



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월20일
(11) 등록번호 10-2102512
(24) 등록일자 2020년04월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/44 (2013.01)
C22C 38/001 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7000881
- (22) 출원일자(국제) 2015년06월11일
심사청구일자 2017년01월11일
- (85) 번역문제출일자 2017년01월11일
- (65) 공개번호 10-2017-0016487
- (43) 공개일자 2017년02월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/FI2015/050415
- (87) 국제공개번호 WO 2015/193542
국제공개일자 2015년12월23일
- (30) 우선권주장
20145575 2014년06월17일 핀란드(FI)
- (56) 선행기술조사문헌
JP03082739 A*
JP05247592 A*
KR1020140052079 A*
JP2009052115 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
오토꿈뽀 오와이제이
핀란드 에프아이-00180 헬싱키 살미사렌란타 11
- (72) 발명자
올리버 제임스
스웨덴 에스-749 72 피에르드훈드라 심투나 올레 로케르 4
욘손 얀 와이
스웨덴 에스-774 41 아베스타 달라베엔 20 에이
- (74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 이상훈

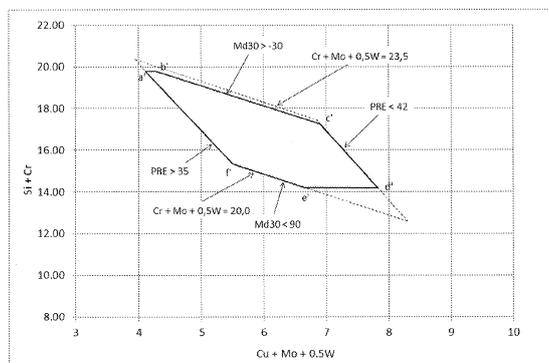
(54) 발명의 명칭 듀플렉스 스테인리스강

(57) 요약

본 발명은 TRIP 효과를 활용하는 높은 성형성 및 고 PRE 를 갖는 높은 내식성을 갖는 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강에 관한 것이다. 듀플렉스 스테인리스강은 0.04 중량% 미만의 탄소, 0.2 - 0.8 중량% 규소, 0.3 - 2.0 중량% 망간, 14.0 - 19.0 중량% 크롬, 2.0 - 5.0 중량% 니켈, 4.0 - 7.0 중량% 몰리브덴, 4.5

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



중량% 미만의 텅스텐, 0.1 - 1.5 중량% 구리, 0.14 - 0.23 중량% 질소, 잔부로 철과 스테인리스강에서 발생하는 불가피한 불순물을 함유한다. 또한, 중량% 로 크롬, 몰리브덴 및 텅스텐 함량들의 공동효과가 $20 < (Cr+Mo+0.5W) < 23.5$ 의 범위 내이고, 비 $Cr/(Mo+0.5W)$ 가 2 - 4.75 의 범위 내이다.

(52) CPC특허분류

C22C 38/004 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/04 (2013.01)

C22C 38/42 (2013.01)

C22C 38/58 (2013.01)

C21D 2211/001 (2013.01)

C21D 2211/005 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

TRIP 효과를 활용하는 높은 성형성 및 고 PRE (high pitting resistance equivalent) 의 고내식성을 갖는 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강으로서,

상기 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강은 0.04 중량% 미만의 탄소, 0.2 - 0.8 중량% 규소, 0.3 - 2.0 중량% 망간, 14.0 - 19.0 중량% 크롬, 2.0 - 5.0 중량% 니켈, 4.0 - 7.0 중량% 몰리브덴, 4.5 중량% 미만의 텅스텐, 0.1 - 1.5 중량% 구리, 0.14 - 0.23 중량% 질소, 잔부로 철과 스테인리스강에서 발생하는 불가피한 불순물을 함유하고,

중량% 로 크롬, 몰리브덴 및 텅스텐 함량들의 공동효과가 $20 < (Cr+Mo+0.5W) < 23.5$ 의 범위 내이고, 비 $Cr/(Mo+0.5W)$ 가 2 - 4.75 의 범위 내이고, PRE 값이 35 - 42 의 범위 내이고, 식 $(Mo + 0.5W)$ 에 따른 몰리브덴 (Mo) 함량과 텅스텐 (W) 함량의 합계가 7.0 중량% 미만이고,

측정 M_{430} 온도가 (-30 ℃) - (+90 ℃) 의 범위인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

900 - 1200 ℃ 의 온도 범위에서 열처리되는 때, 미세조직 중의 오스테나이트 상의 비율이 50 - 80 부피% 이고, 잔부가 페라이트인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

측정 M_{430} 온도가 0 ℃ - (+60 ℃) 의 범위인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

연신율 A_g 가 19 % 초과인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

변형 경화 지수 (strain hardening exponent) n 값이 $\epsilon = 10-15 \%$ 에서 0.2 초과인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

크롬 함량이 14.0 - 18.0 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

구리 함량이 0.1 - 0.7 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

몰리브덴 함량이 4.0 - 6.5 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

텅스텐 함량이 3.0 중량% 미만인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 10

삭제

청구항 11

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스테인리스강은 0.04 중량% 미만의 Al, 0.004 중량% 미만의 B, 0.004 중량% 미만의 Ca, 0.1 중량% 미만의 Ce, 1 중량% 이하의 Co, 0.1 중량% 이하의 Nb, 0.1 중량% 이하의 Ti, 0.2 중량% 이하의 V 중 하나 이상의 첨가 원소를 선택적으로 함유하는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 12

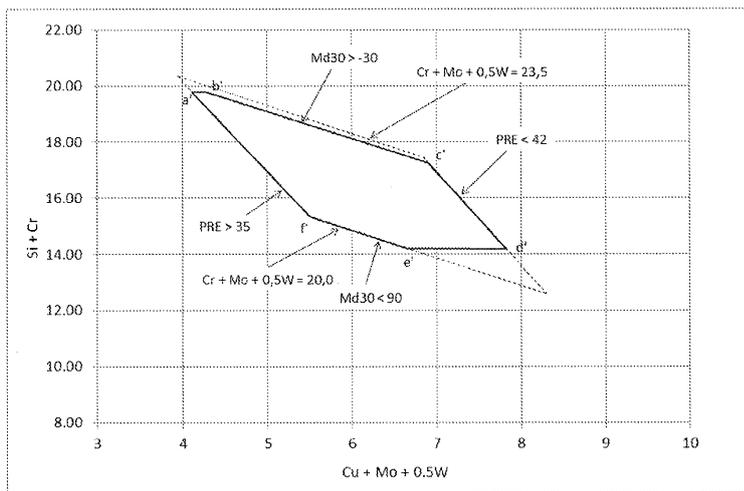
제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스테인리스강은 불가피한 불순물로서 합계 (S+P) 가 0.04 중량% 미만이라도 0.010 중량% 미만의 S, 0.040 중량% 미만의 P 를 함유하고, 총 산소 함량이 100 ppm 미만인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

