

방사선을 이용한 비파괴검사의 현황

Current Status of Nondestructive Testing using Radiation in the Korea



글 | 張 洪 根
 (Chang, Hong Keun)
 방사선관리기술사, 비파괴검사기술사,
 공학박사, 전 한국비파괴검사학회 회장,
 천안공업대 응집기술과.
 E-mail: drhkchang@hanmail.net

In this paper described current status of utilization in industries of radiographic testing, test equipments, radiation sources, educations and training organizations and NDT firms in the Korea are reviewed.

목 차

1. 서론
2. 비파괴검사(Nondestructive Testing : NDT)
3. 방사선투과검사(Radiographic Testing)
4. 결론

1. 서론

1895년 W.C. Roentgen 이 X-선을 발견한 그 이듬해인 1896년 Becquerel 이 우라늄으로부터 방사선을, 2년 후인 1898년에는 Curie부처가 Radium을 발견함에 따라 인류는 처음으로 방사선이나 방사능의 존재를 알게 되었다. 이후 방사선 및 방사성 동위원소는 의료, 산업, 기초과학 등 다양한 분야에서 이용되어왔으며 오늘날 이들을 이용한 과학기술은 눈부시게 발전하고 있다.

본고에서는 방사선의 산업이용분야의 하나인 방사선투과검사의 국내현황에 대하여 기술한다.

2. 비파괴검사(Nondestructive Testing : NDT)

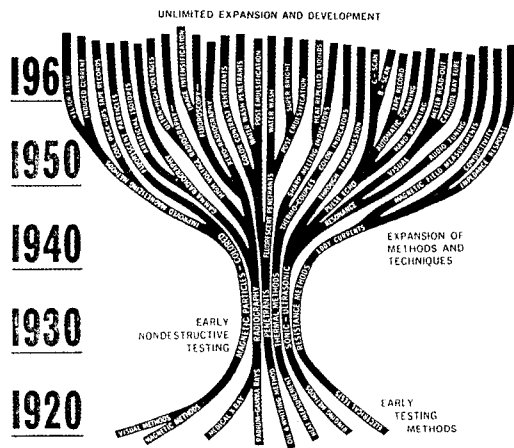
비파괴검사는 재료, 부품, 구조물이 방사선, 음

파, 전자기, 열, 표면에너지 등의 물리적 성질이 조직의 이상이나 불연속의 존재로 인하여 변화하는 것을 이용하여 물리적 성질의 변화량을 측정함으로써 역으로 조직의 이상이나 불연속의 존재와 정도를 검출하는데 기본을 두고 있으며 검사대상물에 손상을 입히거나 파괴하지 않고 검사하는 기술로 제품의 품질관리 및 품질보증의 중요한 수단으로 생산원가의 절감, 제조기술의 개량 및 신뢰성 향상을 위하여 널리 이용되고 있다.

비파괴검사법은 surface testing method 와 volumetric testing method로 구분하는데 surface testing method는 표면 및 표층에 존재하는 불연속을 탐상하는 방법으로 육안검사를 비롯하여 자분탐상검사, 액체침투탐상검사 및 와류탐상검사가 이에 속하며 volumetric testing method는 내부에 존재하는 불연속을 탐상하는 방법으로 방사선투과검사와 초음파탐상검사가 있다.

세계적으로 비파괴검사기술이 이용되기 시작한 것은 <그림 1>에 나타낸 바와 같이 1920년대를 말하기로 하여 1930년대를 초기, 1940년대 제 2

차 대전을 전후로 하여 시험, 검사 방법 등의 기술이 급속히 발전되었으며 1960년대에 성장기를 거쳐 1980년대에 와서 개화기에 접어들었다고 볼 수 있다.



