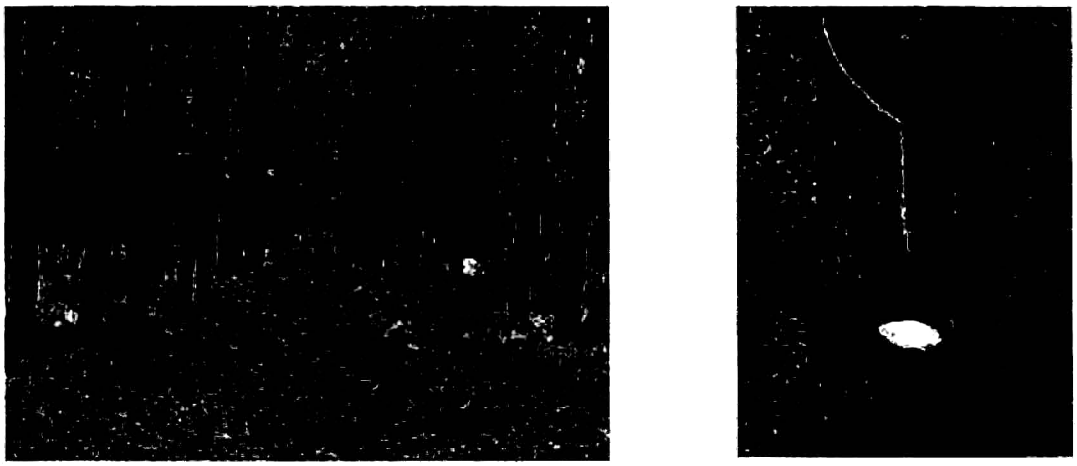
บทความวิชาการ

เรียบ : ดร.สอาด ริยะจันทร์* นายสุวิทย์ ไชยพลบาล**

การพัฒนาดัดแปรผิวยางธรรมชาติในรูปแผ่น

ความสำคัญของยางธรรมชาติหรือยางพาราที่เป็นพืชเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของไทยนั้น ครองปริมาณส่งออกยางดิบตลอดมา โดยในระยะ 3 ปีที่ผ่านมาเฉลี่ยแล้วประมาณปีละ 2,000,000 เมตริกตัน หรือคิดเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 150,000 ล้านบาท และหากรวมผลิตภัณฑ์ยางด้วยก็มีมูลค่าประมาณ 250,000 ล้านบาท ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาคุณภาพยางธรรมชาติให้ดีขึ้นย่อมเป็นการเพิ่มมูลค่าได้อย่างมหาศาล รูปที่ 1 แสดงต้นยางพารา และลักษณะของน้ำยางที่ได้จากต้นยางพารา



รูปที่ 1 ต้นยางพารา และลักษณะของน้ำยางที่ได้จากต้น

ยางธรรมชาติมีลักษณะเด่นคือ จัดว่าเป็นยางอเนกประสงค์ที่สามารถใช้ได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งด้านอุตสาหกรรม การแพทย์หรือในครัวเรือน และมีความพร้อมใช้ทั้งในรูปของน้ำยาง และยางแห้ง อีกทั้งยังมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีคือ ทนต่อแรงดึงได้ดีมาก เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความบาง แต่แข็งแรง เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย เป็นต้น ยังมีราคาถูกกว่ายางสังเคราะห์ แต่อย่างไรก็ตามยางธรรมชาติมีคุณสมบัติบางประการที่ก่อให้เกิดปัญหาสำคัญ ได้แก่ การก่อให้เกิดภูมิแพ้ชนิดเฉียบพลัน และความปรวนแปรในคุณสมบัติของยาง อาทิ ความบริสุทธิ์ของยางธรรมชาติที่ขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่ไม่ใช่ยาง ความหนืดและความยืดหยุ่นซึ่งมีผลต่อความสามารถในการนำไปใช้งาน โดยมักจะพบว่า ถ้าเก็บยางไว้เป็นเวลานาน จะทำให้ความยืดหยุ่นเหนียวของยางเสียไป เป็นต้น