아래의 도면



에서 영역 a', b', c', d' e' 및 f' 의 프레임 내에 놓이는 화학 조성 윈도우가 중량% 로 다음의 표시된 좌표 위치들

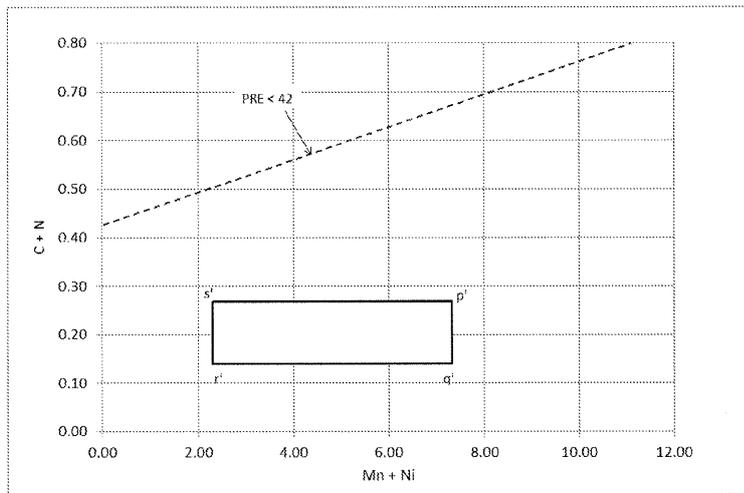
	Si+Cr %	Cu+Mo+0,5W %	C+N %	Mn+Ni %
a'	19,80	4,11	0,14	2,30
b'	19,80	4,29	0,14	2,30
c'	17,27	6,90	0,14	2,30
d'	14,20	7,86	0,27	7,00
e'	14,20	6,66	0,27	7,00
f'	15,32	5,50	0,27	7,00

로 규정되는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

아래의 도면



에서 영역 p', q' r' 및 s' 의 프레임 내에 놓이는 화학 조성 윈도우가 중량% 로 다음의 표시된 좌표 위치들

	Si+Cr %	Cu+Mo+0,5W %	C+N %	Mn+Ni %
p'	18,00	5,00	0,27	7,00
q'	16,00	5,30	0,14	7,00
r'	14,20	7,00	0,14	2,30
s'	17,30	6,80	0,27	2,30

로 규정되는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 강은 잉곳, 슬래브, 블룸, 빌릿, 플레이트, 시트, 스트립, 코일, 바아, 로드, 와이어, 프로파일과 셰이프, 이음매가 없는 용접된 튜브 및/또는 파이프, 금속 분말, 폼드 (formed) 셰이프 및 프로파일로서 생산되는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 16

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 TRIP (변태 유기 조성) 효과와 함께 높은 성형성, 높은 내식성 및 최적화된 PRE (pitting resistance equivalent) 를 갖는 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 (ferritic austenitic) 스테인리스강에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 변태 유기 소성 (TRIP) 효과는 부과된 응력 또는 변형의 결과로서 소성 변형 중의 준안정 잔류 오스테나이트의 마텐자이트로의 변태를 가리킨다. 이러한 특성은 TRIP 효과를 갖는 스테인리스강이 우수한 강도를 유지하면서 높은 성형성을 가질 수 있게 한다.
- [0003] EP 특허출원 2172574 및 JP 특허출원 2009052115 는 중량% 로 0.002 - 0.1 % C, 0.05 - 2 % Si, 0.05 - 5 % Mn, 17 - 25 % Cr, 0.01 - 0.15 % N, 선택적으로 5 % 미만 Ni, 선택적으로 5 % 미만 Cu, 선택적으로 5 % 미만 Mo, 선택적으로 0.5 % 미만 Nb 및 선택적으로 0.5 % 미만 Ti 를 함유하는 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강을 개시한다. M_d 온도는 강 중의 부피 분율이 10 - 50 % 인 오스테나이트 상의 화학 조성으로부터 다음 식
- [0004]
$$M_d = 551 - 462(C+N) - 9.2Si - 8.1Mn - 13.7 Cr - 29(Ni+Cu) - 18.5Mo$$
- [0005] 를 이용하여 계산되었다.
- [0006] M_d 온도는 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \leq M_d \leq 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 제한된다. 다음 식
- [0007]
$$PRE = \%Cr + 3.3*(\%Mo) + 10*\%N - \%Mn$$
- [0008] 을 이용하여 계산되는 PRE 는 18 이상이라고 기재되어 있다. EP 특허출원 2172574 및 JP 특허출원 2009052115 에서, Mo 함량은 단지 선택적이며, M_d 온도의 계산을 위해 전체 미세조직의 단지 10 - 50 부피%인 오스테나이트 상의 화학 조성에 기초한다.
- [0009] EP 특허출원 1715073 은 중량% 로 0.2 % 미만 C, 4 % 미만 Si, 12 % 미만 Mn, 15 - 35 % Cr, 3 % 미만 Ni, 0.05 - 0.6 % N, 선택적으로 4 % 미만 Cu, 선택적으로 4 % 미만 Mo, 선택적으로 0.5 % 미만 V 및 선택적으로 0.1 % 미만 Al 을 함유하는 오스테나이트 페라이트계 스테인리스강을 개시한다. 오스테나이트 상의 부피 분율은 10 내지 85 % 이고, 오스테나이트 상 중의 (C+N) 의 양은 0.16 내지 2 중량% 이다. EP 특허출원 1715073 은 또한 선택적인 원소로서 몰리브덴 (Mo) 을 갖는다.
- [0010] WO 특허출원 2011/135170 으로부터, 양호한 성형성 및 높은 연신율을 갖는 페라이트-오스테나이트계 스테인리스강의 제조 방법이 알려져 있고, 이 강은 중량% 로 0.05 % 미만 C, 0.2-0.7 % Si, 2-5 % Mn, 19-20.5 % Cr, 0.8-1.35 % Ni, 0.6 % 미만 Mo, 1 % 미만 Cu, 0.16-0.24 % N, 잔부로 철과 불가피한 불순물을 함유한다. WO 특허출원 2011/135170 의 스테인리스강은, 스테인리스강의 미세조직이 열처리된 상태에서 45 - 75 % 오스테나이트를 함유하고 나머지 미세조직이 페라이트가 되도록 열처리된다. 또한, 스테인리스강의 측정된 M_{d30} 온도는 스테인리스강의 성형성을 개선하도록 TRIP 효과를 이용하기 위해 0 내지 50 $^{\circ}\text{C}$ 로 조정된다.
- [0011] 또한, WO 특허출원 2013/034804 로부터, TRIP 효과를 이용하는 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강이 알려져 있고, 이 강은 0.04 중량% 미만 C, 0.7 중량% 미만 Si, 2.5 중량% 미만 Mn, 18.5-22.5 중량% Cr, 0.8-4.5 중량% Ni, 0.6-1.4 중량% Mo, 1 중량% 미만 Cu, 0.10-0.24 중량% N, 잔부로 철과 스테인리스강에서 발생하는 불가피한 불순물을 함유한다. 황은 0.010 중량% 미만, 바람직하게는 0.005 중량% 미만으로 제한되고, 인 함량은 0.040 중량% 미만이고, 황과 인의 합계 (S+P) 는 0.04 중량% 미만이고, 총 산소 함량은 100 ppm 미만이다. 듀플렉스 스테인리스강은 다음 중에서 하나 이상의 추가 원소를 선택적으로 함유한다: 알루미늄 함량은 0.04 중량% 미만으로 최대화되고, 바람직하게는 최댓값은 0.03 중량% 미만이다. 또한, 붕소, 칼슘 및 세륨이 선택적으로 소량 첨가된다: 붕소 및 칼슘의 경우 바람직한 함량은 0.003 중량% 미만이고 세륨의 경우 0.1 중량% 미만이다. 선택적으로 코발트는 니켈에 대한 부분 대체물로서 1 중량% 까지 첨가될 수 있고, 텅스텐은 몰리브덴의 부분 대체물로서 0.5 중량% 까지 첨가될 수 있다. 또한, 니오븀, 티타늄 및 바나듐 중의 하나 이상이 이 발명의 듀플렉스 스테인리스강에 선택적으로 첨가될 수 있고, 니오븀 및 티타늄의 함량은 0.1 중량% 이하로 제한되고, 바나듐 함량은 0.2 중량% 이하로 제한된다.
- [0012] WO 특허출원 2013/034804 에 따르면, PRE 는 양호한 내식성을 제공하도록 최적화되었고, 27-29.5 의 범위이다. 오스테나이트 상에서의 TRIP (변태 유기 소성) 효과는 양호한 성형성을 보장하기 위해 0-90 $^{\circ}\text{C}$ 의 범위, 바람직하게는 10-70 $^{\circ}\text{C}$ 의 범위에서 측정된 M_{d30} 온도에 따라 유지된다. 이 발명의 듀플렉스 스테인리스강의 미세조직에서 오스테나이트 상의 비율은, TRIP 효과에 유리한 상태를 생성하기 위해, 열처리된 상태에서 45-75 부피%, 유리하게는 55-65 부피% 이고, 잔부는 페라이트이다. 열처리는 900 내지 1200 $^{\circ}\text{C}$, 바람직하게는 950

