



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0074697
(43) 공개일자 2015년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0162735
(22) 출원일자 2013년12월24일
심사청구일자 2013년12월24일

(71) 출원인
주식회사 포스코
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)
(72) 발명자
채동철
경북 포항시 남구 지곡로 319, 304동 506호 (지곡동, 지곡그린빌라)
조규진
경북 포항시 남구 연일읍 유강길10번길 49, 102동 604호 (유강코아루1단지)
(74) 대리인
특허법인 신세기

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 저 니켈 함유 스테인리스강

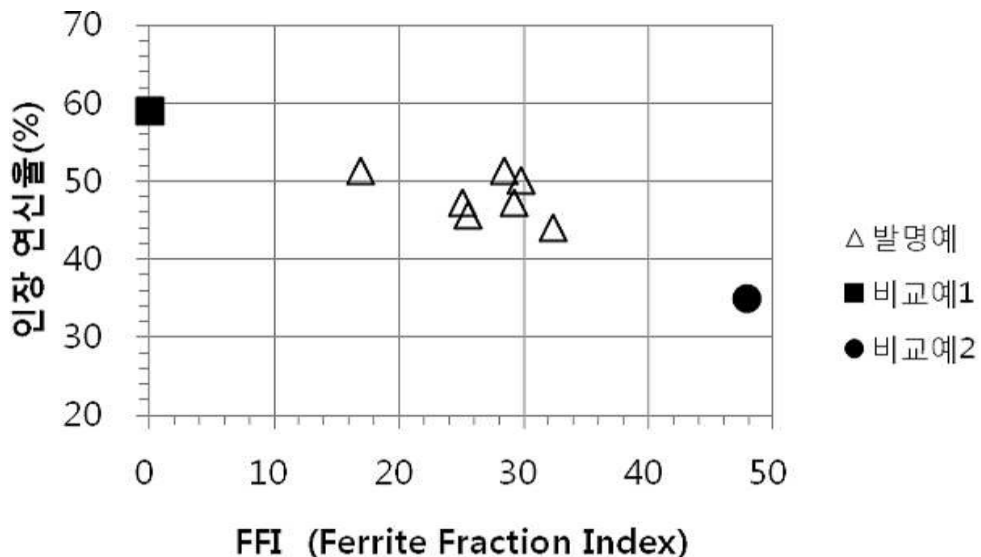
(57) 요약

본 발명은 내식성과 지연과괴 저항성을 개선한 저 니켈 함유 스테인리스강에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 저 니켈 함유 스테인리스강은 중량%로, C: 0.06 ~ 0.12%, Mn: 2.5 ~ 4.5%, Ni: 0.5 ~ 2.0%, Cu: 1.5 ~ 3.2%, Si: 0.1 ~ 1.5%, Cr: 18 ~ 20%, N 0.05 ~ 0.17%, 나머지 Fe와 기타 불가피한 불순물을 함유하고, 하기 [식 1]로 표현되는 페라이트 부피분율 지수(FFI; Ferrite Fraction Index)가 15 ~ 35를 만족하는 것을 특징으로 한다.

$$FFI = -114 - 176C - 0.9Mn - 10.9Ni - 2.8Cu + 5.5Si + 9.8Cr - 125N \dots\dots\dots [식 1]$$

[식 1]에서 C, Mn, Ni, Cu, Si, Cr 및 N는 각 성분의 함량(wt%)을 의미함.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

중량%로, C: 0.06 ~ 0.12%, Mn: 2.5 ~ 4.5%, Ni: 0.5 ~ 2.0%, Cu: 1.5 ~ 3.2%, Si: 0.1 ~ 1.5%, Cr: 18 ~ 20%, N 0.05 ~ 0.17%, 나머지 Fe와 기타 불가피한 불순물을 함유하고,

하기 [식 1]로 표현되는 페라이트 부피분율 지수(FFI; Ferrite Fraction Index)가 15 ~ 35를 만족하는 저 니켈 함유 스테인리스강.

$$FFI = -114 - 176C - 0.9Mn - 10.9Ni - 2.8Cu + 5.5Si + 9.8Cr - 125N \dots\dots\dots [식 1]$$

[식 1]에서 C, Mn, Ni, Cu, Si, Cr 및 N는 각 성분의 함량(wt%)을 의미함.

