



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0030184
(43) 공개일자 2018년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21D 8/02 (2006.01) C21D 1/42 (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01) C21D 9/60 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C21D 8/0205 (2013.01)
C21D 1/42 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7004652
(22) 출원일자(국제) 2016년07월15일
심사청구일자 2018년02월14일
(85) 번역문제출일자 2018년02월14일
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/042508
(87) 국제공개번호 WO 2017/011751
국제공개일자 2017년01월19일
(30) 우선권주장
62/192,897 2015년07월15일 미국(US)

(71) 출원인
에이케이 스틸 프로퍼티즈 인코포레이티드
미국 오하이오 45069 센터 포인트 드라이브 웨스
트 체스터 9227
(72) 발명자
콧스톡 로버트 제이.
미국 오하이오주 45067 트랜톤 사우쓰윅 플레이스
509
패러스코스 조지 에이.
미국 오하이오주 45040 메이슨 팀버스 코트 6369
(74) 대리인
장훈

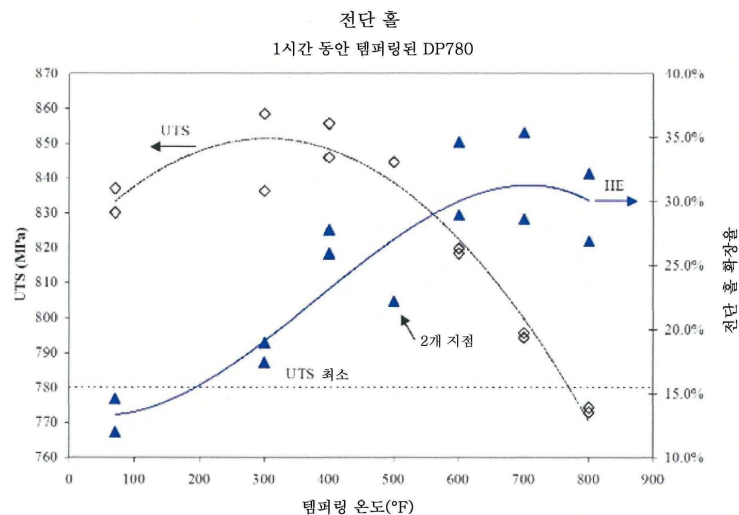
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **고성형성 2상 강**

(57) 요약

2상 강의 성형성을 향상시키기 위해, 마르텐사이트 상을 템퍼링한다. 이는 페라이트-탄화물 구조를 형성할 수 있다. 템퍼링 단계는 마르텐사이트가 상기 2상 강에 형성된 후 수행한다. 템퍼링 단계는 박스 어닐링 단계에서 수행할 수 있거나 이는 연속 어닐링, 연속 템퍼링 열처리, 또는 연속 코팅 라인과 같은 연속 방식으로 수행할 수 있다. 템퍼링 단계는 가열 단계 후 템퍼 밀에서 템퍼 압연하는 것을 추가로 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

C21D 8/0226 (2013.01)

C21D 8/0236 (2013.01)

C21D 8/0247 (2013.01)

C21D 8/0278 (2013.01)

C21D 8/0284 (2013.01)

C21D 9/52 (2013.01)

C21D 9/60 (2013.01)

C21D 2211/005 (2013.01)

C21D 2211/008 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

페라이트 및 마르텐사이트를 포함하는 2상 강 스트립(dual phase steel strip)의 성형성을 향상시키는 방법으로, 상기 마르텐사이트의 적어도 일부를 페라이트 및 시멘타이트로 변태시키기에 충분한 시간 동안 특정 온도에서 상기 2상 강 스트립을 템퍼 열처리하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 템퍼 열처리 단계 후 상기 2상 강을 템퍼 압연하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 템퍼 열처리 단계가 상기 스트립이 냉간 압연된 후 수행되는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 템퍼 열처리 단계가 상기 스트립이 코팅으로 코팅된 후 수행되는, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 템퍼 열처리 단계가 박스 어닐링(box annealing) 단계인, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 템퍼 열처리 단계가 연속 템퍼 가열 단계인, 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 연속 템퍼 가열이 유도 가열에 의해 제공되는, 방법.

청구항 8

공칭 인장 강도가 780MPa인 2상 강의 성형성을 향상시키는 방법으로서, 상기 2상 강 스트립을 항복 $\sigma < 110$ 마이크로미터가 되도록 특정 시간 동안 특정 온도에서 템퍼 열처리하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 항복 $\sigma < 90$ 마이크로미터인, 방법.

