



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0080304  
(43) 공개일자 2016년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C22C 38/38 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0191061  
(22) 출원일자 2014년12월26일  
심사청구일자 2014년12월26일

(71) 출원인  
주식회사 포스코  
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)  
(72) 발명자  
채동철  
경상북도 포항시 남구 지곡로 319 304동 506호  
(지곡동, 지곡그린빌라)  
조규진  
경상북도 포항시 남구 연일읍 유강길10번길 49  
102동 604호 (유강리, 유강코아루1단지아파트)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 신세기

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강**

**(57) 요약**

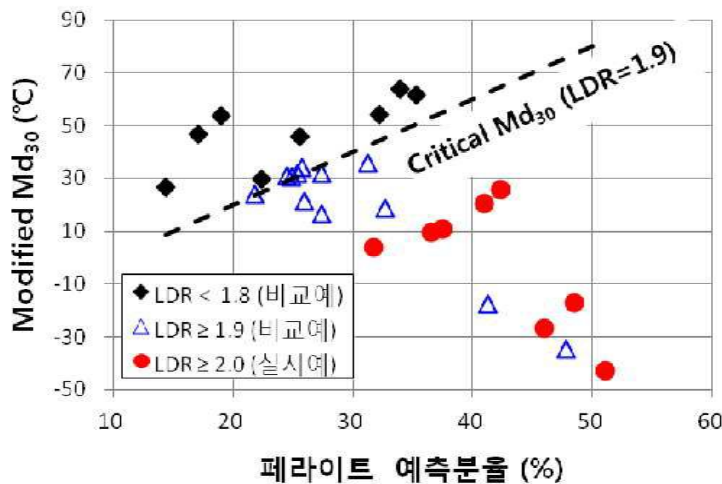
본 발명의 일 실시예에 따른 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강은 C: 0.01~0.17%, Si: 0.2~1.0%, Mn: 3~11%, Cr:18~22%, N: 0.05~0.25%, 나머지는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 식으로 표현되는 Modified Md<sub>30</sub> 값이 Critical Md<sub>30</sub>보다 작은 값을 갖도록 하는 성분을 포함한다.

$$\text{Modified Md}_{30} = 551 - [462 * (\text{C} + \text{N}) / (1 - 0.01 * \Phi)] - 9.2 * \text{Si} - 8.1 * \text{Mn} - 13.7 * \text{Cr} - 29 * \text{Ni} - 29 * \text{Cu} - 18.5 * \text{Mo},$$

$$\text{Critical Md}_{30} = 2 * \Phi - 20,$$

$$\Phi (\%) = -60.9 - 148 * \text{C} - 1.30 * \text{Mn} - 10.7 * \text{Ni} - 4.57 * \text{Cu} + 5.77 * \text{Si} + 7.20 * \text{Cr} - 144 * \text{N} + 11.4 * \text{Mo}, \text{ 각 원소는 wt\%임}$$

**대표도** - 도3



(72) 발명자

**김봉운**

경상북도 포항시 남구 연일읍 유강길9번길 37-11  
403동 1201호 (유강리, 유강코아루4단지아파트)

**강형구**

경상북도 포항시 남구 대이로 100 114동 2009호  
(대잠동, 이동현대홈타운아파트)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

wt%로, C: 0.01~0.17%, Si: 0.2~1.0%, Mn: 3~11%, Cr:18~22%, N: 0.05~0.25%, 나머지는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,

하기 식으로 표현되는 Modified  $Md_{30}$  값이 Critical  $Md_{30}$ 보다 작은 값을 갖도록 하는 성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강.

$$(\text{Modified } Md_{30} = 551 - [462 * (C+N) / (1 - 0.01 * \Phi)] - 9.2 * Si - 8.1 * Mn - 13.7 * Cr - 29 * Ni - 29 * Cu - 18.5 * Mo,$$

$$\text{Critical } Md_{30} = 2 * \Phi - 20,$$

$$\Phi (\%) = -60.9 - 148 * C - 1.30 * Mn - 10.7 * Ni - 4.57 * Cu + 5.77 * Si + 7.20 * Cr - 144 * N + 11.4 * Mo, \text{ 각 원소는 wt\%임})$$

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기  $\Phi$  값은 25~55%를 만족하는 것을 특징으로 하는 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

하기 식으로 표현되는 귀발생 예측지수가 2 이하인 것을 특징으로 하는 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강.

$$(\text{귀발생 예측지수 (mm)} = 12.41 - 18.2 * C + 0.05 * Mn + 0.1 * Ni + 0.19 * Cu + 0.71 * Si - 0.38 * Cr - 17.71 * N + 1.4 * Mo, \text{ 각 원소는 wt\%임})$$

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

한계드로잉비(limit drawing ratio)가 2.0이상인 것을 특징으로 하는 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 스테인리스강은 wt%로, Ni: 0.5% 미만, Cu: 0.5% 미만, Mo: 0.5% 미만을 더 포함하는 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 스테인리스강은 wt%로, Ni: 0.3% 미만, Cu: 0.2% 미만, Mo: 0.1% 미만인 것을 특징으로 하는 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강.

**청구항 7**

청구항 1에 있어서,

상기 스테인리스강은 30℃의 3.5% NaCl 용액에서 측정된 임계 공식전위 값이 100mV 이상인 것을 특징으로 하는 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강.

**청구항 8**

청구항 1에 있어서,

상기 스테인리스강으로 제조된 1.2mm 두께의 냉연소둔판으로부터 압연방향과 평행하기 gage length 25mm, 폭 6.25mm 인 시편을 상온에서 분당 10mm의 인장속도로 실시하여 파단까지 인장 연신율이 35~65%인 것을 특징으로 하는 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강에 관한 것으로, 보다 상세하게는 고가의 원소인 니켈과 구리 및 몰리브덴을 별도로 첨가하지 않아 저렴한 특성을 가지면서도, 귀발생(earring)이 감소하고, 지연파괴 저항성이 우수하여 종래의 200계 스테인리스 강을 대체할 수 있는 오스테나이트, 페라이트 2상 복합 조직의 듀플렉스 스테인리스강에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 합금원소 Ni는 스테인리스강에서 미세구조를 오스테나이트로 만들기 위하여 전통적으로 사용된 성분이다. 그러나 Ni는 가격이 비싼 단점이 있어, 200계 스테인리스강에 대한 관심이 증가하고 있다. 200계 스테인리스강이란 비싼 Ni의 함유량을 낮추는 대신 값이 싼 Mn과 N 등을 추가한 강종이다.

