



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0077418
(43) 공개일자 2016년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/26 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/28 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0186714
(22) 출원일자 2014년12월23일
심사청구일자 2014년12월23일

(71) 출원인
주식회사 포스코
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)
(72) 발명자
김완근
전남 광양시 폭포사랑길 20-26 (금호동, 광양제철소)
김덕규
전남 광양시 폭포사랑길 20-26 (금호동, 광양제철소)
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **확관능이 우수한 열연강판 및 그 제조방법**

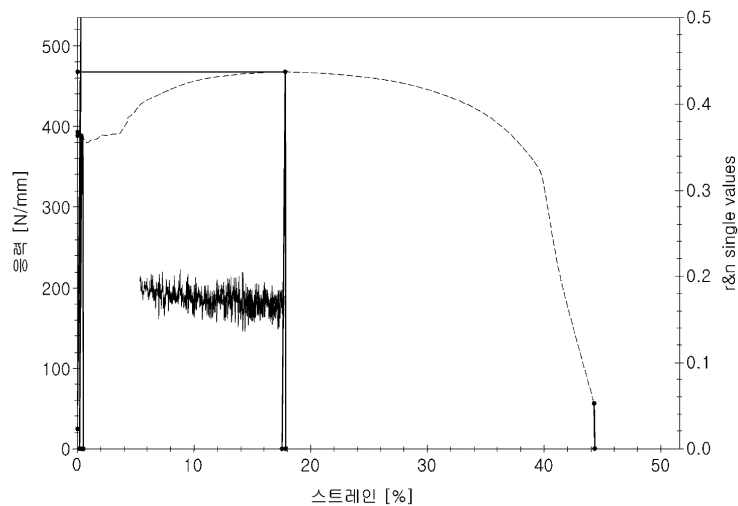
(57) 요약

본 발명의 일 측면에서, 일 실시형태는 중량%로 C: 0.02~0.05%, Si: 0.1~0.3%, Mn: 0.5~1.0%, P: 0.02% 이하(0은 제외), S: 0.003% 이하(0은 제외), Al: 0.02~0.04%, Nb: 0.01~0.03%, Ti: 0.005~0.02%, Cr: 0.01~0.3%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 10 μ m~20 μ m 범위의 유효 결정립 크기를 가지며, 하기 조건식을 만족하는 확관능이 우수한 열연강판을 제공한다.

$$1.5 < Cr + Si + 2Mn < 2.5$$

상기 열연강판은 15% 이상의 균일 연신율과 0.15 이상의 가공경화지수를 가질 수 있다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

중량%로 C: 0.02~0.05%, Si: 0.1~0.3%, Mn: 0.5~1.0%, P: 0.02% 이하(0은 제외), S: 0.003% 이하(0은 제외), Al: 0.02~0.04%, Nb: 0.01~0.03%, Ti: 0.005~0.02%, Cr: 0.01~0.3%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며, 유효 결정립 크기가 10 μ m~20 μ m 범위에 속하며, 하기 조건식을 만족하는 확관능이 우수한 열연강판.

$$1.5 < Cr + Si + 2Mn < 2.5$$

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 열연강판은 페라이트 기지조직에 펄라이트를 2 면적% 이하를 포함하는 미세조직을 갖는 확관능이 우수한 열연강판.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 열연강판은 항복강도가 300~450 MPa인 확관능이 우수한 열연강판.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열연강판은 15% 이상의 균일 연신율과 0.15 이상의 가공경화지수를 갖는 확관능이 우수한 열연강판.

청구항 5

중량%로 C: 0.02~0.05%, Si: 0.1~0.3%, Mn: 0.5~1.0%, P: 0.02% 이하(0은 제외), S: 0.003% 이하(0은 제외), Al: 0.02~0.04%, Nb: 0.01~0.03%, Ti: 0.005~0.02%, Cr: 0.01~0.3%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 조성을 갖는 용강을 정련하는 단계;

정련된 상기 용강을 연속주조하여 슬라브로 제조하는 단계;

상기 슬라브를 1250~1350 $^{\circ}$ C에서 재가열하는 단계;

재가열된 상기 슬라브를 Ar3온도~미재결정온도에서 마무리 열간압연하여 열연강판을 얻는 단계; 및

상기 열연강판을 Ar3온도~미재결정온도에서 냉각을 개시하여 500~600 $^{\circ}$ C에서 종료한 뒤에 권취하는 단계를 포함하며,

상기 조성이 조건식 $1.5 < Cr + Si + 2Mn < 2.5$ 을 만족하며, 상기 열연강판은 10 μ m~20 μ m 범위의 유효결정립 크기를 갖는 확관능이 우수한 열연강판의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 냉각과정은 10~30℃/sec의 속도로 수행하는 확관능이 우수한 열연강관 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 열연강관 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 특히 균일연신율 및 가공경화지수가 우수한 확관용 열연강관 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 세계 주요 오일사들은 원유 및 가스 개발 비용을 저감하기 위해 채굴용 파이프의 확관기술을 적용하여 보다 단순하고 비용이 적게 드는 시추 방법을 시도하고 있다. 파이프는 유전 상부에서 하부쪽으로 최대 5km까지 부분적으로 적용되고 있으며, 우수한 확관능을 요구하고 있다.

