



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0037352
(43) 공개일자 2020년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 11/11 (2006.01) B23K 11/24 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 11/115 (2013.01)
B23K 11/241 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7006365
(22) 출원일자(국제) 2018년08월02일
심사청구일자 2020년03월04일
(85) 번역문제출일자 2020년03월04일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2018/029108
(87) 국제공개번호 WO 2019/035367
국제공개일자 2019년02월21일
(30) 우선권주장
JP-P-2017-157919 2017년08월18일 일본(JP)
JP-P-2018-055051 2018년03월22일 일본(JP)

(71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시카이가이사
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고
(72) 발명자
사와니시 치카우미
일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2
반 3고 제이에프이 스틸 가부시카이가이사 치테키자
이산부 나이
마츠다 히로시
일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2
반 3고 제이에프이 스틸 가부시카이가이사 치테키자
이산부 나이
이케다 린세이
일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2
반 3고 제이에프이 스틸 가부시카이가이사 치테키자
이산부 나이
(74) 대리인
이철

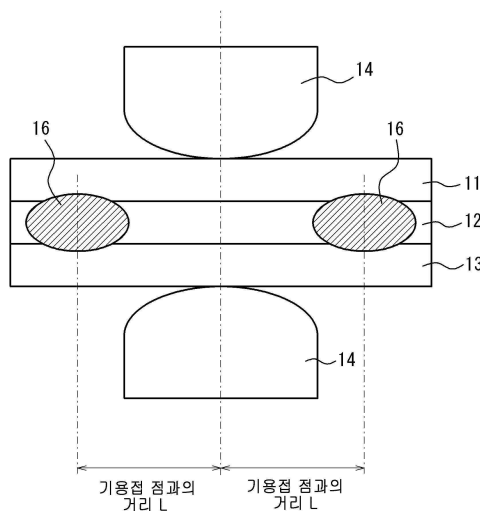
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 저항 스폿 용접 방법 및 용접 부재의 제조 방법

(57) 요약

본 용접과, 본 용접에 앞서는 테스트 용접을 행함과 함께, 테스트 용접을 2가지 이상의 용접 조건으로 행하는 것으로 하고, 테스트 용접에서는, 정전류 제어에 의한 예비 통전과 본 통전을 행함과 함께, 예비 통전시의 전극간의 전기 특성 및, 본 통전시의 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 등을 기억시키고, 본 용접에서는, 테스트 용접과 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행하고, 이 예비 통전에 있어서의 전극간의 전기 특성을, 테스트 용접의 예비 통전에서 기억시킨 전극간의 전기 특성과 용접 조건마다 비교함으로써, 본 용접에 있어서의 본 통전의 목표값을 설정하고, 이어서, 본 통전으로서, 통전량을 제어하는 적응 제어 용접을 행한다.

대표도 - 도4



명세서

청구범위

청구항 1

복수매의 금속판을 서로 겹친 피용접재를, 한 쌍의 전극에 의해 사이에 끼우고, 가압하면서 통전하여 접합하는 저항 스폿 용접 방법으로서,

본 용접과, 당해 본 용접에 앞서는 테스트 용접을 행함과 함께, 당해 테스트 용접을 2가지 이상의 용접 조건으로 행하는 것으로 하고,

상기 테스트 용접에서는, 상기 용접 조건마다,

동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행함과 함께, 당해 예비 통전시에 있어서의 전극간의 전기 특성을 기억시키고,

이어서, 본 통전에서는, 정전류 제어에 의해 통전하고, 적정한 너겟이 형성되는 경우의 전극간의 전기 특성으로부터 산출되는, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을 기억시키고,

또한, 상기 본 용접에서는,

상기 테스트 용접과 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행하고, 당해 예비 통전에 있어서의 전극간의 전기 특성과, 상기 테스트 용접의 예비 통전에서 기억시킨 전극간의 전기 특성을 상기 용접 조건마다 비교하여, 그 차가 가장 작은 용접 조건에 있어서 기억시킨 상기 테스트 용접의 본 통전에 있어서의 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을, 본 용접에 있어서의 본 통전의 목표값으로 설정하고,

이어서, 본 통전으로서, 당해 목표값에 따라, 통전량을 제어하는 적응 제어 용접을 행하는,

저항 스폿 용접 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 적응 제어 용접에 있어서, 상기 목표값으로서 설정한 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 누적 발열량을 기준으로 하여 용접을 행하고, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화량이 기준인 시간 변화 곡선으로부터 벗어난 경우에는, 그 벗어남량을 나머지의 통전 시간 내에서 보상하기 위해, 상기 본 용접의 본 통전에서의 단위 체적당의 누적 발열량이 상기 목표값으로서 설정한 단위 체적당의 누적 발열량과 일치하도록 통전량을 제어하는, 저항 스폿 용접 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 테스트 용접에 있어서, 적어도 1개의 용접 조건에서는 외란을 모의하여 용접을 행하고, 다른 용접 조건에서는 외란이 없는 상태에서 용접을 행하는, 저항 스폿 용접 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 테스트 용접을 3가지 이상의 용접 조건으로 행하는, 저항 스폿 용접 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 테스트 용접에 있어서의 예비 통전의 설정 가압력을 F_p , 본 통전의 설정 가압력을 F_m 으로 했을 때,

$F_p < F_m$

의 관계를 만족하는, 저항 스폿 용접 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 저항 스폿 용접 방법에 의해, 서로 겹친 복수매의 금속판을 접합하는, 용접 부재의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 저항 스폿 용접 방법에 관한 것으로, 특히 분류(current shunting)나 판극(sheet gap) 등의 외란의 영향이 큰 경우라도, 날림(expulsion)을 발생시키는 일 없이 안정되게 너겟 지름(nugget diameter)을 확보하는 것을 가능하게 하고자 하는 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 서로 겹친 강판끼리의 접합에는, 겹침 저항 용접법의 일종인 저항 스폿 용접법이 이용되고 있다.
- [0003] 이 용접법은, 서로 겹친 2매 이상의 강판을 사이에 끼고 그 상하로부터 한 쌍의 전극으로 가압하면서, 상하 전극간에 고전류의 용접 전류를 단시간 통전하여 접합하는 방법이다. 그리고, 이 용접법에서는, 고전류의 용접 전류를 흐르게 함으로써 발생하는 저항 발열을 이용하여, 점 형상의 용접부가 얻어진다. 이 점 형상의 용접부는, 너겟이라고 불리는, 서로 겹친 강판에 전류를 흐르게 했을 때에 강판의 접촉 개소에서 양 강판이 용융하여, 응고한 부분이다. 이 너겟에 의해, 강판끼리가 점 형상으로 접합된다.
- [0004] 양호한 용접부 품질을 얻기 위해서는, 너겟 지름이 적정한 범위로 형성되는 것이 중요하다. 너겟 지름은, 용접 전류, 통전 시간, 전극 형상 및 가압력 등의 용접 조건에 의해 정해진다. 따라서, 적절한 너겟 지름을 형성하기 위해서는, 피(被)용접재의 재질, 판두께 및 겹침 매수 등의 피용접재 조건에 따라서, 상기의 용접 조건을 적정하게 설정할 필요가 있다.
- [0005] 예를 들면, 자동차의 제조시에 있어서는, 1대당 수천점의 스폿 용접이 실시되어 있고, 또한 계속해서 흘러 오는 피처리재(워크)를 용접할 필요가 있다. 이 때, 각 용접 개소에 있어서의 피용접재의 재질, 판두께 및 겹침 매수 등의 피용접재의 상태가 동일하면, 용접 전류, 통전 시간 및 가압력 등의 용접 조건도 동일한 조건에서 동일한 너겟 지름을 얻을 수 있다. 그러나, 연속한 용접에서는, 전극의 피용접재 접촉면이 점차 마모하여 접촉 면적이 초기 상태보다도 점차 넓어진다. 이와 같이 접촉 면적이 넓어진 상태에서, 초기 상태와 동일한 값의 용접 전류를 흐르게 하면, 피용접재 중의 전류 밀도가 저하하여, 용접부의 온도 상승이 낮아진다. 그 결과, 너겟 지름은 작아진다. 따라서, 수백~수천점의 용접마다, 전극의 연마 또는 교환을 행하여, 전극의 선단 지름이 지나치게 확대하지 않도록 하고 있다.
- [0006] 그 외에, 미리 정한 횟수의 용접을 행하면 용접 전류값을 증가시켜, 전극의 마모에 수반하는 전류 밀도의 저하를 보상하는 기능(스테퍼 기능(stepper function))을 구비한 저항 용접 장치가, 종래부터 사용되고 있다. 이 스텝 기능을 사용하기 위해서는, 전술한 용접 전류 변화 패턴을 미리 적정하게 설정해 둘 필요가 있다. 그러나, 이를 위해, 수많은 용접 조건 및 피용접재 조건에 대응한 용접 전류 변화 패턴을, 시험 등에 의해 도출하기에는, 많은 시간과 비용이 필요해진다. 또한, 실제의 시공에 있어서는, 전극 마모의 진행 상태에는 편차가 있기 때문에, 미리 정한 용접 전류 변화 패턴이 항상 적정하다고는 할 수 없다.
- [0007] 또한, 용접시에 있어서 외란(disturbance)이 존재하는 경우, 예를 들면, 용접하는 점의 가까이에 이미 용접한 점(기(既)용접점(existing weld))이 있는 경우나, 피용접재의 표면 요철이 커 용접하는 점의 가까이에 피용접재의 접촉점이 존재하는 경우에는, 용접시에 기용접점이나 접촉점에 전류가 분류한다. 이러한 상태에서는, 소정의 조건으로 용접해도, 전극 바로 아래의 용접하고 싶은 위치에 있어서의 전류 밀도는 저하하기 때문에, 역시 필요한 지름의 너겟은 얻어지지 않게 된다. 이 발열량 부족을 보상하고, 필요한 지름의 너겟을 얻기 위해서는, 미리 높은 용접 전류를 설정하는 것이 필요해진다.
- [0008] 또한, 표면 요철이나 부재의 형상 등에 의해 용접하는 점의 주위가 강하게 구속되어 있는 경우나, 용접점 주위

의 강판간에 이물이 끼워져 있거나 하는 경우에는, 강판간의 판극이 커짐으로써 강판끼리의 접촉 지름이 좁아져, 날림이 발생하기 쉬워지기도 한다.

[0009] 상기의 문제를 해결하는 것으로서, 이하에 언급하는 기술이 제안되어 있다.

