



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년12월03일
 (11) 등록번호 10-0781839
 (24) 등록일자 2007년11월27일

(51) Int. Cl.

C21D 8/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2003-7008097
 (22) 출원일자 2003년06월17일
 심사청구일자 2006년11월15일
 번역문제출일자 2003년06월17일
 (65) 공개번호 10-2003-0076993
 공개일자 2003년09월29일
 (86) 국제출원번호 PCT/EP2001/014966
 국제출원일자 2001년12월18일
 (87) 국제공개번호 WO 2002/50315
 국제공개일자 2002년06월27일
 (30) 우선권주장
 RM2000A000677 2000년12월18일 이탈리아(IT)

(56) 선행기술조사문헌

EP 0390160 A
 EP 0743370 A
 WO 9810104 A

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 방향성 전기 강판 스트립의 제조 방법

심사관 : 최진환

(57) 요 약

본 발명은 Si-함유 합금을 2.5 내지 5 mm 두께의 스트립으로서 직접 주조하고, 중간 풀립과 함께 하나 이상의 단계로 1 내지 0.15 mm 의 최종 두께로 냉간 압연시키고, 이어서 상기 스트립을 1 차 재결정화를 수행하기 위해서 연속적으로 풀립시키고 배향된 2 차 재결정화를 수행하기 위해 후속적으로 풀립시키는 방향성 전기 Fe-Si 스트립의 제조 방법에 관한 것으로, 상기 스트립의 고화 후 및 상기를 감기 전에, 페라이트에서 오스테나이트로의 변환을, 금속 매트릭스에서 25 내지 60%의 오스테나이트 체적분할이 상기 두 상들의 안정성 평형 내에서 허용되도록 합금 조성을 조절하고, 상기 스트립을 주조 단계와 함께 압연에 의해 변형시켜 1000 내지 1300 °C의 온도 간격에서 20% 이상의 변형율을 얻음으로써 상기와 같은 체적분할으로 유도함을 특징으로 한다.

특허청구의 범위

청구항 1

Si-함유 합금을 2.5 내지 5 mm 두께의 연속 스트립으로서 직접 주조하고, 중간 폴림과 함께 하나 이상의 단계로 1 내지 0.15 mm 의 최종 두께로 냉간 압연시키고, 이어서 상기 스트립을 1 차 재결정화를 수행하기 위해서 연속적으로 폴리시키고 배향된 2 차 재결정화를 수행하기 위해 후속적으로 폴리시키는 방향성 전기 Fe-Si 스트립의 제조 방법으로,

상기 스트립의 고화 후 및 이것을 감기 전에, 페라이트에서 오스테나이트로의 변환을, 금속 매트릭스에서 25 내지 60%의 오스테나이트 체적분할이 상기 두 상들의 안정성 평형 내에서 허용되도록 주조 기계에서 즉석으로 합금 조성을 조절하고, 2 개의 냉각률 사이에서 상기 스트립을 열간 압연에 의해 변형시켜 1000 내지 1300 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 20% 이상의 변형율을 얻음으로써 상기와 같은 체적분할으로 유도하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

압연 단계와 감기 단계 사이에서 스트립을 5 초 이상동안 1100 내지 1200 $^{\circ}\text{C}$ 에서 유지시키는 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

고화된 스트립 두께가 1.5 내지 4.0 mm 이고, 상기 스트립을 즉석 압연시킨 후에 담금질시켜 5 내지 15%의 마르텐사이트 체적분할을 수득하는 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

냉간 압연 전에 스트립을 1200 $^{\circ}\text{C}$ 의 최대 온도에서 폴리시키는 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

폴리 후에 스트립을 12 초 안에 750 내지 950 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 400 $^{\circ}\text{C}$ 까지 연속해서 담금질시키는 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

주조 합금이 2.5 내지 5.0 중량%의 Si, 200 내지 1000 ppm의 C, 0.05 내지 0.5 중량%의 Mn, 0.07 내지 0.5 중량%의 Cu, 2 중량% 미만의 Cr + Ni + Mo, 30 ppm 미만의 O, 500 ppm 미만의 S + Se, 50 내지 400 ppm의 Al, 100 ppm 미만의 N을 포함하는 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

합금에 Zr, Ti, Ce, B, Ta, Nb, V, Co로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 원소를 첨가하는 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

합금에 Sn, Sb, P, Bi로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 원소를 첨가하는 방법.

