

방사선투과시험법 (Ⅱ)

이 의 종
 한국비파괴검사(주)

Radiographic Testing (Ⅱ)

Euy-Jong Lee
 Korea Nondestructive Testing Co., Ltd.

2. 8. 노출 조건을 결정한다.

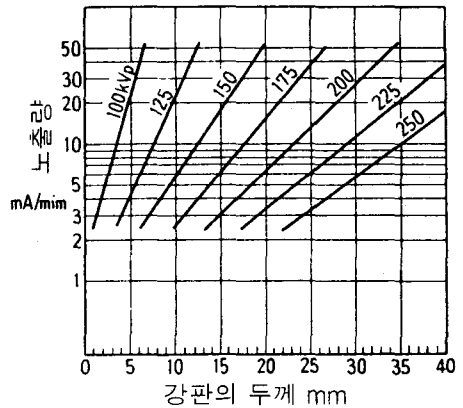
2.8.1 X선을 이용하는 경우의 노출 조건 결정

전 회에서 기술한 내용으로써 촬영 준비는 완료하게 된다. 이제 X선을 조사하게 되는데 이 경우에는 관전압, 관전류 및 노출시간을 결정해야 한다. 노출 조건을 결정하기 위해서는 각 X선장치에 부착되어 있는 노출선도를 사용한다.

X선 필름에 도달하는 X선의 강도는 결국 관전압, 관전류, 노출시간 및 초점-필름간 거리에 의해 달라진다. 관전압, 초점-필름간 거리를 일정하게 한 경우, X선의 조사선량률은 관전류 및 노출시간에 비례한다. 또한 관전압, 관전류 및 노출시간을 일정하게 한 경우는 초점-필름간 거리의 제곱에 반비례한다. 그러므로 동일한 X선 장치에서 동일한 노출량이 되어 동일한 사진 농도를 얻게하기 위해서는 노출인자를 일정하게 해야 한다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{노출인자} = \frac{(\text{관전류}) \times (\text{노출시간})}{(\text{거리})^2} = \frac{\text{mA} \times \text{min}}{\text{Cm}^2}$$

보통 Fig. 6에 나타낸 노출선도가 일반적으로 노출을 결정하는데 사용된다. 이 노출선도는 필름 Fuji #100을 사용하고 전방 및 후방증감지로써 두께 0.03mm의 납증감지를 사용한 경우이다.



X선필름: Fuji #100 SFD: 60 cm
 증감지: 납증감지(전·후방 0.03 mm) 농도: 1.5
 X선장치: EX 250-5A 현상: 20°C, 5분(탱크)

Fig. 6. 관전압에 따른 노출선도의 예

Fig. 6의 노출선도는 횡측에 강판의 두께, 종측에 노출량(mA.min.) 그리고 사선은 관전압을 나타낸다. 관전류는 장치에 따라 5mA, 10mA등으로 고정된 것과 관전류를 변화시킬 수 있는 것이 있다. 이 노출선도는 X선 장치로서 EX-250-5A를 사용한 것으로 관전류가 5mA로 고정되어 있다. 초점-필름간 거리의 변화에 따라 노출량이 변한다는 것은 이미 앞에서 기술한 바 있으나 이 노출선도에서는 60cm로 고정하여 나타낸 것이다. 거리가 달라지면 앞에서 식에 따라 보정해 주어야 한다.

X선 필름의 농도는 투과사진의 상질을 결정하는 중요한 인자의 하나이다. 위의 노출선도는 현상액의 온도를 20℃로 하고 현상시간을 5분으로 하여 1.5의 농도를 얻도록 작성된 것이다. 이상의 내용을 정리하여 나타내면 Fig. 6은 다음의 근건을 만족하는 노출선도가 된다.

- X선필름 - Fuji #100
- 증감지 - 납증감지(전·후방 0.03mm)
- X선장치 - EX250-5A
- 초점-필름간거리(FFD) - 60cm
- 농도 - 1.5
- 현상 - 20℃, 5분

따라서 위의 조건의 어느 한 인자가 변한다면 노출선도를 다시 그리거나 보정을 행해야 한다.