[0003] 우수한 확관능은 높은 균일연신율과 가공경화지수에 의해 얻어질 수 있는 것으로 알려지며, 통상적으로 심리스(Seamless) 파이프가 주로 사용되고 있다. 하지만, 심리스 파이프는 ERW(Electric Resistance Welding) 강관대비 가격이 매우 비싸며, 두께편차가 크고 진원도가 나빠 최근 ERW 파이프로 확관용 강관을 대체하려는 움직임이 있다.

[0004] 이에 따라 주요 오일사들은 ERW 파이프로 확관용 강관을 대체하기 위해 적합한 재료를 찾고 있으며, 그 중심에 있는 물성이 높은 균일연신율과 가공경화지수이다. 또한, 수 km의 파이프가 전체적으로 균일한 확관성을 보여야 함으로 인해 길이방향 재질편차가 최소화되어야 한다.

[0005] 종래에는, 높은 균일연신율과 가공경화지수를 얻기 위한 방법으로는, 강제 자체 전위밀도를 증가시킴으로써 인장변형시 구동 전위가 많게 하여 균일연신율이 높아지게 하거나 페라이트와 펄라이트, 페라이트와 베이나이트의 이상조직을 형성함으로써 경한 펄라이트와 베이나이트에서 가공경화가 많이 발생하도록 하여 높은 가공경화지수를 유도하는 방법이 제시되고 있다.

[0006] 하지만, 상기 종래 기술들은 높은 균일연신율과 높은 가공경화지수를 동시에 만족시키는 경우가 거의 없으며, 스트레인계 디자인(strain based design) 강제 제조기술은 통상적으로 고강도강에서 적용되기 때문에 냉각 불균일에 의한 길이방향 재질편차가 커질 우려가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 기술적 과제 중 하나는 균일연신율 및 가공경화지수가 우수한 확관용 열연강관 및 제조방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에서, 일 실시형태는 중량%로 C: 0.02~0.05%, Si: 0.1~0.3%, Mn: 0.5~1.0%, P: 0.02% 이하(0은 제외), S: 0.003% 이하(0은 제외), Al: 0.02~0.04%, Nb: 0.01~0.03%, Ti: 0.005~0.02%, Cr: 0.01~0.3%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 10 μ m~20 μ m 범위의 유효 결정립 크기를 가지며, 하기 조건식을 만족하는 확관능이 우수한 열연강관을 제공한다.

[0009] 1.5 < Cr + Si + 2Mn < 2.5

[0010] 상기 열연강관은 15% 이상의 균일 연신율과 0.15 이상의 가공경화지수를 가질 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 측면은, 중량%로 C: 0.02~0.05%, Si: 0.1~0.3%, Mn: 0.5~1.0%, P: 0.02% 이하(0은 제외), S: 0.003% 이하(0은 제외), Al: 0.02~0.04%, Nb: 0.01~0.03%, Ti: 0.005~0.02%, Cr: 0.01~0.3%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 조성을 갖는 용강을 정련하는 단계와, 정련된 상기 용강을 연속주조하여 슬라브로 제조하는 단계와, 상기 슬라브를 1250~1350℃에서 재가열하는 단계와, 재가열된 상기 슬라브를 Ar3온

