(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2011 년 3 월 31 일 (31.03.2011)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2011/037403 A2

(51) 국제특허분류:
C21D 8/06 (2006.01) *C22C 38/02* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2010/006496

(22) 국제출원일: 2010 년 9 월 20 일 (20.09.2010)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2009-0090106 2009 년 9 월 23 일 (23.09.2009) KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **주식회사 포스코 (POSCO)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 괴동동 1 번지, 790-300 Kungsangbook-do (KR).

(72) 발명자; 겸
(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **이상윤 (LEE, Sang-Yoon)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 동촌동 5 번지 포항제철소내, 790-360 Kyungsangbook-do (KR). **권정석 (KWON, Jung-Seok)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 동촌동 5 번지 포항제철소내, 790-360 Kyungsangbook-do (KR). **김동현 (KIM, Dong-Hyun)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 동촌동 5 번지 포항제철소내, 790-360 Kyungsangbook-do (KR). **김준영 (KIM, Joon-Young)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 동촌동 5 번지 포항제철소내, 790-360 Kyungsangbook-do (KR). **이유환 (LEE, You-Hwan)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 동촌동 5 번지 포항제철소내, 790-360 Kyungsangbook-do (KR).

(74) 대리인: **특허법인 씨엔에스·로고스 (C&S LOGOS PATENT AND LAW OFFICE)**; 서울특별시 서초구 서초동 1451-34 서초평화빌딩 13 층, 137-070 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

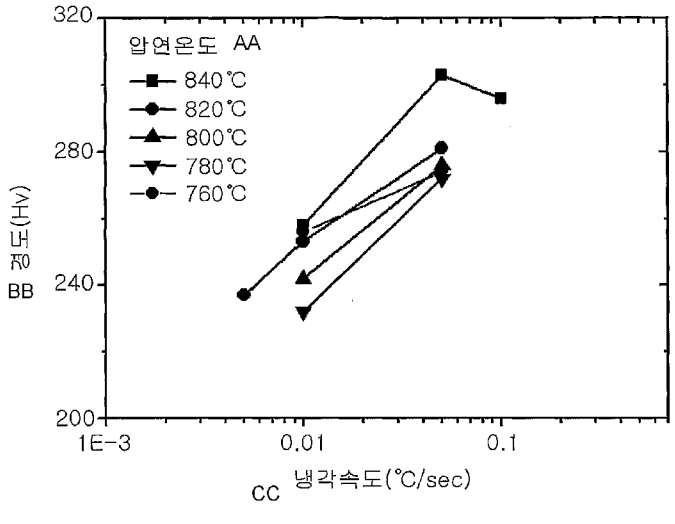
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: HIGH-CARBON SOFT WIRE ROD NOT REQUIRING SOFTENING TREATMENT AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) **발명의 명칭** : 연질화 처리 생략이 가능한 고탄소 연질 선재 및 그 제조방법

【도 3】



AA ... Rolling temperature
BB ... Hardness
CC ... Cooling speed

(57) **Abstract**: Provided are a method for manufacturing a high-carbon soft wire rod which omits softening treatment and a wire rod manufactured thereby, and the method comprises the steps of: austenitizing a billet including 0.7-1.5 weight% of C, 0.005-2.0 weight% of Si, 0.2-1.5 weight% of Mn, 0.03 weight% or less of Al, 0.02 weight% or less of P, 0.02 weight% or less of S, and the remaining weight percent of Fe and necessary impurities at the temperature of A3 or more; performing a finish-rolling process at A1 to A1+80°C; and cooling the rolled wire rod to A1-50°C to A1-100°C at the cooling speed of 0.03°C/s.

(57) **요약서**: 본 발명은 중량%로, C: 0.7-1.5%, Si: 0.005-2.0%, Mn: 0.2-1.5%, Al: 0.03% 이하, P: 0.02% 이하, S: 0.02% 이하, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한 빌렛을 A3 이상의 온도에서 오스테나이트화하는 단계, A1~A1+80°C 에서 마무리 압연하는 단계 및 상기 압연한 선재를 0.03°C/s 이하의 냉각속도로 A1-50°C ~ A1-100°C 까지 냉각하는 단계를 포함하는 연질화 처리 생략이 가능한 고탄소 연질 선재의 제조방법 및 이에 의하여 제조된 선재를 제공한다.

WO 2011/037403 A2

TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

【명세서】

【발명의 명칭】

연질화 처리 생략이 가능한 고탄소 연질 선재 및 그 제조방법

【기술분야】

본 발명은 온간 및 냉간 단조 또는 기타 가공을 하기 위한 연질화 처리를 생략 또는 단축하기 위하여 선재의 제조단계에서 선재의 미세조직을 구상화한 고탄소 연질 선재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

【배경기술】

선재를 연질화하기 위하여 일반적으로 구상화 열처리를 한다. 구상화 열처리는 냉간 성형시 냉간 가공성을 향상시키기 위하여 세멘타이트를 구형화하고 균질한 입자 분포를 유도한다. 또한, 가공 다이스의 수명을 향상시키기 위하여 가공되는 소재의 경도를 가능한 한 낮추어 줄 수 있다. 상기 2가지의 목적을 달성하기 위해 소재의 연질화 개념으로서 이용되고 있으며, 부가적으로 절삭가공이 필요한 경우 일반 페라이트 + 펄라이트 강보다 절삭성을 향상시킬 수 있다.