〈그림 1〉 비파괴검사의 성장

비파괴검사기술이 우리나라에 도입된 것은 1960년대 초 한국 동란중 파손된 영월 화력 발전소의 중요 부품에 대한 방사성동위원소를 이용한 radiography와, 문화재 보호사업의 일환으로 정부와 아세아재단의 지원 하에 원자력 연구소에서 6세기 신라왕조시대 청동불상에 대한 주조기술 연구와 결합탐지를 위하여 방사성동위원소를 이용한 radiography가 효시인 것으로 사료되며 공업적으로 이용되기 시작한 것은 1960년대 정부의 경제개발계획에 의한 중화학공업 입국정책에 따라 석유화학공장건설을 비롯하여 수력, 화력, 내연력 발전소 건설 및 1970년대 조선공업, 방위산업, 원자력 발전소 건설 등에서 비파괴검사의 수요가 급증함에 따라 우리나라에 정착하게 되었다. 일천한 역사를 가지고 있는 비파괴 검사기술은 고도의 안전성이 요구되는 원자력 발전설비의 안전성 확보와 방산품 등의 품질보증을 위한 시험, 검

사 등 우리나라의 중공업, 원자력산업에 이르기까지 산업 발전에 크게 기여하였다.

비파괴검사의 산업별 및 검사방법별 점유율에 대한 국내 통계자료가 없어 참고로 일본의 점유율을 〈표 1〉 및 〈표 2〉에 나타내었다.

〈표 1〉 비파괴검사의 산업별 점유율

산 업 별	점유율(%)
Steel industry	16.4
Machinery industry	1.9
Shipbuilding industry	7.2
Power plant, thermal/hydro	12.9
nuclear	8.3
Petrochemical, plant facilities	11.2
tanks	18.2
Civil engineering, bridge/building	16.1
construction	16.1
Others	7.8

자료 : NDT market in Japan,
일본 비파괴검사진흥협회 1995

〈표 2〉 검사 방법별 점유율

검 사 방 법	점유율(%)
Radiographic testing(RT)	27.5
Magnetic particle testing(MT)	12.9
Ultrasonic testing(UT)	24.6
Liquid penetrant testing(PT)	11.3
Eddy current testing(ET)	2.9
Leak testing(LT)	0.9
Strain measurement(SM)	2.7
Material testing	2.2
Chemical analysis	0.1
Others	14.1

자료 : NDT market in Japan,
일본 비파괴검사진흥협회 1995

3. 방사선투과검사(Radiographic Testing)

3.1 방사선(radiation)

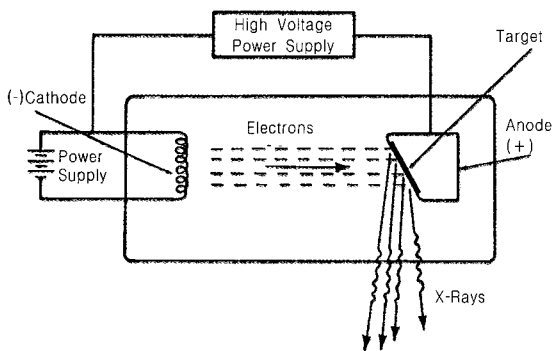
X-선과 γ 선은 파장이 짧은 전자파(electromagnetic wave)로 X-선관에서 발생하는 전자파를

X-선이라고 하며 방사성동위원소가 불안정하여 안정화 하기 위하여 붕괴할 때 알파(α)-선, 베타(β)-선과 같은 하전입자와 동반하여 발생하는 전자파를 γ -선이라고 하는데 방사선투과검사에는 X-선, γ -선 및 중성자(neutron)-선이 주로 이용된다.

3.2 방사선의 발생

1) X-선

X-선관에 전원을 걸어주면 음극의 필라멘트에서 발출된 열전자가 음극과 양극사이에 걸린 높은 전위차에 의하여 가속되어 운동에너지가 증가되면서 양극에 도달, 표적에 충돌하여 순간적으로 에너지를 잃는다. 잃은 에너지의 대부분은 열로 바뀌어 표적을 가열하지만 일부 에너지는 X-선으로 바뀌어 X-선 관의 바깥으로 나오게 된다.



