

X-Ray TDI Camera를 이용한 알루미늄 주강품 검사장치 개발

남문호*, 박성욱*, 김창호*, 정찬수**
(주)상영검사엔지니어링*, 송실대학교**

Development of Inspection System for Aluminum Castings with X-Ray TDI Camera

Mun-Ho Nam*, Seong-Wook Park*, Chang-Ho KIM*, Chan-Soo Chung**
Sam Yong Inspection Engineering Co.,Ltd*, Soong Sil University**

Abstract - In case of inspection on aluminum castings, traditional RT (Radiographic Testing) method have been utilized for its advantages in interpretation, cost and perpetual storage. But it has disadvantages like time consumption in film processing, low efficiency in storage and environmental pollution. In this thesis, a DRS (Digital Radiography System) utilizing X-Ray TDI Camera (Time Delay and Integration Camera) is developed. Inspections on aluminum castings are performed using the developed Digital Radiography System, DRS and reviewed if newly developed system can substitute for the traditional method.

1. 서 론

알루미늄 주강품 검사의 경우 ASTM E1025 : 2005와 2010 ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE V의 규격에 따라 방사선투과검사(Radiographic Testing: RT)를 시행하고 있다.[1][2]

기존 방사선투과검사의 경우 비용, 인력, 시간이 많이 소요되고 필름 현상에 따른 환경오염 등의 문제점을 가지고 있어, 이를 대체할 시험 방법으로 디지털 방사선투과검사(Digital Radiography : DR)방법이 주목받고 있다.[3]

디지털 방사선투과검사 방법을 적용할 경우 검사체의 검사 영상을 현장에서 작업 중 실시간으로 확인이 가능하여 작업시간을 단축할 수 있으며, 현상작업을 거치지 않으므로 환경오염 문제를 해결할 수 있다. 또한, 디지털 영상을 획득하기 때문에 데이터의 보관 및 관리에도 매우 유용하다.

디지털 방사선투과검사 방법은 아날로그 필름을 이용한 방사선 사진 기법과 같은 방법으로 피사체에 조사된 X-선이 피사체를 투과하면서 피사체의 두께나 밀도차에 의해 X-선의 에너지와 양의 변화가 생기는데 아날로그 필름을 이용한 경우 밝고 어둠의 차이로 피사체의 내부를 영상화하지만 디지털 방사선 투과검사는 투과된 X-선을 방사선 영상검출기들이 흡수하여 물리적 반응의 결과로 전기적 신호를 발생시키고 그것들을 위치정보와 함께 읽어들이어 디지털화 하여 최종적으로 영상처리 알고리즘을 이용하여 완성된 하나의 방사선 영상을 구성하는 역할을 수행한다.

본 논문에서는 디지털 방사선투과검사 시스템을 개발하여 영상을 획득한 후 획득 영상에 대하여 ASTM E2002-98 : 2003에 규정에 따라 Image Processing을 하여 기존 방사선 투과검사 규격에 만족 할 수 있는지 확인해 보았다.[4]

2. 시스템 구성

2.1 검출기

디지털 방사선투과검사 시스템에서 사용되는 검출기(Detectors)의 경우 직접방식(Direct imaging)과 간접방식(Indirect imaging)로 나눌 수 있다.

본 논문에서 사용한 검출기는 HAMAMATSU사에서 생산된 간접방식의 X-Ray TDI Camera(Time Delay and Integration Camera)로 그림 1과 같으며, 그 사양은 표 1과 같다.



〈그림 1〉 사용 Detector

〈표 1〉 Detector 사양

Type number	C10650-321
CCD pixel number	4608 × 128
CCD pixel size	48 μm × 48 μm
CCD active area	221.184 mm × 6.144 mm
Window	FOS(Fiber Optic Plate with Scintillator)
X-ray tolerance range	93.5kVp, 50W(max)
Interface	RS 232

CCD 기반 방사선 영상 검출기는 DR System 중에서 가장 오래된 간접변환방식이다. 배열(array)는 광자극인 광체와 같은 신틸레이션(scintillation) 물질에 X-ray가 부딪치면서 발생된 빛을 기록한다.

CCD의 특징은 일반적인 투영 X-ray의 면적보다 작은 센서의 크기에 있다. 이러한 작은 크기 때문에 CCD를 사용하는 시스템은 투영된 가시광선 영상의 크기를 줄이는 것이다. 그 결과 영상의 전달 과정에서 광학적 결합(optical coupling)을 필요로 한다.