[0010] 예를 들면, 특허문헌 1에는,

[0011] 「고장력 강판을 스폿 용접하는 고장력 강판의 스폿 용접 방법으로서, 상기 고장력 강판으로의 통전 전류를 점변적으로(gradually) 상승시킴으로써 너겟 생성을 행하는 제1 스텝과, 상기 제1 스텝의 후에 전류 하강시키는 제2 스텝과, 상기 제2 스텝 후에 전류 상승시켜 본 용접함과 함께, 점변적으로 통전 전류를 하강시키는 제3 스텝을 구비한 공정에 의해 스폿 용접을 행하는 고장력 강판의 스폿 용접 방법」

[0012] 이 제안되어 있다.

[0013] 특허문헌 2에는,

[0014] 「한 쌍의 상대향하는 전극으로 피용접물을 사이에 끼우고, 가압한 상태에서 상기 전극간에 용접 전류를 흐르게 하여 상기 피용접물을 스폿 용접하는 스폿 용접 장치에 있어서, 통전 시간의 초기에 스패터링(sputtering)의 발생을 억제할 수 있는 정도의 전류값으로 소정 시간 유지하여 피용접물의 표면을 연화시키고, 그 후에 전류값을 소정 시간 높게 유지하여 스패터링의 발생을 억제하면서 너겟을 성장시키는 스폿 용접의 통전 제어 방법」

[0015] 이 제안되어 있다.

[0016] 특허문헌 3에는,

[0017] 「용접 전류 검출 수단과, 전극간 전압 검출 수단과, 상기 검출 수단에 의해 검출한 용접 전류 및 전극간 전압의 경시 변화로부터 용접부의 온도 분포 1을 추산하는 온도 분포 추산 수단과, 상기 용접 전류 및 상기 전극간 전압의 경시 변화로부터 용접부의 인덕턴스 특성값을 산출하는 인덕턴스 특성값 연산 수단과,

[0018] 상기 온도 분포 추산 수단에 의해 추산된 온도 분포 1과 상기 인덕턴스 특성값을 이용하여 추산한 온도 분포 2를 비교한 결과에 의해 상기 온도 분포 추산 수단을 조정하는 조정 수단과, 상기 온도 분포 1을 이용하여 용접 조건인 용접 전류, 용접 시간 또는 가압력의 적어도 1개를 제어하는 제어 수단을 구비한 저항 용접기의 제어 장치」

[0019] 가 제안되어 있다.

[0020] 특허문헌 4에는,

[0021] 「용접 전류와 팁(tips)간 전압을 검출하고, 양 검출값으로부터 열 전도 계산에 의해 용접부의 시뮬레이션을 행하는 열 전도 시뮬레이터를 이용하여, 용접 중에 있어서의 용접부의 너겟 형성 상황을 나타내는 상태량을 추정하고, 상기 상태량과 추정 시점에서의 기준 상태량을 비교하여, 그 비교 결과에 따라 용접 조건의 수정을 행함과 함께, 용접 개시 후에 있어서의 용접 상황을 나타내는 모니터값에 의해 계면 저항을 삽입하는 등의 열 전도 시뮬레이터의 구성을 수정함으로써 상기 상태량과 기준 상태량을 일치시키는 것을 특징으로 하는 저항 용접기의 용접 조건 제어 방법」

[0022] 이 제안되어 있다.

[0023] 특허문헌 5에는,

[0024] 「피용접물을 사이에 끼우는 한 쌍의 전극과, 그 한 쌍의 전극간에 용접 전류를 흐르게 하는 전원 장치와, 그 전원 장치를 제어하는 제어 장치를 구비한 저항 용접 시스템에 있어서, 그의 피용접물을 양호하게 용접하는 단위 체적당의 누적 발열량으로부터 단위 체적·단위 시간당의 발열량을 계산하고, 계산된 단위 체적·단위 시간당의 발열량을 발생시키는 용접 전류 또는 전압으로 조정하는 처리 순서를 부가한 것을 특징으로 하는 저항 용접 시스템」

[0025] 이 제안되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0026] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2003-236674호
 (특허문헌 0002) 일본공개특허공보 2006-43731호
 (특허문헌 0003) 일본공개특허공보 평9-216071호
 (특허문헌 0004) 일본공개특허공보 평10-94883호
 (특허문헌 0005) 일본공개특허공보 평11-33743호
 (특허문헌 0006) 국제공개 2014/136507호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0027] 그러나, 특허문헌 1 및 2에 기재된 기술에서는, 외란의 유무 및 대소에 의해 적정해지는 용접 조건은 변화한다고 생각되기 때문에, 상정 이상의 관극이나 분류가 발생했을 때에는, 날림을 발생시키는 일 없이 소망하는 너겟 지름을 확보할 수 없다는 문제가 있었다.
- [0028] 또한, 특허문헌 3 및 4에 기재된 기술에서는, 열 전도 모델(열 전도 시뮬레이션) 등에 기초하여 너겟의 온도를 추정하기 때문에, 복잡한 계산 처리가 필요하고, 용접 제어 장치의 구성이 복잡하게 될 뿐만 아니라, 용접 제어 장치 자체가 고가로 된다는 문제가 있었다.
- [0029] 또한, 특허문헌 5에 기재된 기술에서는, 누적 발열량을 목표값으로 제어함으로써, 전극이 일정량 마모되어 있다고 해도 양호한 용접을 행할 수 있는 것으로 생각된다. 그러나, 설정한 피용접재 조건과 실제의 피용접재 조건이 크게 상이한 경우, 예를 들면 가까이에 전술한 기용접점 등의 외란이 존재하는 경우나, 발열량의 시간 변화 패턴이 단시간에 크게 변화하는 경우, 예를 들면 단위 면적당 양이 많은 용융 아연 도금 강판의 용접의 경우 등에는, 적응 제어를 추종할 수 없고, 최종적인 누적 발열량을 목표값에 맞출 수 있어도, 발열의 형태, 즉 용접 부의 온도 분포의 시간 변화가 목표로 하는 양호한 용접부가 얻어지는 열량 패턴으로부터 벗어나, 필요로 하는 너겟 지름이 얻어지지 않거나, 날림이 발생하거나 한다.
- [0030] 예를 들면, 분류의 영향이 큰 경우에 누적 발열량을 맞추고자 하면, 강판간이 아니라 전극-강판간 근방에서의 발열이 현저해지고, 강판 표면으로부터의 날림이 발생하기 쉬워진다는 문제가 있다.
- [0031] 더하여, 특허문헌 3~5의 기술은 모두, 전극 선단이 마모된 경우의 변화에 대해서는 어느 정도는 유효하지만, 기용접점과의 거리가 짧은 경우 등, 분류의 영향이 큰 경우에 대해서는 하등 검토가 이루어져 있지 않고, 실제로 적응 제어가 작용하지 않는 경우가 있었다.
- [0032] 그래서, 발명자들은 먼저, 상기의 문제를 해결하는 것으로서,
- [0033] 「복수매의 금속판을 서로 겹친 피용접재를, 한 쌍의 전극에 의해 사이에 끼우고, 가압하면서 통전하여 접합하는 저항 스폿 용접 방법에 있어서,
- [0034] 통전 패턴을 2단 이상의 다단 스텝으로 분할하여, 용접을 실시하는 것으로 하고,
- [0035] 우선, 본 용접에 앞서, 각 스텝마다, 정전류 제어에 의해 통전하여 적정한 너겟을 형성하는 경우의 전극간의 전기 특성으로부터 산출되는, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 및 단위 체적당의 누적 발열량을 목표값으로 하여 기억시키는 테스트 용접을 행하고,
- [0036] 이어서, 본 용접으로서, 당해 테스트 용접으로 얻어진 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선을 기준으로 하여 용접을 개시하고, 어느 하나의 스텝에 있어서, 순간 발열량의 시간 변화량이 기준인 시간 변화 곡선으로부터 벗어난 경우에, 그 차를 당해 스텝의 나머지의 통전 시간 내에서 보상하기 위해, 본 용접의 누적 발열량이 테스트 용접에서 미리 구한 누적 발열량과 일치하도록 통전량을 제어하는 적응 제어 용접을 행하는 것을 특징으로 하는 저항 스폿 용접 방법」을 개발하여, 특허문헌 6에 있어서 개시했다.
- [0037] 특허문헌 6의 기술에 의해, 전극 선단이 마모되거나, 외란이 존재하는 바와 같은 경우라도, 양호한 지름의 너겟을 얻을 수 있게 되었다.

[0038] 그러나, 외란의 영향이 특히 큰 경우, 예를 들면, 큰 너겟 지름을 확보할 필요가 있는 경우나, 기용접점이 바로 가까이에 존재하거나, 기용접점이 용접점의 주위에 다수 존재하는 경우, 강판간의 판극이 큰 경우 등에는, 때로는 전극 근방에서의 발열이 과대하게 되어 날림이 발생하는 경우가 있어, 더 더욱 만족스러운 너겟 지름이 얻어지지 않는 경우가 있었다.

[0039] 본 발명은, 상기 기재한 특허문헌 6의 개량 발명에 따른 것으로서, 상기와 같이 외란의 영향이 특히 큰 경우라도, 날림의 발생이나 통전 시간의 증가없이, 적절한 지름의 너겟을 얻을 수 있는 저항 스폿 용접 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0040] 또한, 본 발명은, 상기의 저항 스폿 용접 방법을 이용한 용접 부재의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0041] 그래서, 발명자들은, 상기의 목적을 달성하기 위해, 예의 검토를 거듭했다.

[0042] 전술한 바와 같이, 외란의 영향이 크고, 혹은 추가로 전극 선단이 마모되어 있는 경우에는, 특허문헌 6의 기술에 따라, 테스트 용접에서 얻어진 누적 발열량을 목표값으로 설정하여 소위 적응 제어 용접을 행했다고 해도, 발열의 형태, 즉 용접부의 온도 분포의 시간 변화(이하, 열량 패턴이라고도 함)가, 목표로 하는 조건(즉, 테스트 용접에 의해, 양호한 용접부가 얻어졌을 때의 용접부의 온도 분포의 시간 변화)과 상이한 경우가 있고, 이에 따라, 필요로 하는 너겟 지름이 얻어지지 않거나, 날림이 발생하거나 한다.

[0043] 이 점에 대해서, 발명자들이 더욱 상세하게 검토한 결과, 이하와 같은 인식을 얻었다.

