

비파괴검사의 기초

선박검사기술협회 부산지부
정 광 교/주임검사원

1. 서 론

오늘날 산업현장에서 생산품의 신뢰성제고, 시설물의 안전진단 및 내구성확보를 위하여 수시 또는 정기적으로 비파괴검사를 행하고 미래에 발생할 수 있는 사고 또는 재해를 예방하고 있다. 비파괴검사는 그 대상물에 손상을 주지 않고 대상물의 내부상태나 결함등을 알아내기 위한 검사를 말한다. 이러한 비파괴검사 방법에는 육안검사, 침투탐상검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 방사선투과검사 등 여러 가지 방법이 있으며, 어떠한 검사방법을 어떻게 이용하여 비파괴검사를 하는가에 대하여는 비파괴검사 대상물의 종류 및 검사목적에 따라 가장 적합한 검사법을 택하여야 한다.

이 글에서는 전문적인 이론이나 수식등을 피하고 초심자들의 이해를 돕기 위하여 비파괴 검사방법의 기초적인 원리를 소개하고, 선박검사 업무중 실제 비파괴검사가 적용되는 사례를 소개하고자 한다.

2. 비파괴검사의 종류 및 원리

금속재료의 결함에는 크게 표면결함과 내부 결함으로 분류되고, 금속재료의 성질에 따라 자성체와 비자성체로 분류할 수 있다. 비파괴검사를 실시하는 경우 금속재료의 종류, 예상할 수 있는 결함의 종류에 따라 적절한 검사방법을 선택하고, 비파괴검사 방법의 원리를 이해하므로써 검사결과의 신뢰성을 올릴 수 있다.

2.1 침투탐상검사

2.1.1 침투탐상검사의 원리

침투탐상검사(Liquid Penetrant Testing, PT)는 침투특성이 좋은 침투액을 시험체 표면에 적용하여 불연속부에 침투시키고 과잉의 침투액을 제거한 후 현상제를 도포하여 침투된 침투액을 표면으로 스며나오게 하므로써, 시험체 표면의 결함을 검출하는 비파괴 검사방법중의 하나이다. 금속, 비금속에 관계없이 거의 모든 재료에 적용되나 미세한 구멍이 많고 흡수성이 좋은 다공질 재료에는 적용이 곤란하다. 또한 탐상제에 의해 부식 및 변색등의 유해한 영향을 받는 시험체에는 적용해서는 안된다.

2.1.2 침투탐상검사의 장단점

침투탐상검사가 널리 사용되는 이유는 다음과 같은 장점들이 있기 때문이며 그중 가장 중요한 것 중의 하나가 방법 및 적용이 간단하다는 것이다.

- (1) 시험방법이 가장 간단하다.
- (2) 고도의 숙련이 요구되지 않는다.
- (3) 제품의 크기, 형상 등에 크게 구애를 받지 않는다.
- (4) 미세한 균열의 탐상도 가능하다.
- (5) 비교적 가격이 저렴하다.
- (6) 판독이 비교적 쉽다.
- (7) 금속, 비금속에 관계없이 거의 모든 재료에 적용할 수 있다.

이러한 장점들이 있는 반면 다음과 같은 제

한 사항들이 있으므로 침투탐상검사를 적용할 때 고려하여야 한다.

- (1) 침투탐상검사는 표면검사에 한하며 또한 표면이 열려 있는 상태이어야 한다. 개구부에 기름, 그리이스(Grease), 이물질 또는 물들이 차 있으면 침투제가 침투할 수 없어 검사결과의 신뢰도를 떨어뜨린다.
- (2) 표면이 거칠거나 기공이 많으면 과잉의 침투제를 제거시 완전하게 제거되지 않아 표면에 나타나는 결함의 지시모양과 구별하기가 어려운 허위지시모양을 만든다.
- (3) 주위 온도에 민감하여 매우 춥거나 너무 더운 온도는 정상적인 탐상검사가 곤란하다.
- (4) 시험체 표면에 남아있는 침투제 또는 현상제를 세척해야 하는 경우가 있다.
- (5) 결함 내부의 형상 및 결함 크기를 알 수 없다.