명세서

기술 분야

<1> 본 발명은 변압기 코어의 생산을 위한, 탁월한 자기 특성을 갖는 방향성 전기 강판 스트립의 제조 방법에 관한 것이다. 보다 정확하게는, 본 발명은 Fe-Si 합금을 스트립으로서 직접적으로 연속 주조하고, 감기 전에 상기 스트립 자체를 압연에 의해 연속적으로 변형시켜 금속 매트릭스 중에 그 양과 분포가 제어된 소정의 오스테나이트 분획의 형성을 유도함으로써, 냉간 압연 전에 안정하고 균일하게 재결정화된 스트립 미세구조를 얻는 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 방향성 전기 강판 스트립(Fe-Si)은 전형적으로는 0.18 내지 0.50 mm의 두께를 갖는 스트립으로서 산업적으로 생산되며, 특정한 제품군에 따라 변하는 자성을 특징으로 한다. 상기 분류는 실질적으로 특정한 기준 방향(압연 방향)에 따라 평가된, 소정의 전자기 작동 조건(예를 들어, 1.7 테슬러(W/kg)에서 P50Hz)이 가해진 스트립의 비전력 손실에 따른 것이다. 상기 스트립의 주요 용도는 변압기 코어의 생산이다. 상기 스트립의 최종 결정 구조를 제어하여 모든 또는 거의 모든 결이 압연 방향과 가장 정확한 방향으로 정렬된 가장 용이한 자화 방향(<001> 축)을 갖는 양호한 자성(강한 이방성)을 얻는다. 실제로, 고스(Goss) 배향({110}<001>)을 중심으로 하는 배향을 갖는, 일반적으로 결 평균 직경이 1 내지 20 mm인 최종 제품이 수득된다. 상기 고스 배향 주위의 각 분산이 작을수록 제품의 투자율이 양호하며, 따라서 자성의 손실이 적다. 자성의 손실(코어 손실)이 적고 투자율이 높은 최종 제품은 변압기의 디자인, 치수 및 수율의 면에서 중요한 이점을 갖는다.

<3> 상기 물질의 최초의 산업적인 생산은 30년대 초 미국 회사인 ARMCO에 의해 개시되었다(USP 1,956,559). 전문가들에게 널리 공지된 바와 같이, 이때 이후로 제품의 자성 및 물리적 품질과, 변압 비용 및 주기 합리화 모두의 면에서 방향성 전기 강판 스트립의 생산 기술에 많은 중요한 개선이 도입되었다. 모든 기존의 기술들은 최종 제품에서 매우 강한 고스 구조를 얻기 위해 동일한 야금술, 즉 균일하게 분포된 제 2 상 및/또는 분리 요소들에 의해 유도되는 배향된 2 차 재결정화 방법을 이용하고 있다. 상기 비 금속성의 제 2 상 및 분리 요소들은 선택적인 2 차 재결정화 공정을 가동시키는 최종 풀림 과정 동안 결의 경계가 이동하는 것을 억제(감속)시키는데 중요한 역할을 한다.

<4> 결 경계 이동의 억제로서 MnS를 사용하는 최초의 ARMCO 기술, 및 NSC에 의해 개발된 후속의 기술(여기에서 억제제는 주로 질화 알루미늄이다(AlN + MnS)(EP 8.385, EP 17.830, EP 202.339))에서, 상기 두 생산 공정에 공통인 매우 중요한 결합 단계는 주조 후 판 냉각 과정 동안 조약하게 석출된 황화물 및/또는 질화물을 완전히 용해시켜 이들을 열간압연된 스트립의 금속 매트릭스 전체를 통해 매우 미세하고 균일하게 분포된 형태로 확실히 재 석출시키는데 충분한 시간 동안 매우 고온(약 1400 °C)에서, 열간압연 직전에 연속적인 주조 판(옛날에는 주괴)을 가열하는 것이다. 상기 공지된 기법에 따라, 상기 공정 동안, 그러나 어떤 경우 상기와 같은 미세한 재 석출이 개시 및 완료될 수 있을 뿐만 아니라, 냉간 압연 전에, 석출물의 치수가 조절될 수 있다. 상기 온도로 판을 가열하는 것은 Fe-3% Si 합금의 고온 연성과 액체 슬래그의 형성으로 인해 특별한 노(추진 노, 액체-슬래그 이동빔 노, 유도 노)를 사용할 것을 요한다.