도~미재결정온도에서 마무리 열간압연하여 열연강판을 얻는 단계와, 상기 열연강판을 Ar3온도~미재결정온도에서 냉각을 개시하여 500~600℃에서 종료한 뒤에 권취하는 단계를 포함하며, 상기 조성이 조건식 $1.5 < Cr + Si + 2Mn < 2.5$ 을 만족하며, 10 μ m~20 μ m 범위의 유효결정립크기를 갖는 확관능이 우수한 열연강판의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0012] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 균일연신율과 가공경화지수가 높아 확관능이 우수한 열연강판과 제조방법을 제공할 수 있다. 특히, 길이 방향 재질편차가 작아 확관능이 더욱 개선되고, 이러한 특성으로 인해 오일 및 가스 채굴 현장에 유익하게 사용될 수 있는 우수한 확관용 열연강판을 제공할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 다양하면서도 유익한 장점과 효과는 상술한 내용에 한정되지 않으며, 본 발명의 구체적인 실시예를 설명하는 과정에서 보다 쉽게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도1은 본 발명에 따른 열연강판 제조방법의 일 예를 설명하기 위한 흐름도이다.
 도2a 및 도2b는 각각 본 발명의 실시예에 따른 발명강 2 및 비교강 1의 미세조직을 촬영한 광학 현미경 사진이다.
 도3은 본 발명의 실시예에 따른 발명에 1의 인장커브를 나타내는 그래프이다.
 도4는 본 발명의 실시예에 따른 발명에 1의 ERW 파이프로 제조한 후에 길이방향 항복강도 분포를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명의 다양한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0016] 아래에서 설명될 실시형태는 변형되거나 다른 실시형태와 서로 조합되어 실시될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 설명하는 특정 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 실시예들은 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 한편, 본 명세서에서 사용되는 "일 실시형태(an embodiment)"라는 표현은 서로 동일한 실시형태를 의미하지 않으며, 각각 서로 다른 고유한 특징을 강조하여 설명하기 위해서 제공되는 것이다.
- [0017] 본 발명은 일 실시형태로서, 중량%로 C: 0.02~0.05%, Si: 0.1~0.3%, Mn: 0.5~1.0%, P: 0.02% 이하(0은 제외), S: 0.003% 이하(0은 제외), Al: 0.02~0.04%, Nb: 0.01~0.03%, Ti: 0.005~0.02%, Cr: 0.01~0.3%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 10 μ m~20 μ m 범위의 유효 결정립 크기를 가지며, 하기 조건식을 만족하는 확관능이 우수한 열연강판을 제공한다.
- [0018] $1.5 < Cr + Si + 2Mn < 2.5$
- [0019] 이하, 본 발명의 성분계에 대하여 설명한다.
- [0020] **C: 0.02~0.05중량%**
- [0021] 상기 C는 강을 강화시키는데 가장 경제적이며 효과적인 합금성분이다. 다만, 상기 C가 0.02 중량% 이하로 첨가되는 경우에는 Nb와 결합하여 강을 강화시키는 효과가 매우 적고, 0.05 중량%를 초과하는 경우에는 펄라이트 양이 많아지거나 본 발명에서 추구하지 않는 저온변태상이 생성되어 확관능이 떨어지는 문제가 있다. 따라서, 상기 C는 0.02~0.05 중량% 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0022] **Si: 0.1~0.3중량%**

- [0023] 상기 Si는 탈산 및 고용강화에 유효한 성분으로, 상기 효과를 위해서는 0.1 중량% 이상 첨가되는 것이 바람직하다. 다만, 0.3 중량%를 초과하는 경우에는 용접성 및 취성을 저하시키므로, 상기 Si는 0.1~0.3 중량%의 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0024] **Mn: 0.5~1.0중량%**
- [0025] 상기 Mn은 강도 및 인성 확보를 위하여 필수적인 성분이나, 0.5 중량% 미만으로 첨가되는 경우에는 강도와 인성을 확보하기 어렵고, 1.0 중량%를 초과하는 경우에는 경화능이 커져 본 발명에서 추구하지 않는 저온변태상이 생성되어 확관능이 떨어지는 문제가 있다. 따라서, 상기 Mn은 0.5~1.0중량%의 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0026] **P: 0.02 중량%이하 (0은 제외)**
- [0027] 상기 P의 함량이 0.02중량%를 초과하게 되는 경우에는 연주시 Mn과 함께 중심편석을 조장하여 인성을 저하시킬 뿐만 아니라 용접성도 저하시키므로, 상기 P의 함량을 0.02 중량% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0028] **S: 0.003중량%이하 (0은 제외)**
- [0029] 상기 S는 강중에서 Mn과 반응하여 MnS를 형성함으로써 취성을 크게 저하시키는 성분으로서, 0.003 중량%를 초과하는 경우에는 연주시 Mn과 반응하여 MnS를 형성시킴으로써 인성을 저하시킬 뿐만 아니라 용접성도 저하시키므로, 상기 S의 함량을 0.03중량%이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0030] **Al: 0.02~0.04중량%**
- [0031] 상기 Al은 Si와 함께 탈산작용을 하는 성분으로서, 0.02 중량% 미만으로 첨가되는 경우에는 탈산효과를 얻기 어렵고, 0.04 중량%를 초과하는 경우에는 알루미늄이나 집합체를 증가시켜 용접성을 저하시키므로, 상기 Al의 함량을 0.02~0.04 중량%의 범위가 되도록 제어하는 것이 바람직하다.
- [0032] **Nb: 0.01~0.03중량%**
- [0033] 상기 Nb는 소량 첨가에 의해 석출강화 효과를 나타내는 성분으로서, 상기 효과를 위해서는 0.01 중량% 이상으로 포함시킬 필요가 있으며, 본 발명의 탄소범위에서는 0.03중량% 초과시 석출강화에 의한 강도증가가 크지 않으므로, 그 함량을 0.03중량% 이하로 제어하는 것이 바람직하다. 따라서, 상기 Nb의 함량은 0.01~0.03중량%로 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0034] **Ti: 0.005~0.02중량%**
- [0035] 상기 Ti는 강중에서 TiN으로 석출되어 재가열시 오스테나이트의 결정립 성장을 억제함으로써 고강도 및 우수한 충격인성을 얻을 수 있으며, 또한 TiC 등으로 석출되어 강을 강화하는 역할을 한다. 그러나, 본 발명의 탄소범위에서 상기 효과를 얻기 위해서는 상기 Ti의 함량이 0.005 중량% 이상일 필요가 있다. 한편, Ti의 함량이 0.02 중량%를 초과하는 경우에는 상기 효과가 포화상태에 이르게 되므로, 상기 Ti의 함량을 0.005~0.02 중량%로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0036] **Cr: 0.01~0.3중량%**
- [0037] 상기 Cr은 강도증가 및 내식성 확보를 위해 첨가된다. 다만, 상기 Cr은 0.01중량% 미만으로 첨가될 경우 상기 효과가 적고, 0.3 중량%를 초과할 경우에는 본 발명에서 추구하지 않는 저온변태상이 생성되어 확관능이 떨어지는 문제가 있다. 따라서, Cr 함량을 0.01~0.3중량%로 제어하는 것이 바람직하다.

