



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0144599
(43) 공개일자 2020년12월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/58 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01) C22C 38/44 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/58 (2013.01)
C22C 38/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7036828(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2012년09월05일
심사청구일자 2020년12월21일
- (62) 원출원 특허 10-2018-7033171
원출원일자(국제) 2012년09월05일
심사청구일자 2018년11월15일
- (85) 번역문제출일자 2020년12월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/FI2012/050858
- (87) 국제공개번호 WO 2013/034804
국제공개일자 2013년03월14일
- (30) 우선권주장
FI20110291 2011년09월07일 핀란드(FI)

- (71) 출원인
오도폼뽀 오와이제이
핀란드 에프아이-00180 헬싱키 살미사렌란파 11
- (72) 발명자
올리버 제임스
스웨덴 에스-749 72 피에르드훈드라 심투나 올레 로케르 4
윤손 안 와이
스웨덴 에스-774 41 아베스타 달라베엔 20 에이
틀린 알렉산데르
스웨덴 에스-972 52 루레오 스텐가탄 133
- (74) 대리인
특허법인코리아나

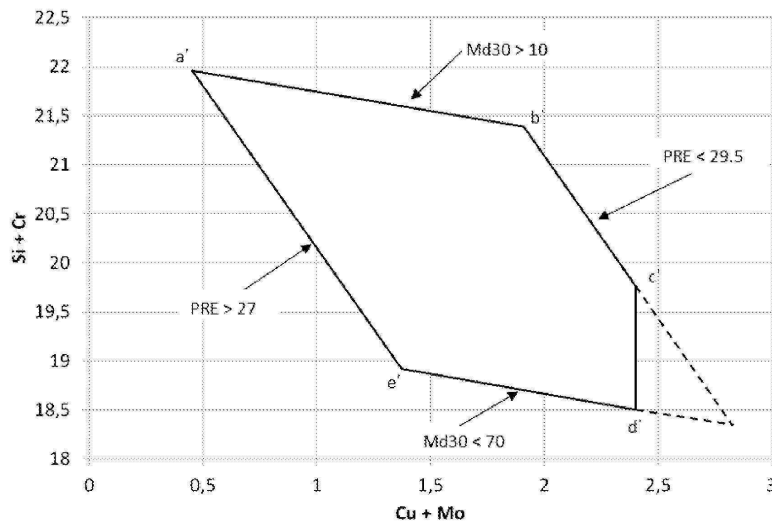
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **듀플렉스 스테인레스 강**

(57) 요약

본 발명은, TRIP 효과를 이용한 고성형성 및, 균형잡힌 공식저항 당량지수에 의한 고내식성을 갖는 듀플렉스 페 라이트 오스테나이트계 스테인레스 강에 관한 것이다. 듀플렉스 스테인레스 강은 0.04 중량% 미만의 탄소, 0.7 중량% 미만의 규소, 2.5 중량% 미만의 망간, 18.5 ~ 22.5 중량% 의 크롬, 0.8 ~ 4.5 중량% 의 니켈, 0.6 ~ 1.4 중량% 의 몰리브덴, 1 중량% 미만의 구리, 0.10 ~ 0.24 중량% 의 질소를 함유하고, 나머지는 철 및, 스테인레스 강들에서 발생하는 불가피한 불순물들이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 38/42 (2013.01)

C22C 38/44 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

소성 변형 동안에 준안정 잔류 오스테나이트의 마텐자이트로의 변태 (TRIP 효과) 를 이용하는 고성형성 및, 망간 및 27 ~ 29.5 의 범위를 갖는 공식저항 당량지수 (pitting resistance equivalent: PRE = %Cr+3.3*%Mo+30*%N-%Mn) 에 의한 고내식성을 갖는 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강으로서,

상기 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강은 0 중량% 초과 0.04 중량% 미만의 탄소, 0 중량% 초과 0.7 중량% 미만의 규소, 0 중량% 초과 2.0 중량% 미만의 망간, 18.5 ~ 22.5 중량% 의 크롬, 2.0 ~ 3.5 중량% 의 니켈, 1.0 중량% 초과 ~ 1.4 중량% 의 몰리브덴, 0 중량% 초과 1 중량% 미만의 구리, 0.16 ~ 0.21 중량 % 의 질소를 함유하고, 나머지는 철 및, 스테인레스 강들에서 발생하는 불가피한 불순물들이고, 측정된 M₄₃₀ 온도는 10 ~ 70 °C 의 범위에 있고, 19.14 - 0.39(Cu+Mo) < (Si+Cr) < 22.45 - 0.39(Cu+Mo) 이고, 0.1 < (C+N) < 0.78 - 0.06(Mn+Ni) 이고,

도 1 에서 영역 (a', b', c', d' 및 e') 의 프레임 내에 놓여 있는 화학 조성 윈도우는 중량% 로 다음의 라벨링 된 좌표의 위치들로서 정의되고,

	Si+Cr %	Cu+Mo %	C+N %	Mn+Ni %
a'	22,0	0,45	0,175	3,2
b'	21,4	1,9	0,175	3,2
c'	19,75	2,4	0,21	3,3
d'	18,5	2,4	0,215	5,5
e'	18,9	1,34	0,215	5,5

