หอสมุดแห่งชาติ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เครื่องกำบังรังสีแกมมาเพื่องานถ่ายภาพด้วยรังสี

2.1 อันตรกิริยาของรังสีแกมมากับวัตถุ(Interactions of gamma-ray with matter)

รังสีแกมมา เป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave radiation)มีแหล่งกำเนิดมาจากนิวเคลียสของอะตอม ส่วนรังสีเอกซ์เป็นรังสีที่เกิดภายนอกนิวเคลียสของอะตอมแต่คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของรังสีทั้งสองเหมือนกัน เมื่อรังสีเหล่านี้ทำอันตรกิริยากับวัตถุ อันตรกิริยาที่สำคัญเมื่อรังสีแกมมาตกระทบวัตถุมี 3 อย่างคือ โฟโตอิเล็กทริก เอฟเฟคท์(photoelectric effect) คอมป์ตัน เอฟเฟคท์ (compton effect)และแพร์ โปรดักชั่น (pair production)

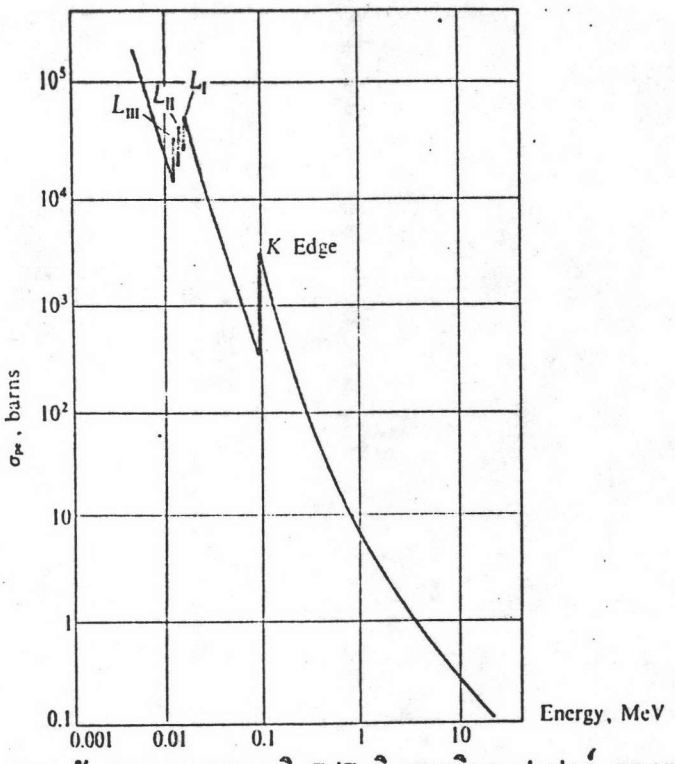
2.1.1 โฟโตอิเล็กทริก เอฟเฟคท์ (photoelectric effect)

ในกระบวนการโฟโตอิเล็กทริกเอฟเฟคท์ พลังงานของรังสีแกมมาที่ตกกระทบกับอะตอมทั้งหมด จะหายไป และอิเล็กตรอนที่ได้รับพลังงานจะหลุดออกมาจากอะตอม

ถ้ารังสีแกมมาไปทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรวงในของอะตอมหลุดออกมา อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรวงนอกจะเข้ามาแทนที่ที่ว่างนั้น การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนจะให้รังสีเอกซ์เฉพาะตัวหรืออาจปลดปล่อย ออเจร์ อิเล็กตรอน "Auger Electron" ออกมา

ภาคตัดขวาง(Cross Section)ต่ออะตอมสำหรับกระบวนการโฟโตอิเล็กทริกเอฟเฟคท์แทนด้วยสัญลักษณ์ σ_{pe} ถ้า I คือความเข้มรังสี ที่ตกกระทบเป้าบางประกอบด้วยอะตอม N อะตอม/ซม^3 ดังนั้น $IN\sigma_{pe}$ ก็คือจำนวนของอันตรกริยาของ โฟโตอิเล็กทริก/ซม^3-วินาที

