

การสังเคราะห์ตัวดูดซับยูเรเนียมโดยการกราฟต์เมทอะคริลิกแอซิดและอะคริไนด์ไนไตรล์ลงบนเส้นใย

พอลิเอทิลีนโดยการฉายลำอิเล็กตรอน

Synthesis of Uranium Adsorbent by Grafting Methacrylic acid and Acrylonitrile onto Polyethylene Fibers using Electron Beam Irradiation

อัมพิกา จาวะนา (Ampika Jawana)* ดร.ดูดยพงษ์ วงศ์แสวง (Dr. Doonyapong Wongsawaeng)**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อสังเคราะห์ตัวดูดซับยูเรเนียมเอมีดอกซิม การสังเคราะห์ตัวดูดซับยูเรเนียมทำด้วยวิธี Simultaneous irradiation grafting technique โดยนำเส้นใยพอลิเอทิลีนและสารละลายมอนอเมอร์ที่ประกอบด้วยอะคริไนด์ไนไตรล์ (Acrylonitrile, AN) และ เมทอะคริลิกแอซิด (Methacrylic acid, MAA) มาฉายพร้อมกันด้วยลำอิเล็กตรอนพลังงานสูง เพื่อให้เกิดการกราฟต์หมู่ไซยาโน บนเส้นใยพอลิเอทิลีน จากนั้นเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันหมู่ไซยาโนเป็นหมู่เอมีดอกซิมโดยทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลามีนไฮโดรคลอไรด์ จากการทดลองที่ปริมาณรังสีรวม 250 กิโลเกรย์ (kGy) และพลังงานลำอิเล็กตรอนเท่ากับ 4 MeV ให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงที่สุด 60 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิห้องปกติขณะฉายลำอิเล็กตรอนทำให้เกิดการกราฟต์พอลิเมอร์ชนิดอื่นมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ สัดส่วนของมอนอเมอร์ที่ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์มากที่สุดคือ 80/20 (AN/MAA)

ABSTRACT

The study aimed to synthesize the amidoxime uranium adsorbent. Synthesis of the uranium adsorbent was performed by simultaneous irradiation grafting technique. Polyethylene fibers and monomer (acrylonitrile and methacrylic acid) were co-irradiated with high-energy electron beam and the produced cyano group was converted into the amidoxime group by reaction with hydroxylamine hydrochloride. The optimum degree of grafting of 60% was achieved from the total dose of 250 kGy at 4 MeV electron beam energy. Irradiation at room temperature yielded higher degree of graft polymerization than at low temperature. The 80/20 (AN/MAA) monomer ratio resulted in the highest degree of graft polymerization.

