



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0091421
(43) 공개일자 2022년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 9/10 (2006.01) B23K 9/09 (2006.01)
B23K 9/133 (2006.01) B23K 9/29 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 9/1006 (2013.01)
B23K 9/092 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0185997
(22) 출원일자 2021년12월23일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
63/129,810 2020년12월23일 미국(US)
17/503,447 2021년10월18일 미국(US)

(71) 출원인
링컨 글로벌, 인크.
미국, 캘리포니아 90670, 산타페 스프링스, 노워크 블러바드 9160
(72) 발명자
올브라이트 매튜 에이
미국 44086 오하이오 톱슨 클레이 스트리트 6370
피터스 스티븐 알
미국 44046 오하이오 헌츠버그 윈드밀 피티 알디 15565
라스태터 토마스
미국 44023 오하이오 차그린 폴스 위전 드라이브 10166
(74) 대리인
김태홍, 김진희

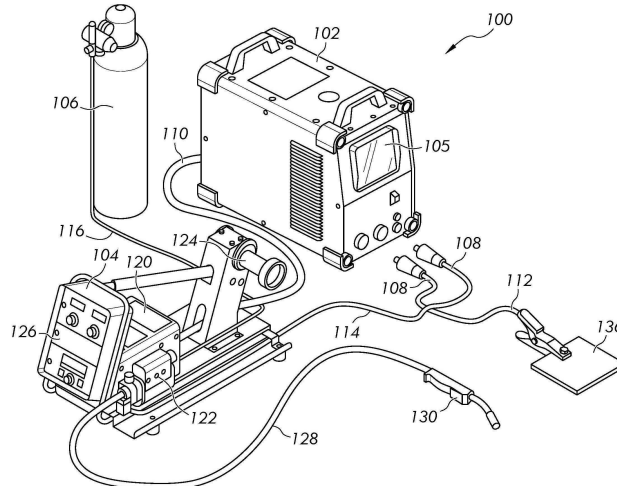
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 하이브리드 프로젝티드 앤드 스트리밍 펄스 용접

(57) 요약

아크 용접 또는 적층 제조 시스템은 와이어 피더, 토치, 와이어 피더에 의하여 토치를 통해 구동되는 와이어 전극, 증착 작동 동안 와이어 전극에 펄스 파형을 전달하기 위해 토치에 작동 가능하게 연결된 아크 생성 전원 공급 장치를 포함한다. 펄스 파형은, 각각의 전류 펄스가 이전 배경 전류 부분에 의해 이전 전류 펄스로부터 분리되고 후속 배경 전류 부분에 의해 후속 전류 펄스로부터 분리되도록, 일련의 전류 펄스 및 인터리브 배경 전류 부분을 포함한다. 각각의 전류 펄스 동안 용융된 액적이 와이어 전극의 팁에서 프로젝티드 후, 후속 배경 전류 부분이 발생하기 전에, 와이어 전극의 팁에서 떨어지는 용융 금속의 축방향 스프레이가 뒤이어 프로젝티된다.

대표도



(52) CPC특허분류

B23K 9/133 (2013.01)

B23K 9/295 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

와이어 공급기;

토치;

상기 와이어 공급기에 의해 상기 토치를 통해 밀어 넣어지는 와이어 전극; 및

증착 작동 동안 상기 와이어 전극에 펄스 파형을 전달하도록 상기 토치에 작동적으로 연결되는 아크 생성 전원 공급기를 포함하며,

상기 펄스 파형은 각각의 전류 펄스가 이전의 백그라운드 전류 부분만큼 이전의 전류 펄스에서 분리되고 이후의 백그라운드 전류 부분만큼 이후의 전류 펄스에서 분리되도록 일련의 전류 펄스들 및 개재된 백그라운드 전류 부분들을 포함하고, 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 액적이 상기 와이어 전극의 팁으로부터 투사되고, 상기 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 상기 와이어 전극의 상기 팁으로부터 멀리 용융된 금속의 축 형상 스프레이가 뒤따르는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이후의 백그라운드 전류 부분은 용융된 금속의 상기 축 형상 스프레이를 중단시키는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

각각의 전류 펄스는 상기 와이어 전극의 상기 팁으로부터 상기 용융된 액적을 투사하는 피크 전류 레벨, 및 용융된 금속의 상기 축 형상 스프레이가 일어나는 스프레이 전류 레벨을 포함하며, 상기 스프레이 전류 레벨은 상기 피크 전류 레벨 미만인, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

용융된 금속의 상기 축 형상 스프레이 다음에, 상기 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 용융된 금속의 회전 스프레이 전달이 뒤따르는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 이후의 백그라운드 전류 부분은 용융된 금속의 상기 회전 스프레이 전달을 중단시키는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 펄스 파형의 주파수는 120 Hz 내지 150 Hz의 범위이고, 상기 증착 작동의 증착 속도는 시간 당 16 파운드 초과인, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 와이어 전극으로부터의 전기 아크가 상기 증착 작동 동안 용융된 용접 풀 표면적의 적어도 80%를 커버하는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 8

와이어 공급기;

토치;

상기 와이어 공급기에 의해 상기 토치를 통해 밀어 넣어지는 와이어 전극; 및

증착 작동 동안 상기 와이어 전극에 펄스 파형을 전달하도록 상기 토치에 작동적으로 연결되는 아크 생성 전원 공급기를 포함하며,

상기 펄스 파형은 각각의 전류 펄스가 이전의 백그라운드 전류 부분만큼 이전의 전류 펄스에서 분리되고 이후의 백그라운드 전류 부분만큼 이후의 전류 펄스에서 분리되도록 일련의 전류 펄스들 및 개재된 백그라운드 전류 부분들을 포함하고, 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 액적이 상기 와이어 전극의 팁으로부터 투사되고, 상기 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 상기 와이어 전극의 상기 팁으로부터 멀리 용융된 금속의 스트리밍 스프레이 및 회전 스프레이 중 하나 또는 둘 다가 및 뒤따르는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 이후의 백그라운드 전류 부분은 용융된 금속의 상기 스트리밍 스프레이 및 상기 회전 스프레이 중 하나를 중단시키는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

각각의 전류 펄스는 상기 와이어 전극의 상기 팁으로부터 상기 용융된 액적을 투사하는 피크 전류 레벨, 및 용융된 금속의 상기 스트리밍 스프레이 및 상기 회전 스프레이 중 상기 하나 또는 둘 다가 일어나는 스프레이 전류 레벨을 포함하며, 상기 스프레이 전류 레벨은 상기 피크 전류 레벨 미만인, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 스트리밍 스프레이 다음에, 상기 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 용융된 금속의 상기 회전 스프레이가 뒤따르는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 이후의 백그라운드 전류 부분은 용융된 금속의 상기 회전 스프레이를 중단시키는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 펄스 파형의 주파수는 120 Hz 내지 150 Hz의 범위이고, 상기 증착 작동의 증착 속도는 시간 당 16 파운드 초과인, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 와이어 전극으로부터의 전기 아크가 상기 증착 작동 동안 용융된 용접 풀 표면적의 적어도 80%를

커버하는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 15

와이어 공급기;

토치;

상기 와이어 공급기에 의해 상기 토치를 통해 밀어 넣어지는 와이어 전극; 및

증착 작동 동안 상기 와이어 전극에 펄스 파형을 전달하도록 상기 토치에 작동적으로 연결되는 아크 생성 전원 공급기를 포함하며,

상기 펄스 파형은 각각의 백그라운드 전류 부분에 의해 분리되는 일련의 전류 펄스들을 포함하고, 상기 일련의 전류 펄스들의 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 금속이 투사 스프레이 전달 모드, 및 상기 투사 스프레이 전달 모드와 상이한 이후의 제2 스프레이 전달 모드에 의해 상기 와이어 전극으로부터 워크피스로 전달되며, 상기 투사 스프레이 전달 모드 동안, 용융된 액적이 상기 와이어 전극의 팁으로부터 상기 워크피스 쪽으로 투사되고, 상기 이후의 제2 스프레이 전달 모드 동안, 상기 와이어 전극의 상기 팁으로부터 상기 워크피스 쪽으로의 용융된 금속의 축 형상 스프레이가 다음의 백그라운드 전류 부분 이전에 일어나는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 다음의 백그라운드 전류 부분은 용융된 금속의 상기 축 형상 스프레이를 중단시키는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서,

각각의 전류 펄스는 상기 와이어 전극의 상기 팁으로부터 상기 용융된 액적을 투사하는 피크 전류 레벨, 및 용융된 금속의 상기 축 형상 스프레이가 일어나는 더 낮은 전류 레벨을 포함하며, 상기 더 낮은 전류 레벨은 상기 피크 전류 레벨 미만인, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 18

제15항에 있어서,

용융된 금속의 상기 축 형상 스프레이 다음에는 상기 투사 스프레이 전달 모드 및 상기 제2 스프레이 전달 모드와 상이한 제3 스프레이 전달 모드가 뒤따르며, 상기 제3 스프레이 전달 모드 동안, 상기 와이어 전극의 상기 팁으로부터 상기 워크피스 쪽으로 용융된 금속의 회전 스프레이가 상기 다음의 백그라운드 전류 부분 이전에 일어나는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 다음의 백그라운드 전류 부분은 용융된 금속의 상기 회전 스프레이를 중단시키는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 펄스 파형의 주파수는 120 Hz 내지 150 Hz의 범위이고, 상기 증착 작동의 증착 속도는 시간 당 16 파운드 초과인, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 와이어 전극으로부터의 전기 아크가 상기 증착 작동 동안 용융된 용접 풀 표면적의 적어도 80%를 커버하는, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 교차 참조

[0002] 본 출원은 2020년 12월 23일자로 출원된 미국 가출원 일련 번호 제 63/129,810호의 우선권을 주장하며, 개시가 참조로 본원에 포함된다.