ค่าภาคตัดขวาง σ_{pe} ขึ้นอยู่กับพลังงาน E ของโฟตอน ที่ตกกระทบและเลขอะตอม Z ของอะตอม รูปที่ 2.1 แสดง ภาคตัดขวาง ของการเกิดโฟโตอิเล็กทริกสำหรับตะกั่ว ในรูปของพลังงาน E สามารถกล่าวได้ว่า σ_{pe} เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ช่วงพลังงานต่ำๆที่น้อยกว่า 1 MeV



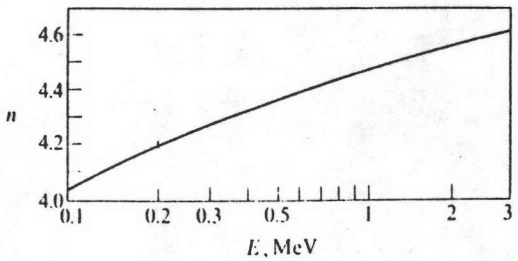
รูปที่ 2.1 ภาคตัดขวางของการเกิดโฟโตอิเลคตริคเอฟเฟคท์ ของตะกั่ว ในรูปพลังงานของรังสีแกมมา[1]

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า σ_{pe} ไม่ต่อเนื่องตลอดที่ช่วงพลังงานต่ำเรียกตำแหน่งนี้ว่า "แลบซอพชัน เอดจ์(Absorption edge)" ซึ่งสัมพันธ์กับค่าพลังงานต่ำ ที่เป็นไปไม่ได้ในการทำให้ อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจร ในอะตอมของตะกั่ว เช่น ช่วงพลังงาน ที่ต่ำกว่า K-absorption edge โฟตอนที่ตกกระทบมีพลังงาน ไม่เพียงพอในการที่จะปลดปล่อย K-อิเล็กตรอน แอพซอพชัน เอดจ์ 3 ตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 2.1 คือ L_1 , L_{11} , และ L_{111} จะตรงกับค่าพลังงานต่ำสุดของโฟตอนที่ต้องการในการปลดปล่อย L-อิเล็กตรอนทั้ง 3 ตำแหน่ง

ค่าภาคตัดขวางของการเกิดโฟโตอิเลคตริคส่วนสำคัญจะขึ้นอยู่กับเลขอะตอม Z ดังสมการ

$$\sigma_{pe} \sim Z^n \qquad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ n อยู่ในรูปของพลังงาน E แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.2 และเพราะว่าค่า σ_{pe} ขึ้นอยู่กับค่า Z ดังนั้นกระบวนการโฟโตอิเล็กทริก เอฟเฟคท์จะมีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับอะตอมของธาตุหนัก เช่น ตะกั่ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่พลังงานรังสีแกมมาต่ำๆ



รูปที่ 2.2 แสดงค่าคงที่ n ในสมการที่ (2.1) ในรูปพลังงานของรังสีแกมมา [1]

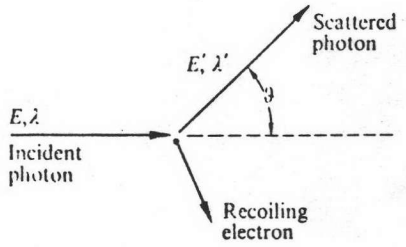
2.1.2 คอมป์ตัน เอฟเฟคท์(Compton Effect)

