


# 非破壞檢査技術의 動向

## A Tendency of the Non-Destructive Inspection Technology



강 영 채

(上)

과학평론가, 공학박사

### 서 론

비파괴검사란 공업분야에서 사용되는 재료가 필요한 강도를 갖고 있는지, 또 이 재료로 만들어진 제품과 구조물이 아무런 흠없이 만들어졌는지의 여부를 파괴에 의해서 증명하는 것이 아니라 재료가 갖는 물리적인 성질을 이용해서 파괴하지 않고 성질을 추정하고 채택 여부를 한정하는 방법이다.

인간이 자연물을 이용해서 어떤 목적을 갖는 물건을 만들려고 할 때 먼저 눈으로 그 재료가 목적에 적합한지의 여부를 검사한다.

이것이 비파괴검사의 시초이다. 또 금속으로 만들어진 물건을 망치로 두드려서 그 소리의 상태로부터 균열 등과 같은 흠이 있는지의 여부를 조사하는 것도 비파괴검사이다.

그러나 공업기술면에서 본격적으로 비파괴 시험이 고려된 것은 20~30년전부터이지만 실제로 공업에 도입된 것은 20년 정도의 역사를 갖고 있다.

그것은 공업계가 점차 경쟁이 격심해져서 더 좋은 품질의 제품을 싸게 만들 수 있는 방법에

대해서 연구를 집중하게 되었기 때문이다.

이를 위해서는 불필요한 공정을 줄이고 폐재로서의 낭비를 없애야 한다.

예를 들어 나쁜 재료를 만들지 않기 위해서는 어떻게 하면 좋을까, 또는 나쁜 재료로 가공해서 나중에 폐물임을 발견하는 등의 낭비를 없애기 위해서 비파괴검사가 필요하게 된다.

특히 교통기관, 고압공업 및 원자력공업 등의 발달과 함께 사고의 발생을 방지하기 위해서 제품의 성능에 악영향을 미치는 결함이 있는지를 조사할 필요를 갖게 되었고 또한 공업의 발달에 따라 공정의 합리화를 위한 방법으로서 비파괴시험의 급속한 발달이 요망되어 오늘날에 이른 것이다.

이와 같이 공업이 발달함에 따라 비파괴 시험 기술도 병행해서 발전되었으며, 최근에는 품질 관리를 위해서 생산공정에서 적용하는 경우가 많아졌다.

여기서 비파괴검사의 목적과 역할을 살펴본 후 검사의 종류인 방사선에 의한 검사, 초음파 탐상검사(超音波 探傷檢査), 자기탐상검사(磁氣探傷檢査) 및 전기적 시험에 대하여 기술하고자

한다.

제품을 제조할 때 제조방법이 이상이 없는 적합한 방법이라면 결함이 당연히 없을 것이다.

따라서 비파괴시험에 의해서 제품의 성능에 지장을 주는 결함을 만들 가능성이 있는 방법인가, 아닌가의 여부를 조사하여 만약 결함이 생길 수 있는 방법이라면 제조기술을 개량하여 결함이 없는 방법을 만드는 것이 가장 큰 목적일 것이다.

최근에 와서는 이러한 방법을 기계적으로 수행하여 자동적으로 비파괴시험을 실시하고 이 지시에 의해서 제조공정을 자동적으로 조절할 수 있도록 생산공정에 도입하는 데까지 발전하였다.

한편 기계나 시설 또는 재료를 구입할 경우 사용하는 데 지장을 주는 결함이 있는지의 여부를 그대로의 상태에서 조사하기 위하여 비파괴 시험을 실시하고 있다.

이를 위하여 일정한 기준을 만들어서 기준에 적합한지를 확인하고, 못하면 보수하여 기준에 합격하도록 한다.

또한 이 방법에 있어서는 원자로와 고압용기와 같은 파손으로 인하여 큰 피해가 발생하는 경우에는 전부를 시험한다. 그렇지 않고 중요하지 않은 경우에는 시료를 발취하여 일부분만 시험하여 합격여부를 결정하는 방법도 있다.

그런데 품질평가에 의해서 합격되어 사용하고 있는 경우라도 내압에 의한 하중이나 열 사이클과 부식의 분위기 속에서 운전하게 되는 경우가 있다.

이 때문에 제작 당시에는 아무런 결함이 없던 것도 어떠한 운전조건으로 인하여 균열이 생기고 이것이 커져서 결국 파손되는 경우도 있다.

이러한 사태가 일어나지 않도록 사용중 생기는 균열이나 부식상태를 검출하기 위해서 비파괴검사를 실시하는 것이다.

