



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0049534
(43) 공개일자 2022년04월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/38 (2006.01) C21D 1/18 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01) C23C 2/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/38 (2013.01)
C21D 1/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7007348
(22) 출원일자(국제) 2020년08월07일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2022년03월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2020/045371
(87) 국제공개번호 WO 2021/026437
국제공개일자 2021년02월11일
(30) 우선권주장
62/883,704 2019년08월07일 미국(US)

(71) 출원인
유나이티드 스테이츠 스틸 코퍼레이션
미합중국 15219-2800 펜실베이니아 피츠버그 그랜트 스트리트 600
(72) 발명자
토마스 라린 에스
미국 펜실베이니아주 15236 피츠버그 맥클레란 드라이브 233
(74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 고 연성의 아연-코팅된 강 시트 제품

(57) 요약

제어된 가열 순환과 조합되어 바람직한 마이크로 구조 및 유리한 기계적 특성(1180 MPa 이상의 극한 인장 강도, 고 연성, 홀 팽창률, 굽힘성 및 성형성을 포함함)을 생성하는, 제어된 조성을 갖는 고 연성 강 시트 제품이 개시된다. 강 조성물은 제어된 양의 탄소, 망간, 규소, 크롬, 몰리브덴 및 알루미늄을 포함한다. 압연된 시트는, 가열 단계, 이어서 마텐자이트-출발 온도 미만의 온도로의 웬칭 및 에이징을 포함하는 열 순환에 적용된다.

(52) CPC특허분류

C21D 8/0273 (2013.01)

C21D 9/46 (2013.01)

C22C 38/22 (2013.01)

C23C 2/06 (2013.01)

C21D 2211/001 (2013.01)

C21D 2211/005 (2013.01)

C21D 2211/008 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

0.12 내지 0.5 중량% C, 1 내지 3 중량% Mn, 0.4 내지 1.1 중량% Si, 0.2 내지 0.9 중량% Cr, 0.5 중량% 이하의 Mo 및 1 중량% 이하의 Al을 포함하는 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품(quench and partition steel sheet product)으로서,

상기 강 시트 제품은 마텐자이트(martensite), 페라이트(ferrite) 및 잔류 오스테나이트(retained austenite)를 포함하고, 1180 MPa 이상의 극한 인장 강도(ultimate tensile strength), 13% 이상의 총 연신율(elongation) 및 25% 이상의 홀 팽창률(hole expansion)을 갖는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 2

제1항에 있어서,

강 시트 제품이 0.15 내지 0.4 중량% C, 2 내지 2.8 중량% Mn, 0.5 내지 1.0 중량% Si, 0.15 내지 0.8 중량% Cr, 0.15 내지 0.4 중량% Mo 및 0.1 내지 0.7 중량% Al을 포함하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 3

제1항에 있어서,

강 시트 제품이 0.2 내지 0.25 중량% C, 2.1 내지 2.5 중량% Mn, 0.6 내지 0.9 중량% Si, 0.3 내지 0.7 중량%의 Cr, 0.2 내지 0.3 중량% Mo 및 0.2 내지 0.5 중량% Al을 포함하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 4

제1항에 있어서,

Si가 1.0 중량% 미만을 차지하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 5

제1항에 있어서,

Si가 0.95 중량% 미만을 차지하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 6

제1항에 있어서,

Si가 0.6 내지 0.8 중량%를 차지하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 7

제6항에 있어서,

Al이 0.5 중량% 미만을 차지하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 8

제1항에 있어서,

Al이 0.5 중량% 미만을 차지하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 9

제1항에 있어서,

Mo가 0.1 내지 0.4 중량%를 차지하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 10

제1항에 있어서,

Mo가 0.2 내지 0.3 중량%를 차지하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 11

제1항에 있어서,

잔류 오스테나이트가 5 내지 16 부피%를 차지하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 12

제1항에 있어서,

극한 인장 강도가 1370 MPa 미만인, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 13

제1항에 있어서,

총 연신율이 14% 이상인, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 14

제1항에 있어서,

강 시트 제품이 17,000 MPa% 초과인 극한 인장 강도 및 총 연신율의 조합($UTS \cdot TE$)을 갖는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 15

제1항에 있어서,

홀 팽창률이 30% 이상인, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 16

제1항에 있어서,

강 시트 제품이 $37.5 \times 10^4 \text{ MPa}\%$ 초과인 극한 인장 강도, 총 연신율 및 홀 팽창률의 조합($UTS \cdot TE \cdot HE$)을 갖는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 17

제16항에 있어서,

$UTS \cdot TE \cdot HE$ 가 $50 \times 10^4 \text{ MPa}\%$ 초과인, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 18

제1항에 있어서,

퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품이 아연도금 코팅(galvanized coating)을 포함하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 19

제1항에 있어서,

퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품이 갈바닐링 코팅(galvannealed coating)을 포함하는, 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품.

청구항 20

강 시트 제품을 720℃ 이상의 소킹(soaking) 온도로 가열하는 단계;

가열된 강 시트 제품을 마텐자이트-출발 온도 아래의 퀴칭 온도로 퀴칭하는 단계; 및

퀴칭된 강 시트 제품을 퀴칭 온도 이상의 온도에서 에이징(aging)하여 제1항의 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품을 생성하는 단계

를 포함하는 제1항의 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품의 제조 방법.

청구항 21

0.12 내지 0.5 중량% C, 1 내지 3 중량% Mn, 0.4 내지 1.1 중량% Si, 0.2 내지 0.9 중량% Cr, 0.5 중량% 이하의 Mo 및 1 중량% 이하의 Al을 포함하는 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품의 제조 방법으로서, 상기 방법은

강 시트 제품에 720℃ 이상의 소킹 온도를 적용시키는 단계;

가열된 강 시트 제품을 마텐자이트-출발 온도 아래의 퀴칭 온도로 퀴칭하는 단계;

퀴칭된 강 시트 제품을 퀴칭 온도 이상의 에이징 온도에서 에이징하여 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품을 생성하는 단계

를 포함하고, 이때 강 시트 제품은 마텐자이트, 페라이트 및 잔류 오스테나이트를 포함하고, 1180 MPa 이상의 극한 인장 강도, 13% 이상의 총 연신율 및 25% 이상의 홀 팽창률을 갖는, 제조 방법.

청구항 22

제21항에 있어서,

소킹 온도가 760 내지 825℃이고, 퀴칭 온도가 150 내지 350℃이고, 에이징 온도가 330 내지 440℃인, 제조 방법.

청구항 23

제21항에 있어서,

퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품을 440 내지 480℃의 온도에서 아연도금하는 단계를 추가로 포함하는 제조 방법.

청구항 24

제21항에 있어서,

퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품을 480 내지 530℃의 온도에서 갈바닐링하는 단계를 추가로 포함하는 제조 방법.

청구항 25

제21항에 있어서,

강 시트 제품이 0.15 내지 0.4 중량% C, 2 내지 2.8 중량% Mn, 0.5 내지 1.0 중량% Si, 0.15 내지 0.8 중량% Cr, 0.15 내지 0.4 중량% Mo 및 0.1 내지 0.7 중량% Al을 포함하는, 제조 방법.

