



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월10일  
(11) 등록번호 10-2373371  
(24) 등록일자 2022년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23K 31/12 (2006.01) B23K 9/095 (2006.01)  
B23K 9/10 (2006.01) B23K 9/133 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B23K 31/125 (2013.01)  
B23K 9/0956 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0011236  
(22) 출원일자 2021년01월27일  
심사청구일자 2021년01월27일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2017185503 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
부경대학교 산학협력단  
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)  
(72) 발명자  
박영환  
부산광역시 남구 용호로 34, 101동 2003호(용호동, 일신프리빌리지)  
안상현  
부산광역시 남구 분포로 113, 211동 802호(용호동, 엘지메트로시티)  
(74) 대리인  
남건필, 박종수, 차상윤

전체 청구항 수 : 총 15 항

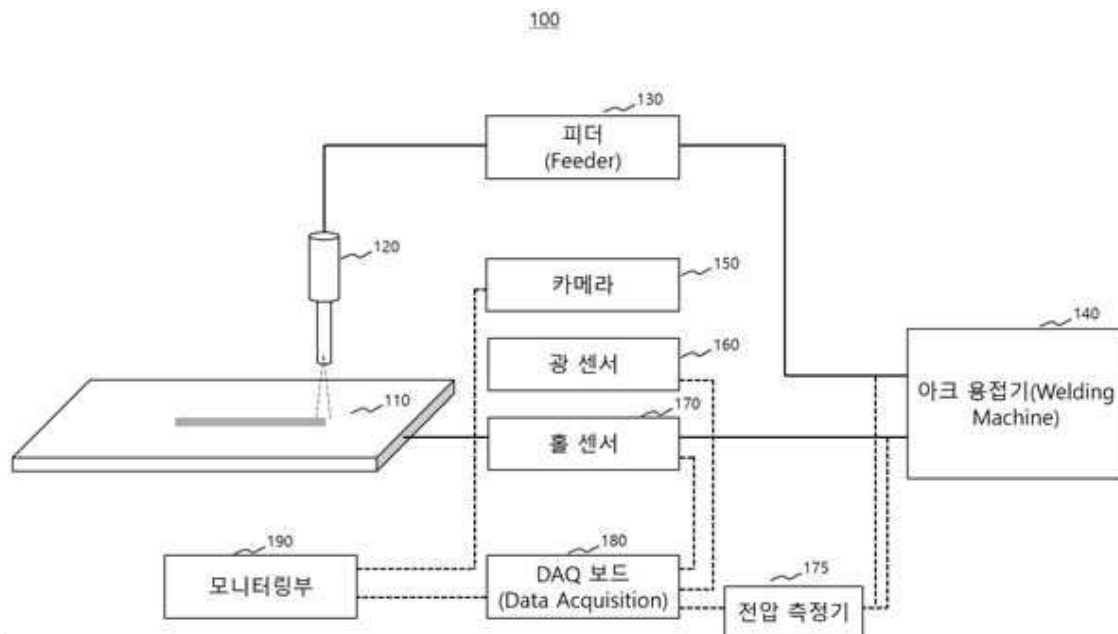
심사관 : 원유철

(54) 발명의 명칭 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법

(57) 요약

본 발명은 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치는 용가재(Filler metal)를 공급하는 피더(feeder), 상기 피더를 통해 공급된 용가재를 아크(arc)를 이용하여 모재에 용접하는 아크 용접기, 상기 아크 용접기를 통해 상기 모

(뒷면에 계속)  
대표도 - 도1



재에 흐르는 용접 전류를 측정하는 홀 센서(hall sensor), 상기 아크 용접기와 상기 모재 사이에 형성된 회로를 통해 용접 전압을 측정하는 전압 측정기, 상기 아크 용접기에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영하는 카메라, 상기 용접 영역에서 발생하는 광량을 측정하는 광센서 및 상기 홀센서를 통해 측정된 용접 전류, 상기 전압 측정기를 통해 측정된 용접 전압, 상기 광센서를 통해 측정된 광량 및 상기 카메라를 통해 촬영된 영상을 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는 모니터링부를 포함한다.

(52) CPC특허분류

**B23K 9/1006** (2013.01)

**B23K 9/133** (2013.01)

(72) 발명자

**이종중**

경상남도 거제시 하청면 칠천로 910

**정기쁨**

부산광역시 기장군 정관읍 산단2로 60, 501동 804호(정관신도시 엘에이치 5단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1425147688

과제번호 S2922914

부처명 중소벤처기업부

과제관리(전문)기관명 한국산학연합회

연구사업명 중소기업연구인력지원(R&D)

연구과제명 프로젝트기반 로봇융합 스마트제조 인력양성사업

기 여 율 1/1

과제수행기관명 부경대학교산학협력단

연구기간 2020.05.01 ~ 2021.02.28

공지예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

용가재(Filler metal)를 공급하는 피더(feeder);

상기 피더를 통해 공급된 용가재를 아크(arc)를 이용하여 모재에 용접하는 아크 용접기;

상기 아크 용접기를 통해 상기 모재에 흐르는 용접 전류를 측정하는 홀 센서(hall sensor);

상기 아크 용접기와 상기 모재 사이에 형성된 회로를 통해 용접 전압을 측정하는 전압 측정기;

상기 아크 용접기에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영하는 카메라;

상기 용접 영역에서 발생하는 광량을 측정하는 광 센서; 및

상기 홀 센서를 통해 측정된 용접 전류, 상기 전압 측정기를 통해 측정된 용접 전압, 상기 광 센서를 통해 측정된 광량 및 상기 카메라를 통해 촬영된 영상을 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는 모니터링부를 포함하고,

상기 모니터링부는, 상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 평균 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하고,

상기 모니터링부는, 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류는 상기 아크 용접기의 최대 전류를 초과하여 제1 설정값 이상으로 상승하고, 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제2 설정값 및 제3 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 후, 제2 설정 시간 이후에는 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 상기 변화 이전의 값으로 복귀하여 안정적으로 유지된 경우, 팁 용융에 의한 용접 결함으로 식별하고,

제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류는 상기 아크 용접기의 최대 전류를 초과하여 제1 설정값 이상으로 상승하고, 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제2 설정값 및 제3 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 후, 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 용접 종료 지점까지 이러한 상태가 유지된 경우, 아크 소멸에 의한 용접 결함으로 식별하고,

아크의 길이가 기 설정된 값보다 커지고, 상기 용접 전류는 제4 설정값 이상으로 상승하고 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제5 설정값 및 제6 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 경우, 아크 불안정에 의한 용접 결함으로 식별하는,

카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 아크 용접기는

팁-회전 아크 용접기(Tip-Rotating Arc Welding Torch)인 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 모니터링부는

상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 표준편차 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

## 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 모니터링부는

제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량은 각각 제7 설정값, 제8 설정값 및 제9 설정값까지 상승하는 변화가 발생한 후, 제2 설정 시간 이후에는 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 상기 변화 이전의 값으로 복귀하여 안정적으로 유지된 경우, 팁 용융에 의한 용접 결함으로 식별하고,

제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류, 용접 전압, 광량은 각각 제10 설정값, 제11 설정값 및 제12 설정값까지 상승하는 변화가 발생한 후, 제3 설정 시간 이후에는 상기 용접 전류와 용접 전압은 상기 변화 이전의 값으로 복귀하여 안정적으로 유지되고 광량은 제13 설정값 범위의 값으로 안정적으로 유지된 경우, 아크 소멸에 의한 용접 결함으로 식별하고,

아크의 길이가 기 설정된 값보다 커지고, 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량은 각각 제14 설정값, 제15 설정값 및 제16 설정값까지 상승하는 변화가 발생한 경우, 아크 불안정에 의한 용접 결함으로 식별하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

## 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 모니터링부는 디스플레이부를 포함하고,

상기 용접 결함이 식별되는 경우, 상기 모니터링부는 해당 용접 결함의 종류와 해당 용접 결함이 발생한 시각을 시계열 순으로 배열하여 상기 디스플레이부에 디스플레이하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

## 청구항 8

용가재(Filler Metal)를 공급하는 피더(feeder);

상기 피더를 통해 공급된 용가재를 아크를 이용하여 모재에 용접하는 아크 용접기;

상기 아크 용접기에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영하는 카메라; 및

상기 카메라를 통해 촬영된 영상을 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는, 제1항의 모니터링부를 포함하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

## 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 아크 용접기는

팁-회전 아크 용접기(Tip-Rotating Arc Welding Machine)인 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

## 청구항 10

제8항에 있어서, 상기 모니터링부는

상기 촬영된 영상의 아크 이미지를 분석하여 상기 아크의 길이를 측정하고, 측정된 아크의 길이를 기초로 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 모니터링부는

상기 측정된 아크의 길이가 기 설정된 값보다 커지는 경우 아크 불안정에 의한 용접 결함으로 식별하고,

기 설정된 시간 이상 아크 소멸이 유지되는 경우 팁 용융에 의한 용접 결함 또는 아크 소멸에 의한 용접 결함으로 식별하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 모니터링부는 디스플레이부를 포함하고,

상기 용접 결함이 식별되는 경우, 상기 모니터링부는 해당 용접 결함의 종류와 해당 용접 결함이 발생한 시각을 시계열 순으로 배열하여 상기 디스플레이부에 디스플레이하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

#### 청구항 13

제8항에 있어서,

상기 모재는 A1 5083 합금이고, 상기 용가제는 ER 5183 용접 와이어인 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치.