คำสำคัญ: ตัวดูดซับยูเรเนียม การกราฟต์พอลิเมอร์ หมู่เอมีดอกซิม

Key Words: Uranium adsorbent, Graft polymerization, Amidoxime group

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

จากปัญหาวิกฤตพลังงานไฟฟ้าของไทย ในช่วงวันที่ 5-15 เมษายน พ.ศ. 2556 อันเนื่องมาจาก ประเทศเมียนมาร์มีการปิดซ่อมแซมและเคลื่อนย้าย ฐานขุดเจาะทำให้ไม่สามารถส่งก๊าซธรรมชาติได้ ประเทศไทยพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าใน สัดส่วนมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ ในการผลิตไฟฟ้า และประมาณ 1/3 นำเข้าจากประเทศ พม่า (ทางออกวิกฤตพลังงาน..., 2557) ซึ่งอาจจะ ก่อให้เกิดความไม่เสถียรทางด้านพลังงาน ประเทศไทย ควรหาทางแก้ปัญหาด้านพลังงาน ไฟฟ้า ยกตัวอย่าง เช่น การใช้พลังงานทางเลือก พลังงานลม พลังงาน แสงอาทิตย์ พลังงานถ่านหินสะอาด และพลังงาน นิวเคลียร์ เป็นต้น ปัจจุบันนี้ทั่วโลกมีโรงไฟฟ้า นิวเคลียร์ที่กำลังเดินเครื่องอยู่จำนวน 437 โรง และอยู่ ระหว่างการก่อสร้างอีก 71 โรง (Number of nuclear reactors..., 2014) เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์คือยูเรเนียม ยูเรเนียมเป็นธาตุที่ ปรากฏอยู่ทั่วไปในธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นในดิน หิน หรือตามแหล่งน้ำ ไอโซโทปของยูเรเนียมที่พบอยู่ใน ธรรมชาติมีอยู่ 3 ไอโซโทปหลักด้วยกันได้แก่ ยูเรเนียม-238 ประมาณ 97.27% ยูเรเนียม-235 ประมาณ 0.72% และยูเรเนียม-234 ประมาณ 0.0055% สำหรับยูเรเนียม-235 มักจะถูกนำไปใช้ในการผลิต พลังงาน เนื่องจากเป็นไอโซโทปที่เกิดฟิชชัน (fission) ได้ง่าย เมื่อถูกระดมยิงด้วยนิวตรอนที่มีพลังงาน เหมาะสม ระหว่างการเกิดปฏิกิริยาฟิชชันจะจับกับ นิวตรอนที่ถูกระดมยิงทำให้นิวเคลียสของอะตอมแบ่ง ออกเป็นสองส่วนและปล่อยพลังงานออกมาในรูปของ ความร้อน รังสี และนิวตรอนอีก 2-3 ตัว นิวตรอนที่ ปล่อยออกมาจะไปทำปฏิกิริยากับอะตอมอื่นเกิดการ แยกตัวอย่างต่อเนื่องเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ปัจจุบัน ยูเรเนียมได้มาจากการทำเหมืองบนดินเป็นส่วนใหญ่ ในน้ำทะเลมียูเรเนียม ละลายอยู่ด้วยเช่นกัน ยูเรเนียมละลายอยู่ในน้ำทะเล อย่างสม่ำเสมอที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมยูเรเนียมต่อ

ลูกบาศก์เมตร (mg U/m³) โดยคิดเป็นปริมาณของ ยูเรเนียมในน้ำทะเลทั้งหมดประมาณ 4.5 พันล้านตัน (Liu et al., 2012) ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่ายูเรเนียมใน เหมืองบนพื้นดินถึง 1,000 เท่า ในอนาคตหากประเทศ ส่วนใหญ่หันมาใช้พลังงานนิวเคลียร์มากขึ้นความ ต้องการเชื้อเพลิงยูเรเนียมก็ต้องเพิ่มมากขึ้นด้วยปริมาณ ยูเรเนียมที่ได้จากการทำเหมืองยูเรเนียมนั้นคงจะไม่ เพียงพอต่อความต้องการ อาจจะก่อให้เกิดความไม่ เสถียรทางด้านพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกัน ดังนั้น หากสามารถนำทรัพยากรยูเรเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำ ทะเลมาใช้ได้จึงนับว่ามีความสำคัญมาก

การกราฟต์โดยรังสี (Radiation grafting) เป็น การใช้รังสีเหนี่ยวนำให้เกิดตำแหน่งที่มีความว่องไว ทางเคมี (Active site) บนสายโซ่พอลิเมอร์หลัก ทำให้ สามารถนำหมู่ฟังก์ชันที่มีคุณสมบัติต่างๆ เชื่อมต่อกับ สายโซ่ของพอลิเมอร์สายหลักแบบตอกิ่ง จากนั้นใช้ กระบวนการทางเคมีในการดัดแปลงคุณสมบัติของหมู่ ฟังก์ชัน ให้มีคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงกับการใช้งาน (Choi and Nho, 2000) กระบวนการกราฟต์โดยรังสีมี อยู่ 3 วิธีการหลักๆ วิธีการแรกคือ วิธี Preirradiation technique โดยวิธีนี้จะฉายรังสีพอลิเมอร์ก่อนเพื่อ ให้ เกิดตำแหน่งอนุมูลอิสระบนสายโซ่พอลิเมอร์จากนั้น ค่อยทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์เพื่อให้เกิดการตอกิ่ง วิธีการต่อมาคือ วิธี Peroxidation technique วิธีนี้จะมี ความคล้ายคลึงกับวิธี Preirradiation technique โดยจะ ฉายรังสีพอลิเมอร์ก่อน แต่จะแตกต่างกันที่พอลิเมอร์ จะถูกฉายในสภาวะอากาศปกติหรือสภาวะที่มี ออกซิเจน เพื่อให้เกิดการสร้าง hydroperoxides หรือ diperoxides ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของพอลิเมอร์แต่ละ ชนิดและสภาวะในการฉายรังสี จากนั้นจะทำปฏิกิริยา กับมอนอเมอร์ที่อุณหภูมิสูง และวิธีการสุดท้ายคือ วิธี Simultaneous technique วิธีการนี้พอลิเมอร์และมอนอ เมอร์จะถูกฉายรังสีไปพร้อมกัน รังสีจะเหนี่ยวนำให้ เกิดตำแหน่งอนุมูลอิสระบนสายโซ่พอลิเมอร์หลักและ มอนอเมอร์ทำให้เกิดการตอกิ่งได้ในขณะฉายรังสี ใน การศึกษานี้ได้ใช้วิธีการ Simultaneous technique

