

## 《技術報告》

## 저온에서 행하는 액체침투 탐상방법

## LIQUID PENETRANT TESTING AT LOW TEMPERATURE

R. BARBIER

FRAMATOME - EXPORT (FRAMEX)

## ABSTRACT

Tests on Liquid Penetrant products normally utilized in the temperature range  $10^{\circ}\text{C}$  to  $40^{\circ}\text{C}$  have shown that the required sensibility can not be obtained at temperatures lower than  $10^{\circ}\text{C}$  with the penetration and development time usually specified in the operating procedures. It is thus confirmed that  $10^{\circ}\text{C}$  is the lowest allowable temperature for use of these products. The results obtained with a penetrant and developer specially formulated for low temperatures (SHERWIN B 305 + D100) are satisfactory between  $0^{\circ}\text{C}$  and  $15^{\circ}\text{C}$ .

## 1. 서 론

일반적으로 액체침투 탐상은 시방서에 규정되어 있는 온도 범위 내에서 시행한다.

ASME code :  $15^{\circ}\text{C} - 52^{\circ}\text{C}$

RCC-M\* French Code :  $10^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$

AFNOR HF A 09-120 :  $10^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$

\* RCC-M: Electricite de France 와 FRAMATOME에서 기초하였으며, nuclear island의 기계장비에 관한 설계 및 건설에 적용하는 법칙이 기술되어 있다.

작업장이나 건설현장에서 검사를 수행할때 검사 온도의 상한은 거의 문제가 되지 않는다. 그러나 검사온도의 하한, 즉  $10^{\circ}\text{C}$ 는 현장에서 겨울에 검사를 수행할때 자주 문제가 발생한다. (피검체에 예열을 해야 하거나 검사를 수행할 수 없는 문제가 생긴다).

위에 언급된 code에서는 규정온도 이외의 범위에서 검사할때는 검사감도가 일정하게 유지된다는 것을 증명할 수 있을때에만 사용할 수 있게 규정되어 있다.

이런 문제를 감안하여 FRAMATOME에서는 일반적으로  $10^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ 에서 사용하는 탐상자재를  $0^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$ 에서도 사용할 수 있도록 검사방법을 변경시켜 일련의 연구를 계속해왔었다. 검사의 정확한 감도를 보장할 수 없기때문에 연구방향을 저온에서 사용할 수 있게 특별히 제작된 탐상자재의 성능분석으로 기울이게 되었다.

## 2. 검사방법

검사는 National Testing Laboratory에서 다음 4 단계의 온도로 병방된 실험실에서 수행되었다. :  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$  액체침투 탐상자재의 감도는 이미 알려진 결합이 있는 3개의 시편을 사용하여 검사하였다.

- 시편 A : 굵힘으로 균열이 생긴 니켈판(시편은 감도의 정도 즉 "거침(coarse)" "중간(medium)" "미세(fine)"에 따른 3개의 시편이 제작되었다. see figure 1)
- 시편 B : 급냉으로 균열이 생긴 알루미늄(fig-ure 1)
- 시편 C : Billing으로 균열이 생긴 판 (figure 2)

일반적인 검사방법으로는 시편의 표면상태와 결함형태가 완전하게는 나타나지 않았으나 침투탐상 자재(침투제, 현상제)의 감도를 알아보기 위해 시편 전체를 관찰하였다. 매 검사에 대한 결과는 사진으로 기록되었다. 결과 사진이 탐상자재의 감도를 나타내지는 못한다.

왜냐하면 검사자가 직접 눈으로 관찰하는 것과 결과사진과의 비교치가 없기 때문이다. 그러므로 이 사진은 오직 결과를 보여주는 데 그 목적이 있다. 따라서 결과분석은 검사시 시편에 나타난 결과를 바탕으로 검사자가 직접한다.

이러한 방법으로 다섯조의 침투탐상 자재가 검사되었다.

1, 2, 3 조: 일반적으로 10°C - 40°C 범위내에서 사용하는 탐상자재

1 조는 건설현장에서 자주 사용되는 것이며, 3 조는 작업장에서 FRAMATOME 이 사용한 것이다. 위에 언급한 세 종류의 탐상자재는 모두 적정검사 조건내에서 좋은 탐상결과를 얻을수 있는 자재들이다.

