

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁸ (45) 공고일자 2006년01월24일
C21D 8/06 (2006.01) (11) 등록번호 10-0544754

(24) 등록일자 2006년01월12일

(21) 출원번호 10-2001-0085536

(65) 공개번호 10-2003-0055521

(22) 출원일자 2001년12월27일

(43) 공개일자 2003년07월04일

(73) 특허권자 주식회사 포스코
경북 포항시 남구 괴동동 1번지

(72) 발명자 최해창
경상북도포항시남구괴동동1번지포항종합제철(주)내

(74) 대리인 전준향
특허법인씨엔에스

심사관 : 이학왕

(54) 표면 탈탄깊이가 적은 고실리콘 첨가 고탄소강 선재의제조방법

요약

본 발명은 볼트 등으로 가공되어 사용되는 선재의 제조방법에 관한 것으로, 그 목적은 냉간성형성 개선을 위한 흑연화처리가 가능한 강에서, 빌레트의 표면에 탄소고용도가 낮은 페라이트층을 형성하여 실리콘 첨가량이 높음에 따라 발생하는 표면탈탄층을 저감할 수 있는 선재의 제조방법을 제공하는 것이다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 중량%로, 탄소:0.65-1.50%, 실리콘 2.0-4.0%, 망간 0.1-0.8%, 인 및 황 0.01% 이하, 질소 0.002-0.01%, 산소 0.002% 이하를 함유하고, 여기에 니켈 0.3-2.0%, 보론 0.001-0.003%, 바나듐:0.01~0.5%, 니오븀:0.01~0.5%, 몰리브덴 0.01-0.5%, 티타늄 0.01-0.2%, 텅스텐 0.01-0.5%, 구리 0.01-0.2%의 그룹중에서 선택된 1종 또는 2종 이상, 나머지 Fe 및 기타 불순물로 조성되는 불륨을 1260±30℃의 범위에서 100±20분의 범위내로 재가열하고 강편압연하여 표면에 페라이트 탈탄층이 형성된 빌레트를 얻고, 이 빌레트를 평균 10℃/분 이상의 가열속도로 1100±50℃의 가열온도로 승온하여 45±15분간 유지하고 선재압연하는 것을 특징으로 하는 표면 탈탄깊이가 적은 고실리콘 첨가 고탄소강 선재의 제조방법에 관한 것을 그 기술요지로 한다.

색인어

고강도, 볼트, 냉간성형성, 선재, 표면탈탄, 고탄소

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 볼트 등으로 가공되어 사용되는 선재의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 냉간성형성 개선 목적으로 흑연화처리가 가능한 강에서, 빌레트의 표면에 탄소고용도가 낮은 페라이트층을 형성하여 실리콘 첨가량이 높음에 따라 발생하는 표면탈탄층을 저감할 수 있는 선재의 제조방법을 제공함에 있다.

선재는 일정형상으로 가공되어 다양한 기계부품류에 이용되는데, 그 예로는 볼트, 너트, 스프링 등이 있다. 이러한 기계부품류의 경량화와 고성능화를 위해 선재의 고강도화에 대한 요구는 계속 높아지고 있다. 고강도 소재는 일정하중이 지속적 으로 가해지면 수소에 의해 균열이 진전되는 '지연파괴'가 발생할 수 있다.

일례로, 볼트는 지연파괴저항성이 열화되는 문제점으로 현재, 인장강도 130kg/mm²급이상 사용하는 것이 불가능하여 그 사용용도 및 범위가 제한되고 있는 실정이다. 지연파괴저항성이 우수하면서 고강도화가 가능한 볼트용 강을 개발할 경우 기대되는 잇점은 다음과 같다. 즉, 강구조물 측면에서 볼트체결은 용접 접합에 비해 숙련된 기술이 요구되지 않고 취약한 용접부를 대체하는 잇점 등을 고려할 때, 첫째, 볼트체결력 강화에 따른 강구조물의 안정성을 높일 수 있으며 둘째, 볼트체결 갯수의 감소에 의해 강재 사용량을 줄일 수 있다. 또한, 자동차 부품 측면에서는 셋째, 부품의 경량화에 기여하며 넷째, 부품 경량화에 따른 자동차 조립장치의 설계 다양화 및 콤팩트화(compact)가 가능한 잇점이 있다. 따라서, 소재의 지연파괴저항성의 저하없이 고강도화를 달성할 수 있다면, 사용상의 잇점과 산업계에 미치는 영향을 고려할 때 그 파급도는 상당히 클 것으로 예견되고 있다.