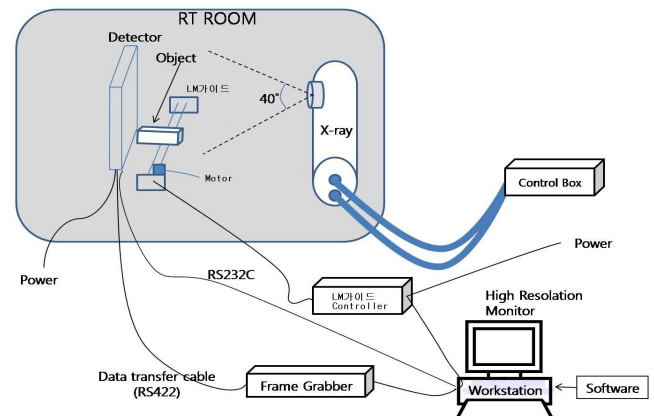
TDI 기술은 단계(Stage)마다 같은 이미지를 촬영해야 하기 때문에 시험편(Object)의 이동속도(moving speed)에 맞춰 뒤의 단계가 앞의 단계보다 조금 더 늦게 이미지를 촬영한다. TDI 기술은 정확히 같은 이미지를 촬영한 후 이를 중첩시켜 선명한 상을 얻기 때문에 카메라의 촬영 속도와 시험편의 이동속도를 동기화 시키는 것이 중요하다.

2.2 구동 시스템

구동 시스템은 PC 제어부분과 영상데이터 수집을 위한 구동제어부분으로 구성되어 있다. PC 제어부분은 검출기에서 받아들인 신호를 영상수집장치(Frame Grabber)을 통하여 고해상도 모니터에 영상신호로 출력해 준다. 수집되는 데이터의 양에 따른 영상을 고려하여, 고성능의 워크스테이션(Workstation)을 사용하였다.

구동 제어부분은 시험편을 움직이기 위한 부분으로 LM가이드를 사용하였으며, 그 구성은 그림 2와 같다.

검출기의 스캔 속도(Scan Speed)와 구동제어부의 동기 속도(Motion Speed)가 최적화 되어야만 정확한 영상을 얻을 수 있다.



〈그림 2〉 시스템 구성

2.3 사용 시험편 및 투과도계

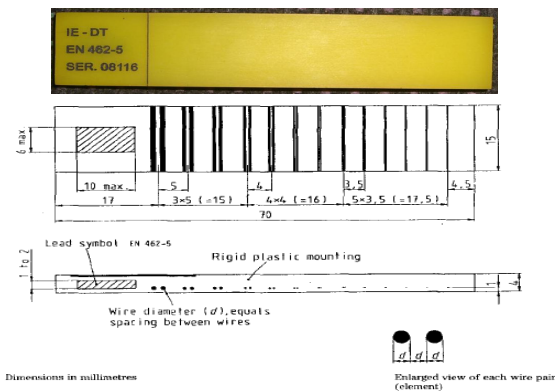
사용된 시험편은 알루미늄 기준 시험편으로써 결함이 없는 두께 7T의 시험편으로 그림 3과 같다.

투과도계1의 경우는 알루미늄에 적용되는 유공형 투과도계로 그림 3과 같으며, 투과도계에는 상질을 나타낼 수 있는 홀(Hole)이 4T, 1T, 2T의 순서로 구성되어있다. 투과도계의 두께는 0.38mm이고, 총 길이는 38mm이고, 납 숫자의 길이를 뺀 평가 가능한 길이는 28 mm, 4T(1.52mm) 홀의 위치는 19mm에, 1T(0.38mm) 홀은 27 mm, 2T(0.76mm) 홀은 32 mm에 위치하고 있다.



<그림 3> 사용 시험편 및 유공형투과도계

투과도계2는 IQI EN462-5로 디지털 영상을 평가하기 위한 Duplex wire type의 투과도계로서 그림 4와 같다.



<그림 4> IQI EN462-5 투과도계

EN462-5 투과도계는 획득한 영상을 와이어(wire) 지름과 와이어 간격을 분리할 수 있는지를 평가하여 Line pair를 확인할 수 있다. [5]

3. 프로그램 개발

프로그램은 영상 획득 프로그램과 영상 평가 프로그램으로 나눌 수 있다. 그러나 두 프로그램 모두 Visual C++ 언어를 사용하였고, 개발 기반은 MFC(Microsoft Foundation Class)기반의 Dialog-based application으로 개발 하였다.

영상 획득 프로그램은 구동 제어부의 LM가이드를 이동 시키고 검출기의 검출영역을 지정하여 최적의 속도로 영상을 획득 할 수 있도록 프로그래밍 하였다. 그 값은 스캔 속도 12 mm/sec 이고, 동기 속도는 0.8 mm/sec이다.

