



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년03월28일  
 (11) 등록번호 10-1379139  
 (24) 등록일자 2014년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/38 (2006.01)  
 C22C 38/58 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-0121518  
 (22) 출원일자 2011년11월21일  
 심사청구일자 2011년11월21일  
 (65) 공개번호 10-2013-0055865  
 (43) 공개일자 2013년05월29일  
 (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  
 김진호  
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, 주 포스코 (괴동동)  
 최점용  
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, 주 포스코 (괴동동)  
 (74) 대리인  
 문용호, 이용우, 강신섭

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 정상익

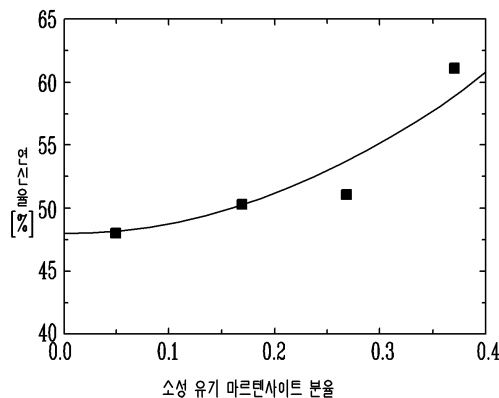
(54) 발명의 명칭 **고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 고강도, 고연성 2상 스테인리스 강으로서, 중량%로 C: 0초과 0.08% 이하, Si: 0초과 0.5% 이하, Mn: 4~6%, Cr: 19 ~ 23%, Ni: 0초과 0.5%이하, N: 0.18 ~ 0.40%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 함유하되, 상조직의 경우 부피분율로 20 ~ 65%의 페라이트와 80 ~ 35%의 오스테나이트로 구성된 2상 조직을 포함하며, 하기의 식으로 계산되는 연신율(total elongation)과 형성된 소성 유기 마르텐사이트의 양이 아래의 값의 관계를 만족하는 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강을 제공한다.

$$\text{연신율} = 48 + 80 \times [\text{소성유기 마르텐사이트 분율}]^2 \geq 50$$

**대표도 - 도2**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

중량%로 C: 0초과 0.08% 이하, Si: 0초과 0.5% 이하, Mn: 4~6%, Cr: 19 ~ 23%, Ni: 0초과 0.5%이하, N: 0.30 ~ 0.40%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 함유하되,

상조직의 경우 부피분율로 20 ~ 65%의 페라이트와 80 ~ 35%의 오스테나이트로 구성된 2상 조직을 포함하며,

하기의 식으로 계산되는 연신율(total elongation)과 형성된 소성 유기 마르텐사이트의 양이 아래의 값의 관계를 만족하고,

$$\text{연신율} = 48 + 80 \times [\text{소성유기 마르텐사이트 분율}]^2 \geq 50$$

상기의 소성 유기 마르텐사이트 형성의 최고속도는 하기의 범위를 만족하는 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강.

$$\text{최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도} = -0.174 + 5.06 \times [\text{N wt\%}] \geq 0.7$$

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 소성 유기 마르텐사이트 분율은 0.16 이상인 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 소성 유기 마르텐사이트 분율은 0.4 이하인 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강.

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도는 0.74이상인 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 린 듀플렉스 스테인리스강은 50% 이상의 연신율을 갖는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 린 듀플렉스 스테인리스강은 800MPa 이상의 인장강도를 갖는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법에 있어서,

중량%로 C: 0초과 0.08% 이하, Si: 0초과 0.5% 이하, Mn: 4~6%, Cr: 19 ~ 23%, Ni: 0초과 0.5%이하, N: 0.30 ~ 0.40%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 함유하되,

상조직의 경우 부피분율로 20 ~ 65%의 페라이트와 80 ~ 35%의 오스테나이트로 구성된 2상 조직을 포함하며,

하기의 식으로 계산되는 연신율(total elongation)과 형성된 소성 유기 마르텐사이트의 양이 아래의 값의 관계를 만족하도록 하고

상기 스테인리스강의 열처리 온도를 950℃~1100℃로 제어하여 연신율을 50% 이상으로 제어하며,

$$\text{연신율} = 48 + 80 \times [\text{소성유기 마르텐사이트 분율}]^2 \geq 50$$

상기의 소성 유기 마르텐사이트 형성의 최고속도는 하기의 범위를 만족하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법.

$$\text{최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도} = -0.174 + 5.06 \times [\text{N wt\%}] \geq 0.74$$

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 소성 유기 마르텐사이트 분율을 0.16~0.4의 범위로 제어하는 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법.

