

배관용접부 방사선 투과검사의 자동화에 관하여



한 정 식

(주) 한국종합철관 전무이사

머릿말

비파괴검사를 함에있어 방사성동위원소의 사용은 그 무엇보다도 필수 불가결한 것이다. 고도로 발전하고 있는 현대과학은, 검사 매체로서 방사선에 의한 검사결과와 비교하여 같거나 보다 나은 방법을 부단히 탐구하고 있으나 현재까지는 뚜렷한 대안은 아직 없는 실정이다. 피검체 내부에 존재하고 있는 결함의 상태를 가장 현실에 가깝게 현시해 줄 뿐만 아니라, 그 기록의 보존성에 있어서도 타의 추종을 불허한다. 그러나 이를 사용하거나 연구하는 많은 사람들은 방사성 동위원소가 가지는 양면성 때문에 끊임없이 그 대안을 찾아 나서고 있다. 양지가 크면 음지도 크듯이, 방사성동위원소를 이용하는데 따른 인류에의 공헌이 엄청나게 큰데 반해 이를 사용하는 사람들의 사용상의 부주의나 실수가 미치는 영향이 또한 크기 때문에 항상 불안한 상황속에서 사용하지 않을 수 없는 것이다. 통계에 의하면 산업재해의 98%가 불안정한 행동이나 부주의에 의해 발생한다고 되어있다.

특히 비파괴검사를 수행하는 현장은 그 어떤 작업 여건보다도 열악하다는 것은 이미 주지의 사실이다. 차분히 정돈된 생산현장도 아니고 자동화된 생산설비앞에서 공정

을 체크하는 일도 아니다. 그렇다고 아침에 출근해서 저녁에 퇴근하는 약간의 호사스럽기까지한 그런 일도 아니다. 거대한 구조물을 제작하고 설치하는 중공업 현장이나 아니면 전 국토에 걸쳐 시공하고 있는 배관망 건설현장에서 낮에 일하면 남에게 피해를 준다하여 날이 어두워지기 시작하면 기동을 시작하거나 운 좋게 낮에 나가더라도 이리저리 눈치를 살피면서 사이사이에 하여야 하는 일인 것이다. 그러면서도 하지않고 그냥 지나칠 수 없는 반드시 해야만 되는 일인 것이다.

최근 수년동안에는 LNG배관망을 위시하여 송유관, 도시가스등 전국에 걸쳐 관로공사가 진행중에 있다. 그러면 이러한 비파괴검사는 어떻게 하고 있는가? 여기에서 장황하게 설명한다해서 제대로 상황을 이해하리라고 생각지 않는다. 한번이라도 무거운 감마선조사기를 들고 파이프로속 깊숙히 수십미터를 들어가서 촬영작업을 해 보지 않고서는 그 느낌을 그대로 전달할 방법은 없기 때문이다. 거기에는 한마디로 숨막히는 상황, 즉 용접개스, 먼지, 협소공포증, 어두움과 하절기엔 뜨거운 복사열이 존재하기 때문이다. 그것만 있다면 극기훈련장으로 안성맞춤이라 하겠지만 여기엔 피할 수 없는 방사선이 있는것이다.

PCIR(Pipe Crawling Inspection Robot)에 대한 소개

1. 개발목적

현재 우리나라에서는 배관 용접부에 대한 방사선투과검사는 수동식 원격조작 장치를 부착한 감마선 조사장치(TEN-660)를 주로 사용하며, 촬영 방법으로는 외부선원식과 내부선원식이 있다.

외부선원식(그림1)은 선원과 필름을 파이프 외부에서 서로 마주보게한 상태에서 촬영하는 것으로 관 두께를 t 로 한다면 $2t$ 를 투과해야 하고 관의 반경을 d 로 한다면 $2d$ 이상의 거리에서 노출이 이루어짐으로서 장시간 방사선노출이 요구되며 또한 하나의 용접선을 여러구간으로 나누어 촬영해야 하며 그 구간만큼 반복 작업을 해야한다.

