



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년03월25일
(11) 등록번호 10-1024993
(24) 등록일자 2011년03월18일

(51) Int. Cl.

H01B 1/02 (2006.01) H01B 13/00 (2006.01)

H02G 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0071593

(22) 출원일자 2010년07월23일

심사청구일자 2010년07월23일

(56) 선행기술조사문헌

JP2003221615 A*

KR100538692 B1*

KR100358286 B1

KR100507904 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

(주)메탈링크

경기도 화성시 장안면 수촌리 266-1

(72) 발명자

구재관

경기도 군포시 산본동 삼성장미아파트 1139동
1301호

(74) 대리인

특허법인이지

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 장기완

(54) 고질소 강선 제조방법 및 이를 이용한 가공송전선

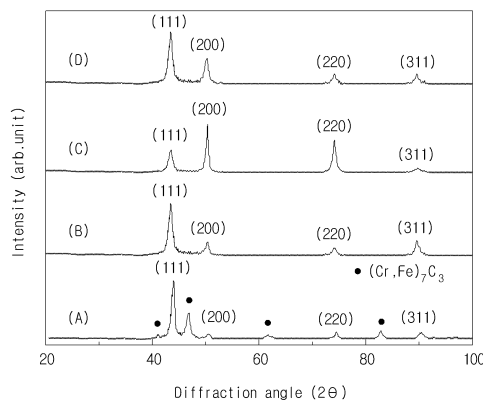
(57) 요약

비자성체인 고질소강 강선을 제조하는 방법과 그 고질소강 강선을 강심으로 채용한 가공송전선이 개시된다.

일 실시예에 따른 고질소강 제조방법은 가압형 진공유도용해로(VIM)를 사용하여 초기진공을 6×10^{-5} torr로 한 후 아르곤(Ar) 가스를 대기압까지 주입하는 단계와 다시 2차 진공을 6×10^{-5} torr로 한 다음 질소가스를 2기압으로 주입하고 질소강을 구성하는 합금 성분비가 Mn 25~ 35 (wt.%), Cr 25 ~ 35 (wt.%), Ni 10 ~ 20 (wt.%), C 0.5 ~1.0 (wt.%) Fe: 20 ~ 35 (wt.%)를 포함하여 용해시키는 단계를 포함한다.

이러한 방법으로 제조되는 고질소 강선은 12000ppm 이상의 질소함유율을 가지며 뛰어난 기계적 강도특성과 비자성 특성이 있으며 이를 이용하여 전력손실을 저감하여 송전용량을 증가시킨 비자성 강심 알루미늄 가공송전선을 제공한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

가압형 진공유도용해로에 질소강을 구성하는 합금성분을 투입하여 초기진공을 6×10^{-5} torr로 한 후 아르곤(Ar) 가스를 대기압까지 주입하는 제1단계 및 2차 진공을 6×10^{-5} torr로 한 다음 질소가스 분위기의 질소분압을 2기압으로 한 상태에서 상기 질소강을 구성하는 합금성분을 용해시키는 제2단계를 포함하며,

상기 질소강을 구성하는 합금 성분은 Mn 25~ 35 (wt.%), Cr 25 ~ 35 (wt.%), Ni 10 ~ 20 (wt.%), C 0.5 ~1.0 (wt.%), Fe: 20 ~ 35 (wt.%)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고질소 강선 제조방법.

청구항 4

가압형 진공유도용해로에 질소강을 구성하는 합금성분을 투입하여 초기진공을 6×10^{-5} torr로 한 후 아르곤(Ar) 가스를 대기압까지 주입하는 제1단계 및 2차 진공을 6×10^{-5} torr로 한 다음 질소가스 분위기의 질소분압을 2기압으로 한 상태에서 상기 질소강을 구성하는 합금성분을 용해시키는 제2단계를 포함하며,

상기 질소강을 구성하는 합금 성분은 Mn: 35 (wt.%), Cr: 25.4 (wt.%), Ni:15.5 (wt.%), C: 0.75 (wt.%), Si: 0.92 (wt.%), Fe: 21 (wt.%)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고질소 강선 제조방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,

상기 고질소 강선의 질소의 농도는 12,000ppm 이상인 것을 특징으로 하는 고질소 강선 제조방법.

청구항 6

다수의 고질소 강선이 연선되어 구성되는 강심 및 상기 강심을 감싸는 도체를 구비하며, 상기 고질소 강선의 합금 성분비가 Mn: 25~ 35 (wt.%), Cr: 25 ~ 35 (wt.%), Ni: 10 ~ 20 (wt.%), C: 0.5 ~1.0 (wt.%) Fe: 20 ~ 35 (wt.%)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선.