<5> 액상의 강판에 대한 새로운 주조 기술은 이것을 보다 치밀하고 가요성으로 만들고 비용을 줄이기 위해서 생산 공정을 단순화시키고자 하였다. 상기 기술들 중 하나는 "박판" 주조로, 이는 판 연속 주조 시퀀스를 통해, 직접 열간압연에 적합한, 통상적으로 이미 거칠게 만든 판의 전형적인 두께를 갖는 판을 연속 주조하고, 연속 터널-노에서 상기 판의 온도가 상승/유지되도록 처리하고, 감긴 스트립으로 마무리 압연하는 것으로 이루어진다. 방향성 제품에 대한 상기 기술의 사용과 관련된 문제점은, 목적으로 하는 최상의 미세구조 및 자기 특성을 최종 제품에서 얻고자 하는 경우, 주로 제 2 상(상기 마무리 열간압연 단계가 시작될 때 미세하게 석출되어야 한다)을 형성하는 요소들을 용액으로 유지시키는데 필요한 고온을 유지 및 제어하기가 어렵다는 것이다. 상기와 같은 문제점들은 다양한 방식으로 다루어졌다. 예를 들어 얇은 두께의 주조 판을 열간 압연 중에 제 2 상들의 석출을 안정하게 제어하기 위한 특정 농도 간격의 미세 합금 원소들(결 성장 억제제)과 함께 사용하거나, 또는 금속 매트릭스 중의 억제제들의 형성 전략을 과감하게 변경시켰다.

<6> 상기 공정에 대해 최상의 합리적인 수준과 보다 높은 생산 융통성을 잠재적으로 제공하는 주조 기술은 열간압연 단계가 전적으로 배제된, 액상의 강로부터 스트립을 직접 생산하는 것(스트립 주조)이다. 상기와 같은 예외적인 혁신이 오래 전에 이해되고 특허되었으며, 또한 오래 동안 전기 강판 스트립, 및 특히 방향성 전기 강판 스트립의 생산을 위한 공정 조건들이 고안되고 특허되었다.

<7> 그러나, 지금까지 상기 주조 기계와 관련된 시점의 기술 수준은 기존의 플랜트들에 의해 보여지는 바와 같이 오

직 탄소강과 스테인레스 강만을 생산하기 위해 산업으로 적용할 준비가 되어있지만, 상기 기법에 따른 방향성 전기 강판 계에서의 산업적인 생산은 이루어지지 않고 있다.

<8> 본 발명자들은 스트립의 직접적인 고화(스트립 주조)로부터 방향성 전기 강판 스트립을 산업적으로 생산하기 위해서는, 냉간 압연 전에, 주조 단계 중에 수득되는 것과 현저하게 상이한 스트립 미세구조를 갖는 것이 필요할 것이라 여긴다. 상기 주조 스트립의 높은 고화 속도는 주조 조건의 동요와 합금 조성에 대한 고화 구조의 고도의 민감성으로 인해, 상이한 주물들 간에 스트립 전체를 통해 균일하고 재현 가능한 결 구조를 갖는 것을 어렵게 만든다. 스트립 주조로부터 시작하는 중간 제품의 미세 구조는 전형적인 열간 압연 중의 스트립의 변형 부족으로 인해, 통상적인 판 주조로부터 유래되는 구조들에 대해서, 상기 고화 구조에 훨씬 더 영향을 받는다.

발명의 상세한 설명

<9> 본 발명의 목적은 스트립 주조로부터 생성되는 전기 강판 스트립의 품질로 인해 상기 불편함을 해결하는 것이다. 따라서, 본 발명의 목적은 주조와 감기 단계 사이의 스트립의 즉석 두께 감소를 통해, 상 변환에 의한 유의 수준의 재결정화를 유도함으로써 결정 구조를 냉간 압연 전에 표준화시켜, 최종 제품의 품질과 관련하여 공정 조건들의 가능한 동요에 대한 영향이 실질적으로 없는 전기 강판 스트립의 제조 방법이다.

<10> 본 발명의 또 다른 목적은 탁월한 자기 특성과 일정한 품질을 갖는 방향성 전기 강판 스트립을 산업적으로 생산 할 수 있게 하는 것이며, 이때 상기 방법은 현재 사용되고 있는 통상적인 방법에 대해서 안정하고 간단하다.

<11> 본 발명의 추가의 목적들은 하기 본 발명의 상세한 설명으로부터 자명할 것이다.

<12> 본 발명의 첫 번째 중요한 태양은 규소를 함유하는 용융된 합금을 스트립 주조(트윈 냉각 카운터 회전 롤 사이에서의 주조)로서 공지된 주조 기술을 통해 스트립의 형태로 직접 고화시킴으로써, 현행의 기술과 관련하여, 판에 장시간 동안 특정의 고온 노에서 열처리를 행하고(필요한 열 균일성을 획득하기 위해서) 상기 판을 판 주조 기술에 따라 96 내지 99%로 변하는 총 감소율을 갖는 열간 압연을 통해 스트립으로 변형시키는, 판 또는 주괴 합금의 주조를 피하는 것이다.

