



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년12월07일
(11) 등록번호 10-1089714
(24) 등록일자 2011년11월29일

(51) Int. Cl.
C22C 38/44 (2006.01) C22C 33/06 (2006.01)
C21D 8/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0063487
(22) 출원일자 2009년07월13일
심사청구일자 2009년07월13일
(65) 공개번호 10-2011-0006045
(43) 공개일자 2011년01월20일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090034194 A
KR1020060127107 A

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전 유성구 장동 171번지
(72) 발명자
김성준
경남 창원시 성주동 유니온빌리지 113동 604호
이태호
경남 마산시 내서읍 호계리 코오롱아파트 213동 101호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 8 항

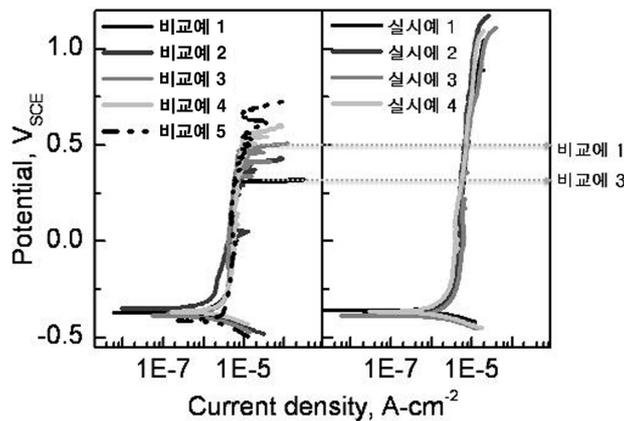
심사관 : 정상익

(54) 텅스텐이 첨가된 고강도·고내식 탄질소 복합첨가 오스테나이트계 스테인리스강 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 텅스텐(W)이 첨가된 고강도·고내식 탄질소 복합첨가 오스테나이트계 스테인리스강 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 구체적으로 8~12 중량%의 망간(Mn)과, 15~20 중량%의 크롬(Cr)과, 0~2 중량%의 니켈(Ni)과, 1~4 중량%의 텅스텐(W)과, 0.6~1.0 중량%의 탄소(C)와 질소(N)의 총 함량(C+N)과, 잔부(殘部)인 철(Fe) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 따라 제조된 오스테나이트계 스테인리스강은 침입형 원소(C+N, C/N)와 치환형 원소(Mn+Cr, Mn/Cr, W)의 함량 제어를 통해 850 MPa 이상의 인장강도와, 50% 이상의 균일 연신율을 가지게 되어 성형가공성이 향상될 뿐만 아니라, 우수한 내식성을 나타내고, 인체에 유해한 합금원소인 니켈(Ni) 함량을 극소화함으로써 생체적합성이 향상되므로 의료용 생체재료, 시계 등 장신구 등 다양한 기능성 부품의 제조에 유용하게 사용할 수 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

오창석

경남 창원시 상남동 대동아파트 123동 706호

하헌영

경상남도 창원시 상남동 66 한국기계연구원 203호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PNK1780

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 주요사업

연구과제명 기본사업

기여율

주관기관 재료연구소

연구기간 2009년 01월 01일 ~ 2009년 12월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

8~12 중량%의 망간(Mn)과, 15~20 중량%의 크롬(Cr)과, 0~2 중량%의 니켈(Ni)과, 1~4 중량%의 텅스텐(W)과, 0.6~1.0 중량%의 탄소(C)와 질소(N)의 총 함량(C+N)과, 잔부(殘部)인 철(Fe) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 2

8~12 중량%의 망간(Mn)과, 15~20 중량%의 크롬(Cr)과, 0~2 중량%의 니켈(Ni)과, 1~4 중량%의 텅스텐(W)과, 0.6~1.0 중량%의 탄소(C)와 질소(N)의 총 함량(C+N)과, 잔부(殘部)인 철(Fe) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 상기 크롬(Cr)에 대한 망간(Mn)의 비율(Mn/Cr)은 0.5 이상 1.0 이하인, 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 3

8~12 중량%의 망간(Mn)과, 15~20 중량%의 크롬(Cr)과, 0~2 중량%의 니켈(Ni)과, 1~4 중량%의 텅스텐(W)과, 0.6~1.0 중량%의 탄소(C)와 질소(N)의 총 함량(C+N)과, 잔부(殘部)인 철(Fe) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 상기 망간(Mn)과 크롬(Cr)의 총함량(Mn+Cr)은 0~30 중량%인, 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 4

8~12 중량%의 망간(Mn)과, 15~20 중량%의 크롬(Cr)과, 0~2 중량%의 니켈(Ni)과, 1~4 중량%의 텅스텐(W)과, 0.6~1.0 중량%의 탄소(C)와 질소(N)의 총 함량(C+N)과, 잔부(殘部)인 철(Fe) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 상기 질소(N)의 함량은 0.3 중량% 이상인, 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 오스테나이트계 스테인리스강은 인장강도 850 MPa 이상, 균일 연신율 50% 이상의 기계적 특성을 갖는 것을 특징으로 하는 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강.

