



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월13일

(11) 등록번호 10-1569306

(24) 등록일자 2015년11월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 38/58 (2006.01) C22C 38/44 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7018755 (분할)

(22) 출원일자(국제) 2008년02월26일

심사청구일자 2014년07월07일

(85) 번역문제출일자 2014년07월07일

(65) 공개번호 10-2014-0093752

(43) 공개일자 2014년07월28일

(62) 원출원 특허 10-2010-7012314

원출원일자(국제) 2008년02월26일

심사청구일자 2012년12월04일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/054986

(87) 국제공개번호 WO 2009/070345

국제공개일자 2009년06월04일

(30) 우선권주장

60/991,016 2007년11월29일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020010083939 A*

JP05247592 A*

KR1020010033526 A

JP소화57063666 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

에이티아이 프로퍼티즈, 인코퍼레이티드

미국, 오레곤 97321-0580, 알바니, 1600 엔.이.
올드 살렘 로드

(72) 발명자

베르그스트롬, 데이비드 에스.

미국, 유에스 15101, 알리슨 파크, 베이필드 로드
4809

라코위스키, 제임스 엠.

미국, 펜실베이니아 15101, 알리슨 파크, 우드레이
크 드라이브 4603

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

강명구, 이경민

전체 청구항 수 : 총 42 항

심사관 : 정상익

(54) 발명의 명칭 런 오스테나이트계 스테인리스 강

(57) 요약

저 함량의 니켈 및 몰리브덴을 포함하며, 고 함량의 니켈 및 몰리브덴 합금에 대하여 상응하는 내부식성 및 성형성을 나타내고, 중량% 단위로, 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-5.0 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.1-0.35 N, 최대 4.0 W, 최대 0.01 B, 최대 1.0 Co, 철 및 불순물을 포함하며, 10 미만의 페라이트 수 및 20℃ 미만의 MD₃₀ 값을 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강.

대표도 - 도1

	본 발명의 합금											대조 합금		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	CA1	S31600	S31600
C	0.019	0.17	0.023	0.016	0.016	0.013	0.013	0.014	0.015	0.011	0.016	0.015	0.017	0.018
Mn	4.7	4.9	5.7	4.8	4.8	4.9	5.1	5.1	4.5	5.1	4.9	4.8	1.24	8.3
Si	0.28	0.26	0.28	0.27	0.25	0.27	0.25	0.24	0.25	0.28	0.29	0.26	0.45	0.40
Cr	18.1	18.0	18.0	18.3	18.0	18.0	18.2	18.2	17.3	18.1	18.1	18.1	16.3	19.7
Ni	1.5	4.8	4.1	4.9	4.3	4.2	4.5	1.0	4.8	4.5	3.7	3.5	10.1	8.9
Mo	1.13	1.0	1.02	1.17	0.82	1.0	1.0	1.15	0.38	1.15	0.75	0.82	2.1	2.5
Cu	0.40	0.39	0.37	0.42	0.42	0.99	1.89	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.38	0.40
N	0.210	0.142	0.275	0.161	0.174	0.185	0.216	0.203	0.184	0.135	0.128	0.138	0.08	0.37
P	0.002	0.017	0.018	0.012	0.013	0.018	0.014	0.014	0.017	0.014	0.014	0.013	0.03	0.03
S	0.0001	0.0001	0.0003	0.0015	0.0017	0.0014	0.0018	0.0015	0.0003	0.0009	0.0009	0.0005	0.0010	0.0010
W	0.09	0.12	0.01	0.01	0.36	0.13	0.04	0.09	1.38	0.09	0.04	0.01	0.11	0.1
B	0.0001	0.0003	0.0018	0.0003	0.0003	0.0001	0.0006	0.0014	0.0013	0.0002	0.0004	0.0002	0.0003	0.0003
Fe	70.4	70.5	70.1	70.7	70.6	70.2	68.7	73.5	70.9	69.4	71.7	73.8	68.8	62.2
Co	0.10	0.10	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10	0.35	0.10
PN	2.8	6.7	-3.5	7.1	3.9	3.7	0.2	8.3	-0.3	7.0	1.4	3.1	4.1	-2.3
FE ₅₀	25.5	23.9	25.0	24.7	24.6	24.6	25.0	26.3	26.0	24.5	23.2	31.1	24.0	19.7
MD ₃₀	-52.4	-17.2	-84.1	-28.9	-27.4	-42.5	-78.3	-40.1	-11.8	-24.1	-12.2	35.6	7.8	-217.4
RMCT	0.56	0.55	0.52	0.58	0.54	0.53	0.54	0.38	0.53	0.56	0.47	0.49	1.00	0.83
강도 (ksi)	49.1	-	51.3	46.4	49.2	49.4	46.6	61.5	50.6	48.0	50.8	38.5	43.5	55
연장	108.7	-	108.5	105.3	104.6	104.1	97.6	127.6	104.6	103.7	109.9	136.3	90.6	100
%R	68	-	65	56	52	48	50.0	49.5	50.8	53.5	52.5	36	56	45
ORR	0.45	-	0.41	0.42	0.40	0.39	0.42	0.32	0.43	0.45	0.44	0.31	0.45	-
SSCVN	61.7	-	59.6	69.7	65.7	66.0	54.7	51.7	56.3	53.3	57.7	68.0	70	-

(72) 발명자

스틴너, 찰스 피.

미국, 펜실베이니아 15090, 웨스포드, 매노 로드 360

던, 존 제이.

미국, 펜실베이니아 16055, 사버, 린콜른 드라이브
122

그루브, 존 에프.

미국, 펜실베이니아 15068, 로우워 버렐, 웨스트워스
드라이브 3114

명세서

청구범위

청구항 1

중량% 단위로, 0 초과 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 0 초과 최대 0.5 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-3.0 Ni, 0 초과 최대 3.0 Mo, 0.1-0.35 N, 0.05-4.0 W, 0 초과 최대 0.01 B, 0 초과 최대 1.0 Co, 나머지 철 및 기타 불가피한 불순물로 구성되고, 0 초과 10 미만의 페라이트 수(FN) 및 20℃ 미만의 MD₃₀ 값을 갖는, 오스테나이트계 스테인리스 강이되;

여기서

$$FN=3.34(Cr+1.5Si+Mo+2Ti+0.5Cb)-2.46(Ni+30N+30C+0.5Mn+0.5Cu)-28.6;$$

$$MD_{30}(^{\circ}C)=413-462(C+N)-9.2(Si)-8.1(Mn)-13.7(Cr)-9.5(Ni)-17.1(Cu)-18.5(Mo);$$

인 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

$$0.5 \leq (Mo + W/2) \leq 5.0$$

여기서 Mo는 Mo의 함유량을 중량%로 나타낸 값이고, W는 W의 함유량을 중량%로 나타낸 값,

임을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 22 초과의 PRE_W 값을 가짐, 여기서 PRE_W = %Cr + 3.3(%Mo) + 1.65(%W) + 16(%N), 을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 22 보다 크고 최대 30인 PRE_W 값을 가짐, 여기서 PRE_W = %Cr + 3.3(%Mo) + 1.65(%W) + 16(%N), 을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 1에 있어서, 3 내지 최대 5의 페라이트 수를 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 7

청구항 1에 있어서, -10℃ 미만의 MD₃₀ 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 C는 최대 0.08로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 1에 있어서, 상기 Si는 0.2 내지 0.50로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 11

청구항 1에 있어서, 상기 Mn은 2.0-8.0으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 12

청구항 1에 있어서, 상기 Mn은 3.0-6.0으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 13

청구항 1에 있어서, 상기 Cr은 16.0-22.0으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 14

청구항 1에 있어서, 상기 Cr은 17.0-21.0으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 15

청구항 1에 있어서, 상기 Cr은 17.0-20.0으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 16