이러한 구상화 열처리는 크게 2가지로 분류된다. 하나는 공석온도 이하에서 장시간 가열하는 방법으로서, 주로 열연 제품의 구상화 처리에 이용되고 있다(sub-critical annealing). 다른 하나는 공석온도와 오스테나이트화 온도 사이에서 가열 후 극서냉하여 구상화 조직을 얻는 방법이다(inter-critical annealing).

초기 조직이 펄라이트로 구성된 경우, 구상화 열처리 온도에서 구상화가 진행되는 과정은, 높은 온도에서의 확산에 의하여 라멜라(lamellar) 세멘타이트의 결함 또는 끝 부분에서의 평평한 계면과의 곡률 차이에 의한 탄소 농도 구배가 발생하여 라멜라 세멘타이트가 분절되고, 이후 계면 에너지를 줄이기 위해 구상화된다고 알려져 있다.

이와 같이 형성된 구형 입자는 Ostwald ripening과 유사한 과정을 거쳐 성장하게

되어 구상화 조직을 형성한다. 이러한 구상화 과정은 오스테나이트로 변태온도 직하에서 주로 관찰되어 소재의 기지조직이 페라이트와 펄라이트로부터 페라이트에 구상 세멘타이트가 존재하는 형태로 변화한다. 즉 초기 조직에서 펄라이트로 존재하던 부분이 페라이트와 구형 세멘타이트로 변하게 되어, 전체 미세조직이 페라이트와 구형 세멘타이트로 이루어진다.

이와 같은 구상화가 이루어지는 기구에 대해서는 많은 연구들이 발표되었는데, 대부분이 판상의 세멘타이트가 그 형태를 잃어가며 구형의 세멘타이트로 형성되는 과정에 대한 여러 이론들이 있으나, 그 이후의 성장 거동은 대부분의 보고서에서 Ostwald ripening의 형태로 성장하는 것으로 알려져 있다.

구형의 세멘타이트가 형성되는 과정은, 열처리 초기 단계에서 다각형화(polygonization)가 발생하는 페라이트의 회복 또는 재결정 과정에서 형성된 많은 아결정립계 또는 결정립계가 형성되고, 이에 따라 열적으로 불안정한 판상의 세멘타이트는 밴드(band) 또는 리본(ribbon)의 형태로 분절되며, 분절된 세멘타이트는 표면 에너지 감소를 위해 구형으로 된 후 Ostwald ripening 기구에 의해 성장하게 된다.

이러한 구상화 기구를 설명하는 모델은 대체적으로 3가지 정도가 존재한다. 첫번째로 perturbation theory(섭동이론)는 로드(rod)의 형태가 모세관현상(capillarity)에 의해 도입된 perturbation에 의하여 불안정해지는 현상을 말하는 것으로서 perturbation 파장의 길이와 로드의 형태, 즉 길이와의 관계로 구상화가 진행되는 현상을 설명한 것이다.

또한, grain boundary groove model은 변형 또는 변태에 의해 도입된 아결정립계 계면에 grain boundary groove가 형성되며 이러한 boundary groove는 계면에 곡률(Curvature)을 형성하고 이 곡률은 potential의 차이를 나타나게 된다. 이러한 potential의 차이는 원자의 이동을 야기시켜 groove가 계속 성장하게 되고 이로 인하여 세멘타이트는 분절된 형태로 발전하게 된다. 그러나 구상화 처리중

장시간에 이르게 되면 아결정립계가 감소하게 되므로 이 model은 구상화 열처리의 초기 단계에만 적용 가능하다.

마지막으로 fault migration theory는, 라멜라 구조에서 라멜라의 끝 부분이 존재하며 이 부분은 곡면의 형태를 가지므로 다른 부위에 비하여 에너지적으로 불안정하므로 이 부위에서 구상화가 시작된다. 이러한 라멜라의 끝 부분은 라멜라 성장 완료시에 생성되는 끝단부와 라멜라 성장시 발생되는 결함 부위를 말한다.

이상 영역에서의 가열에 의한 구상화는 공석온도 이하에서의 구상화 방법과는 근본적으로 구상화 기구 및 kinetics 모든 면에서 다르다. 초기 조직이 펄라이트와 페라이트로 구성된 경우, 구상화가 진행되는 과정은 높은 온도에서의 펄라이트 부위 및 페라이트의 일부 부위가 이상 영역 가열시 오스테나이트로 변태하며, 펄라이트가 존재하던 부위에 존재하는 오스테나이트 영역에 세멘타이트 입자가 완전히 용해되지 않고 일부 잔존하여 오스테나이트 + 잔류 세멘타이트의 형태를 유지한 후 서냉시 잔존 세멘타이트가 핵으로 작용하여 오스테나이트로부터 페라이트 + 펄라이트 변태가 아닌 페라이트와 잔존 세멘타이트 입자의 성장의 형태로 변태가 진행되며 변태 이후의 서냉시에는 이미 형성된 구형 입자가 Ostwald ripening과 유사한 과정을 거쳐 성장하게 되어 구상화 조직을 형성하게 된다.