<13> 본 발명의 두 번째 중요한 태양은 규소 함유 합금의 화학 조성을 매트릭스 중에서 페라이트 상(체-중심의 입방 격자)과 평형으로 오스테나이트 상(면-중심 입방 격자)의 열역학적 안정성을 제어하도록 특별히 선택하는 것이다. 보다 정확하게는, 탁월한 최종 자기 특성을 얻기 위해서 합금 화학을 25 내지 60%의 오스테나이트 분획이 1100 내지 1200 °C에서 안정하도록 조절하는 것이 편리하다. 결과적으로, 페라이트 상을 안정화시키는 규소의 강한 성향의 균형을 맞추기 위해서, 오스테나이트 형성을 촉진시키는 다수의 원소들을 사용한다. 이를 원소 중에서, 특히 탄소가 그의 고유의 오스테나이트화 효과뿐만 아니라 매트릭스 내로의 그의 특정한 이동성으로 인해 중요한데, 상기 이동성은 당해 분야에서 제어된 산화 능력을 갖는 폴리 분위기를 사용하는 스트립 표면으로부터의 추출에 의해 통상적으로 수행되는 고상 탈탄 공정에 의해 상기를 용이하게 제거할 수 있게 만든다. 탄소는 편의상 목적으로 하는 오스테나이트 분획을 제어하는데 적합한 양으로 강판 조성을 중에 존재한다. 즉, 이와 같은 방식으로 간단한 탈탄 공정에 의해 페라이트 안정성이 다시 상승할 수 있으며 따라서 최종 2 차 재결정화 폴리 과정 중에 최종의 목적으로 하는 조직에 해로울 수 있는 상 전이 현상을 피할 수 있다. 그러나, 상기 물질에 대해 공지된 바와 같이, 최종 제품 중에 탄소 함량을 50 ppm 이하의 수준으로 감소시키고, 탄화물의 형성으로 인한 코어 손실에 대한 부작용을 제거하는 것이 필요하다. 합금의 탄소 함량이 높을수록, 탈탄을 수행하는데 필요한 시간이 길어진다. 생산성을 이유로, 상기 탄소 함량을 최대 0.1 중량% 내로 유지시키는 것이 편리하다. 본 발명자들은 상이한 합금 조성에 따라 수득할 수 있는 오스테나이트 분획을 실험 및 문현에서 입수할 수 있는 실험 상 관계 모두에 따라 평가하였다.

<14> 본 발명의 세 번째 태양은 주조 스트립의 금속 매트릭스에서 페라이트에서 오스테나이트로의 변형을 연속적인 주조와 함께 감기 전에 냉각 롤 사이에서 압연시킴으로써 20% 이상의 급격한 변형에 의해 중심 온도 1150 °C 부근, 전형적으로는 1000 내지 1300 °C의 온도 간격으로 유도하는 것이다. 상기 급격하고 국부적인 변형은 상기 물질에 오스테나이트 상(상기 상은 열역학적으로 매우 안정하기는 하지만 동력학적 이유로 수득되지 않을 것이다)의 형성 및 핵 형성에 필요한 에너지를 부여한다. 실제로, 고려된 온도에서 상기 두 상들간의 평형 상태를 얻기 위해서는 매우 장시간이 필요한 반면, 작용 및 냉각 시간은 특히 스트립으로서 직접 주조(스트립 주조)의 경우에 본질적으로 매우 짧다.