กระบวนการคอมป์ตัน เอฟเฟคท์ หรือที่เรียกในบางครั้งว่า การกระเจิงแบบคอมป์ตัน(Compton Scattering) เป็นการกระเจิงแบบยืดหยุ่น(Elastic Scattering) ของโฟตอน โดยอิเล็กตรอน ซึ่งทั้งพลังงานและโมเมนตัมคงที่(Conserved) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โฟตอนที่ตกกระทบมีพลังงาน E และความยาวคลื่นถูกทำให้กระเจิงไปเป็นมุม θ พร้อมกับอิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์ อยู่บ้างหลุดออกมา พลังงานของ โฟตอน E' ที่กระเจิงออกมาจะน้อยกว่า E และความยาวคลื่น λ' ของโฟตอนที่กระเจิงจะมากกว่า λ โดยการตั้งสมการสำหรับการอนุรักษ์ พลังงานและโมเมนตัมจะได้ความสัมพันธ์คือ

$$E' = EE_e/(E(1-\cos\theta)+E_e) \qquad \text{.....(2.2)}$$

เมื่อ $E = m_e c^2 = 0.511$ MeV หรือเขียนสมการ (2.2) ใหม่ได้ว่า

$$\lambda' - \lambda = \lambda_c(1-\cos\theta) \qquad \text{.....(2.3)}$$



รูปที่ 2.3 แสดง คอมป์ตัน เอฟเฟคท์

เมื่อ

$$\lambda_c = (h/m_o C) = 2.426 \times 10^{-10} \quad \text{.....(2.4)}$$

เรียกว่า "ความยาวคลื่นคอมป์ตัน (compton wavelength)"

2.1.3 แพร์ โปรดักชัน (pair production)

แพร์ โปรดักชัน เป็นแบบหนึ่งของกระบวนการการดูดกลืนโฟตอนเกิดขึ้นได้เมื่อโฟตอนมีพลังงานอย่างน้อย 1.02 MeV และจะเกิดขึ้นมาก เมื่อโฟตอนมีพลังงานสูงขึ้น ตามสมการ

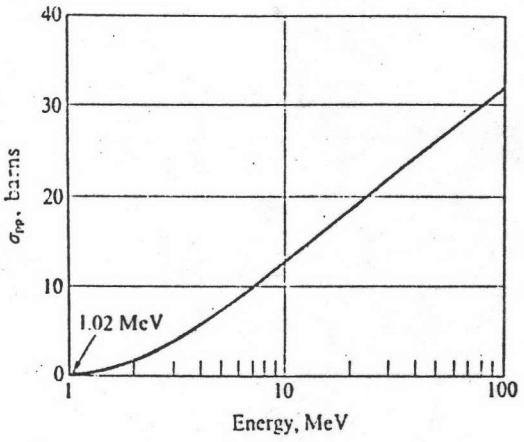
$$h\nu \text{ ------> } e^+ + e^- + 2E_k \quad \text{.....(2.5)}$$

h คือ ค่าคงที่ของแพลงค์(Plank'constant=6.625×10^{-34}จูล-วินาที)

ν คือ ค่าความถี่ของโฟตอน"เฮิร์ต(Hz)"

E_k คือ พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนและโพสิตรอน

จากสมการ (2.5) ค่าภาคตัดขวางในการเกิดกระบวนการแพร์โปรดักชัน ,σ_{pp}, สำหรับตะกั่วแสดงได้ดังกราฟ รูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ค่าภาคตัดขวางของการเกิด แพร์โปรดักชันของตะกั่วใน
รูปพลังงานของรังสีแกมมา

เมื่อโฟตอนวิ่งเข้ามาในสนามไฟฟ้าของนิวเคลียส โฟตอนจะหายไปโดยใช้พลังงานไปในการสร้าง "อิเล็กตรอน-โพสิตรอน"ขึ้นมาคู่หนึ่ง เป็นการกระทำระหว่าง โฟตอนกับสนามไฟฟ้าของนิวเคลียส ถ้าโฟตอนมีพลังงานมากกว่า 1.02 MeV พลังงานส่วนที่เหลือจะกลายเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนและโพสิตรอนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม เมื่อโพสิตรอนมีพลังงานต่ำลงจะรวมตัวกับอิเล็กตรอนอิสระ เกิดเป็นสองโฟตอน เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม เรียกกระบวนการนี้ว่า "การแผ่รังสี แอนนิฮิเลชัน (Annihilation Radiation)"

$$e^{+} + e^{-} \text{ ----------> } 2h\nu' \quad \text{.....(2.6)}$$

โฟตอนที่เกิดขึ้นมาจากมวลของอิเล็กตรอนและโพสิตรอน แต่ละโฟตอน จะมีพลังงาน 0.511 MeV

