

화력발전소 냉수벽 용접부 검사 플랫폼

임 선*, 남문호**

전자부품연구원*, 삼영검사엔지니어링**

Weld inspection platform of thermal power plant water wall

Sun Lim*, Mun Ho Nam**

Korea Electronic Technology Institute*, Sam Yong Inspection Engineering co. Ltd**

Abstract - 화력발전소 보일러 배관은 복잡한 형상과 다양한 형태로 용접되어 발전소 외관을 감싸고 있다. 발전소 운전에 필수적인 부분을 차지하기 때문에 주기적으로 발전소 점검기간에 모든 용접부위를 검사하여 품질 이상 부분에 대해서는 교체 작업 및 보수 작업을 수행해야한다. 지금까지는 작업자를 통한 검사이다보니 부정확성과 반복 결과가 유지되지 않았다. 본 논문에서는 디지털 방사선 투과 검사모듈을 장착한 자동화 검사 플랫폼을 제안한다.

1. 서 론

화력발전소 보일러 배관은 복잡한 형상과 다양한 형태로 용접되어 발전소 외관을 감싸고 있다. 발전소 운전에 필수적인 부분을 차지하기 때문에 주기적으로 발전소 점검기간에 모든 용접부위를 검사하여 품질 이상 부분에 대해서는 교체 작업 및 보수 작업을 수행해야한다. 지금까지 대부분의 용접 부위 검사는 작업자에의하여 매뉴얼적인 형태로 이루어졌으며, 협소한 공간과 고위험지역, 높은 공간에서 작업이 이루어져 검사 작업을 위한 준비 작업이 많이 요구되어 하루에 검사할 수 있는 용접부위가 제한된다[1]. 또한 점차적으로 산업계해 감소의 요구가 높아짐에 따라 반자동화 또는 자동화 검사장비의 필요성이 증대됨에 따라 로봇 자동화 기술을 도입하여 검사장비와 통합하여 보일러 배관 용접부 자동화 장비를 개발하고 있다[1][2][3]. 본 논문에서는 이 장비의 핵심 부분인 검사 장치 이동 플랫폼 메커니즘 및 동기화 제어에 대해서 다룬다. 검사 방법 및 기법은 본 연구에서도 중요시 다루어지지만 본 논문에서는 간단히 소개하고 넘어간다. 검사 장비의 경우 기존에 UT 방법이 대부분을 차지하고 있으며, 방사선투과 방법 적용에 관한 연구도 조금씩 이루어지고 있다[4]. 본 연구에서는 디지털 방사선 투과방식을 통한 용접부의 비파괴 검사를 수행하며, 이를 위해 방사선 발생장치와 수신장치간의 동기화 되어 이동되어야 보다 정확한 고품질의 결과를 얻을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 검사장치(약 15kg)를 장착하여 수직 이동이 가능한 경량화된 이동플랫폼의 메커니즘을 제시하며 발생장치를 장착한 이동플랫폼과 수신장치를 장착한 이동플랫폼의 동기제어에 대해서 다룬다. 아래 그림은 보일러 용접부 검사를 위한 개념도를 나타낸다. 냉수벽이 설치된 높이는 48m까지 해당되므로 작업자의 피로도와 작업율을 고려할 때 10~15kg정도의 무게를 갖는 메커니즘을 개발하였으며, 이동성을 고려한 의 형태로 개발되었다.