จารย์ ระดับ 6 ภาควิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
กศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สอาด ริยะจันทร์ และ สุวิทย์ ไชยพลบาล. "การพัฒนาดัดแปรผิวยางธรรมชาติในรูปแผ่น" *พัฒนาเทคนิคศึกษา* 20, 67 (ก.ค.-ก.ย. 2551) 15-22

ในปัจจุบันนี้ยางธรรมชาติที่ใช้ในรูปของน้ำยางถูกใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น ถุงมือตรวจสอบหรือผ่าตัด ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง อุปกรณ์ทางการแพทย์ วัสดุทางการแพทย์ และอื่น ๆ อีกมาก รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทำมาจากน้ำยางธรรมชาติ เช่น รองเท้าฟองน้ำจากยางธรรมชาติ ที่นอนจากยางธรรมชาติ เทปกาวจากยางธรรมชาติ ตุ๊กตาเด็กเล่นจากยางธรรมชาติ ถุงยางอนามัยจากยางธรรมชาติ เป็นต้น

เนื่องจากยางธรรมชาติมีคุณสมบัติที่ดีในด้านของความยืดหยุ่น ความทนทานต่อการหักงอ และความทนทานต่อการฉีกขาด เป็นต้น อย่างไรก็แล้วแต่ ยางธรรมชาติมีคุณสมบัติข้อด้อย เช่น การทนความร้อนและแสงต่ำ โปรตีนที่ตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอาการแพ้ต่อผู้ใช้ ความลื่น การยึดติดกันระหว่างผิวยาง และความไม่สามารถเข้ากับร่างกายมนุษย์ (Biocompability) รูปที่ 3 แสดงปัญหาการยึดติดของถุงมือยางธรรมชาติ แสดงการแก้ปัญหาในเรื่องของการเหนียวติด โดยการใช้แป้ง โดยรูป ก. ก่อนการใช้แป้ง และ รูป ข. หลังการใช้แป้ง พบว่า รูปที่มีการใช้แป้งสามารถลดการเหนียวติดได้คือมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบ แต่มีปัญหาก็คือ เมื่อใช้เป็นระยะเวลานานจะทำให้แป้งนี้หลุดออกไป จึงมีความน่าสนใจที่จะปรับปรุงคุณสมบัติให้สามารถใช้งานได้ในระยะยาว

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของยางธรรมชาติ

(ก) ก่อนใช้แป้ง *(ข) หลังใช้แป้ง*

รูปที่ 3 แสดงปัญหาการยึดติดของถุงมือยางธรรมชาติ (ก) ก่อนใช้แป้ง และ (ข) หลังใช้แป้ง

ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเพื่อดัดแปรผิวยางธรรมชาติจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อแก้ข้อด้อยของยางธรรมชาติดังกล่าว ทำให้ยางธรรมชาติมีคุณภาพดีขึ้น สามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น

วิธีการในการปรับปรุงผิวยางธรรมชาติ

มีหลายวิธีดังนี้

1. การใช้เปลวไฟ (Flame treatment)
2. การใช้โลหะเคลือบ (Metal deposition)
3. การใช้สารเคมี (Chemical treatment)
4. การใช้โคโรน่า (Corona discharge)
5. การใช้รังสี (Irradiation)
6. การกราฟต์ (Graft copolymerization)

รายละเอียดแต่ละวิธีสามารถกล่าวโดยสรุปดังต่อไปนี้

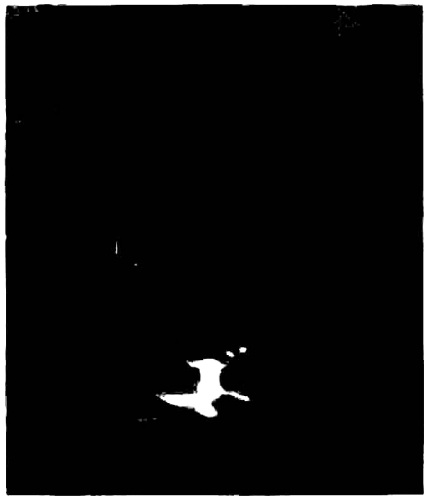
1. การใช้เปลวไฟ (Flame treatment)

เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ปรับปรุงผิวของพอลิเมอร์ในอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มความเป็นขั้ว (Hydrophilic) ให้กับพื้นผิวของพอลิเมอร์ แม้จะเป็นวิธีการที่ง่ายแต่ก็ต้องมีความชำนาญจึงจะได้ผลดี การออกซิเดชันที่ผิวของพอลิเมอร์จากการทำ Flame treatment ทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ มากมาย เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) คาร์บอนิล (=C=O) และคาร์บอกซิล (-COOH,-COOR) การเกิดออกซิเดชันที่ผิวเป็นการเหนี่ยวนำให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างพอลิเมอร์กับพอลิเมอร์อื่นจากการกระตุ้นโดยไฟ ประสิทธิภาพของ Flame treatment ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของอากาศกับก๊าซ อัตราการให้อากาศกับก๊าซ ระยะห่างระหว่างไฟกับวัตถุ ระยะเวลาในการปรับปรุง และชนิดของก๊าซ ข้อด้อยของเทคนิคนี้คือ มีข้อจำกัดใช้ได้กับวัตถุขนาดเล็ก และต้องมีทักษะและความชำนาญ ดังรูปที่ 4 การดัดแปรผิวของพอลิเมอร์โดยวิธีการใช้เปลวไฟ

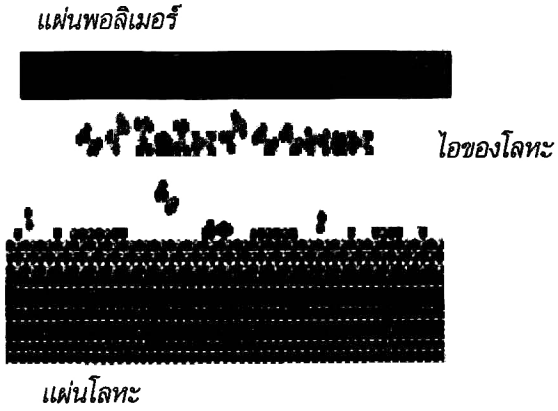
รูปที่ 4 แสดงการทำ Flame treatment

2. การใช้โลหะเคลือบ (Metal deposition)

การใช้โลหะเคลือบสามารถช่วยในการปรับปรุงผิว เช่น การนำไฟฟ้า วิธีการนี้เริ่มต้นพัฒนาต้นทศวรรษที่ 70 และยังคงใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปมี 2 วิธีการใหญ่ ๆ คือ วิธี Electroless plating และ *Vacuum* deposition การเคลือบโลหะโดย Electroless plating แตกต่างจาก Electro plating การให้อิเล็กตรอนโดยวิธี Electroless plating ใช้สารเคมีที่ให้ประจุ (Chemical reducing agent) ในรูปของสารละลาย ขณะที่ Electroplating ใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากภายนอก เช่น แบตเตอรี่ นอกจากนี้ Electroless plating สามารถประยุกต์ใช้กับสารที่ไม่นำไฟฟ้า เช่น พอลิเมอร์และเซรามิก