〈그림 2〉 X-선의 발생

2) γ -선

라듐 같은 천연 방사성 동위원소나 코발트 60 과 같은 인공방사성 동위원소는 α -선이나 β -선 방출과 동시에 γ -선을 방출한다. γ -선의 스펙트럼은 선 스펙트럼으로 에너지는 방사성동위원소의 종류에 따라 다르며 붕괴하면서 방사선을 방출하

기 때문에 시간에 따라 선원의 강도는 감소된다.

3.3 방사선투과검사의 원리

방사선 투과검사는 시험체에 방사선을 조사, 투과시켜 필름에 가시영상을 기록하여 검사하는 방법이다. 형광관에서 가시영상을 관찰하는 filmless radiography보다는 필름에 기록하는 film radiography법이 미세한 결함을 검출하는데 우수하고, 필름으로 영구히 보존할 수 있다. 결함의 형상, 크기, 위치 등을 직접 관찰할 수 있기 때문에 welding, casting, forging 및 fabrication 등의 일차적인 비파괴검사 방법으로 오늘날 널리 이용되고 있다.

3.4 방사선투과검사 현황

1) 관련법규

국내에서 방사선 투과검사를 수행하기 위해서는 원자력법에 의거하여 방사성동위원소 등의 사용허가와 방사선 안전관리 책임자의 선임이 필수적으로 의무화하고 있으며, 과학기술부가 주무부처로 되어있다.

방사선투과검사는 제품의 품질관리, 품질보증 및 신뢰성 향상을 목적으로 실시하고 있는데 관련 법규를 살펴보면 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 방사선투과검사관련 국내법규

법 규	대 상
고압가스안전관리법	특정 및 일반제조시설의 배관, 압력용기 저장탱크의 용접부
액화석유가스안전 및 사업관리법	액화석유가스 충전 및 집단 공급시설의 배관 용접부
도시가스 사업법	가스도매사업시설, 일반도시가스사업시설 및 특정가스사용시설의 배관용접부
에너지이용합리화법	열 및 기타에너지 사용시설과 기자재, 보일러 및 압력용기 제작중의 용접검사
전기사업법	발전용 화력기기(보일러 등에 속하는 용기 및 관) 열교환기의 용접부

2) 방사선투과검사의 이용분야

국내에서 적용하고있는 비파괴검사 방법중 방사선 투과검사가 전체의 80% 이상을 점유하고 있으며 산업별 적용분야는 중공업, 석유화학, 에너지분야가 주적용대상으로 주조품 등의 검사에 적용되기도 하지만 90% 이상이 tube, pipe 및 강판용접부위 등에 대한 설비제작/건설 단계에서 검사가 실시되고 있다.

3) 검사장비 및 방사선원

방사선투과검사에 사용되고 있는 장비는 electric power source를 이용하는 X-ray 발생장치보다는 전력이 필요 없고 소형 간편하여 협소한 장소에서도 사용할 수 있는 이점 때문에 Ir-192 방사성동위원소를 사용하는 gamma-ray projector 가 주로 건설현장에서 사용되고 있다. 의료용 X-선 발생장치는 국내에서 생산되고 있지만 공업용 X-ray 발생장치는 전량 미국, 독일, 일본 등 외국에서 수입에 의존하고 있어 장비의 유지, 보수에 문제가 되고 있어 검사비 단가의 상승요인이 되고 있다. Gamma radiography에 사용되는 Ir-192, Co-60 등의 방사성동위원소는 한국원자력 연구소의 하나로 원자로에서 생산되고는 있으나 선원의 크기, 강도(intensity) 등의 문제로 미국, 영국 등에서 수입하여 사용하고 있는 실정이다.

4) 교육·훈련 기관

비파괴검사 관련 교육기관으로는 서울산업대, 천안공업대, 창원기능대 등에서 비파괴검사법 중 일부를 교과과목으로 채택하여 교육하는 실정으로 실험실습시설과 능력 있는 교수요원의 확보도 시급하다.