#### 청구항 14

홀 센서가 아크 용접기를 통해 모재에 흐르는 용접 전류를 측정하는 단계;

전압 측정기가 상기 아크 용접기와 상기 모재 사이에 형성된 회로를 통해 용접 전압을 측정하는 단계;

카메라가 상기 아크 용접기에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영하는 단계;

광 센서가 상기 용접 영역에서 발생하는 광량을 측정하는 단계; 및

모니터링부가 상기 홀 센서를 통해 측정된 용접 전류, 상기 전압 측정기를 통해 측정된 용접 전압, 상기 광 센서를 통해 측정된 광량 및 상기 카메라를 통해 촬영된 영상을 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는 단계를 포함하고,

상기 모니터링부는, 상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 평균 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하고,

상기 모니터링부는, 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류는 상기 아크 용접기의 최대 전류를 초과하여 제1 설정값 이상으로 상승하고, 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제2 설정값 및 제3 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 후, 제2 설정 시간 이후에는 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 상기 변화 이전의 값으로 복귀하여 안정적으로 유지된 경우, 팁 용융에 의한 용접 결함으로 식별하고,

제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류는 상기 아크 용접기의 최대 전류를 초과하여 제1 설정값 이상으로 상승하고, 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제2 설정값 및 제3 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 후, 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 용접 종료 지점까지 이러한 상태가 유지된 경우,

아크 소멸에 의한 용접 결함으로 식별하고,

아크의 길이가 기 설정된 값보다 커지고, 상기 용접 전류는 제4 설정값 이상으로 상승하고 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제5 설정값 및 제6 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 경우, 아크 불안정에 의한 용접 결함으로 식별하는,

카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 방법.

## 청구항 15

제14항에 있어서, 상기 모니터링하는 단계는

상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 평균 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 식별하는 단계를 포함하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 방법.

## 청구항 16

제14항에 있어서, 상기 모니터링하는 단계는

상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 표준편차 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 식별하는 단계를 포함하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 방법.

## 청구항 17

제14항에 있어서, 상기 용접 결함 패턴은

팁 용융에 의한 용접 결함, 아크 소멸에 의한 용접 결함 및 아크 불안정에 의한 용접 결함을 포함하는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 용접 공정에서 발생할 수 있는 용접 결함을 실시간으로 확인할 수 있는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] IMO의 환경 규제 속에서 LNG 추진선의 수요가 늘어남에 따라, LNG 운반선에 대한 수요 또한 증가하고 있다. LNG를 다른 지역으로 운반할 경우, 액체 상태의 LNG를 LNG 탱크에 저장하여 운반한다. LNG의 액화점은  $-162^{\circ}\text{C}$ 이므로 LNG 탱크는 극저온의 환경에서도 취성과파괴가 일어나지 않으면서 가공성과 경제성 또한 만족해야 한다. 이러한 이유로 LNG 탱크에는 오스테나이트계 스테인리스강, 9% 니켈 합금강, 알루미늄 합금, Invariable 합금 등이 사용된다. LNG 운반선의 한 종류인 Moss type tanker의 1차 방벽에는 알루미늄 합금 중 마그네슘을 4.5%가량 함량하고 있는 Al 5083 소재가 사용된다.

[0003] 알루미늄 합금은 철보다 3배 이상 높은 열전도도와 2배가량 높은 열팽창계수를 가지고 있지만, 용융 온도는 약  $660^{\circ}\text{C}$ 로 낮은 편에 속한다. 이러한 특성으로 인해 알루미늄 합금은 용접 후 열 변형 및 균열이 발생할 수 있으며, 액상에서 수소 용해도가 높기 때문에 기공이 발생하기 쉬운 문제점이 있다.

[0004] 팁-회전 아크용접(Tip-Rotating Arc Welding)은 이러한 결함을 완화할 수 있다. 팁-회전 아크용접은 팁 회전에 의한 입열 분산 효과가 있으며, 용융풀의 유동 발생에 의한 기공 감소 효과가 있다. 따라서, 용접하기 까다

로온 알루미늄 합금에 팁-회전 아크용접을 사용하면 알루미늄 합금의 용접성을 향상시킬 수 있다.

[0005] 그러나, 팁-회전 아크용접의 경우, 팁이 회전함에 따라 실시간으로 아크 길이의 변동이 발생할 수 있으며, 이는 아크 불안정으로 이어질 수 있다. 이러한 원인으로 팁-회전 아크용접의 경우 실시간 용접 모니터링 시스템에 대한 필요성이 더욱 증대된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 KR10-1779988 (2017.09.13) 3쪽 내지 5쪽

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 카메라를 이용하여 용접 공정에서 발생할 수 있는 용접 결함을 실시간으로 확인할 수 있는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명은 카메라를 통해 촬영된 아크의 길이를 기반으로 실시간으로 용접 품질을 판단할 수 있는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명은 계측 데이터와 함께 카메라를 통해 촬영된 아크의 길이를 활용하여 더욱 정밀하게 용접 품질을 판단할 수 있는 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법을 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 본 발명에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치는 용가재(Filler metal)를 공급하는 피더(feeder), 상기 피더를 통해 공급된 용가재를 아크(arc)를 이용하여 모재에 용접하는 아크 용접기, 상기 아크 용접기를 통해 상기 모재에 흐르는 용접 전류를 측정하는 홀 센서(hall sensor), 상기 아크 용접기와 상기 모재 사이에 형성된 회로를 통해 용접 전압을 측정하는 전압 측정기, 상기 아크 용접기에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영하는 카메라, 상기 용접 영역에서 발생하는 광량을 측정하는 광 센서 및 상기 홀 센서를 통해 측정된 용접 전류, 상기 전압 측정기를 통해 측정된 용접 전압, 상기 광 센서를 통해 측정된 광량 및 상기 카메라를 통해 촬영된 영상을 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는 모니터링부를 포함한다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 아크 용접기는 팁-회전 아크 용접기(Tip-Rotating Arc Welding Torch)를 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 모니터링부는 상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 평균 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 모니터링부는 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류는 상기 아크 용접기의 최대 전류를 초과하여 제1 설정값 이상으로 상승하고, 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제2 설정값 및 제3 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 후, 제2 설정 시간 이후에는 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 상기 변화 이전의 값으로 복귀하여 안정적으로 유지된 경우, 팁 용융에 의한 용접 결함으로 식별하고, 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류는 상기 아크 용접기의 최대 전류를 초과하여 제1 설정값 이상으로 상승하고, 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제2 설정값 및 제3 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 후, 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 용접 종료 지점까지 이러한 상태가 유지된 경우, 아크 소멸에 의한 용접 결함으로 식별하고, 아크의 길이가 기 설정된 값보다 커지고, 상기 용접 전류는 제4 설정값 이상으로 상승하고 상기 용접 전압 및 광량은 각각 제5 설정값 및 제6 설정값 이하로 감소하는 변화가 발생한 경우, 아크 불안정에 의한 용접 결함으로 식별할 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 모니터링부는 상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 표준편차 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.

- [0015] 일 실시예에서, 상기 모니터링부는 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량은 각각 제7 설정값, 제8 설정값 및 제9 설정값까지 상승하는 변화가 발생한 후, 제2 설정 시간 이후에는 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 상기 변화 이전의 값으로 복귀하여 안정적으로 유지된 경우, 팁 용융에 의한 용접 결함으로 식별하고, 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 상기 용접 전류, 용접 전압, 광량은 각각 제10 설정값, 제11 설정값 및 제12 설정값까지 상승하는 변화가 발생한 후, 제3 설정 시간 이후에는 상기 용접 전류와 용접 전압은 상기 변화 이전의 값으로 복귀하여 안정적으로 유지되고 광량은 제13 설정값 범위의 값으로 안정적으로 유지된 경우, 아크 소멸에 의한 용접 결함으로 식별하고, 아크의 길이가 기 설정된 값보다 커지고, 상기 용접 전류, 용접 전압 및 광량은 각각 제14 설정값, 제15 설정값 및 제16 설정값까지 상승하는 변화가 발생한 경우, 아크 불안정에 의한 용접 결함으로 식별할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 모니터링부는 디스플레이부를 포함하고, 상기 용접 결함이 식별되는 경우, 상기 모니터링부는 해당 용접 결함의 종류와 해당 용접 결함이 발생한 시각을 시계열 순으로 배열하여 상기 디스플레이부에 디스플레이할 수 있다.
- [0017] 본 발명에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치는 용가재(Filler Metal)를 공급하는 피더(feeder), 상기 피더를 통해 공급된 용가재를 아크를 이용하여 모재에 용접하는 아크 용접기, 상기 아크 용접기에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영하는 카메라 및 상기 카메라를 통해 촬영된 영상을 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는 모니터링부를 포함한다.
- [0018] 일 실시예에서, 상기 아크 용접기는 팁-회전 아크 용접기(Tip-Rotating Arc Welding Machine)를 포함할 수 있다.
- [0019] 일 실시예에서, 상기 모니터링부는 상기 촬영된 영상의 아크 이미지를 분석하여 상기 아크의 길이를 측정하고, 측정된 아크의 길이를 기초로 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.
- [0020] 일 실시예에서, 상기 모니터링부는 상기 측정된 아크의 길이가 기 설정된 값보다 커지는 경우 아크 불안정에 의한 용접 결함으로 식별하고, 기 설정된 시간 이상 아크 소멸이 유지되는 경우 팁 용융에 의한 용접 결함 또는 아크 소멸에 의한 용접 결함으로 식별할 수 있다.
- [0021] 일 실시예에서, 상기 모니터링부는 디스플레이부를 포함하고, 상기 용접 결함이 식별되는 경우, 상기 모니터링부는 해당 용접 결함의 종류와 해당 용접 결함이 발생한 시각을 시계열 순으로 배열하여 상기 디스플레이부에 디스플레이할 수 있다.
- [0022] 일 실시예에서, 상기 모재는 Al 5083 합금을 포함하고, 상기 용가재는 ER 5183 용접 와이어를 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 방법은 홀 센서가 아크 용접기를 통해 모재에 흐르는 용접 전류를 측정하는 단계, 전압 측정기가 상기 아크 용접기와 상기 모재 사이에 형성된 회로를 통해 용접 전압을 측정하는 단계, 카메라가 상기 아크 용접기에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영하는 단계, 광 센서가 상기 용접 영역에서 발생하는 광량을 측정하는 단계 및 모니터링부가 상기 홀 센서를 통해 측정된 용접 전류, 상기 전압 측정기를 통해 측정된 용전 전압, 상기 광 센서를 통해 측정된 광량 및 상기 카메라를 통해 촬영된 영상을 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링하는 단계를 포함한다.
- [0024] 일 실시예에서, 상기 모니터링하는 단계는 상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 평균 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 식별하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 일 실시예에서, 상기 모니터링하는 단계는 상기 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 표준편차 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 상기 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 상기 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 식별하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0026] 일 실시예에서, 상기 용접 결함 패턴은 팁 용융에 의한 용접 결함, 아크 소멸에 의한 용접 결함 및 아크 불안정에 의한 용접 결함을 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0027] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니

