



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0108804  
(43) 공개일자 2007년11월13일

(51) Int. Cl.

B23K 9/14 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2006-0074183  
(22) 출원일자 2006년08월07일  
심사청구일자 2007년08월09일  
(30) 우선권주장  
11/382,084 2006년05월08일 미국(US)

(71) 출원인

링컨 글로벌, 인크.

미국 캘리포니아주 산타 페 스프링즈 마켓 애비뉴 14824(우:90670)

(72) 발명자

나라야난 바드리

미국 44124 오하이오주 세이커 하이츠 #367 메이필드 로드 6809

솔티스 패트릭 티.

미국 44120-1263 오하이오주 세이커 하이츠 #405 캠퍼 로드 2525  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

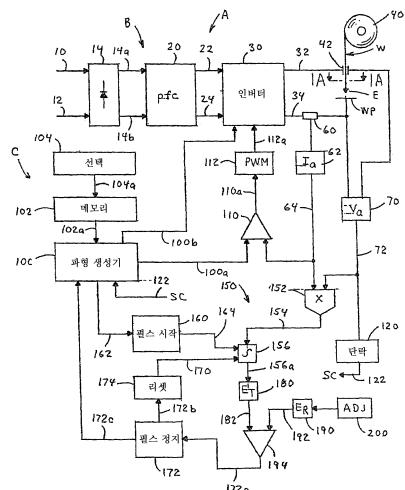
안국찬, 주성민

전체 청구항 수 : 총 46 항

## (54) 고강도 분야에서의 거스 용접을 위한 무가스 용접 방법 및 시스템

**(57) 요약**

본 발명은 단락 아크 용접 프로세스 및 자기-차폐 용접봉을 사용하여 고강도 재료를 거스 용접하기 위한 용접 시스템 및 방법에 관한 것이다. 용접 시스템은 자기-차폐 용접봉을 용접될 작업편 쪽으로 전진시키는 용접 장치를 포함하며, 용접이 적어도 미국석유협회 등급 X-80 파이프를 용접하기 위한 요건을 충족하도록 상기 장치의 작동 및 아크 길이를 제어한다. 상기 시스템은 추가로, 자기-차폐 용접봉의 단부를 용융시키기 위해 용접봉에 에너지를 도입하는 전류 펄스를 생성하기 위한 콘트롤러를 갖는 전원, 및 용융 펄스의 종료에 이어지며 그 도중에 용융된 용접봉이 작업편에 대해 단락되는 저전류 정지 금속 전이 섹션을 구비한다.

**대표도 - 도1**

(72) 발명자

마이어 러셀 케니스

미국 44236 오하이오주 허드슨 선셋 드라이브 237

스튜어트 에릭

미국 16417 펜실베니아주 지라드 맥키 로드 6628

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

자기-차폐 용접봉을 용접 장치로부터 작업편 쪽으로 전진시키는 단계와,  
전진하는 자기-차폐 용접봉을 사용하여 작업편을 용접하도록 단락 아크 용접 프로세스를 사용하는 단계를 포함하며,  
용접부는 적어도 70ksi(483MPa)의 항복 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 용접봉은 플러스 코어형 자기-차폐 용접봉인 작업편 용접 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 용접봉은 용접 건을 통해 작업편 쪽으로 전진되는 작업편 용접 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 항복 강도는 적어도 80ksi(552MPa)인 작업편 용접 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 용접부는 적어도 70ksi(483MPa)의 인장 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 용접부는 적어도 90ksi(621MPa)의 인장 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 용접부는 -20°C에서 적어도 60J의 샤르피 V-노치 인성을 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 용접부는 -40°C에서 적어도 40J의 샤르피 V-노치 인성을 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 9

제1항에 있어서, 용접부는 적어도 API(미국석유협회) 등급 X-80 파이프를 용접하기 위한 요건을 충족하는 작업편 용접 방법.

### 청구항 10

제1항에 있어서, 자기-차폐 용접봉은 자기-차폐 플러스 코어형 아크 용접 와이어인 작업편 용접 방법.

### 청구항 11

제1항에 있어서, 단락 아크 용접 프로세스의 용융 펄스를 제어하는 단계를 더 포함하며, 용융 펄스에는 저 전류 전달 사이클이 수행되고,

상기 용융 펄스 제어 단계는,

상기 전달 사이클 동안 상기 용융 펄스와 단락 회로 사이의 지속 시간을 측정하는 단계와,

상기 지속 시간에 대한 소정 시간을 설정하는 단계와,

상기 측정된 지속 시간과 상기 설정된 소정 시간을 비교함으로써 보정 신호를 생성하는 단계와,

상기 보정 신호에 기초하여 상기 용융 펄스의 파라미터를 조정하는 단계에 의해 이루어지는 작업편 용접 방법.

### 청구항 12

제1항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.3인치(7.62mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

### 청구항 13

제1항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.2인치(5.08mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

### 청구항 14

제1항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.1인치(2.54mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

### 청구항 15

자기-차폐 용접봉을 용접 장치로부터 작업편 쪽으로 전진시키는 단계와,

전진하는 자기-차폐 용접봉을 사용하여 작업편을 용접하도록 단락 아크 용접 프로세스를 사용하는 단계를 포함하며,

용접부는 적어도 API 등급 X-80 파이프를 용접하기 위한 요건을 충족하는 작업편 용접 방법.

### 청구항 16

제15항에 있어서, 용접봉은 플렉스 코어형 자기-차폐 용접봉인 작업편 용접 방법.

### 청구항 17

제15항에 있어서, 용접봉은 용접 건을 통해 작업편 쪽으로 전진되는 작업편 용접 방법.

### 청구항 18

제15항에 있어서, 용접부는 적어도 70ksi(483MPa)의 인장 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 19

제15항에 있어서, 용접부는 적어도 90ksi(621MPa)의 인장 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 20

제15항에 있어서, 용접부는 -20°C에서 적어도 60J의 샤르피 V-노치 인성을 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 21

제15항에 있어서, 용접부는 -40°C에서 적어도 40J의 샤르피 V-노치 인성을 갖는 작업편 용접 방법.

### 청구항 22

제15항에 있어서, 자기-차폐 용접봉은 자기-차폐 플렉스 코어형 아크 용접 와이어인 작업편 용접 방법.

### 청구항 23

제15항에 있어서, 단락 아크 용접 프로세스의 용융 펄스를 제어하는 단계를 더 포함하며, 용융 펄스에는 저 전류 전달 사이클이 수행되고,

상기 용융 펄스 제어 단계는,

상기 전달 사이클 동안 상기 용융 펄스와 단락 회로 사이의 지속 시간을 측정하는 단계와,

상기 지속 시간에 대한 소정 시간을 설정하는 단계와,

상기 측정된 지속 시간과 상기 설정된 소정 시간을 비교함으로써 보정 신호를 생성하는 단계와,

상기 보정 신호에 기초하여 상기 용융 펄스의 파라미터를 조정하는 단계에 의해 이루어지는 작업편 용접 방법.

**청구항 24**

제15항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.3인치(7.62mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

**청구항 25**

제15항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.2인치(5.08mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

**청구항 26**

제15항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.1인치(2.54mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

**청구항 27**

자기-차폐 용접봉을 용접 장치로부터 작업편 쪽으로 전진시키는 단계와,

전진하는 자기-차폐 용접봉을 사용하여 작업편을 용접하도록 단락 아크 용접 프로세스를 사용하는 단계를 포함하며,

용접부는 -20°C에서 적어도 60J의 샤르피 V-노치 인성을 갖는 작업편 용접 방법.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 용접봉은 플러스 코어형 자기-차폐 용접봉인 작업편 용접 방법.

**청구항 29**

제27항에 있어서, 용접봉은 용접 건을 통해 작업편 쪽으로 전진되는 작업편 용접 방법.

**청구항 30**

제27항에 있어서, 용접부는 적어도 70ksi(483MPa)의 항복 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

**청구항 31**

제27항에 있어서, 용접부는 적어도 80ksi(552MPa)의 항복 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

**청구항 32**

제27항에 있어서, 용접부는 적어도 70ksi(483MPa)의 인장 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

**청구항 33**

제27항에 있어서, 용접부는 적어도 90ksi(621MPa)의 인장 강도를 갖는 작업편 용접 방법.

**청구항 34**

제27항에 있어서, 용접부는 -40°C에서 적어도 40J의 샤르피 V-노치 인성을 갖는 작업편 용접 방법.

**청구항 35**

제27항에 있어서, 용접부는 적어도 API 등급 X-80 파이프를 용접하기 위한 요건을 충족하는 작업편 용접 방법.

**청구항 36**

제27항에 있어서, 자기-차폐 용접봉은 자기-차폐 플러스 코어형 아크 용접 와이어인 작업편 용접 방법.

**청구항 37**

제27항에 있어서, 단락 아크 용접 프로세스의 용융 펄스를 제어하는 단계를 더 포함하며, 용융 펄스에는 저 전

류 전달 사이클이 수행되고,  
 상기 용융 펠스 제어 단계는,  
 상기 전달 사이클 동안 상기 용융 펠스와 단락 회로 사이의 지속 시간을 측정하는 단계와,  
 상기 지속 시간에 대한 소정 시간을 설정하는 단계와,  
 상기 측정된 지속 시간과 상기 설정된 소정 시간을 비교함으로써 보정 신호를 생성하는 단계와,  
 상기 보정 신호에 기초하여 상기 용융 펠스의 파라미터를 조정하는 단계에 의해 이루어지는 작업편 용접 방법.

**청구항 38**

제27항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.3인치(7.62mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

**청구항 39**

제27항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.2인치(5.08mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

**청구항 40**

제27항에 있어서, 상기 단락 아크 용접 프로세스 동안 평균 아크 길이는 0.1인치(2.54mm)에 이르는 작업편 용접 방법.

**청구항 41**

자기-차폐 플렉스 코어형 용접봉을 용접 건으로부터 작업편 쪽으로 전진시키는 단계와,  
 전진하는 자기-차폐 용접봉을 사용하여 작업편을 용접하도록 단락 아크 용접 프로세스를 사용하는 단계를 포함하며,  
 용접부는 적어도 70ksi(483MPa)의 항복 강도를 갖는 용접 방법.

**청구항 42**

자기-차폐 플렉스 코어형 용접봉을 용접 건으로부터 작업편 쪽으로 전진시키는 단계와,  
 전진하는 자기-차폐 용접봉을 사용하여 작업편을 용접하도록 단락 아크 용접 프로세스를 사용하는 단계를 포함하며,  
 용접부는 적어도 API 등급 X-80 파이프를 용접하기 위한 요건을 충족하는 용접 방법.

**청구항 43**

자기-차폐 플렉스 코어형 용접봉을 용접 건으로부터 작업편 쪽으로 전진시키는 단계와,  
 전진하는 자기-차폐 용접봉을 사용하여 작업편을 용접하도록 단락 아크 용접 프로세스를 사용하는 단계를 포함하며,  
 용접부는 -20°C에서 적어도 60J의 샤르피 V-노치 인성을 갖는 용접 방법.

**청구항 44**

용접봉을 용접될 작업편 쪽으로 전진시키는 단락 아크 용접 시스템을 포함하며,  
 상기 용접봉은 자기-차폐 용접봉이고,  
 상기 단락 아크 용접 시스템은 상기 용접부가 적어도 70ksi(483MPa)의 항복 강도를 갖도록 제어되는 용접 장치.

**청구항 45**

용접봉을 용접될 작업편 쪽으로 전진시키는 단락 아크 용접 시스템을 포함하며,

상기 용접봉은 자기-차폐 용접봉이고,

용접부는 적어도 API 등급 X-80 파이프를 용접하기 위한 요건을 충족하는 용접 장치.

#### 청구항 46

용접봉을 용접될 작업편 쪽으로 전진시키는 단락 아크 용접 시스템을 포함하며,

상기 용접봉은 자기-차폐 용접봉이고,

용접부는 -20°C에서 적어도 60J의 샤르피 V-노치 인성을 갖는 용접 장치.

### 명세서

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <41> 본 출원은 전체 개시 내용이 본 명세서에서 참조되는 2004년 4월 29일 출원된 미국 출원번호 제10/834,141호, 2004년 10월 6일 출원된 미국 출원번호 제10/959,857호, 2005년 10월 31일에 출원된 미국 출원번호 제11/263,064호 및 2006년 1월 20일 출원된 미국 출원번호 제11/336,506호의 부분 연속 출원이다.
- <42> 본 발명은 전기 아크 용접의 기술에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 개선된 단락 아크 용접 시스템, 자기-차폐 플러스 코어형(flux cored) 아크 용접(FCAW-S) 용접봉에 의한 용접 방법, 및 용접봉의 조성에 관한 것이다.
- <43> 오늘날, 고강도 파이프 및 파이프라인을 무가스(gas-less) 또는 자기-차폐(self-shielding) 프로세스에 의해 반자동으로, 원주방향으로 용접하기 위한 상업적 해결책 또는 방법은 존재하지 않는다. 이는 무가스 또는 자기-차폐 용접 분야에 사용하기 위한 전통적인 기술이 고강도 용접 분야에 있어서 고유 한계를 갖기 때문이다.
- <44> 무가스 또는 자기-차폐 용접 용접봉의 사용에 있어서는, 대기 중의 산소 및 질소와 반응하여 이들 성분을 용접의 외부에 유지하기 위해 용접봉에 다양한 화학물질이 사용된다. 이들 화학물질은 산소 또는 질소가 용접 품질을 저하시키는 것을 방지하기에 충분한 양으로 사용된다. 그러나, 티타늄 및 알루미늄과 같은 이들 화학물질은 용접을 강하게 만드는 반면, 용접을 취약하게(brITTLE) 만드는 역효과도 갖는다. 이러한 취성은, 용접 강도가 API(American Petroleum Institute: 미국 석유 협회) 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족하기에 충분할 것이 요구되는 파이프라인 용접과 같은 많은 고강도 용접 분야에서, 무가스 또는 자기-차폐 용접 방법이 사용되지 못하게 한다.
- <45> 또한, 가스-차폐된 용접 방법을 사용하여 이러한 용접 요건을 충족하는 방법이 존재하지만, 이 방법 또한 원하는 바에 미치지 못하는 결점을 갖는다. 즉, 가스-차폐 방법을 사용하여 (다른 적용분야와 함께) 고강도 파이프와 파이프라인을 용접하기 위한 현재 방법 및 시스템은 용접 부위를 분위기 및 원소들로부터 보호하려면 고비용적이고 시간 소모적인 세팅을 요한다. 이는 특히 용접이 어려운 환경 조건에서 외부에서 이루어지는 파이프라인 분야에서 그려하다.
- <46> 본 발명은 API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족할 수 있는 자기-차폐 코어형 용접봉을 채용하는 단락 아크 용접 프로세스를 포함한다. 본 발명의 플러스 코어형 용접봉과 용접 프로세스를 조합할 때는 상승적(synergistic) 관계가 존재한다. 따라서, 본 발명은 고강도 및 인성을 달성하기 위해 증착되는 용접 금속의 미세구조 제어와 더불어 에너지 입력의 제어를 조합한다. 구체적으로, 본 발명의 예시적인 실시예는 550MPa 이상의 항복 강도 및 690MPa 이상의 인장 강도와, -20°C에서 60J 이상의 샤르피 V-노치(CVN: Charpy V-Notch) 인성을 달성할 수 있다.
- <47> 단락 아크 용접 시스템, 기술, 및 관련 개념뿐 아니라 파이프 용접 방법 및 장치는 일반적으로 본원에 원용되는 이하 미국 특허에 개시되어 있다: Parks 4,717,807호, Parks 4,954,691호, Parker 5,676,857호, Stava 5,742,029호, Stava 5,961,863호, Parker 5,981,906호, Nicholson 6,093,906호, Stava 6,160,241호, Stava 6,172,333호, Nicholson 6,204,478호, Stava 6,215,100호, Houston 6,472,634호, 및 Stava 6,501,049호.
- <48> 전기 아크 용접 분야는 소모성 전진 용접봉의 단부와 작업편(workpiece) 사이에서 다양한 용접 프로세스를 사용하며, 상기 작업편은 함께 용접될 둘 이상의 부품을 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예는, 전진하는 용접봉

