(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0017847
(43) 공개일자 2016년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/38 (2006.01) *C22C 38/58* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0101141
(22) 출원일자 2014년08월06일
심사청구일자 2014년08월06일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
하헌영
경상남도 창원시 성산구 상남동(중앙대로 104) 마이우스 522
이창훈
경남 창원시 성산구 원이대로 449, 103동 104호 (반림동, 노블파크아파트)
이태호
경남 창원시 마산회원구 내서읍 호원로 359, 213동 101호 (코오롱하늘채2차)
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 5 항

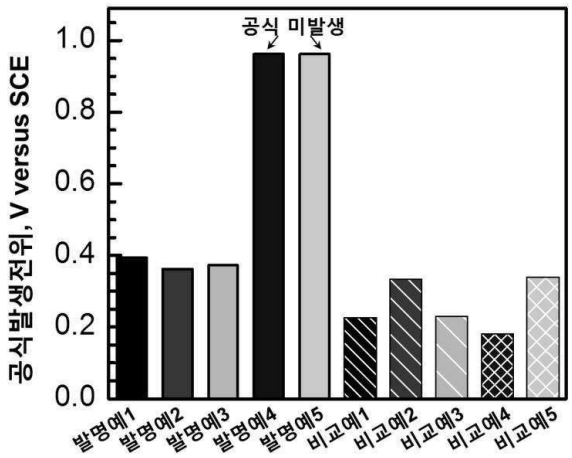
(54) 발명의 명칭 **내공식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강**

(57) 요 약

본 발명은 내공식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강에 관한 것이다.

본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스 강은 중량%로, Cr: 17.0~20.0%, Mn: 5.5~8.0%, Al: 0.12~0.20%, N: 0.40~0.50%, C: 0.20~0.35%을 포함하고 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 조성을 가질 수 있다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 10041169
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 주요사업
연구과제명 상용 스테인리스강 대비 Ni 함량이 50% 이상 저감된 고기능성 스테인리스강의 Lean Alloy 화 기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

중량%로, Cr: 17.0~20.0%, Mn: 5.5~8.0%, Al: 0.12~0.20%, N: 0.40~0.50%, C: 0.20~0.35%을 포함하고 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 조성을 가지는 내공식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 C와 N 함량의 합은 0.78% 이하인 내공식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 3

제 1 항에 있어서, N - 14/27×Al ≥ 0.3%인 관계를 충족하는 내공식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강.

(단, 여기서 N, Al은 각각 해당원소의 함량을 중량%로 나타낸 것이다)

청구항 4

제 1 항에 있어서, Ni: 0.7% 이하를 더 포함하는 내공식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강.

청구항 5

제 1 항에 있어서, Mo: 1.2% 이하 및 W: 1.2% 이하 중에서 선택된 1종 또는 2종을 더 포함하는 내공식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 내공식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 스테인리스 강은 그 용어로부터 알 수 있듯이, 높은 내식성을 가지는 강재이다. 스테인리스 시장에서 전체 수요의 가장 큰 비율(65~70%)을 차지하는 강종은 오스테나이트계 스테인리스 강이며, 이 중 Ni을 포함하는 FeCrNi계 AISI 300 계열 합금이 오스테나이트계 스테인리스 강 수요의 대부분을 차지한다. AISI 304, AISI 316L 스테인리스 강으로 대표되는 300계 스테인리스 강종은 철(Fe) 기지에 16-30 중량%(바람직하게는, 16-20 중량%)의 크롬(Cr)과, Ni를 8~35 중량% (바람직하게는, 8-12 중량%) 포함하며, 목적에 따라 몰리브덴(Mo)을 2 중량% 이하의 바람직한 함량으로 포함하기도 한다. AISI 304 및 AISI 316L 스테인리스 강은 인장강도 500-600 MPa, 연신율 40% 수준의 기계적 특성을 나타내며, 범 내식환경에 적용할 수 있으므로 식기 및 주방용 설비, 가전, 건축용 외장재, 배관 등의 설비에 사용된다.

