การปรับปรุงสมบัติการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ด้วยยางธรรมชาติโดยกระบวนการหล่อ

IMPACT MODIFICATION OF STYRENE-METHYL METHACRYLATE COPOLYMER CAST SHEET BY USING NATURAL RUBBER

กิติกร จามรดุสิต และ ภาณุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170

ยางธรรมชาติจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยที่มีสมบัติเด่นหลายประการ โดยเฉพาะสมบัติความยืดหยุ่น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและเตรียมแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกแบบโปร่งใส โดยมีการนำเอายางธรรมชาติซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยมาใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการทนแรงกระแทก และความยืดหยุ่นของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ แผ่นโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกสามารถเตรียมขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบบัลค์ ผ่านเทคนิคการขึ้นรูปชิ้นงานแบบหล่อ ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเตรียมแผ่นโคพอลิเมอร์ เช่น อัตราส่วนของมอนอเมอร์และปริมาณยางธรรมชาติ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกที่เตรียมได้จากการใช้ยางธรรมชาติเป็นสารเพิ่มการทนแรงกระแทก โดยพบว่าปริมาณเมทิลเมทาคริเลตที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมแผ่นโคพอลิเมอร์ คือ อัตราส่วนปริมาณเมทิลเมทาคริเลตร้อยละ 90 และ 80 โดยน้ำหนัก ต่อปริมาณสไตรีนร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนัก ปริมาณตัวริเริ่มปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบเอโซที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 1.5 ถึง 2.0 โดยน้ำหนัก และปริมาณยางธรรมชาติที่ร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักให้ค่าการทนต่อแรงกระแทกสูงที่สุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ยางธรรมชาติเป็นสารเสริมการทนแรงกระแทกในแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นการนำเอาพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ และเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยมาใช้งานทดแทนพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ อันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาทั้งมิติด้านเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : ยางธรรมชาติ / สไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ / กระบวนการหล่อ / การปรับปรุงสมบัติการทนแรงกระแทก

Natural rubber (NR) is an economical plant of Thailand, which has an excellent property, especially flexible property. This research presents the study and preparation of high impact transparent styrene-methyl methacrylate copolymer cast sheet by using NR as an impact modifier. The copolymer cast sheets were prepared by bulk polymerization via casting process. The influence factors, such as monomer ratio and NR concentration were studied. The physical and mechanical properties of the modified copolymer cast sheet were investigated. It was found that the appropriate conditions were 90 and 80 % by weight of methyl methacrylate, 10 and 20 % by weight of styrene, 0.1 % by weight of peroxide initiator, and 0.03 % by weight of azo compound initiator. The highest impact strength of

copolymer cast sheet was shown at the 20 % by weight of the natural rubber. The results show the possibility using of NR as an impact modifier for styrene-methyl methacrylate copolymer cast sheet. The using of NR, which is a natural polymer and economical plant of Thailand, instead of synthetic polymers could be useful for further development in both of economical and environmental dimensions.

Keywords : Natural Rubber / Styrene-Methyl Methacrylate Copolymer / Casting Process / Impact Modification

---

1. บทนำ

ในทางอุตสาหกรรมการเตรียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบบัลค์เพื่อให้ได้แผ่นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติใส หรือโปร่งแสงเหมือนแก้ว มักจะใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่อ (Casting Process) (Billmeyer, 1984) โดยส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ แผ่นพอลิเมทิลเมทาคริเลตแบบโปร่งใสที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่อนี้จะนำไปใช้กับงานกระเบื้องมุงหลังคา และส่วนประกอบของรถยนต์ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงด้านราคาต้นทุนการผลิตของแผ่นพอลิเมทิลเมทาคริเลตแบบโปร่งใสแล้ว พบว่าราคาของเมทิลเมทาคริเลตในปัจจุบันมีราคาค่อนข้างสูงอีกทั้งยังมีแนวโน้มขยับราคาเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของสไตรีนมอนอเมอร์แล้ว ราคาของสไตรีนมอนอเมอร์มีราคาที่ถูกกว่าเมทิลเมทาคริเลตค่อนข้างมาก ในขณะที่สมบัติด้านความโปร่งใสของพอลิเมอร์ทั้งสองค่อนข้างใกล้เคียง แนวทางที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตแผ่นพอลิเมทิลเมทาคริเลตแบบโปร่งใสจึงสามารถทำได้โดยการใส่มอนอเมอร์ที่มีคุณสมบัติความโปร่งใส มีความเป็นอสัณฐานที่ค่อนข้างใกล้เคียง และยังสามารถขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่อได้ นั่นคือการนำเอาสไตรีนมอนอเมอร์เข้ามาช่วยทดแทนเนื้อของพอลิเมทิลเมทาคริเลต (กิติกร, 2547) หรือในอีกความหมายหนึ่งคือ การนำเอาสไตรีนมาโคพอลิเมอร์กับเมทิลเมทาคริเลต เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต แต่ด้วยสมบัติเฉพาะบางอย่างของพอลิสไตรีนที่มีความแข็ง และเปราะมากกว่าพอลิเมทิลเมทาคริเลต เมื่อนำเอาสไตรีนมาทำการโคพอลิเมอไรเซชันกับเมทิลเมทาคริเลตแล้วโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จะมีสมบัติด้านความเหนียว และสมบัติการทนแรงกระแทกที่ลดลง ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการเติมยาง (Rubber) ซึ่งมีลักษณะเป็นอีลาสโตเมอร์ (Elastomer) ยกตัวอย่างเช่น ยางบิวทาไดอีน (Butadiene Rubber) (Charmondusit et.al., 2006) และพอลิยูรีเทน (Charmondusit et.al., 2007) เป็นต้น ลงไปในโคพอลิเมอร์ดังกล่าวส่งผลให้โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีสมบัติการทนแรงกระแทกและสมบัติความยืดหยุ่นที่ดีขึ้นโดยยังคงสมบัติความโปร่งใสอยู่