[0003] 발명의 분야

[0004] 본 발명은 스프레이 전달을 통하여 와이어 전극으로부터 워크피스로 용융된 금속을 전달하는 아크 용접 작동에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 0.25 인치 두께 초과 용접 플레이트 및 다른 워크피스와 같은 중제작 용접은 큰 용접 퍼들 및 느린 토치 이동 속도를 수반한다. 개선된 생산성은 더 빠른 증착 속도, 또는 통상적인 증착 속도로 더 큰 용접물을 만드는 용이성의 개선에 의해 생산성의 개선이 판단된다. 흔히, 솔리드 와이어 가스 금속 아크 용접(GMAW)이 중제작에 이용된다. 중제작에서 통상적인 바와 같이 용접 퍼들 크기가 크지만 아크 콘 직경이 집중될 때, 퍼들은 불안정해질 것이고, 아크를 들이키려 하고 철벽거리는 경향이 있을 것이다.

[0006] 솔리드 와이어 및 혼합된 보호 가스를 사용하는 반자동 GMAW 용접 작동은 대략 16 lb/hr(시간 당 파운드)까지의 받아들일 수 있는 결과와 함께 수행될 수 있다. 16 lb/hr를 넘어서면, 아크/퍼들의 불안정성으로 인해 받아들일 수 없는 양의 스패터가 생성될 수 있다. 퍼들 제어를 개선하도록 아크 콘의 크기를 증가시키기 위해, 더 큰 용접 와이어가 바람직하다. 흔히, 조작자는 더 큰 퍼들을 제어하기 위해 (예를 들어, 일부 방식으로 엮이게) 아크를 조작할 것이다. 금속 코어드 와이어 및 플럭스 코어드 와이어가 증착 속도 및 퍼들 제어를 더 증가시키는 데 사용될 수 있지만, 이러한 대안은 더 빠른 연무 속도, 그리고 플럭스 코어드 아크 용접(FCAW)의 경우에, 이후에 깎여져야 할 슬래그를 야기한다. 아크/퍼들 불안정성 및 스패터를 최소화하면서, 16 lb/hr 이상의 증착 속도에서 솔리드 와이어 GMAW 용접을 안정되게 수행하는 것이 바람직할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이하의 요약은 본원에 논의되는 디바이스들, 시스템들 및/또는 방법들의 일부 양태의 기본 이해를 제공하기 위한 단순화된 요약을 제공한다. 본 요약은 본원에 논의되는 디바이스들, 시스템들 및/또는 방법들의 광범위한 개요가 아니다. 본 요약은 중대한 요소들을 식별하거나 그러한 디바이스들, 시스템들 및/또는 방법들의 범위를 기술하는 것으로 의도되지 않는다. 본 요약의 유일한 목적은 이후에 제공되는 보다 상세한 설명에 대한 서문으로서 단순화된 형태로 일부 개념을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 양태에 따르면, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템이 제공된다. 아크 용접 또는 적층 가공 시스템은 와이어 공급기, 토치, 와이어 공급기에 의해 토치를 통해 밀어 넣어지는 와이어 전극, 및 증착 작동 동안 와이어 전극에 펄스 파형을 전달하도록 토치에 작동적으로 연결되는 아크 생성 전원 공급기를 포함한다. 펄스 파형은 각각의 전류 펄스가 이전의 백그라운드 전류 부분만큼 이전의 전류 펄스에서 분리되고 이후의 백그라운드 전류 부분만큼 이후의 전류 펄스에서 분리되도록 일련의 전류 펄스들 및 개재된 백그라운드 전류 부분들을 포함한다. 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 액적은 와이어 전극의 팁으로부터 투사되고, 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 와이어 전극의 팁으로부터 멀리 용융된 금속의 축 형상 스프레이가 뒤따른다.

[0009] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템이 제공된다. 아크 용접 또는 적층 가공 시스템은 와이어 공급기, 토치, 와이어 공급기에 의해 토치를 통해 밀어 넣어지는 와이어 전극, 및 증착 작동 동안 와이어 전극에 펄스 파형을 전달하도록 토치에 작동적으로 연결되는 아크 생성 전원 공급기를 포함한다. 펄스

파형은 각각의 전류 펄스가 이전의 백그라운드 전류 부분만큼 이전의 전류 펄스에서 분리되고 이후의 백그라운드 전류 부분만큼 이후의 전류 펄스에서 분리되도록 일련의 전류 펄스들 및 개재된 백그라운드 전류 부분들을 포함한다. 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 액적은 와이어 전극의 팁으로부터 투사되고, 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 와이어 전극의 팁으로부터 멀리 용융된 금속의 스트리밍 스프레이 및 회전 스프레이 중 하나 또는 둘 다가 뒤따른다.

[0010] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 아크 용접 또는 적층 가공 시스템이 제공된다. 아크 용접 또는 적층 가공 시스템은 와이어 공급기, 토치, 와이어 공급기에 의해 토치를 통해 밀어 넣어지는 와이어 전극, 및 증착 작동 동안 와이어 전극에 펄스 파형을 전달하도록 토치에 작동적으로 연결되는 아크 생성 전원 공급기를 포함한다. 펄스 파형은 각각의 백그라운드 전류 부분에 의해 분리되는 일련의 전류 펄스들을 포함한다. 일련의 전류 펄스들의 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 금속은 투사 스프레이 전달 모드, 및 투사 스프레이 전달 모드와 상이한 이후의 제2 스프레이 전달 모드에 의해 와이어 전극으로부터 워크피스로 전달된다. 투사 스프레이 전달 모드 동안, 용융된 액적은 와이어 전극의 팁으로부터 워크피스 쪽으로 투사되고, 이후의 제2 스프레이 전달 모드 동안, 와이어 전극의 팁으로부터 워크피스 쪽으로의 용융된 금속의 축 형상 스프레이가 다음의 백그라운드 전류 부분 이전에 일어난다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명의 전술한 그리고 다른 양태들이 첨부 도면들을 참조하여 이하의 설명을 읽을 시에 본 발명이 관련되는 당업자에게 명백해질 것이다:

도 1은 용접 시스템의 사시도이다.

도 2는 용접 시스템의 개략도이다.

도 3은 용접 시스템의 개략도이다.

도 4a는 용접 작동 동안의 투사 스프레이 전달 모드를 도시한다.

도 4b는 용접 작동 동안의 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달 모드를 도시한다.

도 4c는 용접 작동 동안의 회전 스프레이 전달 모드를 도시한다.

도 5a는 투사 전달 용접 작동의 일부를 도시한다.

도 5b는 투사 전달 용접 작동의 일부를 도시한다.

도 5c는 투사 전달 용접 작동의 일부를 도시한다.

도 6a는 혼성 투사 전달, 스트리밍 및 회전 스프레이 용접 작동의 일부를 도시한다.

도 6b는 혼성 투사 전달, 스트리밍 및 회전 스프레이 용접 작동의 일부를 도시한다.

도 6c는 혼성 투사 전달, 스트리밍 및 회전 스프레이 용접 작동의 일부를 도시한다.

도 6d는 혼성 투사 전달, 스트리밍 및 회전 스프레이 용접 작동의 일부를 도시한다.

도 6e는 혼성 투사 전달, 스트리밍 및 회전 스프레이 용접 작동의 일부를 도시한다.

도 7은 예시적 용접 파형들을 도시한다.

도 8은 추가적인 예시적 용접 파형을 도시한다.

도 9는 예시적 제어기를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명은 스프레이 전달을 통하여 와이어 전극으로부터 워크피스로 용융된 금속을 전달하는 아크 용접 작동들에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 각각의 전류 펄스 동안 적어도 2가지의 상이한 전달 모드를 통하여 워크피스로 용융된 금속을 전달하는 혼성 펄스 용접 프로세스를 수반한다. 예를 들어 전류 펄스 동안, 용융된 액적은 투사 스프레이 전달 모드를 통하여 워크피스로 전달될 수 있고, 투사 스프레이 전달 모드 다음에는 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달 모드 및/또는 회전 스프레이 전달 모드를 통한 부가적인 용융된 금속의 전달이 뒤따를 수 있다.

