

시각센서를 이용한 벨로우즈 레이저 용접 시스템

A study on the laser welding system for bellows by using a vision sensor

이승기, 나석주

한국과학기술원 기계공학과, 대전광역시

1. 서론

벨로우즈는 밸브, 압력 및 온도 센서, 항공기 압력 차단용, 자동차 부품용 등 다양한 용도로 사용되고 있다^{1,3)}. 본 연구의 목표는 스테인리스 스틸 재질인 벨로우즈의 내부와 외부 모서리를 시각센서를 이용하여 용접선 추적을 하면서 CW 형 Nd:YAG 레이저로 용접하는 시스템의 개발이다. 일반적인 용접부 형상은 보통 펠릿, 비(vee), 맞대기, 겹치기 용접부로서 이들을 추적하기 위한 알고리즘은 많이 연구되어 왔고^{4,6)}, 모서리 용접에서의 용접선 추적 알고리즘에 대한 연구가 요구되고 있다. 따라서 이를 위한 영상처리, 특징점(feature point) 추출 알고리즘 등을 제시하고 이를 바탕으로 용접선 추적실험을 수행하였다.

2. 시스템 및 시각센서

일반적인 금속 벨로우즈는 Fig.1 과 같이 두께가 0.025 - 0.254mm 의 워셔 형태(washer-shaped)의 얇은 디스크(스테인리스 스틸)로 얇은 콘(cone) 모양을 하고 있다. 이를 용접하기 위해서는 이런 디스크 두 장의 내부 모서리를 용접하여 한 쌍을 만든 후 용접된 쌍끼리 외부 모서리를 용접하여 일정한 길이를 가지는 벨로우즈를 제작하는 방법이 사용된다.

벨로우즈 용접을 위한 시스템은 Fig.2 와 같이 크게 내부와 외부용으로 구분되고 두가지 모두 2축 구동부, CW 형 Nd:YAG 레이저, PC(영상처리보드, 모터구동보드), 시각센서로 구성된다. 내부 용접을 위한 시스템은 내부 용접의 특성상 용접부에 레이저가 45 도의 각도로 조사되게 설계하였다.

시각센서는 CCD 카메라, 마이크로 렌즈, 레이저 다이오드, 대역통과필터, 미러(mirror)로 구성되고 Nd:YAG 레이저의 집광장치와 일체형으로 구성된다.

3. 영상처리 및 용접선 추적 실험

벨로우즈의 내부, 외부 모서리의 영상은 Fig.3 과 같다. 내부 모서리의 영상처리는 Fig.3(a)의 특징점 A 를 찾은 후 일정한 크기를 가진 B 영역내에서 칼럼 윈도우 W_i 를 이동시키면서 W_i 내에서의 각 픽셀의 농도값을 아래쪽에서부터 읽어 레이저 띠가 배경과 구분되기 시작하는 L_i 를 찾는다. B 영역내에서 모든 L_i 를 비교하여 그 중에서 영상좌표 (u,v)의 v 값이 가장 큰 점인 C 점을 모서리의 윗부분으로 인식하게 하였다. 외부 모서리의 영상처리는 Fig.3(b)의 지그의 끝부분인 특징점 A 를 찾은 후 일정한 간격을 두고 B 영역을 설정한다. B 영역내에서 내부와 마찬가지로 칼럼 윈도우 W_i 를 이동시키면서 W_i 내에서의 픽셀의 농도값을 비교하여 모서리가 시작되는 위치인 특징점 C 와 모서리가 끝나는 위치인 특징점 D 를 찾은 후

두 점 C, D 의 중앙을 모서리의 중심인 E 로 인식하였다. 특징점 E 를 찾은 후에는 다음 모서리 용접을 위해 구동부를 이동시킨 후 다시 B 영역을 설정하고 위의 과정을 되풀이 한다.

벨로우즈의 내부, 외부 모서리의 용접선은 모터축과 지그와의 편심 등의 이유로, 회전하면서 내부의 X, Y 축, 외부의 X, Z 축의 좌표가 변하게 된다. Fig.4 는 위의 영상처리를 통한 좌표들을 바탕으로 용접선 추적을 한 결과이다. 발생하는 최대 오차가 약 50 μ m 정도로 허용할만한 수치이다.

Fig.5 는 용접선 추적을 하면서 용접실험을 하였을 때 나타나는 용접부의 단면을 나타낸 것이다. 용접 조건은 레이저 파워 130W, 용접속도 22mm/s 에서 수행하였다.