2.2 การลดทอนของรังสีแกมมา(attenuation of gamma-rays)

เมื่อรังสีแกมมาวิ่งผ่านเข้าไปในวัตถุ บางส่วนของรังสีจะถูกดูดกลืนโดยอันตรกิริยาต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว บางส่วนก็จะกระเจิงไป และบางส่วนก็จะผ่านออกมาได้ ความเข้มของรังสี

แกมมาจะลดลงอย่างเอกซ์โปเนนเชียล ถ้าพิจารณารังสีแกมมาพลังงานเดียว (monoenergetic of nomochromatic gamma-rays) วิ่งผ่านวัตถุ การสูญเสียความเข้มของรังสีในความหนา dx ของวัตถุที่จุดใด ๆ เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มของรังสีที่จุดนั้น กับความหนาของวัตถุที่รังสีผ่านออกไป นั่นคือ

$$dI = -\mu I dX \qquad \text{.....(2.7)}$$

หรือ

$$dI/I = -\mu dX \qquad \text{.....(2.8)}$$

เมื่อ I คือ ความเข้มของรังสีแกมมาในหน่วย โฟตอน/ซม^2.วินาที

μ คือ สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของวัตถุ (linear attenuation coefficient) ในหน่วย ซม.$^{-1}$

ถ้าความเข้มเดิมของรังสีแกมมาพลังงานเดียวที่เป็นลำขนานแคบๆวิ่งผ่านวัตถุหนา x ซม. ความเข้มของรังสีที่ผ่านออกมาได้ I_x อินติเกรต (integration) จากสมการ (2.8) จะได้

$$I_x = I_0 e^{-\mu x} \qquad \text{.....(2.9)}$$

ค่า μ เป็น สัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีรวมเนื่องจากการกระเจิง (scattering) จากอันตรกิริยาต่าง ๆ

2.3 การกำบังรังสีแกมมา(Gamma-ray shielding)

พิจารณาเมื่อลำรังสีแกมมาทิศทางเดียว (monodirection Beam)ซึ่งมีความเข้มรังสีหรือฟลักซ์(Flux) ϕ_0 ผ่านวัสดุกำบังความหนา x ดังรูปที่ 2.5 ถ้าหากไม่มีวัสดุกำบัง จะหาอัตราการรับรังสี(Exposure Rate) ได้จากสมการ

$$\dot{X}_o = 0.0659\phi_o E_o (\mu_a/\rho)^{air} \quad mR/hr \quad .....(2.10)$$

เมื่อ $\dot{X}_o$ คือ อัตราการรับรังสี มีหน่วยเป็น มิลลิเรินท์เกน/ชม

ϕ_o คือ ฟลักซ์ของรังสีแกมมา มีหน่วยเป็น รังสีแกมมา/ชม^2.วินาที

E_o คือ พลังงานของรังสีแกมมา ในหน่วย MeV

$(\mu_a/\rho)^{air}$ คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลในอากาศ(Mass Absorption Coefficient) ที่พลังงาน E_o มีหน่วยเป็น ชม^2/กรัม

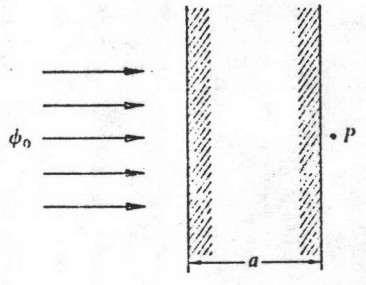
เพื่อความสะดวกสามารถเขียนสมการที่ (2.10) ให้อยู่ในรูป

$$\dot{X}_o = C\phi_o \quad .....(2.11)$$

เมื่อ

$$C = 0.0659E_o(\mu_a/\rho)^{air} \quad .....(2.12)$$

ขณะใส่วัสดุกำบังรังสีเข้าไปรังสีแกมมาที่ทะลุผ่านวัสดุกำบังจะมีฟลักซ์เป็น ϕ ซึ่งมีค่าแตกต่างจาก ϕ_o



