



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년07월14일
(11) 등록번호 10-2833635
(24) 등록일자 2025년07월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 35/30 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)
B23K 35/362 (2006.01) B23K 9/23 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B23K 35/30 (2013.01)
B23K 35/0261 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0120699
- (22) 출원일자 2020년09월18일
심사청구일자 2022년10월06일
- (65) 공개번호 10-2021-0035051
- (43) 공개일자 2021년03월31일
- (30) 우선권주장
16/577,907 2019년09월20일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2000301377 A*
JP63013692 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
링컨 글로벌, 인크.
미국, 오하이오 44117, 클리브랜드, 세인트 클레어 에비뉴 22801
- (72) 발명자
소렌티노 스테파노
미국 90670 캘리포니아 산타페 스프링스, 노워크 블러바드 9160 링컨 글로벌 인크. 씨/오
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 21 항

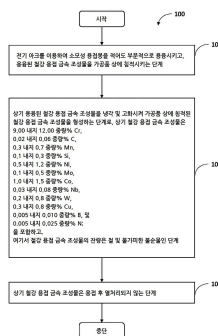
심사관 : 나만호

(54) 발명의 명칭 박벽 강 부재의 아크 용접을 위한 고크롬 크리프 내성 용접 금속

(57) 요약

철강 용접 금속 조성물은 9.00 내지 12.00 중량%의 크롬, 0.02 내지 0.06 중량%의 탄소, 0.3 내지 0.7 중량%의 망간, 0.1 내지 0.3 중량%의 규소, 0.5 내지 1.2 중량%의 니켈, 0.1 내지 0.5 중량%의 몰리브데넘, 1.0 내지 1.5 중량%의 코발트, 0.03 내지 0.08 중량%의 니오븀, 0.2 내지 0.8 중량%의 텅스텐, 0.3 내지 0.8 중량%의 구리, 0.005 내지 0.010 중량%의 붕소, 및 0.005 내지 0.025 중량%의 질소를 포함할 수 있고; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다. 용접 후 열처리를 이용하지 않으면서 전기 아크 용접 공정에 의해 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 방법 또한 기재된다. 고크롬 크리프 내성의 철강 용접 금속 조성물을 생성하는 소모성 전기 아크 용접봉도 또한 기재된다.

대표도



(52) CPC특허분류

B23K 35/362 (2013.01)

B23K 9/23 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

9.00 내지 12.00 중량% Cr,
 0.02 내지 0.06 중량% C,
 0.3 내지 0.7 중량% Mn,
 0.1 내지 0.3 중량% Si,
 0.5 내지 1.2 중량% Ni,
 0.1 내지 0.5 중량% Mo,
 1.0 내지 1.5 중량% Co,
 0.03 내지 0.08 중량% Nb,
 0.2 내지 0.8 중량% W,
 0.3 내지 0.8 중량% Cu,
 0.005 내지 0.010 중량% B, 및
 0.005 내지 0.025 중량% N
 을 포함하고,
 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 Cr 함량은 11 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 Mn 함량은 0.4 내지 0.6 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 Ni 함량은 0.8 내지 1.0 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 Mo 함량은 0.2 내지 0.4 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 Co 함량은 1.1 내지 1.3 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 Nb 함량은 0.04 내지 0.07 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 W 함량은 0.3 내지 0.7 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 Cu 함량은 0.4 내지 0.7 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 B 함량은 0.006 내지 0.009 중량%인, 철강 용접 금속 조성물.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 조성물은 저탄소의 템퍼링되지 않은 마르텐사이트 미세구조를 갖는 것인 철강 용접 금속 조성물.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 조성물은 650℃의 온도에서 55 MPa에서 적어도 2500시간의 단축 크리프 내성을 갖는 것인 철강 용접 금속 조성물.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 조성물은 20℃에서 적어도 27 J의 충격 인성을 갖고/갖거나 360 이하의 비커스 경도를 갖는 것인 철강 용접 금속 조성물.

청구항 14

철강 금속 코어, 및

금속 분말, 철합금, 산화물, 슬래그 형성제, 결합제, 압출 보조제, 플럭싱(fluxing) 성분, 가스 형성제 및 탈산제를 함유하는 외층 코팅

을 포함하고, 이는 용접봉이 제1항에 따른 철강 용접 금속 조성물을 생산하도록 하는 양으로 존재하는,

SMAW(MMA) 방법을 위한 소모성 전기 아크 용접 피복된 용접봉.

청구항 15

외층 철강 금속 외피, 및

금속 분말, 철합금, 산화물, 슬래그 형성제, 결합제, 플럭싱 성분, 가스 형성제 및 탈산제를 포함하는 외피에 의해 둘러싸인 코어

를 포함하고, 이는 와이어 용접봉이 제1항에 따른 철강 용접 금속 조성물을 생산하도록 하는 양으로 존재하는,

FCAW 방법을 위한 소모성 전기 아크 용접 와이어 용접봉.

청구항 16

제1항에 따른 조성물을 갖는 철강으로 제조된, GMAW 및/또는 GTAW 방법을 위한 소모성 전기 아크 용접 와이어.

청구항 17

고체 또는 플럭스 코어 철강 금속 와이어, 및

실리케이트, 산화물, 카보네이트, 플루오라이드, 금속성 분말, 철합금을 함유하는 응집된 플럭스

를 포함하고, 이는 용접봉이 제1항에 따른 철강 용접 금속 조성물을 생성하도록 하는 양으로 존재하는,

SAW 방법을 위한 응집된 플럭스와 조합되어 사용되는 소모성 전기 아크 용접 와이어 용접봉.

청구항 18

a) 전기 아크를 이용하여 소모성 용접봉을 적어도 부분적으로 용융시키고, 용융된 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 단계; 및

b) 상기 용융된 철강 용접 금속 조성물을 냉각 및 고화시켜 가공품 상에 침적된 철강 용접 금속 조성물을 형성하는 단계

를 포함하고, 상기 철강 용접 금속 조성물은

- 9.00 내지 12.00 중량% Cr,
- 0.02 내지 0.06 중량% C,
- 0.3 내지 0.7 중량% Mn,
- 0.1 내지 0.3 중량% Si,
- 0.5 내지 1.2 중량% Ni,
- 0.1 내지 0.5 중량% Mo,
- 1.0 내지 1.5 중량% Co,
- 0.03 내지 0.08 중량% Nb,
- 0.2 내지 0.8 중량% W,
- 0.3 내지 0.8 중량% Cu,
- 0.005 내지 0.010 중량% B, 및
- 0.005 내지 0.025 중량% N

을 포함하고;

철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이며,

상기 철강 용접 금속 조성물은 용접 후 열처리되지 않는, 전기 아크 용접 공정에 의해 가공품 상에 철강 용접 금속 조성물을 침적시키는 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 침적된 철강 용접 금속 조성물은 마르텐사이트 미세구조를 갖는 것인 방법.

