



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월28일
 (11) 등록번호 10-1379063
 (24) 등록일자 2014년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/38 (2006.01)
 C22C 38/58 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0119105
 (22) 출원일자 2011년11월15일
 심사청구일자 2011년11월15일
 (65) 공개번호 10-2013-0053330
 (43) 공개일자 2013년05월23일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP09195007 A*
 JP2002235153 A
 KR1020060110103 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 주식회사 포스코
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)
 (72) 발명자
 최점용
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, 주 포스코
 (괴동동)
 김진호
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, 주 포스코
 (괴동동)
 (74) 대리인
 문용호, 이용우, 강신섭

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 정상익

(54) 발명의 명칭 **린 듀플렉스 스테인리스강 및 그의 제조방법**

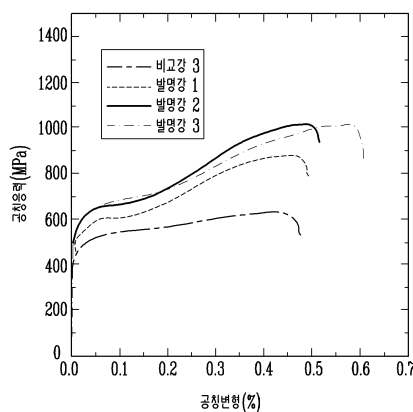
(57) 요약

본 발명은 고연성, 고강도의 린 듀플렉스 스테인리스강 및 그의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 린 듀플렉스 스테인리스강은 중량 %로, C : 0 초과 ~ 0.08 이하, Si : 0 초과 ~ 0.5 이하, Mn : 4 ~ 6, Cr : 19 ~ 23, Ni : 0 초과 ~ 0.3 이하, N : 0.18 ~ 0.40, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며, 하기 식으로 정의되는 N의 분배계수가 0.24~0.29의 범위이고, Mn의 분배계수가 0.65~0.80의 범위를 만족한다.

N의 분배계수(KN) = 페라이트에 농화된 N 농도/오스테나이트에 농화된 N 농도

Mn의 분배계수(KMn) = 페라이트에 농화된 Mn 농도/오스테나이트에 농화된 Mn 농도

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

중량 %로, C : 0 초과 ~ 0.08 이하, Si : 0 초과 ~ 0.5 이하, Mn : 4 ~ 6, Cr : 19 ~ 23, Ni : 0 초과 ~ 0.3 이하, N : 0.18 ~ 0.40, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며, 하기 식으로 정의되는 N의 분배계수가 0.24~0.29의 범위이고, Mn의 분배계수가 0.65~0.80의 범위를 만족하며,

부피분율로 20~65%의 페라이트 상과, 35~80%의 오스테나이트 상으로 이루어지는 린 듀플렉스 스테인리스강.

N의 분배계수(KN) = 페라이트에 농화된 N 농도/오스테나이트에 농화된 N 농도

Mn의 분배계수(KMn) = 페라이트에 농화된 Mn 농도/오스테나이트에 농화된 Mn 농도

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 오스테나이트 상에 농화된 N이 0.20 ~ 1.03의 범위를 만족하는 린 듀플렉스 스테인리스강.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 오스테나이트 상에 농화된 Mn이 4.44~7.27의 범위를 만족하는 린 듀플렉스 스테인리스강.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 스테인리스강은 50% 이상의 연신율을 가지는 린 듀플렉스 스테인리스강.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 스테인리스강은 800MPa 이상의 인장강도를 가지는 린 듀플렉스 스테인리스강.

청구항 7

중량 %로, C : 0 초과 ~ 0.08 이하, Si : 0 초과 ~ 0.5 이하, Mn : 4 ~ 6, Cr : 19 ~ 23, Ni : 0 초과 ~ 0.3 이하, N : 0.18 ~ 0.40, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며, 하기 식으로 정의되는 N의 분배계수가 0.24~0.29의 범위이고, Mn의 분배계수가 0.65~0.80의 범위이며, 부피분율로 20~65%의 페라이트 상과, 35~80%의 오스테나이트 상으로 이루어지는 린 듀플렉스 스테인리스강 슬라브를 1030 ~ 1220℃ 범위에서 소둔 열처리하는 단계를 포함하는 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법.

