



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년06월28일
 (11) 등록번호 10-1044741
 (24) 등록일자 2011년06월21일

(51) Int. Cl.
C21D 8/04 (2006.01) *C22C 38/02* (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) *C22C 38/06* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2005-7006315
 (22) 출원일자(국제출원일자) 2003년10월10일
 심사청구일자 2008년04월10일
 (85) 번역문제출일자 2005년04월12일
 (65) 공개번호 10-2005-0055006
 (43) 공개일자 2005년06월10일
 (86) 국제출원번호 PCT/FR2003/002985
 (87) 국제공개번호 WO 2004/035838
 국제공개일자 2004년04월29일
 (30) 우선권주장
 02/12753 2002년10월14일 프랑스(FR)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2002003947 A
 JP평성08085827 A
 JP소화58052429 A
 WO2002059384 A1

(73) 특허권자
아르셀러 프랑스
 프랑스 에프-93200 썩 데니스 튀 루이지 세루비니
 1 아 5
 (72) 발명자
마르쉴, 조엘
 프랑스공화국, 에프-57570 베랑 레 씨에르프, 루
 드 드 강드랑27썩
기르프, 페르낭드
 프랑스공화국, 에프-57300 에 쉬르 모젤, 튀 드
 라 뚜르나이즈 30
메스플리니, 도미니끄
 프랑스공화국, 에프-57000 메츠, 튀 마젤, 64
 (74) 대리인
특허법인오리진

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 김성곤

(54) 가열 경화 강판의 제조방법과 그 방법에 의해 제조된 강판 및 부품

(57) 요약

본 발명은 가열 경화 강판의 제조방법에 관한 것으로, 이 방법은: - 그 조성비(중량%)가: $0.03 \leq C \leq 0.06$, $0.50 \leq Mn \leq 1.10$, $0.08 \leq Si \leq 0.20$, $0.015 \leq Al \leq 0.070$, $N \leq 0.007$, $Ni \leq 0.040$, $Cu \leq 0.040$, $P \leq 0.035$, $S \leq 0.015$, $Mo \leq 0.010$, $Ti \leq 0.005$ 이고, 또한 붕소를 $0.64 \leq B/N \leq 1.60$ 양으로 포함하며, 나머지는 철과 가공 공정에서 나오는 불순물들인 강(鋼)의 가공 단계; 상기 강의 슬래브를 주조한 후, 강판 제작을 위해 상기 슬래브를 열간압연하는 단계(압연중기온도는 Ar3 포인트보다 높음); 상기 강판을 500℃ 내지 700℃의 온도에서 감는 단계; 상기 강판을 50% 내지 80% 압축률로 냉간압연하는 단계; 15분 미만의 시간 간격으로 연속 어닐링 열처리하는 단계; 및 1.2% 내지 2.5%의 압축률로 냉간압연(skin pass)하는 단계;를 포함한다. 본 발명은 또한 상기 경화 강판 및 이로부터 얻어지는 부품에 관한 것이다.

특허청구의 범위

청구항 1

- 조성비(중량%)가:

$$0.03 \leq C \leq 0.06$$

$$0.50 \leq Mn \leq 1.10$$

$$0.08 \leq Si \leq 0.20$$

$$0.015 \leq Al \leq 0.070$$

$$0 < N \leq 0.007$$

$$0 \leq Ni \leq 0.040$$

$$0 \leq Cu \leq 0.040$$

$$0 < P \leq 0.035$$

$$0 < S \leq 0.015$$

$$0 \leq Mo \leq 0.010$$

$$0 \leq Ti \leq 0.005 \text{ 이고,}$$

또한, 붕소를 $0.64 \leq B/N \leq 1.60$ 양으로 포함하며,

나머지는 철과 가공 공정에서 나오는 불순물들인 강(鋼)의 가공 단계,

- 상기 강의 슬래브를 주조한 후, 강판 제작을 위해 상기 슬래브를 열간압연하는 단계(압연종기온도는 Ar3 포인트보다 높음),
 - 상기 강판을 500℃ 내지 700℃의 온도에서 감는 단계,
 - 상기 강판을 50% 내지 80% 압축률로 냉간압연하는 단계,
 - 15분 미만의 시간 간격으로 연속 어닐링 열처리하는 단계, 및,
 - 1.2% 내지 2.5%의 압축률로 냉간압연(skin pass)하는 단계를 포함하는 가열 경화 강판의 제조 방법으로서, 상기 연속 어닐링 열처리하는 단계는,
 - 상기 강을 750℃ 내지 850℃에 이를때까지 가열하는 단계,
 - 등온으로 유지하는 단계,
 - 380℃ 내지 500℃에 이를때까지 1차 냉각하는 단계,
 - 등온으로 유지하는 단계, 및
 - 대기 온도에 이를때까지 2차 냉각하는 단계를 포함하며,
- 상기 1차 냉각하는 단계는,
- 10℃/s 미만의 저속에서 실행하는 첫번째 저속부와 20℃/s 내지 50℃/s의 속도에서 실행하는 두번째 고속부를 포함하는 것을 특징으로 하는, 가열 경화 강판의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 강의 망간 함량 및 규소 함량은:

$$4 \leq \%Mn/\%Si \leq 15$$

인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 강의 망간 함량은 중량비로 0.55% 내지 0.65%이며, 상기 강의 규소 함량은 중량비로 0.08% 내지 0.12%인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 강의 망간 함량은 중량비로 0.95% 내지 1.05%이며, 상기 강의 규소 함량은 중량비로 0.16% 내지 0.20%인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 강의 질소 함량은 중량비로 0% 초과 0.005% 미만인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 강의 인 함량은 중량비로 0% 초과 0.015% 미만인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

탄성한계가 260MPa 내지 360MPa이고, 인장강도가 320MPa 내지 460MP이며, BH2 값이 40MPa보다 높고, 탄성한계 단차가 0.2% 미만인 것을 특징으로 하는 제1항 또는 제2항의 방법에 의해 얻어지는 가열 경화 강판.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 BH2 값이 60MPa보다 높은 것을 특징으로 하는 강판.

청구항 9

제7항에 따른 경화 강판을 절단한 후, 페인트칠을 하고 200℃ 미만의 온도에서 가열 경화하여 얻어지는 부품.

청구항 10

제8항에 따른 경화 강판을 절단한 후, 페인트칠을 하고 200℃ 미만의 온도에서 가열 경화하여 얻어지는 부품.

청구항 11

삭제

명세서

기술분야

본 발명은, "가열 경화"로 알려진 가열방식으로 경화되는 강판의 제조 방법 및 이러한 방법을 실행하여 얻어지는 강판 및 강판 부품에 관한 것이다.

배경기술

이러한 강판 및 강판 부품들은, 핫 딥 아연도금처리(hot dip galvanizing) 또는 전기 아연도금 처리(electrogalvanizing)에 의하여 얻어지는 부식 방지 피복을 포함할 수 있다. 상기 강판은 특히 예컨대 본네트와

[0001]

[0002]

같은 자동차 외장부품의 제조에 사용되며, 강판보다 두께가 두꺼운 부품들의 경우 특히 자동차용 골격 부품 제조에 사용된다.