เมื่อพิจารณาถึงทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศไทยจะเห็นได้ว่ายางธรรมชาติจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศหลายพันล้านบาทในแต่ละปี โดยที่ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางพาราอันดับหนึ่งของโลก มีศักยภาพการผลิตประมาณปีละ 2 ล้านตันเศษ หรือกว่าหนึ่งในสามของโลก ปริมาณการผลิตร้อยละ 90 เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก แนวคิดการนำยางธรรมชาติมาใช้เป็นสารเพิ่มการทนแรงกระแทกในแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์แบบโปร่งใสแทนยางสังเคราะห์จึงจัดเป็นแนวทางที่สามารถช่วยลดต้นทุนการ

ผลิตแผ่นโคพอลิเมอร์ดังกล่าว อีกทั้งยังจะเป็นการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติที่จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอยู่ในประเทศไทยมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และมีมูลค่าเพิ่มสูงมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2549)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่นำยางธรรมชาติซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย ที่มีสมบัติความเป็นอีลาสโตเมอร์อยู่ในตัวเองมาเป็นสารเติมแต่งเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการทนแรงกระแทก และความยืดหยุ่นของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ โดยแผ่นโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกนี้จะเตรียมขึ้นด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบบัลค์ ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปชิ้นงานแบบหล่อ ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเตรียมแผ่นโคพอลิเมอร์ เช่น อัตราส่วนของมอนอเมอร์และปริมาณยางธรรมชาติ แผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกที่เตรียมได้จากการใช้ยางธรรมชาติเป็นสารเพิ่มการทนแรงกระแทกนี้สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริงเช่นสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแผ่นพลาสติกมุงหลังคาแบบใส อุปกรณ์ประดับรถยนต์ และสิ่งตกแต่งภายในบ้านที่ต้องการการทนแรงกระแทก อีกทั้งยังเป็นการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีอยู่มากภายในประเทศไทย ได้แก่ยางธรรมชาติมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจสูงที่สุด ซึ่งผลงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการสามารถนำไปสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

2. วิธีการ

2.1 สารเคมี

สไตรีน และเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ ตัวริเริ่มปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์และสารประกอบเอโซ ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทแพนเอเซียอุตสาหกรรม จำกัด ตัวทำละลายอินทรีย์ คลอโรฟอร์ม และอะซิโตน จากบริษัท Fisher Scientific

2.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อได้รับการสนับสนุนจากบริษัทแพนเอเซียอุตสาหกรรม จำกัด

2.3 การศึกษาและเตรียมแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

นำมอนอเมอร์ของเมทิลเมทาคริเลตผสมกับมอนอเมอร์ของสไตรีนในอัตราส่วนต่างๆปริมาตรรวม 100 มิลลิลิตร เติมยางธรรมชาติลงไปในสารผสม นำไปเขย่าจนยางธรรมชาติละลายเป็นเนื้อเดียวกับสารผสมใส่ตัวริเริ่มปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ในสารผสม นำสารผสมที่ได้ไปกวนร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 115 องศาเซลเซียส จนได้ความหนืดตามต้องการ นำสารละลายหนืดที่ได้มากวนเย็นจนอุณหภูมิของสารละลายหนืดลดลงถึงอุณหภูมิห้องใส่ตัวริเริ่มปฏิกิริยาสารประกอบเอโซลงไปในสารละลายหนืด แล้วจึงนำมาเทใส่ลงในแม่พิมพ์สำหรับการหล่อพลาสติก นำแม่พิมพ์แบบหล่อที่เตรียมเสร็จแล้วไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนสารละลายในแม่พิมพ์แข็งตัวแล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์

2.4 การตรวจสอบลักษณะเฉพาะด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

ชั่งแผ่นชิ้นงานพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จำนวน 2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม 10 มิลลิลิตร หยดสารละลายพอลิเมอร์ลงบนแผ่นโซเดียมคลอไรด์เซลล์ นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ Nicolet รุ่น PROTEGE 460

2.5 การศึกษาลักษณะการคายความร้อนของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน

เตรียมแบบแม่พิมพ์สำหรับการหล่อพลาสติกที่เทสารละลายพอลิเมอร์หนืดเรียบร้อยแล้วเสียบสายวัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคับเปิ้ลชนิดบันทึกข้อมูลได้ DIGCON รุ่น DL-960 ลงในแบบแม่พิมพ์ เสร็จแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนสารละลายพอลิเมอร์หนืดภายในแม่พิมพ์แข็งตัว นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ gel effect ที่เกิดขึ้น