내부선원식(그림2)은 파이프의 중심부에 선원을 위치시키고 파이프외부 용접선위에 여러구간의 필름을 동시에 부착한 후 1회의 노출로서 끝날 뿐 아니라, 이때의 투과두께

21세기를 눈앞에 바라보고 있는 시점에서 우리는 수 많은 문명의 이기를 접하다보니 오히려 그 불감증 마저 느끼고 있는 이때에, 이 땅의 비파괴검사만은 여전히 과거 속에서 살아야만 하는 것인가? 라고 반문하지 않을 수 없다. 그렇다면 그 대안을 찾기위한 모든 노력에도 불구하고 현재까지 뚜렷한 결과가 없는 상황속에서 그냥 좌시하고만 있을 것인가? 그 대안을 찾는 노력의 일부만을 투자한다면, 우리는 현실적으로 보다 안전하고 보다 편리한 방법이 있을 것이며, 사람의 부주의한 동작에 의하여 발생할 수 있는 부분을 기계의 역할로 전환해야 된다고 생각한다. 여기에 비파괴검사 작업종사자들에게 조금이라도 도움이 될까하여 2년에 걸친 각고끝에 배관용접부를 자동으로 방사선투과검사를 할수있는 장치를 개발하였고 약 1년간에 걸친 현장 사용결과 종사자와 경영자는 물론 시공을 주관하는 기관에도 많은 도움이 될 수 있다는 결론을 얻을 수 있었기에 여기에서 간략하게 소개를 하고자 한다.

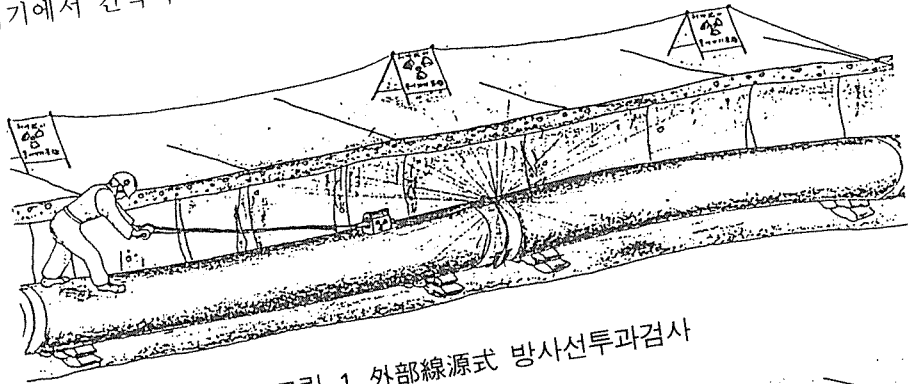


그림 1 外部線源式 방사선투과검사

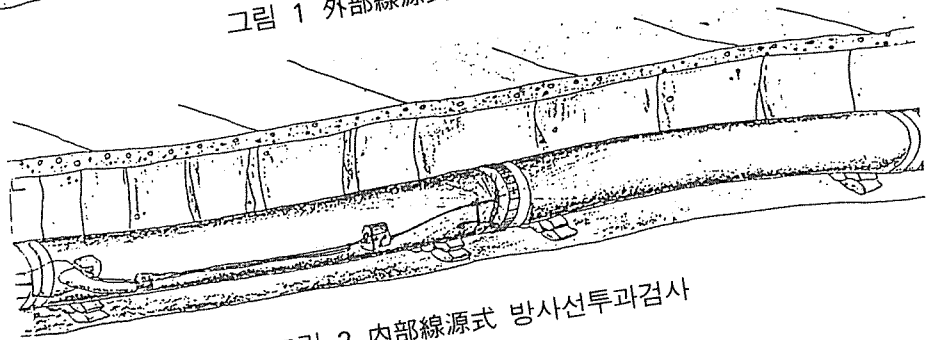


그림 2 内部線源式 방사선투과검사

) : 24

가능함.

