



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0052954
(43) 공개일자 2009년05월27일

(51) Int. Cl.

C22C 38/18 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0119529

(22) 출원일자 2007년11월22일

심사청구일자 2008년02월29일

(71) 출원인

주식회사 포스코

경북 포항시 남구 괴동동 1번지

(72) 발명자

유도열

경상북도 포항시 남구 괴동동 1번지 (주)포스코

이수찬

경상북도 포항시 남구 괴동동 1번지 (주)포스코

(74) 대리인

신영무

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강 및 그 제조방법

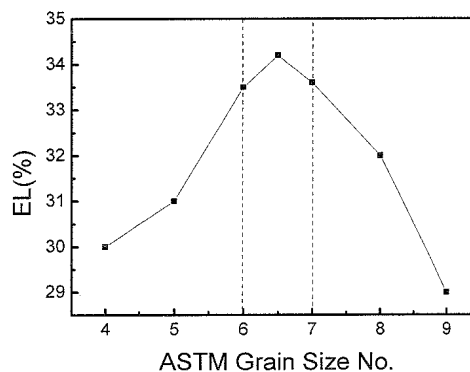
(57) 요약

본 발명은 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강 및 그 제조방법에 관한 것으로, 중량 %로, C:0.03이하, Si:0.5이하, Mn:0.5이하, P:0.035이하, S:0.01이하, Cr:14 ~ 16, Mo:0.2이하, N:0.030이하, Cu:0.5이하, Al:0.05이하, Ni:0.2이하, C+N:0.040 이하, Ti:0.5이하 나머지 Fe 및 불가피하게 첨가되는 불순물로 조성되는 스테인리스강을 하기 수학적 (1)에 의하여 정의한 EL값을 33이상으로 제어하고, 하기 수학적 (2)에 의하여 정의한 P.I. 값을 14~16 범위로 조절하는 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강을 요지로 한다.

$$EL = -162.1x(C+N) - 0.2xCr - 1.1xMo - 0.2xTi / (C+N) + 42.2 \quad (1)$$

$$P.I. = Cr + 3.3Mo \quad (2)$$

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

중량%로, C:0.03이하, Si:0.5이하, Mn:0.5이하, P:0.035이하, S:0.01이하, Cr:14 ~ 16, Mo:0.2이하, N:0.030이하, Cu:0.5이하, Al:0.05이하, Ni:0.2이하, C+N:0.040 이하, Ti:0.5이하 나머지 Fe 및 불가피하게 첨가되는 불순물로 조성되는 스테인리스강을 하기 수학적 (1)에 의하여 정의한 EL값을 33이상으로 제어하고, 하기 수학적 (2)에 의하여 정의한 P.I.값을 14~16 범위로 조절하는 것을 특징으로 하는 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강.

$$EL = -162.1x(C+N) - 0.2xCr - 1.1xMo - 0.2xTi / (C+N) + 42.2 \quad (1)$$

$$P.I. = Cr + 3.3Mo \quad (2)$$

청구항 2

제1항에 있어서,

중량%로, Ca:0.005이하, Mg:0.005이하, Zr:0.01이하로 이루어진 그룹에서 1종 또는 2종 이상을 함유하는 것을 특징으로 하는 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 Ti/(C+N) 비가 15~20를 만족하는 것을 특징으로 하는 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 페라이트계 스테인리스강 슬라브의 가열온도를 1230~1280℃, 마무리압연온도를 740~850℃로 열간압연후 900~1000℃에서 열연소둔하여 냉간압하율을 50% 이상하여 900~1000℃에서 냉연소둔하고, 냉연소둔후 소재의 입도가 ASTM 결정입도 번호가 6.0~7.0 범위로 조정하는 단계를 포함하는 내식성 및 장출성형성이 우수한 페라이트계 스테인리스강 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 고내식 및 고성형 특성을 요구하는 자동차 배기계 콜드존(cold zone)의 각종 파이프 및 머플러(Muffler) 등에 사용되는 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 일반적으로 페라이트계 스테인리스강에서는 내식성 향상을 위해 Cr 및 Mo를 첨가하게 된다. 그러나, 고가의 Cr 및 Mo를 첨가하면 제조원가가 상승하고, 연신을 감소로 인해 스템핑 타입의 머플러 등의 성형 시 장출성형성이 저하되어 파단이 발생하는 문제점이 있다. 또한, 겨울과 같이 기온이 낮은 경우 배기계 엔드 파이프(end pipe) 등과 같이 TIG 용접 후 파이프를 확관하는 경우 등에 있어서 파단불량이 자주 발생하는 문제점이 있다.