이 전류 펄스 도중에 아크의 가열에 의해 용융되고, 이어서 용융된 금속이 표면 장력 작용에 의해 볼을 형성하며, 용융 금속 볼이 단락 작용에 의해 작업편으로 이동되는 단락 아크 프로세스에 관한 것이다. 단락은 전진하는 와이어가 볼을 이동시켜 작업편 상의 용융 금속 퍼들(puddle: 집합소)과 접촉시킬 때 발생하며, 이 단락은 용융 전압의 급락에 의해 감지된다. 이후, 단락이 중단되고 단락 용접 프로세스가 반복된다. 본 발명은 단락 아크 용접에 있어서의 개선이며, 그 각각이 본원에 원용되는 Parks 4,866,247호, Blankenship 5,278,390호, 및 Houston 6,472,634호에 나타난 것과 같은, 본 출원인에 의한 여러 특허에 개시되어 있듯이, 높은 스위칭 속도 인버터의 펄스 폭을 조작하는 과정 발생기에 의해 용접 과정의 프로파일이 제어되는 전원을 사용하여 실시된다. 이들 세 특허는 본 발명의 예시적인 실시예를 실시하기 위해 사용되는 높은 스위칭 속도 전원의 형태를 나타내며, 본원에 배경 기술로서 포함된다. 과정 발생기의 과정은 메모리에 상태 표(state table)로서 저장되며, 이 표는 Cleveland, Ohio 소재의 The Lincoln Electric Company에 의해 개발된 표준 기술에 따라 선택되어 과정 발생기로 출력된다. 과정 발생기에서 과정 프로파일을 생성하기 위한 표의 이러한 선택은 전술한 Blankenship 5,278,390호와 같은 여러 종래 기술에 개시되어 있다. 따라서, 본 발명의 실시에 사용되는 전원은 현재 공지되어 있으며, 본 발명에 사용되는 배경 기술을 구성한다. 본 발명의 단락 아크 용접 시스템의 일 태양은 Parks 4,866,247호에 개시된 것과 같은, 전진하는 용접봉의 용융 금속 볼을 형성하는 용융 펄스의 전체 에너지를 결정하기 위한 회로를 채용한다. 용융 펄스의 전체 에너지는 용융 펄스의 시간에 대한 통합 출력을 갖는 전력계에 의해 감지된다. 이 기술이 본원에 원용되는 바, 그 이유는 본 발명의 일 태양에 채택되기 때문이다. 단락 아크 용접 시스템에 단락이 생성된 후, 단락은 이어지는 용접 전류 증가에 의해 제거된다. 이러한 과정은 단락 아크 용접 시스템에서 주지되어 있으며, Ihde 6,617,549호 및 Parks 4,866,247호에 포괄적으로 개시되어 있다. 따라서, Ihde 6,617,549호에 개시된 기술 또한 본원에 배경기술로서 원용된다. 본 발명의 예시적인 실시예는 용접 기술에서 공지된 표준 AC 펄스 용접 시스템의 변형이다. 본 출원인의 이전 계류중인 출원은, 본 발명의 예시적 AC 단락 실행을 실시하는데 사용되는 형태의 고주파 스위칭 전원을 위한 에너지 측정 회로 또는 프로그램을 갖는 DC 및 AC 양 방식의 표준 펄스 용접을 개시하고 있다. 본 발명을 이해하거나 실시하는데 반드시 필요한 것은 아니지만, 2005년 4월 11일자로 출원된 이 종래 출원 Serial No. 11/103,040호는 본원에 원용된다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

&lt;49&gt;

본 발명은 코어형 용접봉과 단락 아크 용접 시스템, 및 API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족할 수 있는, 차폐 가스가 전혀 필요치 않도록 특수 코어형 용접봉 중착용 시스템의 용융 펄스를 제어하기 위한 방법에 관한 것이다. 상기 시스템 및 방법은 펄스와 실제 단락 사이에 소정 시간을 유지한다. 이 시간은 단락 및 펄스의 소정 타이밍을 포함하는 피드백 루프에 의해 제어되며, 따라서 펄스의 볼의 크기는 일정한 단락 타이밍을 유지하도록 변화된다. 이 공정은 두 개의 전원을 사용하는 Pijls 4,020,320호에 개시된 것과 같은, 다른 단락 아크 제어 장치의 상당한 개선이다. 제1 전원은 일정한 크기의 용융 펄스를 유지하며, 단락과 후속 제거(clearing) 펄스 사이에는 일정한 시간이 존재한다. 본 발명에 사용되는 펄스형 타이밍과 용융 펄스의 파라미터 사이에는 피드백이 전혀 없다. 용융 펄스의 종료와 단락 이벤트 사이에는 소정 시간이 유지된다. 피드백 루프 개념을 사용하여 소정 시간을 고정시킴으로써, 아크 안정성이 향상된다. 본 발명은 Pijls 4,020,320호에 개시되어 있는 DC 프로세스에 적용될 수 있지만, 대체로 AC 단락 아크 용접 시스템을 사용할 때 유리하다. 따라서, 용융 펄스의 폐루프 제어 없이도 두 개의 비관련 타이밍이 일정하게 유지되는 DC 단락 아크 시스템용 제어 회로를 개시하는 Pijls 4,020,320호는 본원에 배경 기술로서 원용된다.

&lt;50&gt;

본 발명은 추가로 플렉스 코어형, 즉 자기-차폐형 용접봉 또는 용접 와이어를 사용하는 용접 방법을 포함한다. 아크 용접 용접봉 또는 와이어, 및 구체적으로 용접용 코어형 용접봉의 상세는 미국 특허 제5,369,244호, 제5,365,036호, 제5,233,160호, 제5,225,661호, 제5,132,514호, 제5,120,931호, 제5,091,628호, 제5,055,655호, 제5,015,823호, 제5,003,155호, 제4,833,296호, 제4,723,061호, 제4,717,536호, 제4,551,610호, 및 제4,186,293호에 개시되어 있으며, 이들은 모두 본원에 원용된다.

&lt;51&gt;

또한, 2003년 9월 8일자로 출원된 제10/655,685호, 2004년 4월 29일자로 출원된 제10/834,141호, 2004년 10월 6일자로 출원된 제10/959,587호, 2005년 10월 31일자로 출원된 제11/263,064호의 종래 출원 각각은 비종래 배경 기술로서 원용된다.

### 발명의 구성 및 작용

&lt;52&gt;

본 발명은, 전술한 문제점을 해결하고, API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족하는 용접을 생성할 수 있는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명의 예시적인 실시예는 550MPa 이상의 항복 강도와 690MPa 이상의 인장 강도, 및 -20°C에서 60J 이상의 샤르피 V-노치(CVN) 인성을 달성할 수 있다.

- <53> 본 발명의 시스템 및 방법은, 코어형, 즉 자기-차폐 용접봉의 사용과 함께 아크 길이를 최소화하여 소정 용접 특성을 달성하기 위해 특수 전원을 통해서 용접 아크를 제어한다. 단락 아크의 사용은 용융지(weld pool) 내의 분위기로부터의 오염을 최소화하며, 따라서 인성을 향상시키고, 동시에 용접 중에 다공성에 대해 보다 저항적이게 만든다. 또한, 짧은 아크 길이의 사용은 후술하는 본 발명의 일 태양에 따른 조성을 갖는 자기-차폐 용접봉의 사용을 본 발명의 실시예에 따라 가능하게 한다. 또한, 본 발명에 의하면, API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건, 및/또는 550MPa 이상의 항복 강도와 690MPa 이상의 인장 강도, 그리고 -20°C에서 60J 이상의 샤르피 V-노치(CVN) 인성에 대한 요건을 충족하는 용접을 달성하기 위해 추가적인 차폐 가스를 사용할 필요가 없다.
- <54> 본 발명의 방법에 관한 제1 태양에 따르면, 단락 아크 과형의 용융 펄스는 피드백 루프에 의해서 또한 용융 펄스의 일정한 값을 고정하지 않음으로써 상호작용적으로(interactively) 제어된다. 용융 펄스의 종료와 단락 사이의 시간은 단락 아크 용접 시스템에서 용융 펄스의 파라미터를 반동적으로 변경시킴으로써 유지된다. 본 발명의 예시적인 일 실시예에서 시스템은 AC 시스템이지만, Pijls 4,020,320호에 개시되어 있는 형태의 DC 시스템에 사용될 수도 있다. 단락 아크 과형의 조작은, Houston 6,472,634호에 개시된 것과 같은 높은 스위칭 속도 인버터의 펄스 폭 변조기를 작동시키는 과형 발생기에 의해 제어되는 과형을 갖는 단일 전원을 사용함으로써 용 이해진다. 본 발명의 실시에 의해 실현되는 한 가지 장점은, 종래 기술에 개시되어 있는, 두 개의 개별 전원을 사용하는 단락 아크 용접에 비해 개선된다는 점이다.
- <55> 본 발명의 제1 태양의 다른 실시예에 따르면, 단락 아크 용접 시스템은, 용융 펄스가 네거티브 극성을 갖는 AC 시스템이다. 일정한 용융 금속 비드를 유지하기 위해서는, 전진하는 용접봉의 단부에서의 용융 금속이 볼로 형성된 후 작업편 용접 퍼들에 대해 단락되도록 전원을 저레벨 포지티브 전류로 시프트시키기 위한 주울 역치가 존재한다. 일 실시예에서, 이 AC 과형은, 과형의 개별 전류 세그먼트의 프로파일을 제어하고 과형 세그먼트의 극성을 결정하는 과형 생성기에 의해 제어된다. 종래 기술에서는, 용융 펄스에 일정한 에너지를 제공하기 위해 주울 역치 스위치가 사용되었다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 용접봉이 용융 펄스 이후 단락되는 시간을 측정하기 위해 타이머가 존재한다. 용융 펄스와 단락 이벤트 사이에 균일한 시간을 유지하기 위해 피드백 루프가 채용된다. 이러한 시간 제어는 아크 및 단락 사이클을 안정화시킨다. 본 발명의 일 실시예에서, 용융 펄스와 단락 사이의 시간은 대략 1.0ms이다. 용접봉 크기 및 증착 속도에 따라서, 용융 펄스와 단락 이벤트 사이의 시간은 대체로 0.5ms 내지 2.0ms 사이의 고정된 값으로 조정될 수 있다. 타이밍의 제어는 통상 AC 단락 아크 용접에 적용될 수 있지만, 동일 개념은 스트레이트 DC 포지티브 극성에 적용될 수 있다. 양 경우에, 용융 펄스에 의해 형성되는 용융 금속을 갖는 전진 와이어는, 단락 이벤트 준비 상태의 볼 형성을 용이하게 하는 낮은 정지(quiescent) 양 전류로 유지된다. 본 발명의 어떤 실행에서도, 용융 펄스의 주울 또는 기타 파라미터는, 단락 이벤트에 대한 예정 시간을 유지하도록 조절되는 피드백 루프에 의해 제어된다.
- <56> 본 발명의 제1 태양의 AC 실행은 플러스 코어형 형태의 튜브형 용접봉에 있어서 유용하며, 일 실시예는 후술하는 본 발명의 일 태양에 따라 코어에 합금 성분을 갖는 플러스 코어 용접봉에 의해 실행된다. 단락 시간으로부터의 피드백에 기초한 플러스 코어형 용접봉의 용융 사이클의 제어는, AC 단락 용접 프로세스의 안정성을 유지하기 위한 대단히 정교한 과정이다. 전술한 내용을 감안하여, 본 발명의 일 실시예는 본 발명의 일 실시예에 따른 코어형, 즉 자기-차폐성 용접봉으로 파이프를 용접하는데 사용될 수 있다. 본 발명의 방법을 사용할 때 이러한 용접봉을 위한 용접 전류는 스프레이 용접을 위한 전류 역치보다 작다. 따라서, 파이프 조인트로의 금속 전이는 어떤 형태의 단락을 포함해야 하며, 본 발명의 일 실시예에서는 본 발명이 관계되는 형태의 구형 단락 전이를 포함한다. AC 단락 아크 용접을 사용하여 용접 안정성을 개선시키는 것은 여전히 아크의 불안정성을 초래한다. 이 불안정성은 본 발명을 실시함으로써 극복된다. 따라서, 본 발명은 자기-차폐형 코어형 용접봉을 사용하는 파이프 조인트의 AC 단락 아크 용접에 특히 적용될 수 있으며, 따라서 용접 강도는 API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족한다.
- <57> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전진하는 와이어 용접봉과 작업편 사이에서 단락 아크 용접 프로세스를 수행하기 위한 용접 시스템이 제공되며, 이 시스템은 용접봉의 단부를 용융하기 위해 용접봉에 에너지를 도입하는 전류 펄스를 생성하기 위한 콘트롤러를 갖는 전원, 및 용접봉 단부의 용융 금속이 작업편의 용접 퍼들에 증착될 수 있게 하는 저전류 정지 금속 전달 섹션을 포함한다. 저전류 금속 전달 섹션 도중에, 용융 금속은 용융 금속 퍼들에 대해 단락된다. 타이머는 용융 펄스의 종료와 단락 이벤트 사이의 실제 시간을 측정한다. 펄스와 단락 이벤트 사이에 소정 시간을 설정하기 위한 장치가 사용되며, 실제 시간과 소정 시간 사이의 차이에 기초하여 수정 신호를 생성하기 위한 회로가 사용된다. 이 수정 신호는 용융 펄스 도중에 와이어에 도입되는 전체 에너지

와 같은 용융 펠스의 주어진 파라미터를 제어하기 위해 사용된다.

<58> 본 발명의 제1 태양의 예시적 실시예에 따르면, 단락 아크 용접 프로세스는, 용융 펠스가 네거티브 전류에 의해 수행되고 과형의 정지 저전류 금속 전달 섹션이 다공성 극성에서 존재하는 AC 프로세스이다. 본 발명의 AC 버전은 파이프 용접 조인트의 루트 패스(root pass)와 같은 여러 환경에서의 플렉스 코어형 용접봉에 의한 용접에 적용될 수 있다.