[0003] 일반적으로 200계 스테인리스 규격강들은 중량%로 Cr: 15.5~19%, Mn: 5.5~10%, Ni: 1.0~6%의 성분을 포함하고 있기 때문에 Cr-Mn 스테인리스강으로 불리기도 하는데, 가격이 저렴하며, 강도와 연성이 우수하다는 장점이 있다. 다만, Ni의 함량이 낮을수록 Mn의 함량이 높아지고, 또한 비교적 낮은 Cr의 함량 때문에 내식성이 열위한 단점이 있다. 낮은 Ni의 함량 때문에 지연파괴가 심하게 발생하는 단점이 있다. 이러한 200계 스테인리스강의 단점은 ISSF(International Stainless Steel Forum)에서 November 2005년에 발간한 “New 200-series steels”에 잘 나타나 있다. 2000년대 이후에는 니켈함량이 1%보다 작으면서 구리를 함유한 비규격 200계 스테인리스강이 시장에 출현하였으며, 열위한 내식성과 낮은 지연파괴 저항성에도 불구하고 낮은 가격의 장점으로 저가의 양식기 및 장식판 용도에서 사용이 증대되고 있다.

[0004] 200계 스테인리스 강의 문제점을 개선하기 위한 다수의 공지기술이 개시되어 있다. 특허문헌 1에는 저Ni, 고N 함유 오스테나이트, 페라이트계 스테인리스 강이 개시되어 있다. 특허문헌 1에 개시되어 있는 강종은 각 성분계로 표현되는 오스테나이트 안정화지수를 조정하여 2상조직의 페라이트 분율을 조정하여 장출성 및 용접수 내식성을 향상시킨 것이다. 한편, 특허문헌 2에는 내입계 부식성이 우수한 오스테나이트, 페라이트계 스테인리스강이 개시되어 있다. 특허문헌 3에는 소성유기 마르텐사이트의 양을 제어한 고강도, 고연성의 듀플렉스 스테인리스강이 개시되어 있다.

[0005] 이들 종래 기술은 니켈, 구리 또는 몰리브덴 등이 함유되어 있으며, 드로잉 가공시에 발생하는 지연파괴에 대한 대책이 없는 문제가 있다.

[0006] 상기한 배경기술로서 설명된 사항들은 본 발명의 배경에 대한 이해 증진을 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상

의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0007] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 한국 등록특허 제957664호(2010.05.12)
- (특허문헌 0002) 특허문헌 2: 일본 등록특허 제5021901호(2012.09.12)
- (특허문헌 0003) 특허문헌 3: 한국 등록특허 제10-1379139호(2014.03.28)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0008] 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 내식성 및 지연파괴 저항성이 낮은 1% 이하의 Ni을 함유한 비규격 200계 스테인리스강에 비해 저렴한 원료비를 가지며, 내식성 및 지연파괴특성이 월등히 개선된 2상 복합조직을 갖는 듀플렉스 스테인리스강을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 위 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강은 C: 0.01~0.17%, Si: 0.2~1.0%, Mn: 3~11%, Cr:18~22%, N: 0.05~0.25%, 나머지는 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 식으로 표현되는 Modified Md<sub>30</sub> 값이 Critical Md<sub>30</sub>보다 작은 값을 갖도록 하는 성분을 포함한다.
- [0010] (Modified Md<sub>30</sub> = 551-[462\*(C+N)/(1-0.01\*Φ)]-9.2\*Si-8.1\*Mn-13.7\*Cr-29\*Ni-29\*Cu-18.5\*Mo,
- [0011] Critical Md<sub>30</sub> = 2\*Φ-20,
- [0012] Φ(%) = -60.9-148\*C-1.30\*Mn-10.7\*Ni-4.57\*Cu+5.77\*Si+7.20\*Cr-144\*N+11.4\*Mo, 각 원소는 wt%임)
- [0013] 상기 Φ 값은 25~55%를 만족하는 것일 수 있다.
- [0014] 하기 식으로 표현되는 귀발생지수가 2 이하일 수 있다.
- [0015] (귀발생 예측지수 (mm)=12.41-18.2\*C+0.05\*Mn+0.1\*Ni+0.19\*Cu+0.71\*Si-0.38\*Cr-17.71\*N+1.4\*Mo, 각 원소는 wt% 임)
- [0016] 한계드로잉비(limit drawing ratio)가 2.0이상일 수 있다.
- [0017] 상기 스테인리스강은 wt%로, Ni: 0.5% 미만, Cu: 0.5% 미만, Mo: 0.5% 미만을 더 포함하는 할 수 있다.
- [0018] 상기 스테인리스강은 wt%로, Ni: 0.3% 미만, Cu: 0.2% 미만, Mo: 0.1% 미만인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 상기 스테인리스강은 30℃의 3.5% NaCl 용액에서 측정된 임계 공식전위 값이 100mV 이상인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0020] 상기 스테인리스강으로 제조된 1.2mm 두께의 냉연소둔관으로부터 압연방향과 평행하기 gage length 25mm, 폭 6.25mm 인 시편을 상온에서 분당 10mm의 인장속도로 실시하여 파단까지 인장 연신율이 35~65%인 것을 특징으로 할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0021] 본 발명에 의한 듀플렉스 스테인리스강에 따르면 기존의 비규격 200계 스테인리스강 대비 값비싼 Ni, Cu, Mo를 별

도로 첨가하지 않아 원료비를 최소화하여 저가로 스테인리스강을 제조하면서도, 종래 200계 스테인리스강에 비해 내식성 및 지연과괴특성이 월등히 개선된 스테인리스강을 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022] 도 1은 오스테나이트와 페라이트 2상 조직으로 구성된 스테인리스강의 지연과괴 생성을 나타낸 사진이다.
- 도2는 표2의 1번~28번의 강으로 제조된 냉연소둔관에 대하여 페라이트 스코프로 측정된 페라이트 분율과 드로잉비(DR)가 2인 조건에서 측정된 귀발생 높이의 관계를 나타낸 그래프이다.
- 도3은 페라이트 예측분율과 Modified Md<sub>30</sub>를 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 드로잉비에 따른 지연과괴 발생여부를 나타낸 사진이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023] 여기서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0024] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 심가공 특성이 우수한 듀플렉스 스테인리스강에 대하여 설명하기로 한다.

