(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0065964
(43) 공개일자 2020년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/02 (2006.01) *C21D 8/12* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/04* (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) *C22C 38/42* (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/02 (2013.01)
C21D 8/1222 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0152942
(22) 출원일자 2018년11월30일
심사청구일자 2018년11월30일

(71) 출원인
주식회사 포스코
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)
(72) 발명자
이계만
서울특별시 성북구 종암로24길 35(종암동, 종암2차SK뷰아파트) 204동 601호
(74) 대리인
특허법인세림

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강 및 그 제조 방법**

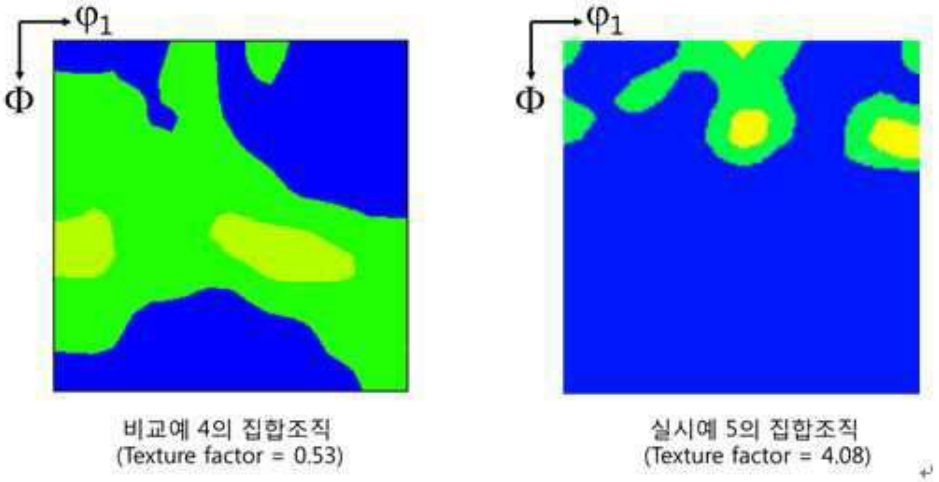
(57) 요 약

자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강이 개시된다. 개시된 페라이트계 스테인리스강은 중량%로, C: 0.01% 이하(0은 제외), N: 0.01% 이하(0은 제외), Cr: 11 내지 30%, Ni: 1.0% 이하(0은 제외), Mn: 1.0% 이하(0은 제외), Cu: 1.0% 이하(0 제외), Si: 1.0% 이하(0 제외), Mo: 1.0% 이하(0 제외), Al: 0.1% 이하(0 제외), 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 식 (1)을 만족하는 것을 특징으로 한다.

식 (1): Texture factor: $V_{\{001\}}/V_{\{111\}} \geq 1.0$

(여기서, $V_{\{001\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {001} 집합조직의 부피분율을, $V_{\{111\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {111} 집합조직의 부피분율 의미한다.)

대 표 도 - 도3



비교예 4의 집합조직
(Texture factor = 0.53)

실시예 5의 집합조직
(Texture factor = 4.08)

(52) CPC특허분류
C21D 8/1233 (2013.01)
C21D 8/1261 (2013.01)
C22C 38/001 (2013.01)
C22C 38/04 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/42 (2013.01)
C22C 38/44 (2013.01)
C21D 2211/005 (2013.01)
C22C 2202/02 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

중량%로, C: 0.01% 이하(0은 제외), N: 0.01% 이하(0은 제외), Cr: 11 내지 30%, Ni: 1.0% 이하(0은 제외), Mn: 1.0% 이하(0은 제외), Cu: 1.0% 이하(0 제외), Si: 1.0% 이하(0 제외), Mo: 1.0% 이하(0 제외), Al: 0.1% 이하(0 제외), 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 식 (1)을 만족하는 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강.

식 (1): Texture factor: $V_{\{001\}}/V_{\{111\}} \geq 1.0$

(여기서, $V_{\{001\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {001} 집합조직의 부피분율을, $V_{\{111\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {111} 집합조직의 부피분율 의미한다.)

청구항 2

제1항에 있어서,

하기 식 (2)를 만족하는 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강.

식 (2): γ_{max}: 420C+470N+23Ni+9Cu+10Mn+180-(11.5Cr+11.5Si+12Mo+52Al)

청구항 3

제1항에 있어서,

Cr: 14 내지 21%인 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강.

청구항 4

제1항에 있어서,

B_{50}이 0.5T 이상인 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강.

청구항 5

중량%로, C: 0.01% 이하(0은 제외), N: 0.01% 이하(0은 제외), Cr: 11 내지 30%, Ni: 1.0% 이하(0은 제외), Mn: 1.0% 이하(0은 제외), Cu: 1.0% 이하(0 제외), Si: 1.0% 이하(0 제외), Mo: 1.0% 이하(0 제외), Al: 0.1% 이하(0 제외), 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 열간 압연하는 단계;

상기 열간 압연재를 1,000℃ 이상 1,100℃ 미만의 온도범위에서 열연 소둔하는 단계; 및

상기 열간 압연재를 냉간 압연하는 단계;를 포함하는 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강의 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 냉간 압연재는 하기 식 (1)을 만족하는 자화특성이 향상된 페라이트 스테인리스강의 제조 방법.

