



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년09월12일  
 (11) 등록번호 10-1439686  
 (24) 등록일자 2014년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C22C 38/00 (2006.01) C21D 8/00 (2006.01)  
 C22C 38/38 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-0153432  
 (22) 출원일자 2012년12월26일  
 심사청구일자 2012년12월26일  
 (65) 공개번호 10-2014-0083541  
 (43) 공개일자 2014년07월04일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR100627475 B1  
 JP08176723 A  
 KR1020120074807 A  
 KR1020100112657 A

(73) 특허권자  
 주식회사 포스코  
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)  
 (72) 발명자  
 장우길  
 경북 포항시 남구 동해안로 6262, 내 (동촌동, (주)포스코)  
 서인식  
 경북 포항시 남구 동해안로 6262, 내 (동촌동, (주)포스코)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 정승두

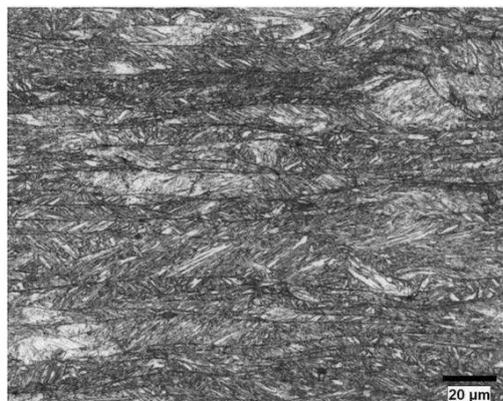
(54) 발명의 명칭 **내마모성이 우수한 내미끄럼마모용 강재 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 내마모성이 우수한 내마모용 강재 및 그 제조방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시형태는 중량%로, Mn: 2.6~4.5%,  $(6-Mn)/50 \leq C \leq (10-Mn)/50$ , Si: 0.05~1.0%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 분순물을 포함하고, Mo: 0.01~0.5%, Cr: 0.01~1.0%, V: 0.02~0.1%로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 추가로 포함하며, 미세 조직이 면적분율로, 95%이상의 마르텐사이트와 0.1~1%의 탄질화물을 포함하고, 상기 마르텐사이트의 평균 패킷크기가  $25\mu\text{m}$ 이하이며, 상기 탄질화물은 평균크기가  $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 이고,  $1\sim 10\mu\text{m}$ 의 간격으로 분포하는 내마모용 강재 및 그 제조방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 브리넬 경도가 360~440HB를 가지며, API X-70 강재 대비 약 3배 이상의 내미끄럼마모 저항성을 갖는 내마모성이 우수한 내미끄럼마모용 강재를 제공하는 장점이 있다. 특히, 탄소를 비롯하여, 니켈, 크롬 등의 고가의 합금원소를 첨가하지 않으므로, 경제적인 뿐만 아니라, 상기 합금원소의 적정제어로 인해, 용접성 및 인성의 개선도 확보할 수 있는 장점이 있다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**김용진**

경북 포항시 남구 동해안로 6262, 내 (동촌동, (주)포스코)

**이홍주**

경북 포항시 남구 동해안로 6262, 내 (동촌동, (주)포스코)

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

중량%로, Mn: 2.6~4.5%,  $(6-Mn)/50 \leq C \leq (10-Mn)/50$ , Si: 0.05~1.0%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 분순물을 포함하고,

Mo: 0.01~0.5%, Cr: 0.01~1.0%, V: 0.02~0.1%로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 추가로 포함하며, 미세조직이 면적분율로, 95%이상의 마르텐사이트과 0.1~1%의 탄질화물을 포함하고,

상기 마르텐사이트의 평균 패킷크기가 25 $\mu$ m이하이며,

상기 탄질화물은 평균크기가 0.1~1 $\mu$ m이고, 1~10 $\mu$ m의 간격으로 분포하는 내마모용 강재.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 강재는 Nb: 0.1% 이하, Ti: 0.1%이하 및 B: 0.02%이하로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상을 추가로 포함하는 내마모용 강재.

### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 강재는 브리넬 경도가 360~440HB이며, -40℃에서의 충격에너지가 15J이상인 내마모용 강재.

### 청구항 4

중량%로, Mn: 2.6~4.5%,  $(6-Mn)/50 \leq C \leq (10-Mn)/50$ , Si: 0.05~1.0%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 분순물을 포함하고, Mo: 0.01~0.5%, Cr: 0.01~1.0%, V: 0.02~0.1%로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 추가로 포함하는 강 슬라브를 1100~1250℃에서 재가열하는 단계;

상기 재가열된 강 슬라브를 1000~1100℃에서 종료하는 조압연을 패스당 압하율이 5%이상인 되도록 실시하여 바(bar)를 얻는 단계;

상기 바를 750~1000℃에서 열간 마무리압연하여 열연강재를 얻는 단계; 및

상기 열연강재를 400~750℃에서 3~100℃/s이상의 속도로 200℃이하까지 냉각하는 단계를 포함하는 내마모용 강재의 제조방법.

### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 강 슬라브는 Nb: 0.1% 이하, Ti: 0.1%이하 및 B: 0.02%이하로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상을 추가로 포함하는 내마모용 강재의 제조방법.

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 내마모성이 우수한 내미끄럼마모용 강재 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 분쇄기, 건설용 중장비, 광산장비 및 절단기 부품 등 특히 비교적 크기가 큰 상대체에 의한 우수한 내미끄럼마모특성이 요구되는 산업분야에 적용될 수 있는 내마모성이 우수한 내미끄럼마모용 강재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

## 배경기술

[0001]

- [0002] 최근 건설, 기계장치 및 수송기계의 고성능화 및 대형화에 따라 소재의 고강도 뿐만 아니라, 내마모 특성을 갖는 내마모강이 중요하게 대두되고 있다. 상기 내마모강은 크게 오스테나이트계 가공경화강과 마르텐사이트계 고경도강으로 구분된다.
- [0003] 오스테나이트계 내마모강의 대표적인 예는 지난 100여 년간 사용된 헤드필드강(Hadfield)이다. 헤드필드강은 망간(Mn) 약 12% 및 탄소(C) 약 1%를 포함하고, 그 미세조직은 오스테나이트를 가지며, 광산산업분야, 철도분야, 군수분야 등 다양한 분야에서 쓰이고 있다. 그러나, 상기 헤드필드강은 항복강도가 400MPa 전후로 매우 낮아 일반적인 내마모강 또는 구조강으로서의 그 적용이 제한적인 문제점이 있다.
- [0004] 이에 반하여, 마르텐사이트계 고경도강은 높은 항복강도 및 인장강도를 가지고 있어 구조재 및 운송/건설기계 등에 널리 쓰이고 있다. 일반적으로 고경도강은 고탄소, 고합금원소를 포함하며, 충분한 강도를 얻을 수 있는 마르텐사이트 조직을 확보하기 위해 퀴칭(Quenching) 공정이 필수적이다. 대표적인 마르텐사이트계 내마모강은 사브(SSAB)사의 하독스(HARDOX) 시리즈로서, 비교적 낮은 탄소 당량(Ceq)을 가지며, 강도 및 경도가 우수하다.
- [0005] 그러나, 종래의 마르텐사이트계 내마모강은 고경도 및 고강도를 확보하기 위해서 탄소 및 합금원소의 함량을 높이고, 퀴칭 등 별도의 열처리 과정을 통해 제조할 수 있으나, C와 Mn, Cr, Mo, Ni 등의 합금원소를 많이 함유하게 되면 용접성 및 저온 취성에 악영향을 줄 뿐만 아니라, 고가의 합금원소를 첨가해야 하기 때문에 제조비용이 많이 드는 문제점이 있다.
- [0006] 한편, 광산 및 건설 현장에서 주로 사용되는 파쇄기 또는 절단기 등은 경도가 매우 높은 암석을 상대한다. 상기 파쇄기 또는 절단기 등은 연삭마모, 접촉마모, 충격마모, 미끄럼마모 등 여러가지 마모기구가 동시에 진행되며 장비의 수명을 감소시킨다. 상기 마모기구 중에서 마모상대재의 높은 경도 수준과 상대재의 크기가 상대적으로 큰 환경을 감안하면 앞서 언급한 마모기구 중에 미끄럼 마모가 가장 지배적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.
- [0007] 상기, 미끄럼마모에 대한 저항성을 확보하기 위해서는 표층부의 경도가 매우 중요하다. 높은 표층부 경도를 확보하기 위해서는 통상적으로 합금원소를 많이 첨가하게 되는데, 전술한 바와 같이 기존의 내마모강은 표층부 경도에 효과가 큰 탄소를 다량 함유하는 특징이 있다. 그러나 탄소를 많이 함유하게 되면 용접시에 용접부 등에 쉽게 균열이 발생하게 되는 등의 문제가 발생한다. 또한 제품의 두께가 두꺼워지면 중심부까지 높은 경도를 얻는 것이 어렵게 되는데, 중심부 경화능(Hardenability)을 확보하기 위해 Cr이나 Mo 등의 경화원소를 다량 첨가하게 되는 경우에는 앞서 언급한 바와 같이 용접성 및 저온 취성에 악영향을 주게 된다. 또한, 제품의 충격특성을 향상시키기 위해 고가의 Ni과 Mo을 첨가하기도 하는데 제품두께가 두꺼워지면 필요한 Ni 및 Mo 함량이 증가하게 되는 문제가 있다.
- [0008] 한편 상기의 고전적인 마르텐사이트 강인 경우 앞서 언급한 방법으로 인성과 경도를 동시에 향상시킬 수 있는 범위가 약 500HB 전후로 알려져 있으나, 이와 같이 과도하게 높은 경도를 가질 경우에는 가공성 및 용접성이 현저하게 떨어지고, 생산원가 상승 이유로 상업성이 매우 떨어지는 단점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0009] 본 발명은 고가의 합금원소를 가급적 사용하지 않으면서, 우수한 인성을 갖는 동시에 내마모특성이 우수한 내마모용 강재와 그 제조방법을 제공하고자 하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 본 발명의 일 실시형태는 중량%로, Mn: 2.6~4.5%,  $(6-Mn)/50 \leq C \leq (10-Mn)/50$ , Si: 0.05~1.0%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 분순물을 포함하고, Mo: 0.01~0.5%, Cr: 0.01~1.0%, V: 0.02~0.1%로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 추가로 포함하며, 미세조직이 면적분율로, 95%이상의 마르텐사이트와 0.1~1%의 탄질화물을 포함하고, 상기 마르텐사이트의 평균 패킷크기가  $25\mu\text{m}$ 이하이며, 상기 탄질화물은 평균크기가 0.1~1 $\mu\text{m}$ 이고, 1~10 $\mu\text{m}$ 의 간격으로 분포하는 내마모용 강재를 제공한다.