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

제9항에 있어서,

상기 린 듀플렉스 스테인리스강은 800MPa 이상의 인장강도를 갖는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 오스테나이트 상과 페라이트 상의 2개의 상을 갖는 듀플렉스 스테인리스강에 관한 것으로 더욱 상세하게는 고강도와 연성이 우수하며 Ni, Mo, Si, Cu 등의 고가의 합금원소의 함량을 낮춘 저합금 듀플렉스 스테인리스강 및 그 제조방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 일반적으로 가공성과 내식성이 양호하다고 알려진 오스테나이트계 스테인리스강은 철(Fe)을 소지금속으로 하여 Cr, Ni을 주원료로 함유하고 있으며, Mo 및 Cu 등의 기타 원소들을 첨가시켜 각종 용도에 맞는 다양한 강종으로 개발되고 있다. 오스테나이트계 스테인리스 강종은 내식성 및 내공식성이 우수한 강종으로서, 저탄소이면서 중량%로 8% 이상의 Ni 성분을 함유하고 있어 Ni 가격 상승에 따른 원가의 변동폭이 커 가격이 불안정하여 경쟁력이 떨어진다는 문제점이 있다. 따라서, 이를 보완하기 위해서 Ni 함량을 낮추면서 오스테나이트계 스테인리스 강종과 동등 이상의 내식성을 확보할 수 있는 새로운 강종의 개발을 위하여 철강업계에서는 노력하고 있다.

[0003] 듀플렉스 스테인리스 강은 오스테나이트 상과 페라이트 상의 혼합물로 구성되는 미세조직을 가지는 스테인리스 강으로서, 오스테나이트계와 페라이트계의 특징을 모두 나타내고 있다. 현재까지 다양한 듀플렉스 스테인리스 강이 제안되어 왔다. 그리고 고내식 환경에서 사용되는 듀플렉스강으로서 가장 널리 사용되는 듀플렉스 스테인리스강 중 하나는 명목상 22%Cr, 5.5%Ni, 3% Mo, 0.16%N 성분의 알레게이 루드럼사(Allegheny Ludlum)의 A12205(UNS S 31803 또는 S32205)가 있다. 이 강 경우, 다양한 부식 환경에서 우수한 내부식성을 제공하며,