본고에서 가정된 시험편 (재질은 연강, 판두께 20mm, 양면 용접으로 양면 덧붙임으로 투과두께 24mm)에 대한 노출 조건을 결정해보자. 횡측의 24mm에서 위쪽으로 수직선을 그린다. 이때 사선(관전압)과 만나는 점을 모두 열거하면 250kVp, 225kVp, 200kVp 및 175kVp가 된다. 이상 4개의 점에서 관전압과 교차하게 되는데 관전압의 결정은 보통 에너지가 낮은 쪽을 선택한다. 이는 관전압이 높아지면 콘트라스트가 저하되기 때문이다. 그러나 시험체가 두께차가 많은 경우라면 높은 관전압을 택하는 것이 바람직한다. 이는 관전압이 높아지면 관용도가 증대되기 때문이다. 여기서는 용접부가 맞대기 용접이고 투과 두께의 변화가 그다지 크지 않기 때문에 낮은 쪽을 택한다. 다만 관전압이 지나치게 낮아지면 노출시간이 길어지므로 이것도 또한 고려해 주어야 한다. 이 경우에는 200kVp와 175kVp를 선정하

여 노출시간을 고려해 보자. 먼저 200kVp와 만나는 교점에서 수평선을 그려 횡측과 만나는 값을 읽으면 12mA·min이 된다. 관전류가 5mA로 고정되어 있으므로 12mA·min/5mA = 2.4min. 즉 2.4분의 노출시간이 된다. 마찬가지로 175kVp의 경우에는 36mA·min이 되므로 노출시간은 7.2분이 된다. 따라서 이 경우중 경제적인 관점도 고려하여 관전압 200kVp, 노출시간 2.4분으로 촬영하는 것이 바람직하다.

주어진 노출 상황(필름, 증감지, X선장치, 거리, 농도, 현상)에 변화가 있을 때에 처리 방법에 대해 알아보자. 먼저 증감지, X선장치 및 현상 조건에 변화가 있을 때는 새로운 노출선도를 작성하여 사용하여야 한다. 여기서는 농도, 거리 및 필름종류의 변경에 따른 노출 조건의 수정에 대해 기술해 보자.

① 투과사진의 농도의 수정

앞의 시험편에서 관심부위의 농도를 1.5에서 2.0으로 변경하고자 할 때는 Fig. 7의 특성곡선을 이용하여 수정할 수 있다. 이때 사용필름 Fuji #100, 증감지 0.03mm Pb, 관전압, 초점-필름간 거리 및 현상 조건은 일정한 것으로 가정한다. Fig. 7의 필름 특성곡선에서 농도 1.5에 대한 상대 노출 시간은 58초, 농도 2.0에 대한 상대노출시간은 82초가 된다. 따라서 수정된

$$\text{노출시간은 } 2.4\text{분} \times \frac{82\text{초}}{58\text{초}} = 3.39\text{분이 된다.}$$

즉 노출시간을 2.4분에서 3.39분으로 증가시키면 기준농도 2.0의 투과사진을 얻을 수 있다.

② 초점-필름간 거리가 변경된 경우의 수정

앞에서 설명한 바와 같이 거리가 달라지면 거리 제곱에 반비례하여 X선강도가 변하게 된다. Fig. 6의 노출선도는 거리를 60cm로 고정한 경우의 노출선도의 일예이다. 다른 조건을 일정하게 하고 거리만 80cm로 변경한 경우의 노출시간을 위의 시험편에 대해서 계산하면 다음과 같다.

$$2.4\text{분} \times \left(\frac{80\text{cm}}{60\text{cm}} \right)^2 = 4.27\text{분}$$

③ X선 필름의 종류를 변경했을 경우의 수정

앞의 시험편을 200kVp, 초점-필름간 거리 60cm, Fuji #100, 증감지 0.03 mmPb로 농도 1.5를 얻기위한 노출시간은 2.4분이었다. 이때 다른 조건을 일정하게 하고 필름을 Fuji #100 (Type II)에서 Fuji #80(Type I)으로 바꿀 때 달라지는 노출에 대해 알아보자.

Fig. 7에서 1.5에 대한 상대노출은 Fuji #100의 경우 58초, Fuji #80의 경우 150초가 된다. 따라서 수정된 노출시간은 다음과 같다.

$$2.4분 \times \frac{150초}{58초} = 6.2분$$

특성곡선을 사용하면 정확한 노출을 결정할 수 있지만 다소 번거로운 면도 있으므로 필름 제조자가 주는 개략값을 이용하는 경우도 있다. 예를 들면 Fuji #100을 1이라 할 때 상대감도는 Fuji #50은 0.39, Fuji #150은 1.8이 되므로 노출시간은 각각 2.56배 및 0.56배 해주면 된다.