터링 방법은 카메라를 이용하여 용접 공정에서 발생할 수 있는 용접 결함을 실시간으로 확인할 수 있다.

[0028] 본 발명에 따른 본 발명에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법은 카메라를 통해 촬영된 아크의 길이를 기반으로 실시간으로 용접 품질을 판단할 수 있다.

[0029] 본 발명에 따른 본 발명에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법은 계측 데이터와 함께 카메라를 통해 촬영된 아크의 길이를 활용하여 더욱 정밀하게 용접 품질을 판단할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치를 나타내는 도면
- 도 2는 팁-회전 아크 용접기(Tip-Rotating Arc Welding)의 토치(Torch)를 나타내는 도면
- 도 3은 팁-회전 아크 용접기를 이용한 용접 공정시 각 용접 결함의 비드(Bead) 외관을 나타내는 도면
- 도 4는 적정 용접 상태의 경우, 이동 평균 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면
- 도 5는 팁 용융에 의한 용접 결함의 경우, 이동 평균 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면
- 도 6은 아크 소멸에 의한 용접 결함의 경우, 이동 평균 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면
- 도 7은 아크 불안정에 의한 용접 결함의 경우, 이동 평균 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면
- 도 8은 적정 용접 상태의 경우, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면
- 도 9는 팁 용융에 의한 용접 결함의 경우, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면
- 도 10은 아크 소멸에 의한 용접 결함의 경우, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면
- 도 11은 아크 불안정에 의한 용접 결함의 경우, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면
- 도 12는 팁 용융에 의한 용접 결함의 경우, 촬영된 아크 이미지와 광량 신호의 이동 평균 분석 파형을 비교한 도면
- 도 13은 아크 소멸에 의한 용접 결함의 경우, 촬영된 아크 이미지와 광량 신호의 이동 평균 분석 파형을 비교한 도면
- 도 14는 아크 불안정에 의한 용접 결함의 경우, 촬영된 아크 이미지와 광량 신호의 이동 평균 분석 파형을 비교한 도면
- 도 15는 용접 평균 아크의 길이와 아크 불안정으로 인한 용접 결함에 의해 순간적으로 길어진 아크의 길이를 비교한 도면
- 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 방법을 설명하는 흐름도

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 본 발명에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법을 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명하면 다음과 같다.

[0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치를 나타내는 도면이다.

[0034] 도 1을 참조하면, 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치(100)는 모재(110), 용접기(Tip-Rotating Arc Welding)의 토치(Torch)(120), 피더(feeder)(130), 아크 용접기(arc welding machine)(140), 카메라(150), 광 센서(160), 홀 센서(hall sensor)(170), 전압 측정기(175), DAQ 보드(Data acquisition board)(180) 및 모니터링부(190)를 포함한다.

[0035] 용접기 토치(120)는 모터와 편심 디스크에 의하여 팁이 회전하는 팁-회전 아크 용접기(Tip-Rotating Arc Welding)의 토치(Torch)에 해당할 수 있다. 팁-회전 아크 용접기는 토치의 팁을 회전시켜 공간적 모듈레이션을

이용하여 용접하는 장치이다.

- [0036] 도 2는 팁-회전 아크 용접기(Tip-Rotating Arc Welding)의 토치(Torch)를 나타내는 도면이다.
- [0037] 도 2를 참조하면, 팁-회전 아크 용접기의 토치는 팁이 회전함에 따라 아크가 공간적으로 회전하면서 용가재(Filler Metal)를 모재에 용접한다. 그러나, 팁-회전 아크 용접기의 경우, 아크 길이가 변동하여 아크 불안정이 발생할 수 있다.
- [0039] 다시 도 1을 참조하면, 피더(130)는 용가재를 용접기 토치(120)에 공급한다. 아크 용접기(140)는 용접용 가스(예를 들어, 아르곤(argon) 가스 등)를 이용하여 용접기 토치(120)에 아크를 발생시킬 수 있다. 아크 용접기(140)는 피더(130)를 통해 공급된 용가재를 아크를 이용하여 모재에 용접할 수 있다. 일 실시예에서, 모재는 Al 5083 합금이고, 용가재는 모재와 물성이 유사한 ER 5183 용접 와이어일 수 있다.
- [0040] 카메라(150)는 아크 용접기(140)에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영한다. 카메라(150)는 촬영된 영상을 모니터링부(190)로 전송한다. 일 실시예에서, 용접광의 밝기가 매우 높으므로 이를 완화하기 위해 카메라(150)에는 필터가 구비될 수 있다. 예를 들어, 카메라(150)에는 Neutral density filter와 가시광 영역의 완화를 위한 Long pass filter가 구비될 수 있다.
- [0041] 광 센서(160)는 용접 영역에서 발생하는 광량을 측정한다. 광 센서(160)는 측정된 광량에 대응되는 광량 신호를 DAQ 보드(180)로 전송한다. 일 실시예에서, 광 센서(160)에는 포토 다이오드가 사용될 수 있다. 예를 들어, 광 센서(160)에는 포토다이오드 G1127 모델이 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 용접광의 밝기가 매우 높으므로 이를 완화하기 위해 광 센서(160)에는 필터가 구비될 수 있다. 예를 들어, 광 센서(160)에는 Neutral density filter와 가시광 영역의 완화를 위한 Long pass filter가 구비될 수 있다.
- [0042] 홀 센서(hall sensor)(170)는 아크 용접기(140)를 통해 모재에 흐르는 용접 전류를 측정한다. 홀 센서(170)는 홀 효과(Hall-effect)를 이용하여 전류를 측정하는 데 사용된다. 홀 센서(170)는 측정된 전류에 대응되는 전류 신호를 DAQ 보드(180)로 전송한다.
- [0043] 전압 측정기(175)는 아크 용접기(140)와 모재(110) 사이에 형성된 회로를 통해 용접 전압을 측정한다. 전압 측정기(175)는 측정된 전압에 대응되는 전압 신호를 DAQ 보드(180)로 전송한다.
- [0044] DAQ 보드(180)는 용접 전류, 용접 전압과 광량 신호를 수집하여 모니터링부(190)로 전송한다. 일 실시예에서, DAQ 보드(180)의 출력 범위는  $\pm 10$  V이고 샘플링속도를 10 ks/s로 설정될 수 있다. 일 실시예에서, DAQ 보드(180)는 NI USB-6221 BNC가 사용될 수 있다.
- [0045] 모니터링부(180)는 홀 센서(170)를 통해 측정된 용접 전류, 전압 측정기(175)를 통해 측정된 용접 전압, 광 센서(160)를 통해 측정된 광량 및 카메라(150)를 통해 촬영된 영상을 분석하여 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링한다.
- [0046] 모니터링부(180)는 디스플레이부를 포함한다. 용접 결함이 식별되는 경우, 모니터링부(180)는 해당 용접 결함의 종류와 해당 용접 결함이 발생한 시각을 시계열 순으로 배열하여 디스플레이부에 표시한다.
- [0047] 일 실시예에서, 모니터링부(190)는 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 분석법에 따라 분석할 수 있다. 이동 분석법은 어떠한 이동하는 구간을 설정하여 해당 구간의 평균, 표준편차, 최대값, 최소값 등을 이용하여 데이터를 정제시키는 방법이다.
- [0048] 예를 들어, 모니터링부(190)는 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 평균 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 카메라(150)를 통해 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.
- [0049] 다른 실시예에서, 모니터링부(190)는 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 표준편차 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 카메라(150)를 통해 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수도 있다.
- [0050] 일 실시예에서, 모니터링부(190)는 적정 상태, 팁 용융에 의한 용접 결함, 아크 소멸에 의한 용접 결함 및 아크 불안정에 의한 용접 결함의 발생 여부를 식별하고, 식별된 용접 결함을 디스플레이부에 디스플레이할 수 있다.
- [0052] 도 3은 팁-회전 아크 용접기를 이용한 용접 공정시 각 용접 결함의 비드(Bead) 외관을 나타내는 도면이다.
- [0053] 적정 상태의 경우, 끊임없이 연속적으로 생성된 비드의 선형적인 외관을 확인할 수 있으며, 팁 용융에 의한 용

접 결합 상태의 경우, 팁 용융에 따라 와이어의 공급이 중단되어 비드가 끊긴 것을 확인할 수 있다. 아크 소멸에 의한 용접 결합 상태의 경우, 와이어가 모재에 접촉하여 아크가 꺼져서 비드의 끊김과 와이어 잔여물이 발생한 것을 확인할 수 있다. 아크 불안정에 의한 용접 결합 상태의 경우, 중간부분에 비드의 모양이 굴곡진 것을 확인할 수 있으며, 해당 구간에서 팁 회전에 의해 와이어가 용융풀에 단락되어 다량 용융이 발생하고 아크 불안정이 발생한 것을 확인할 수 있다.