4. 결론

벨로우즈의 내부와 외부 모서리 용접에 시각센서를 적용하여 축과 지그 사이에서 발생하는 편심에 의한 용접선의 변화를 추적할 수 있었고, 내부와 외부 모서리에 따른 영상의 특징을 파악하여 용접선을 찾아내는 영상처리 알고리즘을 개발하였다. 또한 0.1T 의 스테인리스 스틸 재질의 모서리 용접에 적당한 용접변수를 선정하여 원하고자 하는 비드의 형상을 용접을 통해 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. R.R.Larsen, "Optical Microtracking of Edge Welds on Welded Metal Bellows", Welding Journal, Vol.63, No.5, May, 1984, pp19-23
2. R.K.Holbert, et al, "Fabricating and Testing Stainless Steel Bellows", Welding Journal, Vol.68, No.5, May, 1989, pp49-55
3. R.K.Holbert, et al, "Laser Beam Welding of Stainless Steel Sheet", Welding Journal, Vol.66, No.8, Aug., 1987, pp21-25
4. J.E.Agapakis, et al, "Joint Tracking and Adaptive Robotic Welding Using Vision Sensing of the Weld Joint Geometry", Welding Journal, Vol.65, No.11, 1986, pp33-41
5. P.K.Khosla, et al, "An Algorithm for Seam Tracking Applications", The Int. J. of Robotics Research, Vol.4, No.1, 1985, pp27-41
6. J.E.Agapakis, "Approaches for Recognition and Interpretation of Workpiece Surface Features Using Structured Lighting", The Int. J. of Robotics Research, Vol.9, No.5, 1990, pp3-16

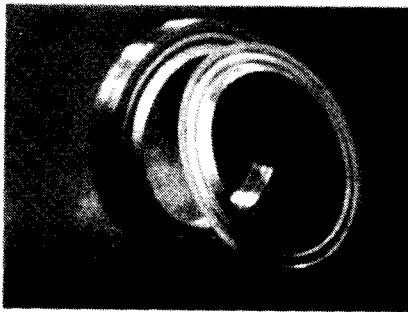
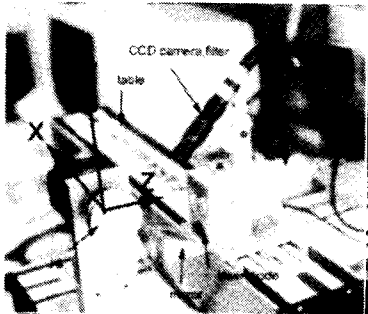


Fig.1 Photograph of bellows



(a) Systems for inner edge welding

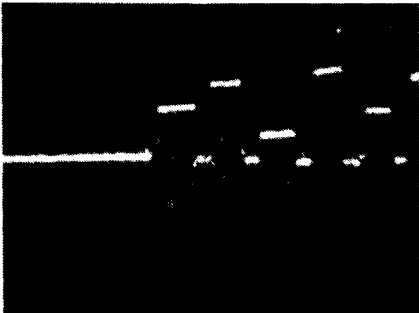


(b) Systems for outer edge welding

Fig.2 Systems for bellows welding

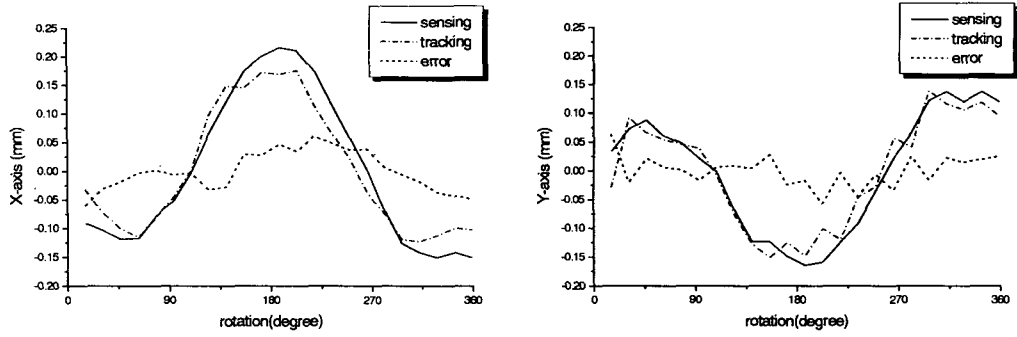


(a) Image of inner edge

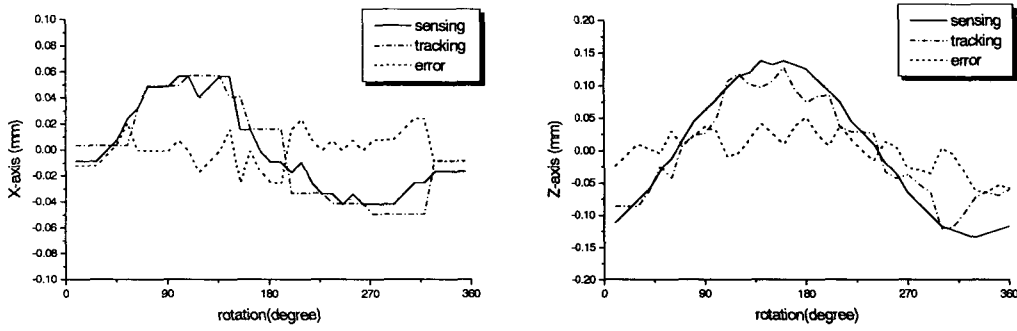


(b) Image of outer edge

Fig.3 Images of bellows edges



(a) seam tracking of inner edge



(b) seam tracking of outer edge

Fig.4 Seam tracking



Fig.5 Cross-section of weld