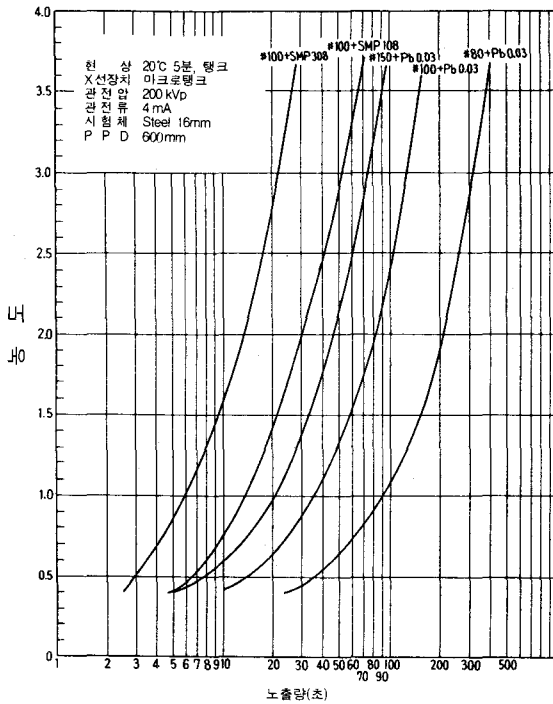


Fig. 7. X선 필름의 특성곡선

2.8.2 γ 선을 이용하는 경우의 노출조건의 결정

γ 선을 사용하는 경우에는 X선을 사용하는 경우에 비해 변수가 보다 적다. 방사성동위원소의 특성에 의해 방사선의 성질이 고정될 뿐만 아니라 특정 선원의 방사성 물질의 양에 의해 강도도 고정된다. 촬영자에 의해 조정될 수 있는 변수는 선원-필름거리, 필름 및 노출시간으로 한정한다. 따라서 노출인자는 다음식에 의해 나타내어진다.

$$\text{노출인자} = \frac{(\text{선원의 강도}) \times (\text{노출시간})}{(\text{거리})^2} = \frac{Ci \times \text{min}}{\text{cm}^2}$$

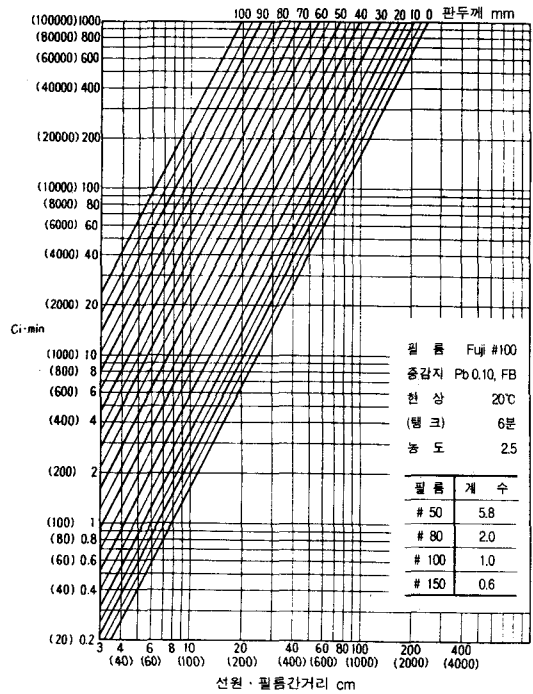


Fig. 8. ^{192}Ir 의 노출선도

Fig. 8은 대표적인 Ir^{192} 의 노출선도를 나타낸 것이다. 그림의 횡축은 선원-필름간 거리, 종축은 노출량을 $\text{Ci} \cdot \text{min}$ 으로 나타낸 것이며, 사선은 강판의 두께를 나타낸 것이다. X선 노출선도의 경우에서와 마찬가지로 이 노출선도도 필름, 증감지, 현상조건, 농도 등이 고정되어 있다. Fig. 8에 의해 본고에서 가정한 시험편에 대해 노출량을 계산하는 방법에 대해 알아보자. 거리를 40cm로 유지하는 경우 사선의 두께 24mm와의 교점의 횡축값을 읽으면 $70\text{Ci} \cdot \text{min}$ 이 된

다. 선원의 강도가 30Ci 라면 노출시간은 $70\text{Ci} \cdot \text{min}/30\text{Ci} = 2.33\text{분}$ 이 된다. 그림중의 계수는 Ir192를 사용하는 경우의 필름의 종류에 따른 노출시간 조정 계수이다. 즉 Fuji #80의 경우에는 계수 2.0을 곱한 값이 노출시간이 된다

γ 선을 사용하는 경우에도 위의 X선을 사용하는 경우에서 기술한 바와 같이 다른 변수(필름, 농도, 거리 등)가 달라지면 동일한 방법에 의해 노출량을 조정하여야 한다.