2.6 การทดสอบสมบัติการทนต่อแรงกระแทก

ทดสอบสมบัติการทนต่อแรงกระแทกโดยเตรียมแผ่นชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D 256 (ASTM D 256, 2000) นำมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสมบัติการทนต่อแรงกระแทกแบบไอซอด GOTECH รุ่น GT-7045-I ขนาด Pendulum energy 150 kJ

2.7 การทดสอบสมบัติความแข็ง

ทดสอบสมบัติความแข็งโดยเตรียมแผ่นชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D 2240 (ASTM D 2240, 2000) แล้วนำมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสมบัติความแข็งประเภท Shore D (ASKER KOBUNSHI CO.,LTD)

2.8 การทดสอบสมบัติการทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต

เตรียมแผ่นชิ้นงานที่ต้องการทดสอบสมบัติการทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต นำมาวัดค่าเฉดสีด้วยเครื่องวัดค่าเฉดสี (X-Rite TOPWAY รุ่น SP 62) จากนั้นนำแผ่นชิ้นงานเข้าตู้ยูวีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาวัดค่าเฉดสีอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี

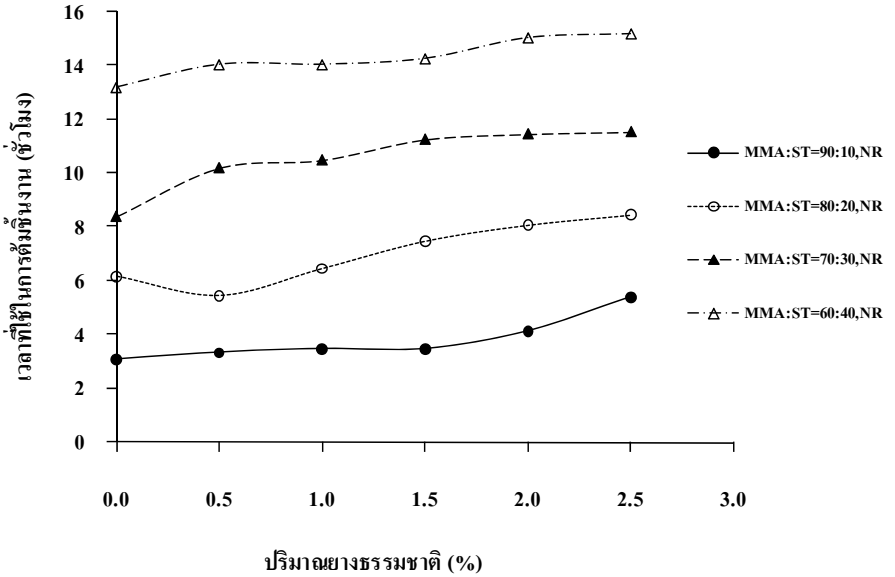
2.9 การทดสอบสมบัติการทนต่อความร้อน

เตรียมแผ่นชิ้นงานที่ต้องการทดสอบสมบัติการทนต่อความร้อน นำมาวัดค่าเฉดสีด้วยเครื่องวัดค่าเฉดสี (X-Rite TOPWAY รุ่น SP 62) จากนั้นไปอบที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที เสร็จแล้วนำแผ่นชิ้นงานออกจากตู้อบทิ้งไว้จนถึงอุณหภูมิห้อง นำมาวัดค่าเฉดสีอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

3.1 ผลของปริมาณสไตรีนและยางธรรมชาติที่มีต่อการเตรียมแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

