จดหมายถึงบรรณาธิการ

สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์

คณะวิทยาศาสตร์ *อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112*

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ *โทรศัพท์/โทรสาร 0-7444-6925*

วันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2544

เรื่อง ความเห็นต่อบทความเรื่อง การนำท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่

เรียน หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดิฉันได้อ่านบทความวิจัยเรื่อง การนำท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ ซึ่งเขียนโดยศิรินทร ทองแสง และคณะ ลงตีพิมพ์ในวารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 หน้า 275-289 เห็นว่าเป็นบทความที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นการศึกษาการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ และผลการทดลองเป็นที่น่าพึงพอใจ มีแนวโน้มว่าน่าจะนำไปใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมถ้ามีการดำเนินการวิจัยอย่างต่อเนื่อง ดิฉันมีความชื่นชมคณะผู้วิจัยที่ทำการทดลองมาก อย่างไรก็ตามดิฉันมีความเห็น ข้อสังเกต และข้อเสนอแนะบางประการที่อาจจะเป็นประโยชน์โครงการวิจัยนี้ต่อไปในอนาคต ข้อคิดเห็นและข้อสังเกตของดิฉันมีดังต่อไปนี้

1. **วัสดุที่ใช้** ข้อความที่อธิบายในบทความไม่ชัดเจน ทำให้ดิฉันไม่แน่ใจว่า เม็ดพีวีซีทั้งสองเกรดที่นำมาจากบริษัทไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์จำกัด (มหาชน) นี้เป็นคอมปาวด์พีวีซีหรือไม่ หรือเป็นเม็ดพีวีซีบริสุทธิ์ที่ยังไม่ได้คอมปาวด์และเป็นคนละเกรดกันเท่านั้น เนื่องจากส่วนประกอบของเม็ดพีวีซีในหน้า 279 นั้นอ้างอิงจาก Titow, 1990 ทำให้เข้าใจว่าน่าจะเป็นข้อมูลทั่วๆ ไป เพราะบริษัทผู้ผลิตน่าจะให้ข้อมูลได้ และคณะวิจัยไม่จำเป็นต้องอ้างอิงจากเอกสารอื่น ส่วนท่อพีวีซีที่ใช้แล้วนี้น่าจะขอข้อมูลจากผู้ผลิตภายในประเทศได้และถ้าทราบอายุการใช้งานด้วยจะดียิ่งขึ้น
2. **วิธีการทดลอง** อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบสมบัติการไหลไม่สอดคล้องกับอุณหภูมิในการผสมและขึ้นรูปชิ้นทดสอบ ทำให้ข้อมูลในการทดสอบสมบัติการไหลไม่เป็นประโยชน์โดยตรงในการทดลองนี้ ดิฉันมีข้อสังเกตดังนี้

การผสมใน TWSE	อุณหภูมิ 140 - 160 ^{o}C
การทดสอบหาค่าดัชนีการไหล	อุณหภูมิ 180 ^{o}C
การทดสอบสมบัติการไหล	อุณหภูมิ 190 - 210 ^{o}C
การเตรียมชิ้นงาน	อุณหภูมิ 170 - 180 ^{o}C

การทดสอบสมบัติการไหลน่าจะกระทำที่อุณหภูมิ 160 - 180 ^{o}C ซึ่งจะเป็นช่วงอุณหภูมิของการผสมและการขึ้นรูป จะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกันและวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้น

3. **ผลการทดลอง**

3.1 ดิฉันคิดว่าเป็นการสรุปเร็วเกินไปที่ว่า มีก๊าซ HCl เกิดขึ้น จากภาพที่ปรากฏใน Figure 7 เนื่องจากในภาพนี้แสดงเพียง continuous phase (R-BP, 80%) และ dispersed phase (V-B, 20%) เท่านั้น เม็ดค่อนข้างกลมที่เห็นกระจายทั่วไปนั้นเป็นเม็ดของ V-B ที่มีขนาดใหญ่มากถึง 500 μm ส่วนที่เห็น