실제 촬영 현장에서는 감마선 노출 계산자(Gamma Radiation Exposure Calculator)를 이용하면 편리하다. Fig. 9는 감마선 계산자의 일 예이다. 이 계산자는 위쪽 및 아래쪽의 2개의 슬라이드(Slide)를 이동시켜 원하는 노출시간을 결정하게 된다. 사용 방법은 다음 두가지 방법중 하나로 한다.

방법 1

- a 위쪽 슬라이드를 이동하여 필요 노출량(exposure desired)에 선원 구입후 경과 일수를 일치시킨다.
- b 아래쪽 슬라이드를 이동하여 촬영할 시험편의 두께(thickness)에 사용할 선원-필름간 거리(source to film distance)를 일치시킨다.
- c 선원 구입시 (즉 source age 가 0일때)의 선원의 강도에서의 노출시간을 읽는다.

방법 2

- a 위쪽 슬라이드를 이동하여 필요 노출량에 source age 0을 일치시킨다.
- b 아래쪽 슬라이드를 이동하여 촬영할 시험편의 두께에 사용할 선원-필름간 거리를 일치시킨다.
- c 현재의 선원의 강도에서의 노출시간을 읽는다.

위에서 필요 노출량은 필름의 종류와 요구하는 농도에 따라 정해지며 Fig. 9와 더불어 사용되는 값은 아래 Table 1과 같다.

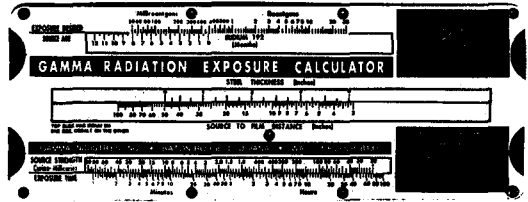


Fig. 9. 감마선 노출자의 일 예

2. 9. X선(γ 선)을 조사한다.

노출 조건이 결정되면, X선(또는 γ 선)을 조사하게 된다. 이때 조사하기 전에 다시 한번 시험체의 배치 상황을 점검해야 한다. X선 발생장치의 경우 중심 지시봉을 내려놓은 상태 그대로 하거나 주위를 에워싼 납판을 놓는 것을 망각하는 경우가 종종 있게 된다. X선장치의 취급은 실제로 필름이 놓여 있지 않을 때 충분히 연습하여 당황하지 않도록 하는 것이 물론 중요하다.

X선 발생장치를 사용하는 경우 노출시간을 타이머로 설정해 둔다. 관전압을 이미 결정된 곳에 맞추고 발생장치의 버튼을 눌러 조사한다.

γ 선 장치를 사용하는 경우 시험체의 배치 상태의 상황을 다시 한번 확인한 후 원격조작장치에 의해 선원을 가이드 튜브 끝에 위치시킨 후 정확히 시간을 맞춰 조사한 후 다시 원격조작장치를 이용

Table 1. 필요노출형(exposure desired)

KODAK 공업용 X선필름		필름필요노출량(R)							
ASTM 등 급	상품명	2.0 H & D*		2.5 H & D*		3.0 H & D*		3.5 H & D*	
		Ir 192	Co 60	Ir 192	Co 60	Ir 192	Co 60	Ir 192	Co 60
1	Kodak R(D)	9	28	11.3	34.5	13.8	42	16.1	48
	Kodak M	4.5	12.9	5.5	15.5	6.6	18.8	7.6	21.7
	Kodak T	2.3	5.8	4.3	7.1	3.6	8.9	4.4	11
2	Kodak AA	1	2.1	1.3	2.8	1.6	3.6	2	4.3

* 0.005" 전방 및 0.010" 후방 납스크린 사용

하여 용기내로 이동시킨다. 이때 조사시간을 정확히 유지하는 것이 무엇보다 중요하다.

2. 10. 촬영된 필름을 암실에서 현상처리 한다.

2.10.1 수동현상

① 현상처리

필름홀더로부터 꺼낸 노출된 필름을 행거(hanger)에 확실히 고정한다. 이것을 조심스럽게 탱크에 넣고, 현상액이 충분히 필름에 와닿도록 약 30초동안 연속하여 상하운동한다. 그후 필름을 약 30초마다 수회(數回) 상하·좌우로 이동하여 현상액을 교반한다. 탱크 용량에 알맞게 적당량의 행거를 동시에 넣고, 넣은 직후에 전체를 하나로 하여, 탱크의 상단에 2~3번 두드려 필름 표면에 붙은 기포를 제거한다.