M/F, Re-

1 검사도에

이하 (관 니

약간 차이)

1내가 가장 <

10mm

137

도 1t, 거리도 1d가되므로 하나의 용접선을 촬영하기위한 노출시간은 보통 외부선원식의 약 1/50에 불과하다.

따라서 이러한 내부선원식의 장점 때문에 이 방법의 적용이 불가능한 경우를 제외하고는 대부분의 종사자들은 내부선원식을 선호하고 있다. 그러나 내부선원식을 사용하려면 작업종사자가 무거운 감마선조사기를 끌고 협소한 관 내부로 기어서 들어갈 수 밖에 없다. 그러나 관의 길이가 통상 12m간격으로 용접되어 있으므로 5 joint를 작업한다면 60m를 들어가서 감마선조사기를 작동해야만 한다. 관의 중심에 전방 가이드튜브의 끝단부를 설치하고 약 10m뒤로 물러나서 원격 조작핸들을 돌려 방사선을 노출시키게 된다. 관의 내부는 유해용접가스와 분진등의 공해물질에 의한 유해 환경과 심리적으로 협소공포증에 직면하게 된다. 이러한 환경과 동작이 불편한 상황속에서 방사선으로부터 자신을 보호한다는 것은 매우 어려운 일인 것이며 또한 매일의 일과로서 부딪치는 일인 것이다.

이러한 제반 문제점들을 해결하고 더불어 작업시간을 대폭 줄일 수 있도록 하기 위하여 배관용접부 전용 로봇(그림3,4)을 개발하였다. 이 장비는 곡관 연결부나 급격한 경사로를 제외하고는 관 내부를 자동으로 이동하면서 원하는 위치 어디에서든지 방사선 촬영작업을 수행할 수 있다. 장비를 먼저 관의 입구에 설치해놓고 Control Panel을 조작하여 장비의 최대이동거리, 촬영Joint수, 노출시간등을 입력시킨후 Start보턴을 누르면 Cs-137이 내장된 Positioner가 있는 곳마다 정확한 위치에서 정지하여 촬영을 하게 된다.

2. 장치의 동작 Sequence

2-1.

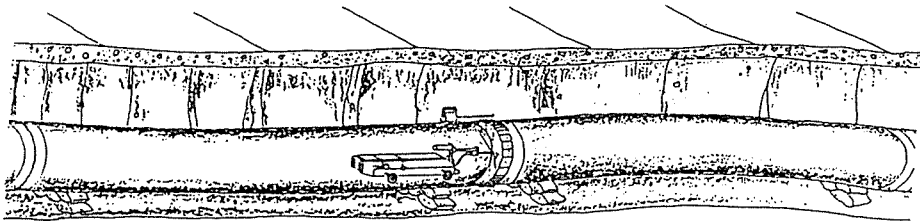
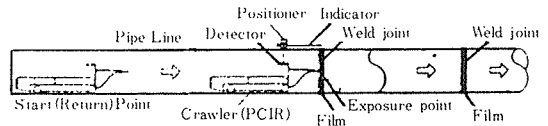


