

การพัฒนาวัสดุกำบังรังสีแกมมาระดับพลังงานต่ำที่มีความยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยยางพาราธรรมชาติ ยางสังเคราะห์เอสบีอาร์และบิสมัท

Development Flexible low-energy gamma ray shielding material composing of natural rubber- synthetic SBR and bismuth

นายนิพนธ์ เขาทอง และ ดุญpong วังศ์แสง

Nipat Kaotong and Doonyapong Wongsawaeng

ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จุฬจักร กรุงเทพฯ

16 ถ.วิภาวดีรังสิต ลาดยาว จุฬจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: kaotong313@hotmail.com, E-mail: doonyapong.w@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการขึ้นรูปน้ำยางพริวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ ในอัตราส่วนต่างๆร่วมกับวัสดุกำบังรังสีได้แก่บิสมัทแบบผง และสารละลายบิสมัทในสัดส่วนที่ต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนสารเคมี ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 25 นาที และเทลงบนแบบพิมพ์ที่มีความหนา 5 มม. ผลการวิจัยพบว่าส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำยางพริวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ ในอัตราส่วนในอัตราส่วน 50:50 สามารถลดทอนรังสีแกมมาได้ดีเมื่อเทียบกับสัดส่วนทั้งหมด เมื่อนำมารวมกับบิสมัทชนิดผง 100 phr มีค่าการลดทอนรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม-137(662 keV) ที่ 27.7 % และไอโอดีน-131(364 keV) ที่ 48.9 % และน้ำยางพริวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ อัตราส่วน 50:50 ร่วมกับบิสมัทชนิดสารละลาย 20 phr มีค่าการลดทอนรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม-137 (662 keV) ที่ 26.6 % และไอโอดีน-131(364 keV) ที่ 39.4 % และจากการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาพบว่ามีการกระจายตัวของวัสดุกำบังรังสีสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงานและสามารถกำบังรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีพลังงานต่ำได้ดี

Abstract

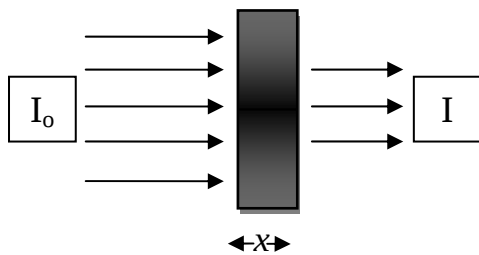
This research developed a flexible low energy gamma ray shielding material by blending PVNRL and SBR in the

presence of radiation shielding materials, bismuth powder and bismuth solution. The results indicate that PVNRL/SBR blend, with the blend ratio of 50/50 in the presence of bismuth can shield low energy gamma rays. The obtained shielding material with 100 phr of bismuth powder gave 27.7 % attenuation of gamma radiation emitted by nuclide ^{137}Cs (662 keV) and 48.9 % attenuation of gamma ray generated by nuclide ^{131}I (364 keV). The presence of 20 phr bismuth solution 26.6 % attenuation of gamma radiation emitted by nuclide ^{137}Cs (662 keV) and 39.4 % attenuation of gamma ray generated by nuclide ^{131}I (364 keV).

1. บทนำ

รังสีแกมมา (Gamma ray) คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีช่วงความยาวคลื่นสั้นกว่ารังสีเอกซ์ (X-ray) ที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 10^{-13} ถึง 10^{-7} หรือคลื่นที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 10^{-13} นั่นเอง การที่ความยาวคลื่นสั้นนั้น ย่อมหมายถึงความถี่ที่สูง และพลังงานที่สูงตามไปด้วย การเกิดอันตรกิริยาของรังสีแกมมากับสสาร มีอยู่ 3 อย่าง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect) ปรากฏการณ์คอมป์ตัน (Compton effect) ปรากฏการณ์แฟร์โปรดักชัน (Pair Production) วัสดุกัมมันตรังสีทำให้รังสีแกมมา มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วไปในปัจจุบัน ในการทำงานเกี่ยวกับสาร

