《技術解說》 비파괴검사 제 1 권, 제 1 호, 1981

품질 관리와 비파괴 검사

朴 璁 洙

유양원자공업주식회사
(1981年 1月 29日 접수)

Quality Control and Nondestructive Testing

UN - SU PARK

YU-YANG ATOMIC IND. CO, LTD.
(Received; January 29, 1981)

I. 서 론

공업의 발달과 더불어 생산제품의 품질에 대한 논란은 끝나지 않고 날로 커져가고 있으며, 공업의 발달이 고도화되면 될수록 품질에 관련되는 부문은 더욱 복잡하게 되고 구매자의 요구 또한 다양하게 변하여 가게 마련이다. 이와 더불어 공산품 생산자는 이윤이 최종적인 목적이므로 어떻게 해서 구매자의 요구를 충족시켜 가면서 더많은 이윤을 얻을 것인가를 생각지 않을 수 없게 되었다. 이러한 관점에서 원가를 절감하고, 생산성을 높이고, 품질을 개선하여 제품의 신뢰성을 높이기 위해 파생되어 나온 것이 바로 품질 관리라 할수있다.

공업이 발달하기 전이라고 해서 품질관리가 되지 않았던 것은 아니지만 공산품의 종류가 더욱 복잡해지고 개개 공산품이 인간에 미치는 영향이 커지면서, 제한된 자원을 효율적으로 이용하여 인간을 보호하고 이익을 증대하기 위해 좀더 조직적이고 체계적인 품질 관리가 점차 필요하게 된것이다. 이러한 품질 관리의 요구 조건을 충족하기 위해 개발된 것이 비파괴 검사(NDT)라고 할 수 있다.

그러나 NDT만 실시하면 품질이 개선되고 이익이 커진다고 생각하면 큰 오산이다. NDT는 오로지 품질 관리를 위한 수단이기 때문이다. 그러나 현재로서는 중공업계통에서 가장 신뢰성을 보장할 수 있는 것으로서 NDT의 특성과 신뢰성 정도를 감안하여, 보다 효율적으로 사용하고 기술을 개발하면 품질관리가 더욱 잘 이루어 질 수 있을 것이다.

II. 왜 NDT를 하는가

병원에서 환자를 진찰할 때 만일 공업에서 적용되는 파괴 검사를 실시 한다면 어떻게 될까? 하고 상상해 보자. 이러한 상황은 있어도 안되며 있을 수도 없을 것이다. 이와 같이 현대 사회에서는 의학분야에서 만이 아니라 공학에서도 NDT를 사용치 않으면 안될, 비행기, 원자력발전소, 화학 Plant와 같은 대단위 설비가 많이 제작되고 이들의 사용중 검사가 매우 필요하게 되고 있다. 즉 생산 제품이 복잡해지고 더많은 기계 장치를 사용하게 되므로서 장치 자체의 무게를 줄이거나 안전성을 높이기 위해 더좋은 품질의 대체품이나 원자재를 사용해야 한다. 그러나 생산품이 잘못되어 다시 제작할 경우 비용과 노력의 손실이 생기며, 또한 대중의 안전성도 고려되어야 하므로 더욱 NDT에 대한 요구가 급증하고 있다. 그러면 여기서 크게 NDT를 사용하게 되는 이유를 들어 보자.

첫째, 제품의 신뢰성을 보증한다

비행기 제작시 수많은 부품이 사용되는 데 이들 각각이 주어진 시방서에 따라 품질관리의 일안으로 NDT를 실시하여 각 부품의 신뢰성을 보증하므로서 비행기라는 거대한 제품에 대한 신뢰성도 보증된다. 이같이 복잡하고 장기간 사용해야할 제품에 대해 구매자들은 더욱 신뢰성을 요구하게 되고, 이를 위해 생산자는 NDT를 하게 된다. 이로써 제품 생산자들은 제품의 사고나 실수, 미비점을 미연에 방지하여 이익을 증대하고 인간을 보호하게 된다. 특히 대단위 화학 Plant나 원자력 발전소같은 설비에서는, 모든 설비의 안전성을 보증하기 위해 NDT가 중요한 역할을 하고 있는 것이다. 원자력 발전소의 신뢰성을 보증하기 위해 NDT가 얼마나 큰 역할을 하는가, 또 이를 위해 연구를 많이 하고 있다는 것을 EPRI (Electric Power Research Institute) 원자력 발전소 점검방법 개선을 위한 계획에서 잘 설명되고 있다.