4, 5 조: 저온에서 특별히 사용할수 있다고 간주되는 탐상자재.

이들은 프랑스에서는 거의 상업화 되지 않았다.

모든 침투제는 붉은색이며 수세성이므로 물로 직접 수세가 가능하다.

침투제 1 에는 형광물질이 첨가되었다. 침투제 4, 5 를 제외한 모든 침투제는 분무기통에 들어 있다.

모든 검사는 다음의 검사 절차를 적용하여 각 온도 범위 내에서 (15°C, 10°C, 5°C, 0°C) 수행하였다.

- 저온의 안정화
- 시편을 10분간 초음파 세척
- 침투제 적용 (침투시간은 20분)
- 침투제 적용을 육안검사

- 물세척 및 건조
  - 현상제 적용
  - 7, 15, 30, 50 분에 육안검사 및 사진촬영
  - 시편을 10분간 초음파 세척
  - 그후 침투 시간을 30분과 40분으로 하여 재검사.
- 검사시 주로 관찰해야 하는 것은 :
- 탐상자재의 적용 용이성 (저온에서 분사의 곤란등)
  - 다음과 같은 사항을 고려하여 탐상자재의 감도를 평가한다: 온도, 침투시간, 현상시간

### 3. 결 과

표준탐상자재 1, 2, 3 조

검사조건(침투시간, 현상시간)에 관계없이 10°C 이하에서는 좋은 탐상결과를 얻을 수가 없었다.

Figure 3은 시편C에 탐상자재 3조를 적용하여 얻은 결과이다.

거침 결함은 5°C와 0°C에서 탐상할때 지시가 곧 얼룩져서 나타났다.

시편A (figure 4)의 미세한 결함은 0°C - 15°C에서 탐상할때 지시의 감도가 현저하게 나빠졌다.

감도가 나빠지는 이유는 다음의 몇가지 사항으로 설명될 수 있다.

- 결함내에 습기가 있는 경우: 침투제의 침투를 방해한다.
- 과잉침투제 제거가 어려운 경우: 이는 콘트라스트를 감소시키고 허위지시를 유발케할 위험이 있다.
- 현상제의 건조가 어려운 경우: 현상제의 젖은 막에서 지시가 퍼질위험이 있다. figure 3b와 3c (5°C와 0°C)에서 어두운 부분이 이 현상을 나타낸다. (0°C에서 건조시간 10분 이상)
- 탐상자재가 분무기 통에 들어있는 경우: 온도에 따라 내부압력이 줄어들어 현상제 적용에 어려움이 따른다. (figure 5).

figure 6은 유명회사 제품이 온도에 따른 압력변화를 나타낸 곡선이다.

10°C 이하에서 탐상할때 파생되는 문제점은 검사절차에 관계없이 표준 탐상자재를 사용하여 액체 침투 탐상에 대한 검사온도의 하한을 잘 나타내고있다.

특수탐상자재 4 조

이 현상제, 침투제는 저온 특히 5°C에서 얇은 얇은 급한 세종류의 탐상자재보다는 좋은 탐상결과를 얻을 수 있다. 현상제는 접착력이 적은데에도 불구하고 피검체 표면에 균일하게 도포되지 않으나 침투제는 다른 탐상자재와는 달리 저온에서 쉽게 세척될 수 있다.

모든 온도 범위내에서 침투시간을 40분, 현상시간을 7분으로 하였을 때 가장 좋은 탐상결과를 나타낸다. 그러나 감도는 표준상태 (15°C에서 1, 2, 3 조)에서 탐상했을 때보다 좋지 않다.

#### 5 조 : 침투제 SHERWIN B305, 현상제 SHERWIN D100

이 탐상자재의 감도는 온도 0°C~15°C 범위에서 좋은 감도를 나타낸다. 특히 0°C와 5°C (figure 7)에서 탐상 결과는 명백히 좋아졌다. 침투시간을 40분 현상시간은 약간 짧게 7분정도로 하였을 때 가장 좋은 탐상결과를 얻을 수 있었고 감도는 표준탐상자재를 사용하여 15°C에서 탐상하였을 때와 동일한 감도를 얻을 수 있었다. 탐상감도는 0°C~10°C에서 큰 변화가 없었다는 것도 팔목할 만 하다.