[0011] 본 발명의 다른 실시형태는 중량%로, Mn: 2.6~4.5%,  $(6-Mn)/50 \leq C \leq (10-Mn)/50$ , Si: 0.05~1.0%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 분순물을 포함하고, Mo: 0.01~0.5%, Cr: 0.01~1.0%, V: 0.02~0.1%로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 추가로 포함하는 강 슬라브를 1100~1250℃에서 재가열하는 단계; 상기 재가열된 강 슬라브를 1000~1100℃에서 종료하는 조압연을 패스당 압하율이 5%이상 되도록 실시하여 바(bar)를 얻는 단계; 상기 바를 750~1000℃에서 열간 마무리압연하여 열연강재를 얻는 단계; 및 상기 열연강재를 400~750℃에서 3~100℃/s이상의 속도로 200℃이하까지 냉각하는 단계를 포함하는 내마모용 강재의 제조방법을 제공한다.

**발명의 효과**

[0012] 본 발명에 따르면, 브리넬 경도가 360~440HB를 가지며, API X-70 강재 대비 약 3배 이상의 내미끄럼마모 저항성을 갖는 내마모성이 우수한 내미끄럼마모용 강재를 제공하는 장점이 있다. 특히, 탄소를 비롯하여, 니켈, 크롬 등의 고가의 합금원소를 첨가하지 않으므로, 경제적인 뿐만 아니라, 상기 합금원소의 적정제어로 인해, 용접성 및 인성의 개선도 확보할 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0013] 도 1은 본 발명 실시예에 따른 발명에 2의 미세조직 사진이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0014] 이하, 본 발명의 내마모용 강재에 대하여 설명한다. 먼저, 합금성분 및 조성범위 선정에 대하여 설명한다. 단, 이하 %는 특별히 언급되지 않은 한 중량%임에 유의할 필요가 있다.

[0015] 망간(Mn): 2.6~4.5%

[0016] 상기 Mn은 본 발명에서 중요한 역할을 하는 원소로서, 마르텐사이트를 안정화시키는 역할을 한다. 즉, Mn의 함량이 2.6% 이상일 경우에는 연속냉각변태곡선(Continuous Cooling Transformation Diagram, CCT)상에서 베이나이트 또는 페라이트 생성 곡선이 후방으로 급격하게 이동하기 때문에, 비교적 낮은 냉각속도에서도 마르텐사이트가 안정적으로 생성될 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 Mn의 함량을 2.6% 이상으로 제어하여, 상대적으로 낮은 탄소함량으로도 높은 경도를 확보할 수 있다. 상기 Mn의 함량이 2.6% 미만인 경우에는 페라이트 또는 베이나이트가 쉽게 형성되어 본 발명에서 요구되는 표층부 경도를 확보하기 어렵다. 반면, 상기 Mn 함량이 4.5%를 초과하는 경우에는 용접성을 현저히 저감시키며, 강재의 제조원가를 상승시키는 문제가 있다. 따라서, 상기 Mn은 2.6~4.5%의 범위를 갖는 것이 바람직하다.

[0017] 탄소(C):  $(6-Mn)/50 \leq C \leq (10-Mn)/50$

[0018] 상기 C는 Mn과 함께 강재의 표층부 경도확보를 확보하는 역할을 하나, 반면에 인성 및 용접성을 저하시키는 작용을 한다. 따라서, 본 발명에서는 최적의 C를 첨가하여 인성 및 용접성을 개선하며, 상기 최적의 C 함량은 망간의 함유량에 의존한다. 본 발명에서 요구되는 표층부 경도를 충분히 확보하기 위해서는 탄소가  $(6-Mn)/50$  이상 첨가되는 것이 필요하지만,  $(10-Mn)/50$ 을 초과하여 지나치게 첨가될 경우에는 인성을 현저히 저하시킨다. 따라서, 상기 C는  $(6-Mn)/50$ 에서  $(10-Mn)/50$ 의 범위를 갖는 것이 바람직하다.