청구항 26

제21항에 있어서,

강 시트 제품이 0.2 내지 0.25 중량% C, 2.1 내지 2.5 중량% Mn, 0.6 내지 0.9 중량% Si, 0.3 내지 0.7 중량%의 Cr, 0.2 내지 0.3 중량% Mo 및 0.2 내지 0.5 중량% Al을 포함하는, 제조 방법.

청구항 27

제21항에 있어서,

총 연신율이 14% 이상이고, 강 시트 제품이 17,000 MPa% 초과인 극한 인장 강도 및 총 연신율의 조합(UTS · TE)

을 갖고, 홀 팽창률이 30% 이상이고, 강 시트 제품이 $50 \times 10^4 \text{ MPa}^2$ 초과와 극한 인장 강도, 총 연신율 및 홀 팽창률의 조합($UTS \cdot TE \cdot HE$)을 갖는, 방법.

청구항 28

제21항에 있어서,

강 시트 제품에 소킹 온도를 적용시키기 전에 강 시트 제품에 초기 열 순환을 적용시키는 단계를 추가로 포함하는 제조 방법.

청구항 29

제28항에 있어서,

초기 온도 순환이, 강 시트 제품을 820°C 이상의 어닐링 온도에서 어닐링한 후에, 마텐자이트-출발 온도 아래의 온도로 퀴칭함을 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원의 교차 참조

[0002] 본원은 본원에 참고로 인용된 미국 가출원 제62/883,704호(출원일: 2019년 8월 7일)를 우선권 주장한다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 발명은 고 연성(ductility)의 아연-코팅된 강 시트 제품에 관한 것이고, 보다 특히 퀴칭 및 파티셔닝 처리되어 고 극한 인장 강도(ultimate tensile strength), 고 연성 및 고 홀 팽창률(hole expansion)을 포함하는 바람직한 기계적 특성을 생성하는, 제어된 양의 Si, Cr, Mo 및 Al 합금 첨가를 갖는 강 시트 제품에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 퀴칭 및 파티셔닝 강(quench and partition steel)은 전형적으로 고 규소 함량을 가져, 카비드 석출이 억제될 수 있고 강도(strength) 및 연성의 높은 조합을 위해 오스테나이트가 유지된다. 1.5 중량% 이상의 규소 첨가가 전형적이다. 그러나, 이러한 규소 첨가는 고온-압연된 강에서 결정입계 산화 층을 초래하고, 이는 피클링(pickling) 동안에 제거하기 어렵다. 또한, 규소 첨가는 아연-코팅된 강의 용접에 있어서 액체 금속 취화(embrittlement)와 관련되며, 이는 저-내력 용접을 초래한다.

발명의 내용

[0006] 본 발명은 제어된 가열 순환과 조합되어 바람직한 마이크로 구조 및 유리한 기계적 특성(1180 MPa 이상의 극한 인장 강도, 고 연성, 홀 팽창률, 굽힘성(bendability) 및 성형성(formability)을 포함함)을 생성하는, 제어된 조성을 갖는 고 연성 강 시트 제품을 제공한다. 강 조성물은 제어된 양의 탄소, 망간, 규소, 크롬, 몰리브덴 및 알루미늄을 포함한다. 몰리브덴 및 알루미늄은 제어된 양으로 포함될 수 있다. 압연된 시트는, 가열 단계, 이어서 마텐자이트(martensite)-출발 온도 미만의 온도로의 퀴칭 및 에이징을 포함하는 열 순환에 적용된다.

[0007] 본 발명의 한 양태는 0.12 내지 0.5 중량% C, 1 내지 3 중량% Mn, 0.4 내지 1.1 중량% Si, 0.2 내지 0.9 중량% Cr, 0.5 중량% 이하의 Mo 및 1 중량% 이하의 Al을 포함하는 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품을 제공하되, 이때 상기 강 시트 제품은 마텐자이트, 페라이트(ferrite) 및 잔류 오스테나이트(retained austenite)를 포함하고, 1180 MPa 이상의 극한 인장 강도, 13% 이상의 총 연신율(total elongation), 및 25% 이상의 홀 팽창률을 갖는다.

[0008] 본 발명의 또 다른 양태는, 강 시트 제품을 720°C 이상의 소킹(soaking) 온도로 가열하고, 가열된 상기 강 시트 제품을 마텐자이트-출발 온도 아래의 퀴칭 온도로 퀴칭하고, 퀴칭된 상기 강 시트 제품을 퀴칭 온도 이상의 온도에서 에이징하여 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트 제품을 제조함에 의한 상기에 기재된 퀴칭 및 파티셔닝 강 시트의 제조 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 또 다른 양태는 0.12 내지 0.5 중량% C, 1 내지 3 중량% Mn, 0.4 내지 1.1 중량% Si, 0.2 내지 0.9

중량% Cr, 0.5 중량% 이하의 Mo 및 1 중량% 이하의 Al을 포함하는 퀀칭 및 파티셔닝 강 시트 제품의 제조 방법을 제공한다. 상기 방법은 강 시트 제품에 720℃ 이상의 소킹 온도를 적용하는 단계, 가열된 상기 강 시트 제품을 마텐자이트-출발 온도 아래의 퀀칭 온도로 퀀칭하는 단계, 및 퀀칭된 상기 강 시트 제품을 퀀칭 온도 이상의 에이징 온도에서 퀀칭하여 퀀칭 및 파티셔닝 강 시트 제품을 제조하는 단계를 포함한다. 상기 강 시트 제품은 마텐자이트, 페라이트 및 잔류 오스테나이트를 포함하고, 1180 MPa 이상의 극한 인장 강도, 13% 이상의 총 연신율 및 25% 이상의 홀 팽창률을 갖는다.

[0010] 상기 및 기타 본 발명의 양태는 하기 설명으로부터 보다 자명해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 실시양태에 따른 임의적 제1 어닐링(annealing) 공정, 이어서 퀀칭 및 에이징을 포함하는 퀀칭 및 파티셔닝 열 순환을 도시하는, 온도 대 시간의 플롯이다.

도 2는 도 1의 퀀칭 및 파티셔닝 처리에 적용된 강 시트 제품의 현미경 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명의 고 연성 강 시트 제품은 제어된 가열 순환과 조합으로 바람직한 마이크로 구조 및 유리한 기계적 특성(1180 MPa 이상의 극한 인장 강도, 고 연성, 홀 팽창률, 굽힘성 및 성형성을 포함함)을 생성하는 제어된 조성을 갖는다. 강 조성물은 제어된 양의 탄소, 망간, 규소, 크롬 및 몰리브덴을 포함하고, 또한 알루미늄을 당업자에게 공지된 다른 적합한 합금 첨가와 함께 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 강 조성물은 전형적으로 0.12 내지 0.5 중량% C, 1 내지 3 중량% Mn, 0.4 내지 1.1 중량% Si, 0.2 내지 0.9 중량% Cr 및 0.5 중량% 이하의 Mo를 포함할 수 있다. 예를 들어, 강 조성물은 0.15 내지 0.4 중량% C, 2 내지 2.8 중량% Mn, 0.5 내지 1.0 중량% Si, 0.15 내지 0.8 중량% Cr 및 0.1 또는 0.15 내지 0.4 중량% Mo를 포함할 수 있다. 특정 실시양태에서, 강 조성물은 0.2 내지 0.25 중량% C, 2.1 내지 2.5 중량% Mn, 0.6 내지 0.9 중량% Si, 0.3 내지 0.7 중량% Cr 및 0.2 내지 0.3 중량% Mo를 포함할 수 있다. 알루미늄이 강 조성물에 1 중량% 이하, 예를 들어 0.1 내지 0.7 중량% 또는 0.2 내지 0.5 중량%의 양으로 첨가될 수 있다.