청구항 6

모합금을 진공용해로에 장입하는 모합금장입단계와,

상기 모합금이 장입된 진공용해로를 진공 상태로 유지하는 진공유지단계와,

상기 진공용해로를 가열하여 모합금을 용융하는 모합금용융단계와,

상기 진공용해로 내부에 질소가스를 주입하는 질소함량조정단계와,

용융된 모합금을 교반하는 용융합금교반단계와,

상기 진공용해로 내부에서 교반된 용융합금을 출탕하여 주괴를 형성하는 주괴형성단계와,

형성된 주괴를 열간 압연하는 단계와,

열간 압연된 스테인리스강을 수냉 처리하여 기계적 특성, 내식성에 유해한 탄화물의 석출을 억제하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 제1항 내지 제4항 중 어느 한 항의 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 진공유지단계는, 진공용해로 내부가 10^{-3} torr 이하의 진공도를 갖도록 하는 과정임을 특징으로 하는 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강의 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 질소함량조정단계는,

상기 진공용해로 내부로 질소 가스를 주입하는 질소주입과정과,

상기 진공용해로 내부의 질소분압을 1기압으로 조정하는 압력조정과정으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 텅스텐이 첨가된 고강도·고내식 탄질소 복합첨가 오스테나이트계 스테인리스강 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 오스테나이트계 스테인리스강은 다양한 가공열처리공정을 이용한 상변태 및 가공열처리를 통해 우수한 강도, 연성의 조합을 구현하고 있는 탄소강과는 달리 열처리에 의한 특성향상을 기대하기 어렵기 때문에 강도의 제반특성 향상을 주로 합금원소 첨가에 의존하고 있다.

[0003] 따라서 강도, 연성, 내식성 등 우수한 특성을 확보하는 것 이외에 고가의 합금원소 첨가를 극소화하거나 다른 원소로 대체하여 제조원가 면에서 우위를 점하는 것이 합금개발에 있어 중요한 기술적 과제이다.

[0004] 기존의 연구 또는 발명으로 보고된 오스테나이트계 스테인리스강은 대부분 중량%로 16~20% 크롬(Cr), 6~12% 니켈(Ni), 2% 몰리브덴(Mo) 및 0.03~0.15% 탄소(C)를 함유하며, 인장강도 500~600 MPa, 연신율 40% 수준의 기계적 특성을 갖는다.

[0005] 상기 합금원소 중 니켈(Ni)은 효율적인 오스테나이트 안정화 원소이며 가공성 향상에도 기여하는 장점이 있어서 전체 수급량의 65% 이상이 오스테나이트계 스테인리스강의 합금원소로 사용되고 있다.

[0006] 그러나 니켈(Ni)의 가격이 2001년부터 6년간 700% 이상 상승하였고 특히 2007년에 1년간 2배 이상 폭등하여, 니켈 가격이 스테인리스강의 원가를 책정하는 주요 지표로 작용하고 있으며, 이러한 경제성 측면 이외에 인체 알러지(allergy)를 유발하며 재활용 시 유해가스를 배출하는 등 인체 및 환경친화성에 역행하는 문제점이 제기되었다.

[0007] 이에 따라 최근 니켈(Ni) 함량이 높은 기존의 스테인리스강이 가지는 여러 문제점을 해결하고자 개발된 새로운 스테인리스강에는 STS 200계 합금으로 알려진 Fe-Cr-Mn계 합금과, 합금원소로서 질소가 가지는 장점을 적극 활용하여 제반특성을 향상시킨 고질소 스테인리스강이 있다.

[0008] 질소는 강력한 오스테나이트 안정화 원소이며, 고용강화 효과가 크고, 강도증가에 수반된 연성감소가 적고, 공식저항성을 포함한 부식저항성을 향상시키는 등 여러 장점이 있다. 종래에는 철강재료 내에 질소를 안정적으로 확보하기 위한 제조공정상의 어려움 때문에 고질소강의 개발이 활발히 진행되지 못했지만, 최근 질소분위기 하에서의 가압용해, PESR(pressurized electroslag remelting), 분말야금법, 고상질화법 등 다양한 제조공정기술의 발전에 힘입어 많은 연구개발이 진행되고 있다.