청구항 7

다수의 고질소 강선이 연선되어 구성되는 강심 및 상기 강심을 감싸는 도체를 구비하며, 상기 고질소 강선의 합금 성분비가 Mn: 35 (wt.%), Cr: 25.4 (wt.%), Ni: 15.5 (wt.%), C: 0.75 (wt.%) Si: 0.92 (wt.%), Fe: 21 (wt.%)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 고질소 강선의 질소의 농도는 12,000ppm 이상인 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선.

청구항 9

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 고질소 강선의 인장강도는 $210(\text{kg}/\text{mm}^2)$ 이면서 투자율은 1.03 이하인 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선.

청구항 10

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 도체는 다수의 사다리꼴 형의 알루미늄 소선으로 상기 강심을 원통형으로 감싸는 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 사다리꼴 형의 알루미늄 소선 들은 다층으로 형성되는 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 사다리꼴 형의 알루미늄 소선 들의 양 측면은 오목한 부분과 볼록한 부분을 포함하며, 인접되는 소선 들이 볼록한 부분과 오목한 부분이 서로 밀접하게 접촉하여 형성한 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 알루미늄 소선 들은 다층으로 형성되며, 내층과 외층은 서로 반대방향으로 꼬임을 갖는 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 비자성체인 고질소강 강선을 제조하는 방법과 고질소강 강선을 강심으로 채용한 가공송전선에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래의 가공송전선으로 사용되는 강심알루미늄선(ACSR : Aluminum stranded conductors steel reinforced)은 송전선의 지지선 역할을 담당하는 강심소재로 연선했던 7가닥의 고탄소 강선이 사용되고 있다.

[0003] 고탄소 강선의 인장강도는 약 1,225~1,323MPa 정도 (약 $125\sim135\text{kgf}/\text{mm}^2$)의 특성치가 요구되고 있으며, 현재

통상적으로 고탄소 강선의 투자율은 4,000 이상으로 알려져 있으며, 즉 강자성체 특성이 있다.

- [0004] 가공송전선을 구성하는 핵심소재는 전선의 강도를 유지시켜 주는 강심과 전류수송을 담당하는 알루미늄 도체로 이루어져 있다.
- [0005] 송전 시 발생하는 전력손실은 알루미늄 도체에서 발생하는 전류에 의한 전기저항손과 교류전류에 의해 강자성체인 강심에서 유도되는 자성체 특유의 철손(Core loss)과 와전류손(Eddy current loss)으로 이루어진다.
- [0006] 특히, 통전 중에 강심에서 유도되는 자기장은 알루미늄 도체에서의 전류 흐름을 방해하여 유효전기저항을 증가시켜 알루미늄 도체에서의 전기 저항손을 더욱 증가시키는 결과를 초래한다.
- [0007] 그리고 알루미늄 도체에서 발생하는 전기 저항손과 강자성체인 강심에서 발생하는 철손 및 와전류손은 모두 주울(Joule) 열로 방출된다.
- [0008] 가공송전선에서 발생하는 전력손실은 송전효율을 감소시킬 뿐만 아니라 주울 열로 변환되어 방출되기 때문에 결국에는 송전선 자체 온도를 증가시키는 요인이 된다.
- [0009] 이러한 송전선에서의 과도한 온도상승은 송전선의 안정성에 치명적인 해를 끼치게 된다.
- [0010] 그러므로 가공송전선의 저손실화는 전력손실을 줄이기뿐만 아니라 전력수송의 안정성에도 대단히 중요한 과제이다.
- [0011] 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 비자성체인 질소강인 오스테나이트계 스테인리스강을 강심으로 채용하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.
- [0012] 지금까지 기술한 저손실화 방안을 고려하며, 가공송전선에서의 전력손실을 저감시키기 위해서는 강심의 면적을 최소화할 수 있도록 가능한 고강도의 강선을 적용하는 것이 유리하다.
- [0013] 현재 개발된 질소강의 고질소강의 경우 질소의 농도가 2000ppm ~ 2,300ppm 정도로서, 인장강도 1800Mpa이다.
- [0014] 인장강도가 높고 투자율이 1에 가까울수록 비자성체가 되어 강심의 단면적을 줄일 수 있기 때문에 전기 저항손을 더 줄일 수 있고 또한 결과적으로 동일한 굵기에서는 그 외곽을 감싸는 알루미늄 도체의 단면적을 더 증가시킬 수 있으므로 비자성체를 이용한 알루미늄 송전선(ACNMSS(Aluminum Conductor Stranded Non-Magnetic Steel Support Overhead Conductor))은 전선용량이 많이 증가하게 된다.
- [0015] 현재 세계적으로 공업화된 제조방법으로는 PESR(Pressurized Electroslag Remelting)법과 Plasma Arc Remelting 법이 있다. PESR법은 주원료로 Si_3N_4 슬래그를 사용하며, 용해로 내의 압력을 42기압이라는 초고압을 인가시켜 제조하는 방법으로 수천 ppm이상의 대량의 질소를 함유시킬 수 있으나, batch당 용해량에 제한이 있어 상대적으로 길이가 긴 송전선의 강심선 소선의 제작용도로는 적합하지 않게 된다.
- [0016] 그리고 Plasma Arc Remelting은 질소분위기하에서 초고온의 Arc Plasma에 의해 합금을 용해시키기 때문에 플라즈마에 의해 해리된 질소 단원자가 용탕 내로 침투하여 질소의 농도를 높일 수 있으나, 해리에 의해 녹아 들어가는 질소의 양은 1,000 ~ 2,000ppm을 넘지 못하며 오히려 가스원소인 질소가 미처 합금 내에 고용되지 못하고 증발하여 버리기 때문에 합금 내에 질소의 농도를 일정량 이상 높일 수 없는 단점이 있다.
- [0017] 유도 용해로는 강심선 제조에 많이 쓰이고 있으나, 질소는 가스원소이기 때문에 통상의 합금제고 공정에서는 어느 정도 이상의 양을 합금 내에 함유시키는 것이 용이하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명은 가압형 유도용해로 공정에 의해 고질소 강선을 제조하는 방법 및 이를 이용하여 손실을 저감하여 용량을 증가시킨 가공송전선을 제공하는 것에 그 목적이 있다.

