(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0072930
(43) 공개일자 2018년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/48 (2006.01) *C22C 38/00* (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) *C22C 38/04* (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) *C22C 38/42* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/48 (2013.01)
C22C 38/001 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0176096
(22) 출원일자 2016년12월21일
심사청구일자 2016년12월21일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
하헌영
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동) 창원대로 797 재료연구소
이태호
경상남도 창원시 마산회원구 내서읍 호원로 359 213동 101호 (호계리,코오롱하늘채2차아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 9 항

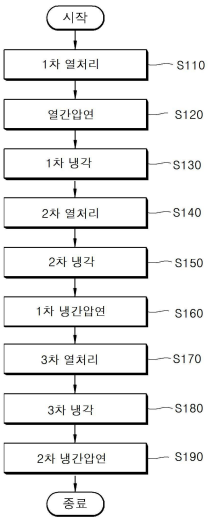
(54) 발명의 명칭 **내산화성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

내산화성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강 및 그 제조 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 중량%로, Cr: 17~18%, Ni: 8~9%, Mn: 0.25~0.8%, Si: 0.25~0.4%, C: 0.13~0.16%, N: 0.1~0.13%, Nb: 0.5~0.53%, P: 0.005% 이하, S: 0.004% 이하, Al: 0.011% 이하, O: 0.007% 이하를 포함하고, 나머지 철과 불가피한 불순물로 이루어지고, 평균 결정립 크기가 12~18㎛인 것을 특징으로 한다. 이때, 0.015 ≤ Mn함량/Cr함량 ≤0.045 인 것이 바람직하다. Mn 첨가량이 증가할수록 내산화성은 통상 저하되나, 상기와 같은 Mn 및 Cr 함량을 조절에 의해 우수한 내산화성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강이 제조될 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C22C 38/02 (2013.01)
C22C 38/04 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/42 (2013.01)
C21D 2211/001 (2013.01)
(72) 발명자
강전연
경상남도 창원시 성산구 토월로 32 (가음정동)
장재훈
경상남도 창원시 성산구 대정로 84 207동 801호 (남양동,피오르빌아파트)
박준영
경남 창원시 성산구 동산로 61번길 30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK4680
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 에너지플랜트용 고온 내환경 금속소재 개발(2/3)
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

중량%로, Cr: 17~18%, Ni: 8~9%, Mn: 0.25~0.8%, Si: 0.25~0.4%, C: 0.13~0.16%, N: 0.1~0.13%, Nb: 0.5~0.53%, P: 0.005% 이하, S: 0.004% 이하, Al: 0.011% 이하, O: 0.007% 이하를 포함하고, 나머지 철과 불가피한 불순물로 이루어지고, 평균 결정립 크기가 12~18㎛인 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 오스테나이트계 스테인리스강은

0.015 ≤ Mn함량/Cr함량 (중량%) ≤ 0.045인 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 오스테나이트계 스테인리스강은

Cu: 3.3~3.7중량%를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 4

중량%로, Cr: 17~18%, Ni: 8~9%, Mn: 0.25~0.8%, Si: 0.25~0.4%, C: 0.13~0.16%, N: 0.1~0.13%, Nb: 0.5~0.53%, P: 0.005% 이하, S: 0.004% 이하, Al: 0.011% 이하, O: 0.007% 이하를 포함하고, 나머지 철과 불가피한 불순물로 이루어지는 반제품 강을 가열하여 1차 열처리하는 단계;

상기 1차 열처리된 강을 1000℃ 이상의 마무리 압연온도 조건으로 열간압연하는 단계;

상기 열간압연된 강을 1차 냉각하는 단계;

상기 1차 냉각된 강을 가열하여 2차 열처리하는 단계;

상기 2차 열처리된 강을 2차 냉각하는 단계;

상기 2차 냉각된 강을 1차 냉간압연하는 단계;

상기 1차 냉간압연된 강을 3차 열처리하는 단계; 및

상기 3차 열처리된 강을 3차 냉각하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 3차 냉각된 강을 10% 이상의 압하율로 2차 냉간압연하는 단계;를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 1차 열처리 및 2차 열처리는 1200~1250℃에서 수행되고,

상기 3차 열처리는 1000~1050℃에서 수행되는 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 2차 냉각 및 3차 냉각은 각각 워터 퀀칭(water quenching) 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 강은 0.015 ≤ Mn함량/Cr함량 (중량%) ≤ 0.045인 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법.

