

유한한 원천시준구멍에 의한 인공산물제거

박현, 량석진

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 현실발전의 요구에 맞게 나라의 과학기술을 빨리 발전시켜야 하겠습니까.》

(《김정일선집》 증보판 제11권 134페이지)

공업용 γ -CT장치에서는 등방성점 원천으로부터 나오는 방사선을 시준기를 통하여 평행속으로 만들며 검출기에서는 시준기를 리용하여 시편을 통과한 평행속을 접수한다. 따라서 원천시준직경은 유한한 크기를 가지게 되며 이것으로 하여 2차원촬영화상에는 인공산물이 형성되게 된다.[1]

우리는 원천시준구멍의 크기를 몇개의 구역으로 나누어 화상에 미치는 영향을 개별적으로 평가하는 방법으로 공간분해능을 1.5mm로부터 0.5mm로 줄이였다.

1. 원천시준구멍직경에 의한 인공산물의 생성

ICT(《CD-50BG》)는 $\Phi = 20 \sim 60\text{mm}$ 의 금속, 비금속시편에 대하여 $^{137}\text{Cs}(E_\gamma = 661.5\text{keV})$ 원천을 리용하는 2차원단층촬영장치이다.

이 장치는 높이를 조절하는 수동나사홈을 가지고있으며 0.5mm의 간격으로 대상의 각이한 높이에서 2차원단층촬영화상을 얻을수 있다. 장치의 공간분해능은 0.8mm로 규정되어 있다.

우리가 리용한 시편은 동소재로서 그림 1, 2와 같다.

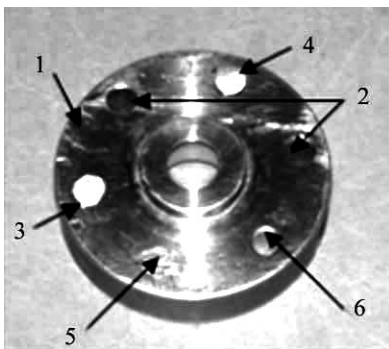


그림 1. 시편의 윗면



그림 2. 시편의 측면

시편은 직경 55mm, 높이 15mm인 동소재(그림 1의 1)에 직경 3mm의 원기둥형구멍들이 있고 그안에 니켈(3), 철(4), 연(5), 유기유리(6)를 배치하였으며 2개의 빈구멍(2)을 남겨두었다.

시편을 위에서부터 아래로 내려가면서 0.5mm의 간격으로 촬영한 결과는 그림 3과 같다.

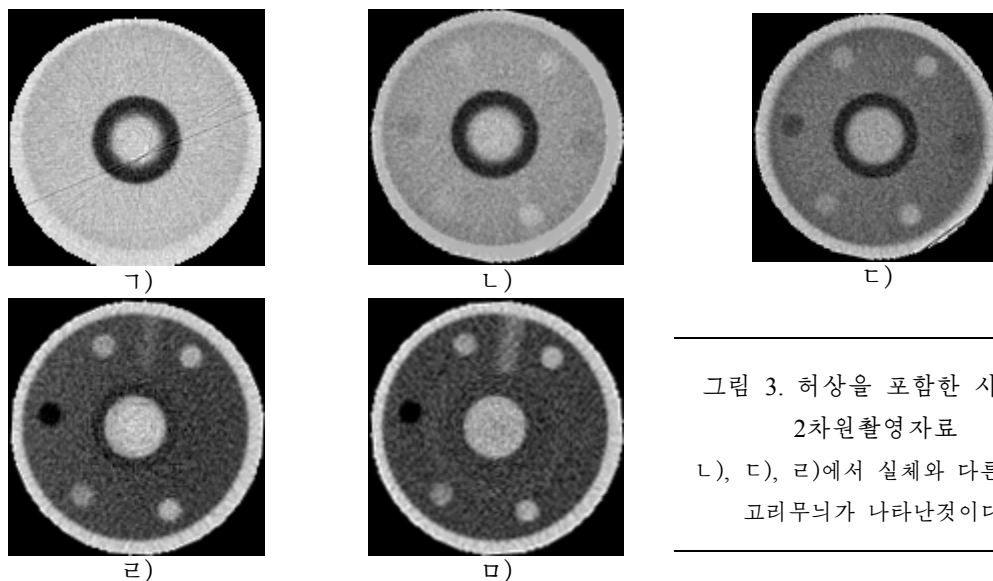


그림 3. 허상을 포함한 시편의
2차원촬영자료

나), 다), 라)에서 실체와 다른 점은
고리무늬가 나타난것이다.