- [0019] 본 발명은 또 다른 목적은 가압형 유도용해로와 합금철을 이용하여 대량의 질소를 모합금 내에 고용시킨 오스테나이트 스테인리스강을 제조하는 것에 있다.
- [0020] 본 발명은 또 다른 목적은 비자성강을 강심으로 적용하여 용량을 증가시키고 손실을 줄일 수 있는 송전선을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0021] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 가압형 진공유도용해로(VIM)를 사용하여 초기진공을 6×10^{-5} torr로 한 후 아르곤(Ar) 가스를 대기압까지 주입하는 제1단계; 2차 진공을 6×10^{-5} torr로 한 다음 질소가스를 2기압으로 주입하고 질소강을 구성하는 합금성분을 포함하여 용해시키는 제2단계를 포함하여 제조되는 고질소 강선 제조방법이 제공된다.
- [0022] 여기서, 상기 질소강을 구성하는 합금 성분은 Mn 25~ 35 (wt.%), Cr 25 ~ 35 (wt.%), Ni 10 ~ 20 (wt.%), C 0.5 ~1.0 (wt.%) Fe: 20 ~ 35 (wt.%)를 포함한다.
- [0023] 또한, 상기 질소강을 구성하는 합금 성분은 Mn 35 (wt.%), Cr 25.4 (wt.%), Ni 15.5 (wt.%), C 0.75 (wt.%) Si 0.92 (wt.%)Fe: 20 (wt.%)를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 고질소 강선의 질소의 농도는 12,000ppm 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0025] 본 발명의 다른 일측면에 따르면, 다수의 고질소 강선이 연선되어 구성되는 강심 및 상기 강심을 감싸는 도체를 구비하며, 상기 고질소 강선의 합금 성분비가 Mn 25~ 35 (wt.%), Cr 25 ~ 35 (wt.%), Ni 10 ~ 20 (wt.%), C 0.5 ~1.0 (wt.%) Fe: 20 ~ 35 (wt.%)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고질소 강선을 이용한 가공 송전선이 제공된다.
- [0026] 본 발명의 일실시예에 따른 고질소 강선의 인장강도는 $210(\text{kg/mm}^2)$ 이면서 투자율은 1.03 이하인 것을 특징으로 한다.
- [0027] 본 발명의 일실시예에 따른 도체는 다수의 사다리꼴 형의 알루미늄 소선 또는 양 측면이 오목한 부분과 볼록한 부분을 포함하는 것으로서, 강심을 원통형으로 감싸는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 일실시예에 따르면, 통상적인 유도용해로를 이용하여 합금성분을 개선하여 고질소를 함유시킨 오스테나이트 스테인리스강의 제조를 위한 용해공정 제공함으로써, 12,000ppm 정도의 질소 함유량을 가지며, 뛰어난 기계적 특성과 비자성 특성을 가지면서 안정된 오스테나이트 조직을 가지는 스테인리스강을 제조할 수 있는 효과가 있다.
- [0029] 비자성 특성을 가지는 고질소강을 송전선의 내부 강심선으로 적용하여, 교류전류에 의해 강선에서 유기되는 와전류 손실을 줄임으로써 송전선의 전력손실을 저감시킨 대용량 저손실 송전을 할 수 있는 효과가 있다.