<3> 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 종래에 알려진 기술들을 살펴보면, 유럽등록특허 제0930375호에는 성분조성과 열간 압연 조건을 조합하여 딥 드로잉성과 리징성을 향상시키는 제조방법이 개시되어 있다. 그리고, 일본 공개특허 제2000-328197호에는 적정량의 Al를 첨가하여 우수한 표면광택과 성형성을 개선하는 방법이 개시되어 있다. 또한, 유럽등록특허 제0765741호에는 조성과 압연조건 및 소둔조건을 최적화하여 내리징성 및 먼내이방성을 개선하는 방법에 관한 것이 개시되어 있다. 그리고 일본공개특허 제1995-032997호에는 대기 환경 중에 우수한 내식성을 갖는 저가의 페라이트계 스테인리스강의 성분조성계 기준 및 제조조건을 제시하였지만 본 특허의

Cr함량보다 높은 Cr:17~32% 범위로 규정하였다.

<4> 그러나, 상기의 특허들에서는 내식성과 성형성을 동시에 만족하면서도 저가를 원하는 고객사 요구사항을 만족시키기 위한 성분 및 제조조건에 대해서는 한정되어 있지 않다. 이에 따라, 페라이트계 스테인리스강이 고내식 및 고성형성을 요구하는 머플러용 및 파이프 확관용으로 사용되는 경우 냉연제품의 재질을 만족시킬 수가 없는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<5> 본 발명의 목적은 Ca, Mg, Zr 첨가량을 조절하여 저온충격특성(DBTT) 향상시키고, 슬라브의 가열온도와 마무리 압연온도, 열연 및 냉연소둔조건을 제어하기 위하여 연신율 및 피팅 인덱스 계산식인 EL(1식) 및 P.I.(2식)식을 이용하여 고가 원료인 Cr 및 Mo 첨가량을 줄임으로써, 제조원가를 저감시키고 EL식 및 P.I.식을 이용하여 첨가 합금원소(C, N, Si, Mn, Cr, Mo, Ti) 함량 및 Ti%/(C+N%) 함량비를 최적으로 조절함으로써, TIG 용접부 파이프의 확관성을 높일 수 있는 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강 및 그 제조방법을 제공하는데 있다.

과제 해결수단

<6> 본 발명에 따른 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강은 중량%로, C:0.03이하, Si:0.5이하, Mn:0.5이하, P:0.035이하, S:0.01이하, Cr:14 ~ 16, Mo:0.2%이하, N:0.030%이하, Cu:0.5%이하, Al:0.05%이하, Ni:0.2%이하, C+N:0.040 이하, Ti:0.5이하 나머지 Fe 및 불가피하게 첨가되는 불순물로 조성되는 스테인리스강을 하기 수학적 (1)에 의하여 정의한 EL값을 33 이상으로 제어하고, 하기 수학적 (2)에 의하여 정의한 P.I. 값을 14~16 범위로 조절한다.

<7> $EL = -162.1x(C+N) - 0.2xCr - 1.1xMo - 0.2xTi / (C+N) + 42.2$ (1)

<8> $P.I. = Cr + 3.3Mo$ (2)

<9> 또한, 본 발명에서 중량%로, Ca:0.005이하, Mg:0.005이하, Zr:0.01이하로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나의 성분을 함유할 수 있다.

<10> 또한, 본 발명에서 Ti/(C+N) 비가 15~20을 만족하는 것이 바람직하다.

<11> 또한, 본 발명에 따른 내식성 및 장출성형성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강의 제조방법은 상기와 같이 조성된 페라이트계 스테인리스강 슬라브의 가열온도를 1230~1280℃, 마무리 압연온도를 740~850℃로 열간 압연한 후 900~1000℃에서 열연 소둔하여 냉간압하율을 50% 이상으로 하여 900~1000℃에서 냉연 소둔한 뒤, 소재의 입도가 ASTM 결정입도 번호 6.0~7.0의 범위로 조정하는 단계를 포함한다.

