



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2012-0091075  
 (43) 공개일자 2012년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/46 (2006.01)  
 C22C 38/48 (2006.01) C22C 38/50 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-7009327  
 (22) 출원일자(국제) 2010년10월14일  
 심사청구일자 없음  
 (85) 번역문제출일자 2012년04월12일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2010/052578  
 (87) 국제공개번호 WO 2011/053460  
 국제공개일자 2011년05월05일  
 (30) 우선권주장  
 12/610,577 2009년11월02일 미국(US)

(71) 출원인  
**에이티아이 프로퍼티즈, 인코퍼레이티드**  
 미국, 오레곤 97321-0580, 알바니, 1600 엔.이.  
 올드 살렘 로드  
 (72) 발명자  
**버그스트롬, 데이비드, 에스.**  
 미국, 펜실베이니아 15101, 앨리슨 파크, 베이필드  
 로드 4809  
**라코브스키, 제임스, 엠.**  
 미국, 펜실베이니아 15101, 앨리슨 파크, 우드레이  
 크 드라이브 4603  
 (74) 대리인  
**강명구**

전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 발명의 명칭 **절약형 오스테나이트 스테인레스강**

**(57) 요약**

비교적 낮은 Ni 및 Mo 수준을 포함하고, 더 높은 Ni 및 Mo 수준을 포함하는 어떤 합금과 비교하여 내부식성, 고온 변형 방지성, 및 성형 특성을 나타내는 오스테나이트 스테인레스강 조성물. 오스테나이트 스테인레스강의 구현예는, 중량 %로, 최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 15.0-23.0 Cr, 1.0-9.5 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.05-0.35 N, (7.5(%C)) ≤ (%Nb + %Ti + %V + %Ta + %Zr) ≤ 1.5, Fe, 및 부수적인 불순물을 포함한다.

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

최대 0.20 C, 2.0-9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 15.0-23.0 Cr, 1.0-9.5 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.05-0.35 N,  $(7.5(\% C)) \leq (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) \leq 1.5$ , Fe, 및 부수적인 불순물을 중량 %로 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서, 18 초과 PRE<sub>N</sub> 값을 갖는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 3**

청구항 1에 있어서, 18 초과 24까지의 PRE<sub>N</sub> 값을 갖는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 4**

청구항 1에 있어서, 12 미만의 페라이트 수를 갖는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 5**

청구항 1에 있어서, 0 초과 10까지의 페라이트 수를 갖는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 6**

청구항 1에 있어서, 1 내지 최대 4 범위의 페라이트 수를 갖는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 7**

청구항 1에 있어서, 34°C 미만의 MD<sub>30</sub> 값을 갖는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 8**

청구항 1에 있어서, 10°C 미만의 MD<sub>30</sub> 값을 갖는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 9**

청구항 1에 있어서, -10°C 미만의 MD<sub>30</sub> 값을 갖는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 10**

청구항 1에 있어서, 최대 0.10 C을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 11**

청구항 1에 있어서, 2.0 내지 8.0 Mn을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 12**

청구항 1에 있어서, 4.0 내지 7.0 Mn을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 13**

청구항 1에 있어서, 0.5 내지 1.0 Si을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 14**

청구항 1에 있어서, 16.0 내지 22.0 Cr을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 15**

청구항 1에 있어서, 3.0 내지 6.0 Ni을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 16**

청구항 1에 있어서, 0.1 내지 1.0 Mo을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 17**

청구항 1에 있어서, 0.1 내지 0.5 Mo을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 18**

청구항 1에 있어서,  $(7.5(\% C)) \leq (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) \leq 1.0$ 인 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 19**

청구항 1에 있어서, 적어도 0.1 니오븀을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 20**

청구항 1에 있어서,  $(7.5(\% C)) \leq \% \text{니오븀} \leq 1.5$ 인 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 21**

청구항 1에 있어서, 최대 0.01 B를 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 22**

청구항 1에 있어서, 0.001 내지 0.003 B를 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 23**

청구항 1에 있어서, 0.001 내지 0.5 티타늄을 포함하는 티타늄 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 24**

최대 0.10 C, 2.0 내지 8.0 Mn, 최대 1.00 Si, 16.0 내지 22.0 Cr, 1.0 내지 7.0 Ni, 0.10 내지 2.0 Mo, 최대 1.0 Cu, 0.08 내지 0.30 N,  $(7.5(\% Q)) \leq (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) \leq 1.5$ , 최대 0.008 B, 최대 0.01 티타늄, 최대 0.050 P, 최대 0.030 S, Fe, 및 부수적인 불순물을 중량%로 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 25**

청구항 24에 있어서, 적어도 0.1 니오븀을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 26**

청구항 24에 있어서,  $(7.5(\% C)) \leq \text{니오븀} \leq 1.5$ 인 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 27**

청구항 24에 있어서, 0.010 내지 0.05 P를 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 28**

청구항 24에 있어서, 0.0001 내지 0.001 S를 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 29**

최대 0.08 C, 3.5 내지 6.5 Mn, 최대 1.00 Si, 17.0 내지 21.0 Cr, 3.0 내지 6.0 Ni, 0.1 내지 1.0 Mo, 최대 1.0 Cu, 0.08 내지 0.30 N,  $(7.5(\% C)) \leq (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) \leq 1.0$ , 최대 0.005 B, 최대 0.005 티타늄, 최대 0.035 P, 최대 0.005 S, Fe, 및 부수적인 불순물을 중량 %로 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 30**

청구항 29에 있어서, 적어도 0.1 니오븀을 포함하는 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 31**

청구항 29에 있어서,  $(7.5(\%C)) \leq Nb \leq 1.5$ 인 오스테나이트 스테인레스강.

**청구항 32**

최대 0.20 C, 2.0 내지 9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 15.0 내지 23.0 Cr, 1.0 내지 9.5 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.05 내지 0.35 N,  $(7.5(\%C)) \leq (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) \leq 1.5$ , Fe, 및 부수적인 불순물 오스테나이트를 중량%로 포함하는 스테인레스강을 포함하는 제조 물품.

**청구항 33**

청구항 32에 있어서, 상기 오스테나이트 스테인레스강은 적어도 0.1 니오븀을 포함하는 물품.

**청구항 34**

청구항 32에 있어서,  $(7.5(\%C)) \leq$  니오븀  $\leq 1.5$ 인 물품.

**청구항 35**

청구항 32에 있어서, 상기 물품은 저온 및 극저온 환경 중 적어도 하나에서 사용하기 위해 적합하게 된 물품.

**청구항 36**

청구항 32에 있어서, 상기 물품은 가요성 컨넥터, 벨로우즈(bellows), 가요성 파이프, 굴뚝 라이너, 및 연도 라이너로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 물품.

**명세서**

**기술분야**

[0001] **관련 출원에 대한 상호참조**

[0002] 본원은 2008년 2월 20일에 출원된 계류중인 미국 특허출원 제12/034,183호의 일부계속출원(CIP)으로서 35 U.S.C. § 120 하에 우선권을 주장한다.