ในปี ค.ศ. 1987 มีการศึกษาเตรียมเมมเบรนรูพรุนที่มีองค์ประกอบของหมู่เอมีดอกซิมเพื่อใช้ในการดูดซับยูเรเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล (Saito et al., 1987) ต่อมาในปี ค.ศ. 1995 มีการศึกษาการสังเคราะห์เส้นใยตัวดูดซับที่มีองค์ประกอบของหมู่เอมีดอกซิมจากเส้นใยพอลิโพรไพลีน เพื่อใช้ดูดซับยูเรเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล (Kabay et al., 1995) และนับจากนั้นเป็นต้นมาก็ได้มีการศึกษาวิจัยเรื่อยมา ซึ่งการสังเคราะห์ส่วนมากทำโดยใช้รังสีแกมมา แต่ยังไม่มียางานการสังเคราะห์โดยใช้ลำอิเล็กตรอนมาก่อน

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะสังเคราะห์ตัวดูดซับยูเรเนียมเอมีดอกซิมโดยการกราฟต์เมทอะคริลิกแอซิด (Methacrylic, MAA) และ อะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile, AN) ลงบนเส้นใยพอลิเอทิลีน โดยการฉายลำอิเล็กตรอน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสังเคราะห์ตัวดูดซับยูเรเนียมเอมีดอกซิมโดยการกราฟต์เมทอะคริลิกแอซิดและอะคริโลไนไตรล์ลงบนเส้นใยพอลิเอทิลีน โดยการฉายลำอิเล็กตรอน

วิธีการวิจัย

ศึกษาพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดซับเอมีดอกซิม

เนื่องจากพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีรวมที่แตกต่างกันมีอำนาจทะลุทะลวงที่ต่างกัน จึงอาจจะส่งผลให้ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงศึกษาผลของพลังงานลำอิเล็กตรอน 4, 6 และ 8 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ โดยนำเส้นใย Low density polyethylene (LDPE) และมอนอเมอร์ที่มีส่วนผสมของ AN และ MAA มาฉายพร้อมกันด้วยลำอิเล็กตรอนพลังงานสูง เมื่อฉายรังสีเสร็จด้วยไฮโมพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นด้วย N,N-ไดเมทิล

ฟอร์มาไมด์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นล้างเส้นใยด้วยเมทานอลและน้ำกลั่น อบเส้นใยให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเส้นใยที่อบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคพอลิเมอร์ จากสมการดังต่อไปนี้ (สงวนศักดิ์, 2554)

$$\%Grafting = \frac{(W_g - W_i)}{W_i} \times 100$$

โดย

W_g = น้ำหนักเส้นใย LDPE หลังการกราฟต์

W_i = น้ำหนักเส้นใย LDPE ก่อนการกราฟต์

ศึกษาอุณหภูมิขณะฉายรังสีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดซับเอมีดอกซิม

โดยศึกษาผลของอุณหภูมิขณะฉายรังสีที่มีต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ ศึกษาเปรียบเทียบกันระหว่างอุณหภูมิห้องปกติกับอุณหภูมิต่ำ ในการศึกษาที่อุณหภูมิต่ำขณะฉายรังสี ใส่ น้ำแข็งแห้งรอบๆภาชนะที่บรรจุเส้นใย LDPE และมอนอเมอร์ จากนั้นฉายด้วยลำอิเล็กตรอนที่พลังงานของอิเล็กตรอน 4, 6 และ 8 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy เมื่อฉายด้วยลำอิเล็กตรอนเสร็จทำซ้ำขั้นตอนเดียวกับการศึกษาพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดซับเอมีดอกซิมที่กล่าวไปข้างต้น

ศึกษาสัดส่วนของมอนอเมอร์สองชนิดที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดซับเอมีดอกซิม

โดยศึกษาผลของสัดส่วนความเข้มข้นของสารละลายอะคริโลไนไตรล์และเมทอะคริลิกแอซิด (AN/MAA) ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เตรียมสารละลายมอนอเมอร์ โดยเปลี่ยนแปลงสัดส่วนความเข้มข้นของสารละลาย AN/MAA สัดส่วนเท่ากับ 20/80, 40/60, 60/40 และ 80/20 โดยใช้สารละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์เป็นตัวทำละลายที่ 50 (w/w)% นำ

เส้นใย LDPE และมอนอเมอร์ที่ตัดส่วนความเข้มข้นต่างกันมาฉายรังสีพร้อมกันด้วยลำอิเล็กตรอนพลังงาน 4 MeV ที่ปริมาณรังสีรวมเท่ากับ 250 kGy เมื่อฉายด้วยลำอิเล็กตรอนเสร็จจึงทำซ้ำขั้นตอนเดียวกับการศึกษาพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดซับเอมีดอกซิมคิงที่กล่าวไปข้างต้น

เปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันไซยาโนเป็นหมู่ฟังก์ชันเอมีดอกซิม โดยทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิดลามีนไฮโดรคลอไรด์ จากนั้นล้างเส้นใยด้วยสารละลายผสมระหว่างเมทานอลและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 50:50 นำเส้นใยไปแช่ในกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ นาน 15 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น อบเส้นใยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ปรับสภาพ pH เส้นใยให้มีสภาพเป็นด่าง (Alkaline treatment) โดยทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

พิสูจน์เอกลักษณ์สมบัติเฉพาะด้วยเทคนิค

Scanning Electron Microscopy (SEM)

นำเส้นใย LDPE และเส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์ มาส่องดูลักษณะพื้นผิว โดยใช้ขนาดโฟกัสที่ 10 μm กำลังขยาย 750 เท่า

พิสูจน์เอกลักษณ์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

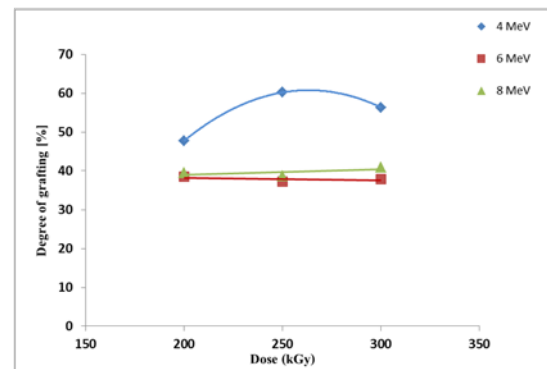
นำเส้นใย LDPE เส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์ และเส้นใยเอมีดอกซิม มาพิสูจน์เอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชันไซยาโน คาร์บอกซิล และเอมีดอกซิมบนเส้นใย

ผลการวิจัย

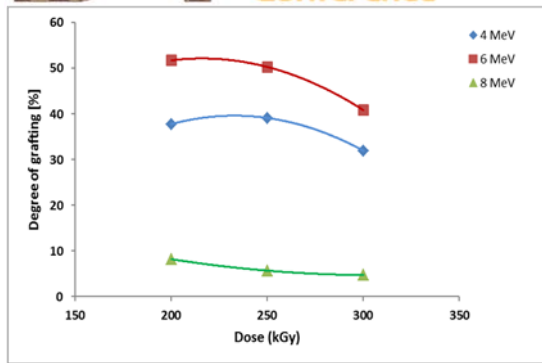
จากการศึกษาพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีรวมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์พบว่าที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 4 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 47.76, 60.23 และ 56.35 ตามลำดับ

