

비파괴검사기술의 이해(理解)

Understanding of Nondestructive Testing Technique



글 | 許 楠

(Ho, Nam)

비파괴검사기술사, 방사선관리기술사,
한국비파괴검사기술사회 회장,
현대원자력(주) 회장, 한국기술사회 감사.
E-mail: namho5@hanmail.net

목 차

1. 머리말
2. 비파괴검사의 방법과 종류
3. 산업현장에서의 문제점 유형
4. 개선책 강구를 위한 정책과제
5. 맺는말

I. 머리말

우리 인간은 좋은 물건을 선택하기 위하여 시험과 검사 방법을 택해왔다.

문명이 발달하면서 비파괴검사 도구의 발달을 촉진시켰고 시험·검사의 발달 또한 문명을 윤택하게 하는데 이용되어 왔다.

또한 우리의 삶의 질이 높아지면 높아질수록 높은 수준의 안전성을 요구하면서 비파괴검사기술은 우리 생활과 밀접하게 되었다.

오늘날 비파괴검사는 소재, 기기, 구조물의 품질관리, 품질보증의 한 수단으로 이용되는 계측기술로 검사대상물을 손상, 분리, 파괴시키지 않고 원형을 유지한 상태에서 검사대상물의 건전성을 확인하는 기술로써 활용되어 왔다. 따라서 비파괴검사 기술은 표면이나 내부의 결함 유무와 상태

The nondestructive tests(NDT) are widely applied at various industrial job sites to detect defects and flaws early and thus to diagnose the quality and integrity of components, structures and systems.

This paper discusses the R&D history of various nondestructive testing techniques, their applications and many technical as well as safety issues identified, particularly in the performance of radiography. Also discussed are the principles of inspection methods and NDT qualifications that should be applied at the industrial job sites.

As a result, this paper provides suggestions for improvement in Government programs to promote the NDT industry, for more systematic operation through a direct with the owner, and also for improvement in working conditions for NDT workers.

또는 검사대상물의 성질, 내부구조 등을 조사하는 기술로서 오늘날 각광받고 있는 것이다.

이러한 비파괴검사 기술의 적용은 검사대상물의 물리적 에너지에 대한 응답특성이 내부조직의 이상이나 결함에 의해 변화하는 것에 바탕을 두고 있으며 적용하는 에너지의 종류에 따라 방사선, 음향, 전자기열 및 역학적 검사 방법 등으로 대분류되고 사용하는 변환자의 종류별로 세분하고 있다.

비파괴검사는 검사, 조사 및 시험연구의 수단으로도 적용되는 분야이다.

비파괴검사의 주된 목적은 신뢰성과 건전성 향상에 있지만 비파괴검사 기술을 적용함으로써 각 제조단계에서 제품의 불량률을 저하시켜 제조원가의 절감에도 영향을 미치게 되었고 제조기술의 개량도 가능하게 되었다.

또한 비파괴평가는 정량적 비파괴시험을 통하여 재료의 건전성을 종합적으로 평가하는 기술

로서 재료평가의 큰 부분을 차지하며, 재료나 구조물의 기능 및 신뢰성을 평가하는 요소기술이다. 이는 결함의 특성 결정 외에 재료나 구조물의 응력상태, 재질변화 등을 계측하는 기술을 포함한다.

이러한 비파괴적 검사방법을 종류별로 원리와 개발 역사를 살펴보면 다음과 같다.

II. 비파괴검사의 방법과 종류

1. 방사선투과검사법(RT)

방사선투과검사기술은 오늘날 우리가 병원에서 인체에 대하여 X-선 검사를 하는 원리와 마찬가지로 구조물이나 재료에 적용되는 기술이다. 잘 알려진 것처럼 X-선은 1895년 독일 물리학자 Wilhelm Röntgen이 발견하였으며 미지의 성질 때문에 X-선으로 명명하였다.

1912년 미국인 Coolidge가 고강도, 고에너지를 발생시키는 X-선관(管)의 개발로 방사선 투과검사기술이 급속도로 발전하여 항공기검사, 포탄의 약실검사를 위해 사용하기 시작하여 1925년 미국의 화력발전소에서 고압증기에 사용하는 주요품을 X-선에 의한 투과검사를 하였고, 1930년 미국에서 ASME가 압력용기의 몸통용접으로 용접하는 것을 허가한 최초의 회사인 ICE (International Combustion Engineering사)에 대해 용접부는 X-선 투과검사를 해야 한다는 조건으로 용접의 사용을 허가하였다. 그 다음 해부터 ASME Boiler and Pressure Vessel Code에서 용접부의 검사법으로 규정되었다. 이에 영향을 받은 각국에서 X-선 발생장치를 설치하게 되었는데 일본의 미쓰이 중공업의 나가사키 조선소는 1934년 독일 자이펠트사의 300KVP의 공업용 X-선장치가 설치되었다.

