



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0049450  
(43) 공개일자 2010년05월12일

(51) Int. Cl.

C22C 38/00 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0108608

(22) 출원일자 2008년11월03일

심사청구일자 2008년11월03일

(71) 출원인

주식회사 포스코

경북 포항시 남구 괴동동 1번지

(72) 발명자

윤정봉

경북 포항시 남구 괴동동 1번지 (주)포스코내

김성일

경북 포항시 남구 괴동동 1번지 (주)포스코내

(74) 대리인

특허법인 씨엔에스·로고스

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 표면특성 및 소부경화 특성이 우수한 고강도 냉연강판 및 그 제조방법

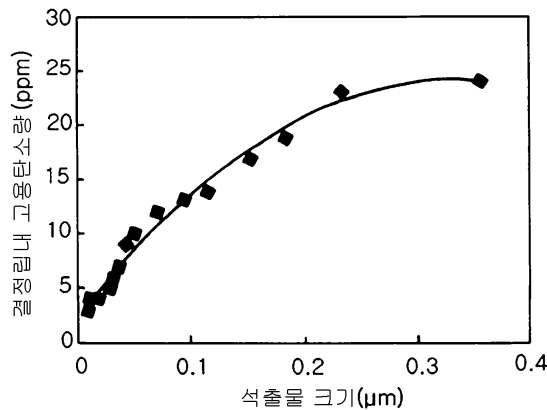
(57) 요약

본 발명은 항복강도가 높고, 소부경화값이 높아 소부 후 항복강도가 높으며 가공성 및 내2차 가공취성이 우수하며, 표면 결함이 발생하지 않아 우수한 표면 품질을 갖는 냉연강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

본 발명의 냉연강판은 중량%로, C: 0.0005~0.004%, Mn: 0.2~0.8%, P: 0.005~0.02%, S: 0.003~0.02%, Al: 0.01~0.08%, N: 0.004~0.02%, Cu: 0.005~0.2%를 포함하며, 상기 Mn, Cu, S의 함량이  $0.27 \cdot (Mn+Cu)/S$ : 5~25을 만족하고, 상기 Al, N의 함량이  $0.25 \cdot Al/N$ : 1~10을 만족하고, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물로 조성되며, MnS, CuS, (Mn, Cu)S 및 AlN로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상의 석출물을 포함하고 상기 석출물의 평균크기가  $0.2\mu m$ 이하로 이루어진다.

본 발명의 냉연강판을 제조하는 방법은 상기 조성 및 조건을 만족하는 강을  $1100^\circ C$  이상의 온도로 재가열한 후 마무리 압연온도를  $Ar_3$ 변태점 이상으로 하여 열간압연한 다음,  $300^\circ C/min$  이상의 속도로 냉각하고  $750^\circ C$ 이하의 온도에서 권취한 후 냉간압연하고 연속소둔하는 것으로 이루어진다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

중량 %로, C: 0.0005~0.004%, Mn: 0.2~0.8%, P: 0.005~0.2%, S: 0.003~0.02%, Al: 0.01~0.08%, N: 0.004~0.02%, Cu: 0.005~0.2%를 포함하며, 상기 Mn, Cu, S의 함량이  $0.27*(Mn+Cu)/S$ : 5~25을 만족하고, 상기 Al, N의 함량이  $0.25*Al/N$ : 1~10을 만족하고, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물로 조성되며, MnS, CuS, (Mn, Cu)S 및 AlN로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상의 석출물을 포함하고 상기 석출물의 평균크기가  $0.2\mu m$ 이하인 것을 특징으로 하는 표면특성 및 소부경화 특성이 우수한 고강도 냉연강판.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 조성에 추가로 Mo: 0.01~0.2%, Si: 0.02~0.6%의 1종 또는 2종이 포함되는 것을 특징으로 하는 표면특성 및 소부경화 특성이 우수한 고강도 냉연강판.