2.1.3 침투탐상검사의 방법

결함 검출능력은 탐상제의 성능과 시험절차의 적부로 결정된다. 우수한 탐상제를 사용해도 시험절차의 순서와 방법이 적정하지 않으면 높은 결함 검출능력을 얻지 못한다.

1. 전처리

침투탐상검사는 시험품에 있는 결함내부에 침투액을 충분히 침투시켜야 한다. 그러나 표면이 오물, 먼지, 스케일등의 이물질이 부착되어 있으면, 침투액이 결함의 내부에 침투되는 것을 방해해서 결함을 검출하는데 지장을 초래하기 때문에 시험전 표면의 세척은 중요한 과정이다. 전처리 방법은 화학적 세척, 기계적 세척 및 용제세척방법이 있으며, 오염물의 종류, 시험품의 성분을 고려하여 세척방법을 선택한다.

2. 침투처리

침투액을 시험체의 결함 속으로 침투 시키기 위해 시험면을 침투액으로 적시는 조작을 말한다. 침투액을 시험체에 적용하는 방법으로는 시험체를 침투액 탱크에 담그는 침지법, 붓을 사용하는 솔질법, 분무법 등이 있으며 시험체의 크기, 형상, 수량, 시험조건 등에 따라 알맞은

방법을 사용한다.

침적법은 일반적으로 형광 침투탐상시험에 널리 적용되고, 소형의 다량검사에는 적합하지만 소수부품과 대형 부품의 검사 및 출장검사에는 부적당하다.

분무법은 스프레이노즐(Spray nozzle)을 이용하여 압축공기 또는 에어졸(Airzol)제품과 같이 내장된 가스 압력에 의해서 침투액을 분사하여 시험품의 전체 또는 일부분에 침투액을 도포하는 방법이다. 이 방법은 여러 가지 종류의 침투액에 적용할 수 있고 특히 대형부품 또는 대형구조물의 부분참상에 가장 적당한 침투처리 방법이다.

붓으로 칠하는 법은 붓 등으로 시험면에 침투액을 도포하는 방법이며, 이 방법은 일반적으로 대형부품 또는 대형구조물의 부분참상에 가장 적당한 방법으로 활용되고 있다.

침투제를 시험품에 도포한 후 침투제의 종류, 시험품의 재질, 예상되는 결함의 종류와 크기 및 시험품과 침투액의 온도 등을 고려해서 적절한 침투처리 시간을 고려하여야 한다. 일반적으로 시험품과 침투액의 온도가 15~40℃의 범위에서는 침투시간을 5~20분을 기준으로 하나, 특히 폭이 좁은 결함의 경우 기준 침투시간의 2배 이상의 시간으로 처리할 필요가 있고, 온도가 낮은 경우에도 침투시간을 증가시켜야 한다.

3. 세척처리

세척처리란 물 또는 용제를 사용해서 결함의 내부에 침투되어 있는 침투액 이외의 시험면의 과잉침투액을 제거하는 처리를 말한다.

수세성 침투액 및 후유화성침투액의 경우에는 수세척을 이용하고, 용제제거성 침투액의 경우에는 용제를 이용하여 세척한다. 선박검사현장에서는 일반적으로 에어졸제품의 용제세척액을 이용하며, 세척액으로 적신헝겊을 사용하여 시험면의 침투액을 문질러 닦아내는 방법을 이용한다. 용제세척에 사용되는 세척액은 침투성도 높기 때문에 다량으로 사용하면 결함내에도 침투하여 결함내의 침투액을 씻어낼 수 있는 염려가 있기 때문에 주의해야 한다. 에어졸 제품

의 세척액을 시험면에 직접 분무해서 세척처리를 행하는 장면을 자주 볼 수 있지만, 이러한 세척처리에서는 과세척이 되기 쉽기 때문에 피하는 것이 좋다.

4. 현상처리

세척처리가 끝난 시험품의 표면에 백색 미분말의 현상제를 도포하여 현상제의 입자간 모세관 현상에 의해서 결함 내부의 침투액을 시험표면으로 흡출시켜 지시모양을 형성하는 처리를 현상처리라 한다.