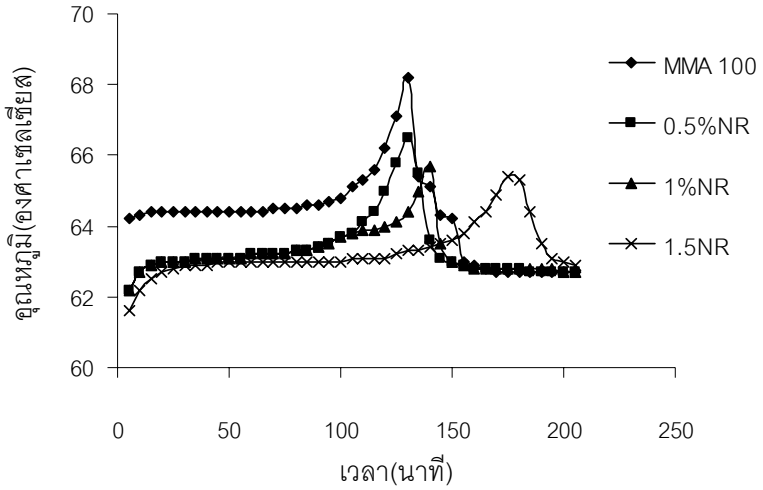
ปัจจัยเบื้องต้นที่สำคัญและมีผลต่อไปในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆที่มีต่อการเตรียมแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก และการพัฒนาต่อในระดับ Pilot Scale ได้แก่ ปริมาณตัวริ่เริ่มปฏิกิริยาและเวลาที่ใช้ในการต้มชิ้นงาน โดยชิ้นงานที่เตรียมได้ดีจะต้องปราศจากรอยเดือดที่เกิดเนื่องจากการคายความร้อนขณะเกิดการพอลิเมอไรเซชัน จากการทดลองเตรียมแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกโดยใช้ยางธรรมชาติเป็นสารเพิ่มการทนแรงกระแทกเบื้องต้น โดยใช้ปริมาณตัวริเริ่มปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ เท่ากับร้อยละ 0.1 และปริมาณตัวริ่เริ่มปฏิกิริยาสารประกอบเอโซ เท่ากับร้อยละ 0.03 ตามลำดับ (Charmondusit et.al., 2006) จากผลการทดลองโดยใช้ปริมาณตัวริเริ่มปฏิกิริยาดังกล่าวพบว่าสามารถหล่อชิ้นงานได้โดยปราศจากรอยเดือดเกิดขึ้นบนแผ่นชิ้นงาน โดยเวลาที่ใช้ในการต้มชิ้นงานจะอยู่ในช่วงระหว่าง 3-15 ชั่วโมง เวลาที่ใช้ในการต้มชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และปริมาณยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสไตรีนมอนอเมอร์ที่นำมาใช้ในการทดลองไม่ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ยังคงมีสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาอยู่ในมอนอเมอร์ (เป็นเจตนาของผู้ทำการทดลองที่จะไม่ทำให้สไตรีนมอนอเมอร์บริสุทธิ์ เพื่อให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตของโรงงาน และลดค่าใช้จ่ายในการทำให้สไตรีนมอนอเมอร์บริสุทธิ์) และเฟสของยางธรรมชาติที่เติมลงไป ส่งผลต่อการแตกตัวเป็นฟรีแรดิคอลในขั้นตอนแผ่ขยายสายโซ่ของพอลิเมอร์ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของระบบลดลง เวลาที่ใช้ในการต้มชิ้นงานเพื่อให้แข็งตัวจึงเพิ่มขึ้น โดยปริมาณสไตรีนที่ร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักของทุกอัตราส่วนของปริมาณยางธรรมชาติจะใช้ระยะเวลาในการต้มชิ้นงานอยู่ระหว่าง 3-8 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดในระดับอุตสาหกรรม ดังแสดงให้เห็นในกราฟรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลของปริมาณสไตรีนและยางธรรมชาติที่มีต่อเวลาในการต้มชิ้นงานแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

3.2 ผลปริมาณยางธรรมชาติที่มีต่อลักษณะการคายความร้อนของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน

การศึกษาลักษณะการคายความร้อนของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ขณะเกิดปฏิกิริยาโคพอลิเมอไรเซชันที่อัตราส่วน เมทิลเมทาคริเลต : สไตรีน เท่ากับ 90 : 10 แสดงให้เห็นดังกราฟรูปที่ 2 ซึ่งพบว่าอุณหภูมิขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันในระหว่างการต้มชิ้นงานจะมีลักษณะของการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าวเรียกว่า gel effect

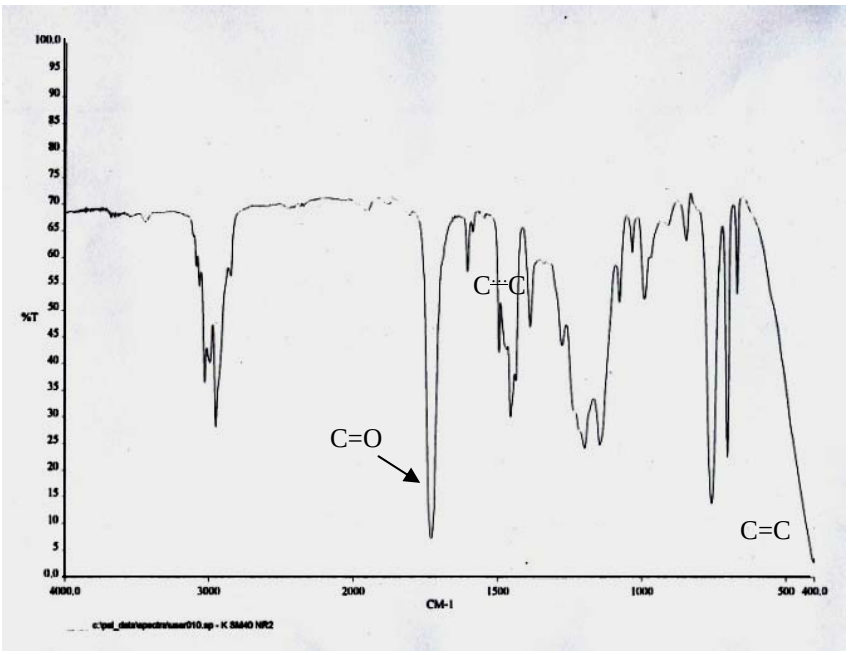


รูปที่ 2 ผลของยางธรรมชาติที่มีต่อลักษณะการคายความร้อนระหว่างการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

โดยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลให้สารละลายพอลิเมอร์คายความร้อนสูงออกมาอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดรอยเดือดขึ้นภายในแผ่นชิ้นงาน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แนวโน้มของอุณหภูมิสูงสุด ณ. จุดที่เกิดปฏิกิริยา gel effect จะมีค่าอุณหภูมิที่ลดลงตามปริมาณยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น กล่าวโดยสรุปการเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติจะสามารถช่วยลดปัญหาการเกิดรอยเดือดที่เกิดขึ้นภายในแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกได้