청구항 1에 있어서, 상기 Cr은 16.0-18.0으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 17

청구항 1에 있어서, 상기 N은 0.1-0.30으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 18

청구항 1에 있어서, 상기 N은 0.14-0.30으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 19

청구항 1에 있어서, 상기 Mo는 0.40-3.0으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 20

청구항 1에 있어서, 상기 Mo는 0.5-2.0으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 21

청구항 1에 있어서, 상기 B는 최대 0.008로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 22

청구항 1에 있어서, 상기 W는 최대 0.05-0.60으로 제한됨을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 23

청구항 1에 있어서, 상기 Mo는 0.40-2.0으로 제한되고 -10°C 미만의 MD_{30} 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 24

청구항 1에 있어서, 상기 Mo는 0.40-2.0으로 제한되고, 여기서

$$0.5 \leq (\text{Mo} + \text{W}/2) \leq 4.0$$

여기서 Mo는 Mo의 함유량을 중량%로 나타낸 값이고, W는 W의 함유량을 중량%로 나타낸 값,

임을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 25

청구항 21에 있어서, -10°C 미만의 MD_{30} 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 26

청구항 1에 있어서, 중량% 단위로, 0 초과 최대 0.10 C, 2.0-8.0 Mn, 0 초과 최대 0.50 Si, 16.0-22.0 Cr, 1.0-3.0 Ni, 0.40-2.0 Mo, 0.12-0.30 N, 0.05-4.0 W, 0 초과 최대 1.0 Co, 0 초과 최대 0.008 B, 나머지 철, 및 0 초과 최대 0.04 P와 0 초과 최대 0.03 S를 포함하는 불가피한 불순물로 구성되고, 0 초과 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD_{30} 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 27

청구항 26에 있어서, -10°C 미만의 MD_{30} 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 28

청구항 26에 있어서, 22 보다 크고 최대 30의 PRE_{W} 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 29

청구항 1에 있어서, 중량% 단위로, 0 초과 최대 0.08 C, 3.0-6.0 Mn, 0 초과 최대 0.5 Si, 17.0-21.0 Cr, 1.0-3.0 Ni, 0.50-2.0 Mo, 0.14-0.30 N, 0 초과 최대 1.0 Co, 0.05-4.0 W, 나머지 철, 및 0 초과 최대 0.05 P와 0 초과 최대 0.03 S를 포함하는 불가피한 불순물을 포함하고, 0 초과 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD_{30} 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 30

청구항 29에 있어서, -10°C 미만의 MD_{30} 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 31

청구항 29에 있어서, 22 보다 크고 최대 30의 PRE_{W} 값을 가짐을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 32

중량% 단위로, 0 초과 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 0 초과 최대 5.0 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-3.0 Ni, 0.40-3.0 Mo, 0.1-0.30 N, 0.05-4.0 W, 0 초과 최대 0.01 B, 0 초과 최대 1.0 Co, 나머지 철 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며 0 초과 10 미만의 페라이트 수(FN), 22 보다 크고 최대 30의 PRE_{W} 값 및 20°C 미만의 MD_{30} 값을 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강이되;

여기서

$$\text{PRE}_{\text{W}} = \% \text{Cr} + 3.3(\% \text{Mo}) + 1.65(\% \text{W}) + 16(\% \text{N});$$

$$\text{FN} = 3.34(\text{Cr} + 1.5\text{Si} + \text{Mo} + 2\text{Ti} + 0.5\text{Cb}) - 2.46(\text{Ni} + 30\text{N} + 30\text{C} + 0.5\text{Mn} + 0.5\text{Cu}) - 28.6;$$

$$\text{MD}_{30}(^{\circ}\text{C}) = 413 - 462(\text{C} + \text{N}) - 9.2(\text{Si}) - 8.1(\text{Mn}) - 13.7(\text{Cr}) - 9.5(\text{Ni}) - 17.1(\text{Cu}) - 18.5(\text{Mo});$$

인 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 33

청구항 32에 있어서, 상기 Mo는 0.40-2.0이고 여기서

$$0.5 \leq (\text{Mo} + \text{W}/2) \leq 4.0$$

여기서 Mo는 Mo의 함유량을 중량%로 나타낸 값이고, W는 W의 함유량을 중량%로 나타낸 값,

인 것을 특징으로 하는, 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 34

삭제

청구항 35

중량% 단위로, 0 초과 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 0 초과 최대 0.50 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-3.0 Ni, 0 초과 최대 3.0 Mo, 0.1-0.35 N, 0.05-4.0 W, 0 초과 최대 0.01 B, 0 초과 최대 1.0 Co, 나머지 철 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며 0 초과 10 미만의 페라이트 수(FN) 및 20℃ 미만의 MD₃₀ 값을 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강을 갖는 제조물품이되;

여기서

$$PRE_W = \%Cr + 3.3(\%Mo) + 1.65(\%W) + 16(\%N);$$

$$FN=3.34(Cr+1.5Si+Mo+2Ti+0.5Cb)-2.46(Ni+30N+30C+0.5Mn+0.5Cu)-28.6;$$

$$MD_{30}(^{\circ}C)=413-462(C+N)-9.2(Si)-8.1(Mn)-13.7(Cr)-9.5(Ni)-17.1(Cu)-18.5(Mo);$$

인 제조물품.

청구항 36

청구항 35에 있어서, 상기 오스테나이트계 스테인리스 강은 -10℃ 미만의 MD₃₀ 값을 가짐을 특징으로 하는, 제조물품.

청구항 37

청구항 35에 있어서, 상기 오스테나이트계 스테인리스 강에서 상기 Mo는 0.40-2.0인 것을 특징으로 하는, 제조물품.

청구항 38

삭제

청구항 39

청구항 35에 있어서, 상기 제조물품은 내부식성 물품, 내부식성 건축용 패널(panel), 가요성 컨넥터(flexible connector), 벨로우(bellow), 튜브, 파이프, 굴뚝 라이너(chimney liner), 송관 라이너(flue liner), 플레이트 프레임 열 교환 부품(plate frame heat exchanger parts), 콘덴서 부품(condenser parts), 제약 공정 장비용 부품(parts for pharmaceutical processing equipment), 위생 응용분야 부품(sanitary part), 및 에탄올 생산 또는 처리 장비용 부품으로 구성된 군으로부터 선택됨을 특징으로 하는, 제조물품.

청구항 40

청구항 35에 있어서, 중량% 단위로, 0 초과 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 0 초과 최대 0.50 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-3.0 Ni, 0.40-3.0 Mo, 0.1-0.30 N, 0.05-4.0 W, 0 초과 최대 0.01 B, 0 초과 최대 1.0 Co, 나머지 철 및 기타 불가피한 불순물을 포함하며 0 초과 10 미만의 페라이트 수, 22 보다 크고 최대 30의 PRE_W 값 및 20℃ 미만의 MD₃₀ 값을 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강을 갖는 제조물품.

청구항 41

제 1항에 있어서, 3 이상 10 미만의 페라이트 수를 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 42

제 26항에 있어서, 3 이상 10 미만의 페라이트 수를 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 43

제 29항에 있어서, 3 이상 10 미만의 페라이트 수를 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 44

제 32항에 있어서, 3 이상 10 미만의 페라이트 수를 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 45

제 35항에 있어서, 오스테나이트계 스테인리스 강은 3 이상 10 미만의 페라이트 수를 갖는 제조물품.

청구항 46

제 40항에 있어서, 3 이상 10 미만의 페라이트 수를 갖는 제조물품.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2007.11.29. 출원된 미국 가특허출원 60/991,016에 대하여 35 U.S.C. § 119(e)의 우선권을 주장한다.

배경 기술

[0003] 발명의 배경

[0004] 기술 분야

[0005] 본 명세서는 오스테나이트계 스테인리스 강에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 명세서는 고 니켈 함량 합금과 비교하여 적어도 상응하는 내부식성 및 성형성(formability) 물성을 갖는 저 함량의 니켈 및 저 함량의 몰리브덴을 갖는 비용-효과적인 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물에 관한 것이다.