[0030] 본 발명의 일실시예인 사다리꼴인 도체는 동일한 전선 외경에서도 도체의 단면적을 증가시킴으로써, 송전 용량을 증가시키고 도체 사이의 접촉 면적을 증가시켜 진동 피로 특성을 개선시키는 효과가 있다.

[0031] 본 발명의 일실시예에 따른 비자성체인 고질소강의 강심을 사용하였기 때문에 철손이 줄고 인장강도가 높아졌기 때문에 강심 단면적을 줄일 수 있고, 그로 인해 동일한 외형 굵기에서 알루미늄 도체의 단면적이 그만큼 증가되어 대용량 저손실형 전선을 제공할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 고질소강 주조상태의 시편의 X-선 회절분석한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 질소강 강선을 주위에 사다리꼴 도체를 형성한 가공송전선의 단면을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 질소강 강선을 주위에 요철형 사다리꼴 도체를 형성한 가공송전선의 단면을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 오스테나이트계 스테인리스강은 페라이트, 마르텐사이트계에 비해 내식성이 우수하며 고온, 저온에서의 기계적 성질이 양호하다. 또 내충격성이 좋으며 냉간인발, 성형, 용접이 쉽고, 고온에서는 크립강도가 크고 저온에서는 인성이 양호한 특성을 가지고 있다.

[0034] 오스테나이트계 스테인리스강의 여러 특성 중에서 실용상 가장 중요한 특성은 무엇보다도 비자성 특성을 꼽을 수 있다. 이는 다른 스테인리스강에서는 얻을 수 없는 독특한 성질로 이를 이용하여 각종 전기전자기기의 핵심 부품소재로도 널리 사용되고 있다.

[0035] 그리고 가공성이 우수하여 각종 선재 뿐만 아니라 직경 수십 μm 의 극세선의 제조가 가능하며 각종 필터로 사용되고 있다.

[0036] 그러나 오스테나이트계 스테인리스강은 페라이트계, 마르텐사이트계에 비해 기계적 강도가 낮아, 여러 뛰어난 특성을 보유하고 있음에도 불구하고 응용에 한계가 있었다. 이를 극복하기 위하여 제안된 방법이 질소를 첨가시키는 것이다.

[0037] 질소는 오스테나이트 조직을 안정화시키면서도 기계적 강도를 획기적으로 향상시킬 수 있는 매우 효과적인 첨가 원소이다. 질소의 고용량이 증가하면 강도특성 또한, 비례적으로 증가하기 때문에 가능한 질소를 다량 함유시키는 것이 유용하다.

[0038] 그러나 질소는 가스원소이기 때문에 어느 정도 이상의 양을 합금 내에 함유시키는 것이 용이하지 않다.

[0039] 이 건 발명의 목적을 달성시키기 위한 일실시예 들은 다음과 같다.

[0040] 일실시예에서 사용되는 용해설비로는 재료 자체의 와전류 손실열을 이용하는 유도식 용해로를 채택하였다.

[0041] 각각의 첨가원소들은 각기 다른 용점과 증발온도를 가지기 때문에 고온의 열원을 갑자기 투입하면, 용점이 낮은 금속이 먼저 녹아 증발하기 때문에 합금조성의 제어가 매우 어렵다. 특히 질화물의 경우는 용해시 질소가스의 증발이 급격히 발생하게 되는데, 유도식 용해로는 재료 자체의 와전류 손실열을 이용하기 합금조성의 제어가 용이한 점이 있다.

[0042] 질화합금을 기본원료로 장입하여 용해할 경우에는 질화합금이 용해된 후 발생하는 질소가스의 증발을 최대한 억제하기 위해서는 어느 정도 가압할 필요가 있다.

[0043] 본 발명의 일실시예에서는 가압력을 1기압에서 2기압 이상으로 가압하여 실시한 결과 2기압에서 12,100ppm 이상

의 질소함유율 값을 얻었다. 2기압 보다 더 가압하게 되면 질소 함유율은 높일 수 있으나 가압설비비용이 상대적으로 증가하게 되며, 연신율이 3.2% 이하로 떨어지게 되어 송전선용 강심선 용도로는 적합하지 않게 된다.