- <15> 페라이트에서 오스테나이트로의 상 변형은 본 발명에 따르면, 화학적 조성의 선택에 따라 양적으로 조절할 수 있으며, 산업적인 공정에 필요한 대로 일정하게 재현시킬 수 있다. 본 발명에 따라 한정된 온도 간격으로 유도된 상 변형의 결과로서 생성된 스트립 중의 결 분포는 치수와 조직 모두의 면에서 상기 스트립의 전체 기하학적 형상을 통해 매우 균일하고 재현 가능하다. 이는, 특히 방향성 강판 스트립의 생산에 전형적인 미세구조 균일성의 단점, 즉 최종 조직의 선택적인 처리가 결의 구조 및 배향에서 매우 국부적인 차이조차도 민감하며 스트립 주조 제품의 경우에는 훨씬 더 민감하다는 문제를 해결한다. 실제로, 전통적인 공정들에서 냉간 압연 전의 스트립 구조는 주조 판의 강한 고온 변형의 결과이며, 이는 고화 구조를 단편화시키고, 재결정화시키고 균질화시키는데 기여하는 반면; 이와 대조적으로 직접 고화에 의해 수득된 스트립에서 상기 구조는 고화 구조에 따라 직접적으로 변하며, 상기 공정의 높은 고화 속도 및 강한 동력학적 성질로 인해 주조 조건(예를 들어 스트립 두께, 주조 속도, 주조 롤로의 열 전달 등)의 아무리 작은 동요라도 고화 구조, 및 따라서 그의 기하학적 형상 전체를 통해 최종 스트립의 미세 구조에 국부적이거나, 주기적이거나 랜덤한 변화를 유도할 수 있다.
- <16> 본 발명의 방법은 미세구조를 정련하고 균일화하는 높은 고온 변형 수준의 결여로 인해 직접 주조 강판 스트립에 내재된 결점을 극복한다. 상기 높은 변형 수준은 통상적인 주조를 기본으로 하는 기술에서 전형적인 것이며, 이는 본 발명에서 미세구조를 정련시키고 균일화할 수 있는, 양 및 분포로서 제어된 페라이트에서 오스테나이트로의 상 변형을 야기시킴으로써 매우 효율적으로 대체된다.
- <17> 스트립 주조에 적합한 높은 고화 속도는 또한 본 발명에 따른 방법을 최상의 방식으로 이용할 수 있는 중요한 야금학적 기회이다. 실제로, 판이나 주괴로부터 출발하는 전통적인 기술에서, 페라이트/오스테나이트 변형은, 존재하는 경우, 화학적 분리 대역에 국부적으로 존재하며, 이 대역에서 오스테나이트화 원소들이 특히 반-생성 물 코어에 집중된다. 따라서, 상기 대역에서, 오스테나이트 변형은, 비록 강판의 평균 화학 조성이 일치하지 않는다 하더라도, 오스테나이트 원소들의 국부적인 농축으로 인해 발생할 수 있다. 대조적으로, 스트립 주조에서 높은 고화 속도는 분리 현상을 강하게 제한하며, 따라서 매트릭스에서 오스테나이트화 원소들의 분포를 균일하게 만든다. 상기 조건에서, 소정의 온도 범위에서 열간 압연에 의해, 스트립의 전체 기하학적 형상 전체를 통해 강판 조성을 선택함으로써 한정된 오스테나이트의 체적분할을 안정하고 재현 가능한 방식으로 수득한다. 공정의 정의가 오스테나이트의 제어된 체적분할을 사용하는 경우 본 발명의 추가의 요소는 즉석 열간 압연과 감김 단계 사이에서 스트립을 담금질시킴으로써 경질 상(탄화물, 시멘타이트, 펠라이트, 바이나이트)의 제어된 분포를 얻고 일부 마르텐사이트(4 각형 격자)가 금속 매트릭스 내에 형성되는 것을 상기 정의된 바와 같이 스트립내에서 유도한다. 균일하게 분포된 경질 상(담금질 상)의 존재는 냉간 압연이 적합한 변형 조직을 제어할 수 있게 하며, 이는 명백히 담금질 구조물이 존재하지 않는 경우에 비해 경질 상이 존재하는 경우 냉간 압연에 의해 수득된 보다 큰 경화 수준과 상이한 변형 모델로 인한 것이다. 이는 냉간 압연되는 스트립의 두께(동일한 최종 두께에 대해서)를 감소시키며, 결과적으로 주조 스트립의 두께를 감소시키고, 이는 주조 생산성에 중요한 이점을 갖는다. 실제로, 주조 스트립이 얇을수록, 주조 생산성이 높아진다, 즉 스트립이 두께 감소에 정비례하여 보다 길어지는 반면, 주조 속도는 두께 감소의 제곱으로 상승한다. 본 발명의 추가의 요소는 스트립을 즉석 변형 후에 즉석 압연 밀과 감는 장치 사이에 연속 가열 장치를 사용하여 5 초 이상 1150 °C 부근, 전형적으로는 1100 내지 1200 °C의 온도에서 유지시키는 방법이다. 이는 예를 들어 베너 또는 전기 가열 장치, 또는 적외선 램프, 또는 유도 가열 장치를 구비한 가열 챔버에 의해 이루될 수 있으나; 5 초 이상 동안 소정의 간격으로 목적으로 하는 스트립 온도를 얻는데 적합한 임의의 능동 또는 수동 시스템도 사용할 수 있다. 이 경우에 최적의 담금질 단계는 상기 챔버로부터 나올 때 수행될 것이다.
- <18> 본 발명의 또 다른 태양은 스트립을 냉간 압연 전에 1200 °C 이하, 바람직하게는 1170 °C 이하의 온도에서 풀림시키는 방법이다. 상기와 같은 풀림은 여러가지 이유로 인해, 특히 최종 제품의 자기 특성 제어와 관련하여 방향성 전기 강판 스트립 제조 방법에 유리할 수 있다. 상기 방법에 대한 일부 유용한 현상들의 예로는 배향된 2 차 재결정화의 제어에 대해 본 발명의 제품에 필요한 비 금속 제 2 상들의 석출, 또는 냉간 압연 전에 냉간 압연된 스트립의 조직에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 상기 스트립의 제어된 표면 탈탄을 수행할 수 있는 가능성이 있다. 더욱이, 상기 풀림은 담금질 상들을 주조 공정 후에 스트립을 감기 전에 형성시키는 대신에 상기 공정 단계로 이동시킬 가능성을 제공할 수 있다. 이 경우에, 풀림 노의 끝에서 필요한 냉각 속도에 이르게 할 수 있는 적합한 냉각 장치가 존재해야 한다. 예를 들어, 스트립 냉각을, 제어된 압력에서 스트립 표면에 수증기 혼합물을 분무하기 위한 노즐을 구비한 일단의 창에 의해, 본 발명의 교시와 관련하여 유용하게 성취할 수 있다.
- <19> 전형적으로는, 즉석 압연 후에 스트립을 담금질시켜 5 내지 15%의 마르텐사이트 체적분할을 수득한다. 상기 담금질 장치는 750 내지 950 °C의 온도로부터 출발하여 12 초 안에 상기 스트립을 400 °C까지 냉각시킨다.