[0055] 도 4는 적정 용접 상태의 경우, 이동 평균 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면이다.

[0056] 도 4를 참조하면, 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 신호가 선형적인 비드 외관과 같이 그래프에서도 안정적인 파형이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 용접 전류의 경우, 약 245.49A의 평균 전류 값을 기준으로 안정적으로 파형이 형성되는 것을 확인할 수 있으며, 용접 전압의 경우, 약 22.62V의 평균 전압 값을 기준으로 안정적으로 파형이 형성되는 것을 확인할 수 있다. 광량의 경우, 0.79V의 평균 전압 값을 기준으로 안정적으로 파형이 형성되는 것을 확인할 수 있다.

[0058] 도 5는 팁 용융에 의한 용접 결합의 경우, 이동 평균 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면이다.

[0059] 도 5를 참조하면, 팁이 용융되는 지점에서 용접 전류의 계측값은 500A 이상으로 증가하고, 용접 전압 및 광량의 경우 팁이 용융되는 지점에서 각각 5 V, 0.5 V 이하로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 상기와 같은 현상은 팁이 용융되어 와이어(용가재)를 타고 모재와 접촉하는 과정에서 장기적인 단락이 발생하였기 때문에 발생한 것으로 판단되며, 이에 따라 단락이 중단되는 지점에서 용융된 팁이 모재에 용착된 것을 확인할 수 있다. 팁 용융 이후에는 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 다시 안정적으로 바뀌는 것을 확인할 수 있다. 상기와 같은 현상은 팁 용융으로 인해 와이어는 공급되지 않지만, 아크는 꺼지지 않고 팁과 모재 사이에 유지되기 때문이다. 팁이 용융되는 지점에서 용접 전류는 아크 용접기의 최대 전류인 350A를 초과하고, 용접 전압 및 광량 또한 0V에 근접한 값으로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 모니터링부(190)는 용접 전류, 용접 전압 및 광량 신호의 이러한 파형들을 팁 용융에 의한 용접 결합의 발생 여부를 실시간으로 판단하는 지표로 사용할 수 있다. 그러나, 팁 용융 이후의 구간에 대해서 마땅히 결함으로 판단할 지표를 찾을 수 없다.

[0061] 도 6은 아크 소멸에 의한 용접 결합의 경우, 이동 평균 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면이다.

[0062] 도 6을 참조하면, 와이어(용가재)가 모재에 닿아 아크가 소멸하는 지점부터 용접이 종료되는 지점까지 용접 전류는 500A 이상으로 증가하고, 용접 전압과 광량은 각각 5V, 0.5V 이하로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 아크의 소멸 이후 결합 신호가 유지되는 원인은 아크는 소멸했지만 아크 용접기에서 용접 신호를 계속 보내 와이어가 지속적으로 공급되기 때문이다. 모재와 와이어가 접촉하여 저항이 0에 수렴하는 현상이 일어난다. 와이어가 모재에 닿아 아크가 소멸하는 지점에서 용접 전류는 아크 용접기의 최대 전류인 350A를 초과하며, 용접 전압 및 광량은 0에 근접한 값으로 나타난다. 모니터링부(190)는 용접 전류, 용접 전압 및 광량 신호의 이러한 파형들을 아크 소멸에 의한 용접 결합의 발생 여부를 실시간으로 판단하는 지표로 사용할 수 있다.

[0064] 도 7은 아크 불안정에 의한 용접 결합의 경우, 이동 평균 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면이다.

[0065] 도 7을 참조하면, 와이어(용가재)가 모재에 닿은 뒤 다량의 용융이 발생하는 지점에서 용접 전류, 용접 전압 및 광량 신호의 파형에 변동이 계측된다. 단락이 장시간 유지되지 않기 때문에 팁 용융에 의한 용접 결합이나 아크 소멸에 의한 용접 결합의 경우보다 용접 전류와 용접 전압의 변동은 크지 않다. 그러나, 광량의 경우 6 회의 파형 변동 가운데 4회에 걸쳐 0.5V 이하로 감소한 것을 확인할 수 있다. 광량을 지표로 이용하는 경우 실시간으로 아크 불안정에 의한 용접 결함을 검출할 수 있지만, 정확성 측면에서는 한계가 있을 수 있다.

[0067] 도 8은 적정 용접 상태의 경우, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면이다.

[0068] 도 8을 참조하면, 용접 시작 구간과 용접 종료 구간을 제외하고 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 신호가 각각 25, 7 및 0.5를 넘지 못하는 것을 확인할 수 있다. 적정 용접 상태의 신호임에도 불구하고 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 모든 파형, 특히 용접 전압의 파형에서 전체 표준편차(6.2(용접 전류), 1.22(용접 전압), 0.17(광량)) 이상인 값들이 확인됨을 확인할 수 있다. 상기와 같은 현상의 원인은 실험 조건의 용적 이행이 단락 이행이어서 원본 데이터의 파형 변화가 심하기 때문이다.

[0069] 용접 시작과 용접 종료 지점에서는 급격한 데이터의 변화가 발생한다. 해당 지점을 제외한 용접 전류, 용접 전

압 및 광량 신호의 최대값은 각각 25, 7, 0.5인 것을 확인할 수 있다. 일 실시예에서, 모니터링부(190)는 이동 표준편차 분석을 이용하여 적정 용접 상태를 벗어난 용접 결함의 발생 여부를 판단할 수 있다. 예를 들어, 모니터링부(190)는 각 신호의 최대값에 30%의 오프셋(offset)을 적용하여 32.5, 9.1, 0.65(순서대로 용접 전류, 용접 전압 및 광량)를 용접 결함의 발생 여부를 판단하는 기준으로 사용할 수 있다. 일 실시예에서, 분석의 단순화를 위하여 수치의 분해 능력에 따라 기준을 35, 9.5, 0.7(순서대로 용접 전류, 용접 전압 및 광량)로 일부 조정할 수도 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해, 적정 용접 상태의 범위를 식별하기 위한 기준을 35, 9.5, 0.7(순서대로 용접 전류, 용접 전압 및 광량)로 정한 경우를 가정하여 설명하기로 한다.

[0071] 도 9는 팁 용융에 의한 용접 결함의 경우, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면이다.

[0072] 도 9를 참조하면, 팁이 용융되는 지점에서 용접 전류, 용접 전압 및 광량 신호의 데이터가 각각 35, 9.5, 0.7 이상(적정 용접 상태의 범위를 식별하는 기준값)인 지점들이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그러나, 팁이 용융된 이후에는 모든 신호에서 각 신호의 전체 표준편차의 값(8.71, 1.65, 0.21)보다 낮은 선형적인 파형이 유지되는 것을 확인할 수 있다. 이는 팁 용융으로 인해 와이어는 공급되지 않지만, 아크는 꺼지지 않고 팁과 모재 사이에 유지되기 때문이다. 모니터링부(190)는 용접 전류, 용접 전압 및 광량 신호의 이러한 파형들을 팁 용융에 의한 용접 결함의 발생 여부를 실시간으로 판단하는 지표로 사용할 수 있다. 그러나, 팁 용융 이후의 구간에서는 이동 표준편차 데이터를 이용하여 결함을 검출하기에 한계가 있다.

[0074] 도 10은 아크 소멸에 의한 용접 결함의 경우, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면이다.

[0075] 도 10을 참조하면, 와이어(용가재)가 모재에 닿아 아크가 소멸하는 지점에서 용접 전류, 용접 전압 및 광량 신호의 데이터 피크점을 확인할 수 있다. 그러나, 이동 평균 분석법에 의한 분석 결과와 달리 용접 전류와 용접 전압은 아크 소멸 이후에 결함이 없는 구간과 데이터의 차이가 크지 않은 것을 확인할 수 있다. 아크 소멸 이후에 광량 신호의 값은 0에 근접한 값이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그러나, 이는 값(또는, 데이터)을 이동 표준편차를 기반으로 분석했기 때문에 발생하는 특징이므로, 이동 표준편차를 이용하여 아크 소멸 이후의 결함을 식별하기에는 어려움이 있다.

[0077] 도 11은 아크 불안정에 의한 용접 결함의 경우, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 각 신호의 파형을 나타내는 도면이다.

