



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

(11) 공개번호 10-2021-0077507  
(43) 공개일자 2021년06월25일

- |  |   |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>C22C 38/38 (2006.01) C21D 8/06 (2006.01)<br/>C21D 9/68 (2014.01) C22C 38/00 (2006.01)<br/>C22C 38/24 (2006.01) C22C 38/28 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>C22C 38/38 (2013.01)<br/>C21D 8/065 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2019-0169217<br/>(22) 출원일자 2019년12월17일<br/>심사청구일자 2019년12월17일</p> | <p>(71) 출원인<br/>주식회사 포스코<br/>경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)</p> <p>(72) 발명자<br/>문동준<br/>경상북도 포항시 남구 동해안로 6262<br/>박인규<br/>경상북도 포항시 남구 동해안로 6262<br/>민세홍<br/>경상북도 포항시 남구 동해안로 6262</p> <p>(74) 대리인<br/>특허법인씨엔에스</p> |
|--|---|

전체 청구항 수 : 총 10 항

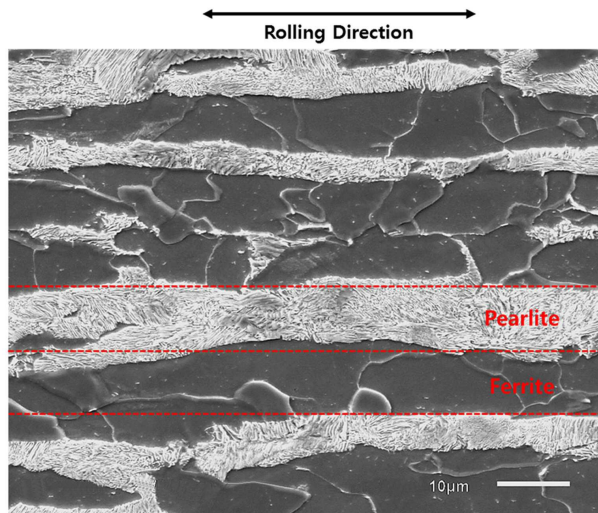
**(54) 발명의 명칭 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재 및 그 제조방법이 제공된다.

본 발명의 비조질 선재는, 중량%로, C: 0.02~0.30%, Si: 0.05~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Cr: 1.0% 이하, P: 0.03 이하, S: 0.03% 이하, sol.Al: 0.01~0.07%, N: 0.01% 초과 0.02% 이하, 그리고 Nb: 0.1% 이하, V: 0.5% 이하 및 Ti: 0.1% 이하 중 1종 이상, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고, 페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가지며, 상기 페라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 소정의 간격을 이루며 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 페라이트층을 이루고 있으며, 그리고 상기 펄라이트는 선재 압연 방향과 평행한 방향을 따라 상기 페라이트층의 외측 또는 내측에 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 펄라이트층을 이루고 있다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*C21D 9/68* (2013.01)

*C22C 38/001* (2013.01)

*C22C 38/24* (2013.01)

*C22C 38/28* (2013.01)

*C21D 2211/005* (2013.01)

*C21D 2211/009* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

중량%로, C: 0.02~0.30%, Si: 0.05~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Cr: 1.0% 이하, P: 0.03 이하%, S: 0.03% 이하, sol.Al: 0.01~0.07%, N: 0.01% 초과 0.02% 이하, 그리고 Nb: 0.1% 이하, V: 0.5% 이하 및 Ti: 0.1% 이하 중 1종 이상, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고,

페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가지며,

상기 페라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 소정의 간격을 이루며 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 페라이트층을 이루고 있으며, 그리고

상기 펄라이트는 선재 압연 방향과 평행한 방향을 따라 상기 페라이트층의 외측 또는 내측에 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 펄라이트층을 이루고 있는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재.

#### 청구항 2

중량%로, C: 0.02~0.30%, Si: 0.05~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Cr: 1.0% 이하, P: 0.03 이하%, S: 0.03% 이하, sol.Al: 0.01~0.07%, N: 0.01% 초과 0.02% 이하, 그리고 Nb: 0.1% 이하, V: 0.5% 이하 및 Ti: 0.1% 이하 중 1종 이상, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고,

페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가지며,

상기 페라이트와 상기 펄라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 연속적 또는 불연속적으로 교대로 배열됨으로써 페라이트층과 펄라이트층으로 이루어진 층상 구조를 가지는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 페라이트층과 상기 펄라이트층은 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 교대로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재.

#### 청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 페라이트층과 인접하는 페라이트층간의 거리는 50 $\mu$ m이하의 범위를 만족하는 것을 특징으로 하는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재.

#### 청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 페라이트의 면적분율을 30~90% 범위에 있음을 특징으로 하는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재.

#### 청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 압연 방향에 평행 단면인 L 단면에서의 상기 펄라이트 층의 평균 두께가 30  $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재.

**청구항 7**

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 압연 방향에 직각 단면인 C 단면에서의 상기 페라이트의 평균 입경이 10 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재.

**청구항 8**

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 선재를 30~60% 신선가공 시, 상온 충격인성의 평균값이 100J 이상인 것을 특징으로 하는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재.