둘째. NDT를 실시한 생산자들에게 이익을 준다

1) 자재 절약

자재 관리기사, 설계사, NDT기사가 원자재의 품질을 적정선에서 관리하므로써 원자재의 손실을 줄일 수 있고 설계사로 하여금 설계를 개선하게 하고, 각 부품의 특성에 따라 원자재 품질을 규정하여 원자재 품질의 변이로 인한 손실도 줄이고 결함이 있는 자재를 다음 작업실시 이전에 제거 시킬 수 있다.

2) 제조 공정 관리

최종 제품의 사용에 중요한 영향을 주는 기본조작이 끝난 뒤 NDT 검사를 실시한다. 그 과정에서 발생하는 결함을 측정하여 원인을 분석하고 결함 품목을 제거하거나 그 조작과정을 관리하여 다음 제품에서 결함이 발생치 않게 한다. 예를 들면 용접 부위를 시정하거나 용접 시방의 잘못을 시정하게 할 수 있다. 또 어떤 경우에는 NDT를 자동적으로 하여 자료를 정리 분석하고 이를 다시 공정관리에 적용할 수 있게 하거나 자동적으로 공정이 조정되게 하여, 공정을 관리하고 제품의 불량을 감소시킬 수 있다. 특히 NDT는 모든 제품을 손상시키지 않고 검사할 수 있다는 특성을 지니고 있는 것이다. 이외에 기계 장치를 사용해 제품을 생산할 때 제품을 검사하여 허용오차를 능가하는 경우 장치의 조작상 잘못이 없거나 설계등 제반 사항의 오류가 없다면 그 장치의 잘못을 예견하여 기계 장치의 유지 관리를 동시에 할 수 있다. 그리고 일부 기계장치의 고장으로 전 공정을 중단해야하는 위험이 적어진다.

3) 균일한 품질 수준 유지

NDT를 사용하여 직접적으로 품질을 개선할 수는 없지만 공정을 관리 상태에 두게 하므로써 경영진이 설정한 품질 수준을 허용한계 내에서 유지하고 NDT 자료를 설계, 기술 부문으로 되돌려 품질 개선을 할 수 있다.

4) 제조비용 절감과 생산성 증대

공정관리나 자재관리를 통해 결함이 있는 자재 또는 중간 제품이 다음 공정으로 넘어가지 않게 하여 완제품에서 불량제품으로 판정되어 이에 소요된 인원, 자재, 비용을 절감할 수 있다. 또 인원 및 기계 장치가 일정 수준 이상의 제품을 생산하는데만 사용되므로 생산성을 높일 수 있는 것이다. 그리고 다른 검사법(파괴 검사)과 비교시 검사 비용이 일반적으로 적게 든다. 위와 같이 NDT를 사용하면 자재와 노동력의 낭비를 감소하고 지나치게 엄격한 설계의 기준을 완화하고 결함품목의 대치 등을 통해, 원가절감, 품질개선, 신뢰성 보증, 생산성 증대라는 커다란 수확을 거둬 들일 수 있다. 그러나 제품의 특성, 시장 품질 수준, 생산기술 능력에 따라 반드시 적절한 NDT 방법을 사용해야만 효과를 얻을 수 있다는 것을 감안하지 않으면 손실을 초래하게 되고 무의미한 NDT가 되고 말것이다.

III. NDT 방법과 특성

현재 널리 사용되고 있는 NDT 방법은 많이 있지만 중심을 이루고 있는 방사선 투과 시험(RT) 자분 탐상 시험(MT), 액체 침투 탐상 시험(PT), 초음파 탐상 시험(UT), 와류 탐상 시험(ET)을 중심으로 살펴보자.