1900년 프랑스의 물리학자 Paul Villard와 영국의 물리학자 Ernest Rutherford는 방사성동위원소(RI)에서 방출되는 γ -선을 발견하였고 이것이 X-선과 같은 성질을 가진 것도 알아냈다.

1920년대말 미해군 조선소에서 라듐(Radium)을 이용한 γ -선 투과검사가 시도되면서 현재까지 두꺼운 피사체에 대해 Co-60이나 Ir-192의 방사성동위원소가 널리 이용되고 있는 현실이다.

1932년 영국의 James Chadwick경이 중성자를 발견하고 1935년 노벨 물리학상을 수상하면서 1935년 독일 Kallmann이 중성자 투과검사법을 소개하였다.

토모그래피(Tomography)는 형광투시법(fluoroscopy)이나 방사선투시법(radioscopy) 기술의 개량에서 출발하였고, 1971년 영국 EMI Corporation에서 방사선투과영상의 재구성을 위한 computer-aided system의 개발로 급속히 발전하여 의학적, 공업적 활용도가 높아졌다. 이 공로로 1979년 영국 Windsor에 있는 EMI Ltd.의 G.N.Hounsfield에게 노벨 의학상이 수여되기도 하였다.

중성자선을 이용한 투과촬영법(NRT)은 방사선투과검사법으로 분류하나 중성자는 X-선과 γ -선과는 달리 원자번호가 작은 수소나 붕소에서도 매우 큰 흡수 계수를 갖고 있기 때문에, 철 등 원자번호가 높은 물질과는 다른 재질의 검사를 할 수 있다는 장점이 있다. 중성자선은 보통 X-선 필름에는 감광되지 않으므로 중성자와 다른 물질과의 사이에서 행해지는 핵반응에 의해 방출되는 하전입자(직접노출법) 혹은 핵반응의 결과로 생성되는 방사성 핵종이 붕괴할 때 방출되는 하전입자(간접노출법)의 사진 작용을 이용하고 있다. 간접노출법에서는 조사(照査)가 끝난 후 방사화(放射化)된 촬영용 금속판과 사진 유제를 밀착시켜

노출하여 전사하므로 상전사법(像轉寫法)이라 부르기도 한다. 중성자 선원은 입자 가속기 또는 원자로가 이용된다.

피검사체로는 탄약뇌관의 건전성 등을 확인하는데 쓰이며 주로 특수 목적에 널리 이용되고 있다.

2. 초음파탐상검사법(UT)

초음파를 시험체 내로 보냈을 때 시험체가 나타내는 음향적 성질의 변화를 이용하여 내부결함이나 재질적 성질을 알아내는 비파괴검사법으로서 주된 방법으로는 반사법, 투과법, 공진법이 이용된다.

음향이론은 인류역사에서 일찍 발달한 분야로 볼 수 있다. 1877년에 발행된 수학자 Lord Rayleigh의 저서 "Theory of Sound"는 지금도 많이 활용되는 참고문헌 중에 하나다.

제1차 대전 중 프랑스의 Langevin 교수가 수정(水晶)진동자를 이용한 초음파로 잠수함 색출을 시도하였고, 1933년 독일의 Muhlhauser가 연속파 투과법으로 초음파 결합검출장치의 특허를 획득하였으며, 1939~40년에 미국 S.J.Sobolo와 러시아인 D.S.Shraiber가 영상표시장치를 추가한 개량된 연속파 투과법장치를 개발하였다.

1942년 제 2차 대전 중 미국인 Floyd A.Fires-tone이 Reflectoscope라는 펄스반사초음파장치의 특허를 취득하였으며 같은 시기에 영국사람 Sproule이 펄스에코 장치를 개발하였다.

1950년대 중반에 초음파시험 규격(specification)과 표준(standard)이 처음 작성되었으며 최근에는 응력 정도 조직측정 등 재료평가에 활용도가 넓어졌다.