- [0038] 본 발명의 일 실시형태에 따른 열연강관은 상기한 조성 이외에 나머지는 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된다.
- [0039] 본 실시형태에 따른 조성범위에서 조건식 $1.5 < Cr + Si + 2Mn < 2.5$ 을 만족한다. 여기에서, 상기 Cr과 Si, Mn은 각 성분의 중량%를 의미한다. 상기 식은 여러 차례 실험을 통해 얻어진 경험식으로 이해될 수 있다.
- [0040] 상기 조건식 값이 1.5 미만일 경우에는 강도를 충분히 확보하기 어렵고, 가공경화효과가 미비하여 확관능이 작아지는 단점이 있으며, 2.5를 초과하는 경우에는 저온변태상의 생성이 촉진되어 강도 및 가공경화효과는 증가하나 균일 연신율이 작아지는 단점이 있어 본 발명에서 추구하는 확관능을 확보하기 어렵다. 본 실시형태에 따른 미세조직은 $10\mu m \sim 20\mu m$ 범위의 유효결정립크기를 갖는다.
- [0041] 바람직하게, 본 발명에 따른 열연강관의 주조직은 페라이트 기지조직에 펄라이트를 2 면적% 이하일 수 있다.
- [0042] 본 실시형태에 따른 열연강관은 15% 이상의 균일연신율과 함께 0.15이상의 가공경화지수를 가질 수 있다. 또한, 상기 열연강관은 300~450MPa의 항복강도를 가질 수 있다.
- [0043] 본 실시형태에 따른 열연강관은 ERW 파이프 조관 후 길이방향 강도재질편차가 20MPa 이내이며, 수압을 통해 측정되는 확관능이 20% 이상일 수 있다.
- [0044] 본 발명의 다른 측면으로서, 상술된 열연강관을 제조하기 위한 방법을 제공할 수 있다. 이하, 본 발명에 따른 열연강관의 제조방법의 일 예를 구체적으로 설명한다.
- [0045] 도1을 참조하면, 본 예에 따른 열연강관의 제조방법은 상술된 열연 강관의 성분계를 만족하는 용강을 정련하는 단계(S11)로 시작할 수 있다.
- [0046] 앞서 설명한 바와 같이, 상기 용강의 성분계는, 중량%로, C: 0.02~0.05%, Si: 0.1~0.3%, Mn: 0.5~1.0%, P: 0.02% 이하(0% 제외), S: 0.003% 이하(0% 제외), Al: 0.02~0.04%, Nb: 0.01~0.03%, Ti: 0.005~0.02%, Cr: 0.01~0.3%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함할 수 있다. 또한, 이러한 조성범위는 조건식 $1.5 < Cr + Si + 2Mn < 2.5$ 을 만족한다.
- [0047] 본 발명에 따른 비금속 개재물의 제어는 통상적인 2차 정련과정에서의 공정조건의 제어를 통해서 얻어질 수 있으며, 예를 들면 상기 2차 정련 공정은 LF에서 Ar 버블링 및 VTD 또는 RH 등과 같은 탈가스 공정에서 Ar 버블링에 의해 개재물을 제어할 수 있다. 물론, 본 발명의 제조방법이 상기 공정조건에 반드시 한정되는 것이 아니며, 다양한 방법에 의해 비금속 개재물을 제어할 수 있다.
- [0048] 이어, 정련된 상기 용강을 연속주조하여 슬라브로 제조하고(S12), 상기 슬라브를 재가열할 수 있다(S14).
- [0049] 본 공정에서 적용되는 재가열 온도는 Nb계 석출물의 고용온도에 의해 결정되며, 본 발명에서 제시된 성분범위에서는 1150℃ 이상에서 모두 고용이 가능하나 1250℃ 미만에서 가열할 경우, 오스테나이트 입도가 미세하여 우수한 균일연신율 확보에 어려움이 있으며, 1350℃를 초과하여 가열하는 경우에는 강관의 결정립도가 필요 이상으로 매우 커져 인성 및 가공경화지수가 급격히 저하되므로 상기 재가열 온도범위는 1250~1350℃의 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0050] 다음으로, 열연강관을 얻기 위해서, 재가열된 상기 슬라브를 Ar3온도~미재결정온도에서 마무리 열간압연할 수 있다(S15).
- [0051] 미재결정온도 이하에서의 압하량은 열연강관 미세조직의 결정입도 및 균일성에 매우 큰 영향을 끼칠 수 있다. 상기 결정입도 및 균일성은 전체적인 재질편차에 영향을 미쳐 확관능과 상호관련성이 크다. 따라서, 결정립도와 균일성의 제어를 위하여 압연시 압하율이 70% 이상이 되도록 하는 것이 바람직하다. 압하율이 70% 미만인 경우에는 결정입도의 균질성이 저하되어 강도 재질편차가 커질 수 있으므로 상기 압하율은 70% 이상에서 해당 두께의 최대 압하율의 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0052] 한편, 마무리 열간압연은 Ar3온도~미재결정온도의 범위에서 수행될 수 있다. 미재결정 온도 이상에서 압연할