고강도 소재의 지연파괴저항성은 결정입계에 석출분포하고 있는 석출물이 수소의 트랩 사이트(trapped site)로 작용하여 입계의 강도를 열화시키기 때문에 저하되는 것으로 알려져 있으며, 고강도화를 달성하기 위해서는 열처리후 결정입계에 분포하게 되는 Fe계 석출물들의 분포를 최대한으로 억제시키는 것이 가장 중요하다.

또한, 다양한 볼트의 형상은 통상 냉간성형으로 제조되는데 고강도 소재의 경우 냉간성형전 소재강도가 높아 반드시 소재연화열처리가 필요하며 냉간성형전 인장강도 60kg/mm²이하로 확보하는 것이 바람직하다. 이는 냉간성형시 다이스 마모율 증가를 최대한으로 억제하기 위한 것이다. 국내 강구조 체결용 볼트는 현재 인장강도 인장강도 60kg/mm²이하에서 볼트 냉간성형이 가능한 실정이다. 따라서 고강도 볼트소재를 사용하기 위해서는 우수한 지연파괴저항성 뿐만아니라 볼트제조시 요구되어지는 냉간성형성을 동시에 확보하여야 한다.

본 발명자는 고강도 볼트를 냉간성형함에 있어 흑연화조직을 이용할 경우 기존 구상화 열처리 방법 대비 소재 인장강도 또는 표면경도를 합금원소 첨가 유무에 관계없이 우수한 냉간성형성을 확보할 수 있다는 것과 지연파괴저항성을 개선하기 위해 결정립에 Fe계 석출물의 석출 가능성이 전혀 없는 미세 복합조직을 갖는 고실리콘 첨가 중탄소로 조성되는 강을 개발하였다

그러나, 고실리콘 첨가 고탄소강에서 실리콘강을 선재로 제조할때 선재압연공정에서 재가열시 실리콘이 소재내의 탄소의 활동도를 증가시키면서 탄소의 확산계수를 감소시키는데 영향을 크게 미친다. 이로 인해 선재압연공정에서 재가열시 탄소의 활동도 증가로 표면에서는 탈탄속도가 증가하고, 반대로 중심부에서는 확산계수의 감소로 표면으로 탄소공급이 원활치 않아 표면에서의 탄소농도 구배심화를 조장하게 된다. 표면에서 탈탄층의 깊이가 깊어질수록 볼트에서는 체결력은 떨어지고 스프링에서는 피로특성이 열악해진다. 이와 같이, 고실리콘 첨가강의 표면탈탄은 저실리콘 첨가강 대비 표면 탈탄속도가 매우 빠르기 때문인 것은 잘 알려진 사실이다. 그래서, 고실리콘 첨가강 선재를 제조할 경우, 소재의 탈탄제어가 적절하지 못할 경우 사용상의 많은 문제점이 발생할 수 있다.