3.3 ผลการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกแบบโปร่งใสด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

จากการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีดังรูปที่ 3 พบว่าปรากฏสัญญาณพีกที่ 1700-2000 cm^{-1} ที่แสดงถึงแถบโอเวอร์โทนของวงแหวนเบนซีน และสัญญาณพีกที่ 1600 cm^{-1} แสดงถึงการยืดของพันธะ C=C ของเบนซีน สัญญาณพีกที่ 1750 cm^{-1} ที่เป็นการยืดของพันธะ C=O หมู่คาร์บอนิลของเมทิลเมทาคริเลต และสัญญาณพีกที่ 980 cm^{-1} ที่เป็นการยืดของพันธะ C=C ของยางธรรมชาติ



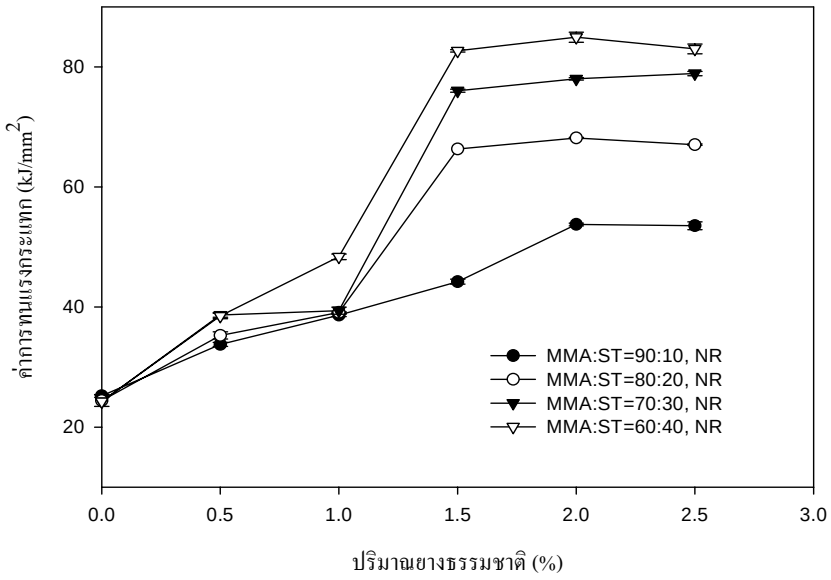
รูปที่ 3 อินฟราเรดสเปกตรัมของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

3.4 ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกแสดงให้เห็นดังกราฟรูปที่ 4 พบว่าค่าการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่ไม่ได้มีการเติมยางธรรมชาติลงไปจะมีค่าการทนแรงกระแทกที่ลดลงตามปริมาณสัดส่วนของสไตรีนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากสมบัติโดยทั่วไปของพอลิสไตรีนที่มีความแข็งและเปราะมากกว่าพอลิเมทิลเมทาคริเลต ดังนั้นเมื่อสัดส่วนของสไตรีนเพิ่มมากขึ้นในแผ่นชิ้นงานจึงทำให้ค่าการทนแรงกระแทกของแผ่นโคพอลิเมอร์มีค่าลดลง

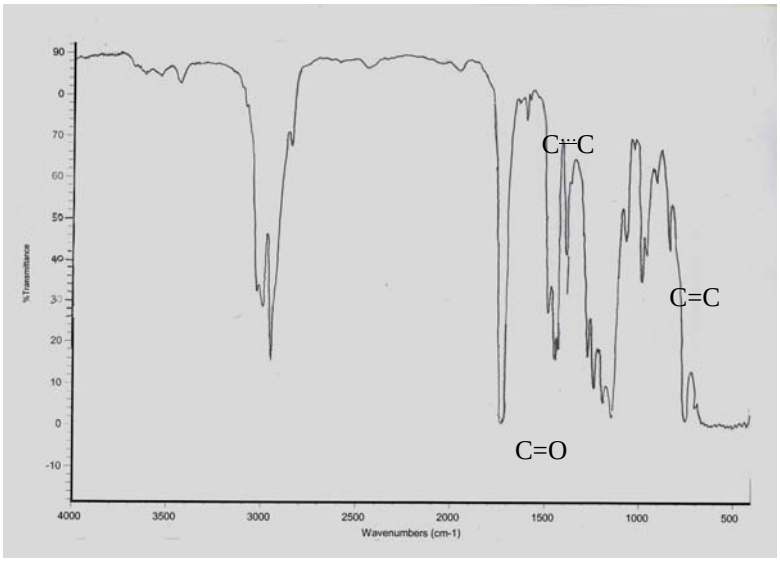
จากผลการทดลองข้างต้นเมื่อทดลองนำยางธรรมชาติผสมลงในแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่อัตราส่วนร้อยละต่างๆได้แก่ 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 พบว่าค่าการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์จะมีแนวโน้มที่ตรงข้ามกับค่าการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่ไม่ได้มีการเติมยางธรรมชาติลงไปดังแสดงให้เห็นในกราฟรูปที่ 4 กล่าวคือค่าการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนปริมาณสไตรีนที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่มีการเติมยางธรรมชาติลงไป แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าการทนแรงกระแทกดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชั่นของสไตรีนและเมทิลเมทาคริเลตบนยางธรรมชาติขึ้นในแผ่นชิ้นงาน (Charmondusit et.al., 2006) ส่งผลให้สมบัติการทนแรงกระแทกของแผ่นชิ้นงานที่มีการใส่ยางธรรมชาติลงไปมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนปริมาณสไตรีนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอร์

