

KOSHA GUIDE

M - 72 - 2011 KOSHA GUIDE

M - 72 - 2011

## 자분탐상과 침투탐상에 관한 기술지침

2011. 12.

한국산업안전보건공단

○ 작성자 : 충북대학교 박재학 교수

○ 제 · 개정 경과

- 2011년 11월 기계안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- HSE NDT2 (2002) : Magnetic particle and dye penetrant inspection

○ 관련법규 · 규칙 · 고시 등

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건 기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2011년 12 월 26 일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 자분탐상과 침투탐상에 관한 기술지침

### 1. 목 적

이 기술지침은 자분탐상과 침투탐상을 이용하여 기존 설비를 검사하고 수리하는데 필요한 기술적 사항을 제공함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 기술지침은 사업장에서 구조물 또는 기계설비에 존재하는 결함을 탐지하기 위하여 시행하는 자분탐상과 침투탐상에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “자분탐상(Magnetic particle inspection)”이라 함은 철강재 표면을 자화시키고 자분을 산포하여, 자분 모양에 의해 육안으로 결함의 유무를 조사하는 방법이다.

(나) “침투탐상(Liquid penetrant inspection)”이라 함은 도포(塗布)한 침투액을 표면으로 열린 결함 부위에 충분히 침투시킨 후 표면의 침투액을 닦아내고, 백색 미분말(微粉末)의 현상액으로 내부 결함 내에 침투한 침투액을 빨아내어 그것을 직접 또는 자외선등(紫外線燈)으로 비추어 관찰함으로써 결함이 있는 장소와 결함의 크기를 캐어 알아내는 검사법이다.

(다) “비파괴검사(Non-destructive inspection)”라 함은 피검사물을 파괴하지 않고 내부의 성질, 결함을 찾아내는 검사를 말한다.

(라) “침투액(Penetrant)”이라 함은 침투탐상에서 표면으로 연결된 불연속에 침투하여, 현상 작업에 의해 표면으로 스며나와 결함 지시모양을 얻기 위한 액체를 말한다.

(마) “자외선 램프(Ultraviolet lamp, UV lamp)”라 함은 다른 파장에 비하여 자외선 방사(放射)의 비율이 높은 램프를 말한다.

- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

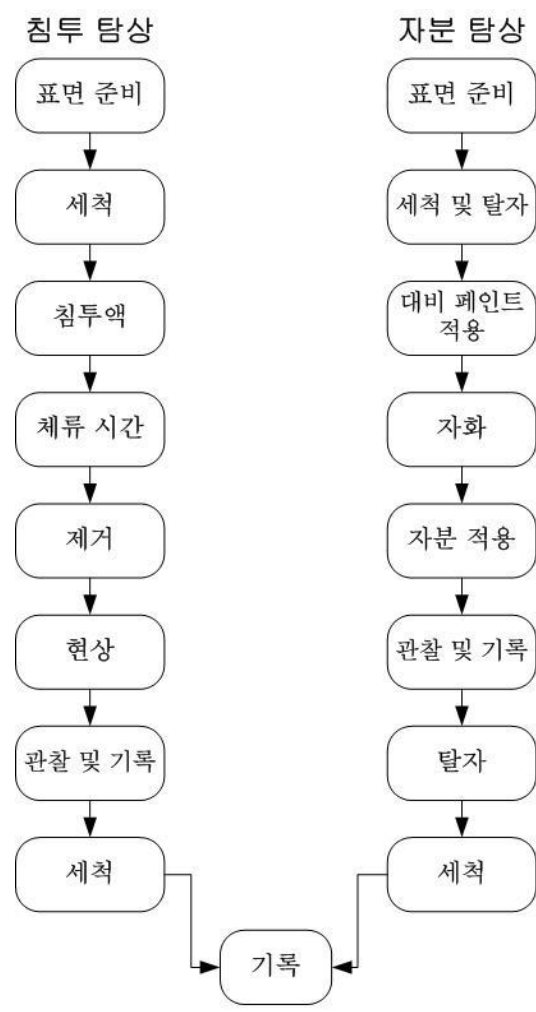
## 4. 자분탐상과 침투탐상 개요

### 4.1 방법 선택

- (1) 자분탐상과 침투탐상은 표면결함의 검출에 적용하는 일반적인 비파괴검사 방법이다.
- (2) 정확하게 적용하면 자분탐상과 침투탐상 모두 표면 결함을 확실하게 찾을 수 있다.
- (3) 자성재료의 경우 몇 가지 이유에서 침투탐상보다 자분탐상이 선호된다. 이유는 다음과 같다. 즉, 자분탐상은 얇은 코팅 아래의 결함도 탐지할 수 있다. 침투탐상은 표면 상태의 영향을 많이 받고, 결함 내 물질의 영향도 받는다. 또한 자분탐상은 침투탐상보다 검사가 빠르다.
- (4) 피검사물이 자성재료인 경우 두 가지 방법 중에 자분탐상이 선호된다. 비자성 물질은 침투탐상을 실시해야 한다.

### 4.2 적용 방법

- (1) <그림 1>은 두 검사의 일반적인 과정들을 보여준다. 각각 적용 시 필요에 따라 과정에 변화를 줄 수가 있다.



<그림 1> 자분탐상과 침투탐상의 진행 과정

- (2) 표면에 대한 준비와 세척이 행해진 후 육안검사가 보통 실시된다.
- (3) 자분탐상에서 자화는 다양한 방식으로 이루어진다. 자기장은 자석을 직접 피검사물에 적용하거나 전류를 피검사물에 직접 혹은 가까이 흘림으로써 얻을 수 있다. 용접부를 검사하는 일반적인 방법은 교류 요크(Yoke)를 이용하는 방법이다. <표 1>은 일반적으로 이용되는 자화방법을 보여주고 있다.

&lt;표 1&gt; 자분탐상에서 이용하는 자화 방법

자화방법	설명
자석	영구자석 혹은 전자석을 피검사물에 두면 두극 사이의 피검사물에 자기장이 형성된다.
전기 단자 또는 프로드(Prod)를 이용한 전류 흐름	피검사물을 통과하는 전류는 자기장을 유도한다.
가는 전선(Threading cable)	피검사물의 구멍이나 틈에 전선을 통과시키고 전기를 흘리면 피검사물에 자기장이 유도된다.
코일	전류가 흐르는 코일 내에 피검사물을 두면 코일 축에 평행한 방향으로 자기장이 유도된다.
유연한 전선	전류가 흐르는 전선을 피검사물에 감거나 가로지르게 놓아두면 자기장이 피검사물 내에 유도된다.

(4) 자기장을 생성하는 전류로 직류, 교류, 전파정류(Full wave rectified) 또는 반파정류(Half wave rectified)가 사용된다. 마찬가지로 자석으로 영구자석, 직류 전자석, 교류 전자석이 사용된다.

(5) 두 검사법 모두 피검사물의 표면에 시험에 필요한 물질이 적용된다. 자분탐상에서는 건조한 입자 또는 액체 부유물 형태의 자성 분자의 집합체가 적용된다. 가시성을 향상시키기 위해 대비 페인트(Contrast paint)가 먼저 적용될 수도 있다. 침투탐상에서 적용되는 물질은 적절한 액체 염료이다. 일반적으로 침투탐상에서는 붉은 침투a 일사용한다. <표 2>는 두 검사법에서 적용되는 표면 물질을 보여준다.

