(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016 년 5 월 12 일 (12.05.2016)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2016/072679 A1

(51) 국제특허분류:
C22C 38/14 (2006.01) *C22C 38/32* (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) *C21D 8/06* (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2015/011650

(22) 국제출원일: 2015 년 11 월 2 일 (02.11.2015)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2014-0151494 2014 년 11 월 3 일 (03.11.2014) KR
10-2015-0144758 2015 년 10 월 16 일 (16.10.2015) KR

(71) 출원인: 주식회사 포스코 (POSCO) [KR/KR]; 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동), Gyeongsangbuk-do (KR).

(72) 발명자: 이형직 (LEE, Hyong-Jik); 37877 경상북도 포항시 남구 동해안로 6262 포항제철소내, Gyeongsangbuk-do (KR). 류근수 (RYU, Geun-Soo); 37877 경상북도 포항시 남구 동해안로 6262 포항제철소내, Gyeongsangbuk-do (KR).

(74) 대리인: 특허법인 씨엔에스 (C&S PATENT AND LAW OFFICE); 06292 서울시 강남구 언주로 30 길 13 대림아크로텔 7 층, 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) **Title**: WIRE ROD HAVING ENHANCED STRENGTH AND IMPACT TOUGHNESS AND PREPARATION METHOD FOR SAME

(54) **발명의 명칭** : 강도와 충격 인성이 우수한 선재 및 그 제조방법

(57) **Abstract**: The present invention relates to a wire rod having enhanced strength and impact toughness and a preparation method for same, the wire rod which can be used for components of an industrial machine, vehicle and the like that are exposed to various environments of external loads.

(57) **요약서**: 본 발명은 다양한 외부 부하 환경에 노출되는 산업기계, 자동차 등의 부품에 사용될 수 있는 강도와 충격 인성이 우수한 선재와 이를 제조하는 방법에 관한 것이다.

WO 2016/072679 A1

명세서

발명의 명칭: 강도와 충격 인성이 우수한 선재 및 그 제조방법

기술분야

[1] 본 발명은 다양한 외부 부하 환경에 노출되는 산업기계, 자동차 등의 부품에 사용될 수 있는 강도와 충격 인성이 우수한 선재와 이를 제조하는 방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

[3] 최근, 환경오염의 주범으로 지목되고 있는 이산화탄소의 배출을 줄이기 위한 노력이 전세계적인 이슈가 되고 있다. 그 일환으로 자동차의 배기가스를 규제하는 움직임이 활발하며, 이에 대한 대책으로 자동차 메이커들은 연비 향상을 통해 이 문제를 해결해 나가려고 하고 있다. 그런데 연비 향상을 위해서는 자동차의 경량화 및 고성능화가 요구되므로, 이에 따른 자동차용 소재 또는 부품의 고강도 필요성이 증대되고 있다. 또한 외부 충격에 대한 안정성의 요구도 높아지고 있으므로, 충격인성도 소재 또는 부품의 중요한 물성으로 인식되고 있다.

[4]

[5] 페라이트 또는 펄라이트 조직의 선재는 우수한 강도 및 충격 인성을 확보하는데 한계가 있다. 이들 조직을 갖는 소재는 통상 충격 인성은 높은 반면, 강도는 상대적으로 낮은 특징이 있으며, 강도를 높이기 위해서 냉간 신선을 행하게 되면 고강도를 얻을 수 있으나, 충격 인성은 강도 상승에 비례해 급격하게 저하되는 단점이 있다.

[6]

[7] 따라서, 일반적으로 우수한 강도와 충격 인성을 동시에 구현하기 위해서는 베이나이트 조직이나 템퍼드 마르텐사이트 조직을 이용하게 된다. 베이나이트 조직은 열간 압연한 강재를 사용하여 항온변태 열처리를 통해 얻을 수 있고, 템퍼트 마르텐사이트 조직은 담금질 및 뜨임 열처리를 통해 얻을 수 있다. 그러나, 통상의 열간 압연 및 연속 냉각 공정만으로 이러한 조직들은 안정적으로 얻을 수 없기 때문에 열간 압연된 강재를 사용하여 상기와 같은 추가적인 열처리 공정을 거쳐야만 한다.

[8]

[9] 추가적인 열처리를 하지 않고도 고강도 및 우수한 충격 인성을 확보할 수 있다면, 소재로부터 부품 생산에 이르기까지 공정의 일부가 생략되거나 단순해질 수 있어 생산성을 향상시키고, 제조원가를 낮출 수 있는 장점이 있다.

[10] 그러나, 추가적인 열처리 공정 없이 열간압연 및 연속 냉각 공정을 이용하여 베이나이트 또는 마르텐사이트 조직을 안정적으로 얻을 수 있는 선재는 아직

개발되지 못하고 있어, 이러한 선재 개발에 대한 요구가 대두되고 있다.

[11]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[12] 본 발명은 추가 열처리 공정 없이 열간압연 및 연속 냉각 공정만으로 고강도와 우수한 충격 인성을 가질 수 있는 선재 및 이를 제조하는 방법을 제공하고자 하는 것이다.

