

디지털 방사선을 이용한 용접부 비파괴검사 기술

Non-Destructive Inspection for Welded Part by Using Digital Radiography Technique

안연식*, 박상기*, 박병철*, 이영호**

* 한전 전력연구원

** 충남대학교 기계공학과

1. 서론

화력발전소는 수 만개소의 용접부로 이루어져 있으며, 이들 중 하나라도 손상이 발생하면, 발전소를 정지해야함으로 용접부의 안전성을 확보하는 것이 매우 중요하다.

발전소 용접부에 대한 방사선투과시험은 필름을 이용한 아날로그 방법을 적용하고 있는데 비용과 시간이 많이 소요되고 시험공정이 복잡하여 이제 차츰 사라져가는 전환기에 서 있으며, 이를 대체할 시험법으로 디지털 방사선투과검사법이 주목되고 있다.

디지털 방사선투과검사(Digital Radiography Inspection)는 미소 Array Pixel Sensor에서 방사선을 검출하여 투과영상을 디지털로 나타냄으로서 시험영상을 컴퓨터나 디스크에 보관하고 온라인으로도 공유를 할 수 있다. 또한 디지털 방사선투과검사는 필름 현상작업이 필요 없어 검사비용과 공정을 대폭 줄일 수 있고, 방사선투과시간을 기존의 1/10로 대폭 줄일 수 있어 방사선투과검사의 획기적인 전기가 되고 있다.

본 연구에서는 디지털 방사선 투과시험을 실시하여 기존의 필름을 이용한 투과영상과 비교하여 디지털 방사선투과검사의 정밀도를 평가하여 비파괴검사의 적용가능여부를 확인하고자 하였다.

2. 용접부 디지털 방사선투과시험

방사선투과검사에 사용되는 필름의 입자는 15 μ m로서 디지털 방사선 센서 Pixel 40~150 μ m에 비해 수치적으로 미소하기 때문에 필름의 투과영상이 정밀한 것으로 알려져 왔다.

본 시험에서는 용접부에 대한 방사선투과시험을 실시하여 디지털 영상과 필름을 사용한 아날로그 영상의 정밀도를 비교하고자 하였다.

2.1 시험장치

디지털 방사선 센서는 Amorphous Selenium과 Amorphous Silicon, CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)와 같은 간접변환 방식으로 나누어지는데, 본 시험에 사용된 디지털 방사선 영상시스템은 미국 Envision사의 83 μ m Pixels의 CMOS 센서를 사용하였다.

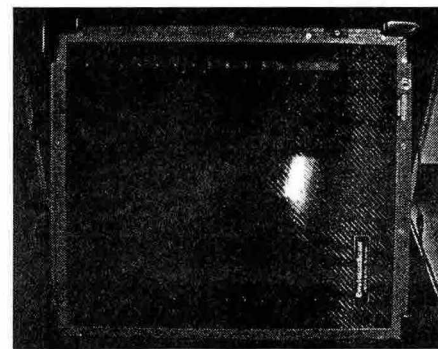
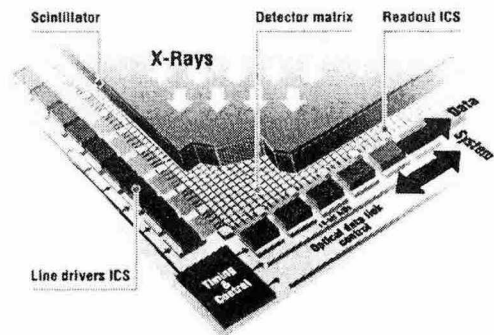
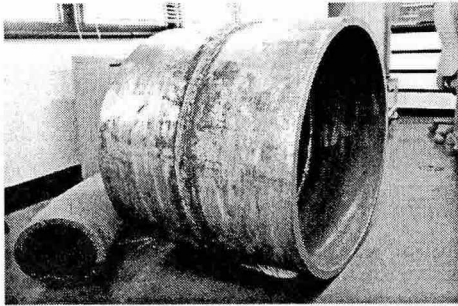