### 청구항 3

중량 %로, C: 0.0005~0.004%, Mn: 0.2~0.8%, P: 0.005~0.2%, S: 0.003~0.02%, Al: 0.01~0.08%, N: 0.004~0.02%, Cu: 0.005~0.2%를 포함하며, 상기 Mn, Cu, S의 함량이  $0.27*(Mn+Cu)/S$ : 5~25을 만족하고, 상기 Al, N의 함량이  $0.25*Al/N$ : 1~10을 만족하고, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물로 조성되는 강을 1100℃ 이상의 온도로 재가열한 후 마무리 압연온도를 Ar<sub>3</sub>변태점 이상으로 하여 열간압연하는 단계;

상기와 같이 열간압연된 열연강판을 300℃/min 이상의 속도로 냉각하고 750℃이하의 온도에서 권취하는 단계; 및

상기 열연강판을 냉간압연하고 연속소둔하는 단계;

로 이루어지는 것을 특징으로 하는 표면특성 및 소부경화 특성이 우수한 고강도 냉연강판의 제조방법.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 조성에 추가로 Mo: 0.01~0.2%, Si: 0.02~0.6%의 1종 또는 2종이 포함되는 것을 특징으로 하는 표면특성 및 소부경화 특성이 우수한 고강도 냉연강판의 제조방법.

### 청구항 5

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서, 상기 냉간압연은 30% 이상의 압하율로 행하는 것을 특징으로 하는 표면특성 및 소부경화 특성이 우수한 고강도 냉연강판의 제조방법.

### 청구항 6

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서, 상기 연속소둔은 500~900℃의 온도범위에서 10초 이상 행하는 것임을 특징으로 하는 표면특성 및 소부경화 특성이 우수한 고강도 냉연강판의 제조방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술분야

본 발명은 자동차 등의 소재로 사용되는 고강도 냉연강판 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 탄

소함량을 적정량으로 조절하면서 미세한 석출물의 분포에 의해 결정립내 고용 탄소량을 제어하여 우수한 소부경화특성을 갖는 고강도 냉연강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 자동차 등의 외관 소재에는 내덴트성을 향상하기 위하여 소부경화형 냉연강판이 많이 사용되고 있다. 소부경화형 냉연강판은 강판 중에 적정량의 고용탄소를 잔존시키고 도장 소부시의 열을 이용하여 고용탄소가 프레스 성형시에 생성된 전위를 고착하도록 함으로써 항복점을 높인 것이다.
- [0003] 소부경화형 냉연강판에는 상소둔재인 Al-Killed강과 IF강(Interstitial Free Steel)이 있다.
- [0004] 상소둔재인 Al-Killed강의 경우에는 적은 양의 고용탄소가 잔존하고 있어 내시효 특성을 확보하면서 소부처리 후 10~20MPa 정도의 소부경화능을 가진다. 상소둔재의 경우 소부처리 후 상승하는 항복강도가 낮고 생산성이 낮다는 단점이 있다.
- [0005] IF강은 Ti, Nb를 첨가하여 강중에 고용된 탄소 또는 질소를 완전히 석출시켜 성형성을 향상시킨 강종으로, 이 IF강에 소부경화 특성을 부여한 것이 소부경화형 IF강이다. 소부경화형 IF강은 Ti 또는 Nb의 첨가량과 탄소의 첨가량을 제어하여 적당한 양의 탄소를 강중에 잔존하게 하여 소부경화 특성을 부여한 것이다. 소부경화형 IF강의 경우 적당한 양의 탄소를 고용하기 위해서는 탄소의 양 뿐만 아니라, 첨가되는 Ti 또는 Nb의 양은 물론, Ti 또는 Nb와 반응하여 석출물을 형성하는 S, N의 양도 매우 좁은 범위에서 제어해야 하므로 안정적인 품질확보가 어려우며, Ti 또는 Nb를 첨가할 경우 재결정온도가 높아지므로 고온 소둔을 해야 하고, 고가의 합금원소를 첨가하여야 하므로 경제성이 떨어지는 단점이 있다.
- [0006] 한국 특허공개공보 제2006-0115643호는 미세한 석출물을 이용하여 소부경화 특성을 향상시켜 제조원가 측면에서 이점이 있는 방법이 기재되어 있지만, 이 방법에 의한 경우에는 강판 표면 결함이 발생하는 단점이 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- [0007] 본 발명은 Ti, Nb를 첨가하지 않고 석출물에 의한 결정립내 고용탄소의 제어로 우수한 소부경화 특성을 가지면서 표면 결함이 발생하지 않는 고강도 냉연강판과 그 제조방법을 제공한다.