청구항 9

제4항에 있어서,

상기 강은 Cu: 3.3~3.7중량%를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 스테인리스강 제조 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 내산화성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 스테인리스강은 미세조직에 따라서 크게 오스테나이트 스테인리스강, 페라이트 스테인리스강, 2상 스테인리스강으로 분류된다.

[0003] 이들 중, 오스테나이트 스테인리스강은 페라이트 스테인리스강이나 2상 스테인리스강에 비하여 고온에서 크리프 저항성이 우수하여, 약 650℃ 정도의 고온에서 사용된다.

[0004] 그러나, 오스테나이트계 스테인리스강을 보다 고온의 온도 영역에서 장시간 사용하게 되면, 크리프 저항성을 포함한 기계적 특성 요구 수준은 충족할 수 있으나, 오스테나이트계 스테인리스강이 대기와 반응하여 강 내부 및 강 표면에 산화물이 생성되는 산화 문제가 발생한다. 강 내부에 생성된 산화물은 강에 가해지는 응력이 이 산화물에 집중되어 기계적 결함의 발생처로 작용할 수 있다. 또한 강 외부에 생성되는 산화물은 강의 실질적인 두께를 감소시켜 구조물의 수명을 단축하며, 또한 산화물 박리 등이 일어나면 구조물 운용 중 산화물의 비산에 의한 구조물 손상 및 배관 폐쇄 등의 문제를 일으킬 수 있다. 따라서, 오스테나이트계 스테인리스강의 내산화성의 확보가 중요하다.

[0005] 한편, 특허문헌 1에는 중량%로 C: 0.05% 이하, Si: 1.0~3.0%, Mn: 1.0~1.5%, P: 0.05% 이하, S: 0.002이하, Ni: 13~15%, Cr: 23~25%, N: 0.2~0.3%, Nb: 0.01%이하를 만족하고 나머지 성분이 Fe 및 불가피적 불순물로 이

루어지고, Cr 등의 합금 원소 제어를 통하여 고온 내산화성 및 고온 강도가 우수한 오스테나이트계 스테인리스강이 개시되어 있다.

[0006] 그러나, 상기 특허문헌 1의 경우, C 함량이 0.05중량% 이하, Nb 함량이 0.01중량% 이하로서, 강도 확보 및 결정립 미세화가 어렵다고 판단된다. 이를 보완하기 위해, 상기 특허문헌 1의 경우, 1.0중량% 이상의 Mn과, 23중량% 이상의 Cr을 요구한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 공개특허공보 제10-2013-0014901 (2013.02.12. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 Mn, Cr C, Nb 등의 합금 성분 제어를 통하여 내산화성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 상기의 내산화성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 하나의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 중량%로, Cr: 17~18%, Ni: 8~9%, Mn: 0.25~0.8%, Si: 0.25~0.4%, C: 0.13~0.16%, N: 0.1~0.13%, Nb: 0.5~0.53%, P: 0.005% 이하, S: 0.004% 이하, Al: 0.011% 이하, O: 0.007% 이하를 포함하고, 나머지 철과 불가피한 불순물로 이루어지고, 평균 결정립 크기가 12~18㎛인 것을 특징으로 한다.

[0011] 이때, 상기 오스테나이트계 스테인리스강은 0.015 ≤ Mn함량/Cr함량 (중량 %) ≤ 0.045인 것이 바람직하다.

[0012] 또한, 상기 오스테나이트계 스테인리스강은 Cu: 3.3~3.7중량%를 추가로 포함할 수 있다.

[0013] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법은 중량%로, Cr: 17~18%, Ni: 8~9%, Mn: 0.25~0.8%, Si: 0.25~0.4%, C: 0.13~0.16%, N: 0.1~0.13%, Nb: 0.5~0.53%, P: 0.005% 이하, S: 0.004% 이하, Al: 0.011% 이하, O: 0.007% 이하를 포함하고, 나머지 철과 불가피한 불순물로 이루어지는 반제품 강을 가열하여 1차 열처리하는 단계; 상기 1차 열처리된 강을 1000℃ 이상의 마무리 압연온도 조건으로 열간압연하는 단계; 상기 열간압연된 강을 1차 냉각하는 단계; 상기 1차 냉각된 강을 가열하여 2차 열처리하는 단계; 상기 2차 열처리된 강을 2차 냉각하는 단계; 상기 2차 냉각된 강을 1차 냉간압연하는 단계; 상기 1차 냉간압연된 강을 3차 열처리하는 단계; 및 상기 3차 열처리된 강을 3차 냉각하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 이때, 상기 3차 냉각된 강을 10% 이상의 압하율로 2차 냉간압연하는 단계;를 추가로 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 1차 열처리 및 2차 열처리는 1200~1250℃에서 수행되고, 상기 3차 열처리는 1000~1050℃에서 수행될 수 있다.