[0009] 그러나, 고질소강의 범용화에 있어 가장 큰 장애요인은 고가의 설비와 복잡한 제조공정이 요구되는 가압용도용해 또는 PESR과 같은 특수한 제조공정을 거쳐야 한다는 점이다.

[0010] 상기한 가압공정의 경우 액상상태에서 높은 질소함량을 확보함과 동시에 응고시 질소고용도를 급격히 감소시키

는 델타페라이트 구간을 최소화할 수 있다는 장점이 있어 대형 고질소강 주괴 제조에 반드시 필요하지만, 기존 스테인리스강 제조에 이용되었던 제조공정 설비를 개조하거나 새로운 설비도입이 불가피하기 때문에 상업화에는 여러 문제점이 제기되었다.

[0011] 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 최근 베른스(H. Berns)그룹은 국제특허 PCT/EP/008960에서 니켈(Ni)을 최소로 사용하고, 크롬(Cr) 16~21wt.%, 망간(Mn) 16~21wt.%, 몰리브덴(Mo) 0.5~2wt.%, 총 탄소(C) 및 질소(N) 0.8wt.%를 포함하는 오스테나이트계 스테인레스강을 발표한 바 있다. 그러나, 베른스 그룹이 발표한 특허에서는 망간(Mn)의 비율이 높아 내부식성이 낮은 문제가 있다.

[0012] 이에 본 발명자들은 침입형 원소인 탄소와 질소를 복합첨가하고, 추가적으로 텅스텐을 첨가함으로써 고가이며 환경 및 인체에 유해한 합금원소인 Ni 함량을 극소화시키고, 가압용해법을 배제한 상압용해법으로 경제성이 우수하며, 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강을 개발하고 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0013] 본 발명의 목적은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 텅스텐(W)을 추가로 첨가하여 내식성을 향상시킨 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강을 제공하는 것에 있다.

[0014] 본 발명의 다른 목적은 상기 오스테나이트계 스테인리스강의 제조방법을 제공하는 것에 있다.

과제 해결수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 침입형 원소인 탄소(C)와 질소(N)를 복합첨가 함으로써 고가이며 환경 및 인체에 유해한 합금원소인 니켈(Ni) 함량을 극소화시키고, 텅스텐(W)을 추가로 첨가하여 내식성이 향상되며, 가압용해법을 배제한 상압용해법으로 경제성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강 및 이의 제조방법을 제공한다.

효과

[0016] 본 발명에 따른 제조방법은 저렴한 제조원가로 합금의 제조를 가능케 하므로 개발 강종의 가격 경쟁력을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명에 따라 제조된 오스테나이트계 스테인리스강은 침입형 원소(C+N, C/N)와 치환형 원소(Mn+Cr, Mn/Cr, W)의 함량 제어를 통해 850 MPa 이상의 인장강도와, 50% 이상의 균일연신율을 가지게 되어 성형가공성이 향상될 뿐만 아니라, 우수한 내식성을 나타내고, 인체에 유해한 합금원소인 니켈(Ni) 함량을 극소화 함으로써 생체적합성이 향상되므로 의료용 생체재료, 시계 등 장신구 등 다양한 기능성 부품의 제조에 유용하게 사용할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0018] 본 발명에 의한 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강은, 8~12 중량%의 망간(Mn)과, 15~20 중량%의 크롬(Cr)과, 0~2 중량%의 니켈(Ni)과, 1~4 중량%의 텅스텐(W)과, 0.6~1.0 중량%의 탄소(C)와 질소(N)의 총 함량(C+N)과, 잔부(殘部)인 철(Fe) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