[0003] 상기 합금원소 중 특히 Ni는 오스테나이트 상을 안정화하며 인성 및 일반부식 저항성 확보에 필수적인 원소이다. 그러나, Ni 가격은 지난 2000년대 초반부터 약 10년동안 급격한 변동(톤당 12,000 달러에서 70,000

달러 사이)을 보였으며, 이에 따라 스테인리스 강 최종재의 해당 기간 가격 변동폭이 2002년 수준 대비 최대 700%를 나타내기도 하였다. 이와 같이 Ni 원료의 가격 불안정이 스테인리스 강 시장의 불안정으로 이어지는 문제를 해결하기 위해 오스테나이트 스테인리스 강의 Ni 의존도를 낮추면서도 구조재료로서 요구되는 기계적-화학적 물성을 보유한 신합금 개발의 필요성이 대두되었고, 이에 대응하는 소재로 Ni 사용을 가급적 배제하고 침입형 원소인 N 및 C, 그리고 Mn을 활용한 침입형 원소 활용강(소위 'high interstitial alloy, HIA')이 개발된 바 있다.

[0004] HIA는 상용 AISI 300계(FeCrNi계) 스테인리스 강을 대체하기 위하여 개발된 강종으로 Ni, Mo 등과 같은 고가 합금원소의 사용량이 적어서 원자재 가격변동의 영향으로부터 비교적 자유롭고, 가압공정 없이 기존의 상압 용해 설비를 이용하여 주조가 가능하여 상용화 장벽이 낮으므로, 제조·공정 원가를 동시에 절감한 경제적 합금이다. 또한 첨가하는 침입형 원소의 총 함량([C+N])과 Ni, Mo, W, Cu 등의 치환형 원소의 함량 제어를 통해 강도, 연성, 내식성, 내마모성 등 여러 가지 물성을 다양하게 구현할 수 있는 장점이 있다.

[0005] 스테인리스 강에 요구되는 여러 다양한 특성 중, 부식저항성을 개선하는 것은 스테인리스 강 적용처 확장에 필수적이다. 스테인리스 강의 부식 형태 중 가장 위험한 부식 형태는 공식(pitting) 부식으로서, 이는 부동태 피막이 국부적으로 파괴되면서 합금의 용해가 급속히 진행되는 현상이며, 해수나 수돗물 등 염화물이 포함된 용액에서 주로 관찰된다. 공식 부식은 발생시점 및 발생 위치를 예측하기 어렵고, 일단 형성되면, 매우 빠른 속도로 부식이 진행하므로 배관, 저장용기 등의 금속 부품에 부식 관통을 일으킨다. 결과적으로 공식 부식은 부품 또는 제품의 사용 가능 시간을 현저히 감소시킴과 동시에 제품 수명 예측을 매우 어렵게 하므로 사용 환경(염화물 농도, 온도, pH 등)에 따라 적절한 공식 부식 저항성(내공식성)이 보증된 합금을 사용하는 것이 중요하며, 기존 상용 AISI 300 계열 스테인리스강을 대체하기 위해 개발되는 소재에는 AISI 300 계열과 동등 이상의 내공식성이 반드시 확보되어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 한가지 측면은 침입형 원소 활용강(HIA)으로서, 우수한 내공식성을 갖춘 오스테나이트계 스테인리스 강을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스 강은 중량%로, Cr: 17.0~20.0%, Mn: 5.5~8.0%, Al: 0.12~0.20%, N: 0.40~0.50%, C: 0.20~0.35%을 포함하고 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 조성을 가질 수 있다.

[0008] 이때, 상기 C와 N 함량의 합은 0.78% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0009] 또한, $N - 14/27 \times Al \geq 0.3\%$인 관계를 충족하도록 Al과 N의 함량을 제어할 수 있다.

[0010] (단, N, Al은 각각 해당원소의 함량을 중량%로 나타낸 것이다.)

[0011] 그리고, 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 추가 원소로서 Ni: 0.7% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 스테인리스 강은 Mo: 1.2% 이하 및 W: 1.2% 이하 중에서 선택된 1종 또는 2종을 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 상술한 바와 같이, 본 발명은 강 중의 합금원소의 함량을 적절히 제어함으로써 공식의 기점이 되는 Cr계 석출물을 비롯한 다양한 유해한 석출물 발생을 최소화 함으로써 경제성 및 내공식성이 극대화된 오스테나이트계 스테인리스 강을 제공할 수 있다.