점검에는 일정시간 동안 운전한 후에, 운전을

중지하고 검사하는 정기검사와 운전하면서 검사하는 두가지 방법이 있다.

이와 같이 여러가지 목적에 쓰이는 비파괴검사의 기본요건으로는 다음의 5가지가 될 수 있다.

첫째, 조사 모체 (에너지원)

둘째, 검사대상에 따른 모체의 변경

셋째, 검사대상에 의한 조사 모체의 변화 검출

넷째, 판독할 수 있는 형태로 만드는 수단

다섯째, 판독 및 판정이다.

비파괴검사로 측정, 평가되는 성질은 크게 기하학적 성질 및 조건, 기계적 성질, 열적 성질, 전기적, 자기적 성질 및 물리적 성질로 구분된다.

이러한 성질을 측정 평가하기 위해 비파괴검사를 검사대상에 적용하려면 고려되어야 할 사항이 많이 있다.

이 중에서 가장 중요한 것 중의 하나가 비파괴검사를 수행하는 사람의 능력이다.

비파괴검사로 많은 이익을 얻을 수 있지만 훈련되지 않고 경험이 부족한 요원에 의해 수행된 검사는 검사신용도가 떨어질 가능성이 많고 올바른 판독이 이루어질 수 없다.

그래서 비파괴검사 요원은 훈련되고 교육을 받아 능력을 유지하도록 하여야 하고, 조직상 제품제작에 직접적인 책임이 없어야 한다.

판정기준이 없으면 검사결과를 무의미하게 만들 수 있다. 판정기준은 제작자와 구매자가 어떤 규격을 사용하느냐에 따라 결정되거나 여러가지 조건을 감안하여 제작자나 구매자가 결정할 수 있다.

이 외에 검사대상에 알맞는 장비를 사용해야 하며 비파괴검사 측정자체의 품질기준이나 장비보정이 필요하다.

비파괴검사를 실시하는 시기는 모든 기계가공이 끝난 다음이 적합하다. 왜냐하면 제작도중에는 결함이 없더라도 맨 나중의 열처리 과정에서

결함이 생기는 경우도 있고 압력시험에 의해서 발생하는 수도 있기 때문이다.

그러나 형상이 완성된 후에는 내부의 공간과 기하학적인 모양으로 인해서 검사가 불가능할 경우도 있다. 따라서 제작공정에 맞추어 검사를 실시하여야만 하는 것이 많다.

이 외에도 용접에서 상당한 시간이 지난후 파괴현상이 일어나는 수도 있는데, 특히 고장력강의 용접구조물에서는 용접후 24~28시간 또는 100시간 이상 경과한 후에 실시하지 않으면 안 되는 경우도 있다.

이상과 같은 사정 때문에 가장 이상적인 시기에 목적에 알맞는 완전한 검사가 가능하도록 고려해서 비파괴시험을 실시해야 한다.

예를 들면 자재 구매시는 수입검사, 공정관리시는 단위작업이 끝난 직후, 플랜트설비시는 접근이 용이한 때나 중요 설치공정이 끝난 후, 또는 열처리 후에 실시할 수 있다. 또 제품 출하시 제품 품질평가를 위해 출하 직전에 실시할 수도 있다.

## 1. 방사선에 의한 비파괴 검사

방사선을 이용한 방법으로는 투과법, 산란법, 회절법 및 분광법으로 크게 나눌 수 있다.

### 1.1 투과법

방사선은 물질을 투과할 수 있고 그 투과도는 물질의 종류와 두께 및 밀도에 따라 변화한다.

방사선으로서는 X선을 이용하는 경우가 가장 많고, 다음이  $\gamma$ 선이며,  $\beta$ 선, 중성자,  $\alpha$ 선 등도 이용이 가능하다.

또 방사선의 강도변화를 조사하는 데는 필름에 촬영하는 방법, 형광판을 관찰하는 방법, 혹은 기기를 사용하여 측정하는 방법 등이 이용되

고 있다.

### 1.2 직접촬영법

이것은 방사선의 사진작용을 이용해서 사진필름에 투과상을 찍어 눈으로 관찰하는 방법이다.

비파괴검사방법으로서 가장 먼저 사용되었고 지금까지도 많이 사용되고 있다.

약 20년전에 개발된 휴대용 X선장치가 선박, 교량, 탱크 및 파이프의 용접부검사에 적합하기 때문에 급속히 보급되었다.

125~300kVp의 휴대식 X선장치는 소형, 경량화가 추진되고 있으며, X선 흡수가 큰 경우를 위해서 Betatron 및 Lineare 등의 고에너지 X선장치가 개발되었고 X선의 흡수가 적은 경우를 위해서는 50~150KVp의 경 X선 장치가 개발되었다.