[0026] 통상적으로 스테인리스강의 공식저항성은 공식저항(pitting corrosion resistance number; PREN)라고 불리우며, 일반적으로 Cr+3.3Mo+30N-Mn로 정의된다. 이때, Cr, Mo, Ni, Mo는 각 성분의 wt%를 의미한다. PREN 값이 높으면 공식저항성이 증가하므로, 200계 스테인리스강의 공식저항성을 개선하기 위해서는 무엇보다도 Cr의 증대 및 Mn의 감소가 필수적이다. 따라서, 본 발명의 중요한 특징인 성분이 페라이트 분율에 미치는 영향은 다음과 같은 "페라이트 예측분율(Φ)"수식으로 기술된다. 식 [1]로부터, Mn을 줄이고 Cr을 증대시키면 페라이트 예측분율이 증가함을 명확히 알 수 있다. 더불어, Ni, Cu, C, N은 Mn과 같이 오스테나이트 안정화 원소로서 작용하며, Si과 Mo은 Cr과 같은 페라이트 안정화 원소로서 작용하고 있음을 알 수 있다.

[0027] [식 1]

[0028] 
$$\Phi (\%) = -60.9-148*C-1.30*Mn-10.7*Ni-4.57*Cu+5.77*Si+7.20*Cr-144*N+11.4*Mo$$

[0029] 200계 스테인리스 강은 양식기 및 장식관 용도로 많이 사용된다. 특히 원통형으로 가공되는 양식 등의 용도에서는 심사공시 귀발생이 소재 수율을 결정하는 중요한 인자이다. 냉간압연으로 제조된 박판이 내부 결정립의 방향성 때문에 드로잉된 용기의 상단부 가장자리 주위에 귀모양 또는 부채꼴의 가장자리를 형성하는 것을 귀발생(Earring)이라고 한다. 드로잉 후, 귀발생이 심하게 발생하면 잘라내야 하므로, 과도한 귀발생은 판재의 효율적 사용을 저해하여, 실수율을 낮추는 인자이다. 귀발생의 원인은 미세조직을 구성하는 금속학적 상(phase)의 결정립들이 방향성 배열을 갖기 때문으로 알려져 있다. 결정립들이 방향성 배열을 가지면, 그 결과로 소성이방성(plastic anisotropy)이 심화된다

[0030] 소성이방성(plastic anisotropy)를 평가하기 위해, 일반적으로 r-value라고 불리우는 랭크포드 계수(Lankford coefficient)가 측정된다. Lankford coefficient는 길이방향과 폭방향으로의 변형량을 측정할 수 있도록 2개의

extensometer를 장착한 인장시험을 통하여 평가되며, 다음과 같이 정의된다.

[0031] [식 2]

[0032] 
$$r = \epsilon_w / \epsilon_t = \epsilon_w / -(\epsilon_w + \epsilon_L)$$

[0033] 여기서  $\epsilon_w$ 는 폭방향,  $\epsilon_L$ 는 길이방향 그리고  $\epsilon_t$ 는 두께방향 strain을 의미한다. 상기의 r값을 판재의 압연방향에 대하여 0도, 45도 그리고 90도 방향에서 측정하면 Dr로 정의되는 평면이방성(planar anisotropy)을 계산할 수 있다.

[0034] [식 3]

[0035] 
$$\Delta r = (r_0 - 2r_{45} + r_{90})/2$$

[0036] 원통형의 심가공(deep drawing) 도중에 발생하는 귀발생(earring)은  $\Delta r$ 이 크면 심하게 발생하고,  $\Delta r$ 의 부호에 따라서  $\Delta r$ 이 양수이면 귀발생이 압연방향(0도)과 압연수직방향(90도)으로 발생하고,  $\Delta r$ 이 음수이면, 귀발생은 압연방향으로부터  $\pm 45$ 도 에서 주로 발생한다. 따라서 귀발생 양을 줄이기 위해서는  $\Delta r$ 이 0에 근접하도록 소재의 집합조직(texture)을 제어하여야 한다. 일반적으로 페라이트계 스테인리스강에서 귀발생은 냉간압하량의 크기 및 냉간압연-소둔으로 이루어지는 단위공정의 적용횟수 그리고 냉간압연 후 실시되는 소둔온도 및 소둔시간과 같은 공정변수에 의하여 결정되며, 페라이트계 스테인리스강의 소성이방성이 오스테나이트계 스테인리스강 대비 매우 큰 것으로 알려져 있다.

[0037] 본 발명에서는 식 1로 예측되는 페라이트 분율이 10초과 60 미만에 해당하는 스테인리스강에 대하여, 귀발생에 미치는 제어인자에 대한 조사를 실시하였으며, 그 결과 기존의 페라이트 스테인리스강에서의 결과와는 상이하게 합금의 성분이 귀발생을 제어함을 확인할 수 있었다. 본 발명의 중요한 특징인 성분이 귀발생에 미치는 영향은 하기의 식 4와 같은 "귀발생 예측지수(mm)" 수식으로 기술되며, "귀발생 예측지수" 값이 크면,  $\Delta r$ 이 커서 귀발생이 심하게 발생함을 나타낸다.

[0038] [식 4]

[0039] 
$$\text{귀발생예측지수(mm)} = 12.41 - 18.2 * C + 0.05 * Mn + 0.1 * Ni + 0.19 * Cu + 0.71 * Si - 0.38 * Cr - 17.71 * N + 1.4 * Mo$$

[0040] 식 4에서 C, Mn, Ni, Cu, Si, Cr, N, Mo는 각 성분의 함량(wt%)를 의미한다. 상기한 식 4로부터 귀발생을 최소화시키기 위해서는 Mn, Ni, Cu, Si, Mo의 함량을 최소화하여야 함을 알 수 있다. 상기한 5가지 원소 중에서 Ni, Cu, Mo는 고가의 원소이므로, 값싼 비규격 200계 스테인리스강을 대체할 목적을 위해서는 Ni, Cu, Mo를 첨가하지 않는 것이 바람직하다. 일반적으로 스테인리스강은 스크랩을 원료로 사용하므로 Ni, Cu, Mo를 첨가하지 않더라도 스크랩을 통하여 미량의 혼입이 가능하다. 따라서, 본 발명에서는 Ni, Cu, Mo를 고의로 첨가하지 않지만, 불순물로의 함량을 고려하여 각각 0.5%(중량%) 이하로 존재할 수 있다.

[0041] 지연파괴(Delayed Cracking)는 소성변형에 의하여 마르텐사이트 상이 생성되는 준안정 오스테나이트계 스테인리스 강으로 제조된 성형품에서 일정시간 경과 후에 발생하는 균열(cracking) 현상을 지칭한다. 도 1은 오스테나이트와 페라이트 2상 조직으로 구성된 스테인리스강의 지연파괴 생성을 나타낸 사진이다.