- [0013] 본 발명을 도면들을 참조하여 이제 설명할 것이며, 유사 참조 번호들은 전체에 걸쳐 유사 요소들을 지칭하는데 사용된다. 다양한 도면이 각각의 도면마다로도, 그리고 주어진 도면 내부에서도 반드시 일정 비율로 그려지는 것은 아니고, 특히 구성 요소들의 크기가 도면들의 이해를 용이하게 하기 위해 임의적으로 그려졌다는 점이 이해되어야 한다. 이하의 설명에서 설명을 위해, 본 발명의 철저한 이해를 제공하도록 많은 구체적 상세가 제시된다. 그러나, 본 발명이 이러한 구체적 상세들 없이 실행될 수 있다는 것이 분명할 수 있다. 게다가, 본 발명의 다른 실시예들이 가능하고 본 발명이 설명하는 것 이외의 방식으로 실행되고 수행될 수 있다. 본 발명을 설명하는 데 사용되는 전문 용어 및 특수 용어는 본 발명의 이해를 촉진하기 위해 채용되고 제한하는 것으로 간주되어서는 안된다.
- [0014] 본원에 사용되는 바에 따라, “적어도 하나의(at least one)”, “하나 이상의(one or more)”, 그리고 “및/또는(and/or)” 은 사용 중에 접속적이면서도 이접적인, 제한을 두지 않은 표현들이다. 예를 들어, “A, B 및 C 중 적어도 하나(at least one of A, B and C)”, “A, B 또는 C 중 적어도 하나(at least one of A, B, or C)”, “A, B 및 C 중 하나 이상(one or more of A, B, and C)”, “A, B 또는 C 중 하나 이상(one or more of A, B, or C)” 그리고 “A, B 및/또는 C(A, B, and/or C)” 란 표현들 각각은 단독으로 A, 단독으로 B, 단독으로 C, A 및 B 함께, A 및 C 함께, B 및 C 함께, 또는 A, B 및 C 함께를 의미한다. 실시예들의 설명에서이든, 청구항들에서이든, 아니면 도면들에서이든 2개 이상의 대안적인 용어를 제공하는 임의의 이접적인 단어 또는 어구는 용어들 중 하나, 용어들 중 어느 하나, 또는 용어들을 둘 다를 포함하는 가능성들을 고려하는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, “A 또는 B(A or B)” 란 어구는 “A” 또는 “B” 또는 “A 및 B(A and B)” 의 가능성들을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0015] 본원에 설명하는 본 발명의 실시예들이 가스 금속 아크 용접(GMAW) 시스템의 맥락에서 논의되지만, 본 발명의 다른 실시예들은 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 실시예들은 플럭스 코어드 아크 용접(FCAW) 또는 금속 코어드 아크 용접(MCAW) 용접 작동들뿐만 아니라 다른 유사한 타입들의 증착 작동들에서 활용될 수 있다. 게다가, 본 발명의 실시예들은 수동, 반자동 및 로봇식 용접 작동들에서 이용될 수 있다. 본 발명의 실시예들은 적층 가공, 표면 경화 및 클래딩과 같은 용접과 유사한 금속 증착 작동들에서 이용될 수도 있다. 본원에 사용되는 바에 따라, “용접(welding)” 이란 용어는 이러한 기술들이 모두 워크피스를 접합하거나 축적하기 위해 재료 증착을 수반함에 따라, 이러한 기술들 모두를 포함하는 것으로 의도된다. 그러므로 효율을 도모하기 위해, “용접” 이란 용어는 예시적인 실시예들의 설명에서 이하에 사용되지만, 다수의 워크피스의 접합이 일어나든 아니든 이러한 재료 증착 작동들 모두를 포함하는 것으로 의도된다.
- [0016] 이제 도면들을 참조하면, 도 1은 예시적 GMAW 용접 시스템(100)을 도시한다. 용접 시스템(100)은 용접 전원 공급기(102)와 같은 아크 생성 전원 공급기, 와이어 공급기(104) 및 보호 가스 공급기(106)를 포함한다. 용접 전원 공급기(102)는 전력 케이블들(108), 제어 케이블(110), 및 입력 전력 케이블(미도시)을 포함할 수 있다. 전력 케이블들(108)은 워크피스(136)에 연결되는 접지선 및 클램프(112), 그리고 와이어 공급기(104)에 연결되도록 구성되는 전력 케이블(114)을 포함할 수 있다. 제어 케이블(110)은 와이어 공급기(104)에 연결되도록 구성될 수 있다. 다른 실시예(미도시)에서, 제어 케이블(110)은 와이어 공급기(104)와 전원 공급기(102) 사이의 무선 통신 링크로 대체될 수 있고/있거나 통신이 전력 케이블(114)을 통해 일어날 수 있다. 용접 전원 공급기(102), 전력 케이블들(108) 및 제어 케이블(110)이 용접 시스템(100)에 대한 전력 및 용접 제어를 공급하는 데 적절한 임의의 구성을 가질 수 있다는 점이 이해된다. 전원 공급기(102)는 용접 프로세스의 다양한 설정 및 파라미터(예를 들어, 용접 파형 파라미터, 전압 및/또는 전류 레벨, 와이어 공급 속도 등)를 사용자가 보고 조정할 수 있게 하는 사용자 인터페이스(105)를 더 포함한다. 사용자 인터페이스(105)는 도시된 바와 같이 전원 공급기(102) 상에 위치되거나, 전원 공급기로부터 원거리에 위치될 수 있다. 특정 실시예들에서, 사용자 인터페이스(105)는 네트워크화된 컴퓨터, 스마트폰, 제어 펜던트 등과 같은, 전원 공급기(102)와 통신하는 원격 처리 디바이스 상에 위치될 수 있다.
- [0017] 와이어 공급기(104)는 아크 용접 또는 증착 작동 동안 워크피스(136) 쪽으로 용접 와이어 전극을 밀어 넣는다. 도 1에 도시된 바와 같이, 와이어 공급기(104)는 하우징(120), 기어 박스(122), 와이어 스펴 어셈블리(124) 및 사용자 인터페이스(126)를 포함할 수 있다. 용접 토치 또는 건(130)에 연결되도록 구성되는 호스(128)가 기어 박스(122)로부터 연장된다. 하우징(120)은 사용자 인터페이스(126) 및 기어 박스(122)에 연결될 수 있다. 게다가, 용접 전원 공급기(102)로부터 연장되는 제어 케이블(110) 및 전력 케이블(114), 그리고 보호 가스 공급기(106)로부터 연장되는 파이프(116)가 와이어 공급기(104)에 연결되도록 구성된다. 기어 박스(122)는 증착 작동 동안 용접 와이어 전극을 진행시키고 선택적으로 집어넣는 적어도 복수의 롤러를 포함한다. 와이어 공급기(104)가 보호 가스, 전원 공급기(102)로부터의 용접 전력, 및 용접 제어를 받는 데 적절한 임의의 구성을 가질 수

있다는 점이 이해된다. 특정 실시예들에서, 와이어 공급기(104)는 용접 전원 공급기(102)에 직접 부착될 수 있다.

[0018] 전력 전도체, 와이어 전극, 및 와이어 전선관 또는 라이너, 가스 라인, 그리고 토치의 트리거 스위치에 대한 제어 케이블을 포함할 수 있는 호스(128)가 기어 박스(122)와 용접 토치(130) 사이에서 연장된다. 와이어 전극, 가스 라인 및 스위치 케이블을 포함하도록 구성되는 호스(128)는 임의의 직경 및 길이일 수 있다. 호스(128)는 용접 환경에 적절한 임의의 재료로 만들어진다. 호스를 통해 그리고 용접 토치로 용접 와이어 전극, 보호 가스 및 제어를 공급하는 데 적절한 임의의 구성을 호스(128) 및 용접 토치(130)가 가질 수 있다는 점이 이해된다.

[0019] 도 2는 아크 용접 시스템(100)의 개략도를 제공한다. 전원 공급기(102)는 전력 케이블들(108)을 통해 용접 토치(130) 및 워크피스(136)로 용접 신호 또는 용접 파형을 제공한다. 용접 신호는 전류 및 전압을 갖고, 하나의 레벨로부터 다른 레벨로의 전류의 변화를 필요로 하는 타입의 용접 신호일 수 있다. 예를 들어, 신호는 용접 동안 백그라운드로부터 피크 레벨로 변화하는 펄스 용접 신호, 또는 알려진 속도로 하나의 극성으로부터 다른 극성으로 변화하는 교호 극성 파형일 수 있다. 전원 공급기(102)로부터의 전류는 접촉 팁(148)을 통하여 와이어 전극(134)으로 전달되어 전극(134)과 워크피스(136) 사이에 아크(132)를 생성한다. GMAW 용접 작동들에서 통상적인 바와 같이, 양의 전력 도선은 와이어 공급기(104)에 결합될 수 있으며, 양의 전력 도선은 그 다음 호스(128)에서의 용접 케이블을 통해 접촉 팁(148)으로 용접 전류를 보낸다. 전원 공급기(102)는 전원 공급기의 전기 출력에 전력 케이블들(108)을 연결시키는 단자들 또는 출력 스타트들(115, 117)을 포함할 수 있다.

[0020] 도 3은 예시적 GMAW 용접 전원 공급기(102)의 개략도를 도시한다. 전원 공급기(102)는 단락 전달(GMAW-S), 표면 장력 전달(STT), 축 형상 스프레이 전달 및 펄스화된 스프레이 전달과 같은 다양한 모드의 금속 전달에 대한 용접 파형들을 생성하도록 구성될 수 있다. 특히, 용접 전원 공급기(102)는 각각의 전류 펄스 동안 적어도 2가지의 상이한 전달 모드를 통하여 워크피스(136)로 용융된 금속을 전달하는 혼성 펄스 용접 프로세스에 대한 펄스 용접 파형들을 생성할 수 있다. 예를 들어 전류 펄스 동안, 용융된 액적은 투사 스프레이 전달 모드를 통하여 워크피스로 전달될 수 있고, 투사 스프레이 전달 모드 다음에 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달 모드 및/또는 회전 스프레이 전달 모드를 통한 부가적인 용융된 금속의 전달이 뒤따를 수 있다.

[0021] 용접 전원 공급기(102)는 용접 또는 다른 증착 작동 동안 와이어 전극(134)에 펄스 파형을 전달하도록 토치(130)에 작동적으로 연결된다. 용접 전원 공급기(102)는 와이어 전극(134)과 워크피스(136) 사이에 전기 아크(132)를 생성하여 증착 작동을 수행한다. 용접 전원 공급기(102)는 상업 전원 또는 발전기와 같은 전원(138)으로부터 아크(132)를 생성하기 위한 전기 에너지를 수용한다. 전원(138)은 단상 또는 3상 전원일 수 있다. 특정 실시예들에서, 아크 용접 시스템은 용접 전원 공급기(102)에 에너지를 또한 공급하는 하나 이상의 배터리(미도시)를 포함하는 혼성 시스템일 수 있다. 용접 전원 공급기(102)는 원하는 용접 파형에 따라 아크(132)를 생성하기 위한 인버터(140)와 같은 스위칭 타입 전력 변환기를 포함한다. 대안적으로 또는 부가적으로, 용접 전원 공급기(102)는 용접 파형들을 생성하기 위한 직류 초퍼(미도시) 또는 승압 변환기(미도시)를 포함할 수 있다. 전원(138)으로부터의 교류 전력은 입력 정류기(142)에 의해 정류된다. 정류기(142)로부터의 직류 출력은 인버터(140)에 공급된다. 인버터(140)는 변압기(144)에 고주파수 교류 전력을 공급하고, 변압기의 출력은 출력 정류기(146)에 의해 직류로 다시 변환된다. 출력 정류기(146)는 (예를 들어, 와이어 공급기를 통하여) 전원 공급기(102)에 작동적으로 연결되는 용접 토치(130)에 용접 전류를 공급한다. 토치(130)는 전원 공급기(102)에 의해 와이어 전극(134)에 공급되는 전기 에너지를 전달하기 위한 접촉 팁(148)을 가질 수 있다.

[0022] 전극(134)은 솔리드 또는 코어드 소모성 와이어 용접 전극이다. 전극(134)은 와이어 공급기(104)에 의해 스폴(150)로부터 공급될 수 있으며, 와이어 공급기(104)는 용접 작동 동안 용접 퍼들 쪽으로 전극을 진행시키도록 구성된다. 도 3에 개략적으로 도시된 바와 같이, 와이어 공급기(104)는 토치(130)를 통해 와이어 전극(134)을 밀어 넣기 위한 모터-작동식 핀치 롤러들을 포함할 수 있다.

