



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년08월03일
(11) 등록번호 10-1171112
(24) 등록일자 2012년07월30일

<p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>C22C 38/00</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2004-0107080</p> <p>(22) 출원일자 2004년12월16일 심사청구일자 2009년06월05일</p> <p>(65) 공개번호 10-2005-0116347</p> <p>(43) 공개일자 2005년12월12일</p> <p>(30) 우선권주장 1020040041509 2004년06월07일 대한민국(KR)</p> <p>(56) 선행기술조사문헌 JP2002053933 A* JP2003096543 A* *는 심사관에 의하여 인용된 문헌</p>	<p>(73) 특허권자 주식회사 포스코 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)</p> <p>(72) 발명자 윤정봉 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, 주 포스코 내 (괴동동)</p> <p>강기봉 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, 주 포스코 내 (괴동동) (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인 특허법인씨엔에스</p>
--	--

전체 청구항 수 : 총 20 항

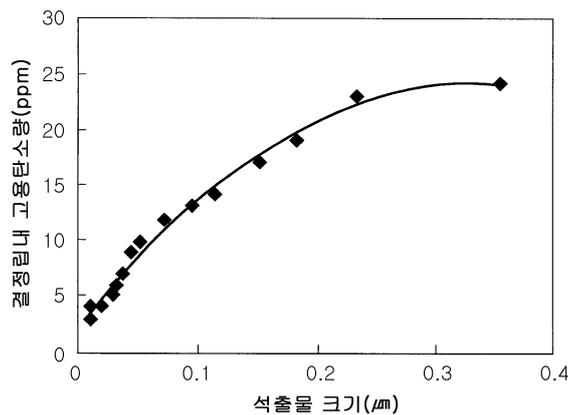
심사관 : 정상익

(54) 발명의 명칭 **가공성이 우수한 내시효 냉연강판과 그 제조방법**

(57) 요약

자동차, 가전제품 등의 소재로 사용되는 냉연강판과 그 제조방법이 제공된다. 본 발명의 냉연강판은, 중량%로 C:0.0005~0.003%, Mn:0.03~0.2%, S:0.003~0.025%, Al:0.01~0.08%, N:0.004%이하, P:0.015%이하, Cu:0.005~0.2%를 포함하고, 상기 Mn, Cu, S가 조건 $Mn+Cu \leq 0.3$, $0.5*(Mn+Cu)/S:2-20$ 를 만족하고, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성되며, 석출물의 평균크기가 $0.2\mu m$ 이하로 이루어진다. 본 발명의 냉연강판은 미세한 석출물에 의해 결정립내 고용탄소량이 줄어들어 내시효특성이 개선되면서 가공성이 개선된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박기덕

전라남도 동광양시 금호동 700번지 광양제철소내

조너하

전남 광양시 금호동 700번지 광양제철소내

특허청구의 범위

청구항 1

중량%로 C:0.0005~0.003%, Mn:0.03~0.2%, S:0.003~0.025%, Al:0.01~0.08%, N:0.004%이하, P:0.015%이하, Cu:0.005~0.2%를 포함하고, 상기 Mn, Cu, S가 조건 $Mn+Cu \leq 0.3$, $0.5*(Mn+Cu)/S:2\sim 20$ 를 만족하고, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 조성되며, 평균크기가 0.2 μ m이하인 MnS, CuS 및 (Mn,Cu)S 중 1종 이상의 석출물을 포함하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 C는 0.002%초과~0.003%이하임을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 석출물수는 3×10^6 개/ mm^2 이상임을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 $0.5*(Mn+Cu)/S:2\sim 7$ 임을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 석출물수는 2×10^8 개/ mm^2 이상임을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 7

제 1항, 제 2항, 제 4항 제 5항 및 제 6항 중 어느 한 항에 있어서, 추가로 Mo이 0.01~0.2% 포함되는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 8

제 1항, 제 2항, 제 4항 제 5항 및 제 6항 중 어느 한 항에 있어서, 추가로 V이 0.01~0.2% 추가로 포함되는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 V과 C은 $0.25*V/C$ 가 1~20을 만족하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 10

제 7항에 있어서, 추가로 V이 0.01~0.2% 추가로 포함되는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 11

제 10항에 있어서, 상기 V과 C은 $0.25*V/C$ 가 1~20을 만족하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판.

청구항 12

중량%로 C:0.0005~0.003%, Mn:0.03~0.2%, S:0.003~0.025%, Al:0.01~0.08%, N:0.004%이하, P:0.015%이하, Cu:0.005~0.2%, 상기 Mn, Cu, S가 다음의 조건 $Mn+Cu \leq 0.3$, $0.5*(Mn+Cu)/S:2\sim 20$ 를 만족하고, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 조성되는 강을 1100 $^{\circ}$ C이상의 온도로 재가열한 후 마무리 압연온도를 Ar₃변태점 이상으로 하여 열간압연하고 300 $^{\circ}$ C/min이상의 속도로 냉각하고 700 $^{\circ}$ C이하의 온도에서 권취한 다음, 냉간 압연하

고, 연속소둔하는 것을 포함하여 이루어짐으로써, 평균크기가 0.2 μ m이하인 MnS, CuS 및 (Mn,Cu)S 중 1종 이상의 석출물이 분포된 강판을 제조하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 13