효과

<12> 상술한 바와 같이, 본 발명에 의하면, Ca, Mg, Zr 첨가량을 조절하여 저온충격특성(DBTT) 향상시키고, 슬라브의 가열온도와 마무리 압연온도, 열연 및 냉연소둔조건을 제어하기 위하여 연신율 및 피팅 인덱스 계산식인 EL(1식) 및 P.I.(2식)식을 이용하여 고가 원료인 Cr 및 Mo 첨가량을 줄임으로써, 제조원가를 저감시키고 EL식 및 P.I.식을 이용하여 첨가 합금원소(C, N, Si, Mn, Cr, Mo, Ti) 함량 및 Ti%/(C+N%) 함량비를 최적으로 조절함으로써, TIG 용접부 파이프의 확관성을 높일 수 있음에 따라, 내식성, 연신율, 장출성형성 및 저온에서 파이프 확관성이 우수한 저가의 저크롬 페라이트계 스테인리스 냉연강판 제조가 가능하다. 따라서, 자동차 배기계 머플러용 및 배기계 엔드 파트(end part)용 등으로 사용이 가능한 재질을 확보할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<13> 이하에서는 본 발명의 도면을 참조하여 더욱 상세히 설명하기로 한다.

<14> 본 발명에서는 자동차 배기계 엔드 파트용 각종 파이프 및 머플러용으로 사용되는 11%Cr강인 409L강은 내식성이 나빠 배기계 머플러로 사용되는 경우 응축수 부식에 문제가 많이 발생하는 것을 해결할 수 있다. 그리고, 내식성에는 문제가 없지만 17.5%Cr강인 439강은 내식성은 만족이 되나 Cr함량 증가로 인하여 제조원가가 상승될 뿐만 아니라, 성형성 및 파이프 확관성이 떨어지는 문제점 때문에 소재 확대 사용에 제약을 받는 문제점을 해결할

수 있다.