[0014] 본 발명은 상용 304 또는 316L 스테인리스 강과 동등 수준 이상의 내식성을 가지면서도 가격경쟁력이 우수한 오스테나이트계 스테인리스 강을 제공할 수 있다. 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 기존 304 또는 316L 스테인리스 강이 사용될 수 있는 범 내식 환경에 널리 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 양극분극시험을 행한 결과를 나타내는 그래프로서, (a)는 본 발명에 따른 발명예의 스테인리스 강의 시험결과를, (b)는 비교예 1 및 비교예 2, 그리고 (c)는 비교예 3-5 스테인리스 강의 시험결과를 나타낸다.

도 2는 도 1의 결과로부터 얻은 공식 전위를 각 발명예와 비교예 별로 비교하여 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0017] 스테인리스 강의 내공식성은 모재에 고용된 합금원소의 종류와 함량, 그리고 석출상의 종류와 크기에 민감하게 의존한다. 합금원소 중 Cr, Mo, W, N은 내공식성을 증가시키는 원소이며, 고용상의 C 역시 스테인리스강의 내공식성을 증가시키는 역할을 한다. 반면 Mn은 고용상태 및 석출상(예를 들면, 황화물 또는 산화물)으로 존재할 경우 모두 내공식성을 감소시킨다. 이에 더하여, Cr을 소모하는 석출상(Cr_2N, $Cr_{23}C_6$, (Mn,Cr)S, 시그마 상 등)이 형성되면 내공식성은 현저히 저하된다.

[0018] 내공식성의 개선을 위해서는 내공식성 향상에 유효한 합금원소의 농도 증가가 필요하다. 내공식성 향상에 기여할 수 있는 합금원소 중 Cr은 페라이트 형성원소이므로 오스테나이트 기지의 안정도 확보를 위하여 농도 제어가 필요하며 Mo와 W는 페라이트 형성원소이자 고가의 원소이므로 경제성 측면에서 사용량에 제한이 있다. C와 N 또한 과량 사용될 경우 석출상 형성이 촉진되므로 내공식성을 오히려 저해할 수 있어 사용에 주의가 필요하다. 각 합금원소의 장단점을 고려하여 필요 물성 및 경제성을 구현하기 위하여 합금원소의 조합 설계가 중요하다.

[0019] 본 발명에서는 침입형 원소를 최대한 활용하면서 공식 부식의 기점이 되는 석출물을 최소화하는 합금 조성을 제시하기 위하여, Cr, Mn, Ni, N, C, Al, Mo, W 등의 합금 성분을 아래와 같이 적절히 제어함으로써, 내공식성을 최대화 한다. 각 성분 및 그 함량을 정한 이유는 아래와 같다. 각 합금 성분의 함량은 특별히 다르게 표시하지 않으면 중량을 기준으로 한 것이라는 점에 유의할 필요가 있다.

[0020] Cr: 17.0~20.0%

[0021] Cr은 스테인리스 강의 내공식성 확보에 필수적인 원소이다. 또한, 본 발명의 스테인리스 강은 N 등의 침입형 원소를 활용하는 스테인리스 강인데, Cr은 강 중에 용해되기 쉽지 않은 N의 용해도를 증가시킴으로써, 주괴 제조시 질소가스의 압력을 상압(常壓) 이상으로 높이지 않고도 N을 강 중에 용해시키는 상압 공정을 위해서도 유용한 원소이다. 이러한 Cr의 효과를 감안하여 Cr 함량은 17.0% 이상일 수 있다. 그러나, Cr이 과잉 첨가될 경우, 응고 후 과다한 델타 페라이트가 잔존하거나, 열처리 도중 여러 종류의 유해한 제2 석출상의 생성을 촉진시켜 스테인리스 강의 내식성과 가공성을 저하시킬 수 있으므로, 이러한 점을 고려한다면 Cr 함량은 20.0% 이하로 제한할 수 있다.