[0044] 즉, 저항 스폿 용접 개시 전 및 용접 초기에 있어서는, 용접점에서의 강판간의 저항이 높은, 즉, 통전 지름이 확보되어 있지 않은 상태이다. 따라서, 외란이 존재하는 경우, 예를 들면 분류의 영향이 큰 경우에, 테스트 용접에서 얻어진 누적 발열량을 목표값으로 설정하여 적응 제어 용접을 행하면, 용접 초기의 강판간의 통전 지름이 확보되어 있지 않은 상태에서는, 용접 전류가 과대해진다. 이 때문에, 강판-강판간이 아니라 전극-강판간 근방에서의 발열이 현저해져, 테스트 용접과 발열 형태가 크게 상이해져 버린다.

[0045] 또한, 특히 강판간의 판극이 큰 경우는, 전극의 형상을 따르도록, 강판이 크게 휘기 때문에, 판극이 없는 경우와 비교하여 전극-강판간의 접촉 면적이 커진다. 이에 따라, 전극 근방에 있어서의 전류 밀도가 저하하고, 또한 전극으로의 발열(heat releasing)도 촉구되기 때문에, 판두께 방향으로의 너겟 성장이 방해되어, 박육(thin)의 너겟이 형성되기 쉬워진다.

[0046] 추가로, 용융부의 체적이 감소함으로써 용접부의 고유 저항이 저하하고, 전극간 전압이 내려간다는 현상이 발생하는 경우가 있다. 전극간 전압이 저하하면, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 및 단위 체적당의 누적 발열량을 목표값으로 하여 적응 제어 용접을 행하는 경우, 용접 제어 장치는, 발열량이 저하했다고 인식하게 된다. 그 결과, 실제로는 적절한 너겟 지름이 얻어졌다고 해도, 용접 제어 장치가 용접 전류를 급격하게 증가시켜, 날림의 발생을 초래한다.

[0047] 이상의 점을 근거로 하여, 발명자들이 추가로 검토를 거듭한 결과,

[0048] · 테스트 용접을 몇 개의 용접 조건으로 행하고, 각각 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량(이하, 단순히 시간 변화 곡선 등이라고도 함)을 기억시키고,

[0049] · 본 용접에서는, 외란의 상태 등을 고려하여, 기억시킨 시간 변화 곡선 등의 중에서 최적의 것을 목표값으로 설정하여 적응 제어 용접을 행하면, 외란의 영향이 크고, 혹은 추가로 전극 선단이 마모되어 있는 경우라도, 날림의 발생없이 적절한 지름의 너겟이 얻어지는 것이 아닌가,

[0050] 라고 생각하기에 이르렀다.

[0051] 그리고, 발명자들이 추가로 검토를 거듭한 결과,

[0052] · 복수의 시간 변화 곡선 등으로부터 최적의 것을 선택하기 위해서는, 통전의 극초기에 나타나는 외란의 영향을 설정 지표로 하는, 구체적으로는, 본 통전의 전에 예비 통전을 행하여, 이 예비 통전시에 있어서의 전극간의 전기 특성으로부터, 목표값으로 하는 시간 변화 곡선 등을 선택하는 것이 유효하고,

[0053] · 이에 따라, 외란의 영향이 특히 큰 경우라도, 적응 제어 용접시에 있어서의 용접부의 열량 패턴을, 테스트 용접에 있어서의 열량 패턴에 따르게 하는 것이 가능해져, 통전 시간의 증가나 날림의 발생없이, 적절한 지름의

너겟을 얻을 수 있고,

- [0054] · 또한, 자동차의 제조 등의 실작업에 있어서는, 계속해서 흘러 오는 피처리재를 연속적으로 용접하지만, 시공 조건이나 피처리재의 치수 오차 등에 의해, 통상, 용접 위치나 피처리재마다 외란의 상태는 변동하고,
- [0055] · 이 점, 상기의 용접 방법에 의하면, 예비 통전시에 있어서의 전극간의 전기 특성으로부터, 외란 상태를 가미하여 시간 변화 곡선 등을 설정하기 때문에, 외란의 상태의 변동에 유효하게 대응하여 소망하는 너겟 지름을 안정적으로 확보하는 것이 가능해 지고, 그 결과, 실작업에서의 작업 효율이나 수율의 향상이라는 점에서도 매우 유리하게 된다는
- [0056] 인식을 얻었다.
- [0057] 본 발명은, 상기의 인식에 기초하여, 추가로 검토를 더하여 완성된 것이다.
- [0058] 즉, 본 발명의 요지 구성은 다음과 같다.
- [0059] 1. 복수매의 금속판을 서로 겹친 피용접재를, 한 쌍의 전극에 의해 사이에 끼우고, 가압하면서 통전하여 접합하는 저항 스폿 용접 방법으로서,
- [0060] 본 용접과, 당해 본 용접에 앞서는 테스트 용접을 행함과 함께, 당해 테스트 용접을 2가지 이상의 용접 조건으로 행하는 것으로 하고,
- [0061] 상기 테스트 용접에서는, 상기 용접 조건마다,
- [0062] 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행함과 함께, 당해 예비 통전시에 있어서의 전극간의 전기 특성을 기억시키고,
- [0063] 이어서, 본 통전에서는, 정전류 제어에 의해 통전하고, 적정한 너겟이 형성되는 경우의 전극간의 전기 특성으로부터 산출되는, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을 기억시키고,
- [0064] 추가로, 상기 본 용접에서는,
- [0065] 상기 테스트 용접과 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행하고, 당해 예비 통전에 있어서의 전극간의 전기 특성과, 상기 테스트 용접의 예비 통전에서 기억시킨 전극간의 전기 특성을 상기 용접 조건마다 비교하여, 그 차가 가장 작은 용접 조건에 있어서 기억시킨 상기 테스트 용접의 본 통전에 있어서의 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을, 본 용접에 있어서의 본 통전의 목표값으로 설정하고,
- [0066] 이어서, 본 통전으로서, 당해 목표값에 따라, 통전량을 제어하는 적응 제어 용접을 행하는,
- [0067] 저항 스폿 용접 방법.
- [0068] 2. 상기 적응 제어 용접에 있어서, 상기 목표값으로서 설정한 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 누적 발열량을 기준으로 하여 용접을 행하고, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화량이 기준인 시간 변화 곡선으로부터 벗어난 경우에는, 그 벗어남량을 나머지의 통전 시간 내에서 보상하기 위해, 상기 본 용접의 본 통전에서의 단위 체적당의 누적 발열량이 상기 목표값으로서 설정한 단위 체적당의 누적 발열량과 일치하도록 통전량을 제어하는, 상기 1에 기재된 저항 스폿 용접 방법.
- [0069] 3. 상기 테스트 용접에 있어서, 적어도 1개의 용접 조건에서는 외란을 모의하여 용접을 행하고, 다른 용접 조건에서는 외란이 없는 상태에서 용접을 행하는, 상기 1 또는 2에 기재된 저항 스폿 용접 방법.
- [0070] 4. 상기 테스트 용접을 3가지 이상의 용접 조건으로 행하는, 상기 1~3 중 어느 하나에 기재된 저항 스폿 용접 방법.
- [0071] 5. 상기 테스트 용접에 있어서의 예비 통전의 설정 가압력을 F_p , 본 통전의 설정 가압력을 F_m 으로 했을 때,
- [0072] $F_p < F_m$
- [0073] 의 관계를 만족하는, 상기 1~4 중 어느 하나에 기재된 저항 스폿 용접 방법.
- [0074] 6. 상기 1~5 중 어느 하나에 기재된 저항 스폿 용접 방법에 의해, 서로 겹친 복수매의 금속판을 접합하는, 용접 부재의 제조 방법.

발명의 효과

- [0075] 본 발명에 의하면, 큰 너겟 지름을 필요로 하거나, 기용접점이 바로 가까이에 존재하거나, 기용접점이 용접점의 주위에 다수 존재하거나, 강판간의 판두께가 크다는 바와 같은, 외란의 영향이 특히 큰 경우라도, 날땀의 발생이나 통전 시간의 증가없이, 양호한 너겟을 얻을 수 있다.
- [0076] 또한, 본 발명에 의하면, 자동차의 제조 등의 실작업에 있어서 계속해서 흘러 오는 피처리재를 연속적으로 용접하는(용접 위치나 피처리재마다 외란의 상태가 변동함) 경우라도, 외란 상태의 변동에 유효하게 대응하여 소망하는 너겟 지름을 안정적으로 확보하는 것이 가능해지고, 그 결과, 작업 효율이나 수율의 향상이라는 점에서도 매우 유리해진다.

도면의 간단한 설명

- [0077] 도 1은 2매 겹침의 판 조합에 대하여 외란이 없는 상태에서 테스트 용접을 행하는 경우의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 2는 3매 겹침의 판 조합에 대하여 외란이 없는 상태에서 테스트 용접을 행하는 경우의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 3은 기용접점이 있는 2매 겹침의 판 조합에 대하여 테스트 용접을 행하는 경우의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 4는 기용접점이 있는 3매 겹침의 판 조합에 대하여 테스트 용접을 행하는 경우의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 5는 판극이 있는 2매 겹침의 판 조합에 대하여 테스트 용접을 행하는 경우의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 6은 판극이 있는 3매 겹침의 판 조합에 대하여 테스트 용접을 행하는 경우의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 7은 테스트 용접에 있어서의 통전 패턴(본 통전이 1단 통전이고, 예비 통전과 본 통전에서 설정 가압력이 동일한 경우)의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 8은 테스트 용접에 있어서의 통전 패턴(본 통전이 2단 통전이고, 예비 통전과 본 통전에서 설정 가압력이 동일한 경우)의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 9는 테스트 용접에 있어서의 통전 패턴(본 통전이 1단 통전이고, 예비 통전과 본 통전에서 설정 가압력이 상이한 경우)의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 10은 테스트 용접에 있어서의 통전 패턴(본 통전이 2단 통전이고, 예비 통전과 본 통전에서 설정 가압력이 상이한 경우)의 일 예를 개략적으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0078] (발명을 실시하기 위한 형태)
- [0079] 본 발명을, 이하의 실시 형태에 기초하여 설명한다.
- [0080] 본 발명의 일 실시 형태는, 복수매의 금속판을 서로 겹친 피용접재를, 한 쌍의 전극에 의해 사이에 끼우고, 가압하면서 통전하여 접합하는 저항 스폿 용접 방법으로서,
- [0081] 본 용접과, 당해 본 용접에 앞서는 테스트 용접을 행함과 함께, 당해 테스트 용접을 2가지 이상의 용접 조건으로 행하는 것으로 하고,
- [0082] 상기 테스트 용접에서는, 상기 용접 조건마다,
- [0083] 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행함과 함께, 당해 예비 통전시에 있어서의 전극간의 전기 특성을 기억시키고,
- [0084] 이어서, 본 통전에서는, 정전류 제어에 의해 통전하고, 적정한 너겟이 형성되는 경우의 전극간의 전기 특성으로

부터 산출되는, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을 기억시키고,

[0085]

추가로, 상기 본 용접에서는,

[0086]

상기 테스트 용접과 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행하고,

[0087]

당해 예비 통전에 있어서의 전극간의 전기 특성과, 상기 테스트 용접의 예비 통전에서 기억시킨 전극간의 전기 특성을 상기 용접 조건마다 비교하여, 그 차가 가장 작은 용접 조건에 있어서 기억시킨 상기 테스트 용접의 본 통전에 있어서의 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을, 본 용접에 있어서의 본 통전의 목표값으로 설정하고,

[0088]

이어서, 본 통전으로서, 당해 목표값에 따라, 통전량을 제어하는 적응 제어 용접을 행한다는 것이다.