N의 분배계수(KN) = 페라이트에 농화된 N 농도/오스테나이트에 농화된 N 농도

Mn의 분배계수(KMn) = 페라이트에 농화된 Mn 농도/오스테나이트에 농화된 Mn 농도

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 소둔 열처리는 2~40분 동안 이루어지는 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 오스테나이트 상에 농화된 N이 0.20 ~ 1.03의 범위를 만족하는 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 오스테나이트 상에 농화된 Mn이 4.44~7.27의 범위를 만족하는 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 린 듀플렉스 스테인리스강 및 그의 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 고강도, 고연성의 린 듀플렉스 스테인리스강 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 가공성과 내식성이 양호한 오스테나이트계 스테인리스강은 철(Fe)을 소지금속으로 하여 Cr, Ni을 주 원료로 함유하고 있다. 그리고, 오스테나이트계 스테인리스강은 Mo 및 Cu 등의 기타 원소들을 첨가시켜 각종 용도에 맞는 다양한 강종으로 개발되고 있다.

[0003] 이러한 오스테나이트계 스테인리스 강종은 내식성 및 내공식성이 우수한 강종으로서, 저탄소이면서 중량%로 8% 이상의 Ni 성분을 함유하고 있다. 이 때문에 Ni 가격 상승에 따른 원가의 변동폭이 커서 가격이 불안정하여 경쟁력이 떨어진다는 문제점이 있다. 따라서, 이를 보완하기 위하여 Ni 함량을 낮추면서 오스테나이트계 스테인리스 강종과 동등 이상의 내식성을 확보할 수 있는 새로운 강종의 개발이 필요하다.

[0004] 이에 따라, 오스테나이트 상과 페라이트 상의 혼합물로 구성되는 미세조직을 가지는 스테인리스강인 듀플렉스 스테인리스강은, 오스테나이트계와 페라이트계의 특징을 모두 나타낸다. 현재까지 다양한 듀플렉스 스테인리스강이 제안되어 왔으며, 일례로 미국 특허 제5624504호 및 제6096441호 등이 있다. 고내식 환경에서 사용되는 듀플렉스 스테인리스강 중 하나는 명목상 22%Cr, 5.5%Ni, 3% Mo, 0.16%N 성분으로 구성된 Allegheny Ludlum의 A12205(UNS S 31803 또는 S32205)가 있다.

[0005] 상기 듀플렉스 스테인리스강의 경우, 다양한 부식 환경에서 우수한 내부식성을 제공하며, AISI의 304, 316등의 오스테나이트계 스테인리스강보다 우수한 내부식성을 나타낸다. 이와 같은 듀플렉스 스테인리스강의 경우, Ni, Mo 등의 고가 원소에 의한 제조 비용 상승이 될 뿐만 아니라 Ni, Mo 등을 소비함에 의해 타 강종과의 가격 경쟁력 감소를 야기한다.