현상작용은 화학반응이기 때문에 반응온도와 시간에 따라 효과가 다르다. 일반적으로 20℃가 권고 온도이며, 15℃ 이하에서는 현상작용이 현저히 떨어지고, 25℃ 이상에서는 현상작용이 신속히 진행되어 fog의 원인이 된다. 현상온도를 20℃로 유지가 곤란한 경우에는 18~22℃ 범위내에서, 처리시간을 조정하여 행해도 좋다. Fig. 10는 Fuji #100에 대한 현상온도와 현상시간과의 관계를 나타낸 것이다. 또한 현상온도를 일정하게 했을때 현상시간이 변하면, 사진의 특성이 변한다.

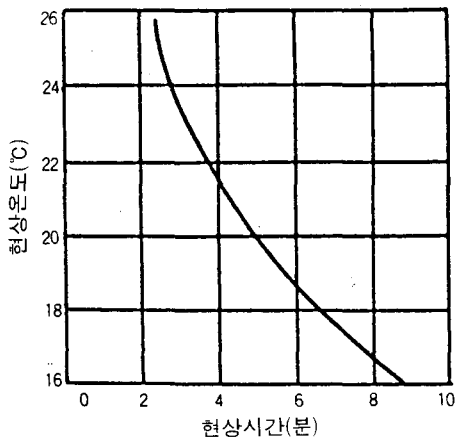


Fig. 10. 온도와 현상시간

감도 및 평균콘트라스트는 현상시간이 길어질수록 커지지만, 어떤시간 이상에서는 포화되어 저하하는 경향이 있다. 그러므로 감도 및 평균콘트라스트를 높이기위해 현상시간을 연장하는 경우에는 20℃, 6~8분정도로 하는 것이 좋다.

일정량의 현상액에서 처리매수가 증가하면, 현상액은 화학적으로 점차 소모되며, 또 공기와의 대기산화에 의해 현상능력이 감퇴한다. 따라서 보상이 필요하다. (일정감도유지) 방법중의 하나는 처리매수에 따라 현상시간을 연장하는 방법이다. 이 방법은 처리매수가 증가함에 따라 현상액도 점차 줄기 때문에 처리매수가 많은 작업에서는 바람직한 방법은 아니다. 제 2의 방법은 처리매수에 따라 보충액을 정기적으로 추가하여 현상시간을 일정하게 하는 방법이다.

공업용사이즈(3/8×12")인 경우 1매당 10~15cc 감소하므로 그것을 보충하여 일정량을 유지하도록 하고, 또한 현상작용이 일정하도록 한다. 보충액은 현상액보다 다소 높은 강도로 하며, 소량씩(2~3%) 보충하고, 한꺼번에 전체용량의 10%정도를 넘지 않도록 1회의 보충액으로 한다. 보충액의 총량은 최초의 현상액의 2배 정도로 제한하고, 그것을 넘으면, 전체를 새로운 현상액으로 교체해야 한다.

② 정지처리

현상처리가 끝난 필름을 정지액에 넣어, 현상작용을 정지시키고 동시에 현상액이 정착액으로 들어가는 것을 방지하는 것이 정지처리이다. 정지액으로는 공업용 X선 필름의 경우에는 빙초산(氷酢酸) 3% 수용액이 사용된다. 18~22℃에서 20~30초 동안 넣고 잘 교반한다. 또한 정지액은 사용중 혼입된 현상액에 의해 중화되므로, 수시로 점검 교환해야 한다.

정지액은 사용하지않고 직접 정착액으로 넣는 경우가 있는데, 이는 정착액을 급격히 피로(疲勞)시키고, 농도 stain(얼룩)이 생기거나 유제막의 경화작용이 불충분해지며, 또한 최근의 X선 필름은 유제의 농도가 높게 되어있기 때문에, 정착얼룩을 만들기 쉬우므로 정지액은 반드시 사용해야 한다.

③ 정착처리

현상된 후 필름의 감광유제막 중에는 현상은입

자와 현상안된 할로겐화는입자가 존재한다. 이 할로겐화는입자를 용해 제거하여 흑화은(黑化銀)만 남기는 것을 정착이라 한다. 또한, 일반적으로 사용되고 있는 산성경막정착액에서는 할로겐화은을 용해하는 일외에, 감광유제에 대한 경막작용(硬膜作用)도 행한다. 정착액의 온도는 18~24℃하고, 잘 교반해야 한다.