AISI의 304, 316등의 오스테나이트계 보다 우수한 내부식성을 나타낸다. 이와 같은 듀플렉스 강의 경우, Ni, Mo 등의 고가 원소에 의한 제조 비용 상승 및 귀중한 Ni, Mo등을 소비하여, 타 강종과의 가격 경쟁력 감소를 야기한다. 그러나, 최근에는 듀플렉스 스테인리스강 중에서도 Ni 및 Mo 등의 고가의 합금원소를 배제하고, 이들 원소를 대신하여 저원가의 합금원소를 첨가하여 낮은 합금 비용의 장점을 더욱 증대시킨 저합금 듀플렉스 스테인리스강에 대한 관심이 증대되고 있다. 이와 같은 저합금 듀플렉스 스테인리스강 린 듀플렉스강(lean duplex)으로 호칭되기도 한다. 이러한 린 듀플렉스 강은 종래의 오스테나이트계 스테인리스 강으로 대별되는 304, 316 강과 동등한 내식성을 확보하면서 Ni 함량이 적어 경제적이며, 고강도의 확보가 용이하여 내식성을 요하는 담수 설비, 펄프, 제지, 화학설비 등의 산업설비용 강재로 각광을 받고 있다. 이러한 린 듀플렉스 스테인리스강에 대하여는 일본 특허 출원 공개 소61-056267호 공보 및 WO 02/027056호 공보, 혹은 WO 96/18751호 공보에 개시되어 있다. 그 중, 일본 특허 출원 공개 소61-56267호 공보 및 WO 02/027056호 공보에 개시된 린 듀플렉스 스테인리스 강은, ASTM A240으로 규격화되어 있으며, 전자는 S32304 (대표성분 23Cr-4Ni-0.13N), 후자는 S32101 (대표성분 21Cr-1.5Ni-5Mn-0.22N)에 대응한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0004] 본 발명은 저합금 혹은 린 듀플렉스 스테인리스강에 대하여 모재의 내식성이 오스테나이트계 스테인리스강인 STS304, 304L 및 316 강 대비 동등 이상의 적정 내식성을 확보하도록하고, 또한 고강도와 연성을 확보할 수 있는 린 듀플렉스 스테인리스강을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0005] 또한, 본 발명은 Ni, Si, Mo, Cu 등의 첨가 성분의 함량을 조정하여 원가부담을 크게 저감시킨 하고, 고연성 및 인장강도가 800MPa 이상의 고강도를 동시에 확보함으로써, 듀플렉스강의 가공성을 크게 향상시킨, 소성 유기 마르텐사이트 형성 양 제어에 의한 고강도, 고연성 오스테나이트-페라이트 2상 듀플렉스 스테인리스강 제조 방법 제공을 그 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0006] 본 발명은 먼저 중량%로 C: 0초과 0.08% 이하, Si: 0초과 0.5% 이하, Mn: 4~6%, Cr: 19 ~ 23%, Ni: 0초과 0.5% 이하, N: 0.18 ~ 0.40%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 함유하되, 상조직의 경우 부피분율로 20 ~ 65%의 페라이트와 80 ~ 35%의 오스테나이트로 구성된 2상 조직을 포함하며, 하기의 식으로 계산되는 연신율(total elongation)과 형성된 소성 유기 마르텐사이트의 양이 아래의 값의 관계를 만족하는 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강을 제공한다.
- [0007] 연신율 = 48+80 x [소성유기 마르텐사이트 분율]<sup>2</sup> ≥ 50
- [0008] 또한, 본 발명에서 상기 소성 유기 마르텐사이트 분율은 0.16 이상이며 0.4 이하이다.
- [0009] 또한, 본 발명에서 상기의 소성 유기 마르텐사이트 형성의 최고속도는 하기의 범위를 만족한다.
- [0010] 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도 = -0.174+5.06 x [N wt%] ≥ 0.7
- [0011] 또한, 본 발명에서 바람직한 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도는 0.74 이상이다.
- [0012] 또한, 본 발명에서 상기 린 듀플렉스 스테인리스강은 50% 이상의 연신율과 800MPa 이상의 인장강도를 갖는다.
- [0013] 또한, 본 발명에서 상기 린 듀플렉스 스테인리스강은 중량%로 N : 0.3%~0.4%의 범위를 만족하는 것이 바람직하다.
- [0014] 또한, 본 발명에서 중량%로 C: 0초과 0.08% 이하, Si: 0초과 0.5% 이하, Mn: 4~6%, Cr: 19 ~ 23%, Ni: 0초과 0.5%이하, N: 0.30 ~ 0.40%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 함유하되, 상조직의 경우 부피분율로 20 ~ 65%의 페라이트와 80 ~ 35%의 오스테나이트로 구성된 2상 조직을 포함하며, 하기의 식으로 계산되는 연신율(total elongation)과 형성된 소성 유기 마르텐사이트의 양이 아래의 값의 관계를 만족하도록 하고 상기 스테인리스강의 열처리 온도를 950℃~1100℃로 제어하여 연신율을 50% 이상으로 제어하는 것을 특징으로 하는 고강도와 연성이 우수한 린 듀플렉스 스테인리스강의 제조방법을 제공한다.
- [0015] 연신율 = 48+80 x [소성유기 마르텐사이트 분율]<sup>2</sup> ≥ 50