[0022] Mn: 5.5~8.0%

[0023] Mn은 경제적인 오스테나이트 안정화 원소일 뿐만 아니라, N의 고용도를 증가시켜 상압에서의 용탕 내 N 첨가를 용이하게 할 수 있다. 그러나, Mn이 과다하게 첨가될 경우에는 내공식성에 유해한 비금속개재물의 형성을 조장할 수 있으므로, 본 발명에서는 통상의 Mn 첨가 오스테나이트계 스테인리스 강의 Mn 함량 보다 낮은 수준인 5.5~8.0% 수준으로 Mn 함량을 정하고, 다른 원소와의 적절한 조합을 통하여 오스테나이트 안정성 N 고용도의 확보를 달성하고자 한다.

[0024] Al: 0.12~0.20%

[0025] 본 발명에서 Al은 Cr-N 결합의 형성을 억제함으로서 내공식성의 감소를 방지하는 데 유리한 역할을 수행한다. 원래 Cr과 N은 각각 내공식성 향상에 유리한 원소이나, 본 발명과 같이 N을 고용한도 이상 포함하는 스테인리스 강에서는 주괴의 가공 열처리 과정 중에서 N-Cr 결합으로 인한 석출상이 쉽게 형성될 수 있는데, 이러한 석출상은 스테인리스 강의 내공식성을 현저히 감소시키는 문제가 있다. 그런데, Al이 0.12% 이상 첨가될 경우, Al은 N과의 결합력이 Cr에 비하여 훨씬 강력하므로 N-Cr 결합의 형성을 억제할 수 있고, 따라서 Cr_2N 상의 형성 가능성을 낮추게 되어 내공식성 저하 억제에 유리하다. 물론 Al의 첨가에 의해 AlN이 소량 형성될 수는 있으나 AlN은 Cr_2N에 비하여 내공식성 저하 문제를 훨씬 적게 발생시킨다. 또한, 0.12% 이상 Al이 첨가되면 부동태 피막의 보호성 강화에 기여하여 결과적으로 내공식성의 향상에도 기여할 수 있으므로, 우수한 내공식성을 위해 0.12% 이상의 Al 첨가가 유리하다. 다만, Al이 지나치게 다량 첨가될 경우에는 조대한 AlN을 과다하게 형성시키게 되므로 내공식성뿐 아니라 기계적 특성을 포함하는 제반 물성의 악화를 가져오며, 또한 오스테나이트 안정화 원소로서 HIA 스테인리스강에 필수적으로 요구되는 고용상태의 질소를 과다하게 소모해 버리기 때문에 Al 함량의 상한을 0.2%로 제한할 수 있다. 보다 바람직하게는 강 중에 존재하는 질소의 함량에 맞추어 Al 함량을 제어하는 것이 유리하며, 본 발명자들의 연구결과에 따르면 상기 Al은 $(N - 14/27 \times Al) \geq 0.3$의 관계를 충족하도록 제한할 수 있다. (N, Al은 각각 해당원소의 함량을 중량%로 나타낸 것이다.)

[0026] N: 0.40~0.50%

[0027] N은 기존의 AISI 300계 스테인리스 강에서 오스테나이트 안정화 원소로 사용되었던 Ni를 최소화하면서도 효과적으로 오스테나이트 상을 안정화시킬 수 있는 원소이다. N 함량 증가는 내공식성 향상에 효과적이며 기계적 특성 확보에도 유리하다. 따라서, 본 발명에서는 상기 N은 0.40% 이상 첨가하는 것이 바람직하다. 다만, N이 과잉으로 첨가될 경우 모재의 연성 및 인성을 감소시키고 가공열처리 단계에서 치환형 금속과의 질화물(예를 들면 M_2N, MN, 여기서 M은 치환형 금속)을 쉽게 형성하여 내공식성을 감소시키므로 상기 N 함량은 0.50% 이상인 것이 바람직하다.