[0003] 본원은 오스테나이트 스테인레스강에 관한 것이다. 특히, 본원은, 예를 들어 T-321 합금(UNS S32100)과 같이 소정의 고 니켈 오스테나이트 합금과 비교하여, 그 중에서도, 낮은 수준의 니켈, 단지 부수적인 수준의 몰리브덴, 높은 항복 강도, 및 적어도 비슷한 내부식성 및 고온 특성을 포함하는, 비용 효과적인 안정화된 오스테나이트 스테인레스강 조성물에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0004] 오스테나이트 스테인레스강은 광범위한 산업 응용분야에 유용한 고도로 바람직한 물성들의 조합을 나타낸다. 이러한 강(steel)은 철이라는 기초 조성을 가지며, 이는 실온에서 오스테나이트 구조를 유지하면서 제조되기 위해 내부식성을 향상시키는 크롬 및 몰리브덴과 같은 페라이트 촉진 원소의 첨가를 가능하게 하는 니켈, 망간, 및 질소와 같은 오스테나이트-촉진 및 안정화 원소를 첨가함으로써 균형이 맞춰진다. 오스테나이트 구조는 강에 고도로 바람직한 기계적 특성, 특히 인성(toughness), 가요성(ductility), 및 성형성을 제공한다.

[0005] 오스테나이트 스테인레스강의 한 가지 특정한 예는 AISI 유형 316 스테인레스강(UNS S31600)인데, 이는 16-18% Cr, 10-14% Ni, 및 2-3% Mo을 함유하는 합금이다. 안정한 오스테나이트 구조를 유지하기 위해, 이 합금 내의 합금 성분의 범위는 특정 범위 내에서 유지된다. 본 기술분야의 숙련자에 의해 이해되는 바와 같이, 니켈, 망간, 구리, 및 질소의 함량은, 예를 들어, 오스테나이트 구조의 안정성에 기여한다. 하지만, 니켈 및 몰리브덴의 원가 상승으로 인하여 여전히 높은 내부식성 및 우수한 성형성을 나타내는 비용 효과적인 S31600 대체물에 대한 필요성이 대두되었다.

[0006] 또 다른 합금 대체물은 그레이드 216(Grade 216; UNS S21600)인데, 이는 미국 특허 제3,171,738호에 기재되어 있다. S21600은 17.5-22% Cr, 5-7% Ni, 7.5-9% Mn, 및 2-3% Mo을 함유한다. S21600은 저 함량 니켈, 고 함량 망간을 갖는 S31600의 변형체임에도 불구하고, S21600의 강도 및 내부식성 특성은 S31600보다 훨씬 더 우수하다. 하지만, 듀플렉스 합금과 마찬가지로, S21600의 성형성은 S31600만큼 우수하지 못하다. 또한, S21600은 S31600과 동일한 함량의 몰리브덴을 함유하기 때문에, 몰리브덴에 대한 비용 절감이 없다.

[0007] 또한 주로 고온에서 사용하기 위한 S31600의 변형체가 존재한다. 이 합금은 유형 316Ti(UNS S31635)로 명명된다. S31600과 S31635의 현저한 차이는 강 내에 존재하는 탄소 및 질소의 함량과 균형을 맞춘 소량 첨가된 티타늄이 존재하는가 하는 것이다. 이로써 얻어진 강 S31635는 고온에서 그리고 용접(welding) 중에, 예민화(sensitization)로 알려진 현상인 유해한 크롬 탄화물(carbide)이 덜 형성되는 경향이 있다. 또한, 상기 첨가는 일차 및 이차 탄화물 형성의 강화 효과로 인해 고온 특성을 향상시킬 수 있다. S31635에서 티타늄의 특정 범위가 하기 식에 의해 제시된다:

[0008]  $[5 \times (\% C + \% N)] \leq Ti \leq 0.70\%$ .

[0009] 하지만, S31635는 고가의 원료를 사용한다.

[0010] 오스테나이트 스테인레스강의 또 다른 예는 유형 321 스테인레스강(UNS S32100)이며, 이는 중량%로 17.00-19.00% Cr, 9.00-12.00% Ni, 최대 2.00% Mn, 최대 0.08% C, 최대 0.75% Si,  $[5 \times (\% C + \% N)] \leq Ti \leq 0.70\%$ , 최대 0.045% P, 최대 0.030% S, 최대 0.10% N, 및 균형 Fe (밸런스 Fe)을 함유한다. 유형 321 합금은 강 내에 존재하는 탄소 및 질소의 함량에 균형을 맞춘 티타늄을 첨가함으로써 크롬 탄화물 형성을 억제하여 안정화된다. 유형 321 합금은 의도적인 몰리브덴 첨가를 포함하지 않지만, 상당한 수준의 고가의 합금 원소를 포함한다.

[0011] 합금의 다른 예는 오스테나이트 구조를 유지하기 위하여 니켈이 망간으로 대체된 다양한 스테인레스강을 포함하는데, 예를 들면 유형 201 강(UNS S20100) 및 유사한 그레이드로 실현되는 것들이 있다. 하지만, 유형 321 합금과 같은 상대적으로 고도로 합금된 오스테나이트 스테인레스강에 대한 내부식성, 저비용 대체물에 대한 요구가 있으며 유형 321 합금에 대해 적어도 비슷한 강도 및 경도 특성을 제공하는 대체물에 대한 요구가 있다.

[0012] **발명의 요약**

[0013] 따라서, 본 발명에 따른 합금은 시장에서 현재 이용할 수 없는 해결책을 제공하는데, 이는 유형 321 오스테나이트 스테인레스강과 비교하여 현저한 원료비 절감을 제공하면서, 유형 321 합금과 비교하여 적어도 비슷한 내부식성, 강도, 및 경도 특성을 나타내는 안정화된 오스테나이트 스테인레스강 합금 조성물이다. 따라서, 본 합금은 내부식성 및 고온 특성을 개선하기 위해 제어된 수준의 탄화물-형성 원소를 포함하는 안정화된 오스테나이트 스테인레스강이다. 본 합금은 또한 현저히 낮은 원료비로, 고 니켈 합금과 적어도 유사한 소정의 특성을 나타내는 합금을 제공하는데 충분한 Mn, Cu, 및 N의 조합된 수준을 포함한다.

[0014] 본 발명에 따른 합금은 고가의 원소인 니켈에 대한 치환체로서 망간, 구리, 및 질소의 조합을 사용하는 오스테나이트 스테인레스강이다. 상기 결과는, 예를 들어, 유형 321과 비교하여 저비용 및 적어도 비슷한 성형성, 내부식성, 및 고온 강도 특성을 갖는 합금이다. 본 발명에 따른 합금의 구체예는 경량형강(light gauge)으로 제조될 수 있으며, 성형성을 향상시키기 위해 상대적으로 미세한 입자(grain)를 갖는 깨끗한 미세구조를 포함한다.

[0015] 본 개시내용에 따른 합금의 구현예는 최대 0.20 탄소 (C), 2.0 내지 9.0 망간 (Mn), 최대 2.0 실리콘 (Si), 15.0 내지 23.0 크롬 (Cr), 1.0 내지 9.5 니켈 (Ni), 최대 3.0 몰리브덴 (Mo), 최대 3.0 구리 (Cu), 0.05 내지 0.35 질소 (N),  $(7.5(\%C)) \leq (\% \text{니오븀} + \% \text{티타늄} + \% \text{바나듐} + \% \text{탄탈륨} + \% \text{지르코늄}) \leq 1.5$ , 철 (Fe), 및 부수적인 불순물을 중량 %로 포함하는 오스테나이트 스테인레스강에 관한 것이다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현예는 최대 0.01 % 붕소 (B)를 포함할 수 있다. 어떤 구현예는 적어도 0.1 % 니오븀을 포함할 수 있고, 또는 적어도 (7.5(%C))의 농도로 니오븀을 포함할 수 있다.

