

วัสดุกำบังรังสี (SHIELDING)

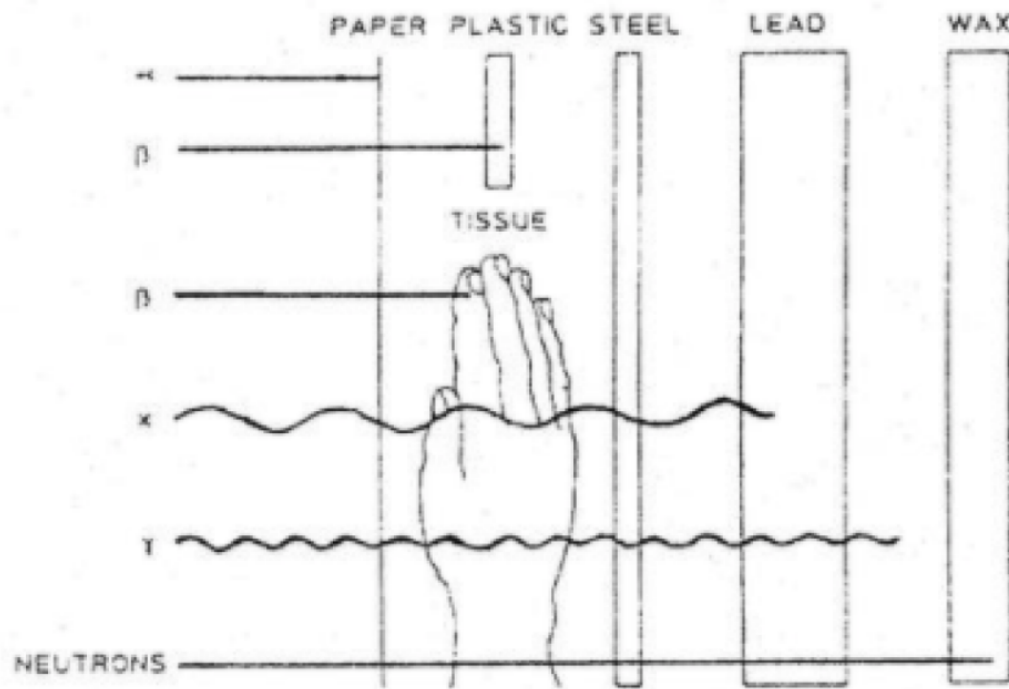
นางสาวเยาวลักษณ์ วาหารักษ์
ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จ.สงขลา
ดร. อุดร ยังช่วย
งานปฏิบัติการความปลอดภัย
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

เมื่อรังสีกระทบต่อสิ่งมีชีวิตจะก่อให้เกิดผลตามมาโดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดรังสี พลังงานของรังสี ปริมาณรังสี และชนิดของอวัยวะที่รังสีตกกระทบ รังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionizing radiation) นั้นมีผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยทำให้อะตอม โมเลกุลภายในเซลล์ และระบบการทำงานของเซลล์เปลี่ยนไปและเกิดอาการผิดปกติในร่างกายขึ้นได้ ดังนั้นในการทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีผู้ปฏิบัติงานควรมีเครื่องกำบังรังสี (shielding) เพื่อลดปริมาณรังสีที่จะเข้าสู่ร่างกาย

การเลือกใช้ชนิดเครื่องกำบังรังสี ต้องคำนึงถึง

1. ความแรงรังสีของต้นกำเนิดรังสี
2. ชนิดของรังสี/พลังงานรังสี เช่น รังสีแกมมา รังสีบีตาพลังงานสูง รังสีบีตาพลังงานต่ำ รังสีแอลฟา
3. ค่าที่ยอมรับได้หลังจากผ่านเครื่องกำบังรังสี เช่น ค่าที่ยอมให้ผู้ปฏิบัติงานรับได้ในระหว่างปฏิบัติงาน

จากรูปที่ 1. แสดงให้เห็นว่า ชนิดของรังสี/พลังงานรังสีที่แตกต่างกันไป มีอำนาจทะลุทะลวงต่างกัน และต้องการเครื่องกำบังรังสีต่างชนิดกันด้วย



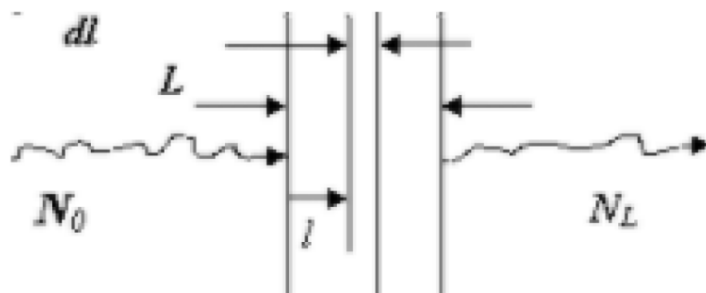
รูปที่ 1 อำนาจในการทะลุทะลวงของรังสีชนิดต่าง ๆ