[0023] 아크 용접 시스템은 직류 전극 양(DC+) 또는 “반대” 극성에 대해 구성될 수 있으며, 접촉 팁(148) 및 전극(134)은 전원 공급기(102)로부터의 양의 도선에 연결되고, 워크피스(136)는 음의 도선에 연결된다. 대안적으로, 아크 용접 시스템은 직류 전극 음(DC-) 또는 “정” 극성에 대해 구성될 수 있으며, 워크피스(136)는 양의 도선에 연결되고 접촉 팁(148) 및 전극(134)은 음의 도선에 연결된다. 게다가, 아크 용접 시스템은 교류 파형들이 접촉 팁(148), 전극(134) 및 워크피스(136)로 제공되는 교류 용접에 대해 구성될 수 있다.

[0024] 전원 공급기(102)는 전원 공급기에 의해 생성되는 용접 파형들을 제어하는, 인버터(140)에 작동적으로 연결되는 제어기(152)를 포함한다. 제어기(152)는 인버터(140)의 출력을 제어하기 위해 인버터(140)에 파형 제어 신호를 제공할 수 있다. 제어기(152)는 파형 제어 신호를 통하여 인버터(140)의 출력을 제어하여, 원하는 용접 파형,

용접 전압, 용접 전류 등을 달성한다. 파형 제어 신호는 인버터(140) 내의 다양한 스위치(예를 들어, 트랜지스터 스위치)의 작동을 제어하기 위한 복수의 별도의 제어 신호를 포함할 수 있다. 전원 공급기(102)는 용접 프로세스의 다양한 설정 및 파라미터(예를 들어, 용접 파형 파라미터, 전압 및/또는 전류 레벨, 와이어 공급 속도 등)를 사용자가 보고 조정할 수 있는 사용자 인터페이스(105)를 더 포함한다. 제어기(152) 및 사용자 인터페이스(105)는 사용자 인터페이스에서의 사용자 입력들 및 출력들 둘 다를 제공하도록 양방향으로 통신한다. 제어기(152)는 피드백 신호들을 통하여 용접 프로세스의 양상들을 모니터링한다. 예를 들어, 변류기(CT) 또는 분로(154)와 같은 전류 센서는 제어기(152)에 용접 전류 피드백 신호를 제공할 수 있고, 전압 센서(156)는 제어기에 용접 전압 피드백 신호를 제공할 수 있다.

[0025] 제어기(152)는 전자 제어기일 수 있고 프로세서를 포함할 수 있다. 제어기(152)는 마이크로프로세서, 마이크로 제어기, 디지털 신호 프로세서(DSP), 주문형 반도체(ASIC), 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA), 별개의 로직 회로망 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 제어기(152)는 본원의 제어기에 속하는 것으로 생각되는 기능을 제공하게 하는 프로그램 명령어들을 저장하는 메모리 부분(예를 들어, RAM 또는 ROM)을 포함할 수 있다. 제어기(152)는 별도의 비교기들, 로직 회로들 등과의 조합으로 프로세서와 같은 복수의 물리적으로 별개인 회로 또는 전자 디바이스를 포함할 수 있다. 그러나 설명의 용이함을 위해, 제어기(152)는 모놀리식 디바이스로서 나타내어진다.

[0026] 도 4a 내지 도 4c는 증착 작동에 대한 3가지의 상이한 스프레이 전달 모드를 도시한다. 도 4a는 투사 스프레이 전달 모드를 도시하고, 도 4b는 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달 모드를 도시하고, 도 4c는 회전 스프레이 전달 모드를 도시한다. 투사 스프레이 전달 모드(도 4a)에서, 용융된 액적들은 스프레이 전달 전이 전류 레벨을 초과하는 각각의 전류 펄스에 의해 와이어 전극(134)의 팁으로부터 투사된다. 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달 모드(도 4b)는 별개의 용융된 액적들보다는 오히려 용융된 금속의 보다 일정한 스트림이 와이어 전극(134)의 팁으로부터 워크피스(136) 쪽으로 투사된다는 점에서 투사 스프레이 전달 모드와 상이하다. 회전 스프레이 전달 모드(도 4c)는 용융된 금속의 스트림에 부여되는 일부 회전의 추가로 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달 모드와 유사하다. 도 5a 내지 도 5c는 GMAW 작동의 통상적 펄스 용접, 투사 스프레이 전달 모드를 추가로 도시한다. 액적(200)이 전극(134)의 단부 상에서 성장하는 것을 도 5a에서 볼 수 있다. 전류 펄스는 액적(200)을 용융된 용접 풀 또는 퍼들(202)로 전달한다. 액적의 전달이 도 5b에 도시된다. 전류가 펄스 레벨에서 백그라운드 레벨로 감소됨에 따라, 용융된 재료는 전극(134) 쪽으로 들어가고, 새로운 액적이 전극의 단부 상에서 형성된다. 투사 스프레이 전달 모드에서, 전류 펄스 당 하나의 액적이 전달된다. 아크(132)가 용접 풀(202)의 표면의 비교적 작은 비율(예를 들어, 50% 이하)을 커버하는 것을 도 5a 내지 도 5c에서 볼 수 있다. 빠른 증착 속도들(예를 들어, 16 lb/hr)에서, 통상적 펄스 용접은 바람직하지 않게 용접 풀(202)을 동요시켜 불안정성을 야기하는 작고 집중된 아크를 가질 수 있다.

[0027] 본 발명은 펄스 용접 파형을 채용한다. 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 금속은 용융된 액적의 투사 스프레이에 의해 워크피스로 전달되며, 상기 투사 스프레이는 그 다음 용융된 금속의 축 형상 스프레이 및/또는 회전 스프레이가 뒤따른다. 이러한 2가지 또는 3가지의 상이한 스프레이 전달 모드는 단일 전류 펄스 동안 순차적으로 일어나며, 이는 혼성 펄스 용접 프로세스를 야기한다. 도 6a 내지 도 6e는 뒤따르는 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달(도 6c) 추가로 뒤이어 용융된 금속의 회전 스프레이(도 6d)와 함께 투사 스프레이 전달(도 6a, 도 6b)을 채용하는 혼성 펄스 용접 프로세스를 도시한다. 혼성 전달은 한 번의 전류 펄스 동안 적어도 2가지의 상이한 금속 전달 모드를 결합시킨다. 혼성 전달은 파형의 피크 전류 레벨, 그리고 피크 전류 부분의 주파수 및 지속 기간이 전극의 단부로부터 용접 구역 쪽으로 용융된 액적을 투사하고, 용융된 액적에 피크 전류 부분 동안 용융된 금속의 스트리밍 스프레이 및/또는 회전 스프레이 전달이 이어지게 하기에 충분한 펄스 용접 파형을 사용함으로써 달성된다. 주어진 빠른 금속 증착 속도(예를 들어, 16 lb/hr 내지 25 lb/hr) 및 와이어 공급 속도(예를 들어, 400 내지 1000 인치/분)의 경우, 본 발명의 펄스 파형의 주파수는 펄스 당 하나의 액적만을 전달하는 통상적인 펄스화된 가스 금속 아크 용접(GMAW-P) 파형보다 더 느리다. 예를 들어, 대략 16 lb/hr인 금속 증착 속도를 갖는 증착 작동에서, 통상적 펄스 용접 파형은 200 Hz 내지 400 Hz의 범위의 주파수를 가질 수 있는데 반해, 본 혼성 펄스 용접 프로세스에 사용되는 파형은 더 느리고 120 Hz 내지 150 Hz의 범위의 주파수를 가질 수 있다.

[0028] 펄스 당 하나의 액적이 용접 구역으로 전달되는 통상적 증착 GMAW-P 용접 모드와 비교하여, 도 6a 내지 도 6e에 도시된 혼성 펄스 용접 프로세스는 더 긴 펄스들을 갖는 더 느린 펄스 속도 또는 주파수를 이용한다. 결과적으로, 아크(132)는 덜 집중되고 더 넓어지고 용접 풀(202)에 인가되는 압력을 균등하게 하며, 이는 안정성을 개선하고 용접 풀의 더 양호한 제어를 가능하게 한다. 즉, 혼성 펄스 용접 프로세스의 아크(132)는 통상적 펄스

용접 프로세스와 비교하여 용융된 용접 풀(202)의 표면의 더 큰 부분을 커버한다. 프로세스들 둘 다는 용접 동안 용접 풀(202)에 유사한 힘들을 인가할 것이지만, 힘들은 혼성 펄스 용접 프로세스에서 용접 풀의 더 큰 면적에 걸쳐 확산되어 나간다. 더 느린 펄스 주파수와 결합되는 용접 풀(202)에 인가되는 더 작은 압력은 혼성 펄스 용접 프로세스가 통상적 펄스 용접 프로세스보다 더 작은 정도로 용접 풀을 동요시키는 것을 야기한다. 이는 빠른 증착 속도들에서의 용접 프로세스의 안정성을 개선한다. 게다가, 혼성 펄스 용접 프로세스의 더 느린 펄스 주파수는 조작자가 지각하기에 더 용이하여 조작자가 속도를 늦추고 더 큰 용접점들을 정확히 만드는 것을 가능하게 한다.

[0029] 혼성 펄스 용접 프로세스의 각각의 전류 펄스 이후에, 그리고 용융된 액적(200)의 투사 스프레이를 뒤따르는 스트리밍 스프레이 전달 또는 회전 스프레이 전달 이후에, 용접 전류는 백그라운드 전류 레벨로 감소되어 스프레이 전달을 중단시키고 다른 용융된 액적이 전극(134)의 단부 상에서 성장하는 것을 가능하게 한다. 금속은 각각의 전류 펄스 동안 적어도 2가지의 상이한 스프레이 모드에 의해 전달되며; 큰 투사된 액적 다음에 바로 더 작은 축 형상 스프레이 또는 회전 스프레이 액적들이 뒤따른다. 스프레이 전달은, 제어 불능이 되고 불안정해지기 전에 용융된 금속의 회전을 못하게 하는, 각각의 전류 펄스 직후에 일어나는, 저전류 주기적 백그라운드 전류 부분들에 의해 차단된다.

