



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월08일  
(11) 등록번호 10-2792419  
(24) 등록일자 2025년04월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C22C 38/14 (2006.01) B22D 11/124 (2006.01)  
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
C22C 38/14 (2013.01)  
B22D 11/124 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7035031
- (22) 출원일자(국제) 2021년04월05일  
심사청구일자 2022년10월07일
- (85) 번역문제출일자 2022년10월07일
- (65) 공개번호 10-2022-0149782
- (43) 공개일자 2022년11월08일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2021/014477
- (87) 국제공개번호 WO 2021/206047  
국제공개일자 2021년10월14일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2020-069313 2020년04월07일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
WO2009128428 A1  
JP2016204690 A  
JP2008056991 A

- (73) 특허권자  
닛폰세이테츠 가부시카이가이사  
일본 도쿄도 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
- (72) 발명자  
다카야 신  
일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가이사 내  
다구치 겐지  
일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가이사 내  
가토 유이치로  
일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가이사 내
- (74) 대리인  
양영준, 최인호, 성재동

전체 청구항 수 : 총 5 항

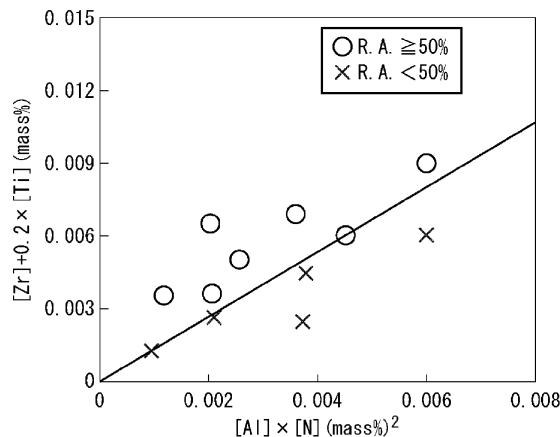
심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 슬래브 및 그 연속 주조 방법

(57) 요약

이 슬래브는, C를 0.02질량% 내지 0.50질량%, Al을 0.20질량% 내지 2.00질량% 함유하는 고Al강의 슬래브이며, [Zr], [Ti], [Al], [N]을 각각 상기 슬래브에서의 함유량(질량%)으로 한 경우에,  $[Zr]+0.2 \times [Ti] \geq 4/3 \times [Al] \times [N]$ 과  $0.0010 \text{ 질량} \% \leq [Zr]$ 의 관계를 충족시킨다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*C22C 38/02* (2013.01)

*C22C 38/04* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

C: 0.02질량% 내지 0.50질량%, Al: 0.20질량% 내지 2.00질량%를 함유하는 고Al강의 슬래브이며, Zr 함유량 및 Ti 함유량이 이하의 (1)식을 충족시키고, 또한 Zr 함유량이 이하의 (2)식을 충족시키고, 상기 슬래브는, 또한,

Si: 0.20질량% 내지 3.00질량%, 및

Mn: 0.5질량% 내지 4.0질량%를 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 슬래브.

$$[Zr]+0.2 \times [Ti] \geq 4/3 \times [Al] \times [N] \quad \dots (1)$$

$$0.0010 \text{질량}\% \leq [Zr] \quad \dots (2)$$

여기서, [Zr], [Ti], [Al], [N]은 각각 상기 슬래브에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 또한 이하의 (3)식을 충족시키는 것을 특징으로 하는, 슬래브.

$$10 > [Ti]/[Zr] \geq 1 \quad \dots (3)$$

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 슬래브의 표층부에 있어서의 전체 질화물 중의 (Zr, Ti)N의 질량 비율은 50.0 질량% 이상인 것을 특징으로 하는, 슬래브.

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

제1항 또는 제2항에 기재된 슬래브의 연속 주조 방법이며,

상기 슬래브의 굽힘 및 교정을 행할 때, 표면 온도가 800℃ 내지 1000℃의 범위에서 굽힘 및 교정을 행하고,

상기 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도를 60℃/min 이하로 하는 것을 특징으로 하는, 슬래브의 연속 주조 방법.

**청구항 7**

제3항에 기재된 슬래브의 연속 주조 방법이며,

상기 슬래브의 굽힘 및 교정을 행할 때, 표면 온도가 800℃ 내지 1000℃의 범위에서 굽힘 및 교정을 행하고,

상기 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도를 60℃/min 이하로 하는 것을 특징으로 하는, 슬래브의 연속 주조 방법.

**청구항 8**

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 특히 AI을 다량으로 포함하는 강의 슬래브 및 그 연속 주조 방법에 관한 것이다.

[0002] 본원은, 2020년 4월 7일에, 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2020-069313호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

**배경 기술**

[0003] 근년, 박판용의 고강도 철강 재료로서, 기계 특성을 향상시키기 위해 AI을 다량 함유한 합금강이 많이 제조되고 있다. 그러나, AI을 많이 첨가할수록, 연속 주조에 있어서 주편의 표층에 가로 균열이 발생하기 쉬워져, 조업상 및 제품의 품질상의 문제가 되고 있다.