지금까지 알려진 탈탄제어방법의 대표적인 예로는 대한민국 특허공보 92-24974호, 92-24163호, 92-24161호, 일본 특허공보 (평)2-301514호, (평)1-31960, (소)63-216591호 등이 있다. 이들은 대부분은 실리콘의 함량을 낮추거나 납, 주석 등의 합금원소를 첨가하는 방법에 의해서 탈탄을 제어하는 방법이다. 그러나, 고강도화를 위해 고실리콘 첨가가 불가피한 강종에서 실리콘 함량을 낮출수는 없으며, 또한, 납, 주석 등의 합금원소를 첨가하게 되면 충격인성 등의 기계적성질이 열악해지는 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 냉간성형성 개선 목적으로 흑연화처리가 가능한 고실리콘 첨가 고탄소강의 선재가열공정에서 표면에 탈탄층이 발생을 방지하기 위한 연구과정에서 안출된 것으로, 선재가열전의 빌레트의 표면에 탄소고용도가 낮은 페라이트 탈탄층을 형성하여 이 페라이트층을 산화시켜 빌레트 표면의 탈탄속도를 현저하게 줄임으로써 표면탈탄층의 두께를 저감할 수 있는 선재의 제조방법을 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 선재제조방법은, 중량%로, 탄소:0.65-1.50%, 실리콘 2.0-4.0%, 망간 0.1-0.8%, 인 및 황 0.01% 이하, 질소 0.002-0.01%, 산소 0.002% 이하를 함유하고, 여기에 니켈 0.3-2.0%, 보론 0.001-0.003%, 바나듐:0.01~0.5%, 니오븀:0.01~0.5%, 몰리브덴 0.01-0.5%, 티타늄 0.01-0.2%, 텅스텐 0.01-0.5%, 구리 0.01-0.2%의 그룹중에서 선택된 1종 또는 2종 이상, 나머지 Fe 및 기타 불순물로 조성되는 블룸을 1260±30℃의 범위에서 100±20분의 범위내로 재가열하고 강편압연하여 표면에 페라이트 탈탄층이 형성된 빌레트를 얻고, 이 빌레트를 평균 10℃/분 이상의 가열속도로 1100±50℃의 가열온도로 승온하여 45±15분간 유지하고 선재압연하는 것이다.

이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

본 발명자는 고실리콘 첨가 고탄소 볼트용강 선재의 탈탄저감을 위해 다각도로 연구한 결과, 고실리콘 첨가 고탄소강의 선재가열공정전에 빌레트(billet)의 표면에 페라이트 층을 균일하게 분포시키면, 초기 빌레트 표면에 분포하는 표면 페라이트층이 매우 낮은 탄소 고용도를 갖는 이유로 페라이트층 내를 통과하는 탄소원자의 확산이 매우 늦어지기 때문에 선재가열로 가열중 빌레트 표면의 탈탄속도를 현저하게 감소시킬 수 있다는 사실을 알게 되었다. 또한, 이러한 페라이트층은 빌레트 가열시 산화되어(scale out) 점점 감소됨으로서 선재가열로 추출시 빌레트 표면의 탈탄층을 현저하게 개선할 수 있다는 결과를 얻고 본 발명을 완성하게 된 것이다. 이러한 본 발명의 대상이 되는 고실리콘 첨가 고탄소강에 대해서 먼저 설명한 다음, 이 강의 탈탄을 제어하면서 선재로 제조하는 방법을 설명한다.

[고실리콘 첨가 고탄소강 조성]

·탄소(C):0.65-1.50%

탄소의 함량이 0.65%미만에서는 페라이트+ 베이나이트 복합조직강 제조를 위한 열처리후 복합조직내에 적절한 잔류 오스테나이트양, 형상 및 크기를 얻기가 곤란하고 또한, 기계적, 열적 안정성과 고강도 볼트용강으로서의 충분한 인장강도와 항복강도를 확보하기 어렵기 때문이다. 또한, 탄소의 함량이 1.50% 보다 많아지면 열처리후 단면감소율, 연신율과 충격인성 등의 특성이 저하되고, 선재제조시 편석 및 표면흠이 발생하며, 가열로 장입시 표면탈탄이 심화되고, 볼트 체결시 영구 변형성 및 정적 피로특성이 열화하며, 미세복합 조직의 적절한 형상과 크기 그리고, 지연과피저항성에 유효한 복합조직을 확보하기 위한 변태 소요시간이 길어지며, 잔류 오스테나이트내의 탄소농도 및 계면농도구배 등에 좋지 않은 영향을 미치기 때문이다.