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 침적된 조성물은 650℃의 온도에서 55 MPa에서 적어도 2500시간의 단축 크리프 내성을 갖는 것인 방법.

청구항 21

제1항에 따른 조성물을 갖는 철강으로 제조된, GMAW 및/또는 GTAW 방법을 위한 소모성 전기 아크 용접 봉(rod).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 고크롬 크리프 내성 철강 용접 금속 조성물이 제공된다. 용접 후 열처리(PWHT)의 사용 없이 전기 아크 용접 공정에 의해 고크롬 크리프 내성 철강 용접 금속 조성물을 가공품(workpiece) 상에 침적시키는 방법 또한 제공된다. 고크롬 크리프 내성 철강 용접 금속 조성물을 생성하는 소모성 전기 아크 용접 용접봉 또한 제공된다.

배경 기술

[0002] 마르텐사이트성(martensitic) 고크롬강 재료는 발전(power generation) 산업 또는 화학 및 석유 산업에서 널리 사용된다. 구체적으로, 베이나이트성(bainitic) 및 마르텐사이트성 Cr 강은 박벽 보일러 막 벽에 사용된다. 이들 성분은 높은 작업 온도 및 수반되는 응력을 받는다. 고크롬강의 구축 및 보수는 아크 용접을 광범위하게 사용하도록 하고, 용접된 접점에서 충분한 유연성 및 충격 강도를 회복하기 위한 용접 후 열처리(PWHT)가 뒤따른다. 용접된 접점들은 부모 철강의 산화/부식 내성 및 크리프 강도에 맞아야 한다. 나아가, 보일러 막 벽과 같이 큰 용접된 구조물의 PWHT는 매우 비현실적이고, 비용이 들고, 시간 소모적이다.

[0003] 약 9 중량%의 크롬 함량을 갖는 철강 조성물은 고온 적용에 널리 사용되어 왔다. 그러나, 이들 조성물은 620℃

초과 온도에서의 스팀 분위기 중 불충분한 산화 내성을 겪으며, 이는 이들의 적용 온도 범위를 현저히 제한한다. 특히 열전달이 있는 보일러 성분에서, 산화물 스케일(scale)은 열 절연체로서 작용하고, 이에 의해 금속 온도를 높이고, 결과적으로 상용 성분의 수명을 감소시킨다. 추가적으로, 산화물 스케일이 작동 동안 떨어져 나가는 경우, 이는 이후의 스팀 운반 성분에 부식 손상을 일으킬 것이다. 떨어져 나간 산화물 스케일은 폐색을 일으켜서, 스팀 흐름을 방해하여 종종 국소 과열 및 돌발적 고장을 초래한다.

[0004] 상승된 크롬 함량, 즉, 9 중량% 초과인 크롬 함유 함량은 양호한 스팀 산화 내성에 필수적이다. 약 11 내지 12%의 크롬 함량은 현재 650°C까지의 작업 온도를 가능하게 하는 것으로 여겨지며, 발전소 효율을 현저히 상승시킨다. 그러나, 그러한 크롬 함량은 Z-상 형성에 대한 구동력을 증가시킨다. Z-상은 빠르게 조립화되는(coarsen) 복합 질화물로, 이에 의해 주위의 강화 MX 침전물을 소비하고, 주로 9 내지 12% Cr 강의 크리프 강도에 기여한다(M은 니오븀 또는 바나듐이고, X는 탄소 또는 질소임). 상승된 크롬 함량은 크롬 카바이드 침전물의 조립화 속도 또한 증진시킨다. MX 및 크롬 카바이드 침전물의 미세구조 안정화 효과 손실은, 모두 마르텐사이트성(Cr > 11%) 고크롬 내열 철강 등급의 장기 크리프 파괴(rupture) 강도에서의 강하의 원인이 된다.

[0005] 고온 재료의 크리프 거동 및 크리프 특성의 저하는, 고온에서 응력 하에 장기간 동안 작동시키기 위해 설계된 성분 및 구조물의 수명을 제한한다. 크리프는 고온에서 가장 종종 일어나는, 적용된 부하 하에서 재료의 시간에 따른 변형이다. 재료에서의 구조적 변화는 일반적으로 크리프를 촉진시키고, 그 결과 입자간 크리프 손상의 출현 속도를 가속시킨다. 꾸준히 지속되는 경우, 크리프는 파괴로 종료되고, 성분 수명에 현저한 영향을 미친다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 높은 작업 온도, 산화 및 부식 내성, 및 크리프 강도를 필요로 하는 용접 철강 부재에 사용될 수 있는 마르텐사이트 철강 조성물에서의 크롬 함량의 한계를 고려하여, 전력 공학 응용 분야에서 박막 용접된 구조물에 사용되는 고크롬강에 대한 필요성이 존재한다. 나아가, 그러한 고Cr 강은 용접된 상태에서의 사용에 적합하여야만 한다(PWHT 회피).

과제의 해결 수단

[0007] 용접 후 열처리(PWHT) 없이 사용되는 고크롬 크리프 내성 철강 용접 금속 조성물이 제공된다. 전기 아크 용접 공정에 의해 고크롬 크리프 내성 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 방법이 또한 제공된다.

[0008] 일 구현예에서, 9.00 내지 12.00 중량% 크롬(Cr), 0.02 내지 0.06 중량% 탄소(C), 0.3 내지 0.7 중량% 망간(Mn), 0.1 내지 0.3 중량% 규소(Si), 0.5 내지 1.2 중량% 니켈(Ni), 0.1 내지 0.5 중량% 몰리브데넘(Mo), 1.0 내지 1.5 중량% 코발트(Co), 0.03 내지 0.08 중량% 니오븀(Nb), 0.2 내지 0.8 중량% 텅스텐(W), 0.3 내지 0.8 중량% 구리(Cu), 0.005 내지 0.010 중량% 붕소(B), 및 0.005 내지 0.025 중량% 질소(N)를 포함하는 철강 용접 금속 조성물로서; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철(Fe) 및 불가피한 불순물들이다.