**발명의 효과**

- [0016] 본 발명에 의하면, 합금성분의 조정에 의하여 고가 원소인 Ni, Si, Cu, Mo 등을 크게 절약하여 자원절약, 및 원료 비용을 급격히 향상시킨 저원가의 강을 확보함과 동시에, 오스테나이트 페라이트 2상 강을 가공시, 오스테나이트상에서 형성되는 소성 유기 마르텐사이트 형성 양과, 합금 성분내에 따른 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도를 제어 제어함에 의하여 50% 이상의 연신율을 확보할 수 있는 린 듀플렉스 스테인리스강을 얻을 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명에 의하면 오스테나이트 페라이트 2상강의 가공성을 크게 향상시켜 성형 및 절곡 용도로 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 800MPa 이상의 높은 수준의 고강도를 확보함으로써, 소재를 박물로 제조함에 의하여 무게 비중을 감소시켜 경량화된 소재를 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 도 1 은 본 발명에서 사용한 강의 변형량에 따른 형성된 소성 유기 마르텐사이트 분율 변화를 나타낸 그래프도.
- 도 2 는 인장 가공시 형성된 소성 유기 마르텐사이트 분율에 따른 연신율의 변화를 나타낸 그래프도.
- 도 3 은 본 발명에서 사용한 강의 변형량에 따른 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도 변화를 나타낸 그래프도.
- 도 4 는 질소 함량에 따른 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도 변화를 나타낸 그래프도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0019] 이하, 본 발명의 오스테나이트 페라이트 2상 듀플렉스 스테인리스강에 관하여 상세히 설명한다. 다만, 본 발명은 청구범위에 기재된 범위 안에서 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으므로 하기에 설명하는 실시예는 표현 여부에 불구하고 예시적인 것에 불과하다.
- [0020] 보통 상온에서 오스테나이트상과 페라이트상의 혼합 조직을 갖는 듀플렉스 스테인리스강의 대표적인 강종 중 하나인 S32205 듀플렉스 스테인리스 강은 고내식성 확보를 위해 다량의 Cr, Mo 및 N 성분을 함유하고 있으며, 상분율을 확보를 위해 중량%로 5% 이상의 Ni 성분을 함유하고 있다. 또한 한국 특허 출원 공개 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. 이들 듀플렉스 스테인리스강은 냉간 가공성 즉 성형성보다는 내식성 강화 위주로 강을 설계하여, 특정 적용 부분에서는 요구되는 내식성보다 월등한 내식성을 제공하고, 내SCC 특성 역시 설계 요구사항보다 우수하여 기술적인 해결책은 제공할 수 있으나, 가공성과 관련된 인자인 연성이 오스테나이트계 스테인리스강보다 열위하여 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 강의 개발이 필요하다.
- [0021] 또한, 성형성 즉 연신율이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강의 경우, 고가인 Ni를 4% 이상 함유하고, 특히 316계열 강 경우 Mo를 2%정도 함유하고 있어서 제조 시 재료 비용이 매우 높고, 또 귀중한 자원인 Ni, Mo등을 대량으로 소비한다는 문제점이 있다. 따라서 Ni, Mo등을 저감하면서 오스테나이트계와 동등 수준의 연신율 및 내식성을 확보하는 방법으로 페라이트 상과 오스테나이트 상이 공존하는 2상 조직 강을 개발할 필요성이 있다. 일본 특개평 11-071643호는 Ni 첨가량을 0.1%~1% 미만으로 제한하고, 2상 조직 강에 존재하는 오스테나이트의 안정도성 지수를 40~115범위로 제어함에 의하여 연신율이 우수한 오스테나이트 페라이트계 스테인리스 강관 제조 방법을 제시하였다. 그리고 오스테나이트 페라이트계 스테인리스강의 우수한 가공성을 확보하기 위하여, 대한민국 특허 공보 10-2010-0097741은 Ni를 0.5~5%, Si를 0.01~2, Cu를 0.5~5%를 필수적으로 함유하고, 대한민국 특허 공보 10-2006-0127107는 Si를 4%이하, Ni를 3% 이하를 필수적으로 함유하고 있다.
- [0022] 본 발명은 오스테나이트 상과 페라이트 상의 2개의 상을 갖는 듀플렉스 스테인리스강으로서 Ni, Mo, Si, Cu 등의 고가의 합금원소의 함량을 낮춘 린 듀플렉스(lean duplex) 스테인리스 강에 관한 것이다. 그리고 본 발명에 관한 린 듀플렉스 스테인리스강의 경우 종래 오스테나이트계 스테인리스강인 304, 316 대비 동등의 내식성을 유지하고, 이들 오스테나이트계 스테인리스강 이상의 연신율을 확보하며, 304, 316 대비 고강도를 확보할 수 있는 2상 스테인리스강 판재를 제조하는 방법을 제공한다. 본 발명의 고강도 고연성 2상 스테인리스강은 예를 들면, 부식환경 또는 성형용 일반 제품에 사용될 수 있으며, 그리고 스트립(strip), 바(bar), 플레이트(plate), 시트(sheet), 파이프(pipe), 또는 튜브(tube)와 같은 제품으로 제조되어 이용할 수 있다.