- [0019] 실리콘(Si): 0.05~1.0%
- [0020] 상기 Si는 탈산제로서의 역할을 하며, 고용강화에 따른 강도를 향상시키는 원소이므로, 0.05% 이상 첨가하는 것이 바람직하다. 그러나, 그 함량이 1.0%를 초과하는 경우, 용접부는 물론 모재의 인성을 저하시키므로, 상기 Si는 0.05~1.0%의 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0021] 본 발명 강재는 상기 합금원소에 더하여, Mo: 0.01~0.5%, Cr: 0.01~1.0%, V: 0.02~0.1%로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 추가로 포함하는 것이 바람직하다.
- [0022] 몰리브덴(Mo): 0.01~0.5%
- [0023] 상기 Mo는 고용강화와 더불어 경화능 향상에 효과적인 원소로서, 소량의 첨가를 통해서도 강재 중심부까지 경도 및 강도를 확보할 수 있는 원소이다. 또한, 탄질화물의 석출을 통해 고경도의 석출물을 모재 내에 분포시켜 내마모성을 향상시킬 수 있으며, 이러한 효과들을 확보하기 위해서는 0.01%이상 첨가되는 것이 바람직하다. 그러나, 0.5%를 초과할 경우에는 경화능이 높아져 용성이 열위해될 뿐만 아니라 석출되는 탄질화물의 크기가 너무 커져 충격인성이 현저하게 감소되는 경향이 있으므로, 상기 Mo의 함량은 0.01~0.5%의 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0024] 크롬(Cr): 0.01~1.0%
- [0025] 상기 Cr은 미량 첨가시 고용강화에 의한 강도 및 경도 증가 효과가 있으며, 이를 위해 0.01%이상 첨가되는 것이 바람직하나, 첨가량에 비해 그 증가 효과가 미미하다. 충분히 많은 양의 Cr과 C를 첨가한 강 경우 경도가 1000Hv를 상회하는 고경도의 크롬 탄화물이 석출되는 것으로 알려져 있으나, 적절한 크기와 분포를 가지는 석출물을 얻기 위해서는 상기 Cr의 함량을 제어할 필요가 있다. 상기 Cr의 함량이 1%를 초과할 경우에는 조대한 석출상의 생성 및 원가 상승의 역효과가 있으므로, 상기 Cr의 함량은 0.01~1.0%의 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0026] 바나듐(V): 0.02~0.1%
- [0027] 상기 V은 철강에 고용되어 페라이트 및 베이나이트의 상변태속도를 지연시켜 마르텐사이트의 형성을 쉽게하는 효과가 있고, 또한 고용강화 효과를 통해 강도를 증가시킨다. 또한, 고경도의 바나듐 탄화물이 생성되어 우수한 내미끄럼마모 특성을 향상시킬 수 있으며, 상기 효과들을 확보하기 위해서는 0.02%이상의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 그러나, 그 함량이 0.1%를 초과하는 경우에는 효과가 포화되며, 인성 및 용접성 열화를 야기하고 강재의 제조원가를 현저히 증가시키기 때문에, 0.01~0.1%의 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0028] 본 발명 강재 조성의 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하며, 상기와 같은 합금조성의 제어를 통해 우수한 내마모성을 갖는 내마모용 강재를 제공할 수 있다. 다만, 본 발명의 강재는 하기 설명되는 효과 확보를 위해서, Nb, Ti 및 B로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 1종 이상을 추가적으로 포함할 수 있다.
- [0029] 니오븀(Nb): 0.1%이하
- [0030] 상기 Nb은 고용강화 및 석출강화 효과를 통해 강도를 증가시키고, 저온압연시 결정립을 미세화시켜 충격인성을 향상시키는 원소이나, 그 함량이 0.1%를 초과하는 경우에는 조대한 석출물이 생성되어 오히려 경도 및 충격인성을 열화시키므로, 0.1% 이하로 첨가하는 것이 바람직하다.
- [0031] 티타늄(Ti): 0.1%이하
- [0032] 상기 Ti는 소입성 향상에 중요한 원소인 B의 효과를 극대화하는 원소이다. 상기 Ti는 TiN 형성에 의해 BN 형성

을 억제함으로써, 고용 B의 함량을 증가시켜 소입성을 향상시키고, 석출된 TiN은 오스테나이트 결정립을 고정(pinning)시켜 결정립 조대화를 억제시키는 효과가 있다. 그러나, 과도한 Ti의 첨가는 티타늄 석출물의 조대화 에 의해 인성저하 등의 문제를 야기할 수 있으므로, 그 함량은 0.1%를 초과하지 않는 것이 바람직하다.

[0033] 보론(B): 0.02%이하

[0034] 상기 B는 소량의 첨가로도 재료의 소입성을 효과적으로 증가시키는 원소이며, 결정립계 강화를 위한 입계과과 억제효과가 있으나, 과도한 첨가시 조대한 석출물의 형성 등에 의해 인성 및 용접성을 저하시키므로, 0.02% 이하로 첨가하는 것이 바람직하다.