청구항 2

중량%로, C: 0.06 ~ 0.12%, Mn: 2.5 ~ 4.5%, Ni: 0.5 ~ 2.0%, Cu: 1.5 ~ 3.2%, Si: 0.1 ~ 1.5%, Cr: 18 ~ 20%, N 0.05 ~ 0.17%, 나머지 Fe와 기타 불가피한 불순물을 함유하고,

하기 [식 2]로 표현되는 니켈당량(NIEQ)이 5.9 ~ 7.5이고,

하기 [식 3]으로 표현되는 크롬당량(CREQ)이 18 ~ 21이며,

NIEQ/CREQ의 비가 0.31 ~ 0.40을 만족하는 저 니켈 함유 스테인리스강.

$$NIEQ = Ni + 18N + 30C + 0.33Cu + 0.1Mn - 0.01(Mn^2) \dots\dots\dots [식 2]$$

$$CREQ = Cr + 0.48Si \dots\dots\dots [식 3]$$

[식 2] 및 [식 3]에서 Ni, N, C, Cu, Mn, Cr 및 Si는 각 성분의 함량(wt%)을 의미함.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 스테인리스강은 하기 [식 4]로 표현되는 공식저항지수(PRE; Pitting Resistance)가 18 ~ 22를 만족하는 저 니켈 함유 스테인리스강.

$$PRE = Cr + 3.3Mo + 30N - Mn \dots\dots\dots [식 4]$$

[식 4]에서 Cr, Mo, N 및 Mn은 각 성분의 함량(wt%)을 의미함.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 스테인리스강은 30℃의 3.5% NaCl 용액에서 측정된 공식전위가 200mV 이상인 저 니켈 함유 스테인리스강.

청구항 5

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 스테인리스강은 압연방향으로의 인장연신율이 35% 이상인 저 니켈 함유 스테인리스강.

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 스테인리스강은 인장강도가 700MPa 이상인 저 니켈 함유 스테인리스강.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 저 니켈 함유 스테인리스강에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 내식성과 지연파괴 저항성을 개선한 저 니켈 함유 스테인리스강에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 스테인리스강은 성분이나 금속조직에 따라 분류된다. 금속조직에 따를 경우, 스테인리스강은 오스테나이트계, 페라이트계, 마르텐사이트계, 이상계로 분류된다.

[0003] 오스테나이트계 스테인리스강은 냉간 가공성이나 내식성이 우수하여, 여러 가지 제품이 다양한 용도 및 환경에 사용되고 있다. 그러나 오스테나이트계 스테인리스강을 대표하는 300계 스테인리스강은 고가의 Ni가 다량으로 함유된다.

[0004] 합금원소 Ni은 스테인리스강의 미세구조를 오스테나이트로 만들기 위하여 전통적으로 사용되어 왔다. 그러나 Ni은 가격이 비싼 단점이 있어서, Ni을 Mn으로 대체한 200계 스테인리스강에 대한 관심이 꾸준히 증가되고 있다.

[0005] 일반적으로 200계 스테인리스강은 중량%로 Cr: 15.5 ~ 19%, Mn: 5.5 ~ 10%, Ni: 1.0 ~ 6%의 성분범위를 함유하고 있기 때문에 Cr-Mn 스테인리스강으로 불리기도 하는데, 가격이 저렴하다는 장점 이외에도 강도와 연성이 우수하다는 장점이 있다.

[0006] 그러나, Ni함량이 낮을수록, 높은 Mn함량과 비교적 낮은 Cr함량으로 내식성이 열위한 단점이있다. 또한, Ni함량이 낮을수록 지연파괴(delayed carcking)가 심하게 발생하는 단점이 있다. 이러한 200계 스테인리스강의 단점은 ISSF(International Stainless Steel Forum)에서 November 2005년에 발간한 “New 200-series steels” 제목의 기술자료에서 확인된다.

[0007] 그래서, 많은 연구진들에 의해 일반적인 오스테나이트계 200계 스테인리스강의 단점인 낮은 내식성과 낮은 지연파괴 저항성을 개선하기 위하여, 강의 미세조직이 오스테나이트(austenite)에서 오스테나이트 기지조직에 페라이트 조직이 생성된 복합 조직(austenite-ferrite)을 갖도록 합금성분을 제어하는 연구가 진행되었다.

[0008] 예를 들어 미국 등록특허 제5,286,310호(특허문헌 1)는 중량%로 Ni: 2.5 ~ 5.0%, Mn: 6.4 ~ 8.0%, Cr: 16.5 ~ 17.5%, Cu: 2.0 ~ 3.0%를 함유하는 오스테나이트계 스테인리스강에 관한 특허이고, 중량%로 12.48+0.52Mn-54.27N-47.98C-1.57Ni-1.62Cu-0.69C2로 정의되는 페라이트 양을 9%미만으로 제어하여 열간가공성을 확보하는 것을 특징으로 한다

[0009] 그리고, EP 1431408 A1(특허문헌 2)은 중량%로 Ni: 1.0 ~ 5.0%, Mn: 7.5 ~ 10.5%, Cr: 14.0 ~ 16.0%, Cu: 1.0 ~ 3.5%를 함유하는 오스테나이트계 스테인리스에 관한 특허로, 중량%로 6.77(Cr+Mo+1.5Si)-4.85(Ni+30C+30N+0.5Mn+0.3Cu)-52.75로 정의되는 페라이트 함량지수를 8.5미만으로 제어하여, 열간가공성을 확보하는 것을 특징으로 한다