초음파 영상기술은 최근 전산화된 데이터 분석과 표시로 영상기술이 발전하여, 초음파 토모프라

피와 음향홀로그래피(acoustical holography)가 개발되었다. 음향 홀로그래피는 제1차 대전 중 프랑스 물리학자 Langevin이 음향 영상에 대해 처음으로 연구하였으며 1920년대에 소련의 Leningrad 대학의 Sokolov가 금속분야에서 결합 검출을 위한 액체표면장치를 개발하여 이것이 오늘의 홀로그래피 시스템의 원조가 되었다. 진폭과 위상정보를 가지는 음향홀로그래피는 1965년 Greguss가 처음 만들었다. 초음파 토모그래피는 X-선 토모그래피의 기술을 응용하여 발전되었고 미국의 Mayo Clinic, NBS(National Bureau of Standards), Purdue대학, Colorado대학 등에서 연구를 수행하였다.

3. 음향방출검사법(AE)

음향방출검사법은 고체가 소성변형 또는 파괴될 경우 그 때까지 모아진 응력에너지가 방출되어 탄성파를 발생하는 현상을 이용한 것이다.

1936년 독일의 Fritz Foster와 Eric Scheil이 처음으로 음향방출현상에 대한 장치 실험에 대해 보고한바 있다. 즉 니켈강에서 마르텐사이트 변태로 발생하는 소리를 기록하였고, 이어서 1948년에 미국의 Mason, McSkimin, Shockley 등이 장치를 이용한 실험을 수행하여 주석에서 저준위 쌍정전위에 의해 방출되는 소리를 기록하였다.

1950년 독일의 Josef Kaiser의 박사학위 논문에서 음향방출에 대한 종합적 연구가 이루어졌으며 음향방출의 비가역성에 대한 Kaiser 효과를 발견하였다. 1950년대 미국의 Tatro와 Schofleid가 연구를 진행하였으며, 1960년대에 미국의 Frederic, Green, Dunegan, Crimmins, Hartbower 등이 시험 기술이용에 관한 연구를 수행하였다.

4. 자분탐상검사법(MT)

자분탐상검사법은 철강재료 등 강자성체를 자화(磁化)하여 결함부분에 생긴 자극(磁極)에 의한 자분의 부착을 이용해 결함을 검출하는 비파괴 검사방법으로서 철강재료 등 강자성체 재료의 표면 및 그 근방 결함을 찾아내는데 많이 사용된다.

1920년대 초에 미국 육군의 Major Hoke가 자분탐상시험의 개념을 처음으로 도입하였고, 그후 MIT의 A.V. DeForest 교수가 검사기법을 완성하였으며 1930년대에 고응력 기계제조시 균열검출에 활용하게 되었다.

5. 와전류탐상검사법(ECT)

와전류탐상검사란 금속 등의 도체(導體)에 시간적으로 변화하는 자속을 적용시키면 도체내부에 와전류(유도전류라고도 함)가 유도된다.

이 와전류는 도체 중에 균열 등의 불연속이 있으면 그 크기와 분포가 변화하며 이 와전류의 변화를 이용해서 결함 검출을 행하는 검사법이다.

와전류탐상검사법은 Faraday, Oersted, Argo, Maxwell 등에 의해 기초가 이루어졌고, 변화하는 자계(磁界)중에 놓여진 도체에 유도전력이 생긴다는 전자유도의 법칙은 1831년에 Faraday에 의해서 발견되었다.

1930년대 말에서 1940년대 초 재료평가에 전자유도법의 적용이 연구되기 시작되었고 제2차대전 중 표면 및 표면하 균열검출용 상용장치가 사용되었다. 1940년대 초 Vigness 등에 의해 실용적인 전자유도검사장치의 개발로 비자성관의 검사에 적용되었으며, 그 후 Farrow, Zuschlag에 의해 강관의 탐상에 응용되었다. 1950년대 초 독일의 Foerster는 임피던스 해석방법을 독자적으로 연구 개발하여 기기의 개발에 의한 전자유도검사의

실용화에 돌파구를 열었으며 1960년대 중반부터 규격, 표준이 제정되면서 본격적인 이용이 시작되었다.

6. 염색침투탐상 검사법(PT)

가시염료가 들어 있는 침투액을 사용하는 침투탐상검사법은 자연광 또는 백색광하에서 가시염료의 색에 의해 결함 지시 모양을 관찰한다. 침투액의 성질에 따라 수세성, 후유화성 혹은 용제 제거성 염색침투탐상검사법이라고도 부른다. 이 검사법은 주로 비철금속을 포함하여 표면 결함을 검출하는데 쓰인다.