<20> 본 발명의 마지막 요소는 화학 조성물이 (i) 금속 매트릭스 중의 오스테나이트와 페라이트간의 목적으로 하는 평형을 제어하는데 유용한 원소; 및 (ii) 제 2 상 분포를 제어하는데 유용한 원소, 예를 들어 1 차 및 2 차 재 결정화 단계 중에 결 성장 제어 및 결 배향에 필요한 황화물, 셀렌화물, 질화물, 탄소-질화물 등의 2 개의 독특한 부류 중에서 선택된 원소들의 존재를 요하는 방법이다.

<21> 전형적으로는, 상기 주조 강판 조성물은 2.5 내지 5 중량%의 Si; 200 내지 1000 ppm의 C, 0.05 내지 0.5 중량%의 Mn, 0.07 내지 0.5 중량%의 Cu, 2 중량% 미만의 Cr + Ni + Mo, 30 ppm 미만의 O, 500 ppm 미만의 S + Se, 50 내지 400 ppm의 Al, 100 ppm 미만의 N을 포함한다. 이 조성물에 Zr, Ti, Ce, B, Ta, Nb, V 및 Co로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 원소, 및 Sn, Sb, P, Bi로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 원소를 첨가할 수 있다.

<22> 오스테나이트와 페라이트 상들간의 평형을 제어하는데 유용한 다수의 원소들이 존재하며, 코스트 및 수율 편리성을 제외하고는 선택이 특별히 제한되지 않는다. 그러나, 특별히 원료 물질로서 강판 조각을 이용하는 전기 노 강판 공장에서는 규소의 함량뿐만 아니라 크롬, 니켈, 몰리브덴, 니오브, 구리, 망간 및 주석의 함량을 균형 맞추는 것이 편리할 수 있다. 또한 결 성장 억제를 위한 제 2 상 입자들의 분포를 제어하는데 유용한 다수의 원소들이 존재한다. 상기 원소들을 공존 화합물들이 상이한 온도에서 용해도로서 열적으로 안정된 상이한 조성을 갖는 제 2 상들의 혼합물을 수득하기 위해서 황화물, 셀렌화물, 탄소 질화물, 질화물을 형성할 수 있는 것들 중에서 선택하는 것이 편리하다. 이러한 선택의 결과로서, 제 2 상 입자들로 인한 결 경계 이동의 유체적 온도가 상승함에 따라 점진적으로 감소한다. 즉, 가열처리 동안 보다 많은 가용성 입자들이 덜 가용성인 입자들보다 먼저 용해 및/또는 성장할 것이다. 이는 보다 좁은 용해 온도 간격을 특징으로 하는 단일 조성물 유형의 억제제를 사용하는 것에 대해 보다 양호한 결 성장 제어를 허용한다.

실시예

<23> 하기의 실시예들은 단지 예시를 목적으로 하며 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니다.