상술한 방식에 의한 구상화 미세조직의 형성기구를 고찰하고자 한다. 일반적인 미세조직인 페라이트와 펄라이트로 구성된 소재를 이상 영역으로 가열하여 서냉에 의한 구상화 조직을 형성하는 것은 상술한 바와 같이, 페라이트와 펄라이트가 공존하는 상태에서 펄라이트는 모두 오스테나이트로 변태하고 페라이트의 일부 또한 오스테나이트로 변태하게 되므로, 가열온도에서 존재하는 상은 페라이트와 오스테나이트가 된다.

또한, 이때 생성되는 오스테나이트는 펄라이트가 존재하던 영역뿐 아니라 페라이트가 존재하던 영역 일부를 포함하기 때문에 이 온도에서의 페라이트 분율은 초기 조직의 경우 보다 작게되고, 펄라이트로부터 오스테나이트로 변태한 부위에

있어서는 모든 공석 세멘타이트가 용해되어 오스테나이트에 용융 상태로 존재하는 것이 아니라 일부 잔존하게 되어 구형의 세멘타이트로 잔류하게 된다. 따라서 이때 생성된 오스테나이트에는 기존 펄라이트에서의 탄소량보다 낮은 농도의 탄소를 갖고 있다.

이러한 미세조직이 A1 온도에 이르면 오스테나이트가 다시 상온 조직으로 변태하게 되는데, 여기에서 주의해야 할 점은 오스테나이트가 다시 페라이트와 펄라이트로 변태하는 것이 아니라 모두 페라이트로 변태되면서 오스테나이트에 용융되어 있던 탄소는 펄라이트의 세멘타이트로 석출하기보다는 잔존되어 있던 세멘타이트 입자와 결합하여 세멘타이트 입자 크기의 성장에 기여하게 된다. 따라서 이 경우에 관찰되는 미세조직은 페라이트와 구상화된 세멘타이트 입자로 이루어진다.

다음 단계는 서냉하여 상온까지 냉각하는 단계로서, 상대적으로 크기가 작은 세멘타이트 입자는 소멸되고 크기가 큰 입자만 계속적으로 성장하는 Ostwald ripening에 의한 구상화 입자의 성장이 이루어진다.

이와 같은 구상화 기구를 가열 단계에 따라 검토해보면, 다음과 같다. 첫째 이상영역의 온도까지 가열하는 과정에 있어서, 일반적으로 탄소강의 상온 미세조직은 주로 펄라이트 또는 펄라이트 + 페라이트로 구성되어 있다. 이러한 경우 높은 온도의 오스테나이트가 생성되는 온도까지 가열하는 경우, 가열 속도가 이상영역의 온도에 도달했을 경우 나타나는 미세조직에 영향을 미친다.

【발명의 상세한 설명】

【기술적 과제】

본 발명은 선재의 제조공정시 제어압연과 극서냉을 적용하여 선재의 미세조직내에 구형 세멘타이트를 포함시킨 연질화 처리 생략이 가능한 고탄소 연질 선재와 그 제조방법을 제공하고자 한다.

【기술적 해결방법】

본 발명은 일구현례로서, 중량%로, C: 0.7-1.5%, Si: 0.005-2.0%, Mn: 0.2-1.5%, Al: 0.03% 이하, P: 0.02% 이하, S: 0.02% 이하, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 구형 세멘타이트를 함유한 페라이트 및 펄라이트를 포함하는 고탄소 연질 선재를 제공한다.

상기 선재는 Cr: 1.5% 이하, Mo: 0.5% 이하, Ni: 1.0% 이하 및 V: 0.5% 이하 중 1종 이상을 추가로 포함할 수 있다.

상기 선재는 구형 세멘타이트를 함유한 페라이트의 면적분율이 30% 이상인 것이 바람직하다.

상기 선재의 구형 세멘타이트는 애스팩트비(Aspect ratio)가 1~2.5인 구형 세멘타이트를 50%이상 포함하는 것이 바람직하다.

상기 선재는 경도가 250Hv 이하인 것이 바람직하다.

상기 선재는 인장강도가 75kg/㎟ 이하인 것이 바람직하다.

본 발명은 다른 일구현례로서, 구상화 열처리를 생략 또는 단축한 고강도 고탄소 연질 선재의 제조방법에 있어서, 중량%로, C: 0.7-1.5%, Si: 0.005-2.0%, Mn: 0.2-1.5%, Al: 0.03% 이하, P: 0.02% 이하, S: 0.02% 이하, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한 빌렛을 A3이상의 온도에서 오스테나이트화하는 단계; A1~A1+80℃에서 마무리 압연하는 단계; 및 상기 압연한 선재를 0.03℃/s 이하의 냉각속도로 A1-50℃ ~ A1-150℃ 범위로 냉각하는 단계를 포함하는 고탄소 연질 선재의 제조방법을 제공한다.

상기 선재는 Cr: 1.5% 이하, Mo: 0.5% 이하, Ni: 1.0% 이하 및 V: 0.5% 이하 중 1종 이상을 추가로 포함할 수 있다.