경우 불균일하고 조대한 결정립 성장이 발생할 수 있는 가능성이 커서 인성 및 가공경화지수에 악영향을 미치며, Ar3 미만의 온도범위에서 마무리 열간압연이 행하여질 경우에는 본 발명에서 추구하지 않는 저온 변태상이 생성되어 확관능이 매우 낮아질 수 있다.

- [0053] 이어, 상기 열연강관을 Ar3 온도 이상에서 냉각이 개시되어 500~600℃로 냉각될 수 있다(S17).
- [0054] 앞선 열간압연공정을 통해 얻어진 열연강관의 냉각은 Ar3 온도 이상에서 개시하는 것이 바람직하다. 만일, 상기 냉각이 Ar3 미만의 온도에서 개시되는 경우에는 냉각 전에 조대한 페라이트가 형성되어 확관성을 저하시킬 수 있다. 따라서, Ar3 온도 이상에서 냉각을 개시하는 것이 바람직하다.
- [0055] 한편, 상기 냉각시 속도는 10~30℃/sec의 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 냉각속도가 10℃/sec 미만일 경우에는 본 발명에서 제시된 펄라이트의 면적분율이 필요 이상으로 증가하게 되며, 30℃/sec를 초과하는 경우에는 저온 변태상의 형성으로 확관능 확보에 어려움이 있을 수 있다.
- [0056] 이와 같이, 본 냉각공정은 500~600℃에서 종료될 수 있으며, 다음으로, 이러한 온도 범위에서 냉각된 열연강관을 권취할 수 있다(S19).
- [0057] 상기 권취온도 범위가 600℃를 초과하는 경우에는 변태가 불안정하여 조대한 펄라이트가 용이하게 생성될 수 있어 강도재질편차가 커지고 확관성이 저하될 수 있으며, 500℃ 미만인 경우에는 저온변태조직의 생성이 촉진되어 확관능 확보에 어려움이 있다. 따라서, 상기 권취는 500~600℃의 온도범위에서 수행되는 것이 바람직하다.
- [0058] 이렇게 얻어진 열연강관은 페라이트 기지조직에 펄라이트를 2 면적% 이하를 포함한다. 상기 열연강관은 항복강도가 300~450 MPa일 수 있다. 또한, 상기 열연강관은 15% 이상의 균일 연신율과 0.15 이상의 가공경화지수를 가질 수 있다.
- [0059] 본 실시형태에 따른 열연강관은 ERW 파이프 조관 후 길이방향 강도재질편차가 20MPa 이내이며, 수압을 통해 측정되는 확관능이 20% 이상일 수 있다.

[0060] 이하, 본 발명의 구체적인 실시예를 통해 본 발명의 작용과 효과를 보다 상세하게 설명한다. 다만, 하기 실시예는 본 발명을 상세히 설명하기 위한 예시일 뿐, 본 발명의 권리범위를 한정하지 않는다.

[0061] (실시예)

[0062] 하기 표 1과 같은 조성을 갖는 용강(발명강 1 및 2, 비교강 1 내지 4)을 정련하여 비금속 개재물을 제어하고, 이어, 하기 표 2와 같은 공정조건을 통해 두께가 4.8mm와 7.7mm 두께의 열연강관(발명에 1 및 2, 비교예 1 내지 7)을 제조하였다.