[0078] 도 11을 참조하면, 와이어(용가재)가 모재에 닿은 뒤 다량의 용융이 발생하는 지점에서 용접 전류, 용접 전압 및 광량 신호의 파형 변동이 계속되는 것을 확인할 수 있다. 그러나, 용접 전류와 용접 전압의 경우 기준값인 35, 9.5를 초과하는 값이 없어, 이동 표준편차 분석법에 따라 분석된 용접 전류와 용접 전압은 지표로 활용하기 어렵다. 이는 단락이 장시간 유지되지 않아서 결함이 없는 구간의 안정적인 파형이 변동의 폭을 상쇄시켰기 때문이다. 광량 신호의 경우, 기준 값인 0.7을 초과하는 값이 존재한다. 그러나, 광량 신호를 결함 식별 지표로 사용하는 경우, 실시간 결함 검출은 가능하지만, 0.5에서 0.6사이의 값도 존재하므로 정확성 측면에서 한계가 있을 수 있다.

[0080] 도 12는 팁 용융에 의한 용접 결함의 경우, 촬영된 아크 이미지와 광량 신호의 이동 평균 분석 파형을 비교한 도면이다.

[0081] 도 12를 참조하면, 광량 신호에서 6.2초경 팁 용융에 의해 이상 신호가 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 이후 약 0.2초동안 카메라(150)를 통해 촬영된 아크 이미지에서 아크가 관측되지 않고 광량 신호도 0V 근처의 값이 출력되는 것을 확인할 수 있다. 팁이 용융된 후에는 카메라(150)를 통해 촬영된 아크 이미지에서 팁에서부터 모재까지 아크가 형성되어있는 것을 확인할 수 있으며, 이때의 아크의 길이는 정상 상태의 아크 길이보다 증가한 것을 확인할 수 있다.

[0083] 도 13은 아크 소멸에 의한 용접 결함의 경우, 촬영된 아크 이미지와 광량 신호의 이동 평균 분석 파형을 비교한 도면이다.

[0084] 도 13을 참조하면, 광량 신호에서 5.8초경 와이어가 모재에 접촉하여 이상 신호가 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 이후 용접이 종료될 때까지 카메라(150)를 통해 촬영된 아크 이미지에서 아크 소멸에 의해 아크가 관측되지 않고 광량 신호도 0V 근처의 값이 출력되는 것을 확인할 수 있다.

[0086] 도 14는 아크 불안정에 의한 용접 결함의 경우, 촬영된 아크 이미지와 광량 신호의 이동 평균 분석 파형을 비교

한 도면이다.

- [0087] 도 14를 참조하면, 광량 신호에서 3.2초와 5.2초경 아크 불안정에 의해 이상 신호가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 14의 도면에서 카메라(150)를 통해 촬영된 아크 이미지에서 분석된 아크 길이의 변동과 광량 신호의 변동이 일치함을 확인할 수 있다.
- [0089] 도 15는 용접 평균 아크의 길이와 아크 불안정으로 인한 용접 결함에 의해 순간적으로 길어진 아크의 길이를 비교한 도면이다.
- [0090] 도 15를 참조하면, 용접 평균 아크의 길이는 5.4mm이며, 아크 불안정에 의하여 길어진 아크의 길이는 모두 13mm 이상인 것을 확인할 수 있다. 카메라(150)를 통해 촬영된 아크 이미지에서 아크 길이가 13mm 이상으로 증가할 경우, 모니터링부(190)는 아크 불안정에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0091] 팁 용융에 의한 용접 결함 및 아크 소멸에 의한 용접 결함의 경우, 카메라(150)를 통해 촬영된 아크 이미지는 이동 분석법과 같은 정제과정을 거칠 수 없기 때문에 아크 소멸 및 재점화 과정이 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 카메라(150)를 통해 촬영된 아크 이미지에서 0.1초 동안 아크 소멸이 유지될 경우, 모니터링부(190)는 팁 용융에 의한 용접 결함 또는 아크 소멸에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0093] 다시 도 1을 참조하면, 모니터링부(190)는 카메라(150)를 통해 촬영된 영상만 이용하여, 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다. 예를 들어, 모니터링부(190)는 촬영된 영상의 아크 이미지를 분석하여 아크의 길이를 측정하고, 측정된 아크의 길이를 기초로 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.
- [0094] 예를 들어, 모니터링부(190)는 측정된 아크의 길이가 기 설정된 값(예를 들어, 용접 평균 아크의 길이)보다 커지는 경우 아크 불안정에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 식별하고, 기 설정된 시간(예를 들어, 결함 판정 아크 소멸 유지 기간) 이상 아크 소멸이 유지되는 경우 팁 용융에 의한 용접 결함 또는 아크 소멸에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 식별할 수 있다.
- [0095] 다른 실시예에서, 모니터링부(190)는 용접 전류, 용접 전압 및 광량 신호의 계측 값과 함께 카메라(150)를 통해 촬영된 아크 이미지의 아크 길이를 이용하여 더욱 정밀하게 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.
- [0096] 예를 들어, 모니터링부(190)는 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 평균 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.
- [0097] 일 실시예에서, 용접 영역에서 촬영된 영상에서 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 이동 평균 분석법에 따른 용접 전류는 아크 용접기(140)의 최대 전류를 초과하여 제1 설정값(예를 들어, 500 A) 이상으로 상승하고, 용접 전압 및 광량은 각각 제2 설정값(예를 들어, 5 V) 및 제3 설정값(예를 들어, 0.5 V) 이하로 감소하는 변화가 발생한 후, 제2 설정 시간(예를 들어, 설정된 팁 용융 시간) 이후에는 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 변화 이전의 값 수준으로 복귀하여 안정적으로 값이 유지(예를 들어, 기 설정된 오차 범위 내로 유지)되는 경우, 모니터링부(190)는 팁 용융에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 식별할 수 있다.
- [0098] 용접 영역에서 촬영된 영상에서 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 이동 평균 분석법에 따른 용접 전류는 아크 용접기(140)의 최대 전류를 초과하여 제1 설정값(예를 들어, 500 A) 이상으로 상승하고, 용접 전압 및 광량은 각각 제2 설정값(예를 들어, 5 V) 및 제3 설정값(예를 들어, 0.5 V) 이하로 감소하는 변화가 발생한 후, 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 용접 종료 지점까지 이러한 상태가 유지되는 경우, 모니터링부(190)는 아크 소멸에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 식별할 수 있다.
- [0099] 용접 영역에서 촬영된 영상에서 아크의 길이가 기 설정된 값(예를 들어, 13mm)보다 커지고, 이동 평균 분석법에 따른 용접 전류는 제4 설정값(예를 들어, 300 A) 이상으로 상승하고 용접 전압 및 광량은 각각 제5 설정값(예를 들어, 17 V) 및 제6 설정값(예를 들어, 0.5 V) 이하로 감소하는 변화가 발생한 경우, 모니터링부(190)는 아크 불안정에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 식별할 수 있다.
- [0100] 다른 예에서, 모니터링부(190)는 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 표준편차 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.