[0010] 또한, EP 1352982 A3(특허문헌 3)는 중량%로 Ni: 9.05%이하, Mn: 6 ~ 12%, Cr: 16 ~ 20%, Cu: 3.0%이하를 함유하여, 페라이트 조직을 미세조직에 생성시켜 지연파괴(delayed cracking)를 개선하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 하지만, 특허문헌 1 내지 특허문헌 3은 각각 열간가공성을 확보하거나 지연파괴를 개선하는 장점이 있었으나, 공식저항성을 저해하는 Mn의 함량이 6 ~ 12중량%로 상당히 높아 공식이 발생될 확율이 높은 단점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 미국 등록특허 제5,286,310호 (1994. 02. 15)
- (특허문헌 0002) EP 1431408 A1 (2004. 06. 23)
- (특허문헌 0003) EP 1352982 A3 (2003. 10. 15)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 오스테나이트 기지조직에 15 ~ 35% 부피분율로 제2상인 페라이트가 존재하도록 합금원소의 성분을 조절하여 종래의 200계 스테인리스강에서 내식성을 저해하는 Mn함량의 최소화와 함께 상분율의 조정으로 공식저항과 지연파괴 저항성도 함께 향상시킬 수 있는 저 니켈 함유 스테인리스강을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 실시형태에 따른 저 니켈 함유 스테인리스강은 중량%로, C: 0.06 ~ 0.12%, Mn: 2.5 ~ 4.5%, Ni: 0.5 ~ 2.0%, Cu: 1.5 ~ 3.2%, Si: 0.1 ~ 1.5%, Cr: 18 ~ 20%, N 0.05 ~ 0.17%, 나머지 Fe와 기타 불가피한 불순물을 함유하고, 하기 [식 1]로 표현되는 페라이트 부피분율 지수(FFI; Ferrite Fraction Index)가 15 ~ 35를 만족하는 것을 특징으로 한다.

[0015] $FFI = -114 - 176C - 0.9Mn - 10.9Ni - 2.8Cu + 5.5Si + 9.8Cr - 125N$ [식 1]

[0016] [식 1]에서 C, Mn, Ni, Cu, Si, Cr 및 N는 각 성분의 함량(wt%)을 의미함.

- [0017] 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따른 저 니켈 함유 스테인리스강은 중량%로, C: 0.06 ~ 0.12%, Mn: 2.5 ~ 4.5%, Ni: 0.5 ~ 2.0%, Cu: 1.5 ~ 3.2%, Si: 0.1 ~ 1.5%, Cr: 18 ~ 20%, N 0.05 ~ 0.17%, 나머지 Fe와 기타 불가피한 불순물을 함유하고, 하기 [식 2]로 표현되는 니켈당량(NIEQ)이 5.9 ~ 7.5이고, 하기 [식 3]으로 표현되는 크롬당량(CREQ)이 18 ~ 21이며, NIEQ/CREQ의 비가 0.31 ~ 0.40을 만족하는 것을 특징으로 한다.

[0018] $NIEQ = Ni + 18N + 30C + 0.33Cu + 0.1Mn - 0.01(Mn^2)$ [식 2]

[0019] $CREQ = Cr + 0.48Si$ [식 3]

[0020] [식 2] 및 [식 3]에서 Ni, N, C, Cu, Mn, Cr 및 Si는 각 성분의 함량(wt%)을 의미함.

- [0021] 이때 상기 스테인리스강은 하기 [식 4]로 표현되는 공식저항지수(PRE; Pitting Resistance)가 18 ~ 22를 만족하는 것을 특징으로 한다.

[0022] $PRE = Cr + 3.3Mo + 30N - Mn$ [식 4]

[0023] [식 4]에서 Cr, Mo, N 및 Mn은 각 성분의 함량(wt%)을 의미함.

- [0024] 그리고, 상기 스테인리스강은 30℃의 3.5% NaCl 용액에서 측정된 공식전위가 200mV 이상인 것을 특징으로 한다.

[0025] 또한, 상기 스테인리스강은 압연방향으로의 인장연신율이 35% 이상인 것을 특징으로 한다.