내지 1150 °C 의 온도에서 용체화 어닐링, 고주파 유도 어닐링 또는 로컬 어닐링과 같은 상이한 열처리 방법들을 이용하여 수행될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명의 목적은, 종래 기술에 기재된 듀플렉스 스테인리스강의 특성을 향상시키는 것, 그리고 고 PRE 를 갖는 TRIP 효과를 활용하고 따라서 우수한 내식성을 제공하는 신규 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강을 획득하는 것이다. 본 발명의 본질적인 특징은 첨부된 청구항들에 기재된다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명에 따르면, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강은 0.04 중량% 미만 C, 0.2 - 0.8 중량% Si, 0.3 - 2.0 중량% Mn, 14.0 - 19.0 중량% Cr, 2.0 - 5.0 중량% Ni, 4.0 - 7.0 중량% Mo, 4.5 중량% 미만 W, 0.1 - 1.5 중량% Cu, 0.14 - 0.23 중량% N, 잔부로 철과 스테인리스강에서 발생하는 불가피한 불순물을 함유한다. 황은 0.010 중량% 미만, 바람직하게는 0.005 중량% 미만으로 제한되고, 인 함량은 0.040 중량% 미만이고, 황과 인의 합계 (S+P) 는 0.04 중량% 미만이고, 총 산소 함량은 100 ppm 미만이다.

[0015] 본 발명의 듀플렉스 스테인리스강은 다음 중 하나 이상의 첨가된 원소를 선택적으로 함유한다: 알루미늄 함량은 0.04 중량% 로 최대화되고, 바람직하게는 최댓값은 0.03 중량% 미만이다. 또한, 붕소, 칼슘, 세륨 및 마그네슘이 선택적으로 소량 첨가된다; 붕소 및 칼슘의 경우 바람직한 함량은 0.004 중량% 미만이고, 세륨의 경우 0.1 중량% 미만이고, 마그네슘의 경우 0.05 중량% 미만이다. 선택적으로 코발트는 니켈에 대한 부분 대체물로서 1 중량% 까지 첨가될 수 있다. 또한, 니오븀, 티타늄 및 바나듐 중의 하나 이상이 본 발명의 듀플렉스 스테인리스강에 선택적으로 첨가될 수 있고, 니오븀 및 티타늄의 함량은 0.1 중량% 이하로 제한되고, 바나듐 함량은 0.2 중량% 이하로 제한된다.

[0016] 본 발명에 따르면, 몰리브덴 함량을 4.0 - 7.0 중량% 의 범위로 증가시키면, 크롬 함량을 14.0 - 19.0 중량% 의 범위로 감소시킬 필요가 있다고 인지된다. 이러한 상태에서, 식 Cr+Mo+0.5W 로 계산되는 몰리브덴, 크롬 및 선택적인 텅스텐 함량 (중량%) 의 합계는 20 - 23.5 중량% 이고, 비 Cr/(Mo+0.5W) 가 2 - 4.75 이다.

[0017] 본 발명의 스테인리스강에 따르면, PRE 는 양호한 내식성을 제공하도록 최적화되었고, 35 - 42 의 범위에 있다. 오스테나이트 상에서의 TRIP (변태 유기 소성) 효과는 양호한 성형성을 보장하기 위해 -30 - +90 °C 의 범위, 바람직하게는 0 - +60 °C 의 범위에서 측정된 M_{d30} 온도에 따라 유지된다. TRIP 효과에 대한 오스테나이트 안정성에 대한 척도인 M_{d30} 온도는, 0.3 진변형이 오스테나이트의 마텐자이트로의 50% 변태를 발생시키는 온도로서 규정된다. 본 발명의 듀플렉스 스테인리스강의 미세조직에서의 오스테나이트 상의 비율은, TRIP 효과에 유리한 상태를 생성하기 위해, 열처리된 상태에서 50 - 80 부피%, 유리하게는 55 - 70 부피% 이고, 잔부는 페라이트이다. 열처리는 900 내지 1200 °C, 바람직하게는 950 내지 1150 °C 의 온도에서 용체화 어닐링, 고주파 유도 어닐링, 로컬 어닐링, 또는 임의의 다른 타입의 열처리와 같은 상이한 열처리 방법들을 이용하여 수행될 수 있다.

[0018] 본 발명에 따르면, 식 Cr+Mo+0.5W 에 따른 크롬, 몰리브덴 및 선택적인 텅스텐의 합계가, 양호한 성형성을 보장하기 위해 M_{d30} 온도를 희망 범위 내에 유지하는데 중요하다.