·실리콘(Si):2.0-4.0%

실리콘이 2.0%미만에서는 냉간성형성 개선을 위한 흑연화 열처리시간이 길어지는 단점이 있으며, 미세조직의 기계적, 열적 안정성이 저하되어 지연과피저항성에 유효한 복합조직과 적정 상분율을 확보하기 어려우며 또한, 페라이트의 고용강화 효과가 미흡하여 강도확보에 어려움이 있고, 또한 지연과피저항성, 표면 부식특성, 충격인성, 볼트 체결시 영구변형성 등에 영향을 미치고, 또한 선재 탈탄제어를 위한 선재가열로내에서의 표면 페라이트 탈탄층의 균일성 및 적정두께를 확보하기가 어려워 탈탄이 심화되고, 선재냉각시 소입성 증가로 표면 스케일 특성의 제어가 어려운 단점이 있기 때문이다. 실리콘이 4.0%를 초과하는 경우에는 상기 언급한 효과가 포화되고 소입성, 복합조직강의 구성, 충격인성, 피로특성 등에 좋지 않은 영향을 미치며, 선재제조를 위한 부룸(bloom) 또는 빌레트(billet)제조시 실리콘 편석에 의한 미세조직의 불균질화를 초래하여 최종 제품에서의 품질특성이 저하되기 때문이며, 또한 열처리시 표면 페라이트층의 두께가 증가하여 균질 표면 탈탄제어가 어렵기 때문이다. 본 발명에서의 보다 바람직한 실리콘 성분범위는 2.8-3.3%로, 베이나이트조직(페라이트 + 잔류 오스테나이트)을 제조하기 위한 등온 열처리시간 및 잔류 오스테나이트 분율 및 크기, 형상, 페라이트+ 잔류 오스테나이트 복합조직의 고강도화 및 고인성화, 지연과피저항성(확산성 수소량, 입계석출물의 석출제어), 표면 탈탄, 볼트체결 후 응력이완성(stress relaxation) 또는 영구변형저항성, 동적 및 정적 피로특성등을 고려하여 매우 효과적으로 개선할 수 있기 때문이다.

·망간(Mn):0.1~0.8%

망간(Mn)은 기지조직내에 치환형 고형체를 형성하여 고용강화하는 원소로 고장력볼트 특성에 매우 용용하므로 그 함량은 모재의 강도, 열처리시 소입성, 응력이완성, 편석대 생성에 따른 유해한 영향 등을 고려하여 0.1-0.8%로 하는 것이 바람직하다. 이는 망간의 함량이 0.8%를 초과할 경우 고용강화 효과보다는 주조시 망간편석으로 인한 국부소입성이 증대하고 편석대의 형성으로 조직이방성이 심화되어 조직이 불균질하게 되어 볼트 특성에 더 유해한 영향을 미치기 때문이다.

·인(P) 및 황(S): 각각 0.01%이하

인은 결정입계에 편석되어 인성을 저하시키므로 그상한을 0.01%로 제한하는 것이며, 황은 저융점 원소로 입계 편석되어 인성을 저하시키고 유화물을 형성시켜 지연파괴저항성 및 응력이완특성에 유해한 영향을 미치므로 그상한을 0.01%로 제한하는 것이다.

·질소(N):0.002-0.01%

질소의 함량이 0.002%미만에서는 비확산성 수소 트랩 사이트로 작용하는 바나듐 및 니오븀계 질화물의 형성이 어렵기 때문이며, 0.01%를 초과하는 경우에는 그 효과가 포화되기 때문이다.

·산소(O):0.0020%이하

산소의 함량이 0.0020%를 초과하면 조대한 산화물계 비금속개재물이 용이하게 형성되어 피로수명이 저하되기 때문이다.

