LNG 탱크 용접을 위한 자동 용접시스템의 개발

Development of an Automatic Welding System for the LNG Tank

유 제용* 나 석주* 강 계형** 한 용섭**

* 한국과학기술원 기계공학과, 대전

** 대우중공업(주) 기술연구소, 경남 거제

1. 서론

아크용접 공정에서 고도의 자동화를 위해서는 용접을 해야할 부분을 추적하고 용접변수를 자동으로 조절할 수 있도록 용접선 위치와 용접부 형상을 측정할 수 있는 센서의 개발이 필요하다. 광삼각법의 원리를 이용하는 시각센서는 용접공정과 무관하게 측정이 이루어지고 용접선의 위치정보 뿐만아니라 용접부의 형상정보도 얻어낼 수가 있어서 자동용접을 위한 센서로 적합하여 많은 연구가 이루어지고 있다[1,2,3,4,5,6].

LNG는 천연 무공해 연료로서 최근들어 그 수요가 급증하고 있으며, 이에 따라 LNG의 저장과 운반을 위한 LNG 탱크의 제작도 아울러 급증하고 있고 아울러 자동 용접장치의 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.[7,8] 하지만 접촉식 센서를 이용하고 있기 때문에 정밀도가 떨어지고 용접부 표면의 상태에 따라 큰 영향을 받는다. 본 연구는 이러한 LNG 탱크용 Corrugated Membrance의 GTA용접을 위한 자동 용접장치와 이에 적용할 시각센서의 설계와 개발을 목표로 하였다. 또한 경면반사 성질을 가진 Corrugated Membrance 표면에 조사된 레이저띠를 인식할수 있는 알고리즘을 제시하였다.

2. 자동용접시스템 구성과 용접선 추적

전체 용접시스템에 대한 구성은 Fig. 1에 나타내었다. 개발된 LNG 탱크용 자동 용접시스템은 크게 기구부, 센서부 그리고 제어부로 나눌수 있다. 기구부는 직선 운동을 하는 2개의 직교좌표축과 1개의 회전축을 가지고 있다. 센서부는 690nm의 파장을 같는 다이오드 레이저와 원통형 렌즈를 이용하여 평면형태로 구조화된 빛(Structured Light)을 조사해 주는 부분과 대역필터, 카메라 렌즈 그리고 2차원 CCD 카메라로 구성되고 제어부는 영상처리와 기구부의 운동을 제어하는 역할로 DSP영상보드와 486PC로 구성되어있다. 전체 시스템의 블럭선도는 Fig. 2에 나타나있다.

기존의 시각센서는 용접선 방향으로 토치 앞에 위치하는 구조가 대부분이고 구조화된 빛이 용접선에 수직으로 조사된다. 이러한 시각센서를 LNG 탱크의 자동 용접에 사용할 경우에는 토치 회전시 시각센서가 Corrugated Membrance에 간섭을 받고 또한 한개의 화상에서 경사도에 대한 정보를 얻을 수 없다. 따라서 LNG 탱크의 자동 용접을 위해 Fig.1에 나타난 바와같이 시각센서를 용접 토치에 옆면에 직접 부착 시켜 토치 회전시 시각센서도 동일한 각으로 회전 하도록 하여서 용접부의 경사도를 측정할 수 있고 Corrugated Membrance과의 간섭을 최대한 배제하였다. 이때 토치 회전 기구는 회전시 토치 끝이 회전의 중심이 되도록 제작하여서 토치가 회전하여도 토치끝에서 용접부까지의 거리가 변하지 않도록 하였다. 또한 레이저 광원과 CCD 카메라의 분리각을 40°로 설계하여 측정영역 내에서의 평균 분해능을 70μm로 향상 시켜 LNG 탱크의 Corrugated Membrance의 경사도를 손쉽게 측정할수 있도록 하였다.

현재의 시스템은 Corrugated Membrance의 겹치기 이음부분이 매우 정밀하게 정형되어 제공되는 용접재이기에 그 직진성이 보장되므로 높이방향과 용접방향으로 용접 토치를 이송이 가능하게 설계하였고 용접 토치가 용접부에 대해서 일정한 각도를 유지시킬 수 있게 토치의 회전이 가능하도록 회전축을 설계하였다.

제작된 시각센서는 용접부의 경사도와 모재와 토치사이의 거리를 측정하여 용접부와 토치

사이의 각도와 거리를 일정하게 유지시키면서 Corrugated Membrance의 높이 변화를 추적하도록 하였다.