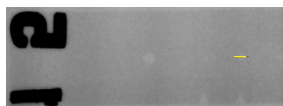
영상 평가 프로그램은 획득된 영상의 필요한 부분을 프로파일(profile) 할 수 있으며, Window Level을 통한 밝기(Brightness) 조절 기능, 필터링(Filtering) 기능, 형태(Morphology)변경 기능을 통한 거리 측정 기능, 확대 및 축소의 기능 등을 가지고 있다.

4. 실험 및 결과

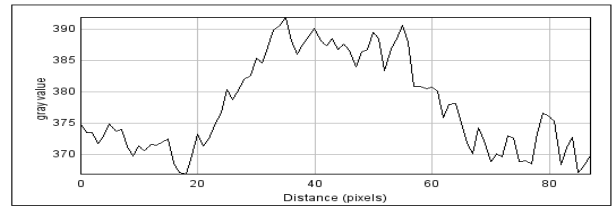
본 논문에서 제안한 디지털 방사선 투과검사 시스템으로 거리 1750 mm에서 Toshiba사의 공업용 X-ray 기기를 이용하여 90kVp 5mA로 30초간 조사하였다.

두 가지 투과도계 모두 시험편에 밀착 시킨 후 X-ray 조사 방향으로 위치시켜 촬영하였으며, 획득 영상을 ASTM E2002 : 2003의 규정에 따라 Image Processing하였다.

그 결과 유공형 투과도계의 영상은 그림 5와 같고 평가 결과는 그림 6과 같다.



<그림 5> 획득 영상



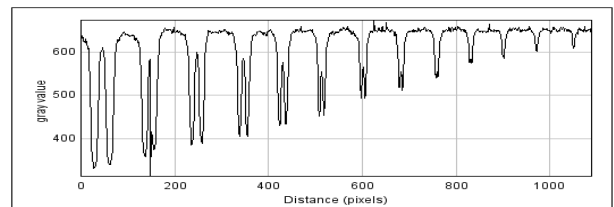
<그림 6> 그림 5 평가 결과

그림 5에서 에서는 2010 ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE V의 규격에 따라 육안 검사(Visual Testing: VT) 시에도 4T, 및 2T 홀을 확인 할 수 있었으며, 2T 홀에 대하여는 영상평가 프로그램을 이용하여 그림 6과 같이 평가하여 보았다. 그 결과 2T 홀을 확인할 수 있었다.

EN462-5 투과도계에서 획득한 영상은 그림 7과 같으며, 그 평가 결과는 그림 8과 같다.



<그림 7> 획득 영상



<그림 8> 그림 7 평가 결과

그림 8의 평가 결과는 BS EN 462-5: 1996의 규정에 따라 9D 0.13mm, 7.69lp/mm까지 평가가 가능하였다.

5. 결 론

알루미늄 주강품의 검사 요건에 만족하기 위해서는 ASTM E1025:05의 규정에 의하여 유공형 투과도계의 2T 홀이 검출 되어야만 한다.

본 디지털 방사선 투과검사 시스템에서는 2T 홀을 검출하였으며, 추가적으로 실시한 IQI EN462-5 투과도계에서도 9D 0.13mm까지 평가가 가능하여 기존 방사선 투과검사를 대체 할 수 있는 가능성을 확인해 보았다.

또한, 기존 디지털 방사선투과검사 방법 중 라인스캔방식(Line Scan Type)의 검출기를 사용했던 것 보다 좋은 성능을 확인할 수 있었다.[6][7]

기존 방사선 투과검사를 대체 할 경우 작업시간을 3배 정도 단축할 수 있으며, 필름 현상작업에 따른 환경오염 문제해결과 함께 데이터 관리의 편리함을 가져올 수 있어 산업현장 업무 개선에 매우 효과적인 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] "Standard Practice for Radiographic Examination" ASTM E1025 : 2005
- [2] ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE V, 2010
- [3] H.Thiele, "Radiographic Inspection of Weldigns by Digital Sensors", RADIS GmbH, Johanniskirchen, Germany, 2003
- [4] "Standard Practice for Determining Total Image Unsharpness in Radiology", ASTM E2002 : 2009
- [5] "Image quality indicators(duplex wire type) - Determination of image unsharpness value", BS EN 462-5: 1996
- [6] 남문호, 한근대, 장훈, 정찬수, "IQI EN 462-5을 이용한 DR System의 영상 평가", 한국비파괴검사학회 2010년 춘계학술대회(497-500, 2010)
- [7] 남문호, 장훈, 박성욱, 정찬수, "항공우주 산업용 알루미늄 주강품 검사를 위한 실시간 Digital Radiography System 개발", 대한전기학회 2010년 하계학술대회