เป็นหลุมดำนั้นเป็นบริเวณที่เม็ด V-B ถูกดึงหลุดออกไปเกาะติดอยู่บนชิ้นตัวอย่างซีกตรงกันข้าม ควรจะระบุบริเวณที่คิดว่าเป็นฟองก๊าซดังกล่าวบนภาพนี้ ถึงแม้ว่าจะมีฟองอากาศในชิ้นงานจริง ฟองอากาศนี้อาจเกิดจากอากาศภายนอกโดยตรง (มิใช่ก๊าซดังกล่าว) ในช่วงการผสมใน TWSE หรือจากการทดสอบสมบัติการไหลก็ได้ ถ้าหากมีการพิสูจน์ว่าเกิดจากการสลายตัวให้ก๊าซ HCl จริง เช่น วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของพีวีซีที่มีพันธะคู่เกิดขึ้นหรือการมีน้ำหนักโมเลกุลลดลง ก็จะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในอนาคต

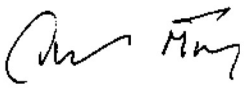
3.2 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลนั้นน่าสนใจมาก โดยที่พอลิเมอร์ผสมมีลักษณะ synergistic behavior โดยเฉพาะสมบัติทนแรงกระแทกจะแสดงสมบัติที่ดีขึ้นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ค่า Impact strength นี้ควรพิจารณาค่า standard deviation ด้วย เพราะถึงแม้ว่าจะให้ค่าเฉลี่ยสูงแต่ถ้าค่าเบี่ยงเบนสูงมากด้วย ก็ไม่เป็นที่ต้องการ ถ้าทดสอบแบบ notched Izod เปรียบเทียบ อาจจะได้ข้อมูลต่างจากนี้ก็ได้ เพราะผลของ notch sensitivity มีความสำคัญมากต่อผลิตภัณฑ์

3.3 Figure 11 แสดง craze failure ทั้ง 4 รูป โดยความคิดเห็นส่วนตัว ดิฉันคิดว่าบริเวณที่วงกลมในภาพมิได้เป็นลักษณะของ ductile fracture ถึงแม้ว่าชิ้นงานทั้งสองนี้ (Figure 11a และ Figure 11c) จะมีค่า impact strength สูงกว่าชิ้นงานใน Figure 11b และ 11d แต่มิได้หมายความว่าจะต้องเป็น ductile materials

3.4 ผลการทดลองในภาพรวมออกมาดีมาก สิ่งที่น่าจะศึกษาต่อไปคือทำไมสมบัติเชิงกลจึงดีขึ้น คณะวิจัยได้กล่าวไว้ในบทความว่า น่าจะเป็นผลมาจากการเกิดโครงสร้างตาข่ายที่แข็งแรงมากและปริมาณผลึกเพิ่มขึ้น ดังนั้นดิฉันคิดว่า น่าจะมีแนวทางการทดลองด้านนี้ต่อไป เช่น การวิเคราะห์โครงสร้างและปริมาณผลึกของท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วและเม็ดพีวีซีบริสุทธิ์

ดิฉันหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อสังเกตและข้อเสนอแนะนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อคณะวิจัยบ้าง ข้อความทั้งหมดนี้เป็นความคิดเห็นส่วนตัวที่ได้จากการศึกษาและการทำวิจัย จึงไม่ได้ระบุเอกสารอ้างอิงใดๆ

ขอแสดงความนับถือ



วราภรณ์ ตันรัตนกุล

(ผศ.ดร. วราภรณ์ ตันรัตนกุล)

ที่ ทม 1201.05/1000

กองบรรณาธิการวารสารสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตู้ ปณ 102
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

20 ธันวาคม 2544

เรื่อง ข้อคิดเห็นทางวิชาการต่อบทความในวารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ข้อคิดเห็นต่อบทความ เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่
2. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวทท. ปีที่ 23 ฉบับที่ 1

ตามที่วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เชิญชวนให้ผู้อ่านเสนอความเห็นทางวิชาการต่อบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารฯ โดยกองบรรณาธิการฯ จะเป็นสื่อกลางนำข้อคิดเห็นทางวิชาการและคำชี้แจงของผู้วิจัยลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับเดียวกัน ในคอลัมน์จดหมายถึงบรรณาธิการ (letter to editor) โดยกองบรรณาธิการฯ หวังว่า แนวทางดังกล่าวจะเป็นการสร้างวัฒนธรรมทางวิชาการขึ้นในสังคมนักวิชาการของประเทศไทย และยังก่อให้เกิดความเคลื่อนไหวเพื่อพัฒนาทางวิชาการต่อไปด้วย