<59> 본 발명의 전원의 다른 태양에 따르면, 단락 아크 용접 시스템의 콘트롤러는 단락 이후 단락 제거 펠스를 생성하기 위한 회로를 구비한다. 이 전원 실시예에서 과형 생성기는 임의의 주어진 시간에서 용접 과형의 극성 및 프로파일을 결정한다. 본 발명의 용접 시스템은 용융 펠스와 단락 사이의 시간을 고정된 값으로 유지하는데 사용되며, 이 고정된 값은 대체로 0.5 내지 2.0ms의 범위에 있으며, 다른 실시예에서는 대략 1.0ms이다.

<60> 다른 태양의 전원 또는 이 전원에 의해 수행되는 방법에 따르면, 단락 아크 시스템은 둘다 포지티브한 용융 펠스 및 정지 섹션을 갖는 DC 포지티브로 수행되며, 단락 포지티브 제거 펠스가 이어진다. 이러한 본 발명의 실행은 단락 아크 용접 프로세스를 실시하기 위한 과형 처리 도중에 과형 생성기로부터의 극성 변경을 포함하지 않는다. 단락 아크 용접 시스템은 AC이며, 용융 펠스와 단락 사이의 실제 시간이 소정 시간과 동일하도록 전류 펠스를 제어하기 위한 회로가 존재한다. 본 발명의 이 실시예는, 본 발명의 다른 실시예처럼 일정한 시간을 유지한다.

<61> 본 발명의 일 실시예는 용융 펠스와 최종 단락 이벤트 사이의 시간을 제어하기 위해 용융 펠스의 에너지를 제어한다.

<62> 본 발명의 제1 태양의 또 다른 태양은 단락 아크 용접 프로세스의 용융 펠스를 상기 프로세스가 용융 펠스와 단락 이벤트 사이에 선택된 시간을 갖도록 제어하기 위한 방법을 제공하는 것이다. 이 방법에 의해 제어되는 파라미터는 용융 펠스의 전체 에너지이다. 본 발명의 이 실시예는 플렉스 코어형 용접봉을 사용하는 원형 오픈 루트 파이프 조인트의 루트 패스에 사용될 수 있다.

<63> 본 발명의 제2 태양은 적어도 부분적으로, 전술한 단락 아크 방법에 의해 얻어지는 AC 용접 도중의 비교적 짧은 아크 길이의 사용에 관한 것이며, 그 결과 분위기로부터의 용접 오염이 현저히 감소된다. 본 발명의 이 실시예는 또한, 본 발명의 이 태양과 함께 용접봉에 사용될 때 유익한 결과를 달성할 수 있는 특정 플렉스 합금 시스템을 사용한다. 코어형 용접봉의 플렉스/합금 시스템은 짧은 아크 길이를 허용 및 촉진한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 이들 태양을 조합하면, 60 내지 70ksi(413 내지 482MPa) 이상의 강도를 갖는 강건하고 장인한 용접 금속을 생성하고 다른 실시예에서는 80ksi(551MPa) 이상의 항복 강도를 갖는 시너지 현상이 제공되며, 따라서 API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족하는 용접이 제공된다. 또한, 본 발명의 예시적인 실시예는 550MPa 이상의 항복 강도와 690MPa 이상의 인장 강도, 및 -20°C에서 60J 이상의 샤르피 V-노치 인성을 달성할 수 있다. 더욱이, 본 발명의 실시예들에서 사용되는 합금은 보다 얇은 파이프의 사용을 가능하게 하며, 파이프 용접 부위에서 가스를 차단할 필요가 전혀 없다.

<64> Cleveland, Ohio 소재의 The Lincoln Electric Company에 의해 개발된 과형 기술은 플렉스 코어형 용접봉에 의한 AC 용접에 사용하기 위해 수정되었다. 코어형 용접봉은 용접 작업이 보다 정확히 제어될 수 있게 하는 바, 용접 비드의 합금은 그 비드에 대한 소정 기계적 특징에 맞춰지고 용접 작업의 위치는 덜 제한된다. 그러나, 아크 안정성 및 적절한 용융 온도 및 속도를 제공하려면, AC 프로세스를 위한 과형의 실제 제어는 상당히 복잡해진다. 아크 용접 도중의 용접 금속의 오염은 코어형 용접봉에 대해 AC 용접을 사용하는 것의 여전한 문제이다. 용접 작업 이후의 용접 금속 중의 오염물은 용접 금속 내에 다공성, 크랙킹, 및 기타 형태의 결함을 초래 할 수 있다. 따라서, 아크 용접 프로세스의 설계자가 직면하는 주요 문제는 오염물과 같은 요소를 분위기로부터 아크 환경으로부터 배제하기 위한 또는 이러한 불순물의 잠재적으로 유해한 효과를 무효화시키기 위한 기술을 개발하는 것이었다. 잠재적 오염원에는 용접봉을 포함하는 재료, 작업편 자체 내의 불순물, 및 주변 분위기가 포함된다. 코어형 용접봉은 알루미늄, 마그네슘, 지르코늄, 및 티타늄과 같은 "킬링" 작용제를 포함할 수 있는 바, 이를 작용제는 잠재적 오염물이 용접 금속에 다공성 및 유해한 함유물을 형성하지 못하도록 잠재적 오염물과 화학 결합한다. 본 발명은 코어형 용접봉이 용접 금속 중의 오염물 함유를 허용하는 경향을 감소시키는 용접봉 조성의 사용을 포함한다. 이 방법은 또한 "킬링" 작용제로서 요구되는 재료의 양을 감소시킨다.

<65> 구체적으로, 본 발명은 AC 과형을 사용하여 오염물 레벨이 감소된 용접을 형성하기에 특히 적합한 자기-차폐형 플렉스 코어형 아크 용접(FCAW-S) 용접봉을 제공한다. 이 용접봉은 대략 35 내지 55%의 불화 바륨, 대략 2 내지 12%의 불화 리튬, 대략 0 내지 15%의 산화 리튬, 대략 0 내지 15%의 산화 바륨, 대략 5 내지 20%의 산화 철,

및 대략 25% 이하의 탈산화 및 탈질화 작용제를 포함하는 합금/플렉스 시스템을 갖는다. 이 작용제는 알루미늄, 마그네슘, 티타늄, 지르코늄, 및 그 조합으로부터 선택될 수 있다.

<66> 본 발명은 특정 합금/플렉스 시스템을 이용하는 자기-차폐 플렉스 코어형 용접봉을 사용하는 아크 용접 방법을 제공한다. 상기 방법은 용접봉과 기판 사이에 제1 네거티브 전압을 인가하여 기판 근처에서 용접봉의 적어도 부분적인 용융을 초래하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 용접봉과 기판 사이에 포지티브 전압을 인가하여 용접봉으로부터 유동성 재료 매스의 형성을 촉진하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 추가로, 유동성 매스를 통해서 용접봉과 기판 사이에 전기 단락이 발생하는 것을 감시하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 추가로, 전기 단락이 검출되면 용접봉과 기판 사이에 제2 네거티브 전압을 인가하는 단계를 포함한다. 그리고, 상기 방법은 제2 네거티브 전압의 크기를 증대시켜 전기 단락을 제거하고 기판 상에 유동성 매스로부터 용접을 형성하는 단계를 포함한다. 자기-차폐 플렉스 코어형 용접봉은 알루미늄, 마그네슘, 티타늄, 지르코늄, 및 그 조합으로 구성되는 그룹에서 선택되는 대략 35 내지 55%의 불화마륨, 대략 2 내지 12%의 불화리튬, 대략 2 내지 15%의 산화리튬, 대략 5 내지 20%의 산화철, 및 대략 25% 이하의 탈산화 및 탈질화 작용제를 포함할 수 있다.

<67> 본 발명의 목적은, API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족하는 용접을 제공하기 위해 특히 프로세스가 AC 모드로 수행될 때 프로세스 도중의 단락 이벤트의 간격을 제어하는 단락 아크 용접 시스템을 제공하는 것이다.

<68> 본 발명의 다른 목적은, 용융 펠스와 단락 사이의 시간에 기초하여 용융 펠스를 상기 시간이 소정 값으로 고정되도록 제어하는 단락 아크 용접 방법을 제공하는 것이다.

<69> 본 발명의 또 다른 목적은, 개선된 용접봉 조성, 특히 신규한 단락 아크 용접 시스템 및 방법과 조합하여 사용하기에 특히 적합한 용접봉 충진 조성을 제공하는 것이다.

<70> 본 발명의 추가 목적은, 가능한 최단 아크 길이에서 아크를 안정화시키기 위해 단락 아크 프로세스 및 플렉스 코어형 용접봉을 포함하는 상승적 시스템을 제공하는 것이다. 따라서, 분위기로부터의 오염이 최소화된다. 합금 시스템 및 용접 프로세스의 조합은 이러한 짧은 아크 길이에서 아크를 안정화시킬 수 있으며, 그 결과 강건하고 강인한 용접 금속이 얻어진다. 본 발명의 일 실시예는, 가스 차폐의 사용 없이, 80ksi(551MPa) 이상의 항복 강도를 갖는 용접을 제공함으로써, API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족하는 용접을 제공한다. 또한, 본 발명의 예시적인 실시예는 550MPa 이상의 항복 강도와 690MPa 이상의 인장 강도, 및 -20°C에서 60J 이상의 샤르피 V-노치(CVN) 인성을 달성할 수 있다.

<71> 상기 및 기타 목적과 장점들은 첨부도면을 참조로 한 하기 설명으로부터 명백해질 것이다.

<72> 본 발명의 장점, 특성, 및 다양한 추가 특징은 도면에 개략 도시되는 본 발명의 예시적 실시예를 참조하면 보다 명백해질 것이다.

<73> <실시예>

<74> 전기 아크 용접 산업에 있어서, 단락 아크 용접은 일반적인 방법이며, 도2에 개략 도시되어 있는 네 단계 I, II, III, IV를 포함한다. 단락 아크 용접을 수행하기 위한 전원은 변압기 기반 전원일 수 있지만, 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따르면, 도1에 도시된 시스템(A)은 라인(10, 14)을 가로질러 AC 서플라이를 갖는 높은 스위칭 속도 인버터 기반 전원(B), 또는 라인(14a, 14b)을 가로질러 제1 DC 신호를 생성하는 인버터(14)에 관한 3상 서플라이를 사용한다. 표준 아키텍처에 따르면, 출력 라인(22, 24)에 걸쳐서 제어되는 제2 DC 신호를 생성함으로써 입력 역률(power factor)을 수정하기 위해 부스트 또는 벽(buck) 컨버터(20)가 전원(B)에 사용된다. 높은 스위칭 속도 인버터(30)는 라인(22, 24)에 걸친 제2 DC 신호를 출력 리드(32, 34)에 걸친 다수의 전류 펠스에 의해 생성되는 파형으로 전환한다. 본 발명의 예시적인 실시예에 따르면, 리드(32, 34)에 걸친 파형은 DC 포지티브이거나 AC이며, 따라서 인버터(30)는 리드(32, 34)에 걸친 프로파일 파형의 극성을 나타내는 출력 스테이지(도시되지 않음)를 갖는다. 이들 리드는 용접봉(E) 및 작업편(WP)에 각각 연결된다. 표준 단락 아크 기술에 따르면, 용접봉(E)은 서플라이 풀(supply pool) 또는 드립(40)으로부터 접촉 선단(42)을 통해서 공급되는 와이어(W)의 전진하는 단부이다. 따라서, 와이어(W)는 용접봉(E)과 작업편(WP) 사이의 갭에 걸쳐서 소정 극성을 갖는 제어된 파형이 생성될 때 주어진 WFS로 작업편(WP)을 향해서 구동된다. 본 발명의 일 실시예에서, 와이어(W)는 도1a에 개략 도시된 플렉스 코어형 와이어이며, 이는 자기-차폐 와이어 또는 용접봉으로도 알려진 합금 입자를 통상 구비하고 용융제를 갖는 내부 플렉스 코어(52)를 둘러싸는 외부 저탄소강 쉬쓰(50)를 구비하는 것으로 도시되어 있다. 용접봉의 실시예에 대해서는 이하에서 보다 자세히 설명될 것이다.

<75> 분류기(shunt)(60)는 피드백 전류 장치(62)를 구동하며, 라인(64)상의 전압 신호는 용접 프로세스의 순간 아크

전류를 나타낸다. 마찬가지로, 장치(70)는 용접 프로세스의 순간 전압을 나타내는 신호를 출력 라인(72) 상에 생성한다. 인버터(30)의 콘트롤러(C)는 대체로 아날로그 아키텍처에 개략 도시된 기능을 수행하는 DSP 또는 마이크로프로세서와 같은 디지털 장치이다. 콘트롤러(C)의 중앙 콤포넌트로서 과형 생성기(100)는, 메모리 유닛(102)에 저장되고 장치 또는 회로(104)에 의해 소정 용접 프로세스에 따라 선택되는 상태 표로부터의 특정 과형을 처리한다. 소정 단락 아크 용접 프로세스가 선택되면, 선택 신호(104a)는 메모리 유닛(102)으로 향하며, 따라서 소정 단락 아크 용접 과형의 특성 및 파라미터를 규정하는 상태 표가 라인(102a)으로 도시하듯이 과형 생성기(100)에 로딩된다. 과형 생성기(100)는 임의의 주어진 시간에 로직 온 라인(100b)으로 도시되는 소정 극성을 갖는 과형의 프로파일을 출력한다. 디지털 콘트롤러(C)에 의해 제어되는 도시된 전원(B)은 전류 제어 피드백 형태의 것이며, 여기에서 라인(64) 상의 전압을 나타내는 전류는 표준 과형 제어 기술에 따라 펄스 폭 변조기(112)를 제어하기 위해 라인(110a) 상에 출력 신호를 갖는 에러 증폭기(110)에 의해 라인(100a) 상의 과형 프로파일 신호와 조합된다. 라인(112a) 상의 출력 신호는 라인(32, 34)에 걸친 과형의 형상을 제어하며, 실행되는 특정 과형 프로파일의 극성은 로직 온 라인(100b)에 의해 설정된다. 이런 식으로, 과형 생성기(100)는 펄스 폭 변조기(112)를 인버터(30)의 고주파 작동을 제어하는 라인(112a)에 펄스를 갖도록 제어한다. 이 인버터 스위칭 주파수는 일반적으로 18kHz를 초과하며, 바람직하게는 대략 40kHz를 초과한다. 이제까지 기술했듯이, 콘트롤러(C)를 갖는 전원(B)은 Cleveland, Ohio 소재의 The Lincoln Electric Company에 의해 개발된 표준 기술에 따라서 작동한다. 콘트롤러(C)는 디지털이지만, 아날로그 포맷으로 도시되어 있다. 단락 아크 용접 프로세스를 실행하려면, 콘트롤러(C)는 용접봉(E)과 작업편(WP) 사이의 단락 조건에 관한 피드백 정보를 수신할 필요가 있다. 콘트롤러(C)의 이러한 특징은, 과형 생성기(100)에 대한 단락 이벤트(SC)의 존재를 알리기 위한 라인(122)상 로직을 생성하는 단락 검출기(120)로서 개략 도시되어 있다. 따라서, 생성기는 단락이 존재할 때 알려지며, 임의의 단락 아크 용접 프로세스에서 단락의 처리에 따라 과형을 실행한다. 이제까지 기술했듯이, 콘트롤러(C)는 라인(100b)상 로직에 의해 인버터(30)의 출력에서 극성 스위치를 제어하는 것을 제외하고는 표준 기술이다.