표 1

[0063]

구분	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	Cr	조건 식값
발명강1	0.045	0.2	0.9	0.015	0.0015	0.025	0.01	0.02	0.08	2.08
발명강2	0.035	0.24	0.9	0.013	0.0021	0.027	0.01	0.03	0.2	2.24
비교강1	0.06	0.23	1.2	0.008	0.0007	0.028	0.01	0.04	0.2	2.83
비교강2	0.05	0.25	1.0	0.007	0.0009	0.03	0.01	0.03	0.3	2.55
비교강3	0.02	0.18	0.5	0.011	0.0012	0.027	0.01	0.05	0.03	1.21
비교강4	0.04	0.2	0.8	0.025	0.0035	0.025	0.01	0.02	0.07	1.87

[0064] 상기 표1을 참조하면, 발명강 1 및 2는 본 발명에서 제시한 조성 조건을 만족하는데 반하여, 비교강 1 내지 4는 상기 조성 조건을 만족하지 않는다. 예를 들어, 비교강 1의 경우에는 C, Mn 및 Nb의 함량이 본 발명의 조건을 초과하며, 비교강 3의 경우에는 Nb 함량이 만족하지 않는다. 또한, 비교강 2의 경우에는 각 성분의 함량은 본

발명의 조성 조건을 만족하지만, 조건식 값(2.55)이 2.5를 초과하여 본 발명에 따른 조건식 값을 만족하지 않았다.

표 2

[0065]

구분	강종 No.	재가열온도(℃)	마무리열간압연온도(℃)	권취온도(℃)
발명예1	발명강1	1305	867	551
발명예2	발명강2	1278	856	521
비교예1	비교강1	1288	889	564
비교예2	비교강2	1311	894	576
비교예3	비교강3	1261	881	586
비교예4	비교강4	1272	861	532
비교예5	발명강1	1313	932	631
비교예6	발명강2	1223	776	447
비교예7	발명강2	1370	951	653

[0066]

이와 같이 제조된 열연강판(발명예 1 및 2, 비교예 1 내지 7)에 대하여 펄라이트 면적분율, 유효결정립크기, 항복강도, 균일연신율 및 가공경화지수를 측정하고, 5.5" 지름을 갖는 ERW 파이프를 조관한 후 길이방향 항복강도 제질편차와 수압테스트를 이용하여 확관능을 측정하여 그 결과를 하기 표3에 나타내었다.

[0067]

구체적으로, 펄라이트 면적분율은 광학현미경을 사용하여 배율 500배에서 측정하였고 유효결정립크기는 EBSD를 활용하여 배율 1000배에서 결정되었다. 또한, 항복강도 및 균일연신율, 가공경화지수는 상온인장시험을 통해 측정되었다. 추가적으로, ERW 파이프를 조관한 후에 6m 길이로 절단하여 파이프 양쪽 구멍을 막고 내부에 수압을 증가시켜 파이프가 최대 몇 %까지 확관되는지(이하, '파이프 확관율'이라 함)를 측정하여 확관능을 평가하였다.

표 3

[0068]

구분	항복강도 (MPa)	펄라이트 면적분율 (%)	유효결정립크기(μm)	균일연신율 (%)	가공경화지수	길이방향 파이프 항복강도 편차 (MPa)	파이프 확관율 (%)
발명예1	389	1.1	13	17.6	0.175	± 9	26.5
발명예2	411	0.8	12	16.4	0.171	± 15	23.1
비교예1	472	1.3	8	11.3	0.112	± 45	12.4
비교예2	435	1.4	10	12.6	0.134	± 36	15.4
비교예3	332	0.4	17	18.4	0.096	± 23	16.3
비교예4	402	0.9	12	16.8	0.168	± 16	19.2
비교예5	378	0.7	15	15.9	0.134	± 19	18.1
비교예6	423	0.3	8	7.4	0.156	± 34	13.6
비교예7	356	0.4	24	18.1	0.0102	± 27	17.3

[0069]

상기 표3을 참조하면, 본 발명에 따른 조성 조건을 벗어난 비교강들을 이용하여 제조된 열연강판(비교예 1 내지 4)은 일부 결과치가 원하는 특성을 만족하지 못하는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 비교예4의 경우에는, 다른 결과를 바람직한 범위로 나타냈으나, 실제 파이프 확관능을 평가한 파이프 확관율이 20 % 미만으로 나타났다. 이는 비교예4의 경우에 P 및 S 함량이 과량으로 함유되어 Mn과의 반응물로 인해 인성을 저하시킨 결과로 이해할 수 있다.