현상처리 방법에는 건식현상법, 습식현상법, 속건식현상법 등이 있으며, 백색 미분말의 현상제를 휘발성이 높은 유기용제로 현탁한 현상제를 이용하는 속건식 현상법은, 일반적으로 에어졸 제품의 현상제가 널리 사용되고 있다. 속건식 현상법에 사용되고 있는 용제는 매우 휘발성이 높기 때문에, 현상제를 적용하면 그 용제가 시험면을 적신 후에 즉시 건조되어 결함 중에 침투된 침투액의 흡출작용이 빠르고, 현상작용을 촉진시키는 특성을 갖고 있어 다른 현상법과 비교해서 결함검출 능도가 높다.

5. 관찰

정해진 현상시간이 경과하면 즉시 결함지시모양이 있는가를 확인하여야 한다. 침투탐상검사에서는 현상처리에 따라 지시모양이 형성되는 과정에서, 시간의 경과와 함께 지시모양이 변하기 때문에 정확한 관찰의 방법으로는, 현상처리 후 결함에 의해 지시모양이 나타나기 시작하는 시점에서 관찰을 시작, 소정의 현상시간이 경과한 후 즉시 최종적인 관찰을 완료하는 것이 좋다.

2.2 초음파 탐상검사

2.2.1 초음파 탐상검사의 원리

초음파 탐상검사(Ultrasonic test, UT)는 고주파수의 음파의 Beam을 검사할 재질 내로 보내어 표면 및 내부결함을 검출하는 비파괴 검사법으로, 초음파는 에너지의 감소와 더불어 재질내를 진행하며 경계면에 의해 반사되고, 반사

된 빔을 검출 분석하므로서 결함의 유무 및 위치를 알 수 있게 된다.

초음파 탐상검사의 방법에는 펄스반사법, 투과법, 공진법의 3종류가 있으며 이 중에서 가장 널리 이용되는 방법은 펄스반사법이다. 펄스반사법은 초음파 탐상의 가장 일반적인 방법으로 지속시간이 매우 짧은 초음파펄스를 재료중에 투입하고, 그것이 재료 중의 흠에 반사되는 것을 수신하여 흠의 위치와 크기 등을 아는 방법이다. 이것은 한 개의 탐촉자로 수신·발신을 할 수 있는 1탐촉자법과 수신·발신을 각각 2개의 탐촉자를 이용하는 2탐촉자법으로 크게 구분한다.

투과법은 연속파 또는 펄스의 고주파전압을 송신탐촉자에 가해, 피검물을 투과한 초음파를 수신 탐촉자에서 재차 고주파전압으로 바꾸어서 수신기에 보내어 지시기로 관측하며 이 경우 도중에 흠이 있으면 투과하는 초음파의 에너지가 산란 감소하므로 그 존재를 알 수 있다.

공진법은 본래 판두께 측정을 목적으로 하는 것으로 사용되어 왔으나 흠 검사에도 이용되고 있다.

초음파에는 종파(Longitudinal wave), 횡파(Transverse wave), 표면파(Surface wave), 판파(Lamb wave)가 있다.

종파는 수직탐상시험 및 두께측정등 초음파 탐상검사에 주로 이용되는 진동형태이며, 파를 전달하는 입자가 파의 진행방향에 대해 평행하게 진동한다. 이 파는 고체, 액체 및 기체에서 진행할 수 있고 다른 형태의 파로 전환되기도 한다.

횡파는 사각탐상시험에 이용되고 종파와 더불어 초음파탐상에서 중요하며, 입자의 진동이 파의 진행방향에 대해 수직방향이다. 횡파는 동일한 재질에 대해서 종파속도의 약 $\frac{1}{2}$ 속도로 진행한다. 속도가 늦기 때문에 동일한 주파수에서 종파에 비해 짧은 파장을 갖게 된다. 파장이 짧아지면 작은 반사체에 대해 더 민감하고 재질 내에서 보다 쉽게 산란된다. 이러한 횡파는 탐촉자에 플라스틱 썬치를 부착하므로서 얻을 수 있다.

2.2.2 초음파탐상검사의 장 단점

초음파 탐상시험은 내부결함뿐만 아니라 표면결함을 탐상할 수 있다. 초음파 탐상시험의 가장 큰 장점은, 균열 등 면상결함의 검출 능력이 방사선 투과시험보다 훨씬 탁월하다는 점이다. 초음파 탐상시험은 다른 비파괴시험과 비교할 때 다음과 같은 장점이 있다.