**과제 해결수단**

- [0008] 본 발명의 냉연강판은 중량%로, C: 0.0005~0.004%, Mn: 0.2~0.8%, P: 0.005~0.2%, S: 0.003~0.02%, Al: 0.01~0.08%, N: 0.004~0.02%, Cu: 0.005~0.2%를 포함하며, 상기 Mn, Cu, S의 함량이  $0.27 \cdot (\text{Mn} + \text{Cu}) / \text{S}$ : 5~25을 만족하고, 상기 Al, N의 함량이  $0.25 \cdot \text{Al} / \text{N}$ : 1~10을 만족하고, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물로 조성되며, MnS, CuS, (Mn, Cu)S 및 AlN로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상의 석출물을 포함하고 상기 석출물의 평균크기가 0.2 $\mu\text{m}$ 이하로 이루어진다.
- [0009] 본 발명의 냉연강판을 제조하는 방법은 중량%로 C: 0.0005~0.004%, Mn: 0.2~0.8%, P: 0.005~0.2%, S: 0.003~0.02%, Al: 0.01~0.08%, N: 0.004~0.02%, Cu: 0.005~0.2%를 포함하며, 상기 Mn, Cu, S의 함량이  $0.27 \cdot (\text{Mn} + \text{Cu}) / \text{S}$ : 5~25을 만족하고, 상기 Al, N의 함량이  $0.25 \cdot \text{Al} / \text{N}$ : 1~10을 만족하고, 나머지 Fe 및 불가피한 불순물로 조성된 강을 1100℃ 이상의 온도로 재가열한 후 마무리 압연온도를 Ar<sub>3</sub>변태점 이상으로 하여 열간압연하는 단계;
- [0010] 상기와 같이 열간압연된 열연강판을 300℃/min 이상의 속도로 냉각하고 750℃이하의 온도에서 권취하는 단계; 및
- [0011] 상기 열연강판을 냉간압연하고 연속소둔하는 단계로 이루어진다.

**효과**

- [0012] 본 발명에 따라 제공되는 냉연강판은 동급의 인장강도를 갖는 강판에 비하여 항복강도가 높고, 소부경화값이

높아 소부 후 항복강도가 높으며 가공성 및 내2차 가공취성이 우수하며, 표면 결함이 발생하지 않아 우수한 표면 품질을 갖는다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- [0013] 이하 본 발명에 대하여 상세히 설명한다(이하 중량%).
  
- [0014] 본 발명자들은 Ti, Nb를 첨가하지 않으면서 소부경화 특성을 개선하기 위한 연구과정에서 다음과 같은 새로운 사실을 밝혀냈다. 탄소함량을 적정량으로 제어하면서 석출물을 미세하게 분포시키면 항복강도가 높은 강에서 소부 후의 항복강도가 더욱 증가한다는 것이다. 이는 미세한 석출물이 결정립내 고용탄소의 양에 영향을 미친다는 연구에 기반한 것이다.
  
- [0015] 도 1에 나타난 바와 같이 석출물이 미세하게 분포할수록 결정립내의 고용탄소량이 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이러한 사실에 착안하여 본 발명자들은 석출물의 크기에 의해 조절되는 결정립내 고용탄소의 함량을 감안하여 냉연강판의 탄소함량을 0.0005~0.004%의 범위로 하면 우수한 소부경화특성을 갖게 된다는 것을 확인하였다. 미세하게 분포하는 결정립내의 석출물들의 주변에는 탄소가 석출되는데, 이러한 탄소는 상온에서는 시효를 일으키지 않고 도장소부열처리에서 탄소가 용해되어 항복강도를 상승시키는 것으로 판단된다. 이를 위해서는 탄소의 함량을 0.0005~0.004%의 범위로 하고, MnS, CuS, (Mn, Cu)S 및 AlN의 석출물의 평균크기가 0.2 $\mu$ m이하가 될 때 안정적으로 확보할 수 있다.
  