[0028] C: 0.20~0.35%

[0029] HIA 스테인리스 강의 물성을 확보하기 위해서는 다량의 질소를 첨가하는 것이 유리하나, 다량의 질소첨가는 특수한 제조법을 요한다. 즉, 질소를 기체상태로 용강 내로 주입하기 위해서 질소의 분압을 상승시킬 필요가 있으며, 그로 인하여 가압공정을 채택하거나, 분말야금법과 같은 공정을 사용할 필요가 있었다. 이러한 공정은 제조비용의 상승의 원인이 되고 그로 인하여 최종 생산재의 원가상승 요인으로 작용하였다. C는 이러한 문제를 해결하기 위하여 유용하게 사용되는 원소이다. C는 N과 유사한 크기를 가지는 침입형 원소로서, C가 일정량 이상 모재에 고용되면 오스테나이트 상의 안정도를 증가시키기 때문에 상압 용해 공정을 도입하여도 N을 고용한도 이상 안정적으로 포함시킬 수 있다. 즉, C가 스테인리스강 모재에 고용되면 N의 용해도는 소폭 감소한다. 그러나 첨가된 C는 모재의 오스테나이트 상안정도를 증가시키므로 주괴의 응고 과정 중 발생하는 델타 페라이트상 형성을 효과적으로 억제한다. 델타 페라이트의 질소 고용도는 매우 낮으므로(0.05% 이하), 주괴의 응고시 델타 페라이트가 형성되면 용탕 중 과고용된 질소의 대부분이 소실된다. 따라서 응고 과정 중 델타 페라이트 형성을 억제하면 용탕 내 과고용된 질소 농도를 상온까지 유지할 수 있게 된다. 이러한 기구에 따라 C의 첨가는 결과적으로 상온 질소 고용량을 증가시키는 효과를 가져온다.

[0030] C는 또한 N과 유사하게 모재의 강도를 현저히 증가시키면서도 연성의 감소를 억제하고, 내마모성을 향상시키는 작용을 한다. 또한 C는 모재에 고용상태로 존재할 경우 내공식성을 향상시키므로 0.20% 이상 C의 첨가가 필요하다. 이에 더하여 C를 0.20% 이상 첨가할 경우 특별한 가압 없이 상압에서 질소를 다량첨가할 수 있어 공정상 유리한 장점도 가진다. 다만, C가 과잉첨가될 경우 모재의 연성 및 인성을 감소시키고 가공열처리 단계에서 탄화물(예를 들면 $M_{23}C_6$, M_6C, 여기서 M은 치환형 금속)이나 탄질화물을 쉽게 형성하여 결과적으로 내공식성을 감소시키므로, C 함량의 상한은 0.35%로 제한할 수 있다.

[0031] C+N: 0.78% 이하

[0032] 이들이 과다하게 첨가될 경우 상술한 바와 같이 내공식성에 불리한 탄화물, 질화물 또는 탄질화물 등이 형성될 우려가 있으므로 본 발명의 한가지 측면에 다르면 이들의 함량의 합계(C+N)는 0.78% 이하로 제한할 수 있다.

[0033] 상술한 합금조성을 가지는 본 발명의 오스테나이트계 스테인리스 강은 Ni의 첨가나 Mo, W의 첨가를 최소화함으로써 경제성을 확보하면서도, 조성을 최적화하여 내공식성 수준을 상용 304 또는 316L 스테인리스 강과 동등한 수준으로 확보할 수 있다.

[0034] 본 발명의 스테인리스 강은 아래에 기재한 바와 같이 Ni, Mo 또는 W 중에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 추가로 포함할 수 있다.

[0035] Ni: 0.7% 이하

[0036] Ni은 대표적인 오스테나이트 안정화 원소로 종래 AISI 300 계 스테인리스강에서는 상안정을 위해 다량 첨가되었다. 본 발명에서도 오스테나이트 상 안정도 확보를 위하여 Ni을 활용할 수는 있으나 본 발명의 합금 시스템에서는 Ni 함량을 최소화하여도 오스테나이트 단상을 얻을 수 있었으며 Ni 원료가 고가이며 생체 적합성도 양호하지 않으므로 본 발명에서는 Ni 함량의 최대치를 0.7%로 정한다.

