	0.51	0.009	0.006	0.001	0.0024							
I	0.92	0.18	0.50	0.007	0.008	0.001	0.0029					0.12		
J	1.02	0.19	0.49	0.008	0.009	0.002	0.0032				0.07			
K	1.12	0.20	0.49	0.007	0.008	0.001	0.0029							

(원량%)

표 2

No.	경종	가열 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	1차 냉각 속도 (°C/s)	체류 시간 (s)	2차 냉각 속도 (°C/s)	필라이트 조직의 면적률 (%)	평균 블록 길이 (μm)	50μm 이상의 블록의 면적률 (%)	라펠라 간격 150μm 이상의 영역의 면적률 (%)	인장 강도의 강판(925 × 760 × 0.6g)	인장 강도 (MPa)	인장 강도의 표준 편차 (MPa)	신선 파단 변형	비교
1	A	1050	900	16	16	15	95	19	3.3	18	952	920	13	4.2	비교예
2	A	1050	880	13	7	13	95	16	1.9	45	952	1063	16	3.7	비교예
3	B	1110	820	23	23	16	96	26	6.7	13	941	913	11	4.4	비교예
4	B	1110	880	8	40	8	98	43	38	6	941	904	28	3.7	비교예
5	C	1010	870	19	25	14	96	25	8.9	15	942	911	14	4.4	비교예
6	C	1010	750	14	40	15	97	27	12	15	942	904	38	3.7	비교예
7	D	1090	740	26	24	13	97	27	9.4	14	947	921	15	4.2	비교예
8	E	1040	860	19	18	16	97	28	7.6	16	981	952	8	4.0	비교예
9	F	1090	880	17	22	15	98	22	7.1	12	1050	1021	13	4.0	비교예
10	G	1060	870	18	22	13	96	26	8.5	13	1018	989	15	4.2	비교예
11	G	1060	880	15	8	18	97	21	2.4	55	1018	1112	18	3.5	비교예
12	H	1020	890	16	29	16	98	23	9.4	8	1095	1065	9	3.7	비교예
13	I	1090	760	22	26	18	98	18	2.2	7	1093	1073	11	3.7	비교예
14	I	1090	870	15	8	18	99	15	0.9	72	1093	1204	17	3.2	비교예
15	J	1120	850	19	18	21	98	24	8.4	10	1168	1139	16	3.7	비교예
16	J	1120	870	9	42	9	99	45	41	7	1168	1102	31	3.2	비교예
17	K	1130	870	15	19	14	99	32	15	6	1245	1219	12	3.4	비교예

[0108]

[0109]

(실시예 2)

[0110]

표 3에 나타내는 화학 성분을 갖는 강의 빌렛을 가열 후, 열간 압연에 의하여 직경 5.5mm의 선재로 하여 소정의 온도에서 권취 후, 스텔모어 설비에 의하여 냉각을 행하였다.

[0111]

냉각 후의 선재를 사용하여 선재의 C 단면의 조직 관찰 및 인장 시험을 행하였다. 신선 가공성은, 선재의 스케일을 산 세정으로 제거한 후, 인산염 처리에 의하여 인산아연 피막을 부여한 길이 4m의 선재를 10개 준비하고, 어프로치각 10도의 다이스를 사용하여, 1 패스당 감면율을 16% 내지 20%로 하여 싱글 헤드식 신선을 행하였다. 그리고 신선 파단되는 한계의 진변형의 평균값을 구하였다.

[0112]

표 4에 제조 조건, 조직 및 기계적 특성을 나타낸다. 표 4 중의 「체류 시간」은 660℃ 내지 630℃의 온도 영역에서의 체류 시간을 나타낸다. 제2 표층부의 필라이트 조직의 면적률은, 선재의 표면으로부터 중심을 향하여

