

은닉 마르코프 모델의 라이클리후드 변화에 기초한 레이저 용접 품질 평가 기술 Quality evaluation system of laser weld based on likelihood change of Hidden Markov Model

황규환¹, *이종민², 유홍희¹, #황요하²

K. H. Hwang¹, *J. M. Lee², H. H. Yoo¹, Y. Hwang(yoha@kist.re.kr)²

¹한양대학교 기계공학과, ²한국과학기술연구원 바이오닉스연구단

Key words : Hidden Markov Model, Laser Weld Defect, Fault Detection

1. 서론

본 논문은 레이저 용접부의 품질 관리를 위한 용접 결함 감지 기술을 소개한다. 레이저 용접 공정에서는 제품이 용접이 되지 않는 미용접 결함과 용접선이 어긋나 발생하는 디센터(de-center) 결함, 그리고 다양한 요인으로 인한 용접 불량과 같은 결함이 발생한다. 따라서 현장에서 전수검사 시스템을 도입 할 목적으로 3-D 비전을 이용한 용접부 검사 기법¹과 변위 레이저 센서를 이용해 측정된 용접부 종단면의 형상에 기초한 검사 기법²을 시험 적용 중에 있으나 검사 결과와 불량품 사이의 상관관계가 낮아 효과적인 검사에 어려움이 있다.

본 연구에서는 이러한 어려움을 해결하기 위해 은닉 마르코프 모델(Hidden Markov Model)의 라이클리후드 변화를 이용한 결함 검출 방법을 제안하였다. 진단에 필요한 표면 거칠기 신호는 변위 레이저 센서를 용접선 방향으로 측정하여 취득하였다. 기존의 방법들과는 다르게 제안된 방법은 각 모델에 대한 라이클리후드를 계산해 진단하기 때문에 이상 데이터가 없어도 정상상태의 데이터만을 이용하여 학습한 정상모델의 라이클리후드 변화로 결함 발생의 감지가 가능하다.³ 또한 미용접과 같은 특정 결함의 경우 결함 신호로부터 학습된 결함 모델에 측정된 신호를 적용하여 계산한 라이클리후드 값의 변화를 이용하여 발생한 결함의 종류도 감지가 가능하다.

따라서 제안된 방법을 차량 동력 전달 장치 부품의 레이저 용접부에 적용한 결과 정확

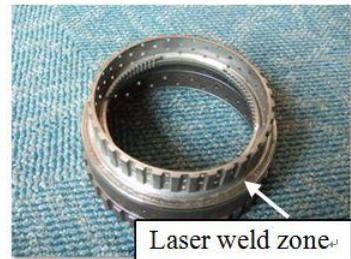


Fig. 1 Photo of laser weld zone

한 진단성능을 확인할 수 있었다.

2. 동력 전달 장치의 레이저 용접부

진단 대상인 레이저 용접부는 두 개의 기어 형상의 부품을 프레스로 압입하여 결합한 후 Fig. 1(a)에 표시한 원형의 접촉부위를 레이저 용접하여 제작된다. 이 과정에서 미용접 결함, 디센터 결함, 그리고 용접 불량 등의 결함이 발생한다.

진단에 필요한 용접 비드의 표면 거칠기 신호는 변위 레이저 센서를 이용하여 용접선 방향으로 측정하였다. 그리고 디센터 감지를 위해 내측과 외측 0.4mm 지점에 추가적인 두 개의 변위레이저 센서를 배치해 측정하였다.

3. 레이저 용접부의 결함 진단

레이저 용접부는 초당 10000 번 측정 하였고 시계열 데이터의 주기성을 모형화하는 AR(Auto-Regressive) 모델의 계수를 특징벡터로 사용하였으며 용접부의 패턴 인식을 위한 모델링

은 HMM 을 이용하였다.

Fig. 2 의 (a), (b) 그래프 에서 각각 상단의 그래프는 변위 레이저 센서로부터 측정된 용접부의 표면 거칠기 신호이다. 그리고 하단 그래프는 학습된 모델과 적용된 신호 사이의 라이클리후드 값을 나타낸다.