- [0101] 일 실시예에서, 용접 영역에서 촬영된 영상에서 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 이동 표준편차 분석법에 따른 용접 전류, 용접 전압 및 광량은 각각 제7 설정값(예를 들어, 110), 제8 설정값(예를 들어, 10.5) 및 제9 설정값(예를 들어, 1.05)까지 상승하는 변화가 발생한 후, 제2 설정 시간(예를 들어, 설정된 팁 용융 시간) 이후에는 용접 전류, 용접 전압 및 광량의 파형이 모두 변화 이전의 값 수준으로 복귀하여 안정적으로 값이 유지되는 경우, 모니터링부(190)는 팁 용융에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 식별할 수 있다.
- [0102] 용접 영역에서 촬영된 영상에서 제1 설정 시간 이상 아크 소멸이 유지되고, 이동 표준편차 분석법에 따른 용접 전류, 용접 전압, 광량은 각각 제10 설정값(예를 들어, 105), 제11 설정값(예를 들어, 11) 및 제12 설정값(예를 들어, 1.1) 이상 상승하는 변화가 발생한 후, 제3 설정 시간(예를 들어, 설정된 아크 소멸 시간) 이후에는 용접 전류와 용접 전압은 변화 이전의 값 수준으로 복귀하여 안정적으로 유지되고 광량은 제13 설정값(예를 들어, 0.02) 범위의 값으로 안정적으로 유지되는 경우, 모니터링부(190)는 아크 소멸에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 식별할 수 있다.
- [0103] 용접 영역에서 촬영된 영상에서 아크의 길이가 기 설정된 값보다 커지고, 이동 표준편차 분석법에 따른 용접 전류, 용접 전압 및 광량은 각각 제14 설정값(예를 들어, 33), 제15 설정값(예를 들어, 6.6) 및 제16 설정값(예를 들어, 1.4) 이상 상승하는 변화가 발생하는 경우, 모니터링부(190)는 아크 불안정에 의한 용접 결함이 발생한 것으로 식별할 수 있다.
- [0104] 일 실시예에서, 모니터링부(190)는 용접 결함의 발생여부를 판단하기 위한 지표(촬영된 영상의 분석결과, 용접 전류, 용접 전압 및 광량) 사이에 우선순위를 두어, 용접 결함의 발생여부를 식별할 수도 있다. 예를 들어, 촬영된 영상의 분석결과의 우선순위가 다른 지표들보다 높은 경우, 모니터링부(190)는 촬영된 영상의 분석결과를 이용하여 우선적으로 용접 결함의 발생여부를 식별할 수 있다. 또는, 촬영된 영상의 분석결과의 우선순위가 다른 지표들보다 높은 경우, 다른 지표들을 통해 분석한 결과 용접 결함이 발생하지 않은 것으로 식별되었으나, 촬영된 영상의 분석결과 용접 결함이 발생한 것으로 식별된 경우, 모니터링부(190)는 우선순위가 높은 촬영된 영상의 분석결과에 따라 용접 결함이 발생한 것으로 식별할 수 있다.
- [0105] 일 실시예에서, 모니터링부(190)는 용접 결함의 발생여부를 판단하기 위한 지표(촬영된 영상의 분석결과, 용접 전류, 용접 전압 및 광량)들에 대해 각각 신뢰도를 입력받고, 용접 결함이 발생한 것으로 식별된 지표의 신뢰도를 이용하여, 용접 결함이 발생하였는지 여부와 발생한 용접 결함의 패턴을 식별하고 및 해당 판단의 신뢰도를 산출할 수도 있다. 예를 들어, 모니터링부(190)는 용접 결함이 발생한 것으로 식별된 지표의 신뢰도를 합산하여 평균하거나, 우선순위에 따라 가중 평균하여 해당 판단의 신뢰도를 산출할 수 있다.
- [0106] 일 실시예에서, 모니터링부(190)는 사용자로부터 모재와 용가재의 종류를 입력받아 모니터링 대상 용접 작업 재료를 설정하고, 해당 모재와 용가재의 종류에 따른 용접 결함의 발생여부를 판단하기 위한 지표(촬영된 영상의 분석결과, 용접 전류, 용접 전압 및 광량)들의 설정값과 설정 시간들을 자동으로 설정할 수도 있다. 모니터링부(190)는 용접 작업 재료(모재와 용가재)의 종류 및 해당 설정값과 설정 시간들의 데이터를 미리 입력받아 데이터베이스로 저장할 수 있다. 사용자로부터 입력받은 모재와 용가재의 종류가 동시에 매칭되는 데이터가 데이터베이스에 없는 경우, 모니터링부(190)는 데이터베이스에 저장된 데이터 가운데 사용자로부터 입력받은 유사 용접 작업 재료를 설정하여 용접 결함의 발생여부를 판단하기 위한 지표(촬영된 영상의 분석결과, 용접 전류, 용접 전압 및 광량)들의 설정값과 설정 시간들을 자동으로 설정할 수도 있다.
- [0107] 또는, 사용자로부터 입력받은 모재와 용가재의 종류가 동시에 매칭되는 데이터가 데이터베이스에 없고 하나의 용접 작업 재료(예를 들어, 모재)만 매칭되는 경우, 모니터링부(190)는 매칭된 용접 작업 재료(예를 들어, 모재)를 포함하는 용접 작업 재료(모재와 용가재)의 종류들을 데이터베이스에서 검색하여 디스플레이할 수도 있다. 모니터링부(190)는 디스플레이된 용접 작업 재료(모재와 용가재)의 종류들 가운데 사용자로부터 입력받은 유사 용접 작업 재료를 설정하여 용접 결함의 발생여부를 판단하기 위한 지표(촬영된 영상의 분석결과, 용접 전류, 용접 전압 및 광량)들의 설정값과 설정 시간들을 자동으로 설정할 수도 있다. 디스플레이된 용접 작업 재료(모재와 용가재)의 종류들 가운데 사용자로부터 복수의 유사 용접 작업 재료들을 선택받아 입력받은 경우, 모니터링부(190)는 모니터링부(190)는 선택된 용접 작업 재료(모재와 용가재)들의 지표(촬영된 영상의 분석결과, 용접 전류, 용접 전압 및 광량)들의 설정값과 설정 시간들을 각각 평균하거나 또는 입력된 가중치에 따라 가중평균하여, 해당 값들을 용접 결함의 발생여부를 판단하기 위한 지표(촬영된 영상의 분석결과, 용접 전류, 용접 전압 및 광량)들의 설정값과 설정 시간들로 자동으로 설정할 수도 있다.
- [0109] 용접 결함이 식별되는 경우, 모니터링부(190)는 해당 용접 결함의 종류와 해당 용접 결함이 발생한 시각을 시계

열 순으로 배열하여 디스플레이부에 디스플레이한다.

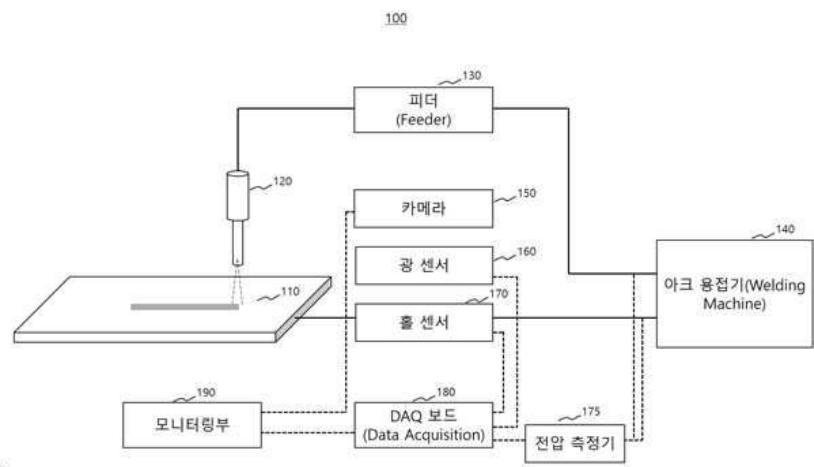
- [0111] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0112] 도 16을 참조하면, 홀 센서(hall sensor)(170)가 아크 용접기(140)를 통해 모재에 흐르는 용접 전류를 측정하고(단계 S1610), 전압 측정기(175)가 아크 용접기(140)와 모재 사이에 형성된 회로를 통해 용접 전압을 측정하며(단계 S1620), 카메라(150)가 아크 용접기(140)에 의해 용접되는 용접 영역을 촬영하며(단계 S1630), 광 센서(160)가 용접 영역에서 발생하는 광량을 측정한다(단계 S1640).
- [0113] 모니터링부(190)가 홀 센서(170)를 통해 측정된 용접 전류, 전압 측정기(175)를 통해 측정된 용접 전압, 광 센서(160)를 통해 측정된 광량 및 카메라(150)를 통해 촬영된 영상을 분석하여 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링한다(단계 S1650).
- [0114] 일 실시예에서, 모니터링부(190)는 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 평균 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.
- [0115] 다른 실시예에서, 모니터링부(190)는 측정된 용접 전류, 용접 전압 및 광량을 이동 표준편차 분석법에 따라 각 신호의 파형을 분석하고, 촬영된 영상의 아크 길이를 분석하여 용접 영역에서 용접 결함이 발생하였는지 여부 및 발생한 용접 결함의 패턴을 모니터링할 수 있다.
- [0116] 용접 결함이 식별되는 경우, 모니터링부(190)는 해당 용접 결함의 종류와 해당 용접 결함이 발생한 시각을 시계열 순으로 배열하여 디스플레이부에 디스플레이한다.
- [0118] 도 1 내지 도 16을 통해 설명된 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수도 있다.
- [0119] 이상 본 발명의 실시예로 설명하였으나 본 발명의 기술적 사상이 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범주에서 다양한 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치 및 실시간 용접 모니터링 방법으로 구현할 수 있다.

### 부호의 설명

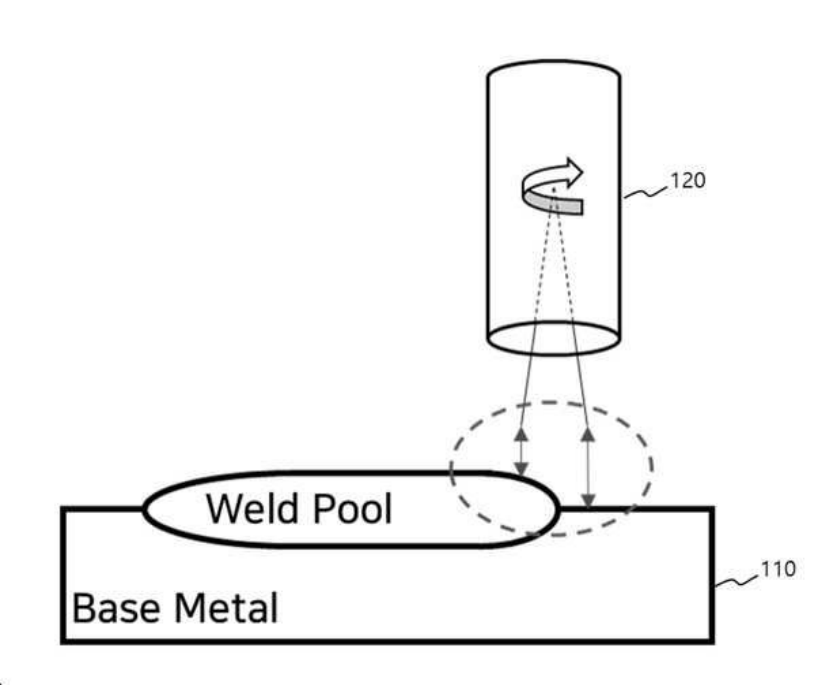
- [0120] 100 : 카메라를 이용한 실시간 용접 모니터링 장치
- 110 : 모재
- 120 : 용접기(Tip-Rotating Arc Welding)의 토치(Torch)
- 130 : 피더(feeder)
- 140 : 아크 용접기(arc welding machine)
- 150 : 카메라
- 160 : 광 센서
- 170 : 홀 센서(hall sensor)
- 175 : 전압 측정기
- 180 : DAQ 보드(Data acquisition board)
- 190 : 모니터링부