깊이 30 $\mu$ m까지의 영역에 있어서의 펄라이트 조직의 면적률이다. 제2 표층부의 비커스 경도는, 선재의 표면으로부터 중심을 향하여 깊이 30 $\mu$ m의 위치에 있어서의 비커스 경도이다. 표 4에 있어서, 실시예 No. 19, 22, 24, 26, 30, 32는 본 발명의 바람직한 범위를 만족시키고 있지 않았다. 실시예 No. 19, 실시예 No. 22, 실시예 No. 26, 실시예 No. 30은 제2 표층부의 펄라이트 조직의 면적률이 본 발명의 바람직한 범위를 하회하고 있었다. 또한 제2 표층부의 비커스 경도의 평균값이 본 발명의 바람직한 범위를 하회하고 있었다. 각각 동일한 강종의 발명예인 실시예 No. 18, 실시예 No. 21, 실시예 No. 25, 실시예 No. 12와 비교하여, 비교예로 된 실시예는 신선 단선되는 변형이 낮아져 있었다. 또한 실시예 No. 29는 제2 표층부의 비커스 경도의 평균값이 본 발명의 바람직한 범위를 하회하고 있었다. 동일한 강종의 발명예인 실시예 No. 31과 비교하여, 신선 단선되는 변형이 낮아져 있음을 알 수 있다. 또한 실시예 No. 24는 인장 강도의 표준 편차가 본 발명의 바람직한 범위를 초과하는 예이다. 동일한 강종의 발명예인 실시예 No. 23과 비교하여, 신선 단선되는 변형이 낮아져 있었다.

표 3

강종	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Cr	Ni	V	Cu	Mo	Nb
A2	0.72	0.19	0.51	0.008	0.008	0.001	0.0029							
B2	0.72	0.20	0.49	0.008	0.009	0.001	0.0027		0.11					
C2	0.72	1.19	0.49	0.007	0.008	0.001	0.0030							
D2	0.77	0.18	0.51	0.008	0.009	0.002	0.0034					0.11		
E2	0.82	0.22	0.49	0.007	0.009	0.001	0.0027						0.12	
F2	0.82	0.18	0.48	0.008	0.008	0.001	0.0026							
G2	0.92	0.19	0.48	0.008	0.009	0.002	0.0031							0.06
H2	0.92	0.18	0.49	0.009	0.009	0.001	0.0036	0.0005						
I2	1.02	0.19	0.49	0.008	0.008	0.001	0.0029				0.07			

(질량%)

표 4

No.	강종	가열 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	1차 냉각 속도 (°C/s)	체류 시간 (s)	2차 냉각 속도 (°C/s)	제2 표층부의 펄라이트 조직의 면적률 (%)	제2 표층부의 비커스 경도 (HV)	인장 강도의 상한값 760 × Ceq. +325 (MPa)	인장 강도 (MPa)	신선 파단 변형	비고
18	A2	1030	890	16	17	10	91	297	943	924	4.4	발명에
19	A2	1250	950	15	17	8	77	240	943	915	3.7	비교예
20	B2	1050	870	18	22	11	93	305	941	925	4.4	발명에
21	C2	1060	830	20	20	8	90	304	972	953	4.2	발명에
22	C2	1230	910	19	19	10	81	259	972	942	3.7	비교예
23	D2	1040	850	18	18	9	93	298	981	966	4.2	발명에
24	D2	1040	850	20	8	22	95	301	981	1021	3.9	비교예
25	E2	1010	750	16	20	15	95	314	1017	990	4.0	발명에
26	E2	1010	720	3	40	8	71	249	1017	992	3.5	비교예
27	F2	990	870	17	23	12	92	299	1015	983	4.0	발명에
28	G2	1000	740	25	22	10	93	308	1091	1074	3.8	발명에
29	H2	1010	790	16	20	10	95	315	1092	1069	3.8	발명에
30	H2	1030	720	3	42	9	88	265	1092	1066	3.4	비교예
31	L2	1040	820	16	21	11	94	305	1168	1140	3.5	발명에
32	L2	1250	920	16	22	10	90	277	1168	1136	3.1	비교예

[0114]

산업상 이용가능성

[0115]

본 발명에 따르면, 높은 생산성 하에서 고수율로 저렴하게, 스틸 코드나 소잉 와이어 등의 용도에 적합한, 신선 가공성이 우수한 고강도의 고탄소강 선재 및 그 제조 방법을 제공할 수 있다. 따라서 본 발명은 선재 제조 산업에 있어서 산업상 이용가능성을 충분히 갖는다.

부호의 설명

[0116]

1: 제2 표층부



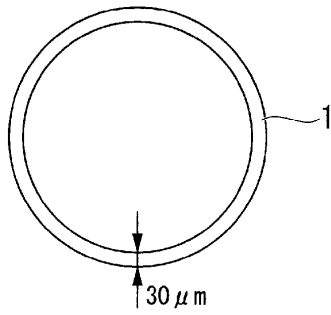
2: 제1 표층부

3: 1/2D부

4: 1/4D부

도면

도면1



도면2