청구항 10

공칭 인장 강도가 980MPa인 2상 강의 성형성을 향상시키는 방법으로서, 상기 2상 강 스트립을 항복 $\sigma < 100$ 마이크로미터가 되도록 특정 시간 동안 특정 온도에서 템퍼 열처리하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 항복 $\sigma < 10$ 마이크로미터인, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 항복 σ 가 대략 1마이크로미터인, 방법.

발명의 설명

기술 분야

우선권

[0001]

[0002] 본 출원은 발명의 명칭이 "고성형성 2상 강(HIGH FORMABILITY DUAL PHASE STEEL)"인 2015년 7월 15일자로 출원된 미국 가특허 출원 제62/192,897호에 대해 우선권을 청구하며, 이의 기재내용은 인용에 의해 본원에 포함된다.

배경 기술

[0003] 2상 강(dual phase steel)은 자동차 분야와 같이 고강도 강을 요하는 분야에 잘 알려져 있으며 널리 사용된다. 이는 통상적으로 페라이트 및 마르텐사이트 상(phase)을 포함한다. 이러한 강은 곡률(bending) 및 엣지 연신(edge stretching)과 관련하여 제한된 성형성을 갖는 것으로 간주되며, 이는 통상적으로 공지된 홀 확장(hole expansion) 방법을 사용하여 측정된다.

[0004] 표준 2상 강의 곡률 또는 엣지 연신 과정에서, 마르텐사이트 상은 거의 변형(deformation)되지 않으며 이에 따라 페라이트가 대부분의 변형률(strain)을 수용하게 된다. 변형률이 증가함에 따라, 페라이트는 이의 연성(ductility)의 한계에 도달하기 시작하고 페라이트-마르텐사이트 계면에 공극(void)이 형성되기 시작한다. 이어서 변형률이 추가로 증가함에 따라 공극은 균열을 형성할 수 있다.

발명의 내용

[0005] 2상 강의 성형성을 향상시키기 위해, 마르텐사이트 상이 템퍼링(tempering)된다. 이는 페라이트-탄화물 구조를 형성할 수 있다. 템퍼링된 마르텐사이트 구조는 본래의 마르텐사이트보다 강도가 낮다. 이러한 낮은 강도는 곡률 또는 연신 강의 변형률이 재료에 걸쳐 보다 균일하게 분포되도록 하여, 재료의 공극 형성을 최소화시킨다.

[0006] 하나의 양태에서, 템퍼링 단계는 박스 어닐링(box annealing) 단계에서 수행된다. 박스 어닐링 단계는 마르텐사이트가 2상 강에서 형성된 후 수행한다. 예를 들면, 이는 연속 어닐링 라인에서 열처리한 후 수행할 수 있거나, 강이 열처리되고 열간 침지 라인(hot dip line)에서, 예를 들면 알루미늄, 아연, 납, 또는 이들 금속 중 하나 이상의 합금과 같은 금속 코팅으로 코팅된 후 수행할 수 있다.

[0007] 또 다른 양태에서, 템퍼링 단계는 연속 어닐링, 연속 템퍼링 열처리, 또는 마르텐사이트 형성 후 연속 코팅 라인과 같은 연속 방식으로 수행된다. 템퍼링 단계를 위한 열은 유도 가열기(induction heater) 또는 다른 스트립 가열 방법에 의해 제공될 수 있다.

[0008] 일부 양태에서, 템퍼링 단계는 가열 단계 후에 템퍼 밀(temper mill) 위에서의 템퍼 압연(temper rolling)을 추가로 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 인장 강도가 780MPa인 2상 강 스트립(dual phase steel strip)에 대한 개선된 홀 확장 비를 온도의 함수로서 도시한다.

도 2는 하나의 양태에 따라 박스 어닐링 노(box annealing furnace)에서 템퍼링 열처리 없이 그리고 템퍼링 열처리 후의, 인장 강도가 980MPa인 2상 강 스트립에 대한 응력-변형률 곡선을 도시한다.

도 3은 인장 강도가 980MPa인 2상 강 스트립에 대한, 템퍼링 동안의 탄소의 평균 확산 거리와 항복 강도 사이의 계산된 관계를 도시한다.