ที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 6 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 38.52, 37.15 และ 37.85 ตามลำดับ ที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 8 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 39.43, 38.55 และ 40.89 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1

ผลของพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีรวมที่อุณหภูมิห้องขณะฉายรังสีดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่าที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 4 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 37.76, 39.10 และ 31.96 ตามลำดับ พลังงานลำอิเล็กตรอน 6 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 51.72, 50.28 และ 40.85 ตามลำดับ ที่พลังงานลำอิเล็กตรอน 8 MeV ปริมาณรังสีรวม 200, 250 และ 300 kGy ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 8.17, 5.66 และ 4.68 ตามลำดับ

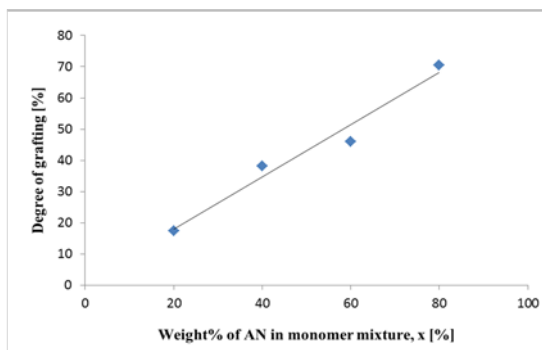


รูปที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีรวมที่มีต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิห้องขณะฉายรังสี



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีรวมที่มีต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิห้องขณะฉายรังสี

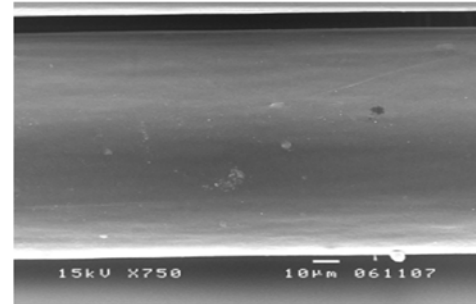
ผลการศึกษาคัดส่วนของมอนอเมอร์สองชนิดที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดซับเอมีนออกซิม ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าที่สัดส่วน AN/MAA เท่ากับ 20/80, 40/60, 60/40 และ 80/20 ได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เท่ากับ 17.34, 38.23, 45.94 และ 70.44 ตามลำดับ



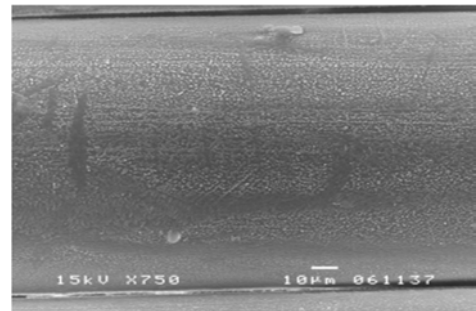
รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนมอนอเมอร์ AN/MAA ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์

พิสูจน์ลักษณะสมบัติเฉพาะด้วยเทคนิค SEM กำลังขยาย 750 เท่า ที่ขนาดโฟกัส 10 μm พบว่าพื้นผิวของเส้นใย LDPE มีลักษณะราบเรียบดังรูปที่ 4 (A) แต่เส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์มีลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิมดังแสดงในรูปที่ 4 (B) มีลักษณะผิวที่ขรุขระต่างไปจากเดิม