**청구항 9**

중량%로, C: 0.02~0.30%, Si: 0.05~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Cr: 1.0% 이하, P: 0.03 이하%, S: 0.03% 이하, sol.Al: 0.01~0.07%, N: 0.01% 초과 0.02% 이하, 그리고 Nb: 0.1% 이하, V: 0.5% 이하 및 Ti: 0.1% 이하 중 1종 이상, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 강재를 마련하는 공정;

상기 강재를 하기 관계식 1을 만족하는 재가열 온도(Tr)로 재가열하는 공정;

상기 재가열된 강재를 하기 관계식 2를 만족하는 마무리압연 온도(Tf)에서 마무리 압연함으로써 선재를 제조하는 공정; 및

상기 마무리 압연된 선재를 권취 후, 0.1~2 $^{\circ}$ C/s로 냉각하는 공정;을 포함하는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재의 제조방법.

[관계식1]

$$T_1 \leq Tr \leq 1200^{\circ}C$$

여기서,  $T_1 = 757 + 606[C] + 80[Nb]/[C] + 1023\sqrt{[Nb]} + 330[V] + 3000[N]$

[관계식2]

$$T_2 \leq T_f \leq T_3$$

여기서,  $T_2 = 733 + 52[C] + 29.1[Si] - 20.7[Mn] + 16.9[Cr] - 80.6[Nb] + 2000[N]$ ,  $T_3 = 962 - 300[C] + 24.6[Si] - 68.1[Mn] - 75.6[Cr] - 360.1[Nb] - 20.7[V] + 2000[N]$ 이며, 각 원소는 중량 함량을 의미하고, Tf의 단위는  $^{\circ}$ C이다.

**청구항 10**

제 9항에 있어서, 상기 냉각된 선재는, 페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가지며, 상기 페라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 소정의 간격을 이루며 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 페라이트층을 이루고 있으며, 그리고 상기 펄라이트는 선재 압연 방향과 평행한 방향을 따라 상기 페라이트층의 외측 또는 내측에 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 펄라이트층을 이루고 있는 것을 특징으로 하는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

본 발명은 비조질 선재에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 자동차용 소재 또는 기계 부품용 소재로서 사용하

[0001]

기에 적합한 강도, 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0003] 기계구조용 또는 자동차 부품 등에 사용되는 구조용강은 대부분 열간 가공 후 재가열, 소입, 소려 공정을 거쳐 강도와 인성을 높인 조질강(Quenching and Tempering Steel; 調質鋼)이 사용되고 있다.
- [0004] 한편, 조질강과 달리 비조질강(Non-Heat Treated Steel)은 열간 가공 후 열처리를 하지 않고도 열처리(조질처리)한 강(조질강)과 유사한 강도를 얻을 수 있는 강을 말하며, 이러한 비조질강은 미량의 합금을 첨가하여 재질을 만들기 때문에 Micro-Alloyed Steel이라고도 한다.
- [0006] 통상의 조질 선재 제품은 [열간 압연 - 냉간 신선 - 구상화 열처리 - 냉간 신선 - 냉간 압조 - 급냉 및 소려] 공정을 거쳐 최종 제품이 만들어지는 반면에, 비조질 선재 제품은 [열간 압연 - 냉간 신선 - 냉간 압조]의 공정을 거쳐서 최종 제품이 만들어진다.
- [0007] 이와 같이, 비조질 선재는 기존 조질 선재 제조시 수반되는 열처리 공정을 생략함으로써 소재의 제조단가를 낮추어 경제성이 우수한 제품임과 동시에 최종 급냉 및 소려 역시 수행하지 않기 때문에 열처리에 의한 결함 즉, 열처리 휨에 의한 직진성이 확보되기 때문에 많은 제품들에 적용이 시도되고 있다.
- [0008] 특히, 페라이트-펄라이트계 비조질 선재는 저가의 성분설계가 가능하고Stelmor Line제조공정에서 균질한 조직을 안정적으로 얻을 수 있는 장점이 있지만, 신선가공량이 증가함에 따라 제품의 강도는 상승하는 반면 연성 및 인성이 급격하게 저하되는 문제가 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0010] 본 발명의 일측면은 고질소 첨가를 통하여 추가 열처리 없이도 우수한 강도 및 충격인성을 확보할 수 있는 비조질 선재 및 그 제조방법을 제공하고자 하는 것이다. 기존 조질강 대비 열위험 인성이 문제점으로 지적되어 온 페라이트-펄라이트 선재의 강도, 신선가공성 및 인성을 향상시킬 수 있는 새로운 방법에 관한 것이다.
- [0011] 본 발명의 과제는 상술한 내용에 한정되지 아니한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 본 발명 명세서의 전반적인 사항으로부터 본 발명의 추가적인 과제를 이해하는데 아무런 어려움이 없을 것이다.