제 12항에 있어서, 상기 C는 0.002%초과~0.003%이하임을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 12항에 있어서, 상기 석출물수는 3X10⁶개/mm² 이상임을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 16

제 12항에 있어서, 상기 0.5*(Mn+Cu)/S:2-7임을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 17

제 16항에 있어서, 상기 석출물수는 2X10⁸개/mm² 이상임을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 18

제 12항, 제 13항, 제 15항, 제 16항 및 제 17항 중 어느 한 항에 있어서, 추가로 Mo이 0.01~0.2% 포함되는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 19

제 12항, 제 13항, 제 15항, 제 16항 및 제 17항 중 어느 한 항에 있어서, 추가로 V이 0.01~0.2% 추가로 포함되는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 20

제 19항에 있어서, 상기 V과 C은 0.25*V/C가 1~20을 만족하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 21

제 18항에 있어서, 추가로 V이 0.01~0.2% 추가로 포함되는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

청구항 22

제 21항에 있어서, 상기 V과 C은 0.25*V/C가 1~20을 만족하는 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 내시효 냉연강판의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 자동차, 가전제품 등의 소재로 사용되는 냉연강판에 관한 것으로, 보다 상세하게는 결정립내의 고용

[0005]

탄소량을 미세한 석출물에 의해 확보하여 내시효특성과 가공성이 개선된 냉연강판과 그 제조방법에 관한 것이다.

- [0006] 자동차, 가전제품에 사용되는 냉연강판에는 강도와 성형성의 확보와 더불어 내시효특성이 요구된다. 시효는 고용원소(C, N)가 전위에 고착함에 따라 경화가 일어나면서 스트레처 스트레인(Stretcher Strain)이라는 결함을 유발하는 일종의 변형시효 현상이다.
- [0007] 냉연강판의 내시효성은 알루미늄 킬드강의 상소둔에 의해 확보 가능하나, 상소둔은 소둔시간이 길어 생산성이 낮고 부위별로 재질편차가 심하다는 단점이 있다. 따라서, Ti, Nb과 같은 강력한 탄, 질화물 형성 원소를 첨가하여 연속소둔하는 IF강(Interstitial Free Steel)을 주로 이용하고 있다.
- [0008] IF강을 제조하기 위해서는 강력한 탄, 질화물 형성원소인 Ti, Nb등을 첨가한다. Ti, Nb는 재결정온도를 상승시키므로 고온에서 소둔해야 한다. 이 때문에 생산성이 낮아지고 에너지를 많이 사용하여 원가가 상승한다. 또한 고온에서 소둔을 하면 파인홈, 형상결함 등 여러가지 결함이 발생하기 쉬운 단점이 있다. 또한, Ti, Nb은 산화성이 강하기 때문에 제강중 많은 비금속 개재물을 생성하여 강판의 표면결함을 유발시킨다. 또한, IF강은 결정립계가 취약하여 가공후 취성이 발생하는 소위 2차가공취성이 발생하는 단점이 있다. 이를 방지하기 위해서는 B등의 원소를 첨가하여 2차가공취성을 방지하는 노력을 하고 있다. 특히, IF강의 경우 도금 및 도장 등의 표면처리를 하는 제품에서 많은 결함을 발생하는 단점이 있다.
- [0009] 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 Ti나 Nb을 첨가하지 않는 Ti, Nb 비첨가 강이 제안되어 있다. 그 예로, 일본 공개특허공보 평6-093376, 6-093377, 6-212354호는 Ti, Nb을 첨가하지 않는 대신 B를 0.0001~0.003% 첨가한 강에 C:0.0001~0.0015%로 엄격히 관리하여 내시효성을 개선하는 기술이다. 그러나, 이 선행기술에서는 내시효성은 충분하지 않으며, 내시효성 확보를 위해 소둔후의 급냉을 추천하고 있다. 따라서, 수냉시 발생하는 산화피막을 제거하기 위해 또 다시 산세처리를 해야 하므로 표면이 좋지 못하며 추가적인 비용이 든다. 또한 이들 강종은 강도가 낮은 단점이 있으며 면내이방성이 높아 주름이 발생하며 귀(ear) 발생이 높아 소재의 낭비가 많은 단점이 있다.
- [0010] 한편, 본 발명자는 대한민국 공개특허공보 2000-0039137호에 Ti, Nb을 첨가하지 않으면서 연성을 향상시켜 장출가공특성이 우수한 냉연강판의 제조방법을 제안한 바 있다. 이 냉연강판의 제조방법은, 중량%로 C:0.0005~0.002%이하, Mn:0.05~0.3%, S:0.015%이하, P:0.015%이하, Al:0.01~0.08%, N:0.001~0.005%, 상기 C+N+S+P가 0.025%이하를 만족하고 나머지 Fe 및 기타 불가피하게 함유되는 원소를 포함한 강슬라브를 마무리압연온도를 Ar₃변태점 이상으로 하여 열간압연하고, 이어 750℃이하의 온도에서 권취한 다음, 50~90%의 압하율로 냉간 압연하고, 650~850℃범위의 온도에서 10초 이상 연속소둔하는 것이다. 이와 같이 하여 얻어진 냉연강판은 소성이방성 지수를 일정 수준이상으로 유지하면서도 내시효성 및 연성이 우수하다. 대한민국 공개특허공보 2000-0039137호는 C+N+S+P를 0.025%로 엄격히 제어하기 위해서는 탈황 및 탈인능력을 강화하여야 한다. 더욱이, 재질측면에서는 항복강도가 너무 낮아 보다 두꺼운 소재를 사용해야 하는 문제점이 있다. 가공시에는 면내이방성 지수(Δr 값)이 너무 높아 주름이 많이 발생하여 파단되는 문제점이 있다.
- [0011] 또한, 본 발명자는 대한민국 공개특허공보 2002-0049667호에 Ti, Nb을 첨가하지 않으면서 인장강도 35kgf/mm²급의 고강도강에서 항복강도를 증진시킬 수 있는 냉연강판의 제조방법을 제안한 바 있다. 이 냉연강판의 제조방법은, 중량%로 C:0.0005~0.003%, Mn:0.1%이하, S:0.003~0.02%, P:0.03~0.07%, Al:0.01~0.1%, N:0.005%이하, Cu:0.05~0.3%, Cu/S원자비 2~10인 강을 Ar₃변태점 이상으로 하여 열간압연하고, 50~90%의 압하율로 냉간 압연하고, 700~880℃범위의 온도에서 10초~5분간 연속소둔하는 것이다.
- [0012] 이와 같이 하여 얻어진 냉연강판은 340MPa급의 고강도강에서 항복강도를 240MPa 수준으로 증진하고 있다. 그러