A

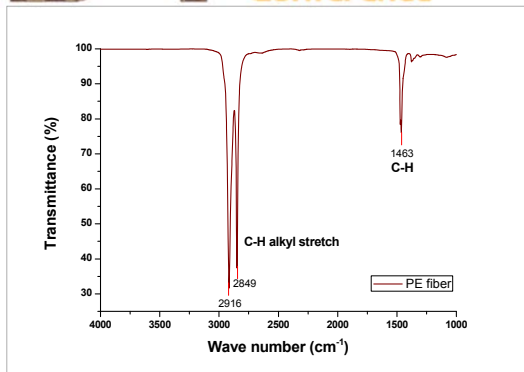


B

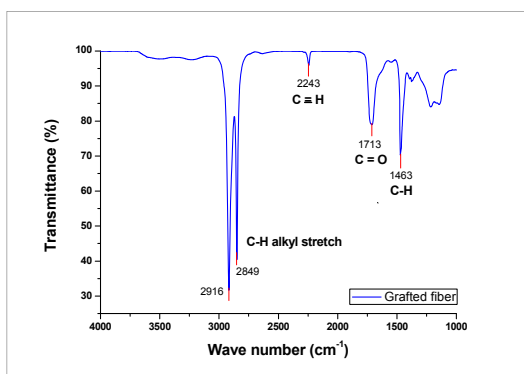


รูปที่ 4 ผลการทดสอบด้วย SEM เส้นใย LDPE ก่อนการกราฟต์ (A) และเส้นใย LDPE หลังการกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ 350 kGy (B)

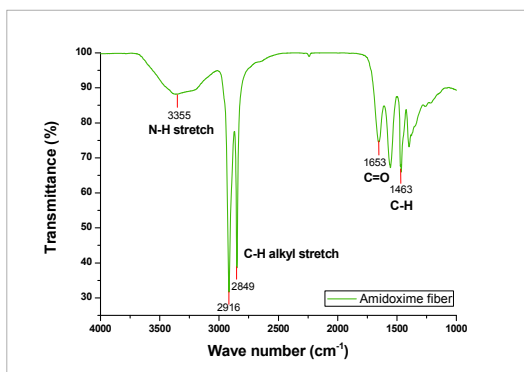
ผลการศึกษาการพิสูจน์เอกลักษณ์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR พบว่ากราฟสเปกตรัมของเส้นใย LDPE ปรากฏแถบดูดกลืน C-H alkyl stretch ของพอลิเอทิลีนที่เลขคลื่น 2849 cm^{-1} และ C-H ที่เลขคลื่น 1473 cm^{-1} ดังแสดงในรูปที่ 5 สเปกตรัมของเส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์โคพอลิเมอร์ปรากฏแถบดูดกลืน C-H alkyl stretch และ C-H ที่เลขคลื่นเดิม นอกจากนี้ยังปรากฏพีคของ $\text{C}\equiv\text{N}$ ที่เลขคลื่น 2243 cm^{-1} และแถบดูดกลืนของ $\text{C}=\text{O}$ ที่เลขคลื่น 1713 cm^{-1} ดังแสดงในรูปที่ 6 กราฟสเปกตรัมของเส้นใยเอมีนออกซิมปรากฏแถบดูดกลืนของ C-H alkyl stretch และ C-H ที่เลขคลื่นเดิม ปรากฏแถบดูดกลืนของ $\text{C}=\text{O}$ ที่เลขคลื่น 1653 cm^{-1} และ ปรากฏแถบดูดกลืน N-H stretch ของหมู่เอมีนออกซิมที่เลขคลื่น 3355 cm^{-1} ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 5 สเปกตรัม FTIR ของเส้นใย LDPE



รูปที่ 6 สเปกตรัม FTIR ของเส้นใย LDPE หลังการกราฟต์โคพอลิเมอร์



รูปที่ 7 สเปกตรัม FTIR ของเส้นใยเอมีดออกซิม

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีรวมที่อุณหภูมิห้องขณะฉายรังสีพบว่าพลังงานของลำอิเล็กตรอนที่ 4 MeV ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์สูงกว่าที่พลังงาน 6 และ 8 MeV อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ปริมาณรังสีรวมเท่ากับ

250 kGy ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์สูงที่สุดเท่ากับ 60% ส่วนที่พลังงานของลำอิเล็กตรอนเท่ากับ 6 และ 8 MeV ปริมาณรังสีรวมช่วง 200 250 และ 300 kGy ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์ใกล้เคียงกัน ผลของพลังงานลำอิเล็กตรอนและปริมาณรังสีที่อุณหภูมิห้องขณะฉายรังสี พบว่าที่พลังงานของอิเล็กตรอน 6 MeV ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์สูงที่สุด (แต่ก็ยังน้อยกว่าการฉายรังสีที่อุณหภูมิห้อง) รองลงมาคือที่พลังงาน 4 MeV และ 8 MeV ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณรังสีรวมเพิ่มมากขึ้น