상기 냉각단계 후 5~20℃/s의 냉각속도로 상온까지 냉각하는 단계를 더 포함할 수 있다.

【발명의 효과】

본 발명은 선재의 신선 및 가공을 위한 연질화 공정을 생략 또는 단축하기 위하여, 선재의 제조단계에서 세멘타이트를 구상화하는 공정을 포함한 제조방법을 제공할 수 있다. 이를 통하여, 현재 일반적으로 25시간 이상 소요되는 구상화 공정을

수시간 이내로 단축함으로서 공정을 단순화하고 열처리로 인한 에너지를 저감할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

도1은 종래의 구상화처리 공정을 나타내는 그래프이다.

도2는 발명예1 및 2, 비교예1 내지 4의 미세조직을 관찰한 사진이다.

도3은 냉각속도, 압연온도 및 경도의 상관관계를 나타내는 그래프이다.

【발명의 실시를 위한 최선의 형태】

본 발명은 선재의 제조단계에서 제어압연과 극서냉공정을 통하여, 선재의 미세조직내에 구형 세멘타이트를 확보하여 연질 선재를 제공할 수 있으며, 이는 종래에 구상화공정에 투입된 시간을 최소화할 수 있으며, 종래의 구상화공정을 실시한 선재와 유사하거나 보다 우수한 기계적 물성을 갖는 선재를 제공할 수 있다.

이하, 본 발명의 성분계에 대하여 설명한다.

C(탄소): 0.7-1.5 중량%

C 함량이 높아질수록 선재의 강도는 증가되나, 냉간 단조성이 떨어져 가공이 어렵게 되는 단점이 있다. C의 함량이 0.7 중량% 미만인 경우에는 본 발명에서 구현하고 있는 세멘타이트의 직접 구상화 프로세스의 효용성이 떨어지며, 일반 연화 열처리만 구현해도 연질화가 가능하다. 반면에, C의 함량이 1.5 중량%를 초과하는 경우에는 세멘타이트의 구상화가 어려워지고 냉간 단조성이 현저하게 저하되어 냉간 단조를 행한 후에도 균열 등이 발생하게 된다. 따라서, 상기 C의 함량은 0.7-1.5 중량%로 한정하는 것이 바람직하다.

Si(실리콘): 0.005-2.0 중량%

Si의 함량이 2.0 중량%를 초과하는 경우에는 강의 편석이 증가하여 선재 내,외부의 차이가 생기고 저온조직의 생성 우려가 있으며, 강의 고온강도가 증가하여 선재공정 중 선재압연시 롤의 부하가 많이 걸리게 된다. 또한 Si 함량 증가는

탄소의 활동도를 증가시켜 표면 탈탄을 조장하는데 이는 선재의 서냉 패턴 중 표면 탈탄의 원인이 될 수 있다. Si 함량의 하한치는 특별한 한정 이유를 갖지는 않으나 강도를 위해서 0.005 중량% 이상을 함유하는 것이 바람직하다.

Mn(망간): 0.2-1.5 중량%

Mn은 기지조직내에 치환형 고용체를 형성하여 고용강화하는 원소로서, 고강도 CHQ의 소입성 향상에 매우 유용한 원소이다. 단, Mn의 함량이 1.5 중량%를 초과하는 경우에는 고용강화 효과보다는 망간편석에 의한 조직 불균질이 선재특성에 더 유해한 영향을 미친다. 그리고, 강의 응고시 편석기구에 따라 거시편석과 미시편석이 일어나기 용이한데, 망간편석은 타원소에 비해 상대적으로 낮은 확산계수로 인해 편석대를 조장하고 이로인한 경화능 향상은 중심부 저온조직(core martensite)를 생성하는 주원인이 된다.

그리고, 상기 Mn의 함량이 0.2 중량% 미만인 경우에는 망간편석에 의한 편석대의 영향은 거의 없으나 고용강화에 의한 응력이완 개선효과는 기대하기 어려우며 MnS 개재물이 감소하게 된다. 따라서, 상기 Mn의 함량은 0.2-1.5 중량%로 한정하는 것이 바람직하다.

Al(알루미늄): 0.03 중량% 이하

Al은 강 중에 질소와 반응하여 AlN을 생성한다. 강중의 미세한 AlN은 오스테나이트 입계 성장을 방해하는 역할을 하여 압연을 통한 시드(seed) 생성에 유리하다. 그러나 Al 함량이 0.03 중량%를 초과하는 경우 과도한 Al_2O_3를 형성시켜 피로파단의 원인을 제공할 수 있다.

P(인): 0.02 중량% 이하

P은 제조시 불가피하게 함유되는 원소이며, 인은 결정립계에 편석되어 인성을 저하시키고 지연파괴 저항성을 감소시키는 주요 원인이므로 가능한 한 낮게 제어하는 것이 바람직하며, 이론상 P의 함량을 0%로 제한하는 것이 가능하나, 제조공정상 필연적으로 첨가될 수 밖에 없다. 따라서, 상한을 관리하는 것이

중요하며, 상기 P의 함량의 상한은 0.02 중량%로 한정하는 것이 바람직하다. 경제성을 고려하여 그 상한을 0.015 중량%로 한정하는 것이 보다 바람직하다.