- <15> 이를 위하여, Cr 및 Mo 함량을 줄이면서도 내식성, 장출성형성 및 저온에서 파이프 확관성이 우수한 저크롬 페라이트계 스테인리스강은 하기 (1)식에 의해 정의한 EL 값을 33 이상 및 식(2)에 의해 정의한 P.I 값이 14~16 범위로 조절하는 조건으로, 중량 %로 C:0.03% 이하, Si:0.5% 이하, Mn:0.5% 이하, P:0.035 이하, S:0.01 이하, Cr:14 ~ 16%, Mo:0.2% 이하, N:0.030% 이하, Cu:0.5% 이하, Al:0.05% 이하, Ni: 0.4% 이하, C+N: 0.04% 이하, Ti: 0.05% 이하, 나머지 Fe 및 불가피하게 첨가되는 불순물로 조성된다.
- <16> $EL = -162.1x(C+N) - 0.2xCr - 1.1xMo - 0.2xTi / (C+N) + 42.2$ (1)
- <17> $P.I. = Cr + 3.3Mo$ (2)
- <18> 그리고 이러한 페라이트 스테인리스강의 제조방법은 상기와 같은 성분조성과, 기타 합금조성이 Ca:0.005% 이하, Mg: 0.005% 이하, Zr: 0.01% 이하로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나의 성분을 함유하는 페라이트계 스테인레스 강관인면서, Ti/(C+N) 비가 15~20을 만족하는 조건의 저가의 저크롬 페라이트계 스테인리스 강관을 준비한다. 이 강관 슬라브의 가열온도를 1230~1280℃, 마무리 압연온도를 740~850℃로 열간 압연한 후, 900~1000℃에서 열연 소둔하고, 냉간압하율을 50% 이상으로 하여 냉연소둔한 뒤, 소재의 입도가 ASTM 결정입도 번호 6.0~7.0의 범위로 조정한다.
- <19> 이하, 본 발명의 조성범위와, 그 한정이유를 더욱 상세히 설명한다.
- <20> 상기 C 및 N는 Ti(C, N) 탄질화물 형성원소로 침입형으로 존재한다. C, N 함량이 높아지면 Ti(C,N) 탄질화물로 형성되지 않는 고용 C, N는 소재의 연신율 및 장출성형성을 저하시킨다. 이에 따라, 그 함량은 C는 0.03% 이하, N도 0.03% 이하로 하며, 동시에 C+N 함량이 높아지면 Ti 함량을 높게 첨가하여 제강성 개재물 증가로 인해 스킵(scab)과 같은 표면결함이 많이 발생한다. 또한 연주시 노즐 막힘 현상이 발생하는 문제점과 고용 C, N 증가에 의한 연신율이 저하하기 때문에 C+N 함량을 0.04% 이하로 한정한다.
- <21> Si은 페라이트상 형성원소로 함량 증가 시 페라이트 상의 안정성이 높아지게 되고 내산화성이 향상되나, 0.5%를 초과하여 첨가하면 제강성 Si 개재물 증가로 표면결함이 발생하기 쉽다. 또한, 경도, 항복강도, 인장강도를 높이고 연신율을 저하시키기 때문에 가공성에 불리하여 0.5% 이하로 한정한다.
- <22> Mn은 함량이 높아지면 MnS를 용출하여 내공식성을 저하시키기 때문에 0.5% 이하로 한정한다.
- <23> Ni은 감마상 생성원소로서, 많이 첨가하면 감마상이 증가하여 열간 압연 후 코일을 공냉하면 마르텐사이트상 생성이 촉진되어 강도 및 경도가 증가되므로, 연신율이 저하된다. 따라서 Ni 첨가량은 0.2% 이하로 한정한다.
- <24> P 및 S는 MnS 등의 개재물을 형성하여 내식성 및 열간가공성을 저해하므로 가능한 낮게 관리하는 것이 좋기 때문에 P는 0.035% 이하, S는 0.01% 이하로 한정한다.
- <25> Cr은 함량이 낮으면 내식성이 저하하고 함량이 너무 높아지면 내식성은 향상이 되나 강도가 높고 연신율이 낮아 가공성을 저하시키기 때문에 그 함량은 14 ~ 16%로 한정한다.
- <26> 고가인 Mo 함량이 증가하면 내식성은 현저하게 향상시키지만 소재의 제조원가가 높아지는 문제점과 강도를 높여 연신율이 저하되기 때문에 가공성이 나빠진다. 따라서 내식성 및 가공성을 고려하여 Mo 함량을 0.2% 이하로 한정한다.
- <27> Al은 탈산제로 첨가되는 원소로 다량 첨가하면 표면결함을 발생시키기 때문에 0.05% 이하로 한정한다.
- <28> Cu는 Ni와 같이 감마상 생성원소로서, 많이 첨가하면 감마상이 증가하여 열간 압연 후 코일을 공냉하면 마르텐사이트상 생성이 촉진되어 강도 및 경도가 증가되므로, 연신율이 저하된다. 따라서, Cu 첨가량은 0.5% 이하로 한정한다.
- <29> Ti는 첨가량이 너무 높게 첨가되면 제강성 개재물이 증가하여 스킵(scab)과 같은 표면결함이 많이 발생한다. 또한, 연주시 노즐 막힘 현상이 발생하는 문제점과 고용 Ti 함량 증가로 연신율이 저하하고, C+N 함량 대비 Ti 첨가량이 매우 낮아지게 된다. 이에 따라, Ti/(C+N)비가 낮아지면 입계부식이 발생하여 내식성이 저하되는 문제점이 발생하기 때문에 Ti 첨가량은 0.5% 이하로 한정하고 Ti/C+N 비 값은 내식성 및 성형성을 고려하여 15~20 범위로 한정한다.
- <30> Ca, Mg, Zr은 단독 또는 2종 복합 첨가하면 TIG 용접시 열영향부의 결정입도를 미세화시켜 충격전이온도(DBTT)를 낮추어 겨울과 같은 낮은 온도에서 TIG 용접 파이프의 확관성을 높인다. 그러나, 첨가량이 너무 많아지면

Ca, Mg, Zr 산화성 개재물 생성량의 증가로 내식성이 저하하는 문제점이 발생되기 때문에 각 원소의 첨가량은 Ca: 0.005% 이하, Mg: 0.005% 이하, Zr: 0.01% 이하로 한정한다.

<31> 본 발명에서 연신율 개선을 위해 구한 EL 계산식(1)에서 EL 값이 33 미만이면 스템핑 타입의 머플러용 소재로는 연신율 및 장출성형성이 부족하게 된다. 이에 따라 성형 시에 파단불량이 발생되기 때문에 EL 값은 33 이상으로 한정한다.