[0019] 미세조직에서의 상이한 원소들의 효과들은 이하에 기재되는데, 원소 함량은 중량% 로 기재된다:

[0020] 탄소 (C) 는 오스테나이트 상에 대해 분배되고 (partitions), 오스테나이트 안정성에 강한 영향을 미친다. 탄소는 0.04 % 까지 첨가될 수 있지만, 더 높은 레벨은 내식성에 해로운 영향을 미친다.

[0021] 질소 (N) 는 듀플렉스 스테인리스강에서 중요한 오스테나이트 안정화제이며, 탄소처럼, 마텐자이트에 대한 안정성을 증가시킨다. 질소는 강도, 변형 경화 및 내식성을 또한 증가시킨다. M_{d30} 온도에 대한 일반적인 경험적 표현은 질소 및 탄소가 오스테나이트 안정성에 동일한 강한 영향을 미친다는 것을 나타낸다. 질소가 내식성에 대한 악영향 없이 탄소보다 더 큰 정도로 스테인리스강에 첨가될 수 있기 때문에, 0.14 내지 0.23 % 의 질소 함량이 본 스테인리스강에서 유효하다.

[0022] 규소 (Si) 는 용융 작업장 (melt shop) 에서 탈산 목적을 위해 스테인리스강에 보통 첨가되고, 0.2 % 미만이어

서는 안 된다. 규소는 듀플렉스 스테인리스강에서 페라이트 상을 안정화시키지만, 현재 표현에 보여진 것보다 마텐자이트 형성에 대한 오스테나이트 안정성에 대해 더 강한 안정화 효과를 갖는다. 이 때문에, 규소는 0.8 %, 바람직하게는 0.5 % 로 최대화된다.

- [0023] 망간 (Mn) 은, 오스테나이트 상을 안정화시키고 스테인리스강에서의 질소의 용해도를 증가시키기 위한 중요한 첨가물이다. 망간은 값비싼 니켈을 부분적으로 대체할 수 있고, 스테인리스강을 올바른 상 균형으로 가져올 수 있다. 너무 높은 레벨의 함량은 내식성을 감소시킬 것이다. 망간은 변형 마텐자이트에 대한 오스테나이트 안정성에 강한 영향을 미치고, 따라서 망간 함량은 신중히 다루어져야 한다. 망간의 범위는 0.3 - 2.0 % 이어야 한다.
- [0024] 크롬 (Cr) 은 강을 내식성으로 만들기 위한 주된 첨가물이다. 또한, 페라이트 안정화제인 크롬은 오스테나이트 상과 페라이트 상 사이의 적절한 상 균형을 생성하기 위한 주된 첨가물이다. 그리고, 몰리브덴과 함께, 크롬은 마텐자이트 형성에 대한 저항을 강하게 증가시킨다. 최적의 TRIP 효과를 유지하면서 높은 PRE 를 제공하기 위해, 크롬의 범위는 몰리브덴의 함량의 증가 덕분에 14.0 % - 19.0 % 로 제한된다. 바람직하게는 크롬 함량은 14.0 - 18.0 % 이다.
- [0025] 니켈 (Ni) 은 오스테나이트 상을 안정화시키기 위한 그리고 양호한 연성을 위한 필수 합금 원소이고, 적어도 2.0 % 가 본 발명의 스테인리스강에 첨가되어야 한다. 마텐자이트 형성에 대한 오스테나이트의 안정성에 큰 영향을 미치므로, 니켈은 좁은 범위에 존재해야 한다. 또한, 니켈의 높은 비용 및 가격 변동 때문에, 니켈은 본 발명의 스테인리스강에서 5.0 % 로 최대화되어야 한다.
- [0026] 구리 (Cu) 는, 많은 양의 원료가 이 원소를 함유하는 스테인리스 스크랩의 형태인 때에, 대부분의 스테인리스강에 0.1 - 0.5 % 의 잔류물로서 보통 존재한다. 구리는 오스테나이트 상의 약한 안정화제이지만, 마텐자이트 형성에 대한 저항에 강한 영향을 미치고, 본 스테인리스강의 성형성 평가에서 고려되어야 한다. 구리 첨가는 시그마 상에 대한 저항을 또한 증가시킬 수 있다. 0.1 - 1.5 % 까지의 의도적인 첨가가 행해질 수 있지만, 바람직하게는 구리 함량은 0.1 - 0.7 %, 바람직하게는 0.1 - 0.5 % 이다.
- [0027] 몰리브덴 (Mo) 은 내식성을 강하게 증가시키기 위해 첨가될 수 있는 페라이트 안정화제이고, 따라서 몰리브덴은 높은 PRE 를 달성하기 위해 적어도 4.0 % 의 함량을 가져야 한다. 또한, 몰리브덴은, 크롬처럼, 마텐자이트 형성에 대한 저항을 강하게 증가시키고 TRIP 효과를 감소시킨다. 따라서, 몰리브덴은 TRIP 및 PRE 의 관점에서 크롬의 효과를 상쇄하기 위해 본 발명의 스테인리스강에 첨가된다. 이러한 목적을 위해, 몰리브덴은 7.0 %, 바람직하게는 6.5 % 로 최대화되어야 한다.
- [0028] 텅스텐 (W) 은 몰리브덴과 유사한 특성들을 가지며, 몰리브덴을 종종 대체할 수 있다. 그렇지만, 텅스텐 및 몰리브덴은 시그마 상 석출을 촉진하고, 식 (Mo + 0.5W) 에 따른 몰리브덴 및 텅스텐 함량의 합계는, 시그마 및 카이 (chi) 상들의 촉진이 기술적으로 관련된 프로세스들에서 핸들링 가능한 경우, 7.0 % 미만, 바람직하게는 4.0 - 6.6 % 이어야 한다. 텅스텐의 가장 중요한 영향은, 적층 결함 에너지가 전위 활주, 쌍정 또는 마텐자이트 형성의 측면에서 변형 응답을 제어하므로, 합금의 적층 결함 에너지에 대한 효과에 관련될 수도 있는 TRIP 효과에 대한 매우 긍정적인 영향이다. 이러한 목적을 위해, 텅스텐은 3.5 % 이하로 제한되어야 하지만, 몰리브덴을 대체하기 위해 텅스텐이 사용되는 때에는 바람직하게는 적어도 0.5 % 이어야 한다.
- [0029] 본 발명에 따른 PRE 에 대한 원하는 값 및 TRIP 효과에 대한 최적의 상태를 구비하기 위하여, 크롬, 몰리브덴 및 선택적인 텅스텐 함량들 (중량%) 의 공동 효과 (co-effect) 는 $20 < (Cr+Mo+0.5W) < 23.5$ 이고, 비 $Cr/(Mo+0.5W)$ 는 2 - 4.75 이다.
- [0030] 붕소 (B), 칼슘 (Ca) 및 세륨 (Ce) 은 열간 가공성을 개선하기 위해 듀플렉스 강에 소량 첨가되고, 너무 높은 함량은 다른 특성들을 악화시킬 수 있으므로 함량은 너무 높지 않다. 본 발명의 스테인리스강에서의 붕소와 칼슘에 대한 바람직한 함량은 0.004 % 미만이고 세륨의 경우 0.1 % 미만이다.
- [0031] 마그네슘 (Mg) 은 강한 산화물 및 황화물 형성제이다. 최종 제강 단계로서 첨가되는 때, 마그네슘 황화물 (MgS) 을 형성하고, 잠재적인 저 용융 황화물 공용 상을 더 높은 용융 온도를 갖는 더 안정적인 모폴로지로 변형시켜서, 합금의 고온 연성을 향상시킨다. 마그네슘 함량은 0.05 % 미만으로 제한된다.
- [0032] 듀플렉스 강 중의 황 (S) 은 열간 가공성을 악화시키고, 내공식성에 부정적으로 영향을 미치는 황화물 개재물을 형성할 수 있다. 따라서, 황의 함량은 0.010 % 미만, 바람직하게는 0.005 % 미만으로 제한되어야 한다.
- [0033] 인 (P) 은 열간 가공성을 악화시키고, 내식성에 부정적으로 영향을 미치는 인화물 입자 또는 필름을 형성할 수