[0006] 이에 따라, 최근에는 듀플렉스 스테인리스강 중에서도 Ni 및 Mo 등의 고가의 합금원소를 배제하고 이들 원소를 대신하여 저원가의 합금원소를 첨가한 낮은 합금 비용의 장점을 더욱 증대시킨 린 듀플렉스(lean duplex) 스테인리스강에 대한 관심이 증대되고 있는 추세이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 오스테나이트계 스테인리스강 대비 동등 이상의 적정 내식성을 확보하도록 Ni, Si, Mo 및 Cu 등의 성분 함량을 조절함에 의해 원가를 저감할 수 있는 린 듀플렉스 스테인리스강 및 그의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 소둔 열처리 시의 오스테나이트와 페라이트의 상분율, N 분배계수, Mn 분배계수 및 오스테나이트 상에 농화된 N과 Mn의 농도를 제어함에 의해 연신율이 50% 이상의 고연성 및 인장강도가 800MPa 이상의 고강도를 동시에 확보함으로써, 가공성을 현저하게 향상시킬 수 있는 린 듀플렉스 스테인리스강 및 그의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명에 따른 린 듀플렉스 스테인리스강은 중량 %로, C : 0 초과 ~ 0.08 이하, Si : 0 초과 ~ 0.5 이하, Mn : 4 ~ 6, Cr : 19 ~ 23, Ni : 0 초과 ~ 0.3 이하, N : 0.18 ~ 0.40, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며, 하기 식으로 정의되는 N의 분배계수가 0.24~0.29의 범위이고, Mn의 분배계수가 0.65~0.80의 범위를 만족한다.
- [0010] N의 분배계수(KN) = 페라이트에 농화된 N 농도/오스테나이트에 농화된 N 농도
- [0011] Mn의 분배계수(KMn) = 페라이트에 농화된 Mn 농도/오스테나이트에 농화된 Mn 농도
- [0012] 그리고, 상기 오스테나이트 상에 농화된 N이 0.20 ~ 1.03의 범위를 만족할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 오스테나이트 상에 농화된 Mn이 4.44~7.27의 범위를 만족할 수 있다.
- [0014] 더욱이, 상기 스테인리스강은 부피분율로 20~65%의 페라이트 상과, 35~80%의 오스테나이트 상으로 이루어질 수 있다.
- [0015] 그리고, 상기 스테인리스강은 50% 이상의 연신율을 가질 수 있다.
- [0016] 게다가, 상기 스테인리스강은 800MPa 이상의 인장강도를 가질 수 있다.
- [0017] 본 발명에 따른 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법은 중량 %로, C : 0 초과 ~ 0.08 이하, Si : 0 초과 ~ 0.5 이하, Mn : 4 ~ 6, Cr : 19 ~ 23, Ni : 0 초과 ~ 0.3 이하, N : 0.18 ~ 0.40, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며, 하기 식으로 정의되는 N의 분배계수가 0.24~0.29의 범위이고, Mn의 분배계수가 0.65~0.80의 범위인 린 듀플렉스 스테인리스강 슬라브를 1030 ~ 1220℃ 범위에서 소둔 열처리하는 단계를 포함한다.
- [0018] N의 분배계수(KN) = 페라이트에 농화된 N 농도/오스테나이트에 농화된 N 농도
- [0019] Mn의 분배계수(KMn) = 페라이트에 농화된 Mn 농도/오스테나이트에 농화된 Mn 농도
- [0020] 이때, 상기 소둔 열처리는 2~40분 동안 이루어질 수 있다.
- [0021] 그리고, 상기 스테인리스강은 부피분율로 20~65%의 페라이트 상과, 35~80%의 오스테나이트 상으로 이루어질 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 오스테나이트 상에 농화된 N이 0.20 ~ 1.03의 범위를 만족할 수 있다.
- [0023] 더욱이, 상기 오스테나이트 상에 농화된 Mn이 4.44~7.27의 범위를 만족할 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 의하면 고가 원소인 Ni, Si, Cu 및 Mo 합금성분의 함량을 조절함으로써, 자원 절약 및 원료 비용을 현저하게 향상시킬 수 있다. 그리고, 상분율 및 소둔 열처리 등의 공정 조건을 제어하여 50% 이상의 연신율을 확보함으로써, 가공성을 향상시켜 성형 및 절곡 용도로 사용할 수 있다. 또한, 800MPa 이상의 고강도를 확보함으로써, 소재를 박물로 제조함에 의해 무게 비중을 감소시켜 경량화된 소재로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 1100℃에서 열처리한 본 발명에 따른 소재의 공칭변형과 공칭응력을 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예 및 그 밖에 당업자가 본 발명의 내용을 쉽게 이해하기 위하여 필요한 사항에 대하여 상세히 기재한다. 다만, 본 발명은 청구범위에 기재된 범위 안에서 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으므로 하기에 설명하는 실시예는 표현 여부에 불구하고 예시적인 것에 불과하다.
- [0027] 본 실시예를 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0028] 본 발명은 오스테나이트상과 페라이트상의 2상을 갖는 듀플렉스 스테인리스강 중, Ni, Mo, Si, Cu 등의 고가의 합금원소의 함량을 낮춘 린 듀플렉스 스테인리스강이다. 린 듀플렉스 스테인리스강은 일반적인 오스테나이트계

스테인리스강인 304강, 316강 대비 동등 이상의 내식성을 유지할 수 있다. 그리고, 오스테나이트계 스테인리스강 이상의 연신율을 확보하며, 304, 316 대비 고강도를 확보할 수 있다. 본 발명의 고강도, 고연성 린 듀플렉스 스테인리스강은, 예를 들면, 부식환경 또는 성형용 일반 제품에 사용될 수 있으며, 스트립(strip), 바(bar), 플레이트(plate), 시트(sheet), 파이프(pipe), 또는 튜브(tube)와 같은 제품으로 제조되어 이용할 수 있다.

[0029] 이러한 린 듀플렉스 스테인리스강은 오스테나이트계 스테인리스 강인 304강, 316강과 동등한 내식성을 확보하면서, Ni 함량이 적어 경제적이다. 그리고, 고강도의 확보가 용이하여 내식성을 요하는 담수설비, 펄프, 제지, 화학설비 등의 산업설비용 강재로 각광을 받고 있다. 이러한 린 듀플렉스 스테인리스강은 일본공개특허 소61-056267호, WO 02/027056호 공보 및 WO 96/18751호 공보에 개시되어 있다. 그 중, 일본공개특허 소61-56267호 공보 및 WO 02/027056호 공보에 개시된 린 듀플렉스 스테인리스강은, ASTM A240으로 규격화되어 있으며, 전자는 S32304 (대표성분 23Cr-4Ni-0.13N), 후자는 S32101 (대표성분 21Cr-1.5Ni-5Mn-0.22N)에 대응한다.