나, 시효지수가 30MPa보다 커서 내시효특성을 보장할 수 없으며, 또한, 소성이방성지수(r_m)가 1.8 수준으로 가공성의 개선이 필요하며 특히, 면내이방성 지수도 0.5이상으로 높아 주름이 많이 발생하여 과단되는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0013] 본 발명은 Ti, Nb을 첨가하지 않으면서 내시효특성을 갖고 나아가 소성이방성지수가 높고 면내이방성지수가 작아 가공성이 우수한 냉연강판과 그 제조방법을 제공하는데, 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

[0014] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 냉연강판은, 중량%로 C:0.0005~0.003%, Mn:0.03~0.2%, S:0.003~0.025%, Al:0.01~0.08%, N:0.004%이하, P:0.015%이하, Cu:0.005~0.2%를 포함하고, 상기 Mn, Cu, S가 조건 $Mn+Cu \leq 0.3$, $0.5*(Mn+Cu)/S:2\sim 20$ 를 만족하고, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 조성되며, 석출물의 평균크기가 $0.2\mu m$ 이하로 이루어진다.

[0015] 본 발명의 냉연강판에서 상기 C는 0.002%초과~0.003%이하일 수 있다. 또한, 상기 석출물은 MnS, CuS, (Mn,Cu)S이며, 석출물수는 3×10^6 개 이상이 바람직하다. 보다 바람직하게는 상기 $0.5*(Mn+Cu)/S:2\sim 7$ 이며, 상기 석출물수는 2×10^8 개 이상이다. 본 발명의 냉연강판에는 추가로 Mo이 0.01~0.2% 또는/및 V이 0.01~0.2% 추가로 포함될 수 있다. 상기 V의 첨가되는 경우에 V과 C은 $0.25*V/C$ 가 1~20을 만족하는 것이 가장 바람직하다.

[0016] 본 발명의 냉연강판의 제조방법은, 상기한 본 발명의 강조성을 만족하는 강슬라브를 1100℃이상의 온도로 재가열한 후 마무리 압연온도를 Ar₃변태점 이상으로 하여 열간압연하고 300℃/min이상의 속도로 냉각하고 700℃이하의 온도에서 권취한 다음, 냉간 압연하고, 연속소둔하는 것을 포함하여 이루어진다.

[0017] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0018] 본 발명자들은 Ti, Nb을 첨가하지 않으면서 내시효성의 특성을 개선하기 위한 연구과정에서 다음과 같은 새로운 사실을 밝혀내었다. 즉, MnS, CuS, (Mn,Cu)S의 석출물이 내시효특성과 함께 소성이방성지수와 면내이방성 지수에 영향을 미친다는 것이다.

[0019] 도 1에 나타난 바와 같이, MnS, CuS, (Mn,Cu)S의 석출물이 미세하게 분포할수록 결정립내의 고용탄소량이 줄어들어 내시효특성이 개선되는 것이다. 내시효특성의 확보를 위해서는 결정립내 고용탄소량이 약 20ppm이하가 되어야 하는데, 이를 위해서는 MnS, CuS, (Mn,Cu)S의 석출물의 평균크기가 $0.2\mu m$ 이하가 될 때 안정적으로 확보될 수 있다.

[0020] 이와 같은 새로운 사실에 주목하여 MnS, CuS, (Mn,Cu)S를 미세하게 분포시키는 방안에 대하여 연구하게 되었다. 그 결과, (1) Mn의 함량 0.03~0.2%, S의 함량 0.003~0.025%, Cu의 함량을 0.005~0.2%로 하면서 상기 Mn, Cu, S의 함량을 다음의 조건 $Mn+Cu \leq 0.3$, $0.5*(Mn+Cu)/S:2\sim 20$ 을 만족하도록 조절하는 것이 필요하며, (2) 이와 함께 압간압연이 끝난 후 냉각속도를 약 300℃/min이상으로 하면 MnS, CuS, (Mn,Cu)S의 석출물의 평균크기가 $0.2\mu m$ 이하로 미세하게 된다.