- [0023] 본 발명자들은 오스테나이트 페라이트 2상 듀플렉스 강의 제반 성질이 우수하면서 50% 이상의 고연신율과 800MPa 이상의 인장강도를 동시에 확보하기 위한 연구 및 실험을 거듭하여 본 발명을 완성시켰다. 그 결과로 본 발명은 저탄소의 Cr계 스테인리스 강으로 고질소를 함유하고, 더불어서 망간의 함량을 증가 시키면서 고가인 Ni, Si, Mo, Cu 등의 합금원소를 잔류 수준으로 배제하도록 설계하였다. 또한 본 듀플렉스 스테인리스강을 가공 시 오스테나이트상에서 형성되는 소성유기 마르텐사이트 형성 양과 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도를 제어 함에 의하여 고연성 고강도 오스테나이트 페라이트 2상 듀플렉스 강을 제조하였다. 또한, 2상 듀플렉스 강의 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 있도록 하였다.
- [0024] 먼저, 본 발명의 성분 한정 이유에 대하여 설명한다. 이하, 중량%는 간단히 %로 표기한다.
- [0025] 탄소(C)는 오스테나이트 형성 원소로 고용강화에 의한 재료 강도 증가에 유효한 원소이나, 함량이 과다 시 페라이트-오스테나이트 상 경계에서 내식성에 유효한 Cr과 같은 탄화물 형성 원소화 쉽게 결합하여 결정립계 주위의 Cr 함량을 낮추어 내부식 저항성을 감소시키기 때문에 내식성을 극대화하기 위해서는 C의 함량을 0은 초과하되 0.08% 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0026] 규소(Si)는 Si는 탈산 효과를 위하여 일부 첨가되나, 또한 페라이트 안정화 원소로도 작용하기 때문에 일부 첨가한다. 과다할 경우 내식성이나 충격인성과 관련된 기계적 특성을 저하시키므로 0은 초과하되 0.5% 이하로 제한한다.
- [0027] 질소(N)는 2상 스테인리스강에서 Ni와 함께 오스테나이트 상의 안정화에 크게 기여하는 원소로 소둔 열처리 시 오스테나이트 상에 농화가 발생하는 원소중의 하나이며, 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% 이하 되면 오스테나이트상에 질소의 농화가 너무 낮아서 오스테나이트상의 안정도가 높아진다. 또 N 함량이 너무 낮으면 적정한 상분율 확보가 곤란해지며, 질소에 의한 고용강화가 부족하여 강도 확보가 어려워진다. 따라서, N 함량은 0.18 ~ 0.40%로 제한하는 것이 바람직하다. 바람직한 N 함량은 0.30~0.4%로 한다.
- [0028] 망간(Mn)은 탈산제로서 또한 망간은 질소 고용도를 증가시키는 원소 그리고 오스테나이트 형성 원소로 고가의 Ni 대체용으로 사용할 경우 그 함량을 4%이상 증가시켜야 한다. 망간의 함량이 너무 낮으면 상분율의 제어가 어렵고, 첨가되는 질소의 고용도가 낮아서 상압에서 질소의 충분한 고용을 얻을 수 없다. 망간을 많이 첨가하면 질소의 고용도에는 효과가 있으나 강 중의 S와 결합하여 MnS를 형성하고 내식성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 열간가공성도 나빠지므로, Mn의 함량을 0은 초과하되 6% 이하로 제한한다.
- [0029] 크롬(Cr)은 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 하므로, 2상 스테인리스강의 상분율을 유지하면서 STS304 이상의 내식성을 확보하기 위해서 Cr의 함량을 19 ~ 23%로 제한한다.
- [0030] 니켈(Ni)은 Mn 및 N와 함께 오스테나이트 안정화 원소로 2상 스테인리스강의 오스테나이트상의 확보에 주된 역할을 한다. 원가절감을 위하여 가격이 비싼 Ni 함량을 최대한 감소시키는 대신에 다른 오스테나이트상 형성 원소인 Mn과 N의 함량 증가로 충분히 Ni의 저가에 의한 상분율 균형을 유지할 수 있다. 특히 Ni는 고의로 첨가하지 않는 한 제강 시 사용되는 스크랩에서 0.3% 이하로 관리할 수 있다. 따라서, Ni의 함량을 0.3% 이하로 제한한다.
- [0031] 본 발명은 상기 조성성분 이외에 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 더욱 포함할 수 있다. 그리고 본 발명에 따른 오스테나이트 페라이트 2상 듀플렉스 스테인리스강은, 그 상조직에 있어서 부피분율로 20~65% 페라이트와 80~35% 오스테나이트로 구성을 만족시키는 것이 바람직하다. 이는 오스테나이트 분율이 35% 미만에서는 오스테나이트 상의 변형 중에 생기는 변형 유기 마르텐사이트 변태량이 적어서 연성 및 인장강도 기여가 적어서 원하는 연신율 및 강도를 충분히 얻을 수가 없다. 고연성의 관점에서 보면 오스테나이트 분율이 80% 이하가 바람직하다. 그러나, 오스테나이트 분율이 80% 이상인 경우는 열간 압연 시 표면 균열등이 발생하여 열간 가공성의 저하를 초래하고, 오스테나이트의 안정도에 기여하는 질소, 망간의 오스테나이트상 농화가 부족하여 변형 중에 변태 유기 마르텐사이트가 발생하지 않는다.
- [0032] 도 1 은 본 발명에서 사용한 강의 변형량에 따른 형성된 소성 유기 마르텐사이트 분율 변화를 나타낸 그래프도