[0004] 만곡형 또는 수직 굽힘형의 연속 주조기 중의 교정점에서는, 교정 응력이 주편에 부여된다. 가로 균열은, 주편 표층의 구 오스테나이트 입계를 따라서 발생하는 것이 알려져 있고, AlN이나 NbC 등의 석출에 의해 취화된 오스테나이트 입계나, 구 오스테나이트 입계를 따라서 생성되는 필름상 페라이트에 교정 응력이 집중됨으로써 가로 균열이 발생한다. 또한, 이 가로 균열은, 특히 오스테나이트로부터 페라이트로의 상변태 영역보다도 조금 높은 온도 영역에 있어서 발생하기 쉽지만, 비변태계 조성이라도 마찬가지로 가로 균열이 발생한다. 따라서, 통상적으로는, 교정점에서는 연성이 저하되는 온도 영역(취화 온도 영역)을 회피하도록 주편의 표면 온도를 제어하여, 가로 균열의 발생을 억제하는 방법이 채용되고 있다.

[0005] 그러나, 주편의 표면 온도를 제어하여 취화 온도 영역을 회피하도록 하면, 조업상 큰 제약을 받기 때문에, 곤란한 경우도 많다. 그래서 특허문헌 1에는, Ti를 0.010질량% 초과 0.025질량% 이하로 첨가하고, 주편의 응고셀 두께가 10mm 내지 30mm인 2차 냉각대 상부에 있어서의 주편의 표면 온도를 AlN의 석출 개시 온도 이상으로 하는 기술이 개시되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 제6347164호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 근년에는, 기계 특성을 보다 향상시키기 위해서, AI을 0.20질량% 이상 함유하는 고AI강의 제조도 행해지고 있

다. Al 농도가 증가하면, AlN이 보다 고온에서 석출되어, 취화 온도 영역이 확대된다. 따라서, Al을 0.20질량% 이상 함유하면 취화 온도 영역이 현저하게 확대되기 때문에, 취화 온도 영역을 회피하여 굽힘 및 교정을 행하는 것은 통상의 조업상 거의 불가능하여, 가로 균열을 회피할 수 없다.

[0008] 또한 Al을 0.50질량% 이상 함유하면, 취화 온도 영역이 더욱 현저하게 확대되기 때문에, 냉각 조건을 개선한 조업에서도 취화 온도 영역을 회피하여 굽힘 및 교정을 행하는 것은 거의 불가능하여, 가로 균열을 회피할 수 없다. 또한, 가로 균열을 발생시킨 슬래브는, 그라인더 등의 손질이 필요해지는 것 외에, 열간 압연 후의 가로 균열 기인의 결함이 확인되어, 수율의 악화를 회피할 수 없다. 본원은 연속 주조에 의해 얻어지는 슬래브에 대하여 가로 균열 손질을 필요로 하지 않는 제조성이 우수한 슬래브의 제공을 목적으로 한다.

[0009] 또한, 특허문헌 1에 기재된 방법에서는, Al 농도가 0.063질량% 내지 0.093질량%인 저탄소 알루미늄 킬드강을 대상으로 하고 있고, Al을 0.20질량% 이상 함유하는 고Al강에서는 그 효과가 불분명하다.

[0010] 본 발명은 전술한 문제점을 감안하여, Al을 0.20질량% 이상 함유하는 고Al강의 슬래브이며, 내(耐)표면 균열 감수성이 우수한 슬래브, 및 그 슬래브의 연속 주조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 본 발명자들은, 고Al강의 주편에서의 고온 취화가 AlN의 다량 석출이 요인인 것에 착안하여, 질화물의 석출 제어를 검토하였다. 구체적으로는 Al보다도 N 고정 능력이 높은 Zr을 첨가한 강의 고온 연성을 조사하였다. 그 결과, 미량의 Zr 첨가에 의해 고온 연성이 크게 개선되는 것을 발견하였다. Zr은 응고 직후에 ZrN을 생성하고, N을 고정화하기 때문에, AlN의 입계에의 다량 석출을 억제하여, 고Al강의 고온 취화를 발본적으로 개선할 수 있는 것을 알았다.

[0012] 한편, Zr은 고가의 금속인 점에서, Zr 첨가량을 가능한 한 억제하고자 하는 요망도 있다. 그래서, 본 발명자들은, Ti와 Zr을 적량으로 첨가함으로써, 비용이 너무 높아지지 않고 AlN의 입계에의 다량 석출을 억제할 수 있는 것을 발견하였다.

[0013] 이상으로부터, 본 발명은 이하와 같다.

[0014] (1)

[0015] C: 0.02질량% 내지 0.50질량%, Al을 0.20질량% 내지 2.00질량%를 함유하는 고Al강의 슬래브이며,

[0016] Zr 함유량 및 Ti 함유량이 이하의 (1)식을 충족시키고, 또한 Zr 함유량이 이하의 (2)식을 충족시키는 것을 특징으로 하는, 슬래브.

[0017]  $[Zr]+0.2 \times [Ti] \geq 4/3 \times [Al] \times [N]$  . . . (1)

[0018]  $0.0010\text{질량}\% \leq [Zr]$  . . . (2)

[0019] 여기서, [Zr], [Ti], [Al], [N]은 각각 상기 슬래브에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[0020] (2)

[0021] 또한 이하의 (3)식을 충족시키는 것을 특징으로 하는, 상기 (1)에 기재된 슬래브.