การเชิญชวนดังกล่าว กองบรรณาธิการฯ ได้รับข้อคิดเห็นในทางวิชาการของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ ตันรัตนกุล ที่มีต่อบทความ เรื่อง **การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่** ตีพิมพ์ในวารสารฯ ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 หน้า 275-289 โดยมีรายละเอียดตามที่แนบมาพร้อมนี้ ซึ่งบทความดังกล่าว ท่านและคณะเป็นผู้วิจัย กองบรรณาธิการฯ จึงเรียนมาเพื่อขอให้ท่านและคณะ พิจารณาชี้แจงประเด็นต่างๆ ที่ผู้อ่านได้เสนอข้อคิดเห็นไว้ ส่งมายังกองบรรณาธิการฯ เพื่อกองบรรณาธิการฯ จะได้พิจารณาตีพิมพ์ข้อคิดเห็นของผู้อ่านและการชี้แจงของท่านและคณะ ต่อไป และถ้าเป็นไปได้ ขอให้ท่านส่งหนังสือชี้แจงมายังกองบรรณาธิการฯ ภายในวันที่ 10 มกราคม 2545 นี้ เพื่อกองบรรณาธิการฯ จะได้นำไปตีพิมพ์ในคอลัมน์จดหมายถึงบรรณาธิการของวารสารฯ ปีที่ 24 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มีนาคม 2545)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ ประเสริฐสรรพ์)
หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวทท.

กองบรรณาธิการวารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวทท.
โทรศัพท์ 0 7428 2159, 0 4728 2158
โทรสาร 0 7421 2837, 0 7421 2828
e-mail : ksasiton@ratree.psu.ac.th

Assoc. Prof. Dr. Narongrit Sombatsompop
Materials Technology, School of Energy and Materials
King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)
Bangmod, Bangkok THAILAND Tel (662) 4708645 Fax (662) 4279062
Email: narongrit.som@kmutt.ac.th

บรรณาธิการวารสารสงขลานครินทร์ (วิทยาศาสตร์ & เทคโนโลยี)
สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อ.หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
90110

7 มกราคม 2545

เรื่อง คำชี้แจงข้อความเห็นที่มีต่อบทความเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่

เรียน หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารสงขลานครินทร์ (ฉบับ วทท.)

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายละเอียดคำชี้แจงข้อความเห็นของ ผศ.ดร. วราภรณ์ ตันรัตนกุล

ตามที่กระผมได้รับข้อคิดเห็นที่มีต่อบทความเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ (ซึ่งลงพิมพ์ในวารสารสงขลานครินทร์ ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 หน้าที่ 275-289) จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราภรณ์ ตันรัตนกุล นั้น ผมขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่สละเวลาอันมีค่าให้การแสดงความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยที่กำลังดำเนินอยู่เป็นอย่างยิ่ง ในส่วนนี้ผมและคณะวิจัยขอตอบข้อซักถามของท่านอาจารย์ดังที่แนบมาด้วยนี้

ผมและคณะวิจัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คำชี้แจงรวมถึงข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้ระบุไว้ในจดหมายถึงบรรณาธิการฉบับนี้ (ตามข้อเสนอแนะของ ผศ.ดร. วราภรณ์ ตันรัตนกุล) จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านบทความดังกล่าวนี้มากขึ้น

ขอแสดงความนับถือ

(รศ.ดร. ณรงค์กฤช สมบัติสมภพ)
ผู้ประสานงาน/ผู้เขียนบทความ

รายละเอียดคำชี้แจงข้อความเห็นของ ผศ.ดร.วราภรณ์ ตันรัตนกุล ที่มีต่อบทความทางวิชาการ เรื่อง "การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำท่อพีวีซีที่ใช้แล้วกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ "

ศิรินทร ทองแสง ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ และอำนวย ลาภเกษมสุข
คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
(วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวทท. 2544 ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 หน้า 275-289)

1. วัสดุที่ใช้

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองนั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1.1 เม็ดพีวีซีบริสุทธิ์ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) เป็นเม็ดพีวีซีคอมพาวด์ที่เติมส่วนผสมต่างๆ ตามสูตรของทางบริษัทแล้ว ซึ่งในการทดลองนี้ได้เลือกเม็ดพีวีซีบริสุทธิ์ 2 เกรด คือ เกรดท่อน้ำดื่ม และเกรดขวด เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วมาผสมกับพีวีซีบริสุทธิ์ทั้งที่เป็นพีวีซีเกรดเดียวกัน (เกรดท่อน้ำดื่ม) และเกรดต่างชนิดกัน (เกรดขวด)