S: 0.02 중량% 이하

S는 제조시 불가피하게 함유되는 원소이며, 저융점 원소로 입계 편석되어 인성을 저하시키고 유화물을 형성시켜 지연파괴 저항성 및 응력이완 특성에 유해한 영향을 미치므로 그 함량을 최대한 억제하는 것이 바람직하다. 이론상 S의 함량을 0%로 제한하는 것이 가능하나, 제조공정상 필연적으로 첨가될 수 밖에 없다. 상한을 관리하는 것이 중요하며, 상기 S의 함량의 상한은 0.02중량%로 한정하는 것이 바람직하다.

그 밖에 함유되는 원소는 특별히 한정하지 않았지만 강의 특성에 따라 함유시킬 수 있다. 본 발명은 일구현례로서, Cr, Mo, Ni 및 V 중 1종 이상을 추가적으로 포함할 수 있다.

Cr(크롬): 1.5 중량% 이하.

Cr은 세멘타이트의 형성을 조장하고 퍼얼라이트의 라멜라 간격을 작게 하는 특성이 있어 세멘타이트 구상화를 촉진시켜 단조성을 향상시킨다. 그러나 Cr의 함량이 1.5 중량%를 초과하는 경우 기계적 특성에 악형향을 미칠수 있어, 상기 Cr 함량의 상한은 1.5 중량%로 한정하는 것이 바람직하다.

Mo(몰리브덴): 0.5 중량% 이하

Mo는 템퍼링(Tempering)시 2차 강화효과를 가지고 있어 강의 연화저항성 향상에 우수한 원소이다. 그러나 Mo의 함량이 0.5 중량%를 초과하는 경우에는 강도가 지나치게 상승하여 단조성에 악영향을 미치게 된다. 따라서, 상기 Mo 함량의 상한은 0.5 중량%로 한정하는 것이 바람직하다.

Ni(니켈): 1.0 중량% 이하

Ni은 소입성을 증가시키고 인성을 향상시키는데 유용한 원소이기 때문에 적정량이

함유되는 것은 바람직하나 1.0 중량%를 초과하는 경우에는 지나치게 강도가 향상되어 오히려 단조성이 악화될 수 있다. 따라서, 상기 Ni 함량의 상한은 1.0 중량%로 한정하는 것이 바람직하다.

V(바나듐): 0.5 중량% 이하

상기 V은 연화저항성 개선원소로, 그 함량이 0.5 중량% 이하인 경우에는 모재 내 바나듐계 또는 니오븀계 석출물들로 인해 비확산성 수소 트랩사이트로의 역할을 수행하고 지연파괴 저항성 개선효과를 기대할 수 있으며, 석출강화를 통한 연화저항성에 대한 개선효과를 기대할 수 있다. 그러나, 그 함량이 0.5 중량%를 초과하는 경우에는 석출물들에 의한 지연파괴 저항성 및 연화저항성에 대한 개선효과가 포화되고 오스테나이트 열처리시 모재에 용해되지 않은 조대한 합금 탄화물이 증가하여 비금속 개재물과 같은 작용을 하기 때문에 피로특성의 저하를 초래하는 문제 점이 있다.

상기와 같은 성분계를 만족하는 연질 선재를 제조하는 방법에 대하여 설명한다.

본 발명은 과공석강의 신선 및 가공을 위한 소재의 연질화를 위하여 실시되는 구상화공정을 선재 제조단계에서 실시하여, 펄라이트내의 세멘타이트의 일부 또는 전체를 구상화시켜 이후의 연화 열처리 공정을 생략 또는 단축할 수 있다.

상기 성분계를 만족하는 주편을 A3이상의 온도로 가열하여 그 미세조직을 오스테나이트화한다. 단, 상기 미세조직에는 일부 페라이트가 더불어 포함될 수 있다. 상기 오스테나이트화 단계의 온도의 상한은 한정되는 것은 아니나, 공정설비를 고려하여 한정될 수 있다.

오스테나이트는 일반적으로 A1온도 이하로 냉각되면 페라이트와 세멘타이트의 복합구조로된 펄라이트로 변한다. 그러나, 본 발명에서는 일반적인 공석변태와 구별되는 DET(Divorced Eutectoid Transformation)현상이 일어난다. 이는 오스테나이트내에 세멘타이트 시드가 존재할 경우 제한된 조건에서 펄라이트 대신

구형 세멘타이트가 성장하여 세멘타이트의 구상화를 유도할 수 있다.

본 발명은, 상기 오스테나이트화 단계를 거친 빌렛을 A1~A1+80℃에서 압연한 후 A1-50℃ ~ A1-100℃까지 0.03℃/s 이하의 냉각속도로 극서냉한다.

상기 오스테나이트화 단계 후 빌렛을 A1~A1+80℃의 범위에서 제어압연하여 미세한 세멘타이트 시드를 조직내에 분포시킬 수 있다. 이상영역에서 미세한 세멘타이트 시드의 생성이 유도되고 압연온도가 A1 온도에 근접할수록 세멘타이트 시드의 생성이 원활해진다.