[0021] 도 2(a)는 0.0025%C-0.13%Mn-0.009%P-0.015%S-0.04%Al-0.0029%N-0.04%Cu로 조성되고 $0.5*(Mn+Cu)/S:5.67$ 의 강을 열간압연후 냉각속도에 따른 석출물의 크기를 조사한 그래프이다. 도 2(a)의 그래프를 보면, $0.5*(Mn+Cu)/S$

≤20를 만족하는 경우에 대해 냉각속도가 빨라질수록 MnS, CuS, (Mn,Cu)S의 석출물이 평균크기가 더욱 미세하게 되는 것을 확인할 수 있다.

[0022] 본 발명에 따라 중량%로 C:0.0005~0.003%, Mn:0.03~0.2%, S:0.003~0.025%, Al:0.01~0.08%, N:0.004%이하, P:0.015%이하, Cu:0.005~0.2%, 상기 Mn, Cu, S가 다음의 조건 $Mn+Cu \leq 0.3$, $0.5*(Mn+Cu)/S:2\sim 20$ 를 만족하는 성분계에서 석출물의 평균크기가 0.2 μm 이하인 경우에는 내시효성을 기본적으로 확보하면서 소성이방성 지수(r_m)가 높고 면내이방성지수(Δr)는 낮아진다.

[0023] 나아가, 본 발명자들은 MnS, CuS, (Mn,Cu)S의 석출물이 분포에서 Mn과 Cu의 복합석출물 보다 MnS와 CuS의 단독 석출물이 많아질수록 미세한 석출물이 균일하게 분포되어 소성이방성지수가 증대되면서 면내이방성지수는 낮아져서 가공성이 크게 개선되는 것을 확인하였다. 즉, $0.5*(Mn+Cu)/S$ 의 비가 2~7의 범위일 때, (Mn,Cu)S의 복합석출물 보다 MnS와 CuS의 단독석출물이 많아짐에 따라 석출물의 분포수가 커져서 가공성이 좋아지는 것을 확인하였다.

[0024] 나아가, 본 발명에서는 Mo이 추가로 포함되면 가공특성이 현저하게 개선된다. 또한, V이 추가로 첨가되면, V이 고용C를 석출하여 시효지수가 OMPa이 되어 비시효특성이 확보된다.

[0025] 이러한 본 발명의 냉연강판과 그 제조방법을 이하에서 구체적으로 설명한다.

[0026] [본 발명의 냉연강판]

[0027] 탄소(C)의 함량은 0.0005~0.003%가 바람직하다.

[0028] 탄소(C)의 함량이 0.0005%미만의 경우에는 열연판의 결정립이 조대하여 강도가 낮아지고 면내이방성이 높아진다. 또한, 탄소의 함량이 0.003%초과의 경우 강중 고용탄소의 양이 많아 내시효성의 확보가 곤란하고 소둔판의 결정립이 미세하게 되어 연성이 크게 낮아진다. 본 발명에서는 미세한 석출물을 이용하는 것에 의해 탄소의 함량을 제강공정에서 부가가 적은 0.002초과~0.003%이하로 할 수 있다.

[0029] 망간(Mn)의 함량은 0.03~0.2%가 바람직하다.

[0030] 망간은 강중 고용황을 MnS로 석출하여 고용 황에 의한 적열취성(Hot shortness)을 방지하는 원소로 알려져 있다. 본 발명에서는 망간과 황의 함량을 적절해지는 경우에 매우 미세한 MnS가 석출되어 내시효성을 기본적으로 확보해주면서 항복강도, 면내이방성을 개선한다는 연구결과에 기초하여 망간의 함량을 0.03~0.2%로 하는 것이 바람직하다. 망간의 함량이 0.03%이상 되어야 미세한 MnS의 석출물을 확보할 수 있으며, 망간의 함량이 0.2%초과의 경우에는 망간의 함량이 높아 조대한 MnS석출물이 생성되어 내시효성이 열악해진다

[0031] 황(S)의 함량은 0.003~0.025%가 바람직하다.

[0032] 황(S)의 함량이 0.003%미만의 경우에는 MnS, CuS, (Mn,Cu)S 석출량이 적을 뿐만 아니라 석출되는 석출물의 크기가 매우 조대해져 내시효성이 좋지 않다. 황의 함량이 0.025% 초과인 경우에는 고용된 황의 함량이 많아 연성 및 성형성이 크게 낮아지며, 적열취성의 우려가 있기 때문이다.

[0033] 알루미늄(Al)의 함량은 0.01~0.08%가 바람직하다.

[0034] 알루미늄은 탈산제로 첨가하는 원소이지만 본 발명에서는 강중 질소를 석출하여 고용질소에 의한 시효를 방지하기 위해 첨가한다. 알루미늄의 함량이 0.01%미만의 경우에는 고용질소의 양이 많아 시효 현상을 방지 할 수 없고, 알루미늄의 함량이 0.08%초과의 경우에는 고용 상태로 존재하는 알루미늄의 양이 많아 연성이 저하한다.