[0006] 배경 기술의 설명

[0007] 오스테나이트계 스테인리스 강은 광범위한 산업 응용분야에서 유용하도록 하는 고도로 바람직한 물성들의 조합을 나타낸다. 이러한 강은 철이라는 기초 조성을 가지며, 이는 실온에서 오스테나이트 구조를 유지시키면서 제조되도록 하기 위하여 내부식성을 강화시키는 크롬 및 몰리브덴과 같은 페라이트-촉진 원소(ferrite-promoting element)의 첨가를 가능하게 하기 위하여, 니켈, 망간, 및 질소와 같은 오스테나이트-촉진 및 안정화 원소를 첨가하여 균형이 맞춰진다. 오스테나이트 구조는 고도로 바람직한 기계적 특성, 특히 인성(toughness), 연성(ductility), 및 성형성을 강(steel)에 제공한다.

[0008] 오스테나이트계 스테인리스 강의 한 예는 AISI 유형 316 스테인리스 강(UNS S31600)인데, 이것은 16-18% 크롬, 10-14% 니켈, 및 2-3% 몰리브덴을 함유하는 합금이다. 이러한 합금에서 합금 구성성분의 범위는 안정한 오스테나이트 구조를 유지하기 위하여 특정 범위 내에서 유지된다. 해당 업계의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 예를 들면, 니켈, 망간, 구리, 및 질소 함량은 오스테나이트 구조의 안정성에 기여한다. 그렇지만, 니켈 및 몰리브덴의 가격 상승으로 인하여, S31600을 대체할 수 있으면서 여전히 내부식성 및 우수한 성형성을 나타내는 비용-효과적인 대안에 대한 필요성이 대두하였다. 최근에, UNS S32003(AL 2003™ 합금)과 같은 린 듀플렉스 합금(lean duplex alloy)이 S31600에 대한 저-비용 대체물로서 사용되어져왔으며, 이러한 합금은 우수한 내부식성을 나타내는 반면, 이들은 약 50% 페라이트(ferrite)를 함유하는데 이로 인하여 S31600에 비하여 더 큰 강도 및 더 낮은 연성을 나타내며 결과적으로 그만큼 성형적이지 못하다. 듀플렉스 스테인리스 강은 또한 S31600에 비하여 고온 및 저온에서의 사용 모두에 있어서 더욱 제한을 받는다.

[0009] 또 다른 합금 대체물은 그레이드 216(UNS S21600)인데, 이것은 미국 특허 3,171,738에 개시되어 있다. S21600은 17.5-22% 크롬, 5-7% 니켈, 7.5-9% 망간, 및 2-3% 몰리브덴을 함유한다. 비록 S21600이 S31600보다 저 함량 니켈, 고 함량 망간을 갖는 변형이지만, S21600의 강도 및 내부식성 특성은 S31600의 그것들보다 훨씬 더 우수하다. 그렇지만, 듀플렉스 합금과 같이, S21600의 성형성이 S31600의 성형성만큼 우수하지 못하다. 또한, S21600은 S31600과 동일한 함량의 몰리브덴을 함유하기 때문에, 몰리브덴에 대한 비용 감소가 없다.

[0010] 또 다른 예에는 오스테나이트 구조를 유지하기 위하여 니켈을 망간으로 대체하는 다양한 스테인리스 강이 있는데, 예를 들면 유형 201 강(UNS S20100) 및 유사한 그레이드로 실현되는 것들이 있다. 예를 들면, 비록 유형

201 강은 우수한 내부식성을 갖는 저-니켈 합금임에도 불구하고, 이는 불량한 성형성 특성을 갖는다. 비용-효과적이기 위하여 저 함량의 니켈 및 몰리브덴을 함유하면서, S31600과 유사한 내부식성 및 성형성 모두의 조합을 갖는 합금을 생성하기 위한 필요성이 존재한다. 더욱이, 듀플렉스 합금과는 달리, 표준 오스테나이트계 스테인리스 강의 온도 적용 범위와 상응하는 온도 적용 범위, 예를 들면 극저온(cryogenic temperature) 내지 최대 1000°F의 온도 적용 범위를 갖는 합금에 대한 필요성이 존재한다.

[0011] 따라서, 본 발명은 현재 시장에서 사용가능하지 않는 해결책을 제공하는 것인데, 즉 S31600에 상응하는 내부식성 특성을 가지면서 원료 비용 절감을 제공하는 성형가능한 오스테나이트계 스테인리스 강 합금 조성물을 제공하는 것이다. 따라서, 본 발명은 매우 저가의 원료 비용으로 고 함량 니켈 및 몰리브덴 합금의 특성과 유사한 특성을 갖는 합금을 제조하기 위하여 Ni 및 Mo를 대체하여 원소 Mn, Cu, 및 N의 조합을 사용하는 오스테나이트계 합금에 관한 것이다. 선택적으로, 원소 W 및 Co가 독립적으로 또는 조합되어 각각 원소 Mo 및 Ni를 대체하기 위하여 사용될 수도 있다.

발명의 내용

[0012] **발명의 개요**

[0013] 본 발명은 더욱 고가의 원소인 니켈 및 몰리브덴에 대한 치환체로서 망간, 구리, 및 질소와 같은 저가 원소를 사용하는 오스테나이트계 스테인리스 강에 관한 것이다. 본 발명의 결과는 S31600과 같은 더욱 고가의 합금에 적어도 상응하는 내부식성 및 성형성 특성을 갖는 저가 합금이다.

[0014] 본 명세서에 따르는 한 구체 예는 중량% 단위로, 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-5.0 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.1-0.35 N, 최대 4.0 W, 최대 0.01 B, 최대 1.0 Co, 철 및 불순물을 포함하는 오스테나이트계 스테인리스 강이며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수(ferrite number) 및 20°C 미만의 MD₃₀ 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, MD₃₀ 값은 -10°C 미만이다. 상기 강의 일부 구체 예에서, 상기 강은 약 22 초과의 PRE_W 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, $0.5 \leq (Mo + W/2) \leq 5.0$ 이다.

[0015] 본 명세서에 따르는 오스테나이트계 스테인리스 강의 또 다른 예는, 중량% 단위로, 최대 0.10 C, 2.0-8.0 Mn, 최대 1.0 Si, 16.0-22.0 Cr, 1.0-5.0 Ni, 0.40-2.0 Mo, 최대 1.0 Cu, 0.12-0.30 N, 0.050-0.60 W, 최대 1.0 Co, 최대 0.04 P, 최대 0.03 S, 최대 0.008 B, 철 및 불순물을 포함하며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD₃₀ 값을 가진다. 상기 강의 일부 구체 예에서, MD₃₀ 값은 -10°C 미만이다. 상기 강의 일부 구체 예에서, 상기 강은 약 22 초과의 PRE_W 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, $0.5 \leq (Mo + W/2) \leq 5.0$ 이다.

[0016] 본 명세서에 따르는 오스테나이트계 스테인리스 강의 또 다른 구체 예는, 중량% 단위로, 최대 0.08 C, 3.0-6.0 Mn, 최대 1.0 Si, 17.0-21.0 Cr, 3.0-5.0 Ni, 0.50-2.0 Mo, 최대 1.0 Cu, 0.14-0.30 N, 최대 1.0 Co, 0.05-0.60 W, 최대 0.05 P, 최대 0.03 S, 철 및 불순물을 포함하며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD₃₀ 값을 가진다. 상기 강의 일부 구체 예에서, MD₃₀ 값은 -10°C 미만이다. 상기 강의 일부 구체 예에서, 상기 강은 약 22 초과의 PRE_W 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, $0.5 \leq (Mo + W/2) \leq 5.0$ 이다.