식 (1): Texture factor: $V_{\{001\}}/V_{\{111\}} \geq 1.0$

(여기서, $V_{\{001\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {001} 집합조직의 부피분율을, $V_{\{111\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {111} 집합조직의 부피분율 의미한다.)

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 냉간 압연재는 하기 식 (2)를 만족하는 자화특성이 향상된 페라이트 스테인리스강의 제조 방법.

식 (2): γ_{max}: 420C+470N+23Ni+9Cu+10Mn+180-(11.5Cr+11.5Si+12Mo+52Al)

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 페라이트계 스테인리스강에 관한 것으로, 특히 집합조직을 제어하여 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 인덕션 렌지는 내부에 장착된 코일에 고주파 전류를 인가하여 전자기장으로 용기를 직접 가열하는 조리기기이다.

[0003] 가스레인지의 열 효율(용기 가열 효율)이 약 45%, 하이라이트의 경우에는 약 65% 정도인 반면, 인덕션 렌지의 열 효율은 90% 정도로 높아, 조리시간을 절약할 수 있다. 또한, 인덕션 렌지는 상판을 가열하는 방식을 채택하지 않아 안전하고, 눌러 붙지 않아 청소가 용이하여 최근 시장이 확대되고 있다.

[0004] 조리용 렌지 트렌드 변화에 대응하여 인덕션 용기용 소재 또한 동반 성장하고 있다. 인덕션 렌지는 자기유도를 통해 열을 발생시키므로 인덕션 용기용 소재는 자화특성이 요구된다. 주로 사용되는 소재는 주물강, 법랑강판, 페라이트계 스테인리스강이며, 최근에는 알루미늄판과 탄소강판 또는 페라이트계 스테인리스강판이 적층 구조를 형성하는 클래드판을 인덕션 용기용 소재로 사용하기도 한다.

[0005] 인덕션 렌지는 전류 코일에 의한 자기장으로부터 발생하는 와전류의 저항열을 주된 열원으로 사용한다. 와전류에 의해 발생하는 전력 P_{ec}는 다음과 같다.

[0006] $$Pec = \frac{10^{-9}\pi^2 B^2}{6} * \frac{t^2 f^2}{\rho}$$

[0007] 여기서 B: Magnetic flux density(자속밀도), t: thickness(시료두께), f: frequency(주파수), r: resistivity(전기비저항) 이다.

[0008] 와전류에 의해 발생하는 전력 Pec이 자속밀도의 제곱에 비례하므로, 인덕션 렌지를 쉽게 가열하기 위해서는 자속밀도를 최대화하는 것이 필수적이다.

[0009] 한편, 전기 모터용 소재로는 실리콘이 포함된 전기강판이 통상적으로 사용되지만, 내식성이 요구되는 환경에서는 체심입방형 구조(Body Centered Cubic Structure, BCC)의 강자성의 특성을 갖는 페라이트계 스테인리스강을 사용한다.

[0010] 하지만, 페라이트계 스테인리스강의 경우, 전기강판에 비해 자기적 성질이 열위하다. 따라서, 페라이트계 스테인리스강은 에너지 효율이 요구되는 양식기 소재/전기 모터용 소재로 적용하는데 제약이 있었다.

[0011] 따라서, 자화특성을 향상시켜 유도가열이 가능한 페라이트계 스테인리스강의 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 실시예들은 집합조직을 제어하여 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강 및 이의 제조 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강은, 중량%로, C: 0.01% 이하(0은 제외), N: 0.01% 이하(0은 제외), Cr: 11 내지 30%, Ni: 1.0% 이하(0은 제외), Mn: 1.0% 이하(0은 제외), Cu:

1.0% 이하(0 제외), Si: 1.0% 이하(0 제외), Mo: 1.0% 이하(0 제외), Al: 0.1% 이하(0 제외), 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하고, 하기 식 (1)을 만족한다.

[0014] 식 (1): Texture factor: $V_{\{001\}}/V_{\{111\}} \geq 1.0$

[0015] (여기서, $V_{\{001\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {001} 집합조직의 부피분율을, $V_{\{111\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {111} 집합조직의 부피분율 의미한다.)

[0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 하기 식 (2)를 만족할 수 있다.