รังสีจะต้องให้ได้รับปริมาณรังสีให้น้อยที่สุดในการทำงาน เพราะฉะนั้นวัสดุอุปกรณ์กำบังรังสีจะต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันรังสีได้ดีและมีน้ำหนักไม่มาก บีสมีที่เป็นโลหะหนักจะมีอิเล็กตรอนอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งมีเลขอะตอมที่มากกว่าตะกั่ว ทำให้รังสีที่วิ่งมาชนกับอิเล็กตรอนแล้วจะสูญเสียพลังงานบางส่วนหรือสูญเสียพลังงานทั้งหมดไปหมด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน



รูปที่ 1 รังสีแกมมาความเข้ม I_0 กระทบสสารหนา x และมีความเข้มหลังผ่านสสาร I

เมื่อรังสีแกมมาความเข้ม I_0 กระทบสสารหนา x และมีความเข้มหลังผ่านสสาร I จะได้สมการเอกซ์โพเนนเชียล $I = I_0 e^{-\mu x}$ จากค่า μ สามารถคำนวณค่า HVL (Half Value Layer) และ TVL (Tenth Value Layer) ซึ่งหมายถึงความหนาของตัวกลางที่ทำให้ความเข้มของรังสีแกมมาลดลง 1/2 เท่า และ 1/10 เท่า ของความเข้มเดิม ได้จากสมการ $HVL = 0.693/\mu$ และ $TVL = 2.3/\mu$

2. การดำเนินการวิจัย

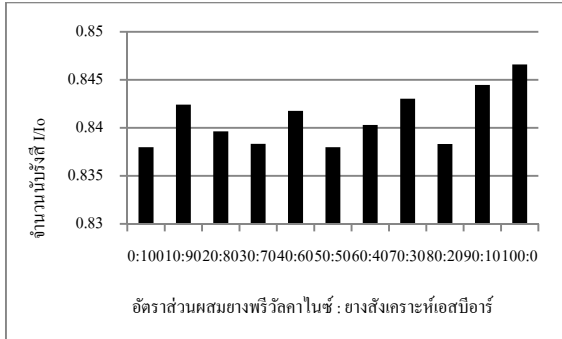
1. นำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (Pre-vulcanizable natural rubber latex) และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ (SBR) เทรวมกันในบีกเกอร์ โดย มี อัตรา ส่วน ของ ปริมาตร 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 0:100 คนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน เทส่วนผสมทั้งหมดลงบนแท่นพิมพ์แล้วทิ้งไว้จนส่วนผสมทั้งหมดแห้ง จัดระบบวัดรังสีแกมมาโดยจัดวางอุปกรณ์ ได้แก่ต้นกำเนิดรังสีแกมมาในตะกั่ว และหัววัดรังสีแกมมาด้านบนระยะห่าง 25 ซม. ทำการนับวัดรังสีแกมมาในธรรมชาติแล้วทำการวัดค่ารังสีเริ่มต้น จำนวน 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย นำแผ่นยางที่มีส่วนผสม

ต่างๆกัน วางไว้ที่ตำแหน่งระหว่างต้นกำเนิดรังสีแกมมากับหัววัดรังสีทำการนับวัดรังสีแกมมา ทำซ้ำ 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ยจนครบทุกส่วนผสมดังแสดงผลการนับวัดรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีซีเซียม-137 (Cs-137) และไอโอดีน-131 (^{131}I) ในรูปที่ 2 และรูปที่ 3