<24> 실시예 1

<25> 표 1에 나태낸 조성을 갖는 다수의 강판들을 트윈 카운터 회전 롤이 제공된 스트립 주조 기계에서 3.5 mm 두께의 스트립으로 주조하였다. 이어서 상기 주조 스트립들을 1150 °C의 온도에서 2.0 mm의 두께로 즉석 열간 압연시켰다. 각각의 강판 조성물의 주조 공정 동안 대략 중간 주조 시간에 주조 스트립 두께가 2.0 mm로 감소하였으며 즉석 압연을 중지하였다. 이어서 상기 열간 압연된 스트립을 1100 °C에서 폴리시키고 0.30 mm로 단일 단계 냉간 압연시켰다.

표 1

<26>

강판	C(ppm)	Si(%)	Mn(%)	S(ppm)	Cr(ppm)	Ni(ppm)	Al(ppm)	Cu(ppm)
A	500	3.1	0.2	75	300	100	250	0.1
B	300	3.1	0.1	68	350	120	270	0.15
C	350	3.2	0.4	70	320	110	230	0.3
D	400	3.1	0.3	80	290	150	280	0.25
E	500	3.1	0.4	50	400	100	280	0.2

<27> 이어서 냉간 압연된 스트립을 탈탄시키고, MgO 기재 폴리 분리기로 코팅시키고, 1200 °C까지 15 °C/h의 가열 속도로 박스 폴리시키고, 상기 온도에서 20 시간 동안 유지시키고, 이어서 절연 및 신장 코팅제로 코팅시켰다.

<28> 상기와 같이 주조된 스트립에 대해서 1150 °C에서 오스테나이트(γ 상) 함량을 팽창 측정에 의해 계산하고; 수득된 데이터를 표 2에 나타낸다.

표 2

<29>

강판	γ (1150)(%)
A	27
B	11
C	15
D	19
E	25

<30>

상이한 강판 조성물에 대해 최종 제품 상에서 측정된 자기 특성들을 하기 표 3에 나타낸다.

표 3

<31>

	즉석 열간 압연	즉석 열간 압연 없음
강판	B800(mT)	B800(Mt)
A	1950	1700
B	1720	1650
C	1730	1630
D	1900	1680
E	1945	1710

<32>

실시예 2

<33>

표 4에 나타낸 상이한 조성을 갖는 다수의 강판들을 트윈 카운터 회전 롤이 제공된 스트립 주조 기계에서 2.1 mm 두께의 스트립으로서 직접 주조하였다.

표 4

<34>

강판	C(ppm)	Si(%)	Mn(%)	S(ppm)	Cr(ppm)	Ni(ppm)	Al(ppm)	Cu(ppm)
A	550	3.3	0.3	80	450	200	280	0.15
B	300	3.1	0.2	68	350	120	270	0.2
C	350	3.2	0.4	70	320	130	230	0.3
D	400	3.0	0.3	80	290	180	280	0.25
E	400	3.1	0.4	75	250	200	290	0.25

<35>

이어서 상기 주조 스트립을 1170 °C에서 1.0 mm의 두께로 즉석 열간 압연시키고, 고압에서 수증기에 의해 150 °C의 온도로 담금질시키고, 이어서 감았다. 상기 강판의 약 반을 주조시킨 후에, 담금질을 멈추고 스트립을 700 °C에서 감았다.

<36>

표 5는 감은 후 스트립 상에서 금속 현미경에 의해 측정된 마르텐사이트 분획들을 나타낸다.

표 5

<37>

	담금질된 스트립	담금질되지 않은 스트립
강판	마르텐사이트(%)	마르텐사이트(%)
A	19	0
B	3	0

C	5	0
D	13	0
E	15	0

<38>

이어서 상기 스트립들을 보다 작은 코일들로 분할하고, 이들 중 일부를 0.3 mm로 냉간 압연시키고(주물 A는 냉간 압연 중에 무른 문제점을 나타내었고 완성품으로 변형되지 않았다), 탈탄시키고, MgO 기재 폴립 분리기로 코팅시키고, 이어서 1200 °C까지 20 °C/h의 가열 속도로 박스 폴립시키고 이어서 이 온도에서 20 시간 동안 유지시켰다. 하기 표 6은 완성품 상에서 측정된 자기 특성(800 A/m에서 유도)을 나타낸다.

