



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월07일

(11) 등록번호 10-1508082

(24) 등록일자 2015년03월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C21D 8/12* (2006.01) *C22C 38/00* (2006.01)  
*C22C 38/60* (2006.01) *H01F 1/16* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7012663
- (22) 출원일자(국제) 2011년12월16일  
 심사청구일자 2013년05월16일
- (85) 번역문제출일자 2013년05월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2011/079150
- (87) 국제공개번호 WO 2012/086534  
 국제공개일자 2012년06월28일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2010-285335 2010년12월22일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
 JP05005126 A  
 JP06228645 A  
 JP2001316729 A

- (73) 특허권자  
**제이에프이 스틸 가부시카가이샤**  
 일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
- (72) 발명자  
**자이젠 요시아키**  
 일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이 산부 나이  
**오다 요시히코**  
 일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이 산부 나이  
**도다 히로아키**  
 일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이 산부 나이
- (74) 대리인  
**특허법인코리아나**

전체 청구항 수 : 총 3 항

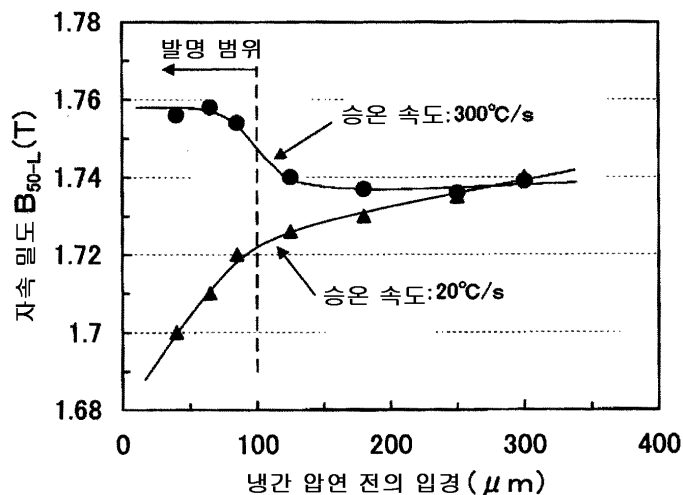
심사관 : 최정식

(54) 발명의 명칭 무방향성 전기 강판의 제조 방법

(57) 요약

C : 0.03 mass% 이하, Si : 4 mass% 이하, Mn : 0.03 ~ 3 mass%, Al : 3 mass% 이하, S : 0.005 mass% 이하 및 N : 0.005 mass% 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 강 소재를 열간 압연하고, 냉간 압연하고, 마무리 어닐링하여 무방향성 전기 강판을 제조하는 방법에 있어서, 냉간 압연 전의 결정립경을 100  $\mu\text{m}$  이하로 하고, 재결정 온도 이상까지를 평균 승온 속도 100  $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상으로 급속 가열하는 마무리 어닐링을 실시함으로써, 강판의 압연 방향으로 높은 자속밀도를 갖는 무방향성 전기 강판을 제조한다.

대표도 - 도2



**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

C : 0.03 mass% 이하, Si : 0 mass% 초과 4 mass% 이하, Mn : 0.03 ~ 3 mass%, Al : 0.01 mass% 이하, S : 0.005 mass% 이하 및 N : 0.005 mass% 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 강 소재를 열간 압연하고, 열연판 어닐링하고, 냉간 압연하고, 마무리 어닐링하여 무방향성 전기 강판을 제조하는 방법에 있어서,

냉간 압연 전의 결정립경을 100 μm 이하로 하고,

재결정 온도 이상까지를 평균 승온 속도 100 °C/sec 이상으로 급속 가열하는 마무리 어닐링을 실시하는 무방향성 전기 강판의 제조 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 성분 조성에 더하여 추가로, Sn 및 Sb 중 어느 1 종 또는 2 종을 각각 0.005 ~ 0.5 mass% 함유하는 무방향성 전기 강판의 제조 방법.

**청구항 3**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 급속 가열한 후, 탈탄 어닐링하는 무방향성 전기 강판의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은, 무방향성 전기 강판의 제조 방법에 관한 것이고, 구체적으로는, 압연 방향의 자기 특성이 우수한 무방향성 전기 강판을 제조하는 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 최근, 지구 환경 보호를 고려한 에너지 절약화라는 세계적인 흐름 속에서, 전기 기기의 분야에 있어서도, 에너지 절약화를 목적으로 하여 고효율화나 소형화가 강하게 요망되고 있다. 그 때문에, 전기 기기의 철심 재료로서 널리 사용되고 있는 무방향성 전기 강판에는, 자기 특성의 향상, 즉, 고자속밀도화, 저철손화가 강하게 요망되게 되었다.