[0017] 본 명세서에 따르는 오스테나이트계 스테인리스 강의 또 다른 구체 예는, 중량% 단위로, 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-5.0 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.1-0.35 N, 최대 4.0 W, 최대 0.01 B, 최대 1.0 Co, 나머지 철 및 불순물로 구성되며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD₃₀ 값을 가진다.

[0018] 한 구체 예에서, 오스테나이트계 스테인리스 강 제조 방법은 전기 아크 로(electric arc furnace) 내에서의 용융 단계, AOD 내에서의 정련(refining) 단계, 잉곳(ingot) 또는 연속 주조 슬라브 내로의 주조 단계, 상기 잉곳 또는 슬라브를 재가열하는 단계 및 플레이트 또는 코일 제조를 위한 고온 롤링 단계, 특정 두께를 위한 저온 롤링 단계, 및 재료를 어닐링 및 산처리(pickling)하는 단계를 포함한다. 본 발명에 따르는 또 다른 방법은 예를 들면 진공 또는 특정 대기압(special atmosphere) 하에서의 용융 및/또는 재-용융 단계, 성형품으로의 주조 단계, 또는 슬라브 또는 성형품으로 문쳐지는 분말 제조 단계 등을 포함할 수도 있다.

[0019] 본 명세서에 따르는 합금은 다양한 응용분야에 사용될 수 있다. 한 실시예에 따르면, 본 명세서의 합금은 저온 또는 극저온(cryogenic) 환경에서의 사용에 적합한 제조 물품에 포함될 수 있다. 본 발명의 합금으로부터 제조

되거나 또는 본 발명의 합금을 포함하는 제조 물품의 또 다른 비-제한적 실시예는 내부식성 물품, 내부식성 건축용 패널(panel), 가요성 커넥터(flexible connector), 벨로우(bellow), 튜브, 파이프, 굴뚝 라이너(chimney liner), 송관 라이너(flue liner), 플레이트 프레임 열 교환 부품(plate frame heat exchanger parts), 콘덴서 부품(condenser parts), 제약 공정 장비용 부품(parts for pharmaceutical processing equipment), 위생 응용 분야에서 사용되는 부품(part used in sanitary application), 및 에탄올 생산 또는 처리 장비용 부품이다.

도면의 간단한 설명

[0020]

도면의 간단한 설명

도 1은 본 명세서에 따르는 합금의 한 구체 예와 대조 합금 S31600에 대한 응력-파단 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021]

발명의 상세한 설명

[0022]

본 명세서의 상세한 설명 및 청구범위에서, 작업 실시예 또는 다르게 나타내는 것 이외에는, 구성성분 및 생성물의 양 또는 특성, 공정 조건, 및 이와 유사한 것을 나타내는 모든 숫자는 모든 경우에 있어서 용어 "약"에 의해 변경될 수 있음이 이해될 것이다. 따라서, 반대로 나타내지 않는 한, 다음의 상세한 설명 및 첨부된 청구범위에 제시된 모든 숫자 파라미터는 대략적인데 이는 본 명세서에 따르는 물건 및 방법에서 얻기 위해 추구하는 바람직한 특성에 의존하여 변할 수 있다. 최소한 그리고 청구범위에 대한 균등 범위에 명세서를 제한하고자 하는 의도가 아닌 한, 각각의 숫자 파라미터는 최소한 보고된 유효숫자에 수에 관하여 해석되고 통상적인 근사치 방법을 적용하여 해석되어야 한다. 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강이 지금부터 상세하게 설명될 것이다. 이하의 설명에 있어서, 다른 제시가 없는 한 "%"는 "중량%"를 나타낸다.

[0023]

본 발명은 오스테나이트계 스테인리스 강에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 발명은 S31600의 특성과 적어도 상응하는 내부식성 및 성형성 특성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물에 관한 것이다. 본 명세서에 따르는 오스테나이트계 스테인리스 강의 한 구체 예는 중량% 단위로, 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-5.0 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.1-0.35 N, 최대 4.0 W, 최대 0.01 B, 최대 1.0 Co, 철 및 불순물을 포함하며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD₃₀ 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, MD₃₀ 값은 -10°C 미만이다. 상기 강의 일부 구체 예에서, 상기 강은 약 22 초과의 PRE_W 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, $0.5 \leq (Mo + W/2) \leq 5.0$ 이다.

[0024]

본 명세서에 따르는 오스테나이트계 스테인리스 강의 또 다른 구체 예는 중량% 단위로, 최대 0.10 C, 2.0-8.0 Mn, 최대 1.0 Si, 16.0-22.0 Cr, 1.0-5.0 Ni, 0.40-2.0 Mo, 최대 1.0 Cu, 0.12-0.30 N, 0.05-0.60 W, 최대 1.0 Co, 최대 0.04 P, 최대 0.03 S, 최대 0.008 B, 철 및 불순물을 포함하며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD₃₀ 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, MD₃₀ 값은 -10°C 미만이다. 상기 강의 일부 구체 예에서, 상기 강은 약 22 초과의 PRE_W 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, $0.5 \leq (Mo + W/2) \leq 5.0$ 이다.

[0025]

본 명세서에 따르는 오스테나이트계 스테인리스 강의 또 다른 구체 예는 중량% 단위로, 최대 0.08 C, 3.0-6.0 Mn, 최대 1.0 Si, 17.0-21.0 Cr, 3.0-5.0 Ni, 0.50-2.0 Mo, 최대 1.0 Cu, 0.14-0.30 N, 최대 1.0 Co, 0.05-0.60 W, 최대 0.05 P, 최대 0.03 S, 철 및 불순물을 포함하며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD₃₀ 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, MD₃₀ 값은 -10°C 미만이다. 상기 강의 일부 구체 예에서, 상기 강은 약 22 초과의 PRE_W 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, $0.5 \leq (Mo + W/2) \leq 5.0$ 이다.

[0026]

본 명세서에 따르는 오스테나이트계 스테인리스 강의 또 다른 구체 예는 중량% 단위로, 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 16.0-23.0 Cr, 3.0-5.0 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.1-0.35 N, 최대 4.0 W, 최대 0.01 B, 최대 1.0 Co, 철 및 불순물을 포함하며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수 및 20°C 미만의 MD₃₀ 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, MD₃₀ 값은 -10°C 미만이다. 상기 강의 일부 구체 예에서, 상기 강은 약 22 초과의 PRE_W 값을 갖는다. 상기 강의 일부 구체 예에서, $0.5 \leq (Mo + W/2) \leq 5.0$ 이다.

[0027]

본 명세서에 따르는 오스테나이트계 스테인리스 강의 또 다른 예는 중량% 단위로, 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 최

대 2.0 Si, 16.0-23.0 Cr, 1.0-5.0 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.1-0.35 N, 최대 4.0 W, 최대 0.01 B, 최대 1.0 Co, 나머지 철 및 불순물로 구성되며, 상기 강은 10 미만의 페라이트 수 및 20℃ 미만의 MD₃₀ 값을 가진다.

[0028] **C: 최대 0.20%**

[0029] C는 오스테나이트 상(phase)을 안정화시키기 위해 작용하며 변형에 의해 유도된(deformation-induced) 마르텐사이트 변태(martensitic transformation)를 억제한다. 그렇지만, 또한 C는 특히 용접 동안 크롬 카바이드를 형성할 가능성을 증가시키며, 이는 내부식성 및 인성(toughness)을 감소시킨다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 최대 0.20% C를 갖는다. 본 발명의 한 구체 예에서, C의 함량은 0.10% 또는 그 미만, 대안으로 0.08% 또는 그 미만일 수 있다.