그림 3에서 보는바와 같이 촬영화상에는 검은색고리의 허상이 나타났는데 그 높이폭은 1.5mm였다. 이것은 원천과 검출기의 시준구멍이 유한한 크기를 가지기때문에 형성된 무늬로서 시편의 겉모양이 아니라 시편내부에서 물질들의 공간구조에도 관계되며 나아가서는 촬영화상의 밀도분해능에 결정적인 영향을 주게 된다. 결국 공간분해능이 밀도분해능과 직접적인 관계를 가지게 된다.[1]

2. 원천시준구멍직경의 분해

원천시준구멍은 일반적으로 원형으로 볼수 있다.(그림 4)

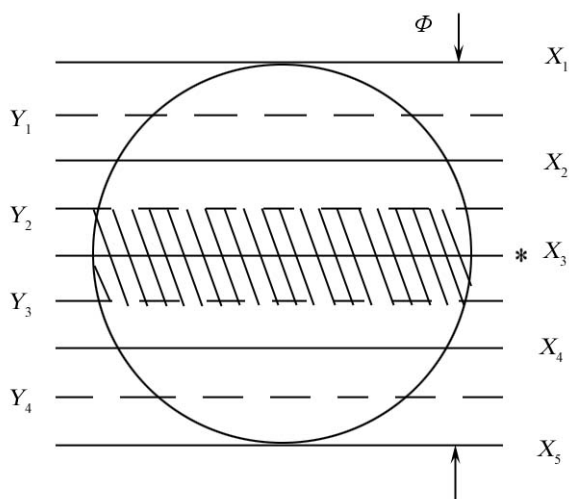


그림 4. 원천시준구멍의 분해

그림 4에서와 같이 시준구멍의 직경을 Φ 라고 하자.

우리는 $\Phi=2\text{mm}$ 로 보장하였다. 그것은 Φ 가 작을수록 높이에 따르는 분해능은 높아지지만 반면에 검출기에 입사하는 γ 량자의 개수가 작아지므로 촬영시간이 오래 걸리기때문이다. 즉 Φ 는 유한한 크기를 가져야 한다.

높이차가 Φ 인 공간구조에서의 오차는 해당한 물질에 대한 허위정보를 주게 되며 이것은 원천시준구멍직경에 대하여 정확히 해석할것을 요구한다.

그림 4에서 보는바와 같이 Φ 를 4개 구역으로 나누어보자.

이때 $\Delta h = \Phi/4 = 2/4 = 0.5$ 로서 만일 시편을 $\Delta h = 0.5\text{mm}$ 되게 촬영한다면 촬영자료에는 4개 부분들의 합성자료가 반영되게 된다.

한편 시준구멍에서의 방사선흐름밀도가 균일하다고 가정하면 방사선의 기여몫은 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 층의 부분면적몫에 비례하게 된다.

이 몫을 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$, $\sum_{i=1}^4 \alpha_i = 1$ 로 하면 *부분의 화상 X_3 에는

$$Y_1\alpha_1 + Y_2\alpha_2 + Y_3\alpha_3 + Y_4\alpha_4 \quad (1)$$

의 정보가 놓이게 된다.

만일 우에서부터 아래로 내려가면서 촬영한다고 하면 다음순간에는

$$Y_2\alpha_1 + Y_3\alpha_2 + Y_4\alpha_3 + Y_5\alpha_4, \quad (2)$$

또 그다음에는

$$Y_3\alpha_1 + Y_4\alpha_2 + Y_5\alpha_3 + Y_6\alpha_4 \quad (3)$$

등의 자료들이 얻어지게 된다. 이것은 측정된 자료로부터 원래의 진실한 화상정보를 얻어 낼수 있는 가능성을 준다.