[0003] 종래, 무방향성 전기 강판은, 첨가하는 합금 원소를 적정화하여, 냉연 전의 결정립경을 가능한 한 크게 한 후, 냉연 압하율을 최적화함으로써 고자속밀도화하고, 또한, 고유 저항을 높이는 합금 원소를 첨가하거나, 판두께를 저감시키거나 함으로써 저철손화하여, 자기 특성의 향상이 도모되고 있다.

[0004] 그런데, 하이브리드 자동차용의 구동 모터 등에서는, 강판으로부터 모터 코어를 제조할 때의 수율을 향상시키는 관점에서, 분할 코어가 채용되기 시작하였다. 이 분할 코어는, 종래와 같이, 소재인 강판으로부터 코어 전체를 일체적으로 타발(打拔) 하는 것이 아니라, 코어를 복수의 세그먼트로 분할하고, 각각의 세그먼트의 티스부가 강판의 압연 방향이 되도록 타발하고, 이것을 조합하여 코어를 구성함으로써, 모터의 특성 향상을 도모하는 기술이다.

[0005] 이 분할 코어에 있어서는, 자속이 집중되는 티스부의 길이 방향이 강판의 압연 방향이 되기 때문에, 소재가 되는 전기 강판의 압연 방향의 자기 특성이 매우 중요해진다. 압연 방향의 자기 특성이 우수한 재료로는, 압연 방향에 Goss 방위를 일치시킨 방향성 전기 강판을 들 수 있지만, 2 차 재결정 프로세스가 필요해지기 때문에, 제조 비용이 높아, 채용하는 것에는 문제가 있다. 따라서, 무방향성 전기 강판에서, 압연 방향의

자속밀도를 향상시킬 수 있으면, 분할 코어의 최적 재료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

[0006] 이와 같은 분할 코어에 바람직한 재료로는, 예를 들어, 특허문헌 1 및 특허문헌 2 에는, 열연판 어닐링 후의 결정립경을 조대화하고, 냉간 압연의 압하율을 제어함으로써, 면내 압연 방향과 수직 방향으로 우수한 자기 특성을 얻는 방법이 개시되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0007] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2004-332042호  
 (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2008-127600호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 그러나, 특허문헌 1 의 방법은, 냉간 압연 전의 결정립경을 300  $\mu\text{m}$  이상으로 하기 위하여, 강의 불순물을 극미량까지 저감시킬 필요가 있거나, 열연판 어닐링 온도를 고온으로 할 필요가 있거나 하기 때문에, 제조성, 비용면에서 문제가 있다. 또한, 특허문헌 2 의 기술도, 열연판 어닐링으로 결정립을 조대화시킬 필요가 있기 때문에, 제조 비용면에서 문제가 있다.

[0009] 본 발명은, 종래 기술이 안고 있는 상기 문제점을 감안하여 이루어진 것으로, 그 목적은, 강판의 압연 방향으로 우수한 자기 특성을 갖는, 구체적으로는, 높은 자속밀도를 갖는 무방향성 전기 강판의 저렴한 제조 방법을 제안하는 것에 있다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 발명자들은, 상기 과제를 해결하기 위하여 예의 검토를 거듭하였다. 그 결과, 종래와 동일한 열간 압연하고, 냉간 압연하고, 마무리 어닐링하여 무방향성 전기 강판을 제조하는 방법에 있어서, 냉간 압연 전의 결정립경을 100  $\mu\text{m}$  이하로 하며, 또한, 마무리 어닐링시의 승온 속도를 종래보다 급속 가열함으로써, 압연 방향의 자기 특성이 현저하게 향상되는 것을 신규로 알아내어, 본 발명을 개발하기에 이르렀다.

[0011] 즉, 본 발명은, C : 0.03 mass% 이하, Si : 4 mass% 이하, Mn : 0.03 ~ 3 mass%, Al : 3 mass% 이하, S : 0.005 mass% 이하 및 N : 0.005 mass% 이하를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 강 소재를 열간 압연하고, 냉간 압연하고, 마무리 어닐링하여 무방향성 전기 강판을 제조하는 방법에 있어서, 냉간 압연 전의 결정립경을 100  $\mu\text{m}$  이하로 하고, 재결정 온도 이상까지를 평균 승온 속도 100  $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상으로 급속 가열하는 마무리 어닐링을 실시하는 무방향성 전기 강판의 제조 방법이다.

[0012] 본 발명의 제조 방법에 있어서의 강 소재는, 상기 성분 조성에 더하여 추가로, Sn 및 Sb 중 어느 1 종 또는 2 종을 각각 0.005 ~ 0.5 mass% 함유하는 것이 바람직하다.

[0013] 또한, 본 발명의 제조 방법은, 상기 급속 가열한 후, 탈탄 어닐링하는 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

[0014] 본 발명에 의하면, 압연 방향으로 우수한 자기 특성을 갖는 무방향성 전기 강판을 저렴하게 제공할 수 있게 되기 때문에, 분할 코어나 트랜스 코어 등의 철심 재료로서 바람직하게 사용할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0015] 도 1 은, 마무리 어닐링의 승온 속도가, 압연 방향의 자속밀도에 미치는 영향을 나타내는 그래프이다.

