



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월18일
 (11) 등록번호 10-1737712
 (24) 등록일자 2017년05월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B23K 11/11 (2006.01) B23K 11/16 (2006.01)
 B23K 31/12 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 B23K 11/115 (2013.01)
 B23K 11/16 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7002804
- (22) 출원일자(국제) 2015년08월12일
 심사청구일자 2015년02월02일
- (85) 번역문제출일자 2015년02월02일
- (65) 공개번호 10-2015-0023926
- (43) 공개일자 2015년03월05일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2013/071841
- (87) 국제공개번호 WO 2014/025063
 국제공개일자 2014년02월13일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2012-178691 2012년08월10일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2008229720 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 신닛테츠스미킨 카부시카이샤
 일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
- (72) 발명자
 오카다 도오루
 일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시카이샤 내
 우에다 히데키
 일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시카이샤 내
- (74) 대리인
 장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 15 항

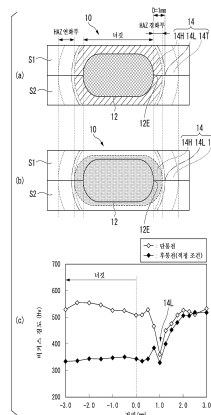
심사관 : 홍성의

(54) 발명의 명칭 **접침 용접 부재, 자동차용 부품, 접침부의 용접 방법 및 접침 용접 부재의 제조 방법**

(57) 요약

복수의 강판 부재의 접침부가 스폿 용접부(10)에서 접합된 접침 용접 부재이며, 상기 복수의 강판 부재 중 적어도 1개가 마르텐사이트를 포함하고; 상기 스폿 용접부(10)가 스폿 용접에 의해 형성된 너깃(12)과, 상기 너깃(12)의 주위에 형성된 열영향부와, 상기 열영향부 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부와, 상기 너깃의 중심부와 상기 최연화부 사이에 형성되고, 템퍼링 마르텐사이트를 포함함과 함께 그 비커스 경도가 상기 최연화부의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하인 템퍼링 영역을 가짐으로써, 스폿 용접부에 있어서의 박리 강도를 향상시킨다.

대표도 - 도16



(52) CPC특허분류

B23K 31/12 (2013.01)

B23K 2201/006 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 강판 부재의 겹침부가 스폿 용접부에서 접합된 겹침 용접 부재이며,
 상기 복수의 강판 부재 중 적어도 1개가 마르텐사이트를 포함하고;
 상기 스폿 용접부가,
 스폿 용접에 의해 형성된 너깃과,
 상기 너깃의 주위에 형성된 열영향부와,
 상기 열영향부 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부와,
 상기 너깃의 중심부와 상기 최연화부 사이에 형성되고, 템퍼링 마르텐사이트를 포함하는 템퍼링 영역을 갖고,
 상기 템퍼링 영역의 비커스 경도가, 상기 최연화부의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하인 것을 특징으로 하는, 겹침 용접 부재.

청구항 2

복수의 강판 부재의 겹침부가 스폿 용접부에서 접합된 겹침 용접 부재이며,
 상기 복수의 강판 부재 중 적어도 1개가 마르텐사이트를 포함하고;
 상기 스폿 용접부가,
 저항 스폿 용접에 의해 형성된 너깃과,
 상기 너깃의 주위에 형성된 열영향부와,
 상기 열영향부 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부를 갖고;
 상기 너깃의 용융 경계부로부터 상기 최연화부까지의 거리를 D(mm)로 하고, 상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 t(mm)로 하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 t(mm)로 한 경우에, 하기 식 1을 만족시키는 것을 특징으로 하는, 겹침 용접 부재.

[식 1]

$$D \leq t^{0.2}$$

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 복수의 강판 부재에 핫 스탬프재가 포함되어 있는 것을 특징으로 하는, 겹침 용접 부재.

청구항 4

제2항에 있어서,
 상기 복수의 강판 부재에 핫 스탬프재가 포함되어 있는 것을 특징으로 하는, 겹침 용접 부재.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 기재된 겹침 용접 부재를 포함하는 것을 특징으로 하는, 자동차용 부품.

청구항 6

복수의 강판 부재의 겹침부에, 너깃과, 상기 너깃의 주위에 형성되는 열영향부와, 상기 열영향부 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부를 갖는 스폿 용접부를 저항 스폿 용접에 의해 형성하는 저항 스폿 용접 공정과;

상기 너깃의 중심부와, 상기 최연화부 사이에, 템퍼링 마르텐사이트를 포함하는 템퍼링 영역을 형성하는 템퍼링 공정을 구비하고,

상기 템퍼링 영역의 비커스 경도가, 상기 최연화부의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하인 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 저항 스폿 용접 공정에서,

상기 저항 스폿 용접의 통전 시간을 T(초)로 하고,

상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 t(mm)로 하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 t(mm)로 하고,

상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 cyc(초)로 한 경우에,

하기 식 2를 만족시키도록 통전하는 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

[식 2]

$$5 t \times cyc \leq T \leq (5 t + 4) \times cyc$$

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 저항 스폿 용접 공정 전에,

통전 시간 T₁(초)과, 통전 1사이클의 시간 cyc(초)와, 판 두께 t(mm)가 하기 식 3을 만족시킴과 아울러, 예열 전류 I(kA)를 상기 겹침부에 통전하는 예열 통전 공정을 더 구비하고;

상기 판 두께 t(mm)로서, 상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 사용하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 사용하고;

상기 저항 스폿 용접 공정에서,

통전 시간을 T₂(초)로 하고, 상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 cyc(초)로 한 경우에, 하기 식 4를 만족시킴과 아울러, 스플래시 발생 전류 이하의 용접 전류 I₀(kA)을 상기 겹침부에 통전하고;

상기 예열 전류 I(kA)와 상기 용접 전류 I₀(kA)이 하기 식 5를 만족시키는 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

[식 3]

$$5 t \times cyc \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times cyc$$

[식 4]

$$5 t \times cyc \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times cyc$$

[식 5]

$$0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0$$

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 저항 스폿 용접 공정에서는, 상기 너깃의 용융 경계부로부터 상기 최연화부까지의 거리를 $D(\text{mm})$ 로 하고, 상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 $t(\text{mm})$ 로 하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 $t(\text{mm})$ 로 한 경우에, 하기 식 6을 만족시키도록 상기 저항 스폿 용접을 행하고;

상기 템퍼링 공정이, 후통전에 의해 상기 템퍼링 영역을 형성하는 후통전 공정인 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

[식 6]

$$D \leq t^{0.2}$$

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 저항 스폿 용접 공정에서,

상기 저항 스폿 용접의 통전 시간을 $T(\text{초})$ 로 하고, 상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 $\text{cyc}(\text{초})$ 로 한 경우에, 하기 식 7을 만족시키도록 통전하는 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

[식 7]

$$5 t \times \text{cyc} \leq T \leq (5 t + 4) \times \text{cyc}$$

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 저항 스폿 용접 공정 전에,

통전 시간 $T_1(\text{초})$ 과, 통전 1사이클의 시간 $\text{cyc}(\text{초})$ 와, 상기 판 두께 $t(\text{mm})$ 가 하기 식 8을 만족시킴과 아울러, 예열 전류 $I(\text{kA})$ 를 상기 겹침부에 통전하는 예열 통전 공정을 더 구비하고;

상기 저항 스폿 용접 공정에서,

통전 시간을 $T_2(\text{초})$ 로 하고, 통전 1사이클의 시간을 $\text{cyc}(\text{초})$ 로 한 경우에, 하기 식 9를 만족시킴과 아울러, 스플래시 발생 전류 이하의 용접 전류 $I_0(\text{kA})$ 을 상기 겹침부에 통전하고;

상기 예열 전류 $I(\text{kA})$ 와, 상기 용접 전류 $I_0(\text{kA})$ 이 하기 식 10을 만족시키는 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

[식 8]

$$5 t \times \text{cyc} \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times \text{cyc}$$

[식 9]

$$5 t \times \text{cyc} \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times \text{cyc}$$

[식 10]

$$0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0$$

청구항 12

복수의 강판 부재의 겹침부에, 너깃과, 상기 너깃의 주위에 형성되는 열영향부와, 상기 열영향부 내에서 비커스

경도가 가장 낮은 최연화부를 갖는 스폿 용접부를 형성하는 저항 스폿 용접 공정을 구비하고;

상기 저항 스폿 용접 공정에서는,

상기 너짓의 용융 경계부로부터 상기 최연화부까지의 거리를 $D(\text{mm})$ 로 하고, 상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 $t(\text{mm})$ 로 하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 $t(\text{mm})$ 로 한 경우에, 하기 식 11을 만족시키도록 상기 저항 스폿 용접을 행하는 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

[식 11]

$$D \leq t^{0.2}$$

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 저항 스폿 용접 공정에서,

상기 저항 스폿 용접의 통전 시간을 $T(\text{초})$ 로 하고,

상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 $\text{cyc}(\text{초})$ 로 한 경우에, 하기 식 12를 만족시키도록 통전하는 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

[식 12]

$$5 t \times \text{cyc} \leq T \leq (5 t + 4) \times \text{cyc}$$

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 저항 스폿 용접 공정 전에,

통전 시간 $T_1(\text{초})$ 과, 통전 1사이클의 시간 $\text{cyc}(\text{초})$ 와, 상기 판 두께 $t(\text{mm})$ 가 하기 식 13을 만족시킴과 아울러, 예열 전류 $I(\text{kA})$ 를 상기 겹침부에 통전하는 예열 통전 공정을 더 구비하고;

상기 저항 스폿 용접 공정에서,

통전 시간을 $T_2(\text{초})$ 와, 통전 1사이클의 시간을 $\text{cyc}(\text{초})$ 가 하기 식 14를 만족시킴과 아울러, 스플래시 발생 전류 이하의 용접 전류 $I_0(\text{kA})$ 을 상기 겹침부에 통전하고;

상기 예열 전류 $I(\text{kA})$ 와, 상기 용접 전류 $I_0(\text{kA})$ 이 하기 식 15를 만족시키는 것을 특징으로 하는, 겹침부의 용접 방법.

[식 13]

$$5 t \times \text{cyc} \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times \text{cyc}$$

[식 14]

$$5 t \times \text{cyc} \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times \text{cyc}$$

[식 15]

$$0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0$$

청구항 15

복수의 강판 부재의 겹침부가 스폿 용접부에서 접합된 겹침 용접 부재의 제조 방법이며,

상기 복수의 강판 부재를, 상기 겹침부의 위치에서 겹치는, 겹침 공정과;

상기 겹침부를, 제6항 내지 제14항 중 어느 한 항에 기재된 겹침부의 용접 방법에 의해 용접하는 용접 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는, 겹침 용접 부재의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복수의 강판 부재의 겹침부가 스폿 용접부에서 접합된 겹침 용접 부재, 겹침 용접 부재를 갖는 자동차 부품, 겹침부의 용접 방법 및 겹침 용접 부재의 제조 방법에 관한 것이다.

[0002] 본원은, 2012년 8월 10일에, 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2012-178691호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경 기술

[0003] 최근, 자동차 분야에서는, 차체의 경량화 및 충돌 안전성의 향상을 목적으로 하여, 고장력 강판의 적용이 확대되고 있다.

[0004] 또한, 고장력 강판의 강도 레벨도 해마다 높아지고 있어, 예를 들어 1500MPa 이상의 인장 강도를 갖는 핫 스템프재가 실용화되어 있다. 여기서 말하는 핫 스템프재는, 강판을 약 900℃로 가열하여 연질화시킨 상태에서 프레스 가공을 행하고, 동시에 금형과의 접촉에 수반되는 냉각 효과(접촉 냉각)에 의해 켈칭 강화함으로써, 상술한 바와 같이 1500MPa급의 인장 강도와 양호한 치수 정밀도를 실현하는 것이다.

[0005] 또한, 예를 들어 차체 조립에 있어서는, 강판으로 형성되는 강판 부재를 2매 이상 겹쳐 전극으로 가압하면서 통전하는 저항 스폿 용접이 다용되고 있다.

[0006] 이 저항 스폿 용접에 의하면, 통전 가열에 의해 타원체의 용융 응고부, 즉 너깃이 겹침부에 형성되고, 이에 의해 복수의 강판 부재를 접합할 수 있다.

[0007] 예를 들어, 도 1은 종래의 통전 조건을 2개의 TRIP(Transformation Induced Plasticity)재(S11, S12)에 적용한 경우에 있어서의 스폿 용접부(10)의 경도 분포를 개념적으로 도시하는 도면이다.

[0008] 보다 상세하게는, 도 1의 (a)는 TRIP재(S11, S12)의 두께 방향(즉, 전극에 의한 가압 방향)을 지면 상하 방향으로 하여 스폿 용접부(10)의 근방을 개념적으로 도시하는 단면도이다. 또한, 본원 명세서의 이하의 설명에 있어서는, 2개가 겹친 부재를 도 1의 (a)와 동일한 단면에서 본 경우의 도면을, 「스폿 용접부 단면도」라고 칭하여 설명하는 경우가 있다.

[0009] 또한, 도 1의 (b)는 도 1의 (a)와 대응시킨 비커스 경도의 분포를 개념적으로 나타내는 그래프이다.

[0010] 저항 스폿 용접에 의해 발생한 용융 금속은 냉각 속도가 빠르므로, 너깃(12)에는 마르텐사이트를 발생시키기 쉽고, 그 결과, 너깃(12)은 모재부와 비교하여 단단한 조직으로 된다. 또한, 일반적으로, 모재 강도가 높은 경우에는 탄소 당량이 높기 때문에, 너깃의 비커스 경도가 높아진다.

[0011] 도 1에 도시한 바와 같이, 스폿 용접부(10)는 너깃(12)과 HAZ(14)를 구비하고 있고, HAZ(14)는, 너깃(12)과 근접하는 HAZ 경화부(14H)와, HAZ 경화부(14H)의 주위에 형성되는 HAZ 연화부(14T)를 갖고 있다. 또한, HAZ 연화부(14T)의 내주연에는 HAZ 최연화부(14L)가 존재한다.

[0012] 스폿 용접부의 품질은, 인장 전단 강도 및 십자 인장 강도(박리 방향의 조인트 강도)에 의해 평가되는 경우가 많고, 모재 강도가 증가하면, 인장 전단 강도가 높아지는 것이 알려져 있다.

[0013] 그러나, 모재의 인장 강도가 780MPa급보다 높은 경우에는, 모재 강도가 높아짐에 따라, 십자 인장 강도로 대표되는 박리 강도가 저하되는 경향이 있다.

[0014] 여기서, 도 2a를 참조하여, 십자 인장 강도를 측정하기 위한, JIS Z3137(1999년)에 기초하는 십자 인장 시험의 개략을 설명한다.

[0015] 십자 인장 시험은, 도 2a에 도시한 바와 같이, 강판을 포함하는 2개의 시험편(S21, S22)을 직교 배치시켜, 저항 스폿 용접에 의해 너깃(12)을 갖는 스폿 용접부(10)를 형성하여 접합한다.

[0016] 그 후, 시험편(S21, S22)을 서로 박리되는 방향으로 인장하여, 스폿 용접부(10)가 과단될 때까지의 박리 강도를

측정한다.

- [0017] 십자 인장 시험에 의한 파단 형태는,
- [0018] (a) 너깃 내의 관-관 사이의 계면에서 파단되는 계면 파단과,
- [0019] (b) 도 2b에 도시한 바와 같이, 너깃(12)의 내부[너깃 단부(12E)보다도 내측]로 균열이 진전된 후에 관 두께 방향으로 파단되는 부분 플러그 파단과,
- [0020] (c) 도 2c에 도시한 바와 같이, 너깃(12)은 파손되지 않고 너깃(12)의 외주 부분이 관 두께 방향으로 파단되는 플러그 파단으로 분류된다.
- [0021] 도 2d는 모재 인장 강도와 십자 인장 강도의 상관의 일례를 나타내는 도면이다.
- [0022] 도 2d에 있어서, 「흑색 동그라미」는 플러그 파단을, 「백색 동그라미」는 부분 플러그 파단을 나타내고 있다.
- [0023] 도 2d에 나타내는 바와 같이, 십자 인장 강도는, 1500MPa급 핫 스탬프재(핫 스탬프에 의해 인장 강도 1500MPa급으로 되는 핫 스탬프용 강관을 핫 스탬프한 후의 강관 부재)에서는 약 9kN이며, 1800MPa급 핫 스탬프재(핫 스탬프에 의해 인장 강도 1800MPa급으로 되는 핫 스탬프용 강관을 핫 스탬프한 후의 강관 부재)에서는 약 4kN이다.
- [0024] 한편, 980MPa급 이하의 고강도 강관의 십자 인장 강도는 약 8~14kN이다.
- [0025] 즉, 1500MPa급 이상의 핫 스탬프재는, 980MPa급 이하의 고강도 강관과 비교하여, 십자 인장 강도가 대폭으로 저하된다.
- [0026] 또한, 십자 인장 시험에 의한 파단 형태는, 980MPa급 이하의 고강도 강관에서는 너깃(12)의 외측에서 파단되는 플러그 파단이 주체이며, 한편, 1500MPa급 핫 스탬프재나 1800MPa급 핫 스탬프재에서는, 부분 플러그 파단이 주체이다.
- [0027] 이것은, 1500MPa급 이상의 핫 스탬프재에서는, 너깃의 인성이 낮은 것에 의해 너깃에 균열이 발생하기 쉬운 것을 나타내고 있다.
- [0028] 이와 같이, 고강도 강관의 스폿 용접에 있어서 박리 강도가 저하되는 주된 원인은, 너깃의 경도의 상승에 수반하여 인성이 저하되어, 너깃 내에서의 파단(부분 플러그 파단)이 발생하기 쉬워지기 때문이라고 생각된다.
- [0029] 일반적으로, 너깃 직경이 커지면, 파단 형태는 부분 플러그 파단보다도 플러그 파단으로 되기 쉽고, 스폿 용접부의 강도는 상승한다.
- [0030] 따라서, 고장력 강관의 스폿 용접부의 박리 강도의 개선에는, 예를 들어 너깃 직경의 확대가 유효하다.
- [0031] 그러나, 고장력 강관을 저항 스폿 용접하는 경우에는, 연강을 저항 스폿 용접하는 경우에 비해, 스플래시라고 불리는 용융 금속의 비산이 발생하기 쉬워져, 너깃 직경의 확대가 곤란한 경우가 있다.
- [0032] 스플래시 발생의 억제에는, 예를 들어 전극에 의한 가압력의 증가가 유효하지만, 용접 건의 강성의 한계라고 하는 설비상의 제약을 받는다.
- [0033] 또한, 스폿 용접의 타점수를 증가시킴으로써 스폿 용접 1점당의 부하 응력을 경감하는 것도 생각되지만, 생산성의 저하를 피할 수 없다.
- [0034] 또한, 스폿 용접의 타점간 거리가 짧아지면, 이미 형성된 스폿 용접부에서의 전류의 분류가 발생하여, 너깃을 안정적으로 형성할 수 없다고 하는 과제가 발생한다.
- [0035] 즉, 종래대로의 너깃 직경 그대로, 저항 스폿 용접에 의한 겹침 용접 부재의 강도를 향상시키는 기술이 요망된다.
- [0036] 이와 같은 기술로서, 본통전에 의해 너깃을 형성하고, 일단 냉각한 후에 다시 통전을 행하는, 후통전법이 개시되어 있다(예를 들어, 비특허문헌 1 참조).
- [0037] 후통전법에서는, 예를 들어 도 3에 나타내는 바와 같이, 저항 스폿 용접에 있어서 전극에 의해 소정의 가압력을 부여한 상태에서,
- [0038] (A) 종래의 통상 조건에 의해 1회째의 통전(본통전)을 행하여 너깃을 형성하고,
- [0039] (B) 소정의 휴지 시간을 설정하여 너깃 주변에 마르텐사이트가 형성될 때까지 냉각하고,