1.2 เศษท่อน้ำพีวีซีที่ผ่านการใช้งานแล้ว จากการที่อ้างอิงถึงส่วนผสมจาก Titow, 1990 นั้น เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบข้อมูลของส่วนประกอบของพีวีซีคอมพาวด์ในแต่ละเกรดอย่างคร่าวๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ผลการทดลองในส่วนของสมบัติทางกลและความร้อน ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบในเม็ดพีวีซีคอมพาวด์ เพราะพีวีซีคอมพาวด์แต่ละเกรดนั้นมีส่วนประกอบของสารเติมแต่งต่างๆ ที่แตกต่างกันออกไป สำหรับข้อมูลของส่วนประกอบที่แท้จริงนั้น ทางบริษัทที่ให้ความอนุเคราะห์เม็ดพลาสติกมาไม่สามารถให้ข้อมูลตรงส่วนนี้ได้ สำหรับข้อมูลของท่อน้ำพีวีซีที่ใช้แล้วนั้น คณะวิจัยได้ทำการติดต่อกับทางบริษัท ท่อน้ำไทย จำกัด เพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับท่อน้ำพีวีซีนี้แล้ว แต่ข้อมูลที่ได้รับมีเพียงปริมาณการผลิตเท่านั้น สำหรับอายุการใช้งานของท่อน้ำพีวีซีนั้น โดยทั่วไปท่อพีวีซีมีอายุการใช้งานของท่อน้ำพีวีซีก็ประมาณ 5-10 ปี

2. วิธีการทดลอง

ในส่วนของการทดลอง โดยเฉพาะส่วนของการทดสอบสมบัติทางการไหลจากเครื่อง Capillary Rheometer นั้น จะเห็นว่าอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบไม่สอดคล้องกับการทดสอบการไหลแบบอื่นๆ และกระบวนการขึ้นรูป ส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทดสอบสมบัติทางการไหลจากเครื่อง Capillary Rheometer ที่อุณหภูมิ 160-180 ^{o}C เครื่องรีโอมิเตอร์ไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากข้อจำกัดของขนาดบาเรลของเครื่อง Rheometer (มีขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 26 มล.) ซึ่งเมื่อเติมเม็ดพลาสติกลงไป และถ้าใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 190 ^{o}C ก็จะทำให้พีวีซีที่ไหลออกมายังไม่มีการหลอมตัวเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะตรงส่วนกลางของพีวีซีส่วนที่ถูกอัดรีดออกมา ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากผนังบาเรลถึงพีวีซีในส่วนกลางของบาเรลนั้นไม่เพียงพอช้ามาก ซึ่งหากใช้เวลาในการทิ้งให้เม็ดพลาสติกพีวีซีในบาเรลหลอมมากขึ้นจะทำให้ PVC เกิดการสลายตัวได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ที่สำคัญอย่างหนึ่งของการทดสอบสมบัติการไหลคือ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปของผสมพีวีซีที่มีปริมาณ recycled PVC ต่างๆ กัน ซึ่งในกรณีนี้ การที่เลือกใช้อุณหภูมิในเครื่องรีโอมิเตอร์สูงกว่าอุณหภูมิการทดสอบอื่นๆ ก็สามารถให้ข้อสรุปดังกล่าวได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ข้อเสนอแนะจาก ดร.วราภรณ์ ในส่วนนี้ จะได้รับการพิจารณาในรายละเอียดมากขึ้นสำหรับงานวิจัยที่กำลังดำเนินอยู่ขณะนี้

3. ผลการทดลอง

3.1 จาก Figure 1 เป็นภาพที่แสดงโพรงหรือรูพรุนที่เกิดขึ้นในพีวีซีที่ถูกอัดรีดของส่วนผสม BP80:V-B20 (อัตราส่วนของท่อพีวีซีที่ใช้แล้ว 80% กับพีวีซีบริสุทธิ์เกรดขวด 20%) ที่อุณหภูมิ 210 ^{o}C ซึ่งคำอธิบายที่แสดงในบทความนั้น

ได้ตั้งข้อสังเกตว่า น่าจะเป็นก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ที่เกิดขึ้นในเนื้อพีวีซี จึงทำให้มีการบวมตัวขึ้น การตั้งข้อสังเกตเช่นนั้นมีเหตุผล 2 ประการ ดังนี้ คือ