있다. 그러므로, 인의 함량은 0.040 % 미만으로 제한되어야 하고, 따라서 황과 인의 함량의 합계 (S+P) 가 0.04 % 미만이다.

[0034] 산소 (O) 는 다른 잔류 원소들과 함께 고온 연성에 악영향을 미친다. 산화물 개재물의 존재는 개재물의 타입에 따라 내식성 (내공식성) 을 감소시킬 수도 있다. 높은 산소 함량은 충격 인성을 또한 감소시킨다. 유사하게, 황처럼, 산소는 용접 풀 (weld pool) 의 표면 에너지를 변화시킴으로써 용입을 향상시킨다. 본 발명의 스테인리스강의 경우, 바람직한 최대 산소 레벨은 100 ppm 미만이다. 금속 분말의 경우에는, 최대 산소 함량은 250 ppm 까지일 수 있다.

[0035] 알루미늄 (Al) 은 높은 질소 함량을 갖는 본 발명의 듀플렉스 스테인리스강에서 낮은 레벨로 유지되어야 하는데, 이 두 원소가 결합하여 충격 인성을 악화시키는 알루미늄 질화물을 형성할 수 있기 때문이다. 알루미늄 함량은 0.04 % 미만, 바람직하게는 0.03 % 미만으로 제한된다.

[0036] 코발트 (Co) 는 그의 자매 원소, 니켈 및 코발트와 유사한 금속학적 거동을 갖고, 코발트는 강 및 합금 생산에서 거의 동일한 방식으로 처리될 수도 있다. 코발트는 높은 온도에서 입자 성장을 억제하고, 경도 및 고온 강도의 유지를 상당히 향상시킨다. 코발트는 캐비테이션 침식 저항성 및 변형 경화를 증가시킨다. 코발트는 수퍼 듀플렉스 스테인리스강에 시그마 상 형성의 위험을 감소시킨다. 코발트 함량은 1.0 % 이하로 제한된다.

[0037] "마이크로-합금 (micro-alloying)" 원소 티타늄 (Ti), 바나듐 (V) 및 니오븀 (Nb) 은 그렇게 불리는 첨가물들의 그룹에 속하는데, 이들이 낮은 농도에서 종종 탄소 강에서는 유익한 효과로 강 특성들을 상당히 변화시키기 때문이고, 그렇지만, 듀플렉스 스테인리스강의 경우, 이들은 주조 및 열간 압연 동안의 감소된 연성, 감소된 충격 특성, 및 더 높은 표면 결함 레벨과 같은 원하지 않는 특성 변화에도 또한 기여한다. 이러한 효과들의 다수는 탄소 그리고 특히 현대의 듀플렉스 스테인리스강의 경우 질소에 대한 이들의 강한 선호도에 의존한다. 본 발명에서, 니오븀 및 티타늄은 0.1 % 의 최대 레벨로 제한되어야 하는 반면, 바나듐은 덜 해롭고 0.2 % 미만이어야 한다.

[0038] 도면을 참조하여 본 발명을 더 상세하게 설명한다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1 은 본 발명의 시험된 합금들에서 원소 함량 Si+Cr, Cu+Mo+0.5W 와 Cr+Mo+0.5W 사이의 최소 및 최대 M_{d30} 온도 및 PRE 값들의 의존성을 보여준다.

도 2 는 도 1 에 따른 본 발명의 시험된 합금들에서 원소 함량 Si+Cr 와 Cu+Mo+0.5W 사이의 최소 및 최대 M_{d30} 온도 및 PRE 값들의 의존성에 대해 C+N 및 Mn+Ni 의 일정한 값을 갖는 일례를 보여준다.

도 3 은 본 발명의 시험된 합금들에서 원소 함량 C+N 과 Mn+Ni 사이의 최소 및 최대 M_{d30} 온도 및 PRE 값들의 의존성을 보여준다.

도 4 는 도 3 에 따른 본 발명의 시험된 합금들에서 원소 함량 C+N 과 Mn+Ni 사이의 최소 및 최대 M_{d30} 온도 및 PRE 값들의 의존성에 대해 Si+Cr 및 Cu+Mo+0.5W 의 일정한 값을 갖는 일례를 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 원소들의 영향에 기초하여, 본 발명에 따른 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강이 표 1 에 명명된 것처럼 화학 조성 A 내지 P 로 표시된다. 표 1 은 2205 로서 흔히 알려진 기준 듀플렉스 스테인리스강 (Q), R 로 명명된 WO 특허출원 2011/135170 의 기준 듀플렉스 스테인리스강, 및 S 로 명명된 WO 특허출원 2013/034804 의 기준 듀플렉스 스테인리스강의 화학 조성도 또한 포함하고, 표 1 의 모든 함량은 중량% 이다.

표 1

합금	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	Cu %	N %	Mo %	W %
A	0,025	0,57	0,78	18,29	3,82	0,42	0,183	4,10	-
B	0,02	0,42	0,92	17,6	4,2	0,46	0,194	4,37	0,024
C	0,023	0,72	1,01	18,36	3,83	0,47	0,203	4,04	0,87
D	0,028	0,59	0,77	18,23	3,79	0,47	0,179	4,24	-
E	0,024	0,66	1,41	16,61	2,48	1,02	0,197	4,28	-
F	0,021	0,48	0,94	16,51	4,25	0,45	0,194	4,54	1,22
G	0,025	0,51	0,83	18,37	3,81	0,43	0,164	4,34	-
H	0,023	0,54	1,71	16,40	2,40	0,42	0,189	4,50	-
I	0,02	0,56	0,88	16,38	4,39	0,46	0,184	4,28	4,36
J	0,022	0,47	0,70	16,71	4,65	0,46	0,142	4,63	-
K	0,023	0,5	0,86	16,28	3,93	0,45	0,186	4,53	1,14
L	0,02	0,55	0,88	15,3	4,3	0,44	0,183	5,41	2,2
M	0,027	0,50	0,84	16,00	3,24	0,43	0,162	5,60	-
N	0,023	0,52	0,85	17,10	4,68	0,45	0,172	5,97	-
O	0,025	0,53	0,84	16,99	4,62	0,44	0,145	6,06	-
P	0,025	0,47	0,81	14,26	3,17	0,43	0,192	6,28	-
Q	0,021	0,45	1,25	22,25	5,60	0,45	0,180	3,10	-
R	0,040	0,40	3,00	20,20	1,20	0,40	0,220	0,40	-
S	0,026	0,46	0,99	20,08	3,03	0,36	0,178	1,19	-

[0041]

[0042]

[0043]

[0044]

[0045]

[0046]

[0047]

[0048]

[0049]

[0050]

[0051]

[0052]

[0053]

합금 A - P 는 두께 1.5 mm 까지 단조 및 냉간 압연된 작은 슬래브로 1 kg 의 실험실 규모로 진공 유도로서 제조되었다.