&lt;76&gt;

본 발명을 실시하기 위해, 콘트롤러(C)에는 단락 준비가 되어 있는 용융 펄스를 제어하기 위한 회로(150)가 제공된다. 회로(150)는 디지털이지만, 아날로그 아키텍처로 개략 도시되어 있다. 기능들은 용융 펄스의 에너지를 제어하기 위한 콘트롤러(C)의 디지털 프로세서에 의해 실행된다. 이러한 에너지 제어 회로는 2005년 4월 11일자로 출원된 동시계류중인 선출원 제11/103,040호에 개시되어 있다. 이 선출원은 본원에 종래 기술로서가 아닌 관련 기술로서 원용된다. 선출원에 개시되어 있듯이, 펄스형 용접 과형의 용융 펄스의 에너지는, 용접 프로세스의 순간 전력을 나타내는 라인(154)상 신호를 제공하기 위해 라인(64, 72)상 순간 신호를 배증시키기 위한 배증기(multiplier)(152)를 구비하는 회로(150)에 의해 제어될 수 있다. 라인(154)상 전력 신호는 Parks 4,866,247호에 개시하듯이 표준 통합기(integrator)(156)에 의해 축적된다. 라인(154)상 전력 신호의 통합은 라인(162)상 로직에 의해 도시되는 용융 펄스의 시작에 일치하도록 블록(160)으로서 도시된 펄스 시작 명령을 생성하는 과형 생성기(100)에 의해 제어된다. 시작 포인트는 용융 펄스가 과형 생성기(100)에 의해 시작될 때의 시간( $t_1$ )이다. 라인(164)상의 출력 신호는 통합기(156)에 의한 라인(154)상 전력 신호의 통합을 시작한다.

통합 프로세스는 입력 라인(172a)상의 로직이 수용되면 정지 펄스 장치 또는 회로(172)의 작동에 의해 생성되는 라인(170)상 로직에 의해 정지된다. 라인(172a)상 로직은 출력 라인(172a, 172c)에서의 로직을 변경시키도록 장치(172)를 토글 조작한다. 라인(172c)상 로직은 출력 라인(100a)상의 프로파일을 변경하기 위해 용융 펄스가 정지되어야 함을 과형 생성기에 알려준다. 동시에, 라인(172b)상 신호는 라인(170)상 로직을 변경하여 순간 전력 신호의 통합을 정지시키도록 리셋 장치 또는 회로(174)를 토글 조작한다. 출력 라인(156a)상 디지털 숫자는 단락 아크 용접 프로세스에서의 주어진 용융 펄스의 전체 에너지를 나타내는 출력(182)을 갖는 디지털 레지스터(180)에 로딩된다. 이 전체 에너지 신호는 라인(192)상에 디지털 숫자 또는 신호를 제공하기 위해 레지스터(190)에 저장된 소정 에너지 레벨과 비교된다. 비교기(194)는 라인(182)상의 숫자로 표시되는 주어진 펄스에 대한 실제 에너지를 라인(192)상의 숫자로 표시되는 소정 에너지 레벨과 비교한다. 실제 에너지와 소정 에너지 사이의 관계는 라인(172a)상 로직을 제어한다. 라인(182)상 신호가 라인(192)상 신호와 동일하면, 비교기(194)는 장치 또는 회로(172)에 의해 지시되는 펄스를 정지시키도록 라인(172)상 로직을 변경시킨다. 이는 통합을 정지시키고 과형 생성기(100)에 의해 생성되는 용융 펄스를 정지시킨다. 회로(200)의 조정을 통해서 라인(192)상의 숫자를 변경시킴으로써 용융 펄스에 대한 기준 또는 소정 에너지를 변경시키는 본 발명의 예시적 실시예를 수행하기 위해 회로(150)가 채택된다. 펄스는 라인(192)상 신호에 비교되는 라인(182)상 숫자 신호에 의해 결정되는 조절되는 에너지 또는 에너지 역치에 도달할 때 정지된다. 본 발명의 일 실시예에서, 사용되는 전원 및 방법은 용융 펄스를 변경함으로써 단락 아크 용접 프로세스를 수행하기 위한 기준 에너지를 변경하도록 회로(200)를 조절한다.

&lt;77&gt;

디지털 콘트롤러(C)를 갖는 전원(B)을 사용하는 단락 아크 용접 시스템(A)은 도3에 도시된 과형을 수행하도록 회로(200)를 조절함으로써 작동된다. AC 전류 과형(200)은 용융 펄스가 용접봉(E)의 단부에 용융 금속(220)을 생성하는 도2에서 스테이지 I로 표시되는 네거티브 용융 펄스(212)를 갖는다. 펄스(212)내 전류 레벨은 스프레이 아크에 필요한 전류 미만이며 따라서 단락에 의한 전달이 존재한다. 후술되는 주울 측정은 시간( $t_1$ )에서 시작된다. 펄스는 시간( $t_1$ )에서 시작 위치(212a)를 가지며, 시간( $t_2$ )에서 정지 위치(212b)를 갖는다. 용융 펄스에 이어서, 표준 실시에 따르면, 도2의 스테이지 II로 표시되는 포지티브 저전류 정지 전달 섹션(214)이 존재한다. 이 스테이지에서는, 전진하는 용접봉(E)의 단부에 있는 용융 금속(220)이, 시간( $t_3$ )에서 발생하고 스테이지 III으로서 도시되는 단락을 대기하는 표면 장력 작용에 의해 볼로 형성된다. 따라서,  $t_2$ 와  $t_3$  사이의 시간은 용융 펄스의 종료와 단락 이벤트 사이의 시간이며, 이는 도1에 도시하듯이 라인(122)상 로직으로 도시된다. 스테이지 II 이후, 네크(222)로서 도시된 전류 펀치 작용에 의해 용융 금속(220)이 퍼들(224)로부터 분리된다. 스테이지 IV에 도시되어 있는 이 전기적 펀치 작용은 가파른 경사를 갖는 제1 전류 섹션(216a)과 보다 점진적인 경사를 갖는 제2 전류 섹션(216b)을 구비하는 네거티브 단락 펄스(216)에 의해 표준 실시에 따라 가속된다. 최종적으로, 단락된 금속은 분리되고, 라인(122)상 SC 로직은 전이 섹션(218)으로 도시되는 시간( $t_1$ )에서 다음 전류 펄스를 시작하도록 시프트된다. 과형(210)은 네거티브 용융 펄스(212), 저전류 정지 섹션(214), 및 시간( $t_1$ )에서 다음 네거티브 펄스(212)로 전이되는 제거 펄스(216)를 갖는 AC 과형이다. 대응 전압은 네거티브 섹션(232), 단락(236)에서 플런징되는 저레벨 포지티브 섹션(234), 및 이어서 섹션(240)에서 다음 용융 펄스 전압(232)으로 전이되는 네거티브 전압 섹션(238)을 갖는 과형(230)을 갖는다. 전체 사이클 시간은  $t_1$  내지 다음  $t_1$ 이며, 포지티브 전달(214)은 전체 사이클 시간의 20% 미만의 시간을 갖는다. 이것이 스터빙(stubbing)을 방지한다.

&lt;78&gt;

본 발명은  $t_2$ 에서의 용융 펄스(212)의 종료와 실제 단락 이벤트 시간( $t_3$ ) 사이의 시간이 회로(200)의 조정에 기초하여 일정하도록 콘트롤러(C)의 과형 생성기(100)에 의해 과형(210)을 제어하기 위한 방법 및 전원을 포함한다. 이 시간 지연 조정은, 예시적인 실시예에서, 도4에 도시된 회로(250)에 의해 달성된다. 이 회로에서, 시간( $t_2$ )에서의 용융 펄스와 시간( $t_3$ )에서의 단락 사이의 시간은 0.5 내지 2.0ms 사이의 소정 레벨로 설정된다. 일 실시예에서, 설정된 소정 시간 지연은 1.0ms이며, 이는 라인(254)상 신호 레벨이다. 따라서, 라인(254)상 숫자는 소정 시간  $t_2$  내지  $t_3$ 이다.  $t_2$ 와  $t_3$  사이의 실제 시간은, 시간( $t_2$ )에서 시동되고 시간( $t_3$ )에서 정지되는 타이머(260)에 의해 결정된다. 타이머는, 그 위치가 도3에서의 용융 펄스 도중에 있도록 도시되는  $t_3$  이후 다양한 위치에 위치하도록 조절될 수 있는  $t_5$ 로 도시되는 적절한 시간만큼 다음 측정을 위해 리셋된다. 라인(262)상 숫자는  $t_2$ 와  $t_3$  사이의 실제 시간이다. 이 실제 시간은 레지스터(270)에 저장되며, 레지스터는 시간  $t_2$ 와 같은 임의의 적절한 시간에서 리셋된다. 따라서, 라인(272)상의 디지털 데이터는  $t_2$ 와  $t_3$  사이의 실제 측정된 시간이다. 이 시간은 라인(254)상의 소정 시간과 비교된다. 설정된 시간에 대한 실제 시간의 관계를 디지털 처리하기 위해 임의의 에러 증폭기가 사용될 수 있다. 프로세스는 합산 점점(280) 및 회로(200)를 조절하기 위한 출력(284)을 갖는 디지털 필터(282)로서 개략 도시된다. 소정 시간과 실제 시간 사이의 차이는 회로(200)의 소정 전체 에너지를 증가 또는 감소시키는 라인(284)에서의 에러 신호이다. 소정 전체 에너지는 업데이트 회로(290)에 의해  $t_2$ 로서 지시되는 적절한 시간에서 주기적으로 업데이트된다. 따라서, 항상 도1의 라인(192)에서의 신호는 단락 아크 프로세스의 펄스(212)에 대한 소정 전체 에너지이다. 이 전체 에너지는 펄스(212)의 에너지가 다가오는 단락을 위한 일정한 또는 소정 시간 지연을 유지하도록 시간( $t_2$ )과 시간( $t_3$ ) 사이의 임의의 차이에 의해 조정된다. 이 시간 제어는 시스템(A)의 단락 아크 용접 프로세스를 안정화시킨다.

&lt;79&gt;

도4에서는, 펄스와 단락 이벤트 사이의 타이밍을 변경하기 위해 용융 펄스에 대한 에너지 역치를 변경시킴으로써 전원의 예시적 실시예가 실행된다. 이 시간은 또한 도5 및 도6에 개략 도시하듯이 용융 펄스의 전압 또는 전력에 의해 변경될 수 있다. 이들 양 실시예에서, 용융 펄스의 시간  $t_1$  내지  $t_2$ 는 블록(300)으로 도시하듯이 고정 유지된다. 이러한 일정 시간 용융 펄스 도중에, 전압 또는 전력은 펄스와 단락 이벤트 사이의 시간을 제어하도록 변경된다. 도5에서, 필터(282)로부터의 출력 라인(284) 상의 숫자는 라인(312)상의 수치 데이터로 도시되는 용융 펄스의 전압을 조정하기 위해 피드백 루프(310)를 제어한다. 단락 이벤트의 지연 시간을 제어하기 위한 전력을 조절하기 위하여, 출력 라인(284) 상의 숫자가 사용되어 피드백 루프(320)를 조절하며, 피드백 루프는 과형 생성기(100)에 의해 라인(154)상의 순간 전력과 비교된다. 전력 변화는 라인(322)상의 수치이며, 이

는 용융 펠스의 전력을 제어하기 위해 라인(154)상의 디지털 숫자와 비교된다. 따라서, 본 발명의 실시예에서, 과형의 전체 에너지, 과형의 전압 또는 과형의 전력은 아크를 안정화시키고 도1에 도시된 시스템(A)의 단락 이벤트를 제어하기 위해  $t_2$ 와  $t_3$  사이에 일정한 시간을 유지하도록 조절된다.

<80> 전원의 다른 실시예에 따르면, 용융 펠스(212)의 에너지 조절은 도5 및 도6에 도시된 본 발명의 두 수정예와 조합된다. 이러한 조합 제어가 도7 및 도8에 도시되어 있는 바, 이를 도면에서는 이전의 합산 접점(280) 및 디지털 필터(282)가 아날로그 에러 증폭기(330)에서 조합되는 것으로 도시되어 있다. 콤포넌트 또는 프로그램은 라인(182)상의 로직으로 도시하듯이 역치 에너지에 도달했을 때 용융 펠스를 정지시키기 위한 로직을 갖는 출력(332)을 갖는다. 따라서, 펠스의 전체 에너지는 도7에서의 펠스 전압 제어 회로(310) 및 도8에 도시된 펠스 파워 제어 회로(320)와 함께 제어된다. 출력(312)은 생성기(100)의 라인(100a)에서의 과형 프로파일을 제어하기 위해 출력(172c)과 조합된다. 마찬가지로, 에너지 레벨은 파워 펠스 제어 회로(320)의 출력 라인(322) 상의 디지털 정보와 조합하여 라인(172c0) 상의 로직에 의해 제어된다. 용융 펠스와 단락 이벤트 사이 시간의 정확한 제어가 보장되도록 용융 펠스(212)를 제어하기 위해 다른 파라미터 조합이 사용될 수 있다. 이러한 다른 파라미터는 폐쇄형 피드백 루프에 의해 과형 생성기를 제어하는데 있어서 당업자의 범주에 포함된다.

<81> 본 발명의 예시적인 실시예에서, 프로세스는 도4에 도시하듯이 AC 프로세스이지만, 도9에 도시하듯이 DC 포지티브 과형(400)이 사용될 수 있다. 용융 펠스(402)는 시간( $t_2$ )에서 종료될 때까지 높은 포지티브 전류(402a)를 갖는다. DC 포지티브 모드에서의 전류는 금속이 단락 없이 분리되지 않도록 스프레이 아크에 필요한 것보다 낮은 레벨로 제한된다. 이 개념은 단락 아크 용접 프로세스를 정의한다. 이후 과형은 시간( $t_3$ )에서 단락을 대기하는 저레벨 포지티브 전류 섹션(404)으로 전이된다. 이 저레벨 포지티브 전류는 본 발명의 예시적인 실시예에서 사용되며 시간( $t_3$ )에서 종료된다. 이후, 과형 생성기에 의해 단락 제거 펠스(410)가 생성된다. 펠스(410)는 전류를 다시 고전류 레벨(402a)로 끌어올리기 위해 급경사 영역(412) 및 계단 영역(414)을 갖는다. 본 발명의 다양한 도시된 실시예가 포지티브 전류 과형(400)의 실행에 사용될 수 있지만, 라인(32, 34)상의 출력 과형의 극성을 제어하기 위한 라인(100b)상 로직은 필요치 않다.