ของสไตรีน และเมทิลเมทาคริเลตลงบนยางธรรมชาติ ปริมาณสไตรีนที่เพิ่มขึ้นน่าจะส่งผลให้เกิดการกราฟต์ลงบนยางธรรมชาติได้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลโดยตรงให้ค่าทนแรงกระแทกของแผ่นโคพอลิเมอร์ที่มีการใส่ยางธรรมชาติลงไป ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อสนับสนุนสมมติฐานดังกล่าวด้วยการนำเอาแผ่นชิ้นงานโคพอลิเมอร์ที่ใส่ยางธรรมชาติที่เตรียมได้ปริมาณ 2 กรัม มาทำการสกัดร้อนแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์และอะซิโตน พบว่ามีผลิตภัณฑ์หลงเหลือภายหลังจากการสกัดร้อน และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่หลงเหลือดังกล่าวมาตรวจสอบลักษณะเฉพาะด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะได้อินฟราเรดสเปกตรัมดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 5 จากอินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้ปรากฏสัญญาณพีกที่ตำแหน่งประมาณ 1,600 cm-1 แสดงถึงการยืดของพันธะ C‴C ของเบนซีนในโครงสร้างของสไตรีน สัญญาณพีกที่ตำแหน่ง 1,700 cm-1 แสดงถึงการยืดของพันธะ C=O ของหมู่คาร์บอนิลในโครงสร้างเมทิลเมทาคริเลต และสัญญาณพีกที่ 980 cm-1 แสดงถึงการยืดของพันธะ C=C ภายในโครงสร้างของยางสังเคราะห์ แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์ของสไตรีนและเมเทิลเมทาคริเลตบนยางสังเคราะห์ขึ้นในแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์จริงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้



รูปที่ 4 ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนต่อแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

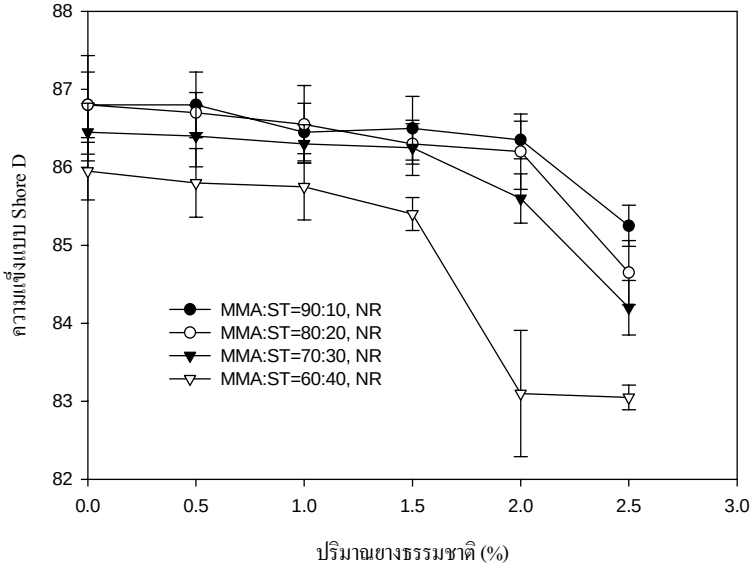
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทนแรงกระแทกกับปริมาณยางธรรมชาติที่เติมลงไปในแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ จะเห็นได้ว่าแนวโน้มค่าการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่เติมยางธรรมชาติลงไปจะมีค่าการทนแรงกระแทกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเมทิลเมทาคริเลตธรรมดาและแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่ไม่ได้มีการเติมยางธรรมชาติลงไปในอัตราส่วนของสไตรีนที่เท่ากัน และค่าการทนแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่มีการเติมยางธรรมชาติลงไปจะมีแนวโน้มของค่าการทนแรงกระแทกที่เพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณยางธรรมชาติที่เติมลงไป



รูปที่ 5 อินฟราเรดสเปกตรัมของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่ผ่านการสกัดร้อนแบบต่อเนื่อง

3.5 ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อค่าความแข็งของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