- [0019] 상기 크롬(Cr)에 대한 망간(Mn)의 비율(Mn/Cr)은 0.5 이상 1.0 이하인 것을 특징으로 한다.
- [0020] 상기 망간은 종래 베른스 그룹에서 발표한(PCT/EP/008960) 스테인리스강에 포함된 망간의 함량(16~21%)보다 낮아 본 발명에 따른 스테인레스강의 공식저항성을 향상시킬 수 있다.
- [0021] 상기 망간(Mn)과 크롬(Cr)의 총합량(Mn+Cr)은 0~30 중량%인 것을 특징으로 한다.
- [0022] 상기 질소(N)의 함량은 0.3 중량% 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0023]
- [0024] 이하에는 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강 내의 합금원소에 대하여 자세히 설명한다.
- [0025] 니켈(Ni)은 오스테나이트 안정화능은 크지만 앞서 설명한 바와 같이 고가이며 환경 및 인체에 유해한 원소이기 때문에 최대한 첨가량을 제한하였다. 그러나, 오스테나이트계 스테인리스강에 니켈(Ni)이 소량 첨가될 경우 열간 및 냉간 가공성을 향상시키고 액상으로부터의 응고 시 델타페라이트 형성을 억제시키는 능력을 갖게 되므로, 니켈(Ni) 첨가량은 0~2 중량%로 설정하였다.
- [0026] 크롬(Cr)은 스테인리스강에 요구되는 내식성 확보를 위해 필수적인 합금원소이며, 대부분의 오스테나이트 스테인리스강에 15 중량% 이상 첨가된다. 그러나 크롬(Cr)이 과잉 첨가될 경우, 응고 후 과도한 델타 페라이트가 잔존하거나, 열처리 시 여러 종류의 유해한 제2 석출상의 생성을 촉진시켜 스테인리스강의 내식성과 가공성을 저하시킨다. 따라서 상기 스테인리스강에서는 크롬(Cr)의 함량을 15~20 중량% 범위로 제한하였다.
- [0027] 망간(Mn)은 고가의 니켈(Ni)을 대체할 수 있는 오스테나이트 안정화 원소로서, 스테인리스강에 첨가되어 질소고용도를 증가시키며 재료의 강도를 증가시키는 역할을 수행한다. 그러나 망간(Mn)이 과잉 첨가될 경우, 불순물 원소인 황(S)이나 산소(O)와 결합하여 망간황화물(MnS)이나 망간산화물(MnO) 등 비금속 개재물을 형성한다. 이때 생성된 비금속 개재물이 주된 공식발생처로 작용하여 오스테나이트계 스테인리스강의 공식저항성을 저하시키기 때문에 그 함량을 8~12 중량% 범위로 제한하였다.
- [0028] 텅스텐(W)은 크롬(Cr)과 함께 오스테나이트계 스테인리스강의 내식성을 향상시키는 합금원소이다. 또한 텅스텐(W)은 스테인리스강에서 몰리브덴(Mo)의 1/2 당량에 해당하는 페라이트 안정화능과 공식저항성 향상능을 가짐으로서 몰리브덴(Mo)를 효과적으로 대체할 수 있는 원소이다. 합금원소로서 텅스텐(W)은 스테인리스강의 고온강도를 증가시키고 크립저항성을 향상시킨다. 또한 비산화성 분위기에서 일반부식저항성을 증가시키며 금속의 부동태화를 촉진하고, 합금의 공식저항성을 향상시키는 효과가 있다. 따라서 텅스텐(W) 첨가를 통해 금속간 화합물 석출을 억제하여 스테인리스강 물성의 향상을 도모하였다. 그러나 과잉 첨가될 경우 응고 후 잔존하는 델타 페라이트 분율을 증가시키게 되며, 크롬(Cr)과 마찬가지로 탄화물, 금속간 화합물 등 유해한 제2상을 형성시키고 제조원가 상승의 요인이 되므로 그 함량을 1~4 중량%로 제한하였다.
- [0029] 질소(N)는 탄소(C) 및 망간(Mn)과 함께 오스테나이트 안정화 원소로서 상술된 문제점을 지닌 니켈(Ni)을 대체할 목적으로 첨가되며, 또한 연성의 큰 저하없이 강도를 증가시키고 공식저항성을 포함한 내식성을 높이기 위한 원소이다. 이러한 효과를 위해 질소는 0.3 중량% 이상 사용되어야 한다. 그러나 질소(N)는 과잉 첨가될 경우 연성을 감소시킬 뿐만 아니라 취성을 일으키는 문제점이 있다.
- [0030] 탄소(C)는 질소(N)와 마찬가지로 오스테나이트 안정화를 목적으로 첨가되며, 고용강화 효과를 통해 스테인리스강의 강도를 향상시키는 역할을 수행한다. 이러한 효과를 위해 탄소는 0.3 중량% 이상 사용되어야 한다. 그러나 탄소(C)가 과잉 첨가될 경우 기계적 특성(대표적으로 인성)이 저하되며, M₂₃C₆, M₆C 등 탄화물을 입계에 생성시켜 오스테나이트계 스테인리스강의 예민화(sensitization)를 촉진하여 결과적으로 내식성을 저하시키게 된다.
- [0031] 따라서 본 발명의 스테인리스강에는 탄소(C)와 질소(N)의 총합량(C+N)을 0.6~1.0 중량%의 범위로 제한하였다.
- [0032] 한편, 도 1은 탄소(C)를 첨가하지 않은 3종의 Fe-Cr-Mn계(Fe-18Cr-10Mn, Fe-15Cr-15Mn, Fe-13Cr-20Mn) 합금과 탄소(C)를 0.4 wt.% 첨가한 3종의 Fe-Cr-Mn-0.4C계 합금의 질소분압 1 기압에서의 질소고용도를 계산한 결과이다. 도면에 나타난 바와 같이, 탄소(C) 첨가에 따라 액상의 질소고용도는 0.38 중량%에서 0.3 중량%로 감소하지만, 응고 시 델타페라이트 형성에 의한 질소고용도 감소가 현저하게 줄어들기 때문에 오히려 응고 시 발생할 수 있는 질소손실을 줄일 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 이는 탄소(C) 첨가에 따라 고온영역에서의 오스테나이트 상안정성이 증가되고 페라이트 영역이 축소되기 때문에 나타나는 현상으로, 상압(질소분압 1 기압) 상태에서