[13] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

[14]

과제 해결 수단

[15] 본 발명의 일태양은 중량%로, 탄소(C): 0.05~0.15%, 실리콘(Si): 0.2% 이하, 망간(Mn): 3.0~4.0%, 인(P): 0.020% 이하, 황(S):0.020% 이하, 보론(B): 0.0010~0.0030%, 타이타늄(Ti): 0.010~0.030%, 질소(N): 0.0050% 이하, 알루미늄(Al): 0.010~0.050%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고,

[16] 미세조직은 면적분율로, 90% 이상의 베이니틱 페라이트와 나머지는 도상 마르텐사이트(M/A)를 포함하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재를 제공한다.

[17]

[18] 본 발명의 또다른 일태양은 중량%로, 탄소(C): 0.05~0.15%, 실리콘(Si): 0.2% 이하, 망간(Mn): 3.0~4.0%, 인(P): 0.020% 이하, 황(S):0.020% 이하, 보론(B): 0.0010~0.0030%, 타이타늄(Ti): 0.010~0.030%, 질소(N): 0.0050% 이하, 알루미늄(Al): 0.010~0.050%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 강재를 재가열하는 단계;

[19] 상기 재가열된 강재를 열간 압연하는 단계;

[20] 상기 열간 압연 후, Bf~Bf-50℃의 온도범위까지 0.1~2℃/s의 속도로 냉각하는 단계; 및

[21] 상기 냉각된 강재를 공냉하는 단계를 포함하는 강도 및 충격 인성이 우수한 선재의 제조방법을 제공한다.

[22]

발명의 효과

[23] 상술한 구성에 따른 본 발명은, 열간 압연 및 연속 냉각 공정만을 이용하여 산업기계 및 자동차용 소재 또는 부품에서 요구되는 강도 및 충격 인성이 우수한 선재를 제공할 수 있다.

[24] 또한, 종래의 추가적인 열처리 공정을 생략할 수 있어서, 전체 제조비용을 절감하는데 매우 유리하다.

[25]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[26] 이하, 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

[27] 먼저, 본 발명의 선재에 대해 상세히 설명한다. 본 발명의 선재는 중량%로, 탄소(C): 0.05~0.15%, 실리콘(Si): 0.2% 이하, 망간(Mn): 3.0~4.0%, 인(P): 0.020% 이하, 황(S): 0.020% 이하, 보론(B): 0.0010~0.0030%, 타이타늄(Ti): 0.010~0.030%, 질소(N): 0.0050% 이하, 알루미늄(Al): 0.010~0.050%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.

[28]

[29] 이하, 본 발명의 선재의 강 성분과 조성범위의 한정이유를 상세히 설명한다(이하, 중량%임).

[30] 탄소(C): 0.05~0.15%

[31] 탄소는 강도를 확보하기 위한 필수적인 원소로서, 강중에 고용되거나 탄화물 또는 세멘타이트 형태로 존재한다. 강도의 증가를 위해 가장 손쉽게 할 수 있는 방법이 탄소 함량을 증가시켜 탄화물이나 세멘타이트를 형성시키는 일이지만, 반대로 연성과 충격 인성은 감소하기 때문에 일정한 범위내로 탄소의 첨가량을 조절할 필요가 있다. 본 발명에서는 C 함량을 0.05~0.15% 범위로 첨가함이 바람직한데, 이는 탄소 함량이 0.05% 미만이면 목표 강도를 얻기 힘들고, 0.15%를 초과하면 충격 인성이 급격히 감소할 수 있기 때문이다.

[32]

[33] 실리콘(Si): 0.2% 이하

[34] 실리콘은 알루미늄과 함께 탈산 원소로 알려져 있고, 강도를 향상시키는 원소이다. 실리콘은 첨가시 페라이트에 고용되어 강재의 고용 강화를 통한 강도 증가에 매우 효과가 큰 원소로 알려져 있다. 그러나, 실리콘 첨가에 의해 강도는 크게 증가하지만 연성과 충격 인성은 급격히 감소하기 때문에 충분한 연성을 필요로 하는 냉간 단조 부품의 경우 실리콘 첨가를 매우 제한하고 있다. 본 발명에서는 강도 하락을 최소화하면서, 우수한 충격 인성을 확보하기 위해서, 상기 실리콘의 함량을 0.2%이하로 포함한다. 실리콘 함량이 0.2%를 초과하면 목표 충격인성의 확보가 어려울 수 있기 때문이다. 보다 바람직하게는 0.1%이하로 포함한다.

[35]

[36] 망간(Mn): 3.0~4.0%

[37] 망간은 강재의 강도를 증가시키고, 경화능을 향상시켜 넓은 범위의 냉각속도에서 베이나이트 또는 마르텐사이트와 같은 저온조직의 형성을 용이하게 한다. 그러나 망간 함량이 3.0% 미만이면 경화능이 충분하지 못해 열간압연 후 연속냉각 공정으로 저온조직을 안정적으로 확보하기 곤란해 진다. 또한 4.0%를 초과하면 경화능이 너무 높아 공냉시에도 마르텐사이트 조직을 얻을 수 있기 때문에 적합하지 못하다. 이를 고려하여, 본 발명에서는 망간의

함량을 3.0~4.0%로 포함하는 것이 바람직하다.