ประการที่ 1 จากการทดสอบอุณหภูมิการสลายตัวของพีวีซีของส่วนผสมนี้โดยใช้เครื่อง TGA ดังแสดงใน Figure 2 (ซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในบทความเดิม) จะเห็นได้ว่าน้ำหนักของสารตัวอย่างพีวีซีเริ่มลดลงในช่วงแรกตั้งแต่อุณหภูมิประมาณ 200-210 °C นั่นหมายถึงว่าเป็นช่วงที่เริ่มเกิดก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ขึ้น (Joseph, C., 1996, Polymeric Materials Encyclopedia, CRC Press, Vol. 9, pp.7042-7044) โดยคำอธิบายนี้เป็นเพียงข้อสังเกตที่คาดว่าน่าจะเป็นก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์จากผลการทดสอบจากเครื่อง TGA เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ทางคณะวิจัยคงต้องมีการทดสอบเพื่อพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริงนี้ โดยทดสอบการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของพีวีซีที่มีพันธะคู่เกิดขึ้นหรือการมีน้ำหนักโมเลกุลลดลง ดังที่ ดร.วราภรณ์ เสนอข้อคิดเห็นมา

ประการที่ 2 คือ คณะวิจัยไม่คิดว่าเม็ดกลม ทั้งดำและขาวนั้นเป็นเม็ดของ V-B ที่มีขนาดใหญ่หรือเม็ด V-B ที่ถูกดึงหลุดออกไปติดกับชิ้นงานตรงข้าม ดังข้อคิดเห็นของท่านอาจารย์วราภรณ์ เพราะหากเป็นเช่นนั้น Figure 11 (a-d) ในบทความเดิมควรแสดงลักษณะคล้ายๆ กัน จากการสังเกตด้วยตาเปล่า ก็ยังพบว่าเห็นฟองก๊าซเล็กๆ ที่เกิดขึ้นในชิ้นงานใน Figure 1 ของจดหมายฉบับนี้ (หรือใน Figure 7 ของบทความเดิม)