[0017] 식 (2): γ_{max}: 420C+470N+23Ni+9Cu+10Mn+180-(11.5Cr+11.5Si+12Mo+52Al)

[0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, Cr: 14 내지 21%일 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, B_{50}이 0.5T 이상일 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 페라이트계 스테인리스강의 제조 방법은, 중량%로, C: 0.01% 이하(0은 제외), N: 0.01% 이하(0은 제외), Cr: 11 내지 30%, Ni: 1.0% 이하(0은 제외), Mn: 1.0% 이하(0은 제외), Cu: 1.0% 이하(0 제외), Si: 1.0% 이하(0 제외), Mo: 1.0% 이하(0 제외), Al: 0.1% 이하(0 제외), 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 열간 압연하는 단계; 상기 열간 압연재를 1,000℃ 이상 1,100℃ 미만의 온도범위에서 열연 소둔하는 단계; 및 상기 열간 압연재를 냉간 압연하는 단계;를 포함한다.

[0021] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 냉간 압연재는 하기 식 (1)을 만족할 수 있다.

[0022] 식 (1): Texture factor: $V_{\{001\}}/V_{\{111\}} \geq 1.0$

[0023] (여기서, $V_{\{001\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {001} 집합조직의 부피분율을, $V_{\{111\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {111} 집합조직의 부피분율 의미한다.)

[0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 냉간 압연재는 하기 식 (2)를 만족할 수 있다.

[0025] 식 (2): γ_{max}: 420C+470N+23Ni+9Cu+10Mn+180-(11.5Cr+11.5Si+12Mo+52Al)

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시예에 따르면, 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강 및 이의 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 페라이트계 스테인리스강의 집합조직에 따른 자기유도 변화를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 페라이트계 스테인리스강의 집합조직의 F 값의 변화에 따른 자화특성 변화를 나타내는 도면이다.

도 3은 실시예 및 비교예에 따른 최종 냉연 소둔재의 집합조직 분포(ODF)를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하에서는 본 발명의 실시 예를 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 이하의 실시 예는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 사상을 충분히 전달하기 위해 제시하는 것이다. 본 발명은 여기서 제시한 실시 예만으로 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 도면은 본 발명을 명확히 하기 위해 설명과 관계 없는 부분의 도시를 생략하고, 이해를 돕기 위해 구성요소의 크기를 다소 과장하여 표현할 수 있다.

[0029] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0030] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 예외가 있지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0031] 이하에서는 본 발명에 따른 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 페라이트계 스테인리스강

에 대해 설명한 후, 페라이트 스테인리스강의 제조방법에 대해 설명한다.

[0032] 결정 내부에 생성된 일정한 면과 방위를 가지는 배열을 집합조직(texture)이라고 하며, 이들 집합조직이 일정한 방향으로 발달한 양상을 집합조직 파이버(fiber)라고 한다. 결정의 집합성을 나타내는 집합조직은 자화특성과 밀접한 관계를 가지고 있다.

[0033] 한편 일련의 연속주조, 열간압연, 냉간압연 및 냉연소둔의 과정을 통해 생산되는 통상적인 페라이트계 스테인리스강에서는 집합조직 중 g-fiber의 분율이 높을수록 전체적인 가공성이 개선되는 것으로 알려져 있으나, 이러한 g-fiber 집합조직은 자화 용이방향을 전혀 포함하지 않아 자화특성이 요구되는 용도에 적합하지 않다.

[0034] 본 발명자들은 페라이트계 스테인리스 강재가 인덕션 용기용 소재로 사용될 때 자화특성을 향상 시키기 위하여 다양한 검토를 행한 결과, 자화 용이방향으로 배열된 방위를 가지는 결정립의 분율을 최대화하는 것이 중요하다는 지견을 얻을 수 있었다.

[0035] 상기 집합조직을 발달시키기 위해서는 합금성분과 함께 열연 소둔 조건을 제어함으로써 달성할 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 측면에 따른 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강은, 중량%로, C: 0.01% 이하(0은 제외), N: 0.01% 이하(0은 제외), Cr: 11 내지 30%, Ni: 1.0% 이하(0은 제외), Mn: 1.0% 이하(0은 제외), Cu: 1.0% 이하(0 제외), Si: 1.0% 이하(0 제외), Mo: 1.0% 이하(0 제외), Al: 0.1% 이하(0 제외), 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.

[0037] 이하, 본 발명의 실시예에서의 함금성분 함량의 수치 한정 이유에 대하여 설명한다. 이하에서는 특별한 언급이 없는 한 단위는 중량%이다.

[0038] C의 함량은 0.01% 이하(0은 제외)이다.

[0039] 탄소(C)는 침입형 고용강화 원소로서 페라이트계 스테인리스강의 강도를 향상시킨다. 다만 그 함량이 과도할 경우, 고온에서 오스테나이트 상을 형성하여 이후 냉각 중에 상변태하여 최종 제품에 마르텐사이트 상을 생성한다. 마르텐사이트 상은 자화특성을 저하시키므로, C의 상한을 0.01%로 한정할 수 있다.

[0040] N의 함량은 0.01% 이하(0은 제외)이다.