[0089]

또한, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 저항 스폿 용접 방법에서 사용 가능한 용접 장치로서는, 상하 한 쌍의 전극을 구비하고, 용접 중에 가압력 및 용접 전류를 각각 임의로 제어 가능하면 좋고, 가압 기구(에어 실린더나 서보 모터 등), 형식(정지식(stationary), 로봇 건 등), 전극 형상 등은 특별히 한정되지 않는다.

[0090]

또한, 전극간의 전기 특성이란, 전극간 저항 또는 전극간 전압을 의미한다.

[0091]

이하, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 저항 스폿 용접 방법의 테스트 용접과 본 용접에 대해서, 설명한다.

[0092]

· 테스트 용접

[0093]

테스트 용접은, 2가지 이상, 바람직하게는 3가지 이상의 용접 조건으로 행하는 것으로 하고, 또한, 용접 조건마다 예비 통전과 본 통전을 행한다.

[0094]

예비 통전은, 정전류 제어에 의해 행하고, 당해 예비 통전시에 있어서의 전극간의 전기 특성을 기억시킨다.

[0095]

이어서, 본 통전으로서, 정전류 제어에 의해 통전하여 적절한 너겟을 형성하는 경우의 전극간의 전기 특성으로부터 산출되는, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을 기억시킨다.

[0096]

여기에서, 복수 기억시키는 테스트 용접의 용접 조건의 조합으로서, 본 용접에서 상정되는 외란이 있는 상태를 모의하여 용접을 행하는 적어도 1개의 용접 조건과, 외란이 없는 상태에서 용접을 행하는 용접 조건을 조합하는 것이 바람직하다.

[0097]

또한, 본 용접에서 상정되는 외란으로서, 전술한 바와 같은 분류나 판극 등의 외란, 구체적으로는, 용접 위치(전극 중심 위치)로부터 40mm 이내에 있는 기용접점이나, 피용접재가 되는 강판끼리의 맞춤면에 있어서의 0.2mm 이상의 간극(gap) 등을 들 수 있다.

[0098]

예를 들면, 용접 위치로부터 40mm 이내에 기용접점이 있고, 그 거리가 용접 위치마다 변동하는 것이 상정되는 경우, 테스트 용접의 일 용접 조건에서는, 용접 위치로부터 6~30mm(적합하게는 6~20mm) 떨어진 개소에 기용접점이 있는 상태에서 용접을 행하고, 다른 용접 조건은, 외란이 없는 상태에서 용접을 행하는 것이 적합하다. 또한, 통상, 상정되는 바와 같은 용접 위치에서 기용접점까지의 거리의 하한은 6mm 정도이다. 또한, 테스트 용접에 있어서 모의하는 기용접점의 수는, 1점이라도 좋고, 또한, 2점 이상이라도 좋다. 또한, 테스트 용접에서 모의하는 기용접점의 수의 상한은 특별히 한정되지 않고, 상정되는 기용접점수 중, 가장 많은 점수(구체적으로는, 3점 정도)로 하는 것이 적합하다. 또한, 테스트 용접에서 모의하는 기용접점의 크기는, 상정되는 기용접점의 크기와 동 정도의 크기로 하면 좋다.

[0099]

또한, 여기에서 말하는 용접 위치와 기용접점의 거리는, 각각의 중심간 거리이다.

[0100]

더하여, 피용접재가 되는 금속판끼리의 맞춤면에 있어서 0.2mm 이상의 간극이 있고, 그 간극이 용접 위치마다 변동하는 것이 상정되는 경우, 테스트 용접의 1용접 조건에서는, 피용접재가 되는 금속판끼리의 맞춤면에 있어서 0.2~3.0mm(적합하게는 0.5~3.0mm)의 간극이 있는 상태에서 용접을 행하고, 다른 용접 조건에서는, 외란이 없는 상태에서 용접을 행하는 것이 적합하다. 또한, 상정되는 피용접재가 되는 금속판끼리의 맞춤면의 간극의 상한은, 현실적으로 3.0mm 정도이다.

[0101]

또한, 금속판끼리의 맞춤면의 간극이란, 전극에 의해 가압되기 전의 용접 위치에서의 금속판끼리의 맞춤면의 간극(맞춤면간의 거리)이다.

[0102]

또한, 상정되는 외란의 변동 상황 등에 따라서는, 테스트 용접의 1용접 조건에서는 상기와 같이 기용접점이 있는 상태에서 용접을 행하고, 다른 용접 조건에서는 피용접재가 되는 금속판끼리의 맞춤면에 있어서 상기와 같이

간극이 있는 상태에서 용접을 행하고, 또 다른 용접 조건에서는 외란이 없는 상태에서 용접을 행하는 것이 적합하다. 이에 따라, 여러 가지의 외란 상태에 유효하게 대응하여, 적절한 시간 변화 곡선을 선택하는 것이 가능해진다.

[0103] 또한, 예비 통전시의 통전 패턴은 정전류 제어이면 특별히 제한은 없지만, 본 용접의 본 통전에 있어서의 목표값은, 이 예비 통전시의 전극간의 전기 특성 등에 따라 설정된다. 따라서, 테스트 용접에 있어서의 예비 통전시의 통전 패턴(용접 전류, 통전 시간 및 설정 가압력)은, 모든 용접 조건에서 동일하게 한다. 단, 용접 전류, 통전 시간 및 설정 가압력 모두, 각각 5% 정도의 오차이면 허용 할 수 있다.

[0104] 단, 용접 시간의 증가나 예비 통전시의 과잉 발열을 막기 위해, 예비 통전의 통전 시간 T_p 는 400ms 이하로 하는 것이 적합하다. 보다 적합하게는 200ms 이하이다. 예비 통전의 통전 시간 T_p 의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 10ms로 하는 것이 적합하다. 또한, 예비 통전에 있어서 너겟이 형성되는 경우, 형성하는 너겟 지름(mm)은 $4\sqrt{t}$ 이하(t : 가장 얇은 강판의 판두께(mm))로 하는 것이 적합하다. 또한, 예비 통전과 그 후의 본 통전의 사이에는, 20ms 이상, 1000ms 이하의 통전 휴지 시간 T_c 를 설정하는 것이 적합하다.

[0105] 또한, 본 통전의 통전 패턴에는 특별히 제한은 없지만, 통전 패턴을 2스텝 이상으로 분할하고, 스텝마다 단위 체적당의 누적 발열량을 기억시켜도 좋다. 또한, 분할하는 스텝수는, 통상, 5스텝 이하이다.

[0106] 또한, 테스트 용접에 있어서의 예비 통전의 설정 가압력은, 본 통전의 설정 가압력과 동일하게 해도 좋지만, 테스트 용접에 있어서의 예비 통전의 설정 가압력을 F_p , 본 통전의 설정 가압력을 F_m 으로 했을 때,

[0107] $F_p < F_m$

[0108] 의 관계를 만족하는 것이 바람직하다.

[0109] 즉, 전술한 바와 같이, 특히 강판간의 판극이 큰 경우에는, 판두께 방향으로의 너겟 성장이 방해되어, 박육의 너겟이 형성되기 쉬워진다. 또한, 용융부의 체적이 감소함으로써 용접부의 고유 저항이 저하되기 쉬워진다. 이에 따라, 전극간 전압이 저하하는데, 전극간 전압이 저하하면, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 및 단위 체적당의 누적 발열량을 목표값으로 하여 적응 제어 용접을 행하는 경우에, 용접 제어 장치는, 발열량이 저하되었다고 인식하게 된다. 이 때문에, 실제로는 적정한 너겟 지름이 얻어졌다고 해도, 용접 제어 장치가 용접 전류를 급격하게 증가시켜, 날림의 발생을 초래하는 경우가 있다.

[0110] 이 점, 본 발명에서는, 본 통전의 전에 예비 통전을 행하고, 상기한 강판간의 판극 등의 외란의 영향을 가미한 예비 통전시의 전극간의 전기 특성으로부터, 본 용접의 본 통전시에 목표값으로 하는 시간 변화 곡선 등을 선택하는 것이 중요하다.

[0111] 그러나, 테스트 용접에 있어서의 예비 통전의 설정 가압력 F_p 를 크게, 특히, 본 통전의 설정 가압력 F_m 보다도 크게 하면, 판극이 있는 경우의 예비 통전시의 통전 상태(구체적으로는, 강판-강판간의 접촉 지름)와, 판극이 없는 경우의 예비 통전시의 통전 상태가 가깝게 되어, 외란의 영향이 예비 통전시의 전극간의 전기 특성에 충분히 반영되지 않고, 결과적으로, 본 용접의 본 통전시에 목표값으로 하는 시간 변화 곡선 등을 적절히 선택하는 것이 곤란해질 우려가 있다.

[0112] 한편, 테스트 용접에 있어서의 예비 통전의 설정 가압력 F_p 를, 본 통전의 설정 가압력 F_m 보다도 작게 하면, 외란의 영향이 예비 통전시의 전극간의 전기 특성에 적절히 반영되어, 보다 적절히, 본 용접의 본 통전시에 목표값으로 하는 시간 변화 곡선 등을 선택하는 것이 가능해진다.

[0113] 이 때문에, $F_p < F_m$ 의 관계를 만족하는 것이 바람직하다. 특히, $F_p < 0.9 \times F_m$ 의 관계를 만족하는 것이 보다 바람직하다. F_p 의 하한은 특별히 한정되지 않지만, $0.1 \times F_m$ 으로 하는 것이 적합하다.

[0114] 또한, 본 통전의 설정 가압력 F_m 은, 1.0~10.0kN의 범위로 하는 것이 적합하다.