<표 2> 두 검사법에서 적용되는 표면 물질

자분탐상	건조한 입자
	용제 현탁액
	수성 현탁액
침투탐상	수세성 침투액
	용제 제거성 침투액
	후유화성 침투액

- (6) 후유화성 침투액(Post emulsifiable penetrant)은 기름 또는 물 세척 후에 제거를 돕기 위해서 유화제를 사용한다.
- (7) 건조한 자성 입자는 표면에 놓이면 이동성을 잃는다는 단점을 가진다. 그렇지만 거친 표면과 뜨거운 표면에서는 액체 잉크가 더 큰 이동성 문제를 가지고 있기 때문에 건조한 자성 입자가 선호된다. 액체 자성 잉크는 건조한 입자보다 더 높은 민감성을 가진다.
- (8) 용제와 물을 기초로 한 자성 잉크들 사이의 선택은 표면을 적시는 능력, 가연성 그리고 용제 기초 잉크의 안전성과 물 기초 잉크의 잠재적인 부식 효과를 고려하여 행한다.
- (9) 수세성 침투액과 용제 제거성 침투액 사이의 선택에서도 위와 같은 사항들과 함께 침투액의 침투 능력과 과잉 침투액의 세척 필요성을 고려한다.
- (10) 과잉 침투액이 제거되면 결함 내의 침투액을 빨아내어 결함을 나타내기 위하여 현상액을 적용한다. 현상액은 침투액 및 피검사물에 적합한 것이어야 한다. 현상액은 침투액을 빨아내어 결함을 지시할 수 있도록 충분한 시간 그대로 둔다.
- (11) 지시 형태를 관찰한다. 조명 수준은 결함을 관찰하는데 중요하다. 지시 형태와 피검사물 표면의 색깔을 고려하여 침투액과 자성 입자의 종류를 선택한다. 형광 침투액과 형광 자성 잉크와 입자는 자외선 아래에서 미세한 균열의 가시성을 향상시킨다.

(12) 세척을 하고 자분탐상의 경우 탈자(Demagnetization)를 한다.

## 5. 검사 유의사항

### 5.1 결함 유형

결함 유형은 검사방법을 선택하고 적용하는데 중요하다. 침투탐상은 원형 결함에 특히 민감한 반면, 자분탐상은 균열과 선형 불연속 결함에 적합하다.

#### 5.1.1 자분탐상

결함에 대하여 수직에 가깝게 자기장을 형성시키기 위하여 균열의 방향을 아는 것이 필요하다. 자분탐상의 신뢰도를 높이기 위하여 검사원은 피검사물의 특성과 함께 결함의 유형, 방향 및 크기에 대하여 정확한 정보를 얻어야 한다.

#### 5.1.2 침투탐상

균열의 벌어진 정도는 침투탐상의 검사시간에 영향을 미친다. 또한 균열 내에 존재하는 산화물이나 이물질은 검사에 해로운 영향을 미친다. 이러한 결함과 관련된 변수들은 잘 알 수가 없으므로, 특정한 결함 유형에 대한 경험을 기초로 하여 검사 시간 등의 검사계획이 수립되어야 한다. 다음은 침투탐상에 대한 권고 사항이다.

- (1) 검사 발주자는 검사원에게 탐지해야 하는 결함의 유형과 크기에 대하여 분명히 설명하여야 한다. 이런 설명에는 결함 특성의 가능한 범위, 특히 표면에서 예상되는 결함 모양과 방향에 대한 가능한 많은 정보를 포함하여야 한다.
- (2) 결함에 대한 자세한 설명이 가능하지 않을 때에는 검사원에게 보고해야 하는 결함의 유형, 방향과 크기를 알려야 한다.
- (3) 탐지되어야 하는 결함을 묘사하는 것에 더하여, 측정되어야 하는 결함의 특징들을 구체적으로 설명하여야 한다.



(4) 검사 설계는 결함 설명에 기초하여야 한다.

(5) 검사 절차는 적절한 자격을 가진 검사원에 의해 설계되고 승인되어야 한다.

(6) 검사원은 검사한 피검사물의 범위를 보고해야 한다.

## 5.2 피검사물 형상

### 5.2.1 형상의 영향

- (1) 피검사물 형상은 자분탐상과 침투탐상 모두에 영향을 끼친다. 용접부의 끝이나 캡 또는 나사부 등과 같이 단면이 갑자기 변하는 부분은 잘못된 지시를 나타낼 수 있다.
- (2) 자분탐상과 침투탐상 모두 침투액 또는 자분이 피검사물 표면 위를 흘러갈 필요가 있고, 지시를 나타내는데 요구되는 시간 동안 침투액 또는 자분이 검사 영역 내에서 평평하게 분포할 필요가 있지만, 피검사물의 형상과 방향이 이러한 점을 어렵게 할 수 있다.