도 2 는, 압연 방향의 자속밀도에 미치는 냉간 압연 전의 입경 및 승온 속도의 영향을 나타내는 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0016] 먼저, 본 발명을 개발하는 계기가 된 실험에 대하여 설명한다.
- [0017] C : 0.0025 mass%, Si : 3.3 mass%, Mn : 0.16 mass%, Al : 0.001 mass%, N : 0.0019 mass% 및 S : 0.0010 mass% 를 함유하는 성분 조성의 강 소재 (슬래브) 를 1100 °C × 30 분의 가열 후, 열간 압연하여 판두께 2.0 mm 의 열연판으로 하고, 이어서, 950 °C × 30 초의 열연판 어닐링을 실시하고 나서, 1 회의 냉간 압연으로 최종 판두께가 0.35 mm 인 냉연판으로 하였다. 그 후, 상기 냉연판을 직접 통전 가열로에서, 승온 속도를 30 ~ 300 °C/sec 의 범위에서 바꾸고 740 °C 까지 가열하고, 그 후, 30 °C/sec 로 1000 °C 까지 가열하고, 10 sec 동안 균열 유지하고, 냉각시키는 마무리 어닐링을 실시하였다. 상기 마무리 어닐링 후의 강판으로부터, 압연 방향 (L 방향) 을 길이 방향으로 하는 길이 180 mm × 폭 30 mm 의 L 방향 샘플을 잘라내고, 단판 (單板) 자기 시험을 실시하여, 자화력 5000 A/m 에 있어서의 자속밀도 B<sub>50</sub> 을 측정하였다.
- [0018] 도 1 에, 상기 실험의 결과를, 승온 속도와 압연 방향의 자속밀도의 관계로서 나타냈지만, 승온 속도 100 °C/sec 이상으로 급속 가열하여 마무리 어닐링함으로써, 압연 방향의 자속밀도가 높은 전기 강판이 얻어지는 것을 알 수 있다. 이 이유는 이하와 같이 생각된다.
- [0019] 1 차 재결정은, 전위의 변형 에너지를 구동력으로 하여 일어나는 현상이다. 일반적으로, 냉간 압연에서 도입되는 전위의 축적 에너지 (변형 에너지) 는, 결정 방위 의존성이 있고, {111} > {110} > {100} 이 된다. 그 때문에, 저속 가열한 경우에는, 상기 결정 방위 의존성에 의해, 축적 에너지가 높은 {111} 방위 입자가 우선적으로 재결정을 일으킨다. 그러나, 급속 가열한 경우에는, 상기 결정 방위 의존성의 구속이 풀려, 다른 방위도 재결정을 일으키게 되기 때문에, {110} 이나 {100} 방위 입자가 증가하고, 그 결과, L 방향의 자기 특성이 향상되는 것으로 생각된다.
- [0020] 그런데, 종래의 무방향성 전기 강판의 제조 방법에서는, 열연판 어닐링을 고온에서 실시하여, 냉간 압연 전의 결정립경을 크게 함으로써, {111} 방위 입자 (이하 「{111} 입자」 등으로 약기한다) 의 발생을 억제하여, 자기 특성의 향상을 도모하였다. 그러나, 상기 서술한 바와 같이, 급속 가열하는 경우에는 재결정 거동도 크게 변화된다. 그래서, 냉간 압연 전의 결정립경의 크기가 자기 특성 (압연 방향의 자속밀도) 에 미치는 영향을 조사하였다.
- [0021] C : 0.0025 mass%, Si : 3.3 mass%, Mn : 0.15 mass%, Al : 0.001 mass%, N : 0.0022 mass% 및 S : 0.0013 mass% 를 함유하는 슬래브를 1100 °C × 30 분 가열한 후, 열간 압연하여 판두께 2.0 mm 의 열연판으로 하였다. 이어서, 이 열연판에, 어닐링 온도를 850 ~ 1100 °C 의 온도 범위에서 변화시키고, 30 초간 유지하는 조건에서 열연판 어닐링을 실시하여, 냉간 압연 전의 결정립경을 변화시켰다. 그 후, 이 열연판을 1 회의 냉간 압연으로 최종 판두께가 0.35 mm 인 냉연판으로 한 후, 직접 통전 가열로에서 승온 속도를 20 °C/sec 또는 300 °C/sec 로 하여 740 °C 까지 가열하고, 그 후 추가로 30 °C/sec 로 1020 °C 까지 가열하고, 10 초간 균열 유지한 후, 냉각시키는 마무리 어닐링을 실시하였다. 이 냉연 어닐링판으로부터, 압연 방향 (L 방향) 을 길이 방향으로 하는 길이 180 mm × 폭 30 mm 의 L 방향 샘플을 잘라내고, 단판 자기 시험을 실시하여, 자화력 5000 A/m 에 있어서의 자속밀도 B<sub>50</sub> 을 측정하였다.
- [0022] 도 2 에 상기 실험 결과를 나타냈다. 도 2 로부터, 300 °C/sec 로 급속 가열하였을 때에는, 냉간 압연 전의 입경이 100 μm 이하인 영역에 있어서, 압연 방향의 자속밀도가 향상되어 있지만, 20 °C/sec 의 저속 가열에서는, 반대로 저하되어 있는 것을 알 수 있다. 이 이유는, 현 시점에서 명확해지진 않았지만, 이하와 같이 생각하고 있다.
- [0023] 열연판 어닐링 온도가 낮아, 냉간 압연 전의 결정립이 작은 경우에는, 냉간 압연 후의 재결정 어닐링에 있어서는 {111} 입자가 우선적으로 성장한다. 그 때문에, 마무리 어닐링에 있어서의 승온 속도가 통상 어닐링과 같이 느릴 때에는, {111} 입자가 발달한다. 그러나, 전술한 바와 같이, 승온 속도를 높인 경우에는, {111} 입자의 재결정이 억제되고, {110} 입자나 {100} 입자가 상대적으로 증가한다. 또한, {110} 입자나 {100} 입자는, 그 후의 균열 어닐링시에 {111} 입자를 잠식하고 우선적으로 입자 성장하여, 압연 방향의 자기 특성이 향상된다.
- [0024] 한편, 열연판 어닐링 온도가 높아, 냉간 압연 전의 결정립이 큰 경우에는, 전술한 바와 같이, 승온 속도를 높임으로써 {110} 입자나 {100} 입자가 재결정되기 쉬워진다. 그러나, 냉간 압연 전의 입경이 크기 때문에, 입경이 작은 경우와 비교하면, 재결정 후의 {111} 입자의 비율이 적어지기 때문에, 그 후의 균열 어닐링에 있어서, {110} 입자나 {100} 입자가 잠식하는 {111} 입자의 비율이 적어지고, {110} 입자나 {100} 입자가 충분