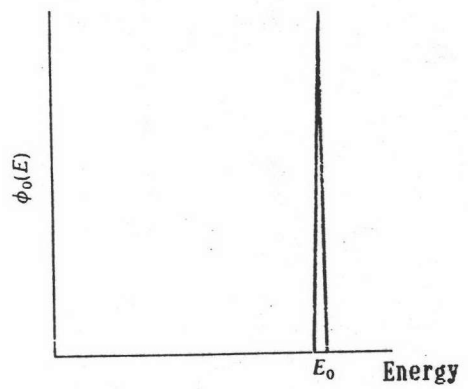
รูปที่ 2.5 ลำรังสีแกมมาทิศทางเดียวตกกระทบแผ่นวัสดุกำบัง

การหาค่า ϕ จะทำได้อย่างง่าย ๆเมื่อถือว่าทุกครั้งที่โฟตอนเกิดอันตรกิริยากับวัตถุแล้วหายไป นั่นคือค่าของ ϕ จะมีค่าเท่ากับฟลักซ์อันคอลไลด์(Uncollided Flux) ของรังสีแกมมา

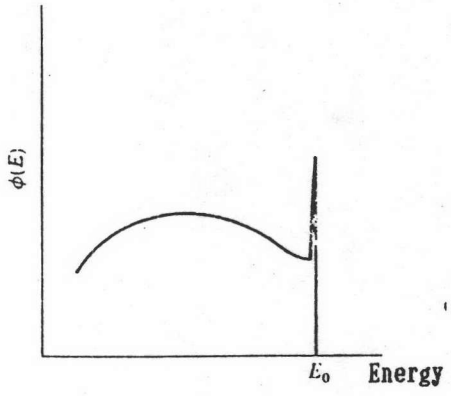
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\phi_x = \phi_o e^{-\mu x} \quad \text{.....(2.13)}$$

เมื่อ μ เป็นสัมประสิทธิ์การลดทอนรวมที่พลังงาน E_o แต่ในแต่ละครั้งของอันตรกิริยานั้น รังสีแกมมาไม่ได้หายไป เช่น ในอันตรกิริยา คอมป์ตันเอฟเฟคท์ จะกระเจิงไปพร้อมกับการสูญเสียพลังงานอีกกรณีคือกระบวนการโฟโตอิเลคตริกและกระบวนการแพร์-โปรดักชันแม้ว่าโฟตรอนที่ตกกระทบจะถูกดูดกลืนแต่จะเป็นผลทำให้เกิดรังสีเอกซ์ขึ้น ในกระบวนการโฟโตอิเลคตริคและ เกิดการแผ่รังสีแอนนิฮิเลชัน (Annihiration Radiation) ในกระบวนการแพร์โปรดักชัน ผลก็คือ สเปคตรัมของพลังงาน (Energy Spectrum)ของรังสีแกมมาพลังงานเดียวก่อนตกกระทบ วัสดุกำบัง ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.6 และเมื่อผ่านออกจากวัสดุกำบังแล้วจะมีลักษณะ เป็นสเปคตรัมที่ต่อเนื่องของ พลังงานดังรูปที่ 2.7 ในรูปนี้ส่วนที่เป็นยอดแหลมที่พลังงาน E_o จะสัมพันธ์กับโฟตอนที่ยังไม่กระเจิงและมีขนาดลดลงจากยอดแหลมในรูปที่ 2.6ตามสัดส่วนของเอกซ์โพเนนเชียลในสมการที่ 2.13 ส่วนที่ต่อเนื่องของสเปคตรัมที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่มาจาก การกระเจิงของโฟตอนแบบคอมป์ตัน บางส่วนคือรังสีเอกซ์จากกระบวนการโฟโตอิเลคตริกและการแผ่รังสีแอนนิฮิเลชัน