[0026] 그리고, 상기 스테인리스강은 인장강도가 700MPa 이상인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 실시예에 따르면, 종래의 200계 스테인리스강 보다 내식성과 지연파괴 저항성을 향상시킬 수 있고,

이에 따라 고품질의 경제적인 스테인리스강을 생산할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 1100℃에서 소둔된 냉연소둔판재의 인장연신율과 페라이트 분율 지수인 FFI의 관계를 보여주는 그래프이고,
- 도 2는 1100℃에서 소둔된 냉연소둔판재의 인장강도와 페라이트 분율 지수인 FFI의 관계를 보여주는 그래프이며,
- 도 3은 1100℃에서 소둔된 냉연소둔판재(발명예1)의 광학미세조직 사진이고,
- 도 4는 1100℃에서 소둔된 냉연소둔판재(발명예6)의 광학미세조직 사진이며,
- 도 5는 1100℃에서 소둔된 냉연소둔판재를 활용하여 발명예와 비교예의 지연파괴거동을 비교한 실험결과를 보여주는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 더욱 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.

- [0030] 본 발명은 중량%로, C: 0.06 ~ 0.12%, Mn: 2.5 ~ 4.5%, Ni: 0.5 ~ 2.0%, Cu: 1.5 ~ 3.2%, Si: 0.1 ~ 1.5%, Cr: 18 ~ 20%, N 0.05 ~ 0.17%, 나머지 Fe와 기타 불가피한 불순물을 함유하여 오스테나이트 기지조직에 페라이트 조직이 생성된 복합 조직(austenite-ferrite)을 갖는 스테인리스강을 대상으로 한다.

- [0031] 탄소(C)는 오스테나이트 형성 원소로 니켈(Ni)과 같은 고가의 원소를 대신하여 사용될 수 있다. 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 과도한 내식성 저하를 막기 위해서 그 함량을 0.06% 초과 0.12% 미만의 범위로 한정하는 것이 바람직하다.

- [0032] 망간(Mn)은 탈산제 및 질소 고용도를 증가시키는 원소이며, 오스테나이트 형성 원소로 고가의 Ni 대체용으로 사용되는 경우, 그 함량이 과도하면 내식성 확보가 어려워진다. 또한, Mn의 함량이 2.5% 이하인 경우, 오스테나이트 형성 원소인 Ni, Cu, N 등을 조절하여도 적절한 오스테나이트 상분율을 확보하기가 어렵다. 따라서, Mn의 함량을 2.5% 초과 4.5%미만의 범위로 한정하는 것이 바람직하다.

- [0033] 니켈(Ni)은 Mn, Cu 및 N와 함께 오스테나이트 안정화 원소로, 오스테나이트상의 안정도 증대에 주된 역할을 한다. 원가절감을 위하여 가격이 비싼 Ni 함량을 최대한 감소시키는 대신에 다른 오스테나이트상 형성원소인 Mn과 N을 증가시켜서 Ni의 저감에 의한 상분율 균형을 충분히 유지할 수 있다. 그러나, 냉간 가공 시 발생하는 소성유기 마르텐사이트 형성을 억제하여 충분한 오스테나이트의 안정도 확보를 위하여 Ni는 0.5% 초과하여 첨가하여야 한다. 다만, 고가인 Ni로 인한 제품의 제조 비용이 상승되는 것을 방지하기 위하여 함량의 상한값을 한정하는 것이 바람직하다. 따라서, Ni의 함량을 0.5%초과 2.0%미만의 범위로 한정하는 것이 바람직하다.

- [0034] 구리(Cu)는 가공 유기 마르텐사이트상의 생성에 기인하는 가공 경화를 억제하고, 오스테나이트계 스테인레스강의 연질화에 기여하는 원소이다. 또한 Cu는 오스테나이트 형성 원소이기 때문에, Cu 함유량의 증가에 따라서 Ni 함유량의 설정 자유도가 확대되어, Ni를 억제한 성분 설계가 용이해진다. 또한 Cu는 적층 결합의 생성을 억제함으로써 내응력 부식 균열성의 개선에 크게 기여한다. 이러한 효과를 충분히 얻기 위해서는 0.1% 이상의 Cu 함량을 확보할 필요가 있다. 하지만 다량의 Cu 함유는 열간 가공성을 저해하기 때문에 함량의 상한값을 한정하는 것이 바람직하다. 따라서, Cu의 함량은 1.5%초과 3.2%미만의 범위로 한정하는 것이 바람직하다.

- [0035] 규소(Si)는 탈산효과를 위하여 일부 첨가되며, 페라이트 형성 원소로 소둔 열처리 시 페라이트에 농화되는 원소이다. 따라서, 적절한 페라이트 상분율 확보를 위하여 0.1% 이상 첨가하여 한다. 그러나, 1.5% 이상의 과다한 첨가는 페라이트상의 경도를 급격히 증가시켜서 연신율을 저하시킨다. 또한, 과다할 경우 제강 시 슬래그 유동

성을 저하시키고, 산소와 결합하여 개재물을 형성하여 내식성에 저하시킨다. 따라서, Si 함량은 0.1초과 1.5% 미만의 범위로 한정하는 것이 바람직하다.