[0009] 또 다른 구현예에서, a) 전기 아크를 이용하여 소모성 용접봉을 적어도 부분적으로 용융시키고, 용융된 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 단계; 및 b) 상기 용융된 철강 용접 금속 조성물을 냉각 및 고화시켜 가공품 상에 침적된 철강 용접 금속 조성물을 형성하는 단계로, 여기서 철강 용접 금속 조성물은 9.00 내지 12.00 중량% Cr, 0.02 내지 0.06 중량% C, 0.3 내지 0.7 중량% Mn, 0.1 내지 0.3 중량% Si, 0.5 내지 1.2 중량% Ni, 0.1 내지 0.5 중량% Mo, 1.0 내지 1.5 중량% Co, 0.03 내지 0.08 중량% Nb, 0.2 내지 0.8 중량% W, 0.3 내지 0.8 중량% Cu, 0.005 내지 0.010 중량% B 및 0.005 내지 0.025 중량% N을 포함하는 전기 아크 용접 공정에 의해 가공품 상에 철강 용접 금속 조성물을 침적시키는 방법으로서; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 Fe 및 불가피한 불순물이고, 철강 용접 금속 조성물은 PWHT되지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 발명의 특정 구현예는 특정 부품 및 부품들의 배열에서 물리적 형태를 취할 수 있으며, 이의 바람직한 구현예는 명세서에 상세히 설명되고, 명세서의 일부인 첨부 도면에서 예시될 것이며, 여기서

도 1은 전기 아크 용접 공정에 의해 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 방법의 예시적이며 비제한적인 구현예의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명의 일 구현예는 상이한 소모재(consumable)로 침적되는 철강 용접 금속 조성물을 포함할 수 있다. 피복 금속 아크 용접(SMAW), 잠호 아크 용접(SAW), 가스 텅스텐 아크 용접(GTAW), 가스 금속 아크 용접(GMAW), 플럭스-코어 아크 용접(FCAW) 방법, 및 이들의 조합과 같은 각종 용접 방법이, 소모재를 침적시키는 데 사용될 수 있다. 철강 용접 금속 조성물은 철(Fe), 크롬(Cr), 탄소(C), 망간(Mn), 규소(Si), 니켈(Ni), 몰리브덴(Mo), 코발트(Co), 니오븀(Nb), 텅스텐(W), 구리(Cu), 붕소(B), 질소(N) 및 잠재적으로 추가 성분들을 포함한다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 구현예는 초장기 기간에서 양호한 크리프 특징을 나타내고, 고온의 사용 온도로 의도된 철강 용접 금속 조성물 및 얇은 부재를 포함할 수 있다. 일 구현예에서, 조성물은, 뛰어난 산화 및 부식 내성을 추가로 나타내며, 이는 강도, 인성 등을 포함한다. 일 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 용접 후 열처리(PWHT)를 이용하지 않는 용도로 의도된다. 철강 용접 금속 조성물은 크리프 내성인 고크롬강을 갖는 용접된 구조물, 예를 들어 박막 부재 내에 포함될 수 있으며, 그 구조물이 고온에서 지속 사용되는 발전 산업 또는 화학 및 석유 산업에서 사용될 수 있다.
- [0013] 본 명세서에서 기재된 정의 및 방법은 본 발명의 구현예를 더 양호하게 규정하고, 구현예의 실시예에 있어서 당업자를 안내하고자 제공된다. 달리 표시되지 않는 한, 용어는 관련 기술 분야에서 당업자에 의한 통상적인 용법에 따라 이해되어야 한다.
- [0014] 달리 나타내지 않는 한, 본 명세서 및 관련 청구범위에서 사용된 성분들의 양, 반응 조건 등을 표현하는 모든 숫자는 모든 경우에서 "약"이라는 용어에 의해 수식되는 바와 같이 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 표시되지 않는 한, 이하의 명세서 및 첨부된 청구범위에서 제시된 숫자 파라미터는 본 발명의 구현예에 의해 수득하고자 하는 바람직한 특성에 따라 달라질 수 있는 근사치이다. 적어도, 그리고 청구범위의 범주에 균등론의 적용을 제한하고자 하는 의도 없이, 각각의 숫자 파라미터는 적어도 보고된 유효숫자의 수를 고려하고 일반적인 반올림 기법을 적용하여 해석되어야 한다.
- [0015] 일부 구현예에서, 관사("a" 및 "an" 및 "the") 및 특정 구현예의 설명의 맥락에서 사용되는 유사한 지시어(특히 이후의 청구범위의 특정 맥락에서)는, 특별히 달리 나타내지 않는 한, 단수 및 복수 모두를 망라하는 것으로 해석될 수 있다. 일부 구현예에서, 청구범위를 포함하여 본 명세서에 사용된 바와 같은 용어 "또는"은, 대체물만을 지칭하거나, 대체물이 상호 배타적임을 지칭하는 것으로 명시적으로 표시되지 않는 한, "및/또는"을 의미하는 것으로 사용된다.
- [0016] 용어 "포함하다", "갖다" 및 "함유하다"는 열린 결말의 연결 동사이다. 이들 동사의 하나 이상의 임의의 형태 또는 시제, 예컨대 "포함한다", "포함하는", "가지다", "갖는", "함유한다" 및 "함유하는" 또한 열린 결말이다. 예를 들어, 하나 이상의 단계를 "포함한다", "가진다" 또는 "함유한다"고 하는 임의의 방법은 단지 그러한 하나 이상의 단계를 갖는 것에 제한되지 않고, 열거되지 않은 다른 단계도 망라할 수 있다. 유사하게, 하나 이상의 특징을 "포함한다", "가진다" 또는 "함유한다"는 임의의 조성물 또는 장치가 하나 이상의 구현예만을 갖는 것에 제한되지 않고, 열거되지 않은 다른 구현예도 망라할 수 있다.
- [0017] 본 명세서에 기재된 모든 방법들은 본 명세서에 달리 표시되거나 그렇지 않으면 문맥에 의해 명확히 반대되지 않은 한 임의의 적합한 순서로 수행될 수 있다. 본 명세서의 특정 구현예들과 관련하여 제공된 임의의 모든 예들, 또는 예시적인 언어(예를 들어, "예컨대")의 사용은 본 발명을 단지 보다 잘 예시하고자 하는 것으로, 달리 주장되지 않는 한 본 발명의 범주를 제한하는 것이 아니다. 본 명세서의 어떤 표현도, 임의의 청구되지 않은 요소가 본 발명의 실시예에 필수적인 것을 나타내는 것으로 해석되어서는 안된다.
- [0018] 본 명세서에 개시된 대안적인 요소 또는 구현예의 그룹은 제한으로서 해석되어서는 안된다. 각각의 그룹의 구성원은 개별적으로 또는 그 그룹의 다른 요소 또는 본 명세서에서 확인되는 다른 요소와 임의의 조합으로 지칭되고 청구될 수 있다. 그룹의 하나 이상의 멤버는 편의 또는 특허성의 이유로 하나의 그룹 내에 포함되거나 그로부터 삭제될 수 있다. 그러한 임의의 포함 또는 삭제가 일어나는 경우, 본 명세서는 여기서 변형된 바와 같은 그룹을 함유하는 것으로 간주되며, 그에 따라 첨부된 청구 범위에서 사용된 모든 마쿠쉬 그룹의 기재된 설명을 충족시킨다.
- [0019] 구현예를 상술하였으므로, 첨부된 청구범위에서 정의된 구현예의 범주를 벗어나지 않으면서 변형, 변경, 및 균등한 구현예가 가능하다는 것이 명백할 것이다. 나아가, 본 구현예에서의 모든 실시예는 비제한적인 실시예로서 제공되는 것으로 이해되어야 한다.