국내 비파괴검사분야의 훈련기관으로 한국원자력 연구소 연수원에서 종합과정을 개설, 운영하고

있으며 한국기계연구원, 한국표준과학 연구원에서는 산업체의 요구에 따라 비정기적으로 훈련과정을 개설하고 있다. 최근에 와서 고교졸업자를 대상으로 비파괴검사분야를 가르치는 사설학원이 늘어나고 있어 인력수급에 다소 도움이 되는 것으로 보인다. 또한 한국비파괴검사학회에서는 SNT-TC-1A(비파괴검사요원의 자격과 자격인정 guide line, ASNT)규정에 따라 NDT Level I, II 자격인정교육을 1992년부터 정기적으로 실시하고 있다.

5) 비파괴검사관련 업체

1960년대 후반에 설립된 비파괴검사전문용역업체는 1992년 말까지 18개사가 등록되어 있었으나 그 후 우후죽순격으로 늘어나 1999년 말까지 비파괴검사 엔지니어링 활동주체로 등록된 업체는 40개사에 육박하고 있다. 이들 대부분의 업체는 자본금이 5억원 미만의 영세한 기업으로 IMF한파로 인한 건설경기침체로 용역수수시장이 좁아 과열경쟁 등의 어려움으로 기술개발을 위한 연구 투자는 기대하기 어려우며, 방사선투과, 고소작업, 휴일근무, 야간작업등 타직종에 비하여 이직율이 높은 특성을 갖고 있으며 전체 기술인력은 약 2000명에 이른다.

4. 결론

비파괴검사기술은 대외적으로는 품질보증을 통하여 제품의 신뢰성을 향상시킴으로서 국제경쟁력을 강화하며 수출증진에도 기여하는 동시에 대내적으로는 생산원가의 절감, 제조기술의 개선 등 품질관리를 통한 생산성향상과 품질의 고도화 실현을 도모할 수 있으며 또한 산업시설의 안전성을 점검하므로써 산업재해로부터 인명과 재산의 손실을 미연에 방지하는 등 공업화 사회에 있어서의

그 역할과 사명이 막중한 과학기술의 한 분야이다.

비파괴검사방법 중 방사선투과검사는 모든 재료에 적용할 수 있고 구조적인 불연속을 영구적으로 가시상을 제공할 수 있는 신뢰성 때문에 국내에서 80% 이상을 점유하고 있으나 방사선 안전 측면에서 취약한 문제점을 안고 있어 방사선 작업 종사자에 대한 충분한 사전교육 및 안전수칙의 준수가 필수적이다. 따라서 초음파탐상검사기술의 저변확대로 선진국 수준으로 방사선 투과검사의 점유율을 낮추는 것도 한 방안이라 여겨진다.

최근 선진국에서는 필름을 사용하지 않고 gamma camera를 사용하여 직접 판독하는 기술이 개발된 것으로 알려지고 있다. 컴퓨터를 사용하여 각 검사지점을 적분한 영상을 연결하여 나타내는 이 기법은 방사선 투과촬영즉시 현장에서 영상을 관찰, 판독할 수 있는 것으로서 멀지 않은

장래에 등장할 것으로 기대된다.

(원고 접수일 2000. 5. 9)

참고문헌

1. Harold Berger, Nondestructive Testing, USAEC
2. NDT Market in Japan, 일본 비파괴검사진흥협회, 1995
3. Don E.,Bray and Don McBide, Nondestructive Testing Techniques, 1992
4. Radiography in Modern Industry, Eastman Kodak, 1969
5. 방사선 이용통계, 과학기술부, 1999.6
6. 장홍근, 비파괴검사기술 향상대책 수립을 위한 조사연구, 과학기술처, 1986
7. 이해, 방사선의 산업적 이용, 비파괴검사 Vol 12, No 1, 1992