<32> $EL = -162.1x(C+N) - 0.2xCr - 1.1xMo - 0.2xTi / (C+N) + 42.2$ (1)

<33> 또한, 식 2의 P.I.(Pitting Index) 값이 높아지면 내식성이 향상된다. 따라서 P.I.값을 높이기 위해서는 Cr이나 고가 원소인 Mo 함량을 높이면 되지만, 과다하게 되면 연신율 및 장출성형성이 저하하고, 제조원가가 상승하는 문제점이 발생한다. 또한 너무 낮아지면 내식성이 저하되기 때문에, 기존에 사용되는 STS409L강과 439강의 중간 정도의 내식성 및 제조원가를 갖기 위한 P.I. 계산식(2)의 P.I.값은 14~16 범위로 한정한다.

<34> $P.I. = Cr + 3.3Mo$ (2)

<35> Ti%/(C%+N%) 비에 대해서는, Ti%/(C%+N%)비가 너무 낮아지면 용접 후 용접부 입계부식이 발생되고, 반대로 Ti%/(C%+N%)비가 너무 높아지면 고용 Ti 함량이 높아져 연신율 등 성형성이 저하되기 때문에 Ti%/(C%+N%)비는 15~20 범위로 한정한다.

<36> 다음은 본 발명의 제조조건과 그에 대한 한정 이유를 설명한다.

<37> 열간 압연 조건에서 슬라브 가열온도가 높을수록 열연조업 중 재결정에 유리하다. 하지만 가열온도가 너무 높으면 표면결함이 다발하기 때문에 슬라브 가열온도는 1230~1280℃로 한정한다.

<38> 열간 압연 시 마무리압연 온도는 낮을수록 열간 압연 중 변형축적에너지가 높아져 소둔 시 재결정에 도움을 주기 때문에 연신율 향상에 유리하다. 하지만 마무리 압연온도가 너무 낮아지면 압연롤과 소재가 들러붙어 발생하는 스티킹(Sticking) 표면결함이 생기기 때문에 마무리 압연온도범위는 740~850℃로 한정한다.

<39> 또한, 소재의 냉간압하율이 너무 낮아지면 표면결함 제거 및 표면특성 확보가 어렵고, 반대로 냉간압하율이 높아지면 성형성 향상에는 유리하기 때문에 소재 제조시 냉간압하율은 50% 이상으로 한정한다.

<40> 냉연소둔 후 소둔판 내의 ASTM 결정입도 번호는 6.0~7.0 범위에서 연신율이 가장 우수하기 때문에 이 범위 내로 한정한다.

<41> 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.

<42> (실시예)

<43> 표 1에서는 시편별 화학성분, EL 계산값 및 P.I.계산값을 나타내었다. 그리고, 표 2에서는 시편별 실측 연신율, 공식전위, 입계부식발생 유무, TIG 파이프 용접부 충격천이온도 및 에릭션값을 나타내었다.

<44> 하기 표 1과 같이 조성된 페라이트계 스테인레스강을 50Kg 진공용해 설비에서 용해하여 120mm 두께의 잉고트를 제조하였다. 이와 같이 제조된 잉고트를 1250℃에서 가열하고, 800℃ 마무리 압연온도로 열간 압연하여 3.0mm 두께의 열연판을 제조한다. 그리고, 960℃에서 열연소둔 후 산세하여 1.5mm 및 0.6mm 두께로 냉간압연후 960℃에서 냉연소둔후 산세하여 인장시험, 에릭션시험 및 이미지 분석기(image analyzer)를 이용하여 냉연소둔판의 결정입도를 측정하였다.

<45> 그리고, 냉연소둔판의 공식전위는 KS D 0238방법으로 시험하여 V'c10 에서의 값으로 5회 측정하여 평균값으로 나타내었다.

<46> 충격천이온도(DBTT)의 측정은 1.5mm 두께의 냉연소둔판(Ca, Zr, Mg 첨가강 및 미첨가강)을 서버 사이즈의 V 노치 충격시편으로 가공하여 충격시험온도를 +20℃ 내지 -70℃ 범위에서 10℃ 간격으로 측정하여 충격천이온도를 구하였다.