[0035] 본 발명이 제안하는 내마모용 강재는 전술한 합금성분 및 조성범위를 만족함과 동시에 면적분율로 95%이상의 마르텐사이트 및 0.1~1%의 탄질화물을 포함하는 미세조직을 갖는 것이 바람직하다. 상기 마르텐사이트 조직이 95 면적%미만일 경우에는 본 발명이 의도하는 경도를 확보할 수 없으며, 이로 인해 내미끄럼마모 특성을 확보하기 곤란하다. 상기 탄질화물의 분율이 0.1%미만일 경우에는 충격인성 및 마모특성이 저하되며, 1%를 초과하는 경우에는 과도한 경도 상승을 유발할 수 있고, 이로 인해 오히려 충격인성이 저하될 수 있다. 한편, 본 발명 강재는 나머지 조직으로서 베이나이트를 포함할 수도 있다. 상기 언급한 탄질화물은 탄화물, 질화물 및 탄질화물을 모두 포함한다.

[0036] 또한, 본 발명의 강재는 Cr, Mo, V 등의 원소와 탄소 및 질소로 구성되는 상기 탄질화물이 0.1~1 $\mu$ m의 평균크기를 가지고, 1~10 $\mu$ m의 간격으로 분포하는 것이 바람직하다. 상기 탄질화물의 크기가 0.1 $\mu$ m미만일 경우에는 과도하게 미세한 탄질화물의 형성에 의해 마모 상대재에 의해 강재가 파여져 나갈 수 있으며, 1 $\mu$ m를 초과하는 경우에는 탄질화물 자체의 취성적인 특성에 의해 충격인성 확보가 불가능할 수 있다. 또한, 탄질화물의 간격이 1 $\mu$ m 미만일 경우에는 탄질화물 사이에서 바인더(binder) 역할을 하는 모재의 분율이 너무 작아 쉽게 취화될 수 있으며, 10 $\mu$ m를 초과하는 경우에는 마모 상대재의 크기에 비해 모재가 접촉하는 면적이 너무 넓어 고경도의 탄질화물의 형성 효과가 현저히 약화될 수 있다.

[0037] 또한, 본 발명의 강재는 상기 마르텐사이트의 평균 패킷(유효결정립) 크기가 25 $\mu$ m이하인 것이 바람직한데, 상기 패킷 크기가 25 $\mu$ m를 초과하는 경우에는 조대한 마르텐사이트 조직의 형성으로 인해 충격인성이 저하될 수 있다. 상기 패킷 크기는 크면 작으면 작을수록 바람직한 효과를 발휘하므로, 상기 패킷 크기의 상한에 대해서는 특별히 한정하지 않는다.

[0038] 전술한 바와 같이 제공되는 본 발명의 내마모용 강재는 브리넬 경도가 360~440HB의 범위를 가지며, 더불어 -40℃에서의 충격에너지가 15J이상으로 우수한 충격인성을 갖는다. 이를 통해, 분쇄기, 건설용 중장비, 광산장비 및 절단기 부품 등과 같이 우수한 내미끄럼마모특성과 충격인성이 요구되는 제품에 바람직하게 적용될 수 있다. 한편, 경도가 440HB를 초과하는 경우에는 C나 Mn 및 기타 합금원소소의 함량이 높아져야 하고, 이에 따라 원가 상승 뿐 아니라 용접성 및 충격인성이 감소하는 문제가 발생하게 된다.

[0039] 이하, 본 발명 강재를 제조하기 위한 바람직한 방법의 일 실시형태에 대하여 설명한다.

[0040] 우선, 전술한 바와 같은 합금조성을 갖는 강 슬라브를 준비한 뒤, 이 강 슬라브를 재가열하고, 열간압연하여 열연강재를 얻는다. 상기 재가열은 1100~1250℃에서 행하여지는 것이 바람직한데, 1100℃미만일 경우에는 열고자하는 탄질화물의 완전한 용해가 이루어지지 않을 수 있다는 단점이 있으며, 1250℃를 초과하는 경우에는 초기 오스테나이트의 입도가 매우 커져 충격인성이 급격하게 열화되는 문제가 발생할 수 있다.

[0041] 상기와 같이 재가열된 강 슬라브는 통상의 온도보다 높은 1000~1100℃에서 종료하는 조압연을 실시하여 바(ba

r)를 얻는 것이 바람직하다. 상기 조압연 종료온도가 1100℃를 초과하는 경우에는 압연 중 비정상 결정립 성장(abnormal grain growth)이 발생하여, 충격인성이 저하되며, 1000℃미만인 경우에는 압연 중 재결정에 의한 결정립 미세화가 진행되지 않는다. 한편, 상기 조압연시에는 결정립 미세화와 미세 탄질화물의 균질한 분포를 위하여, 패스당 5%이상의 강압하를 실시하는 것이 바람직하며, 이를 통해 탄질화물의 생성 사이트(site)를 증가시킬 수 있다. 상기 패스당 압하율이 5% 미만일 경우에는 앞서 언급한 비정상 결정립 성장이 상기 조압연 온도 구간에서도 발생하지 않을 수 있으며, 이에 따라 탄질화물 생성 사이트 또한 균질하게 생성되지 않을 수 있다. 한편, 장치의 한계 및 제품의 평탄도를 확보할 수 있는 범위에서 상기 압하율은 클수록 결정립 미세화에 유리하므로, 상기 압하율의 상한에 대해서는 특별히 한정하지 않는다.