이고, 도 2 는 인장 가공시 형성된 소성 유기 마르텐사이트 분율에 따른 연신율의 변화를 나타낸 그래프도이다.

[0033] 상기 도면을 참조하여 먼저 본 발명의 연신율(total elongation)과 형성된 소성 유기 마르텐사이트의 양이 어떠한 관계를 가지는 것인지 살펴보기로 한다. 본 발명에서의 연신율은 소성유기 마르텐사이트 분율과 하기의 관계식을 만족하도록 한다.

[0034] 연신율(Total elongation) = 48+80 x [소성유기 마르텐사이트 분율(SIM, strain induced martensite fraction)]<sup>2</sup> ≥ 50

[0035] 본 발명에서 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도와 유사하게, 형성된 마르텐사이트 부피 분율이 0.16 이하인 경우 도 2에 나타난 것처럼 전체 연신율이 50% 이하로 낮음을 알 수 있다. 그러나 상기 소성 유기 마르텐사이트 분율이 0.16을 초과하는 경우에는 연신율이 50% 이상으로 나타나므로 본 발명의 바람직한 연신율의 범위를 만족한다. 그러나 본 발명에서 상기 소성 유기 마르텐사이트 분율은 바람직하기로는 0.4 이하로 한다. 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.

[0036] 또한, 도 3 은 본 발명에서 사용한 강의 변형량에 따른 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도 변화를 나타낸 그래프도이고, 도 4 는 질소 함량에 따른 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도 변화를 나타낸 그래프도이다.

[0037] 본 발명에서는 아래와 같은 식으로 계산되는 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도가 최고(Max SIM formation rate) 가 되는 값이 아래의 범위를 가지는 것에도 특징이 있다.