[0042] 거시적으로 지연파괴 크랙은 압연방향(0도)과 압연수직방향(90도)으로 발생함을 알 수 있다. 그러나 실제로 상세히 크랙의 발생위치를 상세히 관찰해보면 귀발생 부위의 골(ridge)과 산(trough)의 경계부에서 크랙의 전파가 시작함을 확인할 수 있다. 따라서, 귀발생은 지연파괴의 크랙생성을 조장하는 인자로 판단되므로 지연파괴 억제 관점에서도 귀발생은 최소화되어야 한다.

[0043] 전술한 바와 같이 200계 스테인리스 강은 양식기 용도로 사용되면서 지연파괴가 용이하게 발생하는 단점 때문에



보다 광범위한 적용이 제한받고 있다. 200계 스테인리스 강의 지연파괴는 오스테나이트상의 안정도가 작을 경우에 심하게 발생하는 것으로 잘 알려져 있다.

[0044] 한 예로, 200계강의 지연파괴에 관한 공개특허 WO2011/138503 A1에서는 지연파괴(delayed cracking)을 완화하고 과단없이 성형이 가능한 최대의 드로잉비(drawing ratio)인 한계드로잉비(limit drawing ratio)를 향상시키기 위해서 오스테나이트 안정도를 증대시켜, 성형시 미세조직내에 형성되는 소성유기 마르텐사이트(plasticity-induced martensite)의 형성을 억제시키는 것이 중요함을 제시하고 있다.

[0045] 니켈함량이 낮은 비규격 200계 스테인리스 강에서 지연파괴 없이 심가공을 하기 위한 방법으로 온간성형 방법이 특별히 채용하고 있는 이유도 바로 온도를 높여 성형도중에 발생하는 소성유기 마르텐사이트의 생성을 최대한 억제하기 위함이다.

[0046] Nohara 등은 단상 오스테나이트계 스테인리스강인 304, 301강에 대하여,  $Md_{30}$ 이라고 불리는 오스테나이트 조직의 안정도를 예측하는 수식을 제안한 바 있다("Composition and Grain Size Dependencies of Strain-induced Martensitic Transformation in Metastable Austenitic Stainless Steels", Tetsu-to-Hagane, page 212-222, No. 5, 1977).  $Md_{30}$ 은 진변형율(true strain)로 30%를 가했을 때에 마르텐사이트상이 50% 생기는 온도예측식을 의미하며, Nohara 등은 아래와 같은 수식을 제안하였다.

[0047] [식 5]

[0048]  $Md_{30}(^{\circ}C)=551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-13.7Cr-29(Ni+Cu)-18.5Mo-68Nb$

[0049] 식 5에서 C, N, Si, Mn, Cr, Ni, Cu, Mo, Nb는 각 성분의 함량(wt%)를 의미한다. 상기한 식 5의 물리적 의미는  $Md_{30}$ 값이 높아지면 오스테나이트의 안정도가 저하되어 소성변형에 의하여 마르텐사이트가 많이 생성된다는 것이다.

[0050] 따라서, 소성변형에 의하여 마르텐사이트 상이 생성되는 준안정 오스테나이트 상으로 구성된 소재의 지연파괴를 개선하기 위해서는  $Md_{30}$ 의 값이 낮아지도록 성분을 조절하는 것이 지연파괴 저항성을 증대시키는 일반적인 방법으로 알려져 있다.

[0051] 본 발명에서는 오스테나이트와 페라이트로 구성된 2상 복합조직의 스테인리스 강에서 지연파괴 크랙의 발생과 전파에 미치는 페라이트 분율의 영향을 조사하였다. 그 결과 페라이트 분율이 증가하면 지연파괴 저항성이 개선됨을 확인할 수 있었다. 본 연구자들은 이러한 현상에 대한 원인을 고찰함에 있어서, 페라이트 분율이 증가하면 성형된 심가공 제품의 잔류응력이 감소되어 지연파괴 발생의 구동력(driving force)인 잔류응력이 감소할 것이라고 추정하였다. 그 이유는 단상의 준안정 오스테나이트 상으로만 구성된 조직강에서는 변형에 의한 가공경화가 심하여, 심가공 후에 잔류응력이 높게 형성될 것이나, 페라이트 상이 일부 존재하면 가공경화가 낮은 페라이트 상의 특성으로 잔류응력이 상승하는 것을 억제하는 효과가 있을 것이라고 판단하였다.

[0052] 이 같은 추론으로부터, 오스테나이트와 페라이트로 구성되는 2상의 복합조직강에서 지연파괴의 발생은 주로 오스테나이트 안정도와 페라이트 분율에 의하여 결정될 것이라고 판단하고, 다양한 성분강에 대한 실험을 실시하였으며, 그 결과로 페라이트 상분율의 증가가 지연파괴 저항성을 향상시킨다는 것을 확인할 수 있었다.

[0053] 본 발명의 중요한 특징인 페라이트 상분율이 지연파괴저항성에 미치는 영향은 다음과 같은 메커니즘으로 요약될 수 있다. 본 발명이 제안하는 메커니즘은"오스테나이트와 페라이트로 구성된 2상 미세조직 강에서의 지연파괴는  $Md_{30}$ 값으로 표현되는 오스테나이트 상의 불안정도가 임계의  $Md_{30}$ 값(Critical  $Md_{30}$ ) 보다 클 경우에 발생하며, 이때 임계의  $Md_{30}$ 값은 페라이트 분율의 함수이며, 페라이트 분율과 양의 상관관계를 갖는다" 는 것이다.

[0054] 상기한 메커니즘은 다음과 같은 수식으로 표현될 수 있다.

[0055] 먼저, 단상의 오스테나이트 합금에 대하여 제안된  $Md_{30}$  예측수식(Nohara Equation)에 페라이트 분율을 개량하여 오스테나이트와 페라이트로 구성된 2상 미세조직 강에서 적용가능한 한 오스테나이트 상의  $Md_{30}$  을 다음과 같이 제안한다..