- [0040] (C) 2회째의 통전(후통전)에 의해 마르텐사이트를 템퍼링한다.
- [0041] 이와 같은 후통전법에 의하면, 너깃 및 스폿 용접부의 열영향부(Heat-Affected Zone, 이하 HAZ라고 함)가 템퍼링되어 인성이 개선되는 것과, HAZ가 연화됨으로써 변형되기 쉬워짐으로써, 너깃 단부 영역에 있어서의 박리 시의 응력이 저감되는 점에서, 박리 강도를 개선하는 것이 가능하게 된다고 생각되고 있다.
- [0042] 후통전을 사용한 저항 스폿 용접에서는, 본통전에 의해 너깃이 형성된 후에, 용융 금속이 Ms점을 통과하여 Mf점 이하로 될 때까지 급냉되어 마르텐사이트가 발생한다.
- [0043] 여기서 발생한 마르텐사이트는, 후통전의 전류 조건 등을 제어하여 입열량을 조정함으로써, 템퍼링이 가능하게 되는 적정 온도 범위(즉, 도 3에 나타내는 바와 같이, 약 550℃~600℃ 이상 또한 Ac1점 이하)까지 승온되어, 후통전이 완료된 후에 냉각됨으로써, 템퍼링 마르텐사이트로 된다.
- [0044] 도 4는 도 3에 나타난 종래의 저항 스폿 용접에 있어서의 통상 조건에 기초하여, DP(Dual Phase)재 또는 TRIP재인 시험편(S31, S32)을 겹쳐 스폿 용접부(10)를 형성하고, 후통전한 후에 있어서의 스폿 용접부(10)의 경도 분포를 개념적으로 설명하는 도면이다.
- [0045] 보다 상세하게는, 도 4의 (a)는 스폿 용접부 단면도이며, 도 4의 (b)는 도 4의 (a)의 위치와 대응시킨 비커스 경도의 분포를 개념적으로 나타내는 그래프이다.
- [0046] 도 3에 나타내는 바와 같은 후통전을 사용한 저항 스폿 용접에 의해 겹침부를 용접하는 경우, 먼저 본통전에 의해 스폿 용접부(10)를 형성한다.
- [0047] 이 시점에서는, 도 1의 (b)에 나타내는 바와 같이, 스폿 용접부(10)는 너깃(12)과 HAZ(14)를 구비하고 있고, HAZ(14)는, 너깃(12)과 근접하는 HAZ 경화부(14H)와, HAZ 경화부(14H)의 주위에 형성되는 HAZ 연화부(14T)를 갖고 있다. 또한, HAZ 연화부(14T)의 내주연에는 HAZ 최연화부(14L)가 존재한다.
- [0048] 그리고, 스폿 용접부(10)를 후통전하면, 도 4에 나타내는 바와 같이, 너깃(12) 및 HAZ 경화부(14H)가 템퍼링되어 너깃(12) 및 HAZ 경화부(14H)의 경도가 저하된다.
- [0049] 그러나, HAZ 경화부(14H)에는, 국소적으로 단단한 부분(14P)이 잔존하므로, 박리 시에 HAZ(14)의 단단한 부분은 변형되지 않고, 변형이 너깃 단부(12E)의 근방에 집중되기 때문에, 너깃 단부(12E)의 응력 집중을 충분히 개선하는 것으로 되지는 않는다.
- [0050] 또한, 도 5는 종래의 통상 조건에 의한 저항 스폿 용접을 핫 스탬프재의 시험편(S41, S42)에 적용하여 스폿 용접부(10)를 형성하고, 이 스폿 용접부(10)를 후통전한 경우의, 스폿 용접부(10)에 있어서의 HAZ(14)의 변화를 개념적으로 설명하는 도면이다.
- [0051] 보다 상세하게는, 도 5의 (a)는 시험편(S41, S42)에 대해 단통전에 의해 형성된 너깃(12)을 포함하는 스폿 용접부 단면도이며, 도 5의 (b)는 도 5의 (a)와 위치를 대응시킨 비커스 경도의 분포를 개념적으로 나타내는 그래프이다.
- [0052] 또한, 도 5의 (c)는 후통전 후의 너깃(12)을 포함하는 스폿 용접부 단면도이며, 도 5의 (d)는 도 5의 (c)와 위치를 대응시킨 비커스 경도의 분포를 개념적으로 나타내는 그래프이다.
- [0053] 또한, 도 5의 (d)에 나타내는 이점쇄선은, 본통전 후이며 후통전 전의 상태에 있어서의 비커스 경도의 분포를 나타내고 있다.
- [0054] 후통전이 적정 조건에 기초하여 행해진 경우에는, 도 5의 (d)에 나타내는 바와 같이, 너깃(12) 및 HAZ 경화부(14H)의 넓은 범위에서 템퍼링이 촉진되지만, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L) 사이의 템퍼링을 충분히 행할 수 없어, 비커스 경도가 국소적으로 높은 부분(14P)이 잔류한다.
- [0055] 즉, 템퍼링에 의한 인성 향상 효과가 충분히 얻어지지 않기 때문에, 스폿 용접부(10)의 박리 강도를 충분히 확보하는 것은 용이하지 않다.
- [0056] 또한, 후통전에 있어서의 입열이 과대한 경우에는, HAZ 경화부(14H)의 템퍼링이 촉진되지만, 너깃(12)이 재켄칭된다. 따라서, HAZ 경화부(14H)가 템퍼링되어도 너깃(12)은 재켄칭되므로, 오히려 너깃(12)은 경화되어 버린다.
- [0057] 그 결과, 너깃(12)의 인성이 저하되어, 스폿 용접부(10)의 박리 강도는 저하된다.

- [0058] 상술한 바와 같이, 종래의 후통전법에서는, 스폿 용접부의 인성의 개선 효과를 충분히 얻는 것이 용이하지 않고, 또한 용접 시간이 길어진다고 하는 과제가 있는 점에서, 실용적이지 않다고 하는 생각이 있고, 이들 과제를 해결하기 위해, 다양한 기술이 개시되어 있다.
- [0059] 특허문헌 1에는, 수치 계산에 의해, 판조에 따라 후통전 조건을 결정하는 발명이 개시되어 있다.
- [0060] 특허문헌 2에는, 후통전을 1회 이상의 단시간 또한 고전류 조건으로 함으로써, 파단 기점으로 되는 개소를 효과적으로 발열하여, 용접 시간을 단축하는 발명이 개시되어 있고, 더욱 넓은 적정 조건 범위를 가질 수 있다고 하고 있다.
- [0061] 특허문헌 3에는, 후통전함으로써, 너깃 주위의 HAZ 연화부의 폭을 광폭화하고, 너깃의 경도를 유지하면서 조직을 미세화함으로써, 접합부의 파단 강도를 향상시키는 발명이 개시되어 있다.
- [0062] 특허문헌 4에는, 본통전과 텀퍼 통전의 조합을 포함하는 단순한 2단 통전 방식의 스폿 용접에 의해, 너깃의 경도를 유지하면서 HAZ부의 경도에 극대점을 발생시킴으로써, 고장력 강판에 대해 우수한 인장 강도를 확보할 수 있는 스폿 용접에 관한 발명이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0063] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2002-103054호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2010-115706호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2012-187617호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 특허 공개 제2008-229720호 공보

비특허문헌

- [0064] (비특허문헌 0001) 「철과 강」 제68권 제9호 1444~1451페이지

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0065] 특허문헌 1에 개시된 기술에 의하면, 스폿 용접부의 박리 강도나 피로 강도의 개선을 목적으로 하여, 후통전의 조건의 최적화를 도모할 수 있다고 여겨지고 있다. 그러나, 잔류 응력을 활용하는 것이기 때문에 효과는 한정적이다.
- [0066] 특허문헌 2에 개시된 기술에 의하면, 용접 후의 후통전의 최적화를 도모함으로써, 파단 기점으로 되는 너깃 및 HAZ의 경화부를 연화하고 인성을 향상시킬 수 있다고 여겨지고 있다.
- [0067] 그러나, 구체적으로, 연화의 상태는 나타내어져 있지 않고, 십자 인장 강도는 개선된다고 여겨지고 있지만, 그 메커니즘은 불명료하고, 반드시 박리 강도를 충분히 개선할 수 있는 것은 아니었다.
- [0068] 특허문헌 3에 개시된 기술에 의하면, HAZ부의 광폭화에 의해 파단 강도를 향상시킬 수 있다고 여겨지고 있지만, 후술하는 바와 같이, 변형 집중의 완화에 대해서는, HAZ부의 폭이라고 하는 것보다, HAZ 연화 위치가 중요하기 때문에, 너깃 단부에서의 변형 집중을 충분히 완화할 수 없는 경우가 있다.
- [0069] 특허문헌 4에 개시된 기술에 의하면, HAZ부의 경화부의 분포를 바꿈으로써 우수한 인장 강도가 얻어지는 것으로 하고 있지만, HAZ부에서의 변형 집중을 분산시킴으로써 조인트 강도의 향상을 도모하는 기술이므로, 너깃 내에서 파단되는 경우에는 효과가 얻어지기 어려운 경우가 있다.
- [0070] 또한, 특허문헌 3, 인용문헌 4에 개시된 기술은, 본 발명에서 대상으로 하는 1500MPa급 이상의 핫 스템프재 등에 서는, 효과가 얻어지지 않는 기술이다.

[0071] 이상과 같이, 마르텐사이트를 포함하는 고강도 강판에서는, 후통전에 의해 스폿 용접부의 박리 강도를 개선하는 것이 곤란하여, 효과적인 후통전 방식이 요망되고 있었다. 또한, 용접 시간이 길어지기 때문에 생산성이 뒤떨어지는 후통전 대신에, 단통전에 의해 스폿 용접부의 박리 강도를 개선하는 기술도 요망되고 있었다.

[0072] 본 발명은 이와 같은 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 스폿 용접부에 있어서의 박리 강도를 향상시키는 것이 가능한 겹침 용접 부재, 겹침 용접 부재를 갖는 자동차용 부품, 겹침부의 용접 방법 및 겹침 용접 부재의 제조 방법의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0073] 본 발명의 각 형태는, 이하와 같다.

[0074] (1) 본 발명의 제1 형태는, 복수의 강판 부재의 겹침부가 스폿 용접부에서 접합된 겹침 용접 부재이며, 상기 복수의 강판 부재 중 적어도 1개가 마르텐사이트를 포함하고; 상기 스폿 용접부가, 스폿 용접에 의해 형성된 너깃과, 상기 너깃의 주위에 형성된 열영향부와, 상기 열영향부 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부와, 상기 너깃의 중심부와 상기 최연화부 사이에 형성되고, 템퍼링 마르텐사이트를 포함함과 함께 그 비커스 경도가 상기 최연화부의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하인 템퍼링 영역을 갖는 겹침 용접 부재이다.

[0075] (2) 본 발명의 제2 형태는, 복수의 강판 부재의 겹침부가 스폿 용접부에서 접합된 겹침 용접 부재이며, 상기 복수의 강판 부재 중 적어도 1개가 마르텐사이트를 포함하고; 상기 스폿 용접부가, 저항 스폿 용접에 의해 형성된 너깃과, 상기 너깃의 주위에 형성된 열영향부와, 상기 열영향부 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부를 갖고; 상기 너깃의 용융 경계부로부터 상기 최연화부까지의 거리를 D(mm)로 하고, 상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 t(mm)로 하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 t(mm)로 한 경우에, 하기 식 1을 만족시키는 겹침 용접 부재이다.

[0076] [식 1]

[0077]
$$D \leq t^{0.2}$$

[0078] (3) 상기 (1) 또는 (2)에 기재된 겹침 용접 부재에서는, 상기 복수의 강판 부재에 핫 스템프재가 포함되어 있어도 된다.

[0079] (4) 본 발명의 제3 형태는, 상기 (1)~(3) 중 어느 한 항에 기재된 겹침 용접 부재를 포함하는 자동차용 부품이다.

[0080] (5) 본 발명의 제4 형태는, 복수의 강판 부재의 겹침부에, 너깃과, 상기 너깃의 주위에 형성되는 열영향부와, 상기 열영향부 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부를 갖는 스폿 용접부를 저항 스폿 용접에 의해 형성하는 저항 스폿 용접 공정과; 상기 너깃의 중심부와, 상기 최연화부 사이에, 템퍼링 마르텐사이트를 포함함과 함께 그 비커스 경도가 상기 최연화부의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하인 템퍼링 영역을 형성하는 템퍼링 공정을 구비하는 겹침부의 용접 방법이다.

[0081] (6) 상기 (5)에 기재된 겹침부의 용접 방법에서는, 상기 저항 스폿 용접 공정에서, 상기 저항 스폿 용접의 통전 시간을 T(초)로 하고, 상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 t(mm)로 하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 t(mm)로 하고, 상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 cyc(초)로 한 경우에, 하기 식 2를 만족시키도록 통전해도 된다.

[0082] [식 2]

[0083]
$$5t \times cyc \leq T \leq (5t+4) \times cyc$$

[0084] (7) 상기 (5)에 기재된 겹침부의 용접 방법에서는, 상기 저항 스폿 용접 공정 전에, 통전 시간 T₁(초)과, 통전 1사이클의 시간 cyc(초)와, 상기 판 두께 t(mm)가 하기 식 3을 만족시킴과 아울러, 예열 전류 I(kA)를 상기 겹침부에 통전하는 예열 통전 공정을 더 구비하고; 상기 저항 스폿 용접 공정에서, 통전 시간을 T₂(초)로 하고, 상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 cyc(초)로 한 경우에, 하기 식 4를 만족시킴과 아울러, 스플래시 발생 전류 이하의 용접 전류 I₀(kA)을 상기 겹침부에 통전하고; 상기 예열 전류 I(kA)와 상기 용접 전류 I₀(kA)

이 하기 식 5를 만족시켜도 된다.

[0085] [식 3]

[0086] $5 t \times c y c \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times c y c$

[0087] [식 4]

[0088] $5 t \times c y c \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times c y c$

[0089] [식 5]

[0090] $0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0$

[0091] (8) 상기 (5)에 기재된 겹침부의 용접 방법에서는, 상기 저항 스폿 용접 공정에서는, 상기 너깃의 용융 경계부로부터 상기 최연화부까지의 거리를 D(mm)로 하고, 상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 t(mm)로 하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 t(mm)로 한 경우에, 하기 식 6을 만족시키도록 상기 저항 스폿 용접을 행하고; 상기 템퍼링 공정이, 후통전에 의해 상기 템퍼링 영역을 형성하는 후통전 공정이어도 된다.

[0092] [식 6]

[0093] $D \leq t^{0.2}$

[0094] (9) 상기 (8)에 기재된 겹침부의 용접 방법에서는, 상기 저항 스폿 용접 공정에서, 상기 저항 스폿 용접의 통전 시간을 T(초)로 하고, 상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 cyc(초)로 한 경우에, 하기 식 7을 만족시키도록 통전해도 된다.

[0095] [식 7]

[0096] $5 t \times c y c \leq T \leq (5 t + 4) \times c y c$

[0097] (10) 상기 (8)에 기재된 겹침부의 용접 방법에서는, 상기 저항 스폿 용접 공정 전에, 통전 시간 T₁(초)과, 통전 1사이클의 시간 cyc(초)와, 상기 판 두께 t(mm)가 하기 식 8을 만족시킴과 아울러, 예열 전류 I(kA)를 상기 겹침부에 통전하는 예열 통전 공정을 더 구비하고; 상기 저항 스폿 용접 공정에서, 통전 시간을 T₂(초)로 하고, 통전 1사이클의 시간을 cyc(초)로 한 경우에, 하기 식 9를 만족시킴과 아울러, 스플래시 발생 전류 이하의 용접 전류 I₀(kA)을 상기 겹침부에 통전하고; 상기 예열 전류 I(kA)와, 상기 용접 전류 I₀(kA)이 하기 식 10을 만족시켜도 된다.

[0098] [식 8]

[0099] $5 t \times c y c \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times c y c$

[0100] [식 9]

[0101] $5 t \times c y c \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times c y c$

[0102] [식 10]

[0103] $0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0$

[0104] (11) 본 발명의 제5 형태는, 복수의 강판 부재의 겹침부에, 너깃과, 상기 너깃의 주위에 형성되는 열영향부와, 상기 열영향부 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부를 갖는 스폿 용접부를 형성하는 저항 스폿 용접 공정을 구비하고; 상기 저항 스폿 용접 공정에서는, 상기 너깃의 용융 경계부로부터 상기 최연화부까지의 거리를 D(mm)로 하고, 상기 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 t(mm)로 하는 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 t(mm)로 한 경우에, 하기 식 11을 만족시키도록 상기 저항 스폿 용접을 행하는 겹침부의 용접 방법이다.