[38]

[39] 인(P): 0.020% 이하

[40] 상기 인은 결정립계에 편석되어 인성을 저하시키고, 지연파괴 저항성을 감소시키는 주요 원인이므로, 가능한 포함되지 않는 것이 바람직하며, 이러한 이유로 본 발명에서는 그 상한을 0.020%로 한정한다.

[41]

[42] 황(S): 0.020% 이하

[43] 상기 황은 결정립계에 편석되어 인성을 저하시키고 저융점 유화물을 형성시켜 열간 압연을 저해하므로, 가능한 포함되지 않는 것이 바람직하다. 이러한 이유로 본 발명에서는 그 상한을 0.020%로 한정한다.

[44]

[45] 보론(B): 0.0010~0.0030%

[46] 상기 보론은 경화능을 향상시키는 원소로서, 오스테나이트 결정립계로 확산되어 냉각시 페라이트의 생성을 억제하고, 베이나이트 또는 마르텐사이트 형성을 용이하게 하는 원소이다. 그러나, 그 첨가량이 0.0010% 미만이면 첨가에 따른 효과를 기대할 수 없으며, 0.0030%를 초과하면 더 이상 효과 상승을 기대할 수 없음과 아울러 입계에 보론계 질화물의 석출로 인해 입계강도가 저하되어 열간 가공성을 저하시킬 수 있다. 따라서, 이러한 점을 고려하여, 본 발명에서는 보론의 첨가범위를 0.0010~0.0030%로 한다.

[47]

[48] 타이타늄(Ti): 0.010~0.030%

[49] 상기 타이타늄은 질소와의 반응성이 가장 커서 제일 먼저 질화물을 형성한다. 타이타늄 첨가로 TiN을 형성하여 강중의 질소를 대부분 소진하게 되면 BN의 석출을 막아 붕소가 용해(soluble)된 상태로 존재할 수 있도록 도와 경화능 향상의 효과를 얻을 수 있다. 그러나, 그 첨가량이 0.010% 미만이면 첨가에 따른 효과가 미흡하고, 0.030%를 초과하면 조대한 질화물을 형성해 기계적 물성을 열위하게 할 수 있다. 이러한 점을 고려하여, 본 발명에서는 상기 타이타늄의 함량을 0.010~0.030%로 한다.

[50]

[51] 질소(N): 0.0050% 이하

[52] 상기 질소는 보론과 용해(soluble)된 상태로 유지되어, 경화능 향상 효과를 충분히 발휘하기 위해서, 가능한 포함되지 않아야 한다. 따라서, 본 발명에서는 그 함량이 0.0050% 이하로 것이 바람직하다.

[53]

[54] 알루미늄(Al): 0.010~0.050%

[55] 알루미늄은 강력한 탈산 원소로서 강중의 산소를 제거해 청정도를 높일 뿐만 아니라, 강중에 고용된 질소와 결합하여 AlN을 형성함으로써, 충격 인성을

향상시킬 수 있다. 본 발명에서는 알루미늄을 적극적으로 첨가하지만 함유량이 0.010% 미만이면, 그 첨가 효과를 기대하기 어렵고, 0.050%를 초과하면 알루미나 개재물이 다량 생성되어 기계적 물성을 크게 저하시킬 수 있다. 이러한 점을 고려하여 본 발명에서는 알루미늄의 함량을 0.010~0.050%의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[56]

[57] 상기 조성 이외에, 추가적으로 크롬(Cr)을 0.3% 미만으로 포함할 수 있다. 상기 크롬은 망간과 유사하게 강재의 강도와 경화능을 증가시킨다. 크롬 함유량이 0.3% 이상이면 경화능 향상 및 고용강화 효과로 강도는 증가할 수 있지만, 오히려 충격 인성은 저하될 수 있다. 이를 고려하여, 본 발명에서는 크롬의 함량을 0.3% 미만으로 그 범위를 포함하는 것이 바람직하다.

[58]

[59] 상기 조성 이외에 나머지는 Fe와 불가피한 불순물을 포함한다. 본 발명에서는 상기 언급된 합금 조성이외에 다른 합금의 추가를 배제하지 않는다.

[60]

[61] 한편, 본 발명에서는 상기 망간(Mn), 타이타늄(Ti), 보론(B) 및 질소(N)의 함량이 하기 관계식 1을 만족하도록 함유됨이 바람직하다.

[62] [관계식 1]

[63] $Mn+5(Ti-3.5N)/B \geq 5.0$

[64] 단, 상기 관계식 1에서 망간(Mn), 타이타늄(Ti), 보론(B) 및 질소(N)는 각각 해당원소의 중량기준 함량을 의미한다.