[0042] 이후, 상기 바를 750~1000℃에서 열간 마무리압연하여 열연강재를 얻는 것이 바람직하다. 상기 열간 마무리압연 온도가 750℃미만인 경우에는 냉각개시온도가 낮아져 원하지 않는 저온조직이 발생할 수 있으며, 1000℃를 초과하는 경우에는 본 발명에서 얻고자 하는 탄화물이 충분히 석출하지 못하여 내마모성이 향상되지 않을 수 있다.

[0043] 이후, 상기 열연강재를 400~750℃의 온도에서 3~100℃/s이상의 속도로 200℃이하까지 냉각하는 것이 바람직하다. 상기 냉각이 400~750℃의 범위를 벗어나 냉각이 개시되거나 200℃를 초과하여 냉각이 종료될 경우에는 마르텐사이트 이외의 저온변태조직(베이나이트 등)이 다량 발생하여 본 발명에서 달성하고자 하는 정도 확보가 곤란하다. 또한, 400~750℃의 온도범위에서 냉각이 개시되더라도, 냉각속도가 3℃/s가 미만일 경우에는 충분한 마르텐사이트 분율을 확보하기 어려워 충분한 내마모특성을 확보할 수 없다. 본 발명에서는 마르텐사이트 조직을 확보하기 위하여 가능한 빠른 냉각속도를 갖는 것이 바람직하나, 100℃/s를 초과하는 경우에는 양산제한 및 제조원가상승 그리고 후물재 생산 불가와 같은 문제가 발생할 수 있으므로, 상기 냉각속도는 3~100℃/s의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 한편, 상기 냉각이 200℃이하의 온도범위에서 종료되는 경우라면, 본 발명이 얻고자 하는 미세조직을 확보할 수 있으므로, 상기 냉각종료온도의 하한에 대해서는 특별히 한정하지 않는다.

[0044] 한편, 본 발명 강재의 제조방법은 열간압연 후 곧바로 냉각하는 방법(Direct Quenching, DQ)과 열간압연 후 일 반냉각을 행하고 별도의 열처리 설비를 이용하여 재가열한 후 급속냉각하는 방법 등이 사용될 수 있다.

[0045] 상기 전자의 방법(DQ법)은 전술한 바와 같이 제공되는 열간압연 후, 400~750℃의 온도범위에서 3℃/s이상으로 200℃이하까지 급속냉각하는 방법을 의미한다. 전통적으로는 내마모형 강재를 제조하기 위해 후자의 방법이 사용되어 왔으나, 최근에는 납기일을 단축하고, 제조원가를 절감하기 위해 전자의 방법을 행하는 경우가 많다.

[0046] 이하, 실시예를 통해 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 다만, 하기 실시예는 본 발명을 보다 상세히 설명하기 위한 예시일 뿐, 본 발명의 권리범위를 한정하지 않는다.

[0047] (실시예)

[0048] 진공유도용해로를 통해 하기 표 1에 기재된 합금조성을 갖는 잉곳을 제조한 뒤, 이 잉곳을 하기 표 2에 기재된 제조조건으로 70mm 두께의 판재를 얻었다. 이 판재를 조압연 및 사상압연하여 13mm 두께의 판재를 제조하였고, 상기 판재를 냉각개시온도가 700℃가 되도록 목표치를 설정하여 물을 분사하는 가속냉각장치를 통과시켜 급냉시켰다. 이와 같이 제조된 판재에 대하여 미세조직, 패킷 크기, 탄질화물 크기 및 간격, 브리넬 경도, 충격인성 및 내마모성 등의 물성을 측정하고, 그 결과를 하기 표 3에 나타내었다. 상기 미세조직은 광학현미경, SEM 및 추출 잔사법을 이용하여 관찰하였고, 표층부 경도는 표면에서 2mm 정도의 깊이를 연삭한 후, 브리넬 경도기를 이용하여 측정하였다. 내마모성은 ASTM G65에 기재된 방법으로 실험하고, 무게감량을 측정하였다.