- [0105] [식 11]
- [0106] $D \leq t^{0.2}$
- [0107] (12) 상기 (11)에 기재된 겹침부의 용접 방법에서는, 상기 저항 스폿 용접 공정에서, 상기 저항 스폿 용접의 통전 시간을 T(초)로 하고, 상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 cyc(초)로 한 경우에, 하기 식 12를 만족시키도록 통전해도 된다.
- [0108] [식 12]
- [0109] $5 t \times c y c \leq T \leq (5 t + 4) \times c y c$
- [0110] (13) 상기 (11)에 기재된 겹침부의 용접 방법에서는, 상기 저항 스폿 용접 공정 전에, 통전 시간 T_1 (초)과, 통전 1사이클의 시간 cyc(초)와, 상기 판 두께 t(mm)가 하기 식 13을 만족시킴과 아울러, 예열 전류 I(kA)를 상기 겹침부에 통전하는 예열 통전 공정을 더 구비하고; 상기 저항 스폿 용접 공정에서, 통전 시간을 T_2 (초)와, 통전 1사이클의 시간을 cyc(초)가, 하기 식 14를 만족시킴과 아울러, 스플래시 발생 전류 이하의 용접 전류 I_0 (kA)을 상기 겹침부에 통전하고; 상기 예열 전류 I(kA)와, 상기 용접 전류 I_0 (kA)이 하기 식 15를 만족시켜도 된다.
- [0111] [식 13]
- [0112] $5 t \times c y c \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times c y c$
- [0113] [식 14]
- [0114] $5 t \times c y c \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times c y c$
- [0115] [식 15]
- [0116] $0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0$
- [0117] (14) 본 발명의 제6 형태는, 복수의 강판 부재의 겹침부가 스폿 용접부에서 접합된 겹침 용접 부재의 제조 방법이며, 상기 복수의 강판 부재를, 상기 겹침부의 위치에서 겹치는, 겹침 공정과; 상기 겹침부를, 상기 (5)~(13) 중 어느 한 항에 기재된 겹침부의 용접 방법에 의해 용접하는 용접 공정을 구비하는 겹침 용접 부재의 제조 방법이다.
- [0118] 또한, 본 명세서에 있어서 「cyc」는, 저항 스폿 용접의 통전에 사용하는 전원의 1사이클(1/주파수)(초)을 의미하고, 60Hz의 경우에는, $1 \times cyc$ 는 (1/60)(초)이며, 50Hz의 경우에는 $1 \times cyc$ 는 (1/50)(초)이다.

발명의 효과

- [0119] 본 발명에 관한 겹침 용접 부재, 겹침 용접 부재를 갖는 자동차용 부품, 겹침부의 용접 방법 및 겹침 용접 부재의 제조 방법에 의하면, 스폿 용접부에 있어서의 박리 강도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0120] 도 1은 종래의 통전 조건을 TRIP재에 적용한 경우의, 스폿 용접부에 있어서의 경도 분포를 개념적으로 설명하는 도면.
- 도 2a는 십자 인장 시험의 개략을 설명하는 사시도.
- 도 2b는 십자 인장 시험에 의한 스폿 용접부의 파단 형태를 설명하는 도면으로, 부분 플러그 파단을 도시하는 단면도.
- 도 2c는 십자 인장 시험에 의한 스폿 용접부의 파단 형태를 설명하는 도면으로, 플러그 파단을 도시하는 단면도.
- 도 2d는 모재 인장 강도와 십자 인장 강도의 상관의 일례를 나타내는 도면.
- 도 3은 후통전법의 개략을 설명하는 도면.

도 4는 도 3에 나타난 후통전법에 기초하여, 시험편을 겹쳐 스폿 용접부를 형성하고, 후통전을 실시한 후에 있어서의 스폿 용접부의 경도 분포를 개념적으로 설명하는 도면.

도 5는 핫 스탬프재에 형성한 스폿 용접부를 후통전한 경우에 있어서의, 스폿 용접부의 HAZ의 변화를 개념적으로 설명하는 도면.

도 6은 본 발명의 일 실시 형태에 관한, 너깃을 갖는 스폿 용접부의 개략 구성을 설명하는 도면.

도 7은 상기 스폿 용접부에 있어서의 너깃과 HAZ의 개략 구성을 설명하는 도면.

도 8은 본 발명의 일 실시 형태에 관한 저항 스폿 용접에 있어서의 통전 조건을 설명하는 도면.

도 9a는 본 발명의 일 실시 형태에 관한 스폿 용접부의 경도 측정 부위의 개략을 설명하는 도면.

도 9b는 너깃의 용융 경계로부터의 거리(mm)와, 비커스 경도의 관계를 나타내는 그래프.

도 10a는 너깃 단부로부터 HAZ 최연화부까지의 거리를 0.75mm로 한 단시간 통전 조건에 의한 해석 모델을 설명하는 도면.

도 10b는 너깃 단부로부터 HAZ 최연화부까지의 거리를 1.5mm로 한 통상 조건에 의한 해석 모델을 설명하는 도면.

도 11은 「(a) 단시간 통전 조건」, 「(b) 통상 조건」, 「(c) HAZ 연화 없음」에 의한 각 스폿 용접부의 해석 모델에 관한 것으로, 도 10a에 나타내는 Position1에 있어서의 각각의 상당 소성 변형률을 나타내는 그래프.

도 12는 「(a) 단시간 통전 조건」, 「(b) 통상 조건」, 「(c) HAZ 연화 없음」에 의한 각 스폿 용접부의 해석 모델에 관한 것으로, 도 10a에 나타내는 Position2에 있어서의 각각의 상당 소성 변형률을 나타내는 그래프.

도 13a는 판 두께 t와 너깃의 용융 경계로부터 HAZ 연화부까지의 거리 D의 관계를 나타내는 도면.

도 13b는 너깃의 용융 경계로부터 HAZ 연화부까지의 거리 D와, 십자 인장 강도의 관계를 나타내는 도면.

도 14는 단시간 통전 조건, 통상 조건, 2단 통전 조건을, 판 두께 1.6mm의 1800MPa급 핫 스탬프재에 적용한 경우에 있어서의 너깃 성장 거동을 나타내는 그래프.

도 15는 도 14에 나타난 조건에 의해 형성한 스폿 용접부의 경도 분포를 나타내는 그래프.

도 16은 본 발명의 일 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건을 핫 스탬프재에 적용한 경우에 있어서의, 단통전 후 및 후통전 후에 있어서의 스폿 용접부의 HAZ의 변화를 개념적으로 설명하는 도면.

도 17은 본 발명의 일 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건을 핫 스탬프재에 적용한 경우에 있어서의, 단통전 후 및 후통전 후에 있어서의 스폿 용접부의 비커스 경도의 변화를 개념적으로 설명하는 도면.

도 18은 본 발명의 일 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건과 통상의 통전 조건을, 판 두께 1.8mm의 1800MPa급 핫 스탬프재에 적용한 경우의, 단통전 후에 있어서의 스폿 용접부의 경도 분포를 나타내는 그래프.

도 19는 본 발명의 일 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건과 통상의 통전 조건을, 판 두께 1.8mm의 1800MPa급 핫 스탬프재에 적용한 경우의, 후통전 후에 있어서의 스폿 용접부의 경도 분포를 나타내는 그래프.

도 20은 본 발명의 일 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건과 통상의 통전 조건에 의해 스폿 용접부를 형성한 후에, 후통전한 경우에 있어서의, 스폿 용접부의 경도 분포의 변화를 개념적으로 설명하는 도면.

도 21은 L자 시험의 개략을 설명하는 사시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0121] 본 발명자들은, 마르텐사이트를 포함하는 강판 부재를 적어도 하나 포함하는 복수의 강판 부재를 겹침부에서 스폿 용접부에 의해 접합하는 경우에 있어서의 박리 강도의 향상에 대해 예의 연구한 결과, 전류값을 높게 하여 통전 시간을 종래보다도 짧게 한 단시간 통전 조건으로 1회 통전(단시간 단통전)을 함으로써, HAZ 경화부가 축소되어 너깃 단부와 HAZ 최연화부의 거리가 작아진다고 하는 지견을 얻었다.

[0122] 또한, 너깃 단부와 HAZ 최연화부의 거리를 작게 하면, 너깃 단부 영역의 박리 방향으로의 하중 시에 가해지는 응력이 완화되어 박리 강도가 크게 개선된다고 하는 지견을 얻었다.

- [0123] 이 지면에 기초하여, 시간이 걸리는 종래 방식의 후통전을 대신하여 단통전으로도 강도를 개선할 수 있는 방법을 개발하였다.
- [0124] 나아가, 너깃 단부와 HAZ 최연화부의 거리를 작게 하여 후통전함으로써, 너깃 및 HAZ 경화부가 템퍼링되어, 너깃 단부와 HAZ 최연화부 사이에 국소적으로 단단한 부분이 형성되는 것을 억제하는 것이 가능하게 되고, 종래 방식의 후통전보다도 스폿 용접부의 박리 강도가 향상된다고 하는 지견도 얻었다.
- [0125] 이하, 도면을 참조하여, 상술한 지면에 기초하여 이루어진 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0126] 도 6은 본 발명의 일 실시 형태에 관한, 예를 들어 자동차용 부품으로서 사용되는 겹침 용접 부재에 형성되는 스폿 용접부(10)의 개략 구성을 설명하는 스폿 용접부 단면도이다.
- [0127] 본 실시 형태에 관한 겹침 용접 부재는, 이 도 6에 도시한 바와 같이, 강판 부재(S1, S2)가 스폿 용접부(10)를 통해 접합됨으로써 형성된다.
- [0128] 도 6에 도시한 바와 같이, 너깃(12)은 강판 부재(S1, S2)를 그들의 두께 방향으로 끼워 넣는 한 쌍의 저항 스폿 용접용의 전극(50, 50)으로부터의 통전에 의해, 전극(50)의 중심선 CL을 중심으로 하여 강판 부재(S1, S2)의 겹침부에 형성되어 있다.
- [0129] 통전에 의해 발생한 용융 금속은, 전극(50)과 접촉하고 있는 중심선 CL 근방의 영역에서는, 전극(50)에의 발열에 의해 판 두께 방향으로 응고가 진행되고, 전극(50)의 중심선 CL로부터 이격된 영역에서는, 판 두께 방향 외에 너깃 중심 방향을 향하여(전극의 중심선 CL을 향하여) 응고가 진행된다.
- [0130] 그 결과, 너깃(12)은 텐드라이트가 판 두께 방향으로 성장하는 영역(12A)과, 텐드라이트가 판 두께 방향과 교차하여 성장하는 영역(12B)을 갖는 것으로 된다.
- [0131] 본 명세서에 있어서는, 겹침부를 판 두께 방향에서 볼 때, 너깃(12)이 형성될 때에 용융되는 가장 외측의 경계 [즉, 너깃(12)의 용융 경계부]를 너깃 단부(12E)라고 하고, 영역(12A)과 영역(12B)의 회합부(12C)로부터 너깃 단부(12E)까지의 영역을 너깃 단부 영역(12B)이라고 한다.
- [0132] 도 7은 겹침부를 용접하는 스폿 용접부(10)를 설명하는 스폿 용접부 단면도이며, 스폿 용접부(10)는 스폿 용접에 의해 형성된 너깃(12)과, 이 너깃(12)의 주위에 형성된, 스폿 용접에 의한 HAZ(14)를 갖는다.
- [0133] HAZ(14)는, 너깃(12)에 인접하여 형성된 HAZ 경화부(14H)와, HAZ 경화부(14H)의 주위에 형성된 HAZ 연화부(14T)를 갖고 있다.
- [0134] 또한, HAZ 연화부(14T)에 있어서의 내주부 근방에는, 비커스 경도가 가장 낮은 HAZ 최연화부(14L)가 형성되어 있다.
- [0135] 도 7에 나타난 부호 D는, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리를 나타내고 있다.
- [0136] 도 8은 본 실시 형태에 관한 저항 스폿 용접에 있어서의 통전 조건을 설명하는 도면이다.
- [0137] 본 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건 C11은, 도 8에 나타내는 바와 같이, 통상 통전 조건 C21의 통전 전류 I21보다도 높은 통전 전류 I11이고 또한 종래의 통상의 통전 시간 T21보다도 짧은 통전 시간 T11에서 전류를 흘리는 단통전을 최초로 행함으로써, 저항 스폿 용접을 행한다.
- [0138] 도 8에 있어서 파선으로 나타난 것은, 통상 조건에 의한 1회째 통전 C21(전류값 I21, 통전 시간 T21)이며, 전류값 $I11 > \text{전류값 } I21$, 통전 시간 $T11(\text{cyc}) < \text{통전 시간 } T21(\text{cyc})$ 이다.
- [0139] 또한, 도 8에 있어서, 단시간 통전 조건 C11을, 통상 통전 조건 C21의 시간축의 도중으로부터 나타난 것은, 통전 완료 타이밍을 정렬시키기 위함이다.
- [0140] 본 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건 C11에서는, 도 8에 나타내는 바와 같이, 통전에 의해 너깃(12)을 형성할 때에 발생한 용융 금속이, 단통전의 완료 후에 급속하게 냉각되고, Ms점을 통과하여 Mf점 이하까지 온도가 저하되기 때문에, 마르텐사이트가 발생한다.
- [0141] 또한, 단시간 통전 조건 C11에 있어서의 너깃(12)의 온도 곡선 H1과, 통상 통전 조건 C21에 있어서의 너깃의 온도 곡선 H2를 비교하면, 단시간 통전 조건 C11에서는, 통상 통전 조건 C21보다도 단시간에 접합부가 용융되어 너깃(12)이 형성된다.
- [0142] 그로 인해, 단시간 통전 조건 C11에 의하면, 너깃(12)의 주위에의 과대한 열류가 억제되어, HAZ 경화부가 축소

되고, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리 D가 작아진다.

- [0143] 그 결과, 상기 단통전만으로, 박리 시에 너깃 단부 영역(12B) 이외의 부위에 변형을 집중시킴으로써, 너깃 단부 영역(12B)에의 응력 집중을 완화시킬 수 있고, 박리 강도가 향상된다.
- [0144] 또한, 단시간 통전 조건 C11의 단통전으로 형성한 스폿 용접부(10)를 그대로 사용해도 되고, 또한, 형성한 스폿 용접부(10)를 소정의 휴지 시간 T_s 가 경과한 후에, 후통전 조건 C12에 의한 후통전(즉, 2회째의 통전)을 실시해도 된다.
- [0145] 단시간 통전 조건 C11로 형성한 스폿 용접부(10)를 휴지 시간 T_s 의 동안에, 통전을 휴지한 후에, 후통전 조건 C12(전류값 I12, 통전 시간 T12)로 통전하면, 너깃(12)은 템퍼링 가능 온도(약 550~600℃) 이상, Ac_1 이하까지 온도가 상승하고, 그 후, 서냉되고, HAZ(14)를 재켄칭시키는 일 없이, 템퍼링 마르텐사이트를 얻을 수 있다.
- [0146] 이상과 같이, 단시간 통전 조건 C11에서는, 전류값 I11을 통상 통전 조건 C21의 전류값 I21보다 크게 하고, 통전 시간 T11을 통상 통전 조건 C21의 통전 시간 T21보다도 짧게 하므로, 너깃(12)이 단시간에 승온되고, 통전으로 발생한 열의 주위로의 열전도가 촉진되지 않아, HAZ(14)의 온도가 통상 조건에 비교하여 고온으로 되기 어렵다.
- [0147] 그 결과, HAZ 경화부(14H)의 폭이 작아지고, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L) 사이의 거리 D가 작아진다고 생각된다.
- [0148] 상술한 바와 같이, 단시간 통전 조건 C11에 의해 너깃(12)이 형성되어 있으면, HAZ 경화부(14H)의 폭이 작으므로, 너깃(12) 및 HAZ 경화부(14H)가 충분히 템퍼링된다.
- [0149] 이로 인해, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L) 사이에 비커스 경도가 높은 부분이 형성되는 것이 억제된다.
- [0150] 즉, HAZ 경화부(14H)가 균일하게 연화됨으로써 변형이 용이하게 되고, 너깃 단부 영역(12B)에의 박리 시의 응력이 저감되기 때문에, 박리 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0151] 상술한 바와 같이 단시간 통전 조건 C11 및 후통전 조건 C12를 채용함으로써, HAZ 최연화부(14L)와 너깃 단부(12E) 사이의 비커스 경도를, HAZ 최연화부(14L)의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하로 할 수 있고, 스폿 용접부(10)의 인성을 충분히 확보할 수 있다.
- [0152] 이하, 도 9a, 도 9b를 참조하여, 너깃(12)의 용융 경계로부터의 거리(mm)와, 비커스 경도의 관계를 설명한다.
- [0153] 도 9a, 도 9b는, 본 실시 형태에 관한 「(a) 단시간 통전 조건」과, 「(b) 통상 조건」을, 판 두께 1.6mm의 1500MPa급 핫 스탬프재에 적용하여 1회째 통전한 경우를 나타내는 도면으로, 도 9a가 스폿 용접부 단면도이며, 또한 도 9b가 스폿 용접부(10)의 경도 분포를 나타내는 그래프이다.
- [0154] 경도 분포의 측정에 대해서는, 도 9a에 도시한 바와 같이, 비커스 경도를, 강관 부재(S1, S2)와의 접합면으로부터, 강관 부재(S1)측으로, 강관 부재(S1)의 내부측에 판 두께의 1/4 이격된 위치에 있어서, 0.5mm 피치로 JIS Z 2244에 기초하여 하중 9.8N으로 측정하였다.
- [0155] 도 9b의 그래프에 있어서, 「백색 마름모」는 단시간 통전 조건을 나타내고, 「백색 동그라미」는 통상 통전 조건을 나타내고 있다.
- [0156] 또한, 단시간 통전 조건은 통전 시간:9×cyc, 통상 조건은 통전 시간:20×cyc로 하고, 각각의 너깃 직경이 $4\sqrt{t}$ (mm)(t는 판 두께)로 되도록 전류값을 조정하였다.
- [0157] 도 9a, 도 9b로부터, 「(a) 단시간 통전 조건」에 의한 1회째 통전을 행함으로써, 너깃 단부(12E)로부터 HAZ 최연화부(14L)의 거리 D가 작아져 있는 것을 알 수 있다.
- [0158] 이하, 도 10a, 도 10b, 도 11, 도 12에 기초하여, 단시간 통전과 통상 조건에 의한 통전을 행한 경우에 있어서의 상당 변형에 대해 설명한다.
- [0159] 단시간 통전과 통상 조건을 사용한 탄소성 FEM 해석에 의해, 「(a) 단시간 통전 조건」, 「(b) 통상 조건」, 「(c) HAZ 연화 없음」의 경우의 상당 소성 변형률을 구하였다. 이하 상세하게 설명을 행한다.
- [0160] 도 10a는 너깃 단부(12E)로부터 HAZ 최연화부(14L)까지의 거리 D를 0.75mm로 하여 「(a) 단시간 통전 조건」에 의해 1회째 통전한 단통전 시험편의 해석 모델을 설명하는 스폿 용접부 단면도이다.
- [0161] 도 10b는 너깃 단부(12E)로부터 HAZ 최연화부(14L)까지의 거리 D를 1.5mm로 하여 통상 조건에 의해 1회째 통전

한 단통전 시험편의 해석 모델을 설명하는 스폿 용접부 단면도이다.