[0016] 본 개시내용에 따른 다른 구현예는 최대 0.10 C, 2.0 내지 8.0 Mn, 최대 1.00 Si, 16.0 내지 22.0 Cr, 1.0 내지 7.0 Ni, 0.10 내지 2.0 Mo, 최대 1.00 Cu, 0.08 내지 0.30 N,  $(7.5(\%C)) \leq (\% \text{니오븀} + \% \text{티타늄} + \% \text{바나듐} + \% \text{탄탈륨} + \% \text{지르코늄}) \leq 1.5$ , 최대 0.040 인 (P), 최대 0.030 황 (S), Fe, 및 부수적인 불순물을 중량 %로 포함하는 오스테나이트 스테인레스강에 관한 것이다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현예는 최대 0.01 % B를 포함할 수 있다. 어떤 구현예는 적어도 0.1 % 니오븀을 포함할 수 있고, 또는 적어도

(7.5(%C))의 농도로 니오븀을 포함할 수 있다.

[0017] 본 개시내용의 대안적인 구현예는 최대 0.08 C, 3.5 내지 6.5 Mn, 최대 1.00 Si, 17.0 내지 21.0 Cr, 3.0 내지 6.0 Ni, 0.1 내지 1.0 Mo, 최대 1.0 Cu, 0.08 내지 0.30 N,  $(7.5(\%C)) \leq (\% \text{니오븀} + \% \text{티타늄} + \% \text{바나듐} + \% \text{탄탈륨} + \% \text{지르코늄}) \leq 1.0$ , 최대 0.035 P, 최대 0.005 S, Fe, 및 부수적인 불순물을 중량 %로 포함하는 오스테나이트 스테인레스강에 관한 것이다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현예는 최대 0.01 %B를 포함할 수 있다. 어떤 구현예는 적어도 0.1 % 니오븀을 포함할 수 있고, 또는 적어도 (7.5(%C))의 농도로 니오븀을 포함할 수 있다.

[0018] 특정 구체예에서, 본 발명에 따른 오스테나이트 스테인레스강은 18을 초과하는  $PRE_N$  값, 12 미만의 페라이트 수(ferrite number), 및 34°C 미만의  $MD_{30}$  값 중 하나 이상을 갖는다.

[0019] 본 발명에 따른 오스테나이트 스테인레스강을 생산하는 한 가지 방법은 충전물(charge)을 전기아크로(electric arc furnace)에서 용융시키고, AOD에서 정련하고, 잉곳(ingot) 또는 연속 주조 슬라브 내로 주조하고, 상기 잉곳 또는 슬라브를 재가열하고, 이들을 열간압연하여 플레이트 또는 코일을 생산하고, 코일을 특정 두께로 냉간압연하고, 재료를 어닐링하고 산세척(pickling)하는 것이다. 본 발명의 재료를 생산하는 다른 방법들이 또한 사용될 수 있으며, 이는 진공에서 또는 특수한 분위기 하에서 용융 및/또는 재용융하거나, 성형품으로 주조하거나, 또는 슬라브 또는 성형품으로 문쳐지는 분말을 생산하는 것을 포함한다.

[0020] 본 발명에 따른 오스테나이트 스테인레스강은 다양한 응용분야에 사용될 수 있다. 하나의 실시예에 따르면, 본 발명의 합금은 저온 또는 극저온 환경에서 사용하기에 적합한 제조 물품 내에 포함될 수 있다. 본 발명의 합금으로부터 제조될 수 있거나 본 발명의 합금을 포함하는 제조 물품의 추가적인 비제한적인 예는 자동차 및 기타 응용분야를 위한 가요성 커넥터(flexible connector), 벨로우즈(bellows), 가요성 파이프, 굴뚝 라이너(chimney liner), 및 연도 라이너(flue liner)이다.

[0021] **발명의 상세한 설명**

[0022] 작업 실시예에서 또는 달리 나타내는 경우를 제외하고, 본 명세서에서, 성분 및 생성물의 양 또는 특성, 공정 조건 등을 나타내는 모든 숫자는, 모든 경우에 있어서, 용어 "약"에 의해 변경될 수 있는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 달리 나타내지 않는 한, 하기 명세서에 제시된 임의의 숫자 변수들은 본 발명에 따른 생성물 및 방법에서 얻고자 하는 바람직한 특성에 따라 달라질 수 있는 근사치이다. 최소한 그리고 균등론의 적용을 본 발명의 범위로 한정하고자 하는 의도가 아닌 한, 각각의 숫자 변수는 최소한 보고된 유효 숫자의 수에 비추어 해석되어야 하며 통상적인 반올림 기법을 적용하여 해석되어야 한다. 본원에 명시된 모든 숫자 범위는 그 안에 포함된 모든 하위범위(sub-range)를 포함한다. 예를 들어, "1 내지 10"의 범위는 상기 언급된 최소값 1과 상기 언급된 최대값 10 사이의 모든 하위범위 및 상기 언급된 값을 포함하는 것으로 의도된다.

[0023] 본 개시내용에 따른 오스테나이트 스테인레스강의 구현예는 이제 상세히 기재될 것이다. 하기 기술에서, "%" 또는 "퍼센트"는 달리 특정되지 않으면, 중량 %를 의미한다. 본 개시내용은 타입 321 합금에 대해 적어도 필적하는 내부식성, 고온 강도 특성, 및 성형성, 및 원료의 낮은 절체 비용을 나타내는 오스테나이트 스테인레스강에 관한 것이다. 오스테나이트 스테인레스강 조성물은 최대 0.20 C, 2.0 내지 9.0 Mn, 최대 2.0 Si, 15.0 내지 23.0 Cr, 1.0 내지 9.5 Ni, 최대 3.0 Mo, 최대 3.0 Cu, 0.05 내지 0.35 N,  $(7.5(\%Q)) \leq (\% \text{니오븀} + \% \text{티타늄} + \% \text{바나듐} + \% \text{탄탈륨} + \% \text{지르코늄}) \leq 1.5$ , Fe, 및 부수적인 불순물을 중량%로 포함할 수 있다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현예는 최대 0.01 B를 포함할 수 있다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현예는 적어도 0.1 % 니오븀을 포함할 수 있고, 또는 적어도 (7.5(%C))의 농도로 니오븀을 포함할 수 있다.

[0024] 본 발명의 다른 구현예는 최대 0.10 C, 2.0 내지 8.0 Mn, 최대 1.00 Si, 16.0 내지 22.0 Cr, 1.0 내지 7.0 Ni, 0.10 내지 2.0 Mo, 최대 1.00 Cu, 0.08 내지 0.30 N,  $(7.5(\%C)) \leq (\% \text{니오븀} + \% \text{티타늄} + \% \text{바나듐} + \% \text{탄탈륨} + \% \text{지르코늄}) \leq 1.5$ , 최대 0.040 P, 최대 0.030 Si, Fe, 및 부수적인 불순물을 중량%로 포함하는 오스테나이트 스테인레스강이다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현예는 최대 0.01 B를 포함할 수 있다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현예는 적어도 0.1 % 니오븀을 포함할 수 있고, 또는 적어도 (7.5(%C))의 농도로 니오븀을 포함할 수 있다.