표 1

[0049]

구분	화학조성(중량%)									
	Mn	수식범위	C	Si	Cr	Mo	V	Nb	Ti	B
발명강1	3.9	0.042~0.122	0.08	0.3	-	0.1	-	-	-	-
발명강2	2.7	0.066~0.146	0.11	0.2	0.5	-	-	-	-	-
발명강3	4.0	0.040~0.120	0.09	0.1	-	0.2	-	-	-	-
발명강4	3.6	0.048~0.128	0.10	0.3	-	-	0.04	-	-	-
발명강5	3.1	0.058~0.138	0.11	0.2	0.3	-	-	0.04	-	-
발명강6	2.8	0.064~0.144	0.13	0.2	-	0.3	-	-	0.022	0.0019
발명강7	2.6	0.068~0.148	0.11	0.1	-	-	0.03	0.02	0.032	0.0015
발명강8	3.6	0.048~0.128	0.09	0.3	0.7	-	-	-	-	0.0017
비교강1	<u>5.2</u>	0.016~0.096	0.08	0.2	-	-	-	-	-	-
비교강2	<u>2.1</u>	0.078~0.158	0.12	0.3	-	-	-	-	-	-
비교강3	3.3	0.054~0.134	<u>0.22</u>	0.2	-	-	-	-	-	-
비교강4	2.9	0.062~0.142	<u>0.05</u>	0.8	-	-	-	-	-	-
비교강5	2.9	0.062~0.142	0.12	0.4	<u>2.0</u>	-	-	-	-	-
비교강6	3.2	0.056~0.136	0.11	0.3	-	<u>0.8</u>	-	-	-	-
비교강7	<u>2.8</u>	<u>0.064~0.144</u>	<u>0.11</u>	<u>0.7</u>	-	-	-	-	-	<u>0.09</u>
비교강8	2.9	0.062~0.142	0.12	0.2	-	-	<u>0.2</u>	-	-	-
비교강9	3.2	0.056~0.136	0.10	0.1	-	-	-	<u>0.15</u>	-	-

수식범위 :  $(6-Mn)/50 \leq C \leq (10-Mn)/50$

표 2

[0050]

강종No.	구분	재가열 온도 (°C)	조압연 온도 (°C)	조압연 압하율 (%)	마무리 열간압연온도 (°C)	냉각 속도 (°C/s)	냉각정지 온도 (°C)
발명강1	발명예1	1120	1020	6.5	880	6	115
발명강2	발명예2	1140	1015	7.9	920	10	124
발명강3	발명예3	1110	1045	8.5	90	25	180
발명강4	발명예4	1185	1051	8.8	890	36	82
발명강5	발명예5	1215	1087	12.1	930	25	184
발명강6	발명예6	1120	1030	12.1	970	18	115
발명강7	발명예7	1180	1071	9.8	890	36	82

발명강8	발명예8	1210	1080	5.5	930	25	184
	비교예1	<b>1030</b>	1045	6.5	910	8	135
	비교예2	<b>1300</b>	1030	8.4	930	42	169
	비교예3	1210	<b>1130</b>	11.5	790	11	191
	비교예4	1168	<b>950</b>	10.5	840	18	118
	비교예5	1170	1035	<b>3.2</b>	860	28	181
	비교예6	1165	1025	6.7	<b>710</b>	30	173
	비교예7	1175	1055	6.9	875	<b>1.1</b>	155
비교강1	비교예9	1185	1020	10.4	961	6	35
비교강2	비교예10	1115	1010	8.4	875	8	128
비교강3	비교예11	1200	1035	7.9	877	24	154
비교강4	비교예12	1145	1085	6.8	982	29	138
비교강5	비교예13	1185	1005	5.9	798	15	159
비교강6	비교예14	1165	1045	11.6	880	32	188
비교강7	비교예15	1205	1025	12.4	832	26	146
비교강8	비교예16	1185	1085	8.8	910	13	186
비교강9	비교예17	1135	1075	7.6	911	28	156

표 3

구분	미세조직 (면적%)	마르텐사이트 평균패킷크기 ( $\mu\text{m}$ )	탄질화물 평균크기 ( $\mu\text{m}$ )	탄질화물 평균간격 ( $\mu\text{m}$ )	브리넬 경도 (HB)	충격인성 (J, @-40℃)	무게 감량 (g)
발명예1	M(97)+C(0.12)+B(2.88)	22.5	0.3	1.5	381	19	18
발명예2	M(95)+C(0.11)+B(4.89)	15.3	0.7	1.4	388	25	19
발명예3	M(99)+C(0.13)+B(0.87)	17.7	0.6	1.8	392	32	5
발명예4	M(99)+C(0.12)+B(0.88)	19.6	0.4	3.4	395	24	12
발명예5	M(99)+C(0.13)+B(0.87)	22.4	0.3	2.8	395	29	16
발명예6	M(99)+C(0.11)+B(0.89)	15.7	0.5	1.1	410	22	14
발명예7	M(96)+C(0.12)+B(3.88)	13.5	0.2	1.9	386	27	11
발명예8	M(98)+C(0.11)+B(1.89)	18.4	0.8	1.6	385	31	7
비교예1	<b>M(99)+C(0.005)+B(0.995)</b>	16.6	0.4	2.6	392	<b>11</b>	<b>52</b>
비교예2	M(96)+C(0.12)+B(3.88)	<b>59.5</b>	0.3	7.7	381	<b>8</b>	18
비교예3	M(98)+C(0.13)+B(1.87)	11.4	<b>0.05</b>	8.1	390	<b>14</b>	<b>48</b>
비교예4	M(99)+C(0.14)+B(0.86)	16.1	0.3	<b>15.2</b>	395	<b>10</b>	<b>28</b>
비교예5	M(98)+C(0.11)+B(1.89)	<b>100.7</b>	0.8	3.6	388	<b>7</b>	19
비교예6	<b>M(75)+C(0.12)+B(24.88)</b>	22.5	0.6	5.4	348	16	<b>55</b>
비교예7	<b>M(50)+C(0.12)+B(49.88)</b>	18.1	0.7	3.9	<b>330</b>	35	<b>75</b>
비교예8	<b>M(70)+C(0.12)+TM(29.88)</b>	13.6	0.9	2.4	<b>310</b>	38	<b>80</b>
비교예9	M(99)+C(0.11)+B(0.89)	19.6	-	-	<b>444</b>	<b>12</b>	12
비교예10	M(99)+C(0.13)+B(0.87)	22.4	-	-	<b>340</b>	<b>14</b>	<b>31</b>
비교예11	M(99)+C(0.11)+B(0.89)	23.4	-	-	<b>507</b>	<b>6</b>	16
비교예12	<b>M(84)+C(0.11)+B(15.89)</b>	24.9	-	-	<b>333</b>	23	<b>44</b>
비교예13	M(99)+C(0.11)+B(0.89)	23.7	0.8	5.9	425	<b>8</b>	12
비교예14	M(98)+C(0.12)+B(1.88)	15.5	0.7	4.4	411	<b>8</b>	15
비교예15	M(99)+C(0.13)+B(0.87)	19.3	-	-	390	<b>7</b>	19
비교예16	M(99)+C(0.13)+B(0.87)	17.4	0.8	4.6	411	<b>12</b>	18
비교예17	M(97)+C(0.12)+B(2.88)	13.8	-	-	388	<b>6</b>	13

