จากรูปที่ 4.50 เป็นเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ที่เตรียมจากการเบลนด์ระหว่างยางครัมป์กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง โดยไม่ใส่ยางใหม่และสารวัลคาไนซ์ พบว่าเมื่อปริมาณยางครัมป์น้อยๆ ผิวของชิ้นตัวอย่างที่ได้จะค่อนข้างเรียบเป็นมัน จนกระทั่งปริมาณยางครัมป์เพิ่มจนถึงปริมาณ 30 pbw การทำให้เย็นหลังจากการเบลนด์จะใช้เวลานานขึ้น เมื่อนำไปบดด้วยเครื่องบดพลาสติกจะนิ่มขึ้น เป็นชิ้นขนาดใหญ่ขึ้น ลักษณะภายนอกของชิ้นงานจะมีความหยาบมากขึ้น ผิวไม่เรียบ จะมีเศษผงยางเล็กๆ หลุดออกมา แสดงว่าที่ปริมาณน้อยๆ (ต่ำกว่า 30 pbw) ยางครัมป์จะสามารถเข้าไปแทรกในระหว่างโมเลกุลของพลาสติกได้ดี ทำให้ชิ้นทดสอบมีความเรียบเป็นเงามัน ส่วนที่ปริมาณสูงๆ (สูงกว่า 30 pbw) ยางครัมป์จะไม่สามารถกระจายตัวในพลาสติกได้อีกทำให้ผิวหยาบและถ้าใส่ในปริมาณสูงเกินไปจะทำให้เศษยางหลุดออกมาได้ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ในระดับอุตสาหกรรม

ส่วนตำหนิของชิ้นทดสอบอีกอย่างก็คือการเกิดสะเก็ดเงิน (silvery streaks) ดังรูปที่ 4.51 ซึ่งมีลักษณะที่ปรากฏเป็นเส้นยาวมีความมันเงาปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนในทุกส่วนผสม แสดงให้เห็นถึงผลของการใช้พลาสติกที่มีดัชนีการไหลต่ำ

รูปที่ 4.51 ลักษณะการเกิดสะเก็ดเงิน

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 สมบัติ TPVs ยางครัมบ์จากยางใหม่เอทลีนโพรไพลีน (EPDM) และพอลิโพรไพลีน (PP) (CRM/EPDM/PP)

สมบัติความต้านทานต่อแรงดึงจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ มีค่าสูงขึ้นเมื่อทดแทนยางเอทลีนโพรไพลีนด้วยยางครัมบ์ ในขณะที่ความสามารถในการยืดจนขาดและความทนทานต่อแรงกระแทกลดลง

5.2 การศึกษาอิทธิพลของการใช้ยางธรรมชาติ (NR) ต่อสมบัติ TPVs (CRM/NR/PP)

การใช้ยางธรรมชาติทดแทนยางเอทลีนโพรไพลีนทำให้สมบัติทางกายภาพของ TPVs ตกลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายในการใช้ยางธรรมชาติจะต่ำกว่ายางเอทลีนโพรไพลีน

5.3 การศึกษาอิทธิพลของวัสดุหลักที่ใช้ คือ ยางธรรมชาติ, ยางครัมป์ และพลาสติกรีไซเคิลที่มีต่อสมบัติของ TPVs (CRM/NR/HDPE)

พอลิเอทลีนสามารถหลอมได้ง่ายกว่าพอลีโพรไพลีน และมีความหลากหลายมากกว่าจึงสะดวกในการใช้เพื่อศึกษา พบว่าเมื่อมีปริมาณยางครัมบ์สูงขึ้นสมบัติทางกายภาพจะลดลง ยกเว้นความทนทานต่อการกระแทกเพิ่มสูงขึ้น

5.4 การศึกษาอิทธิพลพลาสติกที่มีต่อสมบัติของ TPVs และสมบัติด้านการรีไซเคิล

เมื่อปริมาณพลาสติกต่อปริมาณยางทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่สัดส่วนระหว่างยางใหม่กับยางครัมบ์มีค่าคงที่ สมบัติทางกายภาพของ TPVs จะมีค่าสูงขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่น้อยกว่าในกรณีที่ทดแทนปริมาณพลาสติกด้วยยางครัมบ์ ซึ่งสัดส่วนของยางใหม่ต่อยางครัมบ์เพิ่มสูงขึ้นด้วยทำให้สัดส่วนการเพิ่มของสมบัติทางกายภาพของ TPVs มีค่ามากกว่า ในขณะเดียวกันสมบัติของ TPVs มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการรีไซเคิล

5.5 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเคมีใน NR-CRM Masterbatch ที่มีต่อสมบัติของ TPVs

การใช้สารวัลคาไนซ์สูงเป็น 5-10 เท่าของปริมาณยางใหม่ ทำให้สมบัติด้านการวัลคาไนซ์ของยางมาสเตอร์แบชดีขึ้น และสมบัติของ TPVs เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน

5.6 การศึกษาการขยายกำลังการผลิต TPV

การใช้เครื่อง Banbury สามารถเตรียม TPV ได้ดี ค่าความต้านทานต่อแรงดึงจนขาดเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการยืดจนขาดลดลงเมื่อเทียบกับการเตรียมด้วยเครื่องผสมขนาดเล็ก (Brabender) ทั้งนี้คาดว่าอาจเป็นเพราะระยะเวลาในการผสมที่ยาวนานกว่า