[0038] 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도(Max SIM formation rate) = -0.174+5.06 x [N wt%] ≥ 0.7

[0039] 본 발명에서 바람직한 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도는 0.74이다.

[0040] 도 3에서 알 수 있는 바와 같이 최대 소성 유기 마르텐사이트가 형성되는 속도가 0.74 이하의 경우, 포함된 질소의 함량이 중량 %로 0.18 을 넘지 않게 되고, 따라서 가공시 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 변형량에 너무 일찍 도달하여, 전체적으로 형성된 소성 유기 마르텐사이트양(도 2, 표2 참조)이 너무 작아서 인장강도, 연신율의 향상에 기여를 하지 못한다.

[0041] 이하, 본 발명의 고강도 고연성 오스테나이트 페라이트 2상 듀플렉스 스테인리스강 및 그 제조 방법에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명에 따른 성분의 조성범위에 대한 2상 스테인리스강들의 시편을 준비하여 열간 압연, 열연 소둔, 냉간 압연 후 냉연 소둔을 진행하여 소재제의 상분율, 연신율 및 인장강도를 측정하였다. [표 1]은 실험강종에 대한 합금 조성(중량%)을 나타내었다.

표 1

강종	Cr	Mn	Ni	Si	C	N
비교강1	20.3	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	0.23	0.19	0.02	0.283
발명강3	20.25	4.81	0.232	0.209	0.018	0.36

[0042]

[0043] 표 2는 본 발명에 사용된 강의 인장강도 및 연신율을 열처리 조건에 따라 나타낸 표이다. 비교강 1 경우 인장강도는 700MPa 급 이상이나 연신율 50% 이하로 대표적인 오스테나이트계 강인 304계열의 스테인리스강의 연신율(~ 60%)과 대비하여 낮은 연성을 가진다. 그러나 본 발명강 1, 2, 3의 경우 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 나타내고 있다. 따라서 본 발명에서 N의 범위를 0.3% 이상으로 첨가할 경우 열처리 온도의 범위를 낮출 수 있다.

표 2

강종	열처리 온도 (°C)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
비교강1	950	766	33
	1000	776	36
	1050	712	39
	1100	682	48
발명강1	950	973	39
	1000	968	40
	1050	900	51
	1100	857	50.3
발명강2	950	1103	49
	1000	1084	44
	1050	1060	50
	1100	1007	51
발명강3	950	1128	57
	1050	1067	52
	1100	1038	61

[0044]

[0045]

도 1은 본 발명에 사용된 강 of 인장 변형시 형성되는 소성 유기 마르텐사이트 양을 대표적으로 나타낸 것으로 도면에서 보면 질소의 함량이 증가함에 따라 그리고 변형 양이 증가 함에 따라 형성되는 소성 유기 마르텐사이트 함량이 증가한다.

[0046]

도 2는 본 발명에 사용된 강에서 형성되는 소성 유기 마르텐사이트 분율과 연신율의 관계를 나타낸 것으로 연신율은 형성된 소성 유기 마르텐사이트 양이 증가함에 따라 연신율이 급격히 증하는 포물선의 형태를 나타낸다. 본 발명에서 얻어지는 연신율 50% 이상을 확보하기 위하여서는 소성 유기 마르텐사이트 분율이 0.16 이상이 되어야 함을 알 수 있다. 연신율(total elongation)과 형성된 소성 유기 마르텐사이트의 양이 아래의 값의 관계는 상술한 바와 같다.

[0047]

한편, 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도와 유사하게, 형성된 마르텐사이트 부피 분율이 0.16 이하인 경우, 도 2에 나타낸 것처럼 전체 연신율이 50% 이하로 낮음을 알 수 있다.

[0048]

도 3는 본 발명에 사용된 강에서 형성되는 소성 유기 마르텐사이트 속도를 구하여 진변형량에 따라 나타낸 그림이다. 도 2에서는 소성 유기 마르텐사이트가 형성되는 속도는 변형의 초기에는 변형량에 따라 증가하다가 최대의 형성 속도에 도달 후 다시 변형량이 증가함에 따라 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도가 감소한다. 비교강 1의 경우, 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도(화살표로 표시)는 0.5 이하를 나타내지만, 발명강1, 2, 3의 경우, 최대 소성 유기 마르텐사이트가 형성되는 속도는 0.7 이상이고, 질소 첨가량이 증가함에 따라 증가한다.