- [0035] 질소(N)의 함량은 0.004%이하가 바람직하다.
- [0036] 질소는 제강중 불가피하게 첨가되는 원소로 0.004%초과의 경우에는 시효지수가 높아지고 성형성이 저하하므로 0.004%이하가 바람직하다.
- [0037] 인(P)의 함량은 0.015%이하가 바람직하다.
- [0038] 인의 함량이 0.015% 초과하는 경우에는 연성 및 성형성이 저하하므로 0.015%이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0039] 구리(Cu)의 함량은 0.005~0.2%가 바람직하다.
- [0040] 구리(Cu)는 S과의 함량비 그리고 열간압연공정에서 권취전의 냉각속도가 적절해지는 경우 0.2 μ m이하의 석출물을 형성하여 결정립내 고용탄소를 줄여 내시효특성, 면내이방성, 소성이방성을 개선한다는 연구에 기초하여 0.005~0.2% 첨가한다. 구리의 함량이 0.005%이상되어야 미세하게 석출할 수 있고 0.2%초과하면 조대하게 석출하여 내시효특성이 좋지 않다.
- [0041] 상기 Mn과 Cu의 합은 0.3%이하가 바람직하다. Mn과 Cu의 합이 0.3%초과 되면 석출물의 크기가 커져 내시효특성을 확보하기 어렵기 때문이다
- [0042] 상기 Mn, Cu와 S의 중량비는 $0.5*(Mn+Cu)/S:2\sim 20$ 를 만족하는 것이 바람직하다. S은 Mn, Cu와 결합하여 MnS, CuS, (Mn,Cu)S로 석출되는데, 이러한 석출물은 Mn, Cu와 S의 첨가량에 따라 석출상태가 달라져 시효지수, 소성이방성지수, 면내이방성 지수에 영향을 미친다. 본 발명의 연구에 따르면 Mn, Cu와 S의 첨가비[$0.5*(Mn+Cu)/S$ (여기서, Mn, Cu, S의 함량은 중량%)]가 2이상 되어야 유효한 석출물이 얻어지며, 20초과의 경우에는 석출물이 조대하여 시효지수가 커지며, 소성이방성지수, 면내이방성 지수의 특성이 좋지 않다. $0.5*(Mn+Cu)/S$ 의 비가 2~20의 범위에서 석출물의 평균크기는 0.2 μ m이하로 작아지는데, $0.5*(Mn+Cu)/S$ 의 비가 7를 기점으로 석출물의 종류와 그 분포수는 확연히 달라진다. 즉, $0.5*(Mn+Cu)/S$ 의 비가 7이하에서는 (Mn, Cu)S의 복합석출물 보다 매우 미세한 MnS, CuS의 단독석출물의 균일하게 많이 분포하는 것이다. $0.5*(Mn+Cu)/S$ 의 비가 7보다 커지면 석출물의 크기 차이가 작음에도 불구하고 분포수가 줄어드는 것은 (Mn, Cu)S의 복합석출물이 양이 많아지기 때문이다.
- [0043] 본 발명의 성분계에서 석출물의 평균크기는 0.2 μ m이하가 바람직하다.
- [0044] 본 발명의 연구결과에 따르면 MnS, CuS, (Mn, Cu)S석출물의 크기가 시효지수와 소성이방성지수, 면내이방성지수에 직접적으로 영향을 미친다. 이들 석출물의 평균크기가 0.2 μ m이하에서 시효지수는 만족하며, 소성이방성지수, 면내이방성지수를 함께 개선하기 위해서는 0.2 μ m이하가 바람직하다.
- [0045] 나아가, 본 발명의 성분계에서 0.2 μ m이하의 석출물의 분포수가 3×10^6 이상일 때 소성이방성지수가 높아지고 오히려 면내이방성지수는 낮아져 가공성이 크게 개선된다. 일반적으로 소성이방성지수가 높아지면 면내이방성지수는 올라가서 가공성 측면에서 소성이방성지수를 높이는 데 한계가 있다는 점을 감안할 때, 석출물의 분포수에 따라 소성이방성지수와 면내이방성지수의 특이한 변화는 주목할만 하다. 또한, 본원발명에서는 $0.5*(Mn+Cu)/S$ 의 비가 2~7일 때, 0.2 μ m이하의 석출물의 분포수가 2×10^8 개 이상으로 크게 증대되어 가공성은 더욱 좋아진다.
- [0046] 상기와 같이 조성되는 강에는 추가로 몰리브덴(Mo)과 바나듐(V)의 적어도 하나가 추가로 첨가될 수 있다.
- [0047] 몰리브덴(Mo)의 함량은 0.01~0.2%가 바람직하다.
- [0048] 몰리브덴은 소성이방성지수를 높이는 원소로서 첨가되는데, 그 함량이 0.01%이상되어야 소성이방성지수가 커지며, 0.2%를 초과하면 소성이방성지수는 더 이상 커지지 않고 열간취성을 일으킬 우려가 있다.

수 없으며, 소둔온도가 900℃초과의 경우에는 재결정립의 조대화로 강도가 저하된다. 연속소둔시간은 재결정이 완료되도록 유지하는데, 약 10초이상이면 재결정이 완료된다. 바람직하게는 연속소둔시간을 10초-30분의 범위내로 하는 것이다,

[0064] 이하, 본 발명을 실시예를 통하여 보다 구체적으로 설명한다.