[0022]  $[Ti]/[Zr] \geq 1$  . . . (3)

[0023] (3)

[0024] 상기 슬래브의 표층부에 있어서의 전체 질화물 중의 (Zr, Ti)N의 질량 비율은 50.0질량% 이상인 것을 특징으로 하는, 상기 (1) 또는 (2)에 기재된 슬래브.

[0025] (4)

[0026] 상기 슬래브는,

[0027] Si: 0.20질량% 내지 3.00질량%, 및

[0028] Mn: 0.50질량% 내지 4.00질량%를 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 상기 (1) 내지 (3) 중 어느 한 항에 기재된 슬래브.

- [0029] (5)
- [0030] 상기 (1) 내지 (4) 중 어느 것에 기재된 슬래브의 연속 주조 방법이며,
- [0031] 상기 슬래브의 굽힘 및 교정을 행할 때, 표면 온도가 800℃ 내지 1000℃의 범위에서 굽힘 및 교정을 행하는 것을 특징으로 하는, 슬래브의 연속 주조 방법.
- [0032] (6)
- [0033] 상기 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도를 60℃/min 이하로 하는 것을 특징으로 하는, 상기 (5)에 기재된 슬래브의 연속 주조 방법.

**발명의 효과**

- [0034] 본 발명에 따르면, 교정 응력에 의한 균열을 포함하지 않는 슬래브를 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0035] 도 1은 인장 온도가 700℃ 내지 1100℃의 범위에서의 단면 수축률의 변화를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 인장 온도가 900℃에서의  $[Al] \times [N]$ 과  $[Zr] + 0.2 \times [Ti]$ 의 관계를 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0036] 이하, 본 발명에 대해서, 도면을 참조하면서 설명한다. 또한, 본 실시 형태에 있어서, 「내지」를 사용하여 표현되는 수치 범위는, 「내지」의 전후에 기재되는 수치를 하한값 및 상한값으로서 포함하는 범위를 의미한다. 「초과」 또는 「미만」으로 나타내지는 수치는 그 값을 하한값 또는 상한값으로서 포함하지 않는다.
- [0037] Al을 0.20질량% 이상 함유하는 고Al강을 제조하기 위해서는, 연속 주조 중의 교정점에서의 교정 응력에 의해 가로 균열이 발생하는 것을 방지할 필요가 있다. 교정점에서 온도를 취화 온도 영역으로부터 벗어나게 하는 것은 곤란하다는 점에서, 교정점에서는 일반적인 온도 영역에서 주편의 교정을 행하기 위해서, 본 발명자들은 Zr을 첨가하는 것을 검토하였다.
- [0038] 한편, Zr은 고가의 금속인 점에서, Zr 첨가량을 가능한 한 억제하고자 하는 요망도 있다. 그래서, 본 발명자들은, Zr 및/또는 Ti를 첨가하는 것을 검토하고, 가로 균열이 발생하지 않는 조건을 발견하기 위해, 이하의 실험을 행하였다.
- [0039] (제1 실험)
- [0040] 먼저, Zr을 첨가함으로써 어느 정도 고온 연성이 개선되는지를 확인하기 위한 고온 인장 시험을 행하였다. 이 시험에서는, 표 1에 나타내는 강종 A 내지 D의 4종류의 강(슬래브)으로 실험을 행하였다. 표 1 중의 수치는 모두 질량%(mass%)를 나타내고 있고, 표 1에 나타내는 바와 같이, 강종 A에서는 Zr도 Ti도 소량밖에 포함되어 있지 않으며, 강종 B에서는, Zr이 비교적 많이 포함되어 있지만, 그 이외는 강종 A와 거의 동일한 조성이다. 또한, 강종 C에서는, Ti가 비교적 많이 포함되어 있지만, 그 이외는 강종 A와 거의 동일한 조성이다. 한편, 강종 D는, Zr도 Ti도 비교적 많이 포함되어 있는 예이다. 또한, 모두 잔부는 Fe 및 불순물로 이루어진다. 또한, 「불순물」이란, 슬래브를 공업적으로 제조할 때, 원료로서의 광석, 스크랩, 또는 제조 환경 등으로부터 혼입되는 것을 가리킨다.

[0041] [표 1]

강종	C	Si	Mn	P	S	Ti	Zr	Al	N
A	0.23	1.0	2.50	0.011	0.002	0.002	0.0001	0.69	0.0035
B	0.22	1.0	2.48	0.010	0.002	0.002	0.0025	0.68	0.0033
C	0.23	1.0	2.51	0.010	0.002	0.015	0.0001	0.71	0.0032
D	0.23	1.0	2.50	0.012	0.002	0.015	0.0025	0.7	0.0036

[0042]

[0043]

이어서, 인장 온도를 700℃ 내지 1100℃의 범위에서 변경하고, 이 4종류의 강에서 단면 수축률(R.A.: Reduction Area)(%)을 구하였다. 구체적으로는, JIS G0567:2020에 기초하여, 25kg의 진공 용해에 의해 제작한 각 강종을  $\phi 15$ 까지 단신(鍛伸) 가공 후에  $\phi 10$ 의 인장 시험편(평행부 90mm)으로 하였다. 고온 인장 시험에서는, 콜드 크루시블을 가진 고주파 유도 가열형의 고온 인장 시험 장치를 사용하여, 인장 시험편을 용융 후 냉각 속도 1.0℃/s로 소정의 인장 온도까지 냉각 후, 소정의 인장 온도로 유지하면서 변형 속도  $3.3 \times 10^{-4}$ (1/s)로 파단까지 인장을 실시하였다. 시험 후의 인장 시험편의 파단면의 면적과 시험 전의 시험편 횡단면적의 차를 시험 전의 시험편 횡단면적으로 나눈 값의 백분율(%)을 단면 수축률(단면 감소율)로서 구하였다.

