

공업용 X-선 투과검사와 γ -선투과검사의 비교



김 성 중

한국공업엔지니어링(주)
품질관리부 차장

1. 선원의 비교

γ -선은 방사성동위원소가 핵붕괴시 발생하는 방사선(에너지파)으로서 방사선투과검사용으로 사용되는 γ -선원은 극히 한정되어 있으며 주로 인공선원으로서 Ir-192, Co-60, Cs-137, Yb-169, Tm-170 등이 있고 그중 가장 많이 쓰이는 것은 Ir-192 이다. 국내에서는 γ -선투과검사시 Ir-192 선원을 99% 이상 사용하고 있으며 일부 두꺼운 부재, 예컨대 두께 50mm 이상의 Steel 검사 또는 콘크리트 내부 철근검사등에는 Co-60이 사용되고 있다. 방사선투과검사시 γ -선원은 일반적으로 피검체의 종류 및 두께에 따라 선정하게 되며, ASME, BS 등의 Code에서는 각 선원에 대한 피검체의 적용 한계두께 값을 정하고 권고하고 있는데 이는 γ -선 종류에 따른 선(ray) 에너지의 크고 작음에 기인하여 투과의 정도와 방사선투과사진 상질이 영향을 받기 때문이다. 아래표는 방사선투과검사시 ASME 및 BS Code에서 규정되어진 γ -선원에 대한 사용 한계 권고치이다.

X-선은 X-선발생장치에서 인위적으로 만들어지는 방사선으로서 본질적으로는 γ -선과 같은 에너지파이다. X-선을 이용하여 투과검사시 피검체의 두께에 따라 X-선 에너지(X-선관전압)의 조절이 가능하며 보통

표1. ASME Sec. V Art.2의 권고치

재 질	최 소 두 께	
	Ir-192	Co-60
철	0.75 in	1.5 in
구리 또는 고니켈	0.65 in	1.3 in
알루미늄	2.5 in	-

표2. BS 2600 Part 1의 권고치

γ -선원	철의 최소두께(mm)	철의 최대두께(mm)
Co-60	50	150
Ir-192	10	80
Cs-137	25	100
Yb-169	2	12
Tm-170	2	12

국내에서 많이 사용되는 X-선발생장치는 현장에서 이동사용이 가능한 Portable용으로 160kvp~300kvp정도이다. 특별히 두꺼운 물체를 촬영하기위하여 거치식으로서 높은 에너지를 가지는 방사선발생장치도 있는데 동조변압 X-선장비 (Resonance transformer X-ray equip.), 선형가속장치 (Linear accelerator), 반·데그라프 발생장치 (Van de Graff generator), 베타트론 가속장치 (Betatron accelerator) 등이 있고 이중 선형가속장

치는 에너지가 5~25Mev정도이며 철판의 경우 두께 16인치(406mm)까지를 투과할 수 있다.

X-선투과검사도 γ -선과 마찬가지로 일부 Code 및 규격에서 투과사진의 상질을 고려하여 각 재질의 투과두께에 따라 X-선의 에너지를 한정시켜 놓았는데, 아래의 그래프는 방사선투과검사시 ASME Code에서 규정된 피검체 두께에대한 X-선 에너지의 적용한계치를 나타낸것이다.