철로의 균열검출에 "Oil & white test"를 적용한 것이 기초가 되었으며 1935년경 미세균열의 검출용 침투검사법으로 발전하게 되었다. 그후 1941년에 미국의 R.C.Switzer 가 염색, 형광침투액의 특허등록을 하였다. 1942년 Magnaflux Corporation 이 기술의 이용허가를 받음으로써 널리 응용되기 시작하였고, 제2차대전 중 신행광 검사법이 항공기산업에서 각광을 받아 크게 발전하였다.

7. 육안검사법(VT)

육안검사는 우리의 일상생활에서도 많이 활용해 오던 검사방법이다. 사람의 눈으로 직접대상물의 표면을 관찰해서 균열이나 기공 등의 결함유무와 정도를 조사하는 검사법으로서 재료비가 안 드는 장점이 있으나 오래 숙련된 검사원이 아니면 결함도 쉽게 찾지 못하는 예도 흔히 있는 무시 못할 검사법이다.

미국비파괴검사학회(ASNT)에서는 육안검사를 비파괴검사법으로 분류할 정도로 그 중요성을 강조하고 있다.

III. 산업현장에서의 문제점 유형

1. 압력용기검사의 문제점

압력용기에 주로 적용되는 비파괴검사는 방사선투과검사(RT), 초음파탐상검사(UT), 자분탐상검사(MT), 침투탐상검사(PT) 등이며, 특수한 경우 와전류탐상검사(ECT)를 실시하기도 한다. 방사선투과검사는 맞대기 용접부에 대해 용접 효율에 따라 KS에서는 100%, 20%, 0%를 적용하고, ASME Code에서는 100%, 부분검사(15.2m 당 1매), 0%가 적용되고 있다. 초음파탐상검사는 유독성 물질을 취급하는 압력용기의 T-용접부나 필렛용접부 등 방사선투과검사가 어려운 부위에 대해 적용한다. 자분탐상검사와 침투탐상검사는 용접부나 개선부 또는 경관 등의 표면결함 검사에 적용된다.

2. 방사선투과검사의 문제점

대부분의 경우 비파괴검사는 기록성이 좋은 방사선투과검사를 집중적으로 응용하고 있으나, 필름판독 결과에 대한 의견차이가 종종 발생한다. 실제로 압력용기 및 크레인의 완성검사시 제출된 RT필름을 분석한 결과 다음과 같은 문제점들이 발견되었다.

- ① 필름상질 미달 : 감도미달, 투과도계 미사용 (20mm이하 맞대기 용접부)
- ② 검사부위 누락
- ③ 승인자의 형식적인 서명
- ④ 적용규격의 잘못

위와 같은 문제점은 필름을 촬영하는 검사원의 기량부족과 관리자의 관리·소홀이 주요원인이라 할 수 있다. 비파괴검사는 다른 업무와는 달리 검사원의 역할이 매우 중요하기 때문에 비파괴검사

에 관한 대부분의 국제규격에서는 미국의 SNT-TC-1A에 따라 자격인증을 받은 검사원이 검사를 수행하도록 규정하고 있다. 물론, 국내에서 비파괴검사를 수행하는 사업장에서도 자체적으로 SNT-TC-1A에 따라 절차서를 작성하여 그 절차서에 따라 교육 및 절차를 거쳐 자격인증을 부여하고 인증된 검사원만이 업무를 수행하도록 하지만 이러한 문제점이 계속 발생하는 것을 보면은 이런 필요절차가 제대로 지켜지지 않던가 관리되지 않고 있다는 뜻도 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 우선 현장 검사원에 대한 철저한 교육과 더불어 책임 있는 고급 기술자에 의해 검사업무를 철저히 관리할 필요가 있다. 앞에서 언급한 문제점 중에서 『필름상질 미달』과 『승인자의 형식적인 서명』같은 것은 이와 바로 직결되는 문제점이다. 제출된 많은 필름이 요구되는 투과도계 식별도를 만족하지 못하고, 촬영시 투과도계(투과두께 20mm미만)를 사용하지 않았으며, 투과도계를 사용하였다 하더라도 규격에서 요구하는 농도차를 만족하지 못한 경우가 대부분이다. 이런 현상이 발생하게 된 근본적인 이유는 검사원에 대한 기량부족에도 원인이 있지만 최종 서명확인자 즉, 관리책임자가 제반사항을 상세히 그리고 철저히 검토하지 않고 형식적으로 서명한 결과가 아닌가 판단된다. 방사선투과 필름에 있어 투과도계 식별도와 그의 농도차이는 일반 치수검사서 계측기의 정밀도와 비교될 수 있다. 즉, 정밀도가 낮은 계측기를 사용하게 되면 정확한 치수검사가 되지 않는 것과 같이 방사선투과 필름이 투과도계 식별도와 그의 농도 차를 만족하지 못하면 정확한 검사가 수행되었다고 볼 수 없다. 따라서 현장 검사원이나 관리자는 이런 기본적인 사실을 인식하고 검사를 수행해야 한다.