### 5.2.2 자분탐상

- (1) 피검사물에 유도된 자속밀도는 피검사물의 형상 및 자기적 특성에 따라 달라진다. 그리고 결함 있을 것으로 예상되는 영역에서 적절한 자속밀도가 형성되도록 하는 것이 중요하다.
- (2) 자석을 사용하거는 경우 자극 근처에서, 전류 흐름이 사용되는 경우 프로드나 케이블 근처에서 자속이 최대가 된다. 만약 요구되는 자속밀도가 자극 또는 프로드로부터 떨어져 생성되면 자극 또는 프로드 근처 자속 값이 너무 높을 수 있고, 이 때문에 검사의 질이 떨어질 수 있다.
- (3) 요구되는 자속밀도 값이 최대값 근처이면 자극 또는 프로드에서 멀리 떨어진 곳에서의 자속밀도는 너무 낮은 것을 의미한다. 이러한 문제를 피하기 위하여 피검사물의 형상과 자성 특성 모두를 고려한 주의 깊은 검사설계가 필요하다.

### 5.2.3 침투탐상

- (1) 신뢰성 있는 검사를 위하여 피검사물의 구체적인 모양과 자성 특성들이 검사 절차를 설계할 때 고려되어야 한다.
- (2) 피검사물의 모양과 방향에 따라 침투액이 다른 곳에서 흘러와 어떤 영역에 모일 수 있고, 피검사물에서 초과 침투액을 제거하려고 할 때에도 문제가 발생할 수 있다.
- (3) 피검사물의 모양에 따라 적용될 기술이 결정되기도 한다. 예를 들어 수세성 침투액은 일반적으로 가느다란 피검사물에 사용된다.
- (4) 자격을 갖춘 검사원이 검사 설계를 하거나 적절한 검사 절차를 승인해야 한다.
- (5) 피검사물의 모양 등이 새로운 경우 필요하다고 판단되면 검사원들은 결함을 포함한 대표적인 시험편에 대하여 훈련과 연습을 하여야 한다.

## 5.3 피검사물 재료

일반적으로 자성 물질에는 자분탐상이 적용되고 비금속을 포함한 비자성 물질에는 침투탐상이 적용된다. 그러나 모넬(Monel)과 같이 자분탐상으로 검사하기 힘든 자성 물질이 있고, 이 경우는 침투탐상이 적용된다.

### 5.3.1 자분탐상

- (1) 피검사물은 자분탐상 전에 철저히 탈자 해야 한다. 만약 피검사물에 잔류 자장이 있으면 검사의 민감성이 줄어들거나 잘못된 지시가 나타날 수 있다.
- (2) 프로드 또는 자극 간격을 결정하거나 또는 전류 등을 계산할 수 있도록 피검사물의 자성 특성을 알아야 한다.
- (3) 용접부와 모재 사이의 투자율(Permeability)의 차이는 잘못된 지시를 나타낼 수 있

다.

- (4) 비표준 물질의 경우 검사원은 결함을 포함하는 대표적인 시험편에 대하여 특별한 훈련을 받거나 연습할 기회를 가져야 한다.

### 5.3.2 침투탐상

- (1) 침투탐상은 피검사물의 종류에 덜 의존적이나 표면 위의 산화물 층이나 다른 오염 물질에 의해 영향을 받는다. 또한 침투액과 세척액은 함께 사용할 수 있는 것인지 평가하여야 한다.
- (2) 비표준 물질에 대한 검사 절차는 자격이 있는 검사원에 의해 설계되거나 승인되어야 한다. 필요한 경우 시험절차는 피검사물과 동일한 재료로 된 대표적인 시험편을 사용하여 개발되어야 한다.

## 5.4 표면 상태와 코팅

### 5.4.1 표면 상태의 영향

- (1) 표면 거칠기는 표면 위의 입자의 흐름을 제한하고 잘못된 지시를 보임으로써 두 방법에 불리한 영향을 끼친다. 자분탐상에서 프로드 또는 자극과 피검사물 사이의 접촉을 줄일 수 있고, 침투탐상에서 세척하기 어렵게 할 수 있다.
- (2) 표면 다듬질의 정도는 발견할 수 있는 결함의 최소 크기와 검사의 효율과 잘 맞아야 한다. 다양한 표면 다듬질에 대하여 자분탐상에서 신뢰성 있게 결함을 탐지할 수 있다.
- (3) 용접부 끝단과 같은 계단 모양의 표면 변화는 잘못된 지시를 이끌어 낼 수 있고, 실제 결함지시를 발견하지 못하게 할 수도 있다. 이러한 변화는 완화할 필요가 있고, 스패터(Spatter)와 같은 표면 불규칙은 검사 이전에 제거할 필요가 있다.