- [0020] 구현예의 추가의 특징 또는 요소는 첨부 설명 및 청구범위를 참조하여 보다 잘 이해될 것이다.
- [0021] 철강 용접 금속 조성물
- [0022] 크롬:
- [0023] 크롬은 마르텐사이트의 안정화에 의해 철강의 크리프 파괴 강도를 개선시키기 위한 필수 성분으로, 철강에 만족스러운 수준의 열 부식(산화) 내성을 제공하기 위해서도 또한 첨가된다. 크롬은 또한 카바이드의 형성에서 주요 구성성분일 뿐만 아니라 지속된 고온 산화 내성을 위한 안정적인 산화물 스케일의 형성에서 필수 원소이므로 기질 내에 용해된다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 크롬 함량은 9.00 내지 12.00 중량%일 수 있다. 그러한 함량은, 아크 용접에서 실질적인 이익이 있는 임의의 냉각 속도에서의 용융상태로부터의 냉각에 따라, 철강 마르텐사이트성 구조를 초래한다.
- [0024] 탄소:
- [0025] 탄소는 필수적인 강화 원소이며, Cr, Mo, V, Ta, N 및 Nb와 조합되어 카바이드/카보니트라이드 상을 형성할 수 있다. 탄소 함량의 증가로, 고온 사용에 대한 적응성은 감소된다. 추가적으로, 다량의 탄소는 카바이드/카보니트라이드의 부피 비를 증가시켜, 철강의 유연성을 감소시키고, 경도를 바람직하지 않은 수준으로 증가시키고, 이에 따라 성형성 및 용접성을 저하시킨다. 너무 낮은 농도 수준에서 탄소는 낮은 강도를 갖는 연한 템퍼링되지 않은 마르텐사이트를 야기한다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 탄소 함량은 0.02 내지 0.06 중량%일 수 있다.
- [0026] 망간:
- [0027] 망간은 효과적인 탈산소화 원소이다. 이는 열 성형성을 개선시키고, 용융 동안 인 및 황과 같은 불순물의 제거를 촉진시킨다. 이는 황을 묶고, 페라이트 형성을 감소시킨다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 망간 함량은 0.3 내지 0.7 중량%일 수 있다.
- [0028] 규소:
- [0029] 규소는 탈산소화제로, 용접성을 개선시키고, 스팀 산화에 대한 내성을 증가시킨다. 상승된 농도의 규소는 고온 강도, 구체적으로 크리프 파괴 강도를 감소시킨다. 규소는 또한 결정입계에서 우선적으로 분리하여, 인성을 감소시킨다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 규소 함량은 0.1 내지 0.3 중량%일 수 있다.
- [0030] 니켈:
- [0031] 니켈은 마르텐사이트성 구조를 안정화하고 페라이트의 형성을 억제한다. 그러나, 이는 인장을 개선시키고, 더 높은 니켈 함량은 크리프 내성을 감소시킬 수 있다. 추가적으로, 니켈 함량의 증가는 비용에 현저한 영향을 미친다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 니켈 함량은 0.5 내지 1.2 중량%일 수 있다.
- [0032] 몰리브데늄:
- [0033] 몰리브데늄은 고용체 강화의 원인이 되고 크리프 파괴 강도를 또한 개선시킨다. 몰리브데늄은 또한 페라이트 안정화 원소이다. 몰리브데늄의 첨가는 주의깊게 제어되어야 한다. 높은 함량의 몰리브데늄은 인성을 악화시키고 고온 환경에서의 사용 수명 동안 페라이트 함량의 증가를 유도한다. 나아가, 고농도의 몰리브데늄은 효과적으로 균질화하기 어려울 수 있으며, 이는 화학물질의 위치적 제어를 수득하는 능력을 추가로 억제한다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 몰리브데늄 함량은 0.1 내지 0.5 중량%일 수 있다.
- [0034] 코발트:
- [0035] 코발트는 철강에서 오스테나이트(austenite) 안정화 원소이며, 저온에서 유해한 델타 페라이트의 보유를 제한하는 데 유용하다. 이는 고용체 강화를 통해 크리프 파괴 강도를 증가시킨다. 저농도에서 코발트는 템퍼 연화에 대한 내성을 증진시키는 효과를 갖는다. 역으로, 다량의 코발트는 고온의 작동 동안 금속간 상의 증진된 침전으로 인해, 취성을 유도할 수 있다. 고농도의 Co는 균질화하기 어려울 수 있으며, 이는 화학물질의 위치적 제어를 수득하는 능력을 억제한다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 코발트 함량은 1.0 내지 1.5 중량%일 수 있다.
- [0036] 니오븀:
- [0037] 니오븀은 탄소(및 질소)와 조합하여 크리프 파괴 강도를 개선하는 데 효과적인 NbC와 같은 미세한 침전물을 형