M:마르텐사이트, C: 탄질화물 B:베이나이트, TM:템퍼드 마르텐사이트

[0051]

상기 표 1 내지 3에서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명이 제안하는 합금조성과 제조조건을 만족하는 발명예 1 내지 8의 경우에는 25 $\mu\text{m}$ 이하의 마르텐사이트 평균패킷크기를 가지고, 동시에 0.1~1 $\mu\text{m}$ 의 평균크기를 가지는 미세

탄질화물이 1~10 $\mu$ m의 간격으로 적절하게 형성됨에 따라, 360~440HB의 경도 수준과 우수한 충격인성 및 내마모성을 가지고 있음을 알 수 있다.

[0053] 도 1은 발명에 2의 미세조직을 관찰한 사진이다. 도 1에서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명 조건을 만족하는 강종의 경우, 마르텐사이트 조직이 주상으로 이루어져 있고, 미세 탄질화물이 적정 간격으로 분포되어 있음을 알 수 있다.

[0054] 한편, 본 발명의 합금조성은 만족하나, 제조조건을 만족하지 않는 비교예 1 내지 8 중, 비교예 1은 재가열온도가 본 발명 범위에 미치지 못하여, 탄질화물이 충분히 형성되지 않았으며, 이로 인해 충격인성과 내마모성이 저하되었음을 알 수 있다. 비교예 2는 재가열온도가 본 발명 범위를 초과하여, 마르텐사이트 패킷의 크기가 과도하게 증가하였으며, 이로 인해 충격인성이 현저히 저하되었음을 알 수 있다.

[0055] 비교예 3은 조압연온도가 본 발명 범위에 미치지 못하여, 과도하게 미세한 탄질화물이 형성됨으로써 충격인성과 내마모성이 낮은 수준임을 알 수 있다. 조압연온도가 본 발명 범위를 초과한 비교예 4의 경우에는 탄질화물의 간격이 과도하게 커져 우수한 충격인성과 내마모성을 확보할 수 없음을 알 수 있다. 조압연 시 압하율이 본 발명의 조건을 만족하지 않는 비교예 5는 마르텐사이트 패킷의 크기가 과도하게 증가하여 충격인성이 아주 낮은 수준임을 알 수 있다.

[0056] 각각 마무리 열간압연온도, 냉각속도, 냉각정지온도가 본 발명 범위를 만족하지 않는 비교예 6, 7, 8은 본 발명이 제안하는 미세조직을 확보하지 못하였고, 이로 인해 본 발명이 목표로 하는 기계적 물성을 얻기 곤란한 것을 알 수 있다.

[0057] Mn의 함량 범위를 만족하지 않는 비교예 9 및 10과 C의 함량 범위를 만족하지 않는 비교예 11 및 12는 본 발명의 경도 조건을 만족하지 못하였을 뿐만 아니라, 충격인성이나 내마모성 또한 저하된 것을 알 수 있다. 나아가, 탄질화물 형성 원소의 미침가로 인해 적정크기의 탄질화물이 형성되지조차 않았음을 알 수 있다.

[0058] 또한, 본 발명이 제안하는 합금원소가 첨가되지 않거나, 합금조성 범위를 초과하는 비교예 13 내지 17의 경우에는 충격인성이 현저히 저하되었음을 알 수 있다.

## 도면

### 도면1