รูปที่ 2.6 สเปคตรัมของพลังงานของรังสีแกมมาที่ตกกระทบวัสดุกำบัง



รูปที่ 2.7 สเปคตรัมของพลังงานของรังสีแกมมาที่ผ่านวัสดุกำบัง

ดังนั้นการคำนวนหาค่าฟลักซ์ของรังสีแกมมาเมื่อผ่านวัสดุกำบังจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุกำบังในรูปของพลังงานของรังสีแกมมา และความหนาของวัสดุกำบัง การคำนวณหาค่าอัตราการรับรังสี หาได้จากสมการ

$$\dot{X} = 0.0659 \int \phi(E)E(\mu_m/\rho)^{air} dE \qquad .....(2.14)$$

ผลจากการแก้สมการ (2.13) จะได้ว่า

$$\dot{X} = \dot{X}_o B_m(\mu x)e^{-\mu x} \qquad .....(2.15)$$

เมื่อ $\dot{X}_o$ เป็นอัตราการรับรังสีแกมมา เมื่อไม่มีวัสดุกำบัง และหาได้ จากสมการ (2.10) $B_m(\mu x)$ เรียกว่าเอกซ์โพเซอร์ บิลด์อัพ แฟคเตอร์ (exposure build up factor) สำหรับรังสีทิศทางเดียวและ μ คือสัมประสิทธิ์การลดรวมที่พลังงาน E_o จากสมการ (2.15) เมื่อค่า B_m เป็นค่าคงที่จะเห็นว่า $\dot{X}_o$ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ϕ_o ดังนั้นอัตราการรับรังสีที่เกิดขึ้นอาจเขียนได้ว่า

$$\dot{X} = C\phi_o \qquad .....(2.16)$$

เมื่อ C ได้มาจากสมการ (2.12) ϕ_b ค่า เรียกว่า บิลด์อัพฟลักซ์ (build up flux) ดังนั้นจากการแทนสมการที่ (2.11) และ (2.16) ในสมการ (2.15) จะได้ว่า

$$\phi_b = \phi_o B_m(\mu x)e^{-\mu x} \qquad \text{.....(2.17)}$$

หรือจะได้ว่า

$$\phi_b = \phi_u B(\mu x) \qquad \text{.....(2.18)}$$

เมื่อ ϕ_u คือ อันคอลไลด์ฟลักซ์ (uncollided flux) จากสมการ (2.13)

ในกรณีต้นกำเนิดแบบจุด (point isotropic source) ปลดปล่อยรังสีแกมมาในอัตรา S แกมมาต่อวินาที ล้อมรอบด้วยวัสดุกำบังรังสีเป็นรูปทรงกลมรัศมี R อัตราการรับรังสีที่จุดบนผิวทรงกลมคือ

$$\dot{X} = \dot{X}_o B_p(\mu R)e^{-\mu R} \qquad \text{.....(2.19)}$$

เมื่อ $B_p(\mu R)$ คือ บิลด์อัพ แฟคเตอร์ สำหรับต้นกำเนิกรังสีแบบจุด (point isotropic exposure build up factor) และ $\dot{X}_o$ คืออัตราการรับรังสี เมื่อไม่มีวัสดุกำบัง เขียนได้ว่า

$$\dot{X} = C\phi_o \qquad \text{.....(2.20)}$$

และ

$$\phi_o = S/4\pi R^2 \qquad \text{.....(2.21)}$$

ซึ่งก็คือฟลักซ์จากแหล่งกำเนิดรังสีแบบจุด อันคอลไลด์ฟลักซ์ในกรณีนี้คือ

$$\phi_u = Se^{-\mu R}/4\pi R^2 \qquad \text{.....(2.22)}$$

และบิลด์อัพฟลักซ์ (build up flux) คือ

$$\phi_b \;.=\; SB_b(\mu R)e^{-\mu R} \;/\; 4\pi R^2 \qquad \text{.....(2.23)}$$

2.4 การถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมา(gamma radiography)