<82> 전원의 예시적인 실시예는 도1a에 개략 도시된 플렉스 코어형 용접봉을 사용한 파이프내 용접 작업이다. 이러한 파이프 용접 작업은 도10에 개략 도시되어 있으며, 파이프 섹션(420, 422)은 오픈 루트(424)를 한정한다. 도4에 도시된 본 발명은 접촉 선단(42)을 통해서 파이프 조인트의 오픈 루트(424)로 이동할 때 와이어(W)상의 과형을 제어한다. 도10은 파이프 섹션들을 함께 고정시킨 후 표준 용접 기술로 접합하기 위해 파이프 조인트의 루트 패스를 용접하기 위해 본 발명을 이용하는 특별한 실시예를 도시한다.

<83> 특정 실시예들에서, 본 발명에 따른 전원 및/또는 용접 작업은 하나 이상의 하기 태양을 나타낸다. 전류 밀도는 일반적으로 스프레이 용접에 필요한 것보다 작은 바, 그 이유는 금속 전이의 일차 모드가 단락 용접이기 때문이다. 많은 단락 프로세스에서, 핀치 전류는 와이어 직경에 따라 형성되는 바, 예를 들어 5/64 인치(1.98mm) 플렉스 코어형 와이어에 대해서는 625amps의 전류가 사용될 수 있다. 일반적으로, 포지티브 전류는 아크 길이를 설정하는 경향이 있다. 포지티브 전류가 네거티브 전류 아크 길이와 동일한 레벨에 도달할 수 있으면, 1ms(millisecond)의 절반 동안에도, 포지티브 전류 아크는 바람직하지 않은 길이에 도달할 것이다. 일반적으로, 포지티브측 제어 전류는 대략 50amps 내지 125amps의 범위에 있으며, 일 실시예에서는 대략 75amps이다. 웨이브 형상의 네거티브 부분은 대략 5 내지 15퍼센트 전류의 경사를 갖는 일정 전력 또는 전압일 수 있다. 통상적으로, 용접은 대략 60kHz, 10퍼센트 포지티브에서 실시될 수 있다. 포지티브 전류가 비교적 낮은 레벨로 설정되기 때문에, 웨이브 형상이 포지티브한 부분은 통상 20퍼센트 미만이다.

<84> 도11 및 도12는 과형 기술 용접기 및/또는 용접 시스템(510)과, 코어형 용접봉(530)을 개략 도시한다. 용접 시스템은 용접봉(530)을 작업편(W) 쪽으로 향하게 하기 위한 토치(520)를 갖는 용접기(510)를 포함한다. 용접 시스템(510)은 정류기(550, 560)를 통해서 정류되는 3상 입력 전원(L1, L2, L3), 및 전원(540)을 구비한다. 전원(540)은 출력, 및 구체적으로는 전술한 본원에 원용되는 2005년 10월 31일자로 출원된 미국 출원 제11/263,064호에 개시된 AC 과형을 제공한다. 용접봉(530)의 단부와 작업편(W) 사이에는 아크 AC가 생성된다. 용접봉은 쉬쓰(600)와 내부 충진되는 코어(610)를 갖는 코어형 용접봉이다. 코어는 입자(610a)로 표시되는 것과 같은 플렉스 성분을 구비한다. 이를 성분(610a)의 목적은, (a) 용융된 금속을 슬래그로 커버함으로써 용융된 용접을 대기 오염으로부터 차단하고, (b) 임의의 대기 오염물과 화학적으로 결합되어 용접 품질에 대한 그 악영향을 최소화시키며, 및/또는 (c) 아크 차폐 가스를 생성하는 것이다. 표준 실시에 따르면, 코어(610)는 또한 입자(610b)로 지칭되는 합금 성분과, 코어(610)를 충진하기 위해 조합되는 기타 잡다한 입자(610c)를 구비한다. 선출원에서는, 용접 작업을 최적화하려면, 외부 차폐 가스와 함께 중실형 와이어를 사용할 필요가 있었다.

그러나, 특정 기계적 및 금속적 특성을 갖는 용접을 생성하기 위해서는, 중실형 와이어 형태를 얻기 어려운 특정 합금이 요구된다. 또한, 가스 차폐는 가스에 대한 접근성 또는 바람부는 조건으로 인한 적절한 차폐 달성의 어려움, 클린 가스 혼합물에 대한 접근성, 및 곤란한 지형으로 인해 항상 실행가능한 대안이 아니다. 따라서 본 발명에서와 같이 환경이 용접에 영향을 미치지 않으므로 자기 차폐형 코어형 용접봉을 사용하는 것이 유리하다.

<85> 도13에는 용접 파형 프로파일의 제어 없이 코어형 용접봉을 사용할 때 초래되는 일반적인 문제점이 도시되어 있다. 용접 프로세스는, 용융된 상단부(640)에 의해 도시하듯이, 용접봉 주위에 상방으로 용융되는 용융 금속(630)의 일부를 제공하기 위해 쉬쓰(600)를 용융시킨다. 따라서, 용접봉의 쉬쓰는 코어보다 빨리 용융된다. 이로 인해, 코어(610)의 내부 구성요소의 용융에 의해 생성되는 보호 가스 또는 화학 반응 없이도, 용접봉(530)의 출력 단부에 용융 금속 재료가 존재하게 된다. 따라서, 아크 AC가 용접봉(610)의 금속을 비보호 분위기에서 용융시킨다. 용융 금속에 필요한 차폐는 쉬쓰와 코어가 같은 속도로 용융될 때 형성된다. 용융 금속이 코어보다 빨리 용융되는 것의 문제점이 도14에 나타나 있다. 쉬쓰(600)로부터의 용융 금속(650)은 코어(610)가 용융될 기회를 갖기 전에 이미 작업편(W)을 접합하였다. 따라서, 코어(610)는 용접 프로세스를 위해 필요한 차폐를 제공할 수 없다. 도13 및 도14는 코어형 용접봉을 사용하는 AC 용접이 해양 파이프라인 용접 및 기타 파이프라인 용접을 위해 사용되지 못하는 이유를 보여준다.

<86> 용접 프로세스에 사용되는 AC 파형에 대한 정확한 프로파일을 제어함으로써, 쉬쓰(600)와 코어(610)가 대략 동일한 속도로 용융되도록 이루어질 수 있다. 쉬쓰 용융과 코어 용융의 적절한 조화 실패가, 도15에 도시하듯이 차폐 가스(SG)가 사용될 수 있는 한 가지 이유이다. AC 파형의 프로파일 제어의 이점은 외부 차폐 가스(SG)가 회피될 수 있다는 점이다.

<87> AC 파형의 제어가 상당한 장점을 초래할 수 있지만, 전술했듯이, 아크 안정성 및 적절한 용융 온도 및 속도를 제공하기 위해서는, AC 파형의 정확한 제어가 상당히 복잡하다. 또한 복잡해진 AC 파형을 사용하더라도 용접의 오염이 있을 수 있다. 차폐 가스가 사용되더라도 복잡해진 AC 파형을 사용함으로써 형성된 용접의 여전히 있을 수 있다. 따라서, 본 발명의 바람직한 태양에서는, AC 파형과 함께 사용될 때 현저한 오염 문제가 없이 또한 그렇지 않을 경우 AC 파형에 대해 요구되는 제어 정도가 없이도 강력하고 강연하며 내구성 있는 용접을 형성할 수 있는 특정 용접봉 조성이 제공된다.

<88> 코어형 용접봉을 갖는 본 발명의 방법 또는 전원에 의해 용접할 때는, 쉬쓰와 코어를 동일 속도로 용융하는 것이 바람직하다. 이 작업은 용융 재료의 혼합물이 대기 오염의 효과를 화학적으로 견뎌내도록 특정 코어 재료와 외부 쉬쓰의 균질한 혼합을 촉진한다. 용접 금속에는 소정의 용접 금속 기계적 및 금속적 특징을 생성하는데 필요한 합금 원소가 균일하게 분포된다. 또한, 슬래그 및/또는 가스-형성 요소로부터 유도되는 보호성 이점이 최적화된다. 전술했듯이, 이 상황이 도15에 도시되어 있다. 대조적으로, 도14는 쉬쓰가 코어보다 빠르게 용융된 상황을 도시한다. 이 해로운 상황에서, 쉬쓰(500)로부터의 용융 금속(650)은 코어(610)가 용융될 기회를 갖기 전에 작업편(W)을 이미 접합하였다. 금속(650)은 용융되지 않은 코어 요소가 실제로 용융되었다면 가능한 정도로 대기 오염 효과로부터 보호되지 않는다. 또한, 소정의 기계적 및 금속적 특징을 달성하는데 필요한 합금 원소가 용융 금속(650)으로부터 사라질 수도 있다.

<89> 전술했듯이, 도16에 도시된 용접봉(700)과 같은 코어형 용접봉을 사용하는 AC 용접을 위해서는 파형 기술을 사용하는 형태의 전기 용접기가 사용될 수 있다. 이러한 용접봉은 합금 금속 및 슬래그 또는 플렉스 재료를 포함하는 특정 재료로 형성된 코어(720)를 둘러싸는 외부 스틸 쉬쓰(710)를 구비한다. 내부 플렉스 또는 슬래그 재료를 구비함으로써, 용접 작업 도중에 외부 차폐 가스가 필요치 않다. 코어(720) 내에 합금 재료를 구비함으로써, 작업편(730)상의 용접 금속(740)의 퍼들은 정확한 합금 성분을 갖도록 수정될 수 있다. 이것이, 합금이 용접 와이어의 실제 성분에 의해 달성되어야 하는 중실 용접 와이어를 대신하여 코어형 용접봉을 사용하는 장점이며 이유이다. 중실 용접 와이어를 사용할 때는 용접 금속을 위한 합금화의 조정이 상당히 어렵다. 따라서, 고품질 용접에서는 코어형 즉 자기-차폐형 용접봉을 사용하는 것이 유리하다. 본질적으로 동일하도록 제어될 수 있는 속도로 아크 AR은 쉬쓰(710)를 용융하며 코어(720) 내의 성분 또는 충진물을 용융한다. 수소, 질소, 및 산소와 같은 용접 금속(740)내의 오염물은 용접 금속에 있어서 다공성 문제, 크랙킹, 및 기타 형태의 물리적 결함을 초래할 수 있다. 따라서, 용융 용접 금속으로부터 오염물이 배제하도록 용접 프로세스를 설계하는 것은 모험이다. 잡재적 오염물이 용접 금속 내에 다공성 또는 유해 함입물을 형성하지 못하도록 잡재적 오염물과 화학적으로 결합될 통상 실리콘, 티타늄 및/또는 지르코늄과 같은 "킬링" 작용제를 사용하는 것이 일반적이다. 또한, 용접으로부터 수소를 제거하기 위해 종(species)을 함유하는 수소와 반응하도록 "스캐빈저(scavengers)"가 추가될 수도 있다. 항구적으로 강건한 용접 금속(740)을 증착하기 위해서는, 그 자체로 연성(延性) 및 저온

인성과 같은 용접 금속의 특성에 유해한 양의 킬링 작용제를 추가할 필요가 가끔 있다. 따라서, 킬링 작용제가 최소화될 수 있도록 용접봉(700)으로부터 작업편(730)으로 이동하는 금속의 오염을 방지하기 위해 아크 AR에서 용융 금속의 노출을 감소시키는 것이 바람직하다.

<90> AC 용접에 사용될 때 본 발명의 용접봉 조성은, 내구성있고 강인하며, 종래 용접봉 조성의 사용과 연관된 문제를 겪지 않는 바람직한 용접을 생성한다. 본 발명의 용접봉 조성은, 전체 아크 길이(LA)를 줄이도록 그 포지티브 및 네거티브 형상이 수정되는 AC 파형과 더불어 사용될 수 있다. 이런 식으로, 대기에 대한 노출이 줄어들고 금속이 용융되는 시간이 줄어든다. 본 발명의 용접봉 조성이 설계되는 AC 파형 및 관련 용접 프로세스의 상세한 설명이 전술한 2005년 10월 31일자로 출원된 미국 특허출원 제11/263,064호에 개시되어 있다. 실제로, 아크 길이를 감소시킴으로써, 용융 금속의 온도는 용접봉(700)으로부터 용접 금속 퍼들(740)로 이동할 수록 감소될 수 있다. 통상적으로, 네거티브 및 포지티브 섹션에 대해 상이한 형상을 갖는 AC 용접 프로세스를 수행할 수 있는 용접기를 사용할 때는, 코어형 용접봉에 의한 AC 용접이 현장에서 효과적으로 사용될 수 있다. 교호파형의 포지티브 및 네거티브 부분의 파라미터는 선택된 용접봉(700)에서의 쉬쓰(710)와 코어(720)의 용융을 보상 및 최적화하기 위해 독립적으로 조정될 수 있다.

<91> 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예는 파형의 포지티브 섹션 및 네거티브 섹션이 각각 낮은 아크 길이의 목표를 달성하고 오염을 감소하도록 조정되는 용접봉과 AC 용접의 조합을 포함한다. 이 전략을 사용하면, 본 발명의 용접봉 조성은 특히 자기-차폐적이기 때문에 상당한 장점을 제공할 수 있다. 용접봉은 차폐 가스 없이 사용되며, 특정 적용분야에 따라서는 대기 오염으로부터의 추가적인 보호를 위해 코어 내의 탈산화 및 탈질화 작용제에 의존할 수 있다.

<92> 따라서, 본 발명의 일 실시예는 FCAW-S 용접봉의 코어에 합금화 및 플러스 성분의 고유한 세트를 갖는 용접 방법의 시너지 시스템을 제공한다. 전술했듯이, 코어형 용접봉은 분말형 플러스 및/또는 합금화 성분의 코어를 갖는 연속적으로 공급되는 튜브형 금속 쉬쓰이다. 이들 성분에는 플러싱 원소, 탈산화 및 탈질화 작용제, 그리고 합금화 재료뿐 아니라, 인성과 강도를 증가시키고 내식성을 향상시키며 아크를 안정화시키는 원소가 포함된다. 통상적인 코어 재료는 알루미늄, 칼슘, 탄소, 크롬, 철, 망간, 및 기타 원소와 재료를 포함할 수 있다. 플러스 코어형 용접봉이 보다 널리 사용되지만, 합금강을 용접할 때는 충진 금속 조성을 조절하기 위해 금속-코어형 제품이 유용하다. 금속-코어형 용접봉 내의 분말은 용접의 표면에 작은 슬래그 섬을 생성할 뿐인, 화합물이 아닌, 금속 및 합금 분말이다. 대조적으로, 플러스 코어형 용접봉은 용접 도중에 비드를 지지하고 성형하는 광범한 슬래그 커버를 생성한다.