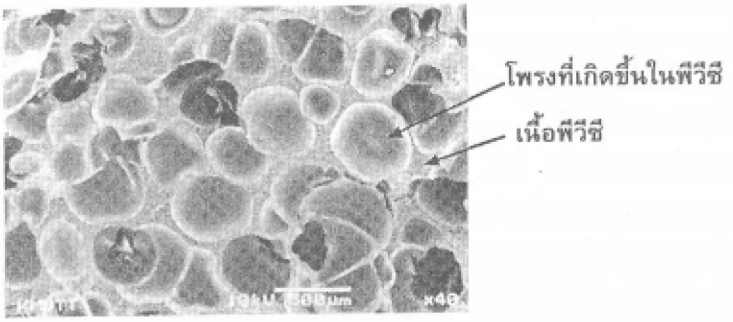


Figure 1. SEM micrograph of the extrudate BP80:V-B20 at 210 °C test temperature

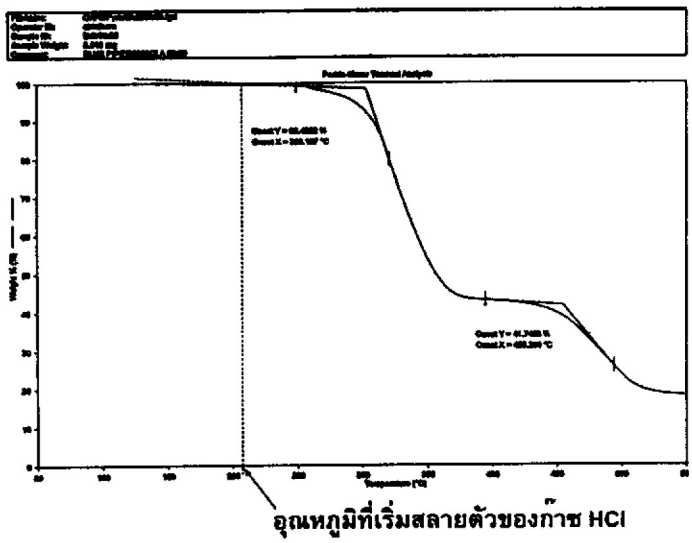


Figure 2. TGA Results for BP80:V-B20 at 210 °C test temperature

3.2 จาก Figure 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนแรงกระแทกของส่วนผสมของท่อน้ำพีวีซีที่เติมลงในพีวีซีบริสุทธิ์ทั้งสองชนิด เมื่อพิจารณาจากค่า Standard deviation ด้วยแล้ว สำหรับการเติมท่อน้ำพีวีซีลงในพีวีซีเกรดเดียวกัน (V-P) นั้นค่าความทนแรงกระแทกไม่แตกต่างกันมากนัก แต่สำหรับการเติมท่อน้ำพีวีซีปริมาณ 20% ลงในเกรดต่างชนิดกัน (V-B) นั้นให้ค่าความทนแรงกระแทกสูงกว่าพีวีซีบริสุทธิ์เกรดขวด 100% (ผลการทดลองนี้ยังคงให้คำอธิบายเช่นเดียวกันกับคำอธิบายในบทความเดิม)

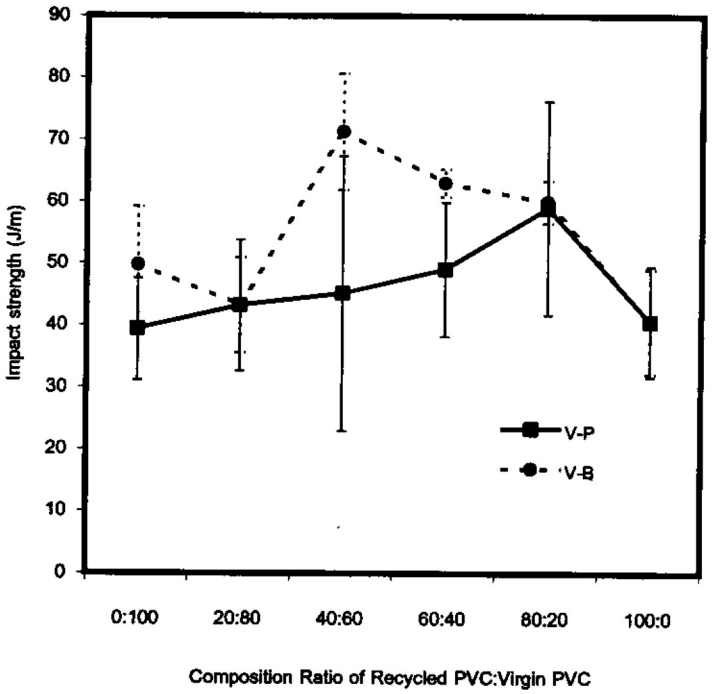


Figure 3. Effect of recycled PVC content on impact strength

3.3 สำหรับโครงสร้างทางจุลภาคที่เปรียบเทียบของแต่ละส่วนผสมนั้น ใน Figure 4(a) และ (b) นั้น เป็นการขาดแบบเหนียว เนื่องจากผิวของบริเวณที่ขาดมีลักษณะค่อนข้างหยาบ ซึ่งส่วนผสมนี้เมื่อได้รับแรงกระแทกจะมีการดูดซับพลังงานไว้ และพลังงานนี้ถูกใช้ไปในการทำให้เนื้อพีวีซีมีการยืดตัว (บริเวณที่เป็นสีขาว) จนถึงจุดคราก จากนั้นก็จะขาดในที่สุด ส่วน Figure 4(c) และ (d) นั้น ผิวของบริเวณส่วนที่ขาดมีลักษณะค่อนข้างเรียบ และไม่มีความต่อเนื่องของผิว ซึ่งแสดงถึงส่วนผสมนี้ เมื่อได้รับแรงกระแทก ทำให้มีการดูดซับพลังงานได้น้อยกว่า ใน Figure 4(a) และ (b) โดยที่พลังงานที่ได้รับนั้นสูญเสียไปกับการทำให้ชิ้นงานขาดทั้งหมด จึงทำให้ Figure 4(c) และ (d) มีการขาดแบบเปราะ สำหรับรูปที่นำมาอธิบายนี้เป็นเพียงการเปรียบเทียบลักษณะการขาดของบริเวณผิวเสียหายของชิ้นงานเท่านั้น ซึ่งไม่ได้ระบุหรือสรุปว่าวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุเหนียวหรือเปาะ

3.4 จากการวิจารณ์ผลการทดลองทั้งหมดนี้ที่ทางคณะวิจัยได้กล่าวว่าสมบัติทางกลที่ดีขึ้นจากการเติมท่อน้ำพีวีซีลงไปในพีวีซีบริสุทธิ์นี้ น่าจะเป็นผลจากการเกิดโครงสร้างตาข่ายที่แข็งแรง (PVC Gelation) มากขึ้น สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างและปริมาณการผลึก ในปัจจุบันนี้ก็มีวิธีการวิเคราะห์จากเครื่อง DSC หรือการวิเคราะห์จากเครื่อง Capillary Rheometer แต่วิธีการดังกล่าวยังไม่สามารถบอกเป็นค่าที่ชัดเจนได้ เพียงแต่สามารถเปรียบเทียบปริมาณผลึกที่เกิดขึ้นของแต่ละส่วนผสมที่ศึกษาเท่านั้น ซึ่งขณะนี้ทางคณะวิจัยก็กำลังดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์

โครงสร้างและปริมาณผลึกหรือโครงสร้างตาข่าย (Secondary crystallinity) ที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการผลิตของพีวีซีอยู่

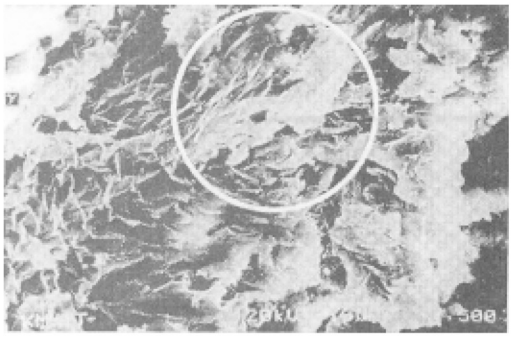


Figure 4(a). โครงสร้างทางจุลภาคบริเวณผิวเสียหายของส่วนผสม R-BP80:V-P20

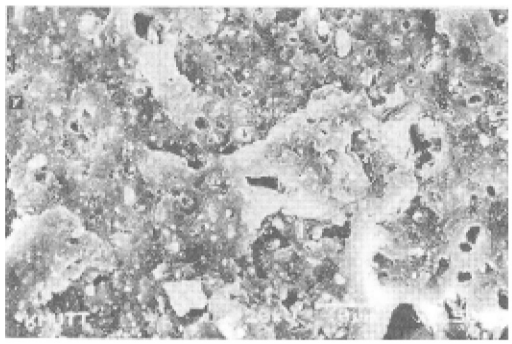


Figure 4(b). โครงสร้างทางจุลภาคบริเวณผิวเสียหายของส่วนผสม R-BP20:V-P80

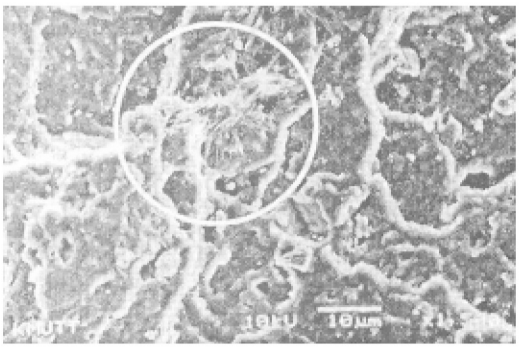


Figure 4(c). โครงสร้างทางจุลภาคบริเวณผิวเสียหายของส่วนผสม R-BP40:V-B60

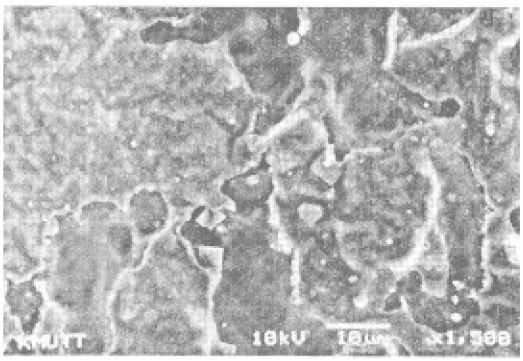


Figure 4(d). โครงสร้างทางจุลภาคบริเวณผิวเสียหายของส่วนผสม R-BP20:V-B80

สุดท้ายนี้ คณะวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คำชี้แจงรวมถึงข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้ระบุไว้ในจดหมายถึงบรรณาธิการฉบับนี้ (ตามข้อเสนอแนะของ ผศ.ดร. วราภรณ์ ตันรัตนกุล) จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านบทความมากขึ้น

รศ.ดร. ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ
Email: marongrit.som@kmutt.ac.th