탄소(C)와 질소(N)를 복합첨가한 경우가 목표로 하는 질소고용도를 용이하게 확보할 수 있음을 나타내고 있다.

[0033] 또한, 탄소(C)와 질소(N)의 총합량(C+N)을 0.6~1.0 중량%의 범위로 제한한 이유는 다음과 같다. 즉, 질소(N)는 합금원소로 첨가되어 오스테나이트 기지의 자유전자농도(free electron density)를 증가시키고, 이는 금속성 원자결합(metallic bonding)을 촉진시켜 오스테나이트 기지 내부에서 단범위 규칙도(short-range ordering)를 증가시킨다. 질소첨가 시 발생하는 이러한 원자결합의 특수성 때문에 합금원소의 편석에 의한 유해한 제2상 생성을 억제함과 동시에 연성 및 내식성을 향상시키게 된다. 즉, 질소(N)의 첨가가 강의 제반 특성을 향상시키는 것에 대한 물리학적 근거는 자유전자농도 증가에 기인한 것이라고 말할 수 있다. 유사한 침입형 원소의 함량에서 탄소(C)첨가는 강의 자유전자농도에 큰 영향을 미치지 않는 반면, 질소(N)는 일정 함량범위에서 자유전자농도를 효과적으로 증가시키게 된다. 그러나 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 경우, 두 원소의 시너지 효과 때문에 자유전자농도가 질소(N)를 단독으로 첨가했을 경우와 비교하여 훨씬 증가하며, 탄소(C)와 질소(N)의 총 함량(C+N)이 0.85 중량%에서 최대치를 나타내다가 다시 감소하게 된다. 따라서 본 발명에서는 상기된 물리학적 근거와 함께 탄소(C)와 질소(N)가 과잉첨가될 경우 발생하는 유해한 제2 석출상 생성을 방지하기 위해 합금원소로서 첨가되는 탄소(C)와 질소(N)의 총 함량(C+N)을 0.6~1.0 중량% 범위로 제한하였다.

[0034] 또한, 본 발명에 따른 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강의 제조방법은, 전해철, Fe-50%Mn, Fe-60%Cr, Fe-58.8%Cr-6.6%N, 75.1%Mn-17.4%Fe-6.8%C, 텅스텐을 포함하는 모합금을 진공용해로에 장입하는 모합금장입단계와, 상기 모합금이 장입된 진공용해로를 진공 상태로 유지하는 진공유지단계와, 상기 진공용해로를 가열하여 모합금을 용융하는 모합금용융단계와, 상기 진공용해로 내부에 질소가스를 주입하는 질소함량조정단계와, 용융된 모합금을 교반하는 용융합금교반단계와, 상기 진공용해로 내부에서 교반된 용융합금을 출탕하여 주괴를 형성하는 주괴형성단계와, 형성된 주괴를 열간 압연하는 단계와, 열간 압연된 합금을 수냉 처리하여 기계적 특성, 내식성에 유해한 탄화물의 석출을 억제하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0035] 상기 진공유지단계는, 진공용해로 내부가 10^{-3} torr 이하의 진공도를 갖도록 하는 과정임을 특징으로 한다.

[0036] 상기 질소함량조정단계는, 상기 진공용해로 내부로 질소 가스를 주입하는 질소주입과정과, 상기 진공용해로 내부의 질소분압을 1기압으로 조정하는 압력조정과정으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0037] 이와 같이 구성되는 본 제조방법은, 저렴한 제조 및 원재료 비용으로 높은 강도 및 내식성을 가지는 오스테나이트계 스테인리스 주조재, 단조재 또는 압연재 제조공정까지 다양하게 적용할 수 있는 장점이 있다.