- (1) 투과력이 탁월하며 미세한 결함에 대하여 감도가 높다.
- (2) 내부결함의 위치, 크기, 방향을 어느 정도 정확히 측정할 수 있다.
- (3) 검사결과를 브라운관을 통해 즉시 알 수 있다.
- (4) 이동성이 좋고 검사자 또는 주변인에 대한 장애가 없다.
- (5) 표면균열의 깊이에 대해서는 초음파탐상 쪽이 훨씬 정보가 많고 정량적 측정이 어느 정도 가능하다.

한편, 초음파 탐상시험의 가장 큰 단점은 결함종류의 식별이 곤란하다는 점이며, 단점을 열거하면 다음과 같다.

- (1) 시험체의 표면이 거칠거나 모양이 일정치 않거나, 두께가 아주 얇은 경우 및 비균일 재질인 경우 탐상이 곤란하다.
- (2) 불감대가 존재하며 내부조직에 따른 영향이 크다.
- (3) 초음파의 효과적인 전달을 위해 접촉매질이 필요하고 표준시험편 또는 대비시험편이 필요하다.
- (4) 결함과 초음파빔의 방향에 따른 영향이 크다.
- (5) 검사절차를 이해하는데 검사자의 폭 넓은 지식이 필요하며 수동검사시 검사자의 경험의 요구된다.
- (6) 표면결함의 검출에 대해서는 자분탐상시험이나 침투탐상시험보다 검출확률이 떨어진다.

2.2.3 수직탐상법(垂直探傷法)

파의 진행방향을 시험체의 표면에 수직하게

전달시켜 내부의 결함상태를 알아보는 방법으로 두께측정의 원리를 이용한 것이다. 표면에서 출발한 수직파가 결함의 불연속면에 반사되면, 원래 저면에 반사되어 돌아오는 거리 및 시간보다 적게 될 것이다. 이를 이용하여 결함의 크기와 깊이, 종류를 알 수 있다. 결함이 존재하지 않는 건전부에서는 화면에 저면 에코만이 나타나고, 결함부에서는 저면에코 앞에 결함에코가 나타난다. 따라서 결함을 검출하는데는 탐상면에서 탐촉자를 이동(주사)시키면서 화면을 관찰하고, 저면에코 앞에 나타나는 결함의 에코를 찾아서 결함의 유무를 조사한다. 그림에서 에코가 일어나는 지점은 표면에서 반사원 까지의 거리를 나타내며 에코의 높이는 세로축에서 에코의 최대점이 나타난다.

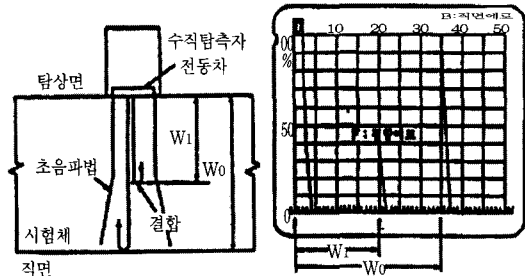


그림 2-1 수직탐상의 원리

결함의 에코높이는 결함에 대해 음파가 수직할 때 가장 높다. 즉 결함을 검출하기 가장 쉬운 방향은 결함의 투영면적이 최대인 방향이다. 결함영역의 크기를 측정하기 위하여는 결함의 끝부분을 겨냥했을 때의 에코높이를 결정해 놓고, 이 높이를 넘는 에코가 나타나는 범위의 탐촉자 이동거리를 측정하여 결함의 영역으로 한다. 실제 탐상시 저면에코에 따른 저면에코의 다중표시, 적산효과에 따른 결함에코의 증대현상, 결함의 크기와 방향에 따른 저면에코의 감소현상 등에 유의 하면서 탐상하여야 시험결과에 신뢰도를 올릴수 있다.