히 발달하지 않아, 압연 방향의 자기 특성의 향상이 관찰되지 않게 되는 것으로 생각된다.

[0025] 이상의 실험 결과로부터, 압연 방향의 자속밀도를 개선하려면, 냉간 압연 전의 입경을 100  $\mu\text{m}$  이하로 하고, 마무리 어닐링에서의 가열을, 승온 속도를 100  $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상으로 급속 가열하는 것이 유효하다는 것을 알 수 있었다. 또한, 여기서 말하는 입경이란, L 단면에서 선분법으로 구한 평균 결정립경을 일컫는다. 냉간 압연 전의 입경은, 90  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0026] 본 발명은, 상기 지견에 기초하여 개발한 것이다.

[0027] 다음으로, 본 발명의 무방향성 전기 강판의 성분 조성에 대하여 설명한다.

[0028] C : 0.03 mass% 이하

[0029] C 는, 강 중에 고용되어, 냉간 압연시에 도입된 전위를 고착시켜 변형대를 형성하기 쉽게 한다. 이 변형대는, 마무리 어닐링시의 재결정에 있어서 Goss 방위 입자 {110} <001> 을 우선적으로 성장시켜, 압연 방향의 자기 특성을 향상시키는 효과가 있다. 그러나, C 가 0.03 mass% 를 초과하면, 후술하는 탈탄이 불충분해질 우려가 있기 때문에, 본 발명에서는, 소재의 강 중 C 의 상한은 0.03 mass% 로 한다.

[0030] 한편, C 는, 제품 단계에 있어서 0.005 mass% 이상 존재하면, 자기 시효를 일으켜 자기 특성이 저하된다. 따라서, 소재의 강 중 C 가 0.005 mass% 를 초과하여 있는 경우에는, 제품으로 하기 전에 탈탄 어닐링하여, 강 중 C 를 0.005 mass% 이하로 저감시켜 두는 것이 바람직하다. 상기 탈탄 어닐링은, 마무리 어닐링에 있어서의 급속 가열 후이면, 언제 실시해도 상관없다. 또한, 탈탄한 후의 C 는, 0.003 mass% 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. 또한, C 는, 불가피적으로 함유되지만, 원리상은 0 mass% 여도 된다.

[0031] Si : 4 mass% 이하

[0032] Si 는, 강의 고유 저항을 높여, 철손을 저감시키는 효과가 있는 원소이다. 그러나, 4 mass% 를 초과하여 첨가하면, 강이 경질화되어, 압연하여 제조하는 것이 곤란해진다. 따라서, Si 의 상한은 4 mass% 로 한다. 또한, 철손 특성을 증시하는 경우에는, 1.0 mass% 이상 첨가하는 것이 바람직하다.