1) NDT기본 요건

모든 NDT 방법은 첫째 조사 매체 (Energy원), 둘째 검사 대상에 따른 매체의 변경, 세째 검사 대상에 의한 조사 매체의 변화 검출, 네째 판독할 수있는 형태로 만드는 수단, 다섯째 판독 및 판정의 다섯가지 기본 원리에 귀착 된다. NDT로 측정, 평가되는 중요한 성질은 크게 기하학적 성질 및 조건, 기계적 성질, 열적 성질, 전기적 자기적성질, 물리

적 성질로 구분 될 수 있다.

이러한 성질을 측정 평가 하기위해 NDT를 검사 대상에 적용 하려면 고려 되어야 할 사항이 많이 있다. 이중에서 가장 중요한 것 중의 하나가 NDT를 수행하는 사람의 능력이다. NDT로 많은 이익을 얻을 수 있지만 훈련 되지 않고 경험이 부족한 NDT요원에 의해 수행된 NDT는 검사 신뢰도가 떨어질 가능성이 많고 올바른 판독이 이루어 질 수 없다. 그래서 NDT요원은 훈련되고 교육을 받아 능력을 유지하도록 되어야 하고 조직상 제품 제작에 직접적인 책임이 없어야 한다. 판정 기준이 없으면 검사결과를 무의미 하게 만들 수 있다. 판정 기준은 제작자와 구매자가 어떤 규격을 사용 하느냐에 따라 결정되거나, 여러가지 조건을 감안하여 제작자나 구매자가 결정 할 수 있다. 이외에 검사 대상에 알맞은 장비를 사용해야 하며 NDT 측정 자체의 품질 기준이나 장비 보정이 필요하다. 이를 위해 "Calibrations and Standards for NDT"라는 해설을 참고하면 좋을 것이고 그 해설에서 인용한 도표를 참고적으로 첨가한다

TABLE 1 Some NDT Measurement Factors that Influence Repeatability.

NDT Method	*Factors*
X-Radiography	Focal spot
	Effective energy
	Beam uniformity
	Scattering
	Geometry
	Screen: Placement, Uniformity, Type, Thickness
	Film: Type, Uniformity, Handling, Processing
Ultrasonics	
	Transducer: Frequency, Uniformity, Beam pattern, Total output, Electrical characteristics
	Electronics: Display, Linearity, Pulse shape, Filtration
Penetrants	Wetting characteristics
	Dye concentration
	Developer efficiency
	Contrast of indications
Magnetic Particle	Magnetizing conditions
	Leakage flux at defect
	Contrast of indications
	Dry vs wet
	ac vs. dc
Eddy Current	Lift-off
	Frequency (ies)
	Detector design
	Exciting coil design
	Compatability of electronics
Visual	Lighting and contrast
	Visual acuity of inspector

2) **NDT 비용**

NDT를 실시한다면 NDT비용을 생각지 않을 수 없다. 이 비용은 단순히 결정 되지 않고 모든 요인을 주의 깊게 분석, 검토 하여 산출 된다. NDT에 소요 되는 비용은 각 검사 방법에 따라 달라 지기 때문에 간단히 비용에 미치는 요인만 열거하고자 한다. 요인은 임금, 검사 자재비, 운영비, 시설공간과 장비 감가 삼각비등 4가지의 고정비로 구분되고 검사 대상, 검사량, 검사 장소, 검사 목적, 검사 방법, 결함율, 허용오차 등의 변수도 검사 비용에 크게 영향을 미친다. 그리고 불필요한 검사, 부적당한 검사 영업비 등도 고려 되어야 한다. 이 같이 NDT 비용의 요인이 복잡하므로 비용 절감을 위해 세심한 주의가 필요 하다. 현재 국내 에서는 검사 자재들이 생산 되지 않아 검사 자재비와 임금이 큰 비중을 차지하고 있다고 할 것이다