[0044]

그 인장 시험 결과를 도 1에 나타낸다. 도 1 중의 동그라미 표시는 강종 D에서의 단면 수축률을 나타내고, 삼각 표시는 강종 C에서의 단면 수축률을 나타낸다. 또한, 마름모형 표시는 강종 B에서의 단면 수축률을 나타내고, 사각 표시는 강종 A에서의 단면 수축률을 나타낸다. 도 1에 나타내는 바와 같이, Zr과 Ti를 양쪽 모두 적량 첨가하면 특히 800 내지 1000℃의 온도 영역에 있어서 단면 수축률이 커져, 고온 연성이 개선되는 것을 알았다. 여기서, R.A.가 50% 이상이면, 교정 응력에 의해 가로 균열이 발생하지 않는다고 생각할 수 있다. 교정 점을 800 내지 1000℃의 범위에서 통과시키는 것은 조업상 용이하다는 점에서, 취화 온도 영역을 회피하는 온도 제어를 행하지 않아도 Zr 및 Ti를 첨가함으로써 가로 균열을 방지할 수 있는 것을 알았다.

[0045]

(제2 실험)

[0046]

계속해서, 가로 균열을 방지하기 위해 Zr 및 Ti를 어느 정도 첨가할 필요가 있는지를 확인하기 위한 시험을 행하였다. 구체적으로는, 인장 온도를 900℃로 하고, 표 2에 나타내는 바와 같이 Al, Ti, N, Zr양이 다른 복수의 샘플(No.1 내지 No.12)을 준비하여 인장 시험을 행하고, 각각 R.A.(%)를 구하였다. 인장 시험의 구체적인 방법은, 제1 실험과 마찬가지로이다. 그 인장 시험 결과를 표 2 및 도 2에 나타낸다.

[0047] [표 2]

No.	Al [mass%]	N [mass%]	Al [mass%] × N [mass%]	Zr [mass%]	Ti [mass%]	(Zr [mass%]+0.2Ti [mass%]) / (Al [mass%] × N [mass%])	≥4/3	R.A[%]
1	0.2	0.0080	0.00120	0.0015	0.0100	2.92	○	80
2	0.4	0.0052	0.00208	0.0020	0.0080	1.73	○	60
3	0.6	0.0034	0.00204	0.0025	0.0200	3.19	○	85
4	0.8	0.0032	0.00256	0.0030	0.0100	1.95	○	80
5	1.0	0.0036	0.00360	0.0045	0.0120	1.92	○	85
6	1.5	0.0030	0.00450	0.0040	0.0100	1.33	○	55
7	2.0	0.0300	0.00600	0.0050	0.0200	1.50	○	50
8	0.2	0.0050	0.00100	0.0010	0.0010	1.20	×	40
9	0.8	0.0035	0.00210	0.0020	0.0030	1.24	×	35
10	1.0	0.0038	0.00380	0.0030	0.0070	1.16	×	40
11	1.5	0.0025	0.00375	0.0020	0.0200	0.64	×	20
12	2.0	0.0030	0.00600	0.0030	0.0150	1.00	×	30

[0048]

[0049] 도 2에 있어서, 가로 균열이 발생하지 않는다고 생각되는 기준으로서, R.A.가 50% 이상이었던 것을 ○, R.A.가 50% 미만이었다는 것을 ×로 하였다. 그 결과, Zr 및 Ti의 함유량은, Al 함유량과 N 함유량의 곱과 상관이 있는 것을 알았다. 즉, Zr 함유량+Ti 함유량×0.2의 값이, Al 함유량과 N 함유량의 곱의 4/3배 이상이면, R.A.가 50% 이상으로 되어, 교정 응력에 의한 가로 균열을 방지할 수 있는 것을 알았다.

[0050] 이상의 실험 결과에 기초하여, 본 발명에 관한 슬래브의 화학 조성에 대하여 설명한다. 또한, 본 실시 형태에 관한 슬래브는, Al을 0.20질량% 내지 2.00질량% 함유하는 고Al강이며, 주로 박판용을 대상으로 하고 있다. Al의 바람직한 하한값은 0.50질량%이다. Al의 함유량이 0.50질량% 이상으로 되는 경우, 상술한 바와 같이 가로 균열이 발생하기 쉬우므로, 본 실시 형태의 효과가 보다 현저하게 얻어진다. 또한, 상술한 제1 및 제2 실험 결과로부터, 본 실시 형태에 관한 슬래브는, 이하의 (1)식을 충족시키는 양의 Zr 및 Ti를 포함한다.

[0051]  $[Zr]+0.2 \times [Ti] \geq 4/3 \times [Al] \times [N]$  ···(1)

[0052] 여기서, [Zr], [Ti], [Al], [N]은 각각 슬래브 중의 함유량(슬래브의 총 질량에 대한 질량%)을 나타낸다.