[0033] Mn : 0.03 ~ 3 mass%

[0034] Mn 은, S 에 의한 열간 취성을 방지하여, 열간 가공성을 개선시키는 데에 필요한 원소이다. 그러나, 0.03 mass% 미만에서는 상기 효과가 작고, 한편, 3 mass% 를 초과하는 첨가는, 상기 효과가 포화되어, 원료 비용이 상승할 뿐이다. 따라서, Mn 은 0.03 ~ 3 mass% 의 범위로 한다.

[0035] Al : 3 mass% 이하

[0036] Al 은, Si 와 마찬가지로, 강의 고유 저항을 높여, 철손을 저감시키는 효과가 있는 원소이다. 그러나, 3 mass% 를 초과하는 첨가는, 압연성을 악화시키기 때문에, 3 mass% 를 상한으로 하여 첨가한다. 또한, 본 발명의 압연 방향의 자속밀도 개선 효과는, Al 이 0.01 mass% 이하인 경우에 보다 현저하게 나타났기 때문에, Al 의 철손 저감 효과를 이용하지 않는 경우에는, 0.01 mass% 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, Al 은, 탈산제로서 첨가됨으로써, 불가피적으로 함유되지만, 원리상은 0 mass% 여도 된다.

[0037] S : 0.005 mass% 이하, N : 0.005 mass% 이하

[0038] S 및 N 은, 본 발명에 있어서는, 자기 특성을 저하시키는 불가피적 불순물이므로, 각각 0.005 mass% 이하로 제한한다. 이들 원소도, 원리상은 0 mass% 여도 된다.

[0039] 본 발명의 무방향성 전기 강판은, 상기 성분에 더하여 추가로, Sn 및 Sb 를 하기의 범위에서 첨가할 수 있다.

[0040] Sn, Sb : 각각 0.005 ~ 0.5 mass%

[0041] Sn, Sb 는, 집합 조직을 개선시켜 자속밀도를 향상시킬 뿐만 아니라, 강판 표층의 산화나 질화를 방지하고, 그것에 수반하는 표층 미세 입자의 생성을 억제함으로써, 자기 특성을 향상시키는 작용이 있는 원소이다. 이러한 효과를 발현하려면, Sn 및 Sb 중 어느 1 종 이상을 0.005 mass% 이상 첨가하는 것이 바람직하다. 한편, Sn 및 Sb 의 함유량이 0.5 mass% 를 초과하면, 마무리 어닐링시의 결정립 성장이 저해되어 자기 특성의 저하를 초래할 우려가 있다. 따라서, Sn 및 Sb 는, 각각 0.005 ~ 0.5 mass% 의 범위에서 첨가하는 것이 바람직하다.

[0042] 또한, 불순물로서 0.005 mass% 미만의 Sn 및/또는 Sb 를 함유하는 것을 저지하는 것은 아니다.