[0014] Mn, Si, Cr, Mo 및 Al의 제어된 조합이 1.1 중량% 미만, 1.0 중량% 미만, 0.95 중량% 미만, 0.90 중량% 미만, 0.85 중량% 미만 또는 0.80 중량% 미만의 비교적 저 Si 함량을 갖는, 고 연성 1180 시트 강 제품에서 우수한 특성을 야기한다는 것이 밝혀졌다. 저 Si는 아연-코팅된 시트의 용접 동안 가공 용이성 및 액체 금속 취화에 대한 양호한 내성을 제공한다.

[0015] 본 발명의 강 시트 제품에서, C는 증가된 강도를 제공하고 잔류 오스테나이트의 형성을 촉진한다. Mn은 경화(hardening)를 제공하고 고용체 강화제로서 작용한다. Si는 열 처리 동안 철 카비드 석출을 억제하고, 오스테나이트 잔류를 증가시킨다. Mo와 조합된 Cr은 템퍼링(tempering) 내성을 제공하고 카비드 석출을, 특히 Si 또는 Si 및 Al과 조합으로 사용될 때, 억제할 수 있다. Al은 열 처리 동안 철 카비드 석출을 억제하고, 오스테나이트 잔류를 증가시킨다. Ti 및 Nb는 임의적으로 강도-증진성 입자 미세화제로서 첨가될 수 있다.

[0016] 상기에 열거된 C, Mn, Si, Cr, Mo 및 Al의 양에 더하여, 강 조성물은 부수적 양 또는 불순물 양의 기타 원소, 예컨대 0.05 이하의 Ti, 0.05 이하의 Nb, 최대 0.015의 S, 최대 0.03의 P, 최대 0.2의 Cu, 최대 0.2의 Ni, 최대 0.1의 Sn, 최대 0.015의 N, 최대 0.1의 V 및 최대 0.004의 B를 포함할 수 있다. 본원에 사용된 용어 "실질적 미함유"는, 강 시트 제품의 조성에 적용될 때, 특정 원소 또는 물질이 조성물에 목적을 갖고 첨가되는 것이 아니라 단지 불순물로서 또는 미량으로 존재함을 의미한다.

[0017] 상기에 기재된 조성을 갖는 강 시트 제품에 하기에 보다 상세히 기재되는 퀀칭 및 파티셔닝 가열 처리를 적용한다. 생성된 시트 제품은 고 연신율, 바람직한 극한 인장 강도 및 항복 강도(yield strength), 고 굽힘성 및 고 홀 팽창률을 포함하는 유리한 기계적 특성을 갖는 것으로 밝혀졌다.

[0018] 강 시트 제품은, 표준 ASTM-L 시험을 사용하여 총 연신율(TE)에 의해 측정시, 전형적으로 12% 이상, 예를 들어 13% 이상, 14% 이상 또는 15% 이상의 고 연성을 가질 수 있다. 예를 들어, 강 시트 제품은 13 또는 14% 내지 19% 이상의 총 연신율을 가질 수 있다.

[0019] 강 시트 제품의 극한 인장 강도(UTS)는 전형적으로 1180 MPa 이상, 예를 들어 1180 내지 1370 MPa이다. 특정 실시양태에서, UTS는 1370 MPa 미만, 1350 MPa 미만 또는 1320 MPa 미만일 수 있다. 강 시트 제품의 항복 강

도(YS)는 전형적으로 700 MPa 이상, 예를 들어 700 내지 1,100 MPa이다.

- [0020] 15,000 MPa%초과, 예를 들어 17,000 MPa% 초과, 18,000 MPa% 초과 또는 20,000 MPa% 초과와 강도 연신율 밸런스(UTS·TE)는 강 시트 제품에 의해 달성될 수 있다.
- [0021] 강 시트 제품은 고 홀 팽창률(HE), 예를 들어 25% 이상, 30% 이상, 32% 이상 또는 34% 이상을 가질 수 있다.
- [0022] UTS·TE·HE의 조합(MPa%²)은 강 시트 제품에서 37.5×10^4 초과, 42.5×10^4 초과, 50×10^4 초과, 54×10^4 초과, 64×10^4 초과 또는 68×10^4 초과일 수 있다.
- [0023] 강 시트 제품은 고 굽힘성(R/T), 예를 들어 2 R/T 이상 또는 2.5 R/T 이상을 가질 수 있다.
- [0024] 본 발명의 특정 실시양태에 따라, 강 시트 제품의 최종 마이크로 구조는 주로(예를 들어 50 내지 80 부피%) 마텐자이트, 보다 적은 양(예를 들어 5 내지 35 부피%)의 페라이트, 및 보다 적은 양(예를 들어 1 내지 20 부피%)의 잔류 오스테나이트를 포함할 수 있다. 잔류 오스테나이트는 전형적으로 5 부피% 초과 또는 8 부피% 초과를 차지할 수 있다. 특정 실시양태에서, 잔류 오스테나이트는 5 내지 16 부피%, 8 내지 15 부피%, 10 내지 14 부피% 또는 11 내지 12 부피%를 차지할 수 있다. 또한, 베이나이트(bainite)가 부수적 양, 예를 들어 0 내지 5 부피%, 10 부피% 또는 15 부피%로 존재할 수 있다. 이러한 상의 양은 표준 EBSD 기법에 의해 결정될 수 있다.
- [0025] 이전 오스테나이트는 1 내지 20 μm , 예를 들어 5 내지 10 μm 의 평균 결정 크기를 가질 수 있다. 페라이트는 1 내지 20 μm , 예를 들어 3 내지 5 μm 의 평균 결정 크기를 가질 수 있다. 잔류 오스테나이트는 2 μm 미만, 1 μm 미만 또는 0.5 μm 미만의 평균 결정 크기를 가질 수 있다. 잔류 오스테나이트 결정은 실질적으로 등축일 수 있고, 3:1 미만, 2:1 미만 또는 1.9:1 미만의 평균 종횡비를 가질 수 있다.
- [0026] **퀀칭 및 파티셔닝 열 순환**
- [0027] 퀀칭 및 파티셔닝 열 순환은, 가열, 이어서 마텐자이트-출발 온도 아래의 온도로의 퀀칭 및 초기 퀀칭 온도 이상의 온도에서의 직접적 에이징을 포함한다. 카비드 석출은 적절한 합금화에 의해 억제되고, 탄소는 과포화된 마텐자이트 상에서 비변형 오스테나이트 상으로 탄소 파티셔닝되어 실온으로의 후속 냉각시 잔류 오스테나이트의 안정성을 증가시킨다. 이러한 처리는 퀀칭 및 파티셔닝(Q&P)으로 지칭될 수 있다.
- [0028] 제1 어닐링 또는 소킹 단계는 비교적 고 어닐링 온도에서 수행될 수 있고, 제2 퀀칭 또는 냉각 단계에서 온도가 마텐자이트 출발 온도 아래로 감소되고, 제3 에이징 또는 유지 단계에서 시트 제품은 비교적 낮은 유지 온도로 재가열되고 목적하는 시간 동안 유지된다. 온도는 최종 제품의 바람직한 마이크로 구조 및 기계적 특성의 형성을 촉진하기 위해 제어된다.
- [0029] 소킹 단계에서 부분적 또는 완전 오스테나이트화 후에, 강을 사전에 결정한 분획의 마텐자이트 및 나머지 분획의 비변형 오스테나이트를 생성하도록 계산한 온도(QT)로 퀀칭한다. 이어서, 탄소가 비변형 오스테나이트로 빠져 들어갈 때, 강을 파티셔닝 온도(PT)로 상승시켜 이의 화학적 안정성을 상승시키고, 따라서 파티셔닝 후에 주위 온도로의 후속적 냉각 후에, 오스테나이트가 잔류한다. 비변형 오스테나이트가 파티셔닝 동안 탄소로 농축됨에 따라, 이의 효과적인 M_s - M_f 온도 범위가 억압된다. 화학적 안정을 위해, M_s 는 실온 이하로 하락해야 한다.
- [0030] 제1 어닐링 단계에서, A_1 내지 A_3 의 소킹 구역 온도가 사용될 수 있고, 예를 들어 720℃ 이상의 어닐링 온도가 사용될 수 있다. 특정 실시양태에서, 소킹 구역 온도는 전형적으로 720 내지 890℃, 예를 들어 760 내지 825℃ 범위일 수 있다. 특정 실시양태에서, 피크 어닐링 온도는 전형적으로 15초 이상, 예를 들어 20 내지 300초 또는 30 내지 150초 동안 유지될 수 있다.
- [0031] 소킹 구역 온도는 강을 M_s 아래의 비교적 낮은 온도, 예를 들어 실온에서 0.5 내지 50℃/초, 예를 들어 약 2 내지 20℃/초의 평균 속도에서 가열함으로써 달성될 수 있다. 특정 실시양태에서, 상승은 25 내지 800초, 예를 들어 100 내지 500초가 걸릴 수 있다. 제2 순환의 제1 단계 가열은 임의의 적합한 가열 시스템 또는 공정에 의해, 예를 들어 복사 가열, 유도 가열, 직화 퍼니스 가열 등을 사용하여 달성될 수 있다.
- [0032] 소킹 구역 온도에 도달하고 목적하는 시간 동안 유지된 후에, 강은 유지 구역에서 실온 위로 제어된 온도로 냉각될 수 있다. 강은 수 냉각, 기체 냉각 등을 통해 마텐자이트 출발 온도 아래로 냉각되어 마텐자이트를 형성할 수 있다. 5 내지 200℃/초, 예를 들어 20 내지 100℃/초 또는 30 내지 80℃/초의 전형적 전체 퀀칭 속도가 사용될 수 있다. 퀀칭은 강 시트 제품의 온도를 150 내지 350℃, 예를 들어 220 내지 300℃ 또는 250 내지 280℃의 전형적 퀀칭 온도로 감소시킬 수 있다. 임의의 적합한 유형의 냉각 및 퀀칭 시스템은 상기에 기재된 것을