3. 시준구멍직경을 고려한 정확한 자료의 얻기

진실한 정보(화상자료)량을 γ 로, 촬영자료를 R 로 하자.

이때 다음의 식을 얻게 된다.

$$\begin{cases} R_3 = \gamma_0\alpha_1 + \gamma_1\alpha_2 + \gamma_2\alpha_3 + \gamma_3\alpha_4 \\ R_4 = \gamma_1\alpha_1 + \gamma_2\alpha_2 + \gamma_3\alpha_3 + \gamma_4\alpha_4 \\ R_5 = \gamma_2\alpha_1 + \gamma_3\alpha_2 + \gamma_4\alpha_3 + \gamma_5\alpha_4 \\ R_6 = \gamma_3\alpha_1 + \gamma_4\alpha_2 + \gamma_5\alpha_3 + \gamma_6\alpha_4 \\ R_7 = \gamma_4\alpha_1 + \gamma_5\alpha_2 + \gamma_6\alpha_3 + \gamma_7\alpha_4 \end{cases} \quad (4)$$

식 (5)에서 보는바와 같이 측정자료 $R_3 - R_7$, 결수 $\alpha_1 - \alpha_4$, 미지수 $\gamma_0 - \gamma_7$, 방정식 5개 즉 8개의 미지수에 5개의 방정식으로서 자유도가 3이다.

이러한련립대수방정식은 유일풀이를 가지지 않는다.

균일한 시편의 첨가를 통한 보정 만일 이미 알고있는 어떤 단일균질물질을 시편의 우에 선정하고 거기서부터 내려가면서 촬영한다면 즉 R_0, R_1, R_2 를 정확한 값 γ_0 과 일치하게 측정한다면 우에서 본련립방정식에 다음의 식을 더 첨가할수 있게 된다.

$$\begin{cases} R_0 = \gamma_0 = \gamma_0\alpha_1 + \gamma_0\alpha_2 + \gamma_0\alpha_3 + \gamma_0\alpha_4 \\ R_1 = \gamma_0\alpha_1 + \gamma_0\alpha_2 + \gamma_0\alpha_3 + \gamma_1\alpha_4 \\ R_2 = \gamma_0\alpha_1 + \gamma_0\alpha_2 + \gamma_1\alpha_3 + \gamma_2\alpha_4 \end{cases} \quad (5)$$

여기서 R_0, R_1, R_2 는 이미 알고있으므로 γ_2 를 정확히 결정할수 있고 따라서련립방정식은 유일풀이를 가지게 된다.

실례알고리듬 $\alpha_1 = \alpha_4 = 1/6$, $\alpha_2 = \alpha_3 = 2/6$, R 를 촬영화상, γ 를 실제화상, $R_1 = R_0 = \gamma_1 = \gamma_0$ 이라고 하자.

$$R_2 = \gamma_0\alpha_1 + \gamma_0\alpha_2 + \gamma_1\alpha_3 + \gamma_2\alpha_4 \quad (6)$$

$$R_2 - (5R_1/6) = \gamma_2/6 \quad \therefore \gamma_2 = 6[R_2 - 5R_1/6]$$

$$R_3 = \gamma_0\alpha_1 + \gamma_1\alpha_2 + \gamma_2\alpha_3 + \gamma_3\alpha_4$$

$$R_3 - \frac{3R_1}{6} - \frac{2\gamma_2}{6} = \frac{\gamma_3}{6} \quad \therefore \gamma_3 = 6\left[R_3 - \frac{3R_1}{6} - \frac{2\gamma_2}{6}\right] \quad (7)$$

$$R_4 = \gamma_1\alpha_1 + \gamma_2\alpha_2 + \gamma_3\alpha_3 + \gamma_4\alpha_4$$

$$R_4 - \frac{\gamma_1}{6} - \frac{2\gamma_2}{6} - \frac{2\gamma_3}{6} = \frac{\gamma_4}{6} \quad \therefore \gamma_4 = 6\left[R_4 - \frac{R_1}{6} - \frac{2\gamma_2}{6} - \frac{2\gamma_3}{6}\right] \quad (8)$$

$$R_5 = \gamma_2\alpha_1 + \gamma_3\alpha_2 + \gamma_4\alpha_3 + \gamma_5\alpha_4$$