- [0043] 본 발명의 무방향성 전기 강관은, 상기 이외의 성분의 잔부는, Fe 및 불가피적 불순물이다. 단, 본 발명의 효과를 저해하지 않는 범위이면, 상기 이외의 성분의 첨가를 저지하는 것은 아니다. 유해한 원소로는, 0.003 mass% 이상의 Ti, V, Nb 등이 예시된다. 또한, 무해한 원소로는, 0.2 mass% 이하의 P 등이 예시된다.
- [0044] 다음으로, 본 발명의 무방향성 전기 강관의 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0045] 본 발명의 무방향성 전기 강관은, 본 발명에 적합한 상기 성분 조성을 갖는 강을 전로나 전기로, 진공 탈가스 장치 등을 사용한 통상 공지된 정련 프로세스로 용제 (溶製) 하고, 연속 주조법 혹은 조괴-분괴 압연법으로 강 소재 (슬래브) 로 하고, 상기 슬래브를 통상 공지된 방법으로 열간 압연한 후, 이하에 설명하는 조건에서, 필요에 따라 열연판 어닐링하고, 냉간 압연하고, 마무리 어닐링하고, 혹은 추가로 탈탄 어닐링하여 제조한다.
- [0046] 열연판 어닐링
- [0047] 열연판 어닐링은, 열간 압연 후 또한 냉연 전의 강관 조직을 바람직한 정립 (整粒) 또한 세립의 재결정 조직으로 하기 위하여 실시하는 것으로 한다. 그러나, 이 열연판 어닐링은, 종래 기술과 같이 고온·장시간의 조건에서 실시하면, 결정립이 100  $\mu\text{m}$  를 초과하여 조대화되어, 마무리 어닐링에서 급속 가열한 경우에, 압연 방향의 자속밀도가 저하되게 된다. 따라서, 본 발명에 있어서는, 열연판 어닐링을 실시하는 경우에는, 결정립경을 100  $\mu\text{m}$  이하로 하기 위하여, 저온·단시간의 어닐링으로 하는 것이 바람직하고, 구체적으로는 균열 온도 800 ~ 950  $^{\circ}\text{C}$  에서 유지 시간 60 sec 이하의 조건으로 실시하는 것이 바람직하고, 800  $^{\circ}\text{C}$  이상 920  $^{\circ}\text{C}$  미만에서 60 sec 이하의 조건으로 실시하는 것이 보다 바람직하다. 상기 열연판 어닐링에 의해, 마무리 어닐링 후의 자속밀도, 철손 모두 양호한 특성으로 할 수 있다.
- [0048] 냉간 압연
- [0049] 이어지는 냉간 압연은, 1 회의 냉간 압연이어도 되고, 또한, 중간 어닐링을 사이에 두는 2 회 이상의 냉간 압연이어도 된다. 또한, 그 냉연 압하율도, 통상적인 무방향성 전기 강관의 제조와 동일한 조건이면 되고, 특별히 제한은 없다.
- [0050] 마무리 어닐링
- [0051] 냉간 압연 후의 마무리 어닐링 (재결정 어닐링) 에서는, 재결정 온도 이상까지를 평균 승온 속도 100  $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상으로 급속 가열하는 것이 필요하다. 또한, 상기 급속 가열의 종점 온도는, 단시간에 재결정을 일으키게 할 필요가 있기 때문에, 고온일수록 바람직하지만, 850  $^{\circ}\text{C}$  를 초과하면, 가열에 필요로 하는 설비 부하가 지나치게 커지고, 설비 비용도 커진다. 그 때문에, 급속 가열의 종점 온도는 850  $^{\circ}\text{C}$  이하로 하는 것이 바람직하고, 740  $^{\circ}\text{C}$  이하이면 보다 바람직하다.
- [0052] 재결정 온도 이상까지 급속 가열한 후에는, 추가로 균열 온도까지 가열하지만, 이 승온 속도에 대해서는 특별히 제한은 없다. 또한, 균열 온도는 850 ~ 1100  $^{\circ}\text{C}$  의 범위로 하고, 균열 유지 시간은 5 ~ 60 sec 의 범위로 하는 것이 바람직하다. 균열 온도가 850  $^{\circ}\text{C}$  미만 또는 유지 시간이 5 sec 미만에서는 입자 성장이 진행되지 않고, 한편, 균열 온도가 1100  $^{\circ}\text{C}$  초과 혹은 유지 시간이 60 sec 초과에서는, 어닐링 설비에 부담이 가해지기 때문이다. 보다 바람직한 균열 조건은, 900 ~ 1050  $^{\circ}\text{C}$  의 온도에서, 10 ~ 40 sec 동안 유지하는 것이 바람직하다.
- [0053] 또한, 승온 속도를 100  $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상으로 하는 방법으로는, 예를 들어, 직접 통전 가열 혹은 유도 가열 등의 방법을 사용할 수 있고, 특별히 제한은 없다.
- [0054] 탈탄 어닐링
- [0055] 상기 균열 어닐링한 강관은, 소재 C 가 0.005 mass% 보다 높은 경우에는, 제품 관에 있어서의 자기 시효를 방지하기 위하여, 그 후, 탈탄 어닐링하여 C 량을 0.005 mass% 이하로 저감시키는 것이 바람직하고, 0.003 mass% 이하로 저감시키는 것이 보다 바람직하다. 또한, 이 탈탄 어닐링은, 상기 급속 가열 후의 단계이면 언제 실시해도 된다. 또한, 탈탄은, 통상 공지된 조건에서 실시하면 되고, 예를 들어, 노점을 30  $^{\circ}\text{C}$  로 한 산화성 분위기하에서 850  $^{\circ}\text{C}$   $\times$  30 sec 의 조건을 예시할 수 있다.
- [0056] 또한, 균열 어닐링한 후, 혹은 추가로 탈탄 어닐링한 후의 냉각 조건에 대해서는 특별히 제한은 없고, 예를 들어, 30  $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이하의 가스 냉각으로 해도 된다.
- [0057] 또한, 마무리 어닐링한 강관은, 그 후, 필요에 따라 절연 피막을 피성 (被成) 하여 제품 관으로 하는 것이 바람

직하다.