[0041] 질소(N)는 탄소와 마찬가지로 침입형 고용강화 원소로서 페라이트계 스테인리스 강의 강도를 향상시킬 뿐만 아니라, 오스테나이트상을 안정화시키는 원소로서 그 함량이 과도할 경우, 마르텐사이트 상을 생성하는 문제가 있어 그 상한을 0.01%로 한정할 수 있다.

[0042] Cr의 함량은 11 내지 30%이다.

[0043] 크롬(Cr)은 스테인리스강의 내식성 향상 원소 중 가장 많이 함유되어 기본이 되는 원소로, 내식성의 발현을 위해서는 11% 이상 첨가하는 것이 바람직하다. 다만 그 함량이 과도할 경우, 열연 시 치밀한 산화 스케일 생성으로 스티킹(Sticking) 결함이 발생하는 문제가 있고, 제조원가가 상승하는 문제가 있는 바, 그 상한을 30%로 한정할 수 있다. 바람직하게, Cr의 함량은 14 내지 21%일 수 있다.

[0044] Ni의 함량은 1.0% 이하(0 제외)이다.

[0045] 니켈(Ni)은 내식성을 향상시키나, 오스테나이트 형성 원소로 다량 첨가하게 되면 최종 제품 내에 오스테나이트 상을 생성한다. 오스테나이트 상은 면심입방형 구조(Face Center Cubic Structure, FCC)로 자화특성을 저하시키므로, Ni 의 상한을 1.0%로 한정할 수 있다.

[0046] Mn의 함량은 1.0% 이하(0 제외)이다.

[0047] 망간(Mn)은 니켈과 마찬가지로 오스테나이트 안정화 원소로서, 내식성의 측면에서 Ni를 대체하여 첨가할 수 있다. 다만, 그 함량이 과다할 경우, 오스테나이트 상을 생성하는 문제가 있어 그 상한을 1.0%로 한정할 수 있다.

[0048] Cu의 함량은 1.0% 이하(0 제외)이다.

[0049] 구리(Cu)는 니켈과 마찬가지로 오스테나이트 안정화 원소로서, 내식성의 측면에서 Ni를 대체하여 첨가할 수 있다. 다만, 그 함량이 과다할 경우, 오스테나이트 상을 생성하는 문제가 있어 그 상한을 1.0%로 한정할 수 있다.

[0050] Si 의 함량은 1.0% 이하(0 제외)이다.

[0051] 규소(Si)는 탈산을 위해 필수적으로 첨가되는 합금원소이며 강도와 내식성을 향상시키는 동시에, 페라이트 상을

안정하는 원소이다. 본 발명에서는 오스테나이트 상의 형성이 {001} 집합조직 형성 억제에 의해 자성에 악영향을 주므로 Si을 첨가하는 것은 유용하다. 다만, 그 함량이 과다할 경우, 취성이 증가하여 냉간가공이 어려울 수 있으므로 본 발명에서는 그 상한을 1.0%로 한정한다.

[0052] Mo 의 함량은 1.0% 이하(0 제외)이다.

[0053] 몰리브덴(Mo)는 고온강도와 내식성을 향상시키는 원소이며, 페라이트 안정화 원소이다. 본 발명에서는 오스테나이트 상의 형성이 {001} 집합조직 형성 억제에 의해 자성에 악영향을 주므로 Mo를 첨가하는 것은 유용하다. 다만, 그 함량이 과다할 경우, 원료비를 크게 증가시키므로 본 발명에서는 그 상한을 1.0%로 한정한다.

[0054] Al 의 함량은 0.1% 이하(0 제외)이다.

[0055] 알루미늄(Al)는 탈산을 위해 필수적으로 첨가되는 합금원소이며, 페라이트상 안정화 원소이다. 본 발명에서는 오스테나이트 상의 형성이 {001} 집합조직 형성 억제에 의해 자성에 악영향을 주므로 Al을 첨가하는 것은 유용하다. 하지만, 그 함량이 과다할 경우, 개재물 형성에 의해 재질 및 표면품질을 크게 저하하므로 본 발명에서는 그 상한을 0.1%로 한정한다.

[0056] 본 발명의 나머지 성분은 철(Fe)이다. 다만, 통상의 제조과정에서는 원료 또는 주위 환경으로부터 의도되지 않는 불순물들이 불가피하게 혼입될 수 있으므로, 이를 배제할 수는 없다. 불가피한 불순물로는 예를 들면, P(인), S(황) 등을 들 수 있다. 이들 불순물들은 통상의 제조과정의 기술자라면 누구라도 알 수 있는 것이기 때문에 그 모든 내용을 특별히 본 명세서에서 언급하지는 않는다.

[0057] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전술한 합금조성을 만족하는 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강은 하기 식 (1)을 만족할 수 있다.