[0037] Mo 및 W: 각각 1.2% 이하(1종 또는 2종 모두 첨가 가능)

[0038] Mo 및 W는 모두 내공식성 향상에 기여한다. 따라서, 내공식성을 향상시키고자 하는 강재에서는 통상 Mo와 W 함량을 2% 이상 높게 설정하고 있으나, 이들 원소는 고가의 합금원소로서 강재의 경제성에 좋지 않은 영향을 미친다. 또한, 본 발명의 합금 조성에서는 적은 양의 Mo와 W 만으로도 내공식성을 충분히 확보할 수 있으므로 이들의 함량은 각각 1.2% 이하로 정한다. 또한, Mo는 소량 첨가시에는 내공식성에 유리하나 다량 첨가할 경우에는 오히려 Fe-Cr-Mo로 이루어진 시그마상을 형성하여 내공식성을 열화시킨다. W는 첨가시 내공식성을 향상시킨다는 점에서는 Mo와 유사한 역할을 하나, 시그마상 형성의 문제가 없으므로 Mo를 보완하는 원소로서 함께 첨가될 수 있다. 상기 Mo와 W는 함께 첨가될 수도 있으며, 그 중 1종만 첨가하는 것도 가능하다.

[0039] 본 발명의 스테인리스 강재는 조성제어를 통하여 내공식성을 확보하는 것이므로, 제조방법에 특별한 제한을 두지 않는다. 한가지 예로서는 N을 제외한 나머지 조성을 제어한 스테인리스 강 용탕에 상압으로 가질하여 질소 조성을 제어한 후 주조하여 사용하는 방법을 들 수 있다.

[0040] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 다만, 하기하는 실시예는 본 발명을 예시하여 구체화하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 권리범위를 제한하기 위한 것이 아니라는 점에 유의할 필요가 있다. 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기재된 사항과 이들로부터 합리적으로 유추되는 사항에 의하여 결정되는 것이기 때문이다.

[0041] (실시예)

[0042] 오스테나이트계 스테인리스 강의 제조

[0043] 하기 표 1(각 원소의 함량의 단위는 중량%임)에 기재된 조성의 발명예 1 내지 5 및 비교예 1 내지 5의 스테인리스 강괴를 제조하였다. 표 1에서 비교예 1은 AISI 304 스테인리스 강의 조성을, 비교예 2는 AISI 316L 스테인리스 강의 조성을 충족한다.

[0044] 발명예

[0045] 질소 외의 나머지 합금원소를 첨가하여 유도 용해로에서 표 1에 기재된 바와 같이 조성 제어한 다음 용해로 내 질소 가스의 압력을 상압으로 유지하여 각 발명예 합금별 설계한 N 함량에 맞추어 조절하였다. 이후, 용해로 내의 용강을 주조하여 강괴를 얻었으며, 그 강괴를 1300℃에서 2시간 동안 재가열한 후 최종 두께가 4mm가 되도록 열간압연 하였다.

[0046] 비교예

[0047] 시판되는 오스테나이트계 스테인리스 강으로서 두께 2mm의 AISI 304(비교예 1) 및 AISI 316L(비교예 2) 스테인리스 강을 구하여 실험에 사용하였다.

[0048] 비교예 3-5의 조성을 가지는 스테인리스 강재는 상기 발명예와 동일한 방식으로 제조하였다.

표 1

[0049]

구분	Cr	Mn	Mo	W	Ni	Al	N	C	C+N	N - 14/27×Al
발명예1	18.99	7.99	-	-	-	0.17	0.41	0.25	0.66	0.32
발명예2	17.96	5.66	0.94	-	0.70	0.13	0.42	0.21	0.63	0.35
발명예3	19.14	5.90	1.06	-	0.52	0.13	0.45	0.27	0.72	0.38
발명예4	19.01	6.05	0.52	0.98	0.46	0.15	0.46	0.22	0.68	0.38
발명예5	19.08	5.65	0.52	1.05	0.49	0.14	0.42	0.34	0.76	0.35
비교예1	18.24	1.07	0.122	-	8.16	-	0.041	0.043	0.084	0.041
비교예2	16.75	1.34	2.11	-	10.14	-	0.029	0.013	0.042	0.029
비교예3	19.47	6.07	1.07	-	0.51	0.11	0.48	0.31	0.79	0.42
비교예4	18.27	9.76	-	-	-	-	0.34	0.51	0.85	0.34
비교예5	17.89	9.81	1.13	-	-	-	0.40	0.47	0.87	0.40