รูปที่ 5 แสดงการทำ Metal deposition

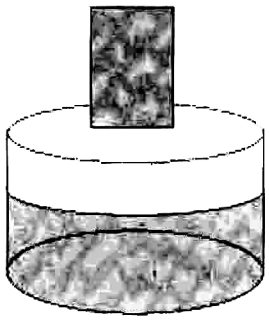


รูปที่ 6 แสดงลักษณะการเกิด Metal deposition

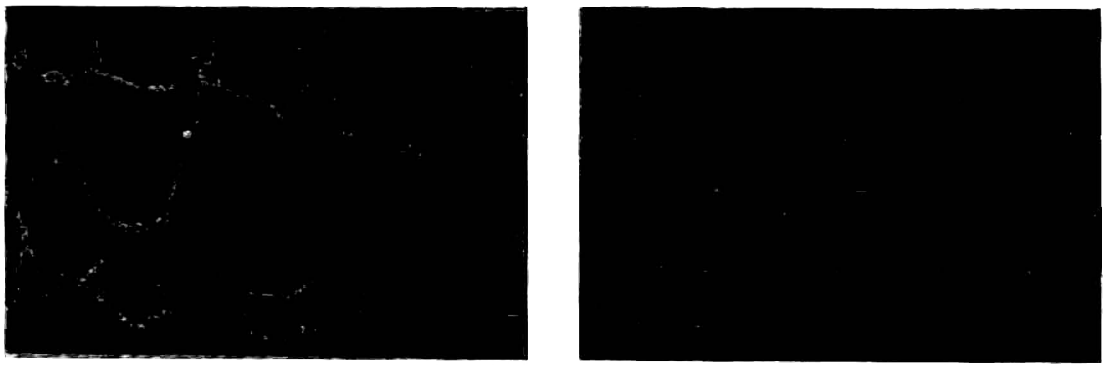
เทคนิค *Vacuum* deposition ที่ใช้กันมากที่สุดคือ การทำให้ระเหยเป็นไอ (Evaporation) และการพ่น (Sputtering) วิธีการทำให้ระเหยเป็นไอให้ความร้อนแก่โลหะ โดยนำอิเล็กตรอน (Electron beam) ไปเคลือบบนผิว ระบบนี้กระทำภายใต้สภาวะสุญญากาศ (ระหว่าง 10^{-5}–10^{-6} torr) และอัตราการให้โลหะตั้งแต่ 100 – 250,000 A°/min แม้ว่าวิธีการนี้จะดีเยี่ยม แต่ต้องทำในสภาวะสุญญากาศ ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยเทคนิคนี้มีราคาแพง จึงนิยมใช้กันในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้น

3. การใช้สารเคมี (Chemical treatment)

เป็นวิธีการที่ใช้กันมากโดยทั่วไปในการปรับปรุงพื้นผิวของพอลิเมอร์ วิธีการนี้ทำได้ตั้งแต่ทำให้ผิวเรียบเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic polymer) จนไปถึงการทำให้ผิวมีลักษณะขรุขระเป็นพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ (Hydrophilic polymer) โดยการออกซิเดชันที่ผิว และสลายตัวในส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ดังรูปที่ 7 แสดงการปรับปรุงผิวโดยวิธีนี้ นิยมใช้กับวัตถุขนาดใหญ่และมีปริมาณมากที่ไม่สามารถปรับปรุงผิว โดยวิธีการอื่นได้ในอุตสาหกรรม วิธีการขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์ โดยทั่วไปใช้กรดแก่ เช่น กรดโครมิก



รูปที่ 7 แสดงการปรับปรุงผิวของพอลิเมอร์ โดยวิธี Chemical treatment



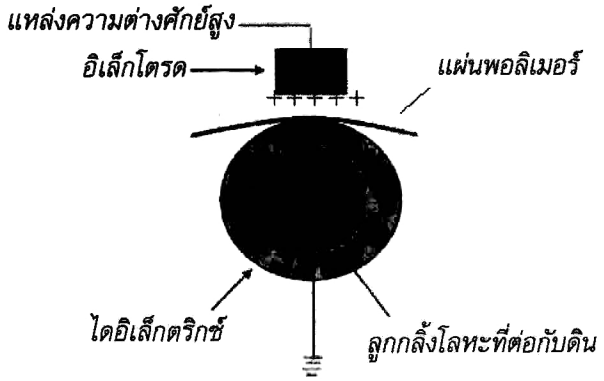
(ก) (ข)

รูปที่ 8 แสดงการปรับปรุงผิวด้วยกรดซัลฟูริค (ก) Poly (Sulfone) (ข) Poly (Ether ketone)

4. การใช้โคโรน่า (Corona discharge)