또  $\gamma$ 선장치의 개발, 수량도 활발히 진행되어 Co<sup>60</sup> 및 Ir<sup>192</sup>이 널리 이용되고 있다.

### 1.3 투시법

이것은 형광판에 투시상을 나타내서 눈으로 관찰하는 방법이다.

필름 및 사진약품을 사용하지 않기 때문에 경비도 적고 또 짧은 시간에 시험할 수 있다는 점들이 장점이다.

그러나 형광판의 영상이 어둡고 질이 좋지 못하며, 장시간 시험을 할 경우 매우 피로한 것이 단점이다.

최근에는 형광상의 밝기를 증가할 수 있는 형광증대관이 개발되어 능률향상과 비용절감을 위해서 많이 실용화되고 있다.

특히 형광상을 TV 영상으로 나타낼 수 있고 원격조작을 할 수 있으므로 X선의 비포위험이 없어지기 때문에 텔레비전 방법도 많이 사용되고 있다.

### 1.4 간접촬영법

이것은 형광관에 나타난 상을 카메라로 촬영하는 방법이다.

장단점을 비교해 볼 때 직접촬영법과 투시법의 중간정도이며, 최근에는 영화촬영이 주목되고 있다. 즉, 고속도로 기록한 후에 저속도로 관찰하여 검토하는 방법이 연구되고 있다.

### 1.5 전자사진법

이것은 셀레늄(Selenium) 등을 사용한 전자사진판을 침전시켜 이것에 방사선을 조사하면 그 강도에 따라 침전성이 변화한다.

이 위에 침전된 수지분말을 뿌리면 침전성에 따라 모양을 이루는데, 이것을 접촉제를 바른 종이에 전사한다.

전자사진판은 반복하여 사용할 수 있고, 강도도 보통의 X선 필름과 큰 차이가 없다.

### 1.6 계기법

이것은 G.M관, 전리함(電離函) 등의 방사선 측정기를 이용해서 방사선의 강도를 측정하고, 이 측정치의 차이에 의해서 결함의 유무 혹은 두께의 변화를 알아내는 방법이다.

현재 두께측정에 사용되고 있지만 내부결함의 검출에는 사용되고 있지 않다.

이것은 결함의 상태를 파악하기 어렵기 때문이다.

### 1.7 산란법

방사선이 시험체에 조사되면 조사선의 일부는 시험체를 투과하여 투과선이 되나 일부는 시험체에 의해 산란되어 산란선이 생긴다.

산란선과 투과선 사이의 각도가  $90^\circ$  이하인 것을 전방산란선이라고 하며,  $90^\circ$  이상인 것을 후방산란선이라고 한다.

후방산란선의 강도는 두께의 증가에 따라 증가하기 때문에 이것을 이용해서 산란선의 강도

를 측정하여 두께를 알아내는 방법이 실용화되고 있다.

이것이 산란법이고  $\gamma$ 선과 고강도의 방사선측정기를 조합시킨 두께 측정기에 의해서 동판의 두께를 측정하며, 또  $\beta$ 선에 의한 얇은 막의 두께 측정도 실용되고 있다.

### 1.8 회석법

결창의 내부에는 원자 또는 이온이 규칙적으로 배열한 공간격자를 만들고 있다.

원자를 직선으로 연결된 면군으로 생각하여 여기에 파장  $\lambda$ 의 X선을 그 면과  $\theta$ 의 각도로 입사시킨 경우  $\lambda$ ,  $\theta$ , 및 면군의 간격  $d$ 와의 사이에 다음과 같은 식을 만족하는 조건이 성립하면 X선은 회석한다.

$\lambda = 2d \sin \theta$  : 브라그(Bragg)의 회석조건결창에 의해 X선 회석을 이용하여 결창의 종류, 크기, 면간격의 변화 등을 구함으로써 혼합물이나 산화물의 분석, 또는 열처리에 따른 결창입자의 조대화, 미세화, 결창화의 변화 및 전류응력의 측정 등을 하고 있다.

### 1.9 분석법

특성 X선의 파장은 각 원소에 따라 고유한 것이다. 따라서 조성을 모르는 합금 등에 X선을 발생시켜 분광계에 걸어서 파장을 조사함으로써 정성분석이 가능하다.

또, 스펙트럼의 강도를 비교함으로써 정량분석도 할 수 있다.

파장이 짧은 연속 X선을 조사시키면 시료에서 방출하는 2차 X선, 즉 형광 X선의 파장과 강도로서 성분의 분석을 행하는 방법을 형광 X선분석이라 한다.

짧은 시간에 고정밀도의 분석 및 미소부분의 분석이 가능하다는 것이 특징이다.

(다음 호에 계속)