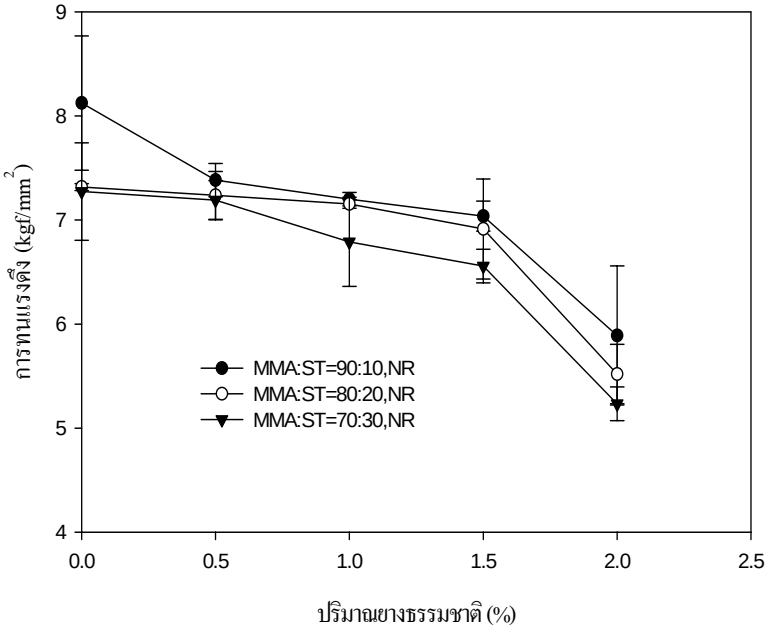
ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อการสมบัติการทนต่อแรงกระแทกของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกแสดงให้เห็นดังกราฟรูปที่ 6 พบว่าค่าความแข็งของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่เติมยางธรรมชาติลงไปจะมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของเฟสยางซึ่งมีสมบัติความเป็นอีลาสโตเมอร์ (Elastomer) สูง ทำให้บริเวณผิวหน้าของแผ่นชิ้นงานมีความนิ่ม (Soft) เพิ่มขึ้น หรือมีค่าความแข็งลดลงนั่นเอง



รูปที่ 6 แสดงผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติความแข็งของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

3.6 ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อค่าการทนแรงดึงของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

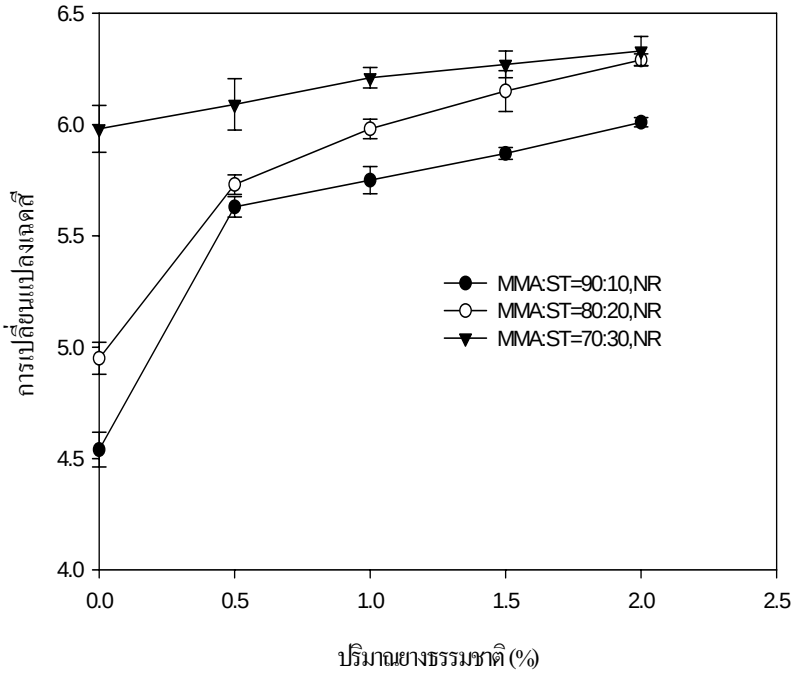
ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนแรงดึงของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกแสดงให้เห็นดังกราฟรูปที่ 7 พบว่าค่าการทนแรงดึงของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่เติมยางธรรมชาติลงไปจะมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นอิลาสโตเมอร์ของยางธรรมชาติที่ใส่เข้าไปผสมในโคพอลิเมอร์ทำให้สมบัติความเหนียวและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ซึ่งมักจะนำไปสู่การลดลงของค่าการทนแรงดึงของวัสดุ ซึ่งจะให้ผลแปรผกผันกับสมบัติการทนแรงกระแทกที่จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณยางธรรมชาติ และสไตรีนที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนแรงดึงของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

3.7 ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนรังสีอัลตราไวโอเลตของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

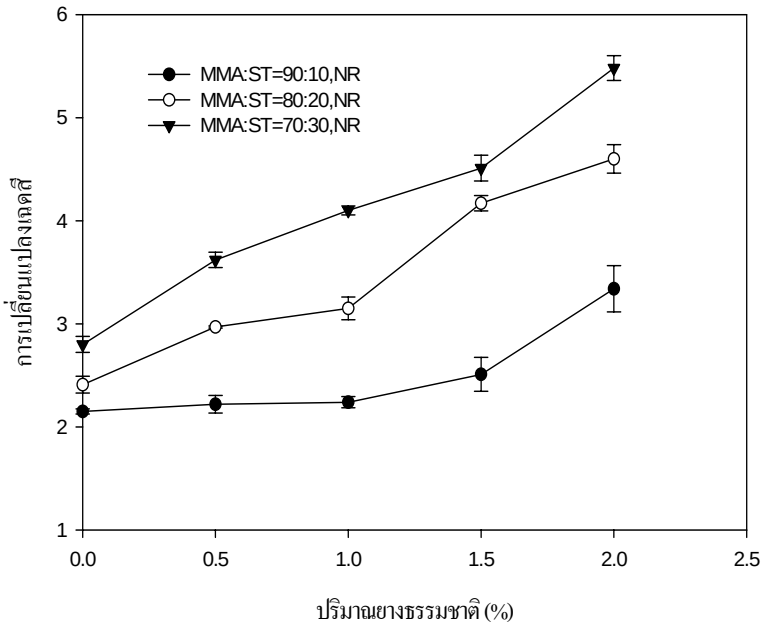
ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อการสมบัติการทนรังสีอัลตราไวโอเลตของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกแสดงให้เห็นดังกราฟรูปที่ 8 พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่เติมยางธรรมชาติลงไปจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่เติมลงในแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกแบบโปร่งใสยังคงมีพันธะคู่หลงเหลืออยู่ซึ่งทำให้แผ่นชิ้นงานโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้สามารถจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายได้ง่ายเมื่ออยู่ภายใต้ภาวะที่มีรังสีอัลตราไวโอเลต ส่งผลให้แผ่นชิ้นงานที่เตรียมได้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 8. ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนรังสีอัลตราไวโอเลตของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