[0070]

반면에, 본 발명에 따른 조성 조건을 만족하는 발명강들을 이용하여 제조된 열연강판(발명예 1 및 2)은, 모든 측정결과치가 본 발명의 조건을 만족하는 것을 확인할 수 있었다. 미세조직은 펄라이트 기지조직에 펄라이트를 2 면적% 이하를 포함하며, 유효결정립크기가 10 μm ~20 μm 범위에 속하는 것으로 나타났다. 예를 들어, 도2a를 참조하면, 발명예2의 미세조직이 펄라이트 분율이 0.8 면적% 이고 유효결정립크기가 12 μm 인 것을 확인할 수 있다. 반면에, 비교예1의 미세조직의 경우에 도2b에 나타난 바와 같이, 상대적으로 유효결정립 크기(8 μm)가 상대적으로 작게 나타난 것을 확인할 수 있다.

[0071]

도3은 발명예1에 따른 열연강판의 인장커브를 나타낸다. 도3과 함께 표3에서 확인할 수 있는 바와 같이, 발명예 1 및 2에 따른 열연강판은 항복강도가 300~450MPa 범위로 나타났으며, 균일연신율 및 가공경화지수도 15% 이상

및 0.15 이상으로 나타났다.

[0072] 도4는 발명에1의 열연강판을 이용하여 ERW 파이프를 조관한 후에 길이방향에 따른 항복강도를 측정된 결과이다. 선단, 중단 및 후단 각각 6m의 시편을 취하여 길이 방향에 따른 항복강도를 측정하였다. 가장 크게 나타난 편차가 중단에서 약 9Mpa로 낮게 나타났다. 유사하게, 발명에 2에 따른 열연강판으로부터 얻어진 ERW 파이프의 길이 방향 항복강도 재질편차가 15 Mpa으로서 큰 편차(20 MPa 이내)가 없는 것으로 나타났다. 추가적으로, 발명에 1 및 2에 대해서 수압을 통해 측정되는 확관능도 상기 표3에 나타난 바와 같이, 각각 26.5%, 23.1%으로서, 높은 확관능(20% 이상)을 나타내었다.

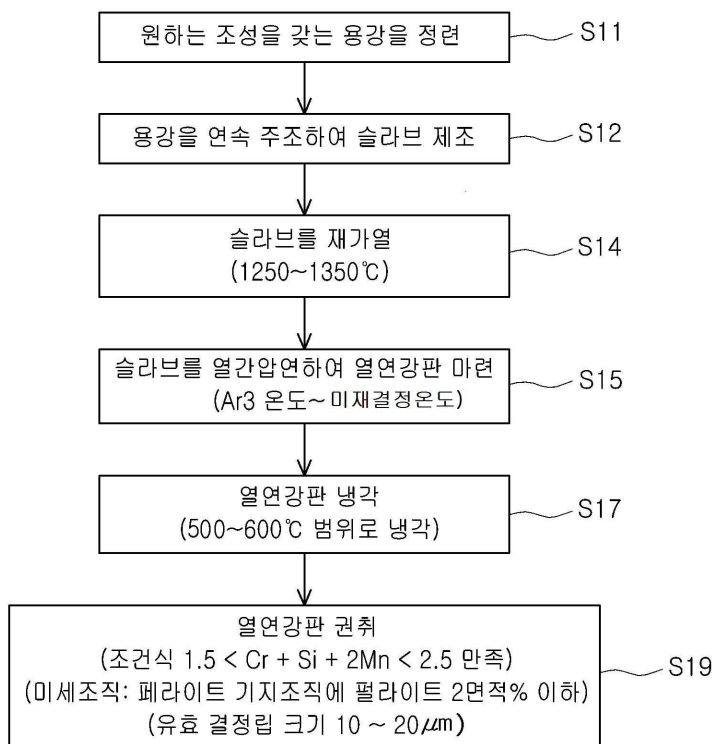
[0073] 한편, 비교예 5 내지 7의 경우에는, 조성 조건을 만족하는 발명강 1 및 2를 이용하였으나, 비교예 6 및 7에서는, 재가열온도를 각각 1223℃, 1370℃으로 설정하였다. 즉, 바람직한 온도조건(1250~1350℃)보다 낮거나 높은 온도조건에서 재가열을 수행하였다. 또한, 비교예 5 및 7에서는, 바람직한 온도조건(500~600℃)으로 충분히 냉각하지 않고 각각 631℃, 653℃로 높은 온도조건에서 권취공정을 수행하였다. 그 결과, 비교예 5의 경우에는 가공경화지수와 파이프 확관율이 낮게 나타났고, 비교예 6의 경우에는 균일연신율이 낮고, 길이 방향에 따른 항복강도 편차가 크게 나타났다. 또한, 비교예 7의 경우에는, 가공경화지수 및 파이프 확관율 뿐만 아니라, 길이 방향에 따른 항복강도 편차도 불량한 것으로 나타났다.