3) **NDT 방법 선택**

NDT 방법 선택은 NDT를 실시 할 때 가장 주의 깊게 고려 되어야 한다. 그렇지 않으면 무의미한 NDT가 되고 말 것이다. NDT 방법 선택 요인은 검사 대상의 형태 (주조, 용접, 단조, 형상, 크기, 재질 등), 검사 목적, 검사 비용, 사용 규격, 판정기준, 찾고자 하는 결함 종류, 개개 검사 방법의 특성으로 구분할 수 있다. 이러한 요인을 감안하여 검사 계획을 수립하고 그 계획에 적합한 장비 인원을 동원하여야만 오류를 범하지 않을 것이다. 그리고 각 NDT 방법의 신뢰성-결함 검출 능력-을 고려하지 않으면 안된다. 예를 들어 M. E. Liebman씨의 Principle of Complete Inspection이라는 제목의 해설에서 소개한 로켓 모터 부품의 NDT 실시 계획표를 첨부한다.

여기서 NDT 방법별 특성을 모두 열거 할 수없지만 측정 할 수 있는 결함 종류, 재질, 사용 목적면에서 Material Evaluation 잡지에서 게재한 NDT 소개 부분에 제시한 도표를 이용해 간단히 알아 보자.

(1) 방사선 투과 시험

가. 사용 목적

제조 공정 품질 관리, 예방 정비, 용접부 검사, 개재물 발견, 두께 측정

나. 검사 재질

금속. 식품. 박판. 비 금속.

다. 측정 결함 종류

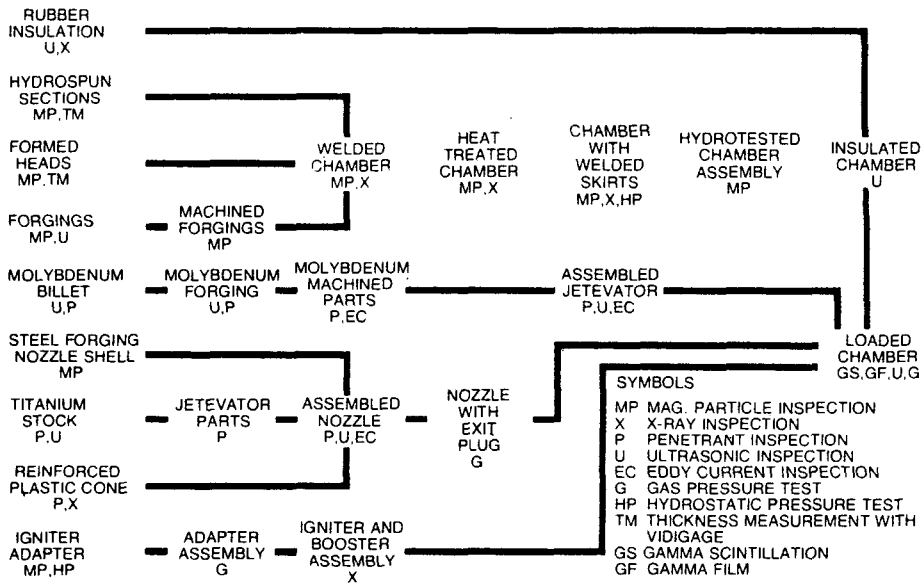

그림 1. *Nondestructive test sequence for rocket motor assembly (completed).*

공동, 균열, 기공, 개재물, 두께 차이 등 다수.

(2) 초음파 탐상 검사

가. 사용 목적

품질관리, 재료 검사, 예방 정비, 두께 측정.

나. 검사 재질

금속, 합금, 규화 탄화물, 유리, 고무, 플라스틱, 콘크리트.

다. 측정 결함 종류

압연균열, 겹침, 편석, 단조균열 Void, Lamination, 불충분한 땜질 등.

(3) 자분 탐상 검사

가. 사용 목적

표면 결함 검사.

나. 검사 재질

철, 니켈, 코발트 등의 강 자성체.