상기와 같은 조성예, 니켈 0.3-2.0%, 보론 0.001-0.003%, 바나듐:0.01~0.5%, 니오븀:0.01~0.5%, 몰리브덴 0.01-0.5%, 티타늄 0.01-0.2%, 텅스텐 0.01-0.5%, 구리 0.01-0.2%의 그룹에서 선택된 1종 또는 2종이상을 첨가한다.

·바나듐(V) 또는 니오븀(Nb):각각 0.01~0.5%

바나듐(V) 또는 니오븀(Nb)은 지연파괴저항성 및 응력이완성 개선원소이다. 이들의 함량이 0.01%미만에서는 모재내 바나듐 또는 니오븀계 석출물들의 분포가 적어짐에 따라 비확산성 수소 트랩사이트(trap site)로의 역할이 미흡하여 지연파괴저항성 개선효과를 기대하기 어려우며, 또한 석출강화를 기대하기 어려워 응력이완저항성에 대한 개선효과가 충분하지 못하며, 오스테나이트 결정립 미세화를 기대하기 어려워 페라이트+ 잔류 오스테나이트 복합조직의 구성시 조직 미세화에 영향을 미치기 때문이다. 또한, 0.5%를 초과하면 흑연화열처리 시간이 길어지는 단점이 있으며 V 또는 Nb계 석출물들에 의한 지연파괴저항성 및 응력이완저항성에 대한 개선 효과가 포화되고 오스테나이트 열처리시 모재에 용해되지 않은 조대한 합금 탄화물양이 증가하여 비금속 개재물과 같은 작용을 하므로 피로특성의 저하를 초래하기 때문이다.

·니켈(Ni):0.3~2.0%

니켈(Ni)은 흑연화 촉진원소이며, 열처리시 표면에 니켈 농화층을 형성하여 외부수소의 투과(permeation)를 억제하여 지연파괴저항성을 개선하는 원소이다. 니켈의 함량이 0.3%미만에서는 표면농화층 형성이 불완전하여 지연파괴저항성의 개선효과를 기대하기 어려우며, 또한 탈탄제어, 인성 및 냉간성형성 향상을 위한 구상화 또는 흑연화처리시 열처리시간이 길어지며, 볼트성형시의 냉간성형성의 개선효과가 없기 때문이다. 2.0%를 초과하는 경우에는 그 효과가 포화되고 잔류 오스테나이트량의 적정한 양, 크기 및 형상 등에 부정적인 영향을 미치기 때문이다.

·보론(붕소,B):0.001~0.003%

붕소(보론,B)는 본 발명에서 흑연화 촉진원소이며 또한 소입성 및 지연파괴저항성 개선을 위한 입계강화원소로, 그 함량은 0.0010~0.003%로 하는 것이 바람직하다. 붕소의 함량이 0.0010%미만에서는 열처리시 보론원자들의 입계편석에 의한 입계강화에 따른 입계강도 개선효과가 미흡하고, 또한 냉간성형성 개선을 위한 흑연화 처리시 흑연화 촉진 효과가 미흡하기 때문이다. 붕소의 함량이 0.003%를 초과할 경우에는 그 효과가 포화되고 오히려 입계에 보론계 질화물의 석출로 입계강도의 저하를 초래하기 때문이다.

·몰리브덴(Mo), 텅스텐(W): 각각 0.01-0.5%

이들의 함량이 0.01%미만에서는 페라이트와 잔류 오스테나이트의 입계강화 효과가 미흡하고 또한 열처리시 소입성, 페라이트의 고용강화, Mo 및 W계 석출강화 효과가 미흡하기 때문이다. 0.5%를 초과할 경우에는 그 효과가 포화되고, 소입성의 증가로 선재제조시 저온조직(마르텐사이트+ 베이나이트)의 생성이 용이하고 냉간성형성 개선을 위한 구상화 또는 흑연화처리시 열처리 시간이 길어지는 단점이 있기 때문이다.