[65]

[66] 본 발명에서 망간은 경화능을 높여서 냉각속도가 상대적으로 작은 경우에도 베이니틱 페라이트가 용이하게 생성되도록 돕는다. 그리고, 타이타늄은 질소와 결합하여 질화물을 형성하고, 보론이 강중에 충분히 고용되게 함으로써 페라이트 생성을 억제하고 베이니틱 페라이트가 용이하게 생성되게 한다.

[67] 본 발명의 발명자들은 위와 같은 점에 착안하여 연구와 실험을 거듭한 결과, 상기 망간, 타이타늄, 보론 및 질소의 관계가 중량% 기준으로 $Mn+5(Ti-3.5N)/B \geq 5.0$ 를 만족했을 때, 보다 우수한 강도와 충격 인성을 가지는 베이티닉 페라이트 조직의 선재를 제공할 수 있음을 인지하고, 상기 관계식 1을 도출하게 된 것이다.

[68]

[69] 또한, 본 발명에서 상기 망간(Mn) 및 실리콘(Si)의 함량은 하기 관계식 2를 만족하도록 함유되는 것이 바람직하다.

[70] [관계식 2]

[71] $Mn/Si \geq 18$

[72] 단, 상기 관계식 2에서 망간(Mn) 및 실리콘(Si)은 각각 해당원소의 중량기준 함량을 의미한다.

[73] 본 발명에서 망간은 경화능을 높여서 냉각속도가 상대적으로 작은 경우에도

베이나이트가 쉽게 생성되도록 돕는다. 그리고 실리콘은 강중에 고용되어 강도는 증가시키지만 충격인성은 떨어뜨리는 단점이 있다.

[74] 본 발명자들은 상기 점에 착안하여 연구와 실험을 거듭한 결과, 상기 망간과 실리콘의 관계가 중량% 기준으로 $Mn/Si \geq 18$를 만족했을 때, 보다 우수한 강도와 충격인성을 가지는 베이니틱 페라이트 조직의 선재를 제공할 수 있음을 확인하고 본 조성성분 관계식을 제시하는 것이다.

[75]

[76] 한편, 본 발명의 선재는 임의의 단면 영역에서 망간의 최대 농도$[Mn_{max}]$와 최소 농도$[Mn_{min}]$의 비가 하기 관계식 3을 만족하는 것이 바람직하다.

[77] [관계식 3]

[78] $[Mn_{max}]/[Mn_{min}] \leq 3$

[79] 본 발명에서 망간은 경화능을 높여서 냉각속도가 상대적으로 작은 경우에도 베이니틱 페라이트가 쉽게 생성되도록 돕지만, 국부적으로 망간이 편석되어 있으면 마르텐사이트가 쉽게 생성될 수 있고, 망간이 고갈된 영역에서는 페라이트가 형성될 수 있어 미세조직이 불균일해지고, 충격 인성이 열위해질 수 있다.

[80] 본 발명자들은 상기 점에 착안하여 연구와 실험을 거듭한 결과, 상기 선재의 임의의 단면 영역에서 망간의 최대 농도와 최소 농도의 비가 3 이하일 때 우수한 강도와 충격 인성을 가지는 베이니틱 페라이트 조직의 선재를 제공할 수 있음을 확인하고 본 관계식을 제시하는 것이다.

[81]

[82] 이하, 본 발명의 미세조직에 대해 상세히 설명한다.

[83] 본 발명의 선재의 미세조직은 90 면적% 이상의 베이니틱 페라이트와 잔부 도상 마르텐사이트(Martensite Austenite constituent, M/A)를 포함하는 것이 바람직하다. 한편, 베이나이트는 탄소함량이나 형태(morphology)에 따라 다양한 용어로 불릴 수 있다. 통상적으로 중탄소(약 0.2~0.45wt%) 이상에서는 상부/하부 베이나이트(upper/lower bainite)로 불린다. 그러나, 0.2% 이하의 저탄소 범위에서는 온도 영역에 따라 베이니틱(bainitic) 페라이트, 침상(acicular) 페라이트, 그래뉼라(granular) 페라이트 등으로 불린다. 본 발명에서는 저탄소 영역이어서, 베이니틱 페라이트 조직을 포함한다.

[84]

[85] 본 발명의 선재의 미세조직은 베이니틱 페라이트가 90 면적% 이상을 포함하고 있으므로, 우수한 강도와 충격 인성을 확보할 수 있다. 베이니틱 페라이트가 아닌 통상의 페라이트가 상분율이 많아지게 되면 충격 인성 측면에서는 유리할 수 있으나, 강도의 저하를 막을 수 없으므로, 바람직하지 않다.

[86]

[87] 한편, 상기 도상 마르텐사이트는 주상인 베이니틱 페라이트 결정립계를 따라 형성되며, 그 분율이 높을 경우에는 강재의 강도가 높아질 수 있으나, 충격

인성이 나빠질 수 있기 때문에, 가능한 그 분율을 낮게 관리하는 것이 바람직하다. 이를 고려하여, 본 발명에서는 상기 도상 마르텐사이트의 분율이 면적%로, 10% 이하(다시 말해, 주상인 베이니틱 페라이트 조직을 90% 이상)으로 관리하는 것이 바람직하다. 이러한 본 발명 선재의 미세조직을 얻기 위해서는 본 발명에서는 강재를 열간압연한 후, 냉각시 냉각종료 온도와 냉각속도를 조절함으로써, 효과적으로 달성할 수 있다.