[0115] 또한, 테스트 용접에 있어서의 예비 통전의 용접 전류를 I_p , 본 통전의 용접 전류를 I_m 으로 했을 때, 예비 통전시의 날림 발생을 막는다는 관점에서,

[0116] $I_p < I_m$

[0117] 의 관계를 만족하는 것이 바람직하다.

[0118] 특히, 적정 전류 범위가 좁은 고장력 강판 등을 용접할 때에는

- [0119] $I_p < 0.8 \times I_m$
- [0120] 의 관계를 만족하는 것이 보다 바람직하다.
- [0121] 또한, 본 통전의 통전 패턴을 2스텝 이상으로 분할하는 경우에는, I_m 은 전체 통전 스텝의 용접 전류의 평균값으로 한다. 예를 들면, 2스텝으로 분할하는 경우, $I_m = (I_1 + I_2)/2$ 가 된다. 여기에서, I_1 및 I_2 는 각각, 제1 및 제2 통전 스텝의 용접 전류이다. I_p 의 하한은 특별히 한정되지 않지만, $0.2 \times I_m$ 으로 하는 것이 적합하다.
- [0122] 또한, 본 통전의 용접 전류 I_m 은, 4.0~12.0kA의 범위로 하는 것이 적합하다.
- [0123] 상기 이외의 테스트 용접 조건에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 피용접재와 동일한 강종, 두께의 예비 용접 시험을, 외란이 없는 상태 및, 상기와 같은 외란을 모의한 상태에서, 정전류 제어에 여러 가지의 조건으로 행함으로써, 적절히, 설정하면 좋다.
- [0124] · 본 용접
- [0125] 상기의 테스트 용접 후, 본 용접을 행한다.
- [0126] 본 용접에서는, 우선, 테스트 용접과 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행하고, 당해 예비 통전에 있어서의 전극간의 전기 특성과, 상기 테스트 용접의 예비 통전에서 기억시킨 전극간의 전기 특성을 상기 용접 조건마다 비교하여, 그 차가 가장 작은 용접 조건에 있어서 기억시킨 테스트 용접의 본 통전에 있어서의 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을, 본 용접에 있어서의 본 통전의 목표값으로 설정한다.
- [0127] 여기에서, 기용접점으로서의 분류가 발생하는 경우에 있어서는, 통상, 분류가 발생하지 않는 경우와 비교하여 전극간 전압이 저하한다. 따라서, 예를 들면, 테스트 용접의 각 용접 조건의 예비 통전에서 기억시킨 예비 통전 개시에서 일정 시간(100ms) 경과할 때까지의 전극간 전압의 평균값과, 본 용접의 예비 통전 개시에서 100ms 경과 시점까지의 전극간 전압의 평균값의 각각을 비교하여, 그 차가 가장 작은 용접 조건에 있어서 기억시킨 본 통전의 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을, 본 용접에 있어서의 본 통전의 목표값으로 설정한다.
- [0128] 또한, 전극간 전압의 최대값이나 시간 변화량, 또는, 전극간 저항의 평균값이나 최대값, 시간 변화량, 또는, 예비 통전의 누적 발열량 등을, 본 통전에 있어서의 목표값의 설정 지표로 해도 좋다.
- [0129] 또한, 「테스트 용접과 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행한다」는, 용접 전류, 통전 시간 및 설정 가압력을, 테스트 용접의 예비 통전시의 용접 전류, 통전 시간 및 설정 가압력과 동일하게 하고, 정전류 제어에 의한 본 용접의 예비 통전을 행하는 것을 의미한다. 단, 용접 전류, 통전 시간 및 설정 가압력 모두, 각각 5% 정도의 오차이면 허용할 수 있다.
- [0130] 이어서, 본 통전으로서, 상기의 예비 통전을 거쳐 설정한 목표값에 따라, 통전량을 제어하는 적응 제어 용접을 행한다.
- [0131] 이 본 통전의 적응 제어 용접에서는, 예를 들면, 상기의 예비 통전을 거쳐 목표값으로 설정한 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 누적 발열량을 기준으로 하여 용접을 행하고, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화량이 기준인 시간 변화 곡선을 따르고 있는 경우에는, 그대로 용접을 행하여 용접을 종료한다. 단, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화량이 기준인 시간 변화 곡선으로부터 벗어난 경우에는, 그 벗어남량을 나머지의 통전 시간 내에서 보상하기 위해, 본 용접의 본 통전에서의 단위 체적당의 누적 발열량이 목표값으로서 설정한 단위 체적당의 누적 발열량과 일치하도록 통전량을 제어한다.
- [0132] 또한, 발열량의 산출 방법에 대해서는 특별히 제한은 없지만, 특허문헌 5에 그 일 예가 개시되어 있고, 본 발명에서도 이 방법을 채용할 수 있다. 이 방법에 의한 단위 체적·단위 시간당의 발열량 q 및 단위 체적당의 누적 발열량 Q 의 산출 요령은 다음과 같다.
- [0133] 피용접재의 합계 두께를 t , 피용접재의 전기 저항율을 r , 전극간 전압을 V , 용접 전류를 I 로 하고, 전극과 피용접재가 접촉하는 면적을 S 로 한다. 이 경우, 용접 전류는 횡단면적이 S 이고, 두께 t 의 기둥 형상 부분을 통과하여 저항 발열을 발생시킨다. 이 기둥 형상 부분에 있어서의 단위 체적·단위 시간당의 발열량 q 는 다음 식 (1)로 구해진다.
- [0134] $q = (V \cdot I) / (S \cdot t)$ --- (1)

- [0135] 또한, 이 기동 형상 부분의 전기 저항 R은, 다음 식(2)로 구해진다.
- [0136] $R = (r \cdot t) / S$ --- (2)
- [0137] (2)식을 S에 대해서 풀고 이것을 (1)식에 대입하면, 발열량 q는 다음 식(3)
- [0138] $q = (V \cdot I \cdot R) / (r \cdot t^2)$
- [0139] $= (V^2) / (r \cdot t^2)$ --- (3)
- [0140] 으로 된다.
- [0141] 상기 제1식(3)으로부터 명백한 바와 같이, 단위 체적·단위 시간당의 발열량 q는, 전극간 전압 V와 피용접물의 합계 두께 t와 피용접물의 전기 저항률 r로부터 산출할 수 있고, 전극과 피용접물이 접촉하는 면적 S에 의한 영향을 받지 않는다. 또한, (3)식은 전극간 전압 V로부터 발열량을 계산하고 있지만, 전극간 전류 I로부터 발열량 q를 계산할 수도 있고, 이 때에도 전극과 피용접물이 접촉하는 면적 S를 이용할 필요가 없다. 그리고, 단위 체적·단위 시간당의 발열량 q를 통전 기간에 걸쳐 누적하면, 용접에 가해지는 단위 체적당의 누적 발열량 Q가 얻어진다. (3)식으로부터 명백한 바와 같이, 이 단위 체적당의 누적 발열량 Q도 또한 전극과 피용접체가 접촉하는 면적 S를 이용하지 않고 산출할 수 있다.
- [0142] 이상, 특허문헌 5에 기재된 방법에 의해, 누적 발열량 Q를 산출하는 경우에 대해 설명했지만, 그 외의 산출식을 이용해도 좋은 것은 말할 것도 없다.
- [0143] 또한, 전술한 바와 같이, 테스트 용접의 본 통전에 있어서 통전 패턴을 2단 이상의 다단 스텝으로 분할하고, 당해 다단 스텝으로 분할한 용접 조건에 기초하여 적응 제어 용접의 목표값을 설정하는 경우에는, 본 용접의 본 통전의 적응 제어 용접을, 테스트 용접에 있어서 다단 스텝으로 분할한 용접 조건과 마찬가지로, 다단 스텝으로 분할하여 행하는, 스텝마다의 적응 제어 용접을 행하는 것이 바람직하다.
- [0144] 스텝마다의 적응 제어 용접에서는, 어느 하나의 스텝에 있어서, 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화량이 기준인 시간 변화 곡선으로부터 벗어난 경우에는, 그 벗어남량을 당해 스텝의 나머지의 통전 시간 내에서 보상하기 위해, 당해 스텝에서의 단위 체적당의 누적 발열량이, 상기 테스트 용접의 당해 스텝에서의 단위 체적당의 누적 발열량과 일치하도록, 통전량을 제어한다.
- [0145] 추가로, 본 통전의 설정 가압력을 Fm'은, 기본적으로, 본 용접에 있어서의 본 통전의 목표값으로 설정한 테스트 용접 조건과 동일하게 하면 좋지만, 필요에 따라, 당해 테스트 용접 조건과 상이한 설정 가압력으로 해도 좋다. 또한, 본 용접에 있어서의 예비 통전의 설정 가압력을 Fp', 본 통전의 설정 가압력을 Fm'로 했을 때,
- [0146] $Fp' < Fm'$
- [0147] 의 관계를 만족하는 것이 바람직하다. 특히, $Fp' < 0.9 \times Fm'$ 의 관계를 만족하는 것이 보다 바람직하다. Fp'의 하한은 특별히 한정되지 않지만, $0.1 \times Fm'$ 로 하는 것이 적합하다.
- [0148] 또한, 본 통전의 설정 가압력 Fm'은, 1.0~10.0kN의 범위로 하는 것이 적합하다.
- [0149] 또한, 사용하는 피용접체는 특별히 제한은 없고, 연강에서 초고장력 강판까지의 각종 강도를 갖는 강판 및 도금강판, 알루미늄 합금 등의 경금속판의 용접에도 적용할 수 있고, 3매 이상의 강판을 겹친 판 조합에도 적용할 수 있다.
- [0150] 또한, 너겟 형성을 위한 통전의 후에, 용접부의 열 처리를 위한 후통전을 가해도 좋다. 이 경우, 통전 조건은 특별히 한정되지 않고, 그 이전의 스텝의 용접 전류와의 대소 관계도 특별히 한정되지 않는다. 또한, 업슬로프(upslope) 형상이나 다운슬로프(downslope) 형상의 통전 패턴으로 해도 좋다. 더하여, 통전 중의 가압력은 일정해도 좋고, 적절히, 변화시켜도 좋다.
- [0151] 그리고, 상기한 저항 스폿 용접 방법을 이용하여 서로 겹친 복수매의 금속판을 접합함으로써, 외란의 상태의 변동에 유효하게 대응하여 소망의 너겟 지름을 안정적으로 확보하면서, 여러 가지의 용접 부재, 특히, 자동차 부품 등의 용접 부재가 제조된다.
- [0152] 실시예
- [0153] 표 1에 나타내는 2매 겹침 또는 3매 겹침의 금속판의 판 조합에 대해서, 표 1에 나타내는 조건으로 테스트 용접

을 행하고, 이어서, 표 2에 나타내는 2매 겹침 또는 3매 겹침의 금속판의 판 조합에 대해서, 표 2에 나타내는 조건으로 본 용접을 행하여, 용접 조인트를 제작했다.