포함하는 소킹 온도에서 유지 온도로의 냉각에서 사용하기 위해 조정될 수 있다.

- [0033] 특정 실시양태에서, 제1의 비교적 느린 퀘칭 속도에 제2의 비교적 빠른 퀘칭 속도가 뒤따르는 것과 같이, 다양한 퀘칭 속도가 사용될 수 있다. 예를 들어, 제1 퀘칭 속도는 500 내지 800℃의 제1 퀘칭 온도에 도달할 때까지 1 내지 30℃/초일 수 있고, 이어서 상기에 기재된 최종 퀘칭 온도에 도달할 때까지 퀘칭 속도는 5 내지 200℃/초일 수 있다. 특정 실시양태에서, 제1 퀘칭 속도는 630 내지 700℃의 제1 퀘칭 온도에 도달할 때까지 5 내지 20℃/초일 수 있고, 이어서 최종 퀘칭 온도에 도달할 때까지 제2 퀘칭 속도는 20 내지 200℃/초일 수 있다.
- [0034] 퀘칭 후에, 강은 보다 높은 유지 온도로 상기에 기재된 템퍼링 및 파티셔닝 처리 동안에 가열된다. 특정 실시양태에서, 강 시트 제품은 소킹 단계와 유지 단계 사이에 300℃ 초과 온도에서 유지된다.
- [0035] 본 발명의 실시양태에 따라, 에이징 및 유지 구역 단계는 300 내지 440℃, 예를 들어 370 내지 430℃의 전형적 온도에서 수행된다. 유지 구역은 800초 이하, 예를 들어 30 내지 600초 동안 유지될 수 있다. 예를 들어, 에이징은 350 내지 450℃의 PT에서 30 내지 300초 동안, 또는 370 내지 430℃의 PT에서 60 내지 180초 동안 수행될 수 있다.
- [0036] 유지 구역 온도는 일정하게 유지될 수 있거나, 선택된 온도 범위 내에서 다소 변할 수 있다. 유지 후에, 강은 예컨대 유도 또는 기타 가열에 의해 예를 들어 약 470℃의 온도로 재가열되어, 강이 고온-딥 코팅(hot-dip coating)되는 경우, 양호한 코팅 결과를 위해 적절한 온도에서 고온-딥 코팅 팻(pot)에 진입한다.
- [0037] 특정 실시양태에서, 에이징 또는 유지 구역 온도가 목적하는 시간 동안 유지된 후에, 온도는 실온으로 하강할 수 있다. 이러한 하강은 전형적으로 10 내지 1,000초, 예를 들어 약 20 내지 500초가 걸릴 수 있다. 이러한 하강 속도는 전형적으로 1 내지 1,000℃/초, 예를 들어 2 내지 20℃/초 범위일 수 있다.
- [0038] 특정 실시양태에서, 퀘칭 및 파티셔닝 강 시트는 유지 구역의 단부에서 고온-딥 아연도금된다. 아연도금 온도는 전형적으로 440 내지 480℃, 예를 들어 450 내지 470℃ 범위일 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로 갈바닐링이 480℃ 내지 530℃의 전형적 온도에서 수행될 수 있다.
- [0039] 특정 실시양태에서, 아연도금 단계는 연속 아연도금 라인(CGL) 상에서 2-단계 어닐링 공정의 부분으로서 수행될 수 있다. 이러한 CAL + CGL 공정은 아연-기반 또는 아연 합금-기반 고온-딥 아연도금된 제품을 생성하기 위해 사용될 수 있거나 철-아연 갈바닐링 유형 코팅된 제품을 생성하기 위해 코팅 후에 재가열될 수 있다. 임의적 니켈-기반 코팅 단계는 공정의 CAL 단계와 CGL 단계 사이에 발생하여 아연 코팅 특성을 개선할 수 있다. 제2 단계에서 연속 아연도금 라인의 사용은 CAL + CAL + EG 경로를 사용하는 것에 비해 코팅된 제품 생산의 생산 효율을 증가시킬 수 있다. 또한, 아연도금된 제품 또는 아연-기반 합금 고온-딥 코팅된 제품은 특수 설계된 CGL 상에서 제조될 수 있고, 이때 2-단계 어닐링이 단일 라인에서 발생할 수 있다. 또한, 갈바닐링이 이러한 경우 옵션이 될 수 있다. 또한, 단일 생산 설비는 또한 특수 설계될 수 있고 강 시트 제품을 제조하기 위한 2개의 순환 열 공정을 합하도록 지어질 수 있다.
- [0040] 초기 열 순환
- [0041] 본 발명의 특정 실시양태에서, 2-열 순환 공정이 사용되어 유리한 기계적 특성(예컨대 상기에 기재된 것)을 갖는 고 연성 및 강도 강 제품을 제조한다. 제1 및 제2 열 순환 각각에서, 열 처리를 시작하기 위한 다양한 방법론이 사용될 수 있다. 제1 열 순환 어닐링 공정의 예는 본원에 참고로 인용된 US 10,385,419에 기재되어 있다. 연속 어닐링 라인(CAL)이 제1 순환에 사용될 수 있고, 이어서 연속 아연도금 라인(CGL)이 제2 순환에서 사용될 수 있다.
- [0042] 초기 어닐링 공정이 예를 들어 마텐자이트의 마이크로 구조를 달성하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 실시양태에 따라, 제1 열 순환의 제1 어닐링 단계에서, A₃ 온도보다 높은 어닐링 온도가 사용될 수 있고, 예를 들어 820℃ 이상의 어닐링 온도가 사용될 수 있다. 특정 실시양태에서, 제1 단계 어닐링 온도는 전형적으로 830 내지 980℃, 예를 들어 830 내지 940℃, 840 내지 930℃ 또는 860 내지 925℃ 범위일 수 있다. 특정 실시양태에서, 피크 어닐링 온도는 전형적으로 20초 이상, 예를 들어 20 내지 500초 또는 30 내지 200초 동안 유지될 수 있다. 가열은 통상적 기법, 예컨대 비-산화 또는 산화 직화 퍼니스(DFF), 산소-농축된 DFI, 유도, 기체 복사관 가열, 전기 복사 가열 등에 의해 달성될 수 있다. 본 발명의 방법에서 사용하기 위해 조정될 수 있는 가열 시스템의 예는 US 5,798,007; 7,368,689; 8,425,225; 및 8,845,324, US 2009/0158975, 및 WO/2015083047(Fives Stein에게 양수됨)에 개시되어 있다. 본 발명의 방법에서 사용하기 위해 조정될 수 있는 가열 시스템의 추가적 예는 US 7,384,489(Drever International에게 양수됨) 및 US 9,096,918(Nippon Steel and Sumitomo Metal