- [0056] [식 6]
- [0057] 
$$\text{Modified Md}_{30} = 551 - [462 * (\text{C} + \text{N}) / (1 - 0.01 * \Phi)] - 9.2 * \text{Si} - 8.1 * \text{Mn} - 13.7 * \text{Cr} - 29 * \text{Ni} - 29 * \text{Cu} - 18.5 * \text{Mo}$$
- [0058] 식 6에서  $\Phi$ 는 식 1에서 정의한 페라이트 예측분율(%)이다. 식 6은 페라이트 상에서 C와 N의 고용도는 매우 낮기 때문에, 페라이트가 미세조직에 도입될 경우에, 오스테나이트 상으로 C와 N이 농화되어  $\text{Md}_{30}$ 이 낮아지는 효과를 반영하고 있다.
- [0059] 페라이트 상분율의 증가가 지연과괴 저항성을 증대시키는 효과는, 지연과괴가 촉발되는 임계의  $\text{Md}_{30}$  (Critical  $\text{Md}_{30}$ )이 페라이트 예측분율( $\Phi$ )과 양의 상관관계를 가짐을 의미하며, 한계드로잉비(Limit Drawing Ratio)가 1.9일 경우에 다음과 같이 실험적으로 결정된다.
- [0060] [식 7]
- [0061] 
$$\text{Critical Md}_{30} = 2 * \Phi - 20$$
- [0062] 식 6과 식 7로부터, 일정 페라이트 분율에서 발생하는 지연과괴는 다음의 조건이 충족될 경우에 발생하는 것으로 표현될 수 있다.
- [0063] [식 8]
- [0064] 
$$\text{Modified Md}_{30} > \text{Critical Md}_{30}$$
- [0065] 이하, 본 발명에서 사용되는 성분의 함량과 그 함량의 수치한정이유를 설명한다. 이하 특별한 언급이 없는 한 성분의 함량은 wt%이다.
- [0066] C: 0.01~0.17%
- [0067] C는 오스테나이트 형성 원소로 Nirhk 같은 고가의 원소를 대신하여 사용될 수 있다. 그러나, 과다 첨가시 페라이트-오스테나이트 상 경계에서 내식성에 유효한 Cr과 같은 탄화물 형성 원소와 쉽게 결합하여 결정립계 주위의 Cr 함량을 낮추어 내부식성을 감소시키기 때문에 과도한 내식성 저하를 막기 위해서 그 함량을 0.01~0.17%로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0068] Mn: 3~11%
- [0069] Mn은 탈산제 및 질소 고용도를 증가시키는 원소이며, 오스테나이트 형성 원소로 고가의 Ni 대체용으로 사용되는 경우, 그 함량이 과도하면 내식성 확보가 어려워진다. 또한, Mn의 함량이 1% 미만인 경우, 오스테나이트 형성 원소인 Ni, Cu, N 등을 조절하여도 적절한 오스테나이트 상분율을 확보하기가 어렵다. 따라서, Mn의 함량을 3~11%로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0070] Ni: 미첨가
- [0071] Ni은 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. 고가인 Ni로 인한 제품의 제조 비용이 상승되는 것을 방지하고, 매우 저가의 200계 스테인리스 강을 대체하기 위해서 본 발명에서는 별도로 첨가하지 않는다. 그러나, Ni는 불순물로서 0.5%까지 함유될 수 있다.

- [0072] Cu: 미첨가
- [0073] Cu는 가공 유기 마르텐사이트상의 생성에 기인하는 가공 경화를 억제하고, 오스테나이트계 스테인레스강의 연질화에 기여하는 원소이다. 그러나 가격이 비싼 단점이 있다. 고가인 Cu로 인한 제품의 제조 비용이 상승되는 것을 방지하고, 매우 저가의 200계 스테인리스 강을 대체하기 위해서 본 발명에서는 별도로 첨가하지 않는다. 그러나, Cu는 불순물로서 0.5%까지 함유될 수 있다.
- [0074] Si: 0.2~1.0%
- [0075] Si는 탈산효과를 위하여 일부 첨가되며, 페라이트 형성 원소로 소둔 열처리 시 페라이트에 농화되는 원소이다. 따라서, 적절한 페라이트 상분을 확보를 위하여 0.1% 이상 첨가하여 한다. 그러나, 1.5% 이상의 과다한 첨가는 페라이트상의 경도를 급격히 증가시켜서 연신율을 저하시키며 제강공정에서 슬래그 유동성을 저하시키고, 산소와 결합하여 개재물을 형성하여 내식성에 저하시킨다. 따라서, Si 함량은 0.2~1.0%로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0076] Cr: 18~22%
- [0077] 크롬(Cr)은 Si와 함께 페라이트 안정화 원소로 페라이트상 확보에 주된 역할을 할 뿐만 아니라, 내식성 확보를 위한 필수 원소이다. 함량을 증가시키면 내식성이 증가하나 상분을 유지를 위하여 고가의 Ni이나, 기타 오스테나이트 형성원소의 함량을 증가시켜야 한다. 이에 따라, Cr의 함량은 18~22%로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0078] N: 0.05~0.25%
- [0079] N는 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 꾀할 수 있다. 그러나 N 함량이 과다하면, 질소 고용도 초과에 의한 주조공정에서 질소포어(Nitrogen Pore) 발생에 의한 표면 결함 유발로 강의 안정된 제조가 어렵게 된다. 따라서, N의 함량은 0.05~0.25%로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0080] Mo: 미첨가
- [0081] Mo은 Cr과 함께 페라이트를 안정화 하면서 내식성 개선에 매우 유효한 원소이다. 그러나 가격이 매우 비싼 단점이 있다. 고가인 Mo로 인한 제품의 제조 비용이 상승되는 것을 방지하고, 매우 저가의 200계 스테인리스 강을 대체하기 위해서 본 발명에서는 별도로 첨가하지 않는다. 그러나, Mo는 불순물로서 0.5%까지 함유될 수 있다.
- [0082] 이하, 실시예를 통하여 본 발명에 대해 보다 자세히 설명한다. 하기 표1및 표2에는 실험강종에 대한 주요한 합금 조성과 실험결과를 나타내었다. 표1에 나타낸 강종(발명예, 비교예)을 각각 진공유도 용해로에서 약 140mm두께의 50kg잉곳의 형태로 주조하였다. 주조된 잉곳은 약1250℃의 가열로에서 약3시간 숙열과정을 거친 후, 판폭 200mm, 두께 4mm의 최종 size로 열간압연을 하였으며, 열간압연 후 공냉하였다. 공냉된 열간압연판에 대하여 1100℃의 온도에서 1분간 열연소둔을 실시하였으며, 산세후 1.2t까지 냉간압연하였다. 냉간압연판을 1100℃의 온도에서 30초간 냉연소둔하고 산세하여 실험에 사용되는 시편을 준비 하였다.