성한다. 추가적으로, 니오븀-풍부 침전물은 철강 입자 구조를 개량하고, 오스테나이트화 열처리 동안 오스테나이트의 입자의 과도한 조립화 방지를 돕는다. 너무 낮은 양의 니오븀이 첨가되면, 침전물의 부피 분율이 낮고, 나타낸 바와 같은 효과는 최소화이다. 그러나, 니오븀 함량 증가는 다른 니트라이드의 침전을 저해할 수 있고, 크리프 파괴 내성에 효과적인 바나듐 침전물을 감소시키고 기질 내 탄소를 소비하여, 이에 따라 마르텐사이트성 라스(lath) 수 밀도 뿐만 아니라 $M_{23}C_6$ 과 같은 다른 카바이드 침전물의 수 밀도를 감소시키고, 장기 크리프 파괴 내성을 감소시킨다. 나아가, 높은 니오븀 함량은 입자 카바이드 형성을 촉진할 수 있고, 이의 크기는 과도하게 클 수 있으며, 이에 따라 사용시 미세구조 손상을 촉진시킨다. 고농도의 니오븀은 또한 균질화하기 어려울 수 있으며, 이는 화학물질의 위치적 제어를 수득하는 능력을 억제한다. 소량으로 첨가된 니오븀은 바나듐 니트라이드 내에 용해될 수 있고, 결과적으로 바나듐 니트라이드의 안정성을 개선시킨다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 니오븀 함량은 0.03 내지 0.08 중량%일 수 있다.

[0038] 텅스텐:

[0039] 텅스텐은 용액 강화제이다. 텅스텐은 카바이드 내에 혼입되고, 크리프 강도 증진 및 장기 안정성에 기여한다. 그러나, 이 원소는 고가이며, 다량은 철강 제조 및 주조 공정 동안 강한 분리를 일으킬 수 있고, 현저한 취성을 야기하는 금속간 상의 형성을 초래할 수 있다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 텅스텐 함량은 0.2 내지 0.8 중량%일 수 있다.

[0040] 구리:

[0041] 구리는 오스테나이트 안정화제로, 켄칭(quenching) 후 마르텐사이트성 구조를 효과적으로 안정화하기 위해 첨가될 수 있다. 구리는 유해한 델타 페라이트를 저해하고, 유리하게는 치환에 의한 기질 강화 및 구리-풍부 FCC 상 형태의 침전물 강화를 제공할 수 있다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 구리 함량은 0.3 내지 0.8 중량%일 수 있다.

[0042] 붕소:

[0043] 붕소는 카바이드의 조립화를 억제함으로써 카바이드 침전물을 안정화시킨다. 붕소는 또한 경계에서 분리되어, 경계를 강화하고 고온에서 크리프 내성을 증진시킨다. 다량의 붕소는 철강 내에서 붕소가 적절하게 분산되도록 더 높은 오스테나이트화 온도가 사용되는 것을 필요로 하며, 그 결과 입도에서의 증가를 유도하며, 이에 따라 거친 붕소 니트라이드 상의 형성을 통해 유연성 및 인성과 같은 기계적 특성을 저하시킨다. 나아가, 다량의 붕소는 열간 가공성(hot workability)에 좋지 않은 영향을 미친다. 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 붕소 함량은 0.005 내지 0.010 중량%일 수 있다.

[0044] 철강 용접 금속 조성물의 성분은 상기 기재되었으며, 나머지 또는 잔량은 철 및 불가피한 불순물을 포함한다. 불가피한 불순물은, 원료, 공급원, 및 제조 설비를 포함한 조건에 따라 용접 금속 내에 포집이 허용되는 원소들(예를 들어, P, S 등)을 포함할 수 있다.

[0045] 일 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 약 11 중량% Cr을 포함하고, 620°C 초과 내지 650°C이하에서 뛰어난 산화 및 부식 특성을 가질 수 있으며, 이는 580 내지 620°C까지에서의 사용으로 제한되는, 공칭 2.25 중량% Cr(ASME T23, T24) 및 9 중량% 유형(ASME T91)을 갖는 막벽 튜빙용 철강을 뛰어넘는다. 또한, 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 기존 크롬 함유 마르텐사이트성 철강을 뛰어넘는 단기 정적 장력을 갖는다. 추가적으로, 또 다른 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 얇은 강철 튜브(예를 들어, 소구경 중공 튜브) 상에서 PWHT 없이 사용되도록 설계되고, 용접된 얇은 강철 튜브와 동일하거나 유사한 크리프 강도 및 산화 및 부식 내성을 갖는다. 철강 용접 금속 조성물은 높은 경화능을 갖고, 그에 따라 용접 파라미터의 변화에 대한 반응은 최소화이며, 이에 따라 T23 및 T24 등급에 비해 용접성의 개선을 초래한다.

[0046] 또 다른 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 약 10.50 내지 약 11.50 중량% Cr, 약 0.03 내지 약 0.05 중량% C, 약 0.4 내지 약 0.6 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.8 내지 약 1.0 중량% Ni, 약 0.2 내지 약 0.4 중량% Mo, 약 1.1 내지 약 1.4 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.07 중량% Nb, 약 0.3 내지 0.7 중량% W, 약 0.4 내지 약 0.7 중량% Cu, 약 0.006 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005 내지 0.025 중량% N을 포함할 수 있고; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다.

[0047] 또 다른 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 약 10.75 내지 약 11.25 중량% Cr, 약 0.035 내지 약 0.045 중량% C, 약 0.45 내지 약 0.55 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.85 내지 약 0.95 중량% Ni, 약 0.25 내지 약 0.35 중량% Mo, 약 1.2 내지 약 1.35 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.06 중량% Nb, 약 0.4 내지 약

0.6 중량% W, 약 0.5 내지 약 0.65 중량% Cu, 약 0.007 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005 내지 0.025 중량% N을 포함할 수 있고; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다.