[0025] 대안적인 구현예에 따라, 본 개시내용은 최대 0.08 C, 3.5 내지 6.5 Mn, 최대 1.00 Si, 17.0 내지 21.0 Cr, 3.0 내지 6.0 Ni, 0.5 내지 1.0 Mo, 최대 1.0 Cu, 0.08 내지 0.30 N,  $(7.5(\%C)) \leq (\% \text{니오븀} + \% \text{티타늄} + \% \text{바나듐} + \% \text{탄탈륨} + \% \text{지르코늄}) \leq 1.0$ , 최대 0.035 P, 최대 0.005 S, Fe, 및 부수적인 불순물을 중량%로 포함하는 오스테나이트 스테인레스강에 관한 것이다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현예는 최대 0.01

B를 포함할 수 있다. 오스테나이트 스테인레스강의 어떤 구현에는 적어도 0.1 % 니오븀을 포함할 수 있고, 또는 적어도 (7.5(%C))의 농도로 니오븀을 포함할 수 있다.

[0026] **C: 최대 0.20%**

[0027] C는 오스테나이트 상을 안정화시키기 위해 작용하고, 변형 유도된 마르테사이트 변태(martensitic transformation)를 억제한다. 그러나, C는 또한, 특히 내부식성 및 인성을 감소시키는 용접 동안에, Cr 탄화물을 형성하는 가능성을 증가시킨다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강은 최대 0.20% C를 갖는다. 본 발명의 일 구현예에서, C의 함량은 0.10% 이하일 수 있다. 대안적으로, C의 함량은 0.08% 이하, 0.03% 이하, 또는 0.02% 이하일 수 있다.

[0028] **Si: 최대 2.0%**

[0029] 2% 초과 Si를 가지면, 취화역(embrittling) 상, 예컨대 시그마의 형성을 촉진하고 합금에서 N의 용해도를 감소시킨다. Si는 또한, 페라이트 상을 안정화시키고, 2% 초과 Si는 오스테나이트 상을 유지하기 위해 추가 오스테나이트 안정제를 필요로 한다. 따라서, 어떤 구현예에서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강은 최대 2.0% Si를 갖는다. 본 발명의 일 구현예에서, Si 함량은 1.0% 이하일 수 있다. Si는 어떤 합금 원소와 니오븀과의 반응성을 최소화하는 것을 돕고 합금에서 상 균형을 돕는다. 본 개시내용에 따른 어떤 구현예에서, Si 추가의 효과는 Si 함량을 0.5-1.0%로 조정하여 균형을 맞춘다. 다른 구현예에서, Si 추가의 효과는 Si 함량을 0.1-0.4%로 조정하여 균형을 맞춘다. 대안적으로, 본 개시내용에 따른 어떤 구현예에서, Si 함량은 0.5% 이하, 0.4% 이하, 또는 0.3% 이하일 수 있다.

[0030] **Mn: 2.0-9.0%**

[0031] Mn는 오스테나이트 상을 안정시키고 일반적으로 유익한 합금 원소인 N의 용해도를 증가시킨다. 이들 효과를 충분히 산출하기 위해, 2.0% 이상의 Mn 함량이 요구된다. Mn 및 N 모두는 더 비싼 원소, Ni에 대한 효과적인 대체물이다. 그러나, 9.0% 초과 Mn를 가지면 어떤 환경에서의 물질 작업성 및 그의 내부식성이 저하된다. 또한, 스테인레스강을 고수준의 Mn, 예컨대 9.0% 초과로 탈탄소화하는데 어려움이 있기 때문에, 높은 Mn 수준은 물질의 제조의 가공 비용을 상당히 증가시킨다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강 내부식성, 상 균형, 가요성 및 다른 기계적 특성의 균형을 적절히 맞추기 위해, Mn 수준은 2.0-9.0%에서 설정된다. 본 개시내용에 따른 어떤 구현예에서, Mn 함량은 2.0-8.0%, 3.5-7.0%, 또는 7%일 수 있다.

[0032] **Ni: 1.0-9.5%**

[0033] 본 발명자들은 용인가능 특성을 유지하면서도 합금이 Ni 함량을 제한하는 것을 찾았다. 적어도 1 % Ni는 페라이트 및 마르테사이트 모두의 형성에 대해 오스테나이트 상을 안정시키기 위해 필요하다. Ni는 또한, 인성 및 성형성을 향상시키기 위해 작용한다. 그러나, Ni의 비교적 고비용으로 인해, 가능한 한 낮게 Ni 함량을 유지하는 것이 바람직하다. Mn 및 N이 Ni에 대한 부분적인 대체물일 수 있지만, 고수준의 Mn 및 N로 인해 가공 경화는 용인불가능 수준으로 될 것이고, 이는 성형성을 감소시킨다. 따라서, 합금은 용인가능 성형성을 제공하기 위해 최소 농도의 Ni를 포함해야 한다. 발명자는, 1.0-9.5% 범위의 Ni가 더 높은 Ni 함금만큼 우수하거나 더 나은 내부식성 및 성형성을 달성하기 위해 다르게 정해진 범위의 원소에 부가하여 사용될 수 있다는 것을 발견했다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강은 1.0-9.5 % Ni을 갖는다. 일 구현예에서, Ni 함량은 2.0-6.5%, 또는 3.0-6.0%일 수 있다.

[0034] **Cr: 15.0-23.0%**

[0035] Cr은 합금 표면 상에 부동태 피막을 형성하여 스테인레스강에 내부식성을 부여하도록 첨가된다. Cr는 또한, 마르테사이트 변태에 대해 오스테나이트 상을 안정시키기 위해 작용한다. 적어도 15% Cr은 적합한 내부식성을 제공하기 위해 요구된다. 다른 한편, Cr은 강력한 페라이트 안정제이기 때문에, 23% 초과 Cr 함량은 페라이트 함량을 가능한 한 낮게 유지하기 위해 더 비싼 합금 원소, 예컨대 Ni 또는 코발트의 첨가가 필요하다. 23% 초과 Cr를 갖는 것은 또한, 원하지 않는 상, 예컨대 시그마를 형성할 것 같다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강은 15.0-23.0% Cr를 갖는다. 일 구현예에서, Cr 함량은 16.0-22.0%, 또는 대안적으로 17.0-21.0%일 수 있다.

[0036] **N: 0.05-0.35%**

[0037] N은 오스테나이트 안정화 원소 Ni 및 내부식성 향상 원소 Mo에 대한 부분 대체물로서 본 합금에 포함된다. N는 또한, 합금 강도를 향상시킨다. 적어도 0.05% N은 강도 및 내부식성을 위해 그리고 오스테나이트 상을 안

정사키기 위해 필요하다. 0.35% 초과 N의 첨가는 용융 및 용접 동안에 N의 용해도를 증가하는데, 이로써, N 가스 버블로 인해 다공성이 생긴다. 용해도 제한이 초과되지 않을지라도, 0.35% 초과 N 함량은 니트라이드 입자의 침전에 대한 경향을 증가시키고, 이로써 내부식성 및 인성이 저하된다. 본 발명자는, 최대 0.35%의 N 함량이 니오븀 카보니트라이드 침전물의 문제의 수준의 형성없이 합금에서 가능한 Nb 수준과 양립한다는 것을 결정했다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강은 0.05-0.35% N을 갖는다. 일 구현예에서, N 함량은 0.08-0.30%, 또는 대안적으로 0.05-0.2%일 수 있다.