Corporation에게 양수됨)을 포함한다. 임의의 다른 적합한 공지된 유형의 가열 시스템 및 공정이 제1 및 제2 순환에서 사용하기 위해 조정될 수 있다.

[0043] 제1 단계에서, 피크 어닐링 온도에 도달하고 목적하는 시간 동안 유지된 후에, 강은 하기에 보다 상세히 기재되는 바와 같이 실온, 또는 실온보다 높은 제어된 온도로 퀀칭된다. 퀀칭 온도는 반드시 실온일 필요는 없으나, 대개 마텐자이트인 마이크로 구조를 형성하도록 마텐자이트 출발 온도(M_s)보다 낮아야 하고 바람직하게는 마텐자이트 최종 온도(M_f)보다 낮아야 한다. 특정 실시양태에서, 제1 단계 공정과 제2 단계 공정 사이에서, 강 시트 제품은 300℃보다 낮은 온도, 예를 들어 200℃ 미만의 온도로 냉각될 수 있다.

[0044] 퀀칭은 통상적 기법, 예컨대 워터 퀀칭, 서브머지드(submerged) 나이프/노즐 워터 퀀칭, 기체 냉각, 냉, 온 또는 고온 물 및 기체의 조합을 사용하는 급속 냉각, 수용액 냉각, 기타 액체 또는 기체 유체 냉각, 칠드롤(chilled roll) 퀀칭, 워터 미스트 스프레이, 젯 플래쉬(wet flash) 냉각, 비-산화 젯 플래쉬 냉각 등에 의해 달성될 수 있다. 30 내지 2,000℃/초의 퀀칭 속도가 전형적으로 사용될 수 있다.

[0045] 당업자에게 공지된 다양한 유형의 냉각 및 퀀칭 시스템 및 공정이 본 발명의 방법에서 사용하기 위해 조정될 수 있다. 상업 원칙으로 통상적으로 사용되는 적합한 냉각/퀀칭 시스템 및 방법은 워터 퀀칭, 워터 미스트 냉각, 드라이 플래쉬 및 젯 플래쉬, 산화 및 비-산화 냉각, 알칸 유체에서 기상으로의 변화 냉각, 고온 워터 퀀칭, 예컨대 2-단계 워터 퀀칭, 롤 퀀칭, 고 백분율 수소 또는 헬륨 기체 제트 냉각 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 드라이 플래쉬 및/또는 젯 플래쉬 산화 및 비-산화 냉각/퀀칭(예컨대 W02015/083047(Fives Stein)에 개시됨)이 사용될 수 있다. 본 발명의 방법에서 사용하기 위해 조정될 수 있는 냉각/퀀칭 시스템 및 방법을 기술하는 다른 Fives Stein 특허문헌은 US 6,464,808B2; 6,547,898B2; 및 8,918,199B2, 및 US2009/0158975A1; US2009/0315228A1; 및 US2011/0266725A1을 포함한다. 본 발명의 방법에서 사용하기 위해 조정될 수 있는 냉각/퀀칭 시스템 및 방법의 다른 예는 US 8,359,894B2; 8,844,462B2; 및 7,384,489B2, 및 US 2002/0017747A1 및 2014/0083572A1에 개시된 것을 포함한다.

[0046] 특정 실시양태에서, 제1-단계 피크 어닐링 온도에 도달하고 강이 퀀칭되어 마텐자이트를 형성한 후에, 마텐자이트는 임의적으로 템퍼링되어 강을 다소 연화시켜 가공이 더 실현가능하도록 만든다. 템퍼링은, 강의 온도를 실온 내지 약 500℃ 범위로 상승시키고 600초 이하 동안 유지함으로써 발생할 수 있다. 템퍼링이 사용되는 경우, 템퍼링 온도는 일정하게 유지될 수 있거나 상기 바람직한 범위 내에서 변할 수 있다.

[0047] 템퍼링 후에, 온도는 실온으로 하강할 수 있다. 이러한 하강 속도는 전형적으로 1 내지 40℃/초, 예를 들어 2 내지 20℃/초 범위일 수 있다. 단일 패스 설비 퍼니스의 경우, 템퍼링이 필요하지 않을 수 있다.

[0048] 특정 실시양태에 따라, 초기 열 순환, 및 퀀칭 및 파티셔닝 열 순환 중 하나 또는 둘 다는 연속 어닐링 라인(CAL) 상에서 수행될 수 있다. CAL + CAL 공정을 거친 후에, 강은 전기 아연도금되어 아연-기반 코팅된 생성물을 제조할 수 있고, 또한 필요에 따라 갈바닐링될 수 있다.

[0049] 하기 실시예는 본 발명의 다양한 양태를 예시하기 위한 것으로, 본 발명의 범위를 제한하려는 것이 아니다.