$$R_5 - \frac{\gamma_2}{6} - \frac{2\gamma_3}{6} - \frac{2\gamma_4}{6} = \frac{\gamma_5}{6} \quad \therefore \gamma_5 = 6\left[R_5 - \frac{\gamma_2}{6} - \frac{2\gamma_3}{6} - \frac{2\gamma_4}{6}\right] \quad (9)$$

$$R_6 = \gamma_3\alpha_1 + \gamma_4\alpha_2 + \gamma_5\alpha_3 + \gamma_6\alpha_4$$

$$R_6 - \frac{\gamma_3}{6} - \frac{2\gamma_4}{6} - \frac{2\gamma_5}{6} = \frac{\gamma_6}{6} \quad \therefore \gamma_6 = 6\left[R_6 - \frac{\gamma_3}{6} - \frac{2\gamma_4}{6} - \frac{2\gamma_5}{6}\right] \quad (10)$$

우와 같은 방식으로 $R_7 - R_{12}$ 로부터 $\gamma_7 - \gamma_{12}$ 의 값을 계산할 수 있다. 결국 측정값 $R_0 - R_{12}$, 진실한 값 γ_0, γ_1 로부터 $\gamma_2 - \gamma_{12}$ 를 얻을 수 있다.

4. 계산결과와 분석

그림 3의 화상들에 대한 계산결과는 그림 5와 같다.

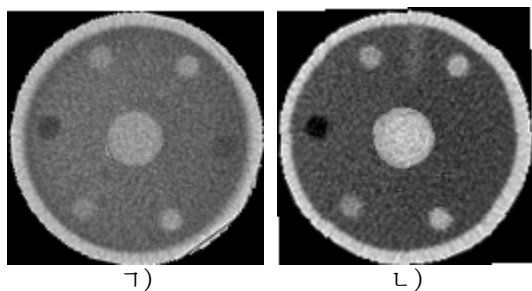


그림 5. 인공산물이 제거된 화상

7) 촬영화상, 8) 수정된 화상

그림 5의 화상자료를 통하여 다음과 같은 것을 알 수 있다.

① 원천시준직경에 의한 인공산물을 제거하기 위한 방법이 정확하다.

그림 5의 8)는 2차원촬영 화상에서 고리형 인공산물이 나타났던 위치에 대한 수정된 화상이다. 여기서는 고리형의 인공산물이 나타나지 않았으며 시편의 바탕재질이 모두 동일한 것으로 나타났다. 결국 높이에 따르는 공간분해능을 2mm로부터 0.5mm로 줄였다.

② 매 층별 촬영 화상에 반영된 오차들이 화상계산에 그대로 반영되는 이 계산방법의 특성이 그대로 반영되었다.

③ 전처리공정이 특별히 중요한 의의를 가진다.[2]

원시화상자료들은 시편을 각이한 높이에서 촬영한 것으로서 각이한 높이로 시편을 조종하기 위하여 시편을 일정한 각도로 회전시켰다. 따라서 매 화상자료들은 일정한 각도로 서로 회전되어있으며 이것을 회전변환하여 자리표측이 일치한 화상들을 얻어내야 한다.(전처리 공정)

맺 는 말

2차원촬영화상에 존재하는 원천시준구멍의 크기에 따르는 인공산물을 제거함으로써 2차원촬영화상들로부터 보다 진실한 3차원촬영화상을 얻어낼수 있는 방법을 확립하였다.

원천시준구멍을 높이차로 분해한 결과 높이차에 따르는 인공산물의 영향은 감소되었다.

참 고 문 헌

[1] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 11, 73, 주체103(2014).

[2] Zhang Aidong; 核电子学与探测技术, 26, 4, 489, 2006.

주체103(2014)년 12월 5일 원고접수

The Elimination of Artifacts Caused by the Finite Source Collimator

Pak Hyon, Ryang Sok Jin

From the images measured by the industrial CT “CD-50BG” along the height, we established the method of getting rid of the artifacts due to the source collimator and tested.

By dividing the section of the source collimator into four sub-sections, we evaluated the radiation through the each sub-section respectively and by using CT images of the homogeneous medium, eliminated the artifacts.

Key words: CT, artifact