[0038] 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 인장강도 850 MPa 이상, 균일 연신율 50% 이상인 것으로 나타났다(표 2 참조). 또한, 내부식성 실험에서 1 M NaCl 용액에서 전위주사속도(dV/dt) 2 mV/s로 전위를 증가시키면서 양극분극거동을 측정된 결과 공식이 발생하지 않음으로써 우수한 내식성을 가짐을 확인하였다(표 3 참조).

[0039] 따라서, 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 탄소(C)를 복합첨가함으로써 종래 고질소강의 가압공정을 배제한 상압유도용해를 이용하여 제조될 수 있어, 저렴한 제조원가로 합금의 제조를 가능케 하므로 개발 강종의 가격 경쟁력을 향상시킬 수 있고, 침입형 원소(C+N, C/N)와 치환형 원소(Mn+Cr, Mn/Cr, W)의 함량 제어를 통해 850 MPa 이상의 인장강도와, 50% 이상의 균일연신율을 가지게 되어 성형가공성이 향상될 뿐만 아니라, 우수한 내식성을 나타내고, 인체에 유해한 합금원소인 니켈(Ni) 함량을 극소화함으로써 생체적합성이 향상되므로 의료용 생체재료, 시계 등 장신구 등 다양한 기능성 부품의 제조에 유용하게 사용할 수 있다.

[0040] 이하, 실시예 및 실험예를 통해 본 발명을 상세히 설명한다. 단, 하기의 실시예 및 실험예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0041] <실시예 1~4> 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강의 제조

[0042] 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강의 제조에 있어서, 용점이 높아 용해가 어려운 크롬(Cr)은 Fe-60%Cr 모합금을 이용하고, 증기압이 낮아 용해 시 fume 생성 및 편석의 우려가 있는 망간(Mn)은 Fe-50%Mn 모합

금을 사용하였다.

[0043] **도 2 및 도 3**에 나타난 바와 같이, 하기 표 1의 성분비에 따라 상기 Fe-50%Mn, Fe-60%Cr, 전해철, 질소함량 제어를 위한 Fe-58.8%Cr-6.6%N 모합금, 탄소함량 제어를 위한 75.1%Mn-17.4%Fe-6.8%C 모합금 및 텅스텐 모합금을 진공용해로 내부에 장입하였다(S100). 이후, 진공용해로 내부가 10^{-3} torr 이하의 진공도에 도달할 때까지 탈기 한 후, 진공을 유지시키면서(S200) 상기 진공용해로를 가열하여 진공용해로에 장입된 모합금 및 전해철을 용융시켰다(S300). 상기 모합금 및 전해철이 용융되면, 상기 진공용해로 내부에 질소가스를 주입하고(S420) 진공용해로 내부 질소분압이 1기압이 되도록 압력을 조정하여(S440) 질소함량을 조정하였다(S400). 이후, 전자기 유도 교반을 통해 합금원소 편석을 제거하기 위하여 용융합금을 교반하였으며(S500), 상기 용융합금 교반단계(S500) 중 모합금 및 전해철이 용해되어 형성된 용탕의 온도가 1,450 ℃가 되면 진공용해로 내부에서 출탕하여 주괴를 형성하였다(S600). 형성된 주괴를 열간 압연을 통하여 관재나 관, 봉, 세션 등으로 제조하고(S700), 수냉 처리하여 기계적 특성, 내식성에 유해한 탄화물의 석출을 억제하였다(S800).

[0044] <비교예 1~3> 상용 오스테나이트계 스테인리스강

[0045] 상용 오스테나이트계 스테인리스강(AISI 304, AISI 316, AISI 316L)을 사용하였다.

[0046] <비교예 4~5>

[0047] 종래 베른스 그룹이 발표한 특허(PCT/EP/008960)에서 제조된 방법으로 오스테나이트계 스테인리스강을 제조하였다.

[0048] 상기 실시예 및 비교예의 오스테나이트계 스테인리스강의 조성을 표 1에 나타내었다.