그림 3 PCIR에 의한 방사선투과검사

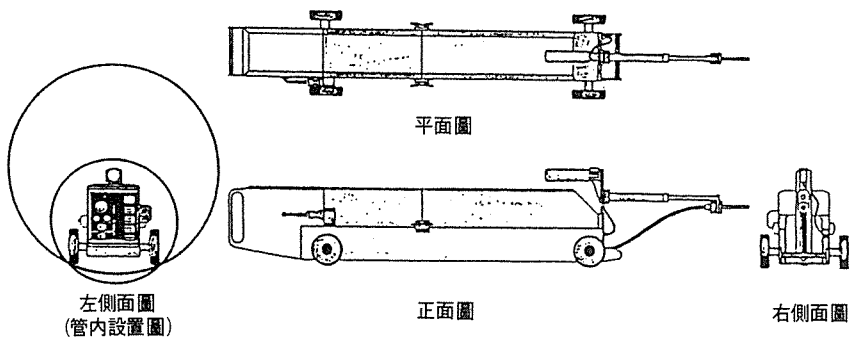
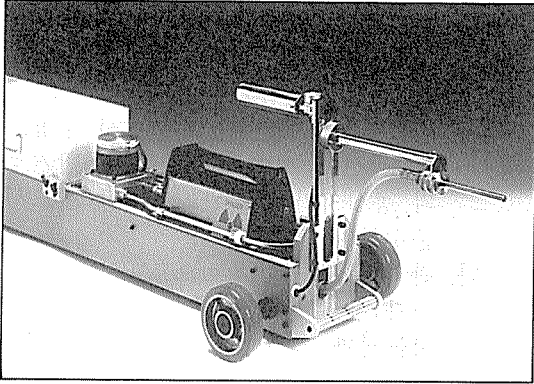
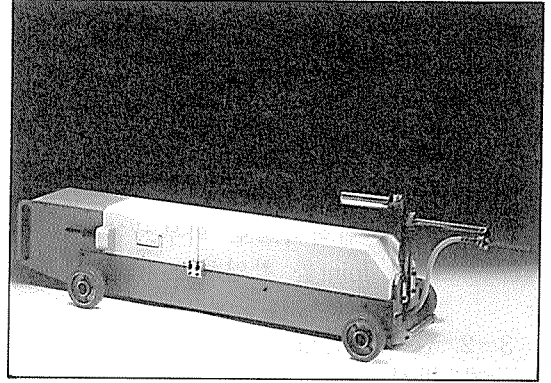


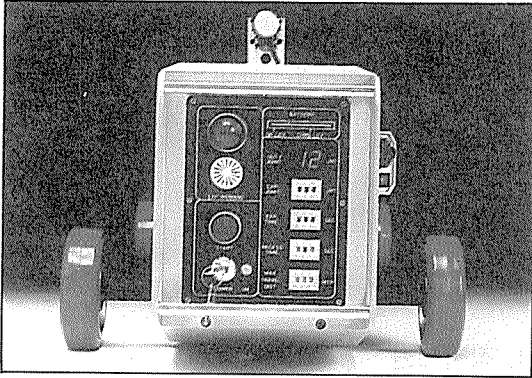
그림 4 PCIR 외관도



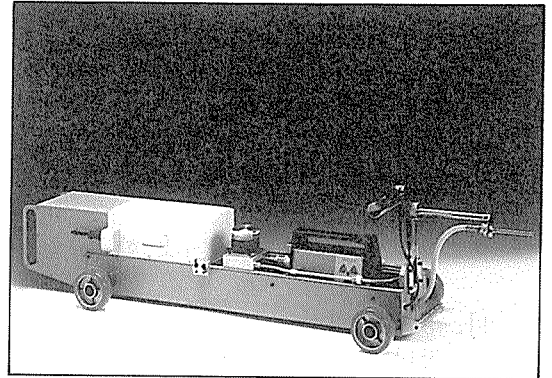
Operation pannel의 구성을 보여주는 사진



RCIP전면확대사진 (Source projector가 내장된 상태)



RCIP(Ripe Crawl Inspection Robot)정면사진



RCIP의 앞부분 덮개를 제거한 상태의 사진

- 출발위치
- 노출시간 Setting
- 이동거리 Setting
- 작업수량 Setting
- 대기시간 Setting

◦ 출발

↓

◦ 정지(Positioner 설치위치에서)

↓

◦ 촬영 ; 방사선노출(경고 ; Flash light, Buzzer)

↓

◦ 선원을 조사기내로 원위치

↓

◦ 대기

↓

◦ 다음위치로 전진

Loop

- 출발원위치로 후진(아래조건중 하나일때)
 - 작업을 완료하였을때
 - 최대거리까지 이동하였을때
 - Pipe내 침수시
 - Battery가 약할때
 - 장치에 이상이 생겼을 때

3. 사용에 따른 효과

- 3-1. 방사선 노출을 대폭 줄일 수 있다.
- 가. 방사선조사기와 원격조작기와의 거리는 불과 7m 정도이며 작업종사자는 이를 하루에도 수십회씩 반복하여 노출작업을 수행하게된다. 이를 로봇이 자동으로 지정한 위치에 가서 방사선을 노출시킴으로서 작업

종사자로부터 격리된 상황에서 방사선작업이 가능하다.