- [0016] 이와 같은 새로운 사실에 주목하여 MnS, CuS, (Mn,Cu)S 및 AlN을 미세하게 분포시키는 방안에 대하여 연구하게 되었다. 그 결과, (1) Mn의 함량 0.2~0.8%, S의 함량 0.003~0.02%, Cu의 함량을 0.005~0.2%로 하면서 상기 Mn, Cu, S의 함량을 다음의 조건  $0.27*(Mn+Cu)/S: 5\sim 25$ 을 만족하도록 조절하는 것이 필요하며, (2)N의 함량을 0.004~0.02%, Al의 함량을 0.01~0.08%로 하면서, 상기 Al, N의 함량을 다음의 조건  $0.25*Al/N: 1\sim 10$ 을 만족하도록 조절함으로써 결정립의 크기를 더욱 미세하게 할 수 있으며, (3)이와 함께 열간압연이 끝난 후 냉각속도를 300 $^{\circ}$ C/min 이상으로 하면 MnS, CuS, (Mn, Cu)S 및 AlN의 석출물의 평균크기가 0.2 $\mu$ m이하로 미세하게 된다는 것이다.
  
- [0017] 이와 같이, 본 발명에 따라 탄소의 함량과 석출물의 크기를 조절하면 소부경화성을 기본적으로 확보하면서 내2차가공취성도 우수해진다. 석출물이 미세해지면 결정립계에 적당량의 탄소가 잔류하게 되어 결정립계가 강화되므로 가공후 결정립계가 취약하여 발생하는 취성과파괴를 방지할 수 있는 것이다. 나아가, 본 발명자들은 MnS, CuS, (Mn,Cu)S 석출물의 분포에서 Mn과 Cu의 복합석출물 보다 MnS와 CuS의 단독석출물이 많아질수록 미세한 석출물이 균일하게 분포되어 가공성이 보다 좋아지는 것을 확인하였다. 즉,  $0.27*(Mn+Cu)/S$ 의 값이 5~20의 범위일 때, (Mn,Cu)S의 복합석출물 보다 MnS와 CuS의 단독석출물이 많아짐에 따라 석출물의 분포수가 많아져서 가공성이 좋아진다.
  
- [0018] 이하, 본 발명의 조성범위에 대하여 상세히 설명한다.
  
- [0019] 탄소(C)의 함량은 0.0005~0.004%로 한다. 본 발명에서는 미세한 석출물에 의해 결정립내 고용탄소량이 줄어들게 되면서 그 만큼 소부경화량이 줄어들게 된다. 즉, 강판 중에 총 탄소량이 많아질수록 결정립내 보다 소부경화특성이 유효한 결정립계나 석출물의 주변에서 편석하는 탄소의 함량이 많아지게 된다. 이를 고려할때 탄소의 함량은 0.0005~0.004%로 한다. C의 함량이 0.0005% 미만에서는 강중 소부경화량이 적고, 0.004%를 초과하는 경우에는 성형성이 급격히 저하되기 때문이다.
  
- [0020] 망간(Mn)의 함량은 0.2~0.8%로 한다. Mn은 강중 고용 황을 MnS로 석출하여 고용 황에 의한 적열 취성(Hot Shortness)을 방지하는 원소로 알려져 있다. 본 발명에서는 망간과 황의 함량이 적절해지는 경우에 매우 미세

한 MnS가 석출되고, 이 석출물의 주변에는 탄소가 석출되고 석출된 탄소는 도장 소부경화처리 과정에서 용해되어 항복강도를 증진시킨다는 연구결과에 기초하여 망간의 함량을 0.2~0.8%로 한정한다. Mn의 함량이 0.2% 미만에서는 고용상태로 남아있는 S의 양이 많아 재가열 중 FeS의 생성량이 많아지고 이로 인해 표면 결함이 발생할 확률이 높아진다. 망간의 함량이 0.2% 이상이 되어야 상기의 효과를 발휘할 수 있을 뿐만 아니라, 표면 결함발생도 없다. 망간의 함량이 0.8%를 초과하는 경우에는 망간의 함량이 높아 조대한 MnS 석출물이 생성되어 소부경화 특성이 열악해진다.