- [0003] 실제, 자동차용 외장 부품은 금형작업이 용이한 재료로 실행되어야 하는데, 자동차의 연비를 줄이기 위해서는 그 재료가 금형작업 후 강도가 우수하고 가능한 가벼운 것이어야 한다.
- [0004] 그러나, 이러한 여러 특성들은 상충된다. 왜냐하면, 재료가 금형성이 좋으면 그 탄성한계가 낮아야 하고, 강도가 좋으려면 탄성한계가 높아야 하며 그 두께도 상당히 두꺼워야 하기 때문이다.
- [0005] 따라서, 가열 경화 강(BH강 이라고도 함)이 개발되었다. 이 강의 특징은, 형태 형성 전에는 탄성한계가 약해서 금형이 수월하지만, 일단 금형이 되고 페인트칠을 한 후 가열 열처리 과정을 거치고 나면(예컨대, 20분간 170℃), 상기 부품 또는 BH 강판의 탄성한계가 상당히 높아져 우수한 강도를 가지게 되는 것이다.
- [0006] 골격 부품의 경우 피복 가열시 이러한 경화 속성이 특히 유리하게 작용하여, 이들 부품의 두께를 줄이고, 따라서 그 중량을 감소시킨다.
- [0007] 야금 관점에서, 이러한 특성의 변경은 강(鋼)의 고용체에서의 탄소의 변화로 설명된다. 탄소는 자연적으로 강의 전위(轉位) 상에 그 전위가 포화될 때까지 고착되는 경향이 있는데, 이로 인해 강이 경화된다. 공정 중 고용체 내의 탄소 양과 강에 존재하는 전위 밀도를 조절함으로써, 필요할때 강을 경화할 수 있다. 이 때, 새로운 전위가 형성되는데, 고용체에 남아있는 탄소를 이를 포화시키고, 그러면 이들 전위는 열 활성화 효과에 의해 이동하게 된다. 그러나 고용체 내 탄소 양이 과도한 것은 피하는 것이 좋다. 왜냐하면, 금형 이전 적절치 못한 경화의 형태로 강의 시효가 일어날 수 있으며, 이는 기대하는 목적에 반할 수 있기 때문이다.
- [0008] 가열 경화 강으로서, 그 조성이 망간, 규소, 및 0.1중량%를 웃도는 상당량의 인으로 이루어진 가열 경화 강들은 잘 알려져 있다. 이들 강은 기계적 특성이 우수하며, 45Mpa 대에서 가열경화(BH)를 거치면 탄성한계가 높아진다. 그러나, 자연시효가 심하다.

발명의 상세한 설명

[0009] 따라서, 본 발명의 목적은 기계적 특성이 우수하면서도, 최소 40Mpa로 가열경화를 거쳐 탄성한계가 증가하며, 종래 기술의 강(鋼)보다 자연시효에 훨씬 영향을 적게 받는 가열 경화 강을 제공하는데 있다.

[0010] 이를 위해, 본 발명의 첫번째 대상은 가열 경화 강판의 제조 공정으로, 다음의 단계들을 포함한다:

[0011] - 그 조성비(중량%)가:

[0012] $0.03 \leq C \leq 0.06$

[0013] $0.50 \leq Mn \leq 1.10$

[0014] $0.08 \leq Si \leq 0.20$

[0015] $0.015 \leq Al \leq 0.070$

[0016] $N \leq 0.007$

[0017] $Ni \leq 0.040$

[0018] $Cu \leq 0.040$

[0019] $P \leq 0.035$

[0020] $S \leq 0.015$

[0021] $Mo \leq 0.010$

[0022] $Ti \leq 0.005$ 이고,

[0023] 또한, 붕소를:

[0024] $0.64 \leq B/N \leq 1.60$ 양으로 포함하며,

[0025] 나머지는 철과 가공 공정에서 나오는 불순물들인 강(鋼)의 가공 단계,

- [0026] - 상기 강의 슬래브를 주조한 후, 강관 제작을 위해 상기 슬래브를 열간압연하는 단계(압연중기온도는 Ar3 포인트보다 높음),
- [0027] - 상기 강관을 500℃ 내지 700℃의 온도에서 감는 단계,
- [0028] - 상기 강관을 50% 내지 80% 압축률로 냉간압연하는 단계,
- [0029] - 15분 미만의 시간 간격으로 연속 어닐링 열처리(annealing heat treatment)하는 단계, 및
- [0030] - 1.2% 내지 2.5%의 압축률로 냉간압연(skin pass)하는 단계.
- [0031] 바람직한 제1 구현 형태에서는, 상기 연속 어닐링 열처리 단계는:
- [0032] - 상기 강을 750℃ 내지 850℃에 이를때까지 가열하는 단계,
- [0033] - 등온으로 유지하는 단계,
- [0034] - 380℃ 내지 500℃에 이를때까지 1차 냉각하는 단계,
- [0035] - 등온으로 유지하는 단계, 및
- [0036] - 대기 온도에 이를때까지 2차 냉각하는 단계를 포함한다.
- [0037] 바람직한 제2 구현 형태에서는, 상기 1차 냉각 단계는 10℃/s 미만의 저속에서 실행하는 첫번째 저속부와 20℃/s 내지 50℃/s의 속도에서 실행하는 두번째 고속부를 포함한다.
- [0038] 상기 방법은 또한 다음의 유형들을 따로 또는 혼합하여 포함할 수 있다.
- [0039] - 상기 강의 망간 함량 및 규소 함량은:
- [0040]
$$4 \leq \%Mn/\%Si \leq 15$$
 이다.
- [0041] - 상기 강의 망간 함량은 중량비로 0.55% 내지 0.65%이며, 상기 강의 규소 함량은 중량비로 0.08% 내지 0.12%이다.
- [0042] - 상기 강의 망간 함량은 중량비로 0.95% 내지 1.05%이며, 상기 강의 규소 함량은 중량비로 0.16% 내지 0.20%이다.
- [0043] - 상기 강의 질소 함량은 중량비로 0.005% 미만이다.
- [0044] - 상기 강의 인 함량은 중량비로 0.015% 미만이다.
- [0045] 본 발명에 따른 조성물의 탄소 함량은 0.03중량% 내지 0.06중량% 사이인데, 탄소가 연성을 상당히 낮추기 때문이다. 그러나 시효 문제를 피하기 위하여 최소 0.03중량%는 함유할 필요가 있다.
- [0046] 본 발명에 따른 조성물의 망간 함량은 0.50중량% 내지 1.10중량% 사이이어야 한다. 망간은 강의 연성을 크게 떨어뜨리면서도 탄성한계를 높인다. 0.50중량% 미만이면 시효 문제가 발생하며, 반면 1.10중량%를 초과하면 연성에 크게 해가 된다.
- [0047] 본 발명에 따른 조성물의 규소 함량은 0.08중량% 내지 0.20중량% 사이이어야 한다. 규소는 연성을 약간 떨어뜨리면서도 강의 탄성한계를 크게 향상시키지만 시효 경향을 상당히 증가시킨다. 그 함량이 0.08중량%에 미치지 못하면, 강이 우수한 기계적 특성을 나타내지 못하며, 반면 그 함량이 0.20중량%를 넘으면 표면에 얼룩무늬가 나타나 외관상 문제가 된다.
- [0048] 본 발명의 바람직한 구현 형태에서는, 규소 함량에 대한 망간 함량 비율이 4내지 15 사이이다. 이는 전기용접 약화 문제를 피하기 위함이다. 실제, 이 값을 넘어서면 용접작업시 이를 약화시키는 산화물이 형성된다.
- [0049] 붕소의 주 기능은 붕소 질화물의 조기 침전을 통해 질소를 고정시키는 것이다. 따라서, 붕소는 화학양론적 양을 크게 벗어나지 않으면서 과도한 양의 질소가 돌아다니는 것을 방지하기에 충분한 양이 있어야 하는데, 이는 돌아다니는 잔류량이 야금 상의 문제를 일으킬 수 있으며 코일의 가장자리에 착색을 일으킬 수도 있기 때문이다. 참고로, 화학양론 상의 붕소/질소 B/N 비는 엄격하게 0.77에 달한다.
- [0050] 본 발명에 따른 조성물의 알루미늄 함량은 0.015% 내지 0.070% 사이인데, 그 함량은 크게 중요한 것은 아니다. 알루미늄은 본 발명에 따른 정도로 존재하는데, 이는 주조 공정 중 강의 탈산을 위해 알루미늄 성분을 첨가하는 공정이 있기 때문이다. 그러나 0.070중량%를 넘어서지 않는 것이 중요한데, 이는 강의 기계적 특성을 해치는 알

루미늄 산화물의 이물질이 발생하는 문제가 생길 수 있기 때문이다.