[0036] 크롬(Cr)은 Si와 함께 페라이트 안정화 원소로 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, Cr의 함량은 18%초과 20%미만의 범위로 한정하는 것이 바람직하다.

[0037] 질소(N)는 C, Ni과 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 피할 수 있다. 그러나 N 함량이 과도하면, 질소 고용도 초과에 의한 주조 시 블로우홀(blow hole), 핀홀(pin hole) 등의 발생에 의한 표면 결함 유발로 강의 안정된 제조가 어렵게 된다. 따라서, N의 함량은 0.05초과 0.17%미만으로 한정하는 것이 바람직하다.

[0038] 이때, 본 발명에 따른 저 니켈 함유 스테인리스강은, 하기의 [식 1]로 표현되는 페라이트 부피분율 지수(FFI, Ferrite Fraction Index)가 15이상 35이하를 만족시키는 것이 바람직하다. 그래서, 생성되는 페라이트의 부피분율이 15wt%이상 35wt%이하가 되도록 조절하는 것이 바람직하다.

[0039]
$$FFI = -114 - 176C - 0.9Mn - 10.9Ni - 2.8Cu + 5.5Si + 9.8Cr - 125N \dots\dots\dots [식 1]$$

[0040] [식 1]에서 C, Mn, Ni, Cu, Si, Cr 및 N는 각 성분의 함량(wt%)을 의미하고, FFI의 값이 음의 값으로 나타나는 경우 FFI는 0의 값으로 정의한다.

[0041] 이렇게 FFI 값을 한정하는 이유는, FFI가 15 미만에서는 페라이트를 안정화시키는 크롬의 함량이 충분하지 못하여 내식성이 열위할 뿐만 아니라, 심가공(deep drawing)된 부품에서 지연파괴 발생이 용이하게 되기 때문이다. 또한, FFI가 35를 초과하면 그 미세구조가 듀플렉스(duplex)강과 유사하게 되어 연신을 자체가 저하되는 문제를 갖게 된다. 또한 페라이트 상분율이 35%를 초과하면, 오스테나이트 미세조직강의 특징인 높은 인장강도(tensile strength)을 얻는데 한계가 있다. 즉 듀플렉스(duplex) 미세조직강 대비 우수한 수준의 인장연신율과 인장강도를 확보하기 위해서는 FFI를 35이하로 제한하는 것이 바람직하다.

[0042] 한편, 오스테나이트상과 페라이트상의 분율은 하기의 [식 2]로 표현되는 니켈당량(NIEQ: nickel equivalent)과 [식 3]으로 표현되는 크롬당량(CREQ; chromium equivalent)으로 정의되는 Schaffler Diagram상에서도 기술될 수 있다.

[0043]
$$NIEQ = Ni + 18N + 30C + 0.33Cu + 0.1Mn - 0.01(Mn^2) \dots\dots\dots [식 2]$$

[0044]
$$CREQ = Cr + 0.48Si \dots\dots\dots [식 3]$$

[0045] [식 2] 및 [식 3]에서 Ni, N, C, Cu, Mn, Cr 및 Si는 각 성분의 함량(wt%)을 의미한다.

[0046] 이렇게, Schaffler Diagram에서 [식 2]로 표현되는 니켈당량(NIEQ)이 5.9 ~ 7.5이고, [식 3]으로 표현되는 크롬당량(CREQ)이 18 ~ 21이며, NIEQ/CREQ의 비가 0.31 ~ 0.40을 만족하는 영역에서는 성분의 함수로서 페라이트 분율을 나타내는 FFI가 15이상 35이하로 나타난다.

[0047] 또한, 본 발명의 스테인리스강은 내식 특성을 보장하기 위하여 하기 [식 4]로 표현되는 공식저항지수(PRE; Pitting Resistance)가 18 ~ 22를 만족하는 것이 바람직하다.

[0048]
$$PRE = Cr + 3.3Mo + 30N - Mn \dots\dots\dots [식 4]$$

[0049] [식 4]에서 Cr, Mo, N 및 Mn은 각 성분의 함량(wt%)을 의미한다.

[0050] [실시예]

[0051] 이하 실시예를 사용하여 본 발명을 설명한다.

[0052] 본 발명에 따른 성분의 조성범위를 가진 스테인리스강들의 시편을 준비하여 잉곳제조, 열간 가열, 열간 압연, 열연 소둔, 냉간 압연 후 냉연 소둔을 진행하여 소재의 상분율을 조절하여, 인장재질과 내식성을 측정하였다. 또한 오스테나이트 단상조직을 갖는 200계 스테인리스강과의 지연파괴(delayed cracking) 거동을 비교하기 위하여 동일한 조건에서 심가공(Deep Drawing) 실험을 실시하였다.