#### 과제의 해결 수단

- [0013] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은,
- [0014] 중량%로, C: 0.02~0.30%, Si: 0.05~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Cr: 1.0% 이하, P: 0.03 이하%, S: 0.03% 이하, sol.Al: 0.01~0.07%, N: 0.01% 초과 0.02% 이하, 그리고 Nb: 0.1% 이하, V: 0.5% 이하 및 Ti: 0.1% 이하 중 1종 이상, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고,
- [0015] 페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가지며,
- [0016] 상기 페라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 소정의 간격을 이루며 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 페라이트층을 이루고 있으며, 그리고
- [0017] 상기 펄라이트는 선재 압연 방향과 평행한 방향을 따라 상기 페라이트층의 외측 또는 내측에 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 펄라이트층을 이루고 있는 신선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재에 관한 것이다.

- [0019] 또한 본 발명은,
- [0020] 중량%로, C: 0.02~0.30%, Si: 0.05~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Cr: 1.0% 이하, P: 0.03 이하%, S: 0.03% 이하, sol.Al: 0.01~0.07%, N: 0.01% 초과 0.02% 이하, 그리고 Nb: 0.1% 이하, V: 0.5% 이하 및 Ti: 0.1% 이하 중 1종 이상, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고,
- [0021] 페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가지며,
- [0022] 상기 페라이트와 상기 펄라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 연속적 또는 불연속적으로 교대로 배열됨으로써 페라이트층과 펄라이트층으로 이루어진층상 구조를 가지는 선선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재에 관한 것이다.
- [0023]
- [0024] 상기 페라이트층과 인접하는 페라이트층간의 거리는  $50\mu\text{m}$  이하의 범위로 함이 바람직하다.
- [0026] 상기 압연 방향에 평행 단면인 L 단면에서의 상기 펄라이트 층의 평균 두께가  $30\mu\text{m}$  이하인 것이 바람직하다.
- [0028] 상기 압연 방향에 직각 단면인 C 단면에서의 상기 페라이트의 평균 입경이  $10\mu\text{m}$  이하인 것이 바람직하다.
- [0030] 상기 선재를 30~60% 선선가공 시, 상온 충격인성의 평균값이 100J 이상일 수 있다.
- [0032] 또한 본 발명은,
- [0033] 상기 합금 조성성분을 갖는 강재를 마련하는 공정;
- [0034] 상기 강재를 하기 관계식 1을 만족하는 재가열 온도( $T_r$ )로 재가열하는 공정;
- [0035] 상기 재가열된 강재를 하기 관계식 2를 만족하는 마무리압연 온도( $T_f$ )에서 마무리 압연함으로써 선재를 제조하는 공정; 및
- [0036] 상기 마무리 압연된 선재를 권취 후,  $0.1\sim 2^\circ\text{C}/\text{s}$ 로 냉각하는 공정;을 포함하는 선선가공성 및 충격인성이 우수한 비조질 선재의 제조방법에 관한 것이다.
- [0037] [관계식1]
- [0038]  $T_1 \leq T_r \leq 1200^\circ\text{C}$
- [0039] 여기서,  $T_1 = 757 + 606[\text{C}] + 80[\text{Nb}]/[\text{C}] + 1023\sqrt{[\text{Nb}]} + 330[\text{V}] + 3000[\text{N}]$
- [0040] [관계식2]
- [0041]  $T_2 \leq T_f \leq T_3$
- [0042] 여기서,  $T_2 = 733 + 52[\text{C}] + 29.1[\text{Si}] - 20.7[\text{Mn}] + 16.9[\text{Cr}] - 80.6[\text{Nb}] + 2000[\text{N}]$ ,  $T_3 = 962 - 300[\text{C}] + 24.6[\text{Si}] - 68.1[\text{Mn}] - 75.6[\text{Cr}] - 360.1[\text{Nb}] - 20.7[\text{V}] + 2000[\text{N}]$ 이며, 각 원소는 중량 함량을 의미하고,  $T_f$ 의 단위는  $^\circ\text{C}$ 이다.
- [0044] 상기 냉각된 선재는,
- [0045] 페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가지며,
- [0046] 상기 페라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 소정의 간격을 이루며 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 페라이트층을 이루고 있으며, 그리고
- [0047] 상기 펄라이트는 선재 압연 방향과 평행한 방향을 따라 상기 페라이트층의 외측 또는 내측에 연속적 또는 불연

속적으로 형성되어 다수의 펄라이트층을 이루고 있을 수 있다.

[0048]

[0049] 상기 페라이트층과 인접하는 페라이트층간의 거리는 50 $\mu$ m이하의 범위로 함이 바람직하다.

### 발명의 효과

[0051]

본 발명에 따르면, 고질소첨가에 의한 질화물 형성원소 활용으로 열처리를 생략하더라도 고강도 및 고인성이 요구되는 부품 등에 적합하게 사용 할 수 있는 비조질 선재를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0053]

도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 페라이트-펄라이트 층상 구조를 보이는 조직 사진이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0054]

이하, 본 발명을 설명한다.

[0055]

본 발명자들은 신선가공 후 우수한 강도 및 충격인성을 확보할 수 있는 선재를 제공하기 위하여 다양한 각도에서 검토하였으며, 그 결과, 선재의 합금조성(고질소 첨가) 및 압연 방향으로 잘 발달된 페라이트-펄라이트 층상 구조(F-P band structure)의 미세조직을 형성함으로써 별도의 열처리 없이도 신선가공시 강도 증가와 함께 우수한 충격인성을 확보할 수 있음을 발견하고, 본 발명을 제시하는 것이다.