3. 검사수행 방법의 원칙

여기에서 주목해야 할 또 다른 사항은 검사원이 검사를 수행할 때에 책임의식을 갖고 검사를 수행해야 되는데 그렇지 않은 경우가 많다. 본인이 검사한 제품의 품질을 책임지고 보증하겠다는 자세로 업무를 능동적으로 수행할 때 위에서 언급한 『적용규격 잘못』, 『검사부위 누락』 등의 문제점은 제거 될 수 있다. 예를 들면 압력용기는 ASME Code에 따라 설계·제작되어야 하기 때문이다.

4. 검사원의 자격

모든 문제는 비파괴검사원의 자질에 관한 문제로 귀결된다고 볼 수 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 비파괴검사를 수행하는 검사원은 절차에 따라 교육과 시험과정을 거쳐야 하는데 이에 대한 자세한 사항은 미국비파괴검사학회(ASNT)에서 발행한 자격인증지침서인 SNT-TC-1A에 자세히 설명되어 있다.

우리나라의 국가기술자격법은 규정된 자격자(기능사, 산업기사, 기사, 기술사)의 미국의 SNT-TC-1A와 동등한 자격자임을 인정하고 있지만 미국의 SNT-TC-1A에 의하면 비파괴검사요원의 자격은 일정한 간격으로 교육 훈련 요건에 따라 교육훈련을 이수하므로 산업현장에서 근무하고 있는 한 항상 최근 기법에 익숙해 있으나 우리나라의 자격은 한번 취득하면 평생소지하기 때문에 편리하면서도 교육훈련에 관해서는 허점이 있을 수 있는 보완되어야 할 부분도 있다.

IV. 개선책강구를 위한 정책과제

1. 비파괴검사 업무 관장주무부처 부재

일본, 미국, 독일등 선진국과 같이 비파괴검사 업무가 산업체에 적용되는 기준으로 상무성(美),

산업통상성(日)은 주무부처로서 임무를 맡고 있으나 우리나라는 원자력법에 따라 방사성동위원소(RI)사용허가와 엔지니어링 활동주체 신고를 받는 과학기술부가 미·일과 비슷한 역할을 수행하는 것 같이 보이나 과학기술부는 방사선 안전관리 위주에서 탈피하지 못하고 있기 때문에 진흥업무에 관하여 비파괴검사 전문업체의 애로나 호소를 정책에 반영치 못하고 있는 실정이라서 다음 문제점들이 산업현장에서 제기되고 있다.

과학기술부의 방사선안전과에서는 비파괴검사업업을 하고자 하는 신청자가 방사선투과 검사를 위해 필요한 X-선 발생장치나 “방사성동위원소 사용허가” 신청서를 내면 일정한 인허가 절차를 거쳐 방사선 안전관리상 문제가 없다고 판단되면 그대로 허가증이 발급된다. 이렇게 해서 비파괴검사를 전문으로 하는 업체가 모두 36개사에 이른다. 그러다 보니 과다경쟁으로 저가 수주를 해서 비파괴검사를 전문으로 하는 업체의 경영이 부실하여 폐업신고를 한 업체도 3개사에 이르러 현재는 33개사만이 그 명맥을 유지하고 있는 형편이다. 물론 비파괴검사를 하자면 RT, UT, PT, MT, ECT 등 여러 가지 비파괴검사법이 적용되는데 RT가 60~70%정도 차지하므로 그만큼 비중 있게 취급되고 있는 형편인지도 모른다. 업계의 소망은 과학기술부의 방사선안전과 또는 타부서에서라도 비파괴검사전문업체의 진흥을 맡아 주무부처의 역할을 해 주든지 아니면 산업자원부에서라도 그 역할을 맡아서 업계의 애로를 해결해 주었으면 하는 것이 비파괴검사업계의 한결같은 바램이다.