จากผลการศึกษาสัดส่วนของมอนอเมอร์สองชนิดที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดซับเอมีดออกซิมพบว่าเมื่อสัดส่วนของมอนอเมอร์ AN/MAA เพิ่มมากขึ้นแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยที่สัดส่วนของมอนอเมอร์ AN/MAA เท่ากับ 80/20 ให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์โคพอลิเมอร์สูงที่สุดเท่ากับ 70.44%

จากผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันไซยาโนคาร์บอกซิล และเอมีดออกซิม สำหรับสเปกตรัม FTIR ของเส้นใย LDPE ที่แสดงในรูปที่ 5 ลักษณะเฉพาะของแถบดูดกลืนของพอลิเอทิลีนที่เลขคลื่น 2849 และ 1473 cm^{-1} แสดงถึง C-H alkyl stretch และ C-H ตามลำดับ โดยคาดหวังว่าจะเห็นทั้งสองแถบดูดกลืนทั้งสองในการทดสอบเส้นใยทั้งสามชนิด แถบดูดกลืนของเส้นใยกราฟต์โคพอลิเมอร์ดังแสดงในรูปที่ 6 ปรากฏที่เลขคลื่น 2243 และ 1713 cm^{-1} แสดงถึง C≡N ของ poly(acrylonitrile) และ C=O ของ poly(methacrylic acid) ตามลำดับ หลังจากการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันเอมีดออกซิมไม่ปรากฏแถบดูดกลืนของ C≡N ที่เลขคลื่น 2243 cm^{-1} แต่ปรากฏแถบดูดกลืน N-H stretch ของหมู่เอมีดออกซิมที่เลขคลื่น 3355 cm^{-1} รวมถึงแถบดูดกลืน C=O ของหมู่เอมีดออกซิมที่เลขคลื่น 1653 cm^{-1} ดังแสดงในรูปที่ 7

จากผลการศึกษาดำเนินการถ่ายภาพพื้นผิวเส้นใย LDPE และเส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์ ผลปรากฏว่าเส้นใย LDPE ที่ผ่านการกราฟต์มีลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระต่างไปจากเดิม สรุปได้ว่าจากการฉายลำอิเล็กตรอนนั้นทำให้เกิดการกราฟต์โคพอลิเมอร์บนพื้นผิวของเส้นใย LDPE ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นหมู่เอมีดอกซึมได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศูนย์ฉายรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน

เอกสารอ้างอิง

ทางออกวิกฤตพลังงานไฟฟ้าของไทย [ออนไลน์]
 13 มกราคม 2557 [อ้างเมื่อ 3 มกราคม 2558].
 จาก <http://www.dailynews.co.th/Content/Article/60854>

Number of nuclear reactors operable and under construction [online] 2014 Jan 13 [cited 2015 Jan 03]. Available from: <http://www.world-nuclear.org/Nuclear-Basics/Global-number-of-nuclear-reactors>

Liu X, Liu H, Ma H, Cao C, Yu M, Wang Z, et al. 2012. Adsorption of the uranyl Ions on an amidoxime-based polyethylene nonwoven fabric prepared by preirradiation-induced emulsion graft polymerization. Ind. Eng. Chem. Res. 51(46): 15089-15095.

Choi SH, Nho Y. 2000. Radiation-induced graft copolymerization of binary monomer mixture containing acrylonitrile onto film. Radiation Physics and Chemistry. 58(2): 157-168.

Saito K, Hori T, Furusaki S, Sugo T, Okamoto J. 1987. Porous Amidoxime – Group - Containing Membrane for the Recovery of Uranium from Seawater. Ind. Eng. Chem. Res. 26(10): 1077-1981.

Kabay N, Katakai A, Sugo T. 1995. Preparation of amidoxime-fiber adsorbents by radiation - induced grafting. Radiation Physics and Chemistry. 46(4): 833-836.

สงวนศักดิ์ ไช้กันยา. การพัฒนาพอลิเอทิลีนพอลิเมอร์ที่มีหมู่เอมีดอกซึมเพื่อใช้ดูดซับยูเรเนียมในน้ำจืด [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2554.