[0053] 하기의 [표 1]은 실험강종에 대한 주요한 합금 조성(중량%)을 나타내었다.

표 1

[0054]

| 구분 | C | Mn | Ni | Cu | Si | Cr | N |
|------|-------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 발명예1 | 0.070 | 4.4 | 1.9 | 2.1 | 0.5 | 19.1 | 0.130 |
| 발명예2 | 0.071 | 4.2 | 0.9 | 1.9 | 0.5 | 19.0 | 0.121 |
| 발명예3 | 0.071 | 2.9 | 1.0 | 2.1 | 0.7 | 19.0 | 0.120 |
| 발명예4 | 0.074 | 3.1 | 1.0 | 2.6 | 0.5 | 19.0 | 0.121 |
| 발명예5 | 0.074 | 2.8 | 1.0 | 3.1 | 0.5 | 19.0 | 0.116 |
| 발명예6 | 0.074 | 3.9 | 0.7 | 2.0 | 0.5 | 19.2 | 0.137 |
| 발명예7 | 0.110 | 4.0 | 1.1 | 2.1 | 1.1 | 19.5 | 0.080 |
| 비교예1 | 0.025 | 1.8 | 2.2 | 0.7 | 0.5 | 21.8 | 0.180 |
| 비교예2 | 0.087 | 8.9 | 1.8 | 1.5 | 0.5 | 15.6 | 0.142 |

[0055]

[표 1]에 나타난 다양한 발명예 및 비교예를 각각 진공유도 용해로에서 약 140mm두께의 50kg잉곳의 형태로 주조하였다. 주조된 잉곳은 1250℃의 가열로에서 3시간 숙열과정을 거친 후 3.5mm의 두께까지 열간압연되었으며, 열간압연 후 공냉되었다.

[0056]

열간압연을 마친 소재에 대하여, 1100℃의 온도에서 열연소둔을 각 1분간 실시하였으며, 냉간압연을 위하여 스케일을 제거하였다. 그 후, 냉간압연을 통하여 1.2mm의 두께로 판재를 제조하였으며, 그 판재에 대하여, 1100℃의 소둔온도에서 30초간 냉연소둔을 실시하였다. 인장시험은 압연방향으로 채취된 게이지 50mm의 시편을 사용하여 실시하였으며, 그 결과를 [표2]에 나타내었다. 그리고, [표 2]에 나타난 인장시험 결과를 [도1]과 [도2]에 각각 도시하였다.

표 2

[0057]

| 구분 | 페라이트 분율(%) | FFI | PREN | YS (MPa) | TS (MPa) | EL (%) | CREQ | NIEQ | NIEQ/ CREQ |
|------|---------------|------|------|-------------|-------------|-----------|------|------|---------------|
| 발명예1 | 16.0 | 16.9 | 18.6 | 469.7 | 814.5 | 51.4 | 19.3 | 7.3 | 0.38 |
| 발명예2 | 27.4 | 28.5 | 18.4 | 488.7 | 840.1 | 51.3 | 19.2 | 6.1 | 0.32 |
| 발명예3 | 27.2 | 29.2 | 19.7 | 497.2 | 925.0 | 47.3 | 19.3 | 6.2 | 0.32 |
| 발명예4 | 24.5 | 25.6 | 19.5 | 491.2 | 898.9 | 45.7 | 19.2 | 6.5 | 0.34 |
| 발명예5 | 25.4 | 25.0 | 19.7 | 489.8 | 865.3 | 47.2 | 19.2 | 6.5 | 0.34 |
| 발명예6 | 28.0 | 29.8 | 19.4 | 489.0 | 874.0 | 50.0 | 19.4 | 6.3 | 0.32 |
| 발명예7 | 31.0 | 32.3 | 17.9 | 501.0 | 862.0 | 44.0 | 20.0 | 6.8 | 0.34 |
| 비교예1 | 48.0 | 47.9 | 25.4 | 525.0 | 700.0 | 35.0 | 22.0 | 6.6 | 0.30 |
| 비교예2 | 0.0 | 0.0 | 10.9 | 375.0 | 831.0 | 59.0 | 15.9 | 7.6 | 0.48 |

[0058]

도 1은 1100℃에서 소둔된 냉연소둔판재의 인장연신율과 페라이트 분율 지수인 FFI의 관계를 보여주는 그래프이고, 도 2는 1100℃에서 소둔된 냉연소둔판재의 인장강도와 페라이트 분율 지수인 FFI의 관계를 보여주는 그래프이다.

