



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년04월21일  
(11) 등록번호 10-0823806  
(24) 등록일자 2008년04월14일

(51) Int. Cl.

C22C 38/60 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-7010727

(22) 출원일자 2006년06월01일

심사청구일자 2006년06월01일

번역문제출일자 2006년06월01일

(65) 공개번호 10-2006-0100455

(43) 공개일자 2006년09월20일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2004/017600

국제출원일자 2004년11월26일

(87) 국제공개번호 WO 2005/054532

국제공개일자 2005년06월16일

(30) 우선권주장

JP-P-2003-00401831 2003년12월01일 일본(JP)

JP-P-2004-00252798 2004년08월31일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP15253390 A\*

KR1020010051588 A\*

JP10211506 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

가부시킴가이샤 고베 세이코쇼

일본 효고켄 고베시 주오구 와키노하마쵸 2쵸메 10번26고

(72) 발명자

야구치 히로시

일본 651-2271 효고켄 고베시 니시쿠 다카즈카다이 1-쵸메 5반 5고 가부시킴가이샤 고베 세이코쇼  
고베 종합기술연구소내

사카모토 고이치

일본 651-2271 효고켄 고베시 니시쿠 다카즈카다이 1-쵸메 5반 5고 가부시킴가이샤 고베 세이코쇼  
고베 종합기술연구소내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김창세

전체 청구항 수 : 총 3 항

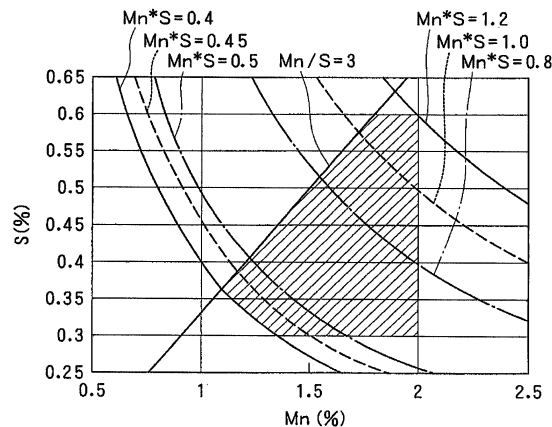
심사관 : 이성준

(54) 마무리면 조도가 우수한 저탄소 복합 쇠삭강재 및 그의제조방법

(57) 요약

본 발명은 독성이 있는 Pb, Bi, Te 등의 특수 원소를 첨가하지 않는 경우에 있어서도, 특히 마무리면 조도가 우수한 피삭성을 갖는 저탄소 황계 쇠삭강재 및 그의 바람직한 제조방법을 제공한다. 특정 성분조성으로 이루어지는 것에, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \cdot \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고, 금속조직이 페라이트·펄라이트 조직으로 이루어지는 강재로써, 이 강재의 직경을 d(mm)라고 할 때, 강재 중의 황화물계 개재물의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한, 상기 금속조직에 있어서의 초석 페라이트의 경도는 HV133 내지 150이고, 변형속도 0.3 mm/min의 압축시험에 의해 수득된, 변형이 0.3일때의 변형저항의, 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이는 110 MPa 이상 200 MPa 이하이다.

대표도



(72) 발명자

**스기무라 도모코**

일본 651-2271 효고켄 고베시 니시쿠 다카츠카다이  
1-쵸메 5반 5고 가부시키가이샤 고베 세이코쇼 고  
베 종합기술연구소내

**아난 고로**

일본 657-0863 효고켄 고베시 나다쿠 나다하마히가  
시쵸 2 가부시키가이샤 고베 세이코쇼 고베제철소  
내

**오자키 가츠히코**

일본 651-2271 효고켄 고베시 니시쿠 다카츠카다이  
1-쵸메 5반5고 가부시키가이샤 고베 세이코쇼 고베  
종합기술연구소내

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

질량%로, C: 0.02 내지 0.12%, Si: 0.01% 이하, Mn: 1.0 내지 2.0%, P: 0.05 내지 0.20%, S: 0.30 내지 0.60%, N: 0.007 내지 0.03%를 포함하고, 또한, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \cdot \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지고, 금속조직이 페라이트·펄라이트 조직으로 이루어지는 강재로써, 이 강재의 직경을 d(mm)라고 할 때, 강재 중의 황화물계 개재물의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )은  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한, 상기 금속조직에 있어서의 초석 페라이트의 정도가 HV133 내지 150이며, 주조전의 용강 중의 유리 산소(Off)를 30ppm 이상 100ppm 미만으로 하는 것과 함께, Off와 S의 비 Off/S를 0.005 내지 0.030으로 제어하여 주조된 것을 특징으로 하는 마무리면 조도가 우수한 저탄소 복합 쾌삭강재.

### 청구항 2

질량%로, C: 0.02 내지 0.12%, Si: 0.01% 이하, Mn: 1.0 내지 2.0%, P: 0.05 내지 0.20%, S: 0.30 내지 0.60%, N: 0.007 내지 0.03%를 포함하고, 또한, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \cdot \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지고, 금속조직이 페라이트·펄라이트 조직으로 이루어지는 강재로써, 이 강재의 직경을 d(mm)라고 할 때, 강재 중의 황화물계 개재물의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한, 변형속도 0.3 mm/min의 압축시험에 의해 수득된, 변형이 0.3일때의 변형저항의, 200℃와 25℃의 변형저항의 차이가 110 MPa 이상 200 MPa 이하이며, 주조전의 용강 중의 유리 산소(Off)를 30ppm 이상 100ppm 미만으로 하는 것과 함께, Off와 S의 비 Off/S를 0.005 내지 0.030으로 제어하여 주조된 것을 특징으로 하는 마무리면 조도가 우수한 저탄소 복합 쾌삭강재.

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 성분을 갖는 강을 주조할 때, 주조전의 용강 중의 유리 산소(Off)를 30ppm 이상 100ppm 미만으로 하는 것과 함께, Off와 S의 비 Off/S를 0.005 내지 0.030으로 제어하는 것을 특징으로 하는 마무리면 조도가 우수한 저탄소 복합 쾌삭강재의 제조방법.

## 명세서

### 기술분야

- <1> 본 발명은 Pb를 함유하지 않고 피삭성(披削性)이 우수한 저탄소 황계 쾌삭강재(快削鋼材) 및 그의 제조방법에 관한 것이다. 한편, 여기서 기재한 강재란, 열간 압연한 강선재(鋼線材), 강봉(綱棒) 등을 말한다.

### 배경기술

- <2> 기계적 성질을 그다지 중시하지 않고서, 피삭성을 중시한 부품류로, 절삭에 의해 다량으로 제작되는 주로 소물(小物) 부품인 나사류, 니플(Nipple)류 등에는, S를 다량 첨가한 저탄소 황계 쾌삭강이 사용된다. 또한 우수한 피삭성을 갖는 쾌삭강으로서, S에 부가하여 Pb를 함유하는 복합 쾌삭강도 널리 사용되고 있다. 그러나, Pb는 건강을 해치는 유해 물질이기 때문에, 쾌삭강중의 Pb 사용량의 삭감이 요구되고 있다. Te도 사용되는 경우가 있지만, 독성이 있는 동시에 열간 가공성을 저해하기 때문에, 저감이 요구되고 있다.
- <3> 저탄소 황계 쾌삭강의 피삭성 향상의 검토는 지금까지도 많이 이루어져 왔다. 그 대부분은 황화물계 개재물의

수, 크기, 형태의 제어에 관한 것이다(특허문헌 1, 2, 3, 4, 5, 6 참조).

<4> 또한, 황화물계 개재물의 크기, 형태의 제어에는, 강재중의 산소량이 중요한 것으로 지적되어 있다(특허문헌 7 참조). 그리고, 출강전(出鋼前) 용강 중의 산소량의 제어가 중요한 것도 지적되어 있다(특허문헌 8 참조).

<5> 또한, 산화물계 개재물을 규정한 것도 다수 있다(특허문헌 9, 10, 11, 12, 13 참조).

<6> 한편, 개재물 이외의 조직·특성(매트릭스 특성)도 피삭성에 중요한 영향을 미치게 되지만, 이들에 착안한 기술은 적다. 예컨대, 압연방향에 연속한 줄무늬상 펄라이트 조직을 규정한 것(특허문헌 14 참조) 또는 초석(初析) 페라이트 중의 고용 C 량을 규정하고 있는 것(특허문헌 15 참조)이 어느 정도 있다.

<7> 또한, 저탄소 황계 쾌삭강, S: 0.16 내지 0.5중량%, N: 0.003 내지 0.03중량%, 산소: 100ppm 이상 300ppm 이하를 함유하고, N을 종래의 연속 주조법에 의한 쾌삭강보다 많이 함유하는 것에 의해, 절삭 중에 공구면에 생성되는 구성 날끝량을 억제할 수 있고, 피삭성을 조괴재(造塊材)와 동등 이상으로 한 예도 있다(특허문헌 16 참조).

<8> 특허문헌 1: 일본 특허 제1605766호 공보(특허청구의 범위)

<9> 특허문헌 2: 일본 특허 제1907099호 공보(특허청구의 범위)

<10> 특허문헌 3: 일본 특허 제2129869호 공보(특허청구의 범위)

<11> 특허문헌 4: 일본 특허공개 제1997-157791호 공보(특허청구의 범위)

<12> 특허문헌 5: 일본 특허공개 제1999-293391호 공보(특허청구의 범위)

<13> 특허문헌 6: 일본 특허공개 제2003-253390호 공보(특허청구의 범위)

<14> 특허문헌 7: 일본 특허공개 제1997-31522호 공보(특허청구의 범위)

<15> 특허문헌 8: 일본 특허공개 제1981-105460호 공보(특허청구의 범위)

<16> 특허문헌 9: 일본 특허 제1605766호 공보(특허청구의 범위)

<17> 특허문헌 10: 일본 특허 제1907099호(일본 특허공고 제1992-54736호) 공보(특허청구의 범위)

<18> 특허문헌 11: 일본 특허 제2922105호 공보(특허청구의 범위)

<19> 특허문헌 12: 일본 특허공개 제1997-71838호 공보(특허청구의 범위)

<20> 특허문헌 13: 일본 특허공개 제1998-158781호 공보(특허청구의 범위)

<21> 특허문헌 14: 일본 특허 제2125814호(일본 특허공고 제1995-11059호) 공보(특허청구의 범위)

<22> 특허문헌 15: 일본 특허 제2740982호 공보(특허청구의 범위)

<23> 특허문헌 16: 일본 특허 제2129869호(일본 특허공고 제1996-949호) 공보(특허청구의 범위)

<24> 발명의 요약

<25> 발명이 해결하고자 하는 과제

<26> 상기 각 공보에 개시된 각 기술은 쾌삭강의 피삭성의 향상에 중요한 것이지만, 특히, 성형 가공에 있어서의 마무리면 조도의 점에서, 아직 충분한 피삭성이 얻어지지 않고 있다.