[0030] 도 6a 및 도 6b는 스프레이 전달 전이 전류 레벨을 초과하는 전류 펄스에 의해 초기 액적이 용접 구역으로 투사되는 것을 도시한다. 도 6c 및 도 6d는 동일한 전류 펄스 동안의 축 형상 스프레이 전달 및 회전 스프레이 전달을 도시한다. 용융된 스트림(204)은 도 6d에서 막 회전하기 시작하고 있다. 용접 파형의 백그라운드 전류 부분은 도 6e에서 알 수 있는 바와 같이 축 형상/회전 스프레이 전달을 차단한다. 백그라운드 전류 레벨은 스프레이 전달 전이 전류 레벨보다 더 낮고, 아크(132)를 유지하면서 용융된 금속의 전달을 중단시킨다. 더 빠른 증착 속도에서, 일부 회전 스프레이 전달이 일어날 수 있으며, 이는 불안정성 및 스파터로 이어질 수 있다. 그러나, 회전 스프레이 전달은, 액적(200)이 용접 구역 쪽으로 투사된 후에 용접 파형의 피크 전류 부분의 지속 기간을 제한함으로써 제어될 수 있다.

[0031] 도 6a 내지 도 6e에 도시된 혼성 펄스 용접 프로세스는 통상적인 투사되는 액적 전달로서 시작되지만, 펄스 주파수를 늦추고, 통상적 펄스 용접에서보다 더 큰 규모로 용접 풀의 표면에 걸쳐 아크가 확산하여 나아가는 것을 가능하게 함으로써 축 형상 스프레이 및/또는 회전 스프레이를 통하여 액적들의 스트림이 전달되는 것을 계속해서 가능하게 한다. 혼성 펄스 용접 프로세스는 단일 전류 펄스를 이용하여 GMAW-P 타입 전달 모드(대 액적들)를 축 형상 및/또는 회전 스프레이 전달 모드들과 결합시킨다.

[0032] 아크(132)에 의해 커버되는 용접 풀 표면적과 비교되는 용접 풀(202)의 표면적의 비율이 1에 접근할 때(즉, 용접 풀을 커버하는 아크 면적이 거의 용접 풀의 크기일 때), 아크는 용접 풀에 균등한 압력을 인가한다. 도 6a 내지 도 6e에 도시된 혼성 펄스 용접 프로세스는 통상적 GMAW-P 작동과 비교하여 용접 풀 상에 보다 균등한 압력을 제공하도록 거의 용접 풀(202)의 크기로 아크 면적을 확대시킬 수 있다. 예를 들어, 와이어 전극(134)으로부터의 전기 아크(132)는 혼성 펄스 용접 증착 작동 동안 용융된 용접 풀 표면적의 적어도 80%(예를 들어, 80% 내지 100%)를 커버할 수 있다. 이는 조작자가 용접 풀을 더 양호하게 제어하는 것을 가능하게 할 수 있다. 통상적 GMAW-P 용접에서, 아크에 의해 커버되는 면적과 비교되는 용접 풀의 표면적의 비율은 1을 넘어 증가하고(예를 들어, 아크는 실질적으로 용접 풀의 크기 미만이고), 증착 속도가 증가함에 따라, 퍼들은 교란되어지는 경향이 있고 아크 주변에서 좌우로 철벽거리, 불안정성 및 스파터를 야기할 것이다. 도 6a 내지 도 6e에 도시된 더 큰 아크 콘(132)은 통상적 증착작 GMAW-P 용접에 사용되는 더 좁은 아크 콘보다 더 작은 정도로 용접 풀(202)을 동요시키는 경향이 있을 것이다.

[0033] 도 7은 예시적 혼성 펄스 용접 전압 파형(300) 및 전류 파형(302), 그리고 통상적 GMAW-P 전압 파형(304) 및 전류 파형(306)을 도시한다. 혼성 펄스 용접 프로세스에 대한 용접 파형들(300, 302)이 피크 전압 및 전류 부분들(308), 그리고 백그라운드 전압 및 전류 부분들(310)을 갖는다는 점을 알 수 있다. 백그라운드 부분들(310)은 피크 전류 레벨로부터 미리 설정된 백그라운드 전류 레벨로의 테일 아웃(tail-out)을 포함할 수 있다. 피크 부분들(308) 및 백그라운드 부분들(310)의 지속 기간들은 통상적 펄스 용접 파형들(304, 306)과 비교하여 혼성 펄스 용접 파형들(300, 302)에서 실질적으로 더 길다. 앞서 주목된 바와 같이, 혼성 펄스 용접 파형들에 대한 예시적 주파수 범위는 120 Hz 내지 150 Hz이지만, 120 Hz 미만 150 Hz 초과와 다른 주파수들이 가능하고, 혼성 펄스 용접 프로세스의 증착 속도는 시간 당 16 파운드를 초과할 수 있다.

[0034] 각각의 전류 펄스가 이전의 백그라운드 전류 부분만큼 이전의 전류 펄스에서 분리되고 이후의 백그라운드 전류 부분만큼 이후의 전류 펄스에서 분리되도록 혼성 펄스 용접 파형들(300, 302)이 일련의 전류 펄스들(308) 및 개

재된 백그라운드 전류 부분들(310)을 포함한다는 점을 알 수 있다. 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 액적은 와이어 전극의 팁으로부터 투사되고, 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 와이어 전극의 팁으로부터 멀리 용융된 금속의 스트리밍 또는 축 형상 스프레이가 뒤따른다. 통상적 펄스 파형들(304, 306)과 비교하여 혼성 펄스 용접 파형들(300, 302)의 더 긴 피크 부분들(308)은 전류 펄스 동안 용융된 액적의 투사 전달 바로 뒤에 축 형상 스프레이 전달을 생성한다. 각각의 전류 펄스 동안, 용융된 금속은 투사 스프레이 전달 모드 그리고 그 다음, 다음의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 투사 스프레이 전달 모드와 상이한 이후의 제2 스프레이 전달 모드(예를 들어, 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달 모드, 또는 회전 스프레이 전달 모드)에 의해 와이어 전극으로부터 워크피스로 전달된다. 회전 스프레이 전달 모드는 전류 펄스 동안 스트리밍 또는 축 형상 스프레이 전달 모드를 뒤따를 수 있다. 따라서 각각의 전류 펄스 동안, 투사되는 용융된 액적 다음에, 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에 와이어 전극의 팁으로부터 멀리 용융된 금속의 스트리밍/축 형상 스프레이 및 회전 스프레이 중 하나 또는 둘 다를 뒤따를 수 있다. 특정 실시예들에서, 용융된 금속의 스트리밍/축 형상 스프레이 다음에, 전류 펄스 동안 그리고 이후의 백그라운드 전류 부분이 일어나기 전에, 용융된 금속의 회전 스프레이가 뒤따른다. 그러한 실시예들에서, 3가지의 상이한 전달 모드(투사 스프레이 전달 모드, 뒤이어 스트리밍/축 형상 스프레이 전달 모드, 뒤이어 회전 스프레이 전달 모드)가 각각의 전류 펄스 동안 일어난다. 전류 펄스를 뒤따르는 이후의 또는 다음의 백그라운드 전류 부분은 스프레이 전달 모드를 중단시키고(예를 들어, 스트리밍/축 형상 스프레이 모드 또는 회전 스프레이 모드를 중단시키고), 액적이 구축되고 와이어 전극이 다음의 전달 사이클에 대한 위치로 밀어내어지는 것을 가능하게 한다. 백그라운드 전류 부분(310)으로부터 전류 피크(308)로의 전이는 통상적 펄스 용접 파형들(304, 306)에서보다 혼성 펄스 용접 파형들(300, 302)에서 더 느릴 수 있다. 백그라운드 부분(310), 및 전류 피크(308)로의 전이 둘 다 동안 액적 성장이 일어난다. 전류 피크(308)로의 전이 동안, 전류는 스프레이 전달을 촉진하기에 충분히 높지 않고, 와이어 전극의 가열은 백그라운드 부분(310) 동안보다 상당히 더 높다. 와이어 전극의 단부는 전류 피크(308)로의 전이 동안 더 용융될 것이고 표면 장력으로 인해 용융된 액적의 크기를 증가시킬 것이다. 백그라운드 전류 부분(310)으로부터 전류 피크(308)로의 전이를 늦추는 것은 더 큰 액적들의 성장을 촉진하며, 이는 바람직하다. 혼성 펄스 용접 프로세스에 이용되는 전류 레벨들에서, 투사 스프레이 전달 모드는 스트리밍/축 형상 또는 회전 스프레이 전달 모드들보다 더 안정되는 경향이 있으므로, 투사 스프레이 전달 모드에 대한 더 큰 액적들의 형성이 바람직할 수 있다.

[0035] 앞서 논의된 바와 같이, 혼성 펄스 파형들은 통상적 GMAW-P 작동들에서 생성되는 아크들과 비교하여 용접 풀에 걸쳐 더 큰 아크 면적을 생성한다. 빠른 증착 속도들(예를 들어, 16 lb/hr 이상)에서의 용융된 용접 풀 상에서 더 큰 아크 커버리지 면적이 더 알맞다. 통상적 GMAW-P 펄스 용접 파형들은 그러한 빠른 증착 속도들에서 짧은 아크 길이를 갖는 더 작고 더 집중된 아크를 생성한다. 통상적 GMAW-P 용접이 대략 16 lb/hr를 넘어 수행될 때, 용접 퍼들에서 형성되는 함몰은 과도해지고 용접 풀은 거의 매립되는 아크로 아크를 뒤덮기 시작하고, 액체 금속(용접 풀)이 좌우로 철벽거림에 따라 퍼들은 불안정해지기 시작한다. 앞서 논의된 혼성 펄스 용접 프로세스는 아크를 확대시킴으로써 용융된 용접 풀의 동요 및 불안정성을 감소시킬 수 있으며, 이는 용접 풀에 걸쳐 보다 균등한 압력을 인가한다. 더욱이, 혼성 펄스 용접 프로세스에 사용되는 더 느린 펄스 주파수는 조작자가 지각하기에(예를 들어, 보기에 그리고/또는 듣기에) 더 용이하여 조작자가 속도를 늦추고 더 큰 용접점들을 정확히 만드는 것을 가능하게 한다.