[0059]

도 1에서 알 수 있듯이 인장연신율 측면에서 발명강(발명예1 내지 발명예7)은 종래의 200계 스테인리스강(비교재2) 대비 낮으나 통상의 lean duplex강(비교재1) 대비 우수함을 알 수 있다. 특히, 발명강들은 모두 압연방향으로의 인장연신율이 35% 이상인 것을 확인할 수 있다.

[0060]

또한, 도 2에서 알 수 있듯이 인장강도 측면에서 발명강(발명예1 내지 발명예7)은 통상의 lean duplex강(비교재1) 대비 우수한 특성을 갖는 것을 알 수 있다. 특히 발명강들은 모두 인장강도가 700MPa 이상인 것을 확인할 수 있다.

[0061]

이렇게 페라이트 함량의 증대와 함께 인장연신율과 인장강도가 증가함을 각각 [도1]과 [도2]에서 확인할 수 있었다.

[0062]

한편, [표 2]에 1100℃에서 소둔된 시료에서 측정된 페라이트 분율(%)과 성분의 함수로 페라이트 분율의 변화를 예측한 FFI(Ferrite Fraction Index)를 비교하여 나타내었다. 그 결과 FFI가 실제 페라이트 분율(%)의 변화를 잘 예측하고 있음을 알 수 있다. 예를 들어 FFI값이 16.9인 발명예1과 29.8인 발명예6의 광학미세조직을 도 3과

도 4에 각각 나타내었다. 참고로, 도 3과 도 4에서 dark contrast를 가진 금속조직이 페라이트상으로서 FFI가 실제 페라이트 분율(%)의 변화를 잘 예측하고 있음 증명한다.

[0063] 또한, [표 2]에 발명강들의 조성범위를 CREQ와 NIEQ를 사용하여 나타내었다. 발명예와 비교예 성분상의 가장 큰 차이점은 CREQ로, 발명예들은 CREQ의 범위가 오스테나이트 단상으로 구성된 200계강(비교예2)과 48%페라이트와 52%오스테나이트상으로 구성된 lean duplex(비교예1)강의 사이에 존재함을 확인할 수 있다.

[0064] 한편, 본 발명에 따른 스테인리스강의 내식 특성을 알아보기 위하여 발명예와 비교예의 임계 공식전위값을 측정하였다. 임계 공식전위값의 측정은 발명예1, 발명예2 및 비교예2를 1050~1150℃의 소둔온도에서 30초간 소둔처리한 후 30℃의 3.5% NaCl 용액에서 측정하였고, 그 결과를 [표 3]에 나타내었다.

표 3

| 소둔온도 | 발명예1 | 발명예2 | 비교예2 |
|-------|------|------|------|
| 1050℃ | 261 | 265 | 107 |
| 1100℃ | 264 | 269 | 111 |
| 1150℃ | 289 | 272 | 114 |

[0066] [표 3]의 결과로부터 비교예2인 200계강의 임계 공식전위값 대비 발명강(발명예1 및 발명예2)의 공식전위가 월등히 높음을 알 수 있다. 특히 발명강은 30℃의 3.5% NaCl 용액에서 측정된 공식전위가 200mV 이상인 것을 확인할 수 있었다.

[0067] 이렇게 200계 스테인리스강 대비 우수한 발명강의 공식전위는 [표 2]의 PREN값으로부터 유추할 수 있는 결과이다.

[0068] 한편, 비교예와 발명예의 지연파괴거동을 알아보는 실험을 실시하였고, 그 결과 사진을 도 5에 나타내었다.

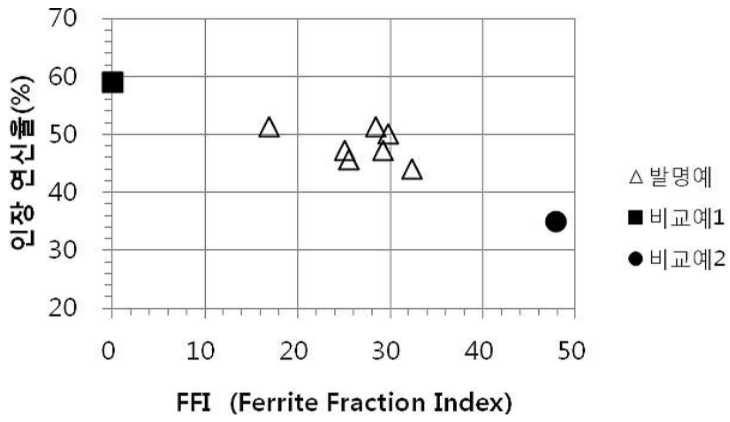
[0069] 도 5에서 알 수 있듯이 200계 스테인리스강인 비교예2와 발명예들을 비교하면 매우 큰 현상학적 차이가 있음을 확인할 수 있다. 200계 스테인리스강(비교예2)의 경우에는 매우 심한 지연파괴가 발생하였음을 알 수 있다.