- [0162] 또한, 해석 모델에 있어서, HAZ 연화부의 경도 분포는, 도 9b에 나타난 측정 결과에 기초하여, 최연화부의 경도로부터 모재부의 경도까지 단계적으로 변화시켰다.
- [0163] 도 10a 및 도 10b에 있어서의 Position1은 HAZ 최연화부(14L)를 나타내고, Position2는 너깃 단부(12E)를 나타낸다.
- [0164] 해석 모델은, 도 10a에 나타내는 「(a) 단시간 통전 조건」을 모의한 경우와, 도 10b에 나타내는 「(b) 통상 조건」을 모의한 경우와, 「(c) HAZ 연화 없음」을 모의한 경우의 3 패턴을 사용하였다.
- [0165] 도 11은 「(a) 단시간 통전 조건」, 「(b) 통상 조건」, 「(c) HAZ 연화 없음」의 각 스폿 용접부를 포함하는 해석 모델에 대해, 「(b) 통상 조건」의 스폿 용접부가 십자 인장 시험에 의해 파단된 하중으로 십자 인장 시험한 경우에 있어서의, 도 10a에 나타내는 Position1에 있어서의 각각의 상당 소성 변형률을 나타내는 그래프이다.
- [0166] 또한, 도 11에 있어서, 「(c) HAZ 연화 없음」의 해석 모델에 있어서의 Position1은, 「(b) 통상 조건」과 동일한 위치로 하였다.
- [0167] Position1에 있어서의 상당 소성 변형률은, 도 11의 그래프에 나타내어지는 바와 같이, 「(a) 단시간 통전 조건」에서는 약 0.032로, 「(b) 통상 조건」의 0.013, 「(c) HAZ 연화 없음」의 약 0.018에 비교하여 대폭으로 증가하였다.
- [0168] 도 12는 「(a) 단시간 통전 조건」, 「(b) 통상 조건」, 「(c) HAZ 연화 없음」의 각 스폿 용접부를 포함하는 해석 모델에 대해, (b) 통상 조건의 스폿 용접부가 십자 인장 시험에 의해 파단된 하중으로 십자 인장 시험한 경우에 있어서의, 도 10a에 나타내는 Position2에 있어서의 각각의 상당 소성 변형률을 나타내는 그래프이다.
- [0169] 또한, 도 12에 있어서, 「(c) HAZ 연화 없음」의 해석 모델에 있어서의 Position2는, 「(b) 통상 조건」과 동일한 위치로 하였다.
- [0170] 또한, Position2에 있어서의 상당 소성 변형률은, 도 12의 그래프에 나타내어지는 바와 같이, 「(a) 단시간 통전 조건」에서는 약 0.010으로, 「(b) 통상 조건」의 0.0115, 「(c) HAZ 연화 없음」의 약 0.0118에 비교하여 감소하였다.
- [0171] 그러나, 「(b) 통상 조건」과 「(c) HAZ 연화 없음」을 비교하면, 「(b) 통상 조건」의 HAZ 연화 위치에서는, 너깃의 단부 영역의 상당 소성 변형률에 미치는 HAZ 연화 유무의 영향은 얼마되지 않았다.
- [0172] 즉, 통상 조건에서는 HAZ 연화부(14T)는 박리 시의 너깃 단부 영역(12B)에의 변형 경감 효과는 거의 없어, 너깃 단부 영역(12B)으로 HAZ 연화부(14T)가 접근함으로써, HAZ 연화부(14T)에 변형이 집중된다. 그 결과, 너깃 단부 영역(12B)에의 변형 집중이 경감되는 것이 판명되었다. 즉, 「단시간 통전 조건」을 사용하면, 이 효과에 의해, 박리 강도를 증대시킬 수 있는 것이다.
- [0173] 이하, 도 13a, 도 13b를 참조하여, 본 실시 형태에 관한, 복수의 강판 부재의 겹침부가 스폿 용접부에 의해 집합된 겹침 용접 부재에 대해 적합한 조건을 설명한다.
- [0174] 도 13a는 겹침부를 구성하는 판 두께 $t(\text{mm})$ 와, 너깃의 용융 경계(너깃의 단부)로부터 HAZ 최연화부까지의 거리 $D(\text{mm})$ 의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0175] 도 13a에 있어서, 「백색 동그라미」는 종래의 단통전에 의한 980MPa급 DP 강을 나타내고 있다.
- [0176] 또한, 「백색 마름모」는 종래의 단통전에 의한 1500MPa급 핫 스템프 강을 나타내고 있다.
- [0177] 여기서, 도 13a에 있어서의 판 두께 $t(\text{mm})$ 는 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 $t(\text{mm})$ 로 하고, 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 $t(\text{mm})$ 라고 하고 있다.
- [0178] 종래 조건에 의한 단통전에서는, 도 13a에 나타내는 바와 같이, 2매의 강판의 겹침 계면에 있어서의, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리 D 는, $D(\text{mm}) = t^{0.2}(\text{mm})$ 을 초과하는 범위에 형성되어 있었다. 십자 인장 시험에서는, 조인트 강도가 낮은 강종과, 조인트 강도가 높은 강종을 조합한 판조의 경우, 조인트 강도가 낮은 강종 측에서 파단되는 경향이 있다.

- [0179] 예를 들어, 모재 강도가 780MPa급보다 높은 경우에는, 십자 인장 강도는 모재 강도가 높은 쪽이 낮아지는 점에서, 모재 강도가 높은 쪽이 판단되는 경향이 있다.
- [0180] 또한, 동 강종에서 판 두께가 상이한 판조에서는, 판 두께가 얇은 강판측에서 판단된다.
- [0181] 이상의 이유로부터, 가장 얇은 강판 부재의 판 두께 t 를 사용한다.
- [0182] 도 13b는 1500MPa급 핫 스탬프재에 있어서 너깃 직경이 $4\sqrt{t}$ 인 경우의 스폿 용접부의 너깃 단부(12E)로부터 HAZ 연화부까지의 거리 D 와, 십자 인장 강도의 관계를 설명하는 도면이다.
- [0183] 도 13b에 나타내는 바와 같이, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리 $D(\text{mm})$ 를 $t^{0.2}(\text{mm})$ 이하로 하면, 십자 인장 강도가 약 7kN까지 향상되어 안정적으로 플러그 파단으로 시킬 수 있다. 또한, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리 $D(\text{mm})$ 를 $0.75 \times (t^{0.2})(\text{mm})$ 이하로 하면, 십자 인장 강도가 약 8kN까지 향상되고, 또한 안정적으로 플러그 파단으로 시킬 수 있어 보다 적합하다.
- [0184] 이상과 같이, 스폿 용접부의 너깃 단부(12E)로부터 HAZ 연화부(14T)까지의 거리 D 를 작게 함으로써 십자 인장 강도가 향상된다.
- [0185] 또한, 이들 2매의 강판 부재의 겹침 계면에 있어서의, 모재로부터 너깃 단부 영역(12B)에 걸친[너깃 단부 영역(12B)을 포함함] 경도는, HAZ 최연화부(14L)에 대해 비커스 경도에 있어서의 최대값이 약 115%의 범위에서 너깃 단부(12E)를 향하여 서서히 감소하고, 또는 HAZ 최연화부(14L)의 경도와 동등하다.
- [0186] 본 실시 형태에 관한 겹침 용접 부재에서는, HAZ 연화부(14T)를 너깃 단부 영역(12B)에 근접시킴으로써, 너깃 내 파단(계면 파단, 부분 플러그 파단)의 기점으로 되는 너깃 단부 영역(12B)에의 응력 집중을 완화하고, 이에 의해, 조인트 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0187] 조인트 강도의 향상의 효과는, 파단 형태가 너깃 내 파단(계면 파단, 부분 플러그 파단)으로부터 플러그 파단으로 바뀜으로써 현저하게 나타난다.
- [0188] 특히, 너깃 단부 영역(12B)에의 응력 집중을 완화해도, 너깃(12) 자체의 인성이 부족하기 때문에 너깃 내로 균열 진전되어 플러그 파단이 얻어지지 않는 조인트에 대해서는, HAZ 연화부(14T)의 적정화 외에 후통전을 행함으로써, 종래보다도 현저한 조인트 강도의 향상 효과가 얻어진다.
- [0189] 이 메커니즘은 상술한 바와 같다.
- [0190] 상술한 바와 같이, 너깃 단부(12E)로부터 HAZ 최연화부(14L)까지의 거리 $D(\text{mm})$ 가
- [0191] [식 1]
- [0192] $D \leq t^{0.2}$
- [0193] 를 만족시킴으로써, 조인트 강도의 충분한 향상이 얻어진다.
- [0194] 따라서, 본 실시 형태에 관한 겹침 용접 부재에서는, 너깃 단부(12E)로부터 HAZ 최연화부(14L)까지의 거리 D 가 상기 식 1을 만족시키는 것을 조건으로 한다.
- [0195] 또한, 너깃 단부(12E)로부터 HAZ의 최연화부까지의 거리 $D(\text{mm})$ 가
- [0196] [식 1A]
- [0197] $D \leq 0.75 \times (t^{0.2})$
- [0198] 를 만족시킴으로써, 보다 확실하게 파단 형태를 플러그 파단으로 시킬 수 있는 점에서 적합하다.
- [0199] 이하, 저항 스폿 용접 공정과, 템퍼링 공정에 의해 겹침 용접부를 용접하는 방법에 대해 상세하게 설명한다.
- [0200] (저항 스폿 용접 공정)
- [0201] 저항 스폿 용접 공정에서는, 복수의 강판 부재의 겹침부에, 너깃(12)과, 이 너깃(12)의 주위에 형성되는 HAZ(14)와, 이 HAZ(14) 내에서 비커스 경도가 가장 낮은 최연화부(14L)를 갖는 스폿 용접부(10)를 저항 스폿 용접에 의해 형성한다.

- [0202] (템퍼링 공정)
- [0203] 템퍼링 공정에서는, 상기 저항 스폿 용접 공정에서 형성된 너깃(12)의 중심부와, 최연화부(14L) 사이에, 템퍼링 마르텐사이트를 포함함과 함께 그 비커스 경도가 최연화부(14L)의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하인 템퍼링 영역을 형성한다.
- [0204] 템퍼링 영역의 형성은, 후통전에 의해 행하는 것이 바람직하지만, 후통전으로 한정되는 것은 아니고, 예를 들어 레이저 빔의 조사에 의해 행할 수도 있다.
- [0205] 이와 같은 본 실시 형태에 관한 겹침부의 용접 방법에 의하면, 템퍼링 영역이며, 최연화부(14L)의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하인 비커스 경도를 갖는 템퍼링 영역을, 너깃(12)의 중심부와 최연화부(14L) 사이에 형성시킬 수 있다.
- [0206] 또한, 상술한 저항 스폿 용접 공정에서는, 판 두께를 $t(\text{mm})$ 로 하고, 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 $\text{cyc}(\text{초})$ 로 한 경우에,
- [0207] [식 2]
- [0208]
$$5 t \times \text{cyc} \leq T \leq (5 t + 4) \times \text{cyc}$$
- [0209] 로 나타내어지는 통전 시간 T 로 너깃(12)을 형성해도 된다.
- [0210] 일반적으로, 스폿 용접에서는 판 두께가 두꺼울수록 통전 시간이 길어지고, 너깃 단부(12E)로부터 HAZ 최연화부(14L)의 거리 D 는 길어지는 경향이 있지만, 이 식 2를 만족시킴으로써, 너깃을 안정적으로 형성할 수 있음과 함께, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리 $D(\text{mm})$ 를 보다 확실하게 $t^{0.2}$ 이하로 할 수 있다.
- [0211] 즉, 스폿 용접부에 있어서의 박리 강도를 안정적으로 향상시키는 것이 가능하게 된다.
- [0212] 또한, 여기서의 판 두께 $t(\text{mm})$ 에 대해서도, 복수의 강판 부재 중, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 단수라면 그 판 두께를 $t(\text{mm})$ 로 하고, 한편, 가장 인장 강도가 높은 강판 부재가 복수라면 그들 중에서 판 두께가 가장 얇은 강판 부재의 판 두께를 $t(\text{mm})$ 로 한다.
- [0213] (예열 통전 공정)
- [0214] 상술한 바와 같이, 본 실시 형태에서 규정하는 통전 시간을 만족시켜 스폿 용접하면, HAZ 연화부(14T)의 관점에서서는 유효하지만, 그 한편, 종래의 통전 조건에 비해 적정 전류 범위는 좁아진다.
- [0215] 따라서, 본 발명자들은, 상술한 저항 스폿 용접 공정을 행하기 전에 예열 통전 공정을 행하는 것이, 종래의 조건과 동등한 적정 전류 범위(스플래시 발생 전류까지의 전류 여유도)를 가지면서 종래보다도 HAZ의 최연화부를 너깃의 단부 영역에 접근시킬 수 있는 점에서 적합한 것을 발견하였다.
- [0216] 여기서, 도 14, 도 15를 참조하여, 예열 통전 공정을 행하는 것에 의한 상기 효과를 설명한다.
- [0217] 도 14는 단시간 통전 조건($9 \times \text{cyc}$), 통상 조건($20 \times \text{cyc}$), 2단 통전 조건(제1 공정의 통전 시간 $11 \times \text{cyc}$, 용접 전류 4kA, 제2 공정의 통전 시간 $9 \times \text{cyc}$)을 판 두께 1.6mm의 1800MPa급 핫 스텝프재에 적용한 경우에 있어서의 너깃 성장 거동을 나타내는 그래프이다.
- [0218] 또한, 도 15는 도 14에 나타난 조건에 의해 형성한 스폿 용접부의 너깃 단부로부터의 거리에 기초하는 비커스 경도의 분포를 나타내는 그래프이다.
- [0219] 이들 도 14, 도 15에 나타내는 바와 같이, 예열 통전과 본통전에 의한 2단 통전을 행함으로써, 종래와 거의 동등한 적정 전류 범위를 가지면서, HAZ 연화 위치를 종래보다도 너깃 단부 영역(12B)에 접근시킬 수 있다.
- [0220] 이하, 예열 통전 공정의 통전 조건에 대해 상세하게 설명한다.
- [0221] 예열 통전 공정에서는, 통전 시간 $T_1(\text{초})$ 과, 통전 1사이클의 시간 $\text{cyc}(\text{초})$ 와, 판 두께 $t(\text{mm})$ 가
- [0222] [식 3]
- [0223]
$$5 t \times \text{cyc} \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times \text{cyc}$$
- [0224] 를 만족시킴과 아울러, 예열 전류 $I(\text{kA})$ 를 겹침부에 통전한다.

- [0225] 그리고, 예열 통전 공정을 행한 경우에는, 그 후, 저항 스폿 용접 공정에서, 통전 시간을 T_2 (초)로 하고, 상기 저항 스폿 용접의 통전 1사이클의 시간을 cyc (초)로 한 경우에,
- [0226] [식 4]
- [0227] $5 t \times cyc \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times cyc$
- [0228] 를 만족시킴과 아울러, 스플래시 발생 전류 이하의 용접 전류 I_0 (kA)을 겹침부에 통전함으로써, 너깃을 형성한다.
- [0229] 여기서, 예열 전류 I (kA)와 용접 전류 I_0 (kA)의 관계는,
- [0230] [식 5]
- [0231] $0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0$
- [0232] 을 만족시킨다.
- [0233] 상기 예열 통전 공정에 있어서는, 통전 시간 T_1 (초)이 $5t \times cyc$ 이상이고 또한 예열 전류 I (kA)가 $0.3I_0$ 이상, 즉 너깃을 형성하는 저항 스폿 용접 공정에 있어서의 용접 전류 I_0 의 30% 이상이므로, 예열 효과가 충분해지고, 원하는 적정 전류 범위를 확보할 수 있으므로 바람직하다.
- [0234] 또한, 통전 시간 T_1 (초)이 $(5t+4) \times cyc$ 이하이며 또한 예열 전류 I (kA)가 $0.7I_0$ 이하, 즉 너깃을 형성하는 저항 스폿 용접 공정에 있어서의 용접 전류 I_0 의 70% 이하이므로, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)까지의 거리 D 를 작게 할 수 있어 적합하다.
- [0235] 그리고, 예열 통전 후에 행하는 저항 스폿 용접 공정에서는, 통전 시간 T_2 를 $5t \times cyc$ 이상, 또한 $(5t+4) \times cyc$ 이하로 하고 있으므로, 너깃을 충분히 형성시킴과 함께, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리 D (mm)를 $t^{0.2}$ 이하로 할 수 있어, 스폿 용접부에 있어서의 박리 강도를 안정적으로 향상시키는 것이 가능하게 된다.
- [0236] 또한, 거리 D (mm)가 $0.75 \times (t^{0.2})$ 이하로 되도록 통전 시간을 조정함으로써, 보다 확실하게, 파단 형태가 플러그 파단으로 되는 스폿 용접부를 얻을 수 있어, 박리 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0237] 이와 같이 하여 얻어진 겹침 용접부에 대해 너깃 단부 영역(12B)이 템퍼링되도록, 상술한 템퍼링 공정(예를 들어, 후통전에 의한 템퍼링)을 적용함으로써, 템퍼링 마르텐사이트를 포함함과 함께 그 비커스 경도가 최연화부(14L)의 비커스 경도를 100%로 한 경우에 120% 이하인 템퍼링 영역을 너깃(12)의 중심부와 최연화부(14L) 사이에 형성시킬 수 있다.
- [0238] 따라서, 종래대로의 너깃 직경이고, 박리 강도가 우수하고, 높은 조인트 강도를 갖는 겹침 용접 부재를 제조할 수 있다.
- [0239] 이와 같은 효과를 얻기 위해서는 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)가 근접하도록, 단시간 통전 조건을 조정하고, 그 후의 템퍼링 공정에서, 템퍼링 영역의 비커스 경도를 최연화부(14L)의 비커스 경도의 120% 이하로 할 필요가 있다. 그러나, 보다 적합하게 효과를 얻기 위해서는, 템퍼링 영역의 비커스 경도를 최연화부(14L)의 비커스 경도의 115% 이하로 하는 것이 바람직하고, 110% 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.
- [0240] 또한, 템퍼링 영역의 비커스 경도의 하한값은 규정되는 것은 아니다.
- [0241] 겹침 용접 부재는, 모재 인장 강도 980MPa급 이상으로 되면 계면 파단이나 부분 플러그 파단되기 쉬워, 조인트 강도는 저하되는 경향이 있다.
- [0242] 본 실시 형태는, 스폿 용접에 의해 HAZ 연화되는 강판 부재에 대해 효과를 갖지만, 모재 인장 강도 980MPa급 이상의 고장력 강판에의 적용이 바람직하다.
- [0243] 특히, 핫 스템프재에서는, 모재가 풀 마르텐사이트이기 때문에 HAZ 연화량이 커서, 본 실시 형태의 효과가 현저하다.
- [0244] 또한, 본 실시 형태에 관한 겹침 용접 부재는, 2매 이상의 강판 부재의 겹침부의 각각의 강판 부재의 판 두께,

종류(예를 들어, DP, TRIP 등), 또한 도금의 유무로는 한정되지 않는다.