ไอโซโทปของธาตุบางชนิดไม่คงตัวเนื่องจากมีนิวตรอนภายในนิวเคลียสมากหรือน้อยเกินไป จึงสลายตัวพร้อมทั้งปลดปล่อยอนุภาคหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ไอโซโทปเหล่านี้จะเรียกว่า "ไอโซโทปรังสี (radioactive isotope)" ส่วนใหญ่รังสีแกมมา จะถูกปล่อยออกมาเนื่องจากไอโซโทปใหม่ที่เกิดขึ้นอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น หรืออาจจะปลดปล่อยนิวตรอน ออกมาด้วยในบางกรณี นอกจากนี้รังสีแกมมาอาจเกิดขึ้นจากปฏิกริยาการกระตุ้นนิวเคลียสของอะตอม โดยการยิงด้วยนิวตรอน ผลที่ได้จากการกระตุ้นนี้จะมีรังสีแกมมาออกมาด้วย รังสีแกมมาที่ใช้ในการถ่ายภาพจะมีพลังงานอยู่ระหว่าง 60 - 1330 keV และอายุการทำงานของต้นกำเนิดรังสีขึ้นอยู่กับค่าครึ่งชีวิต พลังงานและความเข้ม ของรังสีจะมีผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย และเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพก็มีผลเช่นกัน ถ้าใช้พลังงาน ของรังสีต่ำ และวัสดุตัวอย่างหนา เวลาในการถ่ายภาพจะนาน ถ้าใช้พลังงานสูงและวัสดุตัวอย่างบาง เวลาในการถ่ายภาพสั้น

2.4.1 วัสดุตัวอย่าง (Object or Specimen)

วัสดุที่จะนำมาถ่ายภาพด้วยรังสีนั้น จะต้องมีคุณสมบัติการดูดกลืนรังสี และยอมให้รังสีทะลุผ่านได้ คุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับ

2.4.1.1 ความแรงของต้นกำเนิดรังสี คืออัตราการปลดปล่อยรังสีแกมมาออกจากต้นกำเนิดรังสี

2.4.1.2 พลังงานของรังสี พลังงานของรังสีจะเป็นส่วนกลับกับค่าความยาวคลื่น รังสีที่มีพลังงานสูงจะมีความยาวคลื่นสั้นและมีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงส่วนรังสีที่มีพลังงานต่ำจะมี ความยาวคลื่นยาว อำนาจในการทะลุทะลวงต่ำ

2.4.1.3 ชนิดของวัสดุหรือส่วนประกอบของวัสดุตัวอย่าง คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับเลขอะตอม ธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำกว่าจะดูดกลืนรังสีได้น้อยกว่าธาตุที่มีเลขอะตอมสูงกว่า เช่น ตะกั่วจะดูดกลืนรังสีได้ดีกว่าเหล็ก

2.4.1.4 ความหนาและความหนาแน่นของวัสดุ วัสดุชนิดเดียวกันถ้ามีความหนามากกว่าจะดูดกลืนรังสีได้มากกว่า วัสดุที่มีความหนาแน่นต่างกันจะดูดกลืนรังสีได้ไม่เท่ากัน วัสดุที่มีความหนาแน่นสูงกว่า จะดูดกลืนรังสีได้ดีกว่า

2.4.2 ฟิล์มและฉาก (Film and Screen)

สิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งในงานถ่ายภาพด้วยรังสีคือ ภาพถ่ายของวัสดุที่บันทึกไว้บนฟิล์มซึ่งทำให้เราสามารถพบรอยแยกหรือการชำรุดของวัสดุได้