3. Corrugated Membrance의 연속성과 Moving Line Window 알고리즘

경면반사 성질을 갖는 용접모재는 레이저띠가 모재에 조사될때 조사된 부분 뿐만아니라 모재에서 반사된 레이저띠가 다시 모재에 조사될때도 그 빛의 세기가 줄어들지 않아 시각센서에 획득한 영상에서 원래 조사된 레이저띠를 인식하는 것이 용이하지 않아 영상처리 과정에서 그릇된 정보를 유발할수 있다.

본 연구에서 제안한 Moving Line Window 알고리즘은 모재인 Corrugated Membrance가 유연하고 연속적인 모양을 유지하고 있다는것과 2차반사의 영향이 가장 심한 Corrugation이 시작되는 부분에서 레이저띠가 원래의 레이저띠와 분리되어 있다는 점을 고려한 알고리즘으로 이에 대한 흐름차트(flow chart)를 Fig. 3에 나타내었다. 또한 2차반사의 영향에 대한 영상의 실예와 본 연구에서 제안한 알고리즘을 이용하여 이를 처리한 영상을 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다.

4. 결론

LNG 탱크의 자동용접을 위해 광삼각법의 원리를 이용하여서 용접공정에서 용접부의 각도와 용접부와 토치의 거리를 측정할 수 있는 시각센서와 토치의 회전시 토치의 끝단이 변하지않는 기구부를 개발하여 실제 LNG 탱크의 Corrugated Membrance를 추적하였다. 또한 경면반사 성질을 띄는 Corrugated Membrance에 조사된 레이저띠의 인식을 실제적인 영상처리 알고리즘인 Moving Line Window방법을 제안하여 효과적으로 실현하였다.

참고문헌

1. W. F. Clocksin, J .S .E. Bromley, P. G. Davey, A. R. Vidler and C.G. Morgan. An implementation of model-based visual feedback for robot arc welding of thin sheet steel. The International Journal of Robotics Research, Vol. 4, No. 1, 1985, pp. 13-26.
2. R. W. Richardson. Robotics weld joint tracking systems - Theory and implementation methods. Welding Journal, Vol. 65, No. 11, 1986, pp. 43-51.
3. J. E. Agapakis. Approaches for recognition and interpretation of workpiece surface features using structured lighting. The International Journal of Robotics Research, Vol. 4, No. 1, 1985, pp. 13-26.
4. R. J. Beattie, S. K. Cheng and P. S. Logue. The use of vision sensors in multipass welding applications. Welding Journal, Vol. 67, No. 11, 1988, pp. 28-33.
5. J. S. Sin. A study on seam tracking and arc data monitoring system in lap joint. M.S. Thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 1991.
6. J. P. Huissoon, D. L. Strauss and W. P. Stefanuk. Dynamic seam tracking for weld process control. Proceedings of the International Conference on Computerization of Welding Information IV, November 3-6, Orlando, Florida, USA, 1992, pp. 226-239.
7. M. Aricault and J. P. Lallemand. Joint tracking with a self-teaching system. Welding Journal, Vol. 69, No.12, 1990, pp. 41-45.
8. H. Nomura, T. Fujioka, M. Wakamatsu and K. Saito. Automatic welding of the corrugated membrane of the LNG tank. Metal Construction, Vol. 14, No. 7, 1982, pp. 391-395.

