

# PECT를 이용한 LNG플랜트 단열재배관 열화 진단 평가 연구

## Assessment of Corrosion in Insulated Pipe for LNG Plant

### Using Pulsed Eddy Current Testing

\*김웅지<sup>1</sup>, #최송천<sup>1</sup>, 조영도<sup>1</sup>, 길성희<sup>1</sup> 송성진<sup>2</sup>, 김대광<sup>2</sup>, 김훈희<sup>2</sup>

\*W. J. Kim<sup>1</sup>, #S. C. Choi(scchoi@kgs.or.kr)<sup>1</sup>, Y. D. JO<sup>1</sup>, S. H. Gil, S. J. Song<sup>2</sup>, D. K. Kim<sup>2</sup>, H. H. Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한국가스안전공사 가스안전연구원, <sup>2</sup>성균관대학교 기계공학부

Key words : PECT, Insulated pipe, CUI, NDE, degradation

#### 1. 서론

최근 UAE 원전수주 및 LNG플랜트 설비 수출이 증가하고 있다. 우리나라의 기업이 해외 플랜트 시장에서 지속적으로 성장 가능한 사업은 중소형 가스전 설비 기술이지만 이러한 기술력이 해외의 경쟁기업에 비해 독자적인 기술력을 확보하고 있지 못하는 실정이다. 이를 극복하기 위하여 현재 우리나라에서는 국토해양부가 플랜트기술 고도화 사업을 진행하고 있다. LNG플랜트 설비의 안전성을 평가하기 위하여 LNG플랜트 RBI(Risk Based Inspection)틀이 개발 중에 있다.

위험도 기반의 진단 및 관리기술은 기존의 시간에 기초한 검사와는 달리 개개의 설비와 관련된 위험도를 파손확률(likelihood of failure: LOF)과 피해결과(consequence of failure: COF)에 의해 측정 가능한 손실비용(Risk=LoF X CoF)으로 계량화 함으로써, 잠재적으로 위험도가 높은 설비에 초점을 집중하여 검사 및 보수 우선순위를 결정하는 기술이다. 파손확률을 구하기 위하여 위험인자를 구하는 방법 중 NDE(Nondestructive Evaluation)진단이 구조물의 건전성을 평가한다.

LNG플랜트 공정라인에 많은 보온배관들은 공정의 효율을 높이기 위하여 단열재로 보온이 유지되고 있다. 그러나 보온재 하 배관들은 검사가 매우 어려운 단점을 가지고 있어, 만일 보온재가 완벽하게 배관과 주위를 차단하지 않은 경우에는 빗물 혹은 습기등에 의해 저온배관의 경우 결로현상이 발생하여 배관 표면에 부식이 발생하게 된다. CUI(Corrosion Under Insulation)가 발생한 배관은 Fig.1에서와 같이 부식으로 인하여 두께가 감소하는 현상이 발생한다.

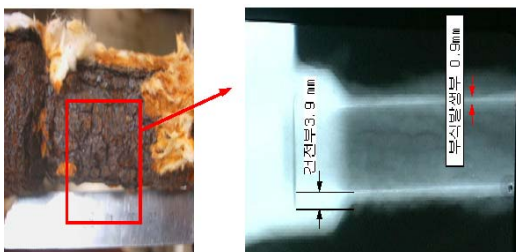


Fig. 1 CUI(Corrosion Under Insulation)

보온재 하 부식(CUI)을 평가할 수 있는 비파괴 진단 기법으로 유도초음파(Ultrasonic Guided waves), 방사선투과시험(RT) 등이 있다. 유도초음파의 경우 단열재를 제거하고 진단을 위해 표면에 커플런트를 발라야 하는 단점이 있고, 방사선투과시험은 센서의 위치의 제약과 경비의 문제로 실제로 전수검사는 힘든 실정이다. 이러한 문제점

을 극복하기 위하여 단열재를 제거하지 않고 진단할 수 있는 비파괴기법을 국내외에서 개발 중에 있다.

본 논문은 PECT(Pulsed Eddy Current Testing)기법을 적용하여 CUI부식을 진단한다. 일반적인 ECT에서는 단일 또는 소수의 주파수를 사용함으로써 표피효과에 의한 제한을 많이 받았다. 그러나 Drive coil에 펄스 전류를 흘려주면 전도성 피검사체에 발생했다가 사라지는 펄스 와전류의 영향을 센서로 받아 측정한다. 이론적으로 펄스는 매우 넓은 주파수 대역폭을 가지고 있으므로 여러 주파수 성분부에 해당하는 여러 깊이에 대한 정보를 포함하고 있다. 따라서 와전류 탐상에 비해 자속의 침투깊이가 깊다.

#### 2. PECT 실험

Fig. 2는 PEC 장치의 구성도로 Pulse Generator에서 펄스신호를 만들어 Differential probe를 통하여 얻은 신호 정보를 Amplifier에서 증폭시킨 후 오실로스코프에서 결과 값을 확인하고 저장하였다. 펄스는 20V의 구형펄스를 발생시켰고, frequency는 100Hz에서 5KHz 사이의 값으로 주었다.