정착시간은 필름을 정착액에 넣고, 유제층의 미감광 부분이 완전히 투명하게 되는 시간이 2배(clearing time의 2배)로 한다. 단, 투명해지면 불(白燈)을 켜도 좋다. 정착시간은 필름의 종류, 정착액의 신선도, 온도등에 따라 일정하지는 않지만, 극단적으로 장시간 정착액에 방치하는 경우를 제외하고는, 현상과는 달리 오래두어도 문제가 생기지 않는다. 오히려 불완전 정착의 경우에 농도 얼룩, 변색이 우려된다. 정착액은 그 능력의 저하를 시간의 연장으로 보완하지만, 신선한 액의 경우보다 정착시간이 2배가 되면 교환한다. 피로된 정착액은 경막작용이 저하되고, 불완전 정착에 의한 오염, 황색얼룩 등을 일으킨다.

④ 수세처리

정착처리를 완료한 X선 필름은 아직 유제내의 젤라틴층에 처리액과 이것에 의해 용해된 할로겐화은이 포함되어 있다. 이것을 완전히 제거하기 위해 수세가 필요하다. 수세가 불충분하면, 후에 상이 변색 또는 퇴색되어 상질이나 보존성에 악영향을 미친다.

수세는 젤라틴막에 접촉하는 물이 급속히 이동할수록 효과가 좋지만, 수온도 영향을 미친다. 탱크 처리의 경우는 필름끼리 겹치지 않고 충분히 수세가 되지만, 접시현상의 경우에는 필름끼리 중첩되어 충분히 수세되지 않는 경우도 있다. 수세시간은 30~60분 정도로 한다. 그러나 수도물은 계절에 따라 온도차가 심해 여름 28℃ 이상, 겨울 10℃ 이하 정도이므로 이때의 수세시간은 여름에는 10분, 겨울에는 60분정도로 수세시간을 변경하는 것이 좋다. 정착후 유수에서 예비수세기 2% 아황산소다 용액에 2분 침지하면, 수세시간을 1/3로 단축할 수 있다.

⑤ 건조처리

건조처리는 가장 간단한 조작이지만 역시 중요하다. 정확히 행하지 않으면 물마크(water mark)

의 우려, 고온의 경우에는 젤라틴막이 해를 입는다. 물마크는 필름면에 물방울이 묻은 상태로 급속히 건조되는 경우, 주위와의 건조속도차에 의해 생기며, 필름에 농도차를 만든다. 이를 방지하기 위해 수세처리 후 표면활성제(表面活性劑)에 20~30초간 침지시켜 그대로 건조시킨다. 건조기내의 온도는 40℃ 정도가 좋다.

2.10.2 자동현상

① 자동현상이론

자동현상처리의 경우에는 현상기(processor), 특별히 조합된 현상용액 및 자동현상에 적합한 필름이 필요하며, 이 세가지 인자가 함께 작용함으로써 고품질의 방사선투과사진을 만들수 있다. 일반적으로 자동현상기는 필름주입구, 필름현상처리부 및 필름건조부의 주요 3부분으로 구성된다.

자동현상의 필수요건은 화학적 및 기계적 제어(control)이다. 자동현상기로서 짧은 시간에 방사선투과사진을 현상, 정착, 수세 및 건조하기 위해서는 특별히 조제된 용액이 사용돼야 한다. 현상기는 적절한 온도로 용액을 유지해야 하고, 자동적으로 용액을 교반하고 보충해야 하며, 전 현상과정을 통해 잘 통제된 속도로 필름이 기계적으로 이동되어야 한다. 사용 필름이 짧은 현상시간 및 기계적 이동시스템에 부합하는 특성을 갖어야 한다.

② 자동현상기 시스템

구동시스템(transport system) - 자동현상기(automated processor)는 필름을 운반하고, 현상처리하고, 건조하는 시스템과 용액을 보충하고, 재순환시키는 등의 여러 시스템으로 구성되어진다. Fig. 11은 자동현상기의 구조를 나타낸 것이다.

구동(驅動)시스템의 기능은 필름을 현상액, 정착액, 수세용 탱크 및 건조부를 통해 이동하는 것으로서, 필름을 각 단계마다 정해진 시간동안 정확히 유지되도록 하여 방사선투과사진을 얻도록 하는 것이다. 현재 사용하고 있는 대부분의 현상기에서는 모터로 작동하는 롤러에 의해 이 기능을 수행한다.