임계 공식 온도 (CPT) 는 20 ~ 33 °C 의 범위 안에 있고,

마이크로구조의 오스테나이트상의 비율은, 900 ~ 1200 °C 의 온도 범위에서 열 처리될 때, 45 ~ 75 체적% 이고, 나머지는 페라이트인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 크롬의 함량은 19.0 ~ 22 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 구리의 함량은 0 중량% 초과 0.7 중량% 이하인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 스테인레스 강은 선택적으로 하나 이상의 첨가된 원소들: 0.04 중량% 미만의 Al, 0.003 중량% 미만의 B, 0.003 중량% 미만의 Ca, 0.1 중량% 미만의 Ce, 1 중량% 이하의 Co, 0.5 중량% 이하의 W, 0.1 중량% 이하의 Nb, 0.1 중량% 이하의 Ti, 0.2 중량% 이하의 V 을 함유하는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 스테인레스 강은, 불가피한 불순물들로서, 0.010 중량% 미만의 S, 0.040 중량% 미만의 P 을 함유하여 합계 (S+P) 가 0.04 중량% 미만이고, 전체 산소 함량이 100 ppm 미만인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강은, 잉곳들, 슬래브들, 블룸들, 빌릿들, 플레이트들, 시트들, 스트립들, 코일들, 바들, 로드들, 와이어들, 프로파일들 및 형상들, 심리스 및 용접된 튜브들, 심리스 및 용접된 파이프들, 금속 분말, 성형된 형상들 및 프로파일들로서 제조되는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 크롬의 함량은 19.5 ~ 21.0 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 니켈의 함량은 2.7 ~ 3.5 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 임계 공식 온도 (CPT) 는 23 ~ 31 ℃ 의 범위 안에 있는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 TRIP (변태 유기 소성) 효과에 의한 고성형성 및 고내식성 및 최적화된 공식저항 당량지수 (PRE) 를 갖는 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 변태 유기 소성 (TRIP) 효과는 부과된 응력 또는 변형율의 결과로서 소성 변형 동안에 준안정 잔류 오스테나이트의 마텐자이트로의 변태를 가리킨다. 이 특성은 TRIP 효과를 갖는 스테인레스 강들이, 뛰어난 강도를 유지하면서, 고성형성을 갖는 것을 허용한다.

[0003] 0.05 중량% 미만의 C, 0.2 ~ 0.7 중량% Si, 2 ~ 5 중량% Mn, 19 ~ 20.5 중량% Cr, 0.8 ~ 1.35 중량% Ni, 0.6 중량% 미만의 Mo, 1 중량% 미만의 Cu, 0.16 ~ 0.24 중량% N 을 함유하고, 나머지는 철 및 불가피한 불순물인, 양호한 성형성 및 고연신율을 갖는 페라이트-오스테나이트계 스테인레스 강을 제조하기 위한 방법이 FI 특허 20100178 로부터 공지된다. FI 특허 출원 20100178 의 스테인레스 강은, 스테인레스 강의 마이크로조직이 열처리 조건에서 45 ~ 75 % 오스테나이트를 함유하고, 나머지 마이크로조직이 페라이트이도록 열처리된다. 또한, 스테인레스 강의 측정된 M_{d30} 온도는 스테인레스 강의 성형성의 향상을 위한 변태 유기 소성 (TRIP) 을 이용하기 위해서 0 내지 50 ℃ 에서 조절된다. TRIP 효과에 대한 오스테나이트 안정성에 대한 척도인 M_{d30} -온도는, 0.3 진변형율이 오스테나이트의 마텐자이트로의 50 % 의 변태를 생성할 때의 온도로서 정의된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 FI 특허 출원 20100178 에 설명된 듀플렉스 스테인레스 강의 특성들을 향상시키는 것이고, 그리고 새로운 화학 조성을 갖는 TRIP 효과를 이용하는 새로운 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 달성하는 것이며, 여기서 적어도 니켈 및 몰리브덴 및 망간의 함량들이 변경된다. 본 발명의 본질적인 특징들이 첨부된 청구항들에 포함된다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명에 따르면, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강은 0.04 중량% 미만의 C, 0.7 중량% 미만의 Si, 2.5 중량% 미만의 Mn, 18.5 ~ 22.5 중량% 의 Cr, 0.8 ~ 4.5 중량% 의 Ni, 0.6 ~ 1.4 중량% 의 Mo, 1 중량% 미만의 Cu, 0.10 ~ 0.24 중량% 의 N 를 함유하고, 나머지는 철 및, 스테인레스 강들에서 발생하는 불가피한 불순물들이다. 황은 0.010 중량% 미만, 바람직하게는 0.005 중량% 미만으로 제한되고, 인의 함량은 0.045 중량% 미만이고, 황 및 인의 합계 (S+P) 는 0.04 중량% 미만이고, 전체 산소 함량은 100 ppm 미만이다.

[0006] 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강은 선택적으로 다음의 첨가된 하나 이상의 원소를 함유한다: 알루미늄의 함량은 0.04 중량% 미만으로 최대화되고, 바람직하게는 최대는 0.03 중량% 미만이다. 또한, 붕소, 칼슘 및 세륨은 적은 양들로 선택적으로 첨가되고; 붕소 및 칼슘에 대한 바람직한 함량들은 0.003 중량% 미만이고, 세륨에 대한 바람직한 함량은 0.1 중량% 미만이다. 선택적으로, 코발트는 니켈에 대한 부분 대체를 위해서 1 중량% 이하로 첨가될 수 있고, 텅스텐은 몰리브덴에 대한 부분 대체로서 0.5 중량% 이하로 첨가될 수 있다. 니오븀, 티타늄 및 바나듐을 함유하는 그룹의 하나 이상이 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강에 선택적으로 첨가될 수 있고, 니오븀 및 티타늄의 함량들은 0.1 중량% 이하로 제한되고 바나듐 함량은 0.2 중량% 이하로 제한된다.