다. 검출 결함 종류

Blowhole, 공동, 단조 균열, 연마 균열, 겹침, Cold Shuts 등.

(4) 침투 탐상 검사

가. 사용 목적

제조불연속, 응력 균열.

나. 검사 재질

비기공성 비자성 금속, 합금, 비금속.

다. 측정 결함 종류

표면 균열, Lamination, 표면이 열린 불연속, 결합 부족 등.

(5) 와류 탐상 검사

가. 사용 목적

자동 생산 제품 검사, 나쁜 재질 확인, Coating두께 측정.

나. 검사 재질

금속.

다. 측정 결함 종류

표면 처리 불연속, 치수, 나쁜 재질 등.

NDT를 실시 하는 시기는 대체적으로 모든 기계가공이 끝난 다음이 적합하지만 목적에 따라 달라질 수 있다. 예를 들면 자재 구매시는 수입 검사, 공정 관리 시는 단위 작업이 끝난 직후, Plant 설비 시는 접근이 용이한 때나 중요 설치 공정이 끝난 후 열 처리 후에 실시 할 수 있다. 또 제품 출하시 제품 품질 평가를 위해 출하 직전에 실시할 수도 있다. 이외에 NDT·Hand Book의 Test Selection Chart를 참고 하면 많은 도움이 된다.

Ⅵ. 우리나라에서 문제점

이제 우리 나라에서도 원자력 발전소, 송유관, 압력 용기, 조선소, 방산 제품 등 여러 방면에서 NDT를 적용하고 기술적인 면에서 많은 진전을 해왔다고 할 수 있을 것이다. 그러나 어떤 필요성에 의해

스스로 문제 해결을 위해 NDT를 실시 하는것 보다 구매자가 요구 하니까 비싼 비용을 들여 가면서 형식적으로 실시 하는 등, 많은 문제점을 안고 있으며 생산 제품의 국제적 공신력을 증대 시키거나 건설된 Plant의 안전성과 신뢰성 보증을 위해 개선 되어야 할 문제가 많이 있다. 이런 문제점 해결을 위해 개인, 전문업체, 각 산업체 뿐만 아니라 국가 기관에서도 많은 노력을 기울여야 할 것이다.

여러 가지 문제점 중 몇 가지 예를 들어 보면, NDT관련 규격 개발의 미흡, 품질 개선 및 보증의 관점에서 NDT에 대한 국가 기관의 지원 부족, 전문 교육 기관 및 연구 기관 미비, 기업주나 개인의 인식 부족 및 개발 의식의 결여, NDT 기자재 개발 미비, 전문 기술자 및 기능인 양성 부족, 품질 관리 및 보증을 위한 체제 정립이 안 되고 있는 점 등이다.

이 중에서 첫째로 NDT 관련 규격이 되어 있으나 규격은 독자적이고 국제적으로 공신력이 인정 되어야 하는 데 현재 약간 미흡 하다고 할 수 있을 것이다.

그리고 NDT를 사용해서 품질 관리를 해야 할 분야의 규격에도 단순히 품질 관리를 하도록 할 뿐만 아니라 조직적이고 구체적인 대안이 제시 되어야 할 것이다. 현재 우리 나라에서 주로 일본, 미국, 구주 계통의 규격을 사용하고 있는 데 국가적 차원에서 각 협회, 전문 기관, 산업체와 국가 관련 기관이 협조하여 모든 규격을 정비, 보강하여 국내 공사및 제품은 국내 규격을 사용 할 수 있도록 조치가 취해져야 할 것이다. 그리고 국가에서 공인 된 NDT 전문 업체를 선정하여 산업체 내부에서 해결 할 수있는 부분 이외에는 이런 전문 업체로하여금 NDT를 실시 하도록 하거나 경제적인 지원 등으로 기술 개발, NDT기자재 개발을 할 수있도록 하는 것도 바람직 할 것이다. NDT 분야는 장비나 중요 기자재가 외국에서 구입 됨으로 NDT 가격을 비싸게 만들고, 적기에 공급이 되지 않고 고장이 났을 경우 대체품의 부족으로 막대한 외화 손실을 초래 하게된다.