[0058] 식 (1): Texture factor: $V_{\{001\}}/V_{\{111\}} \geq 1.0$

[0059] 여기서, $V_{\{001\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {001} 집합조직의 부피분율을, $V_{\{111\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {111} 집합조직의 부피분율 의미한다.

[0060] 일반적으로 결정질 재료에서, 자화특성(Magnetic Properties)은 결정방위에 영향을 받는다. 페라이트계 스테인리스강에서는 <100> 방향으로 자화가 가장 쉽고 <111> 방향으로는 자화가 가장 어려워, <100> 방향을 자화 용이방향, <111> 방향을 자화 곤란방향이라고 한다.

[0061] 따라서, 페라이트계 스테인리스강의 자화특성을 향상시키기 위해서는 자화 용이방향인 <100>로 배열된 방위를 가지는 결정립의 분율을 최대화하는 것이 중요하다.

[0062] 이러한 관점에서 본 발명은 집합조직을 정량화하기 위해, 상기 식 (1)와 같은 texture factor를 도입하였다.

[0063] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 페라이트계 스테인리스강의 집합조직에 따른 자기유도 변화를 나타내는 도면이다.

[0064] 도 1의 사각형은 집합조직을 표현하는데 가장 널리 사용되는 방위분포함수(Orientation Distribution Function, ODF)의 Φ2=45° 면을 나타낸 것이다.

[0065] 도 1을 참조하면, ODF의 상단 (Φ=0°)에는 {001}<110> 방위와 {001}<010>과 같이 {001} 면을 갖는 방위들이 배열되어 있으며, ODF의 중단 (Φ=55°)에는 {111}<110> 방위와 {111}<121>과 같이 {111} 면을 갖는 방위들이 배열되어 있다

[0066] 한편, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 페라이트계 스테인리스강의 집합조직의 Φ 값의 변화에 따른 자화특성 변화를 나타내는 도면이다.

[0067] 도 2를 참조하면, Φ는 0° 에서 최대의 자화특성을 나타내며, 55° 까지 증가함에 따라 자화특성이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한, Φ가 55° 부터 90° 까지 증가할 수록 자화특성이 다소 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0068] 도 1 및 도 2를 참조하면, 자화에 불리한 {111} 집합조직의 부피분율이 자화에 유리한 {001} 집합조직보다 강해지면 페라이트계 스테인리스 강판의 자기적 특성이 급격히 저하되는 것을 확인할 수 있다.

[0069] 즉 페라이트계 스테인리스 강에서 Texture factor가 클수록 자화특성을 향상시킬 수 있다. 따라서 본 발명에서

는 집합조직을 Texture factor 1.0 이상으로 제어하고자 한다.

[0070] 본 발명에서는 {001} 집합조직 분율 증가를 위하여 고온에서의 열연소둔이 필수적이다. 그런데, 열연소둔 과정에서에 형성된 오스테나이트상이 냉각 중에 페라이트로상으로 상변태가 발생할 경우 {001} 집합조직이 무질서화 될 수 있다. 따라서 열연소둔 중에 오스테나이트 상이 형성되지 않도록 합금성분을 관리할 필요가 있다.

[0071] 이를 위하여 본 발명에서는 스테인리스강에서 오스테나이트 형성 여부를 예측하는 다음 식 (2)을 이용하여 수치를 한정하였다.

[0072] 식 (2): γ_{max}: 420C+470N+23Ni+9Cu+10Mn+180-(11.5Cr+11.5Si+12Mo+52Al)

[0073] 식 (2)의 γ_{max} 값은 페라이트계 스테인리스 강에서 오스테나이트 형성양을 예측하는데 널리 사용된다. γ_{max} 값이 높은 성분계에서는 열연소둔을 위한 가열 중에 오스테나이트 상이 형성되어 {001} 집합조직 형성이 억제되므로 본 발명에서는 γ_{max} 값을 30 이하로 한정한다.

[0074] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 페라이트계 스테인리스강은 B_{50}값이 0.5T 이상이다. B_{50} 이란, 자화력 5000 A/m의 자기장에서 측정된 자속 밀도로, 자화특성을 나타내는 지표이다.

[0075] 상기 B_{50}값은 그 크기가 증가할수록 유도가열이 용이한바, 값이 클수록 유리하다. B_{50}이 0.5T 이하이면 인가되는 자기장에 비해, 자화가 용이하지 않아 에너지 효율이 감소하며, 인덕션 렌지에 사용 시 용기 가열 속도가 감소한다. 따라서 본 발명에서는 B_{50}을 0.5T 이상으로 제어하고자 한다.

[0076] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강을 제조하는 공정을 설명한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 자화특성이 향상된 페라이트계 스테인리스강의 제조 방법은 중량%로, C: 0.01% 이하(0은 제외), N: 0.01% 이하(0은 제외), Cr: 11 내지 30%, Ni: 1.0% 이하(0은 제외), Mn: 1.0% 이하(0은 제외), Cu: 1.0% 이하(0 제외), Si: 1.0% 이하(0 제외), Mo: 1.0% 이하(0 제외), Al: 0.1% 이하(0 제외), 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 열간 압연하는 단계; 상기 열간 압연재를 1,000℃ 이상 1,100℃ 미만의 온도범위에서 열연 소둔하는 단계; 및 상기 열간 압연재를 냉간 압연하는 단계;를 포함한다.