[0016] 또한, 상기 2차 냉각 및 3차 냉각은 각각 워터 퀀칭(water quenching) 방법으로 수행될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 1차 냉간압연시 압하율은 50 % 이상의 방법으로 수행될 수 있다.

[0018] 또한, 상기 강은 0.015 ≤ Mn함량/Cr함량 (중량 %) ≤0.045 인 것이 바람직하다.

[0019] 또한, 상기 강은 Cu: 3.3~3.7중량%를 추가로 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 Mn 및 Cr 함량의 정밀 제어를 통하여 우수한 내산화성을 발휘할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 약 15㎛ 정도의 미세한 평균 결정립 크기를 가질 수 있어, 또한 내산화성 발휘에 유리하다.

[0022] 또한, 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 Cu 첨가를 통하여 크립 저항성 등 고온 기계적 특성 향상에 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

도 2는 실시예 및 비교예 시편들의 내산화성 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 3은 도 2의 결과를 망간 함량에 따라 재배열한 것이다.

도 4는 실시예 및 비교예 시편들의 산화층 두께를 나타낸 사진들이다.

도 5는 열처리를 통한 실시예 2 시편의 결정립 미세화를 나타낸 사진이다.

도 6은 실시예 2 및 비교예 3의 산화층 두께를 비교한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 내산화성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강 및 그 제조 방법에 대하여 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 오스테나이트계 스테인리스강

[0027] 본 발명의 실시예에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 중량%로, Cr: 17~18%, Ni: 8~9%, Mn: 0.25~0.8%, Si: 0.25~0.4%, C: 0.13~0.16%, N: 0.1~0.13%, Nb: 0.5~0.53%, P: 0.005% 이하, S: 0.004% 이하, Al: 0.011% 이하, O: 0.007% 이하를 포함하고, 나머지 철과 불가피한 불순물로 이루어지고, 평균 결정립 크기가 12~18㎛인 것을 특징으로 한다.

[0028] 이하, 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강에 포함되는 각 성분들의 역할 및 함량에 대하여 설명하기로 한다.

[0029] Cr(크롬)

[0030] Cr은 스테인리스강의 부동태 피막 형성을 촉진하는 원소로 특히 고온 스케일 형성 억제에 유효한 원소이다. 또한 1000℃ 이상의 고온에서 오스테나이트 결정립의 조대화를 막는데 유효한 작용을 한다. 내식성 및 고온 특성 향상을 위해 17중량% 이상 함유가 효과적이나, 18중량%를 초과하여 과도하게 함유할 경우 δ-ferrite의 형성으로 내식성의 저하 및 열간가공성의 저하를 야기할 수 있다.

[0031] Ni(니켈)

[0032] Ni는 오스테나이트 안정화 원소로 오스테나이트 조직을 얻기 위해 첨가한다. 이러한 효과를 얻기 위해 니켈은 8중량% 이상 함유가 효과적이나, 9중량%를 초과하는 경우 더 이상의 효과없이 강 제조 비용만 상승할 수 있다.

[0033] Mn(망간)

[0034] Mn은 강도 증대 및 오스테나이트 안정화에 기여하는 원소이다. 본 발명에서 망간은 0.25~0.8중량%로 포함된다. Mn이 0.25중량% 미만일 경우, 결정립계 분리(grain boundary decohesion) 효과가 없으므로 결정립 크기가 큰 강재와 유사하게 거동하여, 내산화 특성 발휘가 어렵다. 또한, Mn의 함량이 0.8중량%를 초과하는 경우, 모재-산화층 계면의 고 크롬 함유층(Cr-enriched layer)에서 Mn이 Cr을 일부 치환함으로써 고 크롬 함유층의 보호성이 저하되어 내산화성이 열화될 수 있다.