·구리(Cu): 0.01-0.2%

구리의 함량이 0.01%미만에서는 흑연화 촉진 및 부식저항에 대한 개선효과가 미흡하며, 0.2%초과할 경우에는 그 개선효과가 포화되고 입계 편석시 녹는점(melting point)이 낮아져 선재압연을 위한 가열로 장입시 결정입계 취화에 따른 표면흡 발생 가능성이 높고, 최종 제품에서의 충격인성이 저하되기 때문이다.

·티타늄: 0.01-0.2%

티타늄의 함량이 0.01%미만에서는 흑연화 촉진 및 오스테나이트 결정입자 미세화 효과가 미흡하며, 지연과괴저항성에 유효한 결정입계내의 티타늄계 탄, 질화물의 석출분포가 미흡하여 그 개선효과를 기대하기 어렵기 때문이며, 0.2%를 초과할 경우에는 그 첨가효과가 포화되고 조대한 티타늄계 탄, 질화물을 형성하여 기계적 성질에 영향을 미치기 때문이다.

[선재의 제조방법]

상기와 같이 조성되는 강은 선재로 제조하기 위한 가열공정에서 표면에 탈탄층이 발생하는데, 이를 방지하기 위해서는 빌레트의 표면에 페라이트 탈탄층을 형성하고, 선재압연을 위한 가열조건을 조절하는 것이 중요하다.

먼저, 블룸을 1260±30℃의 범위에서 100±20분의 범위내로 재가열하여 강편압연하여 빌레트의 표면에 페라이트층을 형성하는데, 이때의 페라이트층의 두께는 0.05~0.20mm로 형성하는 것이 바람직하다. 블룸의 가열온도가 1230℃미만에서는 강편가열로에서 페라이트층의 두께가 필요 이상으로 커지게 되며, 가열온도가 1290℃초과의 경우는 산화속도가 매우 증가하여 표면에 적정 페라이트층 두께를 확보하기 어렵고 산화량이 증가하여 강편압연시 표면흡이 발생할 가능성이 높기 때문이다. 가열유지시간이 80분미만에서는 시간부족으로 적정 페라이트층의 두께를 확보할 수 없고, 120분 초과하는 경우 그 효과가 포화되고 고도한 산화량으로 표면품질이 저하되기 때문이다.

본 발명에서는 상기한 바와 같이 페라이트 탈탄층은 빌레트의 표면에 0.05~0.20mm로 형성하는 것이 바람직하다. 그 이유는 페라이트층이 0.05mm미만에서는 빌레트 가열중 대부분 페라이트층이 산화되어 페라이트층의 존재로 탈탄개선 효과를 도모하기가 어렵고, 페라이트 층의 두께가 0.20mm를 초과할 경우에는 가열시간이 너무 길어져서 비경제적이다.

상기와 같이 표면에 페라이트층이 형성된 빌레트는 선재압연한다. 먼저, 빌레트를 10℃/분이상으로 승온한다. 이는 승온속도가 10℃/분미만의 경우 빌레트 표면의 산화층(scale층)이 두꺼워지고 이후 산화층이 성장하면서 산화층내에 다량의 공공(porosity)들이 생성되어 이후 산화 속도를 급격히 감소시키기 때문이다. 산화속도의 감소는 페라이트 탈탄층의 두께를 제어할 어렵게하기 때문에 바람직스럽지 않다.

상기와 같은 승온속도로 1100±50℃의 범위까지 승온한 다음, 이 온도구간에서 45±15분간 유지한다. 이는 가열온도가 1050℃미만의 경우 탈탄제어를 위한 빌레트 표면 페라이트층의 두께제어가 어렵고, 빌레트 제조시 조대하게 석출된 바나듐계 또는 니오븀계 석출물들의 재고용이 용이하지 않다는 점 그리고, 열간변형저항성의 증가로 압연시 과부하로 인해 작업성이 열악해지기 때문이다. 또한, 가열온도가 1150℃를 초과하는 경우에는 탈탄제어를 위한 균일한 페라이트층을 유지할 수 없기 때문이다. 즉 탄소 고용도가 매우 낮은 표면 페라이트층을 석출시켜 탈탄반응을 급격히 감소시키기 위해서는 가열 유지온도에서 표면 페라이트층이 잔존하여야 가능하나 가열온도가 1150℃를 초과할 경우에는 표면의 페라이트층이 오스테나이트로 변태하기 때문에 탈탄속도가 급격히 증가하며 이로 인해 표면탈탄이 심화되기 때문이다.