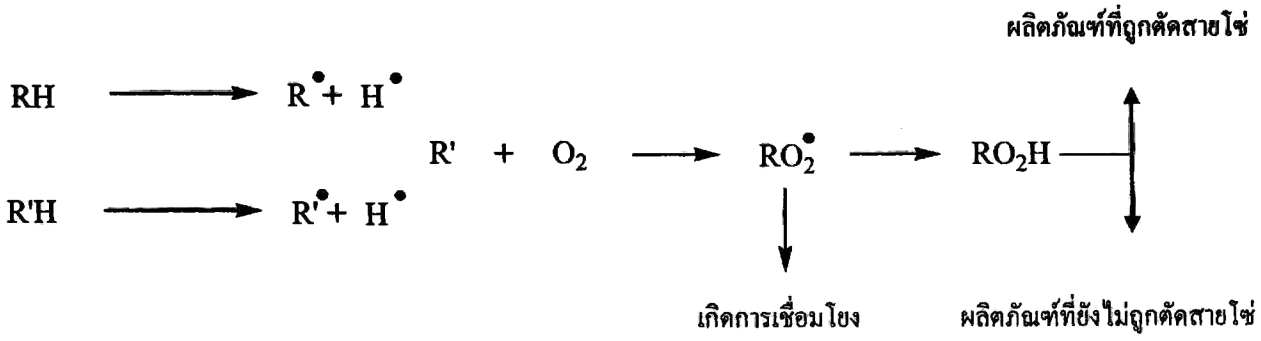
Corona discharge เป็นวิธีการที่เป็นที่ยอมรับเป็นอย่างดีในการปรับปรุงแผ่นฟิล์มพอลิโอลีฟินส์ในโรงงานอุตสาหกรรม เทคนิคนี้ใช้เป็นหลักในอุตสาหกรรมพลาสติก เพื่อปรับปรุงการเกาะติดของแผ่นฟิล์มพอลิโอลีฟินส์ อุปกรณ์ในการทำ Corona treatment ติดตั้งได้ง่ายและคุ้มค่าการลงทุน ประกอบด้วยแหล่งให้ความต่างศักย์ และความถี่สูง ขั้วไฟฟ้า และลูกกลิ้งโลหะที่เคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้า ดังรูปที่ 9

การปรับปรุงผิวด้วย Corona discharge ทำให้คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของพื้นผิวของพอลิเมอร์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ความสามารถในการเกิดพันธะกับวัสดุอื่นง่ายขึ้น จำนวนของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น บนพื้นผิวของพอลิเมอร์จากการปรับปรุงผิวด้วย Corona discharge ขึ้นกับอิเล็กตรอน ไอออน นิวตรอนที่ถูกกระตุ้น และโฟตรอน ซึ่งอนุภาคต่าง ๆ ขั้นต้นทำให้เกิดอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระนี้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ แสดงได้ในรูปที่ 10 การสลายตัวของหมู่ไฮโดรเปอร์ออกไซด์



รูปที่ 9 แสดงลักษณะของการทำ Corona discharge

ทำให้เกิด >C-OH, >C=O, -COOH จากการปรับปรุง ด้วย Corona discharge อย่างไรก็ตามการตัดสายโซ่ทำให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ลดลง ซึ่งเกิดจากการออกซิไดซ์ระหว่างการทำ Corona discharge หรือน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของพอลิเมอร์จากการปรับปรุงผิวด้วย Corona discharge

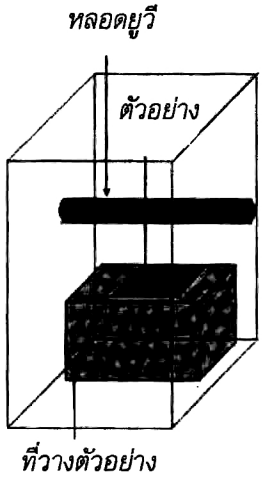
เทคนิคนี้สามารถใช้ทำการดัดแปรผิวของพอลิเมอร์ได้อย่างต่อเนื่อง (continuous) อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อจำกัด คือ คุณภาพของการดัดแปรพื้นผิวของพอลิเมอร์ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากความแปรปรวนจากเงื่อนไขต่าง ๆ อาทิเช่น อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น

Toth และคณะ ศึกษาการดัดแปรพื้นผิวของพอลิเอทิลีน โดยใช้แหล่งกำเนิดไอออน (keV ion beams) โดยใช้พอลิเอทิลีนชนิดน้ำหนักโมเลกุลสูงมากยิ่งยวด (ultra high molecular weight polyethylene, UHMWPE) และพอลิเอทิลีนโครงสร้างแบบเชิงเส้น (linear polyethylene, LPE) ทำการปรับปรุงของพอลิเมอร์ดังกล่าว โดยใช้แหล่งกำเนิดไอออนต่ำของ H_2^+, He^+ และ N_2^+ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของพื้นผิวของพอลิเมอร์ตรวจสอบโดยใช้ ฟูเรียร์ ทรานสฟอร์ม อินฟราเรด สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrophotometer) และเอ็กซเรย์ โฟโตอิเล็กตรอน สเปคโตรสโคปี (X-ray photoelectron spectroscopy) การปรับปรุงผิวของพอลิเมอร์ดังกล่าวโดยใช้ไอออน N_2^+ ทำให้ไนโตรเจนไปติดบนพื้นผิวของพอลิเมอร์ปริมาณไนโตรเจนบนพื้นผิวของพอลิเมอร์มีค่าประมาณ 1017 ions/cm ^{2}