[88] 한편, 상기 도상 마르텐사이트(M/A)의 결정립도는 5㎛ 이하인 것이 바람직하다. 상기 도상 마르텐사이트(M/A)의 결정립도가 5㎛를 초과할 경우에는 베이니틱 페라이트 기지와 접하는 계면의 면적이 커지기 때문에 충격 인성이 열위해질 수 있다.

[89]

[90] 다음으로, 본 발명의 선재를 제조하는 방법에 대해 상세히 설명한다.

[91] 본 발명의 선재의 제조방법은, 상술한 조성을 갖는 강을 마련한 후, 이를 재가열하는 공정; 상기 재가열된 강재를 열간 압연하는 단계; 상기 열간 압연한 후, Bf~Bf-50℃의 온도범위까지 0.1~2℃/s의 속도로 냉각하는 공정; 및 상기 냉각된 강재를 공냉하는 공정;을 포함한다.

[92]

[93] 먼저, 본 발명에서는 상술한 조성성분을 갖는 강재를 마련한 후, 이를 재가열 한다. 본 발명에서 채용할 수 있는 재가열 온도 범위는 1000~1100℃ 범위를 이용하면 좋다.

[94] 상기 강재의 형태는 특별히 한정되지 않으나, 통상적으로는 블룸(bloom)이나 빌렛(billet) 형태인 것이 바람직하다.

[95]

[96] 이어, 상기 재가열된 강재를 열간 압연하여 선재를 제조한다. 상기 열간 압연의 마무리 열간 압연 온도는 특별히 한정되지 않으나, 850~950℃ 범위로 관리하는 것이 바람직하다.

[97]

[98] 상기 열간 압연된 강재는 냉각처리되는데, 상기 냉각은 Bf~Bf-50℃의 온도범위까지 0.1~2℃/s의 냉각속도로 냉각하는 것이 바람직하다. 냉각 종료 온도가 Bf를 초과하면 충분한 양의 베이니틱 페라이트 조직을 확보하기 어렵고, Bf-50℃ 미만이면 강재가 충분히 식어 취급은 용이하나, 생산성을 떨어뜨리기 때문에 냉각종료온도는 Bf~Bf-50℃의 온도범위로 하는 것이 바람직하다. 상기 Bf는 오스테나이트에서 베이나이트 또는 베이니틱 페라이트로의 상변태가 종료되는 온도를 의미한다.

[99]

[100] 본 발명에서는 열간 압연 후 연속 냉각을 수행하여 베이니틱 페라이트 조직을 확보함으로써 우수한 강도와 충격 인성을 확보한다. 이에, 기존에 행했던 담금질 및 템퍼링과 같은 열처리를 생략할 수 있어, 추가 공정을 요하지 않아 제조원가

측면에서 매우 유리한 장점이 있다.

[101]

[102] 또한, 본 발명에서는 냉각 개시 온도에서부터 냉각 종료 온도까지의 구간을 0.1~2℃/s의 냉각속도로 냉각함이 바람직하다. 상기 냉각속도가 0.1℃/s 미만이면 초석 페라이트의 형성이 많아지고, 2℃/s 초과하게 되면, 마르텐사이트의 형성이 많아져 강도와 충격 인성을 열위하게 만들기 때문에, 본 발명에 냉각속도는 0.1~2℃/s로 관리하는 것이 바람직하다.

[103] 상술한 바와 같이 냉각구간에서 냉각 속도 확보를 통하여, 면적분율 90% 이상의 베이니틱 페라이트를 갖는 강도와 충격 인성이 우수한 선재를 얻을 수 있다.

[104]

발명의 실시를 위한 형태

[105] 이하, 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 하기 실시예는 본 발명의 이해를 위한 것일 뿐, 실시예에 의해 본 발명을 한정하는 것은 아니다.

[106] (실시예)

[107] 하기 표 1의 조성 성분을 갖는 용강을 주조한 후, 이를 1100℃로 재가열한 후 직경 15mm로 선재 압연한 후, 표 2의 냉각속도로 Bf 온도 이하인 300℃까지 냉각한 이후 공냉하여 선재를 제조하였다. 한편, 베이나이트 상변태 종료 온도인 Bf는 Dilatometer를 이용하여 측정하였고, 화학조성이 따라 다소 차이가 나며, 300~350℃의 범위를 보였다.

[108]

[109] 이렇게 제조된 선재를 미세조직을 분석하여 표 2에 나타내었으며, 인장강도와 충격 인성을 측정하여 표 2에 나타내었다. 상기 선재의 미세조직 중 도상 마르텐사이트(M/A)의 면적 분율과 결정립도는 화상 분석기(Image Analyzer)를 이용하여 측정하였고, 망간의 농도는 EPMA(Electron Probe Micro-Analysis)를 이용하여 측정하였다.