<27> 예컨대, 상기 특허문헌 8에 개시된 기술에 있어서는, 강 중의 개재물에 대하여, 장직경 5 $\mu$ m 이상, 단직경 2 $\mu$ m 이상, 장직경/단직경비가 5 이하의 MnS를 전 MnS계 개재물의 50% 이상으로, 산화물계 개재물 중 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함유율을 평균 15% 이하로 규정하고 있다. 그러나, Pb, Bi 및 Te의 합계량을 0.2% 이상 함유하는 것을 필수적으로 하고, 이들 원소의 첨가 없이는 충분한 피삭성이 얻어지지 않는다.

<28> 또한, 상기 특허문헌 7 및 8에서도, 황화물계 개재물의 크기, 형태의 제어를 위해, 강재 또는 용강 중의 산소량을 제어하고 있지만, 실제 산소량은 100 내지 500ppm 레벨로 높다. 이러한 높은 산소 레벨로서는, 피삭성에 유해한 산화물계 개재물의 발생이 많아질 뿐만 아니라, 표면 흠 발생의 원인이 되는 기공의 생성도 일어나기 쉽게 된다.

<29> 본 발명은, 이러한 문제에 감안하여 이루어진 것으로, 독성이 있는 Pb, Bi, Te 등의 특수 원소를 첨가하지 않는 경우에 있어서도, 특히 마무리면 조도가 우수한 피삭성을 갖는 저탄소 황계 쾌삭강재 및 그의 바람직한 제조방

법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### <30> 과제를 해결하기 위한 수단

<31> 이 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 마무리면 조도가 우수한 저탄소 복합 쾌삭강재의 요지는, 질량%로, C: 0.02 내지 0.12%, Si: 0.01% 이하, Mn: 1.0 내지 2.0%, P: 0.05 내지 0.20%, S: 0.30 내지 0.60%, N: 0.007 내지 0.03%를 포함하고, 또한, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \cdot \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지고, 금속조직이 페라이트·펄라이트 조직으로 이루어지는 강재이고, 이 강재의 직경을 d(mm)라고 할 때, 강재 중의 황화물계 개재물의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )은  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한, 상기 금속조직에 있어서의 초석 페라이트의 경도는 HV133 내지 150로 하는 것이다.

<32> 또한, 이 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 마무리면 조도가 우수한 저탄소 복합 쾌삭강재의 다른 요지는, 질량%로, C: 0.02 내지 0.12%, Si: 0.01% 이하, Mn: 1.0 내지 2.0%, P: 0.05 내지 0.20%, S: 0.30 내지 0.60%, N: 0.007 내지 0.03%를 포함하고, 또한, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \cdot \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지고, 금속조직이 페라이트·펄라이트 조직으로 이루어지는 강재이고, 이 강재의 직경을 d(mm)라고 할 때, 강재 중의 황화물계 개재물의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )은  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한, 변형속도 0.3 mm/min의 압축시험에 의해 취득된, 변형이 0.3일때의 변형저항의, 200℃와 25℃의 변형저항의 차이를 110 MPa 이상 200 MPa 이하로 하는 것이다.

<33> 또한, 이 마무리면 조도가 우수한 저탄소 복합 쾌삭강재의 바람직한 제조방법의 요지는, 상기 성분을 갖는 강을 주조할 때, 주조전 용강 중의 유리 산소(Of)를 30ppm 이상 100ppm 미만으로 하는 것과 함께, Of와 S의 비 Of/S를 0.005 내지 0.030으로 제어하는 것이다.

### <34> 발명의 효과

<35> 쾌삭강재의 마무리면 조도는 구성 칼끝의 생성, 크기, 형상 및 균일성에 크게 의존한다. 구성 칼끝은 피삭재의 일부가 공구면상에 부착하여, 마치, 공구의 일부로서 행동하는 현상이며, 피삭재의 특히 초기의 마무리면 조도를 저하시킨다. 이 구성 칼끝은 어떤 일정 조건하에서만 생성되지만, 일반적으로, 업계에 있어서 쾌삭강재의 절삭조건은 구성 칼끝을 생성하는 상기 조건에서 되는 것이 많다.

<36> 그러나, 한편으로는, 구성 칼끝은 공구의 칼끝을 보호하고, 공구수명을 향상시키는 효과도 있다. 따라서, 종합적으로 고려하여, 구성 칼끝을 없애는(생성을 억제하는) 것이 유리한 것은 아니고, 구성 칼끝을 안정적으로 생성하고, 크기 및 형상을 균일화하는 것이 중요하다.

<37> 이 때문에, 본 발명에서는, MnS 개재물의 대형 구상화(球狀化), 고용(固溶) N의 증대에 의해, 구성 칼끝을 안정적으로 생성시킴과 동시에, 크기 및 형상을 균일화시킨다. 그리고 또한, 상기 페라이트·펄라이트 복합조직으로 이루어지는 강의 금속조직에 있어서의 초석 페라이트의 경도를 제어하여, 구성 칼끝을 안정적으로 생성시킴과 동시에, 크기 및 형상을 균일화시키는 것이 큰 특징이다.

<38> 또한, 본 발명에서는, 이 초석 페라이트의 경도제어 대신에, 강재의 압축시험에 의한, 고온 온도의 변형저항과, 실온 온도의 변형저항과의 차이를 적절한 범위로 하여, 상기 초석 페라이트의 경도 제어의 경우와 같이, 구성 칼끝을 안정화시키는 것도 큰 특징이다.

<39> 이들 수단에 의해서, 본 발명에서는, 특히, 강재의 성형 가공에 있어서의 마무리면 조도를 향상시킬 수 있다.

## 발명의 상세한 설명

### <43> 강재조직

<44> 본 발명의 저탄소 황계 쾌삭강재는 피삭성을 향상시키기 위한 전제로서, 페라이트와 펄라이트의 복합조직으로 한다. 더욱이, 성형 가공에 있어서의 마무리면 조도를 향상시키기 위해, 본 발명에서는, 우선, 이 복합 금속조직에 있어서의 초석 페라이트의 경도를 HV133 내지 150의 범위, 바람직하게는 HV135 내지 145의 범위로 제어한다.

<45> 이에 의해, 절삭 가공에 있어서, 쾌삭강재의 피삭 중의 가공 경화를 작게 하고, 구성 칼끝을 안정적으로 생성시키고, 크기 및 형상을 균일화시키고, 특히, 성형 가공에 있어서의 마무리면 조도를 향상시킬 수 있다. 구성 칼끝의 안정성에 영향을 주는 요인으로서, 쾌삭강재의 피삭 중에 있어서의 가공 경화의 영향이 크다. 그리고, 피삭 중에 있어서의 가공 경화량을 작게 하면, 구성 칼끝을 안정적으로 생성시킬 수 있다. 따라서, 상기 초석 페라이트의 경도 규정은, 피삭 중에 있어서 쾌삭강재의 가공 경화량을 작게 하거나, 또는 가공 경화량을 최적 범

위로 작게 하는 규정이라고 말할 수 있다.

- <46> 초석 페라이트의 경도가 HV150, 보다 엄하게는 HV145를 초과하는 경우, 쾌삭강재의 가공 경화량도 작게 되지만, 초석 페라이트가 지나치게 딱딱하게 되어, 절삭저항이 높아지고, 공구의 마모를 촉진한다. 이 결과, 공구수명과 동시에, 마무리면 조도도 저하된다.
- <47> 한편, 초석 페라이트의 경도가 HV133, 보다 엄하게는 HV135 미만이면, 초석 페라이트가 지나치게 부드럽게 되어, 쾌삭 강재의 피삭 중에 있어서의 가공 경화가 현저히 커진다. 이 결과, 구성 칼끝의 생성이 불안정하게 되고, 크기 및 형상이 불균일하게 되고, 마무리면 조도가 현저히 저하된다.
- <48> 이 초석 페라이트의 경도제어에 의해, 냉간 인발 후의 피삭성도 향상된다. 이 때문에, 쾌삭강재의 절삭 가공전에 보통 실시하고, 냉간 인발 및 냉간 신선의 감면율을 내리더라도, 바꿔 말하면, 이들 냉간가공의 가공율에 관계없이, 동일한 피삭성이 얻어지는 이점도 있다. 종래의 이들 냉간가공은 쾌삭강재의 형상이나 치수 정밀도의 향상을 위해 행해지거나, 피삭성 향상을 위해 행해진다. 단, 이 피삭성 향상을 위해서는, 어느 정도 큰 감면율이 필요하고, 이것이, 원래의 냉간가공의 목적인 형상이나 치수 정밀도를, 역으로 저해하는 면도 있고, 냉간가공의 작업성이나 효율도 저하시키고 있었다. 따라서, 본 발명에 의해서, 본래의 냉간가공의 목적인 형상이나 치수 정밀도 향상을 위해, 냉간가공을 실시할 수 있는 이점은 크다. 또한, 냉간가공의 감면율에 의하지 않고, 또한, 냉간가공의 감면율을 내리더라도, 동일한 피삭성이 얻어지는 이점도 크다.
- <49> 초석 페라이트의 경도측정은 시료의 금속조직을 에칭으로 노출시킨 후에, 하중 5 kg 이하의 시판하는 미소한 비커스 경도계를 이용하여, 강철 조직 내의 초석 페라이트의 부분만의 경도를 측정하여 실시할 수 있다. 단, 이 때, 강재 미소 부분의 측정이 되기 때문에, 강재 전체의 편차의 양을 고려하여, 강재의 길이 방향이나, 직경(두께)방향에, 합계 15개소 정도의 복수 개소의 측정을 행하고, 그 평균을 초석 페라이트의 경도로 한다. 이 측정개소는 15개소 이상이라도 물론 좋다. 또한, 미소한 초석 페라이트 부분의 측정이 되기 때문에, 측정 데이터 중에, 측정 데이터의 레벨로부터 고려하여, 특히 경도가 극단적으로 높거나, 또는 극단적으로 낮은 경도치가 될 가능성도 있다. 이러한 경우는, 그들의 값을 제외하고 평균치화 하는 것이 바람직하다.
- <50> 초석 페라이트의 경도제어는, 후술하는 P, N, 또는 추가로 Cu, Ni 등의 특정원소의 조합에 의한 고용강화, 그리고, 후술하는 열간 압연온도, 열간 압연후의 냉각 속도 등의 제조 조건과의 조합으로 실시한다. 보통, 고용강화 원소로서는, 상기 원소 외에도, Si, Mn, Cr 등이 있지만, 본 발명에서는, 각각 후술하는 이유로, 이들 원소는 사용하지 않는다.
- <51> 압축 시험
- <52> 구성 칼끝을 안정적으로 생성시키기 위해서는, 이상 설명한 초석 페라이트의 경도를 규정하거나, 또한, 초석 페라이트의 경도를 직접 측정함으로써, 강재의 압축시험에 의한 변형저항을 제어함으로써도 달성할 수 있다. 바꿔 말하면, 강재의 압축시험에 의한 변형저항에 의해서도, 초석 페라이트의 경도와 같이, 구성 칼끝 생성의 안정성을 평가할 수 있다.
- <53> 상기한 바와 같이, 구성 칼끝은 피삭 중에 피삭재의 재질이 공구면상에 부착하고, 그것이, 마치 공구의 일부로서 절삭에 기여한다. 구성 칼끝은 피삭재에 의해 형성되기 때문에, 절삭 중에 성장과 탈락을 반복한다. 따라서, 공구의 장소에 의해, 구성 칼끝의 크기가 변화되는 경우가 있고, 그것에 의하여, 쾌삭강재의 마무리면 조도가 영향을 받는다. 구성 칼끝은 절단 쓰레기와 구성 칼끝과의 계면에서, 국소적으로 큰 소성변형을 받음으로써 절단 쓰레기가 생성된다. 이 소성변형을 받는 장소가 분산되면, 구성 칼끝이 커지거나 작게 되는 변동을 받는다. 따라서, 구성 칼끝의 안정화에는, 이 소성변형의 집중하는 개소를, 구성 칼끝과 절단 쓰레기와의 계면에 일정하게 집중시켜, 소성변형의 집중하는 개소가 다른 개소로 변동하지 않도록 하는 것이 바람직하다.
- <54> 구성 칼끝 중에는 온도분포가 있지만, 상기 소성변형의 집중 정도를 나타내는 지표로서, 강재의 압축시험에 의한, 고온온도의 변형저항과 실온온도의 변형저항과의 차이가 있다. 이 온도에 의한 변형저항의 차이를 적절한 범위로 하면, 초석 페라이트의 경도제어의 경우와 같이, 상기 소성변형의 집중하는 개소를 구성 칼끝과 절단 쓰레기와의 계면에 일정하게 집중시킬 수 있고, 구성 칼끝을 안정화시킬 수 있다. 이 온도에 의한 변형저항의 차이가 본 발명에서 규정하는 압축 시험에 의한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이이다. 보다 구체적으로는, 변형속도 0.3 mm/min의 압축시험에 의해 수득된 변형이 0.3일때의 변형저항의, 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이이다. 본 발명에서는, 압축 시험에 의한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이를 110 MPa 이상 200 MPa 이하로 한다.
- <55> 상기한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 110 MPa 미만이면, 상기한 초석 페라이트가 지나치게 부드럽게 되