[0021] 인(P)의 함량은 0.005~0.2%로 한다. 인은 고용강화효과가 높으면서 r값(소성이방정지수)의 저하가 적은 원소로서 본 발명에 따라 석출물을 제어하는 강에서 고강도를 보증한다. 인의 함량이 0.005% 이상이 되어야 강도를 확보할 수 있으나 0.2%를 초과해서는 연성이 저하된다.

[0022] 황(S)의 함량은 0.003~0.02%로 한다. 황의 함량이 0.003% 미만에서는 MnS, CuS, (Mn, Cu)S 석출량이 적을 뿐만 아니라, 석출되는 석출물의 크기가 매우 조대해져 소부경화 특성이 좋지 않다. 황의 함량이 0.02%를 초과하는 경우에는 고용된 황의 함량이 많아 연성 및 성형성이 크게 낮아지며, 적열취성의 문제가 있다.

[0023] 알루미늄(Al)의 함량은 0.01~0.08%로 한다. 알루미늄은 탈산제로 첨가하는 원소이지만 본 발명에서는 강중 질소를 석출시켜 고용질소에 의한 성형성 저하의 방지를 위해 첨가한다. 알루미늄의 함량이 0.01% 미만에서는 고용질소의 양이 많아 성형성이 좋지 않고, 0.08%를 초과하는 경우에는 고용 상태로 존재하는 알루미늄의 양이 많아 연성을 저하한다.

[0024] 질소(N)의 함량은 0.004~0.02%로 한다. 질소는 AlN 석출물을 강중에 석출하게 함으로써 결정립을 미세화하는 역할을 한다. 질소의 함량이 0.004% 미만에서는 AlN 석출물의 수가 적어 미세화 효과가 적고 0.02%를 초과하는 경우에는 고용 N을 석출시키기 위해 첨가해야 하는 Al의 양이 너무 많아 다른 결함이 발생될 우려가 있고 AlN 석출물 수의 증가에 따라 크기도 동시에 증가하여 그 이상을 첨가하는 의미가 없으므로 상한을 0.02%로 한다.

[0025] 구리(Cu)의 함량은 0.005~0.2%로 한다. 구리는 Cu와 S의 함량비 그리고 열간압연공정에서 권취전의 냉각속도가 적절해지는 경우 0.2 $\mu$ m 이하의 석출물을 형성하고 이 석출물의 주변에는 탄소가 석출되어 석출된 탄소는 도장 소부 처리과정에서 용해되어 항복강도가 커진다는 연구에 기초하여 0.005~0.2% 첨가한다. 구리의 함량이 0.005% 이상되어야 미세하게 석출할 수 있고, 0.2%를 초과하면 조대하게 석출하여 비시효 특성이 열악해진다.

[0026] 본 발명의 냉연강판에는 추가로 몰리브덴(Mo)이 포함될 수 있다. Mo의 함량은 0.01~0.2%가 바람직하다. Mo는 소성이방정지수를 높이는 원소로서 첨가되는데, 그 함량이 0.01% 이상이 되어야 소성이방정지수가 커지며, 0.2%를 초과하게 되면 소성이방정지수는 더 이상 커지지 않고 열간취성을 일으키는 단점이 있다.

[0027] 본 발명의 냉연강판에는 추가로 실리콘(Si)이 포함될 수 있다. Si의 함량은 0.02~0.6%가 바람직하다. Si는 강의 고용강화원소로 타 원소에 비해 강도 향상대비 연신을 저하율이 낮고, 도금시 파우더링 특성이 우수해지는 특성이 있지만 0.6% 초과하여 첨가할 경우 적Scale의 생성량이 많아 산세특성이 급격히 열화하고, 표면결함이 증가하므로 상한값을 0.6%로 하였으며, 0.02%이하 첨가시 강화효과 및 파우더링성 향상 효과가 적으므로 하한값을 0.02%로 하였다.

[0028] 나머지는 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된다.

[0029] 상기 Mn, Cu 및 S의 함량은 0.27\*(Mn+Cu)/S: 5~25을 만족한다.