[0065] 실시예에서 기계적 특성은 냉연강판을 ASTM규격(ASTM E-8 standard)에 의한 표준시편으로 가공하여 측정하였다. 항복강도, 인장강도, 연신율, 소성이방성 지수(r_m 값), 면내이방성 지수(Δr 값) 및 시효지수(AI, Aging Index)는 인장시험기(INSTRON사, Model 6025)를 이용하여 측정하였다. 실시예에서 소성이방성지수(r_m)와 면내이방성지수(Δr)는 다음의 식으로 구하였다. $r_m=(r_0+2r_{45}+r_{90})/4$, $\Delta r=(r_0-2r_{45}+r_{90})/2$

[0066] 또한, 시편에서 석출물의 평균크기와 석출물의 분포수는 기재내 존재하는 모든 석출물의 크기와 분포수를 측정 한 것이다.

[0067] [실시예 1]

[0068] 표 1의 강슬라브를 1200℃에서 재가열하여 마무리열간압연하고 600℃/min의 속도로 냉각하여 650℃에서 권취하였다. 권취한 열연판을 75%의 압하율로 냉간압연과 연속소둔처리하였다. 단, 표 1에서 시료 10은 1050℃에서 재가열하여 마무리열간압연하고 50℃/min의 속도로 냉각하여 750℃에서 권취하였다. 이때의 마무리압연온도는 Ar_3 변태점이상인 910℃이며, 연속소둔은 10℃/초의 속도로 750℃로 40초 동안 가열하여 행하였다.

표 1

[0069]

시 편 번호	화학성분(중량%)							Mn+Cu ≤0.3	0.5*(Mn+Cu) /S = 2-20
	C	Mn	P	S	Al	Cu	N		
	0.0005 ~0.003	0.03 ~0.2	≤0.015	0.003 ~0.025	0.01 ~0.08	0.005 ~0.2	≤0.004		
A1	0.0021	0.08	0.012	0.005	0.04	0.082	0.0023	0.16	16.2
A2	0.0018	0.11	0.009	0.009	0.04	0.04	0.0019	0.15	8.33
A3	0.0022	0.09	0.012	0.011	0.05	0.05	0.0024	0.14	6.36
A4	0.0024	0.15	0.008	0.021	0.05	0.04	0.0018	0.19	4.52
A5	0.0022	0.05	0.008	0.018	0.04	0.035	0.0024	0.09	2.36
A6	0.0024	0.4	0.011	0.012	0.05	0.023	0.0038	0.4	17.6
A7	0.0028	0.05	0.012	0.018	0.04	0.012	0.0023	0.06	1.72
A8	0.0025	0.25	0.01	0.008	0.03	0.18	0.0015	0.4	26.9
A9	0.0022	0.15	0.013	0.005	0.03	0.12	0.0026	0.27	27
A10	0.0025	0.1	0.010	0.010	0.03	0.042	0.0014	0.14	7.1

표 2

[0070]

시편 번호	기계적 성질						석출물 의평균 크기 (μm)	석출물 수 (개/ mm^2)	비고
	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)	연신율 (%)	소성 이방성 지수(r_m)	면내 이방성 지수 (Δr)	시효 지수 (AI-(MPa))			
A1	198	292	51	2.32	0.38	17	0.09	4.5×10^6	발명강
A2	208	309	52	2.35	0.35	16	0.08	9.4×10^6	발명강
A3	221	314	55	2.51	0.26	21	0.06	2.2×10^8	발명강
A4	218	310	56	2.55	0.28	18	0.05	3.5×10^8	발명강

A5	205	300	58	2.68	0.31	23	0.05	4.1X10 ⁸	발명강
A6	175	282	58	2.83	0.93	35	0.38	8.5X10 ⁴	비교강
A7	163	270	60	2.78	1.12	36	0.48	4.3X10 ⁴	비교강
A8	169	278	52	2.23	0.93	44	0.53	4.5X10 ⁴	비교강
A9	189	286	51	1.93	0.79	42	0.33	6.3X10 ⁴	비교강
A10	181	291	55	2.45	0.88	35	0.38	7.1X10 ⁴	비교강

[0071] 표 1, 2에서 A1~A5는 석출물의 평균크기가 0.2 μ m이하로서 시효지수가 30MPa이하로 시효를 보증할 수 있으면서 소성이방성지수는 2.3이상이고 면내이방성지수는 0.4이하로 낮아 가공성이 극히 우수하다. 특히, 0.5*(Mn+Cu)/S의 비가 7이하인 A3~A5의 경우 강도 및 성형성이 매우 우수한데 이는 MnS 또는 CuS단독으로 석출한 매우 미세한 석출물이 균일하게 많이 분포한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 석출물의 분포특성에 의해 소성이방성지수가 높고, 면내이방성 지수가 낮아 매우 우수한 가공특성을 나타낸다. 0.5*(Mn+Cu)/S의 비가 7이상인 경우 석출물의 크기 차이가 작음에도 불구하고 석출물의 숫자가 적은 것은 (Mn,Cu)S복합석출물의 양이 많이 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

[0072] A6(비교강)은 0.5*(Mn+Cu)/S의 비는 본 발명의 범위에 만족하나 Mn+Cu함량이 본 발명의 범위에서 벗어나 강도가 낮고 성형성도 좋지 못하며 시효지수도 높다.