어, 쾌삭강재의 피삭 중에 있어서의 가공 경화가 현저히 커지기 때문에, 소성변형의 집중하는 개소가 구성 칼끝과 절단 쓰레기와의 계면으로 집중하기 어렵고 변동한다. 이 때문에, 구성 칼끝이 불안정하게 되고, 크기 및 형상이 불균일하게 되어, 마무리면 조도가 현저히 저하된다.

- <56> 한편, 상기한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 200 MPa를 초과하여도, 상기 초석 페라이트가 지나치게 딱딱하게 되고, 절삭저항이 높아져, 공구의 마모를 촉진한다. 이 결과, 공구수명과 더불어, 마무리면 조도도 저하된다.
- <57> 강재의 압축시험에 의한 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이를, 이와 같이 최적화함으로써 상기 초석 페라이트의 경도제어와 같이, 구성 칼끝을 안정적으로 생성시킬 수 있다.
- <58> 도 2에 강재의 변형저항의 압축 시험 온도에 의한 변화를 나타낸다. 도면 중, 흑삼각인은 후술하는 실시예 3에 있어서의 발명에 52, 흑사각인은 후술하는 실시예 3에 있어서의 비교예 38이다. 도 2는 변형속도 0.3 mm/min의 압축 시험에 의해 취득된, 변형이 0.3일때의 변형저항을 나타낸다.
- <59> 도 2로부터 알 수 있는 바와 같이, 발명예는 비교예에 비해, 각 온도에서의 변형저항이 높다. 발명예, 비교예와 함께, 실온 25℃에서 변형저항이 상승하고, 200℃에서 변형저항이 최대로 되는 경향을 나타내고, 그보다 고온이 될수록 변형저항은 현저히 저하된다.
- <60> 동일 강재에 있어서, 이 변형저항이 상승하는 영역에서 실온 25℃와 200℃와의 변형저항의 차이가, 상기 소성변형의 집중하는 개소의 집중도와, 구성 칼끝 안정화에 크게 영향을 준다. 따라서, 본 발명에서는, 이 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이에 의해, 피삭성을 규정한다.
- <61> 이 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이는, 상기한 초석 페라이트의 경도의 규정에 의한 강재의 피삭성 평가와 잘 대응한다. 바꿔 말하면, 압축시험에 의한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 110 MPa 이상 200 MPa 이하의 범위와, 복합 금속조직에 있어서의 초석 페라이트의 경도가 HV133 내지 150의 범위는, 중복 내지 잘 대응하고 있다고 할 수 있다.
- <62> 한편, 압축시험에 있어서의 변형이 클수록, 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이가 현저하게 된다. 도 3에, 각각 변형이 0.1, 0.2, 0.3일때의 상기 발명예와 비교예와의 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이를 나타낸다. 도면 중, 흰 막대 그래프가 비교예, 사선을 넣은 막대 그래프가 발명예이다. 도 3으로부터, 변형이 클수록, 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이가 현저하게 되는 것을 알 수 있다. 단지, 압축시험에 있어서의 변형을 0.3이상으로 크게 하더라도, 변형이 0.3일때의 경우와 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이에 대차는 없기 때문에, 압축시험에 있어서의 변형 조건은 0.3으로 했다.
- <63> 본 발명에서 규정하는, 상기 압축시험에 의해 취득된, 변형이 0.3일때의 변형저항의 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이는, 초석 페라이트의 경도제어와 같이 제어 가능하다. 즉, 후술하는 P, N, 또는 추가로 Cu, Ni 등의 특정원소의 조합에 의한 고용강화, 그리고, 후술하는 열간 압연온도, 열간 압연후의 냉각 속도 등의 제조 조건을 조합하여 실시한다.
- <64> 강재의 조성
- <65> 본 발명의 저탄소 황계 쾌삭강재의 조성(단위: 질량%)에 대하여, 각 원소의 한정 이유를 포함해서, 이하에 설명한다.
- <66> 본 발명의 쾌삭강재는 상기한 바와 같이, 기계적 성질을 그다지 중시하지 않고서, 피삭성을 중시한 부품류로, 절삭에 의해 다량으로 제작되고, 주로 소물 부품인 나사류, 니플류 등을 적용대상으로 한다. 단지, 이들 적용대상(용도)에 요구되는 피삭성 이외의, 어느 정도의 강도 등의 특성이나, 선재나 봉강 등의 강재 제조시의 가공성 등을 구비하는 것이 필요하다. 또한, 이 강재 제조에 있어서, 후술하는 제조 조건과 합하여, 상기 페라이트·펄라이트 복합조직으로 하기 위해서도, 화학성분 조성은 중요하게 된다.
- <67> 따라서, 본 발명 강재의 기본적인 화학성분 조성은 상기 조직 조건이나 여러 가지 특성을 구비하기 위해, 질량%로, C: 0.02 내지 0.12%, Si: 0.01% 이하, Mn: 1.0 내지 2.0%, P: 0.05 내지 0.20%, S: 0.30 내지 0.60%, N: 0.007 내지 0.03%를 포함하고, 또한, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \times \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 것이다.
- <68> 그리고, 필요에 따라, 상기 성분조성에 있어서, 또한, 불순물로서 규제해야 할 원소로서, Cr: 0.04% 이하, 및 Ti, Nb, V, Al, Zr을 총량으로 0.020% 이하로 규제한다.