[0030] **Si: 최대 2.0%**

[0031] 2% 초과 Si를 가지면 시그마와 같은 엠브리틀링 상(embrittling phase)의 형성이 촉진되고, 합금 내에서 질소의 용해도가 감소한다. 또한 Si는 페라이트 상(ferritic phase)을 안정시키며, 그에 따라 2% 초과 Si는 오스테나이트 상을 안정화시키기 위한 추가적인 오스테나이트 안정화제의 첨가를 요구한다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 최대 2.0% Si를 갖는다. 본 명세서에 따르는 한 구체 예에서, Si 함량은 1.0% 또는 그 미만일 수 있다. 본 발명의 또 다른 구체 예에서, Si 함량은 0.50 % 또는 그 미만일 수 있다.

[0032] **Mn: 2.0-9.0%**

[0033] Mn은 오스테나이트 상을 안정화시키며 유익한 합금 원소인 질소의 용해도를 일반적으로 증가시킨다. 이러한 효과를 충분히 발휘하기 위해서는, 2.0% 이상의 Mn 함량이 요구된다. 망간 및 질소 둘 모두는 더욱 고가의 원소인 니켈에 대한 효과적인 치환체이다. 그렇지만, 9.0% 초과 Mn을 가지면 특정 환경에서의 재료의 작업성 및 내부식성이 감퇴한다. 또한, 9.0% 초과와 같이 고 함량의 Mn을 갖는 스테인리스 강의 탈탄(decarburizing)이 어렵기 때문에, 너무 많은 Mn을 가지면 재료의 제조 공정 비용이 상당히 많이 증가한다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 2.0-9.0% Mn을 갖는다. 한 구체 예에서, Mn 함량은 2.0-8.0%, 또는 그 미만일 수 있거나 그 대신에 3.0-6.0%일 수 있다.

[0034] **Ni: 1.0-5.0%**

[0035] 페라이트 및 마르텐사이트 둘 모두의 형성과 관련하여 오스테나이트 상을 안정화시키기 위해 최소 1% Ni가 요구된다. Ni는 또한 인성 및 성형성을 강화시키는 작용을 한다. 그렇지만, 니켈의 상대적으로 비싼 가격 때문에, 니켈의 함량을 가능한 한 낮게 유지하는 것이 바람직하다. 본 발명은, 고 함량 니켈 합금의 특성만큼 우수하거나 또는 그보다 더 우수한 내부식성 및 성형성을 갖는 합금을 달성하기 위하여, 1.0-5.0% 범위의 Ni가 정의된 범위의 또 다른 원소들과 함께 사용될 수 있음을 밝혀냈다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 1.0-5.0 % Ni를 갖는다. 한 구체 예에서, Ni 함량은 3.0-5.0%일 수 있다. 한 구체 예에서, Ni 함량은 1.0-3.0%일 수 있다.

[0036] **Cr: 16.0-23.0%**

[0037] 스테인리스 강에 내부식성을 부여하기 위하여 Cr이 첨가되며, 또한 Cr은 마르텐사이트 변태와 관련하여 오스테나이트 상을 안정화시키는 작용을 한다. 적절한 내부식성을 제공하기 위하여 최소한 16% Cr이 요구된다. 다른 한편으로는, Cr이 강력한 페라이트 안정화제이기 때문에, 23%를 초과하는 Cr 함량은 페라이트 함량을 수용가능한 정도로 낮게 유지시키기 위해 니켈 또는 코발트와 같은 더욱 고가의 합금 원소의 첨가를 필요로 한다. 또한 23% 초과 Cr을 가지면 시그마와 같은 바람직하지않은 상을 더욱 용이하게 형성한다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 16.0-23.0% Cr을 갖는다. 한 구체 예에서, Cr 함량은 16.0-22.0%일 수 있거나 또는 그 대신에 17.0-21.0%일 수 있다.

- [0038] **N: 0.1-0.35%**
- [0039] 오스테나이트 안정화 원소 Ni 및 부식성 강화 원소 Mo에 대한 부분적인 대체물로서 N이 합금 내에 포함된다. 강도 및 내부식성을 위하여 그리고 오스테나이트 상을 안정화시키기 위하여 최소 0.10% N이 요구된다. 0.35% 초과 N의 첨가는 용융 및 용접 동안 N의 용해도를 초과할 것이며, 이는 질소 기체 포말로 인한 공극(porosity)을 산출시킬 것이다. 용해도 한도를 초과하지 않더라도, 0.35% 초과 N 함량은 내부식성 및 인성을 감퇴시키는 질화물(nitride) 입자의 침전 경향을 증가시킨다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 0.1-0.35% N을 갖는다. 한 구체 예에서, N 함량은 0.14-0.30%일 수 있으며, 그 대신에 0.12-0.30%일 수 있다.
- [0040] **Mo: 최대 3.0%**
- [0041] 본 발명의 발명자들은 수용가능한 물성을 유지하는 동안 합금의 Mo 함량을 제한하는 것을 추구하였다. Mo는, 스테인리스 강의 표면 상부에 형성되며 염화물의 작용에 의한 공식(pitting corrosion)을 방어하는 부동태 산화물 필름(passive oxide film)을 안정화시키는데 효과적이다. 이러한 효과를 얻기 위하여, 본 발명에서 Mo는 최대 3.0% 수준으로 첨가될 수 있다. 비용 때문에, Mo 함량은 0.5-2.0%일 수 있는데, 이는 적절한 함량의 크롬 및 질소와 함께, 요구되는 내부식성을 제공하기에 적절하다. 3.0%를 초과하는 Mo 함량은 응고(델타) 페라이트의 분율을 잠재적으로 불리한 수준으로 증가시킴으로써 고온 작업성의 악화를 초래한다. 고 Mo 함량은 또한 시그마 상(sigma phase)과 같은 유해한 금속간 상(intermetallic phases)이 형성되는 경향을 증가시킨다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물은 최대 3.0% Mo를 갖는다. 한 구체 예에서, Mo 함량은 약 0.40-2.0%일 수 있으며, 그 대신에 0.50-2.0%일 수 있다.
- [0042] **Co: 최대 1.0%**
- [0043] Co는 오스테나이트 상을 안정화시키기 위해 니켈 대체물로서 작용한다. 코발트의 첨가는 또한 재료의 강도를 증가시키는 작용을 한다. 코발트의 상한은 바람직하게는 1.0% 이다.
- [0044] **B: 최대 0.01%**
- [0045] 0.0005% 만큼의 저 함량 B가 스테인리스 강의 고온 작업성과 표면 품질을 개선하기 위하여 첨가될 수 있다. 그렇지만 0.01% 초과 B의 첨가는 합금의 내부식성 및 작업성을 감퇴시킨다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물은 최대 0.01% B를 갖는다. 한 구체 예에서, B 함량은 최대 0.008%이다.
- [0046] **Cu: 최대 3.0%**
- [0047] Cu는 오스테나이트 안정화제이며 본 합금 내 니켈의 일부를 대체하기 위하여 사용될 수도 있다. Cu는 또한 환원 환경에서 내부식성을 개선하며 적층 결함 에너지(stacking fault energy)를 감소시켜 성형성을 개선한다. 그렇지만, 3% 초과 Cu 첨가는 오스테나이트계 스테인리스 강의 고온 작업성을 감소시키는 것으로 여겨져 왔다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물은 최대 3.0% Cu를 갖는다. 한 구체 예에서, Cu 함량은 최대 1.0%일 수 있다.
- [0048] **W: 최대 4.0%**
- [0049] W는 염화물 공식(pitting corrosion) 및 틈새 부식(crevice corrosion)에 대한 저항성을 개선하는데 있어서 몰리브덴과 유사한 효과를 제공한다. W는 또한 몰리브덴을 대체하는 경우 시그마 상 형성의 경향성을 감소시킬 수도 있다. 그렇지만, 4% 초과 W의 첨가는 합금의 고온 작업성을 감소시킬 수도 있다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물은 최대 4.0% W를 갖는다. 한 구체 예에서, W 함량은 0.05-0.60%일 수 있다.