나. 내부선원식 방법을 사용하게 되므로 방사선의 세기가 낮은 것을 사용할 수 있다.(10-20 Ci정도의 동위원소도 충분함)

다. 내부선원식이므로 외부선원식에 비해 1 Joint를 촬영하는데 걸리는 노출시간이 약 1/50로 감소된다.

3-2. 검사 생산성이 대폭 향상된다.

가. 방사선투과검사를 위한 공정시간이 대략 1/10로 단축된다. 로봇의 주행속도는 관1본(12m)을 통과하는데 약 35초가 소요되며 여기에 노출시간이 통상 1~3분 정도되며 따라서 10 Joint를 촬영하는데 이동과 촬영시간은 불과 36분 정도이다. 그러나 장비의 대기시간 설정과 장비 설치시간 및 철수시간 등 모든 시간적 손실을 감안하더라도 비교 할 수 없을 정도로 단축된다.

나. 생산성 향상
장비의 운반에 관련하여 최소한의 인원은 요구되나 검사작업의 팀수가 줄어지고 많은 물량을 처리할 수 있어 전반적으로 일인당 처리량이 증대한다.

다. 인건비 절감
배관공사의 단위 프로젝트를 수행함에 있어 대략 1~2개 작업팀은 줄인 상태로 공사를 수행할 수 있어 연간 인건비를 6~9천만원을 절감할 수 있다.

3-3. 시공 공정시간을 단축 시킬 수 있다.

방사선투과검사 결과의 신속한 Feed Back이 가능하므로 용접시공자와 긴밀히 협의하여 촬영부재의 준비과정에서부터 결과처리과정을 잘 조정한다면 공정시간의 손실시간을 줄여 공정을 단축시킬 수 있다.

3-4. 노동환경을 개선할 수 있다.

가. 관 내부에는 방사선으로부터 엄폐할 곳이 전혀없고 원격조작기의 길이가 7m정도로 제한되어 있기 때문에 매번 노출시 마다 관 내부에서 후방으로 피신을 해야하는등 매우 번거로와 종사자가 안전관리수칙을 반드시 준수할지가 의문이다.

나. 관 내부에는 대체적으로 용접유해가스가 차 있는 상태이고 먼지, 녹등의 이물질과 특히 하절기에는 관 내부의 뜨거운 복사열때문에 호흡도 곤란한 상태이다.

다. 무거운 감마선조사기를 끌고 관속으로 기어서 들어가고 기어서 나와야 하며 어두운 관내부에서 관중심을 정확히 맞추어 센타봉을 설치해야 하는등 근로 환경은 전형적인 3D의 집합체인 것이다.

이러한 3D+알파(방사선)의 집합체로부터 근로자를 보호하는 방법은 이를 자동화된 기계에 의존하는 길밖에 없다고 확신한다.

4. 장비제원

4-1. 무게

- PCIR 본체 : 30Kg
- Battery Pack : 20Kg
- Source Projector(Ten 660) : 24Kg
- Total : 74Kg
- * 각 Part 분리하여 이동 가능함.

4-2. 크기 : 1400mm

4-3. 배터리 용량 : 24V/24AH, M/F, Rechargeable.