[0036] 도 8은 혼성 금속 전달을 수행하기 위한 추가적인 예시적 혼성 펄스 용접 전압 파형(312) 및 전류 파형(314)을 도시한다. 높은 피크 전류 부분(316)은 600 A 초과와 피크 전류 레벨을 갖는다. 높은 피크 전류 부분(316)은 와이어 전극의 팁으로부터 워크피스 상의 용접 구역 쪽으로 용융된 액적이 투사되게 한다. 제2의, 더 낮은 피크 전류 부분(318)(예를 들어, 대략 400 A)이 높은 피크 전류 부분을 뒤따른다. 제2 피크 전류 부분(318)은 부분(316)의 피크 전류 레벨 미만인 스프레이 전류 레벨을 제공한다. 제2 피크 전류 부분(318)은 용접 구역 쪽으로 용융된 금속의 스트리밍 스프레이 및 회전 스프레이 중 하나 또는 둘 다를 야기한다. 300 A 미만의 전류 레벨을 갖는 백그라운드 전류 부분(320)이, 예를 들어 제2 피크 전류 부분(318)을 뒤따른다. 백그라운드 전류 부분(320)은 제2 피크 전류 부분(318)의 스프레이 전류 레벨로부터 미리 설정된 백그라운드 전류 레벨로의 테일 아웃을 포함할 수 있다. 백그라운드 전류 부분(320)은 제2 피크 전류 부분(318) 동안 일어나는 스프레이 전달을 중단시키고, 액적이 구축되고 와이어 전극이 다음의 전달 사이클에 대한 위치로 밀어내어지는 것을 가능하게 한다.

[0037] 도 9는 출력 전류 파형을 제어하도록 전원 공급기에 작동적으로 연결되는 예시적 제어기(152)의 일 실시예를 도시한다. 제어기(152)는 버스 서브시스템(412)을 통하여 다수의 주변 디바이스와 통신할 수 있는 적어도 하나의 프로세서(414)를 포함한다. 이러한 주변 디바이스들은 예를 들어, 메모리 서브시스템(428) 및 파일 저장 서브시스템(426)을 포함하는 저장 서브시스템(424), 사용자 인터페이스 입력 디바이스들(422), 사용자 인터페이스 출

력 디바이스들(420), 및 네트워크 인터페이스 서브시스템(416)을 포함할 수 있다. 입력 및 출력 디바이스들은 제어기(152)와의 사용자 상호 작용을 가능하게 한다. 네트워크 인터페이스 서브시스템(416)은 외부 네트워크들에 대한 인터페이스를 제공하고 다른 컴퓨터 시스템들에서의 상응하는 인터페이스 디바이스들에 결합된다.

[0038] 사용자 인터페이스 입력 디바이스들(422)은 키보드, 마우스, 트랙볼, 터치패드 또는 그래픽스 태블릿과 같은 포인팅 디바이스들, 스캐너, 디스플레이로 포함되는 터치 스크린, 음성 인식 시스템들, 마이크들과 같은 오디오 입력 디바이스들, 및/또는 다른 타입들의 입력 디바이스들을 포함할 수 있다. 일반적으로, “입력 디바이스(input device)”란 용어의 사용은 제어기(152)로 또는 통신 네트워크 상에서 정보를 입력하는 모든 가능한 타입의 디바이스들 및 방식들을 포함하는 것으로 의도된다.

[0039] 사용자 인터페이스 출력 디바이스들(420)은 디스플레이 서브시스템, 또는 오디오 출력 디바이스들과 같은 비시각 디스플레이들을 포함할 수 있다. 디스플레이 서브시스템은 음극선관(CRT), 액정 디스플레이(LCD)와 같은 플랫폼 패널 디바이스, 투사 디바이스 또는 가시적 이미지를 생성하는 일부 다른 메커니즘을 포함할 수 있다. 디스플레이 서브시스템은 예를 들어, 오디오 출력 디바이스들을 통하여 비시각 디스플레이를 제공할 수도 있다. 일반적으로, “출력 디바이스(output device)”란 용어의 사용은 제어기(152)로부터 사용자, 또는 다른 기계 또는 컴퓨터 시스템으로 정보를 출력하는 모든 가능한 타입의 디바이스들 및 방식들을 포함하는 것으로 의도된다.

[0040] 저장 서브시스템(424)은 본원에 설명하는 제어 알고리즘들 및 소프트웨어 모듈들의 일부 또는 모두의 기능을 제공하는 프로그래밍 및 데이터 구성체들을 저장하는 비일시적인, 컴퓨터 판독 가능 저장 매체를 제공한다. 이러한 소프트웨어 모듈들은 일반적으로 단독으로 또는 다른 프로세서들과의 조합으로 프로세서(414)에 의해 실행된다. 저장 서브시스템에 사용되는 메모리(428)는 프로그램 실행 동안 명령어들 및 데이터의 저장을 위한 메인 랜덤 액세스 메모리(RAM)(430) 및 고정된 명령어들이 저장되는 읽기 전용 메모리(ROM)(432)를 포함하는 다수의 메모리를 포함할 수 있다. 파일 저장 서브시스템(426)은 프로그램 및 데이터 파일들에 대한 지속성의 저장을 제공할 수 있고, 하드 디스크 드라이브, 플래시 메모리, 연관된 제거 가능 매체와 함께 플로피 디스크 드라이브, CD-ROM 드라이브, 광학 드라이브 또는 제거 가능 매체 카트리지를 포함할 수 있다. 특정 실시예들의 기능을 구현하는 모듈들은 저장 서브시스템(424), 또는 프로세서(들)(414)에 의해 액세스 가능한 다른 기계들에서의 파일 저장 서브시스템(426)에 의해 저장될 수 있다.

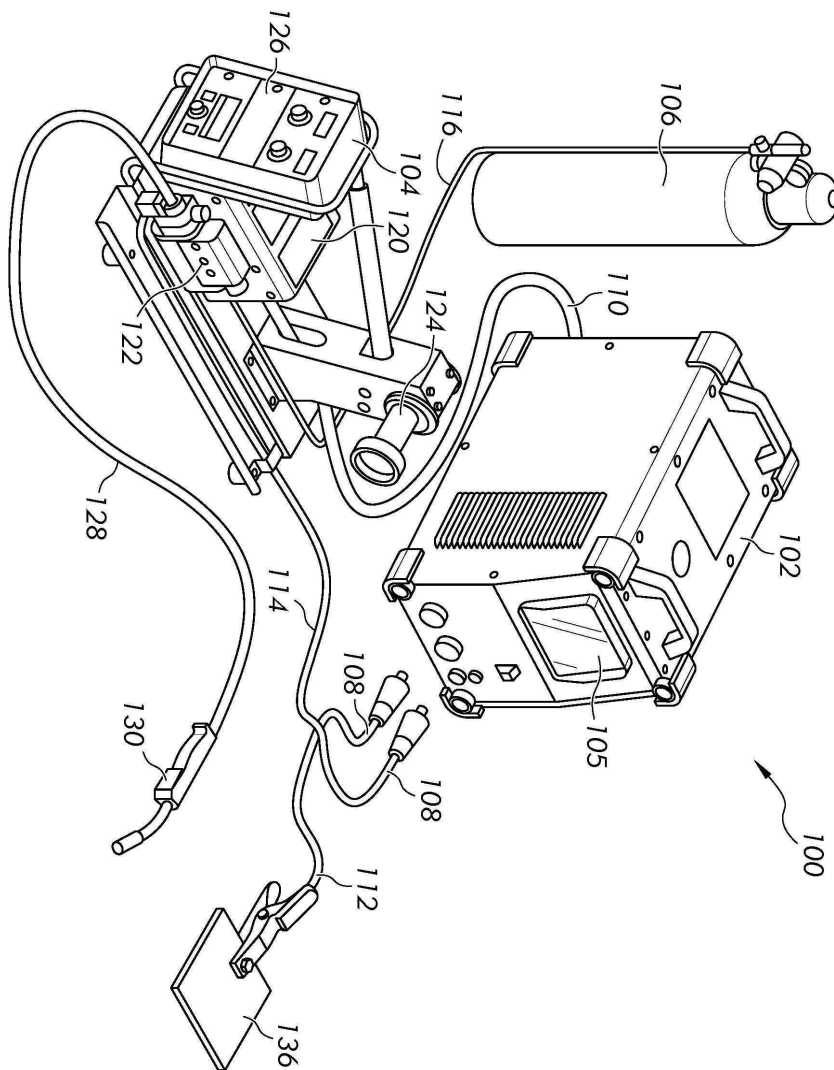
[0041] 버스 서브시스템(412)은 제어기(152)의 다양한 구성 요소 및 서브시스템이 의도되는 바에 따라 서로 통신하게 하는 메커니즘을 제공한다. 버스 서브시스템(412)이 단일 버스로서 개략적으로 도시되지만, 버스 서브시스템의 대안적인 실시예들은 다수의 버스를 사용할 수 있다.

[0042] 도 9에 도시된 제어기보다 더 많거나 더 적은 구성 요소를 갖는 제어기(152)의 많은 다른 구성이 가능하다.