ฟิล์มเป็นส่วนที่ใช้ในการบันทึกภาพถ่ายด้วยรังสีอย่างถาวร ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบข้อหนึ่งของการถ่ายภาพด้วยรังสี เมื่อเทียบกับวิธีตรวจสอบโดยไม่ทำลายวิธีอื่น ๆฟิล์มที่บันทึกภาพของชิ้นงานไว้ และเมื่อได้ผ่านกระบวนการล้างฟิล์มแล้ว เราเรียกว่า "ราดิโอกราฟ (Radiograph)"

2.4.3 หลักการถ่ายภาพวัสดุด้วยรังสี

ในการถ่ายภาพวัสดุด้วยรังสีต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

2.4.3.1 ต้นกำเนิดรังสี ในที่นี้หมายถึงต้นกำเนิดรังสีแกมมา ซีเซียม-137 5 คูรี

2.4.3.2 ชิ้นงาน สิ่งที่ต้องการตรวจสอบ

2.4.3.3 ส่วนแสดงผล โดยทั่วไปในที่นี้จะใช้ฟิล์มและกระดาษบันทึกภาพเป็นส่วนแสดงผล

ปริมาณของรังสีที่ทะลุผ่านวัสดุชิ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้ คือ

ก. ชนิด ความเข้มและพลังงานของรังสี

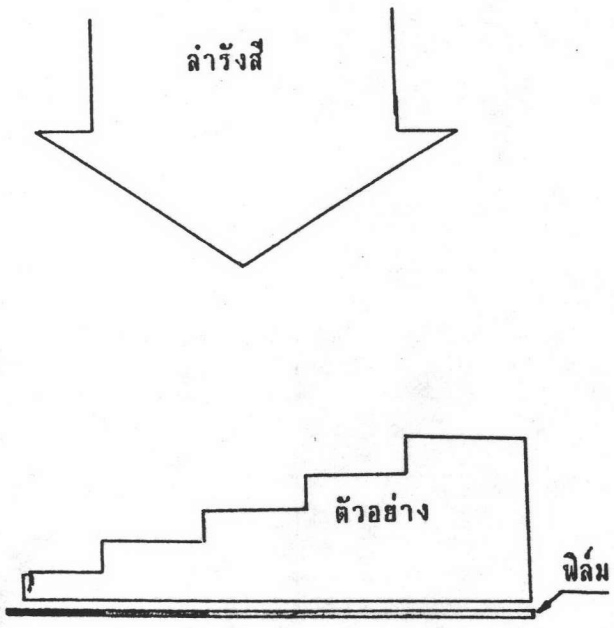
ข. ชนิดและความหนาแน่นของวัสดุ

รังสีที่ทะลุผ่านชิ้นงานไปได้ จะทำปฏิกริยากับฟิล์ม ความดำที่ปรากฏให้เห็นบนฟิล์มภายหลังการล้างฟิล์ม จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านชิ้นงานไปได้ และทำปฏิกริยากับฟิล์มสำหรับชิ้นงานที่เป็นวัสดุชนิดเดียวกัน บริเวณที่หนากว่ารังสีจะทะลุผ่านได้น้อยกว่าฟิล์มจึงดำน้อยกว่า ในทางกลับกันบริเวณที่บางกว่ารังสีจะทะลุผ่านได้มากกว่าฟิล์มจึงดำกว่าดังแสดงใน แผ่นภาพรูปที่ 8 เป็นกรณีที่ชิ้นงานมีฟองอากาศอยู่ภายใน จะเห็นได้ว่า ในแนวที่มีฟองอากาศอยู่ มีเนื้อวัสดุบางกว่า

016538

i 10308234

ดังนั้นปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านจึงมากกว่า ทำให้เกิดภาพของ ฟองอากาศเป็นจุดดำบนแผ่นฟิล์มสอดคล้องกับตำแหน่งของฟองอากาศในชิ้นงานและทิศทางของลำรังสี



รูปที่ 2.8 แผ่นภาพแสดงหลักการถ่ายภาพด้วยรังสี