그림-1. 디지털 방사선 센서의 구조 및 외관

2.2 용접시험편

용접시험편은 TIG로 용접으로 제작된 것으로 재열증기배관(외경 710, 두께 20mm) 용접부 Bead에 깊이 1mm, 2mm, 3mm이고, 길이가 1mm, 2mm, 3mm, 5mm, 10mm의 선형결함을 방전가공을 하였으며, 보일러튜브(과열기: 외경 51mm, 두께 8mm, 재열기: 외경 61mm, 두께 6mm) 용접부에는 폭 0.1

mm, 깊이 0.5mm로서 길이가 각각 1mm, 2.0mm, 3.0mm의 미소 선형결합과 직경 1mm, 2mm Flat Bottom Drill로 깊이 1mm, 2mm, 3mm의 원형결합을 가공하였다.



(a) 재열증기배관 용접시편



(b) 보일러튜브 용접부 시편

그림-2 방사선투과시험에 사용된 시험편

3. 방사선투과시험

3.1 결함검출

용접부에 투과도계(Image Quality Indicator)와 Line Pair Gauge를 배치하여 촬영한 결과 투과영상에서 6.3 Line Pair를 구분할 수 있어 Sensor Pixel 크기가 83 μ m임이 확인되었다.

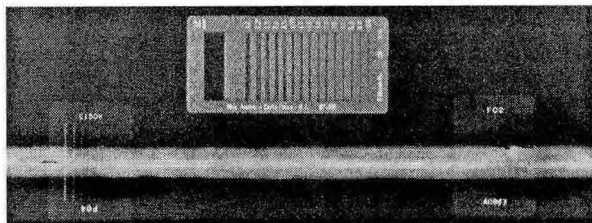
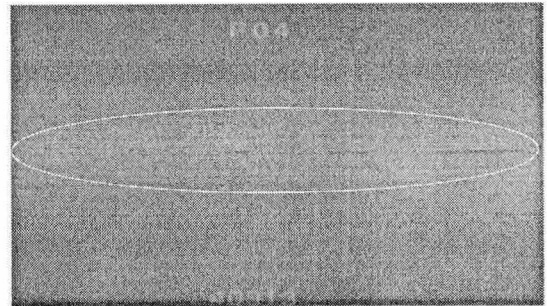


그림-3. 용접부 디지털 방사선 투과영상

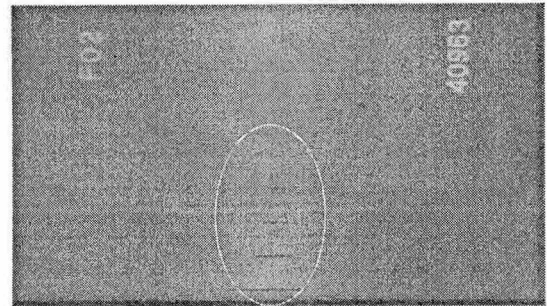
디지털 방사선투과검사는 히스토그램과 영상 확대와 같은 디지털 처리 효과로 필름에 비해 더욱 미세한 결함을 검출할 수 있어 정밀한 시험을 할 수 있었다.

재열증기 배관 용접시험편의 선형결합에 대한

디지털 방사선투과시험결과 깊이 1mm, 2mm, 3mm의 모든 결합에 대해서도 검출을 할 수 있었으며, 보일러튜브 시험편의 원형결합도 깊이 1mm, 2mm, 3mm의 직경 1mm, 2mm의 결합 모두 검출되었다. 미소결합의 시험편에서도 획득한 디지털 영상을 확대하여 관찰한 결과 깊이 0.5mm로서 길이 0.5mm의 결합도 검출이 가능하였다.