2.2.4 사각(Angle Beam)탐상법

사각탐상이란 시험체의 탐상면에 대해 음파를 경사시켜 탐상하는 방식으로, 사각탐촉자 내의 진동자는 종파를 발생시키며 이 종파는 입사점을 통하여 물체 내로 입사되면서 굴절과 함께 파형변형이 일어난다. 이 굴절파는 결함에서 반사되어 다시 탐촉자로 돌아오는데, 이 때 나타나는 결함에코의 시간축 위치는 입사점에서 결함까지의 음파진행방향에서의 거리를 나타낸다. 중심 음파가 결함에코에 부딪혔을 때의 결함의 위치, 크기, 길이 등을 측정한다. 탐촉자에서 멀리 떨어진 결함이나 불연속을 감지할 수 있으며, 결함에코가 최고가 되었을 때 결함을 평가하며 일반적으로 수직탐상으로는 어려운 용접부나 복잡한 모양의 시험체, 관재 등의 탐상에 적합하다. 이 방법의 특징은 저면반사가 나타나지 않는다는 점이다.

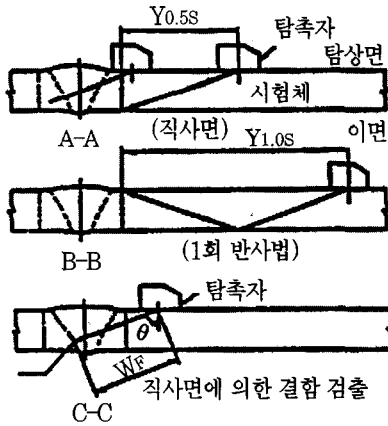


그림 2-2 사각탐상법의 개요

결함에코를 검출하는 방법으로는 음파가 반대쪽 면에 도달하기 전에 결함에서 반사되어 돌아온 경우의 직접법과 음파가 일단 반대면에 도달한 후 반사하여 결함에서 다시 반사된 경우의 1회법이 있으며, 직접법은 시험체에 탐촉자를 전후로 주사하면서 초음파 빔을 이면에서 반사시키지 않고 직접 결함을 찾는 법이며, 1회 반사법은 초음파빔을 이면에서 1회만 반사시켜 결함을 찾는 법으로 탐상은 이것을 병용하여 탐

상한다. 직접법, 1회반사법 모두 탐촉자를 전후 주사범위에서 지그재그로 주사하여 결함이 존재하면 결함에코는 감시범위 내에 나타난다.

결함영역의 측정은 결함 끝에 상당하는 결함에코높이를 결정해 놓고 결함영역 방향을 따라 탐촉자를 주사한다. 결함에코높이가 결함끝의 에코높이와 일치할 때의 탐촉자 위치를 결함의 끝으로 하여, 결함의 양단을 구하고 양단의 간격을 측정하여 결함영역의 크기로 한다.

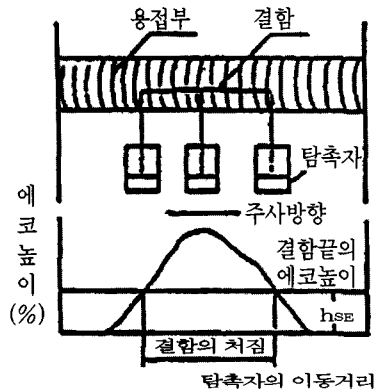


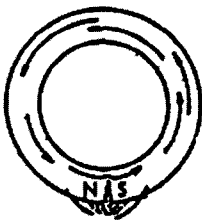
그림 2-3 결함영역의 측정 예

2.3 자분탐상검사

2.3.1 자분탐상검사의 원리

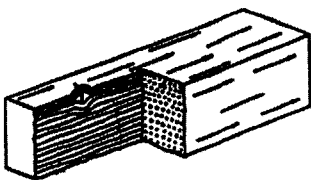
자분탐상검사(Magnetic particle testing, MT)는 요즘 사용되고 있는 비파괴검사방법중 널리 사용되고 있는 방법의 하나이다. 강자성체의 표면 또는 표면하에 있는 불연속부를 검출하기 위하여, 강자성체를 자화시키고 자분을 적용시켜 누설자장에 의해 자분이 모이거나 붙어서 불연속부의 윤곽을 형성, 그 위치, 크기, 형태 및 넓이 등을 검사하는 비파괴 검사방법 중의 하나이다. 자분탐상검사에 사용되고 있는 자화의 방법에는 선형자장법과 원형자장법이 있다. 선형자장법은 코일 또는 solenoid내에 시험품을 넣고 또는 자극 사이에 시험품을 놓고 자화하는 것을 말하며, 이 방법으로 자화하는 것을