5. การใช้รังสี (Irradiation)

Radiations เป็นวิธีการดัดแปรพื้นผิวของพอลิเมอร์วิธีหนึ่ง ซึ่งอาศัยหลักการแผ่รังสี ซึ่งระดับพลังงานของการแผ่รังสีมีอยู่ด้วยกัน 3 ระดับ คือ การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง (High-energy radiation) โดยได้จากการใช้รังสีเอ็กซ์ (X-rays) รังสีแกมมา (γ-rays) และลำแสงอิเล็กตรอน (Electron beam) จากโคบอลต์-60 (^{60}Co) และแมกนีเซียม-58 (^{58}Mg) การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานระดับกลาง (Mid-energy radiation) โดยปกติได้จากรังสียูวี (UV rays) แหล่งพลาสมา (plasma sources) และการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานระดับต่ำ (low-energy radiation) จากอินฟราเรด (infrared) อัลตราโซนิค (ultrasonic) ไมโครเวฟ (microwave) และรังสียูวี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสายโซ่โมเลกุลหลักของพอลิเมอร์ เช่น การเกิดเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (irradiation time) และพลังงานของรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขั้นตอนแรกของการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพอลิเมอร์ ซึ่งพอลิเมอร์ดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ฟังก์ชันอื่น ๆ เพื่อทำให้พอลิเมอร์มีผิวใหม่เกิดขึ้น

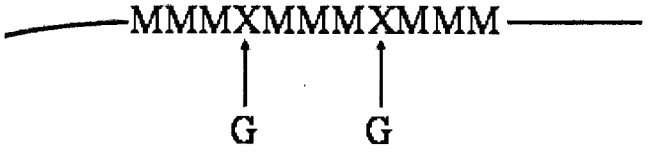
Ranby และคณะ ศึกษาการดัดแปรผิวของพอลิเอทิลีน โดยใช้กระบวนการทางเคมีของแสง แสง (Photochemical) เหนี่ยวนำหมู่ซัลโฟนิค (Sulfonic group) บนพอลิเอทิลีนจากการใช้แสงยูวีในบรรยากาศที่มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และอากาศ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตซัลโฟเนชัน (Photosulfonation) บนพื้นผิวของพอลิเมอร์ แต่เทคนิคนี้มีข้อเสียคือ ทำให้พื้นผิวของพอลิเมอร์ถูกทำลาย และได้มีความพยายามปรับปรุงพื้นผิวของพอลิเมอร์ดังกล่าวโดยการใช้เทคนิคพลาสมา ซึ่งลักษณะของพื้นผิวของพอลิเมอร์ โดยเทคนิคพลาสมาขึ้นอยู่กับอัตราการให้พลังงานพลาสมา และระยะระหว่างแหล่งให้พลังงานพลาสมากับพื้นผิวพอลิเมอร์ ผลการทดลองพบว่า พื้นผิวของพอลิเอทิลีน มีความชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีหมู่ซัลโฟนิคอยู่บนพื้นผิวของพอลิเอทิลีนที่ได้จากกระบวนการขั้นต้นดังกล่าว



รูปที่ 11 แสดงลักษณะการปรับปรุงผิวโดยการใช้รังสี

6. การกราฟต์ (Graft copolymerization)

เมื่อไม่นานมานี้ เทคนิค Graft copolymerization เป็นที่นิยมในการดัดแปรพื้นผิวของพอลิเมอร์ หลักการของ Graft copolymerization คือ การนำพอลิเมอร์ชนิดอื่นที่มีหมู่ฟังก์ชันเฉพาะมาทำปฏิกิริยากับสายโซ่หลักของพอลิเมอร์ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชั่น