[0030] S는 Mn, Cu와 결합하여 MnS, CuS, (Mn, Cu)S로 석출되는데, 이러한 석출물은 Mn, Cu와 S의 첨가량에 따라 석출

상태가 달라져 소부경화 특성, 2차가공취성, 소성이방성지수, 면내이방성지수에 영향을 미친다. 따라서  $0.27*(Mn+Cu)/S$ 가 5 이상이 되어야 유효한 석출물이 얻어지며, 25를 초과하는 경우에는 석출물이 조대하여 소부경화특성, 소성이방성지수, 면내이방성지수의 특성이 나빠진다.

- [0031] 또한, 상기 A1과 N의 함량은  $0.52*A1/N$ : 1~10을 만족한다.
- [0032] N은 A1과 결합하여 A1N으로 석출되는데, 이 석출물은 A1과 N의 함량에 따라 소부경화특성, 2차가공특성 및 소성이방성지수에 영향을 미친다. 따라서  $0.52*A1/N$ 이 1 이상이 되어야 유효한 석출물이 얻어지며, 10을 초과하는 경우에는 고용 N이 잔존하게 되어 소성이방성지수가 좋지 않고, 소부경화 특성이 너무 커져 시효 특성이 좋지 않다.
- [0033] 본 발명은 상기 성분범위 이외에 MnS, CuS, (Mn, Cu)S 및 A1N로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상의 석출물을 포함하고 상기 석출물의 평균크기가  $0.2\mu m$ 이하가 된다. 본 발명에서 MnS, CuS, (Mn, Cu)S 및 A1N 석출물의 크기가 소부경화특성과 2차가공취성, 소성이방성지수, 면내이방성지수에 직접적으로 영향을 미치는데, 이들 석출물의 평균크기가  $0.2\mu m$ 를 초과하게 되면, 특히 소부경화특성이 좋지 않고, 2차가공취성, 소성이방성지수, 면내이방성지수가 나빠진다.
- [0034] 이하, 본 발명의 냉연강관의 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.
- [0035] 본 발명은 상기 조성을 만족하는 강을 열간압연과 냉간압연을 통해 냉연강관에 MnS, CuS, (Mn, Cu)S 및 A1N 석출물의 평균크기가  $0.2\mu m$  이하를 만족하는데 특징이 있다. 냉연강관에서 이들 석출물의 평균크기는 첨가량의 조건과 재가열 온도, 권취온도 등의 제조공정에 영향을 받으며, 특히 열간압연 후의 냉각속도에 직접적인 영향을 받는다.
- [0036] 먼저, 상기 조성을 만족하는 강을 재가열하여 열간압연한다. 재가열 온도는  $1100^{\circ}C$  이상이 바람직하다. 재가열 온도가  $1100^{\circ}C$  미만의 경우에는 재가열 온도가 낮아 연속 주조중에 생성된 조대한 CuS가 완전히 용해되지 않은 상태로 남아있어 열간압연 후에도 조대한 석출물이 많이 남아있기 때문이다.
- [0037] 열간압연의 마무리 압연온도는 Ar<sub>3</sub>변태온도 이상에서 행한다. 마무리 압연온도가 Ar<sub>3</sub>변태온도 미만에서는 압연립의 생성으로 가공성이 저하될 뿐만 아니라, 연성이 크게 저하되기 때문이다.
- [0038] 상기 열간압연 후 권취전의 냉각속도는  $300^{\circ}C/min$  이상으로 한다. 본 발명에 따라  $0.27*(Mn+Cu)/S$ 가 5~25을 만족한다고 하더라도 냉각속도가  $300^{\circ}C/min$  미만이면 석출물의 평균크기가  $0.2\mu m$ 를 초과해 버린다. 즉, 냉각속도가 빨라질수록 많은 수의 핵이 생성되어 석출물이 미세해진다. 냉각속도가 빨라질수록 석출물의 크기가 미세해지므로 냉각속도의 상한을 제한할 필요는 없으나, 냉각속도가  $1000^{\circ}C/min$ 을 초과하면 석출물 미세화 효과가 더 이상 커지지 않으므로 냉각속도는  $300\sim 1000^{\circ}C/min$ 으로 하는 것이 보다 바람직하다.
- [0039] 상기 냉각 후에 권취를 행하는데, 권취온도는  $750^{\circ}C$  이하로 한다. 권취온도가  $750^{\circ}C$ 를 초과하는 경우에는 석출물이 너무 조대하게 성장하여 소부경화성이 열악해진다.  $550\sim 750^{\circ}C$ 의 온도범위에서 권취하는 것이 보다 바람직하다.
- [0040] 권취 후 냉각압연을 행하는데, 냉간압연은 30% 이상의 압하율로 행한다. 냉간압하율이 30% 미만에서는 소둔 재결정 핵생성양이 적기 때문에 소둔시 결정립이 너무 크게 성장하여 소둔 재결정립의 조대화도 강도 및 성형성이 저하되기 때문이다.