[0154] 여기에서, 테스트 용접 및 본 용접은, 도 1 및 도 2에 나타내는 바와 같은 외란이 없는 상태, 그리고, 도 3~6에 나타내는 바와 같은 외란을 모의한 상태에서 행했다. 도면 중, 부호 11, 12 및 13은 금속판, 14는 전극, 15는 스페이서, 16은 기용접점이다. 또한, 도 3 및 도 4에 나타내는 바와 같이, 기용접점(16)은 2점으로 하고, 용접 위치(전극간 중심)가 기용접점끼리의 중간(기용접점과의 거리 L이 각각 동일)이 되도록 조정했다. 또한, 도 5 및 도 6에서는, 금속판(11-12)간 및 금속판(12-13)간에 스페이서(15)를 삽입하고, 상하로부터 클램프함으로써(도시하지 않음), 여러 가지의 판극 두께(tg)가 되는 판극을 형성했다. 또한, 판극간 거리는 모두 40mm로 했다.

[0155] 또한, 테스트 용접에서는, 도 7~10에 나타내는 바와 같은 통전·가압 패턴으로, 용접 조건마다 정전류 제어로 예비 통전과 본 통전을 행했다. 단, 표 1의 테스트 용접 No.D에서는, 예비 통전을 행하지 않았다.

[0156] 추가로, 본 용접에서는, 우선, 테스트 용접과 동일한 통전 패턴으로 정전류 제어에 의한 예비 통전을 행하고, 본 통전의 목표값의 설정 지표로 하는 전극간 전압(평균값)에 대해서, 본 용접의 예비 통전에 있어서의 수치와, 테스트 용접의 예비 통전에서 기억시킨 수치를 용접 조건(표 2에 나타내는 비교한 테스트 용접 No.)마다 비교하여, 그 차가 가장 작은 용접 조건에 있어서 기억시킨 단위 체적당의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 단위 체적당의 누적 발열량을, 본 용접에 있어서의 본 통전의 목표값으로 설정하고, 이어서, 본 통전으로서, 당해 목표값에 따라, 통전량을 제어하는 적응 제어 용접을 행했다. 단, 표 2의 No.3에서는, 예비 통전을 행하지 않았다. 또한, 본 통전에 있어서의 통전 시간이나 가압력, 예비 통전과 본 통전의 사이의 통전 휴지 시간 등과 같은 조건은, 테스트 용접과 본 용접에서 동일하다. 또한, 다단 스텝으로 분할한 테스트 용접 조건에 기초하여 적응 제어 용접의 목표값을 설정하는 경우에는, 본 용접의 본 통전에 있어서의 적응 제어 용접에서도 스텝마다의 적응 제어 용접을 행했다.

[0157] 또한, 용접기에는 인버터 직류 저항 스폿 용접기를 이용하고, 전극에는 DR형 선단 지름 6mm의 크롬 동(銅)전극을 이용했다.

[0158] 얻어진 각 조인트에 대해서, 용접부를 절단하여 단면을 에칭 후, 광학 현미경에 의해 관찰하고, 금속판간에 형성된 너겟 지름이 목표 지름인 $4.5\sqrt{t'}$ 이상(t' : 서로 이웃하는 2매의 금속판 중 얇은 쪽의 금속판의 판두께(mm))이고, 또한 날림이 발생하지 않은 경우를 ○로 평가했다. 한편, 너겟 지름이 $4.5\sqrt{t'}$ 미만이거나, 날림이 발생한 경우를 ×로 평가했다. 또한, 3매 겹침의 판 조합의 경우는, 가장 얇은 외측의 금속판과, 이에 인접하는 금속판의 사이에 형성된 너겟 지름에 의해, 평가를 행했다.

[0159] (표 1)

[0160]

테스트 용접 조건														
테스트 용접 No.	판 조합			예비 용접			본 용접				외관 상태			
	도면 중, 부호 11의 강판	도면 중, 부호 12의 강판	도면 중, 부호 13의 강판	설정 가압력 Fp (kN)	용접 전류 Ip (kA)	용접 시간 Tp (ms)	전극간 전압 의 평균값 (V)	용접 유지 시간 Tc (ms)	설정 가압력 Fm (kN)	용접 전류 I1 (kA)		용접 시간 T1 (ms)	용접 전류 I2 (kA)	용접 시간 T2 (ms)
A	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	5.0	4.0	100	1.2	100	5.0	7.5	320			없음
B	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	5.0	4.0	100	1.4	100	5.0	9.0	320			가용접점 있음 L=10mm
C	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	5.0	4.0	100	0.9	100	5.0	7.0	320			판크 있음 tg=1.0mm
D	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)						5.0	7.5	320			없음
E	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	5.0	2.0	100	1.9	140	5.0	5.0	140	8.0	260	없음
F	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	5.0	2.0	100	1.4	140	5.0	7.0	140	9.0	260	가용접점 있음 L=10mm
G	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	5.0	2.0	100	2.0	140	5.0	4.0	160	7.5	260	판크 있음 tg=1.0mm
H	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	3.0	2.0	120	1.7	160	5.5	8.5	320			없음
I	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	3.0	2.0	120	1.4	160	5.5	9.5	320			가용접점 있음 L=10mm
J	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	3.0	2.0	120	2.5	160	5.5	8.0	320			판크 있음 tg=2.0mm
K	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	3.0	2.0	100	0.5	160	5.0	8.0	320			없음
L	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	3.0	2.0	100	0.3	160	5.0	9.5	320			가용접점 있음 L=10mm
M	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연강판 (판두께 1.6mm)	3.0	2.0	100	0.9	160	5.0	5.0	100	8.0	260	판크 있음 tg=2.0mm
N	270MPa급 GA강판 (판두께 0.7mm)	980MPa급 GA강판 (판두께 1.4mm)	980MPa급 GA강판 (판두께 1.2mm)	2.5	2.5	80	1.2	160	5.0	8.2	340			없음
O	270MPa급 GA강판 (판두께 0.7mm)	980MPa급 GA강판 (판두께 1.4mm)	980MPa급 GA강판 (판두께 1.2mm)	2.5	2.5	80	0.9	160	5.0	9.7	340			가용접점 있음 L=10mm
P	270MPa급 GA강판 (판두께 0.7mm)	980MPa급 GA강판 (판두께 1.4mm)	980MPa급 GA강판 (판두께 1.2mm)	2.5	2.5	80	1.6	160	5.0	5.0	120	8.0	260	판크 있음 tg=1.6mm

[0161] (표 1)(이어서)

테스트 영진 No.	테스트 용접 조건											
	핀 조합			예비 용접				본 용접				
	도면 중, 부호 11의 강판	도면 중, 부호 12의 강판	도면 중, 부호 13의 강판	설정 기압력 F _p (kN)	용접 전류 I _p (kA)	용접 시간 T _p (ms)	전극간 전압 의 평균값 (V)	용접 유지 시간 T _c (ms)	설정 기압력 F _m (kN)	용접 전류 I _f (kA)	용접 시간 T _f (ms)	외관 상태
Q	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	3.0	3.0	200	0.4	200	4.0	8.0	240	없음
R	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	3.0	3.0	200	0.3	200	4.0	9.0	240	기용점 있음 L=10mm
S	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	1470MPa급 GA강판 (판두께 1.0mm)	3.0	3.0	200	0.5	200	4.0	7.5	240	판극 있음 t _g =1.6mm
T	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	3.0	3.0	60	1.4	100	5.0	4.0	120	없음
U	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	3.0	3.0	60	1.1	100	5.0	6.0	120	기용점 있음 L=10mm
V	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.6mm)	3.0	3.0	60	1.9	100	5.0	3.5	200	판극 있음 t _g =2.0mm
W	270MPa급 GA강판 (판두께 0.7mm)	2000MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.4mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	3.0	3.0	100	1.6	240	6.0	4.5	180	없음
X	270MPa급 GA강판 (판두께 0.7mm)	2000MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.4mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	3.0	3.0	100	1.2	240	6.0	6.0	180	기용점 있음 L=10mm
Y	270MPa급 GA강판 (판두께 0.7mm)	2000MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스텝프 강판 (판두께 1.4mm)	1180MPa급 GA강판 (판두께 1.6mm)	3.0	3.0	100	2.0	240	6.0	4.0	240	판극 있음 t _g =1.6mm

[0162]

[0163] (표 2)

본 용점 조건												
No.	조인트 No.	비교한 테스트 용점 No.	판 조합			설정 가압력 Fm' (kN)	외란의 상태	본 용점에 있어서 추출한 테 스트 용점 No.	너트 지름 (mm)	날림	평가	비고
			도면 중, 부호 11의 강판	도면 중, 부호 12의 강판	도면 중, 부호 13의 강판							
1	1-1	A,B,C	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=40mm	A	59	없음	○	발명예
	1-2		980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=7.5mm	B	60	없음	○	
	1-3		980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=0.5mm	A	61	없음	○	
	1-4		980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=1.0mm	C	59	없음	○	
	1-5		980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	없음	A	62	없음	○	
2	2-1	A,B	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=40mm	A	59	없음	○	발명예
	2-2		980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=7.5mm	B	60	없음	○	
	2-3		980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	없음	A	62	없음	○	
3	3-1	D	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=7.5mm	D	47	없음	×	비교예
	3-2		980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	없음	D	58	없음	○	
	3-3		980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	980MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=1.0mm	D	67	있음	×	
4	4-1	E,F,G	1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=40mm	E	62	없음	○	발명예
	4-2		1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=7.5mm	F	61	없음	○	
	4-3		1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=0.5mm	E	65	없음	○	
	4-4		1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=1.0mm	G	62	없음	○	
	4-5		1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	없음	E	64	없음	○	
5	5-1	H,I,J	1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)		5.5	이용점점 있음 L=40mm	H	63	없음	○	발명예
	5-2		1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)		5.5	이용점점 있음 L=7.5mm	I	62	없음	○	
	5-3		1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)		5.5	판극 있음 tg=1.8mm	J	61	없음	○	
	5-4		1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)		5.5	판극 있음 tg=2.0mm	J	58	없음	○	
	5-5		1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께 1.6mm)		5.5	없음	H	64	없음	○	
6	6-1	K,L,M	1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=40mm	K	60	없음	○	발명예
	6-2		1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	이용점점 있음 L=7.5mm	L	64	없음	○	
	6-3		1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=2.0mm	M	59	없음	○	
	6-4		1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=1.8mm	M	61	없음	○	
	6-5		1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)	1470MPa급 냉연 강판 (판두께 1.6mm)		5.0	없음	K	62	없음	○	
7	7-1	N,O,P	270MPa급 GA 강판 (판두께 0.7mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.4mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.2mm)	5.0	이용점점 있음 L=40mm	N	44	없음	○	발명예
	7-2		270MPa급 GA 강판 (판두께 0.7mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.4mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.2mm)	5.0	이용점점 있음 L=7.5mm	O	41	없음	○	
	7-3		270MPa급 GA 강판 (판두께 0.7mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.4mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.2mm)	5.0	판극 있음 tg=0.5mm	N	44	없음	○	
	7-4		270MPa급 GA 강판 (판두께 0.7mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.4mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.2mm)	5.0	판극 있음 tg=2.0mm	P	39	없음	○	
	7-5		270MPa급 GA 강판 (판두께 0.7mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.4mm)	980MPa급 GA 강판 (판두께 1.2mm)	5.0	없음	N	42	없음	○	