[0038] **Mo: 최대 3.0%**

[0039] 본 발명자는 용인가능 특성을 유지하면서 합금의 Mo 함량을 제한하는 것을 찾았다. Mo는 스테인레스강의 표면 상에 형성되고 침식 클로라이드의 작용에 의해 침식 부식에 대항하여 보호되는 부동태 산화물 피막을 안정시키는데 효과적이다. 어떤 구현예에서, Mo 함량은 알맞은 양의 Cr 및 N와 조합하여 필요한 내부식성을 제공하는데 적합한 0.1-3.0%일 수 있다. 3.0% 초과 Mo 함량은 페라이트의 분획을 잠재적 치명 수준까지 증가 시킴으로써 고온(hot) 작업성의 열화를 야기한다. 높은 Mo 함량은 또한, 해로운 금속간 상, 예컨대 시그마 상을 형성하는 가능성을 증가시킨다. 또한, Mo는 비싼 합금 원소이다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강 조성물은 최대 3.0% Mo를 갖는다. 본 개시내용에 따른 어떤 구현예에서, 합금은 Mo의 의도적인 첨가를 포함하지 않는다. 다른 구현예에서, Mo 함량은 0.1 -1.0%, 또는 0.5-1.0%일 수 있다.

[0040] **B: 최대 0.01 %**

[0041] 0.0005% B 만큼 낮은 첨가는 스테인레스강의 고온 작업성 및 표면 품질을 향상시키기 위해 본 개시내용의 합금에 임의로 첨가될 수 있다. 그러나, 0.01 % B 초과 첨가는 합금의 내부식성 및 작업성을 저하시킨다. 따라서, 본 개시내용에 따른 오스테나이트 스테인레스강 조성물의 어떤 구현예는 최대 0.01 % B를 포함할 수 있다. 일 구현예에서, B 함량은 최대 0.008%, 또는 최대 0.005%일 수 있다. 다른 구현예에서, B 함량은 0.001-0.003%일 수 있다.

[0042] **Cu: 최대 3.0%**

[0043] Cu는 오스테나이트 안정제이고 이 합금에서 Ni의 일부를 대체하기 위해 사용될 수 있다. 그것은 또한, 환원 환경 내부식성을 향상시키고 적층 결합 에너지를 감소시켜서 성형성을 향상시킨다. 그러나, 3% Cu 초과 첨가는 오스테나이트 스테인레스강의 고온 작업성을 감소시키는 것으로 보여졌다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강 조성물은 최대 3.0% Cu를 갖는다. 일 구현예에서, Cu 함량은 최대 1.0%일 수 있다. 다른 구현예에서, Cu 함량은 0.4-0.8%일 수 있다.

[0044] **W: 최대 4.0%**

[0045] W는 클로라이드 침식 및 틈(crevice) 부식에 대한 저항성을 향상시킬 때 몰리브덴의 효과와 유사한 효과를 제공한다. W는 또한, 몰리브덴의 대체시에 시그마 상 형성에 대한 경향을 감소시킬 수 있다. 그러나, 4% 초과 첨가는 합금의 고온 작업성을 감소시킬 수 있다. 따라서, 본 발명의 오스테나이트 스테인레스강 조성물은 최대 4.0% W를 갖는다. 일 구현예에서, W 함량은 0.05-0.60%일 수 있다.

[0046]  $1.0 \leq (Ni + Co) \leq 9.5$

[0047] 니켈 및 코발트 모두는 페라이트 형성에 대해 오스테나이트 상을 안정시키기 위해 작용한다. 적어도 1 % (Ni + Co)는 적당한 부식성을 유지하기 위해 첨가되어야 하는 페라이트 안정화 원소 예컨대 Cr 및 Mo의 존재에서 오스테나이트 상을 안정시키기 위해 필요하다. 그러나, Ni 및 Co 모두는 비싼 원소이고, 이로써 (Ni + Co) 함량을 9.5% 미만으로 유지하는 것이 바람직하다. 일 구현예에서, (Ni + Co) 함량은 4.0% 초과이지만 7.5% 미만일 수 있다.

[0048]  $(7.5(\%C)) \leq (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) \leq 1.5$

[0049] 니오븀 (Nb)은 소입자 형태로 탄화물 및 카보니트라이드를 형성하기 위해, C와, 및 보다 적은 N에 반응한다. 이들 입자는 고온 서비스 동안에 그리고 용접 동안에 해로운 크롬 탄화물의 형성을 효과적으로 방지하고, 이는 내부식성을 향상시킨다. 이들 입자는, 효과적인 열처리를 사용하여 생성될 때, 또한, 고온 강도 및 내크립성(creep resistance)을 향상시킬 수 있다.  $(7.5 \times \%C)$ 의 최소 첨가는 금속에 용해된 채로 존재하는 C의 모든 하나의 원자 대신에 Nb의 하나의 원자를 제공한다. 더 높은 수준의 Nb는 유익한 N를 소비할 것이고, 이로써, 1.5% 미만의 Nb 함량을 유지하는 것이 바람직하다. 티타늄 (Ti), 바나듐 (V), 탄탈륨 (Ta), 및 지르코늄 (Zr)을 비제한적으로 포함하는 안정한 탄화물을 형성하는 다른 원소는 니오븀 대신에 첨가될 수 있다. 그

러나, 그와 같은 치환물은 Nb보다 N과 더 강하게 반응하고 따라서 유익한 효과, 예컨대 향상된 용접성을 제공하기 위해 제어된다. 발명자는, Nb, Ti, V, Ta, 및 Zr의 중량%의 합이 (7.5(%C)) 최대 1.5%의 위로 유지되어야 한다는 것을 결정했다. 다르게 언급하면,  $(7.5(\%C)) \leq (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) \leq 1.5\%$ . 어떤 구현예에서,  $(7.5(\%C)) \leq (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) \leq 1.0\%$ . 어떤 바람직한 구현예에서, 합금은 적어도 0.1% Nb를 포함하고, Nb, Ti, V, Ta, 및 Zr의 중량%의 합은 (7.5(%C)) 최대 1.5% 또는 1.0%의 범위이다. 어떤 구현예에서, Ti, V, Ta, 및 Zr는 부수적인 불순물로서 단지 존재하고 또는 실제와 같이 낮은 수준으로 유지된다. 어떤 구현예에서, 합금의 내부식성, 고온 강도, 내크립성, 및 용접성 특성을 최적화하기 위해, 합금의 어떤 구현예는 적어도 (7.5(%C))의 Nb 함량을 포함하고, Ti, V, Ta, 및 Zr는 부수적인 불순물로서 단지 존재한다. 어떤 구현예에서, Ti 함량은 0.01% 미만일 수 있다. 또한, 어떤 구현예에서, Ti 함량은 0.001-0.005%일 수 있다. 본 발명자는, Nb 함량 최대 1.5%가, 용인할 수 없게 내크립성을 저하시키는 니오븀 카보니트라이드 침전물의 수준으로 나타나지 않는다는 점에서 0.05-0.35%의 합금의 N 함량과 양립할 수 있다는 것을 결정했다.