[0007] 본 발명의 스테인레스 강에 따르면, 공식저항 당량지수 (PRE) 는 양호한 내식성을 제공하도록 최적화되었고, 27 ~ 29.5 의 범위에 있다. 임계 공식 온도 (CPT) 는 20 ~ 33 °C 의 범위, 바람직하게는 23 ~ 31 °C 의 범위에 있다. 오스테나이트상에서 TRIP (변태 유기 소성) 효과는, 양호한 성형성을 보장하기 위해서 0 ~ 90 °C, 바람직하게는 10 ~ 70 °C 의 범위에서 측정된 M₄₃₀ 온도에 따라서 유지된다. 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강의 마이크로구조에서 오스테나이트상의 비율은, TRIP 효과를 위한 양호한 조건들을 생성하기 위해서, 열처리 조건에서 45 ~ 75 체적%, 유리하게는 55 ~ 65 체적% 이고, 나머지는 페라이트이다. 열처리는 상이한 열처리 방법들, 예를 들어 용액 어닐링, 고주파 유도 어닐링 또는 국부 어닐링을 이용하여 900 내지 1200 °C, 바람직하게는 950 내지 1150 °C 의 온도 범위에서 실시될 수 있다.

[0008] 마이크로구조에서 상이한 원소들의 효과들은 다음에 설명되고, 원소의 함량들은 중량% 로 설명된다:

[0009] 탄소 (C) 는 오스테나이트상에 과티션되고, 오스테나이트 안정성에 대한 강한 영향을 준다. 탄소는 0.04 % 미만으로 첨가될 수 있으나, 더 높은 레벨들은 내식성에 해로운 영향을 준다.

[0010] 질소 (N) 는 듀플렉스 스테인레스 강들에서 중요한 오스테나이트 안정제이고, 탄소와 같이 질소는 마텐사이트에 대항한 안정성을 증가시킨다. 또한, 질소는 강도, 변형 경화 및 내식성을 증가시킨다. M₄₃₀ 온도에 대한 일반 실험 식들은 질소 및 탄소가 오스테나이트 안정성에 대한 동일한 강한 영향을 준다는 점을 나타낸다. 질소는 내식성에 부정적 영향을 주지 않으면서 탄소보다 더 큰 정도로 스테인레스 강들에 첨가될 수 있기 때문에, 0.10 내지 0.24 % 의 질소 함량들은 본 스테인레스 강들에서 효과적이다. 최적의 특성 프로파일을 위해서, 0.16 ~ 0.21 % 의 질소 함량이 바람직하다.

[0011] 규소 (Si) 는 주로 용광로에서 산소제거 목적을 위해서 스테인레스 강들에 첨가되고 0.2 % 미만이지 말아야 한다. 규소는 듀플렉스 스테인레스 강들의 페라이트상을 안정화시키나, 현재의 식들에서 보여지는 것보다 마텐사이트 형성에 대항하여 오스테나이트 안정성에 더 강한 안정화 효과를 준다. 이 이유 때문에, 규소는 0.7 %, 바람직하게는 0.5 % 로 최대화된다.

[0012] 망간 (Mn) 은 스테인레스 강에서 오스테나이트 상을 안정화하고 질소의 용해도를 높이는 중요한 첨가물이다. 망간은 비싼 니켈을 부분적으로 대체하고 스테인레스 강을 정확한 상 평형에 도달시킨다. 높은 레벨의 함량은 내식성을 감소시킨다. 망간은 변형 마텐사이트에 대항한 오스테나이트 안정성에 큰 영향을 주고, 따라서 망간 함량은 주의 깊게 다루어져야 한다. 망간의 범위는 2.5 % 미만, 바람직하게는 2.0 % 미만이어야 한다.

다.