도면

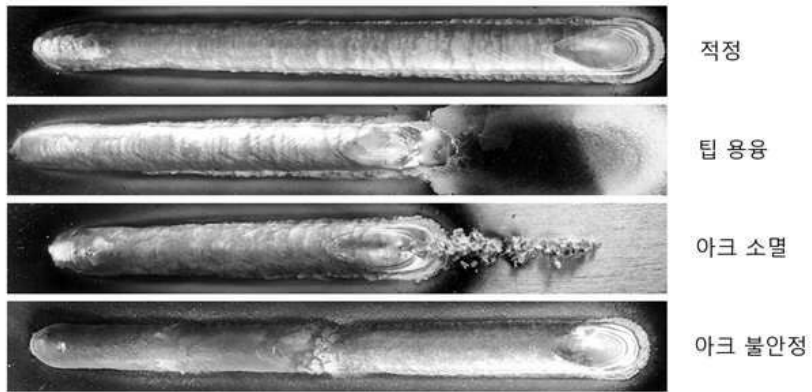
도면1



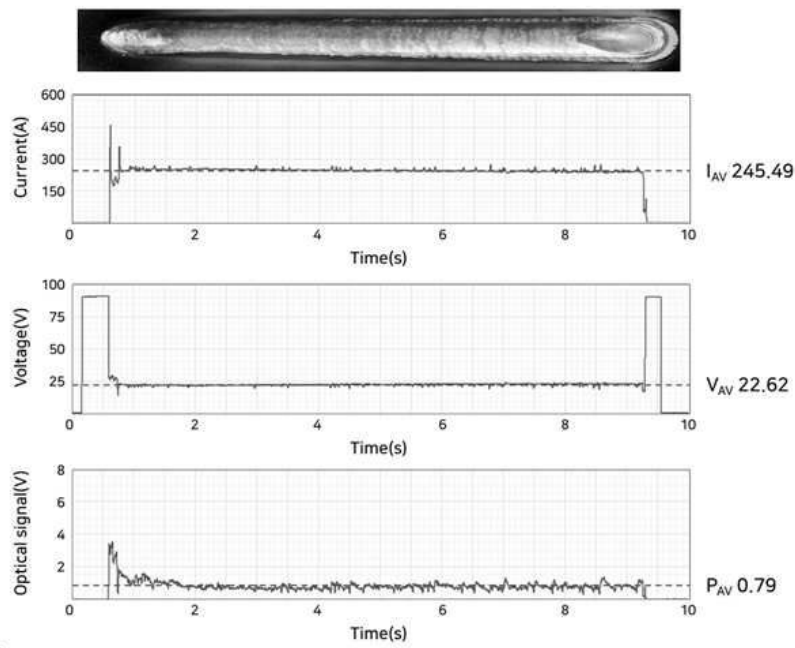
도면2



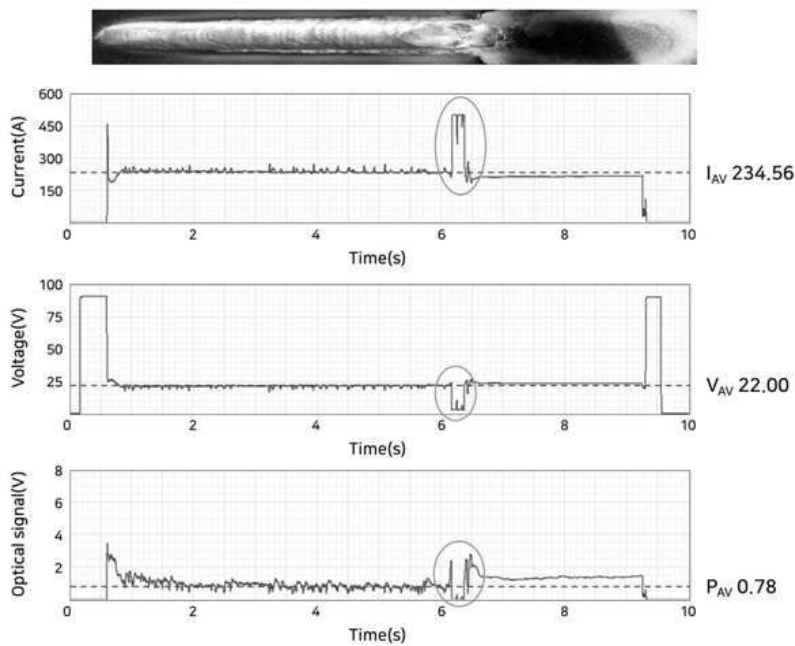
도면3



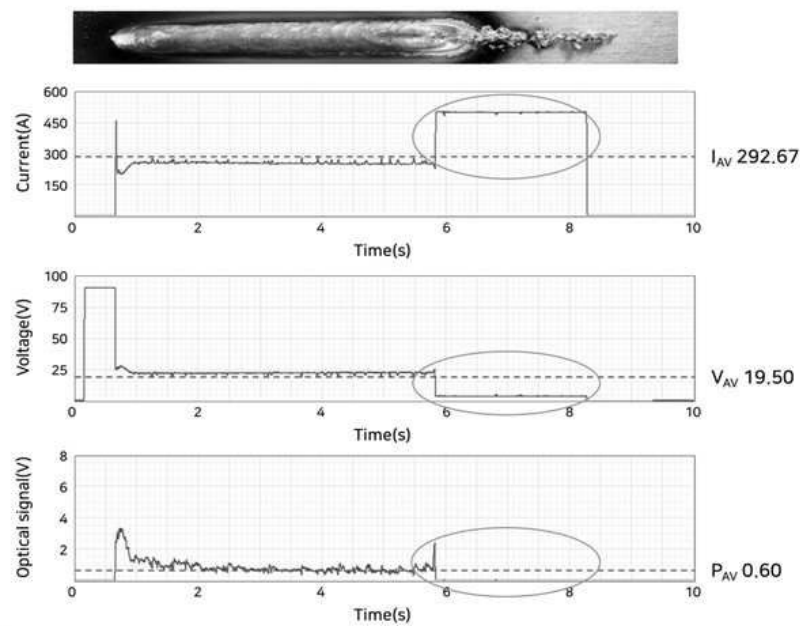
도면4



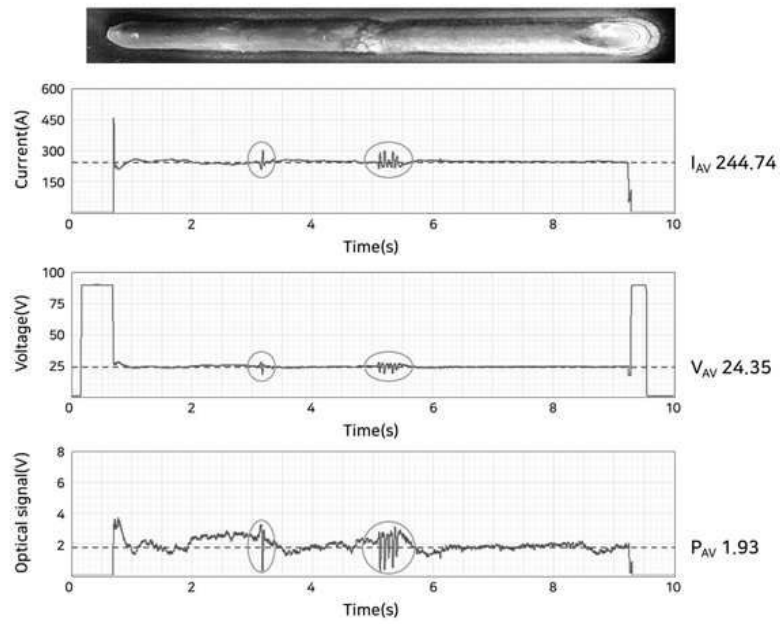
도면5



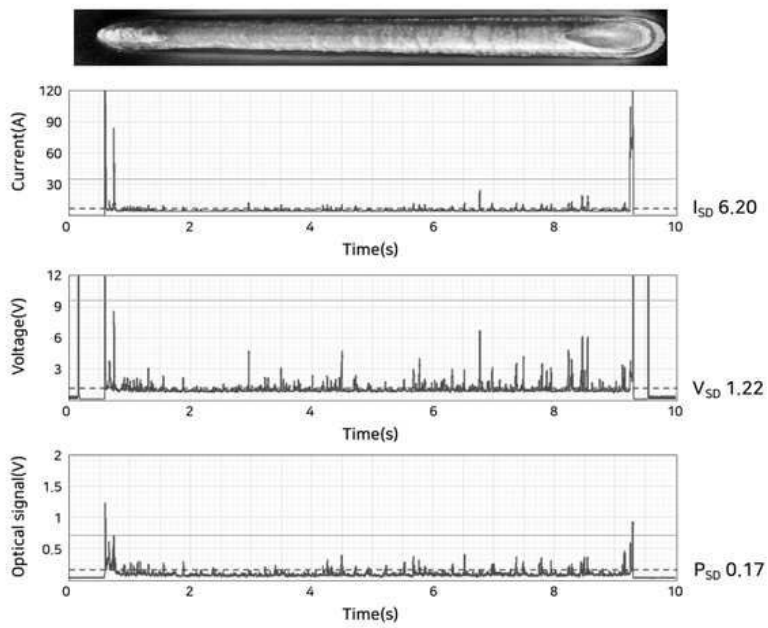
도면6



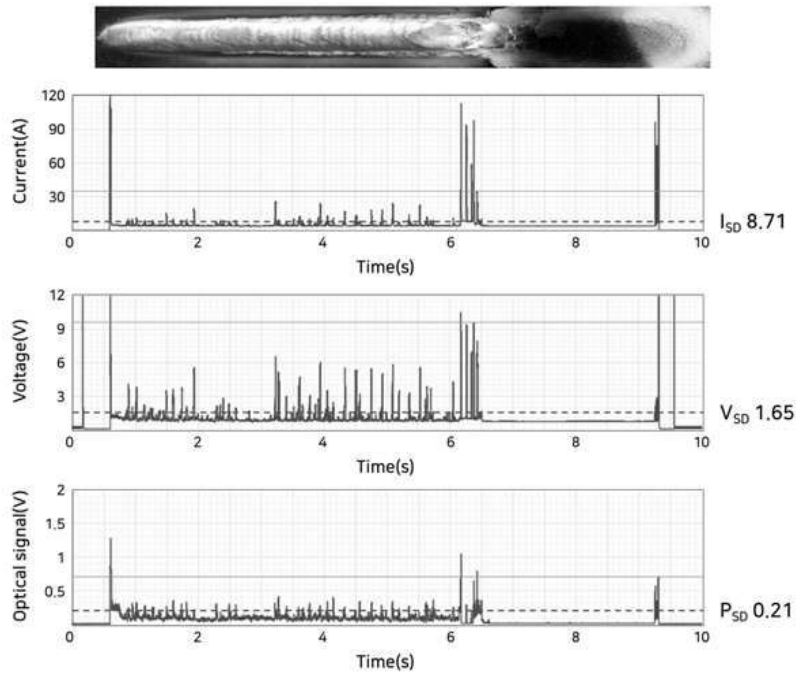