[0050] 본 개시내용에 따른 어떤 구현예에서, 본 발명의 안정화된 오스테나이트 스테인레스강은 Fe 및 필연적인 불순물, 예컨대 P 및 S를 포함한다. 필연적인 불순물은 바람직하게는, 당해분야의 숙련가에 의해 이해되는 바와 같이 최저 실용적이고 경제적으로 합당한 수준으로 유지된다.

[0051] 매우 안정한 질화물(nitride)을 형성하는 Al과 같은 원소들은 낮은 수준으로 유지되어야 한다.

[0052] 본 발명의 안정화된 오스테나이트 스테인레스강은 또한, 예를 들어 내공식지수(pitting resistance equivalence number), 페라이트 수, 및 MD<sub>30</sub> 온도를 포함하는, 이들이 나타내는 특성을 정량화하는 식에 의해 정의될 수 있다.

[0053] 내공식지수(PRE<sub>N</sub>)는 염화물 함유 환경에서 공식(pitting corrosion)에 대하여 예상되는 합금의 저항성의 상대적 등급을 제공한다. PRE<sub>N</sub>이 더 높을수록, 예상되는 합금의 내부식성이 더 우수하다. PRE<sub>N</sub>은 하기 식에 의해 계산될 수 있다:

[0054]  $PRE_N = \%Cr + 3.3(\%Mo) + 16(\%N)$

[0055] 대안적으로, 합금 내 텅스텐의 존재를 고려하기 위해 상기 공식에 1.65(%W)라는 인자가 추가될 수 있다. 텅스텐은 스테인레스강의 내공식성(pitting resistance)을 개선하며, 중량으로, 몰리브덴의 효과의 대략 절반의 효과이다. 텅스텐이 상기 계산에 포함되는 경우, 내공식지수는 PRE<sub>W</sub>로 명명되며, 이는 하기 식에 의해 계산된다:

[0056]  $PRE_W = \%Cr + 3.3(\%Mo) + 1.65(\%W) + 16(\%N)$

[0057] 본 발명의 합금은 18을 초과하는 PRE<sub>N</sub> 값을 갖는다. 특정 구체예에서, 상기 PRE<sub>N</sub> 값은 8-24일 수 있다. 특정 구체예에서, 상기 PRE<sub>N</sub> 값은 18-22일 수 있다. 특정 구체예에서, 상기 PRE<sub>N</sub> 값은 20-22일 수 있다.

[0058] 본 발명의 합금은 또한 그 페라이트 수에 의해 정의될 수 있다. 양의 페라이트 수는 일반적으로 페라이트의 존재와 관련되는데, 페라이트는 합금의 응고 특성을 개선하며 열간 가공 및 용접 작업 동안의 합금의 고온 균열(hot cracking)을 억제하는 것을 돕는다. 따라서 우수한 주조성(castability)을 위해 그리고 용접 동안의 고온 균열을 방지하기 위해 초기 응고된 미세구조 내에 소량의 페라이트가 요구된다. 반면, 너무 많은 페라이트는, 사용되는 동안, 미세구조 불안정성, 제한된 가요성, 및 악화된 고온 기계적 특성을 포함하는(이에 제한되는 것은 아님) 문제점을 야기할 수 있다. 페라이트 수는 하기 식을 이용하여 계산될 수 있다:

[0059]  $FN = 3.34(Cr + 1.5Si + Mo + 2Ti + 0.5Cb) - 2.46(Ni + 30N + 30C + 0.5Mn + 0.5Cu) - 28.6$

[0060] 본 발명의 합금은 최대 12, 바람직하게는 양의 수인 페라이트 수를 갖는다. 본 발명에 따른 특정 구체예에서, 상기 페라이트 수는 0 내지 10을 초과할 수 있으며, 또는 1 내지 4일 수 있다.

[0061] 합금의 MD<sub>30</sub> 온도는 30%의 냉간 변형이 50%의 오스테나이트가 마르텐사이트로 변태되는 것을 초래하는 온도로서 정의된다. MD<sub>30</sub> 온도가 낮을수록, 마르텐사이트 형성에 대한 재료의 저항성이 커진다. 마르텐사이트 형성에 대한 저항성은 낮은 가공 경화 속도를 초래하며, 이는 특히 연신 응용분야(drawing application)에서 우수한 성형성을 야기한다.

- [0062] MD<sub>30</sub>은 하기 식에 따라 계산된다:
- [0063]  $MD_{30}(^{\circ}C) = 413 - 462(C+N) - 9.2(Si) - 8.1(Mn) - 13.7(Cr) - 9.5(Ni) - 17.1(Cu) - 18.5(Mo)$
- [0064] 본 발명의 합금은 34°C 미만, 바람직하게는 10°C 미만의 MD<sub>30</sub> 온도를 갖는다. 특정 구체예에서, 상기 MD<sub>30</sub> 온도는 -10°C 미만일 수 있다. 특정 구체예에서, 상기 MD<sub>30</sub> 온도는 -20°C 미만일 수 있다.
- [0065] 실시예
- [0066] 실시예 1
- [0067] 표 1은 실험 합금 1-5 및 비교 합금 S31600, S31635, S21600, 및 S20100에 대한 조성 및 계산된 변수 값을 포함한다.
- [0068] 실험 합금 1-5를 실험실 규모의 진공 로(vacuum furnace)에서 용융시키고 50-lb 잉곳(ingot) 내로 주입하였다. 이들 잉곳을 재가열하고 열간압연하여 약 0.250" 두께의 재료를 생산하였다. 이 재료를 어닐링하고 분사하고, 산세척(pickling)하였다. 상기 재료 중 일부를 0.100" 두께로 냉간압연하고, 나머지를 0.050 또는 0.040" 두께로 냉간압연하였다. 상기 냉간압연된 재료를 어닐링하고 산세척하였다. 비교 합금 S31600, S31635, S21600, 및 S20100은 시험이 수행될 때 상업적으로 구입가능하며, 이들 합금에 대하여 제시된 데이터는 공개된 문헌으로부터 얻거나 시판용으로 생산된 재료를 시험하여 측정하였다.
- [0069] 각 합금에 대한 계산된 PRE<sub>w</sub> 값이 표 1에 나타나 있다. 전술한 식을 이용하여, 24.0을 초과하는 PRE<sub>w</sub>를 갖는 합금은 비교 합금 S31635 재료보다 염화물 공식(pitting)에 대하여 우수한 저항성을 갖는 것으로 예상되는 반면, 낮은 PRE<sub>w</sub>를 갖는 합금은 더 쉽게 공식(pit)될 것으로 예상될 것이다.
- [0070] 표 1에 각 합금에 대한 페라이트 수가 또한 계산되었다. 각 실험 합금 1-5에 대한 페라이트 수는 10 미만의 범위이다.
- [0071] 또한 표 1에 각 합금에 대해 MD<sub>30</sub> 값이 계산되었다. 상기 계산에 따르면, 실험 합금 1-5, 특히 실험 합금 4 및 5는 마르텐사이트 형성에 대하여 비교 합금 S31600 및 S31635와 비슷한 저항성을 나타낸다.