도 4는 인장 강도가 780MPa인 2상 강 스트립에 대한, 템퍼링 동안의 탄소의 평균 확산 거리와 항복 강도 사이의 계산된 관계를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 2상 강 내의 마르텐사이트 상은 온도에서 시간을 이용하여 템퍼링되어, 마르텐사이트의 일부 또는 전부가 페라이트 및 시멘타이트로 변태한다. 시멘타이트는 탄화물이다. 템퍼링 열처리의 시간과 온도는, 변태를 촉진시켜 홀 확장을 및 곡률 시험 값이 원하는 양을 개선시킬만큼 충분히 길고 뜨거워야 한다. 열처리의 시간과 온도는, 재료 인장 강도가 원하는 최소값 이하로 떨어지거나 재료의 항복 강도가 원하는 최대 값 이상으로 커지도록 지나치게 길지 않고 지나치게 높지 않아야 한다. 임의의 주어진 템퍼링 단계를 위한 정확한 시간과 온도는 본 출원의 교시에 따라 당업자에 의해 결정될 수 있다. 템퍼링 단계는 강 스트립을 가열하는 단계를 포함한다. 템퍼링 단계는 가열 단계 후에 템퍼 압연을 추가로 포함할 수 있다.

- [0011] 템퍼링은 탄소의 확산에 의해 제어되며 특정 온도에서의 시간에 의존한다. 탄소의 누적 확산 거리(cm) x 는 템퍼링 규모를 정의하는 데 사용될 수 있다:
- [0012] $x = (2Dt)^{1/2}$
- [0013] 여기서, t 는 특정 온도에서의 시간(초)이고, D 는 확산도(cm^2/s)이다.
- [0014] 시간(t)과 온도(T)의 함수인 x 는 다양한 시간과 온도 조건의 x_n 값의 합일 수 있다:
- [0015] $x = x_1(t_1, T_1) + x_2(t_2, T_2) + x_3(t_3, T_3) + \dots + x_n(t_n, T_n)$
- [0016] 확산도는 하기 아레니우스(Arrhenius)형 방정식으로 정의된다:
- [0017] $D = D_0 e^{-Q/RT}$
- [0018] 여기서, Q 는 활성화 에너지 = $32,000\text{cal/mol}$ 이고,
- [0019] $D_0 = 0.15\text{cm}^2/\text{s}$,
- [0020] $R = 1.987\text{cal}/(\text{mol K})$,
- [0021] T 는 켈빈 온도이다.
- [0022] 증가된 템퍼링은 성형성을 향상시키며, 또한 이는 강의 항복 강도를 증가시키고 항복점 신도(yield-point elongation)(YPE)를 도입한다. 강 사용자는 다양한 종류의 2상 강에 대한 항복 강도 요구사항을 갖는다. 그 결과, 템퍼링 양은 항복 강도 요구사항을 준수하기 위해 제한될 필요가 있을 수 있다. 확산 거리 x 는 DP780 및 DP980의 두 가지 2상 강의 등급에 대한 항복 강도와 관련이 있다. 따라서, 최대 템퍼링을 제공할 상기 방정식을 사용하여 열처리를 개발할 수 있으며, 이는 요구되는 항복 강도 범위 내로 유지하면서, 최상의 성형성을 제공할 것이다.
- [0023] 하나의 양태에서, 2상 강 스트립의 코일은, 적절한 마르텐사이트-페라이트 미세구조가 개발된 후, 강 코일을 위한 표준 강 제조 박스 어닐링 장비 또는 베이킹(baking)형 장비를 사용하여 템퍼링 열처리된다. 또는, 박스 어닐링 장비를 사용하는 이러한 박스 템퍼링은 강 스트립이 예를 들면 아연, 알루미늄, 납 또는 이들 코팅 중 하나 이상의 합금으로 코팅된 후에 발생할 수 있다. 이러한 코팅은 전해법 또는 열간 침지 코팅법(hot dip coating)을 포함하는 임의의 통상의 공정에 의해 도포될 수 있다. 박스 어닐링은, 후속 열처리, 예를 들면 갈바닐(galvanneal)된 코팅의 생성을 위한 아연 코팅과 베이스 2상 강의 합금화 후에 발생하거나 또는 당해 합금화와 조합될 수 있다. 박스 어닐링 후, 강 스트립은 또한, 스트립의 형상을 개선하거나 항복점 신도를 제거하거나 스트립을 기름칠하기 위해, 템퍼 압연될 수 있다. 특정 양태에서, 특히 2상 강에서, 이와 같은 박스 어닐링이 템퍼링에 적합하다.
- [0024] 또 다른 양태에서, 템퍼링 열처리는 연속 어닐링 라인 또는 연속 코팅 라인 또는 연속 열처리 라인과 같은 연속 공정을 사용하여 적용될 수 있다. 하나의 양태에서, 연속 가열 공정은 유도 가열을 포함한다. 박스 어닐링 공정에서와 같이, 연속 템퍼링 열처리 단계는 강 스트립이 냉간 압연(cold rolling)된 후 또는 강 스트립이 코팅된 후 발생할 수 있다. 연속적인 템퍼링 열처리 후에 템퍼 압연 단계를 수행할 수도 있다.
- [0025] **실시예 1**
- [0026] 공칭 인장 강도가 780MPa 인 2상 강을, 이러한 2상 강 스트립에 대한 통상의 공정을 사용하여 제조하였다. 냉간 압연 및 갈바나이징(galvanizing) 후, 강 스트립을 다양한 온도에서 무수 질소 분위기에서 1시간 실험실 어닐링 주기를 수행하였다. 그 결과 개선된 홀 확장율이 도 1에 나타나 있다.
- [0027] **실시예 2**
- [0028] 공칭 인장 강도가 780MPa 인 2상 강의 두 가지의 코일을, 이러한 2상 강 스트립에 대한 통상의 공정을 사용하여 제조하였다. 냉간 압연 및 갈바나이징 후, 두 가지의 코일을 550°F 에서 각각 24시간 및 30시간 동안 무수 질소 가스 분위기에서 박스 어닐링 주기를 수행하였다. 결과가 하기 표 1에 보고되어 있다.