표 1

<47>	구분	No	구분	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Al
------	----	----	----	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----

발명강	1	15%Cr	0.0069	0.4	0.16	0.022	0.001	14.9	0.09	0.02	0.0001	0.003
	2	15%Cr	0.0065	0.4	0.15	0.02	0.001	15	0.1	0.02	0.0001	0.003
	3	16%Cr	0.0061	0.35	0.25	0.02	0.001	16	0.009	0.02	0.0003	0.003
	4	Ca	0.0069	0.4	0.16	0.022	0.001	15	0.09	0.02	0.0001	0.003
	5	Zr	0.0069	0.4	0.16	0.022	0.001	15	0.09	0.02	0.0001	0.003
	6	Mg	0.0069	0.4	0.16	0.022	0.001	15	0.09	0.02	0.0001	0.003
비교강	7	13%Cr	0.0075	0.35	0.3	0.025	0.002	13	0.02	0.02	0.25	0.003
	8	16.5%Cr	0.0075	0.35	0.3	0.025	0.002	16.5	0.02	0.02	0.0001	0.003
	9	저 Ti	0.01	0.45	0.4	0.025	0.002	15	0.02	0.02	0.0001	0.003
	10	저 Ti	0.011	0.45	0.4	0.025	0.002	15	0.02	0.02	0.0001	0.003
	11	고 Ti	0.0065	0.45	0.4	0.025	0.002	15	0.02	0.02	0.0001	0.003
	12	고 Ti	0.0063	0.45	0.4	0.025	0.002	15	0.02	0.02	0.0001	0.003
	13	409L	0.007	0.541	0.17	0.021	0.002	11.3	0.08	0.027	0.02	0.005
	14	439	0.01	0.14	0.15	0.02	0.002	17.6	0.13	0.03	0.02	0.032

<48>

구분	No	Ti	N	Ca	Zr	Mg	C+N	Ti/C+N	EI(계산값)	P.I.(계산값)
발명강	1	0.27	0.0086	0	0	0	0.0155	17.4	33.2	14.9
	2	0.25	0.008	0	0	0	0.0145	17.2	33.4	15.0
	3	0.25	0.0078	0	0	0	0.0139	18.0	33.1	16.0
	4	0.27	0.0086	0.002	0	0	0.0155	17.4	33.2	15.0
	5	0.27	0.0086	0.0012	0.003	0	0.0155	17.4	33.2	15.0
	6	0.27	0.0086	0.0011	0	0.002	0.0155	17.4	33.2	15.0
비교강	7	0.28	0.0095	0	0	0	0.017	16.5	33.3	13.8
	8	0.3	0.0095	0	0	0	0.017	17.6	32.6	16.5
	9	0.2	0.015	0	0	0	0.025	8.0	33.5	15.0
	10	0.2	0.017	0	0	0	0.028	7.1	33.2	15.0
	11	0.4	0.009	0	0	0	0.0155	25.8	31.5	15.0
	12	0.4	0.0088	0	0	0	0.0151	26.5	31.5	15.0
	13	0.21	0.0079	0	0	0	0.0149	14.0	34.7	11.3
	14	0.3	0.0092	0	0	0	0.0192	15.7	32.4	17.7

표 2

<49>

구분	No	EI (%, 실측값)	공식전위 (mV)	입계부식 발생유무	TIG Pipe 용접부 충격천이온도(℃)	에릭션값(mm)
발명강	1	34	142.7	0	-20	9.32
	2	34.2	145	0	-20	9.34
	3	34.1	152	0	-20	9.33
	4	34	145	0	-50	9.31
	5	34	145	0	-50	9.32
	6	34	144	0	-50	9.32
비교강	7	34.2	120	0	-20	9.43
	8	32	150	0	-20	9.12
	9	32.6	144	X	-20	9.22
	10	32.5	144	X	-20	9.21
	11	30.5	144	0	-20	9.05
	12	30.5	144	0	-20	9.01
	13	32.7	50	0	-30	9.2
	14	31.6	189	0	-20	9