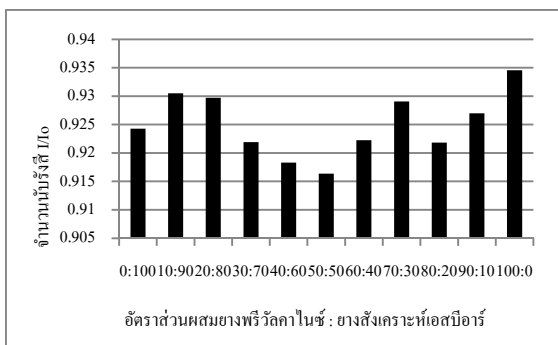
2. นำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ อัตราส่วนของปริมาตรที่ 50:50 ที่ปริมาณ 100 กรัม คนส่วนผสมในบีกเกอร์ให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที นำบีสมีแบบผง 100 กรัม เทลงในบีกเกอร์และกวนให้เข้ากัน เทส่วนผสมทั้งหมดลงบนแท่นพิมพ์แล้วทิ้งไว้จนแห้ง จัดระบบวัดรังสีแกมมา ได้แก่ ต้นกำเนิดรังสีแกมมา และหัววัดรังสีแกมมาด้านบนระยะห่าง 25 ซม. ทำการนับวัดรังสีแกมมาในธรรมชาติแล้วทำการวัดค่ารังสีเริ่มต้น จำนวน 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย นำแผ่นยางที่ผสมกับบีสมีแบบผง วางไว้ที่ตำแหน่งระหว่างต้นกำเนิดรังสีแกมมากับหัววัดรังสีทำการนับวัดรังสีแกมมา ทำซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยและเพิ่มความหนาของแผ่นยางครั้งละ 0.5 ซม. ดังแสดงผลการนับวัดรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีซีเซียม-137 (Cs-137) และไอโอดีน-131 (^{131}I) ในรูปที่ 4

3. นำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ อัตราส่วนของปริมาตร ที่ 50:50 ปริมาตร 400 มิลลิลิตร คนส่วนผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายบีสมีที่ 80 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์และกวนให้เข้ากัน เป็นเวลา 25 นาที เทส่วนผสมทั้งหมดลงบนแท่นพิมพ์แล้วทิ้งไว้จนแห้ง และจัดระบบวัดรังสีแกมมา ได้แก่ต้นกำเนิดรังสีแกมมาและหัววัดรังสีแกมมา ทำการนับวัดรังสีแกมมา ในธรรมชาติแล้วทำการบันทึกค่ารังสีเริ่มต้น จำนวน 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย นำแผ่นยางที่ผสมกับสารละลายบีสมี วางไว้ที่ตำแหน่งระหว่างต้นกำเนิดรังสีแกมมากับหัววัดรังสี ทำการนับวัดรังสีแกมมา ทำซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย และทำการเพิ่มความหนาของแผ่นยางครั้งละ 0.5 ซม. ดังแสดงผลการนับวัดรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีซีเซียม-137 (Cs-137) และไอโอดีน-131 (^{131}I) ในรูปที่ 4 - 5

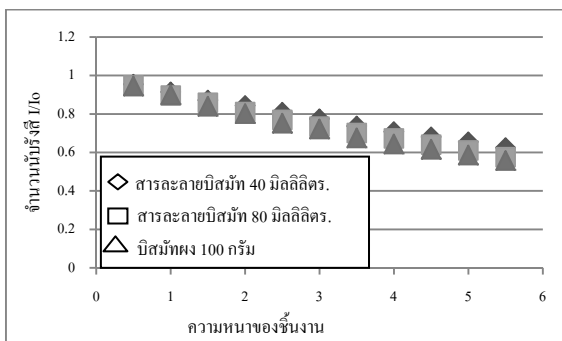
4. นำแผ่นยางวางซ้อนทับกัน และจัดเรียงบนแผ่นฟิล์ม ทำการถ่ายภาพรังสีแกมมาโดยใช้ต้นกำเนิดรังสี Selenium 75 (Se-75) เป็นเวลา 15 นาทีตามรูปที่ 6



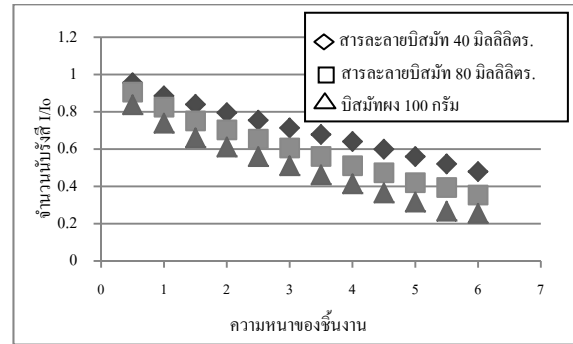
รูปที่ 2 กราฟจำนวนนับวัดรังสีแกมมาจากซีเซียม-137 (Cs-137) ของยางพรีวัลคาไนซ์กับยางสังเคราะห์เอสปีอาร์ในอัตราส่วนต่างๆ