[0050] 실시예 1

[0051] 0.22 중량% C, 2.3 중량% Mn, 1.0 중량% Si, 0.5 중량% Cr, 0.25 중량% Mo 및 0.4 중량% Al의 조성을 갖는 냉간 압연된 강 시트를 도 1에 예시된 2-순환 가열 공정에 적용하였다. 도 1에 나타낸 바와 같이, 제1 순환에서, 강 시트를 890℃로 가열하여 강을 오스테나이트화시키고, 신속히 냉각하였다. 제2 퀀칭 및 파티셔닝 순환에서, 823℃의 피크 온도에 도달한 후에, 시트를 660℃로 저속 제트 냉각시키고 신속히 230℃로 퀀칭시키고 400℃에서 과에이징시키고 약 470℃로부터의 아연으로 코팅하였다. 하기 처리 파라미터를 사용하였다(℃): 930 RTS1, 660 SJC1, 30 RJC1, 800 RTS2, 660 SJC2, 231 RJC2, 400 OA1, 400 OA2 및 470 GI. 생성된 강 제품은 12.7% 잔류 오스테나이트(RA)를 포함하였고, 하기 기계적 특성을 나타냈다: 41% HE, 1016 MPa YS, 1222 MPa UTS, 12.3% UE, 16.6% TE 및 20285 MPa·% UTS·TE. 생성된 제품의 마이크로 구조를 도 2에 나타냈다. 마이크로 구조는 구조는, 연신된 인터라스(interlath) 및 12.7% 양의 잔류 오스테나이트 소 등축정과 조합된 템퍼링된 마텐자이트로 주로 구성되었다. 소량의 등축 페라이트가 또한 존재할 수 있다. 또한, 소량의 무-카비드 베이나이트가 존재할 수 있다.

[0052] 실시예 2

[0053] 하기 표 1에 나열된 조성을 갖는 냉간 압연된 강 시트를 하기 표 2에 나열된 퀀칭 및 파티셔닝 가열 공정에 적

용하였다. 생성된 강 시트 제품은 하기 표 3에 나열된 기계적 특성을 나타냈다.

표 1

조성 (중량%)

샘플 번호	C	Mn	Si	Cr	Mo	Al	Nb
1	0.22	2.32	1.02	0.40			
2	0.22	2.32	1.02	0.40			
3	0.22	2.32	1.02	0.40			
4	0.22	2.33	1.02	0.40		0.201	
5	0.22	2.33	1.02	0.40		0.201	
6	0.22	2.32	1.02	0.39		0.385	
7	0.21	2.15	1.02	0.79			
8	0.21	2.15	1.02	0.79			
9	0.21	2.15	1.02	0.79			
10	0.22	2.15	1.03	0.79		0.202	
11	0.21	2.14	1.02	0.79		0.391	
12	0.21	2.14	1.02	0.79		0.391	
13	0.21	2.14	1.02	0.79		0.391	
14	0.21	2.51	1.00	0.51			
15	0.22	2.75	1.01	0.51			
16	0.21	2.75	1.02	0.50		0.47	
17	0.21	2.75	1.02	0.50		0.47	
18	0.21	2.75	1.02	0.50		0.47	
19	0.21	2.75	1.02	0.50		0.47	
20	0.22	2.24	1.01	0.50	0.25		
21	0.22	2.24	1.01	0.50	0.25		
22	0.22	2.24	1.01	0.50	0.25		
23	0.22	2.24	1.01	0.50	0.25		
24	0.23	2.23	1.01	0.50	0.25	0.21	
25	0.23	2.48	1.01	0.50	0.25	0.41	
26	0.21	2.28	1.01	0.50			
27	0.21	2.28	1.01	0.50			
28	0.21	2.28	1.01	0.50			
29	0.21	2.28	1.01	0.50			
30	0.21	2.28	1.01	0.50			
31	0.23	2.28	1.01	0.50			
32	0.23	2.28	1.01	0.50			
33	0.23	2.28	1.01	0.50			
34	0.23	2.28	1.01	0.50			
35	0.23	2.28	1.01	0.50			
36	0.23	2.26	0.99	0.50	0.24		
37	0.23	2.26	0.99	0.50	0.24		
38	0.21	2.27	1.00	0.50		0.2	
39	0.21	2.28	1.01	0.50		0.4	
40	0.21	2.27	0.99	0.50	0.25	0.4	
41	0.21	2.27	0.99	0.50	0.25	0.4	
42	0.21	2.27	0.99	0.50	0.25	0.4	
43	0.21	2.27	0.99	0.50	0.25	0.4	
44	0.22	2.27	0.63	0.50	0.25	0.43	
45	0.22	2.27	0.63	0.50	0.25	0.43	
46	0.22	2.27	0.63	0.50	0.25	0.43	
47	0.22	2.26	0.70	0.50	0.25	0.43	
48	0.22	2.26	0.70	0.50	0.25	0.43	
49	0.22	2.26	0.70	0.50	0.25	0.43	
50	0.22	2.26	0.70	0.50	0.25	0.43	
51	0.21	2.29	0.79	0.50	0.25	0.41	0.028

[0054]

표 2

열 순환 (°C)

샘플 번호	RTS1	SJC1	RJC1	RTS2	SJC2	RJC2	OA1	OA2	GI	GA
1	930	660	30	800	660	280	400	400	470	
2	890	660	30	790	660	250	300	350	470	
3	890	660	30	790	660	250	300	350	470	510
4	930	650	30	840	660	280	300	350	470	
5	930	660	30	820	660	260	300	350	470	
6	930	650	30	880	730	300	400	400	470	
7	930	660	30	800	660	210	300	350	470	
8	930	660	30	790	660	230	300	350	470	
9	890	660	30	790	660	230	300	350	470	510
10	890	660	30	832	660	280	300	320	470	510
11	930	650	30	870	660	280	300	350	470	
12	890	660	30	865	660	260	300	320	470	510
13	890	660	30	865	660	280	300	350	470	510
14	890	800	30	750	660	195	400	400	470	480
15	890	800	30	778	660	223	400	400	470	480
16	890	800	30	799	660	205	400	400	470	
17	890	800	30	799	660	205	400	400	470	480
18	890	800	30	799	660	205	400	400	470	500
19	890	800	30	799	660	205	400	400	470	520
20	890	800	30	780	660	240	400	400	470	
21	890	800	30	780	660	240	400	400	470	480
22	890	800	30	780	660	240	400	400	470	500
23	890	800	30	780	660	240	400	400	470	520
24	890	800	30	798	660	246	400	400	470	480
25	890	800	30	790	660	219	400	400	470	480
26	890	800	30	788	660	216	400	400	470	
27	890	800	30	788	660	216	400	400	470	480
28	890	800	30	788	660	216	400	400	470	500
29	890	800	30	788	660	216	400	400	470	480
30	890	800	30	788	660	216	400	400	470	520
31	890	800	30	772	660	197	400	400	470	
32	890	800	30	772	660	197	400	400	470	480
33	890	800	30	772	660	197	400	400	470	480
34	890	800	30	772	660	197	400	400	470	500
35	890	800	30	772	660	197	400	400	470	520
36	890	800	30	880	660	280	400	400	470	480
37	890	800	30	880	660	260	400	400	470	480
38	890	800	30	800	660	216	400	400	470	480
39	890	800	30	841	660	288	400	400	470	480
40	890	800	30	823	660	231	400	400	470	
41	890	800	30	823	660	231	400	400	470	480
42	890	800	30	823	660	231	400	400	470	500
43	890	800	30	823	660	231	400	400	470	520
44	890	800	30	811	660	270	400	400	470	
45	890	800	30	811	660	270	400	400	470	500
46	890	800	30	811	660	270	400	400	470	520
47	890	800	30	814	660	270	400	400	470	
48	890	800	30	814	660	270	400	400	470	500
49	890	800	30	814	660	270	400	400	470	520