- [0245] 또한, 후술하는 실시예에서는, 동종의 강판을 2매 겹치는 판조에 대해 설명하고 있지만, 이것으로는 한정되지 않고, 이제 판조이어도, 3매 이상의 판조이어도 효과를 갖는다.
- [0246] 도 16은 핫 스탬프재를 강판 부재(S1, S2)로서 사용한 경우의, 본 실시 형태에 관한 통전 조건에 의해 형성되는 스폿 용접부(10)의 개략 구성을 설명하는 도면이다. 보다 상세하게는, 도 16의 (a)는 단시간 통전을 행한 후의 스폿 용접부 단면도이며, 도 16의 (b)는 후통전을 행한 후의 스폿 용접부 단면도이다. 도 16의 (c)는 단통전 후와 후통전 후에 대해 비커스 경도의 분포를 나타내는 그래프이다.
- [0247] 또한, 도 17은 단통전 후 및 후통전 후에 있어서의 스폿 용접부의 비커스 경도의 변화를 개념적으로 설명하는 도면이다.
- [0248] 단시간 통전을 행함으로써, 도 16의 (a)에 도시하는 바와 같이, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리 D는 약 1mm로 작아진다.
- [0249] 종래의 통상 조건에 의한 통전에 의한 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 거리 D가 약 1.5mm이기 때문에, 비교하면 대폭으로 축소되었다.
- [0250] 그 결과, 너깃 단부(12E) 주변에 있어서의 응력 집중을 완화할 수 있다.
- [0251] 또한, 후통전을 더 실시함으로써, 도 16의 (b)의 도트 해칭으로 나타내어지는 범위에서, HAZ 경화부(14H)를 충분히 템퍼링할 수 있다.
- [0252] 이와 같이, 본 발명에 관한 통전 조건을 핫 스탬프재(S1, S2)에 적용하여 스폿 용접부(10)를 형성한 경우, 도 17의 (a), (b)에 나타내는 바와 같이, 단시간 단통전을 행함으로써, HAZ 경화부(14H)는 너깃(12)과 거의 동등한 비커스 경도로 된다.
- [0253] 또한, 후통전을 하면, 도 17의 (c)에 나타내는 바와 같이, 너깃(12) 및 HAZ 경화부(14H)는 충분히 템퍼링되어, HAZ 최연화부(14L)와 너깃 단부(12E)의 사이는, 비커스 경도에 있어서의 경도가 HAZ 최연화부(14L)와 동일 또는 경도의 최대값이 HAZ 최연화부(14L)의 약 115%로 되고, 너깃 단부 영역(12B)의 응력이 충분히 완화된다.
- [0254] 그 결과, 핫 스탬프재에 있어서의 스폿 용접부(10)의 박리 강도를 향상시킬 수 있다. 또한, 너깃 단부 영역(12B)이 템퍼링되어 있으면, 너깃(12)의 전체가 템퍼링되는 것은 필요하지 않다.
- [0255] 이와 같이, HAZ 경화부(14H)가 템퍼링됨으로써, 도 16의 (c)에 나타내는 바와 같이, 비커스 경도에 있어서, 너깃(12)과 HAZ 최연화부(14L) 사이의 최대의 경도가, HAZ 최연화부(14L)에 대해 약 120% 이하의 범위로 할 수 있다.
- [0256] 그 결과, 너깃(12) 및 HAZ 경화부의 인성이 향상되어, 박리 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0257] 또한, 너깃 단부(12E)와 HAZ 최연화부(14L)의 사이의 최대의 비커스 경도가, HAZ 최연화부(14L)의 비커스 경도의 120% 이하, 바람직하게는 115% 이하, 보다 바람직하게는 110% 이하이면 너깃(12) 전체가 템퍼링되어 있지 않아도 조인트 강도가 향상된다.
- [0258] 또한, 단시간 통전 조건을 조정하여, 너깃 단부와 HAZ 최연화부를 접근시켜, 후통전 후에 있어서의 너깃(12)의 중심부와 HAZ 최연화부(14L) 사이의 비커스 경도에 있어서의 최대값을, HAZ 최연화부(14L)에 대해 115%의 범위로 하는 것이 바람직하다.
- [0259] 또한, 단시간 통전 조건을 조정하여, 너깃 단부와 HAZ 최연화부를 더욱 접근시켜, 후통전 후에 있어서의 너깃과 HAZ 최연화부의 사이의 비커스 경도에 있어서의 최대값을, HAZ 최연화부(14L)에 대해 110%의 범위로 하면 더욱 바람직하다.
- [0260] 도 18은 본 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건과 통상의 통전 조건을 판 두께 1.8mm의 1800MPa급 핫 스탬프재에 적용한 경우의, 1회 통전에 있어서의 스폿 용접부의 경도 분포를 나타내는 그래프이다.
- [0261] 또한, 도 19는 본 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건과 통상의 통전 조건을 판 두께 1.8mm의 1800MPa급 핫 스탬프재에 적용한 경우의, 후통전 후에 있어서의 스폿 용접부의 경도 분포를 나타내는 그래프이다.
- [0262] 도 18에 있어서, 「백색 마름모」는 통전 시간 9×cyc(초)의 단시간 통전 조건을 채용한 본통전에 의해 스폿 용접부를 형성한 경우의, 스폿 용접부의 경도 분포를 나타낸다. 또한, 「백색 동그라미」는 통전 시간 22×cyc

(초)의 통상 조건을 채용한 본통전에 의해 스폿 용접부를 형성한 경우의, 스폿 용접부의 경도 분포를 나타낸다.

- [0263] 도 19에 있어서는, 「백색 마름모」는 통전 시간 $9 \times \text{cyc}(\text{초})$ 의 단시간 통전 조건을 채용한 본통전에 의해 스폿 용접부를 형성하고, 그 후, 후통전에 의해 템퍼링을 행한 경우의, 스폿 용접부의 경도 분포를 나타내고, 「백색 동그라미」는 통전 시간 $22 \times \text{cyc}(\text{초})$ 의 통상 조건을 채용한 본통전에 의해 스폿 용접부를 형성하고, 그 후, 후통전에 의해 템퍼링을 행한 경우의, 스폿 용접부의 경도 분포를 나타낸다.
- [0264] 먼저, 도 18의 그래프에 나타내는 바와 같이, 「백색 마름모」로 나타내는 단시간 통전 조건에서는 「백색 동그라미」로 나타내는 통상 조건에 비해, 너깃 단부로부터 HAZ 최연화부까지의 거리가 접근한다.
- [0265] 그리고, 후통전을 행하면, 도 19의 그래프에 나타내는 바와 같이, 본통전 시에 통상 조건을 적용하여 형성된 스폿 용접부에서는, 본통전 시에 형성되는 HAZ 최연화부가 너깃의 단부 영역으로부터 멀기 때문에, 너깃과 최연화부 사이(너깃의 단부 영역으로부터 약 1mm 정도의 위치)에 경도가 높은 개소가 존재한다.
- [0266] 이에 대해, 본통전 시에 단시간 통전 조건을 적용하여 형성된 스폿 용접부에서는, 본통전 시에 형성되는 HAZ 최연화부가 너깃의 단부 영역에 가깝기 때문에, 모재로부터 너깃 단부 영역(12B)에 걸친[너깃 단부 영역(12B)도 포함함] HAZ 및 너깃의 비커스 경도를 HAZ 최연화부의 경도의 120% 이하로 할 수 있다.
- [0267] 즉, 후통전을 실시한 경우에도, 본통전 시에 형성되는 HAZ 최연화부가 너깃 단부(12E)에 가까운 편이 너깃 단부(12E)의 주변에의 변형 집중을 완화할 수 있다.
- [0268] 이와 같이, 너깃(12)의 형성을 위한 통전 시간을 단시간화하면, HAZ 연화 위치를 너깃의 단부 영역에 접근시켜 조인트 강도를 향상시키는 관점으로부터 유효하다.
- [0269] 도 20은 본 실시 형태에 관한 단시간 통전 조건을 DP재 또는 TRIP재에 적용한 경우에 있어서의, 단통전 및 후통전의 이후에 있어서의 스폿 용접부의 HAZ의 변화를 개념적으로 설명하는 도면이다.
- [0270] 도 20의 (a)는 스폿 용접부 단면도이다.
- [0271] 도 20의 (b)에 나타내는 바와 같이, DP재 또는 TRIP재를 강판 부재(S1, S2)로서 사용한 경우에는, 단시간 단통전한 상태에서, HAZ 경화부(14H)는 너깃(12)과 비커스 경도에 있어서 너깃과 거의 동등하게 된다.
- [0272] 이 경우, 너깃(12) 및 HAZ 경화부(14H)는 DP재 또는 TRIP재의 모재와 비교하여 매우 단단해지는 점에서, 도 17에 나타낸 핫 스템프재의 경도 분포와 상이하다.
- [0273] 또한, 도 20의 (c)에 나타내는 바와 같이, 후통전을 하면, 너깃(12) 및 HAZ 경화부(14H)는 충분히 템퍼링되어, HAZ 최연화부(14L)와 너깃 단부(12E) 사이는, 비커스 경도에 있어서의 경도가 HAZ 최연화부(14L)의 약 115%로 되어, 너깃 단부 영역(12B)의 응력이 충분히 완화된다.
- [0274] 그 결과, DP재 또는 TRIP재에 있어서의 스폿 용접부(10)의 박리 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0275] 또한, 너깃 단부 영역(12B)이 템퍼링되어 있으면, 너깃(12)의 전체가 템퍼링되는 것은 필요하지 않다.
- [0276] 또한, 도 20의 (c)에 나타내는 이점쇄선은, 후통전 전의 경도 분포를 나타내고 있다.
- [0277] 또한, 상기 실시 형태에 있어서는, HAZ 경화부(14H)를 후통전에 의해 템퍼링하는 경우에 대해 설명하였지만, 단시간 단통전에 의해 스폿 용접부(10)를 형성한 후에, 예를 들어 레이저 조사함으로써 너깃 및 HAZ 경화부를 템퍼링해도 된다.
- [0278] 실시예
- [0279] 이하, 박리 방향의 조인트 강도의 향상에는 HAZ 최연화부를 너깃 단부로 접근시키는 것이 유효한 것을 확인한다.
- [0280] 통전 시간을 단시간화함으로써, HAZ 최연화부를 너깃 단부로 접근시킬 수 있지만, 너깃 형성의 관점에서는, 통전 시간의 단시간화에 의해, 적정 전류 범위(일반적으로, 너깃 직경 $4\sqrt{t}$ 가 얻어지는 전류값으로부터 스플래시 발생까지의 전류 범위)가 좁아진다.
- [0281] 따라서, 통전 초기를 저전류로 하는 예비 통전에 의해 강판을 가열한 후에, 단시간 고전류로 너깃을 확대하는 2단 통전에 의해, HAZ 연화 위치의 제어와 적정 전류 범위의 확보를 양립하는 것을 검토하였다.
- [0282] 판 두께 1.6mm의 1800MPa급 핫 스템프재에 의해, 표 1에 나타내는 용접 조건을 사용하여 조사하였다. 조건 (1)

은 단시간 단통전 조건, (2)는 종래 단통전 조건, (3)이 2단 통전 조건이다.

[0283] 도 14에 나타내는 너깃 형성 거동과, 도 15에 나타내는 스폿 용접부의 경도 분포로부터 알 수 있는 바와 같이, 2단 통전에 의해, 종래 단통전과 동등한 적정 전류 범위를 갖고, 또한 HAZ 최연화부를 너깃 단부로 접근시키는 것이 가능하게 되었다.

표 1

조건 (1)	조건 (2)	조건 (3)	제1 통전		제2 통전		유지 시간 (cyc)
			시간 (cyc)	전류 (kA)	시간 (cyc)	전류 (kA)	
CU-1%Cr 품형 선단 직경 6mm	3.92		9	3.0~8.5	-	-	10
			20	3.0~8.5	-	-	
			11	4.0	9	3.0~8.5	

[0284]

[0285] 용접 전류는, 각각 $4\sqrt{t}$ (mm)의 너깃 직경이 얻어지도록 조정하였다. 후통전 조건은, 박리 강도의 개선에 유효한 조건, 즉 너깃의 단부 영역이 연화되는 조건을 선정하였다.

[0286] 관 두께 1.6~2.0mm의 980MPa급 강관, 1500MPa급 핫 스탬프재 및 1800MPa급 핫 스탬프재를 사용하여, 십자 인장 강도와 L자 인장 강도를 조사하였다. 사용한 용접 조건을 표 2에 나타내었다. I_0 은 본통전 공정의 전류값이다.

표 2

조건	전극	가압력 (kN)	예비 동전 공정		본동전 공정 시간 (cyc)	휴지 시간 (cyc)	후동전 공정		유지 시간 (cyc)
			시간 (cyc)	전류 (kA)			시간 (cyc)	전류 (kA)	
a	Cu-1%Cr 동형 선단 직경 6mm	3.92	-	-	10t+4	-	-	-	10
b			-	-	10t+4	60	20~50	0.6I ₀ ~0.8I ₀	
A1			-	-	5t	-	-	-	
A2			5t+3	0.5I ₀ ~0.7I ₀	5t	-	-	-	
B1			-	-	5t	60	20~50	0.6I ₀ ~0.8I ₀	
B2			5t+3	0.5I ₀ ~0.7I ₀	5t	60	20~50	0.6I ₀ ~0.8I ₀	

- [0287]
- [0288] 조건 a는 종래 단동전 조건, 조건 b는 종래 후동전 조건이다. 조건 A1은 단시간 단동전 조건, 조건 A2는 2단 전 조건이며, 조건 B1, B2는 각각 조건 A1, A2에 대해 후동전을 행하였다. 모든 용접 조건에 있어서, 너깃 직경 4√t가 얻어지도록 용접 전류를 조정하였다.
- [0289] 조인트 강도는, 십자 조인트의 경우에는 JIS Z3137(1999년)에 기초하는 십자 인장 시험에 의해 측정하고, L자 조인트의 경우에는 도 21의 개략도를 도시하는 시험에 의해 측정하였다.
- [0290] 보다 상세하게는, L자 인장 시험은, 도 21에 도시한 바와 같이, 강관을 L자로 구부려 형성한 2개의 시험편 굴곡 부분끼리를 서로 겹쳐, 겹침부에 저항 스폿 용접에 의해 너깃(12)을 갖는 스폿 용접부(10)를 형성하여 접합하고, 그 후, 겹침부가 박리되는 방향으로 인장되어, 스폿 용접부(10)가 파단될 때까지의 강도를 조인트 강도로서 측정하였다.
- [0291] 먼저, 판 두께 1.6~2.0mm의 980MPa급 DP 강관, 1500MPa 및 1800MPa급 핫 스템프재를 사용하여, 겹침 용접 부재의 박리 강도 및 파단 형태를 조사하였다. 용접 조건을 표 4에 나타내었다. t는 강관의 판 두께, I₀은 각 판조에 대해 너깃 직경 4√t(mm)가 얻어지도록 조정하였다. 또한, 거리 D는 너깃 단부 영역으로부터 HAZ 최연화부까지의 거리이다.

[0292] 표 3에 조건 A1, A2에 의한 조인트 강도의 개선 효과를 정리하였다. 표 3은 단통전에 관한 실시예를 설명하는 표이다.

표 3

강종	조인트 형상	판 두께 t (mm)	$t^{0.2}$ (mm)	용접 조건	거리 D (mm)	조인트 강도 (kN)	파단 형태	비고
980MPa	접자	2.0	1.15	a	1.5	9.8	부분 플러그 파단	비교예
				A1	1.0	12.5	부분 플러그 파단	본 발명에
		1.6	1.10	a	1.3	5.6	부분 플러그 파단	비교예
				A1	0.8	8.2	플러그 파단	본 발명에
1500MPa	접자	2.0	1.15	A2	1.0	8.3	플러그 파단	본 발명에
				a	1.5	7.2	계면 파단	비교예
		1.6	1.10	A1	1.0	8.6	부분 플러그 파단	본 발명에
				a	1.3	3.2	부분 플러그 파단	비교예
1800MPa	접자	2.0	1.15	A2	1.0	3.9	부분 플러그 파단	본 발명에
				a	1.5	4.8	계면 파단	비교예
		1.6	1.10	A1	1.0	5.5	계면 파단	본 발명에
				a	1.3	1.2	계면 파단	비교예
1800MPa	L자	1.8	1.12	a	0.8	1.5	계면 파단	본 발명에
				A1				

[0293]

[0294] 표 3에 나타내는 바와 같이, 어느 강종, 판 두께에 있어서도, 조건 A1의 단시간 통전, A2의 예비 통전 및 단시간 통전에 의해 형성한 스폿 용접부는, 조건 a의 종래 단통전 조건과 비교하여, 조인트 강도가 향상되었다. 이것은, HAZ 연화 위치가 너깃 단부에 접근함으로써, 너깃 단부의 응력 집중이 완화된 효과라고 생각된다.

[0295] 또한, 1800MPa급 핫 스탬프재에 있어서의 L자 인장 강도에서는, 조건 A1의 단시간 통전을 행함으로써, 조건 a의 경우와 비교하여, 조인트 강도가 약 25% 향상되었다.

[0296] 또한, 판 두께 1.6~2.0mm의 980MPa급 DP 강판, 1500MPa 및 1800MPa급 핫 스탬프재를 사용하여, 겹침 용접 부재의 박리 강도 및 파단 형태를 조사하였다. 용접 조건을 표 4에 나타낸다. t는 강판의 판 두께이며, I_0 은 각 판조에 대해 너깃 직경 $4\sqrt{t}$ (mm)가 얻어지도록 조정하였다. 또한, 거리 D는 너깃 단부 영역으로부터 HAZ 최연화부까지의 거리이다.

[0297] 표 4에 조건 B1, B2에 의한 조인트 강도의 개선 효과를 정리하였다. 표 4는 후통전을 실시한 경우에 있어서의 실시예를 설명하는 표이다.

표 4

강종	조인트 형상	판 두께 t (mm)	$t^{0.2}$ (mm)	용접 조건	거리 D (mm)	조인트 강도 (kN)	파단 형태	비고
980MPa		2.0	1.15	b	1.5	15.9	플러그 파단	비교예
				B1	1.0	18.1	플러그 파단	본 발명에
1500MPa		2.0	1.15	b	1.5	14.5	부분 플러그 파단	비교예
				B1	1.0	18.5	플러그 파단	본 발명에
1800MPa	십자	1.6	1.10	b	1.5	5.7	부분 플러그 파단	비교예
				B1	1.0	8.7	플러그 파단	본 발명에
				B2	1.0	8.7	플러그 파단	본 발명에
				b	1.5	5.2	계면 파단	비교예
1800MPa	L자	2.0	1.15	B1	1.0	7.3	부분 플러그 파단	본 발명에
				b	1.5	2.2	계면 파단	비교예
1800MPa	L자	1.8	1.12	B1	1.0	4.7	플러그 파단	본 발명에

[0298]

[0299] 표 4에 나타내는 바와 같이, 모든 강종, 판 두께에 있어서, 조건 a의 종래 단통전 조건과 비교하여, 조인트 강도가 향상되었다. 이것은, 종래 후통전 기술과 마찬가지로 너깃 단부가 템퍼링되어 인성이 향상된 것 외에, 너깃 단부에서의 응력 집중을 완화하는 최적의 경도 분포가 얻어진 효과라고 생각된다.