- [0044] 다음, 유도로에 의한 고질소강의 제조방법합금의 제조방법에 대한 일실시예이다.
- [0045] 제1단계로 가압형 진공유도용해로(VIM)의 도가니에 질화합금철과 금속원료를 소정의 성분비로 투입한 다음 초기 진공 6×10^{-5} torr로 한 후 청정한 용해분위기를 조성하기 위해 아르곤(Ar) 가스를 대기압까지 주입한다.
- [0046] 제2단계에서는 다시 2차 진공을 6×10^{-5} torr로 한 다음 질소가스 분위기의 질소분압을 2기압으로 한 상태에서 상기 원료들을 용해하여 고질소강을 제조한다.
- [0047] 이때 고농도의 질소를 함유한 합금을 얻기 위해 질소가스와 장입원료로 질화크롬 합금철(6wt.% N)을 사용하였으며 질소의 분압을 0기압, 1기압, 1.5기압, 2기압으로 변화시켜 다양한 농도의 질소를 함유하는 고질소강을 제조하였다. 제조된 합금의 성분분석은 ICP를 사용하였으며 질소의 분석은 가스분석기를 사용하였고 분석결과를 표 1에 나타내었다.
- [0048] 질소를 다량 함유시키기 위해서는 질소의 용해도를 높일 수 있는 첨가원소들을 다량 투입하는 것이 바람직하다. 본 발명의 일실시예에서는 다음과 같은 원소들을 아래와 같은 조성범위에서 첨가하여 질소의 용해도를 증가시켰다.
- [0049] 여기서, 질소강의 주요 합금 성분 중 탄소(C)는 신선 가공 후의 강도를 확보하기 위하여 0.5wt.% 이상 첨가된다. 0.5wt.%이하에서는 강심용 강도에 미치지 못하게 되고, 1.0wt.% 이상 첨가하게 되면 고용화열처리 후 냉각과정에서 탄화물을 석출시켜 연성을 저하시키게 된다.
- [0050] 그리고 상기 질소강의 주요 합금성분 중 망간(Mn)은 오스테나이트 생성원소로써 질소의 고용량을 현저히 증가시키는 원소이다. 투자율이 1에 접근하도록 비자성을 유지하도록 하기 위해서 망간(Mn)을 25wt.% 이상 첨가할 필요가 있다. 25wt.% 이하가 되면 질소함유율을 높여도 투자율이 높아진다. 그러나 40wt.%이상 첨가시에는 열간가공성, 내식성이 저하되어 가공선의 강심용으로는 적합하지 않게 된다.
- [0051] 그리고 상기 질소강의 주요 합금성분 중 니켈(Ni)은 오스테나이트 생성원소로써 오스테나이트 상을 안정화시킨다.
- [0052] 냉간 가공 후 비자성, 연성을 확보하기 위하여 니켈(Ni)을 10wt.% 이상 첨가한다. 10wt.% 미만에서는 오스테나이트 상이 불완전한 형태를 띠게 된다. 20wt.% 이상에서는 목적인 연성 외에 냉간 가공 후 강도를 저하시키고 비용 상승 문제가 따른다.
- [0053] 그리고 상기 질소강의 주요 합금 성분 중 크롬(Cr)은 오스테나이트강에서 질소 고용량을 증가시키고 내식성 향상에 기여하는 원소일 뿐만 아니라 페라이트 생성원소이다. 따라서, 최소한 크롬(Cr)을 25wt.% 이상 첨가한다. 25wt.% 미만이 되면 전체 합금의 질소 함유율이 2기압 이상에서 가압을 하여도 12000ppm 이하로 떨어지게 된다. 35wt.% 이상에서는 사용 목적에 비하여 열간 가공성을 떨어뜨리고 고용화 열처리 후 연성을 떨어뜨리게 된다.
- [0054] 따라서, 이상을 정리하면 일실시예에서 적용한 성분원소와 조성범위는 다음과 같다.
- [0055] Mn : 25 (wt.%) $\leq$ X $\leq$ 35 (wt.%)
- [0056] Cr : 25 (wt.%) $\leq$ X $\leq$ 35 (wt.%)
- [0057] Ni : 10 (wt.%) $\leq$ X $\leq$ 20 (wt.%)
- [0058] C : 0.5 (wt.%) $\leq$ X $\leq$ 1.0 (wt.%)
- [0059] Fe : 20 (wt.%) $\leq$ X $\leq$ 35 (wt.%)

[0060] 용탕에 혼입되는 다량의 질소는 기본원료로 사용하는 질화합금으로부터 확보할 수 있으며, 상기의 합금설계 방법을 이용하여 고질소를 함유시킨 오스테나이트 스테인리스강 제조를 위한 용해공정 개발을 시도하여, 최대 12,000ppm 정도를 합금 내에 고용시키는 데 성공하였다.