상기와 같이 빌레트를 가열하여 선재하는데, 이때 가열로에서 추출되는 빌레의 탈탄면적은 선재압연후에 선재의 탈탄면적과 동일하기 때문에 선경이 클 수록 탈탄층이 증가하게 된다. 따라서, 본 발명에서는 이러한 점을 고려하여 선재의 선경을 지름30mm까지로 하여 선재압연하는 것이 좋다.

이하, 본 발명을 실시예를 통하여 보다 구체적으로 설명한다.

[실시예]

아래 표 1과 같은 성분계를 갖는 고실리콘 첨가 고탄소 브룸을 대상으로 본 발명에 따라 강편압연과 선재압연하여 발명예(1-14)로 하고, 본 발명을 벗어나는 조건으로 강편압연과 선재압연하여 비교예(1-5)로 하였다.

[표 1]

		화학성분														
		C	Si	Mn	Cr	V	Ni	Mo	Ti	W	B	Cu	P	S	N2	O2
발명예	1	0.80	3.06	0.53	-	0.05	-	-	-	-	-	0.03	0.009	0.009	0.004	0.0013
	2	0.70	3.44	0.52	-	0.06	-	-	0.02	-	0.001	0.04	0.007	0.008	0.004	0.0014
	3	0.89	3.13	0.58	-	0.07	0.72	-	-	0.06	-	0.12	0.006	0.009	0.005	0.0015
	4	0.85	2.25	0.87	-	Nb:0.01	-	0.23	0.04	0.15	-	0.03	0.006	0.009	0.004	0.0016
	5	0.83	3.90	0.55	-	0.04	-	-	-	-	0.0020	0.03	0.007	0.006	0.005	0.0017
	6	1.24	3.22	0.64	-	-	-	0.05	0.03	0.07	0.0023	0.02	0.007	0.007	0.005	0.0017
	7	1.39	2.57	0.82	-	-	1.20	0.20	0.09	-	-	0.15	0.009	0.008	0.005	0.0018

상기 발명예(1-14)는 1260±30℃범위에서 100 ± 20분 범위내로 재가열하고 강편압연한 다음, 평균 15℃/분의 가열속도로 1100±50℃ 범위까지 가열하고, 이 온도구간에 30-40분간 유지하고 선재압연하여 지름 12mm의 선재를 제조하였다. 상기 비교예(1-5)는 1230℃미만 또는 1290℃ 초과하는 온도에서 80분미만 또는 120분초과하는 시간동안 재가열하여 강편압연하고, 여기서 얻어진 빌레트를 8~15℃/분의 가열속도로 1050℃미만 또는 1150℃초과하는 온도로 승온하고, 이 온도구간에서 30분간 유지하여 선재압연하여 지름 16mm의 선재를 제조하였다.

상기 발명예와 비교예 모두 고속선재압연한 다음에 950℃로 물분사에 의해 급속 냉각하여 권취하고 600℃까지 1.0C/sec로 서냉한 다음에 이후에는 공냉하였다. 상기와 같이 제조된 발명예와 비교예의 표면 탈탄층 깊이는 KS규격(KD D 0216)에 의하여 측정하였다. 이규격에 의하면 광학 현미경 관찰법과 미소경도 측정법등이 제안되고 있는데, 본 실시예에서는 미소경도 측정법을 이용하였다. 상기와 같이 측정된 탈탄층 깊이는 표 2에 나타내었다. 측정위치는 선재단면을 8등분한 위치에서 측정하였으며 측정값은 평균값을 기준으로 하였다.