(a) 깊이 1mm 선형결합



(b) 깊이 2mm 선형결합

그림-4. 재열증기배관 선형결합 영상

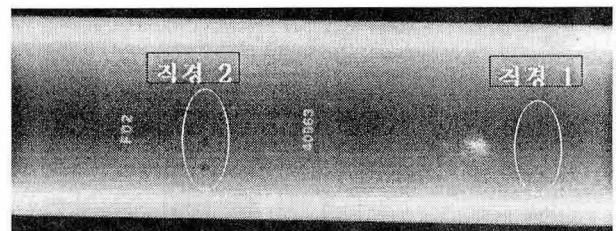


그림-5. 보일러튜브 원형결합 검출영상

필름을 이용한 방사선투과시험은 고해상도용 필름인 AGFA D5를 사용하였고, FFD (Focus to film distance)는 650mm로 설정하였다.

재열증기배관 용접시험편에서는 결합 깊이 1mm의 결합은 길이 1mm의 결합은 판독이 곤란하였으며, 길이 2mm, 5mm, 10mm의 결합은 검출할 수 있었고, 결합깊이가 2mm, 3mm인 결합은 1mm와 2mm의 결합도 검출을 할 수 있었다. 보일러튜브는 0.5mm인 미소한 선형결합은 검출이 불가능하

였고, 원형결함은 깊이 1mm, 2mm, 3mm의 직경 1mm, 2mm의 결함 모두 검출되었다.

참 고 문 헌

3.2 디지털 방사선 투과도계 식별도

디지털 방사선투과 영상은 필름 영상에 비해 투과도계 식별선이 1개 정도 더 잘 보여 식별도가 우수하였으며, 각 시험편별 디지털 영상과 필름 영상의 식별도는 표-1과 같다.

표-1. 디지털 방사선투과영상의 식별도

시험편	두께 (mm)	디지털 방사선		필름	
		식별선 지름(mm)	식별도	식별선 지름(mm)	식별도
재열증기관	20	0.20	1.0 %	0.20	1.0 %
과열기튜브	8	0.125	0.8 %	0.16	1.0 %
재열기튜브	6	0.125	1.0 %	0.16	1.3 %
평판용접	10	0.125	1.3 %	0.16	1.6 %
평판용접	15	0.16	1.1 %	0.20	1.3 %

1. Radiographic Testing General Dynamics Second Edition
2. W.P. HOSCH, C. FINK, Radiation Dose Reduction Chest Radiography Flat Panel Amorphous Silicon Detector, Clinical Radiology, 2002, PP 902-907
3. John Pursley Envision Product ix-pect Software Scanning Images Manual 2004. 15-22
4. Radiographic Inspection of Weldings by Digital Sensors. H.Thiele, RADIS GmbH Germany
5. Evaluation of new Digital Detectors for High Resolution Radiography Kaftandjian INSA-CNDRI Laboratory France

4. 결론

최근 선진국에서는 디지털 방사선은 영상 보관의 편리성과 비용절감 그리고 투과영상의 개선이 가능한 점이 장점으로 부각되면서 전파가 급속히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 디지털 방사선투과시험의 정밀성을 평가하기 위하여 디지털 방사선투과시험을 실시하여 기존 필름의 투과영상과 비교하였다.

시험결과 디지털 방사선 투과영상은 히스토그램에 의한 Gray level 조절과 상의 확대등과 같은 디지털 영상처리로 인해서 필름 영상에 비해 더욱 선명한 영상으로 구현 할 수 있었으며, 필름에서 판독할 수 없었던 미소한 결함도 검출할 수 있어 정밀도가 높은 방사선투과검사를 할 수 있었다.

이런 검사 정밀도가 우수한 디지털 방사선투과검사를 비파괴검사에 적용함으로써 설비의 품질향상과 검사비용의 절감이 예상되므로 산업현장에서 널리 활용될 수 있도록 지원과 지속적인 적용연구가 필요하다. 끝.