[0053] 또한, 상술한 제1 실험 결과로부터, Zr이 적은 강종 C에서는, (1)식의 조건을 충족시키고 있지만, 단면 수축률은 낮았다. Ti는 Zr이나 Al과 마찬가지로 N을 고정하는 원소이며, N과의 친화력은 Zr>Ti>Al의 순이다. 단순한

Ti만의 첨가로써, TiN이 고온에서 석출되지 않고, AlN이 다수 석출되어 버려, 고온 연성의 개선이 작아, 효과가 얻어지지 않는다. 그러나, 강종 D와 같이, Zr과 함께 Ti를 첨가함으로써, 고온에서 열적으로 안정적인 (Zr, Ti)N으로서 N을 고정하여, 고온 연성이 크게 개선된다. 즉, Zr과 Ti의 양쪽 모두를 첨가함으로써, 응고 직후부터 ZrN이 석출되고, 또한 ZrN에 부수되는 형태로 TiN의 석출을 촉진시킴으로써, Ti 단독 첨가보다도 고온에서 N을 고정하여, 고온 연성이 개선된다. 또한, Zr 및 Ti는, 상술한 바와 같이 (Zr, Ti)N의 조성으로 N을 고정한다.

[0054] 이상의 이유로부터, 본 실시 형태에 관한 슬래브는, Zr 함유량이 이하의 (2)식을 충족시키도록 한다.

[0055]  $0.0010\text{질량}\% \leq [\text{Zr}] \dots (2)$

[0056] 또한, Zr 함유량의 상한은 특별히 한정되지 않지만, Zr은 고가의 금속인 점에서, Zr 첨가량을 가능한 한 억제한다는 관점에서, Zr 함유량은 0.0050질량% 이하인 것이 바람직하다. 또한, N 함유량의 상한 및 하한도 특별히 한정되지 않지만, 의도적으로 N 함유량을 증가시키지 않고, 통상의 정련 공정, 연속 주조 공정을 거쳐서 포함되는 범위로서, N 함유량은 0.0080질량% 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 정련 공정에서의 비용을 근거로 하면, N 함유량은 0.0010질량% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 고Al강을 대상으로 하고 있지만, Al 함유량이 2.0질량%를 초과하면 (1)식으로부터 Zr 함유량 및 Ti 함유량도 증가하여, 불필요하게 비용 상승을 초래한다. 따라서, Al 함유량은 0.20 내지 2.00질량%이며, 바람직하게는 0.50 내지 2.00질량%, 보다 바람직하게는 0.55 내지 2.00질량%, 더욱 바람직하게는 0.60 내지 2.00질량%이다.

[0057] 또한, 가능한 한 Zr 대신에 Ti를 사용하여 비용 절감을 하는 것이 바람직하다는 관점에서, [Ti]와 [Zr]의 비 ([Ti]/[Zr])에 있어서, 이하의 (3)식을 충족시키는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 상술한 비가 3 이상이다. 상한값은 특별히 제한되지 않지만, 10 이하인 것이 바람직하다. [Ti]/[Zr]이 10을 초과하면, Zr의 함유량이 낮아지기 때문에, N을 고정하는 (Zr, Ti)N이 충분히 생성되지 않을 가능성이 있다.

[0058]  $[\text{Ti}]/[\text{Zr}] \geq 1 \dots (3)$

[0059] 이상과 같이 본 실시 형태에 관한 슬래브에서는, Zr, Ti, Al, N의 함유량의 관계가 상술한 (1)식 및 (2)식의 조건을 충족시키는 것으로 한다. 또한, Ti 함유량의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 과잉으로 Ti를 함유해도 효과가 포화되어, 불필요한 비용 상승을 초래하기 때문에, Ti 함유량은 0.5질량% 이하인 것이 바람직하다. Ti 함유량의 하한도 특별히 한정되지 않지만, (1)식 및 (2)식으로 결정되고, Ti 함유량은 0.0020질량% 이상인 것이 바람직하다.

[0060] 한편, 기타 원소의 함유량에 대해서는 특별히 한정하지 않지만, C, Si, Mn은 이하의 범위에서 함유하는 것이 바람직하고, 본원에 있어서 명세서에 나타난 C, Si, Mn 등의 범위라면, 발명의 과제를 해결할 수 있는 것을 확인하였다.

[0061] <C: 0.02질량% 내지 0.50질량%>

[0062] C는 강의 강도 향상 원소이며, C 함유량이 0.02질량% 미만이면 고강도 강관으로서의 용도를 충족시키지 않는다. 또한, C 함유량이 0.50질량%를 초과하면 경도가 너무 높아져, 필요한 굽힘성을 담보할 수 없다. 따라서, C 함유량은 0.02질량% 내지 0.50질량%로 한다.

[0063] <Si: 0.20질량% 내지 3.00질량%>

[0064] Si는 강의 강도 향상 원소이며, Si 함유량이 0.20질량% 미만이면 고강도 강관으로서의 용도를 충족시키지 않는다. 또한, Si 함유량이 3.00질량%를 초과하면 용접성에 악영향을 미친다. 따라서, Si 함유량은 0.20질량% 내지 3.00질량%로 하는 것이 바람직하다.