4-4. 이동속도 : 35초/12m(관의 경사도에 따라 약간 차이가 있음)

4-5. 등판능력 : 경사도 30도 이하 (관 내부의 마찰조건에 따라 약간 차이가 있으며 경사도 10도 이내가 가장 안정적임)

4-6. 정지위치 정밀도 : ±10mm

4-7. 위치제어 Positioner : Cs-137

(15mCi)

- 4-8. 모터 제어 : Full Automatic Programmed Control
- 4-9. Braking : Dynamic

5. 장비의 기능

- 5-1. 장비가 이동할 수 있는 최대거리를 설정할 수 있다.
1회에 이동할 수 있는 최대 이동거리는 1Km이며 필요에 따라 운행거리를 입력하여 사용한다.
- 5-2. 촬영작업을 할 Joint수를 미리 설정할 수 있다.
- 5-3. 노출시간을 입력하여 정확한 노출을 할 수 있다.
- 5-4. 운행도중의 대기시간을 설정할 수 있다.
- 5-5. 미작업 수량을 표시해 주는 기능이 있다.
- 5-6. 촬영위치를 정확히 감지하여 장비가 그 위치에서 정지및 촬영할 수 있다.
- 5-7. 배터리의 상태를 표시해주며, 배터리의 용량이 낮으면 출발거부기능이 있으며 운행도중에 기준치 보다 떨어지면 되돌아 오도록 하였다.
- 5-8. 방사선 노출시에는 경고 기능이 있다.
- 5-9. 전자 Power Key Switch를 채택하여 아무나 작동할 수 없도록 하였다.
- 5-10. 물 감지 기능이 있어 관 내부에 물이 차 있으면 장비가 되돌아 나오도록 하였다.
- 5-11. 조사기의 잠금상태를 자동으로 확인하여 잠겨 있을 경우, 장비가 되돌아 나오도록 하였다.
- 5-12. Front Guide Hose 내부에 걸림이 있을 경우 장비가 되돌아 나오도록 하였다.
- 5-13. Driving Motor와 Encoder의 체결 불량을 감지할 수 있도록 하였다.
- 5-14. 각종 Trouble의 원인을 LED로 표

시할 수 있도록 하였다.

- 5-15. 모든 회로에 이상이 발생한 경우라도 되돌아 나올 수 있도록 하였다.

맺음말

비파괴검사의 필요성과 그 수요는 날이 갈수록 커져만 가고 있다. 그 비파괴검사방법에 있어 매출고의 95%는 방사선투과검사이다. 그 중에서도 Ir-192 방사성동위원소를 사용하는 일이 약 90%에 가깝다. 그 간에 경영자나 작업종사자들도 방사선안전관리 의식이 상당히 높아진 것과 기본장비의 질이 향상된 것은 사실이나 다른 분야의 발전에 비하여 이 분야의 기술의 발전은 10년전과 비교하여 거의 발전된 것이 없다고 보는 것이 타당할 것이다. 방사성동위원소를 이용하여 주업무를 처리하는 기관의 경영자나 관리자는 늘 불안한 가운데서 하루하루를 보낼 것이다. 비록 교육을 제대로 시키고, 관리를 철저히 한다고 하더라도 언제, 누가, 어떤일이 일어날지가 모를 일인 것이다. 3D+알파(방사선)의 작업환경이기에 더욱 그러하다. 그래서 많은 경영자들은 다른 곳에서 대안을 찾아보려고 부단히 애를 쓰고 있으나 정작 비파괴검사업종 주업이라 할 수 있는 이 곳에는 무관심 한 것처럼 보인다. 그 대안을 찾는 일은 부단히 지속시켜야 하겠지만, 그러나 우리는 획기적인 물리학의 발전과 기술의 진보를 더 기다려야만 한다.

따라서 우리의 선결과제는 무엇보다도 전체 매출고의 대부분을 차지하는 이기술의 발전에 총력을 기울여 생산성 향상과 더불어 근로자에 대한 진정한 선물로서 3D+알파의(방사선) 환경으로부터 조속히 탈피하도록 해 주어야 할 것이다.

끝으로 이러한 발전의 원천은 이 분야에 종사하시는 경영자나 관제자들의 애정어린 관심과 아낌없는 지원속에서 성숙될 수 있고 지속될 수 있으므로, 앞으로도 많은 지도 편달이 있으시길 바랍니다.