표 1

온도 (°F)	템퍼링 시간 (시간)	YPE (%)	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)	홀 확장 비 (%)
표준 생성물	0	0	512	855	16
550	24	0.5	608	811	32
550	30	1.8	740	834	47

[0029]

[0030]

24시간 주기는 표준 생성물의 것에 가까운 항복 강도 및 낮은 항복점 신도(YPE)를 가졌지만 홀 확장 비(hole expansion ratio)(HER)는 배가하였다. 30시간의 더 긴 템퍼링 시간은 HER를 추가로 증가시켰지만, YPE 및 항복 강도의 양을 현저히 증가시켰다.

[0031]

실시예 3

[0032]

공칭 인장 강도가 980MPa인 2상 강의 두 가지의 코일을, 이러한 2상 강 스트립에 대한 통상의 공정을 사용하여 제조하였다. 냉간 압연 및 갈바나이징 후, 두 가지의 코일을 550°F에서 30시간 동안 무수 질소 가스 분위기에 서 박스 어닐링 주기를 수행하였다. 박스 어닐링 후, 코일을 템퍼 밀(temper mill)에서 최대 0.27% 및 평균 0.12%로 템퍼 압연하였다.

[0033]

홀 확장 시험. ¾인치 직경의 전단 홀에 의한 반구형 펀치 시험(punch test)을 사용하여, 평균 홀 확장율이, 템퍼링 처리 전의 2상 강에서의 14%로부터 템퍼링 처리 후 31%로 증가하였다. 10mm 전단 홀에 의한 원추형 펀치 시험을 사용하여, 평균 홀 확장율이, 템퍼링 처리 전의 2상 강에서의 16%로부터 템퍼링 처리 후 29%로 증가하였다. 확장된 홀의 평균 직경은 종방향, 횡방향, 대각선방향 1 및 대각선방향 2 직경들의 평균으로부터 결정되었다. 실패시 홀 확장 백분율은 세 개 샘플들의 평균을 사용하여 결정되었다. 피어싱 다이 간극(piercing die clearance)은 ¾인치 샘플에서 17%이었고 10mm 샘플에서 12.8%이었다. 이들 결과가 표 2에 보고되어 있다.

표 2

박스 어닐링 설비로 템퍼링하기 전		두께 (인치)	홀 확장율 (%) (직경 3/4 인치 전단 홀)	홀 확장율 (%) (직경 10 mm 전단 홀)
AAA	전면	0.0559	10	16
AAA	후면	0.0564	17	17
ABA	전면	0.0556	18	16
ABA	후면	0.0557	9	14
		평균:	14	16

박스 어닐링 설비로 템퍼링한 후		두께 (인치)	홀 확장율 (%) (직경 3/4 인치 전단 홀)	홀 확장율 (%) (직경 10 mm 전단 홀)
AAA	전면	0.0560	33	33
			32	26
AAA	후면	0.0560	30	34
			33	29
AAA	냉점	0.0558	33	29
ABA	전면	0.0558	32	25
			26	26
ABA	후면	0.0555	34	28
		0.0561	28	27
ABA	냉점	0.0557	31	30
		평균:	31	29

[0034]

[0035] 인장 특성. 표준 가공 후 2상 강에서의 평균 종방향 인장 강도는 151ksi(1040MPa)이었다. 이 강도는 템퍼링 처리 후 평균 144ksi(995MPa)로 떨어졌다. 어떠한 샘플도 143ksi(986MPa) 이하의 인장 강도를 갖지 않았다. 세부사항은 하기 표 3에 보고된다. 2상 강 스트립의 횡방향 인장 강도는 평균 154ksi(1062MPa)이었다. 이 강도는 148ksi(1018MPa)로 떨어졌다. 세부사항은 하기 표 4에 보고된다.