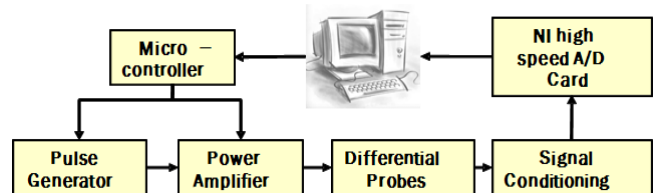


Fig. 2 The schematic diagram of PECT

PECT시험의 핵심 기술은 프로브 센서 제작 방법에 있다. 코일방식의 종류는 absolute, different bridge, driver pickup, differential drive pickup 방식이 있다. 본 연구에서는 differential drive pickup 방식의 probe로 제작하였고 Fig. 3과 같이 reference coil, drive coil, pickup coil로 구성되어 있다. 각각의 코일의 턴수(N)는 185턴, 210턴, 350턴을 와인딩하였고 각각의 코일 두께(mm) 0.38, 0.38, 0.24로 제작하였다.

펄스 와전류의 침투깊이(z)는 식(1)같이 지수함수의 감소형태의 유도 와전류장이 형성되고 피검사체의 검사시간 t에 따라서 변화한다.

$$z = \sqrt{\frac{t}{\pi \mu_0 \sigma}} \quad (1)$$



Fig. 3 Drive coil Type : Differential drive pickup

Fig.4는 LNG 플랜트 액화공정에 사용되는 단열재배관 Mock-Up시험편이다. 시험편의 재질은 STS 304L, 외경 200mm, 두께10mm, 단열재는 PE 재질로 두께10mm로 제작하여 시험에 적용시켰다. CUI 부식은 Fig. 1에서 보는바와 같이 부식으로 인한 재질의 두께가 감소되는 것을 알 수 있다. 따라서 인공적으로 CUI를 2mm, 4mm, 6mm두께로 주어 실험하였다.

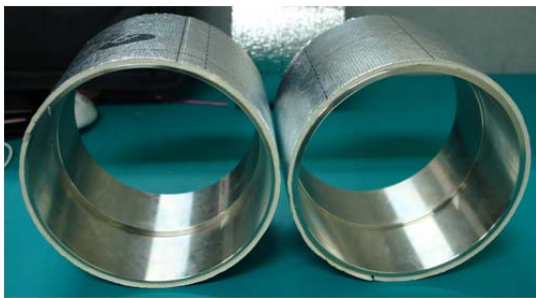


Fig. 4 LNG Plant Insulated pipe Mock-up specimens

### 3. 결론

단열재배관의 두께 변화를 단열재를 제거 하지 않고 측정하였다. 그 결과 시간(t)에 따라 amplitude의 변화 값을 얻을 수 있었다. Fig. 5에서 보는바와 같이 두께가 10mm, 8mm, 6mm, 4mm일 때 peak to peak amplitude값이 383mV, 370mV, 353mV, 341mV를 나타낸다. 즉, 두께의 변화에 따른 펄스(square wave)파형이 변화 하는데 두께가 감소할수록 전압 값도 감소하는 결과를 얻었다. 이러한 결과는 LNG 단열재배관의 CUI로 인한 두께감소를 평가할 수 있다는 결론을 얻었다. 현재 본 연구는 기초적인 단계로 적용 가능성을 타진하였고, 향후 시험편의 형상에 따른 수치해석을 통해 배관에 흐르는 전류밀도 및 자속밀도를 해석하고, PEC의 핵심 기술인 probe 센서의 최적화를 위해 연구할 것이다.

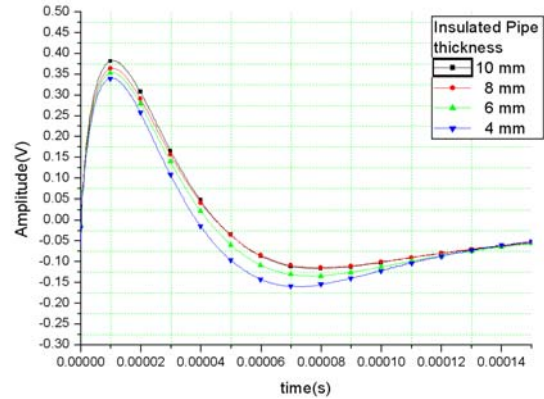


Fig. 5 Comparison of reduction of thickness for LNG plant insulated pipe

### 후기

본 연구는 국토해양부 가스플랜트사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 이정기, 서동만, "펄스 와전류를 이용한 알루미늄 두께 평가", 비파괴검사 학회지, Vol25, No. 1, 2005.
2. 신영길, 최동명, "두께 평가를 위한 차폐된 반사형 펄스 와전류 탐촉자의 설계", 비파괴검사 학회지, Vol 27, No.5, 2007.
3. 이동훈, 조영도, "단열재하 부식 배관의 결함검출을 위한 유도초음파 최적 조건에 관한 연구", 한국에너지 공학회, pp. 459-462, 2008.
4. Satish S. Udpa " Electromagnetic Testing Third Edition Volume 5", NONDESTRUCTIVE TESTING HANDBOOK, pp, 175-179, 2004
5. Gui Yun Tian, Ali Sophian, "Defect Classification using a new feature for pulsed eddy current sensors", NDT&E International, vol 38, 77-82,2005
6. Mengbao Fan, Pingjie Huang, "Analytical modeling for transient probe response in pulsed eddy current testing", NDT&E International, 2009.