- [0050] $0.5 \leq (\text{Mo} + \text{W}/2) \leq 5.0$
- [0051] Mo 및 W 둘 모두는, 스테인리스 강의 표면 상부에 형성되며 염화물의 작용에 의한 공식(pitting corrosion)을 방어하는 부동태 산화물 필름(passive oxide film)을 안정화시키는데 효과적이다. 내부식성을 증가시키는데 있어서 Mo에 비하여 W가 대략 절반의 효과(중량으로)이기 때문에, 필요한 내부식성을 제공하기 위하여 $(\text{Mo} + \text{W}/2) > 0.5\%$ 의 조합이 요구된다. 그렇지만, 너무 많이 Mo를 갖는 것은 금속간 상(intermetallic phases)을 형성하는 경향을 증가시키며 너무 많은 W는 재료의 고온 작업성을 감소시킨다. 그러므로, $(\text{Mo} + \text{W}/2)$ 의 조합은 5.0% 미만이어야 한다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물은 $0.5 \leq (\text{Mo} + \text{W}/2) \leq 5.0$ 를 갖는다.
- [0052] $1.0 \leq (\text{Ni} + \text{Co}) \leq 6.0$
- [0053] 니켈 및 코발트 둘 모두는 페라이트 형성과 관련하여 오스테나이트 상을 안정화시키는 작용을 한다. 적절한 내부식성을 확보하기 위하여 첨가되어야만 하는 크롬 및 몰리브덴과 같은 페라이트 안정화 원소의 존재 하에서 오스테나이트 상을 안정화시키기 위하여 최소 1.0%의 $(\text{Ni} + \text{Co})$ 가 요구된다. 그렇지만, Ni 및 Co 둘 모두는 고가의 원소이므로, $(\text{Ni} + \text{Co})$ 함량을 6.0% 미만으로 유지시키는 것이 바람직하다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물은 $1.0 \leq (\text{Ni} + \text{Co}) \leq 6.0$ 을 갖는다.
- [0054] 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강의 나머지는 철과 불가피한 불순물, 예를 들면 인 및 황을 포함한다. 상기 불가피한 불순물은 해당 업계의 통상의 기술자에게 의해 이해될 수 있는 바람직하게는 현실적으로 가장 낮은 수준으로 유지된다.
- [0055] 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 또한 예를 들면 내공식지수(pitting resistance equivalence number), 페라이트 수, MD₃₀ 온도를 포함하여, 상기 강들의 나타내는 물성을 정량화하는 수식으로 정의될 수 있다.
- [0056] 내공식지수(pitting resistance equivalence number, PRE_N)는 염화물-함유 환경에서 공식(pitting corrosion)에 대하여 합금의 예상되는 저항성의 상대적 등급을 제공한다. PRE_N이 클수록, 합금의 예상되는 내부식성이 우수하다. PRE_N은 다음 수식에 의해 계산될 수 있다:
- [0057] $\text{PRE}_N = \%Cr + 3.3(\%Mo) + 16(\%N)$
- [0058] 대신에, 합금 내 텅스텐의 존재를 고려하기 위하여 $1.65(\%W)$ 라는 인자가 상기 수식에 첨가될 수 있다. 텅스텐은 스테인리스 강의 내공식성(pitting resistance)을 개선하며, 중량으로, 몰리브덴의 효과의 대략 절반의 효과이다. 텅스텐이 계산에 포함되는 경우, PRE_W로 나타내지는 내공식지수는 다음 수식에 의해 계산된다:
- [0059] $\text{PRE}_W = \%Cr + 3.3(\%Mo) + 1.65(\%W) + 16(\%N)$
- [0060] 본 발명의 합금에서 텅스텐은 몰리브덴과 유사한 목적으로 작용한다. 이런 식으로, 텅스텐은 증가된 내공식성을 제공하기 위하여 몰리브덴에 대한 치환체로서 첨가될 수 있다. 상기 수식에 따르면, 동일한 내공식성을 유지하기 위하여, 제거되는 몰리브덴의 %에 대하여 두 배의 텅스텐 중량%가 첨가되어야 한다. 본 발명의 합금의 일부 구체 예는 22 초과의 PRE_W 값을 가지며, 바람직한 일부 구체 예에서는 30 만크이 크다.
- [0061] 본 발명의 합금은 또한 그 페라이트 수로서 정의될 수도 있다. 양의 페라이트 수는 일반적으로 페라이트의 존재와 관련 있는데, 페라이트는 합금의 응고 특성(solidification properties)을 개선하고 고온 작업 및 용접 작업 동안의 합금의 고온 균열(hot cracking)을 억제하는데 도움을 준다. 따라서 우수한 주조성(castability)을 위하여 그리고 용접 동안의 고온-균열을 방지하기 위하여 초기 응고된 마이크로구조 내에 소량의 페라이트가 요구된다. 다른 한편으로, 너무 많은 페라이트는, 사용되는 동안, 마이크로구조의 불안정성, 제한된 연성, 및 약화된 고온 기계적 물성을 포함하는 문제점(여기에 제한되는 것은 아님)을 야기할 수 있다. 페라이트 수는 다음 수식을 사용하여 계산될 수 있다:
- [0062] $\text{FN} = 3.34(\text{Cr} + 1.5\text{Si} + \text{Mo} + 2\text{Ti} + 0.5\text{Cb}) - 2.46(\text{Ni} + 30\text{N} + 30\text{C} + 0.5\text{Mn} + 0.5\text{Cu}) - 28.6$
- [0063] 본 발명의 합금은 최대 10, 바람직하게는 양의 수, 더욱 바람직하게는 약 3 내지 5의 페라이트 수를 갖는다.

- [0064] 합금의 MD₃₀ 온도는 30%의 저온 변형(cold deformation)이 오스테나이트의 50%가 마르텐사이트로 변태되는 것을 초래하는 온도로서 정의된다. MD₃₀ 온도가 낮을수록, 마르텐사이트 변태에 대한 재료의 저항성이 커진다. 마르텐사이트 형성에 대한 저항성은 낮은 경화 작업 속도를 초래하고, 이는 특히 연신 응용분야(drawing application)에서 우수한 성형성을 초래한다. MD₃₀는 다음 수식에 의해 계산된다:
- [0065] $MD_{30}(^{\circ}C)=413-462(C+N)-9.2(Si)-8.1(Mn)-13.7(Cr)-9.5(Ni)-17.1(Cu)-18.5(Mo)$
- [0066] 본 발명의 합금은 20℃ 미만의 MD₃₀ 온도를 가지며, 일부 바람직한 구체 예에서 약 -10℃ 미만의 값을 가진다.
- [0067] **실시예**
- [0068] 표 1은 본 발명의 합금 1-11 및 대조 합금 CA1, S31600, S21600, 및 S20100에 대한 실제적 조성 및 계산된 파라미터 값을 포함한다.
- [0069] 본 발명의 합금 1-11과 대조 합금 CA1은 실험실-규모의 진공 로(vacuum furnace)에서 용융되었고 50-lb 잉곳에 부어졌다. 이러한 잉곳은 재가열되었고 고온 롤링(hot rolled)되어 약 0.250" 두께의 물품을 형성하였다. 상기 물품은 어닐링되었고, 산처리(pickled) 되었다. 상기 물품 중 일부는 0.100"-두께로 저온 롤링되었고, 나머지는 0.050 또는 0.040"-두께로 저온 롤링되었다. 저온 롤링된 물품은 어닐링되었고 산처리 되었다. 대조 합금 S31600, S21600, 및 S20100는 상업적으로 구입가능하며 이들 합금에 대하여 제시된 데이터는 공개된 문헌으로부터 취득하였거나 상업적 판매용으로 최근 제조된 물품을 테스트하여 측정되었다.
- [0070] 각각의 합금에 대하여 계산된 PRE_W 값이 표 1에 제시된다. 전술한 수식을 사용하여, 24.1 초과의 PRE_W 값을 갖는 합금이 염화물 공식(pitting)에 대하여 S31600 재료보다 우수한 저항성을 갖는 것으로 예상되는 반면, 낮은 PRE_W 값을 갖는 합금들은 더욱 쉽게 공식(pit)된다.
- [0071] 표 1에 제시된 각각의 합금에 대한 페라이트 수가 또한 계산되었다. 본 발명의 합금에 대한 페라이트 수는 10 미만이며, 특히 -3.3 내지 8.3이다. 본 발명의 일부 합금에 대한 페라이트 수가 최적의 용접성 및 주조성에 대하여 요구되는 것보다 조금 낮지만, 이들 페라이트 수는 용접가능한 물질인 대조 합금 S21600의 페라이트 수보다 더 여전히 크다.
- [0072] 표 1에서 합금에 대한 MD₃₀ 값이 또한 계산되었다. 계산에 따르면, 본 발명의 모든 합금은 마르텐사이트 형성에 대하여 대조 합금 S31600보다 더 큰 저항성을 나타낸다.