[0041] 냉각압연 후 연속소둔을 행한다. 연속소둔시 온도는 냉연강판의 재질을 결정하는 중요한 역할을 한다. 본 발명에서 연속소둔은 500~900℃의 온도범위에서 행하는 것이 바람직하다. 연속소둔 온도가 500℃ 미만에서는 재결정이 완료되지 않아 목표로 하는 연성값을 확보할 수 없으며, 900℃를 초과하는 경우에는 재결정립의 조대화로 강도가 저하되는 문제가 있다.

[0042] 연속소둔 시간은 재결정이 완료되도록 유지하는데, 약 10초 이상이면 재결정이 완료된다. 보다 바람직하게는 10초~30분의 범위내로 한다.

[0043] 이하 실시예를 통하여 본 발명에 대해 보다 구체적으로 설명한다.

[0044] (실시예)

[0045] 표 1에 나타난 성분범위를 갖는 강 슬라브를 1200℃에서 재가열하고 열간 마무리 압연한 후 600℃/min의 속도로 냉각하여 650℃에서 권취하였다. 이때의 열간 마무리 압연 온도는 Ar3 변태점 이상인 910℃이며, 연속 소둔은 10℃/초의 속도로 700℃로 40초 동안 가열하여 행하였다.

[0046] 이에 얻어진 냉연강판의 기계적 특성을 조사하여 표 2에 나타내었다. 냉연강판의 기계적 특성을 조사하기 위해서 ASTM규격(ASM E-8 standard)에 의한 표준시편으로 가공하였고, 상기 시편은 인장시험기(INSTRON사, Model 6025)를 이용하여

[0047] 항복강도, 인장강도, 연신율 및 소성이방성지수( $r_m$ 값)을 측정하였다. 여기서  $r_m=(r_0+2r_{45}+r_{90})/4$ 이다. 소부경화 특성은 시편에 2%의 스트레인을 가한 후 170℃에서 20분간 열처리 후 항복강도의 하향복을 측정하고 측정된 항복강도값에서 원래의 항복강도값을 뺀 값을 소부경화지수(BH)로 하여 나타내었다. 또한 2차 가공취성을 판단하기 위하여 천이온도(Ductile Brittle Transition Temperature, DBTT)를 측정하였고, 표면 결함여부를 육안으로 확인하였다.

표 1

| 강번   | 조성범위(중량%) |      |       |       |      |       |        |          | 0.27*(Mn+Cu)/S | 0.52*Al/N |
|------|-----------|------|-------|-------|------|-------|--------|----------|----------------|-----------|
|      | C         | Mn   | P     | S     | Cu   | Al    | N      | 기타       |                |           |
| 발명강1 | 0.0033    | 0.25 | 0.009 | 0.009 | 0.06 | 0.036 | 0.0062 | -        | 9.30           | 3.02      |
| 발명강2 | 0.0016    | 0.36 | 0.03  | 0.008 | 0.09 | 0.046 | 0.0083 | -        | 15.19          | 2.88      |
| 발명강3 | 0.0027    | 0.49 | 0.059 | 0.012 | 0.11 | 0.052 | 0.0075 | -        | 13.50          | 3.61      |
| 발명강4 | 0.001     | 0.71 | 0.096 | 0.007 | 0.09 | 0.063 | 0.0122 | -        | 30.86          | 2.69      |
| 발명강5 | 0.0014    | 0.65 | 0.081 | 0.011 | 0.11 | 0.042 | 0.0093 | Mo:0.04  | 18.65          | 2.35      |
| 비교강1 | 0.0014    | 0.06 | 0.047 | 0.014 | 0.09 | 0.036 | 0.0074 | -        | 2.89           | 2.53      |
| 비교강2 | 0.0063    | 0.12 | 0.045 | 0.021 | 0.11 | 0.033 | 0.0063 | -        | 2.96           | 2.72      |
| 비교강3 | 0.0028    | 0.4  | 0.07  | 0.01  | 0    | 0.04  | 0.0016 | Ti:0.022 | 10.80          | 13.00     |
| 비교강4 | 0.0028    | 0.4  | 0.07  | 0.01  | 0    | 0.04  | 0.0016 | Ti:0.022 | 10.80          | 13.00     |