[0030] 상온에서 오스테나이트상과 페라이트상의 혼합 조직을 갖는 듀플렉스 스테인리스강의 대표적인 강종 중 하나인, S32205 듀플렉스 스테인리스강은 고내식성 확보를 위해 다량의 Cr, Mo 및 N 성분을 함유하고 있다. 그리고, 상분율 확보를 위해 중량%로 5% 이상의 Ni 성분을 함유하고 있다. 또한, 한국공개특허 2006-0074400호 공보에 개시되었고, ASTM A240으로 규격화된 S81921강의 경우 Ni 및 Mo의 함량이 각각 중량%로 2.5%, 2.4%로 고가의 합금 원소를 포함하고 있다.

[0031] 이들 듀플렉스 스테인리스강은 냉간 가공성, 즉 성형성보다는 내식성 강화 위주로 강을 설계하여, 특정 적용 부분에서는 요구되는 내식성보다 월등한 내식성을 제공한다. 그리고, 내응력부식성 역시 설계 요구사항보다 우수하여 기술적인 해결책은 제공할 수 있으나, 가공성과 관련된 인자인 연성이 오스테나이트계 스테인리스강보다 열위하다. 이에 의해 성형, 절곡 등을 요구하는 다양한 산업 분야의 응용에 많은 제약을 초래하여, 경제적인 측면에서는 타당하지 않은 면이 존재한다. 따라서, 이들 고가 원소를 배제하여 제조원가를 절감하면서도 304, 304L 및 316강 대비 동등 이상 수준의 내식성을 확보하고, 특히 가공성 즉 연성을 304와 동등 수준으로 확보하는 산업설비 및 다양한 성형 가공용 듀플렉스 스테인리스 강 개발이 필요하다.

[0032] 또한, 성형성 즉 연신율이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강의 경우, 고가인 Ni를 4% 이상 함유하고, 특히 316계열 강 경우 Mo를 2%정도 함유하고 있다. 이 때문에 스테인리스강 제조 시 재료 비용이 매우 높고, Ni, Mo 등을 대량으로 소비한다는 문제점이 있다. 따라서 Ni, Mo 등을 저감하면서 오스테나이트계 스테인리스강과 동등 수준의 연신율 및 내식성을 확보하는 방법으로 페라이트상과 오스테나이트상이 공존하는 듀플렉스 스테인리스강을 개발하게 되었다.

[0033] 일본특개 평11-071643호에서는 Ni 첨가량을 0.1~1% 미만으로 제한하고, 2상 조직 강에 존재하는 오스테나이트의 안정도 지수를 40~115 범위로 제어함에 의하여 연신율이 우수한 오스테나이트·페라이트계 스테인리스 강판 제조방법을 제시하였다. 그리고, 오스테나이트·페라이트계 스테인리스강의 우수한 가공성을 확보하기 위하여, 한국공개특허 제2010-0097741호에서는 Ni를 0.5~5%, Si를 0.01~2%, Cu를 0.5~5%를 필수적으로 함유하는 강을 개시하고 있으며, 한국공개특허 제2006-0127107호에서는 Si를 4% 이하, Ni를 3% 이하로 필수적으로 함유하고 있는 강을 개시한다.

[0034] 이하, 본 발명의 오스테나이트상 및 페라이트상으로 이루어진 린 듀플렉스 스테인리스강에 대하여 상세하게 설명한다.

[0035] 본 발명에 의하면 오스테나이트·페라이트로 이루어진 듀플렉스 스테인리스강의 제반 성질이 우수하면서도, 50% 이상의 고연신율과, 800MPa 이상의 인장강도를 동시에 확보할 수 있다. 즉, 본 발명은 저탄소의 크롬계 스테인리스강으로, 고질소를 함유하고, 더불어 Mn의 함량을 증가시키면서 고가인 Ni, Si, Mo, Cu 등의 합금원소를 잔류 수준으로 배제하도록 합금 성분을 제어한다. 그리고, 소둔 열처리 조건 등의 공정 조건을 최적화하여, 소둔 열처리 시 오스테나이트와 페라이트의 상분율을 조정함에 의해 고연성 고강도 오스테나이트 페라이트 2상강을 제조할 수 있다. 본 발명에 따른 린 듀플렉스 스테인리스강은 제조 비용 중 원료 비용을 크게 감소하여, 가격 경쟁력을 크게 향상시키고, 연신율을 향상시켜 단순한 벤딩 이외의 성형, 복잡한 절곡 가공 등의 다양한 용도에 사용할 수 있다.