두번째로 경영주가 단순히 외국 기술 도입에만 의존 하려 하지 말고 우리나라 현실과 기술 축적 정도에 맞게 기술 개발과 품질 관리 및 보증을 행할 수 있는 체제를 확립 할 수있도록 해야 될 것이다. 기술 개발이나 품질 관리 수단으로 NDT의 역할을 충분히 인식하여 전문 기술자를 양성하고 보다 개발된 NDT를 실시하여 국내외에서 국산품 및 용역의 신뢰성을 인정 받을 수 있도록 되어 져야 한다.

세번째 전문 교육 기관 및 연구 기관이 아직은 제대로 갖추어져 있지 않고 있다. 이런 기관을 빨리 정비하여 우수한 기술자 및 기능인을 양성하고 NDT 기술 개발에 역점을 두어야 할 것이다.

위와 같은 제반 문제점을 해결하여 우리 나라 공공 기관 및 개인 기관의 측정, 검사에 대한 신뢰도를 앙양시켜 국내, 국제적으로 공인력을 증대시켜야 될 것이다.

V. 결 론

앞에서 고찰 해 본 바와 같이 NDT는 품질 개선, 기술 개발의 한 수단 으로써 다른 검사에 못지 않은 역할을 하고 있다는 것을 파악 하고 NDT의 기술 개발과 NDT 특성에 따라 효율적으로 사용하여 생산 제품의 품질과 신뢰성을 보증하면서 보다 많은 제품을 저렴한 가격으로 생산 할 수 있도록 되어야 하며, 유능한 NDT기능인과 기술자를 더욱 양성 시켜 보다 신뢰 받을 수 있는 NDT를 실시 하도록 전문 업체, 산업체, 개인, 국가 기관은 서로 협조 하며 노력해야 될 것이다.

참 고 문 헌

1. R. C. McMaster, "NDT Hand Book" Ronald Press, New York. (1959)
2. ASM, "Nondestructive Inspection and Quality Control, Metals Hand Book, Vol. 11", ASM, (1967)
3. P. Dick, "An Introduction to Nondestructive Testing" Materials Evaluation, 35권 9월호, (1977), 26.
4. W. McGonnie, "Nondestructive Testing" Materials Evaluation, 26권 7월호 (1964)
5. R. C. McMaster, "Why NDT is needed" Metal progress, 2월 (1961)
6. B. R. Johnson, "The key to Qualibility in Evaluating Materials." (1976)
7. M. E. Liebman, "Principle of Complete Inspection" Materials Evaluation, 36권 7월호 (1978) 72.

8. H. Berger and L. Mordfin, "Calibrations and Standards for Nondestructive Testing." Materials Evaluation, 36권 10월호 (1978)
9. W. A. Anders and J. W. Simpson, "Call for NDT Leadership Role in Assuring Safety of Nuclear Power", Materials Evaluation, 34권 4월호 (1976), 11A.
10. E. R. Reinhart, "EPRI Program to Improve Nuclear Code Inspection Methods." Materials Evaluation, 36권 5월호 (1978), 36.
11. H. Berger, "Nondestructive Measurements: How Good Are They?" Materials Evaluation, 34권 1월호 (1976), 18A.
12. R. H. Lambert, "Materials and Processes—Design for NDT," Materials Evaluation, 35권 12월호 (1977), 34.
13. R. S. Sharpe and R. W. Parish, "A Timely Intervention of NDT" Materials Evaluation, 36권 6월호 (1978), 27.
14. D. O. Harris, "A Means of Assessing the Effects of NDE on the Reliability of Cyclically Loaded Structures" Materials Evaluation, 35권 7월호 (1977), 57.
15. "The Advantages and Limitations of Commonly Used Method of NDT." The Report Centre, Ministry of Technology, U. S. A. 9월 (1968).