[0164]

[0165] (표 2)(이어서)

No.	조인트 No.	비교한 테스트 용접No.	본 용접 조건			설정 가압력 Fm' (kN)	외란의 상태	본 통전에 있어서 추가한 용접 No.	너겟 지름 (mm)	날림	평가	비고
			판 조합									
			도면 중, 부호11의 강판	도면 중, 부호12의 강판	도면 중, 부호13의 강판							
8	8-1	Q,R,S	1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)	1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)		4.0	기용접점 있음 L=40mm	Q	4.8	없음	○	
	8-2		1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)	1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)		4.0	기용접점 있음 L=7.5mm	R	5.0	없음	○	
	8-3		1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)	1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)		4.0	판극 있음 tg=0.5mm	Q	4.9	없음	○	
	8-4		1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)	1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)		4.0	판극 있음 tg=2.0mm	S	4.7	없음	○	
	8-5		1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)	1470MPa급 GA 강판 (판두께1.0mm)		4.0	없음	Q	5.0	없음	○	
9	9-1	T,U,V	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)		5.0	기용접점 있음 L=40mm	T	6.0	없음	○	
	9-2		1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)		5.0	기용접점 있음 L=7.5mm	U	5.9	없음	○	
	9-3		1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=0.5mm	T	6.2	없음	○	
	9-4		1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)		5.0	판극 있음 tg=2.0mm	V	6.1	없음	○	
	9-5		1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)	1800MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.6mm)		5.0	없음	T	6.0	없음	○	
10	10-1	W,X,Y	270MPa급 GA 강판 (판두께0.7mm)	2000MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.4mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께1.6mm)	6.0	기용접점 있음 L=40mm	W	4.2	없음	○	
	10-2		270MPa급 GA 강판 (판두께0.7mm)	2000MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.4mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께1.6mm)	6.0	기용접점 있음 L=7.5mm	X	4.3	없음	○	
	10-3		270MPa급 GA 강판 (판두께0.7mm)	2000MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.4mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께1.6mm)	6.0	판극 있음 tg=0.5mm	W	4.1	없음	○	
	10-4		270MPa급 GA 강판 (판두께0.7mm)	2000MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.4mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께1.6mm)	6.0	판극 있음 tg=2.0mm	Y	4.5	없음	○	
	10-5		270MPa급 GA 강판 (판두께0.7mm)	2000MPa급 Zn-Ni 도금 핫 스템프 강판 (판두께1.4mm)	1180MPa급 GA 강판 (판두께1.6mm)	6.0	없음	W	4.1	없음	○	

[0166]

[0167]

발명예에서는 모두, 외란의 상태에 상관없이, 날림의 발생없이, $4.5\sqrt{t'}$ 이상의 지름을 갖는 너겟이 얻어졌다. 한편, 비교예에서는, 외란이 없는 상태에서는 날림의 발생없이, $4.5\sqrt{t'}$ 이상의 지름을 갖는 너겟이 얻어지기는 했지만, 외란의 영향이 커진 경우에는, 날림이 발생하거나, 또는, 충분한 지름의 너겟이 형성되지 않았다.

[0168]

또한, 테스트 용접의 예비 통전에 있어서 전극간 저항의 평균값을 기억시키고, 본 용접의 예비 통전에 있어서의 전극간 저항의 평균값과, 테스트 용접의 예비 통전에서 기억시킨 전극간 저항의 평균값을 용접 조건마다 비교하여, 본 용접의 본 통전에 있어서 적응 제어 용접을 행할 때의 순간 발열량의 시간 변화 곡선 및 누적 발열량의 목표값을 설정한 경우도, 상기와 동일한 결과가 얻어졌다.

부호의 설명

[0169]