<93> 본 발명의 합금/플러스 시스템은 특정 양의 바륨 소스, 특정 양의 리튬 소스, 산화 리튬, 산화 철, 및 선택적인 양의 산화 칼슘, 산화 규소, 및 산화 망간을 포함한다. 바륨 소스로는 바륨의 하나 이상의 불화물, 산화물 및/또는 탄산염이 사용될 수 있다. 또한, 리튬 소스로는 리튬의 하나 이상의 불화물 및/또는 탄산염이 사용될 수 있다. 합금/플러스 시스템은 용접봉 충진물에 포함된다. 용접봉 충진물은 일반적으로 용접봉의 대략 18 내지 24%를 구성한다. 합금/플러스 시스템의 예시적인 실시예는,

<94> 대략 35 내지 55%의 바륨 소스로서의 불화 바륨,

<95> 대략 2 내지 12%의 리튬 소스로서의 불화 리튬,

<96> 대략 0 내지 8%의 이차 바륨 소스로서의 탄산 바륨,

<97> 대략 0 내지 8%의 이차 리튬 소스로서의 탄산 리튬,

<98> 대략 0 내지 15%의 산화 리튬,

<99> 대략 0 내지 15%의 산화 바륨,

<100> 대략 5 내지 20%의 산화 철,

<101> 대략 0 내지 5%의 산화 칼슘,

<102> 대략 0 내지 5%의 산화 규소,

<103> 대략 0 내지 5%의 산화 망간, 및

<104> 대략 25% 이하의 탈산화 및 탈질화를 위한 알루미늄, 마그네슘, 티타늄, 지르코늄, 또는 그 조합을 포함하고, 나머지 금속에는 선택적으로 철, 니켈, 망간, 규소, 및 그 조합이 포함된다. 본원에 표현되는 모든 퍼센트는

달리 언급하지 않는 한 중량 퍼센트이다. 일 실시예에서, 용접봉 충진 조성은 전술했듯이 대략 35 내지 55%의 불화 바륨, 대략 2 내지 12%의 불화 리튬, 대략 0 내지 15%의 산화 리튬, 대략 0 내지 15%의 산화 바륨, 대략 5 내지 20%의 산화 철, 및 대략 25% 이하의 탈산화 및 탈질화 작용제를 포함한다. 다른 실시예에서, 전술한 용접봉 충진 조성은 또한 대략 0 내지 8%의 탄산 바륨을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 용접봉 충진 조성은 추가로 대략 0 내지 8%의 탄산 리튬을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 충진 조성은 대략 0 내지 5%의 산화 칼슘을 포함할 수 있다. 또한, 다른 실시예에서, 용접봉 충진 조성은 대략 0 내지 5% 산화 규소를 포함할 수 있다. 다른 실시예들은 이들 작용제, 즉 탄산 바륨, 탄산 리튬, 산화 칼슘, 산화 규소, 산화 망간, 및 그 조합 중 하나 이상을 포함한다.

&lt;105&gt;

본 발명의 방법의 예시적인 실시예는 용접봉과 기판 사이에 제1 네거티브 전압을 인가하여 기판 근처에서 용접봉의 적어도 부분적인 용융을 초래하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 용접봉과 기판 사이에 포지티브 전압을 인가하여 용접봉으로부터 유동성 재료 매스의 형성을 촉진하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 추가로, 유동성 매스를 통해서 용접봉과 기판 사이에 전기 단락이 발생하는 것을 감시하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 추가로, 전기 단락이 검출되면 용접봉과 기판 사이에 제2 네거티브 전압을 인가하는 단계를 포함한다. 그리고, 상기 방법은 제2 네거티브 전압의 크기를 증대시켜 전기 단락을 제거하고 기판 상에 유동성 매스로부터 용접을 형성하는 단계를 포함한다. 플러스 코어형 용접봉에서의 용접봉 충진물의 조성은 알루미늄, 마그네슘, 티타늄, 지르코늄, 및 그 조합으로 구성되는 그룹에서 선택되는 대략 35 내지 55%의 불화 바륨, 대략 2 내지 12%의 불화 리튬, 대략 0 내지 15%의 산화 리튬, 대략 0 내지 15%의 산화 바륨, 대략 5 내지 20%의 산화 철, 및 대략 25% 이하의 탈산화 및 탈질화 작용제를 포함한다. 다른 실시예들에서는, 추가 작용제가 용접봉 충진제에 포함될 수 있다. 예를 들면, 대략 0 내지 8%의 탄산 바륨이 포함될 수 있다. 용접봉 충진 조성의 다른 실시예는 대략 0 내지 8%의 탄산 리튬을 포함한다. 또 다른 실시예는 대략 0 내지 5%의 산화 칼슘을 포함한다. 다른 실시예는 대략 0 내지 5%의 산화 규소를 포함한다. 그리고, 또 다른 실시예는 대략 0 내지 5%의 산화 망간을 포함한다. 또 다른 실시예에서는, 하나 이상의 이들 작용제가 용접봉 충진 조성에 추가되거나 포함될 수 있다. 예를 들면, 용접봉 충진물은 또한, 전술한 비율의 불화 바륨, 불화 리튬, 산화 리튬, 산화 바륨, 산화 철, 및 하나 이상의 특정 탈산화 및 탈질화 작용제에 추가적으로, 대략 0 내지 8%의 탄산 바륨, 대략 0 내지 8%의 탄산 리튬, 대략 0 내지 5%의 산화 칼슘, 대략 0 내지 5%의 산화 규소, 및 대략 0 내지 5%의 산화 망간을 포함할 수 있다.

&lt;106&gt;

플러스/합금 시스템은 FCAW-S 용접봉이 짧은 아크 길이를 달성하고 이 프로세스에 사용되는 고유한 파형으로부터 기인하는 낮은 열입력에서 용접을 행하는데 사용되는 전통적인 플러스/합금 시스템으로부터 수정된다. 짧은 아크 길이 및 안정적인 아크는 합금 및 플러스 시스템과 파형의 고유한 특징의 조합의 결과이다. 본질적으로, 용접 소모품과 프로세스는 최종 용접 제품 요건을 달성하기 위해 협력적으로 최적화된다.

&lt;107&gt;

특정 실시예에서, 본 발명은 매력적인 특성을 갖는 용접 금속의 형성 방법을 제공한다. 일반적으로, 이들 방법은 전술한 조성의 코어를 갖는 용접 와이어 또는 용접봉을 제공하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 용접 와이어 또는 용접봉은 차폐 가스가 없이 사용되거나, 심지어는 그러한 가스를 형성하는 작용제 없이 사용된다. 상기 방법은 또한 와이어 또는 용접봉이 파이프의 두 섹션 사이에 형성되는 조인트와 같은 관심 영역을 향해서 이동되는 작업을 포함한다. 추가 실시예에서, 이러한 이동은 제어된 공급 속도로 이루어진다. 상기 방법은 또한 와이어 또는 용접봉을 와이어와 파이프 섹션들 사이에서 아크에 의해 용융하여 조인트에 용융 금속 비드를 형성하기 위해 용접 전류를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 용융된 와이어를 일련의 단락 이벤트에 의해 용융 금속 비드로 이동시키는 단계를 포함한다. 상기 방법은 적어도 대략 70ksi(482MPa)의 항복 강도와 대략 0.75인치(1.91cm) 미만의 두께를 갖는 금속으로 형성되는 파이프의 두 섹션 사이의 조인트 용접에 대한 적용에 특히 적합하다. 추가 실시예에서, 본 발명은 적어도 80ksi(551MPa)의 항복 강도를 갖는 용접을 가스-차폐 사용 없이 제공할 수 있으며, 따라서 적어도 API 등급 X-80 라인 파이프를 용접하기 위한 요건을 충족하는 용접을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명의 예시적인 실시예는 550MPa 이상의 항복 강도 및 690MPa 이상의 인장 강도, 및 -20°C에서 60J 이상의 샤크피 V-노치(CVN) 인성을 달성할 수 있다.

&lt;108&gt;

그러나, 본 발명은 0.75인치(19.1mm) 초과 또는 미만의 두께를 갖는 파이프에 대한 적용에서 사용될 수 있음을 알 것이다. 일 실시예에서, 형성되는 결과적 비드는 일반적으로 70ksi(482MPa)를 초과하는, 특정 실시예에서는 대략 90ksi(620MPa)를 초과하는 인장 강도를 갖는다. 특정 태양에서, 용융 전류는 네거티브일 수 있다. 용융 전류가 네거티브이면, 금속 전이 작업은 포지티브 전류에 의해 수행될 수 있다. 금속 전이는 그러나 용융 전류와 독립적인 포지티브 전류에 의해 수행될 수 있다. 전술한 방법을 수행할 때, 일 실시예에서 평균 아크 길이

는 0.30인치(7.62mm) 미만이며, 추가 실시예에서는 0.20인치(5.08mm) 미만이고, 다른 실시예에서는 0.10인치(2.54mm) 미만이다. 전술한 방법의 일 실시예에서, 단락 이벤트의 속도는 자동으로 제어된다. 단락 이벤트의 속도는 일반적으로 대략 40 내지 100 사이클/초(cycles per second)이다.

<109> 다른 실시예에서, 전술한 개념, 즉 본원에 언급된 용접봉 조성과 조합하여 전원 및 제어 기술을 사용하는 것은 -20°C에서 60J의 최소 샤르피 V-노치 인성을 갖는 용접 금속을 제조하는데 사용될 수 있다. 마찬가지로, 본 방법은 -40°C에서 40J의 최소 샤르피 V-노치 인성을 갖는 용접 금속을 제조하는데 사용될 수 있다. 또한, 본 방법은 90ksi(620MPa)를 초과하는 인장 강도를 갖는 용접 금속을 제조하는데 사용될 수 있다. 따라서, 대략 0.75 인치(19.1mm) 미만의 얇은 파이프가 사용될 수 있으며 그 결과 절감이 이루어진다. 차폐 가스가 전혀 필요치 않으며, 따라서 현장 가스의 비용이 제거되거나 현저히 절감된다.

<110> 본원은 광범위한 적용 분야에서 사용될 수 있다. 본원에 개시된 시스템, 프로세스, 및/또는 조성은 자기-차폐 플러스 코어 와이어로 적어도 X80 파이프(X80이란 API 5L: 2000 산업 사양에 따른 것임)를 용접하는데 사용하기에 특히 적합하다. 그러나, 본 발명은 다른 파이프 등급과 관련하여 사용될 수 있다. 본 발명은 또한 파이프에 대해 수행되는 "루트 패스" 또는 접착 용접 작업에 사용될 수 있다. 본 발명은 초기 용접 패스를 위한 매립형 단락 아크를 사용하는 현재 공지된 실행에 비해 낮은 아크 힘으로 보다 많은 양의 용접 와이어를 용융하는데 사용될 수 있다. 본 발명의 또 다른 적용은 얇은 게이지 금속의 고속 용접을 위한 로봇 용접 분야에 대한 것이다.

<111> <예>

<112> 하기 논의는 본 발명의 일 예에 관한 것이다. 본 발명은 후술하는 실시예 및 결과에 한정되지 않지만, 하기 논의는 본 발명의 예시적인 실시예로부터 달성가능한 결과를 보여주기 위해 제공된다.

<113> 자기-차폐 플러스 코어형 용접봉이 단락 아크 용접 프로세스에 사용되는 본 발명의 일 실시예를 사용하여 일련의 테스트 용접이 이루어졌다. 일부 테스트에서는 0.062인치(1.58mm) 직경 Lincoln Innershield NR-233이 사용되었다. 이들 용접은 일정한 와이어 공급 속도 및 이동 속도에서 이루어졌다. 용접은 제1 3패스의 상부에서 제2 층에 3패스를 나란히 갖고 이후 2패스를 나란히 갖는 비드온 플레이트 용접이었다. 플레이트 표면은 껍질 및 면지를 제거하기 위해 용접 이전에 솟 블래스트(shot blast)되었다. 제2 층에서의 용접 금속층은 질소 함량에 대해 분석되었다. 사용되는 용접봉에는 의도적으로 질소가 일절 포함되어 있지 않기 때문에, 용접 금속중의 질소가 주위 대기로부터 왔다는 가정 하에 하기의 분석이 수행되었다.

<114> 또한, 용접 전원은 가변 파형을 갖는 교류를 생성하도록 구축되었으며, AC 파형의 하기 특징이 변경되었다:

"파형 밸런스" - 파형 밸런스는 용접봉 극성이 포지티브일 때 AC 사이클 시간의 퍼센티지이고,

<116> "DC 오프셋" - DC 오프셋은 파형의 포지티브 및 네거티브 부분의 진폭이 동일하지 않은 정도의 측정이다. -20의 DC 오프셋은 파형의 포지티브 부분의 진폭이 19.4볼트이고 네거티브 부분의 진폭이 23볼트임을 나타낸다. 또한, +20은 그 역, 즉 -23볼트 포지티브 및 19.4볼트 네거티브를 나타낸다.

<117> 도17은 청구되는 발명의 예에 의해 수행된 용접 예에서 용접 금속 질소 회수에 대한 웨이브 밸런스 및 DC 오프셋의 영향을 나타낸다. 도17에 도시하듯이, 0% 웨이브 밸런스, 0.029% 질소 회수에서의 큰 데이터 포인트는 DC-전류로 이루어진 용접의 결과이다. 10% 웨이브 밸런스, +20 DC 오프셋에서 이루어진 두 용접과 50% 웨이브 밸런스, -20 DC 오프셋에서 이루어진 두 용접은 DC-용접에 비해 질소 회수가 현저히 낮다. 또한, 테스트 도중에는, DC-용접에서 관찰된 것보다 높은 질소 회수가 웨이브 밸런스 및 DC 오프셋의 다른 조합에서 관찰되었음에 유의해야 한다.

<118> 또한, 추가 실시예에서는 용접 금속 중의 산소 및 수소 레벨을 제어하기 위해 AC 파형 또한 조작될 수 있다. 오염물의 전체 레벨을 감소시키면 퀄링, 스캐빈징, 또는 형상-변경 또는 용해도-제한 작용-제에 대한 필요가 감소된다. 따라서, 자기-차폐 용접봉에서의 합금 레벨은 용접 금속에서 최적 물리적 특성을 달성하기 위해 최적화될 수 있다.

<119> 하기 표는 본 발명의 일 실시예에 따라 수행되는 용접 예의 용접 데이터 및 사양을 제공한다. 이 예에서는 Cleveland, Ohio 소재의 The Lincoln Electric Company로부터 판매되는 Pipeline® 용접봉이 표1에 개시된 과정에 따라 5G 위치에서 사용되었다. 또한, 도18은 하기 표에 도시된 데이터에 대응하는 용접 조인트 설계 구조물을 도시한다. 용접된 금속(181)은 17mm 두께를 갖는 API 등급 X-80이었으며, 용접 구조는 도18에 도시되어 있다. 또한, 도18에 도시하듯이, 용접 패스는 패스#1 내지 패스#9로서 도시되어 있다. 표2는 표1에 따라 수행된

용접의 기계적 테스트 결과를 도시한다. 최종적으로, 표3은 표1에 나타난 예의 용접 증착 케미스트리를 도시한다.