필름이 현상기 내에서 일정한 속도로 이동하지만 현상기에 따라서는 이 속도가 다를 수 있다. 필름을 주입구에 넣고 출구까지 나오는데 걸리는 시간은 일반적으로 15분 미만이다. 현상처리 과정에서 어떤

단계에서 다른 단계보다 더 오래 유지하고자 할 때는 rack의 크기로써 조정한다. 비록 구동시스템의 주기능이 필름을 정확히 조절된 시간내에 현상기를 통해 이동시키는 것이지만 고품질의 투과사진을 빠른 속도로 얻기위해 중요한 두가지의 다른 기능을 수행한다. 우선 롤러가 필름의 표면에 용액을 강하고 일정하게 교반해 준다. 다음으로는 롤러에 의해 필름의 표면으로부터 용액을 효과적으로 제거하며 한 탱크로부터 다른 탱크로 들어가는 용액의 양을 감소시켜 용액의 수명을 길게하고 수세 효율을 증대시켜 준다. 압착롤러는 필름 표면의 수세용 물의 대부분을 제거하여 현상처리된 필름을 균일하고 빠르게 건조할 수 있도록 해준다.

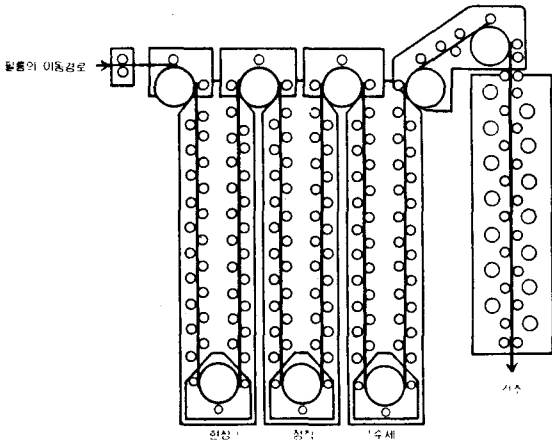


Fig. 11. 자동현상기의 구조

Water 시스템 - 이 시스템은 자동현상기의 두번째 기능으로써 필름을 수세하고 용액의 온도를 안정화하는데 도움을 준다. 더운 물과 차가운 물을 섞어 적절한 온도가 되도록 하여 유량조절기를 통해 일정한 흐름이 되도록 한다.

순환시스템(recirculation system) - 정착액 및 보충액을 일정한 온도로 유지해 주고, 잘 혼합해 주고, 그들을 일정한 온도로 유지해 주고, 잘 혼합되고 교반된 용액이 필름에 접촉하도록 해준다. 용액을 탱크로부터 펌프로 퍼내어 온도조절장치를 통과시켜 탱크로 되돌린다.

보충시스템(replenishment system) - 현상액과 정

착액을 정밀하게 보충하는 것은 수동현상에서 보다 자동현상에서 훨씬 더 중요하다. 어느 방법에서나 정밀한 보충은 필름의 적절한 현상처리 및 처리용액의 수명을 연장하는데 필요하다. 그러나 자동현상기에서는 용액이 적절히 보충되지 않으면 필름이 너무 많이 부풀고(swell) 미끄럽게 되어 롤러에 달라붙을 수 있다.

필름이 현상기에 들어갈때 저장탱크로부터 현상 탱크로 보충액이 들어가도록 펌프가 작동한다. 필름이 입구 부분을 통과하면 펌프의 작동은 중지된다. 즉 보충액은 단지 필름이 입구 부분을 통과하는 동안만 첨가된다. 그러므로 첨가된 보충액의 양은 필름의 크기와 관계된다. 새로이 첨가된 보충액은 순환펌프에 의해 현상기내 용액과 혼합된다. 과잉 용액은 탱크 상단부를 통해 배수구로 흘러나간다.

X선필름의 종류에 따라 용액의 양이 달라진다. 그러므로 현상될 필름의 종류 및 방사선투과사진의 평균농도에 따라 용액은 적절한 비율로 보충하는 것이 중요하다. 보충비율은 정확하게 측정되어야 하고 주기적으로 점검되어야 한다. 현상액을 지나치게 많이 보충하게 되면 콘트라스트가 낮아지기 쉽다. 보충액이 약간 미달되면 농도와 콘트라스트의 저하뿐만 아니라 운반시스템의 어느 부위에서 필름이 운반중 실종되는 경우가 발생된다. 정착액의 지나친 보충은 작동에 영향을 주지 않지만 정착액의 낭비를 초래한다. 그러나 정착액의 보충이 미달되면 정착이 나빠지고, 경화가 불충분하고, 세척이 부적절하게 되고 정착액내 롤러중에서 필름이 실종되는 원인이 된다.