[0065] <Mn: 0.50질량% 내지 4.00질량%>

[0066] Mn은 강의 강도 향상 원소이며, Mn 함유량이 0.50질량% 미만이면 고강도 강관으로서의 용도를 충족시키지 않는다. 또한, Mn 함유량이 4.00질량%를 초과하면, Mn은 편석 원소이기 때문에, 주편이나 강관에 있어서 강도 불균일의 발생을 야기할 가능성이 있다. 따라서, Mn 함유량은 0.50질량% 내지 4.00질량%로 하는 것이 바람직하다. 상기 이외의 잔부는 철 및 불순물이지만, 철의 일부 대신에 몇 가지 성분을 포함해도 된다. 여기서, 「불순물」이란, 상술한 바와 같이, 슬래브를 산업적으로 제조할 때, 원료로서의 광석, 스크랩, 또는 제조 환경 등으로부터 혼입되는 것을 가리킨다. 따라서, 본 실시 형태에 관한 슬래브는, 예를 들어 질량%로 Al: 0.20 내지 2.00%, Zr: 0.0050% 이하, N: 0.0010 내지 0.0080%, C: 0.02 내지 0.50%, Si: 0.20 내지 3.00%, Mn: 0.50

내지 4.00%, P: 0.0005 내지 0.1%, S: 0.0001 내지 0.05%, Mo: 0 내지 0.1%, Nb: 0 내지 0.1%, V: 0 내지 0.1%, B: 0 내지 0.005%, Cr: 0 내지 0.1%, Ni: 0 내지 0.5%, Cu: 0 내지 0.5%, Ti: 0.0020 내지 0.5%를 함유하고, 잔부가 철 및 불순물로 이루어지고, 또한 상술한 (1) 및 (2)식, 바람직하게는 또한 (3)식을 충족시킨다.

[0067] 또한, 상술한 바와 같이, Zr은 응고 직후에 ZrN을 생성하고, N을 고정화하기 때문에, AlN의 입계에의 다량 석출을 억제하여, 고Al강의 고온 취화를 발본적으로 개선할 수 있다. 또한 ZrN에 부수되는 형태로 TiN의 석출을 촉진시킴으로써, Ti 단독 첨가보다도 고온에서 N을 고정하여, 고온 연성이 개선된다. 또한, Zr 및 Ti는 (Zr, Ti)N의 조성으로 N을 고정한다. 이러한 관점에서, 슬래브 표면 조직이 균일하게 존재하는 5mm의 표층부에 있어서의 전체 질화물 중의 (Zr, Ti)N의 질량 비율은 50.0질량% 이상인 것이 바람직하고, 60.0질량% 이상인 것이 더욱 바람직하고, 75.0질량% 이상인 것이 더욱 바람직하다. 이에 의해, 슬래브의 가로 균열을 보다 확실하게 억제할 수 있다.

[0068] 여기서, 슬래브의 표층부에 있어서의 (Zr, Ti)N의 질량 비율은 이하의 방법으로 측정된다. 제조한 슬래브로부터 주변 표층 관찰용의 샘플(예를 들어 주변 폭 중앙으로부터 25mm 폭 25mm 길이 25mm 두께)을 잘라내고, 주변의 표면으로부터 5mm 깊이 위치에 있어서의 면을 경면 연마하여, 관찰면을 조제한다. 계속해서, 노출면을 SEM/EDS(에너지 분산형 X선 분석 장치 탑재 주사형 전자 현미경)로 관찰한다. 이에 의해, 관찰면에 있어서의 원소 매핑을 행하여, 관찰면에 있어서의 크기 200 내지 5000nm(원 상당 직경)의 전체 질화물을 특정한다. 여기서, 관찰될 수 있는 질화물로서는, 예를 들어 (Zr, Ti)N, AlN, NbN, BN, VN 등을 들 수 있다. 그리고, 특정 결과에 기초하여 얻어진 전체 질화물 중의 (Zr, Ti)N의 면적 비율로부터, 슬래브 표층부에 있어서의 전체 질화물이 균일하게 분포되어 있다는 가정에서, 면적 비율을 체적 비율로 간주할 수 있고, 체적비로부터 전체 질화물 중의 (Zr, Ti)N의 질량 비율을 구한다. 또한, (Zr, Ti)N은, Zr 및 Ti의 질화물 입자 중의 합계 질량이 질화물 입자의 총 질량에 대하여 50질량% 이상으로 되고, 또한 Zr의 질량%가 10질량% 이상으로 되는 질화물로서 정의된다.

[0069] 이어서, 상술한 슬래브의 연속 주조 방법에 대하여 설명한다. 본 실시 형태에서는, 취화 온도 영역을 회피할 필요가 없다는 점에서, 연속 주조에 있어서는 특히 일반적인 방법을 사용할 수 있다. 상술한 제1 실험의 결과로부터, 주편을 굽힘 및 교정할 때, 주편의 표면 온도가 800℃ 내지 1000℃로 되어 있는 상태에서 굽힘 및 교정을 행하는 경우에, 특히 효과가 현저해지기 때문에 바람직하다.