2. 본 론

2.1 이동플랫폼 메커니즘

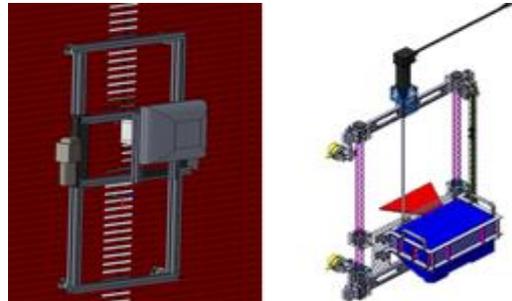
방사선 투과 검사방법은 검사 장비를 고정하고 보통 피사체를 이동시키는 방식을 통해 검사를 수행한다. 이와 같이 검사를 하기 위해서는 부품 또는 부분품 단위로만 검사가 가능하며, 또한 검사 대상체를 시스템으로부터 절삭 및 채취해야 한다. 본 연구에서 다루는 화력발전소의 냉수벽 튜브는 수 천개의 튜브들로 이루어져 있어 수천개의 용접 부위가 있게 된다. 또한 용접부위 검사를 위해 그 해당 부분만 절삭하여 검사를 할 수 없기 때문에 검사 장비를 이동시켜야만 한다. 이 경우 수직으로 구성된 냉수벽 튜브 용접부를 수직으로 이동해야 하며, 검사장비의 무게만 15kg에 달하며, 발생장치와 수신장치의 동기화 되어 이동되어야 하는 제약 조건을 모두 만족하도록 메커니즘과 제어기법이 설계 되었다

2.1.1 메인 이동플랫폼

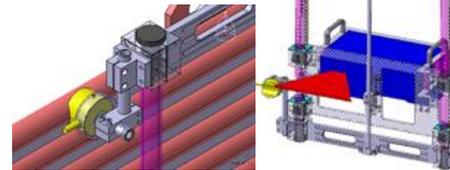
이동플랫폼은 총 2세트로 구성되며 하나는 디지털 방사선 투과 발생장치를 장착하기 위한 것이며 하나는 수신장치를 장착하기 위한 것이다. 따라서 장치 장착부를 제외한 이동과 관련된 메커니즘은 동일하며, 장착된 형태도 냉수벽 튜브를 기준으로 양 옆에 장착되므로 하나에 대해서만 다룬다. 그림1은 전체적인 이동 플랫폼의 설계도이며 크게 튜브에 장착 및 고정되기 위한 마그네틱부와 검사장치의 3자유도 이동을

담당하는 이동 수직/수평/회전부로 구성되어 있다. 수평과 회전 이동은 중력의 영향이 적어 상대적으로 제어하기 쉬우나 수직 이동의 경우 자중에 따른 영향으로 제어가 쉽지 않다

그림과 같이 위/아래, 좌/우에 하중 30kg까지 견딜 수 있도록 전자식 마그네틱 베이스가 설계 및 제작되었으며, 튜브 외관 모양에 적용하도록 설계되어 장치 이동에 따른 작업자의 손쉬운 탈부착 가능하도록 되어 있다. 총 4개의 전자식 마그네틱부를 활용하여 고정하며 다음 장에서 소개될 디지털 방사선 투과장치 이동부를 추가 장착하여 검사 과정을 수행한다.



〈그림 1〉 용접부 검사 이동 플랫폼

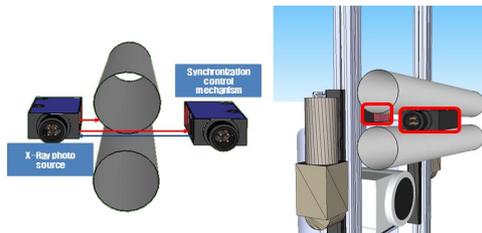


〈그림 2〉 전자식 마그네틱부를 이용한 고정

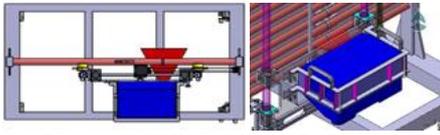
2.2 디지털 방사선 투과장치 이동 플랫폼

고품질의 검사 결과를 얻기 위해서는 디지털 방사선 발생장치와 수신장치간의 동일한 이동이 요구된다. 일반적인 검사환경에서는 검사 대상물이 이동하므로 이런 문제가 발생되지 않지만 본 연구와 같은 검사장비 이동환경에서는 이런 문제가 품질에 지배적이며, 각 이동플랫폼간의 유선을 통한 데이터 교환이 불가능한 경우에 있어서는 분산제어 형태를 갖는 동기제어가 필요하다. 또한 정확한 측정을 위해서는 발생장치와 수신장치간에 정밀한 간격 유지가 필요하기 때문에 이를 고려한 정밀 설계가 되었다.