[0036] 템퍼링 처리 후, 1 내지 2%의 항복점 신도("YPE")가 나타나며 항복 강도는 95ksi로부터 135ksi로(655MPa로부터 931MPa로) 증가하였다. 전체 신도(elongation)는 또한 템퍼링 처리하지 않은 2상 강에서 16%로부터 템퍼링 처리 후 13%로 떨어졌다. 이들 결과는 표 3 및 표 4에도 열거되어 있다. 표준 및 템퍼링된 생성물에 대한 응력-변형률 곡선의 예가 도 2에 나타내었다.

표 3

종방향 인장 특성

박스 어닐링 설비로 템퍼링하기 전		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	신도 (%)
			상부	하부	0.2%			
AAA	전면	0	N/A	N/A	93.1	150.6	1039	16
AAA	후면	0	N/A	N/A	98.6	151.8	1047	16
ABA	전면	0	N/A	N/A	95.0	152.2	1050	16
ABA	후면	0	N/A	N/A	95.6	149.4	1030	16
	평균:	0			95.6	151.0	1041	16

박스 어닐링 설비로 템퍼링한 후		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	신도 (%)
			상부	하부	0.2%			
AAA	전면	1.8	135.6	134.3	135.5	143.0	986	14
		2.0	137.6	136.3	137.1	144.3	995	13
AAA	후면	1.1	132.7	131.7	132.6	144.8	998	14
		1.1	132.9	132.0	132.8	144.5	997	14
AAA	냉점	0.9	134.4	133.0	134	144.9	999	13
ABA	전면	1.7	134.7	133.7	134.5	144.3	995	14
		1.6	134.4	132.9	134.2	143.0	986	13
ABA	후면	1.1	134.3	133.5	134.4	145.0	1000	13
		1.6	136.4	134.7	136.4	145.9	1006	13
ABA	냉점	1.0	132.7	131.5	132.4	142.9	986	14
	평균:	1.4	134.6	133.4	134.4	144.3	995	13

[0037]

표 4

횡방향 인장 특성

박스 어닐링 설비로 템퍼링하기 전		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	신도 (%)
			상부	하부	0.2%			
AAA	전면	0	N/A	N/A	94.4	153.3	1057	15
AAA	후면	0	N/A	N/A	94.1	153.0	1055	15
ABA	전면	0	N/A	N/A	97.8	156.1	1077	14
ABA	후면	0	N/A	N/A	94.2	153.6	1059	15
평균:		0			95.1	154.0	1062	15

박스 어닐링 설비로 템퍼링한 후		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	신도 (%)
			상부	하부	0.2%			
AAA	전면	1.6	138.6	137.6	138.4	146.1	1008	13
		1.6	138.7	138.0	138.6	146.4	1010	13
AAA	후면	1.1	134.1	133.5	134.0	146.7	1012	14
		1.0	132.9	131.8	132.7	146.4	1010	13
AAA	냉점	0.6	134.3	134.1	134.1	149.5	1031	14
ABA	전면	1.5	136.7	135.5	136.8	146.2	1008	13
		1.4	137.0	136.3	137.1	146.9	1013	14
ABA	후면	1.6	140.2	139.3	140.2	150.1	1035	12
		1.6	140.5	139.9	140.5	149.3	1030	14
ABA	냉점	0.5	133.2	132.8	133.0	148.9	1027	13
평균:		1.3	136.6	135.9	136.5	147.7	1018	13

[0038]

[0039]

90° 곡률 시험. 2상 강은 현미경의 도움 없이도 보이는 균열을 나타내기 전에는 2.5의 최소 r/t를 견딜 수 있었다. "r/t"는 곡률 반경을 강 스트립의 두께로 나눈 값이다. 템퍼링 처리 후, 2상 강은 1.2의 r/t에서 가시적인 균열을 나타내지 않았으며, 이는 이용 가능한 가장 작은 반경의 다이(die)였다. 이들 시험은 "경질(hard)" 방향에서 진행되었으며, 즉 곡률 축은 압연 방향과 평행하다. 그 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5