[표 2]

	사용 강종	강편가열로		빌레트 페라이 트 탈탄깊 이 (mm)	선재가열로			지름16mm 선재전탈 탄깊이(mm)
		가열온도 (℃)	가열유지 시간 (min)		가열유 지온도 (℃)	가열유 지시간 (min)	가열유 지온속도 (℃/min)	
발명예1	강종1	1230	100	0.08	15	1050	40	0.03
발명예2	강종1	1260	100	0.09	15	1050	30	0.03
발명예3	강종1	1290	100	0.11	15	1050	30	0.04
발명예4	강종1	1260	80	0.12	15	1050	30	0.05
발명예5	강종1	1260	120	0.11	15	1050	30	0.05
발명예6	강종1	1260	100	0.10	20	1050	30	0.06
발명예7	강종1	1260	100	0.12	15	1050	40	0.05
발명예8	강종1	1260	100	0.11	15	1100	30	0.04
발명예9	강종2	1260	100	0.11	15	1050	30	0.05
발명예10	강종3	1260	100	0.09	15	1050	30	0.06
발명예11	강종4	1260	100	0.09	15	1050	30	0.05
발명예12	강종5	1260	100	0.11	15	1050	30	0.04
발명예13	강종6	1260	100	0.08	15	1050	30	0.03
발명예14	강종7	1260	100	0.10	15	1050	30	0.06
비교예1	강종1	1200	100	0.33	15	1150	30	0.13
비교예2	강종1	1320	100	0.02	15	1150	30	0.15
비교예3	강종1	1260	100	0.04	15	1100	30	0.17
비교예4	강종1	1260	100	0.15	15	1200	30	0.19
비교예5	강종1	1260	100	0.14	8	950	30	0.24

표 2에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따라 제조된 선재들(본발명재 1~14)의 표면탈탄 깊이는 0.03-0.06mm범위를 보이는 반면, 비교예(1-5)의 경우에는 0.13-0.24mm범위로, 본 발명은 표면탈탄의 개선에 매우 효과적임을 알 수 있다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명은 냉간성형성 개선 목적으로 흑연화처리가 가능한 강의 빌레트에 적정 페라이트층을 분포시켜서 선재가열로에서 탈탄반응을 억제시킴으로서 볼트 등에 사용될 수 있는 고실리콘 첨가 고탄소강 선재를 제공하는 유용한 효과가 있는 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

중량%로, 탄소:0.65-1.50%, 실리콘 2.0-4.0%, 망간 0.1-0.8%, 인 및 황 0.01% 이하, 질소 0.002-0.01%, 산소 0.002% 이하를 함유하고, 여기에 니켈 0.3-2.0%, 보론 0.001-0.003%, 바나듐:0.01~0.5%, 니오븀:0.01~0.5%, 몰리브덴 0.01-0.5%, 티타늄 0.01-0.2%, 텅스텐 0.01-0.5%, 구리 0.01-0.2%의 그룹중에서 선택된 1종 또는 2종 이상, 나머지 Fe 및 기타 불순물로 조성되는 불륨을 1260±30℃의 범위에서 100±20분의 범위내로 재가열하고 강편압연하여 표면에 페라이트 탈탄층이 형성된 빌레트를 얻고, 이 빌레트를 평균 10℃/분 이상의 가열속도로 1100±50℃의 가열온도로 승온하여 45±15분간 유지하고 선재압연하는 것을 특징으로 하는 표면 탈탄깊이가 적은 고실리콘 첨가 고탄소강 선재의 제조 방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 빌레트의 페라이트층 탈탄층은 표면으로 부터 0.05-0.20mm의 두께로 형성됨을 특징으로 하는 표면 탈탄깊이가 적은 고실리콘첨가 고탄소강 선재의 제조방법.