[110]

[111] 그리고, 상온 인장시험은 crosshead speed를 항복점까지는 0.9mm/min, 그 이후로는 6mm/min의 속도로 실시하여 측정하였다. 또한 충격 시험은 시편에 충격을 가하는 striker의 edge부 곡률이 2mm이고, 시험 용량이 500J인 충격시험기를 이용하여 상온에서 실시하여 측정하였다.

[112]

[113] [표1]

No.	조성성분(중량%)										관계식 1	관계식 2
	C	Si	Mn	Cr	P	S	Ti	B	N	Al		
1	0.12	0.19	3.1	0.15	0.018	0.019	0.015	0.0025	0.0044	0.023	2.3	16.3
2	0.08	0.18	3.7	-	0.017	0.020	0.020	0.0016	0.0049	0.015	12.6	20.6
3	0.10	0.13	3.6	0.18	0.014	0.017	0.017	0.0028	0.0042	0.040	7.7	27.7
4	0.07	0.20	3.4	0.07	0.011	0.015	0.025	0.0030	0.0036	0.033	24.1	17.0
5	0.11	0.18	3.5	0.24	0.016	0.013	0.030	0.0023	0.0039	0.038	39.0	19.4
6	0.05	0.16	3.8	0.22	0.015	0.015	0.011	0.0024	0.0044	0.043	-5.4	23.8
7	0.07	0.16	3.2	0.11	0.014	0.016	0.023	0.0017	0.0050	0.026	19.4	20.0
8	0.06	0.09	**3**	-	0.013	0.011	0.027	0.0018	0.0048	0.020	31.3	33.3
9	0.10	0.15	3.9	0.10	0.020	0.014	0.017	0.0027	0.0037	0.030	11.4	26.0
10	0.13	0.19	3.3	0.16	0.016	0.018	0.013	0.0018	0.0045	0.035	-4.3	17.4
11	0.11	0.18	4	0.05	0.009	0.020	0.019	0.0022	0.0040	0.044	15.4	22.2
12	0.25	0.16	3.4	-	0.014	0.013	0.030	0.0025	0.0037	0.019	37.5	21.3
13	0.15	0.25	3.3	0.13	0.011	0.015	0.021	0.0020	0.0050	0.022	12.1	13.2
14	0.11	0.15	2	0.07	0.018	0.014	0.018	0.0005	0.0043	0.031	31.5	13.3
15	0.09	0.17	3.6	-	0.016	0.017	0.021	0.0025	0.0041	0.028	16.9	21.2

16	0.08	0.16	3.2	0.21	0.011	0.016	0.02	0.002 1	0.004 7	0.017	11.7	20.0
17	0.06	0.15	3.5	0.17	0.012	0.011	0.005	0.002 7	0.003 5	0.034	-9.9	23.3
18	0.07	0.18	4.3	0.12	0.010	0.012	0.016	0.001 8	0.004 8	0.026	2.1	23.9

[114] (상기 표 1에서 관계식 1은 Mn+5(Ti-3.5N)/B, 관계식 2는 Mn/Si이며, 나머지는 Fe와 불가피한 불순물임)

[115]

[116] [표2]

구분	No.	냉각속도(℃/s)	M/A 분율(%)	M/A 결정립도(㎛)	인장강도(MPa)	충격인성(J)	관계식 3
발명예	1	0.5	7	3.9	659	158	2.1
	2	1	8	3.3	660	163	2.6
	3	0.2	5	4.7	652	180	2.3
	4	2	10	2.0	680	159	2.4
	5	1.3	9	2.4	664	160	2.2
	6	1.9	9	2.1	670	152	2.8
	7	1.5	8	2.3	665	168	2.3
	8	0.3	5	4.6	635	199	2.0
	9	0.8	7	3.5	657	172	2.7
	10	0.7	7	3.8	650	155	2.2
	11	1.1	8	3.3	663	165	2.9
비교예	12	2	15	2.5	730	100	2.4
	13	1	11	3.5	754	87	2.4
	14	0.7	9	2.4	543	172	1.6
	15	3	12	1.7	700	94	2.6
	16	0.05	4	6.1	557	157	2.3
	17	1	2	8.6	560	151	2.5
	18	1.8	8	3.2	825	80	3.3

[117] (상기 표 2에서 관계식 3은 $[Mn_{max}]/[Mn_{min}]$임)

[118]

[119] 상기 표 1 및 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 강조성 및 제조방법을 만족하는 발명예 1 내지 11은 모두 90 면적% 이상의 베이니틱 페라이트가 얻어짐을 알 수 있으며, 기계적 물성 또한 600~700MPa의 인장강도와 150~200J의 우수한 충격 인성을 나타냄을 알 수 있다.

[120] 발명예 8은 실리콘의 함량이 0.1 중량% 이하로서, 충격 인성이 더욱 향상되는 것을 확인할 수 있다. 상기 발명예들 중에서 망간과 타이타늄과 보론과 질소의 관계식 1(Mn+5(Ti-3.5N)/B ≥ 5.0) 및 망간과 실리콘의 관계식 2(Mn/Si ≥ 18)을 모두 만족하는 발명예 2, 3, 5, 7, 6, 9 및 11은 그렇지 않은 경우와 비교할 때, 충격인성이 더욱 우수해지는 것을 알 수 있다.