[0300] 또한, 1800MPa급 핫 스템프재에 있어서의 L자 인장 강도에서는, 조건 B1의 단시간 통전과 후통전을 행함으로써, 조건 b의 경우와 비교하여, 파단 형태가 계면 파단으로부터 플러그 파단으로 되고, 조인트 강도가 약 114% 향상되었다.

산업상 이용가능성

[0301] 본 발명에 의하면, 복수의 강판 부재끼리를 겹침부에서 접합하고, 상기 복수의 강판 부재 중 적어도 1개가 마르텐사이트를 포함하는 겹침부가 스폿 용접부에 의해 접합된 겹침 용접 부재에 대해, 스폿 용접부에 있어서의 바리 강도를 향상시킬 수 있으므로, 산업상 이용 가능하다.

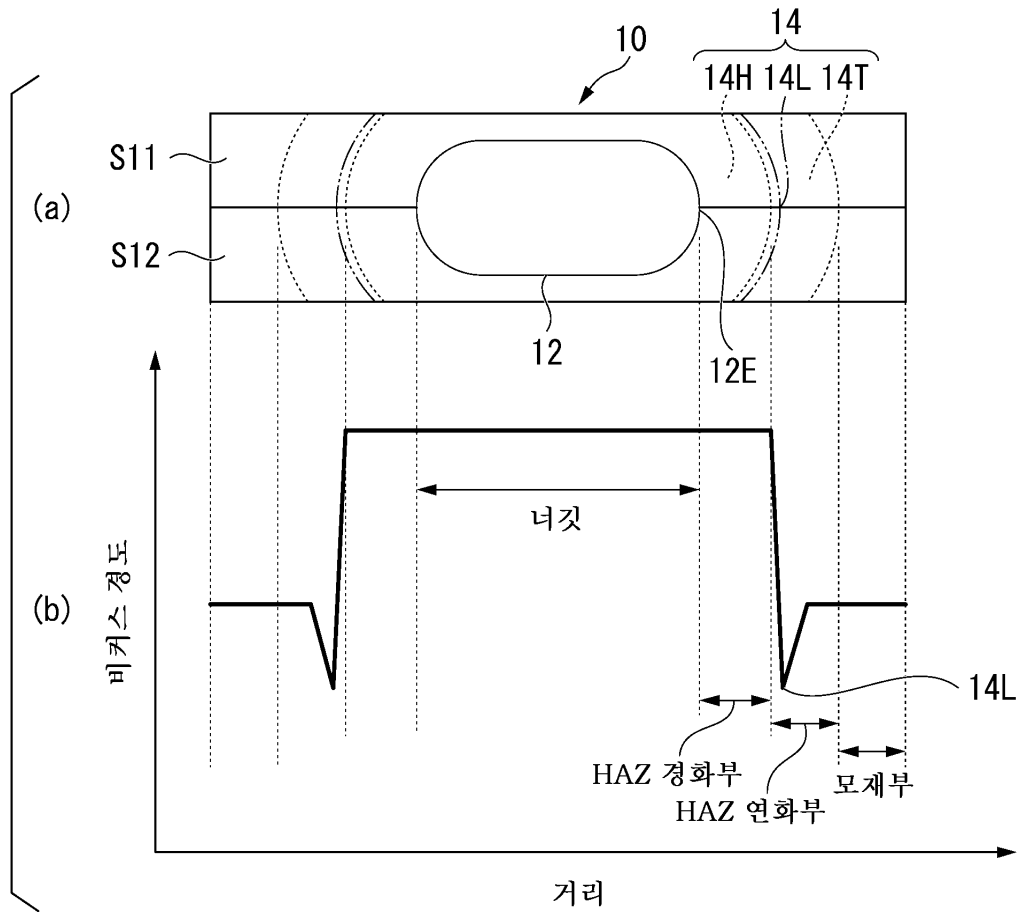
부호의 설명

[0302] 10 : 스폿 용접부

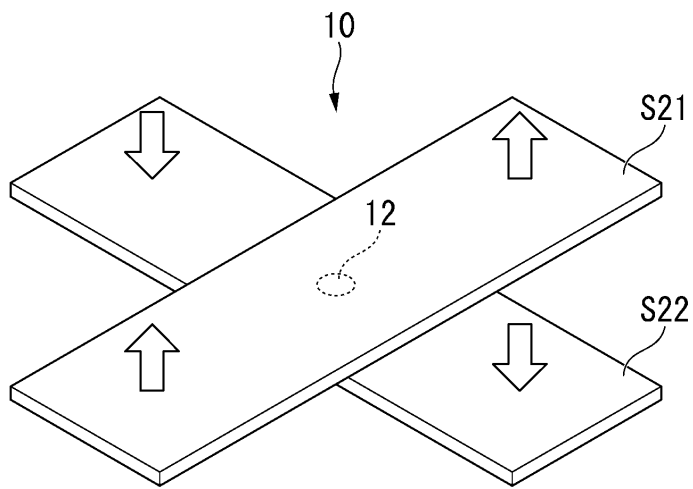
- 12 : 너깃
- 12B : 너깃 단부 영역
- 12C : 회합부
- 12E : 너깃 단부
- 14 : HAZ
- 14H : HAZ 경화부
- 14T : HAZ 연화부
- 14L : HAZ 최연화부