[0058]

실시예

[0059]

표 1 에 나타내는 성분 조성으로 이루어지는 No.1 ~ 34 의 강을 용제하여, 슬래브로 하였다. 이어서, 이 슬래브를 1080 ℃ × 30 분 가열한 후, 열간 압연하여 판두께 2.3 mm 의 열연판으로 하였다. 이어서, 상기 열연판에 850 ℃ ~ 1100 ℃ × 30 초의 열연판 어닐링을 실시한 후, 1 회의 냉간 압연으로 최종 판두께 0.35 mm 의 냉연판으로 하였다. 그 후, 상기 냉연판에, 직접 통전 가열로에서 승온 속도 및 급속 가열의 종점 온도를 표 2 에 나타낸 바와 같이 변화시켜 가열하고, 추가로 30 ℃/sec 로 균열 온도까지 가열하고 10 초간 유지 후, 냉각시키는 마무리 어닐링을 실시하였다. 또한, 소재의 강 중 C 가 0.005 % 이상인 강판에 대해서는, 850 ℃ 까지 가열 후, 노점 30 ℃ 의 분위기하에서 850 ℃ × 30 초의 탈탄 어닐링을 실시하여 C 를 0.0030 mass% 이하로 저감시킨 후, 균열 온도까지 승온시켰다. 또한, 일부의 강판에 대해서는, 열연판 어닐링의 어닐링 시간을 바꾸어 결정립경을 변화시켰다.

표 1

강 No.	화 학 성 분 ( m a s s % )								비고
	C	Si	Mn	S	Al	N	Sn	Sb	
1	0.0025	3.0	0.15	0.0012	0.001	0.0021	0.0010	0.0010	발명 강
2	0.0050	3.0	0.15	0.0021	0.001	0.0020	0.0010	0.0010	발명 강
3	0.010	3.0	0.10	0.0025	0.001	0.0018	0.0010	0.0010	발명 강
4	0.020	3.0	0.15	0.0014	0.001	0.0015	0.0010	0.0010	발명 강
5	0.05	3.3	0.15	0.0012	0.001	0.0017	0.0010	0.0010	비교 강
6	0.10	3.3	0.15	0.0014	0.001	0.0018	0.0010	0.0010	비교 강
7	0.030	3.7	0.15	0.0018	0.001	0.0025	0.0010	0.0010	발명 강
8	0.020	5.0	0.15	0.0014	0.001	0.0015	0.0010	0.0010	비교 강
9	0.015	3.0	0.15	0.0026	0.001	0.0015	0.0010	0.0010	발명 강
10	0.0030	3.0	0.15	0.0014	0.100	0.0015	0.0010	0.0010	발명 강
11	0.0030	3.0	0.15	0.0022	0.500	0.0028	0.0010	0.0010	발명 강
12	0.0030	2.0	0.15	0.0014	1.200	0.0029	0.0010	0.0010	발명 강
13	0.0025	1.8	0.15	0.0014	2.50	0.0022	0.0010	0.0010	발명 강
14	0.0030	2.0	0.10	0.0015	4.50	0.0021	0.0010	0.0010	비교 강
15	0.0025	3.0	0.07	0.0014	0.001	0.0015	0.0010	0.0010	발명 강
16	0.0025	2.5	1.0	0.0016	0.001	0.0015	0.0010	0.0010	발명 강
17	0.0020	2.0	2.5	0.0016	0.001	0.0017	0.0010	0.0010	발명 강
18	0.0025	3.0	4.0	0.0018	0.001	0.0015	0.0010	0.0010	비교 강
19	0.0025	3.0	0.15	0.0090	0.001	0.0015	0.0010	0.0010	비교 강
20	0.0025	3.0	0.15	0.0019	0.001	0.0080	0.0010	0.0010	비교 강
21	0.0020	3.0	0.15	0.0014	0.001	0.0015	0.050	0.0010	발명 강
22	0.0020	3.0	0.15	0.0024	0.001	0.0024	0.030	0.050	발명 강
23	0.0100	3.0	0.07	0.0014	0.001	0.0015	0.0080	0.030	발명 강
24	0.0070	3.0	0.15	0.0014	0.001	0.0023	0.0010	0.0080	발명 강
25	0.0200	3.0	0.15	0.0028	0.001	0.0015	0.10	0.0010	발명 강
26	0.0020	3.0	0.15	0.0018	0.001	0.0022	0.0010	0.10	발명 강
27	0.0020	3.0	0.15	0.0018	0.001	0.0022	0.0010	0.0010	발명 강
28	0.0025	3.0	0.16	0.0017	0.001	0.0014	0.0010	0.0010	발명 강
29	0.0020	3.0	0.16	0.0013	0.001	0.0024	0.0010	0.0010	발명 강
30	0.0025	3.0	0.15	0.0015	0.001	0.0019	0.0010	0.0010	발명 강
31	0.0025	3.0	0.15	0.0015	0.001	0.0019	0.0010	0.0010	발명 강
32	0.0025	3.0	0.15	0.0015	0.001	0.0019	0.0010	0.0010	발명 강
33	0.0025	3.0	1.50	0.0007	0.001	0.0020	0.0010	0.0010	발명 강
34	0.0025	3.0	0.15	0.0020	1.000	0.0021	0.0010	0.0010	발명 강
35	0.0025	1.0	0.20	0.0018	0.001	0.0020	0.0010	0.0010	발명 강
36	0.0025	1.5	0.20	0.0018	0.001	0.0020	0.0010	0.0010	발명 강
37	0.0020	3.0	0.15	0.0015	0.001	0.0024	0.0010	0.0010	발명 강
38	0.0020	3.0	0.15	0.0015	0.001	0.0024	0.0010	0.0010	발명 강