[121] 즉, 상기 발명예들 중에서 관계식 1(Mn+5(Ti-3.5N)/B ≥ 5.0) 및/또는 관계식 2(Mn/Si ≥ 18)를 만족하지 않는 발명예 1, 4, 6 및 10은 충격인성이 다소 열위해지는 것을 알 수 있다.

[122]

[123] 이에 반하여, 비교예 12는 탄소 함량이 높아져 인장 강도는 우수하나, 충격 인성은 열위해지는 것을 확인할 수 있는데, 이는 탄소가 M/A상에 고용되어 안정한 M/A상을 증가되었기 때문이다. 비교예 13은 실리콘 함량이 본 발명의 범위를 벗어난 경우로서, 실리콘 또한 탄소와 유사하게 그 첨가량이 많아짐에 따라 기지에 고용량이 증가하고 결국 고용강화의 효과를 나타내게 된다. 즉, 실리콘 첨가량이 0.25% 수준에서도 인장 강도는 매우 커지지만 그와 함께 충격 인성은 급격히 감소하게 된다. 비교예 14는 망간 및 보론의 첨가량이 적어 강재의 경화능을 떨어뜨리기 때문에 냉각조건을 만족하더라도 페라이트와 베이니틱 페라이트 조직이 혼립되어 인장 강도가 감소한 것을 확인할 수 있다.

[124]

[125] 한편, 비교예 15는 강조성 성분은 본 발명의 범위를 만족하나 제조공정에서 냉각속도가 빨라짐에 따라 마르텐사이트가 형성되어 강도는 증가하지만, 충격인성은 나빠짐을 보여주고 있다. 비교예 16은 그 강조성 성분은 본 발명의 범위를 만족하나, 제조공정에서 냉각속도가 느린 경우로서, 페라이트가 형성되어 강도는 감소한 것을 보여주고 있다.

[126]

[127] 또한, 비교예 17은 타이타늄의 첨가량이 적은 경우로서, solute 보론량이 감소하기 때문에 경화능이 감소하고, 냉각속도도 작을 경우 초석 페라이트 석출량이 많아져 인장강도는 감소한 것을 보여주고 있다.

[128] 아울러, 비교예 18은 망간이 많이 첨가될 경우, 상대적으로 경화능이 너무 커지기 때문에 발명에서 제시한 냉각속도로 냉각하더라도 마르텐사이트가 생성되어 강도가 증가한 반면, 충격인성이 떨어지는 것을 나타내고 있다. 그리고, 강중에 망간이 편석되어 있기 때문에 국부적으로 불균일한 조직의 형성으로 인해서도 충격인성이 열위해지고 있음을 보여준다.

청구범위

[청구항 1] 중량%로, 탄소(C): 0.05~0.15%, 실리콘(Si): 0.2% 이하, 망간(Mn): 3.0~4.0%, 인(P): 0.020% 이하, 황(S):0.020% 이하, 보론(B): 0.0010~0.0030%, 타이타늄(Ti): 0.010~0.030%, 질소(N): 0.0050% 이하, 알루미늄(Al): 0.010~0.050%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고,
미세조직은 면적분율로, 90% 이상의 베이니틱 페라이트와 나머지는 도상 마르텐사이트(M/A)를 포함하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재.

[청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 선재는 크롬(Cr): 0.3% 미만을 추가적으로 포함하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재.

[청구항 3] 청구항 1에 있어서,
상기 망간(Mn), 타이타늄(Ti), 보론(B) 및 질소(N)의 함량은 하기 관계식 1을 만족하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재.
[관계식 1]
$Mn+5(Ti-3.5N)/B \geq 5.0$

[청구항 4] 청구항 1에 있어서,
상기 망간(Mn) 및 실리콘(Si)의 함량은 하기 관계식 2를 만족하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재.
[관계식 2]
$Mn/Si \geq 18$

[청구항 5] 청구항 1에 있어서,
상기 선재는 임의의 단면에서 망간의 최대 농도[Mn_{max}]와 최소 농도[Mn_{min}]의 비가 하기 관계식 3을 만족하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재.
[관계식 3]
$[Mn_{max}]/[Mn_{min}] \leq 3$

[청구항 6] 청구항 1에 있어서,
상기 도상 마르텐사이트(M/A)의 결정립도는 5㎛ 이하인 강도와 충격 인성이 우수한 선재.

[청구항 7] 중량%로, 탄소(C): 0.05~0.15%, 실리콘(Si): 0.2% 이하, 망간(Mn): 3.0~4.0%, 인(P): 0.020% 이하, 황(S):0.020% 이하, 보론(B): 0.0010~0.0030%, 타이타늄(Ti): 0.010~0.030%, 질소(N): 0.0050% 이하, 알루미늄(Al): 0.010~0.050%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 강재를 재가열하는 단계;
상기 재가열된 강재를 열간 압연하는 단계;
상기 열간 압연 후, Bf~Bf-50℃의 온도범위까지 0.1~2℃/s의 속도로 냉각하는 단계; 및

상기 냉각된 강재를 공냉하는 단계
를 포함하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재의 제조방법.