[0057]

이하, 본 발명의 일 측면인 냉간가공성이 우수한 비조질 선재에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명의 비조질 선재는, 중량%로, C: 0.02~0.30%, Si: 0.05~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Cr: 1.0% 이하, P: 0.03 이하%, S: 0.03% 이하, sol.Al: 0.01~0.07%, N: 0.01% 초과 0.02% 이하, 그리고 Nb: 0.1% 이하, V: 0.5% 이하 및 Ti: 0.1% 이하 중 1종 이상, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다. 그리고 페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가지며, 상기 페라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 소정의 간격을 이루며 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 페라이트층을 이루고 있으며, 그리고 상기 펄라이트는 선재 압연 방향과 평행한 방향을 따라 상기 페라이트층의 외측 또는 내측에 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 펄라이트층을 이루고 있다.

[0058]

먼저, 본 발명의 비조질 선재의 합금조성 및 성분범위에 대하여 상세히 설명한다. 이하에서, 달리 규정하는 바가 없다면 "%"는 "중량%"를 나타낸다.

[0060]

· 탄소(C): 0.02~0.3%

[0061]

탄소는 선재의 강도를 향상시키는 역할을 한다. 본 발명에서 이러한 효과를 나타내기 위해서는 0.02% 이상 포함되는 것이 바람직하다. 다만, 그 함량이 과다할 경우, 강의 변형 저항이 급증하며, 이로 인해 냉간가공성이 열화되는 문제가 있다. 따라서, 상기 탄소 함량의 상한은 0.3%인 것이 바람직하다.

[0063]

· 실리콘(Si): 0.05~0.5%

[0064]

실리콘은 탈산제로서 유용한 원소이다. 본 발명에서 이러한 효과를 나타내기 위해서는 0.05% 이상 포함되는 것이 바람직하다. 다만, 그 함량이 과다할 경우, 고용강화에 의해 강의 변형 저항이 급증하며, 이로 인해 냉간가공성이 열화되는 문제가 있다. 따라서, 상기 실리콘 함량의 상한은 0.5%인 것이 바람직하다.

[0066]

· 망간(Mn): 0.5~2.0%

[0067]

망간은 탈산제 및 탈황제로서 유용한 원소이다. 본 발명에서 이러한 효과를 나타내기 위해서는 0.5% 이상 포함되는 것이 바람직하고, 0.8% 이상 포함되는 것이 보다 바람직하다. 다만, 그 함량이 과다할 경우, 강 자체의 강

도가 지나치게 높아져 강의 변형 저항이 급증하며, 이로 인해 냉간가공성이 열화되는 문제가 있다. 따라서, 상기 망간 함량의 상한은 2.0%인 것이 바람직하고, 1.8%인 것이 보다 바람직하다.

[0069] · 크롬(Cr): 1.0% 이하(0% 포함)

[0070] 크롬은 열간압연 시 페라이트 및 펄라이트 변태를 촉진시키는 역할을 한다. 또한, 강 자체의 강도를 필요 이상으로 높이지 않으면서도, 강 중 탄화물을 석출시켜 고용 탄소량을 저감시키고, 고용 탄소에 의한 동적 변형 시효의 감소에 기여한다. 다만, 그 함량이 과다할 경우, 강 자체의 강도가 지나치게 높아져 강의 변형 저항이 급증하며, 이로 인해 냉간가공성이 열화되는 문제가 있다. 따라서, 상기 크롬 함량의 상한은 1.0%인 것이 바람직하고, 0.8%인 것이 보다 바람직하다.

[0072] · 인(P): 0.03% 이하

[0073] 인은 불가피하게 함유되는 불순물로서, 결정립계에 편석되어 강의 인성을 저하시키고, 자연 파괴 저항성을 감소시키는데 주요 원인이 되는 원소이므로, 그 함량을 가능한 한 낮게 제어하는 것이 바람직하다. 이론상 인의 함량은 0%로 제어하는 것이 유리하나, 제조공정상 필연적으로 함유될 수 밖에 없다. 따라서, 상한을 관리하는 것이 중요하며, 본 발명에서는 상기 인의 함량의 상한을 0.03%로 관리한다.

[0075] · 황(S): 0.03% 이하

[0076] 황은 불가피하게 함유되는 불순물로서, 결정립계에 편석되어 강의 연성을 크게 저하시키고, 강 중 유화물을 형성하여 자연 파괴 저항성 및 응력 이완 특성을 열화시키는데 주요 원인이 되는 원소이므로, 그 함량을 가능한 한 낮게 제어하는 것이 바람직하다. 이론상 황의 함량은 0%로 제어하는 것이 유리하나, 제조공정상 필연적으로 함유될 수 밖에 없다. 따라서, 상한을 관리하는 것이 중요하며, 본 발명에서는 상기 황의 함량의 상한을 0.03%로 관리한다.