90° 곡률 시험

박스 어닐링 설비로 템퍼링하기 전		2.8 r/t (4.0 mm 다이)	2.5 r/t (3.5 mm 다이)	2.1 r/t (3.0 mm 다이)	1.8 r/t (2.5 mm 다이)	1.4 r/t (2.0 mm 다이)	1.2 r/t (1.75 mm 다이)	0-T
IAAA	전면	합격	합격	불합격	불합격	불합격		
AAA	후면	합격	합격	합격	불합격	불합격		
ABA	전면	합격	합격	불합격	불합격	불합격		
ABA	후면	합격	합격	엣지 균열	불합격	불합격		

박스 어닐링 설비로 템퍼링한 후		2.8 r/t (4.0 mm 다이)	2.5 r/t (3.5 mm 다이)	2.1 r/t (3.0 mm 다이)	1.8 r/t (2.5 mm 다이)	1.4 r/t (2.0 mm 다이)	1.2 r/t (1.75 mm 다이)	0-T
AAA	전면	합격		합격	합격	합격	합격	
		합격		합격	합격	합격	합격	
AAA	후면	합격		합격	합격	합격	합격	
		합격		합격	합격	합격	합격	
AAA	냉점						합격	
ABA	전면	합격		합격	합격	합격	합격	
		합격		합격	합격	합격	합격	
ABA	후면	합격		합격	합격	합격	합격	불합격
		합격		합격	합격	합격	합격	
ABA	냉점						합격	

[0040]

[0041]

주사 전자 현미경. 본 실시예의 특정 2상 강의 페라이트-마르텐사이트 구조는 통상적으로 매우 미세하여 광학 현미경을 사용해서는 쉽게 분해되지 않는다. 템퍼링 처리 후, 마르텐사이트가 페라이트 및 탄화물로 변태되는 것은 주사 전자 현미경을 사용하여 분해되었다.

[0042]

요약. 두 가지의 2상 강 코일의 박스 어닐링 템퍼링 처리는 홀딩 확장능을 15%로부터 30%로 배가시켰으며, 최소 인장 강도를 142ksi(980MPa)로 유지하면서 곡률 특성을 크게 개선하였다. 템퍼링은 YPE를 생성물로 회수시켰으며, 그 결과 평균 항복 강도가 96ksi로부터 135ksi로(662MPa로부터 931MPa로) 증가하였다.

[0043]

실시예 4

[0044]

테스트용으로 사용된 특정한 박스 어닐링 설비의 온도가 더 높으면, 하기 표 6에 보고된 결과에서 볼 수 있듯이, 공칭 인장 강도가 980MPa인 2상 강에 대한 최종 결과에서 약간의 편차 및 상승된 항복 강도가 초래되었다:

표 6

온도 (°F)	템퍼링 시간 (시간)	YPE (%)	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)	홀 확장 비 (%)
표준 생성물	0	0	659	1041	16
450	9	1.2	1038	1128	
550	10	1.8	881	966	
550	30	1.4	920	995	29

[0045]

[0046]

실시예 5

[0047] 공칭 인장 강도가 980MPa인 2상 강의 템퍼링 거동은 실험실에서 더 낮은 템퍼링 온도에서 더 잘 제어되었고, 이는 표 7에 나타난 바와 같이 더 긴 템퍼링 시간을 요구할 수 있다:

표 7

온도 (°F)	템퍼링 시간 (시간)	YPE (%)	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)
표준 생성물	0	0	681	1029
220	24	0	684	1008
265	24	0	695	1035
285	24	0	741	1041

[0048]

[0049] 실시예 6

[0050] 템퍼링 열처리를, 이의 유도 가열기를 사용하여 페인트 라인(paint line) 상에서 공칭 인장 강도가 980MPa인 2상 강에서 수행하였다. 스트립의 온도는 유도 가열기를 빠져 나올 때 그리고 권취(coiling) 전에 측정하였다. 세 가지 조건을 조사하여 표 8에 기재하였다:

표 8

유도기 외부 온도 (°F)	권취 온도 (°F)	YPE (%)	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)
표준 생성물	0	0	689	1058
590	115	1.8	973	1051
600	250	2.1	989	1058
700	275	2.6	991	1033

[0051]

[0052] 유도기 외부의 스트립 온도 및 권취 온도가 감소함에 따라, 항복 강도 및 YPE의 양도 감소한다. 이러한 연속 공정의 스트립 온도 제어는 원하는 경우 항복 강도 및 YPE를 본래의 항복 강도 및 0의 YPE로 저하시키는 것을 허용할 것이다.