표 1

본 발명의 합금												대조 합금			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	CA1	S31600	S21600	S20100
C	0.019	0.17	0.023	0.016	0.016	0.013	0.013	0.014	0.015	0.011	0.016	0.015	0.017	0.018	0.02
Mn	4.7	4.9	5.7	4.0	4.8	4.9	5.1	5.1	4.5	5.1	4.9	4.8	1.24	8.3	6.7
Si	0.28	0.26	0.28	0.27	0.25	0.27	0.25	0.24	0.25	0.28	0.29	0.26	0.45	0.40	0.40
Cr	18.1	18.0	18.0	18.3	18.0	18.0	18.2	18.2	17.3	18.1	18.1	16.1	16.3	19.7	16.4
Ni	4.5	4.6	4.1	4.9	4.5	4.2	4.5	1.0	4.6	4.5	3.7	3.5	10.1	6.0	4.1
Mo	1.13	1.0	1.02	1.17	0.82	1.0	1.0	1.15	0.36	1.13	0.75	0.82	2.1	2.5	0.26
Cu	0.40	0.39	0.37	0.42	0.42	0.99	1.89	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.38	0.40	0.43
N	0.210	0.142	0.275	0.161	0.174	0.185	0.216	0.253	0.184	0.153	0.158	0.138	0.04	0.37	0.15
P	0.002	0.017	0.018	0.012	0.013	0.018	0.014	0.014	0.015	0.014	0.014	0.013	0.03	0.03	0.03
S	0.0001	0.0011	0.0023	0.0015	0.0017	0.0014	0.0018	0.0015	0.0015	0.0020	0.0019	0.0015	0.0010	0.0010	0.0010
W	0.09	0.12	0.01	0.01	0.36	0.12	0.04	0.09	1.38	0.09	0.04	0.01	0.11	0.10	0.1
B	0.0001	0.0025	0.0018	0.0022	0.0020	0.0021	0.0026	0.0014	0.0013	0.0022	0.0024	0.0022	0.0025	0.0025	0.0005
Fe	70.4	70.5	70.1	70.7	70.6	70.2	68.7	73.5	70.9	69.4	71.7	73.8	68.8	62.2	71.4
Co	0.10	0.10	0.04	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.89	0.10	0.10	0.35	0.10	0.10
FN	2.8	6.7	-3.3	7.1	3.9	3.7	0.2	8.3	-0.3	7.0	7.4	3.1	4.1	-6.2	-2.3
PRE _W	25.5	23.9	25.8	24.7	24.6	24.6	25.0	26.3	26.0	24.5	23.2	21.1	24.0	33.9	19.7
MD ₃₀	-52.4	-17.2	-84.1	-28.9	-27.4	-42.5	-78.3	-40.1	-11.8	-24.1	-12.2	24.6	7.8	-217.4	0.7
RMCI	0.56	0.55	0.52	0.58	0.54	0.53	0.54	0.38	0.55	0.56	0.47	0.45	1.00	0.83	0.43
항복 (yield)	49.1	-	51.3	46.4	49.2	49.4	46.6	61.5	50.6	48.0	50.8	38.5	43.5	55	43
인장	108.7	-	108.5	103.3	104.6	104.1	97.6	127.6	104.6	103.7	109.9	136.3	90.6	100	100
% E	68	-	65	56	52	48	50.0	49.5	50.8	53.5	52.5	36	56	45	56
OCH	0.45	-	0.41	0.42	0.40	0.39	0.42	0.32	0.43	0.45	0.44	0.31	0.45	-	-
SSCVN	61.7	-	59.0	69.7	65.7	66.0	54.7	51.7	56.3	53.3	57.7	68.0	70	-	-

[0073]

[0074]

표 1은 또한 각 합금에 대한 원료 비용을 대조 합금 S31600의 비용과 비교하는 원료 비용 지수(raw material cost index, RMCI)를 포함한다. RMCI는 원료 Fe, Cr, Mn, Ni, Mo, W, 및 Co에 대한 2007년10월의 평균 단가에 합금에 포함된 각 원소의 백분율을 곱하고, 대조 합금 S31600 내의 원료의 비용으로 나누어서 계산되었다. 계산된 값이 나타내는 바와 같이, 본 발명의 모든 합금은 0.6 미만의 RMCI를 갖는데, 이는 본 발명의 합금에 포함된 원료의 비용이 대조 합금 S31600 내 원료의 비용의 60% 미만임을 의미한다. 상당히 낮은 원료 비용으로 대조 합금 S31600과 유사한 물성을 갖는 물품을 제조할 수 있다는 것은 놀라운 사실이며 선행 기술로부터 예상되지 않았던 것이다.

[0075]

본 발명 합금 1 및 3-11의 기계적 물성이 측정되었고 대조 합금 CA1 및 상업적으로 구입 가능한 대조 합금 S31600, S21600, 및 S20100의 물성과 비교되었다. 측정된 항복 강도(yield strength), 인장 강도(tensile strength), 2-인치 게이지 길이에 걸친 백분위 신장률(percent elongation), 올슨 컵 높이(Olsen cup height) 및 1/2-크기 샤르피 V-홈 충격 에너지(1/2-size Charpy V-notch impact energy)가 본 발명의 합금 및 3-11에 대하여 표 1에 제시된다. 인장 시험은 0.100" 게이지 재료 상에서 수행되었으며, 샤르피 시험은 0.197" 두께의 샘플 상에서 수행되었으며, 올슨 컵 시험은 0.040-인치 내지 0.050-인치 두께의 재료상에서 수행되었다. 모든 시험은 실온에서 수행되었다. 표 1의 데이터에 대한 단위는 다음과 같다: 항복 강도 및 인장 강도, ksi; 신장률, 백분율(percent); 올슨 컵 높이, 인치; 샤르피 충격 에너지, ft-lbs. 데이터로부터 알 수 있듯이, 본 발명의 합금은 대조 합금 S31600의 물성에 상응하는 물성을 나타냈다.

[0076]

비록 대조 합금 CA1의 조성이 본 발명 합금의 범위 이내임에도 불구하고, 나머지 원소로 인하여 MD₃₀ 및 PRE_W가 본 발명의 청구된 범위를 벗어난다. 기계적 시험 결과에 의하면 CA1이 S31600 만큼 성형성이 우수하지 않다는 것과 낮은 PRE_W는 공식(pitting corrosion)에 대한 CA1의 저항성이 S31600의 저항성만큼 우수하지 않다는 것을 의미한다.

[0077] 70, 600, 1000, 및 1400°F에서의 고온 인장 시험이 본 발명의 합금 1에 대하여 수행되었다. 결과는 표 2에 제시된다. 데이터에 의하면 본 발명 합금 1의 성능이 고온에서 대조 합금 S31600의 성능에 상응함을 나타낸다.