[0078] · 알루미늄(Sol.Al): 0.01~0.07%

[0079] sol.Al은 탈산제로서 유용하게 작용하는 원소이며, 0.01% 이상 함유한다. 바람직하게는 0.015% 이상이며, 보다 바람직하게는 0.02% 이상이다. Al 함유량이 0.07%를 넘으면 AlN 형성에 의한 오스테나이트 입도 미세화 효과가 커지게 되어 냉간 단조성이 저하하게 된다. 따라서 본 발명에서는 상기 Al의 함량의 상한을 0.07%로 관리한다.

[0081] · 질소(N): 0.01% 초과 0.02% 이하

[0082] 질소의 함량은 본 발명의 효과를 구현하기 위해 필수 원소이다. 질소의 함량이 0.01% 이하인 경우에는 질화물 확보가 어려워 Nb, V, Ti 등의 석출물 생성량이 감소하여 원하는 성질을 얻지 못할 가능성이 있다. 이와는 반대로 질소의 함량이 0.02%를 초과할 경우에는 석출물과 결합하지 못한 고용 질소 함량이 증가하여 선재의 인성, 연성의 저하가 발생 될 가능성이 있다. 따라서, 본 발명에서는 상기 질소의 함량을 0.01% 초과 0.02% 이하로 관리하는 것이 바람직하다.

[0084] 본 발명은 상술한 성분계 외에 니오븀(Nb), 바나듐(V) 및 타이타늄(Ti) 중 1종 이상을 포함한다.

[0085] · 니오븀(Nb): 0.1% 이하

[0086] 니오븀(Nb)은 탄화물 및 탄질화물을 형성하여 오스테나이트 및 페라이트의 입계 이동을 제한하는 역할을 하는 원소이다. 하지만, 상기 탄질화물은 파괴 기점으로 작용하여 충격인성을 저하시킬 수 있으므로 용해도 한계를 지켜 첨가하는 것이 바람직하다. 본 발명에서 Nb의 함량이 0.1%를 초과하게 되면 조대한 석출물을 형성하는 문제가 있다. 따라서, 그 함량을 0.1% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.

- [0088] · 바나듐(V): 0.5% 이하
- [0089] 바나듐(V)은 니오븀(Nb)와 마찬가지로 탄화물 및 탄질화물을 형성하여 오스테나이트 및 페라이트의 입계 이동을 제한하는 역할을 하는 원소이다. 다만, 상기 탄질화물은 파괴 기점으로 작용하여 충격인성을 저하시킬 수 있으므로, 용해도 한계(solubility limit)를 지켜 첨가하는 것이 바람직하다. 본 발명에서 상기 V의 함량이 0.5%를 초과하게 되면 조대한 석출물을 형성하는 문제가 있다. 따라서, 그 함량은 0.5% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0091] · 타이타늄(Ti): 0.1% 이하
- [0092] 티타늄(Ti) 또한 탄소 및 질소와 결합하여 탄질화물을 생성시킴으로써 오스테나이트의 결정립 크기를 제한하는 효과가 있다. 다만, 그 함량이 0.1%를 초과할 경우 조대한 석출물이 형성되어 개재물 과다의 주요한 크랙 생성처로 작용할 가능성이 높아진다는 문제점이 있다. 따라서, 그 함량은 0.1% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0094] 상기 합금조성 외 잔부는 Fe이다. 뿐만 아니라, 본 발명의 신선용 선재는 통상 강의 공업적 생산 과정에서 포함될 수 있는 기타의 불순물을 포함할 수 있다. 이러한 불순물들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 누구라도 알 수 있는 내용이므로 본 발명에서 특별히 그 종류와 함량을 제한하지는 않는다.
- [0096] 한편 본 발명의 일실시예에 따른 비조질 선재는, 페라이트와 펄라이트를 포함하는 선재 미세조직을 가진다.
- [0097] 그리고 상기 페라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 소정의 간격을 이루며 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 페라이트층을 이루고 있으며, 상기 펄라이트는 선재 압연 방향과 평행한 방향을 따라 상기 페라이트층의 외측 또는 내측에 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 펄라이트층을 이루고 있다. 다시 말하면, 상기 페라이트와 상기 펄라이트는 선재 압연방향과 평행한 방향을 따라 연속적 또는 불연속적으로 교대로 배열됨으로써 페라이트층과 펄라이트층으로 이루어진 층상 구조를 가지고 있다.
- [0098] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 페라이트-펄라이트 층상 구조를 보이는 조직 사진이다. 도 1에 나타난 바와 같이, 본 발명에서 상기 페라이트는 압연방향과 평행한 방향을 따라 소정의 간격을 이루며 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 페라이트층을 이루고 있으며, 상기 펄라이트는 선재 압연 방향과 평행한 방향을 따라 상기 페라이트층의 외측 또는 내측에 연속적 또는 불연속적으로 형성되어 다수의 펄라이트층을 이루고 있다. 즉, 본 발명에서 페라이트와 펄라이트는 압연방향과 평행한 방향을 따라 연속적 또는 불연속적으로 교대로 배열된 층을 이루고 있으므로, 압연방향과 평행한 방향으로 페라이트와 펄라이트의 층상구조(band structure)를 형성한다 할 수 있다. 이러한 페라이트-펄라이트 층상구조는 신선 전의 초기 조직이 신선가공에 유리한 방향으로 배열되어 있기 때문에 우수한 신선가공성을 가지게 된다. 또한 신선가공을 통해 압연 방향으로 연신된 페라이트-펄라이트 층상구조는 충격 시 두께방향으로 충격의 전파가 진행되기 어렵게 되고, 가장 취약한 부분인 페라이트-펄라이트 계면을 따라서 충격의 전파가 이루어지기 때문에 충격인성이 향상될 수 있다.
- [0100] 본 발명에서는 상기 페라이트의 면적분율을 30~90% 범위로 유지함이 바람직하다. 이와 같은 조직을 확보하는 경우, 강도를 확보하면서도 우수한 신선가공성 및 충격인성을 확보할 수 있다.
- [0101] 또한 상기 페라이트층과 인접하는 페라이트층간의 거리는 50 $\mu$ m 이하의 범위를 만족하는 것이 바람직하다.
- [0102] 본 발명의 펄라이트 조직은 압연 방향의 평행 단면인 L 단면에서의 펄라이트 층(band)의 평균 두께가 30 $\mu$ m 이하일 수 있다. 또한, 압연 방향의 직각 단면인 C단면에서의 페라이트의 평균 입경은 10 $\mu$ m 이하일 수 있다.
- [0103] 상기 펄라이트 층의 두께는 압연 방향의 평행 단면인 L 단면에서의 펄라이트 층 두께를 의미하며, 상기 펄라이트 층의 평균 두께가 30 $\mu$ m를 초과할 경우 목표로 하는 충격인성의 확보가 어려울 수 있다.
- [0104] 상기 페라이트의 입경은 압연 방향의 직각 단면인 C 단면에서의 페라이트 입경을 의미하며, 상기 페라이트의 평균 입경은 10 $\mu$ m 이하인 것이 바람직하다. 10 $\mu$ m를 초과할 경우 목표 충격인성 확보가 어려울 수 있다. 이때, 상기 평균 입경은 강판의 일 단면을 관찰하여 검출한 입자들의 평균 원 상당 직경(equivalent circular diameter)을 의미하며, 함께 형성되는 펄라이트의 평균 입경은 상기 페라이트의 평균입경에 영향을 받기 때문에 특별히