- <69> 또한, 필요에 따라, 상기 성분조성에, 또한, Cu: 0.30% 초과 1.0% 이하, Ni: 0.20% 초과 1.0% 이하의 1종 또는 2종을 선택적으로 함유한다.
- <70> C: 0.02 내지 0.12%
- <71> C는 강철의 강도를 확보하여, 상기 초석 페라이트의 경도나 압축시험에 의한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이를 확보하도록 함유한다. C 함유량이 0.02% 미만으로서는 강철의 강도나 상기 초석 페라이트의 경도가 부족하다. 이와 동시에, 인성·연성이 지나치게 되어 피삭성도 저하된다. 한편, C 함유량이 0.12%를 초과하면, 강도나 상기 초석 페라이트의 경도가 과도하게 높아져, 피삭성이 도리어 저하된다. 이 때문에, C의 하한을 0.02%, 바람직하게는 0.03%로 하고, 그 상한을 0.12%, 바람직하게는 0.07%로 한다.
- <72> Mn: 1.0 내지 2.0%
- <73> Mn은 강철중의 S와 결합하여 MnS의 황화물을 형성하고, 피삭성을 향상시킨다. 또한, FeS 생성에 의한 적열취성(赤熱脆性)을 억제한다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, Mn의 하한을 10%로 한다. 그러나, Mn은 탈산 효과가 있기 때문에, 2.0%를 초과 함유하는 경우, 주조전의 용강 중의 유리 산소(Of)를 탈산하여, MnS의 대형 구상화에 필요한 Of량을 부족하게 한다. 또한, 강도가 지나치게 상승하여, 도리어 피삭성이 저하된다. 따라서, Mn의 상한을 2.0%로 하고, 또한, 후술하는 S와의 관계에서, 또한 함유량을 규정하고, 상기 탈산 효과를 발휘시키지 않도록 하여, 오로지 MnS의 황화물 형성에 기여하도록 한다.
- <74> P: 0.05 내지 0.20%
- <75> P는 고용강화에 의해서, 초석 페라이트의 경도를 HV133 내지 150의 범위로 제어하거나, 압축시험에 의해 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이를 제어하여, 피삭성을 향상시키기 위한 중요한 원소이다. 즉, 본 발명에서는, P의 고용강화와 후술하는 N의 고용강화, 또는 선택적으로 함유하는 Cu, Ni의 고용강화와의 조합에 의해, 후술하는 열간 압연온도, 열간 압연후의 냉각 속도 등을 조합시켜 실시함으로써 초석 페라이트의 경도나 압축시험에 의한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이를 상기 범위로 제어할 수 있다. 이 효과를 발휘시키기 위해서는, P의 0.05% 이상의 함유가 필요하다. 한편, P를 0.20%를 초과하여 함유하더라도 효과는 포화하기 때문에, 0.20%를 상한으로 한다.
- <76> S: 0.30 내지 0.60%
- <77> S는 Mn과 황화물을 형성하여 피삭성을 향상시키는 원소이고, 0.30% 미만으로서는 이러한 효과가 극히 작다. 한편, 0.60%를 초과하여 함유하면 열간 가공성의 저하가 우려된다. 이 때문에, 하한을 0.30%, 바람직하게는 0.35%로 하고, 한편 그 상한을 0.60%, 바람직하게는 0.50%로 한다.
- <78> 이 S는 Mn과의 관계에서, Mn과 S의 함유량이,  $0.40 \leq Mn \cdot S (= Mn \times S) \leq 1.2$ ,  $Mn/S \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하도록 한다. 도 1에, 본 발명에 있어서의 Mn과 S와의 함유량의 관계를 나타낸다. 도 1에 있어서, 횡축은 Mn 함유량(%), 종축은 S 함유량(%)이고, 좌측 밑으로부터 우측 위로의 직선이  $Mn/S = 3.0$ 의 Mn/S의 하한을, 우측 밑으로부터 좌측 위로의 복수의 곡선이 각각  $Mn \cdot S$ 를 나타낸다.  $Mn \cdot S$ 의 곡선은, 도면의 좌측에서,  $Mn \cdot S = 0.40$ ,  $Mn \cdot S = 0.45$ ,  $Mn \cdot S = 0.5$ ,  $Mn \cdot S = 0.8$ ,  $Mn \cdot S = 1.0$ ,  $Mn \cdot S = 1.2$ 의 곡선을 각각 나타낸다.
- <79> 도 1에 있어서,  $Mn/S \geq 3.0$ 의 관계는,  $Mn/S = 3.0$ 의 직선보다도 하측의 영역을 나타낸다. 또한,  $Mn \cdot S$ 가 0.40이상의 영역은  $Mn \cdot S = 0.40$ 의 곡선의 상측영역,  $Mn \cdot S$ 가 1.2이하의 영역은  $Mn \cdot S = 1.20$  곡선의 하측영역을 각각 나타낸다. 한편, 본 발명에 있어서, Mn과 S의 함유량이, 각각의 함유량 범위와  $0.40 \leq Mn \cdot S \leq 1.2$ ,  $Mn/S \geq 3.0$ 의 관계를 모두 만족하는 범위는 사선내에서 나타내는 범위이다. 여기서, 상기  $Mn \cdot S = 0.45$ 와  $Mn \cdot S = 0.5$ 는 각각 바람직하거나, 보다 바람직한  $Mn \cdot S$ 의 하한을 나타내고,  $Mn \cdot S = 1.0$ 와  $Mn \cdot S = 0.8$ 은 각각 바람직하거나, 보다 바람직한  $Mn \cdot S$ 의 상한을 나타낸다.
- <80> Mn과 S의 함유량이  $Mn \cdot S$ : 0.40 내지 1.2의 범위, 바람직하게는 0.45 내지 1.0, 보다 바람직하게는 0.5 내지 0.8의 각 상한을 초과하는 경우, S량이 많아져, MnS의 형태 제어에 필요한 유리 산소량이 감소한다. 이 때문에 피삭성이 저하된다. 한편, 상기 각 하한 미만을 벗어나는 경우, MnS의 절대량이 줄어 피삭성이 저하되거나, 또는, 유리 산소량이 증가하여, 기공 생성의 위험성이 늘어난다.
- <81> Mn/S가 3.0 미만이면, FeS가 생성하여, 열간 압연 등의 가공성이 저하되고, 강재의 제조 자체가 곤란하게 된다.
- <82> Si: 0.01% 이하
- <83> Si는 탈산 효과가 있기 때문에, 주조전의 용강 중의 유리 산소(Of)를 탈산하고, MnS의 대형 구상화에 필요한 Of



량을 부족하게 한다. 이 영향은 Si를 0.01% 초과하여 함유하면 현저하고, 또한, 0.01% 초과하여 함유하면 경질의 산화물이 생성하여, 피삭성이 극단적으로 저하된다. 이 때문에, Si는 0.01% 이하로 감소시킨다.

<84> N: 0.007 내지 0.02%

<85> N은 상기 P와 같이 고용강화에 의해, 초석 페라이트의 경도를 HV133 내지 150의 범위로 제어하는데 중요한 원소이다. 또한, N은 고용강화에 의해, 강재의 동적 변형 시효를 현저하게 하고, 구성 칼끝 생성을 안정화시키는 중요한 효과도 한다. 강재의 동적 변형 시효는 구성 칼끝 생성을 안정화시키는 효과가 있고, 강재의 동적 변형 시효가 현저하게 되면, 구성 칼끝이 안정적으로 생성되고, 크기나 형상이 균일화된다. 또한, 강재의 동적 변형 시효가 현저하게 되면, 압축시험에 의한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이를 크게 하여, 상기 규정 범위내로 제어할 수 있는 효과도 있다. 또한, N은 피삭성, 특히 표면 조도를 개선하는 효과가 있다.

<86> 이들 효과를 발휘하기 위해서는, N을 0.007% 이상 함유하는 것이 필요하고, 0.007% 미만에서는 이들 효과가 극히 작다. 한편, N을 0.02% 초과하여 함유하더라도, 초석 페라이트의 경도가 지나치게 높아지고, 열간 압연 등의 가공성이 저하된다. 이 때문에, N은 하한을 0.007%, 상한을 0.02%로 한다.

<87> 고용 질소

<88> 이들의 질소의 효과, 특히, 강재의 동적 변형 시효를 크게 하기 위해서는, 상기 N의 총량과 같이, 강재의 고용 질소(고용 N)를 70ppm 이상으로 하는 것이 바람직하다. 상기 N의 총량이 많더라도 고용 질소가 70ppm 미만에서는, 강재의 동적 변형 시효가 커지지 않고, 압축시험에 의한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이를 크게 할 수 없는 가능성이 있다.

<89> 강재의 고용 질소량을 늘리기 위해서는, 후술하는 바와 같이, Ti, Nb, V, Al, Zr 등의 질화물 생성원소를 저하시킨다. 또한, 최종 열간가공(열간 압연, 열간 단조)시의 가열 온도를 고온화하거나, 그 후 냉각 속도를 빠르게 하는 것이 효과적이다.

<90> 강재의 고용 질소량은 하기식과 같이, 불활성 가스 용해 열전도도법에 의해, 강재의 N의 총량(총 질소)을 구하고, 이로부터, 강재로부터 전해 추출하여 인도페논 흡광 광도법에 의해 정량화되는 화합물형 질소(석출 질소)의 함유량을 빼어 구한다: 고용 질소량(ppm)= 총 질소량-화합물형 질소량.

<91> 산소

<92> 본 발명에서는, 상기 성분을 갖는 강을 주조하는 경우에는, 주조전의 용강 중의 유리 산소(Of)를 30ppm 이상 100ppm 미만으로 함과 함께, Of와 S와의 비 Of/S를 0.005 내지 0.030으로 제어한다. 본 발명에서 말하는 MnS에는, MnS에 대표되는 S를 주로 한 화합물 외에도, 산소가 고용되거나, 또는 산화물과 복합화되는 MnS도 포함된다. 따라서, MnS에 고용되거나 복합화되는 산소는 MnS의 크기나 형태에 큰 영향을 끼친다. 그리고, 이들의 MnS는 주조전의 용강 중에서 생성된다. 이러한 점에서, 산소량은 제품 강재의 단계에서 규정하더라도 의미는 없고, 주조전의 용강 중의 단계에서, 또한, 유리 산소량으로 제어해야 한다. 즉, MnS의 형태는, 주조전의 용강 중의 Of량으로 정해지고, 주조전의 용강 중의 Of를 상기 범위로 함으로써 MnS를 대형 구상화할 수 있고, 피삭성이 향상된다.

<93> 주조전의 용강 중의 Of가 30ppm 미만 및 Of/S가 0.005 미만에서는, MnS를 대형 구상화할 수 없고, 피삭성이 향상되지 않는다. 한편, 주조전의 용강 중의 Of가 100ppm을 초과하고, Of/S가 0.030을 초과하는 경우에는, Of가 늘어, 기공 생성의 위험성이 늘어난다.

<94> 이 용강 중의 Of의 제어는, MnS량의 제어, Al과 Si 등의 강탈산 원소량의 제어, 슬래그 커버의 조성제어, 또는 FeO의 강제 첨가후 평형상태에 도달하기 전에 주조하는 등의 수단을 적절히 선택 또는 조합하여 실시한다.

<95> 이 용강 중의 Of의 측정은, 산소 농담 전지와 온도 센서인 열전대로부터 구성되고, 시판하는 침지식 소모형의 용강 산소 센서를 이용하여 기전력을 측정하고, 연산기에서 산소농도로 환산하여 유리 산소를 측정한다. 이들 기전력의 측정 및 연산에는, 야마리-일렉트로나이트 캄파니 리미티드(YAMARI-ELECTRONITE CO., LTD)의 제품 HY-OP DIGITAL INDICATOR MODEL을 이용했다.

<96> Cr, Ti, Nb, V, Al 및 Zr

<97> Cr, Ti, Nb, V, Al, Zr은 피삭성에 효과적인 상기 고용 N을 고착하여 질화물을 생성한다. 따라서, 이들 원소는 고용 N량을 감소시켜, 피삭성을 저하시킨다. Cr을 0.04% 초과하여 함유하는 경우나, Ti, Nb, V, Al, Zr을 총량으로 0.020% 초과하여 함유하는 경우에, 특히 그 악영향은 현저하게 된다. 따라서, 본 발명에서는 이들 원소를

될 수 있는 한 적게 하는 것이 바람직하다. 이를 위해서, Cr을 바람직하게는 0.04% 이하, 보다 바람직하게는 0.02% 이하로 규제한다. 또한, Ti, Nb, V, Al, Zr을 이들 원소의 총량으로, 바람직하게는 0.020% 이하, 보다 바람직하게는 0.015% 이하, 또한 보다 바람직하게는 0.010% 이하로 규제한다.