**표 1**

[0084]

강종	C	Mn	Ni	Cu	Si	Cr	N	Mo	비교
----	---	----	----	----	----	----	---	----	----

1	0.081	6.00	1.00	2.50	0.50	19.10	0.085	0.00	비교예
2	0.072	7.10	1.00	2.50	0.50	19.00	0.085	0.00	
3	0.106	9.90	0.00	1.50	0.50	18.70	0.107	0.00	
4	0.097	10.20	0.00	2.00	0.50	18.60	0.099	0.00	
5	0.158	9.70	0.00	2.10	0.50	18.60	0.059	0.00	
6	0.100	10.00	0.00	2.00	1.00	18.50	0.105	0.00	
7	0.069	4.03	0.90	2.02	0.54	19.50	0.118	0.00	
8	0.024	1.80	2.05	0.70	0.72	21.41	0.179	0.63	
9	0.071	4.07	0.97	2.03	0.47	19.43	0.131	0.00	
10	0.068	4.01	0.95	2.01	0.49	20.00	0.129	0.00	
11	0.153	10.20	0.00	2.00	1.00	18.70	0.049	0.00	
12	0.070	3.98	0.95	1.98	0.49	21.20	0.129	0.00	
13	0.068	2.00	2.00	2.00	0.50	18.90	0.110	0.00	
14	0.070	4.20	2.00	2.00	0.50	19.10	0.130	0.00	
15	0.071	4.20	1.00	2.00	0.50	19.00	0.121	0.00	
16	0.074	3.00	1.00	3.10	0.50	19.00	0.116	0.00	
17	0.095	10.10	0.00	1.50	0.50	17.90	0.137	0.00	
18	0.072	7.20	0.00	0.00	0.52	18.96	0.183	0.00	
19	0.068	5.85	0.00	0.00	0.49	18.91	0.184	0.00	
20	0.076	4.81	0.00	0.00	0.54	19.02	0.183	0.00	
21	0.098	9.30	0.00	0.00	0.58	19.87	0.189	0.00	
22	0.100	8.00	0.00	0.00	0.56	20.01	0.171	0.00	
23	0.073	7.06	0.00	0.00	0.51	20.07	0.202	0.00	
24	0.069	7.00	0.00	0.00	0.49	21.08	0.197	0.00	
25	0.072	6.00	0.00	0.00	0.49	20.01	0.175	0.00	
26	0.071	6.06	0.00	0.00	0.50	21.49	0.189	0.00	
27	0.070	4.90	0.00	0.00	0.50	20.07	0.200	0.00	
28	0.065	5.10	0.00	0.00	0.48	21.00	0.197	0.00	
29	0.082	8.50	1.03	1.54	0.54	15.65	0.198	0.00	비교예

- [0085] 각 시편의 페라이트 분율은 1.2mm 두께의 냉연소둔상태의 소재에 대하여 페라이트스코프(Ferritescope)를 사용하여 계측하였다. 페라이트스코프는 소재의 자성을 활용하여 페라이트 상의 함량을 측정하는 기기이며, Fisher사의 Ferritescope MP30을 사용하여 측정된 결과이다.
- [0086] 각 시편의 인장강도를 측정하기 위해 1.2mm 두께의 냉연소둔관으로부터 압연방향과 평행하게 시편길이(gage length) 25mm, 폭 6.25mm의 시편을 채취하여, 분단 10mm의 인장속도로 상온 인장시험을 실시하여 파단까지의 인장시험 특성을 측정하였다.
- [0087] 또한 각 시편의 소성이방성(plastic anisotropy)를 평가하기 위해, 일반적으로 r-value라고 불리우는 Lankford coefficient를 측정하였다. 이를 위해 JIS 13B 시험편을 사용하였으며, 상온에서 20% 인장 후에 r-value를 측정하였다.
- [0088] 냉연소둔관으로부터 직경(블랭크 지름)이 100mm의 크기로 원형의 시험편을 방전가공하고, 이 시험편을 편치직경 50mm, 블랭크 홀딩력(Balnk Holing Force) 1ton의 조건으로 상온에서 원통의 컵형태로 드로잉하였다. 원통의 컵으로 드로잉된 시편에 발생한 귀의 산에 해당하는 최대높이와, 귀의 골에 해당하는 최소높이를 측정하였으며, 산의 최대높이에서 골의 최소높이를 뺀 값을 귀발생(실측)으로 정의하였다.
- [0089] 블랭크 지름을 편치 직경으로 나눈 값인 드로잉비(Drawing Ratio; DR)에 따른 지연과괴 양상을 비교하여 판별하기 위하여, 지름이 100mm, 95mm, 90mm의 블랭크에 대한 상온 심가공성 평가도 함께 진행하였다. 드로잉비에 따른 지연과괴 양상을 확인하기 위해 심가공 후, 30일 지난 후에 지연과괴 크랙의 생성여부를 육안으로 확인하였다.

표 2

시편 번호	페라이트 분율 (실측)	귀발생 (실측)	페라이트 예측분율	귀발생 예측지수	Modified Md <sub>30</sub> (A)	Critical Md <sub>30</sub> (B)	A-B	LDR	비고
1	27.0	4.3	25.4	3.4	31.9	30.7	1.2	≥ 1.9	비교예
2	27.0	4.2	24.5	3.7	31.0	29.1	1.9	≥ 1.9	
3	28.0	2.2	25.8	2.6	33.9	31.6	2.3	≥ 1.9	
4	26.0	2.9	24.9	3.1	30.4	29.8	0.6	≥ 1.9	
5	22.0	2.9	21.8	2.7	23.9	23.6	0.2	≥ 1.9	
6	28.0	3.1	26.0	3.3	21.3	32.0	-10.7	≥ 1.9	
7	30.2	3.1	31.3	2.7	35.9	42.6	-6.7	≥ 1.9	
8	47.8	2.3	47.8	2.5	-34.5	75.6	-110.1	≥ 1.9	
9	26.2	2.3	27.4	2.4	31.9	34.8	-2.9	≥ 1.9	
10	29.6	2.3	32.7	2.3	18.9	45.4	-26.5	≥ 1.9	
11	25.0	2.9	27.4	3.3	16.4	34.8	-18.4	≥ 1.9	
12	35.8	0.8	41.2	1.8	-17.6	62.5	-80.1	≥ 1.9	
13	19.0	2.4	19.0	3.1	53.7	18.0	35.7	< 1.8	
14	16.0	2.5	14.4	2.7	26.7	8.9	17.9	< 1.8	
15	24.0	2.6	25.6	2.8	45.9	31.1	14.8	< 1.8	
16	25.0	3.3	22.4	3.0	29.8	24.7	5.1	< 1.8	
17	15.0	2.1	17.1	2.6	46.6	14.2	32.4	< 1.8	
18	27.3	1.7	32.2	1.4	54.3	44.5	9.8	< 1.8	
19	33.1	1.5	33.9	1.4	63.9	47.8	16.0	< 1.8	
20	37.5	1.4	35.3	1.2	61.5	50.6	10.9	< 1.8	
21	32.2	1.0	31.7	0.6	4.0	43.4	-39.4	≥ 2.0	발명예
22	38.8	0.5	36.6	0.8	9.5	53.2	-43.7	≥ 2.0	
23	36.1	1.3	37.5	0.6	11.0	55.0	-44.0	≥ 2.0	
24	46.1	0.4	46.0	0.4	-26.7	72.0	-98.7	≥ 2.0	
25	40.3	0.4	42.3	1.0	25.8	64.7	-38.9	≥ 2.0	
26	51.9	0.8	51.1	0.3	-42.8	82.2	-125.0	≥ 2.0	
27	43.6	0.4	41.0	0.6	20.5	61.9	-41.4	≥ 2.0	
28	51.7	0.2	48.5	0.4	-17.2	76.9	-94.1	≥ 2.0	
29	0.1	0.4	0.0	-	58.9	-	-	< 1.8	비교예