제한하지 않는다.

- [0105] 본 발명의 펄라이트 조직은 평균 라멜라 간격이 0.03~0.3 $\mu\text{m}$  일 수있다. 펄라이트 조직의 라멜라 간격은 미세할 수록 선재의 강도가 증가하나 0.03 $\mu\text{m}$ 미만 일 경우 냉간가공성이 열화될 우려가 있으며, 라멜라 간격이 0.3 $\mu\text{m}$ 를 초과하는 경우 목표 강도 확보가 어려울 수 있다.
- [0106] 상술한 바와 같은 조성과 미세조직을 갖는 본 발명의 선재를 이용하여 30~60% 신선가공 시, 상온 충격인성의 평균값이 100J 이상을 얻을 수가 있다.
- [0108] 다음으로, 본 발명의 일 측면에 따른 선재의 제조방법에 대하여 설명한다.
- [0109] 본 발명의 강도 및 충격인성이 우수한 비조질 선재의 제조방법은, 상기와 같은 합금 조성성분을 갖는 강재울 마련하는 공정; 상기 강재울 하기 관계식 1을 만족하는 재가열 온도( $T_r$ )로 재가열하는 공정; 상기 재가열된 강재울 하기 관계식 2를 만족하는 마무리압연 온도( $T_f$ )에서 마무리 압연함으로써 선재를 제조하는 공정; 및 상기 마무리 압연된 선재를 권취 후, 0.1~2 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 로 냉각하는 공정;을 포함한다.
- [0111] 먼저, 본 발명에서는 상술하 바와 같은 합금 조성성분을 갖는 강재를 마련한 후, 이를 재가열한다. 이때, 본 발명에서는 상기 강재울 하기 관계식 1을 만족하는 재가열 온도( $T_r$ )로 재가열할 것이 요구된다.
- [0112] [관계식1]
- [0113]  $T_1 \leq T_r \leq 1200^{\circ}\text{C}$
- [0114] 여기서,  $T_1 = 757 + 606[\text{C}] + 80[\text{Nb}]/[\text{C}] + 1023\sqrt{[\text{Nb}]} + 330[\text{V}] + 3000[\text{N}]$
- [0115] 본 공정은 성분계 중 Nb, V 또는 이들의 조합에 의해 형성되는 탄질화물을 모재 내에 재고용시키기 위한 공정이다. Nb, V 또는 이들의 조합으로 형성된 탄질화물이 가열로 내 재가열 시 용해되지 않고, 잔류하게 되면, 고온 유지시 연속적인 조대화로 인하여 후속 공정인 선재압연 공정에서 페라이트 결정립 미세화가 어려워지며, 냉각 시 혼립 조직이 생성될 수 있다.
- [0116] 만일 상기 관계식 1에서 정의되는 강재 재가열 온도( $T_r$ )가  $T_1$  미만일 경우에는 Nb, V 또는 이들의 조합에 의해 형성되는 조대한 탄질화물들이 완전히 재고용되지 않으며, 강재 재가열 온도가 1200 $^{\circ}\text{C}$ 을 초과하는 경우에는 오스테나이트 조직이 과도하게 성장하여 연성이 저하될 우려가 있다.
- [0118] 이어, 본 발명에서는 상기 재가열된 강재울 하기 관계식 2를 만족하는 마무리압연 온도( $T_f$ )에서 마무리 압연함으로써 선재를 제조한다.
- [0119] [관계식2]
- [0120]  $T_2 \leq T_f \leq T_3$
- [0121] 여기서,  $T_2 = 733 + 52[\text{C}] + 29.1[\text{Si}] - 20.7[\text{Mn}] + 16.9[\text{Cr}] - 80.6[\text{Nb}] + 2000[\text{N}]$ ,  $T_3 = 962 - 300[\text{C}] + 24.6[\text{Si}] - 68.1[\text{Mn}] - 75.6[\text{Cr}] - 360.1[\text{Nb}] - 20.7[\text{V}] + 2000[\text{N}]$ 이며, 각 원소는 중량 함량을 의미하고,  $T_f$ 의 단위는  $^{\circ}\text{C}$ 이다.
- [0122] 상기 마무리 압연온도( $T_f$ )는 합금 미세 조직에 영향을 미치므로, 페라이트-펄라이트 층상구조를 형성하는데 매우 중요한 공정 조건에 해당하며, 상기 관계식 2의 조건으로 마무리 압연 시 페라이트-펄라이트 층상구조가 잘 형성될 수 있다.
- [0123] 만일 상기 관계식 2에서 상기 마무리 압연온도( $T_f$ )가  $T_2$  미만인 경우, 페라이트 입계 미세화에 의한 변형 저항이 증가하여 냉간단조성이 열될 가능성 있으며, 마무리 압연온도( $T_f$ )가  $T_3$ 를 초과하는 경우에는 페라이트-펄라이트 층상구조가 잘 형성되지 않을 우려가 있다.