[0036] 이하에서는, 본 발명의 성분 한정 이유에 대하여 설명한다.(이하, 중량%는 간단히 %로 표기함)

[0037] C는 오스테나이트 형성 원소로 고용강화에 의한 재료 강도 증가에 유효한 원소이다. 하지만, 과다 첨가 시 페라이트-오스테나이트 상 경계에서 내식성에 유효한 Cr과 같은 탄화물 형성 원소와 쉽게 결합하여 결정립계 주위의 Cr 함량을 낮추어 내부식 저항성을 감소시키기 때문에 내식성을 극대화하기 위해서는 C를 0초과~0.08%의 범위로

첨가하는 것이 바람직하다.

- [0038] Si는 탈산 효과 및 페라이트 안정화 원소로 작용하므로 일부 첨가한다. 하지만, 과다할 경우 내식성이나 충격인성과 관련된 기계적 특성을 저하시키므로 0초과 ~ 0.5%의 범위로 제한한다.
- [0039] N는 듀플렉스 스테인리스강에서 Ni와 함께 오스테나이트 상의 안정화에 크게 기여하는 원소로, 소둔 열처리 시 오스테나이트 상에 농화가 발생하는 원소 중의 하나이다. 따라서, N 함량 증가는 부수적으로 내식성 증가 및 고강도화를 꾀할 수 있다. 그러나, N 함량이 0.4% 이상을 초과하면 주조 시 블로우홀(blow hole), 핀홀(pin hole) 등의 발생에 의한 표면 결함 유발로 강의 안정된 제조가 어렵게 된다. 또한, 가압 용해 등의 수단을 이용하게 되어 경제적으로 불리하게 된다. 한편, 질소량이 0.18% 미만이면 첨가되면 오스테나이트상에 질소의 농화가 너무 낮아서 오스테나이트상의 안정도가 높아진다. 그리고, N 함량이 너무 낮으면 적절한 상분율 확보가 곤란해지며, N에 의한 고용강화가 부족하여 강도 확보가 어려워진다. 따라서, N 함량은 0.18 ~ 0.40%로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0040] Mn은 탈산제 및 질소 고용도를 증가시키는 원소이며, 오스테나이트 형성 원소로, 고가의 Ni 대체용으로 사용되는 경우, 그 함량을 4% 이상으로 증가시켜야 한다. Mn의 함량이 너무 낮으면 상분율의 제어가 어렵고, 첨가되는 N의 고용도가 낮아서 상압에서 N의 충분한 고용을 얻을 수 없다. 그리고, Mn을 많이 첨가하면 질소의 고용도에는 효과가 있으나, 강 중의 S와 결합하여 MnS를 형성하고, 내식성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 열간가공성도 나빠지므로, Mn의 함량을 6% 이하로 제한한다. 따라서, Mn 함량은 4~6%로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0041] Cr은 Si와 함께 페라이트 안정화 원소로 2상 스테인리스강의 페라이트상 확보에 주된 역할을 할 뿐만 아니라, 내식성 확보를 위한 필수 원소이다. 함량을 증가시키면 내식성이 증가하나 상분율 유지를 위하여 고가의 Ni이나 기타 오스테나이트 형성원소의 함량을 증가시켜야 한다. 이에 따라, 2상 스테인리스강의 상분율을 유지하면서 STS304 이상의 내식성을 확보하기 위해서 Cr의 함량을 19~23%로 제한한다.
- [0042] Ni은 Mn 및 N와 함께 오스테나이트 안정화 원소로, 듀플렉스 스테인리스강의 오스테나이트상의 확보에 주된 역할을 한다. 원가절감을 위하여 가격이 비싼 Ni 함량을 최대한 감소시키는 대신에 다른 오스테나이트상 형성 원소인 Mn과 N을 증가시켜서 Ni의 저감에 의한 상분율 균형을 충분히 유지할 수 있다. 특히, Ni는 고의로 첨가하지 않는 한 제강 시 사용되는 스크랩에서 0초과 ~ 0.3%의 범위로 관리할 수 있다.
- [0043] 이때, 본 발명에 따른 오스테나이트·페라이트의 듀플렉스 스테인리스강은, 부피분율로 20~65 페라이트 상과, 80~35% 오스테나이트 상으로 구성을 만족시키는 것이 바람직하다. 이는 오스테나이트 상분율이 35% 미만에서는 오스테나이트 상의 변형 중에 생기는 변형 유기 마르텐사이트 변태량이 적기 때문에 연성 및 인장강도 기여가 적어지므로 원하는 연신을 및 강도를 충분히 얻을 수가 없게 된다. 또한, 고연성의 관점에서 보면 오스테나이트 상분율이 80% 이하가 바람직하다. 그러나, 오스테나이트 분율이 80%를 초과하는 경우는 열간 압연 시 표면 균열 등이 발생하여 열간 가공성의 저하를 초래하고, 오스테나이트의 안정도에 기여하는 N, Mn의 오스테나이트상 농화가 부족하여 변형 중에 변태 유기 마르텐사이트가 발생하지 않는다.
- [0044] 한편, 아래와 같은 식으로 계산되는 N 분배계수(KN), Mn 분배계수(KMn) 및 오스테나이트 상에 농화된 N과 Mn의 농도가 하기 범위를 가지는 것에도 특징이 있다.
- [0045] $KN = \text{페라이트에 농화된 질소 농도} / \text{오스테나이트에 농화된 질소 농도}$
- [0046] $0.24 \leq KN \leq 0.29$
- [0047] $0.28 \leq \text{오스테나이트 상에 농화된 N} \leq 0.65$
- [0048] $KMn = \text{페라이트에 농화된 망간 농도} / \text{오스테나이트에 농화된 망간 농도}$
- [0049] $0.65 \leq KMn \leq 0.8$
- [0050] $4.44 \leq \text{오스테나이트 상에 농화된 Mn} \leq 7.27$
- [0051] 린 듀플렉스 스테인리스강은 오스테나이트 상의 안정도가 매우 중요하다. 오스테나이트 상의 안정도에 가장 큰 영향을 미치는 원소인 N과 Mn은 열처리 시 오스테나이트 상의 분배 현상이 발생된다. 오스테나이트 상은 안정도가 높아서 안정한 상태가 되는 경우, 가공 시 변태 유기 마르텐사이트 형성이 없기 때문에 연신율 및 인장강도의 향상이 어렵다. 또한, 오스테나이트 상의 안정도가 낮아서 불안정한 상태가 되는 경우, 냉각 시 오스테나이트 상이 마르텐사이트 상으로 변태되어 강도는 높아지나, 연신율은 크게 감소한다.

[0052] 따라서, 오스테나이트 상에 N, Mn의 농화가 진행되면 듀플렉스 스테인리스강에 존재하는 오스테나이트 상의 안정도가 변화하여 준안정 오스테나이트화 된다. 이들 준안정 오스테나이트 상은 가공 시 변태 유기 마르텐사이트 상으로 변화가 진행되어 연신율 및 강도를 크게 증가시킬 수 있다. 이때 오스테나이트 상의 안정도에 크게 영향을 미치는 원소인 N의 경우, 분배계수(KN) = 0.24~0.29, $0.28 \leq$ 오스테나이트 상에 농화된 N ≤ 0.65 로 한정함이 바람직하다. 그리고 Mn의 경우, 분배계수(KMn) = 0.65~0.8, $4.44 \leq$ 오스테나이트 상에 농화된 Mn ≤ 7.27 로 한정함이 바람직하다.

[0053] 또한, 소둔 열처리 온도는 1030~1220℃에서 2~40분을 유지하여야 한다. 소둔 열처리 온도가 1030℃ 미만인 경우, 2상인 페라이트와 오스테나이트의 압연 중에 결합이 발생되고, 열처리 페라이트와 오스테나이트의 회복과 재결정이 부족하여 연신율을 저하시키는 경향이 있다. 또한, 소둔 열처리 온도가 1220℃를 초과하는 경우, 페라이트와 오스테나이트의 결정립이 너무 조대하여 800Mpa 이상의 인장강도를 얻기가 어려워진다.

[0054] 그리고, 소둔 열처리 시간의 경우, 단시간, 즉 2분 이하의 경우 열처리 시 합금원소의 분배가 발생하는 확산이 충분하지 않게 된다. 이에 의해 오스테나이트상에 합금원소의 농화가 충분히 발생하지 않으므로, 냉간 가공 시의 변태 유기 마르텐사이트 형성 속도를 조절하기가 어렵다. 또한, 열처리 시간이 40분을 초과하는 경우, 페라이트와 오스테나이트의 2상 구조에 의한 열처리 시 판의 처짐이 발생하여 생산성 저하 및 열원단위의 손실을 초래한다. 따라서, 최적의 소둔 열처리 조건은 1030~1220℃로 2~40분 동안 유지하며 열처리하는 것이 바람직하다.

[0055] 이하, 본 발명의 고강도 고연성 오스테나이트·페라이트의 린 듀플렉스 스테인리스강 및 그 제조방법에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명에 따른 성분의 조성범위에 대한 린 듀플렉스 스테인리스강들의 시편을 준비하여 열간 압연, 열연 소둔, 냉간 압연 후 냉연 소둔을 진행하여 소재의 상분율, 연신율 및 인장강도를 측정하였다. 하기의 [표 1]은 실험강종에 대한 합금 조성(중량%)을 나타내었다.

표 1

강종	Cr	Mn	Ni	Si	C	N	Mo	Cu
비교강1	18.14	1.37	8.06	0.45	0.065	0.042	0.1	0.2
비교강2	21.84	1.76	2.51	0.54	0.025	0.19	0.58	0.47
비교강3	20.30	5.05	0.198	0.217	0.021	0.102	-	-
발명강1	20.19	5.15	0.203	0.185	0.018	0.188	-	-
발명강2	20.08	5.06	0.230	0.190	0.020	0.283	-	-
발명강3	20.25	4.81	0.232	0.209	0.018	0.360	-	-

[0057] 그리고, [표 2]에는 상기 [표 1]의 일부 실험강종의 열처리 온도에 따른 페라이트와 오스테나이트의 상분율을 나타내었다.

표 2

강종	열처리 온도 (℃)	페라이트 분율(%)	오스테나이트 분율 (%)
비교강3	950	71	29
	1050	78	22
	1100	83	17
	1200	86	14
발명강1	950	48	52
	1050	52	48
	1100	56	44
	1200	61	39
발명강2	950	40	60
	1050	41	59
	1100	43	57
	1200	46	54
발명강3	950	22	78
	1050	23	77
	1100	25	75
	1200	27	73

[0059] 듀플렉스 스테인리스강의 경우 합금 성분 및 열처리 온도에 따라 상분율이 변화한다. 이에 따라 [표 2]에는 합금 성분이 다른 비교강3, 발명강1, 발명강2 및 발명강3을 각각 950℃, 1050℃, 1100℃ 및 1200℃로 열처리하였을 경우의 페라이트와 오스테나이트 상분율을 나타낸 것이다. 발명강1, 발명강2 및 발명강3의 경우 페라이트의 상분율은 약 20~65%, 오스테나이트 상분율은 80~35%의 범위 내에 포함됨을 알 수 있다. 그리고, 비교강3은 발명강들과는 다르게 페라이트 상분율이 71~86%, 오스테나이트 상분율은 29~14%의 범위를 나타냄을 알 수 있다.

[0060] 도 1은 본 발명에서 얻어진 대표적인 공칭변형-공칭응력 비교 곡선이다.

[0061] 도 1을 참조하면, 1100℃에서 각 소재에 열처리를 행한 후에 인장실험을 한 결과로, 비교강3의 경우, 인장 강도가 약 680MPa이고, 연신율 48%이다.

[0062] 그러나, 본 발명에서 얻어진 린 듀플렉스 스테인리스강의 경우, 특히 발명강 1은 본 열처리 조건에서 최소의 인장강도인 857MPa 및 연신율 50.3%의 특징을 나타내었다. 그리고, 발명강2 및 발명강3 모두 연신율이 50% 이상, 인장강도 800MPa 이상으로 나타나며, 304강 대비 우수한 물성을 보여줌을 알 수 있다.

표 3

[0063]

강종	열처리 온도 (℃)	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
비교강1	1040	282	653	58
비교강2	1050	601	765	31.2
비교강3	950	413	766	33
	1000	416	776	36
	1050	420	712	39
	1100	427	682	48
	1150	402	642	45
	1200	453	705	50
발명강1	950	500	973	39
	1000	505	968	40
	1050	465	900	51
	1100	470	857	50.3
	1150	470	811	43
	1200	486	808	53
발명강2	950	538	1103	49
	1000	541	1084	44
	1050	510	1060	50
	1100	486	1007	51
	1150	500	993	53
	1200	505	917	47
발명강3	950	563	1128	57
	1050	506	1067	52
	1100	516	1038	61

[0064] [표 3]에는 본 발명에 사용된 비교강 및 발명강을 다양한 열처리 온도에서 5분 동안 열처리한 후의 항복강도, 인장강도, 및 연신율을 나타내었다. 비교강1, 즉 304강의 경우 연신율은 58%로 매우 우수하지만, 인장강도가 653MPa로 비교강2 및 3에 비하여 낮다. 비교강2, 3의 경우 인장강도는 약 600~700MPa이나, 연신율이 비교강 1(304강) 대비 낮은 50 이하로 나타난다.

[0065] 본 발명강1, 2 및 3의 경우 열처리 온도, 페라이트·오스테나이트 상분율에 따라 변화하지만, 열처리 온도가 1050℃ 이상의 경우 대부분의 발명강에서 800MPa 이상의 인장강도와, 50% 이상의 연신율을 확보할 수 있다. 특히, 발명강 3의 경우는 열처리 온도가 950℃인 경우에도 우수한 연신율인 약 57%를 나타냄을 알 수 있다.

표 4

[0066]

강종	소둔시간 (min)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
----	------------	------------	---------

비교강3	5	680	50
	10	662	49
	15	662	48
	30	671	49
발명강1	5	857	50.3
	10	837	51
	15	839	51
	30	838	51
발명강2	5	1013	51
	10	1043	54
	15	1040	53
	30	1013	55

[0067] 표 4는 본 발명에 사용된 강을 1100℃에서 열처리 시간에 따른 인장강도 및 연신율을 나타낸 것이다. 비교강3의 경우 열처리 시간이 5분, 10분, 15분 및 30분 각각에서 인장강도가 700MPa 이하이며, 연신율 역시, 50% 이하를 나타낸다. 비교강1을 5분 소둔한 경우에 연신율이 50%로 나타났지만, 인장강도가 680MPa이다.

[0068] 그러나, 발명강1, 2는 모두 열처리 시간이 5분, 10분, 15분 및 30분 각각에서 800MPa 이상의 인장강도와 50% 이상의 연신율을 동시에 나타낸다. 일례로, 발명강1을 10분 동안 소둔한 경우, 인장강도는 837MPa로 나타나며, 연신율은 51%로 나타남을 알 수 있다.

표 5

[0069]

강종	열처리 온도(℃)	N농도 페라이트(wt%)	N농도 오스테나이트(wt%)	분배계수
발명강2	950	0.1	0.414	0.24
	1050	0.096	0.39	0.25
	1100	0.125	0.43	0.29

[0070] [표 5]는 본 발명에 사용된 발명강2의 N의 분배계수를 온도에 따라 측정한 값이다. 열처리 온도에 따라 N의 분배계수가 0.24, 0.25 및 0.29로 변화함을 알 수 있다. 즉, 본 발명의 N 분배계수 범위인 0.24~0.29를 만족한다.

표 6

[0071]

강종	열처리 온도(℃)	Mn농도 페라이트(wt%)	Mn농도 오스테나이트(wt%)	분배계수
발명강1	950	4.1	6.2	0.66
	1050	4.55	5.75	0.79
	1100	4.21	6.06	0.7
발명강2	950	4.13	5.99	0.69
	1050	4.24	5.88	0.72
	1100	4.34	5.78	0.75
발명강3	950	3.96	5.66	0.7
	1050	3.82	5.8	0.66
	1100	4.12	5.6	0.75

[0072] 그리고 [표 6]은 본 발명에 사용된 발명강1, 발명강2 및 발명강3의 Mn 분배계수를 온도에 따라 측정한 값이다. 이때, Mn은 오스테나이트 상에 농화가 됨을 알 수 있으며, 측정된 Mn의 분배계수, 즉 KMn값은 0.66~0.79의 범위로 나타나므로, 본 발명의 Mn 분배계수 범위인 0.65~0.80을 만족한다.

[0073] 이와 같이, 본 발명에 따르면, 상분율 및 소둔 열처리 등의 공정 조건을 제어하여 50% 이상의 연신율을 확보할 수 있으며, 800MPa 이상의 고강도를 확보할 수 있다.

[0074] 본 발명의 기술 사상은 상기 바람직한 실시예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명의 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술 사상의 범위 내에서 다양한 변형예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

[0075] 전술한 발명에 대한 권리범위는 이하의 특허청구범위에서 정해지는 것으로서, 명세서 본문의 기재에 구속되지

않으며, 청구범위의 균등 범위에 속하는 변형과 변경은 모두 본 발명의 범위에 속할 것이다.

도면

도면1