[0061] 용융 Fe계 합금에서 질소의 용해도는 질소와 첨가 원소들 간의 상호작용(interaction)에 의해서 결정된다. 모든 원자 간의 상호작용은 양(+) 또는 음(-)의 반응열을 수반하는 화학반응이며, 반응의 정도는 반응열의 부호와 크기로 설명될 수 있다. 원자들 간의 반응 즉 상호작용 정도는 상호작용조계수(interaction parameter)로부터 예측할 수 있다.

[0062] 지금까지 수많은 연구에 의해서 용융 Fe계 합금에서의 질소 용해열(반응열)이 상호작용조계수 ($e_N^{(j)}$)(interaction parameter)에 비례한다는 사실이 밝혀져 질소 용해도와 상호작용조계수는 아래와 같은 관계를 가지고 있다.

$$\log [\%N] = -\frac{188}{T} - 1.25 - \left[\frac{3280}{T} - 0.75 \right] \sum_j e_N^{(j)} [\%j] \quad [0063]$$

[0064] 본 발명의 일실시예에서 사용한 첨가원소들과 질소와의 상호작용에 의해서 질소의 고용도가 결정되며, 나아가 용해중 고압의 질소를 인가하여 주기 때문에 증발하는 질소가스를 최대한 억제할 수 있어 용탕중 질소의 고용도를 극대화할 수 있다.

[0065] 본 발명의 일실시예에 따른 제조방법을 통하여 아래와 같은 합금조성을 선정하여 질소의 함유량을 조사하였다. 합금의 기본성분은 Fe-Mn-Cr-Ni-N계로 하였으며, 이 중에서 가능한 많은 질소를 함유시키기 위하여 다량의 Mn을 첨가하였다.

[0066] 용해시 증발하는 질소가스를 억제하기 위하여 0기압에서 2기압까지의 질소압을 인가하여 질소의 고용도 변화를 조사하였다.

[0067] 본 발명의 또 다른 일실시예에서는 표1의 d와 같이 Fe: 21wt.%, Mn: 35wt.%, Cr: 25.4wt.%, Ni: 15.5wt.% C: 0.75 wt.% Si: 0.92 wt.% 를 기본조성으로 하는 합금계를 사용하여 연신율 3.2% 이상을 유지하면서 12,100ppm 의 질소 농도를 가진 질소강을 제조하였다.

[0068] 이때 고농도의 질소를 함유한 합금을 얻기 위해 원재료는 질화크롬 합금철(6wt.% N)을 사용하였으며 질소의 분압을 0기압, 1기압, 1.5기압, 2기압으로 변화시켜 다양한 농도의 질소를 함유하는 고질소강을 제조하였다. 제조된 합금의 성분분석은 ICP를 사용하고, 질소의 분석은 가스분석기를 사용하여 분석결과를 표 1에 나타내었다.

[0069] 주조상태에서의 응고조직을 조사하기 위하여 광학현미경 관찰을 하였으며 X-선 회절기(XRD)를 사용하여 상분석을 행하여 본 발명에서 필요로 하는 오스테나이트 조직이 얻어졌는가를 조사하여 도 1과 같은 결과를 얻었다.

[0070] 질소를 합금 내에 고용시킴에 따라 오스테나이트 조직을 안정화시킬 수 있으며 나아가 비자성 특성과 고강도 특성을 동시에 달성할 수 있게 된다. 그러므로 본 발명에서 가장 중요한 사항은 제조된 합금의 미세 조직이 100% 오스테나이트 조직을 가져야 하는 것이다.

표 1

[0071]

제조된 시편의 성분 분석(wt%)

	Fe	Mn	Cr	Ni	N	C	Si	PN2 (atm)
A	Bal.	35.1	24.5	14.9	-	0.53	0.98	0.0
B	Bal.	34.9	25.3	14.3	1.15	0.63	0.79	1.0
C	Bal.	34.8	24.1	15.6	1.18	0.80	0.79	1.5
d	Bal.	35.0	25.4	15.5	1.20	0.75	0.92	2.0

표 2

[0072]

제조된 시편의 기계적 특성 및 투자율특성

	인장강도 (kg/mm ²)	항복강도 (kg/mm ²)	연신율(%)	투자율
A	110	95	5.0	< 1.5
B	190	165	3.8	< 1.05
C	200	170	3.5	< 1.04
D	210	180	3.2	< 1.03

[0073]

현재 개발 중인 고질소강의 경우 질소의 농도가 최대 2,300ppm(0.23wt.%) 정도이지만 본 발명의 일실시예에서 제조된 합금에서의 질소의 농도는 질소의 분압이 증가함에 따라 점차적으로 증가하여 질소분압이 2기압인 경우 12,100ppm 이라고 하는 매우 높은 질소 함유량을 나타내었다.