- [0125] 그리고 본 발명에서는 상기 마무리 압연된 선재를 권취 후, 0.1~2℃/s로 냉각함으로써 최종 미세조직을 갖는 선재를 제조한다.
- [0126] 즉, 본 발명에서 마무리 압연된 선재를 권취 후 냉각하는 공정은 마무리 압연조건에서 형성된 페라이트-펄라이트 층상구조 내 펄라이트의 라멜라 간격을 제어하는 공정에 해당한다.
- [0127] 페라이트-펄라이트로 이루어진 조직에서 펄라이트는 강도 측면에서는 유리하나, 인성을 저하시키는 주된 요인으로 작용할 수 있다. 그런데 이때 만일 펄라이트의 라멜라 간격이 미세할 경우에 인성에 상대적으로 유리하게 작용하는 측면이 있다. 따라서, 본 발명의 냉각하는 공정에서 이러한 펄라이트 라멜라 간격을 미세화하기 위하여 냉각속도를 적절히 제어할 필요가 있다.
- [0128] 본 발명에서는 상기 냉각공정에서 냉각 시 평균 냉각속도를 0.1~2℃/sec로 제어함이 바람직하다. 만약 냉각속도가 너무 느리게 되면 라멜라 간격이 넓어져 연성이 부족할 우려가 있으며, 너무 빠르게 되면 저온조직이 발생되어 인성을 급격히 저하시킬 우려가 있다.
- [0129] 보다 바람직하게는, 0.3~1℃/sec 범위로 관리하는 것이다. 이러한 냉각속도 범위에서 선재의 강도를 충분히 확보하면서도 연성 및 인성이 우수한 비조질 선재를 얻을 수 있다.
- [0131] 상술한 바와 같이 본 발명에서는 강재의 합금조성 및 제조공정을 제어한다. 즉, 본 발명은 상술한 성분계를 만족하는 강재를 이용하여 최적화된 제조공정(재가열-압연-냉각)을 거쳐 선재를 제조함으로써 앞서 설명한 페라이트-펄라이트 층상구조를 갖는 선재를 효과적으로 제조할 수 있는 것이다.
- [0133] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.
- [0134] (실시예)
- [0135] 하기 표 1과 같은 합금조성을 갖는 강재를 하기 표 2의 가열온도에서 3시간 가열한 후, 선경 20mm로 열간압연하여 선재를 제조하였다. 이때, 마무리 압연온도는 하기 표 2와 같이 설정하였으며, 권취 후 하기 표 2와 같은 냉각속도로 냉각하였다.
- [0136] 이후, 전자현미경을 이용하여, 미세조직의 종류 및 분율, 펄라이트층 두께 및 펄라이트 라멜라 간격 등을 분석 및 측정하였으며, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.
- [0137] 또한 상기 미세조직을 갖는 선재를 30~60% 신선가공 후 상온 인장강도 및 상온 충격인성을 측정하여 그 결과를 하기 표 3에 함께 나타내었다. 여기서, 상온 인장강도는 25℃에서 비조질강 시편의 중심부에서 채취하여 측정하였으며, 상온 충격인성은 25℃에서 U노치(U-notch 규격 샘플 기준, 10×10×55mm)를 갖는 시편을 샤르피 충격 시험을 행하여 얻은 샤르피 충격 에너지값으로 평가한 것이다.