- [0013] 크롬 (Cr) 은 강을 내식성있게 만드는 주요 첨가물이다. 페라이트 안정제인 크롬은 또한 오스테나이트상과 페라이트상 사이에 적합한 상 균형을 생성하는 주요 첨가물이다. 이 기능들을 초래하기 위해서, 크롬 레벨은 적어도 18.5% 이어야 하고, 실제 목적을 위해서 적합한 레벨들로 페라이트 상을 제한하기 위해서, 최대 함량은 22.5% 이어야 한다. 바람직하게는 크롬 함량은 19.0 ~ 22 %, 가장 바람직하게는 19.5% ~ 21.0% 이다.
- [0014] 니켈 (Ni) 은 오스테나이트상을 안정화시키기 위한 그리고 양호한 연성을 위한 필수적 합금 원소이고, 적어도 0.8%, 바람직하게는 적어도 1.5% 가 강에 첨가되어야 한다. 마텐자이트 형성에 대항하는 오스테나이트 안정성에 큰 영향을 주는 니켈은 좁은 범위 내에서 존재해야 한다. 또한, 니켈의 높은 비용 및 가격 변동 때문에 니켈은 본 스테인레스 강들에서 4.5 %, 바람직하게는 3.5 %, 더욱 바람직하게는 2.0 ~ 3.5 % 로 최대화되어야 한다. 또한, 더욱 바람직하게는 니켈 함량은 2.7 ~ 3.5 % 이어야 한다.
- [0015] 구리 (Cu) 는, 많은 양의 원료들이 이 원소를 함유하는 스테인레스 스크랩의 형태일 때, 대부분의 스테인레스 강들에서 0.1 ~ 0.5 % 의 잔류물로서 주로 존재한다. 구리는 오스테나이트상의 약한 안정제이나, 마텐자이트 형성에 대한 저항성에 대해 강한 영향을 주고, 본 스테인레스 강들의 성형성의 평가에서 고려되어야 한다. 1.0 % 미만의 의도적인 첨가가 있을 수 있으나, 바람직하게는 구리의 함량은 0.7 % 이하, 보다 바람직하게는 0.5 % 이하이다.
- [0016] 몰리브덴 (Mo) 은 부식 저항성을 증가시키기 위해서 첨가될 수 있는 페라이트 안정제이고, 따라서 몰리브덴은 0.6 % 를 초과하는 함량을 가질 것이다. 또한, 몰리브덴은 마텐자이트 형성에 대한 저항성을 증가시키고, 다른 첨가물들과 함께 몰리브덴은 1.4 % 초과로 첨가될 수 없다. 바람직하게는, 몰리브덴 함량은 1.0 % ~ 1.4 % 이다.
- [0017] 붕소 (B), 칼슘 (Ca) 및 세륨 (Ce) 은 적은 양들로 듀플렉스 강들에 첨가되어 열간 가공성을 향상시키나, 너무 높은 함량들은 다른 특성들을 열화시키기 때문에, 너무 높은 함량들로 첨가되지 않는다. 붕소 및 칼슘에 대한 바람직한 함량들은 0.003 중량% 미만이고, 세륨에 대한 바람직한 함량은 0.1 중량% 미만이다.
- [0018] 듀플렉스 강들에서 황 (S) 은 열간 가공성을 악화시키고, 공식 저항성에 부정적으로 영향을 주는 황화물 함유물들을 형성할 수 있다. 황의 함량은 따라서 0.010 중량% 미만으로, 바람직하게는 0.005 중량% 미만으로 한정되어야 한다.
- [0019] 인 (P) 은 열간 가공성을 열화시키고, 공식 저항성에 부정적으로 영향을 주는 인화물 입자들 또는 필름들을 형성할 수 있다. 따라서, 인의 함량은 0.040 중량% 미만으로 한정되어야 하고, 그래서 황 및 인의 합계 (S+P) 함량들은 0.04 중량% 미만이다.
- [0020] 다른 잔존 원소들과 함께 산소 (O) 는 열간 연성에 부정적 영향을 준다. 이 이유 때문에, 산소의 존재를 낮은 레벨들로 제어하는 것은, 특히 균열되기 쉬운 높은 합금화도를 갖는 듀플렉스 등급들에 대해서 중요하다. 산화물 함유물의 존재는 함유물의 타입에 의존해서 내식성 (공식) 을 감소시킬 수도 있다. 또한, 높은 산소의 함량은 충격 인성을 감소시킨다. 황과 유사한 방식으로, 산소는 용탕 (weld pool) 의 표면 에너지를 변경함으로써 용입을 향상시킨다. 본 발명에 대해서, 제안가능한 최대 산소 레벨은 100 ppm 미만이다. 금속 파우더의 경우에 있어서, 최대 산소 함량은 250 ppm 이하일 수 있다.
- [0021] 알루미늄 (Al) 은 질소 함량과 함께 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강에서 낮은 레벨로 유지되어야 하며, 이는 이 2 가지 원소들이 결합하고, 충격 인성을 열화시킬 알루미늄 질화물들을 형성하기 때문이다. 알루미늄 함량은 0.04 중량% 미만으로 제한되고, 바람직하게는 0.03 중량% 미만으로 제한된다.
- [0022] 텅스텐 (W) 은 몰리브덴과 유사한 특성들을 갖고, 때때로 몰리브덴을 대체할 수 있으나, 텅스텐은 시그마상 석출을 촉진할 수 있고, 텅스텐의 함량은 0.5 중량% 이하로 제한되어야 한다.
- [0023] 코발트 (Co) 는 자매 원소인 니켈과 유사한 야금 거동을 갖고, 코발트는 강 및 합금 제조에서 상당히 유사한 방식으로 처리될 수도 있다. 코발트는 상승된 온도들에서 입자 성장을 억제하고, 경도 및 고온 강도의 유지를 상당히 향상시킨다. 코발트는 내침식부식성 및 변형 경화성을 증가시킨다. 코발트는 슈퍼 듀플렉스 스테인레스 강들에서 시그마상 형성의 위험을 감소시킨다. 코발트의 함량은 1.0 중량% 이하로 제한된다.
- [0024] "마이크로-합금" 원소들, 즉 티타늄 (Ti), 바나듐 (V) 및 니오븀 (Nb) 은, 이들이 낮은 농도들에서도, 종종 탄소 강에서 유리한 효과에 의해 강의 특성을 상당히 변경하나, 듀플렉스 스테인레스 강들의 경우에, 이들이 또한 원하지 않는 특성 변화들, 예를 들어 감소된 충격 특성들, 더 높은 표면 결함 레벨들 및, 주조 및 열간 압연 동

안의 감소된 연성에 기여하기 때문에, 이렇게 이름 지어진 첨가제들의 그룹에 속한다. 이 효과들 중 많은 효과들은 현대 듀플렉스 스테인레스 강들의 경우에 탄소 및 특히 질소에 대한 이들의 강한 친화력에 의존된다.

본 발명에 있어서, 니오븀 및 티타늄은 0.1 %의 최대 레벨에 제한되는 반면, 바나듐은 덜 해롭고 0.2 % 이하이어야 한다.