[0035] 이러한 망간 함량은 예를 들어 Mn 순도 99.7% 이상, Fe 전해철 순도 99.9% 이상과 같은 모합금의 순도 제어, 주조시 N2, Ar 등의 불활성 가스를 분위기 적용, S 및 O 함량을 각각 0.004중량% 이하, 0.007중량% 이하로 관리, 상기 낮은 O 함량 관리를 위하여 0.11중량% 이하의 Al 활용 등을 이용하여 정밀하게 제어될 수 있다. 이러한 조건들이 모두 만족될 경우, 강 내 고용된 Mn 함량은 최초 첨가된 Mn과 거의 동일할 수 있어, 가장 바람직하다.

[0036] 한편, 상기 오스테나이트계 스테인리스강은 $0.015 \leq$ Mn함량/Cr함량 (중량 %) ≤ 0.045인 것이 바람직하다. 이러한 Cr 함량에 대한 Mn 함량을 만족할 경우, 우수한 내산화성을 발휘할 수 있다. 실험에 의하면, Cr 대비 Mn 함량이 상기 제시된 범위보다 낮거나 또는 높은 경우에는 충분한 내산화성이 발휘될 수 없었다.

[0037] Si(실리콘)

[0038] Si는 오스테나이트계 스테인리스강에서 고온 내산화성 개선에 기여하는 원소이다. 이 효과 발휘를 위해 Si은 0.25중량% 이상 포함되는 것이 바람직하다. 다만, Si 함량이 0.4중량%를 초과하는 경우, 강의 용접성 저하의 원인이 될 수 있다.

[0039] C(탄소)

[0040] C는 오스테나이트계 스테인리스강의 고온 강도 향상에 유효하다. 이를 위해, 본 발명에서는 C의 함량을 0.13중량% 이상으로 하였다. 그러나, C의 함량이 0.16중량%를 초과할 경우, 산화 저항에 유효한 고용 Cr 함량을 감소시킬 수 있다.

[0041] N(질소)

[0042] N는 0.1중량% 이상 포함될 경우, 오스테나이트 상을 안정화시키는 원소로 Ni을 대체하여 강도와 내식성을 향상시키는데 기여할 수 있다. 다만, 질소 함량이 0.13중량%를 초과하는 경우, Cr 질화물 형성으로 인성 저하 및 용접성 저하를 야기할 수 있다.

[0043] Nb(니오븀)

[0044] Nb는 탄화물을 형성하여 고온 강도 및 열피로 특성 개선에 기여한다. 이를 위해, 본 발명에서는 Nb를 0.5중량% 이상 첨가하였다. 그러나 Nb 함량이 0.53중량%를 초과하는 경우, 가공성 저하 등의 문제가 발생할 수 있다.

[0045] Cu(구리)

[0046] 또한, 상기 오스테나이트계 스테인리스강은 Cu: 3.3~3.7중량%를 추가로 포함할 수 있다. 이러한 Cu 첨가에 의해 미세 ε-Cu 석출물 형성에 의해 크립(Creep) 저항성 등과 같은 고온 기계적 특성이 추가로 향상될 수 있다.

[0047] 기타

[0048] P(인), S(황), O(산소)는 각각 오스테나이트계 스테인리스강의 열간 가공성, 내산화성을 저하시키는 원소들로서, 본 발명에서는 P: 0.005% 이하, S: 0.004% 이하, Al: 0.011% 이하, O: 0.007% 이하로 관리하였다. Al은 탈산제 역할을 할 수 있는 바, 낮은 O 함량 관리를 위하여 0.11중량% 이하로 관리하였다.

[0049] 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 평균 결정립 크기가 12~18㎛일 수 있다. 이는 전술한 바와 같은 합금 조성 및 후술하는 열처리에 의해 달성될 수 있다. 본 발명에서 0.13중량% 이상의 C 함량 및 0.5중량% 이상의 Nb 함량을 통하여, 초정 NbC를 석출시킬 수 있고, 이에 의해 결정립 미세화 효과가 증대될 수 있다. 다만, 조대한 초정 NbC의 석출은 고온 기계적 특성 저하를 가져오므로, 추가로 후속 열처리를 통해 이를 제어한다.

[0050] 또한, S 및 O 함량의 극저 관리를 통해 개재물 형성과 같은 Mn 손실을 방지할 수 있어 결정립 미세화 및 내산화 효과에 유리하다.

[0051] 그러나 초정 NbC의 조대화는 고온물성 저하를 가져오므로 초정 NbC 조대화 억제를 위하여 Nb & C 함량 제어 및 후속열처리 공정 설계 필요)

[0052] 이와 같은 미세한 평균 결정립 역시 내산화성 향상에 기여할 수 있다.