[0048] 또 다른 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 11.0 중량% 크롬, 0.04 중량% 탄소, 0.5 중량% 망간, 0.2 중량% 규소, 0.9 중량% 니켈, 0.3 중량% 몰리브데늄, 1.3 중량% 코발트, 0.05 중량% 니오븀, 0.5 중량% 텅스텐, 0.6 중량% 구리, 0.008 중량% 붕소; 및 0.0230 중량% 질소를 포함할 수 있고, 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다.

[0049] 또 다른 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 저탄소 템퍼링되지 않은 마르텐사이트(tempered martensite) 미세구조를 갖는다.

[0050] 추가적으로, 또 다른 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 고온에서 크리프 내성이다. 특히, 일 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은, 650℃의 온도에서, 100 MPa에서 적어도 300시간, 90 MPa에서 적어도 600시간, 70 MPa에서 적어도 1500시간 및 55 MPa에서 적어도 2500시간의 단축(uni-axial) 크리프 강도를 갖는다.

[0051] 보다 특히, 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은, 650℃의 온도에서, 100 MPa에서 적어도 330시간, 90 MPa에서 적어도 610시간, 70 MPa에서 적어도 1600시간, 및 55 MPa에서 적어도 2800시간의 단축 크리프 강도를 갖는다.

[0052] 보다 특히, 특정 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은, 650℃의 온도에서, 100 MPa에서 336시간, 90 MPa에서 619시간, 70 MPa에서 1609시간, 및 55 MPa에서 적어도 2879시간의 단축 크리프 강도를 갖는다. 이와 같이 특정 구현예에서, 용접 금속 조성물의 크리프 내성은 2.25 중량% Cr만을 포함하는 기존 조성물과 동일하거나 그를 초과한다.

[0053] 일 구현예에서, 침적된 철강 용접 금속 조성물은 620℃의 온도에서 적어도 5000 시간의 단축 크리프 내성을 가질 수 있다. 보다 구체적으로, 침적된 철강 용접 금속 조성물은 620℃의 온도에서 적어도 10000 시간의 단축 크리프 내성을 가질 수 있다.

[0054] 일 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 20℃에서 적어도 27 J의 충격 인성을 갖는다. 이와 같이 일 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물의 충격 인성은 ANSI, ASME, EPRI, EN, TUV 규정, 기준 및 권장 실시에서 정해진 적용가능한 필요사항들을 초과한다.

[0055] 또 다른 구현예에서, 철강 용접 금속 조성물은 360 VHN 이하의 비커스(Vickers) 경도를 갖는다.

[0056] 철강 용접 금속 조성물의 침적 방법

[0057] 일 구현예에서, 도 1에 나타낸 바와 같이, 전기 아크 용접 공정에 의해 가공품 상에 철강 용접 금속 조성물을 침적시키는 방법(100)이 제공된다. 일 구현예에서, 본 방법은 전기 아크를 이용하여 소모성 용접봉을 적어도 부분적으로 용융시키고, 용융된 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 단계(102) 및 상기 용융된 철강 용접 금속 조성물을 냉각 및 고화시켜 가공품 상에 침적된 철강 용접 금속 조성물을 형성하는 단계(104)를 포함하고, 상기 철강 용접 금속 조성물은 약 10.50 내지 약 11.50 중량% Cr, 약 0.03 내지 약 0.05 중량% C, 약 0.4 내지 약 0.6 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.8 내지 약 1.0 중량% Ni, 약 0.2 내지 약 0.4 중량% Mo, 약 1.1 내지 약 1.3 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.07 중량% Nb, 약 0.3 내지 0.7 중량% W, 약 0.4 내지 약 0.7 중량% Cu, 약 0.006 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005 내지 0.025 중량% N을 포함하고; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이며; 여기서 상기 철강 용접 금속 조성물은 용접 후 열처리(PWHT)되지 않는다(106).

[0058] 또 다른 구현예에서, 전기 아크 용접 공정에 의해 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 방법이 제공된다. 일 구현예에서, 본 방법은 전기 아크를 이용하여 소모성 용접봉을 적어도 부분적으로 용융시키고, 용융된 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 단계; 및 상기 용융된 철강 용접 금속 조성물을 냉각 및 고화시켜 가공품 상에 침적된 철강 용접 금속 조성물을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 철강 용접 금속 조성물은 약 10.75 내지 약 11.25 중량% Cr, 약 0.035 내지 약 0.045 중량% C, 약 0.45 내지 약 0.55 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.85 내지 약 0.95 중량% Ni, 약 0.25 내지 약 0.35 중량% Mo, 약 1.2 내지 약 1.35 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.06 중량% Nb, 약 0.4 내지 약 0.6 중량% W, 약 0.5 내지 약 0.65 중량% Cu, 약 0.007 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005 내지 0.025 중량% N을 포함하고; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이며; 철강 용접 금속 조성물은 PWHT되지 않는다.

[0059] 일 구현예에서, 전기 아크 용접 공정에 의해 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 방법이

제공된다. 일 구현예에서, 본 방법은 전기 아크를 이용하여 소모성 용접봉을 적어도 부분적으로 용융시키고, 용융된 철강 용접 금속 조성물을 가공품 상에 침적시키는 단계; 및 상기 용융된 철강 용접 금속 조성물을 냉각 및 고화시켜 가공품 상에 침적된 철강 용접 금속 조성물을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 철강 용접 금속 조성물은 11.0 중량% 크롬, 0.04 중량% 탄소, 0.5 중량% 망간, 0.2 중량% 규소, 0.9 중량% 니켈, 0.3 중량% 몰리브데늄, 1.3 중량% 코발트, 0.05 중량% 니오븀, 0.5 중량% 텅스텐, 0.6 중량% 구리, 0.008 중량% 붕소, 및 0.0230 중량% 질소를 포함하고; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이며; 철강 용접 금속 조성물은 PWHT되지 않는다.

[0060] 특정 구현예에서, 현재 개시된 방법은 가공품을 선택하는 것을 또한 포함할 수 있다. 특정 구현예에 따른 방법에서, 침적된 철강 용접 금속 조성물은 마르텐사이트 미세구조를 갖는다.

[0061] 추가적으로, 특정 구현예에 따른 방법에서, 철강 용접 금속 조성물은, 650°C의 온도에서, 100 MPa에서 적어도 300시간, 90 MPa에서 적어도 600시간, 70 MPa에서 적어도 1500시간, 및 55 MPa에서 적어도 2500시간의 단축 크리프 강도를 갖는다.