[0053] 실시예 7

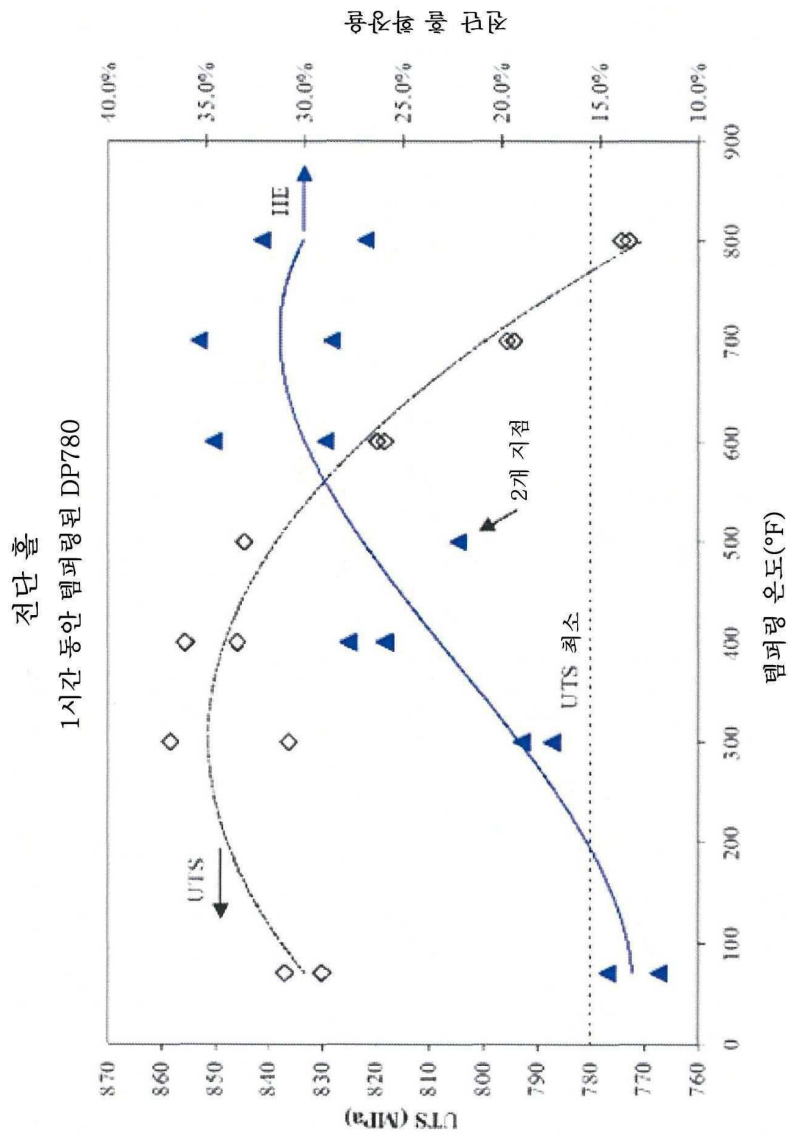
[0054] 도 3에서는, 실시예 3, 실시예 4 및 실시예 5의 2상 980 항복 강도 데이터가 계산된 확산 거리 x (마이크로미터)의 함수로서 도시된다. 도 3 및 상기 제시된 확산 방정식을 사용하여, DP980에 대해 원하는 항복 강도를 갖는 템퍼링된 제품을 제조할 열처리가 개발될 수 있다. 예를 들면, 항복 강도가 800MPa인 템퍼링된 DP980 제품이 요망되는 경우, 항복 x 가 대략 1마이크로미터가 되도록 시간 및 온도 조합을 선택할 수 있다. 또 다른 예에서, 항복 강도가 950MPa인 템퍼링된 DP980 제품이 요망되는 경우, 항복 $x < 100$ 마이크로미터가 되거나 항복 $x < 10$ 마이크로미터가 되도록 시간 및 온도 조합을 선택할 수 있다.