[0070] 여기서, 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도를 120℃/min 이하로 하는 것이 바람직하고, 60℃/min 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. 이 경우, 표층부에 있어서의 ZrN의 질량 비율을 50.0질량% 이상으로 할 수 있다. 특히, 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도를 60℃/min 이하로 함으로써, 표층부에 있어서의 ZrN의 질량 비율을 60.0질량% 이상으로 할 수 있다. 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도는 이하의 방법으로 측정된다. 즉, 슬래브의 폭 방향 중앙부의 표면의 온도를 열전대 등으로 측정하고, 그 위치로부터 깊이 5mm의 위치(측정 위치)에 있어서의 1450 내지 1000℃까지의 평균 냉각 속도를 이차원의 전열 계산에 의해 산출한다. 구체적으로는, 이들 온도의 차분(450℃)을, 측정 위치의 온도를 1450℃부터 1000℃까지 냉각시키는 데 소요된 시간으로 나눈다. 이에 의해, 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도를 측정한다. 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도는, 2차 냉각수량에 의해 조정하는 것이 가능하다. 평균 냉각 속도의 하한값은 예를 들어 20℃/min이면 된다.

[0071] **실시예**

[0072] 이어서, 본 발명의 실시예에 대하여 설명하지만, 이 조건은, 본 발명의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위한 일 조건에이므로, 본 발명이 이 실시예의 기재에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은, 본 발명의 요지를 일탈하지 않고, 본 발명의 목적을 달성하는 각종 수단으로 실시할 수 있다.

[0073] C 함유량이 0.3질량%, Si 함유량이 1.5질량%, Mn 함유량이 2.0질량%이며, Al 함유량, N 함유량 및 Zr 함유량이 각각 다른 18종류의 용강을 준비하고, 각각 주형에 유입하여, 연속 주조기에서 연속 주조를 행하였다. 또한, 연속 주조기는, 주형 사이즈 250mm 두께×1200mm 폭의 수직 굽힘형의 연속 주조기를 사용하고, 주조 속도를 1.2m/min으로 하였다. 또한, 교정점에서는, 모두 주편의 표면 온도를 850℃로 하였다. 또한, 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도를 표 3A, 3B에 나타내는 값(60℃/min 또는 120℃/min)으로 하였다.

[0074] 이상의 조건에서 제작한 각각의 슬래브에 있어서, 상술한 방법에 의해 슬래브의 표층부에 있어서의 (Zr, Ti)N의 질량 비율을 측정하였다. 또한, 일부의 슬래브에 있어서는, 제1 실험과 마찬가지로 900℃에서의 단면 수축률

(R.A.)(%)을 구하였다. 또한, 슬래브의 가로 균열에 대해서는, 이하의 평가 기준으로 평가하였다. 즉, 슬래브의 표리면을 0.7mm 그라인더 후, 눈으로 보아 가로 균열의 유무를 확인하였다. 또한, 가로 균열이 전혀 존재하지 않았을 경우에는 「0」으로 평가하고, 가로 균열이 1개 이상 존재하였지만, 가벼운 손질(또한 0.7mm의 추가 연삭)로 없앨 수 있는 경우를 「1」로 평가하고, 가벼운 손질로도 없앨 수 없는 경우를 「2」로 평가하였다. 또한, 가로 균열을 확인할 수 없었던 슬래브를 흠집의 손질을 하지 않고, 열연 공정의 가열로에서 1200℃로 가열하고, 조압연 후, 마무리 온도 880℃, 판 두께 2.8mm의 조건에서 열간 압연하여, 열간 압연 후의 가로 균열에 기인하는 결함의 유무를 눈으로 보아 확인하였다. 열간 압연 후에도 가로 균열에 기인하는 결함이 없었던 슬래브를 VG(Very Good), 열간 압연 후에 가로 균열에 기인하는 결함이 확인된 슬래브를 G(Good), 열간 압연 전에 가로 균열이 확인된 슬래브를 B(Bad)로 평가하였다. 실험 결과를 표 3A, 3B에 나타낸다.

[표 3A]

No	온도분류					비례		(1)적 또는 (2)적
	Al [mass%]	N [mass%]	Al [mass%] × N [mass%]	Zr [mass%]	Ti [mass%]	(Zr [mass%] + 0.2Ti [mass%]) / (Al [mass%] × N [mass%])	[Ti]/[Zr]	
1	0.30	0.0040	0.0012	0.0015	0.0100	2.92	6.7	○
2	0.50	0.0052	0.0026	0.0020	0.0080	1.38	4.0	○
3	0.70	0.0040	0.0028	0.0030	0.0100	1.79	3.3	○
4	0.90	0.0032	0.0029	0.0025	0.0120	1.70	4.8	○
5	1.10	0.0036	0.0040	0.0035	0.0150	1.64	4.3	○
6	1.50	0.0032	0.0048	0.0040	0.0200	1.67	5.0	○
7	2.00	0.0028	0.0056	0.0050	0.0150	1.43	3.0	○
8	0.50	0.0035	0.0018	0.0020	0.0180	3.20	9.0	○
9	0.50	0.0041	0.0021	0.0020	0.0200	2.93	10.0	○
10	0.80	0.0029	0.0023	0.0015	0.0090	1.42	6.0	○
11	1.00	0.0034	0.0034	0.0030	0.0110	1.53	3.7	○
1	0.40	0.0035	0.0014	0.0002	0.0300	4.43	150.0	×
2	0.80	0.0042	0.0034	0.0020	0.0080	1.07	4.0	×
3	0.20	0.0050	0.0010	0.0010	0.0010	1.20	1.0	×
4	0.60	0.0042	0.0025	0.0020	0.0040	1.11	2.0	×
5	1.00	0.0038	0.0038	0.0030	0.0050	1.05	1.7	×
6	1.50	0.0028	0.0042	0.0020	0.0100	0.95	5.0	×
7	2.00	0.0035	0.0070	0.0015	0.0150	0.64	10.0	×