[0073] A7(비교강)은 0.5*(Mn+Cu)/S의 비와 Mn+Cu함량이 낮아 강도가 낮고 성형성도 좋지 못하며 시효지수도 높다.

[0074] A8(비교강) 및 9(비교강)는 0.5*(Mn+Cu)/S의 비가 본 발명의 범위보다 높아 강도가 낮고 성형성도 좋지 못하며 시효지수도 높다.

[0075] A10(비교강)은 냉각속도가 느려 석출물이 조대해져서 내시효성이 좋지 않았다.

[0076] [실시예 2]

[0077] 표 3의 강슬라브를 1200 $^{\circ}$ C에서 재가열하여 마무리열간압연하고 600 $^{\circ}$ C/min의 속도로 냉각하여 650 $^{\circ}$ C에서 권취하였다. 권취한 열연판을 75%의 압하율로 냉간압연과 연속소둔처리하였다. 이때의 마무리압연온도는 Ar₃변태점이상인 910 $^{\circ}$ C이며, 연속소둔은 10 $^{\circ}$ C/초의 속도로 750 $^{\circ}$ C로 40초 동안 가열하여 행하였다.

표 3

[0078]

시 편 번 호	화학적분(중량%)								0.5*(Mn+Cu) /S
	C	Mn	P	S	Al	Cu	N	Mo	
	0.0005 ~0.003	0.03 ~0.2	\leq 0.015	0.003 ~0.025	0.01 ~0.08	0.005 ~0.2	\leq 0.004	0.01 ~0.2	
B1	0.0023	0.11	0.01	0.011	0.024	0.08	0.0033	0.018	8.64
B2	0.0015	0.08	0.008	0.012	0.046	0.054	0.0026	0.073	5.58
B3	0.0023	0.1	0.011	0.008	0.035	0.065	0.0018	0.16	10.3
B4	0.0027	0.12	0.008	0.01	0.024	0.046	0.0028	0.25	8.3

표 4

[0079]

시편 번호	기계적성질						석출물의 평균크기 (μm)	석출물 수 (개/ mm^2)	비고
	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)	연신율 (%)	소성 이방성 지수(r_m)	면내 이방성 지수 (Δr)	시효 지수 (AI-(MPa))			
B1	209	302	50	2.83	0.45	25	0.09	3.5×10^6	발명강
B2	192	290	53	2.88	0.42	15	0.08	4.4×10^6	발명강
B3	211	304	54	2.79	0.44	25	0.07	2.2×10^8	발명강
B4	220	315	49	2.05	0.37	18	0.05	5.5×10^8	비교강

[0080]

표 3, 4에 나타난 바와 같이, B1~3의 경우 Mo의 첨가에 의해 가공성이 개선되는 것을 알 수 있었다. B4의 경우에는 Mo가 과량 첨가된 경우로서 오히려 가공성 오히려 좋지 않았다.

[0081]

[실시예 3]

[0082]

표 5의 강슬라브를 1200℃에서 재가열하여 마무리열간압연하고 600℃/min의 속도로 냉각하여 650℃에서 권취하였다. 권취한 열연판을 75%의 압하율로 냉간압연과 연속소둔처리하였다. 이때의 마무리압연온도는 Ar₃변태점이상인 910℃이며, 연속소둔은 10℃/초의 속도로 750℃로 40초 동안 가열하여 행하였다.

표 5

[0083]

시편	화학적성분(중량%)								0.5*(Mn+Cu) /S	0.25* V/C
	C	Mn	P	S	Al	Cu	N	V		
	0.0005 ~0.003	0.03 ~0.2	≤0.015	0.003 ~0.025	0.01 ~0.08	0.005 ~0.2	≤0.004	0.01 ~0.2	2~20	1~20
C1	0.0023	0.12	0.011	0.009	0.033	0.082	0.0023	0.021	11.2	2.28
C2	0.0019	0.09	0.009	0.011	0.032	0.064	0.0018	0.082	7	10.8
C3	0.0025	0.11	0.012	0.012	0.045	0.054	0.0024	0.17	6.83	17
C4	0.0022	0.11	0.01	0.011	0.031	0.043	0.0016	0.26	6.95	29.5

표 6

[0084]

시료 번호	기계적성질						석출물의 평균크기 (μm)	석출물 수 (개/ mm^2)	비고
	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)	연신율 (%)	소성 이방성 지수 (r_m)	면내 이방성 지수 (Δr)	시효 지수 (AI-(MPa))			
C1	162	291	51	2.21	0.29	0	0.08	4.2×10^6	발명강
C2	158	289	53	2.32	0.31	0	0.07	6.1×10^6	발명강
C3	174	296	52	2.29	0.3	0	0.07	2.2×10^8	발명강
C4	202	323	46	1.96	0.29	0	0.05	7.5×10^8	비교강

[0085] 표 5, 6에 나타난 바와 같이, V의 첨가에 의해 비시효 특성을 얻을 수 있었다. C4의 경우에는 V이 과량 첨가된 경우로서 가공성의 열화가 심한 것을 알 수 있었다.