[0053] 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법

[0054] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

[0055] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 오스테나이트계 스테인리스강 제조 방법은 1차 열처리 단계(S110), 열간압연 단계(S120), 1차 냉각 단계(S130), 2차 열처리 단계(S140), 2차 냉각 단계(S150), 1차 냉간압연 단계(S160), 3차 열처리 단계(S170) 및 3차 냉각 단계(S180)를 포함한다. 아울러, 바람직하게는 3차 냉각 단계 이후 2차 냉간압연 단계(S190)를 추가로 포함할 수 있다.

[0056] 이하, 각각의 열처리 조건 및 냉각 조건은 열역학 계산을 통한 상태도를 계산하여 결정하였다.

[0057] 1차 열처리 단계(S110)에서는 전술한 합금 조성을 갖는 반제품 강 강을 가열하여 1차 열처리한다. 1차 열처리를 통하여 조대한 초정 NbC의 분율을 낮출 수 있으며, 강의 조성을 균질화할 수 있다. 이러한 1차 열처리는 1200~1250℃에서 약 1시간 이상 수행되는 것이 바람직하다. 1차 열처리 온도가 1200℃ 미만에서는 균질화 효과를 얻기 어려울 수 있으며, 1250℃를 초과하는 경우, 결정립 조대화 문제가 발생할 수 있다.

[0058] 열간압연 단계(S120)에서는 1차 열처리된 강을 1000℃ 이상의 마무리 압연온도 조건으로 열간압연하여 주조 조직을 파쇄한다. 마무리 열간압연온도를 1000℃ 이상으로 관리함으로써 Cr_2N, $M_{23}C_6$ 등 석출상 형성을 방지할 수 있다.

[0059] 1차 냉각 단계(S130)에서는 열간압연된 강을 1차 냉각한다. 1차 냉각은 Cr_2N, $M_{23}C_6$ 등 석출상 형성 방지를 위해 약 10℃/sec 이상의 평균 냉각 속도로 200℃ 이하의 온도까지 수행될 수 있다. 1차 냉각은 공냉이나 수냉으로 수행될 수 있다.

[0060] 2차 열처리 단계(S140)에서는 1차 냉각된 강을 다시 가열하여 2차 열처리한다. 2차 열처리를 통하여 1차 열처리와 마찬가지로 조대한 초정 NbC의 분율을 낮출 수 있으며, 강의 조성을 균질화 할 수 있다. 아울러, 2차 열처리를 통하여 집합조직이 풀리면서 압연조직의 재결정화가 일어난다. 2차 열처리는 1차 열처리와 마찬가지로 1200~1250℃에서 약 1시간 이상 수행되는 것이 바람직하다. 2차 열처리 온도가 1200℃ 미만에서는 균질화 효과를 얻기 어려울 수 있으며, 1250℃를 초과하는 경우, 결정립 조대화 문제가 발생할 수 있다.

[0061] 2차 냉각 단계(S150)에서는 2차 열처리된 강을 2차 냉각한다. 2차 냉각은 미세조직 유지 및 Cr_2N, $M_{23}C_6$ 등 석출상 형성을 방지하는 역할을 한다. 이러한 효과를 얻기 위해, 2차 냉각은 30℃/sec 이상의 평균 냉각 속도로 200℃ 이하의 온도까지 수행될 수 있다. 2차 냉각의 냉각 속도가 충분치 못할 경우, 상기와 같은 2차 냉각 효과가 불충분할 수 있다. 바람직하게는 2차 냉각 및 후술하는 3차 냉각은 워터 퀀칭(water quenching)이 적용될 수 있다.

[0062] 1차 냉간압연 단계(S160)에서는 2차 냉각된 강을 1차 냉간압연한다. 1차 냉간압연시 압하율은 약 50% 이상이 될

수 있다. 1차 냉간압연은 NbC 석출 분산, 결정립 미세화 위한 전처리 단계로서, 동적재결정을 통한 결정립 미세화에 중요한 역할을 하는 사전 단계로 볼 수 있다.

[0063] 3차 열처리 단계(S170)에서는 1차 냉간압연된 강을 3차 열처리한다. 3차 열처리는 고용화 열처리로서 동적재결정을 이용한 결정립 미세화에 기여한다. 이를 위해 3차 열처리는 1000~1050℃에서 약 1시간 이상 수행된다. 3차 열처리 온도가 1000℃ 미만일 경우 고용화 효과가 불충분할 수 있으며, 1050℃를 초과하는 경우, 결정립 미세화에 불리하다.