동기 제어를 위해서 발생장치와 수신장치 각각에 비접촉 센서(포토센서)를 장착하였으며 이는 정밀한 동기제어 보다는 초기 위치 찾기 및 종단점을 알기 위해 사용된다. 그림 3과 같이 각 모듈에 장착된 센서를 통해 시작점과 끝 위치는 알 수 있으며 이 두점 사이에는 동기제어를 통해 간헐적으로 들어오는 센서 데이터를 이용한 위치 관측기 및 동기 제어 오차 생성기를 통해 정밀 동기제어를 수행한다.



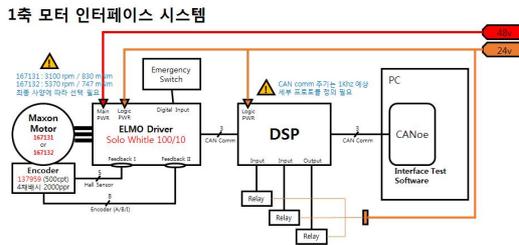
〈그림 3〉 동기제어 및 일정간격 유지를 위한 비접촉식 센서



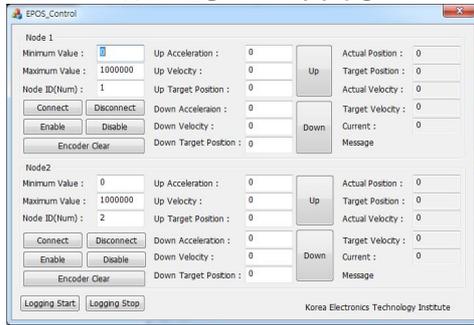
〈그림 4〉 디지털 방사선 발생장치 장착 개념도

2.3 시스템 운용 소프트웨어

운용 동기 제어 블록다이어그램은 그림5과 같다. 기본적으로 각 모듈에서는 자신의 위치/속도제어를 수행하며, 발생된 궤적 오차는 동기제어 블록의 입력으로 들어간다. 또한 위에서 밝힌 장착된 비접촉 센서의 간헐적 On/Off데이터로부터 상대방의 위치 관측기를 통한 예상 위치 또한 입력으로 들어가 동기 오차를 발생시킨다. 발생된 동기오차를 통해 계획도 위치 궤적은 수정되어 허용된 오차 범위 안에서 동기제어가 수행된다. 또한 인터페이스 라이브러리를 제공하여 외부 운용 Pc에서 다양한 환경에서 다양한 설정으로 조작 가능하다. 그림 6은 외부 운용 소프트웨어 운용 구성 화면이다.