### 5.4.2 자분탐상

- (1) 자분탐상은 숨겨진 코팅 밑에 결함을 탐지하는 능력이 있다.
- (2) 대비 페인트는 결함의 가시성을 향상시키기 위해 피검사물 위에 종종 적용된다. 대비 페인트의 두께가 50  $\mu\text{m}$ 보다 더 두꺼우면 검사의 민감성에 나쁜 영향을 주므로 주의하여야 한다.
- (3) 만약 검사가 50  $\mu\text{m}$ 보다 더 두꺼운 코팅을 가진 피검사물에 대하여 수행되어야 한다면 와전류탐상과 같은 다른 방법을 고려하여야 한다.

#### 5.4.3 침투탐상

- (1) 침투탐상은 표면으로 열린 결함만을 탐지하므로 표면 다듬질에 대한 요구 정도는 자분탐상에 비해 높다. 슷 블라스팅 같은 기계세척은 균열 입구를 막을 수 있고 이것은 검사의 민감성을 감소시키므로 가능한 피해야 한다.
- (2) 도색과 코팅이 검사에 영향을 끼치는 경우 검사 이전에 제거해야 한다.
- (3) 만약 코팅이 제거 되지 않으면 도색이나 코팅의 두께를 확인하고 코팅이 단단히 표면에 결합되었는지 확인해야 한다.
- (4) 전기적 접촉이 행해지는 지점의 도색은 항상 제거되어야 한다.
- (5) 만약 50  $\mu\text{m}$ 를 초과하는 두께의 도색층이 제거되지 않는다면 와전류탐상과 같은 다른 방법을 이용해야 한다.
- (6) 검사 절차에서 결함의 최소 크기에 상응하는 표면 다듬질의 수준을 정의하여야 한다.
- (7) 검사원은 피검사물의 표면 다듬질이 검사 절차의 요구 사항을 충족시키고 검사에 충분함을 확인하여야 한다.
- (8) 기계적 세척은 결함이 닫히는 것을 피하기 위해서 침투탐상 이전에 주의를 기울여

적용되어야 한다. 만약 결함을 다시 여는데 필요하다고 판단되면 산 에칭의 사용을 고려해야 한다. 이때 에칭이 피검사물 재료에 영향을 미치지 않아야 한다.

## 5.5 세척

### 5.5.1 세척의 영향

- (1) 세척은 침투탐상과 자분탐상의 성공적인 수행에 중요한 요소이다.
- (2) 특정한 검사에서 세척 요구사항을 검사 절차에서 구체화하여야 하고, 검사원은 세척 결과가 만족스러운지 확인하여야 한다. 문제점이 있는 경우 검사 보고서에 기록하여야 한다.
- (3) 만약 잔류 물질이 피검사물 재료나 이후 표면 처리에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있는 경우 두 기술의 적용 후 검사 표면을 세척해야 한다. 이러한 과정을 검사 절차에서 구체화하여야 한다.

### 5.5.2 자분탐상

- (1) 자분탐상에서 입자의 이동성은 먼지, 녹, 스케일, 그리스, 기름 또는 물과 같은 성질이 다른 물질의 존재에 의해 상당히 영향을 받았다.
- (2) 어떤 유형의 부식 부산물은 그것들의 경계에서 잘못된 지시를 나타낸다.
- (3) 만약 건조한 입자가 사용된다면 그 표면은 세척 후에 철저히 건조시켜야 한다.

### 5.5.3 침투탐상

- (1) 결함의 입구를 막는 먼지나 표면의 그리스 또는 용제도 탐지 능력에 좋지 않은 영향을 미친다.
- (2) 표면 오염 물질의 존재와 성질을 확인하여야 하고 오염 물질은 적절한 용제 또는 세제로 제거하여야 한다.

- (3) 검사 절차에서 사용될 세척 방법을 구체화하여야 한다.
- (4) 검사원은 표면이 충분히 깨끗했는지 검토하여야 하고, 문제가 있는 경우 검사 보고서에 기술하여야 한다.
- (5) 검사 절차는 검사 후 세척 요구사항을 명시하여야 한다.