- [0025] 본 발명은 소성 변형 동안에 준안정 잔류 오스테나이트의 마텐자이트로의 변태 (TRIP 효과) 를 이용하는 고성형성 및, 망간 및 27 ~ 29.5 의 범위를 갖는 공식저항 당량지수 (pitting resistance equivalent: PRE = %Cr+3.3*%Mo+30*%N-%Mn) 에 의한 고내식성을 갖는 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강으로서,
- [0026] 상기 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강은 0 중량% 초과 0.04 중량% 미만의 탄소, 0 중량% 초과 0.7 중량% 미만의 규소, 0 중량% 초과 2.0 중량% 미만의 망간, 18.5 ~ 22.5 중량% 의 크롬, 2.0 ~ 3.5 중량% 의 니켈, 1.0 ~ 1.4 중량% 의 몰리브덴, 0 중량% 초과 1 중량% 미만의 구리, 0.10 ~ 0.24 중량 % 의 질소를 함유하고, 나머지는 철 및, 스테인레스 강들에서 발생하는 불가피한 불순물들이고, 측정된 M_{430} 온도는 0 ~ 90 °C 의 범위에 있고, $19.14 - 0.39(Cu+Mo) < (Si+Cr) < 22.45 - 0.39(Cu+Mo)$ 이고, $0.1 < (C+N) < 0.78 - 0.06(Mn+Ni)$ 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 마이크로구조의 오스테나이트상의 비율은, 900 ~ 1200 °C 의 온도 범위에서 열 처리될 때, 45 ~ 75 체적% 이고, 나머지는 페라이트인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 상기 크롬의 함량은 19.0 ~ 22 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은 상기 구리의 함량은 0 중량% 초과 0.7 중량% 이하인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명은 상기 질소의 함량은 0.16 ~ 0.21 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0031] 또한, 본 발명은 상기 스테인레스 강은 선택적으로 하나 이상의 첨가된 원소들: 0.04 중량% 미만의 Al, 0.003 중량% 미만의 B, 0.003 중량% 미만의 Ca, 0.1 중량% 미만의 Ce, 1 중량% 이하의 Co, 0.5 중량% 이하의 W, 0.1 중량% 이하의 Nb, 0.1 중량% 이하의 Ti, 0.2 중량% 이하의 V 을 함유하는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명은 상기 스테인레스 강은, 불가피한 불순물들로서, 0.010 중량% 미만의 S, 0.040 중량% 미만의 P 을 함유하여 합계 (S+P) 가 0.04 중량% 미만이고, 전체 산소 함량이 100 ppm 미만인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명은 임계 공식 온도 (CPT) 는 20 ~ 33 °C 의 범위 안에 있는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0034] 또한, 본 발명은 상기 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강은, 잉곳들, 슬래브들, 블룸들, 빌릿들, 플레이트들, 시트들, 스트립들, 코일들, 바들, 로드들, 와이어들, 프로파일들 및 형상들, 심리스 및 용접된 튜브들, 심리스 및 용접된 파이프들, 금속 분말, 성형된 형상들 및 프로파일들로서 제조되는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0035] 또한, 본 발명은 상기 측정된 M_{430} 온도는 10 ~ 70 °C 의 범위에 있는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0036] 또한, 본 발명은 상기 크롬의 함량은 19.5 ~ 21.0 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0037] 또한, 본 발명은 상기 니켈의 함량은 2.7 ~ 3.5 중량% 인 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0038] 또한, 본 발명은 상기 임계 공식 온도 (CPT) 는 23 ~ 31 °C 의 범위 안에 있는 것을 특징으로 하는, 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강을 제공할 수 있다.
- [0039] 본 발명은 도면들을 참조하여 더욱 상세히 설명된다.

도면의 간단한 설명

- [0040] 도 1 은 본 발명의 테스트된 합금들 중에서 원소 함량 Si+Cr 과 원소 함량 Cu+Mo 사이의 최소 M_{d30} 온도, 최대 M_{d30} 온도 및 PRE 값들의 종속성을 도시하고,
- 도 2 는 도 1 에 따른 본 발명의 테스트된 합금들 중에서 원소 함량 Si+Cr 과 원소 함량 Cu+Mo 사이의 최소 M_{d30} 온도, 최대 M_{d30} 온도 및 PRE 값들의 종속성에 대한 C+N 및 Mn+Ni 의 일정한 값들을 갖는 예를 도시하고,
- 도 3 은 본 발명의 테스트된 합금들 중에서 원소 함량 C+N 과 원소 함량 Mn+Ni 사이의 최소 M_{d30} 온도, 최대 M_{d30} 온도 및 PRE 값들의 종속성을 도시하고, 또한
- 도 4 는 도 3 에 따른 본 발명의 테스트된 합금들 중에서 원소 함량 C+N 과 원소 함량 Mn+Ni 사이의 최소 M_{d30} 온도, 최대 M_{d30} 온도 및 PRE 값들의 종속성에 대한 Si+Cr 및 Cu+Mo 의 일정한 값들을 갖는 예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 원소들의 효과들에 기초한, 본 발명에 따른 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강이 화학 조성들 (표 1 에 이름 지어진 바와 같은 A 내지 G) 을 구비한다. 또한, 표 1 은 H 와 같이 이름 지어진 FI 특허 출원 20100178 의 참조 듀플렉스 스테인레스 강에 대한 화학 조성을 포함하며, 표 1 의 모든 함량들은 중량% 이다.

표 1

합금	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	Cu %	N %	Mo %
A	0.03	0.30	0.50	20.7	4.0	0.42	0.165	1.27
B	0.023	0.29	1.4	20.4	3.5	0.41	0.162	0.99
C	0.024	0.28	1.36	20.6	2.7	0.42	0.18	1.14
D	0.02	0.37	1.82	19.6	1.7	0.42	0.198	1.17
E	0.021	0.31	0.76	20.1	2.9	0.42	0.194	1.19
F	0.017	0.33	0.83	19.8	3.1	0.41	0.19	1.2
G	0.026	0.46	0.99	20.08	3.03	0.36	0.178	1.19
H	0.04	0.40	3.0	20.2	1.2	0.40	0.22	0.40

- [0042]
- [0043] 합금들 (A-F) 은 60 kg 의 실험실 규모의 진공 유도로서 1.5 mm 두께까지 열간 압연 및 냉간 압연된 작은 슬래브들로 제조되었다. 합금 (G) 은, 변하는 최종 치수들을 갖는 코일 형태로 열간 압연 및 냉간 압연이 이어지는 100 톤 제조 규모로 제조되었다.
- [0044] 표 1 의 값들을 비교하면, 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강들의 탄소, 질소, 망간, 니켈 및 몰리브덴의 함량들은 참조 스테인레스 강 (H) 과 상당히 상이하다.
- [0045] 특성들, 즉 M_{d30} 온도, 임계 공식 온도 (CPT) 및 PRE 에 대한 값들은 표 1 의 화학 조성들에 대해서 결정되고, 결과들은 다음의 표 2 에 제공된다.
- [0046] 표 2 의 오스테나이트상의 예측되는 M_{d30} 온도 (M_{d30} Nohara) 는, 1050 °C 의 온도에서 어닐링될 때 오스테나이트계 스테인레스 강들에 대해 성립된 Nohara 식 (1) 을 이용해서 계산되었다.