Fig. 2(a)의 하단 그래프는 2 초 구간의 정상 용접 신호로부터 학습된 정상용접 HMM 에 정상용접과 불량용접 구간이 존재하는 신호를 적용한 진단 결과이다. 불량용접 구간에서의 진단 결과값은 문턱값보다 훨씬 낮은 값들이 나왔음을 확인하였다. 이로부터 불량용접 구간에서는 불합격 판정을 할 수 있었다. 그리고 Fig. 2(b)의 하단 그래프는 미리 학습된 미용접 HMM 에 미용접 신호를 적용한 진단 결과이며 진단 결과값이 문턱값을 상회하는 것으로부터 적용된 신호가 미용접 신호임을 확인할 수 있다.

Fig. 3 의 그래프는 순서대로 중앙 센서, 내측 센서, 외측 센서의 진단 결과이다. 이 경우 마찬가지로 각각의 센서에서 미리학습된 정상 용접 HMM 에 디센터 신호를 적용하였다. 중앙 센서에서는 정상으로 판정되었지만 내측과 외

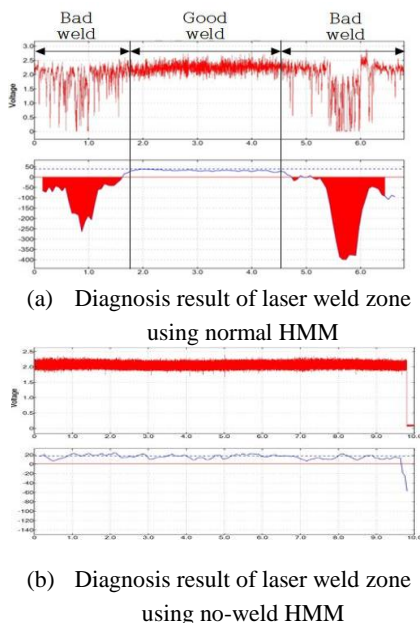


Fig 2. Diagnosis result of laser weld zone using HMM

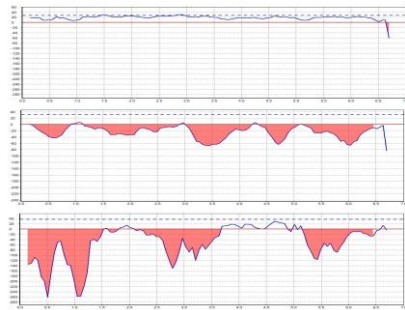


Fig 3. Diagnosis result of de-center data using 3 sensors

측 센서에서는 진단 결과값이 문턱값보다 낮은 값들임을 확인하였다. 따라서 중앙 센서만을 이용하면 디센터를 감지할 수 없지만 추가적인 내측과 외측에 위치한 센서를 이용하면 디센터 를 감지할 수 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 레이저 용접의 품질 관리를 위해 HMM 을 이용한 결함 검출 방법을 제안 하였다. 정상용접 HMM 을 이용하여 용접 불량을 정확하게 검출하였으며 미용접 HMM 을 이용하여 용접부의 용접 유무 여부를 확인하였다. 또한 추가적인 두 개의 센서를 이용해 디센터 결함까지 감지할 수 있었다. 따라서 이상의 결과로부터 HMM 을 이용한 용접 품질 평가 기술은 매우 효과적인 용접 결함 진단 기법이 될 수 있음을 확인하였다

참고문헌

1. Lee, J. I., etc., "Application of Image Processing on the Laser Welded Defect Estimation," Transaction of the KSMTE, 16, 22~28, 2007.
2. Lee, J. I., Rhee, S. H., "A Study of Weld Bead Defects using Laser Vision Sensor," Transaction of the KWJS, 17, 53~60, 1999.
3. Lee, J. M., etc., "Diagnosis of Mechanical Fault Signals Using Continuous Hidden Markov Model," JSV, 276, 1065~1080, 2004.