[0070] 따라서, 오스테나이트 단상조직을 갖는 종래의 200계 스테인리스강의 단점인 낮은 내식성과 낮은 지연파괴 저항성을 본 발명에서 제시된 합금조성과 페라이트 상분율 제어를 통하여 개선시킬 수 있음을 여러 실험을 통해 확인할 수 있었다.

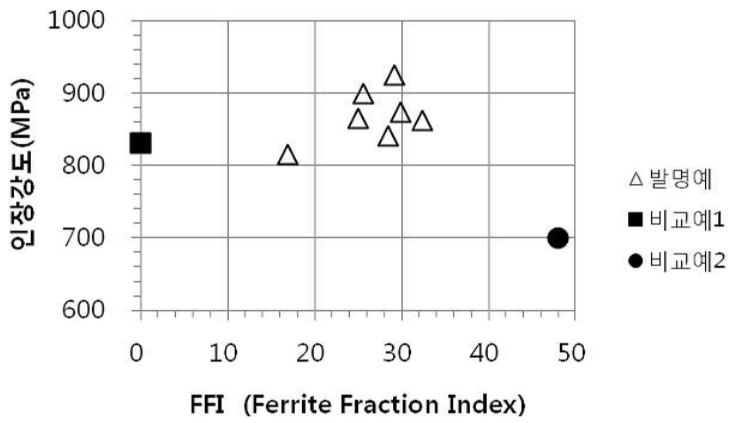
[0071] 본 발명을 첨부 도면과 전술된 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였으나, 본 발명은 그에 한정되지 않으며, 후술되는 특허청구범위에 의해 한정된다. 따라서, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 후술되는 특허청구범위의 기술적 사상에서 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 변형 및 수정할 수 있다.

도면

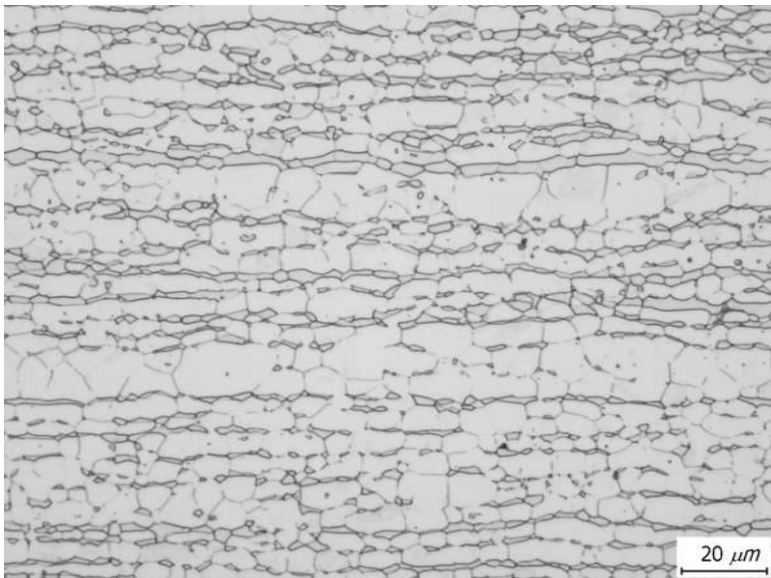
도면1



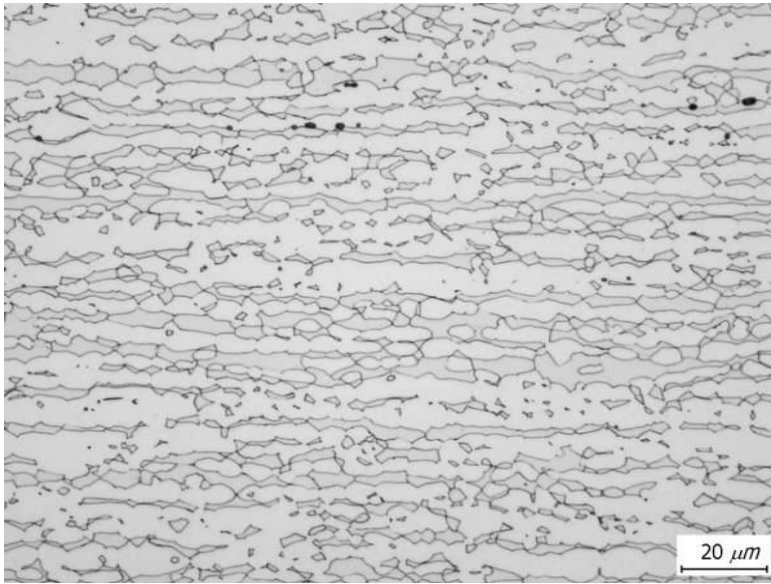
도면2



도면3



도면4



도면5