[0048]
$$M_{d30} = 551-462(C+N)-9.2Si-8.1Mn-13.7Cr-29(Ni+Cu)-18.5Mo-68Nb \quad (1)$$

- [0050] 표 2 의 실제 측정된 M_{d30} 온도들 (M_{d30} 측정됨) 은 상이한 온도들에서 인장 샘플들을 0.30 진변형률로 잡아당김

으로써 그리고 Satmagan 장치로 변태된 마텐자이트의 분율을 측정함으로써 성립되었다. Satmagan 은, 강자성 상의 분율이 포화된 자기장에 샘플을 배치함으로써, 그리고 샘플에 의해서 유도된 자기력 및 중력을 비교함으로써 결정되는 자기 밸런스이다.

[0051] 표 2 에서 계산된 M_{d30} 온도들 ($M_{d30} \text{ calc}$) 은, 또한 식 (3) 및 식 (4) 이 유도된 최적의 수학적 제한조건에 따라 얻어졌다.

[0052] 임계 공식 온도 (CPT) 는 ASTM G150 테스트에 따라서 1M 염화나트륨 (NaCl) 용액에서 측정되고, 이 임계 공식 온도 (CPT) 미만에서, 공식은 가능하지 않으며, 단지 수동적 거동이 보인다.

[0053] 공식저항 당량지수 (PRE) 는 식 (2) 을 이용하여 계산된다:

[0055]
$$PRE = \%Cr + 3.3 * \%Mo + 30 * \%N - \%Mn \quad (2)$$

[0057] 또한, 중량% 로 C+N, Cr+Si, Cu+Mo 및 Mn+Ni 에 대한 원소 함량들의 합계들은 표 2 에서 표 1 의 합금들에 대해서 계산된다. C+N 및 Mn+Ni 합계들은 오스테나이트 안정제들을 나타내는 한편, Si+Cr 합계는 페라이트 안정제들을 나타내고, Cu+Mo 합계는 마텐자이트 형성에 대한 저항성을 갖는 원소들을 나타낸다.

표 2

합금	% C+N	Si+Cr %	Mn+Ni %	Cu+Mo %	M_{d30} calc °C	M_{d30} Nohara °C	M_{d30} 측정범 °C	CPT °C	PRE %
A	0.195	21	4.5	1.7	7.7	-18.4	12.5	29.2	29.3
B	0.185	20.7	4.9	1.4	19.9	6.5	22	22.5	27.1
C	0.204	20.9	4.1	1.6	17.2	-5.5	15.5	25.2	28.4
D	0.218	19.97	3.52	1.59	44.7	21.8	32.5	-	27.6
E	0.215	20.41	3.66	1.61	27.7	6.3	30.0	25.3	29.1
F	0.207	20.13	3.93	1.61	36.9	-81	56.0	22.8	28.6
G (1.5mm)	0.204	20.54	4.02	1.55	29.6	5	19	30.0	28.4
G (2.5mm)	0.204	20.54	4.02	1.55	29.6	5	21	30.6	28.4
H	0.26	20.7	4.3	1.0	24.9	23	27	< 10	25

[0058]

[0059] 표 2 의 값들을 비교하면, 27 ~ 29.5 범위를 갖는 PRE 값은 참조 듀플렉스 스테인레스 강 (H) 의 PRE 값 보다 훨씬 더 크고, 이는 합금들 (A ~ G) 의 내부식성이 더 큰 것을 의미한다. 임계 공식 온도 (CPT) 는 21 ~ 32 °C 의 범위에 있고, 이는 EN 1.4401 및 유사한 등급들과 같은 오스테나이트계 스테인레스 강들에 대한 CPT 보다 훨씬 더 크다.

[0060] Nohara 식 (1) 을 이용한 예측된 M_{d30} 온도들은 표 2 상에서 합금들에 대한 측정된 M_{d30} 온도들과 본질적으로 상이하다. 또한, 표 2 로부터, 계산된 M_{d30} 온도들은 측정된 M_{d30} 온도들과 잘 일치하고, 따라서 계산을 위해서 이용된 최적화의 수학적 제한조건이 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강들에 대해서 매우 적합하다는 것이 알려진다.

[0061] 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강에 대한 중량% 로 C+N, Si+Cr, Mn+Ni 및 Cu+Mo 에 대한 원소 함량들의 합계들은 한편으로는 C+N 과 Mn+Ni 사이 그리고 다른 한편으로는 Si+Cr 과 Cu+Mo 사이의 종속성을 성립시키는 최적화의 수학적 제한사항에서 이용되었다. 최적화의 수학적 제한사항에 따라서, Cu+Mo 및 Si+Cr 합계들, Mn+Ni 및 C+N 합계들 각각은 도 1 내지 도 4 의 좌표의 x 및 y 축을 형성하고, 최소 및 최대 PRE 값들 (27 < PRE < 29.5) 에 대한 선형 종속 및 최소 및 최대 M_{d30} 온도 (10 < M_{d30} < 70) 값들에 대한 선형 종속이 정의된다.

[0062] 도 1 에 따르면, 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강이 1050 °C 의 온도에서 어닐링되었을 때 Si+Cr 및 Cu+Mo 를

위한 화학 조성 윈도우가 C+N 에 대한 0.175 ~ 0.215 의 바람직한 범위 및 Mn+Ni 에 대한 3.2 ~ 5.5 의 바람직한 범위로 성립된다. 또한, 도 1 에서, 구리 및 몰리브덴을 위한 최대 범위들 때문에 Cu+Mo < 2.4 의 제한이 알려진다.