기준 합금 Q 내지 S 는 100 톤 생산 규모로 생산되었고, 후속하여 열간 압연 및 냉간 압연에 의해 다양한 최종 치수를 갖는 코일 형태로 되었다.

표 1 의 값들을 비교하면, 본 발명의 듀플렉스 스테인리스강의 크롬, 니켈, 몰리브덴 및 텅스텐의 함량이 기준 스테인리스강 Q, R 및 S 와 크게 상이하다.

특성들, M_{d30} 온도 및 PRE 의 값들은 표 1 의 화학 조성에 대하여 결정되었고, 결과가 아래 표 2 에 제시되어 있다.

표 2 의 오스테나이트 상의 예상 M_{d30} 온도 (M_{d30} Nohara) 는 오스테나이트계 스테인리스강에 대해 확립된 Nohara 식 (1) 을 이용하여 계산되었다:

1050 °C 의 온도에서 어닐링되는 때,

$$M_{d30} = 551 - 462(C+N) - 9.2Si - 8.1Mn - 13.7Cr - 29(Ni+Cu) - 18.5Mo - 68Nb \dots (1).$$

표 2 의 실제 측정 M_{d30} 온도들 (M_{d30} measured) 은 상이한 온도에서 0.30 진변형까지 인장 샘플들을 변형시킴으로써 그리고 Satmagan 장비로 변태 마텐자이트의 분획을 측정함으로써 확립되었다. Satmagan 은 포화 자기장에 샘플을 위치시킴으로써 그리고 샘플에 의해 유도된 중력과 자력을 비교함으로써 강자성 상의 분획이 결정되는 자력계 (magnetic balance) 이다.

표 2 의 계산된 M_{d30} 온도들 (M_{d30} calc) 은 최적화의 수학적 제약에 따라 획득되었다.

PRE 는 식 (2) 를 이용하여 계산된다:

$$PRE = \%Cr + 3.3*(\%Mo + 0.5\%W) + 30*\%N - \%Mn \dots (2).$$

또한, 중량% 로 C+N, Cr+Si, Cu+Mo+0.5W, Mn+Ni 및 Cr+Mo+0.5W 에 대한 원소 함량들의 합계들이 표 2 의 표 1 의 합금들에 대해 계산된다. 합계 C+N 및 Mn+Ni 는 오스테나이트 안정화제들을 나타내는 한편, 합계 Si+Cr 은 페라이트 안정화제들을 나타내고, 합계 Cu+Mo+0.5W 는 마텐자이트 형성에 대한 저항을 갖는 원소들을 나타낸다. 합계 식 Cr+Mo+0.5W 는 양호한 성형성을 보장하기 위해 최적 범위에 M_{d30} 온도를 유지하는데 중요하다.

표 2

번호	C+N %	Si+Cr %	Mn+Ni %	Cu+Mo +0.5W %	Cr+Mo+0.5W %	M _{d30} calc °C	M _{d30} Nohara °C	M _{d30} measured °C	PRE
A	0,208	18,86	4,60	4,52	22,39	-23	-6,0	-25	36,5
B	0,214	18,02	5,12	4,83	21,97	3	13,4	15	35,2
C	0,226	19,08	4,84	4,95	22,84	-67	19,9		36,1
D	0,207	18,82	4,56	4,71	22,47	-31	-8,0	-40	36,8
E	0,221	17,27	3,89	5,30	20,89	22	23,2	15	35,2
F	0,225	16,90	4,80	5,46	21,53	18	3,2	23	38,3
G	0,189	18,88	4,64	4,77	22,71	-32	-2,6		36,8
H	0,212	16,94	4,11	4,92	20,90	63	44,5	63,4	35,2
I	0,217	16,40	4,81	5,93	21,50	-48	15,1		39,1
J	0,164	17,18	5,35	5,09	21,34	53	2,5	43	35,5
K	0,190	16,80	4,64	5,63	21,50	36	18,9	28	37,7
L	0,225	15,40	4,80	6,71	21,28	13	5,2	20	40,9
M	0,189	16,50	4,08	6,03	21,60	36	23,1	60	38,5
N	0,195	17,62	5,53	6,42	23,07	-57	-44,2	-67	41,1
O	0,170	17,52	5,46	6,50	23,05	-46	-30,8		40,5
P	0,217	14,73	3,98	6,71	20,54	89	23,9	75	39,9
Q	0,201	22,70	6,85	3,55	25,35	-194	-94,0		36,6
R	0,260	20,60	4,20	0,80	20,60	24,9	23,0	27	25,0
S	0,204	20,54	4,02	1,55	21,27	29,6	5,0	19	28,4

[0054]

[0055]

표 2의 값들을 비교하면, 35 - 42의 범위를 갖는 PRE 값이 기준 듀플렉스 스테인리스강 R 및 S에서의 PRE 값보다 훨씬 더 높고, 이는 합금 A - P의 내식성이 더 높다는 것을 의미한다. PRE는 기준 합금 Q와 동일한 레벨이거나 또는 그보다 약간 더 높다.

[0056]

Nohara 식 (1)을 사용하는 예상 M_{d30} 온도들은 표 2에서 합금들의 경우 측정 M_{d30} 온도들과 본질적으로 상이하다. 또한, 표 2로부터, 계산된 M_{d30} 온도들이 측정 M_{d30} 온도들과 잘 일치하고 따라서 계산을 위해 사용된 최적화의 수학적 제약이 본 발명의 듀플렉스 스테인리스강에 매우 적합하다는 것을 알 수 있다.

[0057]

합금 A - P에 대해 계산된 M_{d30} 온도들은 기준 합금 R보다 꽤 더 높다.