표 2

[0078]

	온도 (°F)	항복 강도 (ksi)	인장 강도 (ksi)	백분위 신장률
본 발명의 합금 1	70	49.1	108.7	68.0%
	600	25.1	74.0	40.3%
	1000	21.6	63.9	36.3%
	1400	20.0	35.3	75.0%
S31600	70	43.9	88.2	56.8%
	600	28.1	67.5	33.8%
	1000	29.5	63.4	36.8%
	1400	22.1	42.0	25.0%

[0079] 표 3은 22 ksi의 응력(stress) 하의 1300°F에서 본 발명의 합금 1에 대하여 수행된 2회의 응력-파단 시험의 결과를 나타낸다. 도 1에 의하면, 본 발명의 합금 1에 대한 응력-파단 결과는 대조 합금 S31600에 대하여 얻은 응력-파단 특성에 상응한다(LMP는 라르센-밀러 파라미터(Larsen-Miller Parameter)인데, 이는 시간 및 온도를 단일 변수로 통합시킨다).

표 3

[0080]

T (°F)	응력 (ksi)	시간 (h)	LMP	신장률
1300	22.0	233.6	39369	72%
1300	22.0	254.7	39435	79%

[0081] 본 발명의 이러한 합금의 잠재적인 용도는 광범위하다. 전술한 바와 같이, 본 명세서에 기술된 오스테나이트계 스테인리스 강 조성물은 많은 응용분야에서 S31600을 대체할 수 있다. 또한, Ni 및 Mo의 높은 가격 때문에, S31600을 본 발명의 합금 조성물로 대체함으로써 상당한 비용 절감이 고려될 수 있다. 또 다른 이점은, 본 발명의 합금들이 충분히 오스테나이트계이기 때문에, 본 발명의 합금들은 영하의 온도에서의 예리한 연성-취성 천이(ductile-to-brittle transition, DBT) 또는 885°F 취성(embrittlement)에 대하여 민감하지 않을 것이다. 따라서, 듀플렉스 합금과는 달리, 본 발명의 합금들은 650°F 이상의 온도에서도 사용가능하며 저온 및 극저온의 응용분야에 대하여도 주요한 후보물질이다. 본 명세서에서 기술되는 합금의 내부식성, 성형성, 및 가공성(processability)이 표준 오스테나이트계 스테인리스 강의 그것들과 매우 유사할 것이라고 예상된다. 본 발명의 합금으로부터 제조될 수 있거나 또는 이를 포함할 수 있는 제조 물품의 비-제한적 실시예에는 내부식성 물품, 내부식성 건축용 패널(panel), 가요성 컨넥터(flexible connector), 벨로우(bellow), 튜브, 파이프, 굴뚝 라이너(chimney liner), 송관 라이너(flue liner), 플레이트 프레임 열 교환 부품(plate frame heat exchanger parts), 콘덴서 부품(condenser parts), 제약 공정 장비용 부품(parts for pharmaceutical processing equipment), 위생 응용분야에서 사용되는 부품(part used in sanitary application), 및 에탄올 생산 또는 처리 장비용 부품 등이 있다.

[0082] 비록 전술한 설명이 필연적으로 제한된 수의 구체 예들을 제시하고 있으나, 관련 기술분야의 통상의 기술자들은 본 명세서에서 설명되고 예시된 실시예의 장치 및 방법 그리고 또 다른 상세한 부분들에서의 다양한 변화가 해당 기술분야의 통상의 기술자에 의해 이루어질 수 있고, 수정사항들이 본 명세서 및 청구범위에서 제시된 기술 내용의 범위 및 원칙 내에 포함될 것이라고 이해할 것이다. 그러므로, 본 발명이 본 명세서에서 기술되고 수록된 특정 구체 예에 제한되지 않고 청구범위에서 정의된 바에 따라 본 발명의 원칙 및 범위 내에서의 변화들을 포함한다고 이해될 것이다. 따라서 본 발명의 광범위한 사상을 벗어나지 않으면서 구체 예에 대한 변화가 존재할 수 있을 것이라고 해당 기술분야의 통상의 기술자들은 이해할 것이다.

도면

도면1

본 발명의 합금												대조 합금			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	CA1	S31600	S21600	S20100
C	0.019	0.17	0.023	0.016	0.016	0.013	0.013	0.014	0.015	0.011	0.016	0.015	0.017	0.018	0.02
Mn	4.7	4.9	5.7	4.0	4.8	4.9	5.1	5.1	4.5	5.1	4.9	4.8	1.24	8.3	6.7
Si	0.28	0.26	0.28	0.27	0.25	0.27	0.25	0.24	0.25	0.28	0.29	0.26	0.45	0.40	0.40
Cr	18.1	18.0	18.0	18.3	18.0	18.0	18.2	18.2	17.3	18.1	18.1	16.1	16.3	19.7	16.4
Ni	4.5	4.6	4.1	4.9	4.5	4.2	4.5	1.0	4.6	4.5	3.7	3.5	10.1	6.0	4.1
Mo	1.13	1.0	1.02	1.17	0.82	1.0	1.0	1.15	0.36	1.13	0.75	0.82	2.1	2.5	0.26
Cu	0.40	0.39	0.37	0.42	0.42	0.99	1.89	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.38	0.40	0.43
N	0.210	0.142	0.275	0.161	0.174	0.185	0.216	0.253	0.184	0.153	0.158	0.138	0.04	0.37	0.15
P	0.002	0.017	0.018	0.012	0.013	0.018	0.014	0.014	0.015	0.014	0.014	0.013	0.03	0.03	0.03
S	0.0001	0.0011	0.0023	0.0015	0.0017	0.0014	0.0018	0.0015	0.0015	0.0020	0.0019	0.0015	0.0010	0.0010	0.0010
W	0.09	0.12	0.01	0.01	0.36	0.12	0.04	0.09	1.38	0.09	0.04	0.01	0.11	0.10	0.1
B	0.0001	0.0025	0.0018	0.0022	0.0020	0.0021	0.0026	0.0014	0.0013	0.0022	0.0024	0.0022	0.0025	0.0025	0.0005
Fe	70.4	70.5	70.1	70.7	70.6	70.2	68.7	73.5	70.9	69.4	71.7	73.8	68.8	62.2	71.4
Co	0.10	0.10	0.04	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.89	0.10	0.10	0.35	0.10	0.10
FN	2.8	6.7	-3.3	7.1	3.9	3.7	0.2	8.3	-0.3	7.0	7.4	3.1	4.1	-6.2	-2.3
PRE _w	25.5	23.9	25.8	24.7	24.6	24.6	25.0	26.3	26.0	24.5	23.2	21.1	24.0	33.9	19.7
MD ₃₀	-52.4	-17.2	-84.1	-28.9	-27.4	-42.5	-78.3	-40.1	-11.8	-24.1	-12.2	24.6	7.8	-217.4	0.7
RMCI	0.56	0.55	0.52	0.58	0.54	0.53	0.54	0.38	0.55	0.56	0.47	0.45	1.00	0.83	0.43
항복 (yield)	49.1	-	51.3	46.4	49.2	49.4	46.6	61.5	50.6	48.0	50.8	38.5	43.5	55	43
인장	108.7	-	108.5	103.3	104.6	104.1	97.6	127.6	104.6	103.7	109.9	136.3	90.6	100	100
% E	68	-	65	56	52	48	50.0	49.5	50.8	53.5	52.5	36	56	45	56
OCH	0.45	-	0.41	0.42	0.40	0.39	0.42	0.32	0.43	0.45	0.44	0.31	0.45	-	-
SSCVN	61.7	-	59.0	69.7	65.7	66.0	54.7	51.7	56.3	53.3	57.7	68.0	70	-	-