[0062] 보다 특히, 특정 구현예에 따른 방법에서, 철강 용접 금속 조성물은, 650°C의 온도에서, 100 MPa에서 적어도 330시간, 90 MPa에서 적어도 610시간, 70 MPa에서 적어도 1600시간, 및 55 MPa에서 적어도 2800시간의 단축 크리프 강도를 갖는다.

[0063] 보다 특히, 특정 구현예에 따른 방법에서, 철강 용접 금속 조성물은, 650°C의 온도에서, 100 MPa에서 336시간, 90 MPa에서 619시간, 70 MPa에서 1609시간, 및 55 MPa에서 적어도 2879시간의 단축 크리프 강도를 갖는다.

[0064] 특정 구현예에 따른 방법에서, 침적된 철강 용접 금속 조성물은 620°C의 온도에서 적어도 5000 시간의 단축 크리프 내성을 가질 수 있다. 보다 구체적으로, 일 구현예에 따른 방법에서, 침적된 철강 용접 금속 조성물은 620°C의 온도에서 적어도 10000 시간의 단축 크리프 내성을 가질 수 있다.

[0065] 특정 구현예에 따른 방법에서, 철강 용접 금속 조성물은 20°C에서 적어도 27 J의 충격 인장을 갖는다.

[0066] 특정 구현예에 따른 방법에서, 철강 용접 금속 조성물은 360 VHN 이하의 비커스 경도를 갖는다.

[0067] 철강 용접 금속 조성물의 침적 방법은 임의의 아크 용접 방법을 포함할 수 있다. 예를 들어, 피복 금속 아크 용접(SMAW), 잠호 아크 용접(SAW), 가스 텅스텐 아크 용접(GTAW), 가스 금속 아크 용접(GMAW), 플럭스-코어 아크 용접(FCAW) 방법, 및 이들의 조합이 사용될 수 있다.

[0068] 용접 조건 및 용접 재료 성분은 당업계에서 알려진 방법에 따라 적절하게 제어될 수 있다.

[0069] 일 구현예에서, 상기 조건 하에서 침적된 철강 용접 금속 조성물은 초장기 기간 및 고온의 사용 온도에서 유익한 크리프 특징뿐만 아니라, 충격 인성, 산화 내성, 부식 내성, 강도, 및 경도를 포함하는 기타 유익한 특징들을 나타낸다. 나아가, 그러한 용접 금속을 포함하는 용접 구조물이 PWHT의 사용없이 달성될 수 있다.

[0070] 소모성 전기 아크 용접봉

[0071] 일 구현예에서, SMAW(MMA) 방법을 위한 소모성 전기 아크 용접 피복된 용접봉이 제공된다. 소모성 전기 아크 용접 피복된 용접봉은, 철강 금속 코어; 및 금속 분말, 철합금, 산화물, 슬래그 형성제, 결합제, 압출 보조제, 플럭싱(fluxing) 성분, 가스 형성제 및 탈산제를 함유하는 외측 코팅을 포함하고, 이는 용접봉이 다음을 포함하는 철강 용접 금속 조성물을 생산하도록 하는 양으로 존재한다: 약 10.75 내지 약 11.25 중량% Cr, 약 0.035 내지 약 0.045 중량% C, 약 0.45 내지 약 0.55 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.85 내지 약 0.95 중량% Ni, 약 0.25 내지 약 0.35 중량% Mo, 약 1.2 내지 약 1.35 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.06 중량% Nb, 약 0.4 내지 약 0.6 중량% W, 약 0.5 내지 약 0.65 중량% Cu, 약 0.007 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005 내지 0.025 중량% N; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다.

[0072] 또 다른 구현예에서, FCAW 방법용 소모성 전기 아크 용접 와이어 용접봉이 제공된다. 소모성 전기 아크 용접 와이어 용접봉은 외측 철강 금속 외피; 및 금속 분말, 철합금, 산화물, 슬래그 형성제, 결합제, 플럭싱 성분, 가스 형성제 및 탈산제를 포함하는 외피에 의해 둘러싸인 코어를 포함하고, 이는 와이어 용접봉이 다음을 포함하는 철강 용접 금속 조성물을 생산하도록 하는 양으로 존재한다: 약 10.75 내지 약 11.25 중량% Cr, 약 0.035 내지 약 0.045 중량% C, 약 0.45 내지 약 0.55 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.85 내지 약 0.95 중량% Ni, 약 0.25 내지 약 0.35 중량% Mo, 약 1.2 내지 약 1.35 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.06 중량% Nb, 약 0.4 내지 약 0.6 중량% W, 약 0.5 내지 약 0.65 중량% Cu, 약 0.007 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005

내지 0.025 중량% N; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다.

[0073] 또 다른 구현예에서, 다음을 포함하는 조성물을 갖는 철강으로 제조된, GMAW 방법용 소모성 전기 아크 용접 와이어 용접봉: 약 10.75 내지 약 11.25 중량% Cr, 약 0.035 내지 약 0.045 중량% C, 약 0.45 내지 약 0.55 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.85 내지 약 0.95 중량% Ni, 약 0.25 내지 약 0.35 중량% Mo, 약 1.2 내지 약 1.35 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.06 중량% Nb, 약 0.4 내지 약 0.6 중량% W, 약 0.5 내지 약 0.65 중량% Cu, 약 0.007 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005 내지 0.025 중량% N; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다.

[0074] 또 다른 구현예에서, GTAW 방법을 위한, 다음을 포함하는 조성물을 갖는 철강으로 제조된, 소모성 전기 아크 용접 와이어 또는 봉: 약 10.75 내지 약 11.25 중량% Cr, 약 0.035 내지 약 0.045 중량% C, 약 0.45 내지 약 0.55 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.85 내지 약 0.95 중량% Ni, 약 0.25 내지 약 0.35 중량% Mo, 약 1.2 내지 약 1.35 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.06 중량% Nb, 약 0.4 내지 약 0.6 중량% W, 약 0.5 내지 약 0.65 중량% Cu, 약 0.007 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005 내지 0.025 중량% N; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다.