[0063] 도 1 에서 영역 (a', b', c', d' 및 e') 의 프레임 내에 놓여 있는 화학 조성 윈도우는 표 3 에서 다음의 라벨링된 좌표 위치들로 정의된다.

표 3

	Si+Cr %	Cu+Mo %	C+N %	Mn+Ni %
a'	22,0	0,45	0,175	3,2
b'	21,4	1,9	0,175	3,2
c'	19,75	2,4	0,21	3,3
d'	18,5	2,4	0,215	5,5
e'	18,9	1,34	0,215	5,5

[0064]

[0065] 도 2 는, C+N 에 대한 0.195 의 일정한 값 및 Mn+Ni 에 대한 4.1 의 일정한 값이 도 1 에서 C+N 에 대한 범위 및 Mn+Ni 에 대한 범위 대신에 모든 지점들에서 이용될 때의 도 1 의 하나의 화학 조성 예시 윈도우를 도시한다. 도 2 에서 영역 (a, b, c 및 d) 의 프레임 내에 놓여 있는 화학 조성 윈도우는 표 4 에서 다음의 라벨링된 좌표 위치들로 정의된다.

표 4

	Si+Cr %	Cu+Mo %	C+N %	Mn+Ni %
a	21,40	0,80	0,195	4,1
b	20,10	1,60	0,195	4,1
c	19,15	2,25	0,195	4,1
d	19,50	1,40	0,195	4,1

[0066]

[0067] 도 3 은, 듀플렉스 스테인레스 강이 1050 °C 의 온도에서 어닐링되었을 때, Cr+Si 에 대한 19.7 ~ 21.45 의 바람직한 조성 범위 및 Cu+Mo 에 대한 1.3 ~ 1.9 의 바람직한 조성 범위를 갖는 C+N 및 Mn+Ni 에 대한 화학 조성 윈도우를 도시한다. 또한, 본 발명에 따르면, C+N 합계는 $0.1 < C+N < 0.28$ 에 제한되고, Mn+Ni 합계는 $0.8 < Mn+Ni < 7.0$ 에 제한된다. 도 3 에서 영역 (p', q', r', s', t' 및 u') 의 프레임 내에 놓여 있는 화학 조성 윈도우는 표 5 에서 다음의 라벨링된 좌표 위치들로 정의된다.

표 5

	Si+Cr %	Cu+Mo %	C+N %	Mn+Ni %
p'	20,4	1,8	0,28	4,3
q'	19,8	1,3	0,28	7,0
r'	20,2	1,7	0,17	7,0
s'	20,1	1,7	0,10	5,2
t'	20,9	1,9	0,10	1,5
u'	20,6	1,9	0,16	0,8

[0068]

[0069] 본 발명의 원소 함량들에 대한 바람직한 범위들에 의한 C+N 및 Mn+Ni 에 대한 제한들의 효과는, 도 3 의 화학 조성 윈도우가 PRE 최대 값 및 최소 값에 의해서 부분적으로 제한되고, C+N 및 Mn+Ni 에 대한 제한들에 의해서

부분적으로 제한된다는 것이다.

[0070] 도 4 는, Cr+Si 에 대한 20.5 의 일정한 값 및 Cu+Mo 에 대한 1.6 의 일정한 값을 갖고, 또한 $0.1 < C+N$ 의 제한을 갖는 도 3 의 하나의 화학 조성 예시 윈도우를 도시한다. 도 4 에서 영역 (p, q, r, s, t 및 u) 의 프레임 내에 놓여 있는 화학 조성 윈도우는 표 6 의 다음의 라벨링된 좌표 위치들로 정의된다.

표 6

	Si+Cr %	Cu+Mo %	C+N %	Mn+Ni %
p	20.5	1.6	0.24	5.1
q	20.5	1.6	0.19	6.0
r	20.5	1.6	0.10	3.2
s	20.5	1.6	0.10	2.4
t	20.5	1.6	0.13	1.8

[0071]

[0072] 본 발명의 듀플렉스 스테인레스 강이 950 ~ 1150 °C 온도 범위에서 어닐링될 때, 표 2 의 값들 및 도 1 내지 4 의 값들을 이용하여, 최소 M_{430} 온도 값 및 최대 M_{430} 온도 값에 대한 다음의 식들이 성립된다.

[0074] $19.14 - 0.39(Cu+Mo) < (Si+Cr) < 22.45 - 0.39(Cu+Mo)$ (3)

[0075] $0.1 < (C+N) < 0.78 - 0.06(Mn+Ni)$ (4)

[0077] 위의 참조 재료 (H) 뿐만 아니라 본 발명의 합금들은 종방향 (long) (합금 (A ~ C, G ~ H)) 및 횡방향 (trans) (모든 합금들 (A ~ H)) 으로의 A_{50} , A_5 및 A_g 에 대한 연신율 값들, 항복 강도들 ($R_{p0.2}$ 및 $R_{p1.0}$) 뿐만 아니라 인장 강도 (R_m) 를 결정함으로써 더욱 테스트되었다. 표 7 은 참조 (H) 듀플렉스 스테인레스 강에 대한 각각의 값들뿐만 아니라 본 발명의 합금들 (A ~ G) 에 대한 테스트들의 결과들을 담고 있다.