[0064] 3차 냉각 단계(S180)에서는 3차 열처리된 강을 3차 냉각한다. 3차 냉각을 통해, 2차 냉각과 마찬가지로, 미세조직 유지 및 Cr_2N, $M_{23}C_6$ 등 석출상 형성을 방지할 수 있으며, 냉각 조건은 2차 냉각에서 적용된 조건이 그대로 적용될 수 있다.

[0065] 2차 냉간압연 단계(S190)에서는 3차 냉각된 강을 10% 이상의 압하율로 2차 냉간압연한다. 2차 냉간압연을 통하여 프리스트레인(Pre-Strain)을 부여할 수 있어, 전위 밀도 증가, 크립 변형 중 NbC, ε-Cu 등의 미세 강화석출상 및 서브 결정립 형성을 촉진할 수 있다. 이를 통해 크립 저항성이 향상될 수 있다.

[0066]

[0067] **실시예**

[0068] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 본 발명의 바람직한 예시로 제시된 것이며 어떠한 의미로도 이에 의해 본 발명이 제한되는 것으로 해석될 수는 없다.

[0069] 여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

[0070] **1. 강 시편의 제조**

[0071] 표 1의 실시예 1-3 및 비교예 1, 2, 4, 5에 에 기재된 조성 및 나머지 철로 이루어지는 주조 시편들을 1200℃에서 1시간 열처리하고, 이를 1000℃ 마무리 압연 온도 조건으로 열간압연한 후 이를 상온까지 워터 퀀칭하였다. 이후, 시편들을 다시 1200℃에서 1시간 열처리하고, 이를 상온까지 워터 퀀칭한 후, 60% 압하율 조건으로 냉간압연하였다. 이후, 1020 ℃에서 1시간동안 고용화 열처리한 후, 다시 상온까지 워터 퀀칭하였다. 이후, 12 %의 압하율로 다시 냉간압연하였다.

[0072] 단, 비교예 3의 경우, 1차 열처리, 열간압연, 1차 냉각, 2차 열처리, 2차 냉각까지만 거쳐 제조되었다.

[0073] [표 1]

	Cr wt%	Ni wt%	Mn wt%	Cu wt%	Si wt%	C wt%	N wt%	Nb wt%	P wt%	S wt%	Al wt%	O wt%	Mn/Cr ratio	S+O wt%
실시예 1	17.65	8.56	0.265	3.435	0.276	0.162	0.12	0.511	0.005	0.003	0.011	0.007	0.0150	0.01
실시예 2	17.69	8.51	0.436	3.610	0.323	0.130	0.12	0.503	0.005	0.002	0.011	0.006	0.0246	0.008
실시예 3	17.66	8.45	0.770	3.320	0.260	0.131	0.11	0.513	0.005	0.004	0.010	0.006	0.0436	0.01
비교예 1	18.40	9.07	0.005	2.990	0.210	0.104	0.11	0.41	0.003	0.005	0.003	0.009	0.0003	0.014
비교예 2	17.65	8.51	0.084	3.582	0.270	0.140	0.10	0.512	0.005	0.012	0.011	0.012	0.0048	0.0238
비교예 3	17.98	9.01	0.530	2.970	0.220	0.105	0.11	0.450	0.003	0.005	0.001	0.101	0.0295	0.106
비교예 4	17.83	8.45	0.976	3.392	0.248	0.097	0.12	0.509	0.004	0.013	0.010	0.011	0.0547	0.0237
비교예 5	17.87	8.32	2.048	3.235	0.269	0.130	0.11	0.512	0.004	0.013	0.016	0.010	0.1146	0.0231

[0074]

[0075]

[0076] **2. 물성 평가**

[0077] 도 2는 실시예 및 비교예 시편들의 내산화성 측정 결과를 나타낸 것이고, 다. 도 3은 도 2의 결과를 망간 함량에 따라 재배열한 것이다. 또한, 표 2는 망간 함량에 따른 내산화성 측정 결과를 나타낸 것이다.

[0078] 내산화성은 시편들을 700℃에서 8주동안 산소에 노출시켜, 산화에 따른 무게 증가(Weight gain, g)로 평가하였다. 무게 증가가 작을수록 내산화성이 우수한 것이라 볼 수 있다.