[0091] 표2에 비교한 실험소재들은 29번 강을 제외하고 페라이트 스코프로 측정된 페라이트 분율이 10~60%에 해당한다. 29번 강은 1%Ni-1.5%Cu를 함유한 200계강으로 본 발명강과 비교할 목적으로 나타내었다.

[0092] 도2는 표2의 1번~28번의 강으로 제조된 냉연소둔판에 대하여 페라이트 스코프로 측정된 페라이트 분율과 드로잉비(DR)가 2인 조건에서 측정된 귀발생 높이의 관계를 나타낸 그래프이다. 도2를 참조하면, 귀발생 높이가 2mm 이하로 우수한 특성을 나타내는 다수의 소재들이 25~55%의 페라이트 분율을 가지고 있음을 알 수 있다. 귀발생(실측)이 2mm로 낮은 소재들은 식 4로 정의되는 표2의 귀발생 예측지수의 값이 2이하인 경우에 해당된다. 표2에서 Ni과 Cu가 미첨가된 강에서 귀발생이 낮게 발생하는 것을 확인할 수 있다.

[0093] 실험강종의 지연과피 저항성을 판단하는 지표들을 표2에 함께 나타내었다. 식[1]의 페라이트 예측분율, Modified Md<sub>30</sub> 그리고 한계드로잉비(LDR) 1.9에서 지연과피 발생의 판단기준인 Critical Md<sub>30</sub>을 함께 나타내었다. 또한, 실험적으로 평가된 한계드로잉비(LDR)의 범위를 표2에 표기하였다.

[0094] 13~20번까지의 2상 미세조직강과 29번의 단상 오스테나이트계 200계 스테인리스 강들은 LDR이 1.8 미만으로 지연과피 저항성이 가장 낮게 평가되었다. 반면에 본 발명예의 경우에는 LDR이 2.0 이상으로 평가되어 지연과피 저항성이 29번의 단상 오스테나이트계 200계 스테인리스 강 대비 월등히 우수함을 확인할 수 있다. 이러한 지연과피 저항성의 큰 차이는 식 8로 기술되는 Modified Md<sub>30</sub>과 Critical Md<sub>30</sub>의 차이(표2의 A-B항목)로 확인될 수 있다. 지연과피 저항성이 우수한 21~28번의 강들의 경우에는 매우 큰 음수의 값을 보이는 반면에, 지연과피 저항성이 극히 열위한 16~20번의 강들은 양수의 값을 보이는 큰 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다

[0095] 페라이트 상분율이 지연파괴 저항성에 미치는 효과는 [표2]에서 분명하게 확인된다. 14번 강은 LDR이 1.8 미만으로 매우 지연파괴 저항성이 열위한 강이다. 14번 강의 Modified Md<sub>30</sub> 값은 26.7이며, 이 값은 25번 강의 Modified Md<sub>30</sub> 값인 25.8과 매우 유사하다. 그러나 25번 강의 LDR은 2이상으로 14번 강 대비 월등한 우수한 지연파괴 저항성을 나타내고 있다. 그 이유는 본 발명에서 핵심적으로 주장하는 Critical Md<sub>30</sub>의 차이에 기인한다. 25번 강은 페라이트 함량이 높아 Critical Md<sub>30</sub>이 14번 강 대비 더욱 상승하여, 14번과 유사한 Modified Md<sub>30</sub> 값을 가지더라도, DR 1.9 조건에서는 지연파괴를 나타내지 않는 것을 의미하고 있다.

[0096] 본 발명에서는 LDR 1.9에서의 Critical Md<sub>30</sub> 예측수식으로 2\*Φ-20을 제안하였다. 그 제안 배경을 도3에 나타내었다. 도3은 표2에서 단상 오스테나이트계 200계 스테인리스 강인 29번을 제외하고, 모든 강(1~28번)의 지연파괴 제어인자(즉, 페라이트 예측분율과 Modified Md<sub>30</sub>)를 나타내고있다. LDR이 1.8미만의 데이터와 LDR이 1.9 이상인 데이터들의 경계로부터 LDR 1.9에 대한 Critical Md<sub>30</sub> 선을 결정할 수 있다.

[0097] 표3를 통하여 본 발명에서 우수한 지연파괴 저항성을 보유한 Ni, Cu 미첨가강에 대하여 보다 상술하고자 한다.