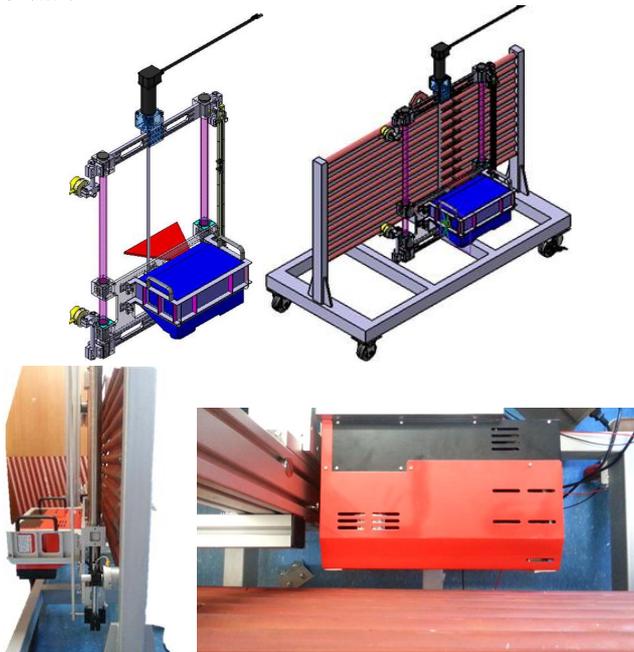


〈그림 5〉 운용 소프트웨어 구성도



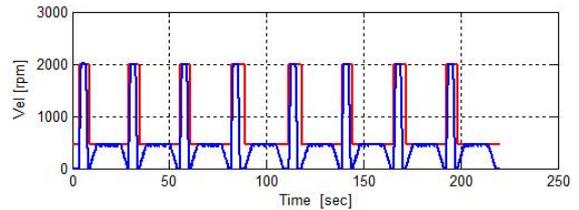
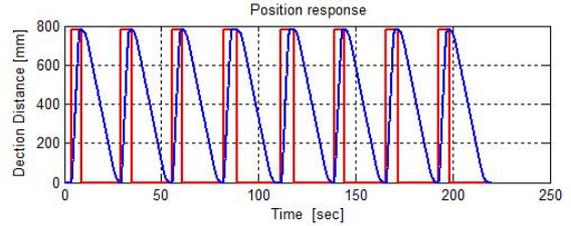
〈그림 6〉 운용 소프트웨어 구성화면

기능 검증을 위해서 테스트 베드를 구축하여 실제 시제품을 장착 후 운용하였다.



〈그림 7〉 테스트베드 및 시제품 장착 운용

상승 하강에 대한 모션 생성 및 궤적 추종 제어 실험 결과는 그림4와 같다. 상승과 하강 모두에서 정확한 추종 성능을 보이며, 하강 시에는 적절한 브레이크모드를 통해 자중에 의한 과도한 회생전류 발생 억제 및 중력보상 알고리즘을 통해 시스템 안정성을 높였다. 향후 본 시스템을 활용한 고속 검사이 발생되는 진동에 대해서 분석 후 이를 억제하기 위한 진동저감 제어기법 연구 및 구현에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그림 7은 상승 하강 반복 동작 결과 그래프와 구동 토크 전류를 도식화 한 것이다.



〈그림 8〉 상승/하강 반복 운용에 따른 위치/구동토크 전류 도식도

3. 결 론

디지털 방사선 투과 검사방법을 적용한 화력발전소 냉수벽 튜브 용접부 검사 메커니즘과 동기제어에 대해서 다루었다. 일반적인 검사 방법과 달리 검사장치가 이동하는 환경에서의 기구적인 메커니즘과 경량화를 위한 임베디드 모듈, 고품질 결과를 얻기 위한 동기제어 알고리즘 등에 대해서 연구를 진행하였으며, 지속적인 보완과 개선이 필요하다. 또한 테스트 베드가 아진 실증이 필요하며 오버홀기간에 투입되어 현장 검증을 수행하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] Khairul Saleh Mohamed Sahari and Adzly Anuar, "Development of Robotic Boiler Header Inspection Device". SCIS-ISIS, pp.769-773, 2012.
- [2] W. Zesch, S. Honolod, Ph. Roth and V.de Vries, "Automated Boiler Wall Cleaning and Inspection". CARPI, pp.5-9, 2012.
- [3] Wang Yan, Liu Shuliang, Xu Dianguo, Yanzheng, Shao Hao & Gao Xueshan, "Development & Application of Wall-Climbing Robots". International Conference on Robotics & Automation, pp. 1207-1212, 1999.
- [4] Lu Xueqin, Liu Gang, Luan Shangqing, "The development of the boiler water wall tube inspection". DRPT2008, pp. 2415-2420, 2008.