[0055] 실시예 8

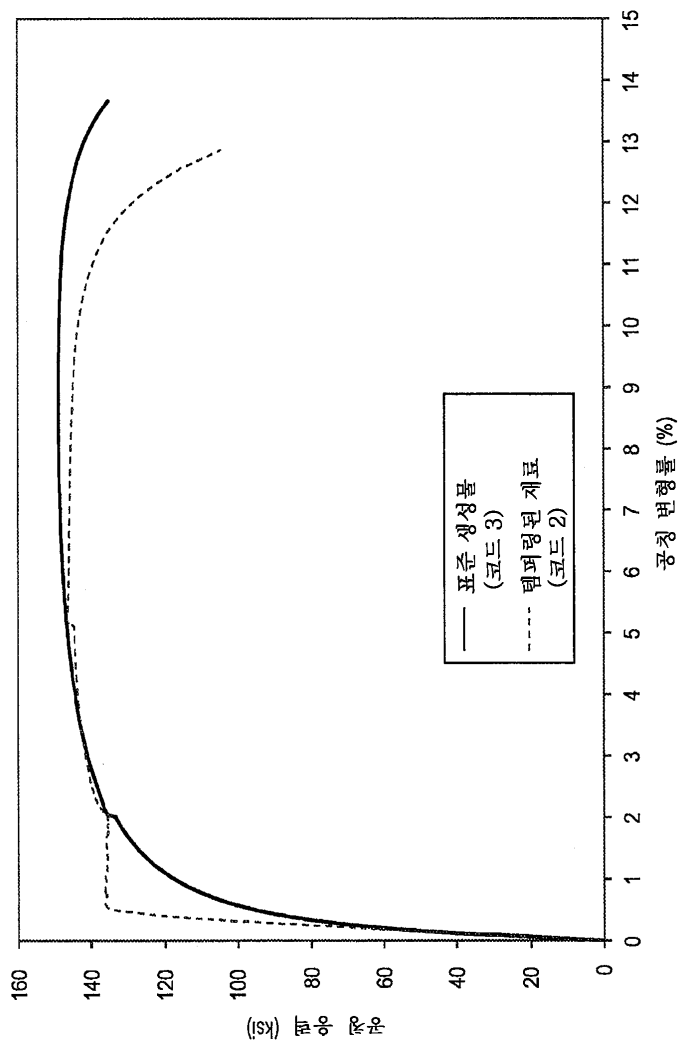
[0056] 도 4에서는, 실시예 2의 2상 780 항복 강도 데이터가 계산된 확산 거리 x (마이크로미터)의 함수로서 도시된다. 도 4 및 상기 제시된 확산 방정식을 사용하여, DP780에 대해 원하는 항복 강도를 갖는 템퍼링된 제품을 제조할 열처리가 개발될 수 있다. 예를 들면, 항복 강도가 600MPa 이하인 템퍼링된 DP780 제품이 요망되는 경우, 항복 $x < 90$ 마이크로미터가 되도록 시간 및 온도 조합을 선택할 필요가 있다. 또 다른 예에서, 항복 강도가 720MPa인 템퍼링된 DP780 제품이 요망되는 경우, 항복 $x < 110$ 마이크로미터가 되도록 시간 및 온도 조합을 선택할 필요가 있다.

도면

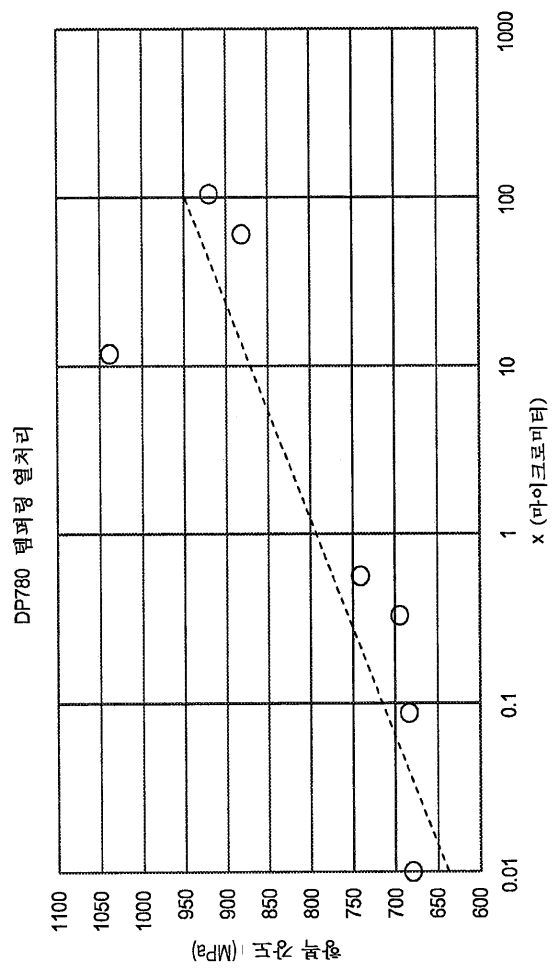
도면1



도면2



도면3



도면4