선형자화라 한다. 또한 원형자장법은 시험품에 전극을 접촉시켜 통전하거나, 시험품의 관통 구멍에 관통봉(도체)이나 전선을 통과시키고 전류를 흐르게 하여 원형자장으로 시험품을 자화하는 것이며, 이 방법으로 자화하는 것을 원형자화라 한다. 프로드(Prod)를 사용하여 시험편에 직접전류를 통과시키면 자장이 발생하고 이는 원형자장법에 속하는 방법으로서, 휴대용으로 간편하고 표면하의 결함에 감도가 양호한 장점이 있으나, 적은 면적을 반복 탐상해야 하고 시험품 접촉면에 손상을 주는 경우가 있다. 선박검사 현장에서 종종 이용되는 요크(Yoke)에 의한 자화는 선형자장법에 속하는 방법으로서, 코일을 감은 U자형 연철의 코어를 사용하여 선형자장을 얻을 수 있고, 요크법을 사용하면 휴대용으로 이동성이 극히 양호하나 자속밀도를 임의로 변경시킬 수 없고, 큰 부품의 경우 충분한 자장의 강도를 유지하기 어려운 단점이 있다.

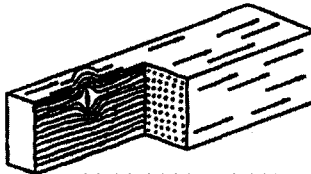


누설자장

그림 2-4 원형자장의 누설자장



표면균열: 균열은 자분을 끌어당기는 부분 자극을 형성한다.



표면하 결함: 자력선이 표면에 영향을 주므로 자분이 모인다.

그림 2-5 선형자장의 누설자장

2.3.2 자분탐상검사의 장·단점

다른 비파괴검사방법과 비교하여 자분탐상법은 표면균열검사에 가장 적합하며, 육안으로 자분지시모양을 볼 수 있다는 등 다음과 같은 장점이 있다.

- (1) 표면 균열검사에 가장 적합하다.
- (2) 작업이 신속 간단하다.
- (3) 결함모양이 표면에 직접 나타나 육안으로 관찰할 수 있다.
- (4) 시험품의 크기, 형상 등에 그다지 구애를 받지 않는다.
- (5) 정밀한 전처리가 요구되지 않는다.
- (6) 얇은 도장, 도금 및 비자성물질의 도포 등에도 작업이 가능하다.

한편 자분탐상법을 적용하기 위해서는 여러 가지 저해요인 및 제한사항들이 있으며 다음과 같은 단점에 유의하여야 한다.

- (1) 강자성체의 재료에 한한다.
- (2) 내부검사가 불가능 하다.
- (3) 불연속부의 위치가 자속 방향에 수직이어야 한다.
- (4) 탈자가 요구되는 경우가 있다
- (5) 후처리(자분의 제거)가 종종 필요하다.
- (6) 전기 접점에서 가공면에 손상을 가져오는 경우가 있다.

2.3.3 자분탐상 검사방법

자분탐상검사를 실시하는 기본절차는 제일 먼저 전처리, 자화조작, 자분적용, 자분모양의 관찰, 탈자, 후처리, 기록의 순서로 시행하며 각각의 자세한 내용을 알아본다.

1. 전처리

전처리란 시험할 제품의 표면의 조건에 따라 탐상결과에 영향을 미치는 경우가 있으므로 이를 제거처리하는 것으로서, 시험품 표면의 그리스 또는 오물 등의 물질을 제거하고, 검사액으로 Oil을 사용하는 경우 탐상면의 물기를 건조시킨다. 건조법의 경우는 특히 표면을 잘 건조시켜야 하며, 시험품을 자화시킬때 직접 전류를 통전하는 경우 접촉부분에 Spark를 예방토록

하여, 필요에 따라 전극에 도체 패드(Pad)를 붙인다.