**표 1**

[0138]

강종 No.	합금 조성(중량%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Nb	V	Ti	N
1	0.08	0.17	1.62	0.010	0.0050	-	0.024	0.030	-	-	0.0110
2	0.14	0.22	1.54	0.011	0.0070	-	0.028	-	0.110	-	0.0120
3	0.19	0.25	1.47	0.012	0.0150	-	0.032	-	-	0.015	0.0105
4	0.26	0.32	1.35	0.009	0.0130	0.15	0.035	0.015	0.080	-	0.0130
5	0.07	0.20	1.33	0.008	0.0056	-	0.021	0.025	-	-	0.0042
6	0.15	0.17	1.26	0.011	0.0078	0.11	0.020	-	0.12	-	0.0038
7	0.21	0.23	1.20	0.010	0.0043	0.20	0.027	-	-	0.011	0.0067
8	0.27	0.26	1.10	0.009	0.0120	0.13	0.03	0.010	0.055	-	0.0240

표 2

강종 No.	조직	T <sub>1</sub> (°C)	재가열 온도(°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	마무리 압연 온도(°C)	냉각속도 (°C/s)	페라이트 분율 (%)	C 단면 페라이트 평균 입경(μm)	L 단면 페라이트 평균 두께(μm)	필라이트 라멜라 간격(μm)	비고
1	F+P	1046	1085	728	843	803	1.1	78	5.8	13	0.24	발명예1
	F+P	1046	1018	728	843	872	0.8	80	12.4	17	0.32	비교예1
2	F+P	914	1043	738	842	798	0.9	70	6.7	18	0.21	발명예2
	F+P	914	1064	738	842	887	1.0	69	13.9	26	0.25	비교예2
3	F+P	904	1060	740	832	785	0.7	62	6	24	0.23	발명예3
	F+P	904	1122	740	832	897	2.1	60	15.7	31	0.30	비교예3
4	F+P	1110	1134	755	807	776	0.5	53	7.4	27	0.27	발명예4
	F+P	1110	1022	755	807	868	1.5	50	13.5	33	0.26	비교예4
5	F+P	1002	1052	721	854	801	0.6	80	9.8	21	0.31	비교예5
6	F+P	899	1077	729	832	853	0.8	72	13.3	25	0.28	비교예6
7	F+P	904	1112	742	821	845	0.7	56	14.8	32	0.26	비교예7
8	F+P	1116	1064	781	845	837	2.2	47	11.2	35	0.33	비교예8

[0141] \*표 1에서 F는 페라이트, P는 필라이트를 나타냄. 그리고 T<sub>1</sub>는 관계식 1에, T<sub>2</sub> 및 T<sub>3</sub>는 관계식 2에 의해 정의되는 온도임.

표 3

강종 No.	0% 신선가공		35% 신선가공		45% 신선가공		55% 신선가공		비고
	인장강도 (Mpa)	충격인성 (J)	인장강도 (Mpa)	충격인성 (J)	인장강도 (Mpa)	충격인성 (J)	인장강도 (Mpa)	충격인성 (J)	
1	557	332	772	234	831	214	887	193	발명예1
	564	328	784	187	852	138	899	96	비교예1
2	668	248	854	188	906	167	962	172	발명예2
	675	235	867	162	917	116	970	84	비교예2
3	586	275	783	215	852	206	911	187	발명예3
	592	267	797	174	873	129	934	77	비교예3
4	654	233	848	186	899	172	945	163	발명예4
	651	224	856	141	908	102	962	65	비교예4
5	522	272	720	202	772	137	835	98	비교예5
6	606	221	796	163	847	112	884	89	비교예6
7	534	243	724	171	783	134	832	61	비교예7
8	689	157	892	94	945	67	988	42	비교예8

[0144] 상기 표 1-3으로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에서 제안하는 합금조성(고N첨가) 및 제조조건을 만족하는 발명예 1-4의 경우, 압연방향으로 발달된 F+P banded 구조로 인해 신선가공 후 우수한 강도 및 충격인성을 확보할 수 있었다.

[0146] 이에 반하여, 비교예 1-4는 합금조성 성분은 본 발명범위 내이나 제조공정 조건은 본 발명 범위를 벗어난 경우들이다. 구체적으로, 비교예 1 및 비교예 4는 재가열온도 및 마무리압연온도를 만족하지 않는 경우, 비교예 2는 마무리압연 온도를 만족하지 않는 경우, 그리고 비교예 3은 마무리압연 및 냉각속도를 만족하지 않는 경우로서 발명예 대비 낮은 충격인성을 획득함을 알 수 있다.

[0147] 또한 본 발명에서 제안하는 합금조성 및 제조조건을 만족하지 않는 비교예 5-8의 경우, 본 발명에서 제안하는 압연방향으로의 F+P banded 구조가 충분히 발휘되지 못하여 발명예 대비 낮은 충격인성을 획득함을 알 수 있다.

[0149]

본 발명은 상기 구현 예 및 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 구현 예 및 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해 해야만 한다.

도면

도면1