[0077] 합금성분 함량의 수치 한정 이유에 대한 설명은 상술한 바와 같다.

[0078] 상기의 조성을 포함하는 스테인리스강을 통상의 열간압연, 냉간압연 및 냉연소둔을 하여 최종 제품을 형성할 수 있다.

[0079] 이 때, 열간압연을 거친 페라이트계 스테인리스 강의 두께는 3 내지 6 ㎜일 수 있다.

[0080] 자화에 유리한 {001} 집합조직을 발달시키기 위해서는 냉간압연 전, 열간 압연재의 소둔시 온도 범위를 제어해야 한다. 이 때, 상기 열간 압연재는 연속 소둔로에서 1,000℃ 이상 1,100℃ 미만의 온도범위로 1 내지 5분간 유지하여 열연 소둔할 수 있다.

[0081] 열간 압연재를 고온에서 소둔할수록 결정립이 조대화되는데, 이 때 {001} 결정립들이 {111} 결정립들을 소비하며 성장한다. 따라서 고온에서의 열연판 소둔은 {111} 집합조직을 약하게하고 {001} 집합조직을 강하게 하는 효과가 있다. 구체적으로, 열연소둔의 온도가 높을수록 {001} 집합조직 분율을 증가시킬 수 있다.

[0082] 따라서 본 발명에서는 열간 압연재의 소둔 온도를 1,000℃ 이상으로 제어하는 것이 바람직하다. 하지만, 과도하게 높은 온도에서 열간 압연재를 소둔할 경우 결정립이 조대화되어 후속 냉간압연 중에 파단이 발생하는 문제가 있어, 소둔 온도 범위를 1,100℃ 미만으로 한정하고자 한다.

[0083] 이와 같이, 합금성분과 함께 열연소둔시 온도범위을 제어하여 냉간압연 및 냉연소둔을 거쳐 최종 냉연 소둔재를 제조할 경우, 파단을 일으키지 않는 범위에서 자화에 유리한 {001} 집합조직을 최대한 확보할 수 있다.

[0084] 이에 따라 제조된 냉간 압연재는 하기 식 (1)을 만족한다.

[0085] 식 (1): Texture factor: $V_{\{001\}}/V_{\{111\}} \geq 1.0$

[0086] 여기서, $V_{\{001\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {001} 집합조직의 부피분율을, $V_{\{111\}}$ 은 모든 방위의 합에 대한 {111} 집합조직의 부피분율 의미한다.

[0087] 또한, 제조된 냉간 압연재는 하기 식 (2)를 만족한다.

[0088] 식 (2): γ_{max}: 420C+470N+23Ni+9Cu+10Mn+180-(11.5Cr+11.5Si+12Mo+52Al)

[0089] 또한, 냉간압연을 거친 페라이트계 스테인리스 강의 두께는 0.4 내지 1.2 ㎜일 수 있다.

[0090] 실시예

[0091] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0092] 하기 표 1에 나타낸 다양한 합금 성분범위에 대하여, 두께가 250 ㎜인 페라이트계 스테인레스강 주물편을 용제하고, 통상의 방법으로 조압연기와 연속마무리 압연기에 의하여 판 두께 3 내지 6.0 ㎜인 페라이트계 스테인리스 열연강판을 제조하였다.

표 1

[0093]

구분	C	N	Si	Mn	Cu	Al	Ni	Cr	Mo
발명강1	0.009	0.007	0.15	0.23	0.42	0.101	0.2	21.0	0.01
발명강2	0.009	0.007	0.38	0.20	0.12	0.027	0.11	18.0	0.01
발명강3	0.009	0.010	0.34	0.22	0.02	0.034	0.09	16.3	0.01
발명강4	0.035	0.046	0.33	0.486	0.011	0.004	0.09	16.6	0.01
발명강5	0.008	0.008	0.86	0.288	0.023	0.12	0.07	14.0	0.01
비교강1	0.010	0.016	0.18	0.174	0.019	0.038	0.09	16.2	0.01
비교강2	0.008	0.007	0.91	0.294	0.02	0.039	0.07	13.9	0.01
비교강3	0.005	0.008	0.46	0.19	0.018	0.036	0.09	16.8	0.01
비교강4	0.034	0.038	0.35	0.493	0.007	0.004	0.09	16.4	0.01
비교강5	0.027	0.036	0.29	0.459	0.001	0.003	0.09	16.1	0.01
비교강6	0.035	0.044	0.32	0.522	0.008	0.004	0.1	16.3	0.01
비교강7	0.008	0.010	0.50	0.245	0.044	0.006	0.15	11.2	0.01
비교강8	0.056	0.020	0.30	0.341	0.151	0.003	0.3	12.2	0.01
비교강9	0.040	0.047	0.30	0.531	0.049	0.003	0.19	16.2	0.04
비교강10	0.007	0.007	0.15	0.164	0.019	0.022	0.11	17.5	0.01

[0094] 이 후, 상기 발명강 및 비교강의 열연강판을 하기 표 2의 조건에 따라 온도범위를 달리하여 열연 소둔을 실시하였으며, 산세, 냉간압연, 최종소둔을 하여 판 두께 0.4 내지 1.2 ㎜인 페라이트계 스테인리스 냉연강판을 제조하였다.