도면

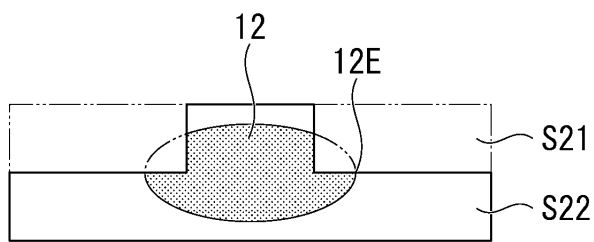
도면1



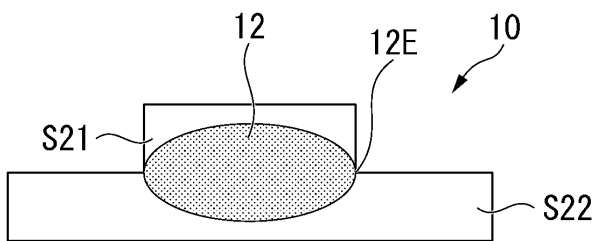
도면2a



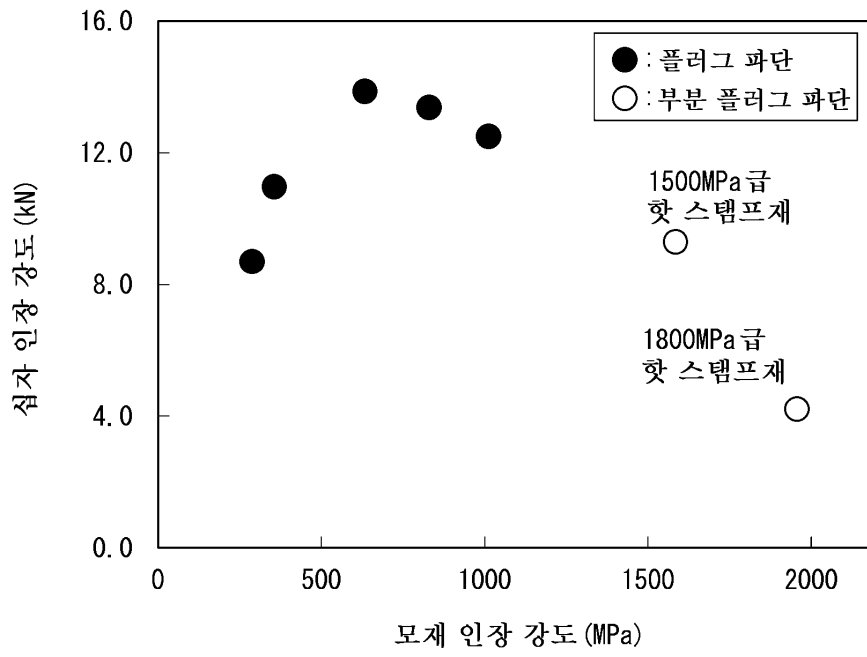
도면2b



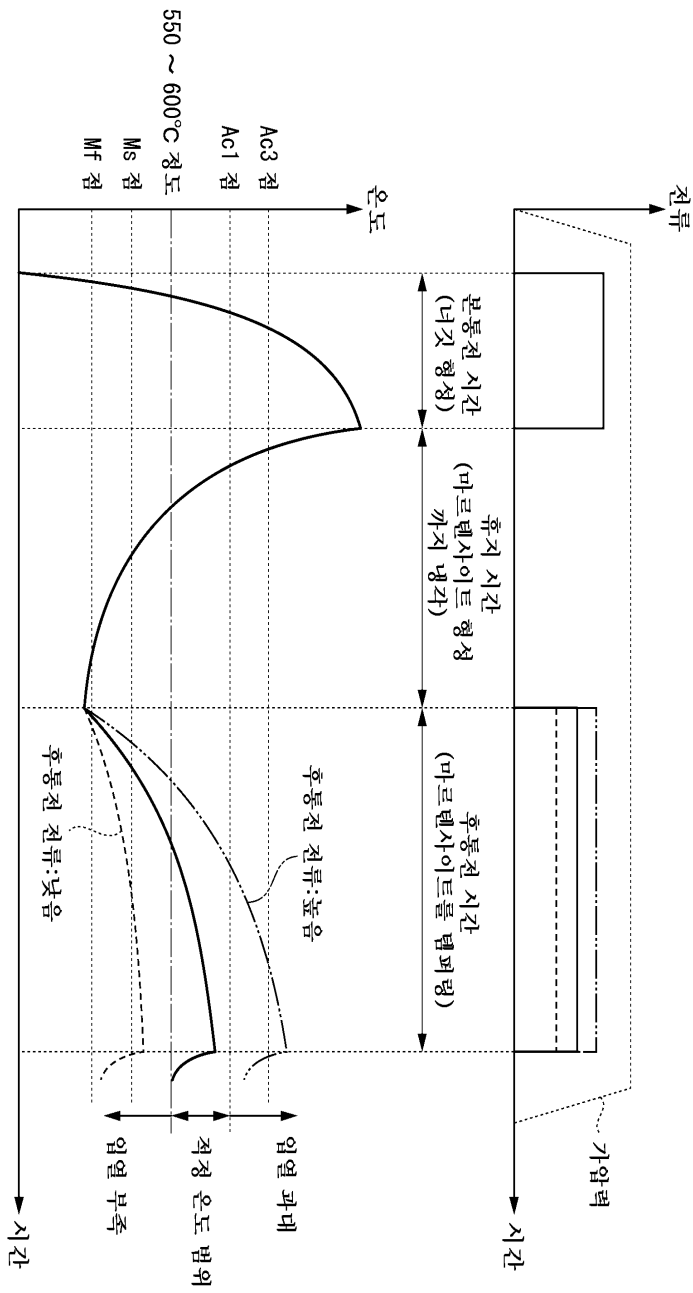
도면2c



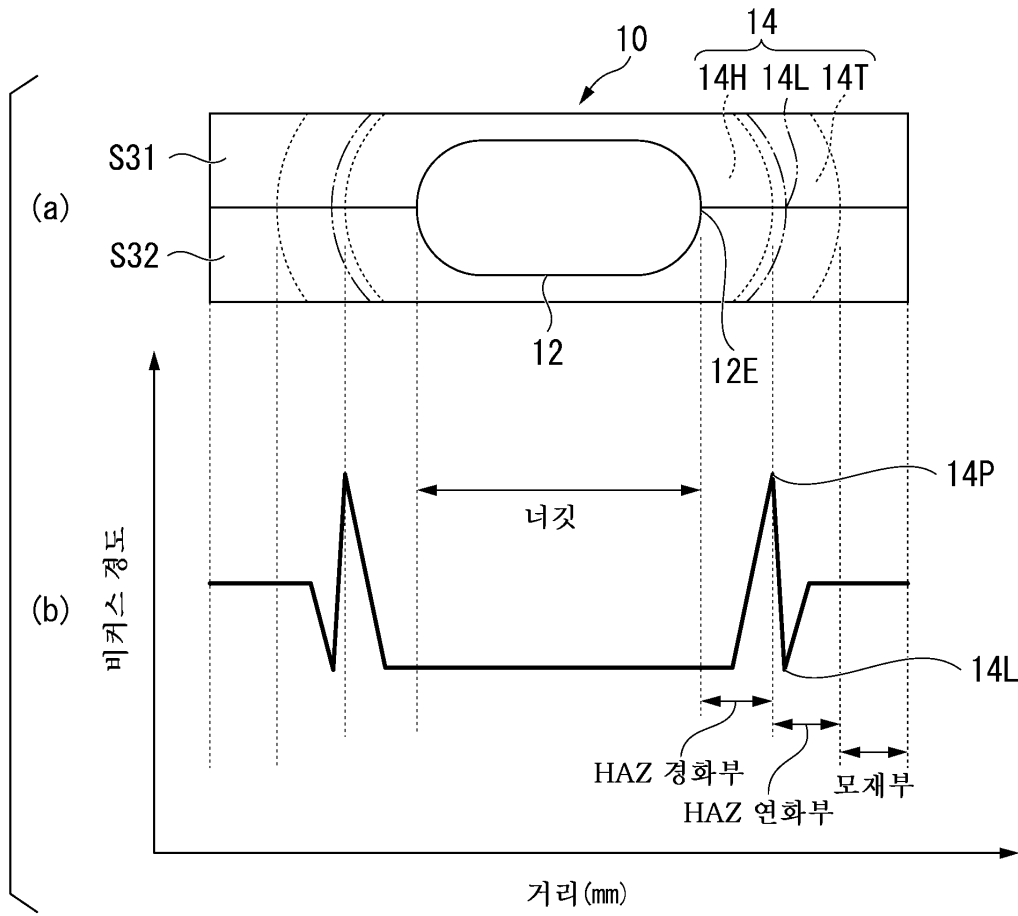
도면2d



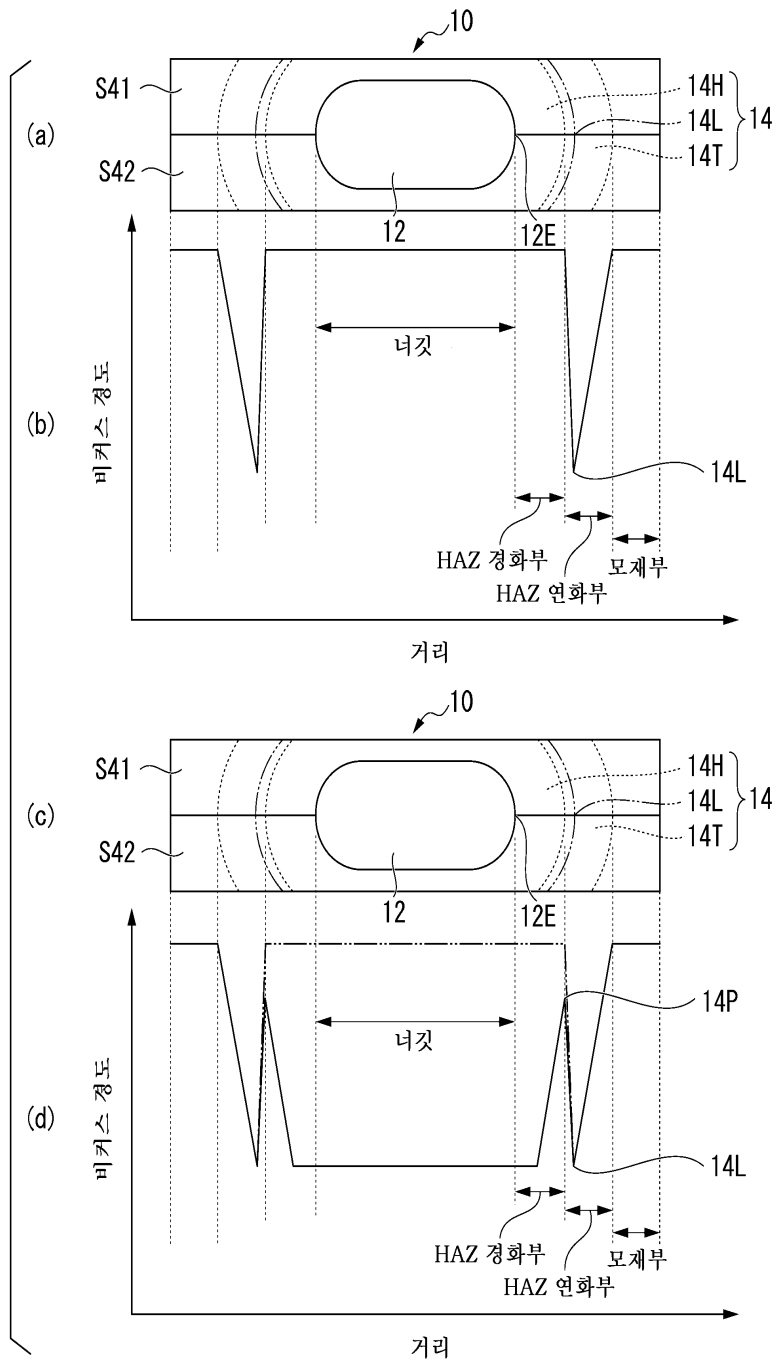
도면3



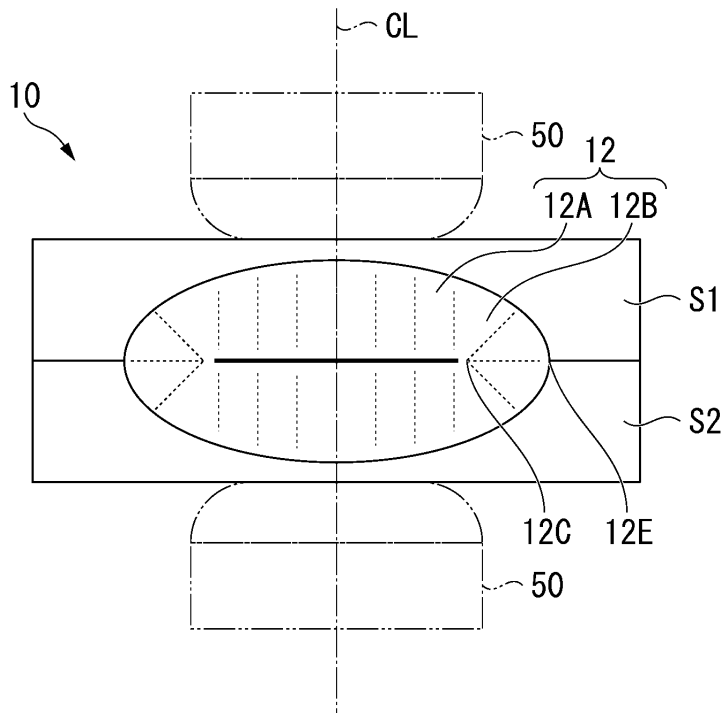
도면4



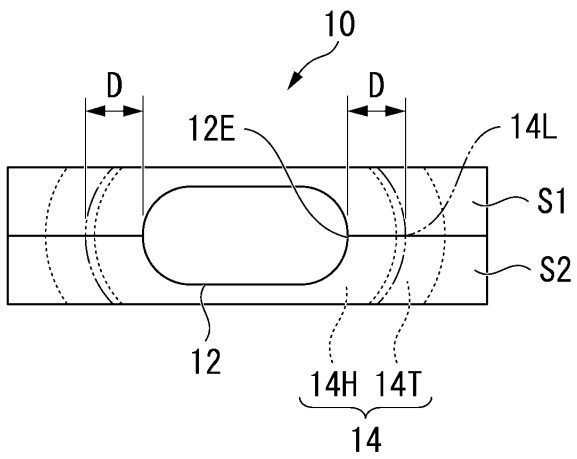
도면5



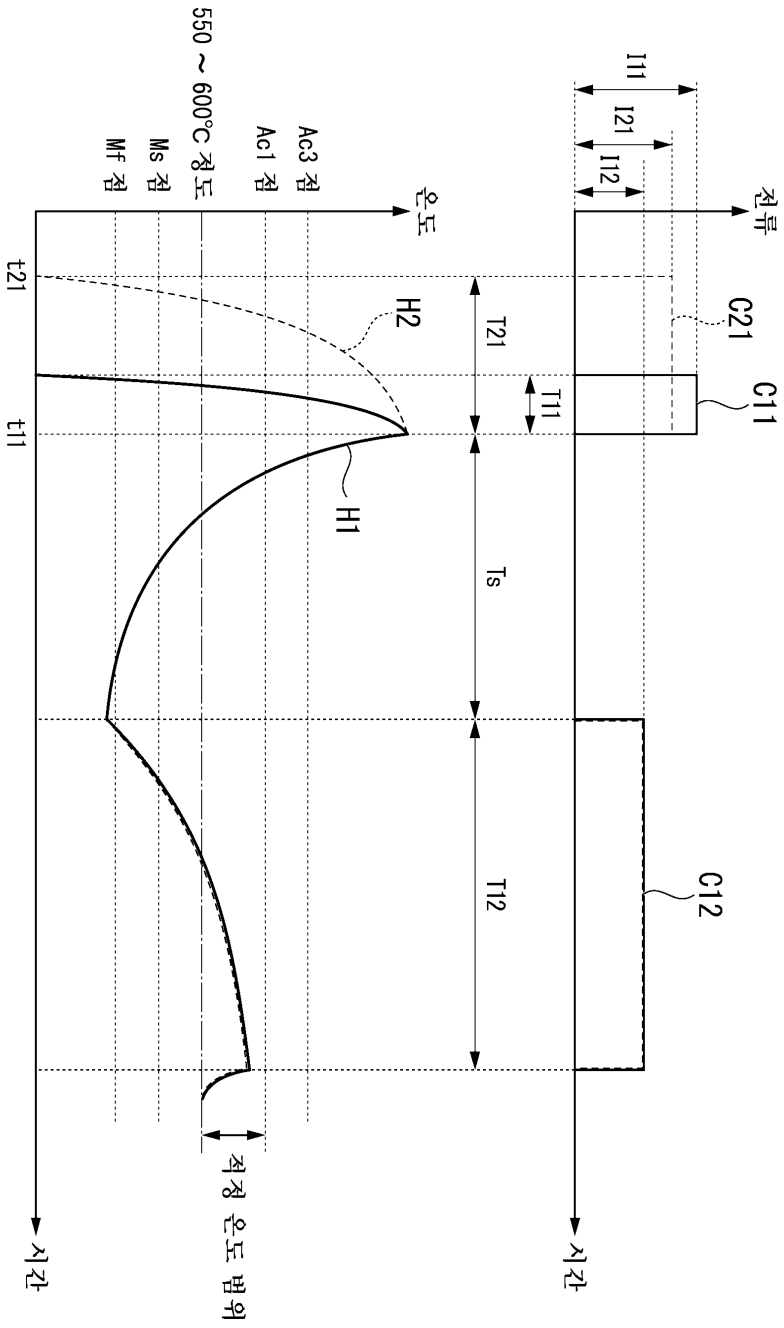
도면6



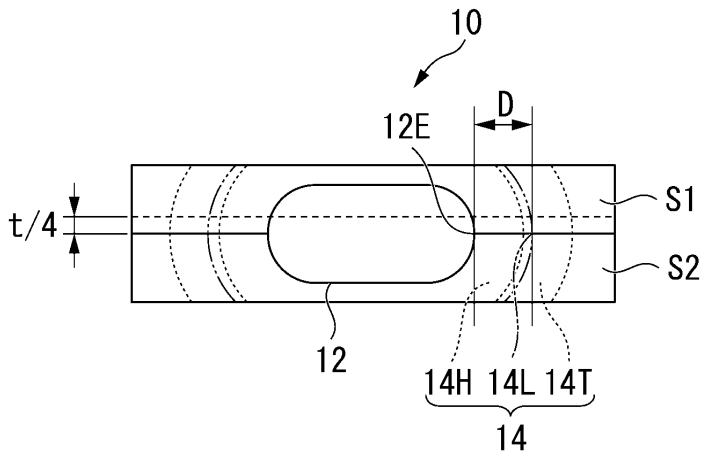
도면7



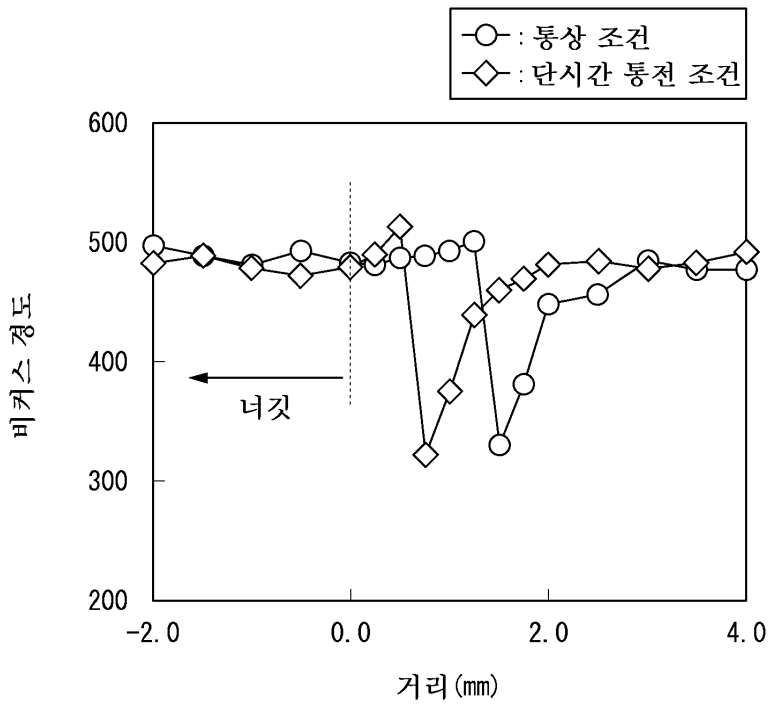
도면8



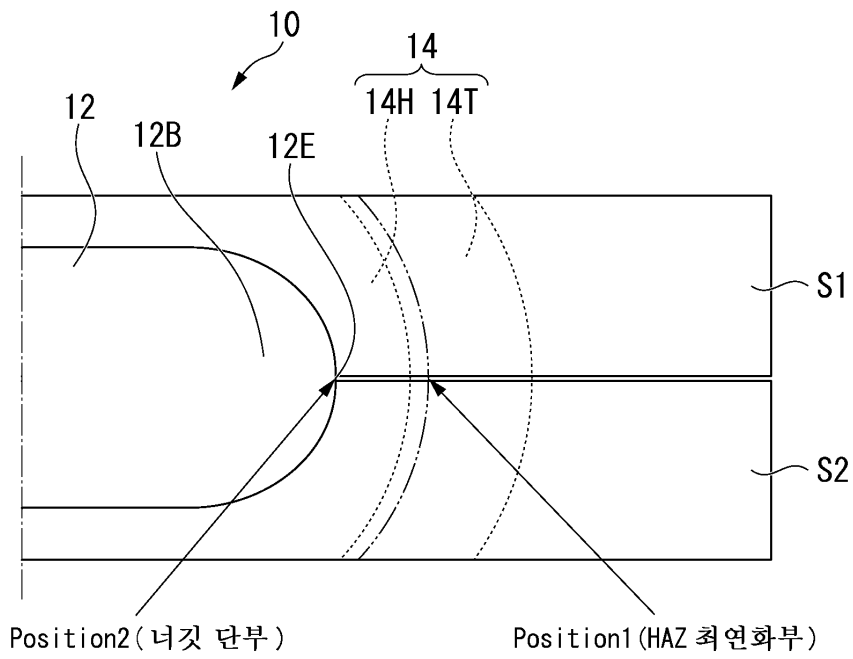
도면9a