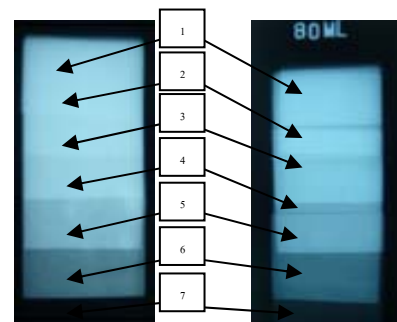
รูปที่ 3 กราฟจำนวนนับวัดรังสีแกมมาจากไอโอดีน-131 (^{131}I) ของยางพรีวัลคาไนซ์ กับยางสังเคราะห์เอสปีอาร์ในอัตราส่วนต่างๆ



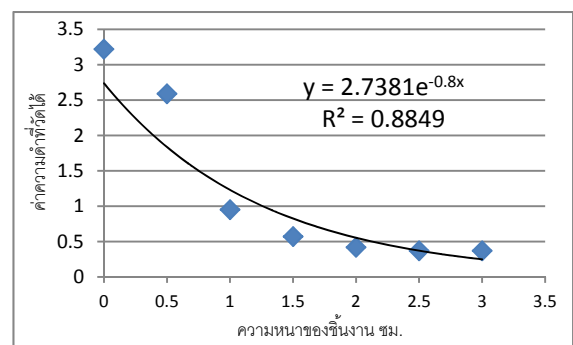
รูปที่ 4 กราฟการกัมมันตรังสีแกมมาจาก ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ซีเซียม -137



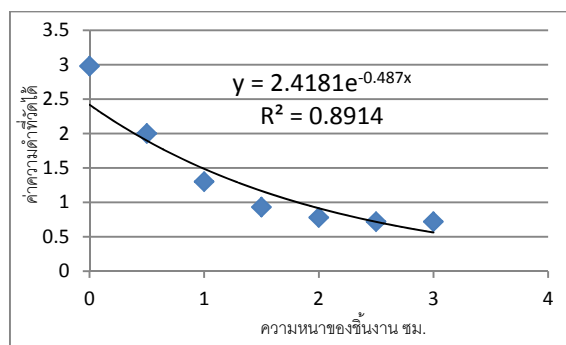
รูปที่ 5 กราฟการกัมมันตรังสีแกมมาจาก ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ไอโอดีน -131



รูปที่ 6 (ซ้าย) ภาพถ่ายรังสีแกมมาของพรีวัลคาไนซ์ กับยางสังเคราะห์เอสปีอาร์ที่อัตราส่วน 50:50 ปริมาตร 100 มิลลิลิตรผสมกับบิสมันท์แบบผง ปริมาตร 100 กรัม และ (ขวา) น้ำยางธรรมชาติกับน้ำยางสังเคราะห์เอสปีอาร์ที่อัตราส่วน 50:50 ปริมาตร 400 มิลลิลิตรมาผสมกับสารละลายบิสมันท์ ปริมาตร 80 มิลลิลิตร



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าความดำตามจุดในภาพที่ 4 (ซ้าย)



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าความดำตามจุดในรูปที่ 6 (ขวา)

3. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถผลิตวัสดุกำบังรังสีแกมมาพลังงานต่ำที่ได้จากการขึ้นรูปน้ำยางพรีวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์ เอสบีอาร์ในอัตราส่วน 50:50 สารละลายบิสมาท์ที่ 20 phr โดยใช้วิธีการผสมด้วยเครื่องกวนสารเคมี เป็นเวลา 25 นาที และเทลงบนแท่นพิมพ์ปูนพลาสติกที่มีความหนา 0.5 ซม. จากผลการวิจัยพบว่าจำนวนนับรังสีที่ได้จากต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานต่ำ ความหนาของชิ้นงานวัสดุกำบังรังสีแกมมามีความสัมพันธ์ต่อความหนาของชิ้นงานวัสดุกำบังรังสีแกมมา โดยเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนนับรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีมีค่าลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลจากต้นกำเนิดรังสีแกมมา ซีเซียม -137 และไอโอดีน -131 ดังสมการเชิงเส้น $y = -0.033x + 0.952$ โดยมีค่า $R^2 = 0.988$ สำหรับกราฟจำนวนนับรังสีแกมมาจาก ซีเซียม-137 (Cs-137) และสมการเชิงเส้น $y = -0.091x + 0.897$ โดยมีค่า $R^2 = 0.983$ สำหรับกราฟจำนวนนับรังสีแกมมาจากไอโอดีน -131 เมื่อความหนาของชิ้นงานเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าร้อยละของการลดทอนรังสีแกมมามีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะลอการิทึม ดังสมการ $y = -0.17\ln(x) + 1.018$ โดยมีค่า $R^2 = 0.941$ จากต้นกำเนิด ซีเซียม -137 และสมการเชิงเส้น $y = -0.091x + 0.897$ และ $R^2 = 0.983$ จากไอโอดีน -131 โดยความหนาที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานเป็นวัสดุกำบังรังสีแกมมาพลังงานต่ำคือที่ความหนา 3 ซม. ที่ได้จากการนำชิ้นงานที่มีความหนา 0.5 ซม. มาเรียงซ้อนกัน 6 ชิ้น ส่วนผสมบิสมาท์แบบผงมีค่าการลดทอนรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม -137 ที่ 27.7 % และไอโอดีน -131 ที่ 48.9 % และบิสมาท์ชนิดสารละลาย 20 phr มีค่าการลดทอนรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม -137 ที่

26.6 % และไอโอดีน -131 ที่ 39.4 % ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าวัสดุกำบังรังสีแกมมาพลังงานต่ำที่ผลิตได้นี้สามารถกำบังรังสีแกมมาในย่านพลังงานต่ำได้ดี งานวิจัยชิ้นนี้มีประโยชน์สำหรับการทำเสื้อกำบังรังสีแกมมาสามารถลดปริมาณรังสีแกมมาที่มีผลกระทบต่อบุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสี เพื่อความปลอดภัยของผู้ที่ปฏิบัติงานทางด้านรังสีในโรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม และห้องปฏิบัติการทางด้านรังสีและที่สำคัญราคาต้นทุนต่ำ และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายคนและสิ่งแวดล้อม สำหรับรูปที่ 6-7 ถ่ายรูปชิ้นงานด้วยรังสีแกมมามีความดำ (Radiographic Density) ในแต่ละตำแหน่งของชิ้นงานที่ใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานสามารถกำบังรังสีแกมมาได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Jackson Heighte, Jan M.Krol ได้ทำการวิจัยเรื่อง Flexible radiation Shielding Material ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของยางพาราธรรมชาติ กับวัสดุที่ลดทอนรังสีแกมมามี ดีบุก บิสมาท์ พลวง แบเรียม แคลเซียม เงิน และตะกั่ว ในรูปวัสดุที่เป็นผงในอัตราส่วนต่างๆ
- [2] พงษ์ธร แซ่ฮุย.ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2548.
- [3] นวพล วิรุ้งชนเกียรติ. วิทยาศาสตร์นิวเคลียร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545.
- [4] ศลัภย์ ทรรพนันท์. เคมีนิวเคลียร์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2527.
- [5] สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 1 - 2. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- [6] เทคโนโลยียาง อุตสาหกรรมยางสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร และกรมวิทยาศาสตร์บริการ. มีนาคม 2541.
- [7] วราภรณ์ ขจรไชยกุล ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติกรมวิชาการเกษตร และกรมวิทยาศาสตร์บริการ. มกราคม. 2537 .
- [8] วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี.ยาง SBR .ยางพาราธรรมชาติ บิสมาท์ กรดกำมะถัน [ออนไลน์]. <http://th.wikipedia.org>. (วันที่ค้นข้อมูล: มีนาคม 2554).