[0058]

본 발명의 듀플렉스 스테인리스강에 대해 중량%로 C+N, Si+Cr, Mn+Ni, Cu+Mo+0.5W 및 Cr+Mo+0.5W에 대한 원소 함량들의 합계들이, 한편으로 C+N과 Mn+Ni 사이의 그리고 다른 한편으로 Si+Cr과 Cu+Mo+0.5W 사이의 의존성을 확립하기 위해 최적화의 수학적 제약에 사용되었다. 최적화의 이러한 수학적 제약에 따라, Cu+Mo+0.5W 및 Si+Cr의 합계들, 각각 합계들 Mn+Ni 및 C+N은 도 1 내지 도 4의 좌표의 X축 및 Y축을 형성하고, 최소 및 최대 PRE 값들 (35 < PRE < 42) 및 최소 및 최대 M_{d30} 온도 (-30 < M_{d30} < +90) 값들에 대한 선형 의존성이 규정된다.

[0059]

도 1에 따르면, 본 발명의 듀플렉스 스테인리스강이 1050 °C의 온도에서 어닐링되는 때에, C+N의 경우 0.14 - 0.27 그리고 Mn+Ni의 경우 2.3 - 7.0의 바람직한 범위들로 Si+Cr 및 Cu+Mo+0.5W에 대한 화학 조성 윈도우가 확립된다. 또한, 도 1에서, 본 발명의 스테인리스강에 따라 합계 Si+Cr이 14.2 < (Si+Cr) < 19.80으로 제한되는 것을 알 수 있다. 도 1은 원하는 M_{d30} 온도 및 PRE 값들을 갖기 위해 크롬, 몰리브덴 및 선택적인 텅스텐 함량들 (중량%)의 공동 효과가 20 < (Cr+Mo+0.5W) < 23.5의 범위에서 결정되었음을 또한 보여준다.

[0060]

도 1에서 영역 a', b', c', d', e' 및 f'의 프레임 내에 놓이는 화학 조성 윈도우는 표 3의 다음의 표시된 좌표 위치들로 규정된다.

표 3

	Si+Cr %	Cu+Mo+0,5W %	C+N %	Mn+Ni %
a'	19,80	4,11	0,14	2,30
b'	19,8	4,29	0,14	2,30
c'	17,27	6,90	0,14	2,30
d'	14,20	7,86	0,27	7,00
e'	14,20	6,66	0,27	7,00
f'	15,32	5,50	0,27	7,00

[0061]

[0062]

도 2 는, 도 1 에서의 C+N 및 Mn+Ni 에 대한 범위 대신에 모든 점에서 C+N 에 대해 0.221 및 Mn+Ni 에 대해 3.90 의 일정한 값을 사용하는 때, 도 1 의 하나의 화학 조성 예의 윈도우를 도시한다. 도 2 의 Si+Cr 의 합계에 도 1 에서와 동일한 최소 한계가 제공된다. 도 2 에서 영역 a, b, c, d 및 e 의 프레임 내에 놓이는 화학 조성 윈도우는 표 4 의 다음의 표시된 좌표 위치들로 규정된다.

표 4

	Si+Cr %	Cu+Mo+0,5W %	C+N %	Mn+Ni %
a	18,92	4,55	0,221	3,90
b	15,95	7,55	0,221	3,90
c	14,20	8,08	0,221	3,90
d	14,20	7,21	0,221	3,90
e	15,91	5,45	0,221	3,90

[0063]

[0064]

도 3 은, 듀플렉스 스테인리스강이 1050 °C 의 온도에서 어닐링되었을 때, 바람직한 온도 범위인 Cr+Si: 14.2 - 18.7 및 Cu+Mo+0.5W: 4.1 - 9.5 를 갖는 C+N 및 Mn+Ni 에 대한 화학 조성 윈도우를 보여준다. 또한, 본 발명에 따르면, 합계 C+N 은 $0.14 < (C+N) < 0.27$ 로 제한되고, 합계 Mn+Ni 는 $2.3 < (Mn+Ni) < 7.0$ 으로 제한된다. 도 3 에서 영역 p', q' r' 및 s' 의 프레임 내에 놓이는 화학 조성 윈도우는 표 5 의 다음의 표시된 좌표 위치들로 규정된다.

표 5

	Si+Cr %	Cu+Mo+0,5W %	C+N %	Mn+Ni %
p'	18,00	5,00	0,27	7,00
q'	16,00	5,30	0,14	7,00
r'	14,20	7,00	0,14	2,30
s'	17,30	6,80	0,27	2,30

[0065]

[0066]

본 발명의 원소 함량들에 대한 바람직한 범위로 C+N 및 Mn+Ni 에 대한 제한의 효과는 오로지 C+N 및 Mn+Ni 의 최소 및 최대 합계에 대한 제한에 의해 도 3 의 화학 조성 윈도우가 제한된다는 것이다.

[0067]

도 4 는 Cr+Si 에 대해 17.3 및 Cu+Mo 에 대해 5.3 이라는 일정한 값들로 그리고 또한 $(C+N) < 0.27$ 및 $(Mn+Ni) > 2.3$ 이라는 제한으로 도 3 의 하나의 화학 조성 예의 윈도우를 보여준다. 도 4 에서 영역 p, q, r, s 및 t 의 프레임 내에 놓이는 화학 조성 윈도우는 표 6 의 다음의 표시된 좌표 위치들로 규정된다.

표 6

	Si+Cr %	Cu+Mo+0.5W %	C+N %	Mn+Ni %
p	17,30	5,30	0,270	4,90
q	17,30	5,30	0,26	5,90
r	17,30	5,30	0,14	2,40
s	17,30	5,30	0,14	2,30
t	17,30	5,30	0,27	2,30

[0068]

[0069]

상기한 기준 재료 Q, R 및 S 뿐만 아니라 본 발명의 합금 A - P 는 길이방향에서 연신율 값 A₅₀, A₅ 및 A_g (A_g 는 소성 불안정까지의 연신율 또는 균일 연신율) 뿐만 아니라 항복 강도 R_{p0.2} 및 R_{p1.0} 및 인장 강도 R_m 를 결정함으로써 더 시험되었다. 합금들의 가공 경화율 (work hardening rate) 은 식 (3)

[0070]

$$\sigma = K\varepsilon^n \dots (3)$$

[0071]

으로부터 유도되는 n 값에 의해 묘사되며, 여기서 σ 는 응력이고, K 는 강도 지수이고, ε 은 소성 변형이고, n 은 변형 경화 지수이다.

[0072]

본 발명의 합금의 TRIP 효과 때문에, 식 (3) 을 전체 응력 간격에 맞게 하는 것이 불가능하므로, n 값은 변형 간격 $\varepsilon = 10-15 \%$ (n(10-15 %)) 및 $\varepsilon = 15-20 \%$ (n(15-20 %)) 내에서 유도된다.

[0073]

표 7 은 기준 듀플렉스 스테인리스강 Q, R 및 S 에 대한 개별 값들뿐만 아니라 본 발명의 합금 A - P 에 대한 시험 결과를 포함한다.