โดย M แทนหน่วยของโมโนเมอร์ในแกนหลักของพอลิเมอร์ และ G แทนสายโซ่พอลิเมอร์ที่มาทำปฏิกิริยากับสายโซ่หลัก และ X แทนหน่วยบนแกนหลักของพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ กลไกของการ Graft copolymerization มีด้วยกัน 2 แบบคือ กลไกแบบอนุมูลอิสระ (free-radical mechanism) และกลไกแบบไอออนิก (ionic mechanism)

ยางธรรมชาติ

จากวิธีการปรับปรุงผิวของพอลิเมอร์หลากหลายวิธีที่กล่าวมาทั้งหมด สำหรับในยางธรรมชาตินั้น วิธีการที่เหมาะสมและนิยมกันมากที่สุดในปัจจุบัน คือ การกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชั่น โดยการนำพอลิเมอร์ชนิดอื่นมากราฟต์ลงบนโมเลกุลของยางธรรมชาติ ทำให้ยางธรรมชาติสามารถใช้งานได้หลากหลายขึ้น ดังเช่นงานวิจัยที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

Razzak และคณะ ทำการดัดแปรพื้นผิวของหลอดเลือดที่ทำจากยางธรรมชาติเนื่องจากความเข้ากันได้กับเลือด โดยการใช้รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวกระตุ้น เพื่อเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์ของ *N,N*-dimethyl-acrylamide (DMAA) บนหลอดเลือดที่ทำมาจากยางธรรมชาติเพื่อศึกษาความเข้ากันได้ของเลือด (Blood compatibility) จากการศึกษาผลของตัวทำละลายต่าง ๆ ต่อปริมาณการกราฟต์ พบว่า คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามปริมาณการกราฟต์สูงสุดเมื่อใช้ 30% โดยปริมาตรของ DMAA ใน CCl_4 เมื่อให้อุณหภูมิคงที่พบว่า ปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการให้รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า และมีแนวโน้มคล้ายกันเมื่ออัตราการให้รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าคงที่ และเพิ่มอุณหภูมิการทำปฏิกิริยา

Sanguansap และคณะ พอลิเมอไรเซชั่นของเมทิลเมทาคริเลท (MMA) บนผิวของยางธรรมชาติ (NR) เพื่อศึกษาการเพิ่มขึ้นของความแข็งของผิว (surface hardness) และการลดลงของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของยาง วิธีการคือ นำแผ่นฟิล์มของยางธรรมชาติมาจุ่มในสารละลายของเมทิลเมทาคริเลทที่มีตัวริเริ่มปฏิกิริยา คือ tert-Butyl hydroperoxide/ferrous redox system จากนั้นให้ระยะเวลาในการจุ่มต่าง ๆ กัน จากนั้นนำแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติที่ได้จากการกราฟต์ไปอบในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ความแข็งของพื้นผิวและความขรุขระเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ PMMA

Shanmugharaj และคณะ ทำการกราฟต์อัลลิลเอมีน (allylamine) บนผิวของยางธรรมชาติเพื่อให้ผิวของยางธรรมชาติมีความชอบน้ำมากขึ้น โดยการใช้แสงยูวีเพื่อให้เกิดการกราฟต์ เบนโซควิโนนจะถูกใช้เพื่อเป็นตัวรับแสงยูวี ศึกษาสเปกตรัมจาก FTIR เพื่อยืนยันการเกิดขึ้นของ Allylamine บนผิวของยางธรรมชาติ รวมทั้งกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, SEM) และจุลทรรศน์แบบใช้แรงระหว่างอะตอม (Atomic force microscopy, AFM) เพื่อยืนยันการกราฟต์ Allylamine บนผิวของยางธรรมชาติ ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อน (Thermogravimetric analysis, TGA) พบว่า การกราฟต์ allylamine บนผิวของยางธรรมชาติช่วยให้อัตราการสลายตัวจากความร้อนลดลง และจากผลการทดลองการวัดมุมสัมผัส (contact angle) ระหว่างน้ำกับผิวของยางธรรมชาติ พบว่า contact angle ของยางธรรมชาติมีค่าลดลง เมื่อมีการดัดแปรผิวของยางธรรมชาติโดยการใช้แสงยูวีในการกราฟต์ allylamine บนผิวของยางธรรมชาติดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของยางธรรมชาติมีความชอบน้ำมากขึ้น