③ 자동현상의 특징

자동현상이 갖는 특징의 하나는 짧은 시간내에 현상처리된 방사선투과사진을 얻을 수 있다는 점이다. 조사된 필름이 현상기내로 투입된 후 대략 12~14분이 경과하면 필름은 현상, 정착, 수세, 건조되어 현상의 제과정이 완결된다. 수동현상의 경우에는 이러한 전공정에 약 1시간이 걸리게 된다. 그러므로 현상시간은 적어도 45분이상 단축되고, 따라서 그만큼 빨리 검사된 부품을 다음 공정으로 진행시킬 수 있다. 이는 시험체가 차지하는 공간을 그만큼 줄일 수 있음을 의미한다.

둘째로는 자동현상은 아주 정밀하게 조절되는 시

간-온도 현상법이다. 이는 용액을 정밀하게 자동보충하는 시스템과 더불어 수동현상에서는 거의 불가능한 투과사진의 균질성을 가능하게 해준다.

세제로는 자동현상기는 단지 약 10ft² 정도의 공간이면 족하다. 탱크와 건조기의 설비가 별도로 필요로 하지 않기 때문에 현상실의 크기를 줄일 수 있다.

④ 자동현상의 화학

자동현상은 수동현상을 단지 기계화하는 것만을 의미하는 것만은 아니고, 역학(mechanics), 화학물질(chemicals) 및 필름의 상호관계에 영향을 받는 시스템이라 할 수 있다.

수동현상에 있어서 X선필름을 현상용액에 담그면, 조사된 할로겐화은입자는 금속으로 바뀌고, 동시에 감광유제층이 부풀고 연화된다. 정착액은 현상안된 할로겐화은입자를 제거하고 감광유제층을 수축하고 경화시킨다. 수세과정을 통해 용액의 흔적을 제거하고 필름을 약간 부풀린다. 건조에 의해 감광유제를 더욱 경화하고 수축한다. 그러므로 필름이 현상처리과정에서 한 단계에서 다른 단계로 이동됨에 따라 두께와 경도가 변한다. 수동현상에서는 필름이 독립적으로 유지되고 다른 필름이나 롤러등과 같은 다른 표면과 접촉하지 않으므로 이러한 변수가 그다지 중요하지 않다.

그러나 자동현상의 경우에는 현상용액에 대해 추가적인 요구사항이 필요하다. 상을 아주 빨리 현상, 정착하는 외에 현상용액은 감광유제가 부풀어 오르는 것 또는 미끄러워지거나, 연화하거나 또는 끈끈하여 롤러에 달라붙는 것을 방지할 수 있어야 한다. 또한 현상된 필름이 빨리 세척되고 건조될

수 있어야 한다.

이와 같은 조절은 빠른 수세와 건조를 위해서 뿐만 아니라 운반시스템의 원활한 작동을 위해 감광유제의 두께와 접착성을 필요한 제한범위내로 유지할 수 있도록 현상액 및 정착액에 경화제를 사용해야 한다.

자동현상에서의 빠른 처리는 현상용액의 조성 및 수동현상에서의 온도보다 높은 온도를 채용하므로 달성된다. 경화제를 포함한 현상액은 통상의 작동온도에서 필름의 현상속도가 빠르다. 더구나 용액의 조합이 정확히 균형을 유지하게 됨으로써 경화제가 감광유제를 경화하는데 필요한 시간에 아주 정확히 최적현상이 이루어지도록 해 준다. 너무 많은 경화제가 용액내에 존재하면 감광유제가 너무 빨리 경화하여 현상제가 충분히 침투하지 못하게 되어 현상미달을 초래한다. 경화제가 현상액내에 너무 적게 존재하면 경화과정이 느려져 과현상이 초래되고 이동에 문제가 발생된다. 적절히 균형을 유지하기 위해 현상될 필름의 종류 및 평균 사진 농도에 따라 적절한 비율로 보충해 주는 것이 필수이다.

투과사진의 수세, 건조 및 성질의 유지는 정착과정의 효과와 밀접하게 연관되기 때문에 자동현상에서는 특별한 정착액이 필요하다. 정착액은 빨리 작동되어야 할 뿐만 아니라 효과적인 필름의 이동을 위해 적당한 경화도를 갖어야 한다. 또한 정착액이 필름표면으로부터 쉽게 제거될 수 있어야 한다.

일반적으로 현상기내 탱크는 50,000매의 처리 또는 3개월의 기간에 따라 교환해 주어야 한다.

(다음호에 계속)