[0051] 본 발명에 따른 강의 인 함량은 0.035중량% 미만으로 제한되며, 바람직하게는 0.015중량% 미만이다. 이는 어느 정도의 탄성한계를 증가시킬 수 있으나, 이와 함께 열처리에서 시효 경향도 높아지므로 그 한계를 드러낸다. 이는 또한 연성에 해가 된다.

[0052] 조성물의 티탄의 함량은 0.005중량% 미만이어야 하며, 황의 함량은 0.015중량% 미만, 니켈의 함량은 0.040중량% 미만, 구리의 함량은 0.040중량% 미만, 몰리브덴 함량은 0.010중량% 미만이어야 한다. 이러한 다양한 원소들은 실제 어느 정도 가공 공정에서 나오는 잔류 성분을 이루며, 가장 흔히 볼 수 있는 것들이다. 그 함량을 제한하는 이유는 이들이 어느 정도 기계적 특성을 떨어뜨리는 이물질을 이룰 수 있기 때문이다. 이들 잔류 원소들 중 니오븀 또한 찾아볼 수 있는데, 이는 조성물에 첨가되지는 않으나 흔적으로 존재할 수 있으며, 즉 그 함량은 0.004중량% 미만, 바람직하게는 0.001중량% 미만, 특히 더 바람직하게는 0이다.

[0053] 본 발명의 두번째 대상은 본 발명의 방법에 의하여 얻어질 수 있는 가열 경화 강관으로, 그 탄성한계가 260MPa 내지 360MPa이고, 인장강도가 320MPa 내지 460MPa이며, BH2 값이 40MPa보다 높고, 탄성한계 단차는 0.2% 미만이다.

실시예

[0054] 본 발명은 다음의 실시예를 통해 설명될 것이다. 아래 표에는 실험된 여러 강의 조성이 중량%로 나타나 있는 바, 그중 주조1 내지 주조4는 본 발명에 따른 것이고, 주조5는 비교를 위해 사용된 것이다:

표 1

	주조1	주조2	주조3	주조4	주조5
C	0.044	0.045	0.038	0.043	0.066
Mn	0.546	0.989	0.598	1.000	0.625
Si	0.089	0.167	0.088	0.179	0.091
N	0.0033	0.0042	0.0032	0.0045	0.0039
B	0.0025	0.0029	0.0051	0.0029	-
Al	0.047	0.031	0.038	0.029	0.058
P	0.006	0.0065	0.007	0.009	0.078
S	0.010	0.0056	0.01	0.008	0.0076
Cu	0.020	0.025	0.012	0.017	0.029
Ni	0.019	0.022	0.019	0.016	0.023
Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Mo	0.002	0.003	0.008	0.002	0.002

[0056] 물론 주조1 내지 주조5의 조성 중 나머지는 철과 가공 공정에서 나오는 불순물들이다.

가열경화 후 탄성한계의 증가치 측정

[0058] 가열경화 이후 강의 탄성한계의 증가치를 수량으로 표시하기 위해, 실제 제작을 시뮬레이션 하면서 종래방식의 테스트를 실시하는데, 그 과정 중 강관을 금형한 후 이를 가열한다.

[0059] 즉, 표본에 2%의 단일축방향 인장력을 가한 다음, 20분간 170℃에서 열처리 한다.