[0095] 집합조직은 최종 냉연 소둔재의 횡 방향(Transverse direction) 단면에 대하여 후방산란전자회절법 (Electron Backscatter Diffraction, EBSD)를 이용하여 측정하였다.

[0096] EBSD 데이터로부터 {001} 방위를 갖는 결정립들의 부피분율과 {111} 방위를 갖는 결정립들의 부피분율을 각각 계산하여 그 비를 집합조직 지표(texture factor)로 하기 표 2의 식 (1)로 나타내었다.

[0097] 또한, 페라이트계 스테인리스 강판의 압연방향과 자화방향이 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90° 의 방향을 가지도록 60 mm x 60 mm 시편을 제조하여, single sheet tester로 5000 A/m의 자기장에서 자속밀도를 측정한 후 7개 방향의 평균 값인 B_{50}을 자화특성의 지표로 나타냈다.

표 2

[0098]

구분	열연소둔 온도 (° C)	{001} 부피분율(%)	{111} 부피분율(%)	식(1)	B_{50}(T)	식 (2)
실시예 1	1,000	20.3	19.2	1.06	0.57	-50
실시예 2	1,020	22.9	18.3	1.25	0.6	-20
실시예 3	1,040	23.1	16.8	1.38	0.69	0
실시예 4	1,060	31.2	13.4	2.33	0.73	28
실시예 5	1,080	35.1	8.6	4.08	0.87	15
비교예 1	900	8.3	40.2	0.21	0.18	5
비교예 2	920	10.8	33.3	0.32	0.25	20
비교예 3	940	13.3	30.8	0.43	0.33	-10
비교예 4	960	15	28.3	0.53	0.38	27
비교예 5	980	15.6	22.1	0.71	0.43	26

비교예 6	1040	11.5	25.2	0.46	0.35	32
비교예 7	1040	15.1	18.9	0.80	0.48	60
비교예 8	1040	18.3	22.3	0.82	0.45	80
비교예 9	1040	14.9	17.7	0.84	0.46	39
비교예 10	1,100	냉간압연 중 파단 발생으로 측정 불가				-13

[0099] 본 발명에서는 인덕션 용기용 소재로 페라이트계 스테인리스강을 적용하기 위해, 자속밀도(B_{50})를 0.5T 이상 확보하고자 하였다.

[0100] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 최종 냉연 소둔재의 집합조직 분포(ODF)를 나타내는 도면이다. 도 3의 좌측 사진은 비교예 4의 집합조직 분포를 나타낸 것이며, 우측 사진은 실시예 5의 집합조직 분포를 나타낸 것이다.

[0101] 페라이트계 스테인리스강의 연속주조 중에는 응고 우선방위인 {001} 방위가 발달하지만, 이어지는 열간압연과 냉간압연 과정을 거쳐 이러한 미세조직은 대부분 파괴된다.

[0102] 도 3을 참조하면, 통상의 방법으로 열연 소둔한 비교예 4의 경우 {001} 집합조직은 억제되고 {111} 집합조직이 발달한 것을 확인할 수 있다. 이에 비해, 실시예 5의 경우에는 {111} 집합조직이 억제되고 {001} 집합조직이 발달한 것을 확인할 수 있다.

[0103] 표 2와 도 3을 참조하면, 비교예 1 내지 5의 경우 열연판 소둔온도가 1,000℃에 미달하여 최종 냉연 소둔재의 Texture factor이 1.0으로 낮게 나타났으며, 이에 따른 B_{50} 또한 0.18로 0.5에 미치지 못하였다.

[0104] 또한, 열연판 소둔온도가 1,100℃인 비교예 10의 경우에는 냉간압연 중에 파단이 발생하였다. 이는 과도하게 높은 온도에서 열간 압연재를 소둔하여 결정립이 조대화된 것으로부터 비롯된 것으로 판단된다.

[0105] 비교예 6 내지 9의 경우 열연소둔 온도가 1040℃로 적정하였으나, γ_{max} 값이 30 이상으로, 열연소둔을 위한 가열 중에 오스테나이트 상이 형성되어 냉각 중에 마르텐사이트로의 상변태가 일어나기 때문에 {001} 집합조직이 약화되어 낮은 texture factor 값을 가진다.