5.7 อิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์และสัดส่วนยางครัมป์ต่อสมบัติของ TPVs

ความต้านทานต่อแรงดึงจะใกล้เคียงกันมากแต่ความสามารถในการยืดจนขาดและความต้านทานต่อแรงกระแทกของ TPVs ที่เตรียมด้วยระบบประสิทธิภาพจะมีสมบัติที่ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด สัณฐานวิทยาของเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ที่ใช้ระบบประสิทธิภาพมีอนุภาคของเฟสยางเล็กกว่าระบบอื่น

5.8 ศึกษาชนิดของพอลิเอทิลีนและเครื่องจักรที่ใช้ในการเบลนด์

การใช้เครื่อง Banbury สามารถเตรียม TPVs ได้เทียบเคียงกับการใช้เครื่องเอกซ์ทรูดสกรูคู่ และสมบัติ TPVs ที่ได้มีแนวโน้มที่สูงกว่า ในขณะที่ชนิดของพอลิเอทิลีนที่มีสมบัติเชิงกลต่างกันกล่าวคือแข็งเหนียว และแข็งเปราะ โดยมีความดัชนีการไหลใกล้เคียงกันนั้น พบว่าไม่มีผลต่อกระบวนการเบลนด์ในเครื่องจักรทั้งสองชนิด

5.9 ทดสอบสมบัติทางกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

TPVs ที่เตรียมขึ้นสามารถใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ตัวอย่างได้โดยใช้การตั้งค่าเครื่องจักรเช่นเดียวกับพลาสติกที่ใช้เตรียม TPVs อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเกิดตำหนิสะเก็ดเงินทั่วไป คาดว่าเกิดจากอัตราการฉีดที่สูง ขนาดของหัวฉีดและ runner ที่เล็ก ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สร้างไว้ในการผลิตที่ต้องการอัตราการผลิตที่สูง และรอยตำหนิในชิ้นงานที่เล็ก

5.10 อิทธิพลของดัชนีการไหลของพลาสติกและสัดส่วนของยางครัมป์ ต่อสมบัติของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์

การใช้พลาสติกที่มีดัชนีการไหลต่ำมาก ทำให้เกิดตำหนิในชิ้นงานที่เตรียมด้วยเครื่องที่มีอัตราเร็วต่ำที่ไม่เกิดตำหนิในการทดสอบมาก่อนหน้า ทำให้ยืนยันได้ว่าการเกิดสะเก็ดเงินนั้นเป็นผลจากการที่ยางครัมบ์รบกวนการตกผลึกของพลาสติกทำให้ ลดความสามารถในการฉีดลง

ตารางที่ 8 ตารางเปรียบเทียบกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และกิจกรรมที่ทำจริง

กิจกรรม	เปรียบเทียบ	เดือนที่										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-12	13-16
ศึกษาเทคนิคการเตรียมวัสดุรีไซเคิล หรับการผลิต	ข้อเสนอ	⊙	⊙									
	ทำจริง	⊙	⊙									
แปรสัดส่วนของยางรีไซเคิล ยางใหม่ ะพลาสติค	ข้อเสนอ		⊙	⊙	⊙	⊙						
	ทำจริง	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙						
แปรชนิดของยางใหม่	ข้อเสนอ			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙				
	ทำจริง		⊙	⊙	⊙							
แปรระบบวัลคาไนซ์*	ข้อเสนอ					⊙	⊙	⊙	⊙			
	ทำจริง					⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
วิเคราะห์ผล และเขียนรายงาน ามก้าวหน้า	ข้อเสนอ				⊙	⊙	⊙					
	ทำจริง						⊙					
แปรชนิดของพลาสติก	ข้อเสนอ				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			
	ทำจริง		⊙	⊙				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
แปรสารตัวเติมและทดสอบสมบัติ*	ข้อเสนอ		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		
	ทำจริง										⊙	⊙
ทดสอบสมบัติทางกระบวนการผลิต ตภัณฑ์ตัวอย่าง	ข้อเสนอ					⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		
	ทำจริง						⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
วิเคราะห์ผลและเขียนรายงานฉบับ บูรณ์	ข้อเสนอ							⊙	⊙	⊙		
	ทำจริง											⊙

*หมายเหตุ : ในช่วงเดือนที่ 12-16 ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณสารวัลคาไนซ์ ระบบวัลคาไนซ์ และสารตัวเติมประเภทสารเพิ่มความเข้ากันได้ แต่พบว่าผลที่ได้นั้นไม่ได้เปลี่ยนแปลงข้อสรุปที่ได้จาก

ผลการวิจัยที่ได้เสนอไปแล้วข้างต้น จึงได้นำผลการศึกษาดังกล่าวเสนอในภาคผนวกเพื่อเพิ่มความกระชับให้กับผลการวิจัยหลัก

ตารางที่ 9 ตารางเปรียบเทียบ output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และที่ได้จริง

Output		สาเหตุและการแก้ไขในกรณีล่าช้า
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ	ผลสำเร็จ (%)	
ได้วิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์เทอร์โมพลาสติกจากยางครัมป์และพลาสติก	100%	
ได้สูตรและทราบถึงสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากยางครัมป์และพลาสติก	100%	
สามารถขยาย scale การผลิตผลิตภัณฑ์เทอร์โมพลาสติกจากยางครัมป์และพลาสติกในเชิงพาณิชย์	100%	

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการ)

วันที่ .....