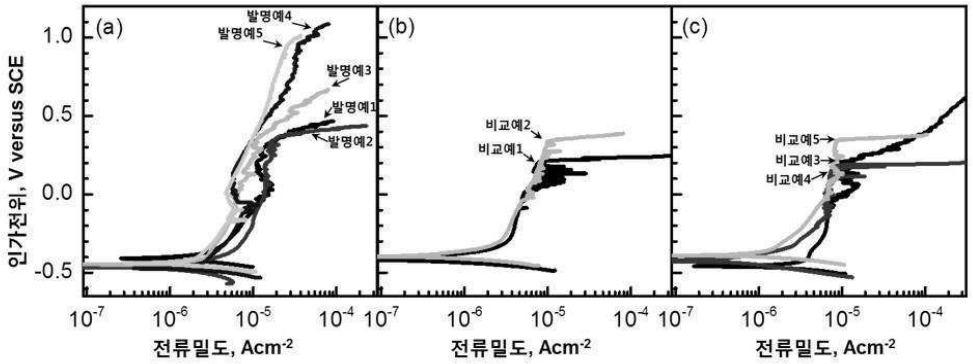
[0050] 각 발명예 및 비교예의 내공식성을 비교하기 위하여 상온의 12 중량% NaCl 용액에서 전위주사속도(dV/dt)를 2mV/s로 양극분극시험을 수행하고, 그 결과를 도 1 및 도 2에 나타내었다. 도면에서 볼 수 있듯이 본 발명에 따른 합금조성을 가지는 발명예는 0.36 V versus SCE(이하, V_{SCE})이상에서 공식이 발생하였으며, 이는 공식이 발생하기 시작하는 시점이 0.33 V_{SCE}로서 비교예 중 가장 내공식성이 우수한 비교예 2(AISI 316L 스테인리스 강, 도 1(b) 참조) 보다도 양호한 내공식성을 나타내고 있었다. 특히, 발명예 4 및 발명예 5는 실험 조건(상온의 12 중량% NaCl 수용액)에서는 공식이 발생하지 않는 매우 우수한 내공식성을 나타내고 있었다. 따라서, 소량의 Mo 및 W의 첨가만으로도 내공식성의 추가적인 향상을 가져오는 것이 확인되므로 본 발명의 스테인리스 강의 유리한 효과를 확인할 수 있었다.

[0051] 비교예 3(도1(c) 참조)은 본 발명의 합금 조성에 비하여 Al 함량이 낮고 C+N 함량이 높은 경우인데, 이러한 경우에는 내공식성이 발명예에 비하여 현저히 낮다는 것을 확인할 수 있었으며, 따라서, Al을 0.12% 이상으로 조성제어하고, C+N을 0.78% 이하로 조성 제어하는 것이 내공식성 향상에 매우 유리하다는 것을 알 수 있었다. 또한, 비교예 4 및 비교예 5는 발명예에 비하여 Mn 함량 및 C+N의 함량이 높으면서 Al을 포함하지 않은 합금이며, 특히 비교예 5는 내공식성에 유리한 Mo를 1.13% 포함하는 합금이다. 도 1(c)에서 알 수 있는 바와 같이, 비교

예 4 및 비교예 5 합금의 공식저항성은 각각 0.34 V_{SCE} 및 0.18 V_{SCE}였으며, 비교예 5에 비하여 비교예 4가 상대적으로 높은 내공식성을 나타낸 것은 첨가된 Mo에 기인한 결과이다. 그러나 비교예 4 및 비교예 5의 내공식 수준은 발명예 1-5에 비해서 낮다. 이상의 결과로부터 Mn의 함량이 높고 C+N이 과잉 첨가되면서 Al을 포함하지 않은 경우 합금의 내공식성이 감소하는 것이 확인되며, 따라서 C+N을 0.78% 이하로, 그리고 Mn 함량을 8% 이하로 제어하면서 Al을 첨가하는 것이 내공식성 향상에 유리하다는 것을 확인할 수 있었다.

도면

도면1



도면2