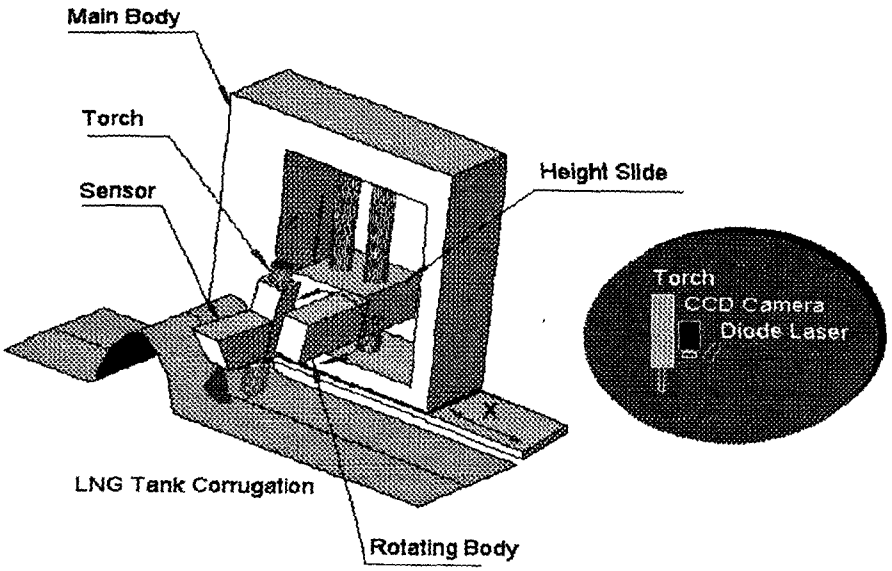

Fig.1 Overall schematic diagram of the automatic welding system

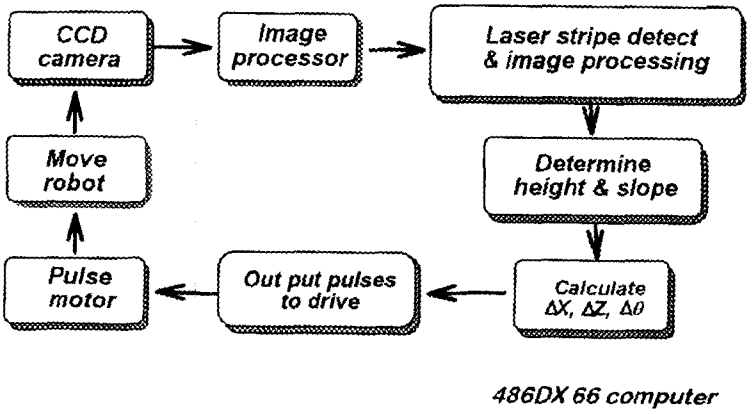

Fig.2 Block diagram of the visual and the tracking system

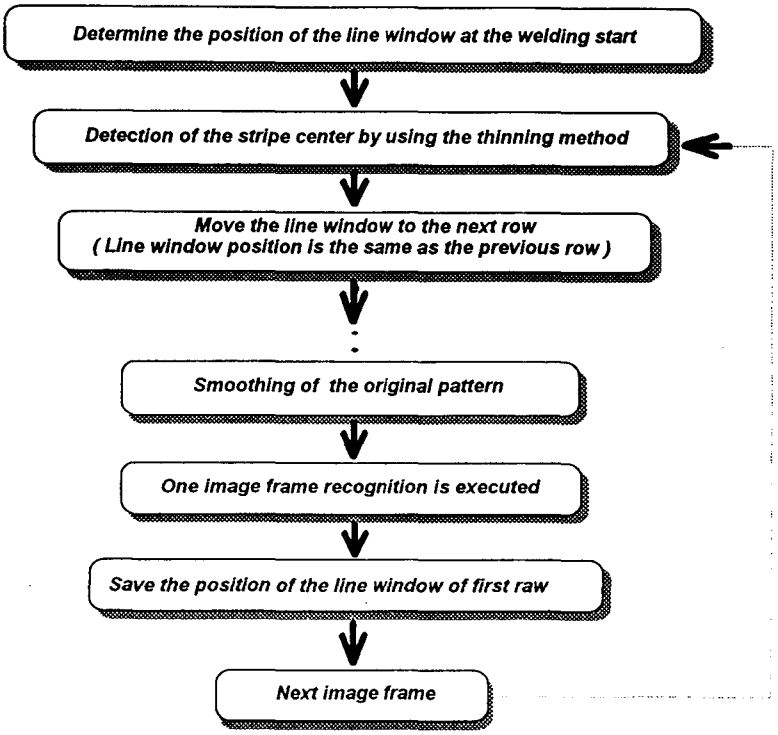

Fig.3 Flow chart of the moving line window method

Fig. 4 An example of the multi-reflection on the LNG panel

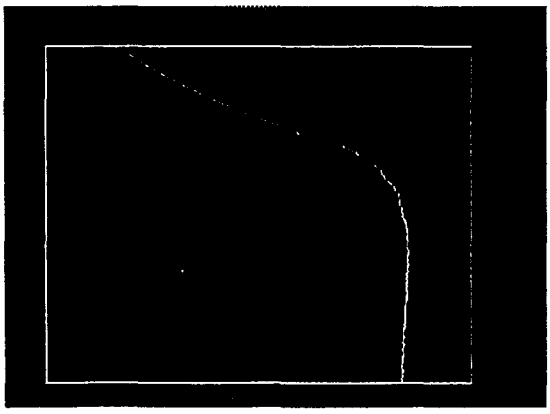

Fig.5 Recognition result of the original pattern of Fig.4