11, 12, 13: 금속판

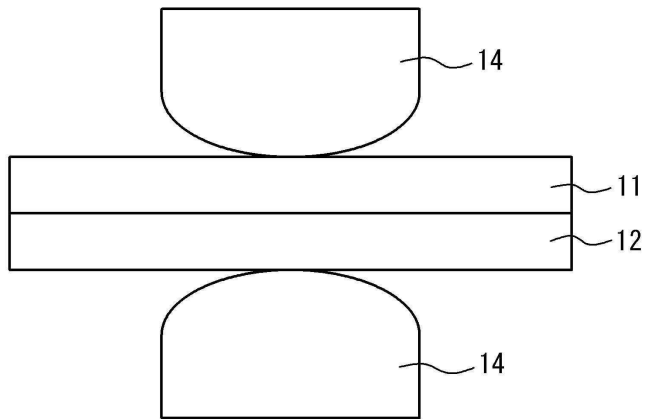
14: 전극

15: 스페이서

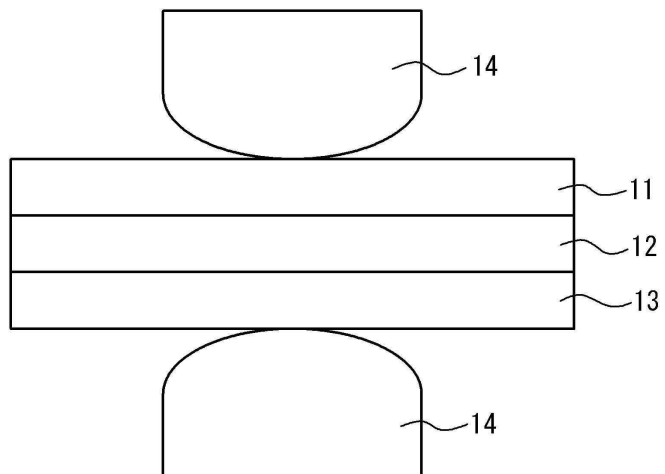
16: 기용접점

도면

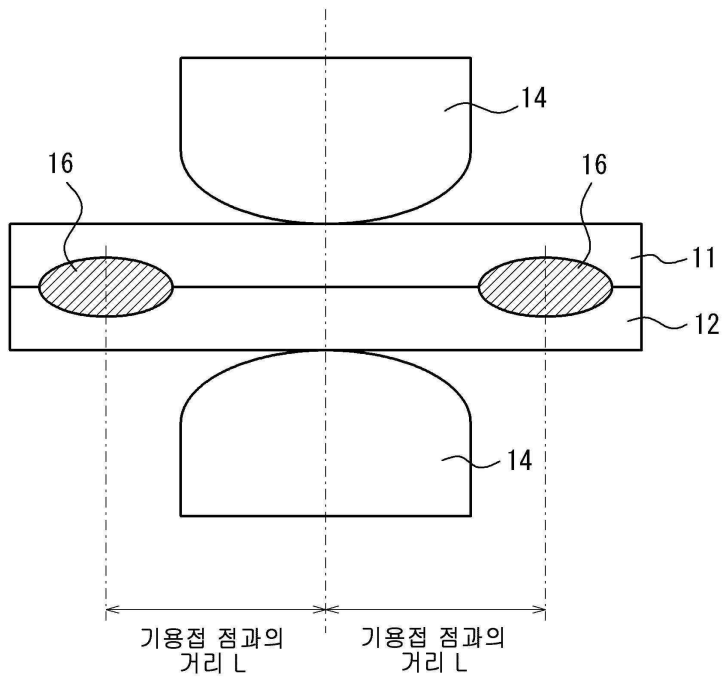
도면1



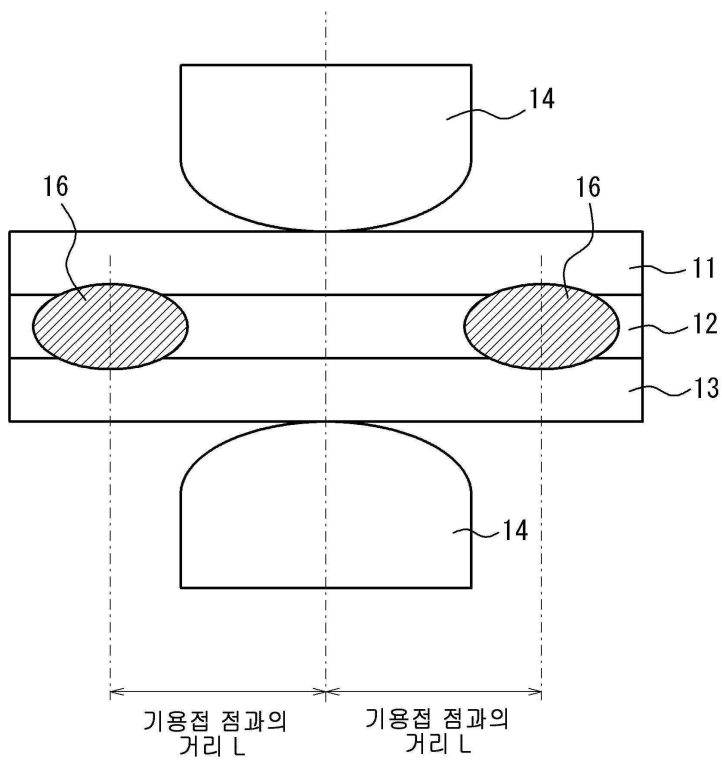
도면2



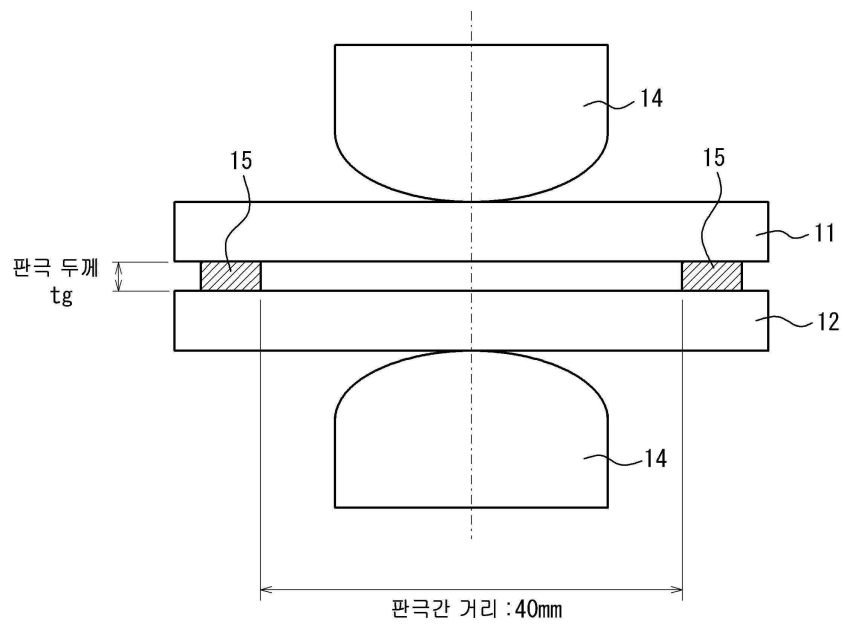
도면3



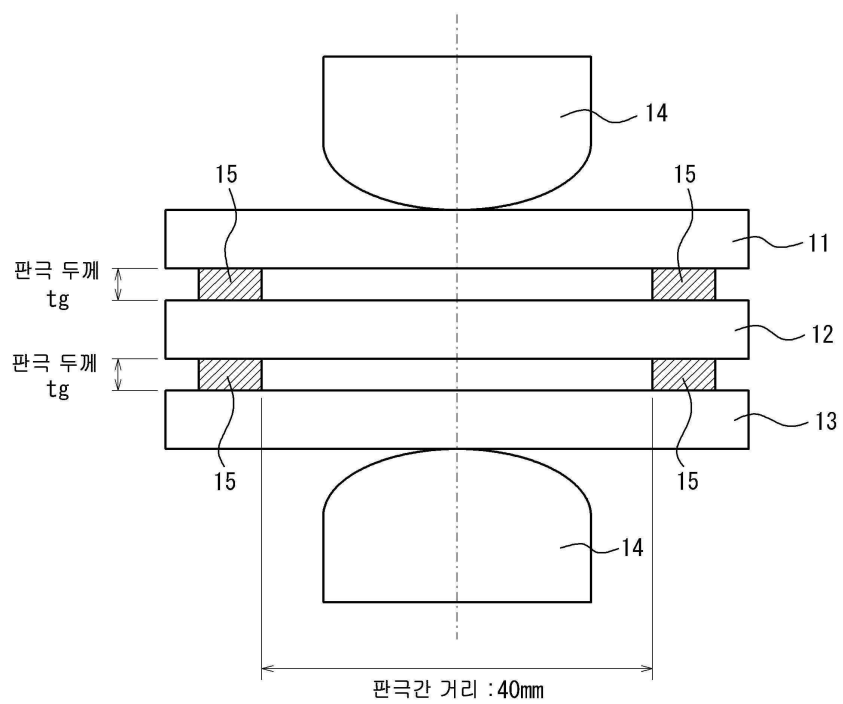
도면4



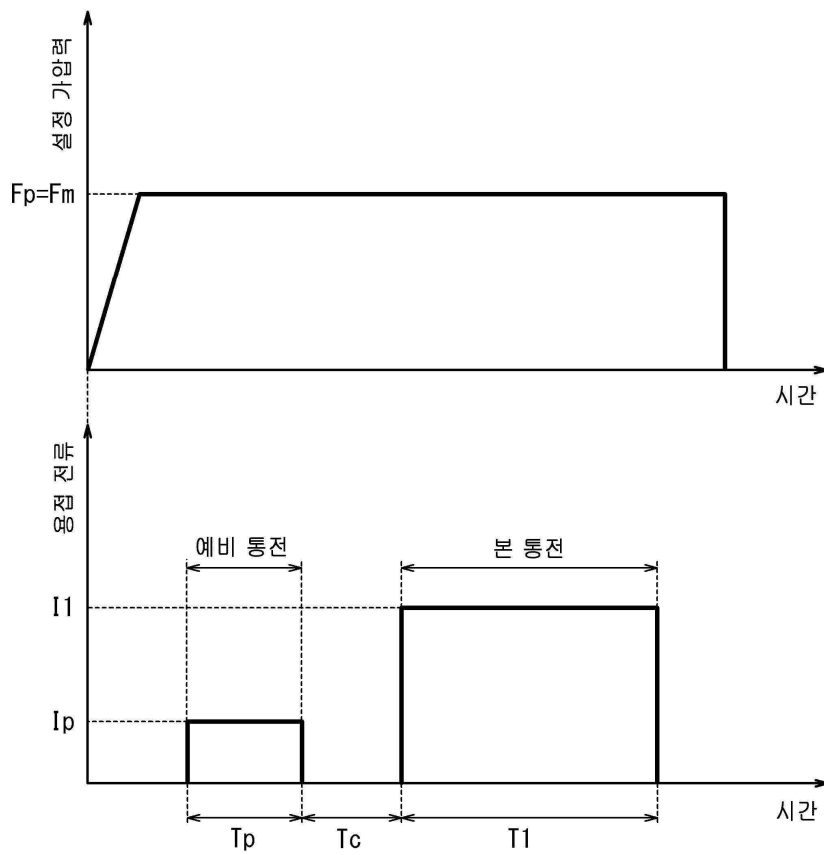
도면5



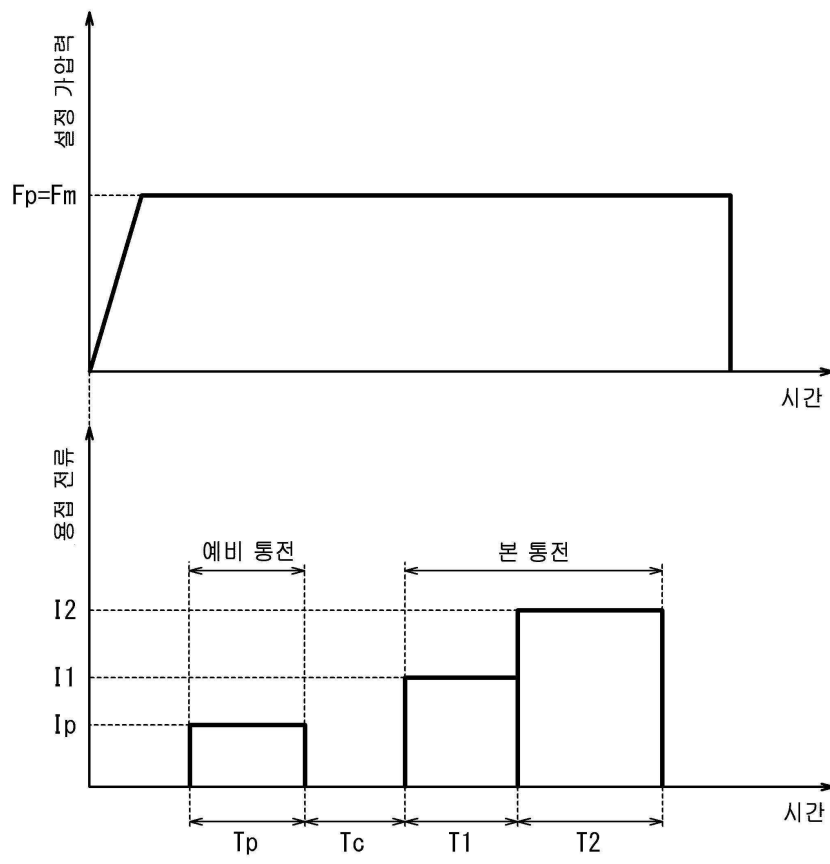
도면6



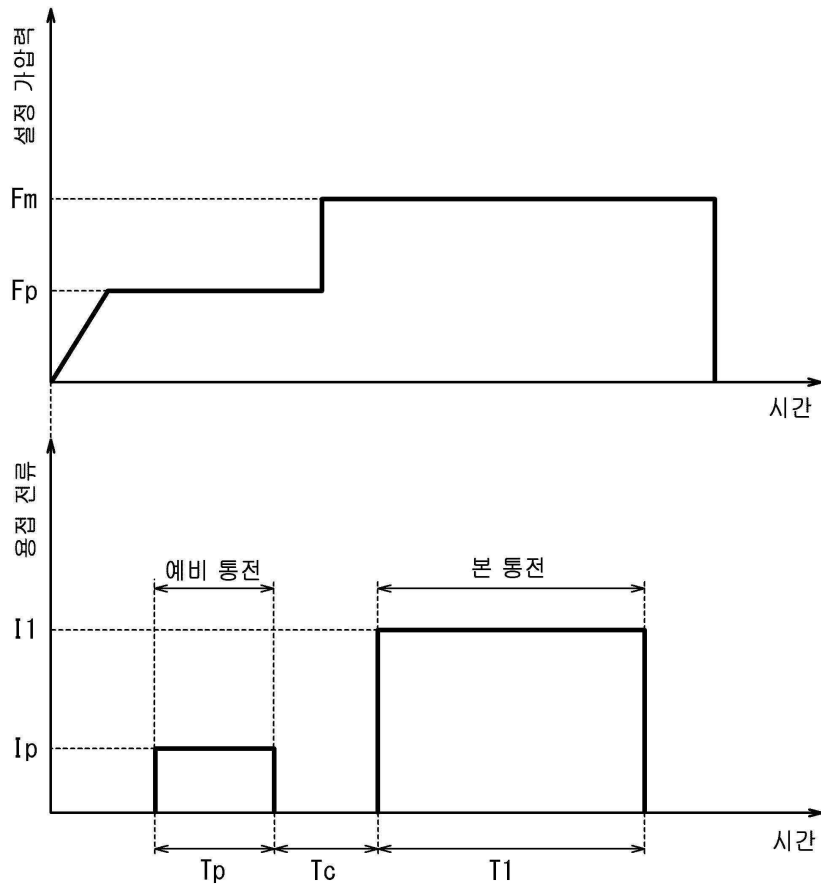
도면7



도면8



도면9



도면10