상기 압연한 선재를 0.03℃/s 이하의 냉각속도로 A1-50℃ ~ A1-100℃까지 냉각하는데, 극서냉에 의하여, 오스테나이트내에 존재한 세멘타이트 시드는 성장하여 구형 세멘타이트가 된다. 반응 속도론적 입장에서 보면 세멘타이트가 존재하더라도 오스테나이트 입계로부터 펄라이트가 생성되는 것이 안정적이나 냉각속도를 늦춘다면 내부에 생성된 세멘타이트 시드가 성장할 수 있는 조건이 되어 펄라이트의 성장이 억제된다. 이러한 것은 늦은 생각속도로 인해 막대형 세멘타이트 성장보다는 구형 세멘타이트 성장이 일어날 수 있는 환경이 조성되기 때문이다.

본 발명은 상기 냉각단계 후 상온까지 최종 냉각하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 최종냉각단계의 냉각속도가 5~20℃/s인 것이 바람직하다.

상기와 같은 제조방법에 의하여 제조된 선재의 미세조직은 구형 세멘타이트를 함유한 페라이트 및 펄라이트를 포함한다. 여기서, 구형 세멘타이트를 함유한 페라이트의 면적분율은 전체 미세조직 중 30% 이상인 것이 바람직하며, 상기 구형 세멘타이트 중 애스팩트비(Aspect ratio)가 1~2.5인 구형 세멘타이트가 50%이상인 것이 바람직하다.

또한, 상기와 같은 미세조직을 갖는 선재의 경도는 250Hv 이하이고 인장강도는

75kg/㎟ 이하이다. 본 발명은 구상화시간을 획기적으로 단축할 수 있으며, 상기 기계적 물성을 갖는 연질 선재를 제공할 수 있다.

【발명의 실시를 위한 형태】

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 설명한다.

(실시예)

(종래예)

중량%로, C: 1.0%, Mn: 0.3%, Si: 0.2%, Cr: 1.4%, Al: 0.03% 이하, P: 0.02% 이하, S: 0.02% 이하, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 선재를 도1에 나타난 제조조건에 의하여 오스테나이트화 후 3단계 냉각을 통하여 구상화 처리를 하였다. 전체 열처리 시간은 약 22~30시간이 소요되었다.

(발명예1 내지 4 및 비교예1 내지 6)

상기와 같은 성분계를 만족하는 선재를 A3+100℃ 이상의 온도에서 오스테나이트화한 후에 선재를 하기 표1과 같이, 760, 780, 800, 820 및 840℃에서 사상압연을 실시한 후 0.01 및 0.05℃/s의 속도로 냉각한 후 그 경도를 측정하여 도3에 나타내었다. 또한, 구형 세멘타이트의 분율 및 애스팩트비(Aspect ratio)를 측정하여 하기 표1에 나타내었다. 또한, 도2에 비교예1(A), 비교예2(D), 비교예3(E), 비교예4(F), 발명예1(B) 및 발명예2(C)의 미세조직 사진을 나타내었다.

【표 1】

구분	압연온도(℃)	냉각속도(℃/s)	구형세멘타이트 분율(%)	애스팩트비
비교예1	760	0.01	10미만	-
비교예2	760	0.05	10미만	-
발명예1	780	0.01	50	1.7
비교예3	780	0.05	30	2.0
발명예2	800	0.01	60	2.2
비교예4	800	0.05	20	2.4

발명예3	820	0.01	50	2.3
비교예5	820	0.05	20	2.7
발명예4	840	0.01	60	2.2
비교예6	840	0.05	20	2.6

비교예1 및 비교예2는 압연온도가 A1온도 이하로서, 구형 세멘타이트 분율이 10% 미만으로 낮게 측정되었으며, 이는 도2(A, D)를 통하여 확인할 수 있다. 비교예3 내지 6은 압연온도가 A1온도 이상이지만 냉각속도가 0.05℃/s로 너무 빨라서, 구상 세멘타이트 분율이 20~30%로 측정되었으며, 애스팩트비 및 경도 또한 높게 측정되었다. 비교예3 및 비교예4의 미세조직은 도2(E, F)를 통하여 확인할 수 있다.

반면에, 발명예1 내지 4는 구형 세멘타이트의 분율이 50%이상이며, 경도는 250Hv 이하이고, 애스팩트비 1~2.5 범위내였다. 이 중 발명예1 및 2는 도2(B, C)를 통하여 확인할 수 있다.

또한, 발명예1 내지 4, 비교예1 내지 6에 대하여, 냉각속도, 압연온도 및 경도의 상관관계의 그래프를 도3에 나타내었다.

【청구의 범위】

【청구항 1】

중량%로, C: 0.7-1.5%, Si: 0.005-2.0%, Mn: 0.2-1.5%, Al: 0.03% 이하, P: 0.02% 이하, S: 0.02% 이하, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 구형 세멘타이트를 함유한 페라이트 및 펄라이트를 포함하는 고탄소 연질 선재.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 선재는 Cr: 1.5% 이하, Mo: 0.5% 이하, Ni: 1.0% 이하 및 V: 0.5% 이하 중 1종 이상을 추가로 포함하는 고탄소 연질 선재.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 선재는 구형 세멘타이트를 함유한 페라이트의 면적분율이 30% 이상인 고탄소 연질 선재.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 선재의 구형 세멘타이트는 애스팩트비(Aspect ratio)가 1~2.5인 구형 세멘타이트를 50%이상 포함한 고탄소 연질 선재.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 선재는 경도가 250Hv 이하인 고탄소 연질 선재.