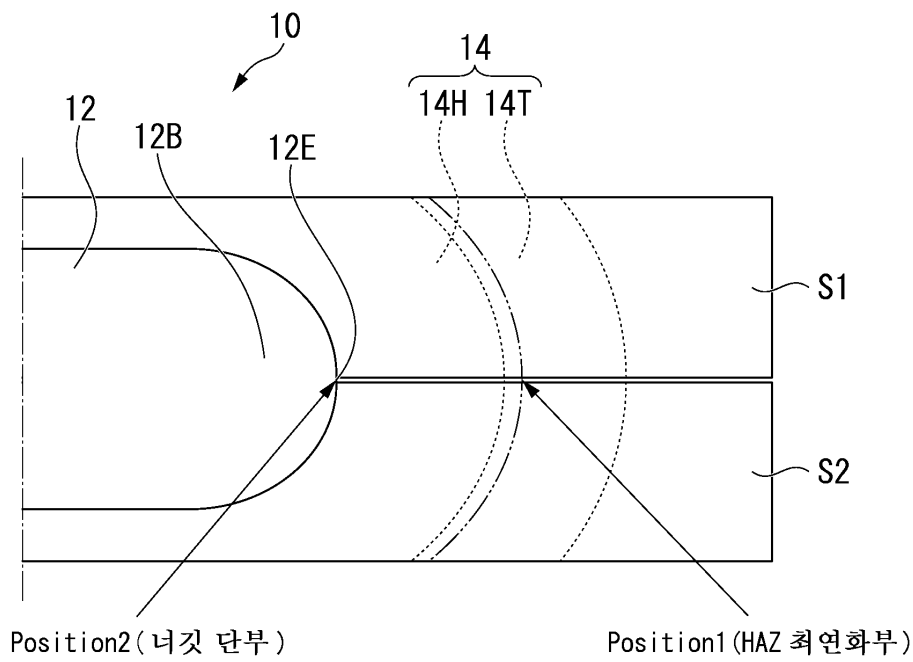
도면9b



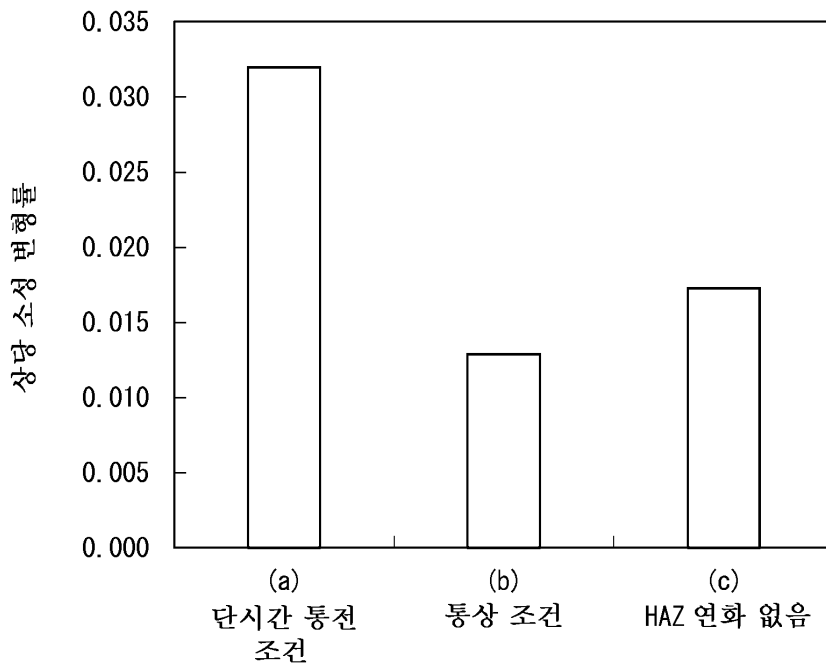
도면10a



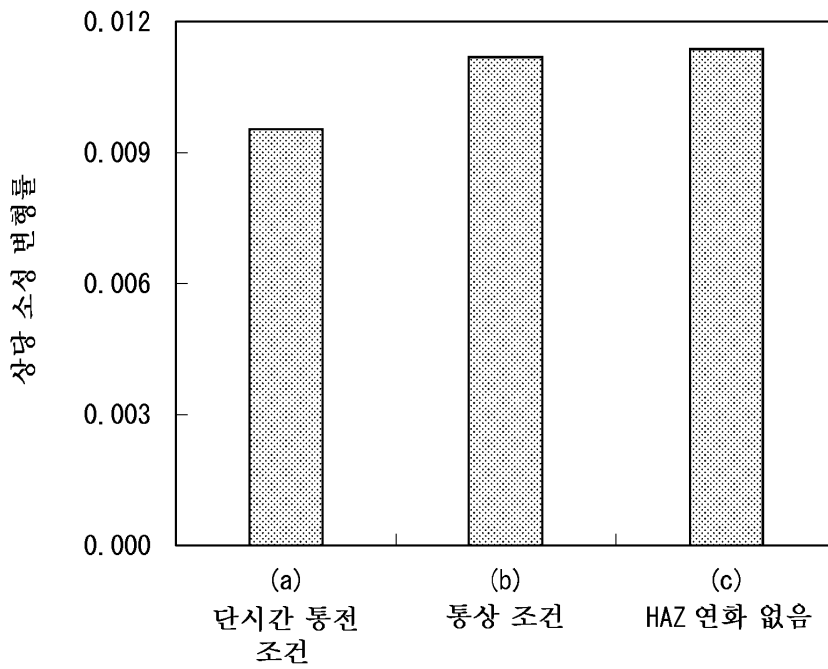
도면10b



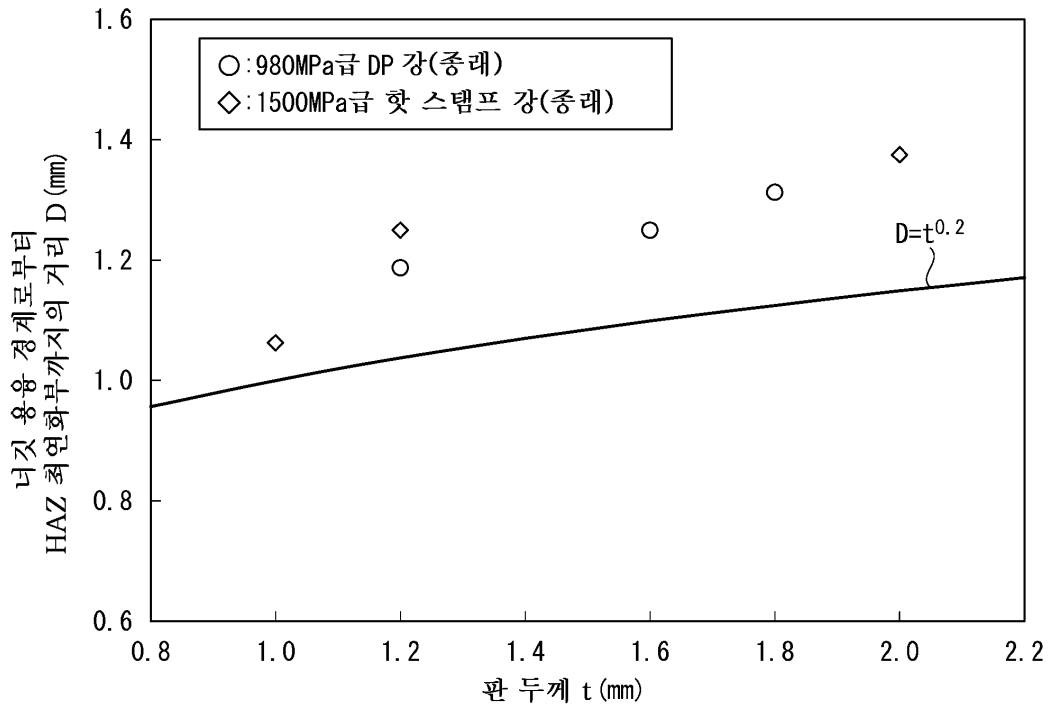
도면11



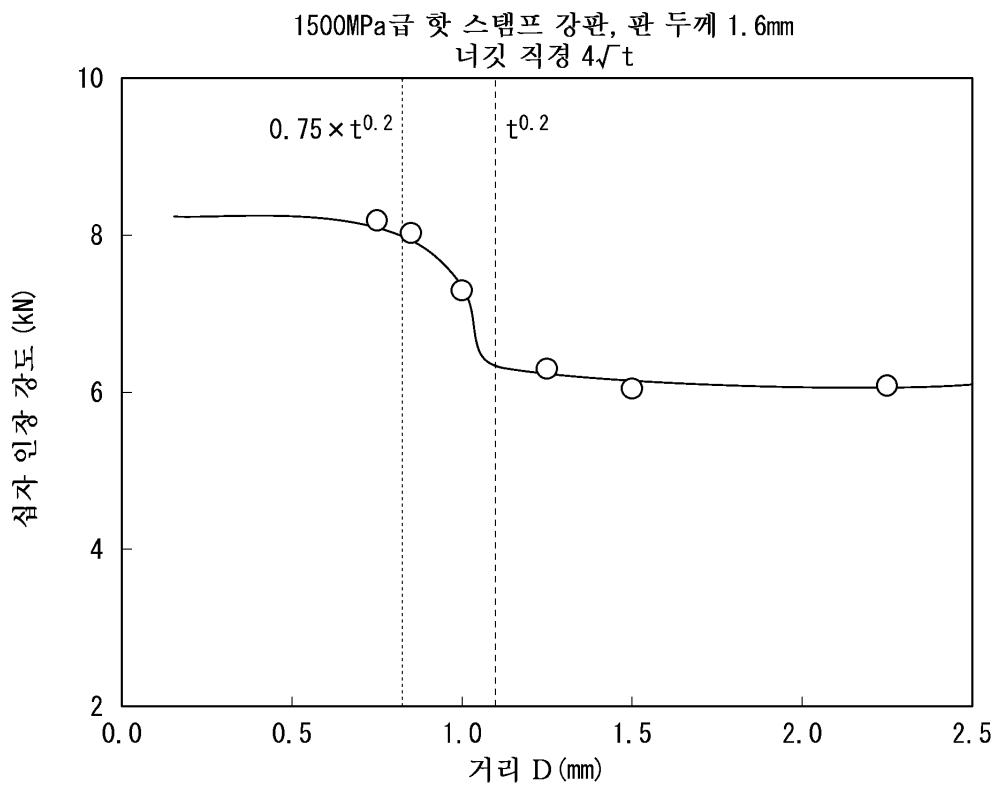
도면12



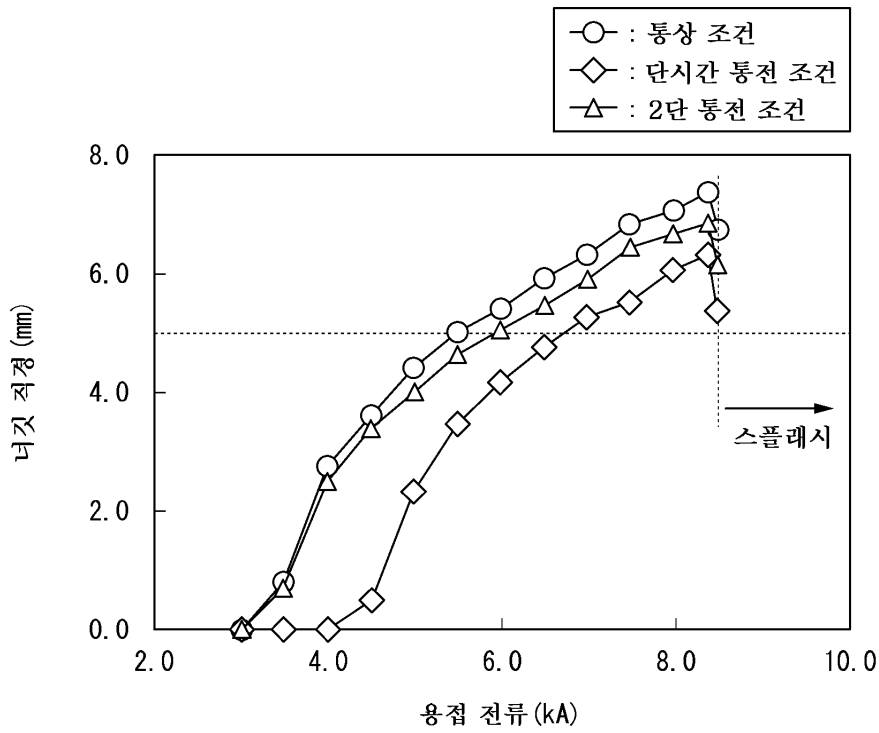
도면13a



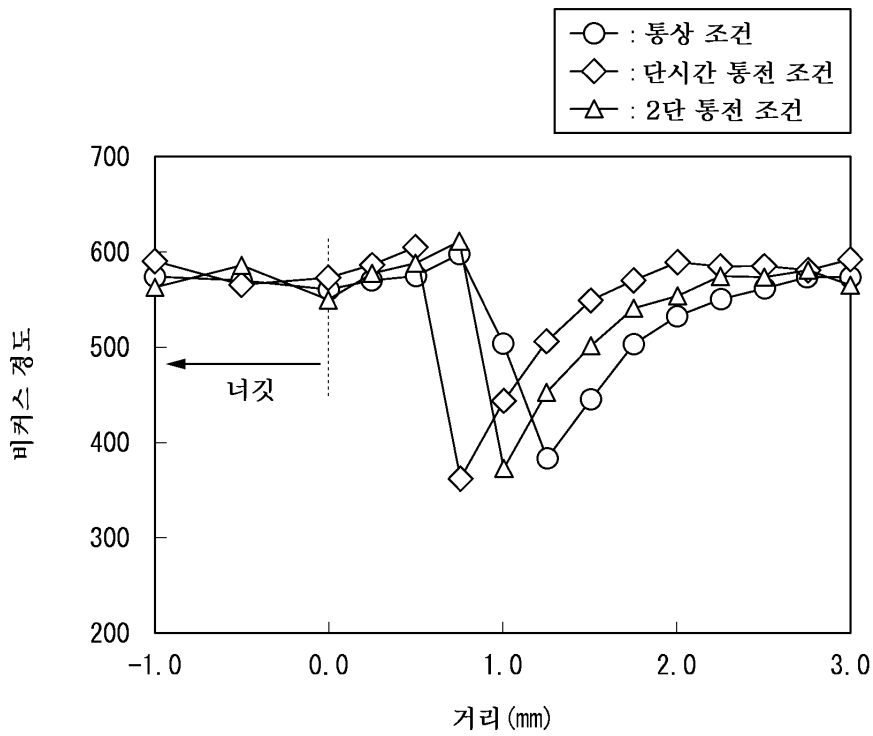
도면13b



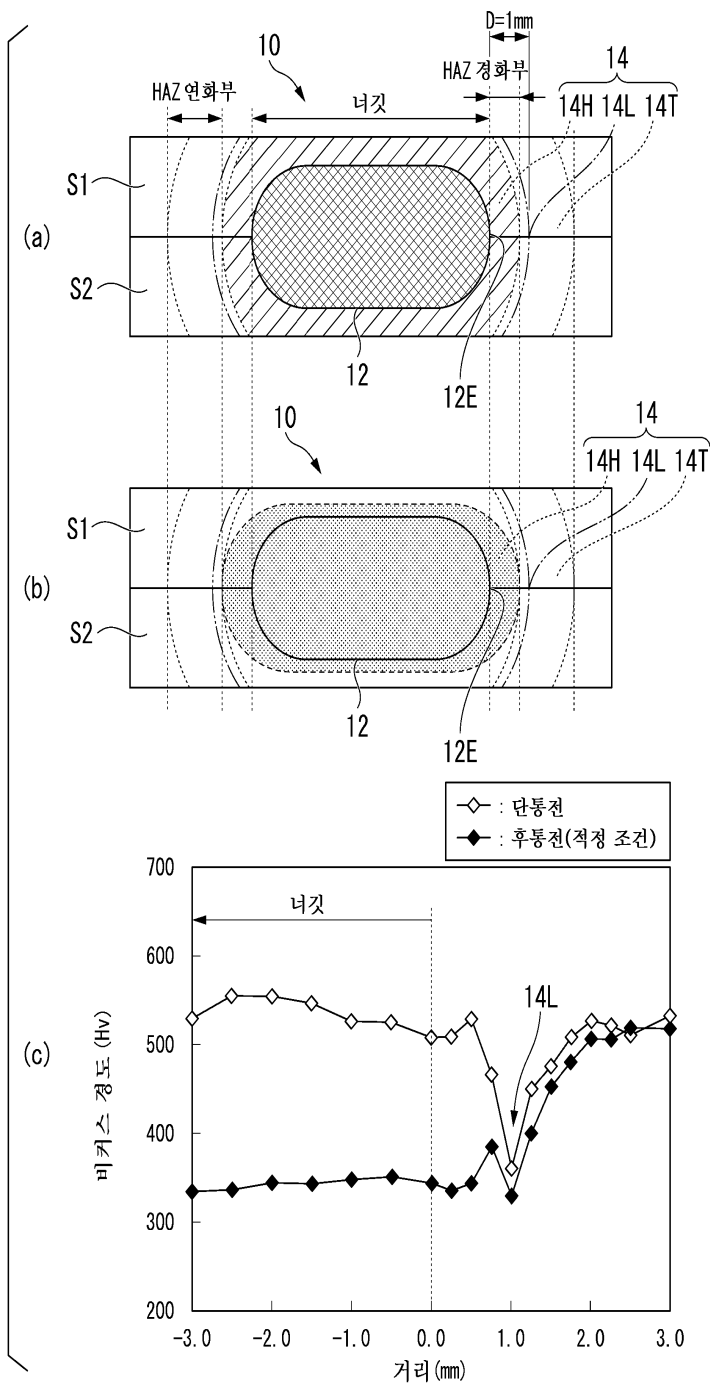
도면14



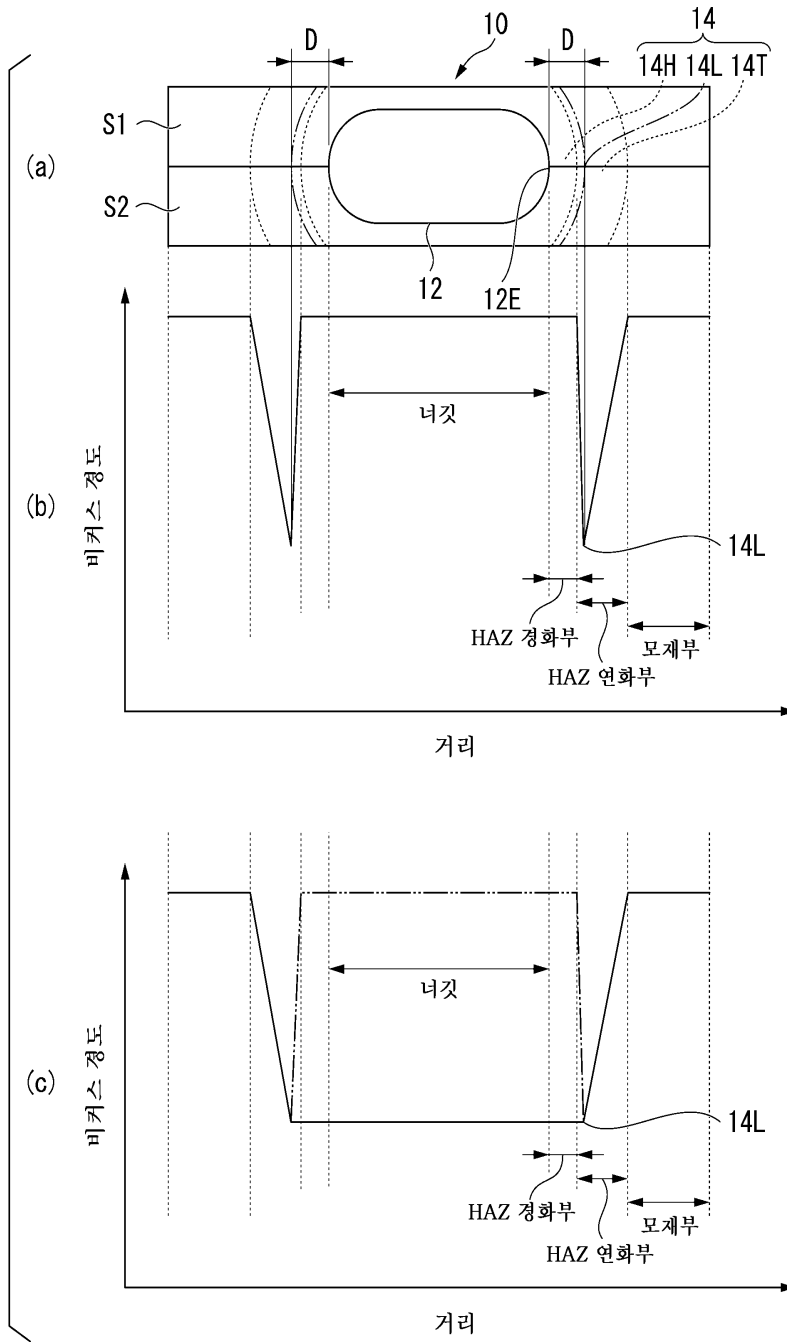
도면15



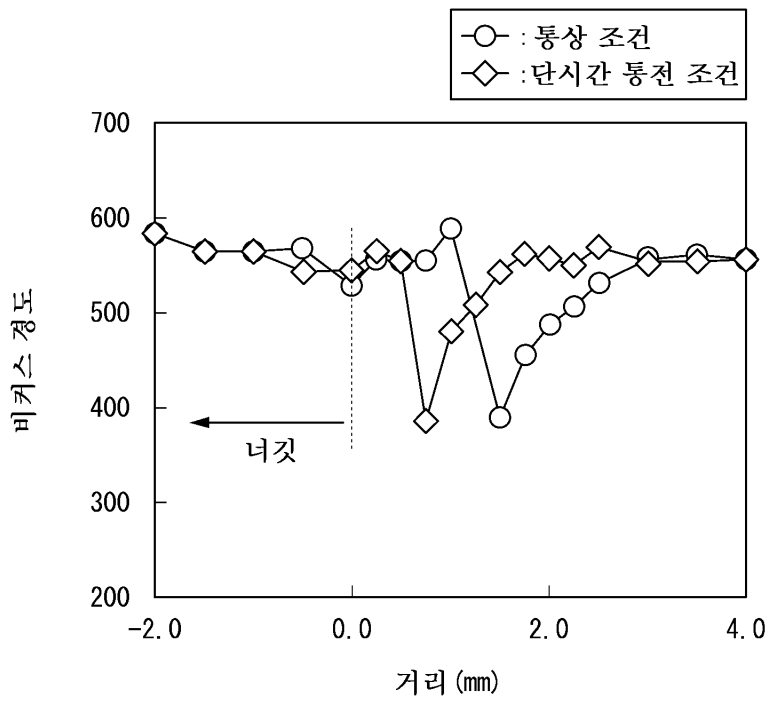
도면16



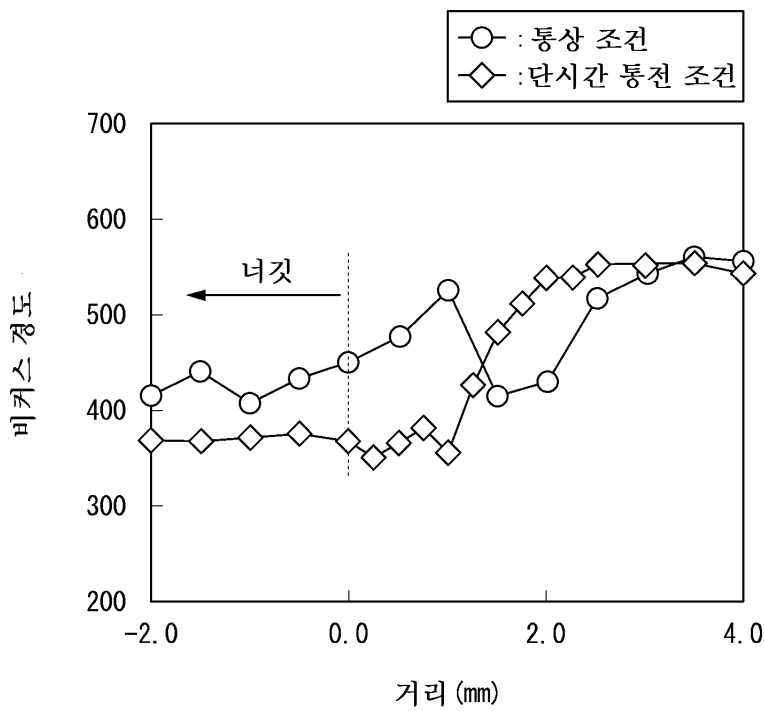
도면17



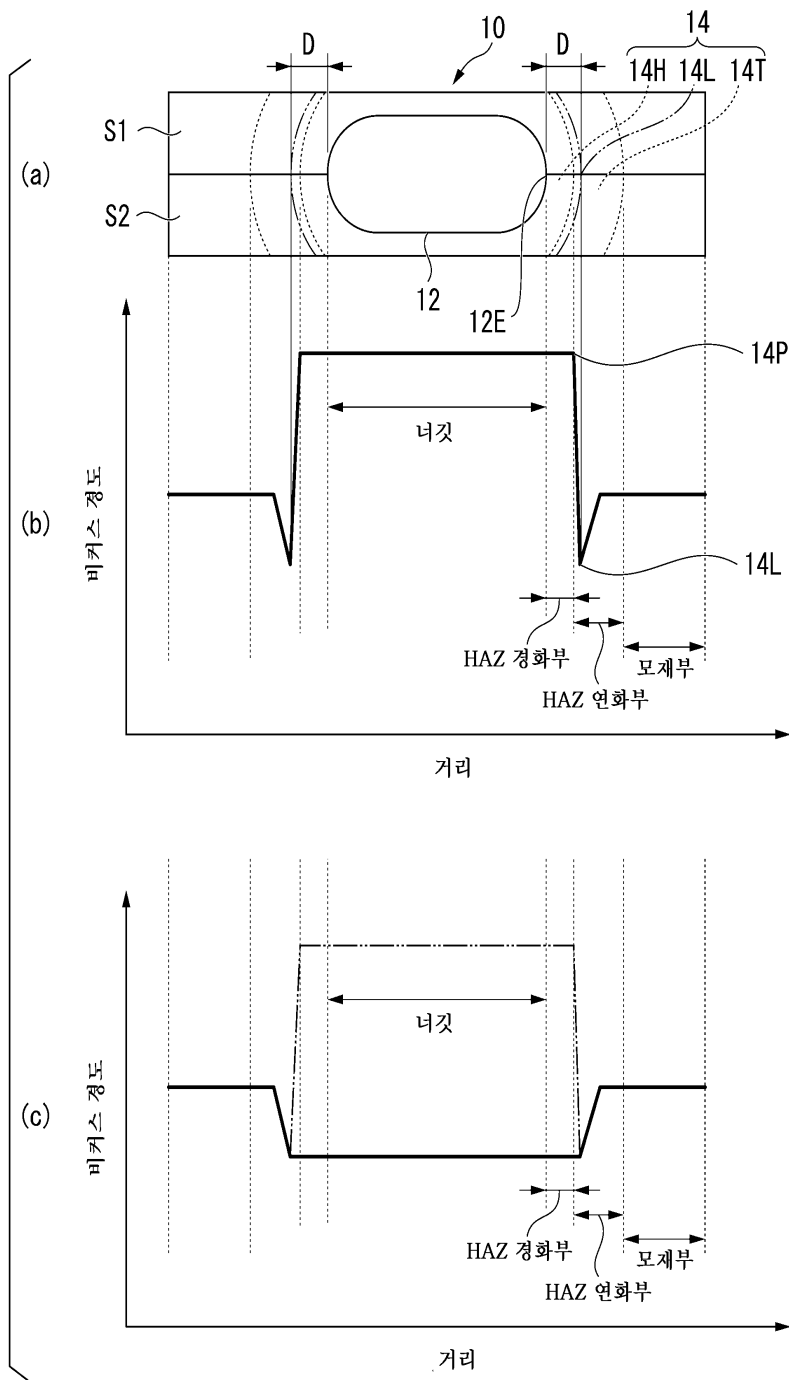
도면18



도면19



도면20



도면21