도면7



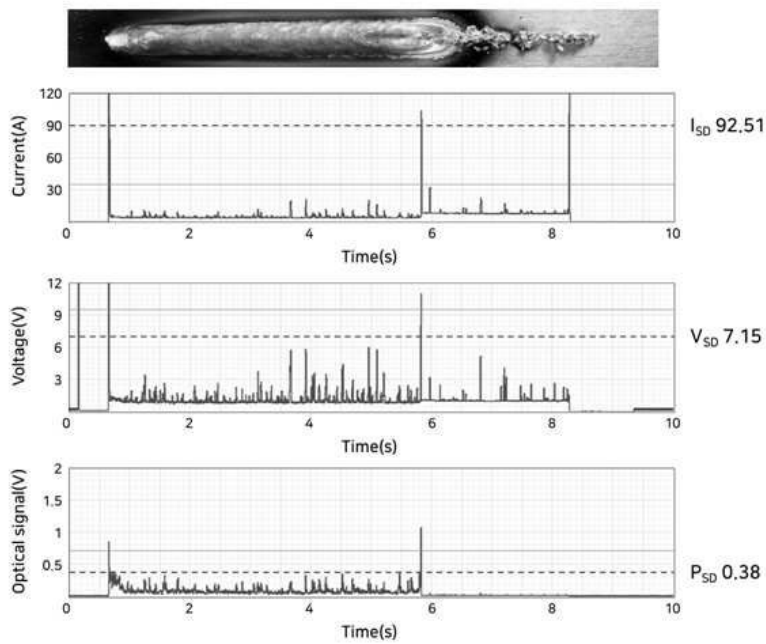
도면8



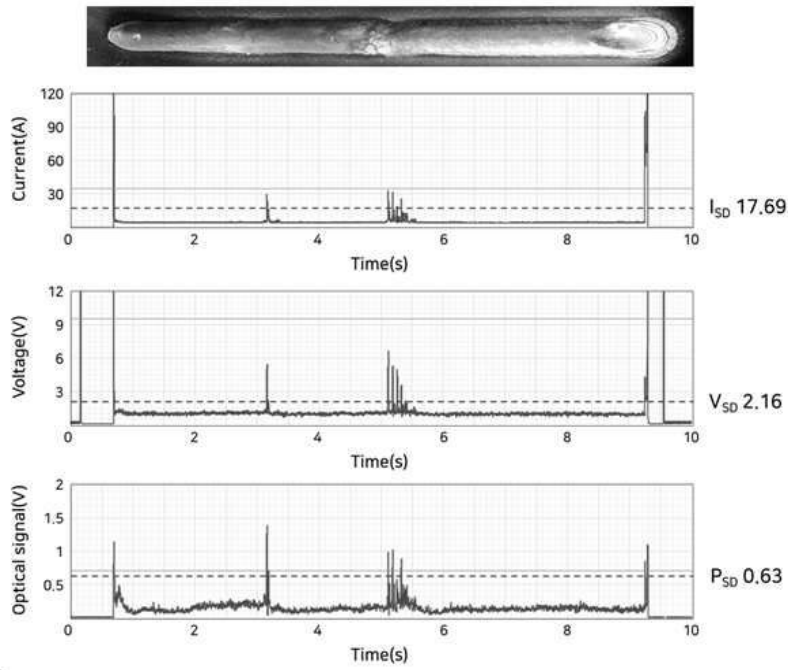
도면9



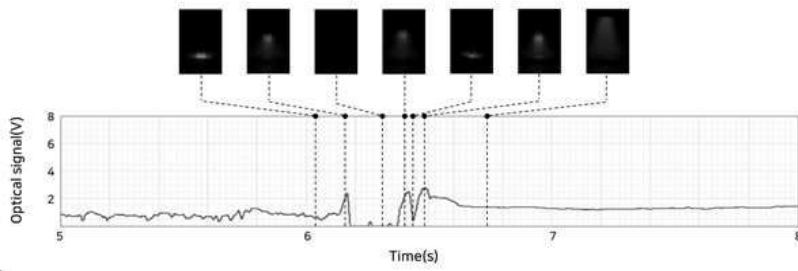
도면10



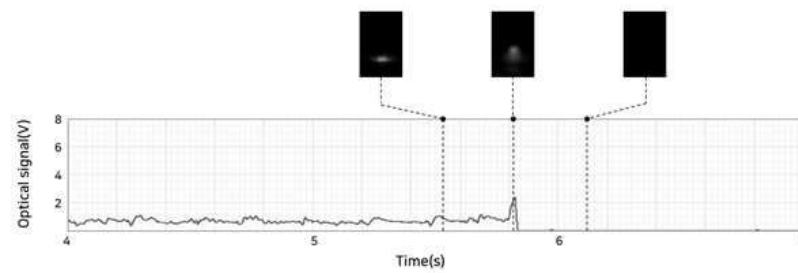
도면11



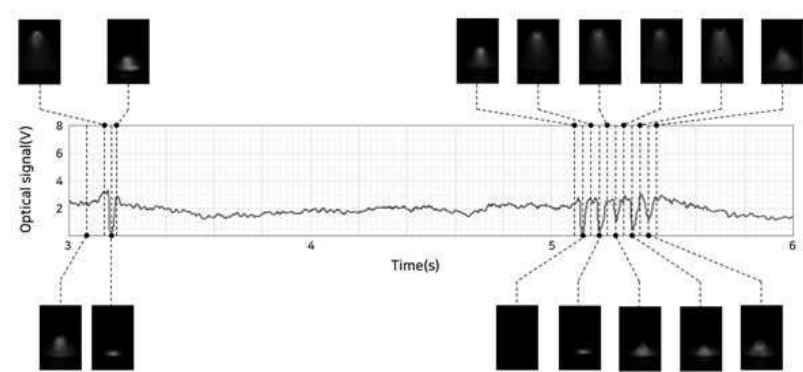
도면12



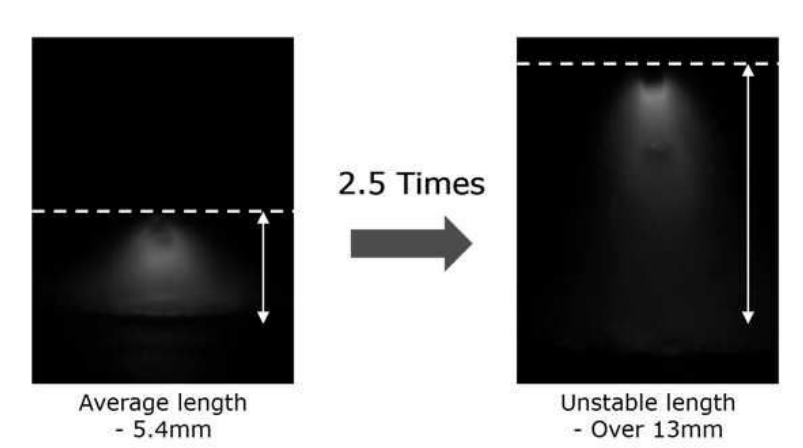
도면13



도면14



도면15



도면16