## 5.6 접근

- (1) 검사 중인 표면에 대한 물리적인 접근은 자분탐상과 침투탐상 모두의 적용을 위하여 필요하다. 원격 검사가 필요한 곳에서는 다른 검사 방법이 사용되어야 한다.
- (2) 표준 검사법에 명시된 적절한 조명 레벨을 적용하여야 하고, 표준 검사법의 준수 여부를 확인하기 위해 조명 수준을 측정하여야 한다.
- (3) 검사원에게 검사 표면에 접근을 잘 할 수 있는 안정된 플랫폼을 제공하여야 한다. 불안정한 플랫폼은 검사원의 능력에 영향을 미칠 수 있다. 표면으로의 로프 접근의 경우 효과적으로 검사를 할 수 있는지 확인하기 위하여 훈련과 평가가 요구된다.
- (4) 접근에 대한 방해물은 제거되어야 한다.
- (5) 검사 표면에 접근하는 것이 본질적으로 어려울 때는 와전류탐상 등 다른 검사법의 적용을 고려하여야 한다.
- (6) 검사원은 검사를 방해하는 어떠한 사항도 보고하여야 한다.

## 5.7 검사원 수행 능력

- (1) 침투탐상과 자분탐상의 효과적으로 적용을 위하여 물리적인 원리의 이해가 필요하고, 방법에 대한 명확한 지침이 필요하다.

- (2) 결함의 유형과 크기에 대한 명확한 설명은 검사원이 결함 지시 여부를 판정하는 것을 돕는다. 검사원은 또한 검사되는 피검사물의 특징과 관련된 잘못된 지시의 원인을 알고 있어야 한다.
- (3) 좋은 접근과 작업 환경은 검사원의 능력을 향상시킨다. 검사가 수행되는 장소의 대기 온도, 먼지, 피검사물로부터의 대피장소, 보호복 등을 고려하여야 한다.
- (4) 부당한 시간 압박과 과도하게 긴 근무 시간은 검사 품질 저하의 원인이 된다. 지속적인 검사를 수행하는 최대 시간을 2 시간으로 제한하는 것이 권장된다<sup>1)</sup>. 주어진 시간 동안 검사의 최대 양을 달성하도록 하는 장려책은 검사 품질의 저하로 이어진다.
- (5) 검사원의 시력은 가장 중요하고 적절한 표준에 요구된 대로 정기적으로 확인해야 한다. 1)
- (6) 가능한 높은 신뢰성이 요구된다면, 인적 오류를 감소시키기 위하여 검사와 결함 지시 해석의 전체 또는 일부가 독립적으로 반복될 수 있다.
- (7) 검사원은 적절한 훈련과 자격 심사를 받아야 한다. 필요한 경우 검사원은 검사 이전에 실제 시험편에 대한 연습을 하여야 한다.

## 5.8 검사 조직과 조달

- (1) 비파괴검사가 효과적이라고 판단되면 검사 방법을 선택하고 검사 절차를 앞에서 언급한 검사유의사항을 고려하여 작성하여야 한다.
- (2) 계약에서 구매자와 공급자 간의 상대적인 책임을 명확하게 정의하여야 한다.
- (3) 주어진 시간동안 검사의 최대 양을 달성하도록 하는 장려책은 검사 품질의 저하로 이어진다. 계약할 때 비파괴검사 회사가 빠른 검사를 위하여 안전과 품질을 경시하지 않도록 주의할 필요가 있다.

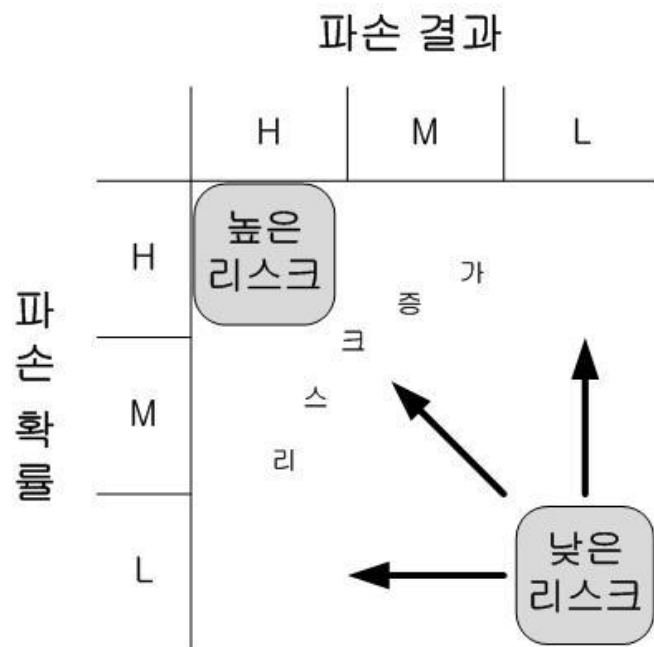
1) 출처 HSE NDT2 (2002), "Magnetic particle and dye penetrant inspection".