[0074]

또한, 인장강도는 210(kg/mm²)의 높은 기계적 특성을 가지고 있으므로 송전선로에 사용되는 강심선의 경우, 동일한 기계적인 조건에서 단면적을 줄일 수 있게 된다.

[0075]

통상 가공송전선에 있어서 인장강도 125(kg/mm²)의 강심선의 경우 4% 정도의 연신율이 요구되며, 인장강도가 높아지게 되면 요구되는 연신율은 더 낮아질 수 있다.

[0076]

본 발명의 일실시예에 따른 강선의 인장실험에서는, D 타입인 인장강도 210(kg/mm²)에서는 3.2% 정도의 연신율만 가져도 종전의 인장강도 125 (kg/mm²) 연신율 4%의 강선과 파단이나 소성변형 등에서 동일한 안전율을 유지하였다.

[0077]

따라서, 본 발명의 일실시예에 따른 고질소강의 강선은 강심 알루미늄 가공송전선의 강심선용으로 사용하기에 적합한 기계적 특성을 가지면서 인장강도가 더 향상되고 철손을 줄일 수 있는 저손실의 비자성체의 특성을 가지게 된다.

[0078]

본 발명의 일실시예에서 기존의 합금소재보다 이처럼 높은 질소의 농도를 나타내는 것은 모합금 용해제조시 질소를 대기압 이상으로 가압하였고 질화크롬 합금철을 원재료로 사용한 것 이외에 질소의 고용도를 높이는 Mn이 다량으로 함유되어 있기 때문이라고 판단된다.

[0079]

한편, 질소는 오스테나이트 조직을 안정화시키는 원소로 알려져 있다. 주조상태의 시편을 X-선 회절을 이용하여 분석한 결과를 도 1에 나타내었다.

[0080]

도 1에서 보는 바와 같이 오스테나이트 안정화 원소인 Mn, Ni 이외에 질소가 고농도로 함유된 합금(합금 B, C, D)에서는 단상의 오스테나이트 조직(111, 200, 220, 311의 회절피크는 오스테나이트가 가지는 전형적인 결정구조임)만이 나타났으며, 질소가 함유되지 않은 합금(합금 A)에서는 오스테나이트 조직 이외에 다른 상이 존재함을 알 수 있다.

- [0081] 합금 A에서 흑점으로 표시된 상은 (크롬, 철)탄화물((Cr, Fe)₇C₃)으로 동정되었다.
- [0082] 따라서 본 발명의 일실시예에서 개발한 용해 제조공정은 수천 ppm ~ 12000 ppm 이상의 고질소 오스테나이트 스테인리스강을 제조하는데 대단히 유용한 공정임을 알 수 있다.
- [0083] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 질소강을 사용하여 저손실형이면서 송전용량을 증대할 수 있는 강심 알루미늄 전선을 도시한 것으로서, 고 질소강 강선을 주위에 사다리꼴 도체를 형성한 가공송전선의 단면을 도시한 도면이다.
- [0084] 일실시예에 따른 가공송전선은, 질소강의 재질로 된 다수의 강선(1)이 연선되어 있는 강심(11) 및 상기 강심(11)을 외부에서 감싸고 있는 알루미늄 도체(12)를 구비한다.
- [0085] 일실시예에 따른 강심(11) 주위에는 도체들(12, 13)의 모양이 사다리꼴 형의 도체(Trapezoidal wire)들이 다층 구조로 연선되며 강심을 원통형으로 감싸는 구조이다.
- [0086] 본 발명의 일실시예에 따른 고질소강의 강심을 적용하면 강심(11)의 단면적을 줄일 수 있고, 그로 인해 동일한 외형 굵기에서 알루미늄 도체(12, 13)의 단면적이 그만큼 증가 될 수 있다.
- [0087] 또한, 사다리꼴인 도체는 동일한 전선 외경에서도 종래의 원형의 도체보다 도체의 단면적을 증가시킴으로써, 송전 용량을 증가시키고 도체 사이의 접촉 면적을 증가시켜 진동 피로 특성을 개선시킬 수 있게 된다.
- [0088] 상기 알루미늄 도체(11, 12)는 일정 두께로 된 다수의 사각형의 알루미늄 소선이 상기 강심(11)을 원통 형태로 감싸고 있는데, 상기 강심(11)을 다층으로 겹겹이 감싸고 있다.
- [0089] 도 2에 도시된 일실시예에서는 다층을 이루는 내부도체(11)와 외부도체(12)를 서로 반대 방향으로 꼬임을 형성하여 가공 송전선에서 외부 조건에 따른 신축율의 불균형을 방지할 수 있도록 하였다.
- [0090] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 질소강 강선을 주위에 요철형 사다리꼴 도체를 형성한 저손실형이면서 송전 용량을 증대할 수 있는 가공송전선의 단면을 도시한 도면이다.
- [0091] 도 2의 사다리꼴 형의 도체를 이용한 가공 송전선의 경우, 인접되는 사다리꼴 형의 도체들이 완벽하게 접촉되지 않기 때문에 도체의 외층을 따라 계단 모양의 홈이 형성될 가능성이 높게 된다.
- [0092] 도 3의 일실시예에서는 밀착성을 더 높이기 위하여 사다리꼴 형의 도체의 양 측면은 볼록 부분과 오목 부분으로 구분되고, 볼록 부분과 오목 부분이 서로 밀접하게 접촉되도록 형성된다.
- [0093] 이 경우 볼록 부분과 오목 부분이 서로 맞물려 쉽게 이탈되지 않으며 수분 침투도 방지하는 효과가 있다.
- [0094] 도 2, 3은 본 발명의 일실시예에 따른 비자성체인 고질소강의 강선을 강심으로 사용하여 송전용량을 증대시킨 가공송전선의 일실시예이다.
- [0095] 고질소강의 강선을 강심으로 사용한 가공송전선의 일실시예에서는 비자성체인 강심을 채용하여 철손이 줄고 인장 강도가 높아졌기 때문에 강심(11)의 단면적을 줄일 수 있고, 그로 인해 전체 동일한 외형 굵기에서는 전류를 이송하는 알루미늄 도체(12, 13)의 단면적은 그만큼 증가시킬수 있게 된다.
- [0096] 따라서 본 발명의 일실시예에 따르면 종래의 송전선과 동일한 굵기에서 알루미늄 도체(20)의 단면적은 크게 증가하여 송전 용량이 증가되고, 단면적의 감소 및 비자성체에 따른 철손이 감소되어, 전체적으로 저손실이면서 송전용량을 더 증대할 수 있는 가공송전선을 제공할 수 있게 된다.