표 7

합금	R _{p0.2} (MPa)	R _{p1.0} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	A ₅ (%)	A _g (%)	n(10-15 %)	n(15-20 %)
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	462	559	744	35.4	32.9	37.9	0.21	0.23
C	510	605	753	39.6	41.5	26.9	0.20	0.20
D	468	562	749	34.6	37.4	22.1	0.21	0.22
E	465	563	763	45.4	49.1	31.8	0.21	0.23
F	545	634	796	36.0	38.8	22.7	0.24	0.25
G	490	562	725	28.9	31.1	19.9	0.19	0.20
H	476	548	956	32.0	34.4	26.9	0.50	0.49
I	502	589	832	39.8	42.1	34.9	0.21	0.23
J	412	485	796	44.7	47.8	40.2	0.27	0.35
K	497	610	793	37.3	40.1	36.3	0.24	0.20
L	541	631	824	46.0	49.3	34.8	0.23	0.24
M	418	485,5	845	43.3	46.7	39.8	0.29	0.40
N	-	-	-	-	-	-	-	-
O	525	601	781	27.9	30.3	20.9	0.20	0.21
P	464	540	969	25.4	27.3	22.0	0.55	0.41
Q	634	715	845	26.0	28.1	16.0	0.15	0.18
R	498	544	787	45.2	49.0	40.0	0.16	0.23
S	562	626	801	40.4	44.3	35.5	0.17	0.27

[0074]

[0075]

표 7 의 결과는, 합금 A - P 의 항복 강도 값 R_{p0.2} 및 R_{p1.0} 이 기준 듀플렉스 스테인리스강 Q, R 및 S 의 개별 값보다 더 낮고 인장 강도 값 R_m 이 기준 듀플렉스 스테인리스강 Q, R 및 S 와 유사하다는 것을 보여준다. 합금 A - P 의 연신율 값 A₅₀, A₅ 및 A_g 는 유사한 PRE 를 갖는 기준 합금 Q 보다 더 높다. 본 발명에 따른 합금 A - P 는 실험실 규모로 제조되고 기준 듀플렉스 스테인리스강 Q, R 및 S 는 생산 규모로 생산되기 때문에, 표 7 의 강도 값들은 서로 직접 비교될 수 없다.

[0076]

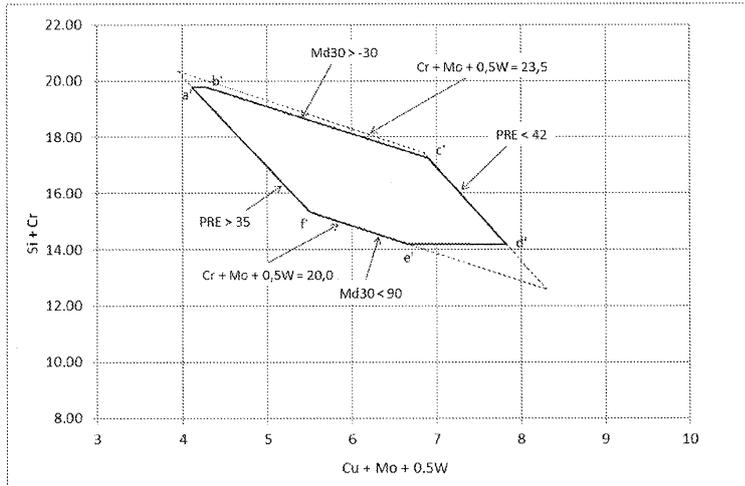
합금 A - P 의 n 값들은 기준 합금 Q 보다 모두 더 높고, 이는 가공 경화율에 있어 TRIP 효과의 중요성을 나타낸다. 기준 합금 R 및 S 에 비해, n(10-15 %) 값들은 약간 더 높지만, n(15-20%) 값들은 훨씬 더 높고, 이는 TRIP 효과를 활용하는 본 발명의 합금 A - P 에 대한 최적화된 가공 경화율을 나타낸다.

[0077] 본 발명의 합금의 경우, n 값은 $\epsilon = 10-15\%$ 에서 0.2 초과이고, 연신율 A_g 는 19 초과, 바람직하게는 25 초과이다.

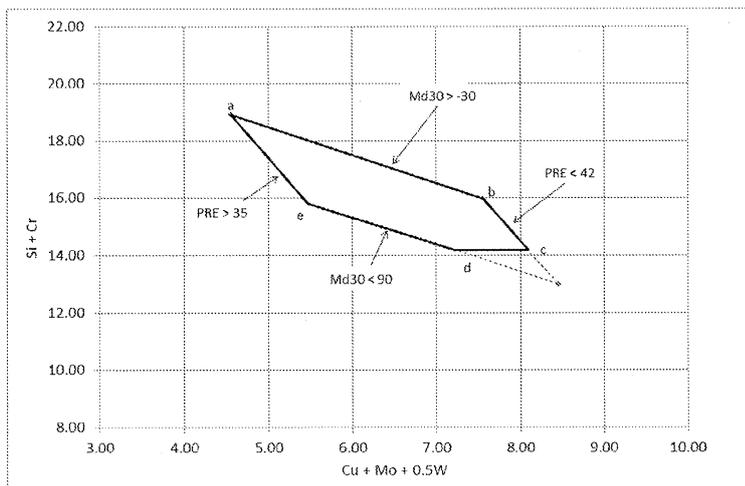
[0078] 본 발명의 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인리스강은 잉곳, 슬래브, 블룸, 빌릿, 그리고 플레이트, 시트, 스트립, 코일과 같은 평평한 제품, 그리고 바아, 로드, 와이어, 프로파일과 셰이프, 이음매가 없는 용접된 튜브 및/또는 파이프와 같은 긴 제품으로 생산될 수 있다. 또한, 금속 분말, 폼드 셰이프 및 프로파일과 같은 추가적인 제품이 생산될 수 있다.

도면

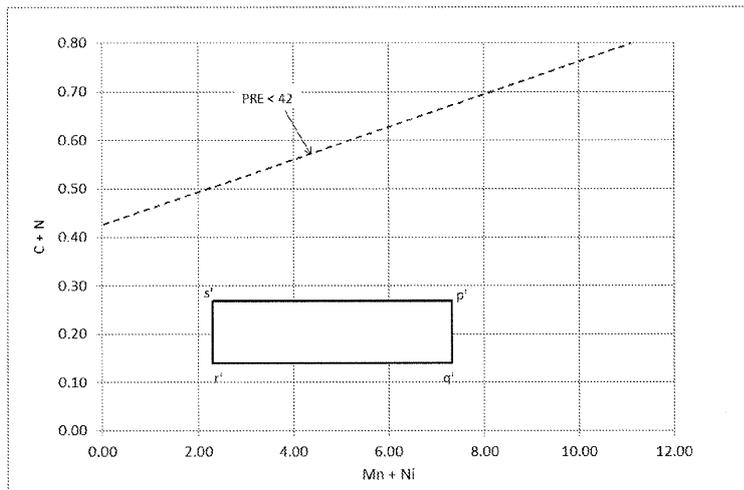
도면1



도면2



도면3



도면4