[0060]

표 2

강판 No.	강 No.	열연판 어닐링		냉간 압연 전의 입경 ( $\mu\text{m}$ )	마무리 어닐링 조건			자기 특성 $B_{50-L}$ (T)	비고
		어닐링 온도 ( $^{\circ}\text{C}$ )	어닐링 시간 (s)		급속 가열 종점 온도 ( $^{\circ}\text{C}$ )	급속 가열 승온 속도 ( $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )	균열 온도 ( $^{\circ}\text{C}$ )		
1	1	870	30	60	750	150	950	1.76	발명예
2	2	없음		25	750	150	950	1.74	발명예
3	2	900	30	70	750	150	950	1.76	발명예
4	2	900	60	80	750	150	950	1.76	발명예
5	2	900	90	115	750	150	950	1.73	비교예
6	3	930	30	85	740	200	950	1.78	발명예
7	4	900	30	70	740	200	950	1.79	발명예
8	5	880	30	65	800	300	850	1.71	비교예
9	6	880	30	65	740	300	850	1.71	비교예
10	7	950	30	88	740	300	1025	1.77	발명예
11	8	930	30	87	냉연시에 파단				비교예
12	9	900	30	71	730	120	950	1.79	발명예
13	10	900	30	72	730	120	1000	1.79	발명예
14	11	900	30	70	830	150	950	1.75	발명예
15	12	900	30	70	820	150	950	1.75	발명예
16	12	900	60	80	820	150	950	1.75	발명예
17	12	900	90	110	820	150	950	1.72	비교예
18	13	900	30	70	780	200	900	1.75	발명예
19	14	1000	30	90	냉연시에 파단				비교예
20	15	870	30	60	740	250	950	1.76	발명예
21	16	900	30	70	740	250	950	1.77	발명예
22	17	900	30	70	740	250	900	1.78	발명예
23	18	900	30	70	740	300	900	1.73	비교예
24	19	950	30	87	780	300	1000	1.70	비교예
25	20	950	30	85	780	300	1000	1.71	비교예
26	21	900	30	70	740	350	1025	1.77	발명예
27	22	900	30	70	740	350	1025	1.77	발명예
28	23	860	30	62	730	350	1000	1.78	발명예
29	24	860	30	62	740	250	1000	1.77	발명예
30	25	890	30	68	730	250	1000	1.79	발명예
31	26	900	30	70	740	350	1025	1.77	발명예
32	27	900	30	70	740	350	1025	1.77	발명예
33	28	900	30	70	810	30	950	1.69	비교예
34	29	900	30	70	740	80	950	1.70	비교예
35	30	1030	30	150	740	200	1000	1.72	비교예
36	31	1060	30	180	780	200	1000	1.72	비교예
37	32	1090	30	210	790	200	1000	1.71	비교예
38	33	870	30	60	740	150	950	1.77	발명예
39	34	900	30	70	750	300	950	1.75	발명예
40	35	900	40	70	750	200	900	1.89	발명예
41	36	920	50	80	750	250	900	1.88	발명예
42	37	950	40	85	740	250	1000	1.77	발명예
43	38	900	50	75	740	300	1000	1.77	발명예

[0061]

[0062]

상기와 같이 하여 얻은 마무리 어닐링 후의 각 냉연 강판으로부터, 길이 180 mm × 폭 30 mm 의 L 방향 샘플을 잘라내고, 단판 자기 시험을 실시하여 압연 방향의 자속밀도 ( $B_{50-L}$ ) 를 측정하고, 그 결과를 표 2 에 병기하였다.

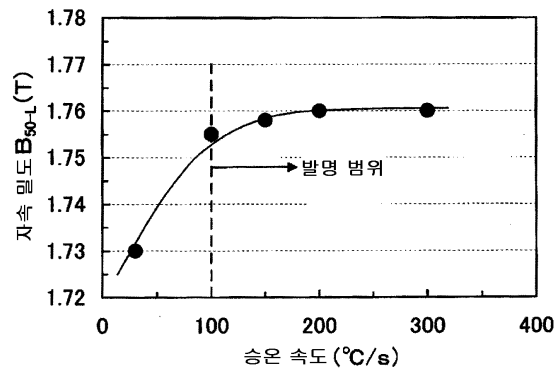
[0063]

표 2 로부터, 냉간 압연 전의 결정립경을 100  $\mu\text{m}$  이하로 제어하고, 마무리 어닐링에 있어서의 승온 속도를 100  $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상으로 한 본 발명예의 강판은, 압연 방향의 자속밀도 ( $B_{50-L}$ ) 가 모두 1.74 T 이상의 우수한 자기 특성을 갖고 있음을 알 수 있다.



도면

도면1



도면2