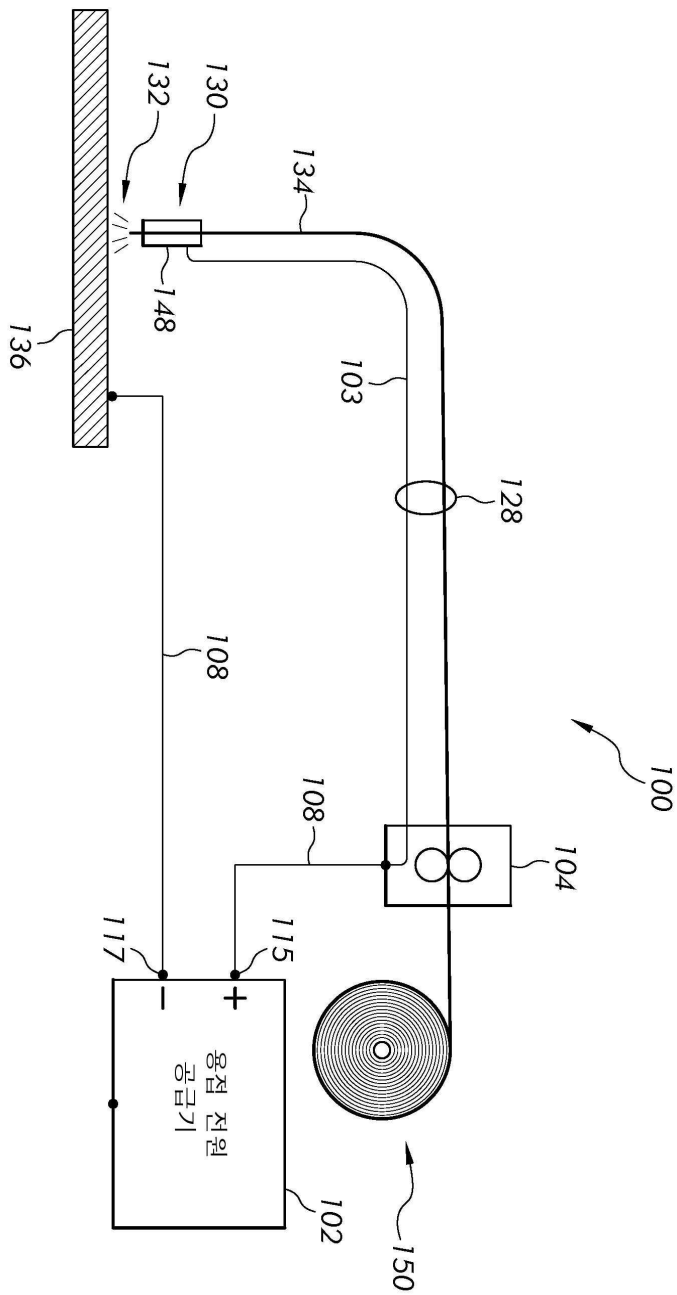
[0043] 본 발명이 예로서이고 본 발명에 포함되는 교시의 타당한 범위로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 상세들을 추가하거나, 변경하거나, 제거함으로써 다양한 변경이 행해질 수 있다는 점이 분명할 것이다. 그러므로, 본 발명은 이하의 청구항들이 반드시 본 발명의 특정 상세들에 제한되는 정도까지를 제외하고는 본 발명의 특정 상세들에 제한되지 않는다.