[0086] [실시예 4]

[0087] 표 7의 강슬라브를 1200℃에서 재가열하여 마무리열간압연하고 600℃/min의 속도로 냉각하여 650℃에서 권취하였다. 권취한 열연판을 75%의 압하율로 냉간압연과 연속소둔처리하였다. 이때의 마무리압연온도는 Ar₃변태점이상인 910℃이며, 연속소둔은 10℃/초의 속도로 750℃로 40초 동안 가열하여 행하였다.

표 7

[0088]

시편 번호 번호	화학성분(중량%)									0.5* (Mn+Cu) /S	0.25* V/C
	C	Mn	P	S	Al	Cu	N	Mo	V		
	0.0005 ~0.003	0.03 ~0.2	≤0.015	0.003 ~0.025	0.01 ~0.08	0.005 ~0.2	≤0.004	0.01 ~0.2	0.01 ~0.2	2~20	1~20
D1	0.0017	0.1	0.01	0.009	0.036	0.042	0.0032	0.019	0.023	7.89	3.38
D2	0.0022	0.12	0.013	0.01	0.022	0.054	0.0024	0.075	0.085	8.7	9.66
D3	0.0025	0.09	0.011	0.011	0.035	0.035	0.0034	0.15	0.16	5.68	16
D4	0.0022	0.12	0.012	0.01	0.035	0.074	0.0035	0.35	0.22	6.5	25

표 8

[0089]

시편 번호	기계적성질						석출물의 평균크기 (μm)	석출물 수 (개/mm ²)	비고
	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)	연신율 (%)	소성 이방성 지수 (r _m)	면내 이방성 지수 (Δr)	시효 지수 (AI-(MPa))			
D1	159	298	53	2.52	0.39	0	0.09	3.2X10 ⁶	발명강
D2	162	302	52	2.63	0.31	0	0.08	4.3X10 ⁶	발명강
D3	166	306	51	2.69	0.42	0	0.07	4.6X10 ⁸	발명강
D4	212	332	45	2.11	0.29	0	0.06	6.5X10 ⁸	비교강

[0090] 표 7, 8에 나타난 바와 같이, Mo와 V의 복합첨가에 의해 가공성도 개선되고 비시효성도 얻어지는 것을 알 수 있었다. D4의 경우에는 Mo와 V이 과량 첨가된 것으로 가공성이 좋지 않았다.

발명의 효과

[0091] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따라 제공되는 냉연강판은 내시효특성이 확보되면서 소성이방성지수는 높고 면내 이방성지수는 낮아 가공성이 극히 우수하다.

도면의 간단한 설명

[0001] 도 1은 석출물의 크기에 따른 결정립내 고용탄소량의 변화를 나타내는 그래프이다.

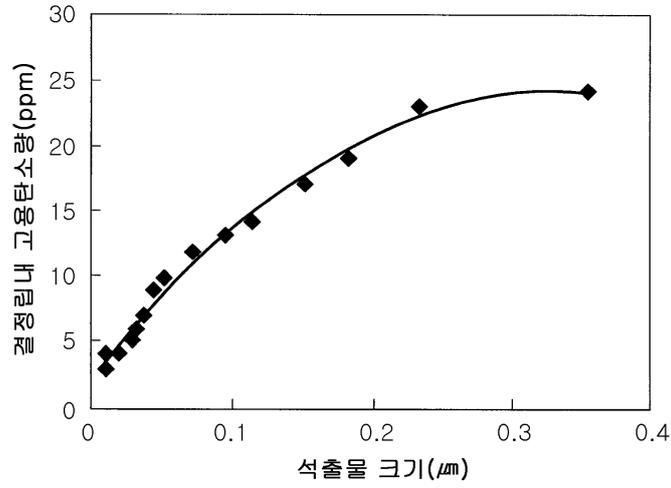
[0002] 도 2는 냉각속도에 따른 석출물의 크기를 나타내는 그래프로써,

[0003] 도 2a는 0.5*(Mn+Cu)/S≤20의 경우이며,

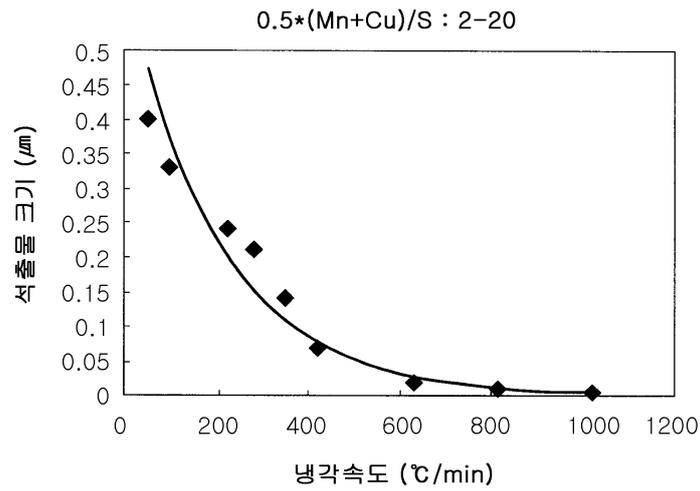
[0004] 도 2b는 $0.5 \cdot (\text{Mn} + \text{Cu}) / \text{S} \leq 20$ 의 경우이다.

도면

도면1



도면2a



도면2b