#### 탐상자재 5조의 특성

FRAMATOME Laboratory(\*)에서 플렉시 유리 시편에 또다른 검사를 수행하는 과정에서 다음과 같은 것이 관찰되었다.

- 침투제 B305은 얇은 층에서 색이 엷어졌다. (figure 8)

- 이 시편에 대한 침투력은 Adrox 9 VF 1와 같은 표준 탐상자재보다 약했다. (figure 8)

- 침투제는 세척시 물과 반응하여 색이 진해졌고 (figure 9), 표준탐상 자재와 반응하여 침투제가 국부적으로 제거되는 것이 관찰되었다.

이 마지막에 언급된 특성은 불연속부에 습기가 있을 때 저온에서 탐상시 장점이 된다. 침투제 B305는 물과 반응하고, (열의 생성) 이 반응은 다음과 같은 두 주요결과를 나타낸다.

- 침투력 증대와 색깔이 진해짐

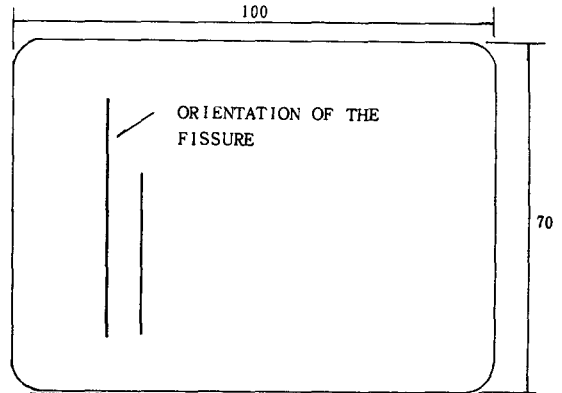
- 0°C 이하에서 성애를 녹여 결과적으로 색깔을 진하게 함.

B305는 알코올과도 동일하게 반응한다. 현상제는 알코올을 용액이므로 이는 지시의 콘트라스트를 증대시킨다.

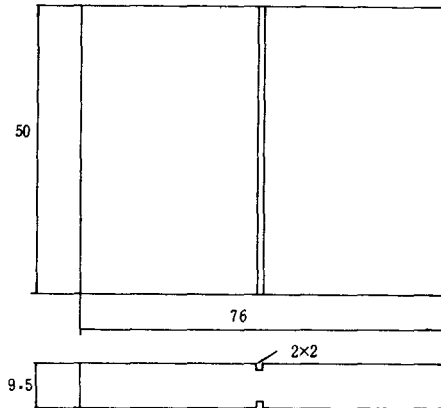
탐상제 B305와 D100을 스테레스강 탐상에 사용할 수 있는지 여부를 알아보기 위해 유황 및 염소함

유량을 분석하였다.

(\*) CEREND : Centre d'etudes et de Recherche sur les Essais Non Destructifs FRAMATOME, Chalon sur saone



SAMPLE A (MIL-I-8963) BABB-CO



SAMPLE B (ASME V) BABB-CO  
FIGURE 1

D100의 염소함유량은 200ppm을 초과하여 요구조건에 부합되지 않았다. FRAMATOME의 요구에 따라 D100의 분사가스의 성분을 프레온에서 부탄-프로판으로 바꾸어 이 탐상자재의 염소함유량을 허용기준까지 낮출 수 있었다.

이와 같은 작업이 B305와 D100의 감도를 감소시키지는 않았다. 그것의 확인검사는 예견되었다.