[0075] 또 다른 구현예에서, SAW 방법을 위한 응집된 플럭스(flux)와 조합되어 사용되는 소모성 전기 아크 용접 와이어 용접봉이 제공된다. 소모성 전기 아크 용접 와이어 용접봉 및 플럭스 조합은: 고체 또는 플럭스-코어 철강 금속 와이어; 및 실리케이트, 산화물, 카보네이트, 플루오라이드, 금속 분말, 철합금을 함유하는 응집된 플럭스를 포함하며, 이는 와이어 용접봉 및 플럭스 조합이 다음을 포함하는 철강 용접 금속 조성물을 생성하도록 하는 양으로 존재한다: 약 10.75 내지 약 11.25 중량% Cr, 약 0.035 내지 약 0.045 중량% C, 약 0.45 내지 약 0.55 중량% Mn, 약 0.15 내지 약 0.25 중량% Si, 약 0.85 내지 약 0.95 중량% Ni, 약 0.25 내지 약 0.35 중량% Mo, 약 1.2 내지 약 1.35 중량% Co, 약 0.04 내지 약 0.06 중량% Nb, 약 0.4 내지 약 0.6 중량% W, 약 0.5 내지 약 0.65 중량% Cu, 약 0.007 내지 약 0.009 중량% B, 및 약 0.005 내지 0.025 중량% N; 여기서 철강 용접 금속 조성물의 잔량은 철 및 불가피한 불순물이다.

[0076] 하나 이상의 예시적인 구현예가 본 명세서에서 제시되었다. 명확성을 위해 물리적 실시의 모든 특징들이 본 출원에서 기재되거나 나타내어지는 것은 아니다. 본 발명의 특징을 포함하는 물리적 구현예의 개발에 있어서, 시스템 관련, 사업 관련, 정부 관련 및 다른 제한요소들과의 순응과 같이, 개발자의 목적을 달성하기 위하여 다양한 실시-특정 결정들이 이루어져야 하며, 이는 실시 및 때에 따라 변화되는 것으로 이해된다. 개발자의 노력은 시간 소모적일 수 있지만, 그럼에도 불구하고 그러한 노력은 당업자가 일상적으로 감당하는 것일 수 있다.

[0077] 방법은 본 명세서에서 각종 성분 또는 단계를 "포함하는" 측면에서 기재되었지만, 또한 각종 성분 및 단계로 "본질적으로 구성된" 또는 "구성된" 것일 수 있다.

[0078] 본 발명의 구현예의 보다 양호한 이해를 용이하게 하기 위하여, 바람직하거나 대표적인 특성의 하기 실시예들이 제공된다. 어떠한 방식으로든 하기 실시예들은 구현예의 범주를 제한 또는 규정하는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0079] **실시예**

[0080] 본 발명의 구현예를 추가로 예시하기 위하여 하기 비제한적인 실시예들이 제공된다. 하기 실시예들에서 개시된 기법은, 본 발명자들이 본 발명의 구현예의 실시에서 잘 작용하는 것으로 발견한 접근법들을 나타냄을 당업자는 이해할 것이며, 이에 따라 본 발명의 실시를 위한 방식들의 예를 구성하는 것으로 여겨질 수 있다. 그러나, 당업자는 본 발명의 구현예와 관련하여, 개시된 특정 구현예에 있어서 많은 변화들이 이루어질 수 있으며, 구현예의 기술사상 및 범주에서 벗어나지 않으면서 비슷하거나 유사한 결과를 여전히 취득할 수 있음을 이해할 것이다.

[0081] **실시예 1**

[0082] 용접 금속의 화학 조성을 표 1에 나타내었다(양은 중량%로 제공됨).

표 1

[0083]

C	Si	Mn	Cr	Mo	Nb	Cu	Co	Ni	W	B	N
0.04	0.2	0.5	11	0.3	0.05	0.6	1.2	0.9	0.5	0.008	0.0230

[0084] 나머지: 철 및 불가피한 불순물.

[0085] 조성물을 가공품 상에 용융 및 침적시켰으며, 이는 4 mm 직경의 저수소 점착 용접봉 및 250℃ 예열/층간 온도를 사용하여, SMAW 방법에 의해 AWS 5.5 표준 기하를 충족시킨다.

[0086] 침적된 용융 조성물을 가공품 상에서 냉각 및 고화하였다. PWHT는 실시되지 않음.

[0087] 용접 금속 조성물은 하기 특성을 가졌다:

[0088] 조성물의 구조(PWHT 없음): 저탄소의 템퍼되지 않은 마르텐사이트.

[0089] 각종 응력 조건 하에서의 단축 크리프 강도

온도(℃)	650	650	650	650
응력(MPa)	100	90	70	55
단축 크리프 강도(시간)	336	619	1609	2879

[0090]

[0091] 철강 용접 금속 조성물의 충격 인장은 20℃, 27 J 초과에서(ANSI, ASME, EPRI, EN, TUV 규정, 표준 및 권장 실시에서 설정된 적용가능한 필요조건을 초과함) 측정되었다.

[0092] 철강 용접 금속 조성물의 비커스(Vickers) 경도는 360 VHN 미만이었다.

[0093] 상기 개시된 특정 구현에는 단지 예시적인 것으로, 이들 구현에는 변형 및 상이하게 실시될 수 있지만, 본 명세서의 교시의 이익을 갖는, 당업자에게 명백한 균등한 방식으로 실시될 수 있다. 나아가, 아래 청구범위에서 기재된 것 외에, 본 명세서에 나타난 구성 또는 고안의 상세한 내용을 제한하고자 하지 않는다. 따라서, 상기 개시된 특성의 예시적인 구현에는 변경, 조합 또는 변형될 수 있음이 명백하며, 그러한 모든 변화들은 본 발명의 범주 및 기술사상 내에 속하는 것으로 간주된다. 본 명세서에서 예시적으로 개시된 구현에는, 본 명세서에 특별히 개시되지 않은 임의의 성분 및/또는 본 명세서에 개시된 임의의 선택적인 성분 부재 하에서 적합하게 실시될 수 있다. 또한, 청구범위에서의 용어는 특허권자에 의해 다르게 명시적으로 명확하게 정의되지 않는 한, 그의 평범한 일반적인 의미를 갖는다.

[0094] 본 발명으로 이어진 연구작업은 수여 협정 RFSR-CT-2014-00032에 따라, 석탄 및 철강 연구 프로그램을 위한 유럽 연합 연구 펀드(European Union's Research Fund for Coal and Steel: RFCS)로부터의 자금을 지원받았다.

도면

도면1