- (4) 비파괴검사 업체들은 자체 품질관리 시스템이 있어야 한다. 이러한 시스템은 소모품의 구매와 관리, 회사의 조직 방식, 검사품질의 관리 방법 등을 포함하여야 한다.
- (5) 비파괴검사 업체는 자체 품질관리 시스템에 대한 신뢰를 구매자에게 줄 수 있어야 한다.
- (6) 비파괴검사 업체의 검사원은 개인으로가 아닌 업체의 관리 하에서 작업을 하는 것이다. 검사원을 구매자가 직접 고용한 경우는 구매자의 품질관리 시스템 내에서 작업하여야 한다.

## 6. 검사 효율성

- (1) 검사를 의뢰하는 사람은 어떤 검사 방법이 그들의 목적에 적합한지를 판단하고 결정하여야 한다.
- (2) 추가적으로 고려할 주요 인자는 검사의 역할과 피검사물의 파손 리스크를 감소시키는 효율성이다. 피검사물의 파손 리스크는 파손 결과와 파손 확률의 조합으로 결정된다. 파손의 결과는 안전이나 파손에 따른 경제적인 영향과 관련이 있다.
- (3) 검사는 파손 확률을 줄임으로써 리스크를 줄일 수 있다. 파손 확률은 피검사물에 존재하는 결함의 존재 가능성과 관련이 있다. 만약 파손 결과와 파손 확률이 각각 높음(H), 중간(M), 낮음(L)으로 표시된다면 그것들이 결합된 효과들은 <그림 2>와 같은 3×3 행렬이 된다.





<그림 2> 파손 결과와 파손 확률의 리스크와의 관계

- (2) 검사 효율성은 검사 후 얻어지는 파손 확률의 감소에 따라 1(낮음), 2(중간) 또는 3(높음)의 레벨 값으로 평가된다. 높은 값에서부터 낮은 값까지 파손 확률을 줄이기 위해서는 높은 레벨의 검사가 요구된다. 반면 중간 값에서부터 낮은 값까지 파손 확률을 줄이는 경우에는 중간 레벨의 검사가 요구된다.
- (3) 예를 들면, 파손 결과가 중대한 경우의 검사는 파손 확률을 낮은 수준으로 줄일 수 있어야 한다. 그러므로 파손 확률이 높은 경우 검사 효과는 3(높음)이 되어야 한다. 그러나 실제에서는 검사 효과를 결정하기 전에 비파괴검사의 기여를 먼저 평가하여야 한다.
- (4) 반대로 파손 결과가 중대하지 않고 파손 확률이 중간이거나 낮은 경우에는, 검사는 리스크를 줄이는 제한된 능력을 가지면 되고, 일상의 유지관리 프로그램의 일부로서 수행할 수 있다.

## 7. 안전 대책

- (1) 자분탐상과 침투탐상의 적용은 다음과 같은 몇 가지 안전관련 사항을 가지고 있

다.

(가) 검사에 사용되는 연무제, 염색제, 현상제, 잉크와 다른 화학 물질의 독성과 가연성의 정도

(나) 자외선 램프의 사용

(다) 자외선 램프 사용 시의 낮은 조명으로 인한 미끄러짐, 헛디딤과 넘어짐

(라) 접근(Access)

(마) 밀폐 공간에서의 작업

(바) 세척액의 독성과 밀폐 공간에서의 사용

(사) 검사 기구의 전기안전

(아) 작동중인 설비의 세척

(자) 고소작업

(차) 본질 안전장치

(카) 작동중인 설비에서의 작업과 작업에 대한 허가

(2) 사용된 화학 물질의 제조자가 권고하는 안전 예방 조치를 준수하여야 한다. 이에 대한 책임은 회사 또는 조직 및 작업자에 있다. 자외선 램프에 대해서도 동일하다.