【청구항 6】

제1항에 있어서, 상기 선재는 인장강도가 75kg/㎟ 이하인 고탄소 연질 선재.

【청구항 7】

연질화 처리 생략이 가능한 고탄소 연질 선재의 제조방법에 있어서, 중량%로, C: 0.7-1.5%, Si: 0.005-2.0%, Mn: 0.2-1.5%, Al: 0.03% 이하, P: 0.02% 이하, S: 0.02% 이하, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한 빌렛을 A3이상의 온도에서 오스테나이트화하는 단계;

A1~A1+80℃에서 마무리 압연하는 단계; 및

상기 압연한 선재를 0.03℃/s 이하의 냉각속도로 A1-50℃ ~ A1-150℃ 범위로 냉각하는 단계를 포함하는 고탄소 연질 선재의 제조방법.

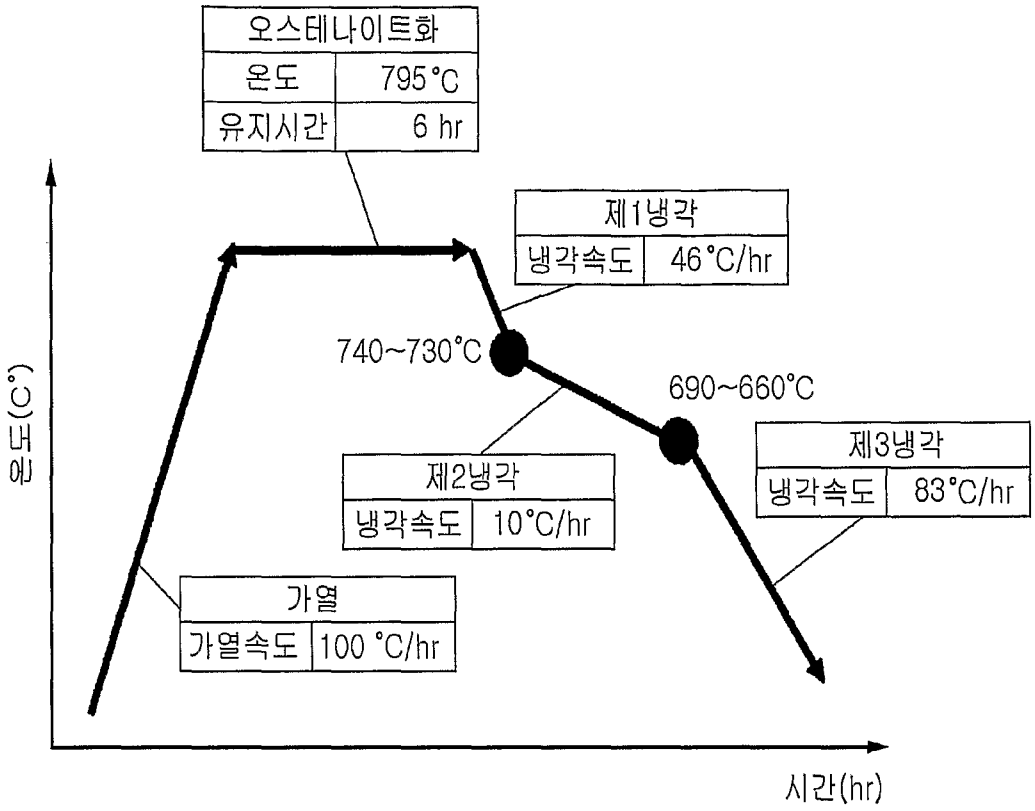
【청구항 8】

제7항에 있어서, 상기 선재는 Cr: 1.5% 이하, Mo: 0.5% 이하, Ni: 1.0% 이하 및 V: 0.5% 이하 중 1종 이상을 추가로 포함하는 고탄소 연질 선재의 제조방법.