표 1

[0049]

합금	Cr	Mn	Ni	Mo	W	N	C	C+N
실시예 1	17.98	9.79	-	-	2.01	0.39	0.48	0.87
실시예 2	17.71	9.85	1.21	-	2	0.36	0.55	0.91
실시예 3	17.68	9.84	-	-	3.8	0.41	0.56	0.97
실시예 4	17.65	9.73	1.17	-	3.77	0.43	0.54	0.97
비교예 1	18	2	8	-	-	-	0.08	0.08
비교예 2	17	2	12	2.5	-	-	0.08	0.08
비교예 3	17	2	12	2.5	-	-	0.03	0.03
비교예 4	18.54	17.86	0.45	0.52	-	0.54	0.66	1.2
비교예 5	17.97	17.8	0.36	0.51	-	0.58	0.48	1.06

[0050] <실험예 1> 인장특성 측정

[0051] 상기 공정에 의해 제조된 실시예 및 비교예의 상온 인장특성을 표 2에 나타내었다.

표 2

[0052]

합금	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	균일연신율 (%)
실시예 1	537	960	52.3
실시예 2	493	903	59.3
실시예 3	476	868	55.7
실시예 4	532	930	50.8
비교예 1	205	515	40.0 (총연신율)

비교예 2	205	515	40.0 (총연신율)
비교예 3	170	480	40.0 (총연신율)
비교예 4	533	1019	62.8
비교예 5	500	940	59.0

[0053] 상기 표 2에 나타난 바와 같이, 상용 오스테나이트계 스테인리스강인 비교예 1~3의 경우 항복강도 170~205 MPa, 인장강도 480~515 MPa, 연신율 40% 수준의 기계적 특성을 나타내는 반면, 제조된 실시예의 경우 항복강도 476~537 MPa, 인장강도 868~960 MPa, 균일연신율 50~60%의 범위를 갖는 우수한 기계적 특성을 나타내었다.

[0054] 또한, 종래 베른스 그룹이 개발한 탄질소 복합첨가 오스테나이트계 스테인리스강(비교예 4~5)과 비교할 때(항복강도 500~533 MPa, 인장강도 940~1019 MPa, 균일연신율 59.0~62.8%) 동등한 수준의 기계적 특성을 나타낼 수 있다.

[0055] 따라서, 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 상용 오스테나이트계 스테인리스강보다 니켈의 함량은 최소화하면서 고강도의 우수한 기계적 특성을 나타냄으로써 종래 오스테나이트계 스테인리스강을 대체하여 사용될 수 있다.

[0056] <실험예 2> 내부식성 측정

[0057] 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강의 내부식성을 측정하기 위하여 실시예와 비교예의 오스테나이트계 스테인리스강의 시편을 상온 1 M NaCl 용액에 넣고 전위주사속도(dV/dt) 2 mV/s로 전위를 증가시키면서 양극분극거동을 측정하고 공식 전위를 계산하여 도 4 및 표 3에 나타내었다.

표 3

합금	공식전위(E_{pit}), V_{SCE}
실시예 1	no pitting (1.0 이상)
실시예 2	no pitting (1.0 이상)
실시예 3	no pitting (1.0 이상)
실시예 4	no pitting (1.0 이상)
비교예 1	0.311
비교예 2	0.417
비교예 3	0.496
비교예 4	0.557
비교예 5	0.692

[0059] 도 4 및 표 3에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예 1~4는 공식이 발생하지 않았다. 이에 비해 비교예 1~3에서 사용된 상용 스테인리스강의 공식은 0.311~0.496 V_{SCE} 에서 발생하였으며, 비교예 4 및 5의 종래 탄질소 복합첨가 스테인리스강의 공식은 각각 0.557 V_{SCE} , 0.692 V_{SCE} 에서 발생하였다. 이로부터 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강의 공식저항성은 비교예의 공식저항성보다 우수한 것을 알 수 있다.

[0060] 따라서, 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스강은 상용 오스테나이트계 스테인리스강 또는 종래 탄질소 복합첨가 오스테나이트계 스테인리스강보다 니켈의 함량은 최소화하면서 고내식성의 우수한 기계적 특성을 나타냄으로써 기존의 오스테나이트계 스테인리스강을 대체하여 사용될 수 있다.

[0061] 이러한 본 발명의 범위는 상기에서 예시한 실시예에 한정하지 않고, 상기와 같은 기술범위 안에서 당업계의 통상의 기술자에게 있어서는 본 발명을 기초로 하는 다른 많은 변형이 가능할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0062] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 Fe-Cr-Mn계와 Fe-Cr-Mn-0.4C 합금계에서 온도 변화에 따른 질소고용도 변화를 나타낸 그래프이다.

[0063] 도 2는 본 발명에 의한 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강의 제조방법을 나타낸 제조 공정도이다.