<98> Cu, Ni

<99> Cu, Ni는 페라이트 중에 고용되어, 페라이트를 강화하기 때문에, 초석 페라이트의 경도를 HV133 내지 150의 범위로 제어하는데 효과적이다. 따라서, 상기 N과 함께 이용할 수 있다. 이 효과를 발휘하기 위해, Cu, Ni의 1종 또는 2종을 선택적으로 함유하는 경우에는, Cu: 0.30% 초과 1.0% 이하, Ni: 0.20% 초과 1.0% 이하로 한다. Cu가 0.30% 이하, 또한 Ni가 0.20% 이하로서는 이들의 효과가 없고, Cu가 10% 초과, 또한 Ni가 1.0% 초과로서는 효과가 포화한다.

<100> MnS의 형태

<101> 다음으로, 강재 중의 MnS(황화물계 개재물)의 형태에 대하여 구체적으로 설명한다. MnS량 및 분포는 상기한 바와 같이, 조성, 용해·주조 조건에 의해 대략 결정되지만, 그 형태는 주조후의 열간 압연, 열간 단조의 공정에서도 변화된다. MnS의 형태가 대형의 구형일수록, 압연, 단조시에 펴기 어렵고, 가공후에 있어서도 큰 폭의 형태를 갖는다. MnS의 폭은 열간 압연된 강재 또는 그 후에 신선 등의 냉간 가공한 강재에 있어서도 피삭성에 큰 영향을 주고, 일반적으로는 폭이 클수록 피삭성은 향상된다. 다만, 강재의 직경에 의해 필요로 하는 평균 폭은 다르다. 예컨대, 같은 부피, 개수, 형태(폭)의 MnS가 강재 중에 존재하는 경우에는, 직경이 작은 쪽이 피삭성이 양호하고, 직경이 크게 되면 피삭성이 저하된다. 여기서, 형태에 착안하여, 직경이 크더라도, 충분한 폭의 MnS로 하는 것에 따라, 피삭성을 개선할 수 있다.

<102> 피삭성에 끼치는 MnS의 평균 폭과 강재의 직경(직경)과의 관계에 있어서, 필요하게 되는 평균 폭은 강재의 직경을  $d$ (압연후의 선재, 봉강)로 했을 때,  $2.8 \times \log d (= 2.8 \times \log d)$  이상인 것으로 한다. MnS의 평균 폭이 상기 미만이면, 피삭성이 저하된다.

<103> 상기한 바와 같이, 본 발명에서 말하는 MnS에는, MnS에 대표되는 S를 주로 한 화합물 외에도 산소가 고용되고, 또는 산화물과 복합화된 MnS도 포함된다. 이들 황화물도 피삭성 개선에 있어서 동일한 효과를 갖는다. 개개의 MnS의 최대 폭은 100배의 배율에서의 광학 현미경 관찰 결과를 화상 해석함으로써 구하지만, 관찰위치는 중요하고, 이하의 영역을 관찰한다. 피삭성에 가장 중요한 부분은 강재 외주표면으로부터 깊이 0.1mm의 위치로부터 깊이  $d/8$  까지의 영역이기 때문에, 이 영역을 관찰한다. 관찰에 있어서는 압연방향과 평행한 면에서, 측정 영역면적은  $6\text{mm}^2$  이상으로 한다. 또한, 강재 외주표면을 연마한대로 관찰하면 바람직하고, 강재 외주표면의 에칭을 할 필요는 없다. 한편, 장직경  $1\mu\text{m}$  미만의 MnS는 제외하고 최대 폭의 측정해석을 한다. 이것은 장직경  $1\mu\text{m}$  미만의 MnS는 측정오차가 크고, 피삭성에의 영향이 작기 때문이다.

<104> 한편, 상기 특허문헌 10에는 MnS의 규정요소의 하나로서 단직경  $2\mu\text{m}$  이상으로 규정되어 있지만, 강재의 직경의 대소에 관계하지 않고, 동일한 규정이라고 하면, 강재 직경이 큰 경우에는, MnS의 최대 폭도 크게 하지 않으면 피삭성 향상 효과를 기대할 수 없다.

<105> 제조 방법

<106> 본 발명 강재의 바람직한 제조조건에 대하여 이하에 설명한다.

<107> 우선, 본 발명에서는 상기 성분을 갖는 강을 용제, 주조하는 경우에는, MnS를 대형 구상화시켜, 피삭성을 향상시키기 위해, 상기한 바와 같이, 주조전의 용강 중의 유리 산소(Of)를 30ppm 이상 100ppm 미만으로 함과 동시에, Of와 S와의 비 Of/S를 0.005 내지 0.030으로 제어한다.

<108> 다음으로, 강편(주편)의 열간 압연 시에, 상기 MnS의 최대 폭의 제어를 위해서는, 열간 압연 시의 강편 가열 온도를 적어도  $1000^\circ\text{C}$  이상으로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는  $1040^\circ\text{C}$  이상으로 하는 것이 좋다. 이 강편의 가열 온도는 빌렛이 가열로를 빠져나간 단계에서 측정한다.

<109> 또한, 본 발명의 저탄소 황계 캐삭강재를 피삭성 향상을 위해, 페라이트와 펄라이트와의 복합조직으로 하고, 더욱이, 초석 페라이트의 경도를 HV133 내지 150의 범위로 제어하기 위해서는, 그 후의 열간 압연온도를, 페라이트역 또는 페라이트·오스테나이트역으로 하는 것이 효과적이다.

<110> 그리고, 초석 페라이트의 경도를 HV133 내지 150의 범위로 제어하거나, 압축시험에 의한  $200^\circ\text{C}$ 와  $25^\circ\text{C}$ 와의 변형 저항의 차이를 상기 규정 범위로 하기 위해서는 열간 압연후의 냉각 속도의 제어가 중요하다. 열간 압연후의

스텔모어 라인의 공기 분사냉각 또는 수냉, 미스트 등의 가속냉각은, 초석 페라이트의 경도를 증가시키는데 효과적이다. 본 발명에서는, 또한, 페라이트 변태 직후에서의 냉각 속도를 빠르게 함으로써 기본적인 조직형태이고, 페라이트와 펄라이트와의 복합조직을 변화시키지 않고, 초석 페라이트의 경도만을 상승시킬 수 있다. 또한, 이에 의해, 압축시험에 의한 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이를 상기 규정 범위로 할 수 있다.

<111> 이 열간 압연후의 냉각 속도에 대하여, 열간 압연한 강선재를 스텔모어 라인으로 냉각할 때에, 스텔모어 라인에 실질적으로 탑재한 직후에 적어도 500℃까지의 평균냉각 속도  $V(^{\circ}\text{C}/\text{s})$ 를 1.0℃/s 이상으로 풍냉하는 것이 바람직하다. 「실질적으로 탑재」란, 풍냉 설비가 있는 최초의 개소에서 탑재를 의미한다. 스텔모어 컨베이어로써 냉각되는 경우의 선재의 냉각 속도는 엄밀하게는 선재 코일의 두꺼운 부분과 얇은 부분에 따라 다르지만, 이들의 냉각 속도의 평균 냉각 속도를 의미한다.

<112> 열간 압연후의 선재나 봉강은 필요에 따라 신선이나 인발 등의 냉간 가공을 실시한 후, 기계 가공을 하여 제품으로 된다.

# <113> 실시예 1

<114> 이하에, 본 발명의 실시예를 설명한다. 실시예 1, 2로서, 우선, 초석 페라이트의 경도를 제어하고, 강선의 피삭성 향상 효과를 확인했다.

<115> 상기 성분조성, 열간 압연조건을 여러 가지로 변경한 강선을 실제 장치로써 얻고, 이 강선의 피삭성 등을 각각 평가했다. 즉, 하기 표 1, 2(표 2는 표 1의 계속)에 나타내는 1 내지 14의 각 조성의 저탄소 강편을 주조 응고시의 냉각 속도를 20℃/S로 하여 용제했다. 표 2에는 주조전의 용강 중의 Of 량과 Of/S의 값도 나타낸다.

<116> 그리고, 하기 표 3에 나타내는 조건에서, 이들의 강편을 가열, 열간 압연하고, 강선재를 제조하여, 표 3에 나타내는 각 선직경의 강선을 수득했다. 한편, 표 3에 나타내는 압연후의 냉각 속도는 압연 패틴 C의 경우를 제외하고, 마무리 압연후, 스텔모어 컨베이어 상에 강선재가 탑재됨으로써 공기 분사냉각을 시작하여, 500℃까지 냉각한 경우의 평균냉각 속도를 나타낸다. 표 3에 \* 표시로 나타내는 압연패틴 C의 경우는, 600℃까지를 평균 냉각 속도 0.8℃/s로 냉각후, 600℃ 이하를 2.5℃/s로 가속 냉각한 것이다. 이들 열간 압연후의 냉각 속도는 코일상 선재의 링 피치의 제어, 서냉 커버의 사용, 풍냉시의 풍량, 풍향 등을 조합하여 적절히 제어했다.

<117> 이상 제조된 강선재의 MnS의 평균 폭과 MnS의 평균 폭의 강재의 직경(직경 d)과의 관계( $2.8 \cdot \log d$ ), 초석 페라이트의 경도(HV)를 표 3에 나타낸다. 이들은 각각 상기한 방법으로 측정했다. 또한, 제조된 강선재의 조직 관찰을 실시한 바, 모두 페라이트·펄라이트 조직이었다.

<118> 또한, 제조된 강선재의 피삭성 시험을 실시했다. 피삭성 시험은 스케일을 절삭 또는 센터리스 연삭 등으로 제거한 선재를, 그 축심 주위에 회전하도록 선반에 고정하고, 이 선재에 대하여 고속 강 제조구(SKH4)를 수직으로 이송하여 성형한 후, 절삭후의 마무리면 조도를 측정했다. 성형의 조건은 절삭 속도 92 m/min, 공구 이송 속도 0.03 mm/rev, 절단 깊이 1.0 mm로 했다. 한편, 마무리면 조도는 JISB0601에 규정된 표면 조도 측정법에 의해 측정했을 때의 중심선 평균 조도  $Ra(\mu\text{m})$ 로 했다.