도면

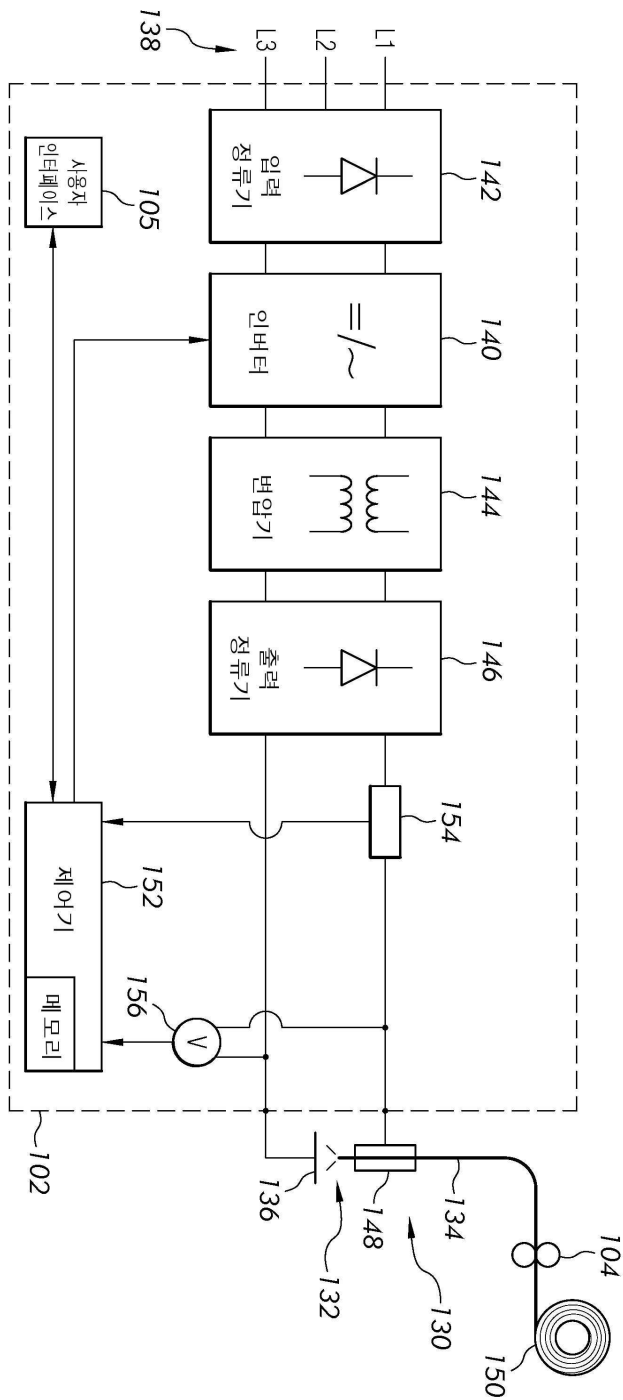
도면1



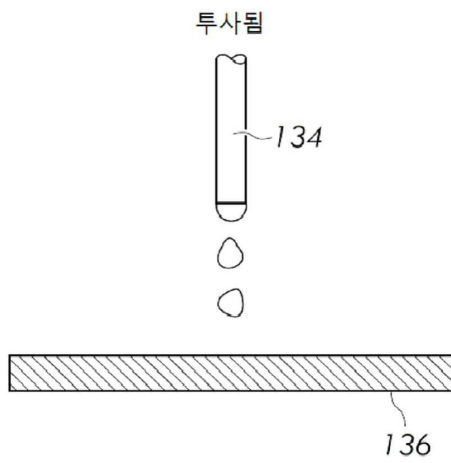
도면2



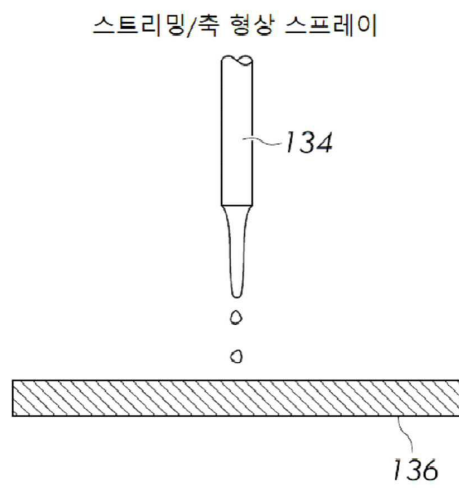
도면3



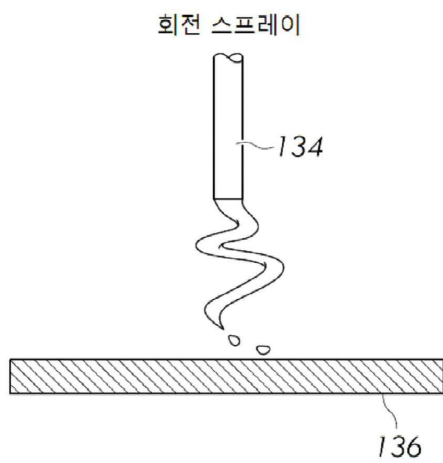
도면4a



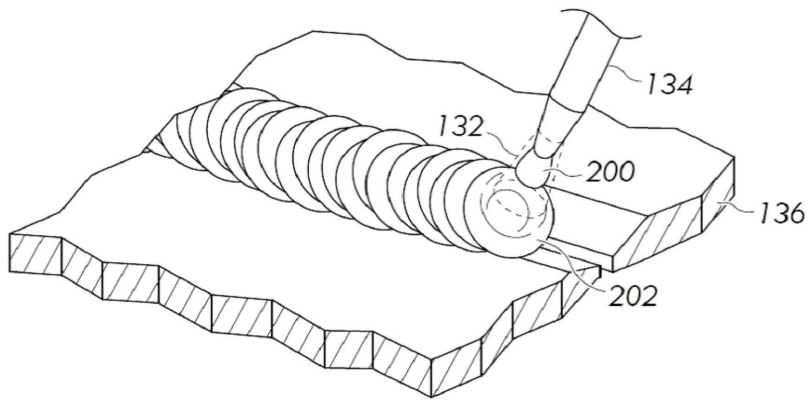
도면4b



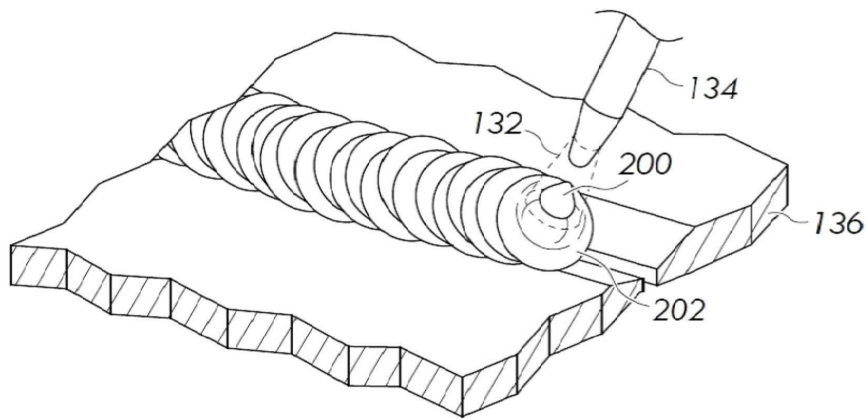
도면4c



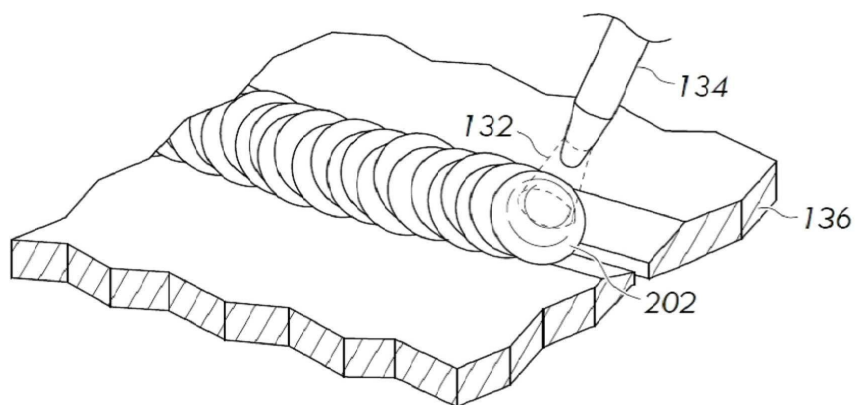
도면5a



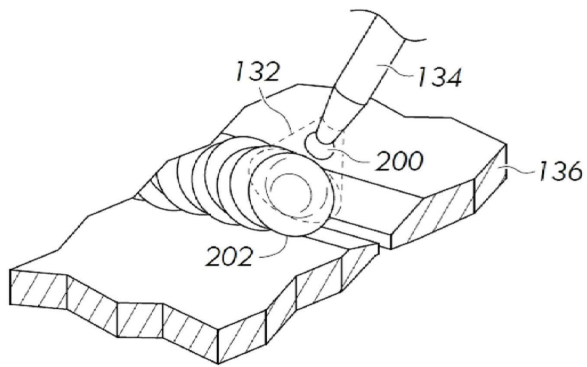
도면5b



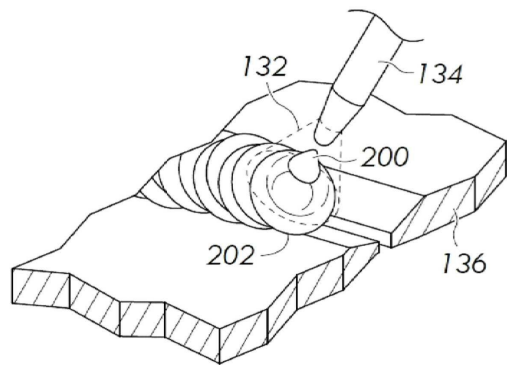
도면5c



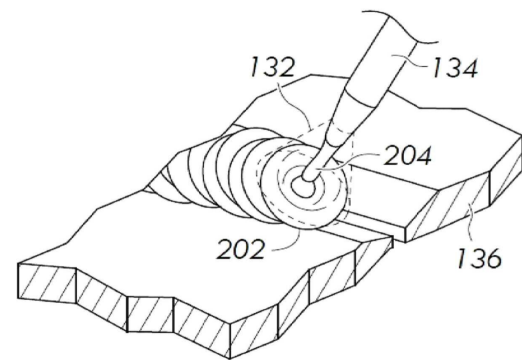
도면6a



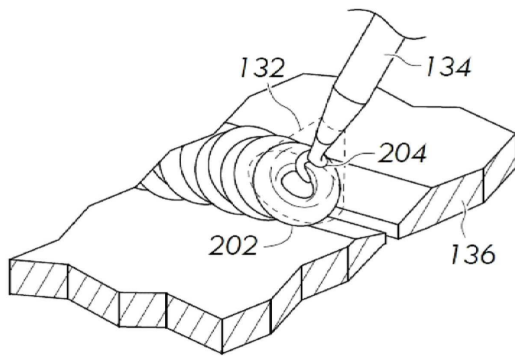
도면6b



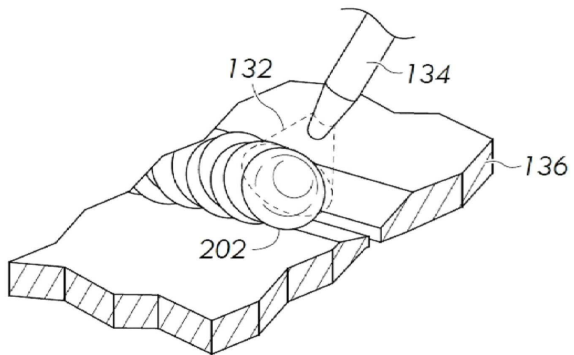
도면6c



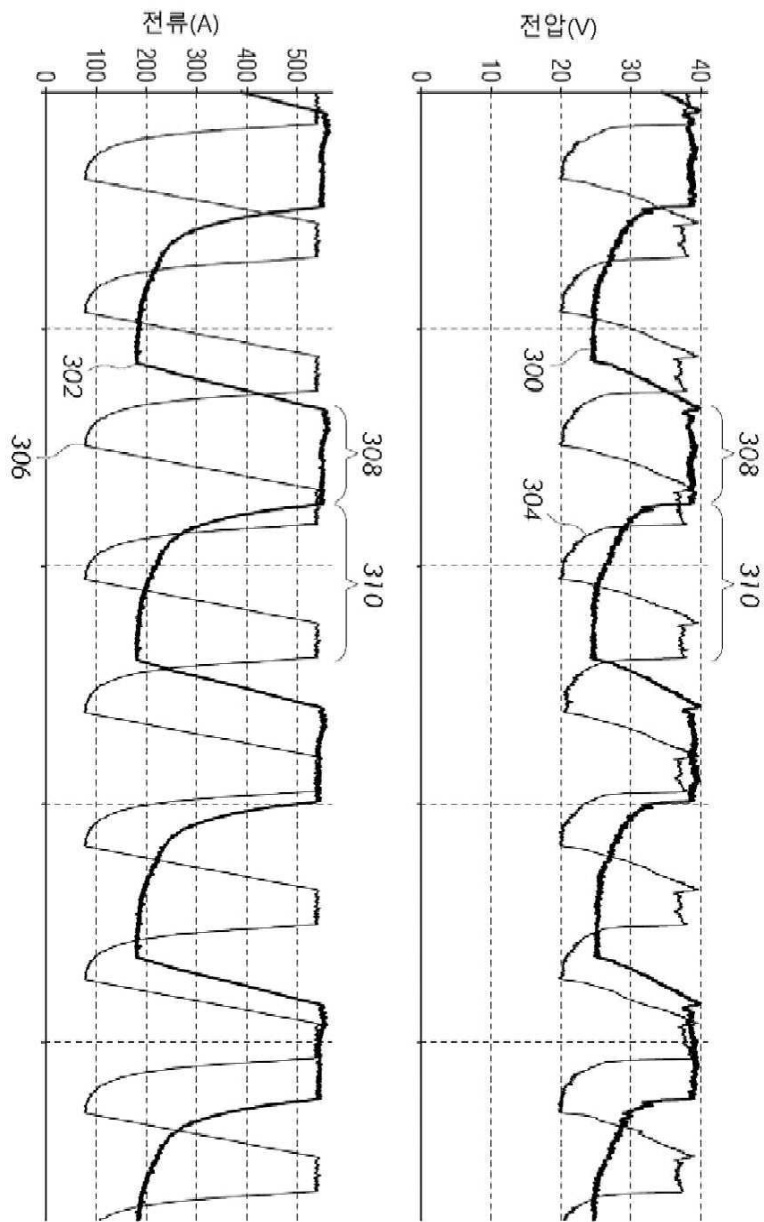
도면6d



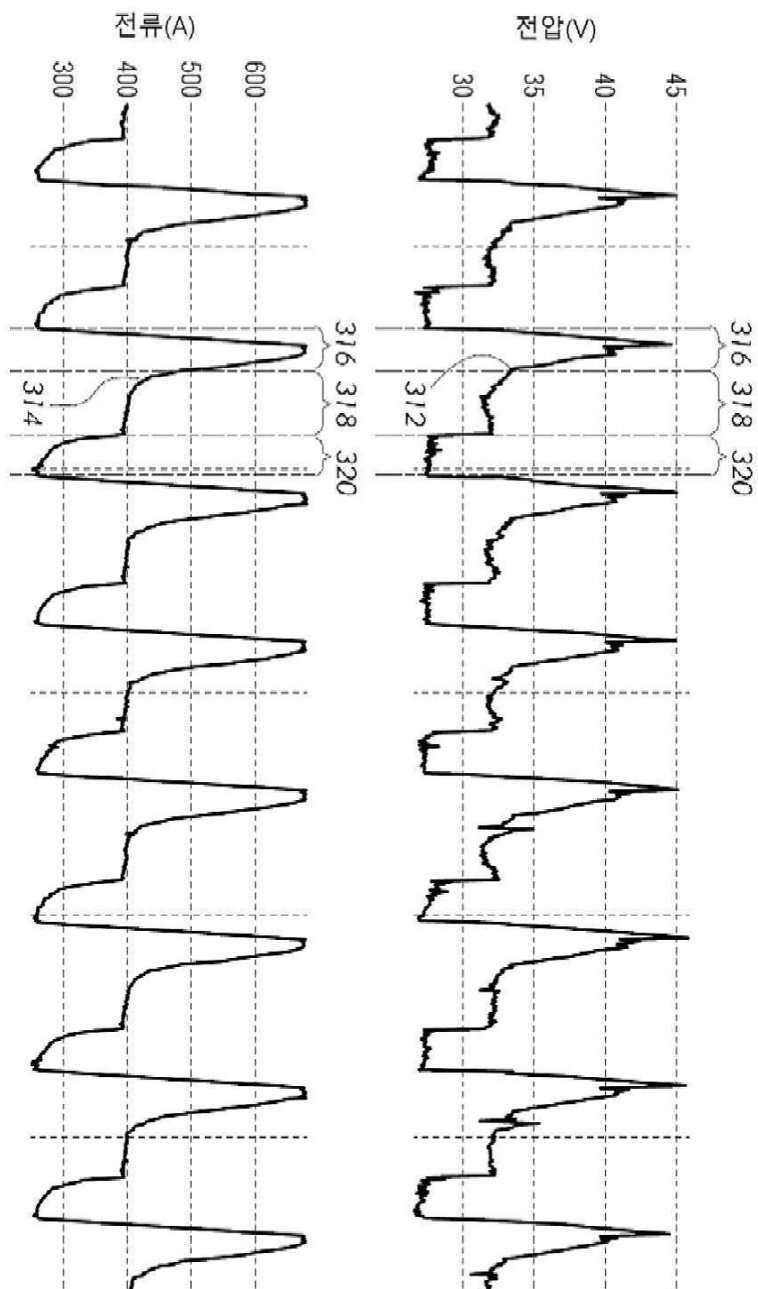
도면6e



도면7



도면8



도면9