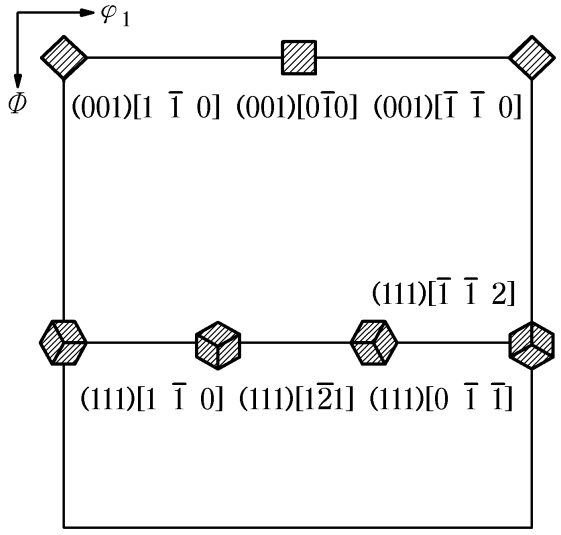
[0106] 한편, 실시예 1 내지 5의 경우에는 γ_{max} 값이 30 이하로 성분이 제어되어 오스테나이트 형성이 최소화됨과 동시에 적정 범위의 온도 범위에서 열연소둔 하여 {001} 집합조직이 발달하였다. 이로 인하여 Texture factor이 1.0 이상 확보되었으며, 이에 따른 B_{50} 또한 0.5 이상으로 나타나 자화특성이 향상됨을 확인할 수 있다.

[0107] 전술한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따라 제조된 페라이트계 스테인리스강은 열간 압연재의 소둔온도 제어에 의해 {111} 집합조직을 억제하고 {001} 집합조직을 발달시킴으로써, 에너지 효율이 요구되는 양식기 소재/전기모터용 소재에 적용이 가능한 수준의 자화특성 확보가 가능하다.

[0108] 상술한 바에 있어서, 본 발명의 예시적인 실시예들을 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되지 않으며 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 다음에 기재하는 특허청구범위의 개념과 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변경 및 변형이 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

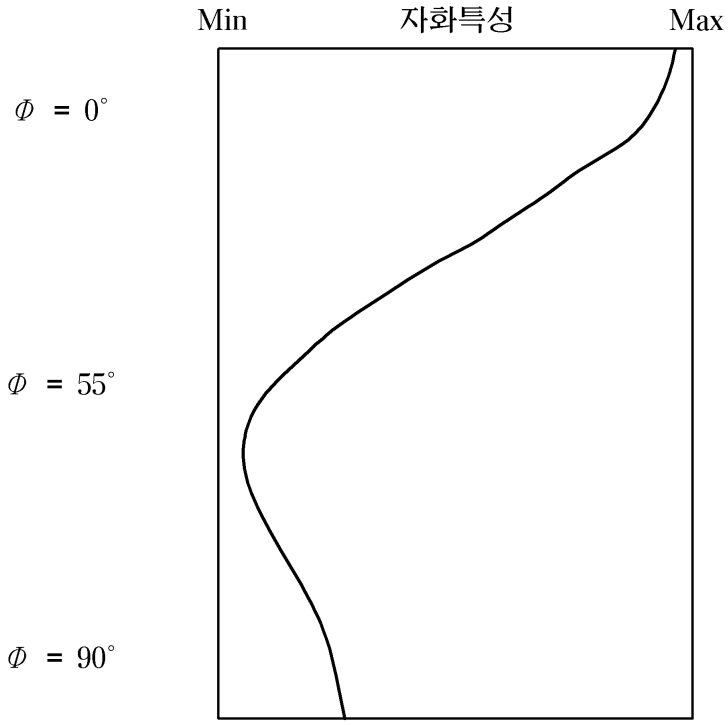
도면

도면1

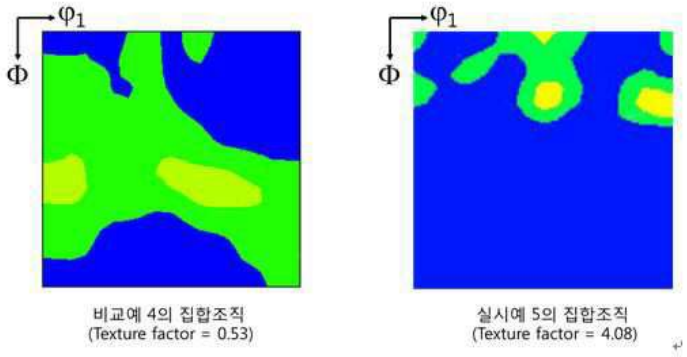


[ODF φ_2=45°]

도면2



도면3



비교예 4의 집합조직
(Texture factor = 0.53)

실시예 5의 집합조직
(Texture factor = 4.08)