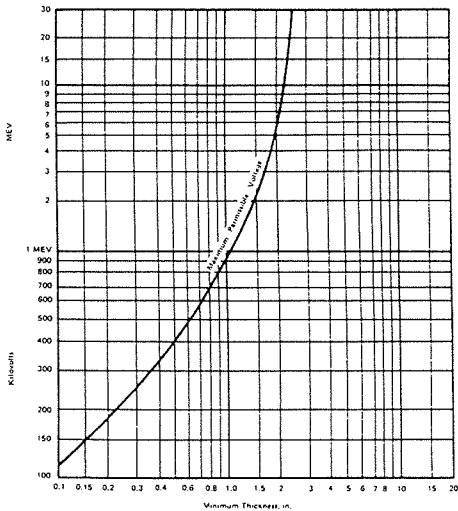


그림1 STEEL에 대한 최대 전압

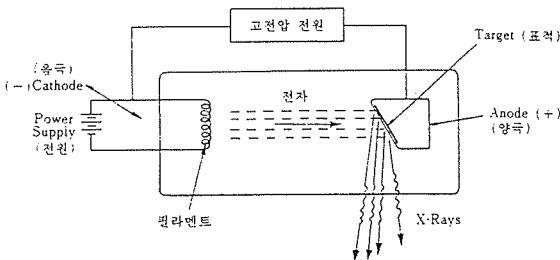


그림 2 X-선의 선원구조 및 작동원리

2. 투과사진 상질의 비교

X-선을 이용한 방사선투과검사는 방사선 에너지 특성상 γ -선투과검사를 이용한 경우

보다 방사선투과사진의 상질이 우수하다. Portable용 장비로는 현장설치물, 두께가 얇은 물체, 그리고 밀도가 낮은 알루미늄, 마그네슘 또는 그 합금등에 대한 방사선투과검사에 주로 이용되며 두꺼운 물체에 대하여는 X-선에너지가 수Mev가 되는 거치식 장비가 사용되기도 한다.

γ -선을 이용한 방사선투과검사의 투과사진상질은 X-선발생장치를 이용한 투과사진에 비하여 다소 상질이 떨어지나 투과사진상질을 결정 짓는 또다른 요인인 선원 크기 및 SFD(선원-필름간의 거리)등을 조절하여 이를 보완하기도 하며 두께가 얇은 (Steel16

표3. X-선과 γ -선에 의한 투과사진의 상질 비교

STEEL 용접부 두께 (mm)	감도 (Sensitivity)		
	X-선 %	γ -선	
		선원	%
2	2.5	Yb-169	3.1
3	2.0		2.7
6	1.6	Tm-170	2.1
12	1.6		2.1
25	1.3		1.6
35	1.1	Ir-192	1.4
50	1.0		1.3
75	1.85		1.1
100	0.8	CO-60	1.6

감도 (Sensitivity)

투과사진에서 식별되는 투과도계의

최소wire 지름

$$= \frac{\text{최소wire 지름}}{\text{투과두께}} \times 100$$

투과두께

(투과도계 : 방사선투과시험기술의 질을 점검하는데 사용하는 시험편으로서 대표적인 형태로는 선형 및 유공형이 있다.)

mm 이내정도) 중요부품에 대한 방사선투과 검사에는 Tm-170 및 Yb-169 등의 방사성 동위원소를 사용하여 상질을 높이는 경우도 있다.

X-선을 이용한 투과사진이나 γ -선을 이용한 투과사진 모두가 Code 및 규격에 그 상질의 정도 즉 투과사진 감도(Sensitivity)가 규정되어 있으며 투과사진은 이 규정치를 만족시켜야 하는데, 예를 들면 KS B 0845 규격에서는 투과사진의 식별도를 보통급에서 투과두께와 상관없이 2.0%로 규정하였고 ASME Code에서는 투과두께에 따라 그 감도에 대하여 차등을 두었다.

아래표는 방사선투과검사시 X-선과 γ -선에 의한 투과사진의 상질(투과도계 감도: IQI Sensitivity)을 비교한 것으로서 여기서 Sensitivity 값이 작을수록 상질은 좋은 것을 나타낸다.

3. 촬영작업의 비교

국내에서 사용되는 X-선발생장치는 주로 일본, 미국, 독일등지에서 수입되고 있는데 그 구조는 크게 Generator, Control Box, Cable (Power Cable, Low tension Cable, Alarm Lamp Cable)의 3가지로 되어 있고 γ -선장비에 비하여 무겁고 큰 편이어서 투과사진 상질의 우수성에 반하여 이동성은 뒤떨어진다. X-선발생장치를 가동시키기 위해서는 전원이 필요하므로 전원이 없는 곳에서는 발전기와 발전기를 이동할 수 있는 차량이 항상 준비되어 있어야 하며, 작업중 장비의 설치곤란 등 작업조건이 장비사용에 적합하지 아니한 경우가 자주 발생된다. 이에 비하여 γ -선장비(가장 많이 사용되어지는 Ir-192)는 방사성동위원소 Container와 원격조작장치 2가지로 구성되어 있고 그 크기와 무게가 비교적 작고 가벼워 이동이 간편하고 작업중 설치가 용이하며, 전원이 필요없어 X-선을 이용한 방사선투과검사에 비하여 그 작업 능률이 좋다.