[0055]

샘플 번호	RTS1	SJC1	RJC1	RTS2	SJC2	RJC2	OA1	OA2	GI	GA
50	890	800	30	814	660	250	400	400	470	520
51	890	800	30	817	660	230	400	400	470	480

[0056]

표 3

기계적 특성

샘플 번호	RA (%)	HE (%)	YS (MPa)	UTS (MPa)	UE (%)	TE (%)	UTS·TE (MPa%)
1	15.1	22	903	1223	10.7	15.3	18712
2	11.9	38	931	1230	11.1	15.7	19311
3	10.3	31	808	1196	8.4	12.6	15070
4	16.1	33	1077	1228	8.7	13.6	16701
5	12.9	33	1037	1221	9.9	15.1	18437
6	15.5		1067	1194	9.3	14.9	17791
7	9.9	44	1020	1232	9.5	14.2	17494
8	11.4	34	927	1225	11.6	16.7	20458
9	10	19	809	1200	7.6	11.3	13560
10	12.8	23	879	1232	8.0	12.4	15277
11	16	32	1044	1209	8.6	14.1	17047
12	11.2	39	968	1199	9.7	14.1	16906
13	12.9	31	955	1196	9.7	13.7	16385
14	14.2	28	670	1231	10.6	14.7	18096
15	11.7	27	945	1298	9.6	13.9	18042
16	16.1	28	992	1242	13.7	18.5	22977
17	14.6	24	971	1252	13.9	18.7	23412
18	16	28	902	1238	12.4	16.9	20922
19	11.3	27	891	1207	9.6	17.3	20881
20	14	24	894	1280	11.8	16.1	20608
21	14.4	18	968	1304	10.8	15.4	20082
22	12.2	22	987	1302	8.5	11.5	14973
23	10.3	21	816	1268	7.3	9.8	12426
24	15	25	1026	1278	11.7	16.6	21215
25	19	24	879	1305	15.8	20.2	26361
26	12.3	39	992	1213	9.1	10.9	13222
27	9.2	40	907	1212	8.4	12.7	15392
28	9.9	37	877	1199	7.1	9.8	11750
29	10.2	33	920	1203	9.8	14.7	17684
30	8.1	35	888	1166	7.3	11.3	13176
31	11.4	29	947	1266	8.8	12.3	15572
32	10.1	33	930	1245	10.6	15.3	19049
33	11.5	36	918	1267	9.6	14.7	18625
34	8.8	37	864	1223	8.4	12.5	15288
35	8.2	25	874	1180	6.7	11.1	13098
36	14.2	19	973	1286	10.6	15.2	19547
37	14.9	38	1005	1296	10.1	14.4	18662
38	10.2	43	877	1179	10.8	15.3	18039
39	15.9	28	896	1163	12.5	15.8	18375
40	12.7	41	1016	1222	12.0	16.6	20285
41	11.7	34	989	1245	12.3	16.6	20667
42	11.5	36	1022	1222	11.7	16.4	20041
43	11.1	34	928	1212	8.5	12.6	15271
44	14	27	1056	1225	9.9	14.8	18130
45	13.7	34	979	1199	10.2	14.8	17745
46	13.2	27	919	1197	9.5	14.5	17357
47	17	38	1020	1200	10.5	15.6	18720
48	15	33	988	1199	10.8	15.4	18465
49	14.7	39	929	1188	11.0	16.2	19246
50	12.2	32	918	1222	10.8	15.3	18697
51	16.5	18	875	1248	12.9	17.3	21590

[0057]

[0058]

본 발명의 실시양태에 따라, 비교적 적은 양의 Al을 첨가하면서 Si의 양을 감소시켰다. 대조적으로, 상당한 양의 알루미늄으로 규소를 부분적으로 대체하는 것은 보다 낮은 강도 및 강도-연성 균형의 감소를 야기하였다. 0.24 중량% 탄소, 2.4 중량% 망간, 0.6 중량% Si 및 0.8 중량% Al을 갖는 비교용 강은 1018 Mpa YS, 1100 MPa UTS, 8.6% UE 및 14.2% TE의 특성을 야기하였다. 이러한 샘플에서, 하기 처리 파라미터를 사용하였다(℃): 930 RTS1, 800 SJ1, 30 RJ1, 900 RTS2, 730 SJ2, 270 RJ2, 360 OA1, 360OA2, 470GI AND 510 GA. 이러한 어닐링 파라미터는 목적하는 극한 인장 강도인 1180 MPa에 도달하지 못했음이 밝혀졌다.

[0059]

1 중량% Si 및 비교적 적은 양의 Al을 사용하고, 0.4 내지 0.8 중량% Cr 첨가량을 사용한 경우, 12 내지 14%의 총 연신율을 가졌으나, 최소 강도가 달성되었다(샘플 번호 4 내지 6, 10 내지 13, 38 및 39 참조). 알루미늄 첨가는, 일부 경우에 또한 강도의 감소를 야기하였지만, 다소 총 연신율을 증가시켰다. 표 4는 Al-함유 샘플 번호 12 및 13을 무-Al 샘플 번호 3 및 9와 비교한다.

표 4

조성 (중량%)

샘플 번호	C	Mn	Si	Cr	Mo	Al	HE	YS	UTS	UE	TE
3	0.22	2.32	1.02	0.40	0	0	31	808	1196	8.4	12.6
9	0.21	2.15	1.02	0.79	0	0	19	809	1200	7.6	11.3
12	0.21	2.14	1.02	0.79	0	0.391	39	968	1199	9.7	14.1
13	0.21	2.14	1.02	0.79	0	0.391	31	955	1196	9.7	13.7

[0060]

[0061]

Mn이 증가된 경우(샘플 번호 14 내지 19 참조), 강도 및 연신율이 증가하였으나, 강도는 약 1300 MPa에서 비교적 높았고, 홀 팽창률은 감소하였다. 표 5에 나타난 바와 같이, 알루미늄 첨가는 강도를 감소시키고 연신율을 증가시켰으나, 홀 팽창률은 낮은 채로 남아 있었다.

표 5

조성 (중량%)

샘플 번호	C	Mn	Si	Cr	Mo	Al	HE	YS	UTS	UE	TE
15	0.22	2.75	1.01	0.51	0	0.00	27	945	1298	9.6	13.9
17	0.21	2.75	1.02	0.50	0	0.47	24	971	1252	13.9	18.7

[0062]

[0063]

0.25 중량% Mo가 첨가된 경우(샘플 번호 20 내지 25 및 40 내지 50 참조), UTS·TE의 증가의 경우, 유사한 연신율을 가지면서 강도는 증가하였다. 표 6의 샘플 번호 21에 나타난 바와 같이, 강도는 목적하는 강도 범위의 최대값에 근접한 약 1300 MPa로 증가하였다. 그러나, 표 6의 샘플 번호 41에 나타난 바와 같이, Mo와 조합된 Al 첨가는 총 연신율 및 홀 팽창률의 개선과 함께, Mo이 부재하는 것과 유사한 강도를 야기하였다.