부호의 설명

[0097]

1. 고질소 강선

21, 11,: 강심

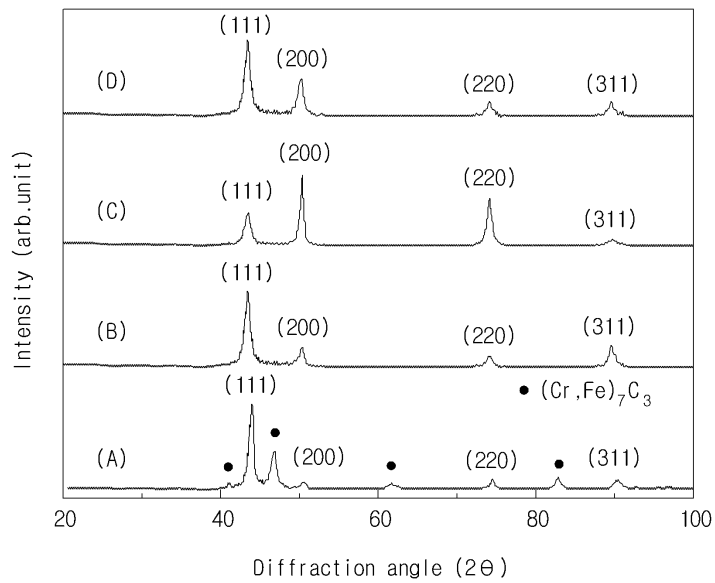
12, 13: 사다리꼴 형 도체

22, 23: 요철형 사다리꼴 도체

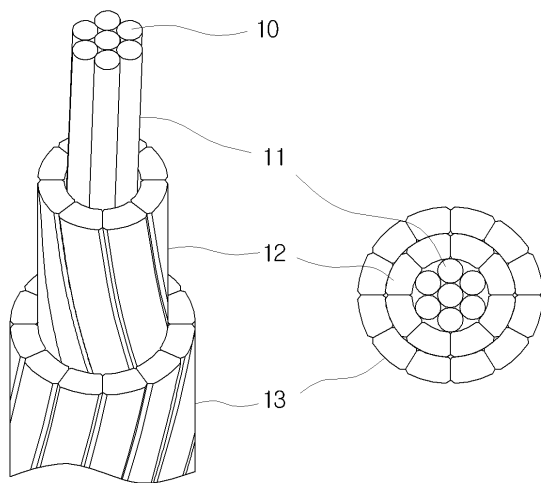
111, 200, 220, 311: 오스테나이트 조직을 가지는 회절 피크

도면

도면1



도면2



도면3