[0060] 이 과정 중, 다음을 차례로 측정한다:

[0061] - 연속 어닐링을 막 끝낸 강관에서 잘라낸 표본의 탄성한계 Re0, 그 후,

[0062] - 2%의 단일축방향 인장력을 가한 표본의 탄성한계 Re2%, 그 후,

[0063] - 20분간 170℃에서 열처리를 한 후의 탄성한계 ReTT.

[0064] Re0와 Re2% 사이의 차이를 통해 가공 경화(work hardening 혹은 WH)를 산출할 수 있으며, 한편 Re2%와 ReTT 사이의 차이를 통해 이러한 종래 방식의 테스트에 있어서 BH2로 표시되는 가열에 따른 경화를 산출할 수 있다.

- [0065] 사용된 약자
- [0066] A : 파열될 때까지의 신장치(%)
- [0067] Re : 탄성한계(MPa)
- [0068] Rm : 인장강도(MPa)
- [0069] n : 가공 경화 계수
- [0070] P : 탄성한계의 단차(%)

[0071] 실시예1

[0072] 주조 1 내지 4로부터 슬래브를 제조한 다음, 이를 Ar3보다 높은 온도에서 열간압연한다. 이들 주조에 있어, 압연 종료 시점의 온도는 854℃ 내지 880℃ 사이이다. 이렇게 얻어진 강판을 580℃ 내지 620℃ 사이에서 감은 후, 70% 내지 76%의 압축율로 냉간 압연한다.

[0073] 이 강판은 그 후 다음의 단계로 연속 어닐링된다:

- [0074] - 750℃가 될 때까지 6℃/s의 재가열 속도로 강판을 재가열하는 단계,
- [0075] - 50초간 이 온도에서 유지하는 단계,
- [0076] - 650℃가 될 때까지 4℃/s의 냉각 속도로 서서히 냉각하는 단계,
- [0077] - 400℃가 될 때까지 28℃/s의 냉각 속도로 급속 냉각하는 단계,
- [0078] - 170초간 이 온도에서 유지하는 단계,
- [0079] - 대기 온도가 될 때까지 5℃/s의 냉각 속도로 냉각하는 단계.

[0080] 그 후, 이러한 강판에서 표본을 잘라내고 탄성한계 Re0를 측정한다. 그리고, 이들 표본에 2%의 단일 축방향 인장력을 가한 후, 탄성한계 Re2% 및 기타 기계적 특성을 측정한다. 그리고, 이들 표본을 20분간 170℃에서 종래 방식 열처리를 한 후, 새로운 탄성한계 ReTT를 측정한다. 그 후, 이들의 BH2를 산출한다.

[0081] 그 결과치가 아래 도표에 나타나 있다:

표 2

표본	Re(MPa)	Rm(MPa)	P(%)	BH2(MPa)
주조1	296	384	0	67
주조2	305	422	0	44
주조3	284	379	0.2	64

[0083] 본 발명에 따른 주조1 내지 주조3은 기계적 특성이 우수하고 BH2 값도 양호하며 탄성한계 단차가 없거나 거의 없다.

[0084] 그 다음으로, 연속 어닐링한 강판에서 새로운 표본을 절단하여 10시간 동안 75℃에서 열처리를 한다. 이러한 열처리는 대기 온도에서 6개월간 자연시효되는 것과 같다. 이를 통해 다음과 같은 결과를 얻는다.

표 3

표본	Re(MPa)	Rm(MPa)	n	P%	A%
주조1(자연시효 되기 전의 상태)	296	384	0.208	0	36.6
주조1(자연시효 된 후의 상태)	290	394	0.165	0.1	31.1
주조2(자연시효 되기 전의 상태)	305	422	0.189	0	33.1

주조2(자연시효 된 후의 상태)	299	431	0.160	0	31.0
주조3(자연시효 되기 전의 상태)	284	379	0.194	0.2	35.3
주조3(자연시효 된 후의 상태)	286	393	0.157	0.2	30.4

[0086] 6개월의 자연시효 시뮬레이션을 거친 후, 본 발명에 따른 주조1 내지 주조3에는 Z형상에 중대 결함이 되는 단차가 나타나지 않는다(0.2% 이하).