[0074] 이와 같이, 재가열온도는 1250~1350℃가 바람직하며, 상기 열연강판을 500~600℃ 범위로 냉각하여 권취공정을 수행하는 것이 바람직하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 상기 표2에 나타난 바와 같이, 마무리 열간압연온도는 Ar3온도~미재결정온도 범위가 바람직하다.

[0075] 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며, 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 한다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다고 할 것이다.

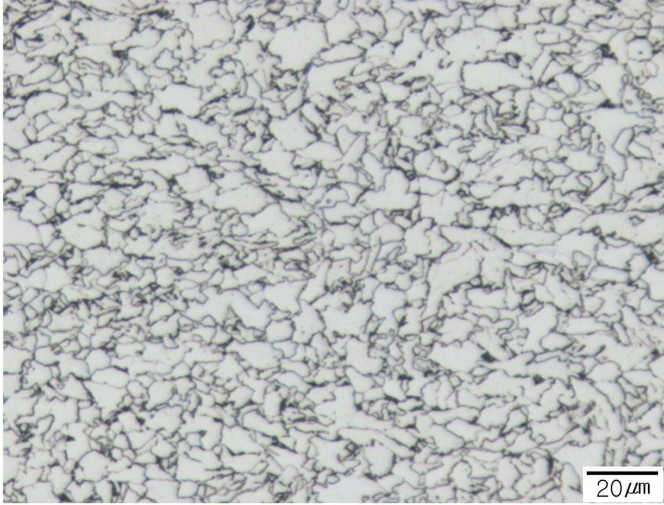
도면

도면1

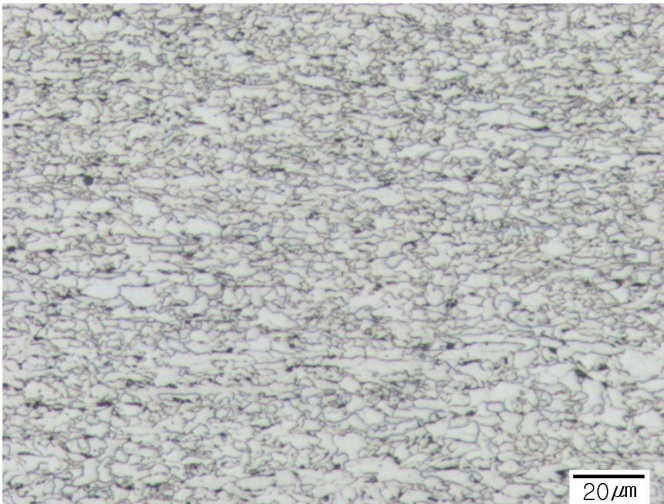


도면2

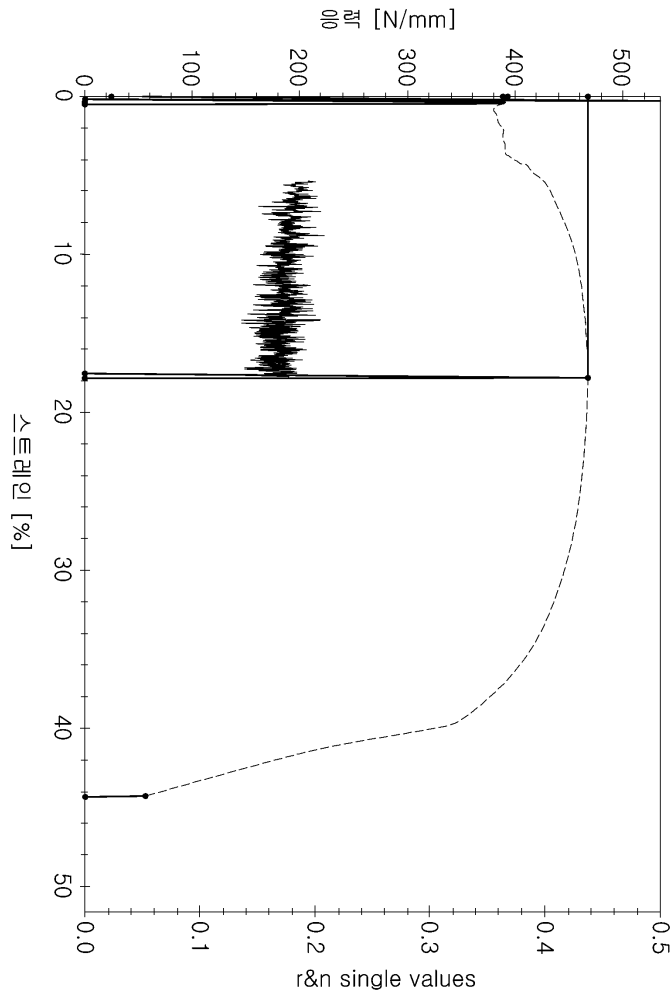
(a)



(b)



도면3



도면4