<119> 표 1 내지 3으로부터 분명한 바와 같이, 발명에 2 내지 11, 14의 강선재는 각각 표 1의 강 2, 3 및 6이 본 발명의 화학성분 조성 범위내로 이루어지고, 또한, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \cdot \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고 있다. 또한, 주조전의 용강 중의 Of가 30ppm 이상 100ppm 미만의 범위, Of/S가 0.005 내지 0.030의 범위로 제어되고 있다. 그리고, 압연 조건도 각각 상기 바람직한 범위내에 있다.

<120> 이 결과, 강선재 중의 황화물계 개재물의 평균폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한, 금속조직에 있어서의 초석 페라이트의 경도가 HV133 내지 150의 범위이다. 이 때문에, 마무리면 조도  $Ra$ 가 33.6 $\mu\text{m}$  이하(27.9 내지 33.6 $\mu\text{m}$ )이다. 이 마무리면 조도는 같은 방식으로, 황화물계 개재물의 수, 크기, 형태를 제어한 상기 특허문헌 6의 마무리면 조도에, 34.8 내지 40.3 $\mu\text{m}$ 에 비해 우수한 것을 알 수 있다.

<121> 이에 대하여, 각 비교예 1, 12, 15, 19 내지 22는 마무리면 조도  $Ra$ 가 37.5 내지 48.2 $\mu\text{m}$  레벨이고, 발명에 비해 현저하고 피삭성이 떨어진다. 또한, 비교예 13, 16 내지 18은 압연시에 균열이 발생했기 때문에, 강선재 자체가 얻어지지 않았다.

<122> 예컨대, 비교예 1은 표 1의 강 1의  $\text{Mn} \cdot \text{S}$ 가 하한 0.40을 낮게 벗어난다.

<123> 비교예 12는 표 2의 강 4의 주조전의 용강 중의 Of가 하한 30ppm 미만으로 낮게 벗어나고, Of/S도 하한 0.005 미만으로 낮게 벗어난다. 이 때문에, MnS의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  미만으로 낮게 벗어난다.

- <124> 비교예 15는 표 2의 강 7의 주조전의 용강 중의 Of가 하한 30ppm 미만으로 낮게 벗어난다. 이 때문에, MnS의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  미만으로 낮게 벗어난다.
- <125> 비교예 19는 표 1의 강 11의 Mn량이 2.2%로 상한 2.0%를 초과하여 높게 된다. 또한, 표 2의 강 11의 주조전 용강 중의 Of 및 Of/S도 하한보다 낮게 벗어난다.
- <126> 비교예 20은 표 1의 강 12의 S량이 0.28%로 하한 0.3% 미만으로 낮게 벗어난다. 이 때문에, MnS의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  미만으로 낮게 벗어난다.
- <127> 비교예 21, 22는 표 1의 강 13, 14의 N량이 하한 0.007% 미만으로 낮게 벗어난다. 이 때문에, 초석 페라이트의 경도가 HV133 미만으로 낮게 벗어난다.
- <128> 이상의 결과로부터, 본 발명 요건의 임계적인 의의를 알 수 있다.

표 1

NO.	강의 화학성분(질량%, 잔부는 Fe 및 불순물)													
	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Ni	Ti	Al	V	Nb	Zr
1	0.05	0.005	1.2	0.08	0.33	0.008	0.03	0.05	0.02	0.001	0.001	0.006	0.001	0.001
2	0.04	0.005	1.5	0.07	0.4	0.008	0.02	0.03	0.01	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001
3	0.06	0.005	1.8	0.08	0.5	0.011	0.03	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001
4	0.07	0.005	1.9	0.08	0.55	0.008	0.03	0.03	0.01	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001
5	0.08	0.006	1.3	0.07	0.45	0.007	0.04	0.04	0.02	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001
6	0.05	0.005	1.5	0.07	0.4	0.009	0.03	0.03	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001
7	0.04	0.005	1.8	0.08	0.55	0.015	0.02	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001
8	0.06	0.005	1.1	0.08	0.38	0.014	0.01	0.03	0.02	0.002	0.001	0.004	0.001	0.001
9	0.08	0.005	1.5	0.08	0.52	0.009	0.02	0.03	0.01	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001
10	0.07	0.005	0.8	0.08	0.35	0.011	0.03	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001
11	0.08	0.007	2.2	0.08	0.56	0.008	0.02	0.02	0.02	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001
12	0.08	0.005	1.1	0.08	0.28	0.007	0.03	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001
13	0.07	0.007	1.3	0.08	0.38	0.004	0.03	0.03	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001
14	0.05	0.005	1.5	0.07	0.45	0.005	0.03	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001

<129>

표 2

(표 1의 계속)

NO.	강의 화학성분(질량%)			
	Of	Of/S	Mn/S	Mn*S
1	0.0053	0.0161	3.6364	0.396
2	0.0048	0.012	3.75	0.6
3	0.0036	0.0072	3.6	0.9
4	0.0026	0.0047	3.4545	1.045
5	0.0052	0.0116	2.8889	0.585
6	0.0065	0.0163	3.75	0.6
7	0.0028	0.0051	3.2727	0.99
8	0.0065	0.0171	2.8947	0.418
9	0.0039	0.0075	2.8846	0.78
10	0.0105	0.03	2.2857	0.28
11	0.0019	0.0034	3.9286	1.232
12	0.007	0.025	3.9286	0.308
13	0.0063	0.0166	3.4211	0.494
14	0.0048	0.0107	3.3333	0.675

표 3

\* 600℃ 까지 0.8℃로 냉각후, 2.5℃/s로 가속 냉각

강 NO. 1	열간 압연 조건				강선				피삭성 면 주조도 (μm)	비고	구분
	가열 온도 (℃)	마무리 면 압연 조건 (℃)	냉각 속도 ℃/분	압연 패턴	선지경 (mm)	2.8* log d	평균폭 (mm)	초석 페라이트 경도 (HV)			
1	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.82	132	37.5		비교예
2	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.72	134	33.6		반영예
3	1010	855	1.8	B	6.2	2.21	2.39	136	30.2		반영예
4	1010	855	1.8	B	10.0	2.80	3.15	137	29.7		반영예
5	1010	855	1.8	B	8.0	2.53	2.73	135	30.1		반영예
6	1005	860	*	C	8.0	2.53	2.79	140	28.6		반영예
7	1020	705	1.3	D	8.0	2.53	2.71	142	27.9		반영예
8	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.56	135	34.9		반영예
9	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.59	137	33.6		반영예
10	1005	860	*	C	8.0	2.53	2.57	142	30.1		반영예
11	1020	705	1.3	D	8.0	2.53	2.61	144	29.8		반영예
12	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.03	134	42.6		비교예
13	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.83	135	32.5		반영예
14	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.91	135	33.9		반영예
15	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.22	138	33.9		반영예
16	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.83	135	33.9		반영예
17	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.29	135	33.9		반영예
18	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.84	132	33.9		반영예
19	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	1.85	138	47.0		비교예
20	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.85	135	46.3		비교예
21	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.89	129	48.2		비교예
22	1010	850	0.8	A	8.0	2.53	2.93	127	47.6		비교예

<131>

실시예 2

다음으로, 표 4, 5(표 5는 표 4의 계속)에 나타난 15 내지 26의 각 조성의 저탄소 강편을 실시예 1과 같이 용제했다. 표 5에는 주조전의 용강 중의 Of량과 Of/S의 값도 나타낸다. 한편, 열간 압연조건은 실시예 1의 표 3에 있어서의 B 패턴으로 했다. 이들 실기로써 얻은 강철선의 피삭성 등을 각각 실시예 1과 같이 평가했다.

<132>

<133>



- <134> 제조된 강선재의 선직경, MnS의 평균 폭과, MnS의 평균 폭의 강재의 직경(직경 d)과의 관계( $2.8 \cdot \log d$ ), 초석 페라이트의 경도(HV)를 표 6에 나타낸다. 또한, 제조된 강선재의 피삭성 시험에 의한 마무리면 조도도 표 6에 나타낸다. 한편, 제조된 강선재의 조직관찰을 실시한 바, 모두 페라이트·펄라이트 조직이었다.
- <135> 표 4 내지 6으로부터 분명한 바와 같이, 발명에 23 내지 26 및 31 내지 34의 강선재는 각각 표 4의 강 15 내지 18, 23 내지 26이 본 발명의 화학성분 조성범위내로 이루어지고, 또한, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \cdot \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고 있다. 또한, 주조전의 용강 중의 Of가 30ppm 이상 100ppm 미만의 범위, Of/S가 0.005 내지 0.030의 범위에 제어되어 있다. 그리고, 압연조건도 각각 상기 바람직한 범위내이다. 이 결과, 강선재 중의 황화물계 개재물의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한, 금속조직에 있어서의 초석 페라이트의 경도가 HV133 내지 150의 범위이다. 이 때문에, 마무리면 조도 Ra는  $37.6 \mu\text{m}$  이하( $30.9$  내지  $37.6 \mu\text{m}$ )이다.
- <136> 이에 대하여, 각 비교예 27 내지 30은 마무리면 조도 Ra가  $43.6$  내지  $48.3 \mu\text{m}$  레벨이고, 발명에 비해 현저하게 피삭성이 떨어진다.
- <137> 예컨대, 비교예 27은 표 4의 강 19의 Ti, Nb, V, Al, Zr의 총량이 상한 0.020%를 초과한다.
- <138> 비교예 28은 표 4의 강 20의 N이 하한 0.007%를 낮게 벗어나고 있다.
- <139> 비교예 29는 표 4의 강 21의 N 함유량이 상한 0.035%를 높게 벗어나기 때문에, 절삭후의 표면 품질이 저하되고, 마무리면 조도 Ra를 측정할 수 없었다.
- <140> 비교예 30은 초석 페라이트의 경도가 상한에 벗어나고 있다.
- <141> 이상의 결과로부터, 본 발명 요건의 임계적인 의의를 알 수 있다.