↓  
 밑줄은 (2)적  
 중족시키지 않는다  
 ↓  
 밑줄은 (1)적  
 중족시키지 않는다

[0075]

[0076]

[0077] [표 3B]

No	균열 평가	냉각 속도 (°C/min)	900°C에서의 단면 수축률 [RAL%]	질화물 중의 (Zr, Ti)N 비율 (%)	주변 균열	열연 후 결함	표면 균열 중합 평가
1	0	완냉 60°C/min	70.0	90.0	무	무	VG
2	0		-	75.0			VG
3	0		80.0	85.0			VG
4	0		-	80.0			VG
5	0		-	80.0			VG
6	0		65.0	85.0			VG
7	0		55.0	75.0			VG
8	0		-	75.0			VG
9	0		-	55.0			G
10	0		-	50.0			G
11	0		급냉 120°C/min	-			55.0
1	1	완냉 60°C/min	-	30.0	유	-	B
2	1		-	35.0			B
3	1		30.0	45.0			B
4	1		-	30.0			B
5	1		35.0	30.0			B
6	1		-	25.0			B
7	2		20.0	20.0			B

[0078]

[0079] 표 3A, 3B 중의 밑줄은, 본 발명의 조건을 충족시키지 않은 예이다. 표 3A, 3B에 나타내는 바와 같이, (1)식 및 (2)식의 조건을 충족시키는 경우에는, Al이나 N의 함유량에 구애받지 않고, 가로 균열은 존재하지 않았다.

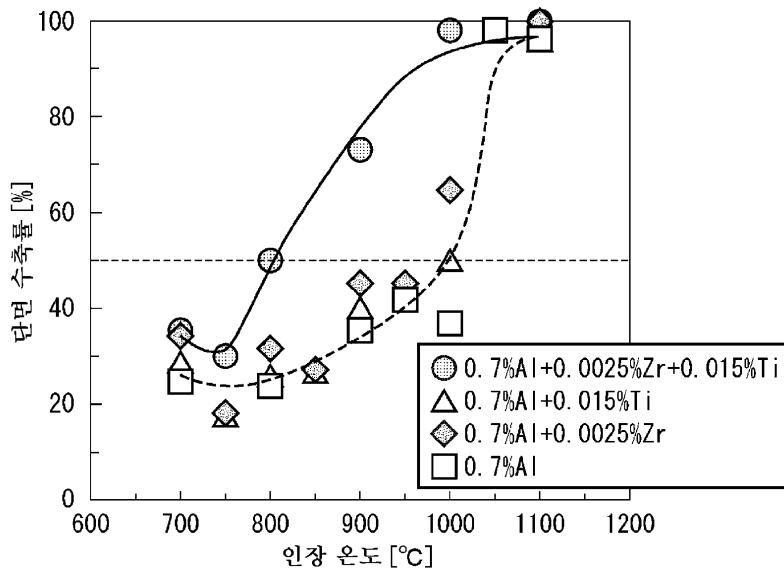
[0080] 한편, (1)식만을 충족시키고, (2)식을 충족시키지 않은 비교예의 No.1에서는, Zr 함유량이 부족하였기 때문에, AlN이 많이 잔존하고 있었다고 생각되고, 가로 균열이 발생하고 있었다. 또한, 반대로 (2)식만을 충족시키고, (1)식을 충족시키지 않은 비교예의 No.2 내지 No.7에서도 마찬가지로, AlN이 많이 잔존하고 있었다고 생각되고, 가로 균열이 발생하고 있었다. (1)식 또는 (2)식을 충족시키지 않은 경우, 슬래브의 표층부에 있어서의 (Zr, Ti)N의 질량 비율도 50.0질량%를 하회하고 있었다.

[0081] 여기서, 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 검토하면, 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도를 60°C/min 이하로 함으로써 슬래브의 표층부에 있어서의 (Zr, Ti)N의 질량 비율을 60.0질량% 이상으로 할 수 있었다. 이 경우, 열간 압연 후에도 가로 균열에 기인하는 결함이 확인되지 않았다. 한편, 슬래브의 표층부에 있어서의 평균 냉각 속도가 120°C/min로 되는 경우, 또는 평균 냉각 속도가 60°C/min 이하여도 [Ti]/[Zr]이 10 이상으로 되는 경우, 슬래브의 표층부에 있어서의 ZrN의 질량 비율은 50.0질량% 이상 60.0질량% 미만으로 되었다. 이 경우, 열간 압연 전에는 가로 균열이 확인되지 않았지만, 열간 압연 후에 가로 균열에 기인하는 결함이 확인되었다.

[0082] 이상, 첨부 도면을 참조하면서 본 발명의 적합한 실시 형태에 대하여 상세하게 설명하였지만, 본 발명은 이러한 예에 한정되지 않는다. 본 발명이 속하는 기술의 분야에 있어서의 통상의 지식을 가진 자라면, 특허 청구 범위에 기재된 기술적 사상의 범주 내에서, 각종 변경예 또는 수정예에 상도할 수 있는 것은 명백하고, 이들에 대해서도, 당연히 본 발명의 기술적 범위에 속하는 것으로 이해된다.

도면

도면1



도면2