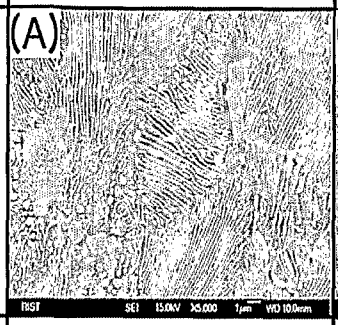
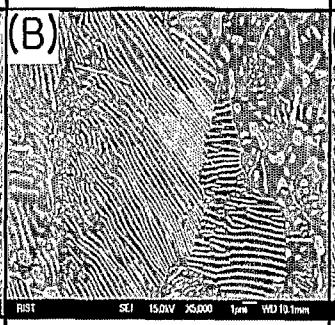
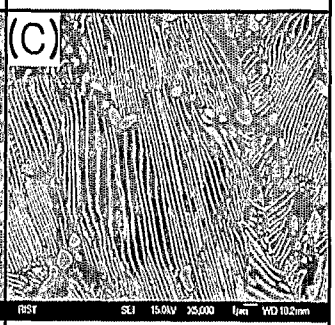
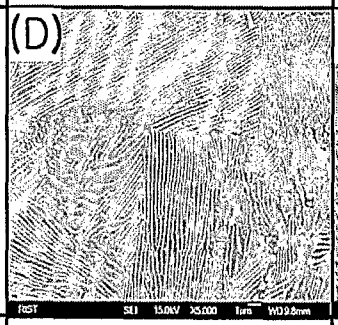
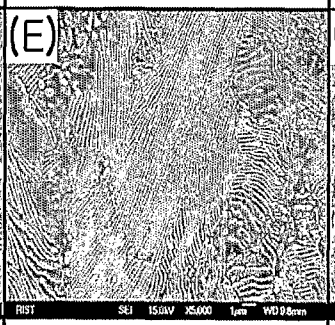
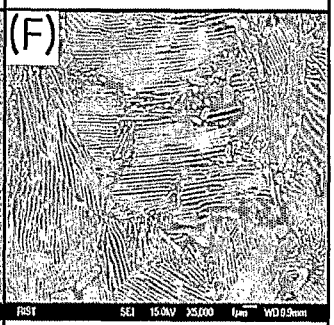
【청구항 9】

제7항에 있어서, 상기 냉각단계 후 5~20℃/s의 냉각속도로 상온까지 냉각하는 단계를 더 포함하는 고탄소 연질 선재의 제조방법.

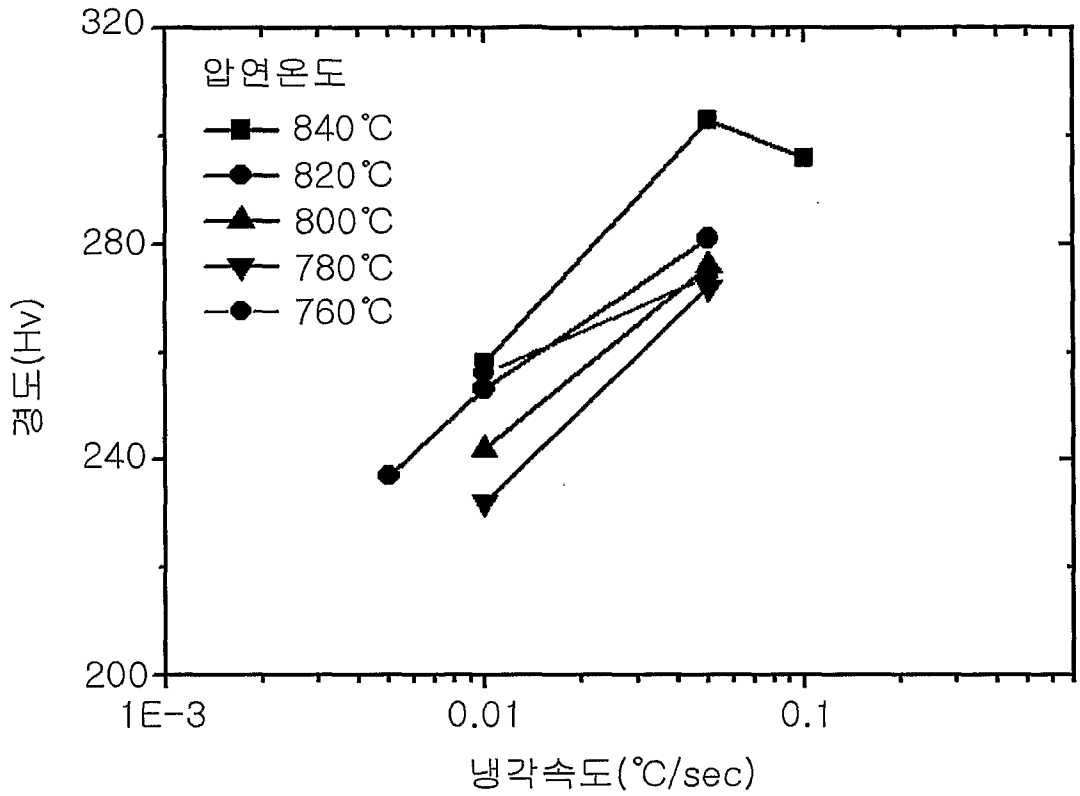
【도면】
【도 1】


오스테나이트화
온도 795°C
유지시간 6 hr
제1냉각
냉각속도 46°C/hr
740~730°C
690~660°C
제2냉각
냉각속도 10°C/hr
제3냉각
냉각속도 83°C/hr
가열
가열속도 100 °C/hr
온도(°C)
시간(hr)

【도 2】

	압연온도 760℃	압연온도 780℃	압연온도 800℃
냉각속도 0.01 ℃/sec			
경도	256 Hv	232 Hv	242 Hv
냉각속도 0.05 ℃/sec			
경도	275 Hv	272 Hv	276 Hv

【도 3】


320
280
240
200
경도(Hv)
압연온도
840℃
820℃
800℃
780℃
760℃
1E-3
0.01
0.1
냉각속도(℃/sec)