3.8 ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อค่าการทนความร้อนของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนความร้อนของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกแสดงให้เห็นดังกราฟรูปที่ 9 พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ที่เติมยางธรรมชาติลงไปเมื่อนำไปผ่านการทดสอบการทนต่อความร้อนแล้วจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของสไตรีน และยางธรรมชาติภายในแผ่นสไตรีน–เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก ที่ยังคงมีพันธะคู่หลงเหลืออยู่ภายในโครงสร้าง ซึ่งเป็นจุดที่ง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยความร้อน และออกซิเจน อันจะนำสู่การปฏิกิริยาการย่อยสลายสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ (Degradation) ที่ส่งผลให้แผ่นชิ้นงานโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 9. ผลของปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และยางธรรมชาติที่มีต่อสมบัติการทนความร้อนของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทก

4. บทสรุป

แผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกที่มียางธรรมชาติเป็นสารเพิ่มการทนแรงกระแทกสามารถเตรียมได้ด้วยกระบวนการหล่อ ผ่านปฏิกิริยาการเกิดโคพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่ฟรีแรดิคอล จากการศึกษาพบว่าปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และปริมาณยางธรรมชาติมีผลโดยตรงกับเวลาที่ใช้ในการต้มชิ้นงาน อุณหภูมิการคายความร้อนสูงสุดขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยพบว่าปริมาณเมทิลเมทาคริเลตที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมแผ่นโคพอลิเมอร์ คือ อัตราส่วนปริมาณเมทิลเมทาคริเลตร้อยละ 90 และ 80 โดยน้ำหนัก ต่อปริมาณสไตรีนร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนัก และการเพิ่มขึ้นของปริมาณยางธรรมชาติจะสามารถช่วยลดปัญหาการเกิดรอยเดือดที่เกิดขึ้นภายในแผ่นชิ้นงานสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกได้ การทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ สมบัติการทนต่อแรงกระแทก พบว่าค่าการทนแรงกระแทกจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสไตรีน และยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณยางธรรมชาติร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก และปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ให้ค่าการทนต่อแรงกระแทกสูงสุดเท่ากับ 82.9842±0.8056 kJ/m^2 ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของปริมาณยางธรรมชาติส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของสมบัติความแข็ง สมบัติการทนต่อแรงดึงของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกที่เตรียมได้ การสมบัติทางกายภาพได้แก่ สมบัติการทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต และสมบัติการทนต่อความร้อน พบว่า เพิ่มปริมาณสไตรีนมอนอเมอร์และธรรมชาติจะทำให้แนวโน้มของการเปลี่ยนเฉดสีของแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหมายถึงการลดลงของสมบัติทางกายภาพของแผ่นแผ่นสไตรีน-เมทิลเมทาคริเลตโคพอลิเมอร์ทนแรงกระแทกของที่เตรียมได้

5. บรรณานุกรม

กิติกร จามรดุสิต. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย "Casting Process of Transparent Methyl Methacrylate and Styrene Copolymer" ครั้งที่ 4 ห้องประชุมศรีสุริยวงศ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา**. 2547.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม http://www.oie.go.th/management_th.asp 2549 (25 มิถุนายน 2549)

Billmeyer, F. W., Jr. **Textbook of Polymer Science**. John Willey, Singapore, 3rd ed., (1984): p. 384-386.

Charmondusit K., Sriprachuabwong C., Pongchaleon S., and Rodium S. **A Study and Preparation of Transparent Impact Styrene-Methyl Methacrylate Copolymer by Casting Precess**. Thai Patent 0601002635, Jun. 8, 2006.

Charmondusit K., Kreuaongarjnukool N., Suwimon P., and Janjira R. **The Impact Modification of Poly(Methyl Methacrylate) Sheet by Using Polyurethane**.Thai Patent 0701001014, Mar. 7, 2007.

ASTM D 256. **Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics**, 2000.

ASTM D 2240. **Standard Test Method for Plastic and Rubber Property-Durometer Hardness**, 2000.

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2548 ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย บริษัทแพนเอเชียอุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้การสนับสนุนสารเคมี อุปกรณ์การขึ้นรูป คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย