(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월28일
(11) 등록번호 10-1379079
(24) 등록일자 2014년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/34* (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01) *C22C 38/58* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0126839
(22) 출원일자 2011년11월30일
심사청구일자 2011년11월30일
(65) 공개번호 10-2013-0060658
(43) 공개일자 2013년06월10일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100099691 A*
KR1020100101661 A
KR1020020083493 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)
박경태
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, 주 포스코 (괴동동)
(74) 대리인
문용호, 이용우, 강신섭

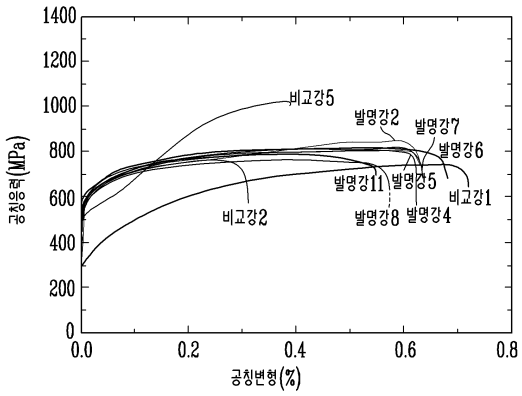
전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 정상익

(54) 발명의 명칭 **린 듀플렉스 스테인리스강**

(57) 요 약

본 발명은 연신율 및 내식성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강에 관한 것이다. 본 발명에 따른 린 듀플렉스 스테인리스강은 중량 %로, C: 0.08% 이하, Si: 0.2~3.0% 이하, Mn: 2~4%, Cr: 19 ~23%, Ni: 0.3%~2.5%, N: 0.2~0.3%, Cu: 0.5~2.5%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다. 이에 의해 304강 동등 수준 이상의 내식성 및 50% 이상의 우수한 연신율 확보에 의하여 성형용으로 사용되는 304강의 대체 용도로 충분히 사용 가능하다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

중량 %로, C: 0.08% 이하(0초과), Si: 0.2~3.0%, Mn: 2~4%, Cr: 19 ~23%, Ni: 0.3%~2.5%, N: 0.2~0.3%, Cu: 0.5~2.5%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며, 부피분율로 45~75%의 오스테나이트와, 55~25%의 페라이트로 이루어지는 린 듀플렉스 스테인리스강.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스테인리스강은 중량 %로, W : 0.1 ~ 1.0%를 더 포함하는 린 듀플렉스 스테인리스강.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 스테인리스강은 소성 유기 마르텐사이트의 함량이 5% 이하인 린 듀플렉스 스테인리스강.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 스테인리스강은 50% 이상의 연신율을 가지는 린 듀플렉스 스테인리스강.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 린 듀플렉스 스테인리스강에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 연신율 및 내식성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 가공성과 내식성이 양호한 오스테나이트계 스테인리스강은 철(Fe)을 소지금속으로 하여 Cr, Ni을 주원료로 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.

[0005] 상기 듀플렉스 스테인리스강의 경우, 다양한 부식 환경에서 우수한 내부식성을 제공하며, AISI의 304, 316등의 오스테나이트계 스테인리스상보다 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) 스테

인리스강에 대한 관심이 증대되고 있는 추세이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

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

[0008] 또한, 본 발명은 오스테나이트와 페라이트의 상분율을 제어함에 의해 연신율이 50% 이상의 고연성을 확보함과 동시에 304강 수준의 내식성을 확보함으로써, 가공성을 현저하게 향상시키고, 고가 합금원소를 크게 절약할 수 있는 린 듀플렉스 스테인리스강을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명에 따른 린 듀프렉스 스테인리스강은 중량 %로, C: 0.08% 이하, Si: 0.2~3.0% 이하, Mn: 2~4%, Cr: 19~23%, Ni: 0.3%~2.5%, N: 0.2~0.3%, Cu: 0.5~2.5%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다.

[0010] 또한, 상기 스테인리스강은 중량 %로, W : 0.1 ~ 1.0%를 더 포함할 수 있다.

[0011] 그리고, 상기 스테인리스강은 부피분율로 45~75%의 오스테나이트와, 55~25%의 페라이트로 이루어질 수 있다.

[0012] 더욱이, 상기 스테인리스강은 소성 유기 마르텐사이트의 함량이 5% 이하일 수 있다.

[0013] 게다가, 상기 스테인리스강은 50% 이상의 연신율을 가질 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명에 의하면 고가 원소인 Ni, Si, Cu 및 Mo 합금성분의 함량을 조절함으로써, 자원 절약 및 원료 비용을 현저하게 향상시킬 수 있다. 특히, 304강 동등 수준 이상의 내식성 및 50% 이상의 우수한 연신율 확보에 의하여 성형용으로 사용되는 304강의 대체 용도로 충분히 사용 가능하다.

[0015] 그리고, 상분율 및 합금성분 조성범위를 제어하여 50% 이상의 연신율을 확보함으로써, 가공성을 향상시켜 성형 및 절곡 용도로 사용할 수 있다. 또한, 소재를 박물로 제조함에 의해 무게 비중을 감소시켜 경량화된 소재로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 1100℃에서 열처리한 본 발명에 따른 소재의 공칭변형과 공칭응력을 나타내는 그래프.

도 2는 본 발명강과 비교강의 임계 공식 전위를 비교한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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 대비 동등 이상의 내식성을 유지할 수 있다. 그리고, 오스테나이트계 스테인리스강 이상의 연신율을 확보하며, 304강 동등 수준 이상의 연신율 확보할 수 있다. 본 발명의 연신율 및 내식성이 우수하여, 304강의 대체 용도로 사용되는 린 듀플렉스 스테인리스강은, 예를 들면, 부식환경 또는 성형용 일반 제품에 사용될 수 있다. 그리고, 스트립(strip), 바(bar), 플레이트(plate), 시트(sheet), 파이프(pipe), 또는 튜브(tube)와 같은 제품으로 제조되어 이용할 수 있다.

[0020] 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, 화

학설비 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.

[0021] 또한, 한국공개특허 2006-0074400호 공보에 개시되었고, ASTM A240으로 규격화된 S81921강의 경우 Ni 및 Mo의 함량이 각각 중량%로 2.5%, 2.4%로 고가의 합금원소를 포함하고 있다.

[0022] 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 304강, 304L강 및 316강 대비 동등 이상 수준의 내식성을 확보하고, 특히 가공성 즉 연성을 304강과 동등 수준으로 확보하는 산업설비 및 다양한 성형 가공용 듀플렉스 스테인리스 강의 개발이 필요하다.

[0023] 또한, 성형성 즉 연신율이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강의 경우, 고가인 Ni를 4% 이상 함유하고 있어서 제조시 재료 비용이 매우 높고, 또 귀중한 자원인 Ni 등을 대량으로 소비한다는 문제점이 있다.

[0024] 또한, 다량의 Mn은 린 듀플렉스 스테인레스강의 내식성 확보를 위한 강의 질소 고용도를 크게 증가시키나, 내식성에 해로운 MnS 등의 개재물을 쉽게 형성하여 내식성을 저해한다는 문제점이 있다. 그리고, 전기로 조업 시 Mn 분진 등의 발생으로 환경 문제를 발생시킨다. 따라서, Ni, Mn 등을 저감하면서 오스테나이트계와 동등 수준의 연신율 및 내식성을 확보하는 방법으로 페라이트 상과 오스테나이트 상이 공존하는 2상 조직강을 개발하게 되었다.

[0025] 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 N을 0.01~0.15% 함유하고, 인장시험 시 발생하는 소성 유기 마르텐사이트를 이용하였다. 그리고, 한국공개특허 제2006-0127107호는 N을 0.05~0.6% 함유하고 있으며, 냉간 가공 시 2상강에 존재하는 오스테나이트의 안정도를 조절하여 가공 시 발생하는 상변화를 활용한 방법이다.

[0026] 이하, 본 발명의 오스테나이트상 및 페라이트상으로 이루어진 린 듀플렉스 스테인리스강에 대하여 상세하게 설명한다.

[0027] 본 발명에 의하면 오스테나이트·페라이트로 이루어진 듀플렉스 스테인리스강의 제반 성질이 우수하면서도, 50% 이상의 고연신율과, 304강 수준의 내식성을 동시에 확보할 수 있다. 즉, 본 발명은 저탄소의 크롬계 스테인리스강으로, 고질소를 함유하고, 더불어 Mn의 함량을 최적화시키면서 고가인 Ni, Si, Mo, Cu 등의 합금원소를 최적의 수준으로 조절하였다. 이에 의해 오스테나이트와 페라이트의 상분율을 조절하여 냉간 가공 시 소성 유기 마르텐사이트의 형성량을 5% 이하로 최대한 억제하도록 적정한 합금원소의 분배를 조정함에 의하여 연신율 및 내식성이 우수한 오스테나이트 페라이트의 듀플렉스 스테인리스강을 제조한다.

[0028] 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. 또한, 연신율과 동시에 내식성을 확보하여 성형용으로 사용되는 304강의 대체가 가능하다.

[0029] 이하에서는, 본 발명의 성분 한정 이유에 대하여 설명한다.(이하, 중량%는 간단히 %로 표기함)

[0030] 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% 이하의 범위로 첨가하는 것이 바람직하다.

[0031] Si는 탈산효과를 위하여 일부 첨가되며, 페라이트 형성 원소로 소둔 열처리 시 페라이트에 농화되는 원소이다. 따라서, 적정한 페라이트 상분율 확보를 위하여 0.2% 이상 첨가하여 한다. 그러나, 3.0% 이상의 과다한 첨가는 페라이트상의 경도를 급격히 증가시켜서 2상강의 연신율 저하에 영향을 미치며, 충분한 연신율 확보를 위한 오스테나이트상 확보를 어렵게 한다. 또한, 과다할 경우 제강 시 슬래그 유동성을 저하시키고, 산소와 결합하여

개재물을 형성하여 내식성에 저하시킨다. 따라서, Si 함량은 0.2~3.0%로 제한함이 바람직하다.

[0032] 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 첨가된 Mn의 함량에 따라 N의 고용도가 변화한다. 본 발명의 Mn 범위에서 N 함량이 0.3% 이상을 초과하면, 의 질소 고용도 초과에 의한 주조 시 블로우홀(blow hole), 핀홀(pin hole) 등의 발생에 의한 표면 결함 유발로 강의 안정된 제조가 어렵게 된다. 한편, 304강 수준의 내식성 확보를 위하여 N를 0.2% 이상을 첨가시키며, N 함량이 너무낮으면 적정한 상분율 확보가 곤란해진다. 따라서, N 함량은 0.20 ~ 0.30%로 제한하는 것이 바람직하다.

[0033] Mn은 탈산제 및 질소 고용도를 증가시키는 원소이며, 오스테나이트 형성 원소로, 고가의 Ni 대치용으로 사용되는 경우, 그 함량을 4%를 초과하여 첨가하는 경우 304 수준의 내식성 확보가 어려워진다. 이는 Mn이 많이 첨가되는 경우, 질소의 고용도에는 효과가 있으나 강 중의 S와 결합하여 MnS를 형성하고 내식성을 나쁘게 한다. 또한, Mn의 함량이 2% 미만인 경우, 오스테나이트 형성 원소인 Ni, Cu, N등을 조절하여도 적정한 오스테나이트 상분율의 확보가 어렵고, 첨가되는 N의 고용도가 낮아서 상압에서 질소의 충분한 고용을 얻을 수 없다. Mn의 함량을 2% ~ 4%로 제한 하는 것이 바람직하다.

[0034] 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.

[0035] Ni은 Mn, Cu 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. 그러나, 냉간 가공 시 발생하는 소성 유기 마르텐사이트 형성을 억제하기 위하여 충분한 오스테나이트의 안정도 확보를 위하여 0.3% 이상 첨가하여야 한다. Ni를 많이 첨가하면 오스테나이트 분율이 증가하여 적절한 오스테나이트 분율 확보가 어렵고, 특히 고가인 Ni로 인한 제품의 제조 비용 증가로 304 대비 경쟁력 확보가 어렵다. 따라서, Ni의 함량을 0.3%~2.5%로 제한함이 바람직하다.

[0036] W은 오스테나이트 형성 원소로 내식성을 향상 시키는 원소로 Mo을 대체하여 첨가하나, 열처리 시 700~1000℃에서 금속간 화합물의 형성을 조장하여 내식성 및 기계적 성질의 열화를 초래하는 원소이다. 그 함량이 1%를 초과하는 되는 경우, 금속간 화합물의 형성으로 인하여 내식성 및 특히 연신율의 급격한 저하를 초래한다. 또한, 내식성의 개선 효과를 나타내기 위하여서는 0.1% 이상 첨가되어야 한다. 따라서, W의 함량을 0.1%~1.0%로 제한함이 바람직하다.

[0037] 이때, 본 발명에 따른 오스테나이트·페라이트의 듀플렉스 스테인리스강은, 부피분율로 75~45% 오스테나이트 상과, 25~55% 페라이트 상으로 구성을 만족시키는 것이 바람직하다.

[0038] 이는 오스테나이트 상분율이 45% 미만에서는 소둔 중 오스테나이트 상에 오스테나이트 형성 원소의 과도한 농화 현상이 발생한다. 이에 의해, 오스테나이트가 충분히 안정되어 변형 중에 생기는 변형 유기 마르텐사이트 변태량의 억제가 가능하며, 합금원소의 지나친 고용으로 인한 오스테나이트 강도 지나친 상승으로 소재의 인장강도 역시 충분한 확보가 가능하다. 하지만, 연성이 저하하는 현상이 발생하여 원하는 연신율 및 강도를 충분히 얻을 수가 없다. 따라서, 고연성의 관점에서 보면 오스테나이트 분율이 45% 이상이 바람직하다.

[0039] 그러나, 오스테나이트 분율이 75% 이상인 경우는 열간 압연 시 표면 균열 등이 발생하여 열간 가공성의 저하를 초래하고, 2상 조직강으로서의 특성을 상실한다. 따라서, 오스테나이트 분율은 75% 이하가 바람직하다.

[0040] 또한, 본 발명의 경우, 냉간 가공 또는 인장 변형 시 형성되는 소성 유기 마르텐사이트 양이 5% 이하임에 그 특징이 있다. 소성유기 마르텐사이트는 불안정한 오스테나이트가 변형될 때 형성되는 경한 상으로, 가공 경화를 유발하여 강의 연신율 증가에 기여한다. 오스테나이트 및 페라이트로 이루어진 듀플렉스 스테인리스강인 본 발명강의 경우, 오스테나이트 상의 안정도를 합금원소의 적절한 분배를 이용하여 조절할 수 있다. 이에 의하여, 인장 변형 시 국부 넥킹 전후에 소성유기 마르텐사이트가 형성되도록 하였다.

[0041] 도 1에서와 같이, 소성 유기 마르텐사이트가 급격히 형성되는 경우, 급격한 가공경화에 의한 소재의 경화로 연신율의 급격한 감소를 초래한다. 따라서, 본 합금계의 오스테나이트와 페라이트로 이루어진 듀플렉스 스테인리스강의 경우, 소성 유기 마르텐사이트가 5% 이하가 되면, 304강에 필적할 만한 연신율인 50% 이상의 확보가 가

능하다. 이에 따라, 냉간 가공 시 형성되는 소성 유기 마르텐사이트 양이 5% 이하가 됨이 바람직하다.

[0042] 이하, 본 발명의 연신율 및 내식성이 우수한 오스테나이트·페라이트의 린 듀플렉스 스테인리스강에 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 상분율을 조절하여, 연신율 및 내식성을 측정하였다. 하기의 [표 1]은 실험강종에 대한 합금 조성(중량%)을 나타내었다.

표 1

[0043]

강종	C	Cr	Mn	Ni	Si	Cu	N	Mo	W
비교강1	0.065	18.14	1.37	8.06	0.45	0.2	0.042	0.1	-
비교강2	0.025	21.84	1.76	2.51	0.54	0.47	0.19	0.58	-
비교강3	0.03	21	5.05	1.5	0.217	-	0.22	0.3	-
비교강4	0.021	20.30	5.05	0.198	0.217	-	0.102	-	-
비교강5	0.048	19.97	3.02	-	0.201	1.0	0.284	-	-
발명강1	0.054	19.93	3.03	0.35	2.0	-	0.202	-	-
발명강2	0.50	20.12	3.03	2.05	2.0	0.8	0.234	-	-
발명강3	0.019	19.98	3.05	-	0.194	1.04	0.261	-	-
발명강4	0.052	20.03	3.10	0.5	1.95	2.0	0.251	-	-
발명강5	0.051	20.05	3.02	1.02	1.95	2.03	0.252	-	-
발명강6	0.05	20.0	3.0	1.51	1.95	2.02	0.253	-	-
발명강7	0.049	19.95	3.0	1.95	1.97	2.02	0.251	-	-
발명강8	0.051	19.87	2.91	0.5	0.865	1.0	0.24	-	-
발명강9	0.05	19.95	2.97	1.01	2.6	1.0	0.235	-	-
발명강10	0.051	19.93	2.96	1.04	1.53	1.0	0.232	-	0.9
발명강11	0.047	21.33	3.04	1.02	1.53	1.0	0.23	-	0.48

[0044] 그리고, [표 2]에는 상기 [표 1]의 일부 실험강종의 열처리 온도에 따른 페라이트와 오스테나이트의 상분율을 나타내었다.

표 2

[0045]

강종	열처리 온도(℃)	페라이트 분율(%)	오스테나이트 분율(%)
비교강4	950	71	30
	1050	78	22
	1100	83	17
비교강5	950	45	55
	1000	32	68
	1100	35	65
발명강1	1000	35	65
	1100	36	64
발명강2	1000	33	67
	1100	37	63
발명강3	1000	42	58
	1100	40	60
발명강4	1000	53	47
	1100	38	62
발명강5	1000	34	66
	1100	28	72
발명강6	1000	38	62
	1100	33	67
발명강7	1000	43	57
	1100	42	58
발명강8	1000	47	53
	1100	45	55
발명강9	1000	51	49

	1100	47	53
발명강10	1000	47	53
	1100	42	58
발명강11	1000	49	51
	1100	48	52

[0046] 듀플렉스 스테인리스강의 경우 합금 성분 및 열처리 온도에 따라 상분율이 변화한다. 이에 따라 [표 2]에는 합금 성분이 다른 비교강4, 비교강5 및 발명강1 ~ 발명강11을 각각 950℃, 1050℃, 1100℃ 및 1200℃로 열처리하였을 경우의 페라이트와 오스테나이트 상분율을 나타낸 것이다. 발명강1 ~ 발명강11의 경우 페라이트의 상분율은 약 25~55%, 오스테나이트 상분율은 75~45%의 범위 내에 포함됨을 알 수 있다. 그리고, 비교강4는 1050℃ 및 1100℃에서 열처리 시, 페라이트의 상분율이 각각 78%, 83%로 나타났으며, 이때, 오스테나이트 상분율도 각각 22%, 17%로 나타난다. 즉, 비교강4는 본 발명의 페라이트 및 오스테나이트 상분율의 범위 내에 포함되지 않음을 알 수 있다.

[0047] 도 1은 본 발명에서 얻어진 대표적인 공칭변형-공칭응력 비교 곡선이다.

[0048] 도 1을 참조하면, 1100℃에서 각 소재에 열처리를 행한 후에 인장실험을 한 결과이다. 비교강1인 오스테나이트계 304강의 경우, 연신율이 70% 정도로 매우 우수함을 알 수 있다. 특히, 본 발명강과 유사 성분계인 듀플렉스 스테인리스강인 비교강2의 경우 연신율이 30% 정도로 매우 열위하다. 그러나, 듀플렉스 스테인리스강의 오스테나이트의 안정도를 제어하지 않은 비교강5의 경우, 소성 유기 마르텐사이트의 급격한 형성(표 3 참조)에 따른 급격한 가공경화에 의하여 연신율의 저하가 발생한다.

[0049] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명강의 경우, 응력-변형의 곡선에서 가공 경화율이 거의 없음을 알 수 있다. 이는 냉간 가공 시 오스테나이트가 소성 유기 마르텐사이트로 변태되는 것을 제어한 것으로, 연신율이 대부분 50% 이상이다. 이는 본 발명강에서 대체하고자 하는 304강의 연신율에 필적할 만한 값으로, 동일한 등급의 듀플렉스 스테인리스강과 비교해서 연신율이 매우 우수함을 보여준다.

표 3

[0050]

강종	열처리 온도 (℃)	오스테나이트 분율(%)	연신율 (%)	최대 소성 유기 마르텐사이트(%)
비교강4	950	30	33	4
	1050	22	36	5
	1000	17	48	7
비교강5	1000	68	32	35
	1100	65	35	28
발명강1	1000	65	50.5	0
	1100	64	56	0
발명강2	1000	67	61	5
	1100	63	61	4
발명강3	1000	58	54.5	0
	1100	60	59.7	0
발명강4	1000	47	67	0
	1100	62	63	0
발명강5	1000	66	56	0
	1100	72	61	0
발명강6	1000	62	56	0
	1100	67	67	0
발명강7	1000	57	61	0
	1100	58	61	0
발명강8	1000	53	57	3
	1100	55	55	2
발명강9	1000	49	51	5
	1100	53	50.5	2
발명강10	1000	53	53	3
	1100	58	52	2
발명강11	1000	51	52.5	0

1100	52	54	2

[0051] [표 3]에는 본 발명에 사용된 비교강 및 발명강을 다양한 열처리 온도에서 5분 동안 열처리한 후의 연신율과, 인장 시 형성된 소성 유기 마르텐사이트 양을 나타내었다. 표 3에 나타난 것과 같이, 연신율이 매우 우수한 경우는 대부분의 소성 유기 마르텐사이트가 5% 이하이다. 비교강4의 경우는 오스테나이트 상분율이 부족하고, 비교강5의 경우는 도 1에 도시한 것과 같이, 소성 유기 마르텐사이트 형성에 의한 급격한 가공경화에 의한 연신율 저하로 약 40%의 값을 나타냄을 알 수 있다.

[0052] 도 2는 내식성의 발명강과 비교강의 내식 특성을 3.5% NaCl 용액에서 측정한 임계 공식 전류 값으로, 비교강1인 304강의 임계 부식 전류 값과 동등 이상 수준의 내식성을 나타내고 있다.

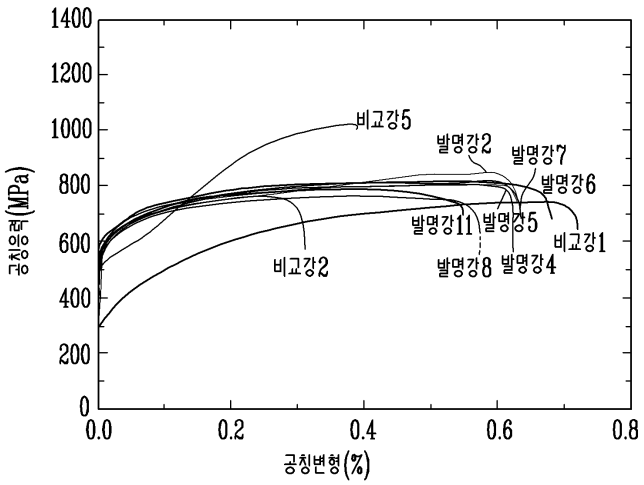
[0053] 이와 같이, 본 발명에 따르면, 합금성분 조성 및 상분율을 제어하여 50% 이상의 연신율을 확보할 수 있다.

[0054] 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.

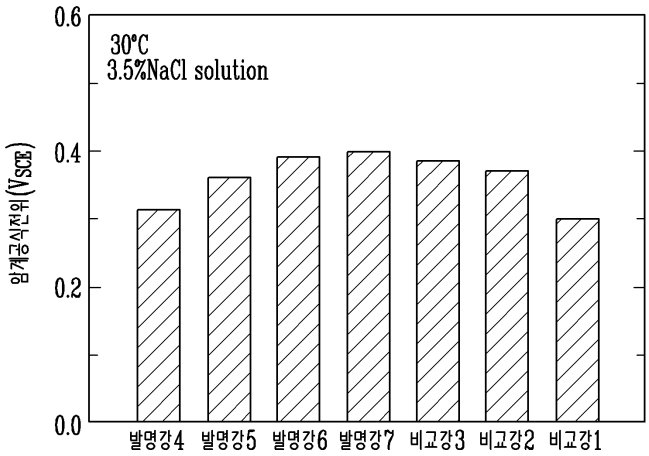
[0055] 전술한 발명에 대한 권리범위는 이하의 특허청구범위에서 정해지는 것으로써, 명세서 본문의 기재에 구속되지 않으며, 청구범위의 균등 범위에 속하는 변형과 변경은 모두 본 발명의 범위에 속할 것이다.

도면

도면1



도면2


30℃
3.5%NaCl solution
임계공식전위(VSCE)
0.6
0.4
0.2
0.0
발명강4
발명강5
발명강6
발명강7
비교강3
비교강2
비교강1