표 3

ID	드로잉비 (DR)			지연파괴 (Delayed Cracking)				
	1.8	1.9	2	페라이트 예측분율	Modified Md <sub>30</sub> (A)	Critical Md <sub>30</sub> (B)	A-B	LDR
18	X	X	X	32.2	54.3	44.5	9.8	< 1.8
19	X	X	X	33.9	63.9	47.8	16.0	< 1.8
20	X	X	X	35.3	61.5	50.6	10.9	< 1.8
21	0	0	0	31.7	4.0	43.4	-39.4	≥ 2.0
22	0	0	0	36.6	9.5	53.2	-43.7	≥ 2.0
23	0	0	0	37.5	11.0	55.0	-44.0	≥ 2.0
24	0	0	0	46.0	-26.7	72.0	-98.7	≥ 2.0
25	0	0	0	42.3	25.8	64.7	-38.9	≥ 2.0
26	0	0	0	51.1	-42.8	82.2	-125.0	≥ 2.0
27	0	0	0	41.0	20.5	61.9	-41.4	≥ 2.0
28	0	0	0	48.5	-17.2	76.9	-94.1	≥ 2.0
29	X	X	X	0.0	58.9	-	-	< 1.8

[0099] (0:양호, X:과단)

[0100] 표3의 18~20번 소재는 Ni과 Cu를 포함하지 않는 강이지만, 지연파괴 저항성은 단상 오스테나이트계 200계 스테인리스 강인 29번과 유사하였다. 반면에 21~28번은 Ni과 Cu를 포함하지 않으면서도, 29번 대비 매우 우수한 지연파괴 저항성을 보인다(도4 참조).

[0101] 즉, 18~28번까지의 소재의 성분은 큰 차이가 없어 보이지만, 18~20번(비교예)과 21~28번(발명예) 강들 사이에서는 지연파괴 거동에서는 매우 큰 차이를 보이고 있다. 이는 본 발명의 가장 두드러진 기술적 특성을 반증하여 주는 것으로, 지연파괴 저항성이 우수한 오스테나이트와 페라이트로 구성된 2상 복합조직강을 제공하기 위해서는 본 발명에서 제안한 지연파괴 발생 메카니즘에 근거하여, 지연파괴에 미치는 페라이트 분율의 영향을 반드시 고려하여, 성분을 설계해야 가능함을 의미한다.

[0102] 표4에 본 발명예에 해당하는 강들의 재질을 정리하였다.

표 4

[0103]

시편 번호	r0	r45	r90	Δr	귀발생 (실측)	연신율 (% L)	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	공식전위 (mV)	비고
21	0.8	0.89	0.76	-0.11	1	45	462	734	227	발명예
22	0.78	0.84	0.8	-0.05	0.5	47	454	721	164	
23	0.77	0.86	0.76	-0.1	1.3	53	542	834	204	
24	0.77	0.78	0.82	0.02	0.4	43	520	759	177	
25	0.74	0.87	0.78	-0.11	0.4	54	518	859	216	
26	0.78	0.69	0.87	0.13	0.8	41	503	734	132	
27	0.74	0.87	0.79	-0.11	0.4	54	516	863	259	
28	0.76	0.69	0.86	0.12	0.2	47	504	750	257	
29	1.1	1.09	0.71	-0.19	0.4	60	392	748	107	비교예

[0104]

전술한 바와 같이, 본 발명에 따르면 1%이하의 Ni을 함유한 비규격 200계 스테인리스강을 대체하기 위하여, 값 비싼 Ni과 Cu의 함량을 미첨가하여(불순물 수준) 원료비를 최소화하면서, 내식성 그리고 지연파괴특성이 월등히 개선된 2상 복합조직의 스테인리스 판재를 제공할 수 있다. 표4에서 극명히 알 수 있는 바와 같이, 29번의 200계 스테인리스강 대비하여, 발명예 강들의 공식전위가 월등하게 높은 값으로 측정된 것으로부터, 내식성 관점에서 본 발명의 효과 또한 분명함을 나타내고 있다.

[0105]

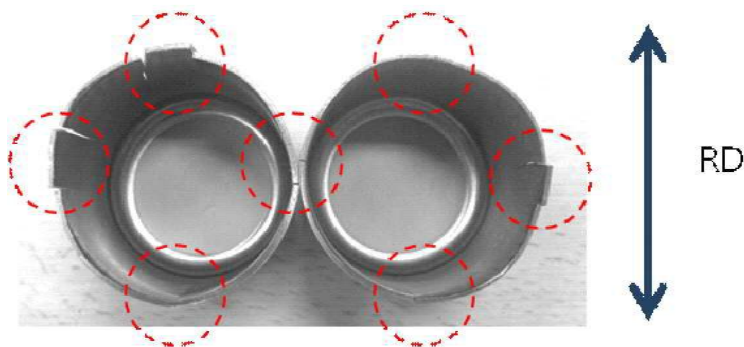
이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0106]

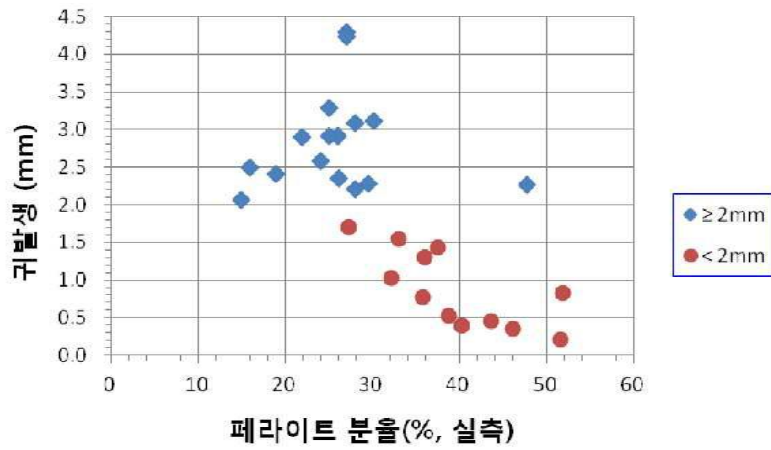
그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변경된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

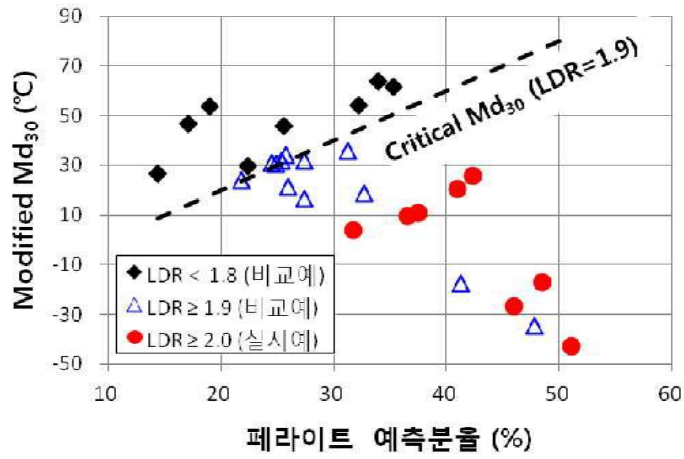
도면1



도면2



도면3





도면4

시료번호	DR=1.8	DR=1.9	DR=2.0
23			
29			