Wang และคณะ ทำการปรับปรุงพื้นผิวของฟิล์มยางธรรมชาติโดยอาร์กอน พลาสมา (Argon plasma) รวมทั้งการใช้แสง UV ทำให้เกิดการกราฟต์ของฟิล์มยางธรรมชาติที่ปรับปรุงผิวด้วย argon plasma กับ (Either acrylamide, AAm) กับ 2, 2, 3, 3, 4, 4, 4-เฮปตะฟลูออโรบิวทิลอะคริเลท (2, 2, 3, 3, 4, 4, 4-heptafluorobutylacrylate, HFA) ทำให้เกิดผิวใหม่ขึ้น เช่น การมีขั้วและไม่มีขั้วของฟิล์มยางธรรมชาติ X-ray photoelectron spectroscopy ใช้ตรวจสอบผิวของยางธรรมชาติที่ได้จากการ

ปรับปรุงผิวแล้ว พื้นผิวของยางธรรมชาติจะมีหมู่ฟังก์ชันของเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาของผิวยางธรรมชาติกับอากาศหลังจากทำการปรับปรุงผิวด้วย argon plasma การใช้ UV ทำให้ผิวของยางธรรมชาติที่มีหมู่ฟังก์ชันของเปอร์ออกไซด์เกิดกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชั่น ซึ่งโดยทั่วไปการที่จะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ที่สูง จะต้องทำที่ความเข้มข้นของโมโนเมอร์ที่ใช้ในการกราฟต์สูง ๆ ระยะเวลาการใช้ UV กราฟต์โคพอลิเมอไรเซชั่นนาน ๆ และระยะเวลาในการปรับปรุงผิวด้วย argon plasma นาน ๆ การวัดมุมสัมผัส (contact angle) ทำให้รู้ความเป็นขั้วของผิวของฟิล์มยางธรรมชาติซึ่งดีขึ้น จากการปรับปรุงผิวด้วย argon plasma และการกราฟต์พอลิเมอไรเซชั่นกับ AAm ในทางตรงกันข้าม contact angle กว้างเท่ากับ 109 องศา ได้จากการกราฟต์บนผิวยางกับ HFA แสดงให้เห็นว่าการกราฟต์ AAm บนผิวของยางธรรมชาติจะทำให้พอลิเมอร์มีความชอบน้ำมากกว่าการกราฟต์ HAF บนผิวของยางธรรมชาติ

สรุปผล

1. วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงผิวในแผ่นฟิล์มของพอลิเมอร์

1.1 Flame treatment

1.2 Metal deposition

1.3 Chemical treatment

1.4 Corona discharge

1.5 Irradiation

1.6 Graft copolymerization

2. วิธีการที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในการดัดแปรพื้นผิวของยางธรรมชาติคือการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชั่น โดยการนำพอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเฉพาะกราฟต์บนโมเลกุลของยางธรรมชาติ

3. คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงหลังจากการดัดแปรผิวความสามารถในการยึดติด (Adhesion) ความสามารถในการติดสี (Dyeability) ความเข้ากันได้กับร่างกายมนุษย์ (Blood compatiblity) ความเสียดสี (Friction) ความขรุขระ (Roughness) เพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

- A. Toth, T. Bell, I. Bertoti, M. Mohai and B. Zelei, *Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res.Sect. B.*, 148, 1131 (1999).
- B. Ranby, *Mater Res Innovations* 2, 64 (1994).
- M. T. Razzak, K. Otsuhata, Y. Tabata, F. Ohashi and A. Takeuchi *J. Appl. Polym.Sci.*, 36, 645 (1988).
- Sanguansap, Thonggoom, Tangboriboonrat. European Polymer Journal 42 (2006) 2334–2342.
- A.M. Shanmugharaj, Jin Kuk Kim, Sung Hun Ryu. Applied Surface Science 252 (2006) 5714–5722.
- Peng Wang, K.L. Tana, C.C. Ho, M.C. Khew, E.T. Kang. European Polymer Journal 36 (2000) 1323-1331.
- www.weber-schaer.com
- www.imtek.uni-freiburg.de
- www.polymer.kth.se