표 4

NO.	강의 화학성분(질량%, 잔부는 Fe 및 불순물)													
	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Ni	Ti	Al	V	Nb	Zr
15	0.05	0.005	1.2	0.08	0.35	0.012	0.03	0.03	0.02	0.001	0.001	0.007	0.001	0.001
16	0.05	0.006	1.15	0.07	0.36	0.010	0.03	0.02	0.02	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001
17	0.04	0.005	1.2	0.08	0.35	0.012	0.05	0.03	0.01	0.002	0.001	0.011	0.001	0.001
18	0.05	0.006	1.3	0.08	0.35	0.010	0.015	0.02	0.02	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
19	0.05	0.006	1.2	0.08	0.34	0.010	0.025	0.01	0.02	0.005	0.002	0.015	0.002	0.002
20	0.04	0.006	1.15	0.07	0.35	0.005	0.01	0.03	0.01	0.001	0.001	0.008	0.001	0.001
21	0.04	0.005	1.2	0.08	0.34	0.035	0.015	0.02	0.01	0.001	0.001	0.008	0.001	0.001
22	0.05	0.005	1.5	0.07	0.45	0.011	0.025	0.02	0.02	0.002	0.001	0.005	0.001	0.001
23	0.05	0.004	1.2	0.15	0.35	0.012	0.03	0.03	0.01	0.002	0.001	0.005	0.001	0.001
24	0.05	0.007	1.15	0.08	0.35	0.012	0.025	0.035	0.01	0.002	0.001	0.005	0.001	0.001
25	0.05	0.006	1.2	0.09	0.36	0.018	0.025	0.03	0.40	0.001	0.001	0.006	0.001	0.001
26	0.05	0.005	1.2	0.07	0.34	0.009	0.03	0.36	0.26	0.002	0.001	0.005	0.001	0.001

표 5

(표 4의 계속)

NO.	강의 화학성분(질량%)			
	0f	0f/S	Mn/S	Mn*S
15	0.0056	0.016	3.4286	0.42
16	0.0057	0.0158	3.1944	0.414
17	0.0065	0.0186	3.4286	0.42
18	0.0061	0.0174	3.7143	0.455
19	0.0056	0.0165	3.5294	0.408
20	0.0057	0.0163	3.2857	0.4025
21	0.0058	0.0171	3.5294	0.408
22	0.0048	0.0101	3.3333	0.675
23	0.0059	0.0169	3.4286	0.42
24	0.0068	0.0194	3.2857	0.4025
25	0.0056	0.0156	3.3333	0.432
26	0.0055	0.0162	3.5294	0.408

표 6

강선 NO.	강 NO. 포	열간 압연 조건 패턴	선직경 (mm)	MnS		조직 페라이트 경도 (HV)	피삭성 마무리 면 조도 Ra ( $\mu$ m)	비고	구분
				2.8* log D	평균폭 ( $\mu$ m)				
23	15	B	8.0	2.53	2.78	132	34.1		발명에
24	16	B	8.0	2.53	2.77	135	31.6		발명에
25	17	B	6.2	2.21	2.85	132	37.6		발명에
26	18	B	10.0	2.80	2.88	138	32.8		발명에
27	19	B	8.0	2.53	2.74	127	48.3		비교예
28	20	B	8.0	2.53	2.72	127	47.3		비교예
29	21	B	8.0	2.53	2.75	128	—	표면 품질 적하	비교예
30	22	B	8.0	2.53	2.68	152	43.6		비교예
31	23	B	8.0	2.53	2.77	136	35.2		발명에
32	24	B	8.0	2.53	2.96	140	31.6		발명에
33	25	B	8.0	2.53	2.73	139	30.9		발명에
34	26	B	8.0	2.53	2.75	142	31.9		발명에

실시예 3

이하에, 강재의 압축시험에 의한, 고온 온도의 변형저항과, 실온 온도의 변형저항과의 차이를 제어하여, 강선의 피삭성 향상 효과를 확인했다.

하기 표 7, 8(표 8은 표 7의 계속)에 나타내는 27 내지 41의 각 조성의 저탄소 강편을 실시예 1과 같은 조건으로 용제했다. 표 8에는 주조전의 용강 중의 Of량과 Of/S의 값도 나타낸다. 이 저탄소 강편을 표 9에 나타내는 가열온도, 마무리 압연온도, 냉각 속도로 열간 압연한 강선(선 직경 8.0 mm)을 실기로써 얻고, 이 강선의 피삭성 등을 각각 평가했다.

한편, 표 9에 나타내는 압연후의 냉각 속도는 압연패턴 C의 경우를 제외하고, 마무리 압연후, 스텔모어 컨베이어 상에 강선재가 탑재됨으로부터 공기 분사 냉각을 시작하여, 500℃까지 냉각한 경우의 평균 냉각 속도를 나타낸다. 표 9에 나타내는 압연패턴 C의 경우는, 600℃까지를 평균 냉각속도 0.8℃/s로 냉각후, 600℃ 이하를 2.5℃/s로 실온까지 가속 냉각한 것이다. 이들 열간 압연후의 냉각 속도는 코일상 선재의 링 피치의 제어, 서냉 커버의 사용, 풍냉시의 풍량, 풍향 등을 조합하여 적절하게 제어했다.

이상 제조된 강선재의 MnS의 평균 폭과, MnS의 평균 폭의 강재의 직경(직경 d)과의 관계(2.8\*log d), 압축시험에 의해 취득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이, 및 고용 N량을 표 10에 나타낸다. 한편, 제조된 강선재는 조직관찰의 결과, 모두 페라이트·펄라이트 조직이었다.

변형저항은 직경 8mm, 높이 12mm의 원주상의 강선재 시험편을 실온상태인 25℃와 200℃로 가열한 상태로 압축시험을 실시했다. 그리고, 압축시험은 강선재 시험편과 압축 지그와의 사이에 초경재를 끼우고, 마찰을 억제하고, 강선재 시험편의 압축시의 변형속도는 0.3 mm/min으로서, 변형이 0.3일때의 변형저항을 상기 온도로 각각 구했다.

또한, 강선재의 MnS의 평균 폭 및 고용 N량은 상기 방법으로 측정했다.

이들 제조된 강선재의 피삭성 평가도 실시예 1과 같은 시험조건으로써 마무리면 조도를 측정하여 실시했다. 이들의 결과도 표 10에 나타낸다.

- <153> 표 7, 8의 강 41은 본 발명의 화학성분 조성범위내로 이루어지고, 또한, Mn과 S의 함유량이  $0.40 \leq \text{Mn} \cdot \text{S} \leq 1.2$ ,  $\text{Mn}/\text{S} \geq 3.0$ 의 관계를 각각 만족하고 있다. 또한, 주조전의 용강 중의 Of가 30ppm 이상 100ppm 미만의 범위, Of/S가 0.005 내지 0.030의 범위로 제어되어 있다.
- <154> 표 10으로부터 분명한 바와 같이, 이 강 41을 이용한 강선재내, 발명에 49, 51, 52는 압연조건도 각각 표 9의 바람직한 압연 냉각 조건내(B, C, E)이고, 고용 N도 바람직한 70ppm 이상이다. 이 결과, 이들 발명에는 강선재 중의 황화물계 개재물의 평균 폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 110 MPa 이상 200 MPa 이하의 본 발명의 규정내이고, 마무리면 조도 Ra가 27.6 내지  $31.5 \mu\text{m}$  정도이다.
- <155> 또한, 발명에 49, 51, 52의 초석 페라이트의 경도는 HV136 내지 142이고, 본 발명의 초석 페라이트의 정도 규정에도 대응하고 있다.
- <156> 이에 대하여, 같은 강 41을 이용한 비교예 50은 압연조건이 표 9의 A이고, 냉각 속도가 지나치게 느려질 수 있다. 이 때문에, 고용 N은 63ppm으로 적고, 강선재 중의 황화물계 개재물의 평균폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  이상임에도 불구하고, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 103으로 하한 미만이다. 이 결과, 비교예 50은 마무리면 조도 Ra가 36.8정도이고, 상기 발명에 49, 51, 52에 비해, 피삭성이 떨어지고 있다.
- <157> 비교예 35는 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B인 것과는 관계없이, 이용한 강 27의 Mn·S가 표 10과 같이, 하한 0.40을 낮게 벗어나고 있다. 또한, 고용 N이 52ppm으로 적다. 이 때문에, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 95로 하한 미만이다. 이 결과, 비교예 35는 마무리면 조도 Ra가 38.9 정도이고, 상기 발명에 비해 피삭성이 떨어지고 있다.
- <158> 발명에 36은, 이용한 강 28이 본 발명의 화학성분 조성범위내로 이루어지고, 압연조건도 표 9의 바람직한 압연 냉각조건 B이며, 고용 N도 바람직한 70ppm 이상이다. 이 때문에, 강선재 중의 황화물계 개재물의 평균폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  이상이고, 또한, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 110 MPa 이상 200 MPa 이하의 본 발명 규정내이다. 이 결과, 마무리면 조도 Ra가  $33.6 \mu\text{m}$  정도로 피삭성이 우수하다.
- <159> 비교예 37은, 표 8과 같이, 이용한 강 29가 주조전의 용강 중의 Of가 하한 30ppm을 낮게 벗어나고, Of/S가 하한 0.005를 낮게 벗어나고 있다. 이 때문에, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B인 것과 관계없이, 강선재 중의 황화물계 개재물의 평균폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  미만이고, 고용 N이 60ppm로 적다. 이 때문에, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 102로 하한 미만이다. 이 결과, 비교예 37은 마무리면 조도 Ra가 42.6 정도이고, 상기 발명에 비해 피삭성이 떨어지고 있다.
- <160> 비교예 38은, 표 7, 8과 같이, 이용한 강 30이 본 발명의 화학성분 조성범위내로 이루어지고, 압연조건도 표 9의 바람직한 압연냉각조건 B이지만, 고용 N이 53ppm로 적다. 이 때문에, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 93으로 하한 미만이다. 이 결과, 비교예 38은 마무리면 조도 Ra가 38.7 정도이고, 상기 발명에 비해 피삭성이 떨어지고 있다.
- <161> 비교예 39는, 표 8과 같이, 이용한 강 31의 주조전의 용강 중의 Of가 하한 30ppm을 낮게 벗어나고 있다. 이 때문에, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B임에도 불구하고, 강선재 중의 황화물계 개재물의 평균폭( $\mu\text{m}$ )이  $2.8 \cdot \log d$  미만이다. 이 때문에, 그럼에도 불구하고, 마무리면 조도 Ra는 39.2 정도이고, 상기 발명에 비해 피삭성이 떨어지고 있다.
- <162> 비교예 40은, 표 8과 같이, 이용한 강 32의 Mn/S가 하한 3.0을 낮게 벗어나고 있다. 이 때문에, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B임에도 불구하고, 압연으로 균열이 생기고, 마무리면 조도 Ra 등의 평가를 할 수 없었다.
- <163> 비교예 41은, 표 8과 같이, 이용한 강 33의 Mn/S가 하한 3.0을 낮게 벗어나고 있다. 이 때문에, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B임에도 불구하고, 압연으로 균열이 생기고, 마무리면 조도 Ra 등의 평가를 할 수 없었다.
- <164> 비교예 42는, 표 7과 같이, 이용한 강 34의 Mn이 표 7과 같이, 하한 1.0%를 낮게 벗어나고 있다. 이 때문에, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B임에도 불구하고, 압연으로 균열이 생기고, 마무리면 조도 Ra 등의 평가를 할 수 없었다.
- <165> 비교예 43은, 표 7과 같이, 이용한 강 35의 Mn이 표 7과 같이, 상한 2.0%를 초과하여 지나치게 높다. 또한, 표

8과 같이, 주조전의 용강 중의 Of가 하한 30ppm을 낮게 벗어나고, Of/S가 하한 0.005를 낮게 벗어나고 있다. 이 때문에, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B이지만, 강선재 중의 황화물계 개재물의 평균폭, 고용 N, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 각각 너무 낮고, 마무리면 조도 Ra가 47.0 정도이고, 상기 발명예에 비해 피삭성이 떨어지고 있다.