[0072] 표 1

	실험 합금					비교 합금			
	1	2	3	4	5	S31600	S31635	S21600	S20100
C	0.017	0.015	0.014	0.014	0.016	0.017	0.016	0.018	0.02
Mn	4.7	4.8	4.7	5.1	4.9	1.24	1.81	8.3	6.7
Si	0.26	0.27	0.28	0.29	0.3	0.45	0.50	0.40	0.40
Cr	16.6	16.6	16.6	18.1	18.2	16.3	16.8	19.7	16.4
Ni	5.2	5.2	5.2	5.5	5.5	10.1	10.7	6.0	4.1
Mo	1.47	1.47	1.47	1.00	1.1	2.1	2.11	2.5	0.26
Cu	0.40	0.40	0.39	0.40	0.5	0.38	0.36	0.40	0.43
N	0.075	0.104	0.081	0.129	0.170	0.04	0.013	0.37	0.15
P	0.011	0.012	0.012	0.014	0.014	0.03	0.031	0.03	0.03
S	0.0010	0.0012	0.0012	0.0016	0.0016	0.0010	0.0004	0.0010	0.0010
W	0.10	0.10	0.09	0.04	0.09	0.11	0.10	0.10	0.1
B	0.0019	0.0018	0.0016	0.0022	0.0022	0.0025	0.0025	0.0025	0.0005
Fe	Bal								
Nb	0.710	0.498	0.288	0.500	0.26	0.35	0.02	0.10	0.10
Co	0.22	0.19	0.15	0.19	0.15	--	--	--	--
Ti	--	--	--	--	--	--	0.22	--	--
FN	8.3	5.8	7.5	6.6	3.7	4.1	6.7	-6.2	-2.3
PRE <sub>w</sub>	22.9	23.4	23.1	23.6	24.7	24.0	24.0	33.9	19.7
MD <sub>30</sub>	19.3	6.6	17.2	-22.2	-46.2	-63	-72.4	-217.4	0.7
RMCI	0.63	0.63	0.62	0.59	0.60	0.96	1.00	0.80	0.41
항복 강도	47.0	47.0	46.1	48.4	53.7	43.5	41.5	55	43
인장 강도	102.0	105.5	104.5	105.9	106.4	90.6	92.0	100	100
% E	43	49	48	41	49	56	67	45	56
OCH	0.42	0.39	0.40	0.41	0.43	0.45	-	-	-

[0073]

[0074]

표 1은 또한 각 합금에 대한 재료 비용을 비교 합금 S31635의 비용과 비교한 원료비 지수(raw material cost index; RMCI)를 보여준다. 상기 RMCI는 원료 Fe, Cr, Mn, Ni, Mo, W, 및 Co에 대한 2007년 10월의 평균 비용에 합금 내에 함유된 각 원소의 백분율을 곱하고, 비교 합금 S31635 내의 원료들의 비용으로 나누어 계산하였다. 상기 계산된 값이 나타내는 바와 같이, 실험 합금 1-5 각각은 0.65 미만의 RMCI를 가지고 있었는데, 이는 상기 합금에 함유된 원료의 비용이 2007년 10월 비용 수치를 기준으로 비교 합금 S31635에서의 비용의 65% 미만임을 의미한다. 현저히 낮은 원료비로 비교 합금 S31635와 비슷한 특성을 갖는 물질을 제조할 수 있다는 것은 놀라운 사실이며 선행 기술로부터 예상되지 않았던 것이다.

[0075]

실험 합금 1-5의 기계적 특성이 측정되었고 비교 합금 S31600, S31635, S21600, 및 S20100과 비교되었다. 측정된 항복 강도(yield strength), 인장 강도(tensile strength), 2 인치 게이지 길이에 걸친 신장률(percent elongation), 및 올센 컵 높이(Olsen cup height)가 표 1에 나타나 있다. 인장 시험은 0.100" 게이지 재료 위에서 수행되었고, 샤르피 시험(Charpy test)은 0.197" 두께의 시료 위에서 수행되었으며, 올센 컵 시험은 0.040 인치 내지 0.050 인치 두께의 재료 위에서 수행되었다. 모든 시험은 실온에서 수행되었다. 표 1의 데이터에 대한 단위는 하기와 같다: 항복 강도 및 인장 강도, ksi; 신장률, 백분율; 올센 컵 높이, 인치. 상기 데이터로부터 볼 수 있는 바와 같이, 실험 합금 1-5, 및 특히 실험 합금 4 및 5는 S31635 재료와 비슷한 특성을 나타내었다. 하지만, 실험 합금 1-5는 비교 합금 S31635보다 절반 미만의 농도의 니켈을 포함하였고 또한 현저히 낮은 몰리브덴을 포함하였다. 고가의 합금 원소인 니켈 및 몰리브덴이 농도가 현저히 낮아서 비교 합금 4 및 5의 RMCI는 비교 합금 S31635의 경우보다 최소 40% 미만이다. 하지만, 니켈 및 몰리브덴의 수준이 현저히 감소했음에도 불구하고, 실험 합금 4 및 5는 오스테나이트 미세구조를 가지고 있었으며 비교 합금 S31635

의 경우보다 현저히 우수한 항복 강도 및 인장 강도를 나타내었다.

[0076] 실시예 2

[0077] 표 2는 실험 합금 6-10 및 비교 합금 S32100 및 유형 216Cb에 대한 조성 및 계산된 변수 값을 포함한다. 표 2에 나타난 바와 같이, 일반적으로 실험 합금 6-10은 비교 합금 S32100과 비교하여 증가된 수준의 Mn, N, 및 Nb 및 감소된 수준의 Ni를 포함한다. 실험 합금 6-10은 또한 비교 합금 T216Cb 및 실험 합금 1-5와 비교하여 감소된 수준의 Mo를 포함한다.

[0078] 실험 합금 6-10을 실험실 규모의 진공 로에서 용융시키고 50-1b 잉곳 내로 주입하였다. 이들 잉곳을 재가열하고 열간압연하여 약 0.250" 두께의 재료를 생산하였다. 이 재료를 어닐링하고, 분사하고 산세척하였다. 상기 재료 중 일부를 0.100" 두께로 냉간압연하였고, 나머지를 0.050" 또는 0.040" 두께로 냉간압연하였다. 상기 냉간압연된 재료를 어닐링하고 산세척하였다. 비교 합금 S32100은 상업적으로 구입가능하며, 이 합금에 대하여 제시된 데이터는 공개된 문헌으로부터 얻거나 시판용으로 최근 생산된 재료를 시험하여 측정하였다. 비교 합금 T216Cb는 미국 특허공개 제2009-0162237 A1호(미국 특허출원 제12/034,183호)에 기재되어 있으며, 이 합금에 대해 제시된 데이터는 상기 명세서에 따라 생산된 물질을 시험하여 측정하거나 공개된 문헌으로부터 얻었다.

[0079] 각 합금에 대해 계산된  $PRE_N$  값이 표 2에 나타나 있다. 전술한 식을 이용하여, 18을 초과하는  $PRE_N$ 을 갖는 합금은 비교 합금 S32100 재료보다 염화물 공식(pitting)에 대하여 우수한 저항성을 갖는 것으로 예상되는 반면, 24보다 낮은  $PRE_N$ 을 갖는 합금은 비교 합금 T216Cb의 물질보다 더 쉽게 공식(pit)될 것으로 예상될 것이다. 각 실험 합금 6-10에 대한  $PRE_N$  값은 18-24의 바람직한 범위 내이다.