#### 4. 결론

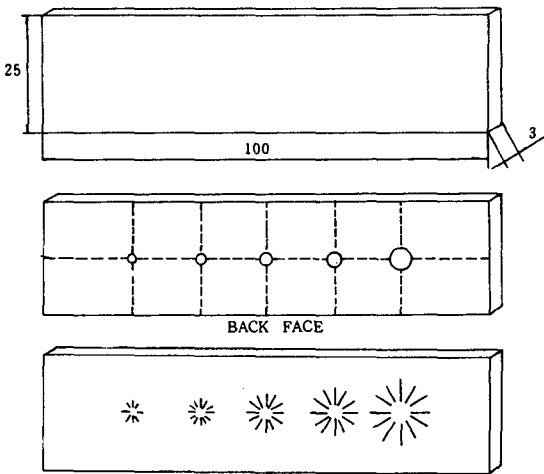
표준탐상자재로 10°C~40°C에서 시행하는 액체 침투 탐상 절차는 (침투시간, 현상시간) 10°C 이하에서는 감도를 그대로 유지하지는 못했다. 그러므로 이온도는 사용가능 최저온도라는 것을 알

았다. 저온에 사용하기 위해 특별히 제작된 침투제와 현상제 (SHERWIN B305+D100)를 사용하여 0℃ ~ 15℃에서 만족할만한 탐상결과를 얻었다. 그러나 현상제는 높은 염소함유량 (> 200 ppm)때문에 특정한 물질 (니켈, 오오스테나이트강)에 사용에는 문제가 되었다. 이러한 문제는 감도에 영향을 주지 않는 분사가스의 성분을 바꿈으로써 해결되었다.

어쨌든 FRAMATOME의 연구결과는 저온에서 액체침투탐상을 가능하게 하는 한 방법을 제시하였다.

다른 가능한 방법으로는 thioxotropic 침투제(적용하기 쉽고 시편에 점착성이 있는 비스코우스 탐상자재)를 사용하면 가능할 것이다.

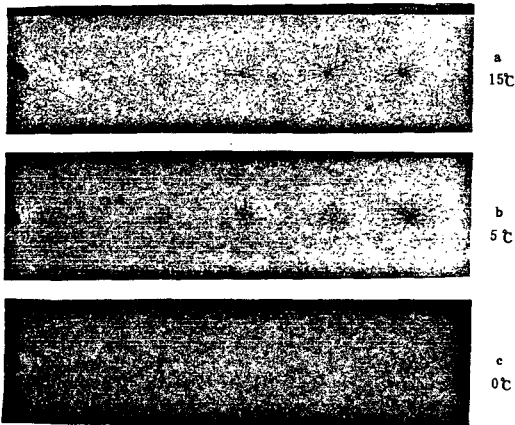
이 방법은 ARDROX사에서 제안한 방법이다.



SAMPLE C AUTOMATISATION INT.  
FIGURE 2.

EVOLUTION OF INDICATIONS  
AS A FUNCTION OF THE TEMPERATURE

PAIR 3 PENETRATION : 30MIN  
DEVELOPMENT : 7MIN



SAMPLE C.  
FIGURE 3

SENSIBILITY AT 15°C and 0°C

SAMPLE A PAIR 3 : PENETRATION: 40MIN  
DEVELOPMENT: 7MIN

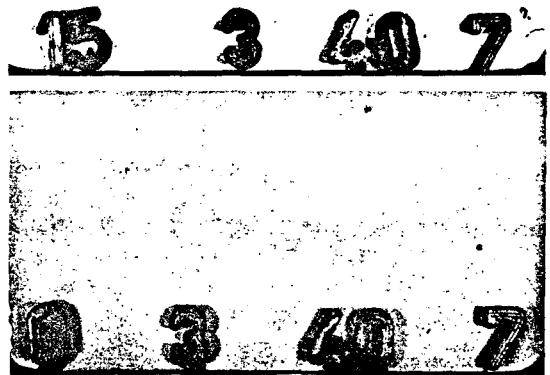
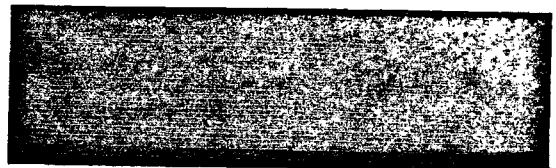


FIGURE 4.