표 7

합금	$R_{p0.2}$ (MPa)	$R_{p1.0}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_{50} (%)	A_5 (%)	A_g (%)
A trans	549.0	594.0	777.0	37.9	41.4	33.4
A long	527.8	586.0	797.3	40.0	44.0	34.6
B long	479.7	552.0	766.7	40.8	44.5	36.9
C trans	550.3	594.0	757.5	38.3	42.1	31.0
C long	503.8	583.0	772.3	42.5	46.7	34.6
D trans 1050°C	526	577	811	41.6	45.7	37.4
D trans 1120°C	507	561	786	44.0	48.3	39.8
E trans 1050°C	540	588	810	44.0	48.2	38.8
E trans 1120°C	517	572	789	43.6	47.8	38.5
F trans 1050°C	535	577	858	37.2	40.8	34.7
F trans 1120°C	499	556	840	39.8	43.7	35.9
G 1.5mm trans	596	648	784	37.1	40.8	30.8
G 1.5mm long	562	626	801	40.4	44.3	35.5
G 2.5mm trans	572	641	793	40.7	43.3	34.9
G 2.5mm long	557	622	805	43.3	45.9	37.6
H trans	493.7	543.7	757.3	44.6	48.6	40
H long	498.0	544.0	787.0	45.2	49.0	40

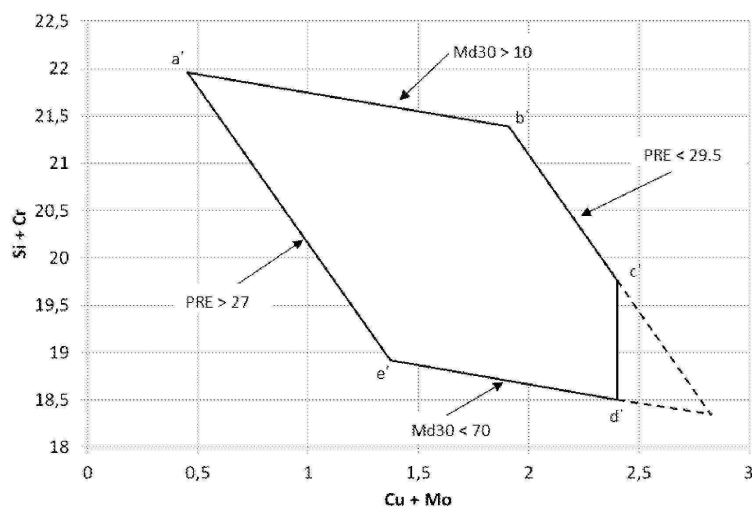
[0078]

[0079] 표 7의 결과들은, 합금들 (A ~ G)에 대한 항복 강도 값들 ($R_{p0.2}$ 및 $R_{p1.0}$)은 참조 듀플렉스 스테인레스 강 (H)에 대한 각각의 값들보다 훨씬 더 크고, 인장 강도 값 (R_m)은 참조 듀플렉스 스테인레스 강 (H)과 유사하다는 점을 보인다. 합금들 (A 내지 G)의 연신율 값들 (A_{50} , A_5 및 A_g)은 참조 스테인레스 강에 대한 각각의 값들보다 더 작다.

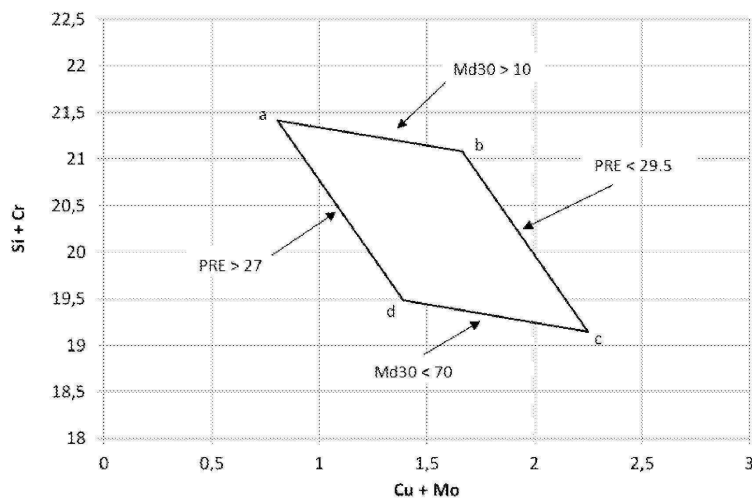
[0080] 본 발명의 듀플렉스 페라이트 오스테나이트계 스테인레스 강은 잉곳들, 슬래브들, 블룸들, 빌릿들 및, 플레이트들, 시트들, 스트립들, 코일들과 같은 편평한 제품들, 및, 바들, 로드들, 와이어들, 프로파일들 및 형상들, 심리스 및 용접된 튜브 및/또는 파이프들과 같은 긴 제품들로서 제조될 수 있다. 또한, 금속 분말, 성형된 형상들 및 프로파일들과 같은 추가의 제품들로 제조될 수 있다.

도면

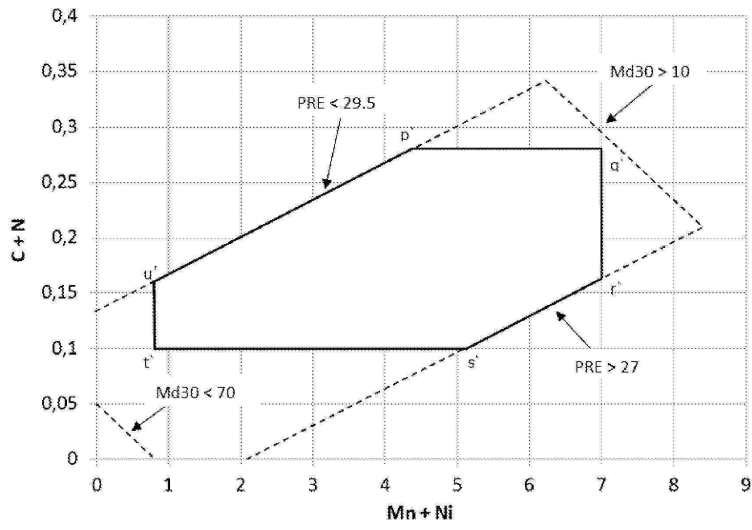
도면1



도면2



도면3



도면4