[0087] 실시예2

[0088] 주조1 내지 주조5로부터 슬래브를 제조한 다음 열간압연한다. 이 때 압연 종료 온도는 850℃ 내지 880℃이다. 이렇게 얻어진 강판을 580℃ 내지 620℃에서 감은 후, 70% 내지 76%의 압축율로 이들 강판을 냉간 압연한다.

[0089] 이 강판은 그 후 다음의 단계로 연속 어닐링된다:

[0090] - 820℃가 될 때까지 7℃/s의 재가열 속도로 강판을 재가열하는 단계,

[0091] - 30초간 이 온도에서 유지하는 단계,

[0092] - 650℃가 될 때까지 6℃/s의 냉각 속도로 서서히 냉각하는 단계,

[0093] - 470℃가 될 때까지 45℃/s의 냉각 속도로 급속 냉각하는 단계,

[0094] - 20초간 이 온도에서 유지하는 단계,

[0095] - 대기 온도가 될 때까지 11℃/s의 냉각 속도로 냉각하는 단계.

[0096] 그 후, 이러한 강판에서 표본을 잘라내고 탄성한계 Re0를 측정한다. 그리고, 이들 표본에 2%의 단일 축방향 인장력을 가한 후, 탄성한계 Re2% 및 기타 기계적 특성을 측정한다. 그리고, 이들 표본을 20분간 170℃에서 종래 방식 열처리를 한 후, 새로운 탄성한계 ReTT를 측정한다. 그 후, 이들의 BH2를 산출한다.

[0097] 그 결과치가 아래 도표에 나타나 있다:

표 4

표본	Re(MPa)	Rm(MPa)	P(%)	BH2(MPa)
주조1	290	389	0	74
주조2	315	424	0	64
주조3	282	377	0	82
주조4	310	413	0.2	59
주조5	333	436	1.2	40

[0099] 본 발명에 따른 주조1 내지 주조4은 기계적 특성이 우수하고 BH2 값도 매우 양호하며, 1.2%의 탄성한계 단차를 나타내는 주조5와는 반대로 탄성한계 단차가 없거나 거의 없다.

[0100] 그 다음으로, 연속 어닐링한 강판에서 새로운 표본을 절단하여 10시간 동안 75℃에서 열처리를 한다. 이러한 열처리는 대기 온도에서 6개월간 자연시효되는 것과 같다. 이를 통해 다음과 같은 결과를 얻는다.

표 5

표본	Re(MPa)	Rm(MPa)	n	P%	A%
주조1(자연시효 되기 전의 상태)	290	389	0.197	0	32.6
주조1(자연시효 된 후의 상태)	294	412	0.160	0.2	27.4
주조2(자연시효 되기 전의 상태)	315	424	0.180	0	32.8

주조2(자연시효 된 후의 상태)	325	447	0.147	0	27.3
주조3(자연시효 되기 전의 상태)	282	377	0.185	0	20.4
주조3(자연시효 된 후의 상태)	295	415	0.148	0	26.2
주조4(자연시효 되기 전의 상태)	310	413	0.187	0.2	31.7
주조4(자연시효 된 후의 상태)	311	425	0.163	0.1	29.5
주조5(자연시효 되기 전의 상태)	333	436	0.186	1.2	31.6
주조5(자연시효 된 후의 상태)	335	446	0.167	1.8	29.4

[0102]

6개월의 자연시효 시뮬레이션을 거친 후, 본 발명에 따른 주조1 내지 주조4에는 Z형상에 중대 결함이 되는 단차가 나타나지 않는다(0.2% 이하). 그러나, 이와는 달리 주조 5는 1.8%의 단차를 나타낸다.