표1-용접 과정:

패스1(루트)	0.045" Pipeliner® 70S-G(ER70S-G)	
반자동	155A, 17.5V DC+	
수직-다운	WFS 4.1m/min(160 in/min)	
100% CO <sub>2</sub>	STT II : 400A Peak, 60A Back, 0 Tail	
패스2-9(Hot-Cap)	2.0mm Pipeliner® M2M80(FCAW-S)	
반자동	200A, 21V	
수직-다운	WFS 2.3 내지 2.5m/min(90 내지 100 in/min)	
위치	5G Horizontal Fixed	
열 입력(평균)	1.4 kJ/mm	35kJ/in
예열/인터패스	65.56/121.1°C	150/250°F
Pipe	API 5L X80	DSAW(Napa)
R <sub>p0.2</sub> (YS <sub>0.2%</sub> )	608 MPa	88.1ksi
직경×벽	915×17mm	36×0.667in

표2: 기계적 테스트 결과(용접된 용접 금속):

인장(ASTM E8) 모든 용접 금속, 6.35mm(0.25in) 직경			
R <sub>p0.2</sub> (YS <sub>0.2%</sub> )	평균	656 MPa	95 ksi
	최소-최대	649-662 MPa	94-96 ksi
R <sub>m</sub> (UTS)	평균	725 MPa	105 ksi
	최소-최대	718-731 MPa	104-106 ksi
A <sub>s</sub> (Elong.)	평균	25%	25%
	최소-최대	25-26%	25-26%
샤르피 V-노치(ASTM E23) Mid-wall, 10mm×10mm			
-20°C(-4°F)	평균	97 J	75 ft-lb
	최소-최대	83-117 J	64-91 ft-lb
-29°C(-20°F)	평균	59 J	46 ft-lb
	최소-최대	35-77 J	27-60 ft-lb
-40°C(-40°F)	평균	41 J	32 ft-lb
	최소-최대	34-46 J	26-36 ft-lb

표3: 용접 증착 케미스트리(SPJ):

케미스트리(ASTM E350)	
원소	%

C	0.026
Mn	3.43
Si	0.10
P	0.010
S	0.009
Ni	0.77
Cr	0.03
Mo	0.01
B	0.0022
Ti	0.010
V	0.02
Nb	0.016
Al	1.06

- <126> 상기 예는 단지 본 발명의 일 실시예를 예시한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위를 제한하려는 의도는 전혀 없는 것이다.
- <127> 본 발명의 일 실시예에서, 단락 아크 용접 장치는 용접봉을 용접될 작업편 쪽으로 계속 전진시키기 위해 용접 건을 사용하는 용접 장치이다. 이는 MIG 용접 프로세스와 유사하다. 그러나, 전술했듯이, 상기 프로세스는 자기-차폐 풀러스-코어형 용접봉을 사용하는 무가스 프로세스이다. 또한, 단락 아크 용접 시스템 및 개시된 용접 봉을 사용하는 용접 방법은 용접봉이 용접 건을 통해서 계속 전진된다는 점에서 MIG 용접과 유사한 용접 방법이다.
- <128> 더욱이, 전술한 것에 추가적으로, 본 발명의 추가 실시예에서, 용접 장치는 엔진 구동형 기계 또는 연료 전지 또는 배터리 기반 구동형 기계일 수 있다. 또한, 본 발명은 자동 또는 로봇 용접기와 함께 사용될 수도 있다.
- <129> 본 발명은 특정 실시예 및 적용분야를 참조하여 기술되었다. 이들 실시예 및 적용분야는 청구범위에서 한정되는 본 발명의 범위 내에서 조합 및 상호교환될 수 있다. 이들 청구범위에서 한정되는 시스템, 방법, 및 용접봉과 그 조합은 상승적 발명의 신규 특징의 설명의 일부처럼 본원에 원용된다.

### 발명의 효과

<130> 본 발명에 따르면, 코어형 용접봉과 단락 아크 용접 시스템, 및 API 등급 X-80 라인 파이프 이상을 용접하기 위한 요건을 충족할 수 있는, 차폐 가스가 전혀 필요치 않도록 특수 코어형 용접봉 증착용 시스템의 용융 펄스를 제어하기 위한 방법을 제공할 수 있다.

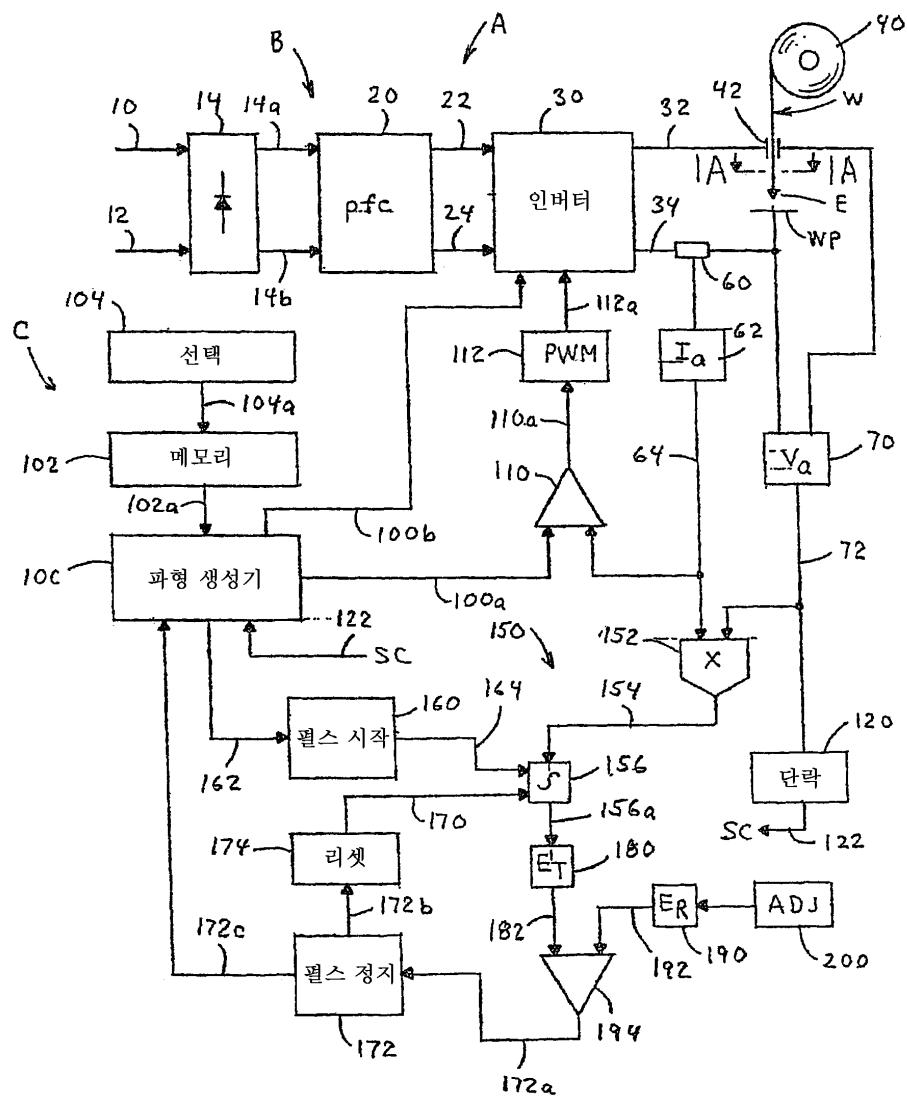
### 도면의 간단한 설명

- <1> 도1은 본 발명의 예시적인 실시예에 사용되는 단락 아크 용접 시스템의 블록선도.
- <2> 도1a는 도1의 1A-1A 선상에서 취한 확대 단면도.
- <3> 도2는 단락 아크 용접 프로세스에서의 스테이지 I 내지 IV를 도시하는 일련의 측면도.
- <4> 도3은 도2에 도시된 다양한 스테이지에 대해 도4에 도시된 본 발명의 일 실시예를 실행하는 과정을 도시하는 조합된 전류 및 전압 과정 그래프.
- <5> 도4는 본 발명의 실시예를 수행하기 위한 도1의 시스템의 수정예를 도시하는 흐름도 블록선도.
- <6> 도5 및 도6은 본 발명의 두 가지 추가 실시예를 실행하기 위한 도1에 도시된 용접 시스템의 일부의 흐름도 블록 선도.
- <7> 도7 및 도8은 도4에 도시된 본 발명의 실시예를 도5 및 도6에 각각 도시된 본 발명의 실시예들과 조합하는 도1에 도시된 바와 같은 용접 시스템의 부분적인 흐름도 블록선도.
- <8> 도9는 본 발명의 DC 포지티브 실행의 전류 과정을 도시하는 도면.
- <9> 도10은 파이프 용접 조인트의 루트 패스 또는 트랙킹 패스에 사용되는 발명을 도시하는 개략 정면도.

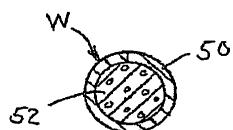
- <10> 도11은 대표적인 용접 시스템 및 용접봉의 사용을 도시하는 블록선도를 포함하는 측면도.
- <11> 도12는 용접봉을 보다 상세히 도시하는, 도11의 12-12 선상에서 취한 확대 단면 투시도.
- <12> 도13은 쉬쓰와 코어가 상이한 속도로 용융되는 코어형 용접봉을 도시하는 확대 개략도.
- <13> 도14는 코어형 용접봉으로 용접하기 위한 맞춤 과형을 채택하기 위한 실패의 단점을 도시하는 도13과 유사한 도면.
- <14> 도15는 도13 및 도14와 유사한 도면.
- <15> 도16은 본 발명의 일 실시예에 따른 코어형 용접봉을 도시하는 부분 측면도로서, 본 발명의 사용에 의해 그 길이가 최소화되는 아크 길이를 도시하는 도면.
- <16> 도17은 본 발명의 일 예에서 용접 금속 질소 회수에 대한 웨이브 벨런스 및 DC 오프셋의 영향을 도시하는 도면.
- <17> 도18은 본 발명의 예시적 실시예에 따라 수행되는 예시적 용접의 조인트 설계를 도시하는 도면.
- <18> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <19> 42: 접촉 선단
- <20> 50: 쉬쓰
- <21> 52: 플러스 코어
- <22> 60: 분류기
- <23> 62: 피드백 전류 장치
- <24> 100: 과형 생성기
- <25> 102: 메모리 유닛
- <26> 112: 펄스 폭 변조기
- <27> 120: 단락 검출기
- <28> 180: 디지털 레지스터
- <29> 194: 비교기
- <30> 210, 230: 과형
- <31> 212, 402: 용융 펄스
- <32> 220, 650: 용융 금속
- <33> 260: 타이머
- <34> 282: 디지털 필터
- <35> 290: 업데이트 회로
- <36> 310, 320: 피드백 루프
- <37> 530: 코어형 용접봉
- <38> 550, 560: 정류기
- <39> 600, 710: 쉬쓰
- <40> 610, 720: 코어