2. 자화조작

자화방법에는 축통전법, 전류관통법, 코일법, Prod법, Yoke법 등 여러 가지 방법중 다음 사항을 고려, 가장 적합한 방법을 선정하여 자화하여야 한다.

- (1) 자장의 방향과 예상되는 결함방향이 직각이 되도록 한다.
- (2) 자장의 방향은 가능한 한 시험면에 평행으로 한다.
- (3) 시험면을 손상시키면 안되는 경우 직접 통전하지 않는 방법을 선정한다.

또한 자화할 때 사용하는 전류의 종류에 따른 특성을 이해하여 적절한 선택을 하여야 하며, 제품의 크기, 길이, 형상에 따라 적당한 자화전류치를 설정해야 한다. 즉 교류는 침투력은 약하나 입자의 이동성이 좋으므로 표면결함의 검출에 한하여 사용하고, 교류를 사용할 시는 연속법으로 하는 것을 원칙으로 하여야 한다. 직류는 침투력이 매우 좋으나 입자의 이동성이 부족하고 표면 및 표면하의 내부결함을 검출할 수 있으며, 연속법 및 잔류법을 사용한다. 반과정류한 교류의 경우, 침투력 및 이동성이 매우 좋으므로 표면부근의 $1/4 \sim 1/8$ "까지의 내부결함도 검출할 수 있다.

3. 자분의 적용

자분은 적용하는 방법에 따라 건식자분과 습식자분으로 나누며 이것은 다시 각각 형광자분과 비형광자분으로 구분된다.

형광자분은 습식으로만 사용되고 별도의 자외선 조사장치(Black light)가 필요한 단점이 있으나, 미소량으로도 탐상감도가 매우 좋다. 비형광자분은 습식, 건식 모두 사용할 수 있고 가시광 아래서 자분모양을 직접 관찰할 수 있는 편리성이 있으나, 미세한 균열에 부적당하고 형광자분에 비해 감도가 떨어진다.

자분을 시험면에 적용하는 방법으로는 건식법과 습식법이 있다. 건식법은 건조상태의 자분을 산포기로 분산시켜 표면에 뿌리는 방법이며,

표면하 부근의 결함검출에 좋으나 미세결함에는 습식법보다 감도가 낮다. 습식법은 물 또는 기름 등의 현탁액을 사용, 자분을 분산시켜 표면에 적용시키는 방법으로 매우 미세한 표면 Crack에 대한 감도가 높으나, 표면하에 있는 결함검출에 부적당하다.

4. 자분모양의 관찰

자분모양의 관찰은 원칙으로 자분모양이 형성된 직후에 행하여야 하며, 비형광자분을 사용하는 경우 조명은 백색광 또는 가시광 아래에서 관찰하고, 형광자분을 사용하는 경우 가능한 어두운 장소에서 관찰하는 것이 원칙으로 자외선 조사장치를 사용한다. 가장 널리 사용되는 자외선 등은 Mercury vapor lamp이다.

5. 탈자(脫磁)

자화된 시험품에는 잔류자장이 있다. 잔류자장은 회전기계에서 쇳가루를 끌어당기는 등 나쁜영향이 있으므로, 잔류자장이 시험품에 남아 있는 경우에는 적절한 방법으로 탈자를 시행하여야 한다.

2.4 방사선투과 검사

2.4.1 방사선투과 검사의 원리

X-선은 물질을 통과할 때 X-선의 에너지 양자가 물질을 구성하는 원자핵, 핵외전자 혹은 물질중의 자유전자에 충돌해서 가지고 있는 에너지의 전부 또는 일부를 주어서 스스로 에너지를 잃어가는데 이를 X-선 흡수라한다. X-ray가 핵외전자에 충돌했을 때 그 양자가 가지고 있는 에너지를 전부 주어서 X-ray는 없어져 버리는데 이것이 참된 흡수이며, 자유전자에 닿았을 때는 그 충돌의 각도에 따라서 일부의 에너지를 주고 스스로 방향을 바꾸어 파장이 길어져서 나아가는데 이것이 산란에 의한 흡수이다. 흡수되는 양은 물질의 밀도와 두께에 의존하며 물질로부터 투과되어 나오는 방사선의 양은 변한다. 이와 같이 물질을 투과하여 나오는 방사선 량의 변화가 필름에 감지되어 기록되어질 때 물질 내부를 관찰하는 것이 가능해진다. 방사선투과사

진은 방사선 에너지의 투과와 흡수된 정도에 따라 만들어지고 물질 내부의 불연속에 대한 평가를 가능케 한다. 흡수는 방사선의 성질, 즉 투과력 또는 에너지에 의해 결정되고, 물질의 흡수는 원자번호, 밀도, 두께, 형체, 1g당 전자량 등에 좌우된다.