[청구항 8] 청구항 7에 있어서,
상기 강재는 크롬(Cr): 0.3% 미만을 추가적으로 포함하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재의 제조방법.

[청구항 9] 청구항 7에 있어서,
상기 망간(Mn), 타이타늄(Ti), 보론(B) 및 질소(N)의 함량은 하기 관계식 1을 만족하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재의 제조방법.
[관계식 1]
$Mn+5(Ti-3.5N)/B \geq 5.0$

[청구항 10] 청구항 7에 있어서,
상기 망간(Mn) 및 실리콘(Si)의 함량은 하기 관계식 2를 만족하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재의 제조방법.
[관계식 2]
$Mn/Si \geq 18$

[청구항 11] 청구항 7에 있어서,
상기 재가열 온도는 1000~1100℃로 행하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재의 제조방법.

[청구항 12] 청구항 7에 있어서,
상기 열간 압연의 마무리 열간 압연은 850~950℃의 온도범위에서 행하는 강도와 충격 인성이 우수한 선재의 제조방법.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2015/011650

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/14(2006.01)i, C22C 38/04(2006.01)i, C22C 38/38(2006.01)i, C22C 38/32(2006.01)i, C21D 8/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C22C 38/14; C21D 8/02; C22C 38/00; C22C 38/04; B21B 3/00; C22C 38/38; C22C 38/32; C21D 8/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: impact toughness, high strength, bainitic ferrite, martensite austenite constituent, hot rolling

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2014-0023787 A (POSTECH ACADEMY-INDUSTRY FOUNDATION) 27 February 2014 See abstract; and claims 1-3, 11.	1-12
A	KR 10-2010-0070639 A (POSCO) 28 June 2010 See abstract; and claims 1, 2, 4-6.	1-12
A	KR 10-2009-0066639 A (POSCO) 24 June 2009 See abstract; and claims 1-4.	1-12
A	KR 10-2009-0069873 A (POSCO) 01 July 2009 See abstract; and claims 1-5.	1-12
A	KR 10-2013-0048980 A (POSTECH ACADEMY-INDUSTRY FOUNDATION) 13 May 2013 See abstract; and claims 1, 3, 8, 9.	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 FEBRUARY 2016 (12.02.2016)	**12 FEBRUARY 2016 (12.02.2016)**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2015/011650

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2014-0023787 A	27/02/2014	KR 10-1465088 B1	26/11/2014
KR 10-2010-0070639 A	28/06/2010	KR 10-1070132 B1	05/10/2011
KR 10-2009-0066639 A	24/06/2009	KR 10-0973923 B1	03/08/2010
KR 10-2009-0069873 A	01/07/2009	KR 10-0957963 B1	17/05/2010
KR 10-2013-0048980 A	13/05/2013	KR 10-1317275 B1	14/10/2013

국제조사보고서	국제출원번호 **PCT/KR2015/011650**

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

C22C 38/14(2006.01)i, C22C 38/04(2006.01)i, C22C 38/38(2006.01)i, C22C 38/32(2006.01)i, C21D 8/06(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

C22C 38/14; C21D 8/02; C22C 38/00; C22C 38/04; B21B 3/00; C22C 38/38; C22C 38/32; C21D 8/06

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 충격 인성, 고강도, 베이니틱 페라이트, 도상 마르텐사이트, 열간압연

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2014-0023787 A (포항공과대학교 산학협력단) 2014.02.27 요약; 및 청구항 1-3, 11 참조.	1-12
A	KR 10-2010-0070639 A (주식회사 포스코) 2010.06.28 요약; 및 청구항 1, 2, 4-6 참조.	1-12
A	KR 10-2009-0066639 A (주식회사 포스코) 2009.06.24 요약; 및 청구항 1-4 참조.	1-12
A	KR 10-2009-0069873 A (주식회사 포스코) 2009.07.01 요약; 및 청구항 1-5 참조.	1-12
A	KR 10-2013-0048980 A (포항공과대학교 산학협력단) 2013.05.13 요약; 및 청구항 1, 3, 8, 9 참조.	1-12

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2016년 02월 12일 (12.02.2016)	2016년 02월 12일 (12.02.2016)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140	심사관 조한솔 전화번호 +82-42-481-5580

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2015/011650

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2014-0023787 A	2014/02/27	KR 10-1465088 B1	2014/11/26
KR 10-2010-0070639 A	2010/06/28	KR 10-1070132 B1	2011/10/05
KR 10-2009-0066639 A	2009/06/24	KR 10-0973923 B1	2010/08/03
KR 10-2009-0069873 A	2009/07/01	KR 10-0957963 B1	2010/05/17
KR 10-2013-0048980 A	2013/05/13	KR 10-1317275 B1	2013/10/14