[0064] 도 3은 본 발명에 의한 탄소(C)와 질소(N)가 복합첨가된 고강도·고내식성을 갖는 오스테나이트계 스테인리스강의 제조방법에서 일 단계인 질소함량조정단계를 세부적으로 나타낸 제조 공정도이다.

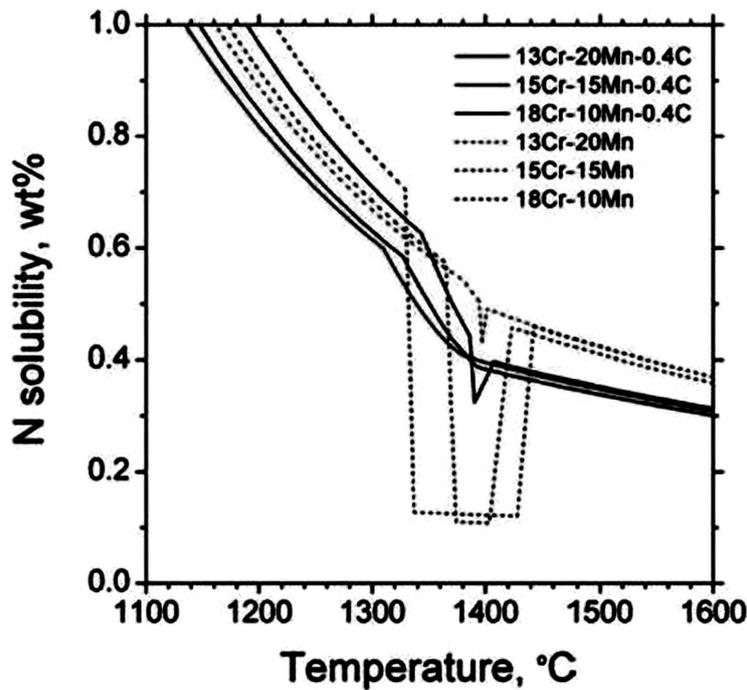
[0065] 도 4는 본 발명의 실시예 및 비교예의 공식 저항성을 비교한 그래프이다.

[0066] * 도 2, 도 3의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

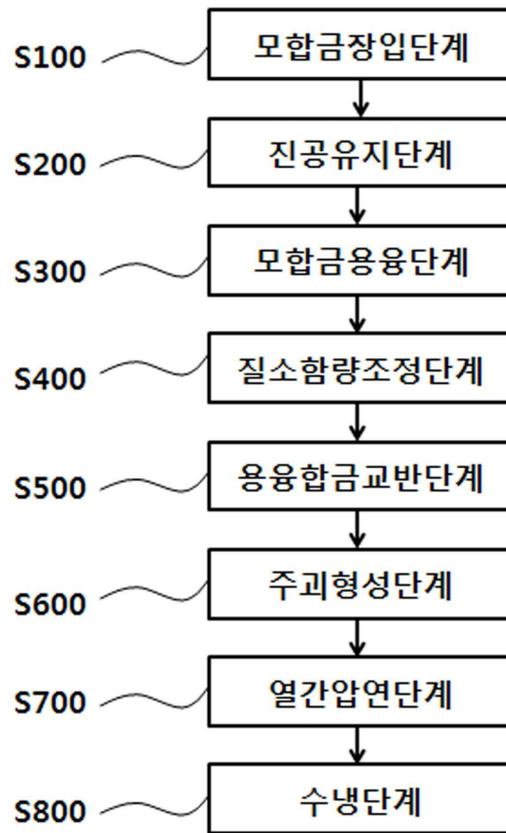
- | | |
|-----------------------|----------------|
| [0067] S100: 모합금장입단계 | S200: 진공유지단계 |
| [0068] S300: 모합금용융단계 | S400: 질소함량조정단계 |
| [0069] S420: 질소주입과정 | S440: 압력조정과정 |
| [0070] S500: 용융합금교반단계 | S600: 주괴형성단계 |
| [0071] S700: 열간압연단계 | S800: 수냉단계 |

도면

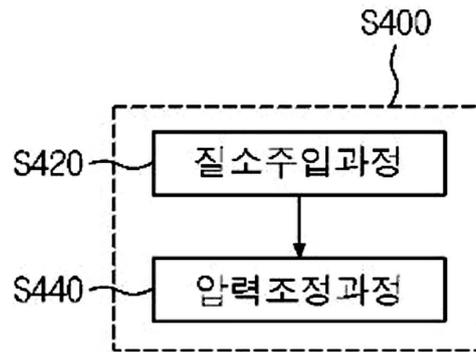
도면1



도면2



도면3



도면4