2. 비파괴검사원의 근로 환경개선

비파괴검사업무 중 방사성동위원소를 이동 사용하는 경우에 한정해서 언급하고자 한다. 용접공

사가 있는 곳에 비파괴검사가 뒤따라 가듯 불가분의 관계가 있다. 방사성동위원소(흔히 Ir-192를 사용)를 작업현장에 따라 이동해서 사용하는데 용접공사와 병행해서 비파괴검사를 실시 할 수 없으므로 비파괴검사는 야간에만 실시하게 되므로 아주 작업조건이 나쁘다고 할 수 있다. 한국중공업 현장에서는 비파괴검사를 안전한 조건에서 실시 할 수 있도록 배려(RT Room) 해 주어 그런대로 괜찮은 편이나 다른 산업현장의 대다수는 이러한 근로환경이 조성되지 못한 실정인바 이의 시정이 시급히 요청되고 있다.

3. 사용자의 직접 발주의 제도화

비파괴검사업은 사용자가 직접 발주를 하지 않는 우리나라의 잘못된 관행에 따라 건설업체의 협력업체로 참여할 뿐만 아니라 최저 단가를 요구하기 때문에 철저한 검사를 기대하는 것은 여러 가지 정황으로 봐서 무리라 할 수 있다.

V. 맺는말

우리는 지금 고도의 산업사회에 살고 있다. 경제성장 시대에 “빨리 빨리”라는 관행에 따라 설치된 중화학 공업시설이 해를 거듭하면서 하나둘씩 터지기 시작한다. 성수대교가 그랬고 울산 화학공장에서 터진 탱크가 그것이다. 물론 그런 시설들은 비파괴검사를 하지 않았거나 했어도 대충한 것들이 대부분이다.

유류탱크가 선박 또는 육로로 이송되고 가스탱크나 화학물질의 운송탱크 등 위험물질이 우리 주변에 산재 해 있다. 이렇게 위험물의 안전한 격리를 위해서는 철저한 비파괴검사가 적용되어 안심할 수 있는 수준의 검사업무가 수행되어야 한다.

국내에서 비파괴검사업에 종사하는 기술자로서

터 검사기술자의 긍지와 자부심은 거의 찾아보기 어렵고 공사발주자를 포함하여 방사선 투과검사에 대한 일반적 시각은 3D직종으로 취급하는 것이 고작이다. 따라서 이와 같은 사회적 환경에서 비파괴검사의 본질에 충실하기 힘들고 지속적인 기술의 축적과 개발은 더더욱 기대하기 어려운 실정이다.

비파괴검사는 엔지니어링으로서의 독립성을 유지 할 수 없고 적정검사수가도 받을 수 없는 실정이다. 계약체계 또한 문제다. 짧은 지면에 모든 문제점을 다 나열 할 수는 없다.

위에서 몇 가지 문제점이 제기된 만큼 업계 스스로 할 수 있는 자정 노력도 문제해결에 도움이 안되니 아무쪼록 정부가 나서서 업계의 애로가 타결되어 비파괴검사가 중요기술로 인식되고 명실상부한 독립적인 검사가 이루어질 수 있도록 정부는 정부대로 발주자는 발주자대로 업계는 업계대로 제 역할을 다 하기를 기대해 본다.

(원고 접수일 2000. 11. 10)

참고문헌

1. 한국비파괴검사학회 20년사(1980~2000)
2. 비파괴검사전문기관 RI사용에 관한 선진외국의 사례조사('99 원자력정책과제최종보고서) 연구기관 : 한국비파괴검사진흥협회(한국원자력안전기술원)
3. 비파괴검사기술 진흥을 위한 정책토론회(서울산업대학교 비파괴평가기술연구소)
4. 비파괴검사용어사전(한국비파괴검사학회 편저, 도서출판 골드 - 1996. 9. 5)
5. 비파괴검사 문제와 해설(한치현, 이용, 한기수, 하기수, 원승환, 이의중 공저 - 1995)
6. 1998년도 추계학술 발표회 논문집(한국비파괴검사학회) 중 비파괴검사기술의 적용실태 및 문제점(강순중)
7. 우리나라의 비파괴검사제도 및 그 업체의 육성방안에 관한 연구, 연구기관 : 한국비파괴검사학회(한국비파괴검사협회)