[0079] [표 2]

[0080]

	Mn content, wt%	$W_{gain\text{-}ave}$, g	$W_{gain\text{-}stdev}$, g
실시예 1	0.265	0.00126	2.76E-04
실시예 2	0.436	3.70E-04	4.87E-04
실시예 3	0.77	0.00121	3.31E-04
비교예 1	0.005	0.00196	2.71E-04
비교예 2	0.084	0.00227	3.45E-04
비교예 3	0.53	0.00261	9.11E-04
비교예 4	0.976	0.00219	5.90E-04
비교예 5	2.048	0.00271	5.55E-04

[0081] 도 2, 도 3 및 표 2를 참조하면, 비교예 1~5에 비하여, 실시예 1~3의 경우, 내산화성이 상대적으로 우수한 것을 볼 수 있다. 특히, Mn의 함량이 증가할수록 일반적으로 내산화성은 저하되는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있으나, 예외적으로 본 발명의 합금 조성을 만족, 즉 망간 함량이 0.25~0.8중량%인 실시예 1~3에 따른 시편의 경우 오히려 내산화성이 더 우수한 특이한 결과를 나타내었다.

[0082] 도 4는 실시예 및 비교예 시편들의 산화층 두께를 나타낸 사진들이다. 도 4를 참조하면, 비교예 1~5에 따른 시편들에 비하여 실시예 1~3에 따른 시편들의 경우, 산화층 두께가 상대적으로 얇고 모재 내부로의 산화층 침투 또한 저감된 것을 볼 수 있다.

[0083] 도 5는 열처리를 통한 실시예 2 시편의 결정립 미세화를 나타낸 사진이다. 도 5를 참조하면, 냉간압연-열처리에 의해 결정립이 미세화되는 것을 확인할 수 있고, 전술한 바와 같이 이러한 결정립 미세화는 내산화성 향상에 기여할 수 있다.

[0084] 도 6은 실시예 2 및 비교예 3의 산화층 두께를 비교한 것이다. 도 6을 참조하면, Mn, Cr 등의 함량이 유사하더라도 결정립이 조대화된 비교예 3의 경우 산화층의 두께가 상대적으로 두꺼운 것을 확인할 수 있다. 따라서 결정립 미세화가 내산화성 향상에 중요한 역할을 함을 확인할 수 있다. 또한 비교예 3의 경우 S 및 O 함량이 상대적으로 높은데, 이는 비교예 3 시편의 경우 높은 S 및 O로 인하여 고용된 Mn 함량은 첨가된 Mn 함량보다 훨씬 적고 이로 인하여, 원하는 내산화성을 발휘하지 못하도록 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

[0085] 본 발명은 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.