표 6

<39>

강판	담금질된 스트립	담금질되지 않은 스트립
A	B800(mT)	B800(mT)
B	---	1830
C	1790	1650
D	1890	1630
E	1920	1820
	1950	1830

<40>

실시예 3

<41>

담금질시키지 않고 700 °C에서 감은 실시예 2의 다른 보다 작은 롤들을 1150 °C에서 60 초간 폴립시키고, 고압에서 150 °C까지 수증기에 의해 담금질시키고, 세척하고 실온에서 감았다. 이어서 상기 스트립들을 선행 실시예에서와 같이 완성품으로 변형시켰다. 표 7은 감긴 스트립 상에서 측정된 마르텐사이트 분획 및 관련된 자기 특성을 나타낸다.

표 7

<42>

강판	마르텐사이트(%)	B800(mT)
A	12	1950
B	2	1700
C	5	1740
D	8	1920
E	9	1920

<43>

실시예 4

<44>

표 8에 나타낸 조성(ppm)을 갖는 5 개의 상이한 합금들을 트윈 카운터 회전 롤이 제공된 주조 기계에서 2.2 내지 2.4 mm 두께의 스트립으로서 직접 주조하였다.

표 8

<45>

	Si	C	Mn	Cu	Sn	Cr	Mo	Nb	Ni	P	Al	Ce	N	S
A	3,2	0,07	0,40	0,25	0,1	0,03	0,1	0,03	0,02	-	0,030	0,01	0,01	0,010
B	3,3	0,06	0,06	0,07		0,09	0,03	-	0,03	-	0,004	-	0,007	0,025
C	3,0	0,03	0,95	0,40	0,06	0,30	0,02	0,02	0,20	0,02	0,015	-	0,007	0,015
D	3,1	0,05	0,15	0,25	-	0,02	0,03	-	0,02	-	0,028	-	0,008	0,007
E	3,4	0,07	0,40	0,35	-	0,03	0,05	0,01	0,03	0,01	0,030	-	0,008	0,006

- <46> 상기 주조 강판들을 1150 °C에서 1.2 mm의 두께로 즉석 열간 압연시켰다.
- <47> 상기 감긴 스트립들로부터 보다 작은 코일들을 수득하였다. 이어서 각각의 조건에 대해 스트립을 1170 °C로 급속 가열과 함께 이중 단계 풀립시키고, 1100 °C에서 냉각시키고, 수증기 제트(스트립 A1, B1, C1, D1, E1)를 사용하여 실온으로 담금질시켰다. 선행의 그룹과 유사한 두 번째 그룹의 스트립들을 유사한 열 주기로, 그러나 담금질 단계 없이(스트립 A2, B2, C2, D2, E2) 풀립시켰다. 이어서 모든 스트립들을 0.29 mm의 최종 두께로 단일 단계 냉간 압연시켰다. 이어서 상기 스트립들을 1 차 재결정화, 질화, 2 차 재결정화를 위해 연속적인 시험 라인에서 처리하였다. 이어서 각각의 스트립을 하기와 같이 처리하였다:
- <48> -제 1 처리 대역(1 차 재결정화)에서, 0.60의 pH₂O/pH₂ 비로 180 초(이중 50 초는 처리 온도에서 가열을 위한 기간) 동안 습성 질소-수소 분위기 하에서 830, 850 및 870 °C의 온도를 채택하였다,
- <49> -제 2 처리 대역에서 질화를 30 부피%의 암모니아를 첨가하면서 0.09의 pH₂O/pH₂ 비로 50 초 동안 습성 질소-수소 분위기 하에서 890 °C의 온도에서 수행하였다,
- <50> -제 3 처리대역에서, 0.01의 pH₂O/pH₂ 비로 50 초 동안 습성 질소-수소 분위기 하에서 1100 °C의 온도에서 수행하였다.
- <51> Mg/0 기재 풀립 분리기로 코팅시킨 후에 상기 시험 라인에서 처리된 스트립들을 50% 질소-수소 분위기 하에서 1200 °C까지 약 60 °C/h의 가열 속도로 박스 풀립시키고, 상기 온도에서 순수한 수소 하에 3 시간 동안 유지시키고, 수소 중에서 800 °C로, 후속적으로 질소 중에서 실온으로 냉각시켰다.
- <52> 상기 각 스트립들의 샘플 상에서 측정된 자기 특성들을 평균 유도 값 B800(mT)으로서 측정하고 표 9에 나타낸다.

표 9

탈탄 T(°C)	A1	B1	C1	D1	E1	A2	B2	C2	D2	E2
830	1890	1800	1920	1930	1910	1690	1520	1730	1640	1580
850	1930	1750	1940	1910	1920	1730	1540	1780	1540	1630
870	1940	1590	1890	1900	1890	1780	1530	1690	1520	1540