<166> 비교예 44는, 표 7과 같이, 이용한 강 36의 S량이 0.28%로 하한 0.3%를 낮게 벗어나고 있다. 이 때문에, 표 8과 같이, Mn\*S가 하한 0.40%를 낮게 벗어나고 있다. 따라서, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B이지만, 강선재 중의 고용 N, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 각각 너무 낮고, 마무리면 조도 Ra가 46.3 정도이고, 상기 발명예에 비해 피삭성이 떨어지고 있다.

<167> 비교예 45는, 표 7과 같이, 이용한 강 37의 N량이 하한 0.007% 미만으로 낮게 벗어나고 있다. 이 때문에, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B이지만, 강선재중의 고용 N, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 각각 너무 낮고, 마무리면 조도 Ra가 48.2정도이고, 상기 발명예에 비해 피삭성이 떨어지고 있다.

<168> 비교예 46, 47, 48은, 표 8과 같이, 이용한 강 38, 39, 40의 주조전의 용강 중의 Of, Of/S가 각 상한을 초과하고 있다. 이 때문에, 압연조건은 표 9의 바람직한 압연 냉각조건내 B이지만, 강선재중의 고용 N, 상기 압축시험에 의해 수득된 200℃와 25℃와의 변형저항의 차이가 각각 너무 낮고, 마무리면 조도 Ra가 36.8 내지 48.7정도이고, 상기 발명예에 비해 피삭성이 떨어지고 있다.

<169> 또한, 이들 비교예의 초석 페라이트의 경도는, 본 발명에서 규정하는 HV133 내지 150의 범위를 모두 벗어나고 있고, 상기 발명예의 초석 페라이트의 경도가 범위내인 것과 조합하여, 이 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이의 규정과 중복 내지 잘 대응하고 있다고 할 수 있다. 이상의 결과로부터, 본 발명 요건의 임계적인 의의를 나타낸다.



표 7

NO.	강의 화학성분(질량%, 잔부는 Fe 및 불순물)												
	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Ni	Ti	Al	V	Nb
27	0.05	0.005	1.2	0.08	0.33	0.008	0.03	0.05	0.02	0.001	0.001	0.006	0.001
28	0.06	0.005	1.8	0.08	0.5	0.011	0.03	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001
29	0.07	0.005	1.9	0.08	0.55	0.008	0.03	0.03	0.01	0.001	0.001	0.003	0.001
30	0.05	0.006	1.5	0.07	0.4	0.007	0.03	0.03	0.01	0.003	0.001	0.003	0.001
31	0.04	0.005	1.8	0.08	0.55	0.015	0.02	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001
32	0.06	0.005	1.1	0.08	0.38	0.014	0.01	0.03	0.02	0.002	0.001	0.004	0.001
33	0.08	0.005	1.5	0.08	0.52	0.009	0.02	0.03	0.01	0.001	0.001	0.003	0.001
34	0.07	0.005	0.8	0.08	0.35	0.011	0.03	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001
35	0.08	0.007	2.2	0.08	0.56	0.008	0.02	0.02	0.02	0.001	0.001	0.003	0.001
36	0.08	0.005	1.1	0.08	0.28	0.007	0.03	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001
37	0.07	0.007	1.3	0.08	0.38	0.004	0.03	0.03	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001
38	0.05	0.005	1.2	0.08	0.35	0.012	0.03	0.03	0.02	0.001	0.001	0.005	0.001
39	0.05	0.006	1.2	0.07	0.36	0.010	0.03	0.02	0.02	0.001	0.001	0.005	0.001
40	0.04	0.005	1.2	0.08	0.35	0.012	0.05	0.03	0.01	0.002	0.001	0.011	0.001
41	0.07	0.005	1.8	0.08	0.49	0.012	0.02	0.02	0.01	0.002	0.001	0.003	0.001

표 8

(표 7의 계속)

NO.	강의 화학성분(질량%)			
	Of	Of/S	Mn/S	Mn*S
27	0.0053	0.01606	3.636	0.396
28	0.0042	0.00840	3.600	0.900
29	0.0026	0.00473	3.455	1.045
30	0.0063	0.01575	3.750	0.600
31	0.0028	0.00509	3.273	0.990
32	0.0065	0.01711	2.895	0.418
33	0.0039	0.00750	2.885	0.780
34	0.0105	0.03000	2.286	0.280
35	0.0019	0.00339	3.929	1.232
36	0.007	0.02500	3.929	0.308
37	0.0063	0.01658	3.421	0.494
38	0.016	0.04571	3.429	0.420
39	0.0158	0.04398	3.194	0.414
40	0.0186	0.05306	3.429	0.420
41	0.0036	0.00735	3.673	0.882

표 9

압연 패턴	열간 압연 조건			구분
	가열 온도 (℃)	마무리면 압연 온도(℃)	냉각 속도 (℃/분)	
A	1010	850	0.8	비교예
B	1010	855	1.8	발명에
C	1005	860	600℃ 까지 0.8℃로 냉각후, 2.5℃/s로 가속 냉각	발명에
E	1150	855	1.8	발명에

표 10

강 NO. 7, 8	압연 패턴 표 9	강선					피삭성 마무리 면 조도 Ra (μm)	구분
		선지경 (mm)	MnS 2.8* log d	평균폭 (μm)	압축 시험 변형 저항 의 차(MPa)	고유 질소(ppm)		
35	27	8.0	2.53	2.53	95	52	38.9	비교예
36	28	8.0	2.53	2.59	125	87	33.6	발명에
37	29	8.0	2.53	2.03	102	60	42.6	비교예
38	30	8.0	2.53	2.91	93	53	38.7	비교예
39	31	8.0	2.53	2.22	113	103	39.2	비교예
40	32	8.0	2.53	2.83	125	115	—	비교예
41	33	8.0	2.53	2.29	111	70	—	비교예
42	34	8.0	2.53	2.84	124	88	—	비교예
43	35	8.0	2.53	1.85	99	60	47.0	비교예
44	36	8.0	2.53	2.85	87	48	46.3	비교예
45	37	8.0	2.53	2.89	65	18	48.2	비교예
46	38	8.0	2.53	2.78	78	49	38.2	비교예
47	39	8.0	2.53	2.77	72	34	36.8	비교예
48	40	8.0	2.53	2.85	59	8	48.7	비교예
49	41	8.0	2.53	2.86	115	72	31.5	발명에
50	41	8.0	2.53	2.92	103	63	36.8	비교예
51	41	8.0	2.53	3.01	116	76	29.2	발명에
52	41	8.0	2.53	3.09	133	78.0	27.6	발명에

산업상 이용 가능성

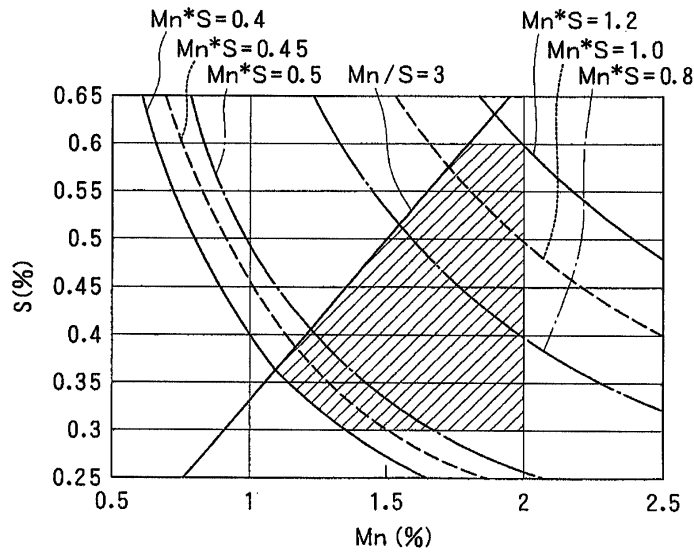
이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 독성이 있는 Pb, Bi, Te 등의 특수원소를 첨가하지 않는 경우에 있어서도, 특히 마무리면 조도가 우수한 피삭성을 갖는 저탄소 황계 쾌삭강재 및 그의 바람직한 제조방법을 제공할 수 있다. 이 때문에, 본 발명의 강재는 피삭성을 증시킨 부품류에서, 절삭에 의해 다량으로 제작되는 주로 소물부품인 나사류, 니플류 등에 유용하다.

도면의 간단한 설명

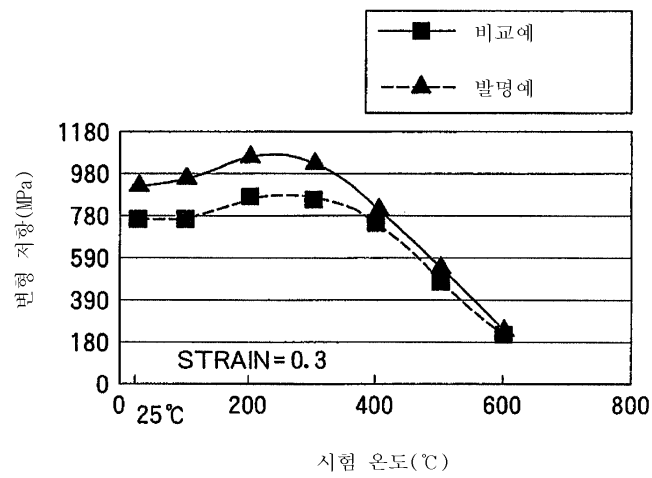
- 도 1은 본 발명에 있어서의 Mn과 S의 함유량의 관계를 나타내는 설명도이다.
- 도 2는 강재의 변형저항의 압축시험 온도에 의한 변화를 나타내는 설명도이다.
- 도 3은 강재의 압축시험에 있어서의, 변형과 실온 25℃ 내지 200℃에서의 변형저항의 차이의 관계를 나타내는 설명도이다.

도면

도면1



도면2



도면3