[0049]

도 4는 본 발명에 사용된 강에서 형성되는 최대 소성 유기 마르텐사이트 속도를 구하여 질소 첨가량에 따라 나타낸 것이다. 첨가된 질소의 함량과 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성속는 직선관계를 유지 하며, 질소 첨가량이 증가함에 따라 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도가 증가함을 알 수 있다. 도 3에서 보면 본 발명에서 필요한 연신율 50% 이상을 얻기 위하여는 최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도 [Max SIM(strain induced martensite) formation rate] 가 되는 값이 아래의 범위를 가져야 함을 알 수 있다.

[0050]

$$\text{최대 소성 유기 마르텐사이트 형성 속도(Max SIM formation rate)} = -0.174 + 5.06 \times [\text{N wt}\%] \geq 0.7$$

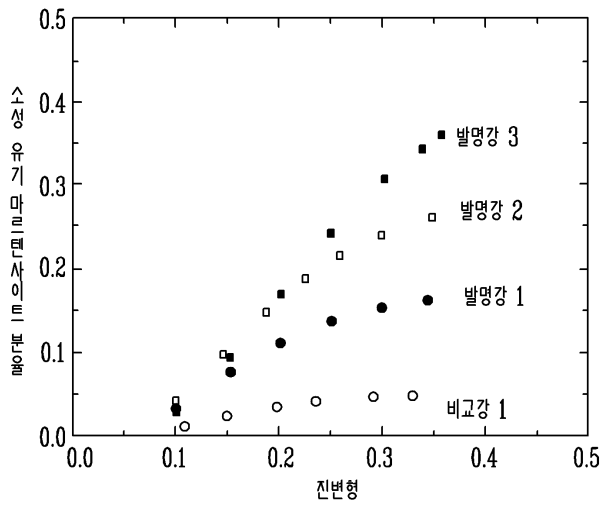
[0051]

본 발명에서 상기 실시 형태는 하나의 예시로서 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 특허청구범위에 기재된 기술적 사상과 실질적으로 동일한 구성을 갖고 동일한 작용효과를 이루는 것은 어떠한 것이라도 본 발명의 기술적 범위에 포함된다.

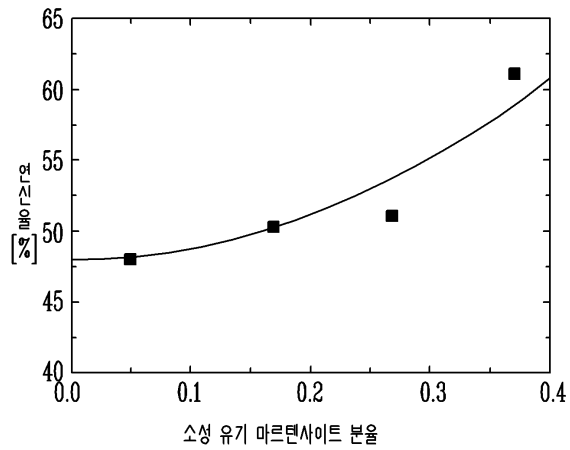


도면

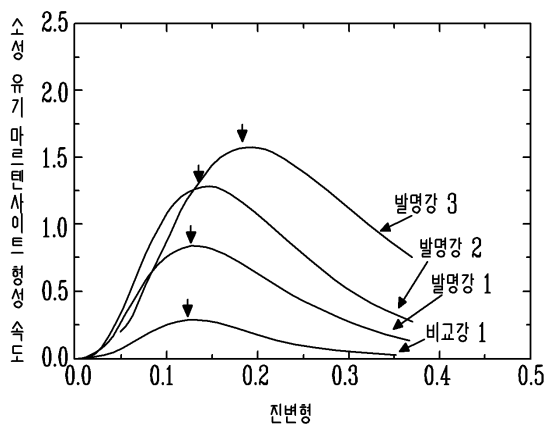
도면1



도면2



도면3



도면4