표 6

조성 (중량%)

샘플 번호	C	Mn	Si	Cr	Mo	Al	HE	YS	UTS	UE	TE
21	0.22	2.24	1.01	0.50	0.25	0.00	18	968	1304	10.8	15.4
41	0.21	2.27	0.99	0.50	0.25	0.4	34	989	1245	12.3	16.6

[0064]

[0065]

Si, Cr, Al 및 Mo 합금화에 의해 생성된 특성의 최적의 조합에 따라, Si의 추가적 감소는 보다 양호한 피클링 및 용접 거동에서 확인되었다(샘플 번호 45 및 50 참조). 표 7에 나타난 바와 같이, 양호한 특성은 0.6 내지 0.7 중량% Si까지만 유지되었음이 밝혀졌다. Nb 첨가가 또한 수행되었고, 이는 강도 및 연성을 증가시켰으나, 홀 팽창률은 목적하는 범위 아래로 감소하였다(표 7, 샘플 번호 51).

표 7

조성 (중량%)

샘플 번호	C	Mn	Si	Cr	Mo	Al	Nb	HE	YS	UTS	UE	TE
45	0.22	2.27	0.63	0.50	0.25	0.43		34	979	1199	10.2	14.8
50	0.22	2.26	0.70	0.50	0.25	0.43		32	918	1222	10.8	15.3
51	0.21	2.29	0.79	0.50	0.25	0.41	0.028	18	875	1248	12.9	17.3

[0066]

[0067]

본원에 사용된 바와 같이, "포함하는", "함유하는" 및 유사한 용어는 본원에 있어서 "포함하는"과 동의어로 이해되고, 따라서 개방형이며 추가의 기재되지 않거나 언급되지 않은 요소, 물질, 상 또는 방법 단계의 존재를 배제하지 않는다. 본원에 사용된 바와 같이, "이루어진"은 본원에 있어서 임의의 언급되지 않은 요소, 물질, 상 또는 방법 단계의 존재를 배제하는 것으로 이해된다. 본원에 사용된 바와 같이, "본질적으로 이루어진"은 본원에 있어서 적용가능한 경우 언급된 요소, 물질, 상 또는 방법 단계를 포함하는 것으로 이해되며, 또한 본 발명

의 기본 또는 신규 특성에 물질적으로 영향을 미치지 않는 임의의 언급되지 않은 요소, 물질, 상 또는 방법 단계를 포함하는 것으로 이해된다.

[0068] 본 발명의 넓은 범위를 제시하는 수치 범위 및 파라미터가 근사치임에도 불구하고, 특정 실시예에 제시된 수치 값은 가능한 한 정확하게 보고된다. 그러나 모든 수치에는 본질적으로 각각의 시험 측정에서 발견된 표준 편차로 인해 필연적으로 발생하는 특정 오차가 포함된다.

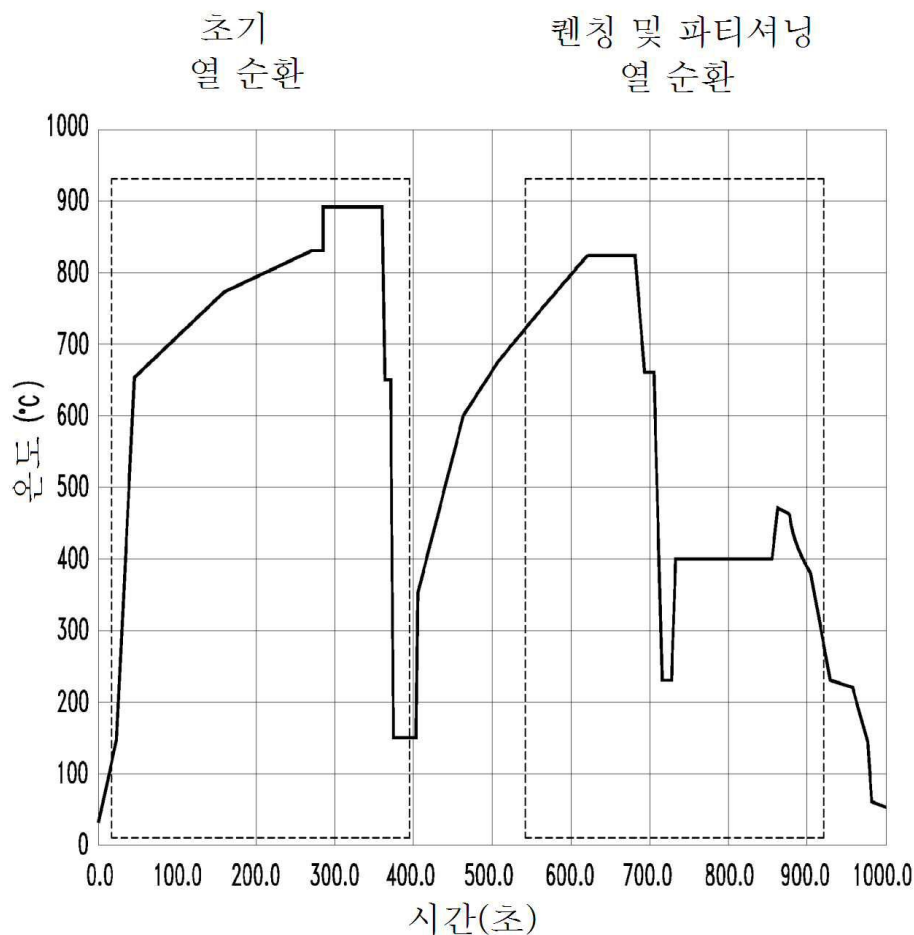
[0069] 또한, 본원에 언급된 임의의 수치 범위는 그 안에 포함된 모든 하위 범위를 포함하도록 의도된 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, "1 내지 10" 범위는 인용된 최소값 1과 인용된 최대값 10 사이인, 즉 최소값이 1 이상이고 최대값이 10이하인 모든 하위 범위를 포함하는 것으로 의도된다.

[0070] 본원에서, 구체적으로 달리 언급되지 않는 한, 단수의 사용은 복수를 포함하고 복수는 단수를 포함한다. 또한, 본원에서, 달리 구체적으로 언급되지 않는 한, "또는"의 사용은 "및/또는"을 의미하지만, 특정 경우에 "및/또는"이 명시적으로 사용될 수 있다. 본원 및 첨부된 청구범위에서, 하나의 지시 대상으로 명시적이고 명백하게 제한되지 않는 한, 단수는 복수의 지시 대상을 포함한다.

[0071] 본 발명의 특정 실시양태는 예시의 목적을 위해 상술되었지만, 첨부된 청구범위에 정의된 발명으로부터 벗어나지 않고 본 발명의 세부 사항의 수많은 변형의 이루어질 수 있음이 당업자에게 자명하다.

도면

도면1



도면2