[0080] 표 2에 각 합금에 대한 페라이트 수가 또한 계산되었다. 각 실험 합금 6-10에 대한 페라이트 수는 12 미만의 바람직한 범위 내이다. 상기 계산에 따르면, 실험 합금 8-10은 비교 합금 S32100과 비교하여 개선된 성형성을 나타낼 것이다.

[0081] 표 2에 합금에 대하여  $MD_{30}$  값이 또한 계산되었다. 상기 계산에 따르면, 실험 합금 6-10, 및 특히 실험 합금 3 및 5는 비교 합금 S32100과 비교하여 마르텐사이트 형성에 대하여 개선된 저항성을 나타낼 것이다.

[0082] 표 2

	실험 합금					비교 합금			
	6	7	8	9	10	S32100	S32100	T216Cb	T216Cb
C	0.017	0.017	0.017	0.019	0.017	0.017	0.017	0.016	0.02
Mn	6.9	6.9	6.9	6.8	4.4	1.8	1.9	4.9	4.86
Si	0.34	0.35	0.34	0.33	0.16	0.55	0.52	0.3	0.36
Cr	18.3	18.2	18.2	16.7	18.2	17.3	18.2	18.2	18.02
Ni	5.0	4.0	3.5	3.0	4.5	9.3	9.4	5.5	5.54
Mo	0.30	0.30	0.30	0.30	0.29	0.35	0.25	1.1	0.92
Cu	0.52	0.52	0.52	0.52	0.62	0.32	0.23	--	--
N	0.051	0.094	0.171	0.149	0.183	0.011	0.011	0.17	0.17
P	0.020	0.020	0.020	0.021	0.020	0.028	0.027	0.014	0.024
S	0.0019	0.0018	0.0000	0.0000	0.0013	0.0001	0.0008	0.0016	0.0005
B	0.0026	0.0018	0.0025	0.0024	0.0024	--	0.0030	--	--
Fe	Bal	Bal	Bal	Bal	Bal.	Bal	Bal	Bal	Bal
Nb	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.03	0.00	0.26	0.23
Ti	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.187	0.047	--	--
FN	9.1	8.1	3.8	1.5	2.3	6.6	8.2	4.5	3.2
PRE <sub>N</sub>	20.1	20.7	21.9	20.1	22.1	18.7	19.2	24.6	23.8
MD <sub>30</sub>	10.3	0.9	-30.2	5.4	-25.1	-6.1	31.9	-37.3	-34.0
RMCI	0.73	0.65	0.61	0.56	0.68	1.00	0.99	0.86	0.83
항복 강도	43.4	46.6	50.1	48.3	49.9	33.5	25.6	53.5	65.6
인장 강도	90.2	93.0	102.7	118.2	104.9	81.5	78.9	106.0	115.6
% E	48	47	48	48	52	58.5	60	47	52

[0083]

[0084]

표 2는 또한 각 합금에 대한 재료 비용을 비교 합금 S32100의 비용과 비교한 원료비 지수(RMCI)를 보여준다. 상기 RMCI는 원료 Fe, Cr, Mn, Ni, Mo, Cu, Nb, 및 Ti에 대한 2009년 10월의 평균 비용에 합금 내에 함유된 각 원소의 백분율을 곱하고, 비교 합금 S32100 내의 원료들의 비용으로 나누어 계산하였다. 상기 계산된 값이 나타내는 바와 같이, 실험 합금 6-10 각각은 0.73 이하의 RMCI를 가지고 있었는데, 이는 실험 합금에 함유된 원료의 비용이 비교 합금 S32100에서의 비용의 73% 이하임을 의미한다. 현저히 낮은 원료비로 비교 합금 S32100에 대한 적합한 대체물인 재료를 제조할 수 있다는 것은 놀라운 사실이며 선행 기술로부터 예상되지 않았던 것이다.

[0085]

실험 합금 6-10의 기계적 특성이 측정되었고 비교 합금 S32100 및 T216Cb와 비교되었다. 측정된 항복 강도(yield strength), 인장 강도(tensile strength) 및 2인치 게이지 길이에 걸친 신장률(percent elongation)이 표 2에 나타나 있다. 인장 시험은 0.100" 게이지 재료 위에서 수행되었다. 모든 시험은 실온에서 수행하였다. 표 2의 데이터에 대한 단위는 하기와 같다: 항복 강도 및 인장 강도, ksi; 신장률, 백분율. 상기 데이터로부터 볼 수 있는 바와 같이, 실험 합금 6-10은 실질적으로 낮은 수준의 Ni에도 불구하고, 비교 합금 S32100의 경우보다 현저히 우수한 항복 강도 및 인장 강도를 나타내었다. 비교 합금 S32100과 비교하여 항복 강도의 증가는 놀라운 것이며 선행 기술로부터 예상되지 않은 것이었다. 상기 실험 합금은 또한 비교 합금 T216Cb에서보다 현저히 적은 Mo를 포함하였다. 고가의 합금 원소인 Ni 및 Mo의 농도가 현저히 낮아서 실험 합금 9 및 10의 RMCI는 비교 합금 S32100에 대한 RMCI보다 적어도 32% 낮다.

[0086]

이들 새로운 합금의 잠재적인 용도는 광범위하다. 상기에 기재되고 입증된 바와 같이, 본원에 기술된 오스테나이트 스테인레스강 조성물은 많은 응용분야에서 S32100을 대체할 수 있다. 또한, Ni의 높은 원가로 인해, S32100을 본 발명의 합금 조성물로 대체함으로써 상당한 원가 절감이 인정될 것이다. 또 다른 이점은, 이들 합금이 완전히 오스테나이트이기 때문에, 이들은 영하의 온도에서 예리한 가요성-취성 천이(ductile-to-brittle transition, DBT) 또는 고온에서 885°F 취화(embrittlement)에 대하여 민감하지 않을 것이다. 그러므

로, 듀플렉스 합금과는 달리, 이들은 650°F를 초과하는 온도에서도 사용될 수 있으며 저온 및 극저온의 응용 분야에 대하여도 주요한 후보물질이다. 본 발명에 따른 합금이 특히 유리할 특정 제조 물품은, 예를 들어, 자동차 배기 및 기타 응용분야를 위한 가요성 컨넥터, 벨로우즈, 가요성 파이프, 및 굴뚝/연도 라이너를 포함한다. 통상의 기술을 가진 자라면 통상적인 제조 기법을 이용하여 본 발명에 따른 합금으로부터 이러한 제조 물품과 기타 제조 물품을 손쉽게 제조할 수 있다.

[0087]

비록 전술한 설명이 필연적으로 제한된 수의 구체예를 제시하고 있으나, 관련 분야에서 통상의 기술을 가진 자라면 본원에 설명되고 예시된 실시예의 장치 및 방법 그리고 기타 세부사항에서 다양한 변화가 본 기술분야의 숙련자에 의해 이루어질 수 있고, 그러한 모든 변형들이 본원 및 첨부된 청구항에 기재된 본 발명의 원리 및 범주 내에 포함될 것임을 인식할 것이다. 그러므로, 본 발명은 본원에 기술되고 수록된 특정 구체예에 제한되지 않고 청구항에 의해 정의된 바와 같이 본 발명의 원리 및 범주 내에 있는 변형들을 포함하고자 하는 것임을 이해할 것이다. 또한, 본 발명의 광범위한 사상을 벗어나지 않으면서 구체예에 변화가 이루어질 수 있음을 본 기술분야의 숙련자들은 이해할 것이다.