부호의 설명

[0086] S110 : 1차 열처리 단계

S120 : 열간압연 단계

S130 : 1차 냉각 단계

S140 : 2차 열처리 단계

S150 : 2차 냉각 단계

S160 : 1차 냉간압연 단계

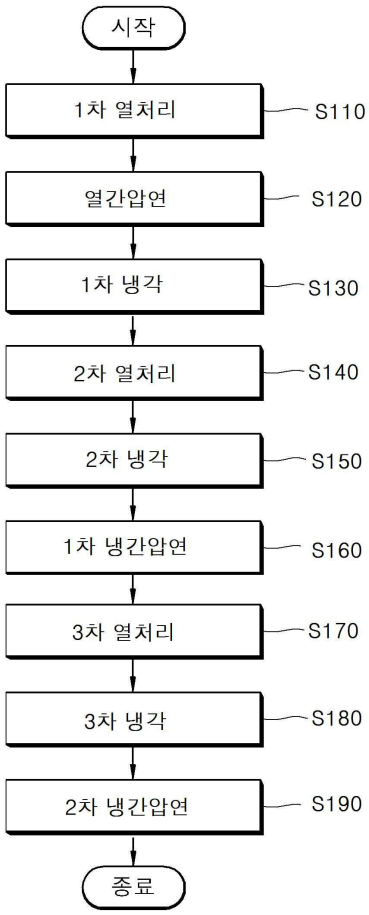
S170 : 3차 열처리 단계

S180 : 3차 냉각 단계

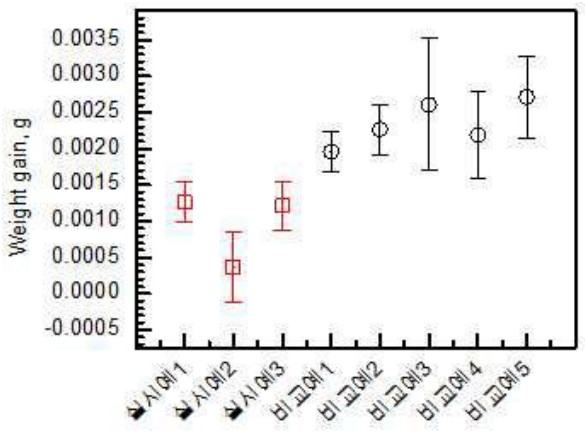
S190 : 2차 냉간압연 단계

도면

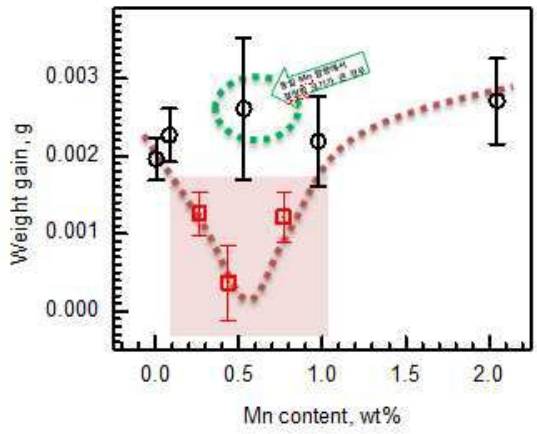
도면1



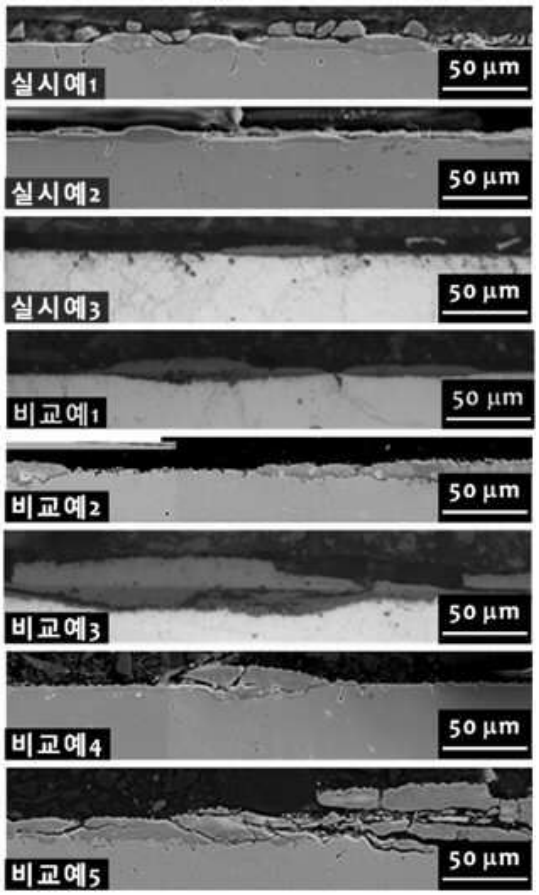
도면2



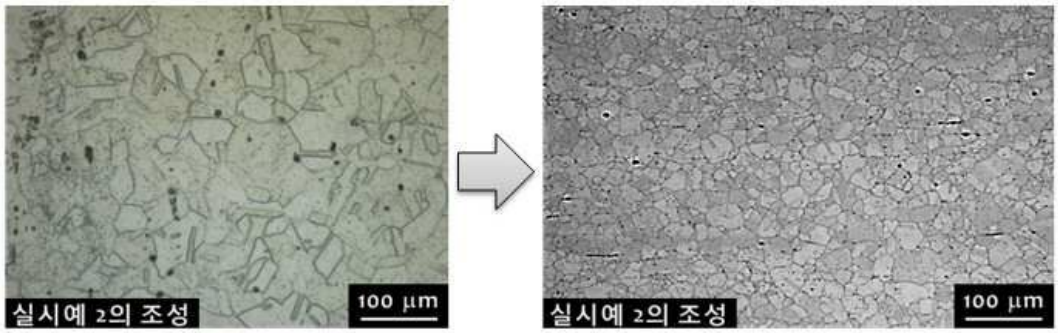
도면3


0.003
0.002
0.001
0.000
Weight gain, g
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
Mn content, wt%

도면4


실시예1
50 μm
실시예2
50 μm
실시예3
50 μm
비교예1
50 μm
비교예2
50 μm
비교예3
50 μm
비교예4
50 μm
비교예5
50 μm

도면5



도면6