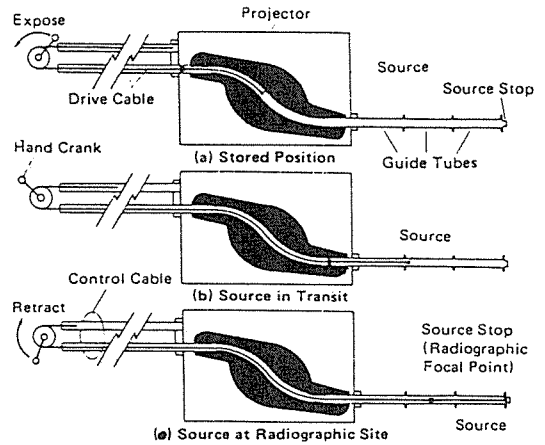


그림 3 γ -선 장비의 작동원리

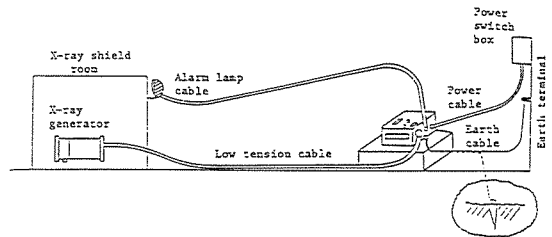


그림 4 X-선 투과검사장비 설치도

4. 방사선안전관리 측면에서의 비교

X-선발생장치는 Generator X-선창구를 통하여 X-선이 나오게 되며, 창구이외의 부분으로 방사선이 일부 누출되지만 이는 X-선관 및 Generator 몸통의 적정설계 및 차폐차폐로서 이를 최소화하여 누출 선량이 그리 크지 않다. 방사선투과검사 작업시 방사선구역 설정이 간편하고 종사자의 방사선 피폭에 대한 위험도 또한 작아 방사선안전관리가 비교적 쉬우며, 작동을 멈추었을 때에는 방사선 누출이 전혀 없어 보관시 방사선 차폐시설이 필요없고 또한 방사선안전관리 보조장비도 특별히 필요치 않아서 방사선안전관리가 용이하다.

γ -선을 이용한 방사선투과검사 작업시 조사되는 방향이외의 외부로의 누출 방사선을 차폐하기 위하여 콜리메타(납두께 20~30

mm)와 보조차폐체로서 납판(두께 5~10mm)을 활용하여야 하며 만일의 사고를 대비하여 안전장구류 납장갑, 집게(Tong)등도 준비를 해야 한다. 또한 작업이 끝나고 조사기의 노출 작동을 멈추어도 조사기(RI Container)의 몸체를 통과하여 투출되는 방사선 누출선량이 있어 (Tech/ops 장비에 50 Ci Ir-192를 장착할경우 조사기 표면에서 약 50mR/h 누

출) 장비 이동시 미약하나마 종사자의 피폭이 우려되고, 보관시 누출선량의 법정한도(RI 저장실 표면에서 0.25mR/h이내)를 준수하기 위한 차폐 시설이 필요하며, 조사기의 크기 및 무게가 비교적 작아 분실 우려 또한 내포하고 있는등 γ -선 투과검사 및 γ -선원에 대한 방사선안전관리는 그 자체가 기술이며 철저와 신중을 기해야 한다.

X-선투과검사와 γ -선투과검사의 비교

구 분	X-선 투과검사	γ -선 투과검사	비 고
선(Ray)	방사선(에너지파)	방사선(에너지파)	본질적으로 같음
투과두께에 따른 투과력 설정	발생장치 제작 및 작동시 전압조정에 따라 조절 가능	선원의 종류 선택에 따라 결정	투과두께에 따라 투과사진 상질의 차이가 있음
투과사진 상질	양호하다	비교적 양호하다	
장비취급	복잡하다	간단하다	
작업시간	비교적 길다	비교적 짧다	
작업조건	까다롭다	수월하다	
외부전원	필요하다	필요없다	
장비고장	자주발생	거의 없음	
장비수리	어렵다	간단하다	
안전관리	비교적 안전하다	안전관리가 까다롭고 철저해야 한다	