[0049]

표 2

| 강번   | 항복강도 (MPa) | 인장강도 (MPa) | 연신율 (%) | 소성이방성 지수( $r_m$ ) | 2차가공 취성 (DBTT-℃) | 소부경화 지수 (MPa) | 표면결함 발생여부 | 석출물의 평균크기 ( $\mu m$ ) |
|------|------------|------------|---------|-------------------|------------------|---------------|-----------|-----------------------|
| 발명강1 | 192        | 302        | 48      | 1.72              | -40              | 52            | 발생없음      | 0.07                  |
| 발명강2 | 220        | 352        | 41      | 1.71              | -50              | 47            | 발생없음      | 0.09                  |
| 발명강3 | 259        | 399        | 39      | 1.69              | -40              | 46            | 발생없음      | 0.11                  |
| 발명강4 | 311        | 462        | 32      | 1.58              | -30              | 39            | 발생없음      | 0.15                  |
| 발명강5 | 309        | 461        | 32      | 1.63              | -40              | 43            | 발생없음      | 0.16                  |

|      |     |     |    |      |     |    |      |      |
|------|-----|-----|----|------|-----|----|------|------|
| 비교강1 | 193 | 346 | 39 | 1.72 | -40 | 32 | 발생   | 0.07 |
| 비교강2 | 228 | 359 | 35 | 1.43 | -50 | 71 | 발생   | 0.09 |
| 비교강3 | 279 | 402 | 31 | 1.39 | -10 | 39 | 발생없음 | 0.38 |
| 비교강4 | 202 | 345 | 40 | 1.83 | 0   | 32 | 발생없음 | 0.38 |

[0051] 표 1 및 2에서 발명강 1~5는 석출물의 크기가 0.2 $\mu\text{m}$  이하로서 고강도이고 30MPa 이상의 소부경화 특성을 가지며, 가공성이 우수하고 표면결함이 발생하지 않아 품질도 우수하다.

[0052] 그러나 비교강 1은 석출물의 평균크기가 0.2 $\mu\text{m}$  이하로서 고강도이고 30MPa 이상의 소부경화 특성을 가지지만, Mn의 함량이 낮고, 0.27\*(Mn+Cu)/S 값이 낮아 표면결함이 발생하였다. 비교강 2는 탄소함량이 높아 연신을 및 소성이방성지수가 낮아 성형가공시 파단이 일어날 가능성이 크며, Mn 함량이 낮아 표면 결함이 발생하였다

[0053] 비교강 3은 동일 인장강도급에서 발명강에 비해 항복강도가 너무 높고, 연신을 및 소성이방성지수가 매우 낮아 성형가공시 파단이 일어날 가능성이 높다. Ti 첨가 IF강의 경우 재결정 온도가 높아 동일 소둔온도에서는 성형성 확보가 어렵고 좀더 높은 온도에서 소둔을 해야 하므로 원가측면에서 매우 불리하다. 비교강 4는 비교강 3과 동일한 성분으로 조성된 것으로 더 높은 온도인 830 $^{\circ}\text{C}$ 에서 소둔처리한 것인데 동일 인장강도급에 비해 항복강도가 낮고 소부경화값이 낮아 내덴트성이 낮다. 또한 2차가공취성 평가 척도로 알려진 천이온도(Ductile Brittle Transition Temperature, DBTT)가 높아 극한지방에서는 성형가공후에 파단이 발생할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0054] 도 1은 석출물의 크기에 대한 결정립내의 고용탄소량의 변화를 나타낸 그래프이다.

**도면**

**도면1**