<50>

이하 시험결과에 대해 설명하면 표 1 및 표 2는 시편별 화학성분, EI 및 P.I. 계산값, 내식성(공식전위) 및 장

출성형성(에릭션값) 등을 나타내었다. 본 발명강은 P.I.값 계산식인 (2)식을 사용하여 P.I.값이 14~16 범위가 되도록 Cr 및 Mo 함량을 조절하였으며, 종래강(409L: No.13, 439강:No.14)의 중간 정도의 제품특성을 나타내고 있다. 또한, 본 발명강은 EL값 계산식인 (1)식을 사용하여 EL값이 33 이상이 되도록 C, N, Cr, Mo, Ti/(C+N) 함량을 적정하게 조절하였다. 이에 따라, 내식성이 우수한 동시에 측정된 연신율이 34% 이상으로 높고, 또한 장출성형성을 나타내는 에릭션값도 9.3mm 이상 높은 것을 알 수 있다. 그리고 Ti/(C+N)비 값이 15~20 범위로 조절된 본 발명강은 이 범위를 벗어난 비교제에 비해 용접부 입계부식이 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

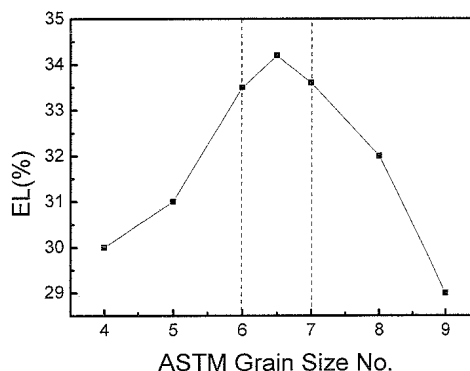
- <51> 도 1은 15Cr-Ti(시편 No.1) 강에서 냉연 소둔 후 소둔판의 ASTM 결정입도 변화에 따른 연신율 변화를 나타낸 도면이다. 도 1에서 알 수 있는 바와 같이, 냉연 소둔 시 ASTM 결정입도 번호가 6.0 ~ 7.0 범위 내에서 연신율이 가장 우수함을 알 수 있다.
- <52> 도 2는 15Cr-Ti 첨가강에서 Ti/(C+N) 비 변화에 따른 냉연 소둔 후 연신율 변화를 나타낸 도면으로 Ti/(C+ N) 비가 낮을수록 연신율이 우수하다. 하지만 Ti/(C+ N) 비가 15 미만이 되면 표 1의 결과에서와 같이, 용접부 입계부식이 발생하고, Ti/(C+ N) 비가 20을 초과하게 되면 연신율이 저하되기 때문에 용접부 입계부식 및 연신율을 고려하여 Ti/(C+N) 비는 15~20 범위로 조절하여 Ti 첨가할 필요가 있다.
- <53> 도 3은 15Cr-Ti 첨가강에서 Ca, Mg, Zr 첨가 및 미첨가에 따른 충격전이온도 변화를 나타낸 도면으로 Ca, Ca+Mg의 복합첨가 또는 Ca+Zr의 복합첨가를 실시하면 충격전이온도가 -50℃로 낮아 겨울과 같이 작업온도가 낮은 경우 TIG 파이프 확관성이 우수해진다.
- <54> 이상에서와 같이 상세한 설명과 도면을 통해 본 발명의 최적 실시예를 개시하였다. 용어들은 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

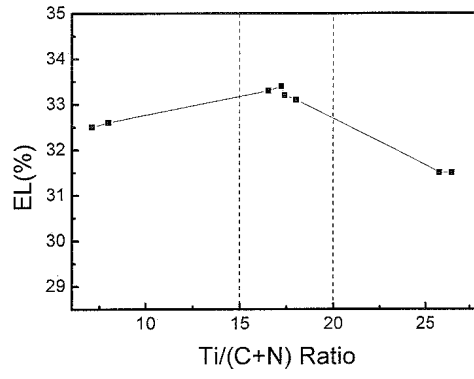
- <55> 도 1은 15Cr-Ti강(시편 No.1)에서 냉연소둔후 ASTM 결정입도 번호변화에 따른 연신율 변화를 나타낸 도면이다.
- <56> 도 2는 15Cr-Ti 강에서 Ti/(C+N) 비에 따른 연신율 변화를 나타낸 도면이다.
- <57> 도 3은 15Cr-Ti 강에서 Ca, Mg, Zr 첨가량 변화에 따른 충격전이온도 (DBTT) 변화를 나타낸 도면이다.

도면

도면1



도면2



도면3