DIFFICULTIES FOR APPLICATION  
OF DEVELOPER AT 0°C

PAIR 1 PENETRATION : 40MIN  
DEVELOPMENT : 7MIN



SAMPLE C  
FIGURE 5

INTERNAL PRESSURE OF SPRAY CAN  
AS A FUNCTION OF THE TEMPERATURE

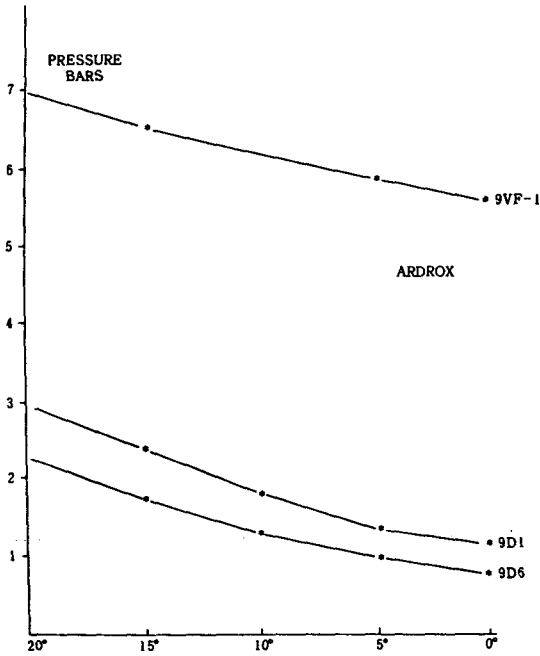


FIGURE 6

PENETRATION COMPARISON ON  
PLEXIGLAS BLOCK

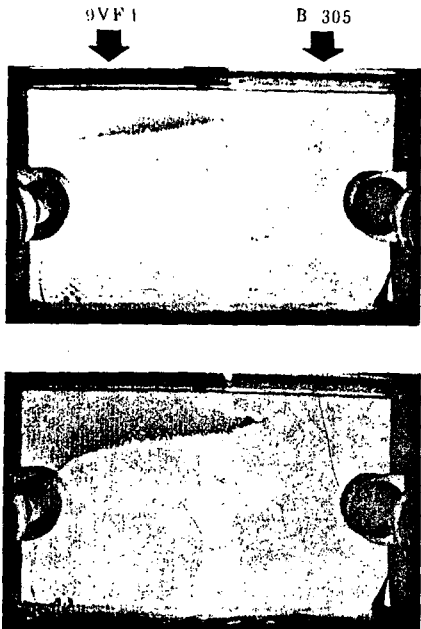


FIGURE 8

RESULTS AT 0C

PAIR SHERWIN B 305 + D 100

PENETRATION : 40MIN  
DEVELOPMENT : 7MIN

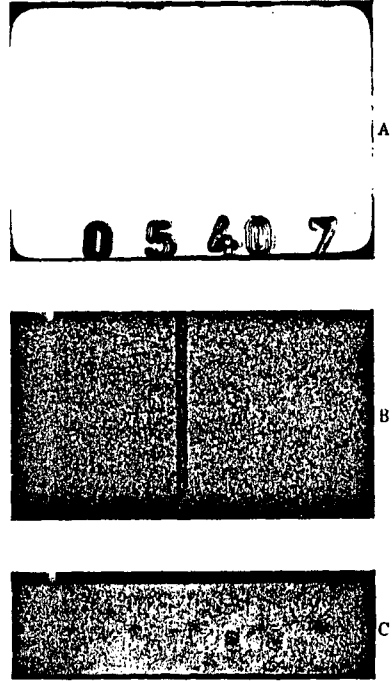


FIGURE 7

WATER RINSING  
ON PLEXIGLAS BLOCK

t = 30 s LOCAL ELIMINATION OF 9 VF 1 SURFACE COLOR INTENSIFICATION OF B 305

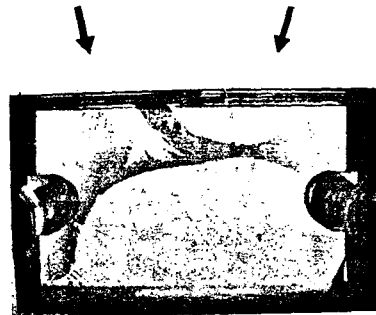


FIGURE 9