선원(X-선관의 초점 또는 γ -선원)에서 방사되는 X-선, γ -선은 그림에서 보는 바와 같이 시험체를 투과할 때 흡수, 산란되고 그 선량이 감소한다. 시편의 두께가 일정치 않은 복잡한 형상을 하고 있든지 또는 내부에 결함이 존재하면, 장소에 따라 투과하는 두께가 다르기 때문에 투과 선량이 달라지게 된다. 따라서 방사선이 많이 투과된 곳, 즉 얇은 부위, 개재물 혹은 빈 공간이 존재하는 시편 부위는 필름상에 더욱 검게 나타난다.

2.4.2 방사선투과 검사의 특징

방사선투과 검사는 주로 구조품, 용접부의 결함 시험에 적용되며, 다른 비파괴검사 방법에 비해 특히 안전 관리에 유의해야 한다.

방사선투과검사의 특징은 다음과 같다.

- (1) 시험체에 X-선, γ -선 등의 방사선을 투과시켜 필름 등에 그 상을 재생하여 결함의 유무를 판단한다.
- (2) 내부결함의 실상을 그대로 한눈에 볼 수 있다.
- (3) 방사선에 대한 보호장치가 필요하며 기능이 숙련된 전문요원만 취급해야 한다.
- (4) 방사선 동위원소 등을 사용하고자 할 때는 원자력법에 의거 허가를 받아야 한다.
- (5) 방사선 물질 보관 및 저장실, 차폐시설, 필름의 현상실, 작업실 등이 필요하다.

3. 선박검사중 비파괴검사

강선의 제조검사중 비파괴검사는 선체 외판

의 용접부에 대한 비파괴검사가 이루어지며 일반적으로 방사선투과 검사가 적용된다. 특히 용접부가 교차되는 부분의 용접결합이 자주 발생되므로 주의가 요망된다.

예비검사중에는 여러 가지 비파괴검사가 적용되고 있으며, 추진축, 추진기, 내연기관의 주요부분, 발전기의 회전축등 거의 모든 부분의 주요부에 적용되고 있다. 제1종 추진축의 경우 단조후의 소재에 대한 초음파 탐상검사, 완성이 공후에 표면탐상을 위하여 자분탐상검사가 시행되고, 비철금속의 추진기는 가공후 침투탐상검사가 이루어 진다. 내연기관의 Crank Shaft, Connecting Rod, Piston 등의 경우 단조후에 초음파 탐상시험, 가공후 자분탐상시험 등이 이루어지고 있으며, 압력용기의 경우 용접부에 대하여 자분탐상, 방사선투과 시험등이 행하여지고 있다.

정기 또는 중간검사이시 내연기관 주요부에 대하여 침투탐상 및 자분탐상시험이 행하여지고, 제1종 추진축의 경우 자분탐상시험, 제2종축의 경우 침투탐상이 이루어지고 있다.

선체 외판의 일부 신환이 이루어지는 경우에는 용접부에 대한 초음파탐상 또는 방사선투과 시험이 이루어지고 있다.

4. 후 기

선박의 안전확보를 위하여 지금까지 소개한 비파괴검사뿐만 아니라, hammering test, 수압시험등 거의 모든 방법의 비파괴검사가 이루어지고 있으므로, 각각의 시험방법에 대한 원리 및 세부 검사방법의 이해는 선박의 안전성 확보를 위하여 필수적이라 할 수 있다. 한정된 지면과 시간관계로 기초적인 내용의 소개에 머물렀지만, 앞으로 기회가 있다면 조금더 독자들에게 도움이될 수 있는 심층적이고 기술적인 내용의 소개를 약속하면서 글을 마친다.