รังสีแกมมา ต้องใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ตะกั่ว เหล็ก คอนกรีตหนา ฯลฯ รังสีนิวตรอนต้องอาศัยวัสดุที่มีไฮโดรเจนสูง เช่น น้ำ พาราฟิน ส่วนรังสีนิวตรอนที่มีพลังงานต่ำ (thermal neutron) ก็อาจจะใช้วัสดุที่มีการดูดกลืนนิวตรอนสูง (high neutron absorption) เช่น แคดเมียม เป็นต้น (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 วัสดุกำบังรังสีแบ่งตามชนิดของรังสี

ชนิดของรังสี	ชนิดของเครื่องกำบังรังสี
แอลฟา	ไม่จำเป็น
บีตาพลังงานต่ำ	ไม่จำเป็น
บีตาพลังงานสูง	พลาสติก
รังสีเอกซ์และแกมมา	คอนกรีต/ตะกั่ว/เหล็ก
นิวตรอน	คอนกรีต/น้ำ/ polythene/พาราฟิน

หลักการออกแบบเครื่องกำบังรังสีเบื้องต้น รังสีในแนวนอน ซึ่งประกอบด้วย อนุภาคที่ไม่มีประจุเป็นจำนวนมาก N_0 ตกกระทบตั้งฉากกับแผ่นวัสดุที่มีความหนา L (รูปที่ 2) สมมติให้กรณีนี้ แต่ละอนุภาคถูกดูดกลืนโดยสมบูรณ์ ในอันตรกิริยาเดียว ผลที่เกิดขึ้น จะไม่มีการกระจายของรังสีทุติยภูมิ หรืออนุภาคไม่มีประจุ จะผ่านเข้าไปในแผ่นวัสดุ ด้วยพลังงานและทิศทางในแนวเส้นตรง



รูปที่ 2 การลดแบบเลขชี้กำลัง (exponential attenuation)

ให้ μ เป็นความน่าจะเป็นของอันตรกิริยาของแต่ละอนุภาคต่อวัสดุ ที่มีความหนาของภาคตัดขวาง 1 หน่วย ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะเกิดอันตรกิริยาต่อความหนา dl คือ μdl ถ้าอนุภาค

จำนวน N ตกกระทบความหนา dl การเปลี่ยนของ dN จากจำนวน N เนื่องจากถูกดูดกลืนสามารถเขียนได้ดังนี้

$$dN = -\mu N dl \quad (1)$$

เมื่อ μ มีหน่วยเป็น cm^{-1} หรือ m^{-1} และ สอดคล้องกับ cm หรือ m (เซนติเมตร หรือเมตร) เศษส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า N เนื่องจากการถูกดูดกลืนของอนุภาคในความหนา dl สามารถเขียนได้เป็น

$$d \frac{N}{N} = -\mu dl \quad (2)$$

อินทิเกรตตามความลึก l จาก 0 ถึง L และสอดคล้องกับความน่าจะเป็นของจำนวนอนุภาคจาก N_0 ถึง N_L ดังนี้

$$\begin{aligned} \int_{N=N_0}^{N_L} \frac{dN}{N} &= - \int_{l=0}^L \mu dl \\ \ln \frac{N_L}{N_0} &= -\mu L \\ \ln N_L - \ln N_0 &= \ln \frac{N_L}{N_0} = -\mu L \\ \frac{N_L}{N_0} &= e^{-\mu L} \end{aligned} \quad (3)$$

สมการ (3) เรียกว่า The Law of Exponential Attenuation ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีการดูดกลืนอย่างง่าย ไม่มีการกระเจิงหรือการแผ่รังสีแบบทุติยภูมิ หรืออาจจะมีกระเจิงและมีอนุภาคทุติยภูมิเกิดขึ้นแต่ไม่นับว่าเป็น N_L ส่วนค่า μ คือสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงเส้น เมื่อหารด้วยความหนาแน่นของของตัวกลางที่ดูดกลืนจะได้สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวล บางครั้ง μ หมายถึงสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของลำรังสีแคบ

หากแทนที่สมการ (3) ด้วยทฤษฎีบททวินาม จะได้

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\mu L} = 1 - \mu L + \frac{(\mu L)^2}{2!} - \frac{(\mu L)^3}{3!} + \dots \quad (4)$$

ถ้า μ มีค่าน้อยมาก สามารถประมาณค่าได้ด้วย $(1 - \mu L)$ ถ้า $\mu L < 0.05$ สามารถประมาณค่าได้ดังนี้คือ

$$\frac{N_L}{N_0} = e^{-\mu L} \cong 1 - \mu L \quad (5)$$

อ้างอิง

1. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 1
2. Frank H. Attix, Introduction to Radiological Physics And Radiation Dosimetry, USA, 1986
3. www.oap.go.th
4. www.tint.or.th