도면

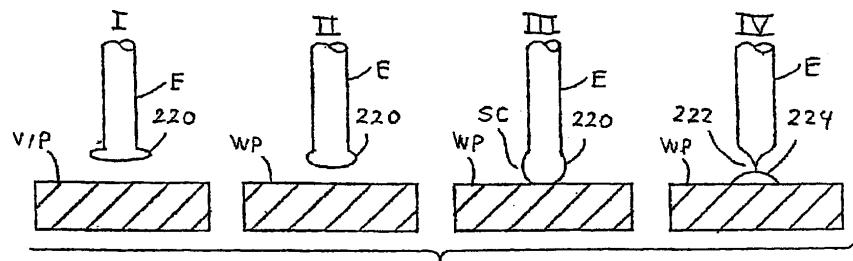
도면1



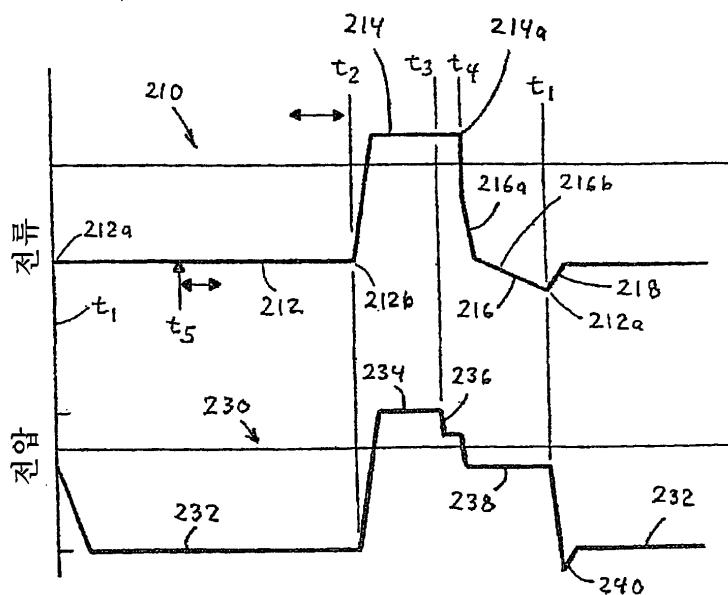
## 도면1a



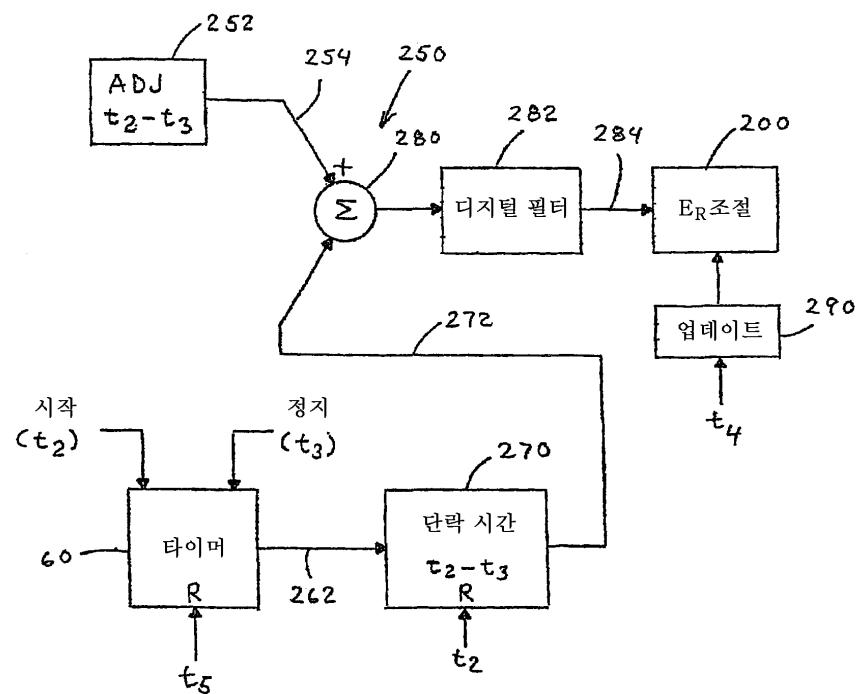
## 도면2



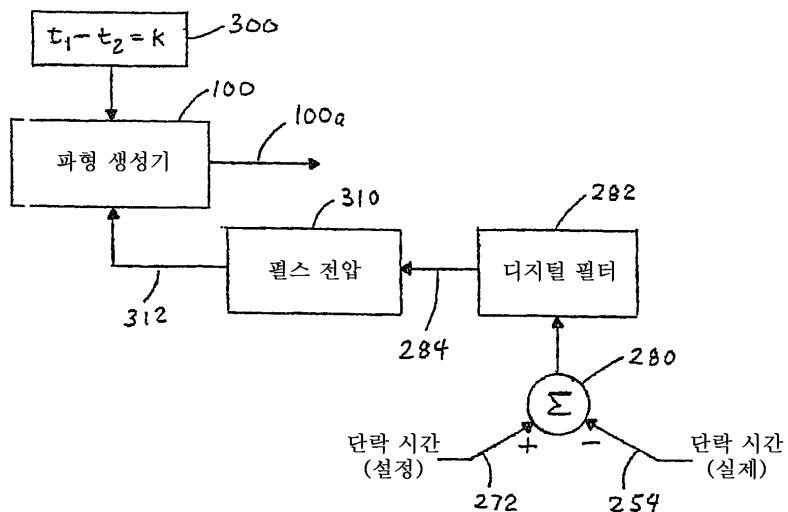
## 도면3



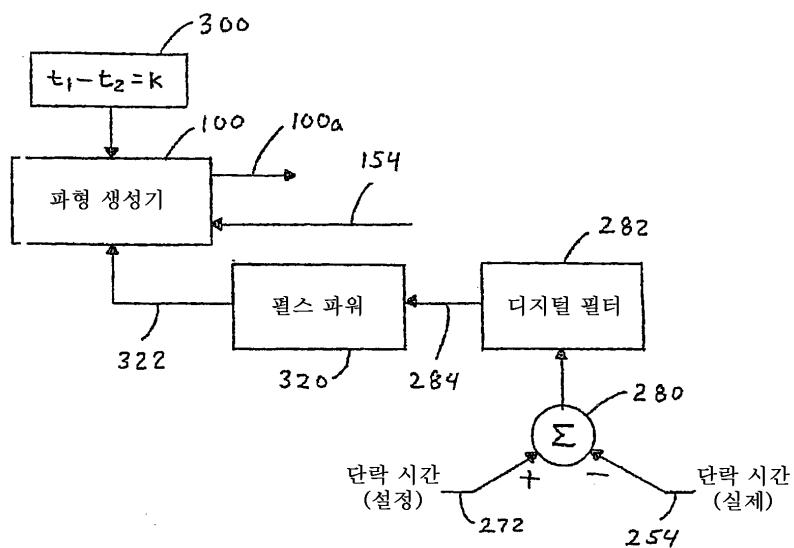
## 도면4



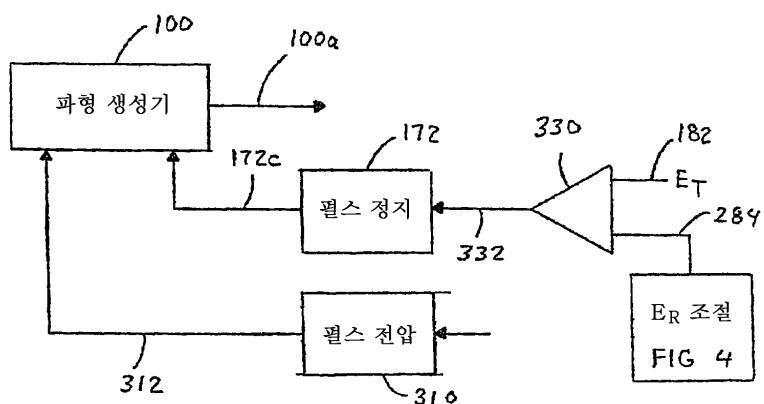
## 도면5



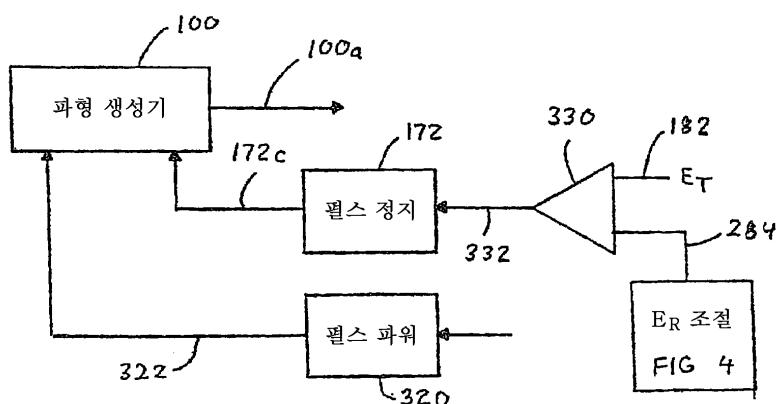
도면6



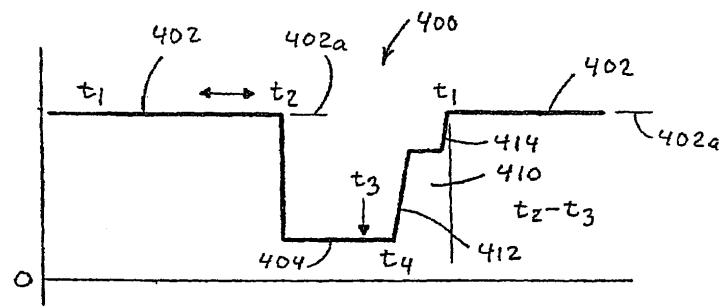
도면7



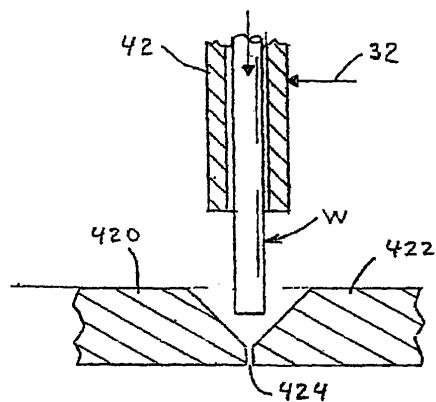
도면8



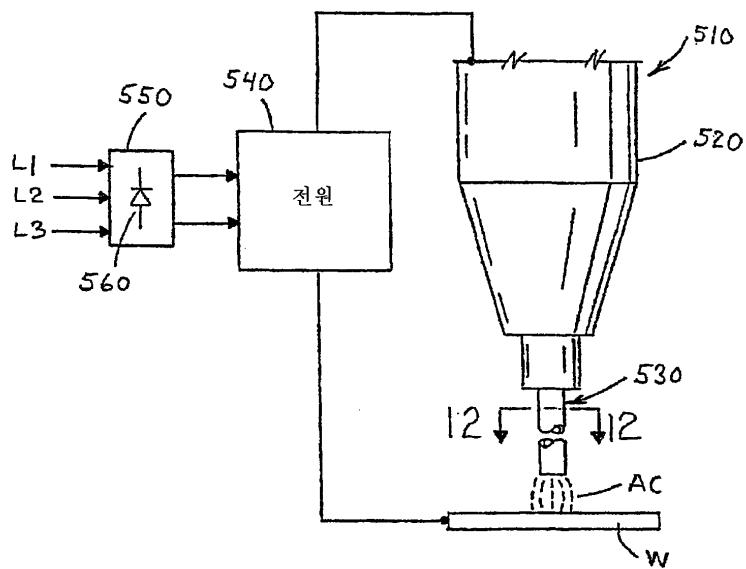
도면9



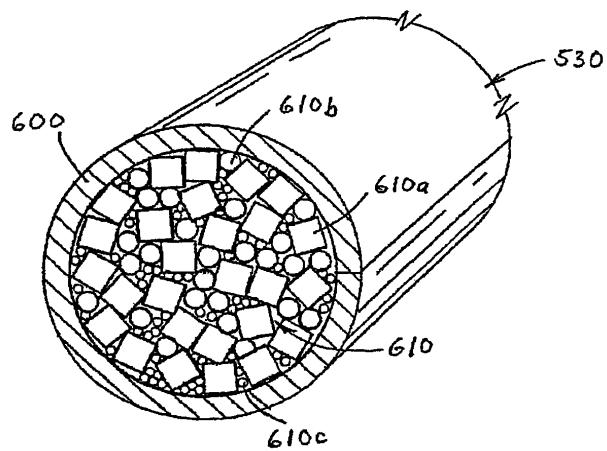
도면10



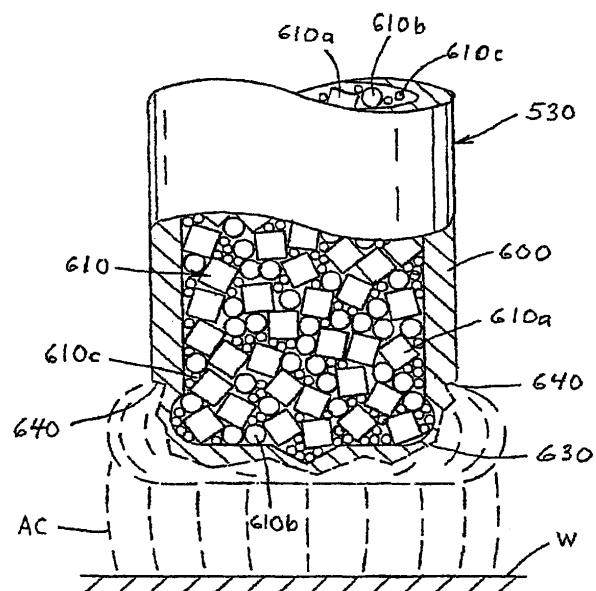
도면11



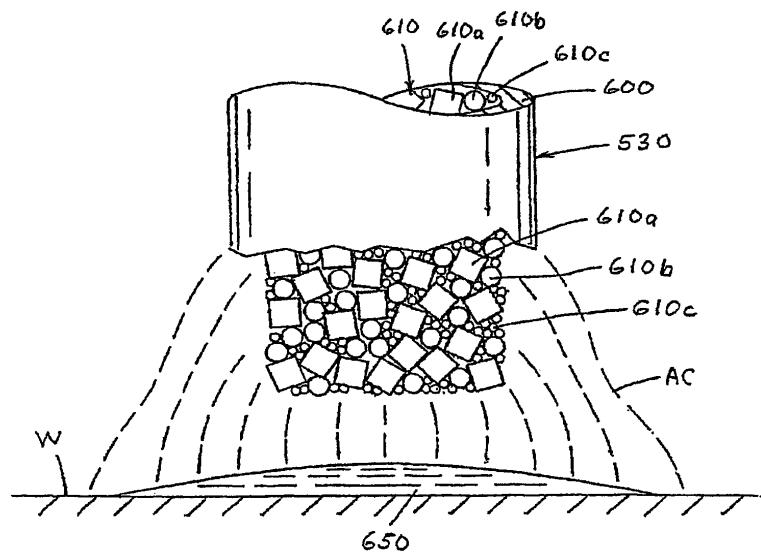
도면12



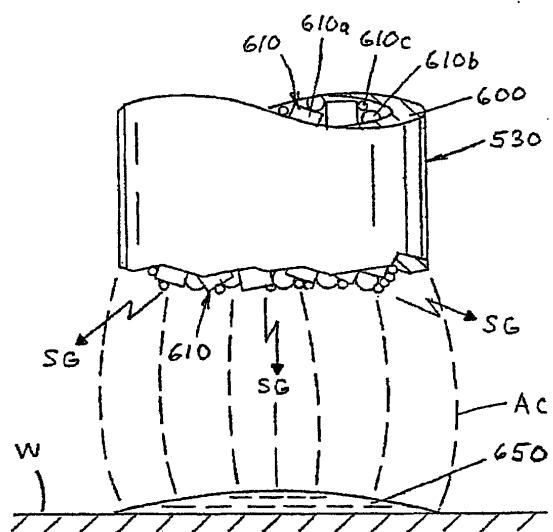
도면13



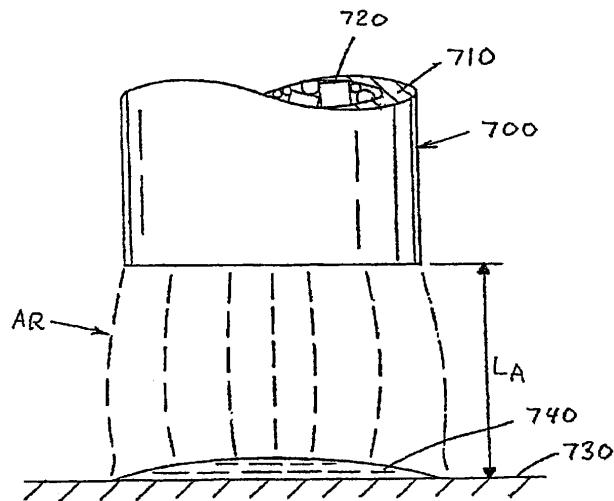
도면14



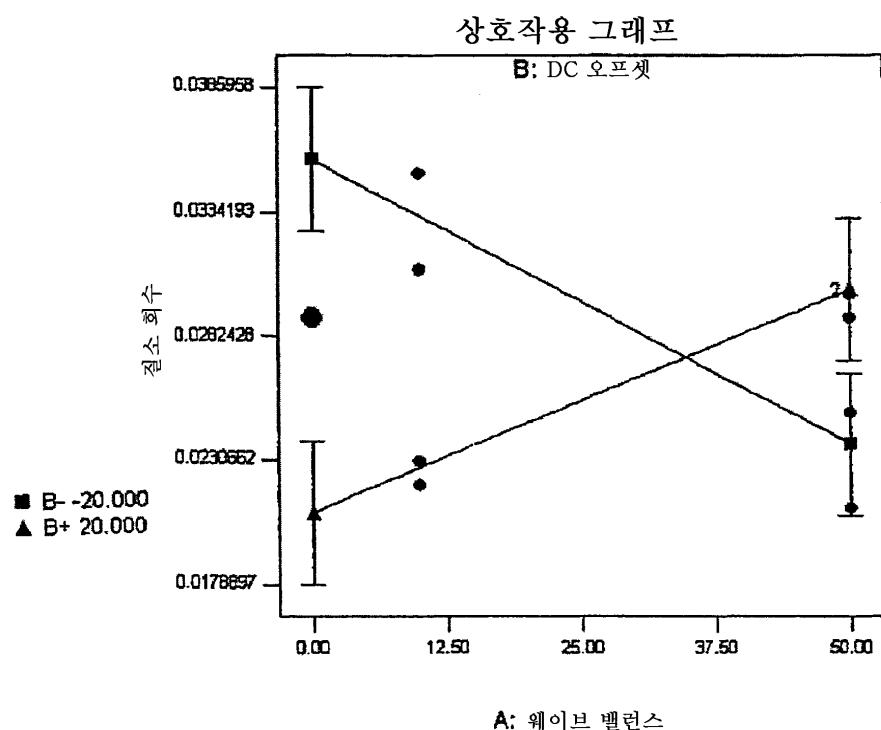
도면15



도면16



도면17



도면18

